GEO 6

全球环境展望6

地球健康
人类健康

联合国
环境规划署

联合国环境规划署2019年第一版

© 联合国环境规划署版权所有，2019年

ISBN：978-92-807-3805-6
编号：DEW/2303/NA

在注明出处的前提下，可以不经版权所有者特别许可，以任何形式转载本出版物的全部或部分内容用于教育或非盈利目的。联合国环境规划署欢迎向其提供使用本出版物作为资料来源的任何出版物的副本。

未经联合国环境规划署事先书面许可，不得将本报告用于转售或任何其他商业目的。申请此许可时，应说明转载的目的和范围，并致函联合国环境规划署传播和新闻司司长，地址：P.O.Box 30552, Nairobi 00100, Kenya。

本出版物所用名称及其材料的编排格式并不意味着联合国环境规划署对任何国家、领土、城市或其当局的法律地位、或对其边界或界线的划分表示任何意见。有关在出版物中使用地图所涉事项的一般性指南，请访问
http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm。

免责声明
本出版物中提及商业公司或产品，并不意味着其得到联合国环境规划署或作者的认可。禁止将本出版物中的信息用于宣传或广告。所使用的商标名称和符号系出于编辑需要，无意侵犯商标权或版权法。

© 地图、照片和插图的版权在文中指明。

引用本文件时可以将其称为：联合国环境规划署（2019年）。全球环境展望 – GEO-6：地球健康，人类健康。内罗毕。

封面设计：Joseph Shmidt-Klingenberg、Sebastian Obermeyer

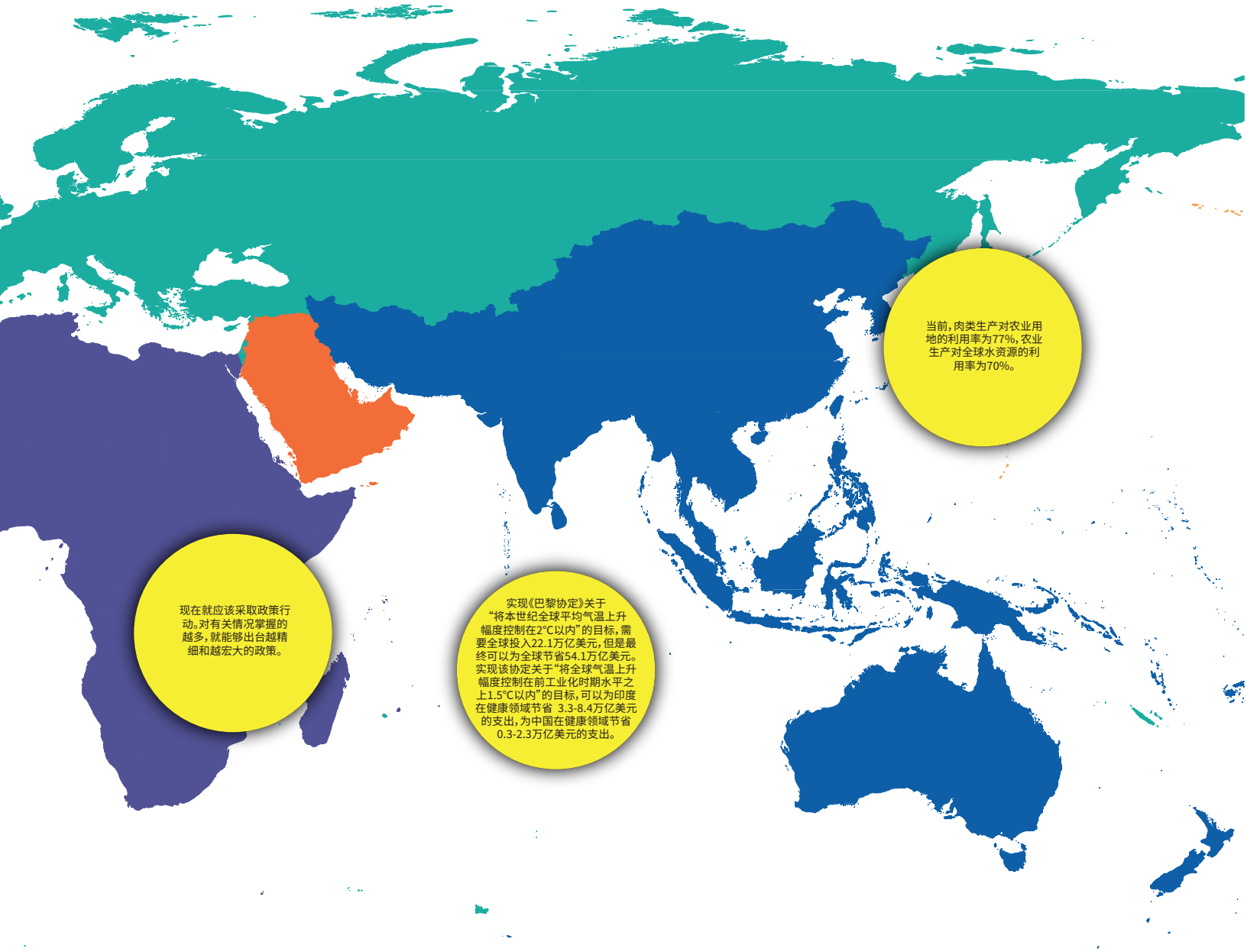
图形设计：Joseph & Sebastian

排版：Jennifer Odallo（联合国内罗毕办事处出版事务科- 已获得ISO 14001认证）

联合国环境
规划署在全球范围内及其活动
中推广环境无害做法。本报告印刷
用纸来自于可持续性森林，含有可回收
利用的纤维成分。纸张不含氯，油墨为植
物性。我们的发行政策旨在减少联合国环
境规划署的碳足迹。

《全球环境展望6》
地球健康，人类健康

地球的健康对全人类的健康和福祉都非常重要，直接影响着地球上70%人口的生命和生活。
全球前十大温室气体排放国的排放量占全球排放总量的45%，全球温室气体排放量排名在后半段的国家的排放量只占全球排放总量的13%。
每年因室内外空气污染和水污染而致死的人口超过900万。


当前，肉类生产对农业用地的利用率为77%，农业生产对全球水资源的利用率为70%。
现在就应该采取政策行动。对有关情况掌握的越多，就能够出台越精细和越宏大的政策。
实现《巴黎协定》关于“将本世纪全球平均气温上升幅度控制在2°C以内”的目标，需要全球投入22.1万亿美元，但是最终可以为全球节省54.1万亿美元。实现该协定关于“将全球气温上升幅度控制在前工业化时期水平之上1.5°C以内”的目标，可以为印度在健康领域节省 3.3-8.4万亿美元的支出，为中国在健康领域节省0.3-2.3万亿美元的支出。

中文版特别致谢

2019年3月13日，联合国环境规划署的自检科学评估报告《全球环境展望 6》（GEO-6）（英文版）在第四届联合国环境大会召开期间于内罗毕成功发布，旨在提供有效、有据可依的环境信息来源，帮助决策者和全社会实现《2030年可持续发展议程》的环境层面目标、各项国际商定的环境目标并执行多边环境协定。该报告由来自全球70多个国家的250余位专家共同参与，历时五年完成，是对当前全球环境形势一次最广泛而严谨的评估。

中文作为联合国官方语言之一，GEO-6报告中文版的翻译出版和发布工作，一直在紧张筹备中。环境署感谢中国的北京市企业家环保基金会给予的慷慨支持，使得GEO-6中文版得以出版。

北京市企业家环保基金会，由阿拉善SEE生态协会于2008年发起成立，阿拉善SEE生态协会成立于2004年6月5日，是中国首家以社会责任为己任，以企业家为主体，以保护生态为目标的社会团体。

北京市企业家环保基金会致力于资助和扶持中国民间环保公益组织的成长，打造企业家、环保公益组织、公众共同参与的社会化保护平台，共同推动生态保护和可持续发展。2014年底，基金会升级为公募基金会，以环保公益行业发展为基石，聚焦荒漠化防治、气候变化与商业可持续、生态保护与自然教育三个领域。环境署还对为此付出辛勤工作的北京市企业家环保基金会的全体工作人员提供的协调支持及所有中文版工作人员表示感谢。

组织协调	刘健 涂瑞和 张金华 王茜 刘思佳 张立 张博文 龚悦 Pierre Boileau 包乾瑜 郭芳彬
中文版审校	王强 黄艺 段赟婷 凌曦 侯书智 郑竟 周雨婷
中文版翻译	冯荔 黎非凡 吴小龙（思必锐翻译）
中文版排版	Jennifer Odallo（联合国内罗毕办事处出版事务科）

联合国环境规划署

北京市企业家环保基金会

致谢

《全球环境展望6》评估报告是经过众多专家大量奉献与投入所取得的成果。这一重要工作的完成，离不开他们的知识、专业能力和洞察力。联合国环境规划署在此感谢众多国家政府、个人和机构在编写出版本报告过程中所做出的贡献。

本报告附件部分之后附有参与本报告评估工作的机构和个人的完整名单。在此，我们对下述机构和个人致以特别感谢。

高级别政府间和利益相关方咨询小组

Nassir S. Al-Amri、Hæge Andenæs、Juan Carlos Arredondo、Sara Baisai Feresu、Benon Bibbu Yassin、Simon Birkett、Gillian Bowser、Joji Carino、Fernando E.L.S. Coimbra、Marine Collignon（替补）、Victoria de Higa Rodriguez、Laksmi Dhewanthi、Noasilalaonomenjahary Ambinintsoa Lucie、Arturo Flores Martinez（替补）、Sascha Gabizon、Prudence Galega、Edgar Gutiérrez Espeleta、Keri Holland（替补）、Pascal Valentin Houénou（副主席）、Yi Huang（联合主席）、Mork-Knutsen Ingeborg（替补）、Melinda Kimble、Asdaporn Krairapanond、Yaseen M.Khayyat、Pierluigi Manzione、Veronica Marques（替补）、Jock Martin、John M. Matuszak Megan Meaney、Naser Moghaddasi、Bedrich Moldan、Roger Roberge、Najib Saab、Mohammed Salahuddin、Jurgis Sapijanskas（替补）、Paolo Soprano（联合主席）、Xavier Sticker、Sibylle Vermont（副主席）、Andrea Vincent（替补）、Terry Yosie。

科学咨询小组

Asma Abahussain、John B.R Agard、Odeh Al-Jayyousi、Paulo Eduardo Artaxo Netto、Rosina M. Bierbaum、Enrico Giovannini、Sarah Green（联合主席）、Torkil Jønch Clausen、Ahmed Khater、Nicholas King（联合主席）、Paolo Laj、Byung-Kook Lee、Alastair Charles Lewis、Franklyn Lisk、Majid Shafiepour Motlagh、Carlos Afonso Nobre、Toral Patel-Weynand、Anand Patwardhan、N.H Ravindranath（副主席）、Wedelin Stark、Danling Tang、Mariadel Mar Viana Rodriguez（副主席）、Naohiro Yoshida。.

评估方法、数据和信息工作小组成员

Maria Andrzejewska、Ousséni Arouna、Sandra De Carlo（Co-chair）、Rosario Gomez、Wabi Marcos、Reza Maknoon、Graciela Metternicht、Thy Nguyen Van、Nicolas Perritaz（Co-chair）、Qurat ul Ain Ahmad、Mathis Wackernagel、Fei Wang。

本报告联合主席和副主席

联合主席：Paul Ekins、Joyeeta Gupta。
副主席：Jane Bemigisha、Kejun Jiang。

领衔作者兼协调负责人

Ghassem Asrar、Elaine Baker、Tariq Banuri、Graeme Clark、John Crump、Florence Mayocyoc-Daguitan、Jonathan Davies、Phillip Dickerson、Nicolai Dronin、Mark Elder、Erica Gaddis、Jia Gensuo、Anna Maria Grobicki、Cristina Guerreiro、Andrés Guhl、Peter Harris、Rowena Hay、Steve Hedden、Klaus Jacob、Mikiko Kainuma、Terry Keating、Peter King、Pali Lehohla、Christian Loewe、Paul Lucas、Diana Mangalagiu、Diego Martino、Shanna McClain、Catherine McMullen、Adelina Mensah、InduK、Murthy、Charles Mwangi、John Muthama Nzioka、Jacob Park、Laura Pereira、Fernando Filgueira Prates、Walter Rast、Jake Rice、Joni Seager、William Sonntag、Peter Stoett、Michelle Tan、Detlef van Vuuren、Dimitri Alexis Zenghelis。

审稿编辑

Amr Osama Abdel-Aziz、Ahmed Abdelrehim、Majdah Aburas、Mohammad AlAhmad、Chandani Appadoo、Michael Brody、Louis Cassar、William W. Dougherty、Manal Elewah、Amr El-Sammak、Elsa Patricia、Galarza Contreras、Jose Holguin-Veras、Muhammad Ijaz、Joy Jadam、Emmanuel Dieudonné Kam Yogo、Yoon Lee、Clever Mafuta、Simone Maynard、Joan Momanyi、Jacques André Ndione、Washington Odongo Ochola、Renat Perelet、Linn Persson、Jan Plesnik、Ariana Rossen、Mayar Sabet、John Shilling、Binaya Raj Shivakoti、Asha Singh、Asha Sitati、Lawrence Surendra、Paul C.Sutton、Khulood Abdul Razzaq Tubaishat；Emma Archervan Garderen、Lei Yu、Samy Mohamed Zalat。

《全球环境展望6》资助方：

编写如此规模的一份评估报告需要大量资金投入。为本报告提供资金支持的组织（直接或间接地）有：挪威政府、欧盟、意大利政府、新加坡政府、中国政府、墨西哥政府、瑞士政府、丹麦政府、埃及政府以及泰国政府。在这些组织的资助下，再加上联合国环境基金和环境常规预算的支持，本报告及其供决策者参考的配套摘要才得以完成，后续的宣传活动也得以开展。

《全球环境展望6》合作伙伴：

本报告的编写还得到了一些合作伙伴的慷慨资助，这些合作伙伴包括：全球资源信息数据库-阿伦达尔中心（GRID-Arendal）、世界保护监测中心（WCMC）、阿拉伯地区与欧洲环境与发展中心（CEDARE）、地球大数据科学工程（CASEarth）、欧洲航天局（ESA）、荷兰环境评估署（PBL）、柏林自由大学以及麻省理工学院（MIT）。

《全球环境展望6》制作团队

《全球环境展望6》核心团队
Pierre Boileau（GEO工作组组长）、Minang Acharya、Yunting Duan、Sandor Frigyik、Orlane Jadeau、Caroline Kaimuru、Jian Liu、Caroline Mureithi、Franklin Odhiambo、Brigitte Ohanga、Adele Roccato、Sharif Shawky、Simone Targetti Ferri、Brennan Van Dyke、Edoardo Zandri。

章节协调团队
Joana Akrofi、Hilary Allison、Jennifer Bailey、Pierre Boileau、Jillian Campbell、Kilian Christ、John Crump、Valentin Foltescu、Jason Jabbour、Hartwig Kremer、Maarten Kappelle、Patrick M' Mayi、Franklin Odhiambo、Mohamed Sessay、Michael Stanley-Jones、Simone Targetti Ferri、Kaisa Uusimaa、Clarice Wilson。

制作与数据支持团队
Misha Alberizzi、Matthew Billot、Alexandre Caldas、Jillian Campbell、Ludgarde Coppens、Ananda Dias、Angeline Djampou、Dany Ghafari、Virginia Gitari、Florence Kahiro、Isabell Kempf、Sera Kinoyan、Ian Magero、Nada Matta、Pascil Muchesia、Josephine Mule、Jane Mureithi、Theuri Mwangi、Immaculate Mwololo、Samuel Opiyo、Audrey Ringler、Jinhua Zhang。

同行评审系统与数据库团队
Ahmed Abdelrehim（CEDARE）、Tesfaye Demissie（联合国非洲经济委员会）、Clever Mafuta（GRID-Arendal）、Mayar Sabet（CEDARE）、Ayman Soliman（CEDARE）、Viola Sawiris（CEDARE）、Youssef Younis（CEDARE）。

地图与图形团队
Fang Chen（CASEarth/中国科学院遥感与数字地球研究所（RADI））、Pouran Ghaffarpour（联合国内罗毕办事处出版事务科）、Catherine Kimeu（联合国内罗毕办事处出版事务科）、Samuel Kinyanjui（联合国内罗毕办事处出版事务科）、Jie Liu（CASEarth/RADI）、Jennifer Odallo（UNONPublishing）、Audrey Ringler、Jinita Shah（联合国内罗毕办事处出版事务科）、Zeeshan Shirazi（CASEarth/RADI）、Lei Wang（CASEarth/RADI）。

编辑团队
Markus MacGill（Green Ink Limited）、Clare Pedrick（Green Ink Limited）、Anne Sweetmore（Green Ink Limited）、TimWoods（Green Ink Limited）。

设计与排版团队
Jennifer Odallo（联合国内罗毕办事处出版事务科）、Audrey Ringler（联合国环境规划署）

目录

致谢 vi
序(一) xxvi
序(二) xxvii
序三(联合主席作) xxviii
引言(联合主席作) xxvix

做好准备

第1章:前言和背景介绍 03
1.1 《全球环境展望6》:地球健康,人类健康——人类的转型挑战 03
1.2 联合国环境规划署为实现《2030年可持续发展议程》环境议题所推出的旗舰评估报告 07
1.3 不断变化的全球形势中的《全球环境展望6》 08
1.4 环境治理 11
1.5 可持续发展目标的环境层面、全球环境治理以及多边环境协定 11
1.6 在其他环境评估下的《全球环境展望6》 12
1.7 《全球环境展望6》的方法、变革理论及结构 13
参考文献 17

第2章:环境变化的驱动力 21
执行摘要 22
2.1 引言和背景介绍 24
2.2 自上一次评估以来发生的变化 24
2.3 人口 25
2.4 城市化 31
2.5 经济发展 36
2.6 技术、创新和全球可持续性 40
2.7 气候变化 43
2.8 驱动力及其相互作用 48
参考文献 52

第3章:数据和知识的现状 57
执行摘要 58
3.1 引言 59
3.2 对环境统计和数据的需求 59
3.3 环境统计史 59
3.4 优化数据,建设健康地球和健康人类 60
3.5 性别与社会环境的交叉性 64
3.6 公平以及人与环境的相互作用 66
3.7 现有数据体系 68
3.8 结论 71
参考文献 72

第4章:跨领域问题 75
执行摘要 76
4.1 引言 78
4.2 人类与生计 78
4.3 不断变化的环境 85
4.4 资源和材料 91
4.5 结论 97
参考文献 98

A部分：全球环境状况

第5章：空气 **107**
执行摘要 108
5.1 引言 109
5.2 压力：排放 110
5.3 状况：大气成分和气候 117
5.4 影响 125
5.5 响应：政策与管理 129
参考文献 134

第6章：生物多样性 **141**
执行摘要 142
6.1 引言 144
6.2 《全球环境展望5》以来的进一步评估 145
6.3 驱动力 146
6.4 压力 146
6.5 生物多样性的全球状况和趋势 153
6.6 对世界生物群落的影响 158
6.7 响应 164
6.8 结论 167
参考文献 168

第7章：海洋和沿海 **175**
执行摘要 176
7.1 引言 178
7.2 压力 180
7.3 状况 181
7.4 影响 186
7.5 响应 191
7.6 结论 193
参考文献 195

第8章：土地和土壤 **201**
执行摘要 202
8.1 土地资源和可持续发展目标 204
8.2 为《全球环境展望6》奠定基础：《全球环境展望5》的遗产 204
8.3 驱动力和压力 204
8.4 主要状况及趋势 209
8.5 主要影响 217
8.6 政策响应 224
参考文献 229

第9章：淡水 **235**
执行摘要 236
9.1 引言和优先事项 238
9.2 淡水压力 238
9.3 水和土地利用 240
9.4 全球淡水状况和趋势 240
9.5 水质 244
9.6 淡水生态系统 250
9.7 水利基础设施 252
9.8 影响 255
9.9 政策措施 257
9.10 结论 263
参考文献 265

B部分：政策、目标和环境治理：有效性评估

第10章：政策有效性的评估方法 273
10.1 背景 274
10.2 环境政策与治理 274
10.3 政策工具 275
10.4 政策组合和连贯性 275
10.5 用于评估政策有效性的方法 277
10.6 自上而下的评估方法 278
10.7 自下而上的评估方法 279
10.8 B部分的内容 280
参考文献 281

第11章：政策理论和实践 283
执行摘要 284
11.1 引言 285
11.2 政策设计 285
11.3 政策一体化 289
11.4 国际治理和多层次治理的有效性 294
11.5 结论 296
参考文献 297

第12章：空气政策 301
执行摘要 302
12.1 引言 303
12.2 主要政策和治理方法 303
12.3 指标 315
12.4 讨论和结论 319
参考文献 320

第13章：生物多样性政策 323
执行摘要 324
13.1 引言 325
13.2 主要政策和治理方法 326
13.3 指标：生物多样性政策 338
13.4 结论 342
参考文献 344

第14章：海洋和沿海政策 349
执行摘要 350
14.1 引言 351
14.2 主要政策和治理方法 351
14.3 指标 362
14.4 讨论和结论 366
参考文献 367

第15章：土地和土壤政策 373
执行摘要 374
15.1 引言 376
15.2 主要政策和治理方法 377
15.3 指标 389
15.4 结论 393
参考文献 394

第16章：淡水政策 399
执行摘要 400
16.1 引言 401
16.2 主要政策和治理方法 401
16.3 指标（与可持续发展目标和多边环境协定的联系） 412
16.4 讨论和结论 419
参考文献 420

第17章：跨领域问题的系统性政策方法 425
执行摘要 426
17.1 跨领域政策问题和系统性变革 428
17.2 主要参与者、政策和治理方法 428
17.3 变革社会经济系统，以提高其应对气候变化的复原力 429
17.4 创建可持续发展的农业粮食系统 432
17.5 指标 435
17.6 能源系统的去碳化 436
17.7 迈向循环经济 439
17.8 结论 446
参考文献 448

第18章：政策有效性相关结论 453
18.1 成果概述 454
18.2 与未来政策的联系 456
18.3 知识差距 456
18.4 分析得出的主要经验教训 457
参考文献 458

C部分："健康地球，健康人类" 未来展望与实现路径

第19章：关于《全球环境展望6》的展望
执行摘要 464
19.1 引言 465
19.2 以未来为导向的环境展望的重要要素 465
19.3 一个将自上而下和自下而上分析方法相结合的新框架 466
19.4 层级的角色 467
19.5 《全球环境展望6》C部分的路线图 467
参考文献 469

第20章：2050年长期愿景
执行摘要 472
20.1 引言 473
20.2 可持续发展目标的环境维度 473
20.3 可持续发展目标的一体化视角 473
20.4 长期愿景：选取的目标和指标 476
20.5 结论 481
参考文献 482

第21章：无针对性政策情景下的未来发展
执行摘要 486
21.1 引言 488
21.2 全球环境情景 488
21.3 在趋势情景中实现可持续发展目标及相关多边环境协定 490
21.4 我们是否实现了子目标？ 502
参考文献 506

第22章：实现可持续发展的路径
执行摘要 512
22.1 引言 514
22.2 路径的定义 514
22.3 实现子目标的路径 514
22.4 综合方法 532
22.5 结论和建议 537
参考文献 539

第23章：关于展望的自下而上举措和参与式方法

执行摘要 546
23.1 引言 548
23.2 整合全球评估以及自下而上的分析 548
23.3 多层级背景下的次全球评估 549
23.4 基于现有地方实践的自下而上的未来情景 550
23.5 方法论原理及方法 550
23.6 探索自下而上举措的广阔范围 551
23.7 《全球环境展望6》的参与式举措 52
23.8 《全球环境展望6》区域评估 53
23.9 通过自下而上方法获得的研究结果 553
23.10 《全球环境展望》区域评估综述 566
23.11 区域展望干预措施和自下而上的举措 570
23.12 变革的有利条件 572
23.13 关键信息 573
23.14 主要干预措施以及鉴于全球不平等和不公平要认识到对分配正义的迫切需要 576
参考文献 577

第24章：未来之路

执行摘要 582
24.1 环境政策的方法：战略性和变革性 583
24.2 转型变革 584
24.3 变革的组成部分 584
24.4 健康地球，健康人类：挑战与机遇 587
参考文献 590

D部分：当前的数据和知识差距

第25章：未来的数据和知识需求

执行摘要 598
25.1 引言 599
25.2 新兴的环境评估工具 599
25.3 未来的环境监测 612
25.4 结论：挑战、差距和机遇 615
参考文献 618

附件

附件1-1： 附件1-1：《全球环境展望6》的使命 620
附件1-2： 附件1-2：《全球环境展望6》参考的综合环境评估项目汇总 621
附件1-3： 附件1-3：《全球环境展望6》的变革理论 623
附件1-4： 附件1-4：《全球环境展望6》中使用的置信度术语的结构和基本原理 625
附件4-1： 附件4-1：朝着监测可持续发展目标的环境层面而努力 629
附件6-1： 附件6-1：与生物多样性有关的主要公约 637
附件9-1： 附件9-1：水污染物及污染事件 638
附件13-1： 附件13-1 生物多样性保护和国际环境协定 641
附件13-2： 附件13-2：关于全球层面的主要政策发展和治理响应的概述 642
附件23-1： 附件23-1：自上而下倡议平台及成果 643

《全球环境展望6》：进程

有益的自下而上倡议 649
时间线 666
伙伴关系与合作 667
评审进程 667
《全球环境展望6》的咨询机构 668
咨询进程 668
《全球环境展望6》的作者团队 677

图

前言和背景介绍

图1.1: 实现“健康地球，健康人类”的目标所要做出的选择 06
图1.2: 《全球环境展望6》中使用的DPSIR方法 13
图1.3: 《全球环境展望6》的结构及其变革理论（参见附件1-3） 15

环境变化的驱动力

图2.1: 全球人口、全球排放量和全球生育率 26
图2.2: 根据人口统计计算的人均排放量 27
图2.3: 全球人口预估 28
图2.4: 消费及其相关环境压力在各国之间不公平的分配 29
图2.5: 世界人口分布与人口构成 30
图2.6: 避孕现用率与总生育率 30
图2.7: 女性中等教育与总生育率 31
图2.8: 在城市推动下全球范围内的城市人口增长 32
图2.9: 城市增长率 32
图2.10: 快速增长与高脆弱性之间的关系 34
图2.11: 建成区 VS人口（1975-2015年） 35
图2.12: 发展中国家增速开始赶超发达国家增速的曲线 37
图2.13: 世界贸易增长 38
图2.14: Milanovic的大象曲线 39
图2.15: 工业4.0：未来工业生产的技术转型 43
图2.16: 大气中二氧化碳的平均浓度 43
图2.17: 按经济地区来看，全球温室气体排放量增长图 44
图2.18: 1990-2015年间不同国家的排放趋势（橙色线条和蓝色线条分别表示增长与下降） 45
图2.19: 碳紧缩 45
图2.20: 全球气候变化独立指标 46
图2.21: 风险强度分布图，提供与气候相关风险的全球视角 47
图2.22: 与损失相关的自然事件数量趋势 48
图2.23: 驱动力之间的关系 50

数据和知识的现状

图3.1: 可持续发展目标数据和知识框架 60
图3.2: 可持续发展目标指标状况 60
图3.3: 按目标和等级划分的与环境相关的可持续发展目标指标 61
图3.4: 《全球环境展望6》按各章节组织的主要数据缺口 61
图3.5: 无偿护理工作 65
图3.6: 数据和知识中的公平问题 66

跨领域问题

图4.1: 过去十年中灾难对经济和人类的影响 80
图4.2: 61个国家中收集水责任的百分比分布 81
图4.3: 可持续性公民的主要能力和表现 82
图4.4: 世界城市化趋势 84
图4.5: 全球年平均气温异常情况（相对于1981-2010年的长期平均值）。
标签指明不同的数据集；有关解释，请参阅资料来源 85
图4.6: 北极海冰的年龄和范围 87
图4.7: 化学物质强度，1955-2015年 88
图4.8: 全球非法废弃物运输 90
图4.9: 西亚非常规年度水资源 91
图4.10: 铜矿开采的矿石品位随时间下降的例子，显示了世界铜年产量和每年产生的估计尾矿量 92
图4.11: 实现2°C目标的技术契机 94
图4.12: 2014和2025年不同可再生能源发电技术的电力成本水平范围 94
图4.13: 磷的生物地球化学流动（A）、氮的生物地球化学流动；（B）控制变量的全球分布及其现状 96

空气

图5.1: 大气变化的压力、状况和影响之间的主要联系 109
图5.2: 大气成分变化与可持续发展目标实现之间的联系 110
图5.3: 1990年-2014年按污染物、地区和领域分列的以千吨(kt)为单位的年度排放趋势 111
图5.3: (续):1990年-2014年按污染物、地区和领域分列的以千吨(kt)为单位的年度排放 112
图5.3: (续):1990年-2014年按污染物、地区和领域分列的以千吨(kt)为单位的年度排放 113
图5.4: 2015年全球发电燃料份额[1] 113
图5.5: 世界炼油副产品产量(百万吨) 114
图5.6: 世界燃料发电(太瓦时)[1] 114
图5.7: 2016年PM2.5年平均浓度与世界卫生组织空气质量指导方针和中期目标的比较 118
图5.8: 2016年各国臭氧水平最高季节的季节性人口平均加权臭氧浓度 119
图5.9: 根据2011年至2015年的可用数据,拥有1400多万居民的特大城市的PM10年平均水平 119
图5.10: 对这三个国家的几个城市中观察到的PM2.5来源的模型估计显示,当地PM2.5浓度受到跨界来源的二次颗粒物的强烈影响。排放源(分为自然排放、国际排放(境外排放)、国内排放(境内排放但在市区外排放)、城市排放(在城市内排放)、街道排放(观测点附近排放))和中期目标 120
图5.11: 沙尘带 121
图5.12: 通过模型集成,模拟了2015年近地表空气(上)和湿沉降通量(底部)中年均气态元素汞浓度的全球分布 122
图5.13: 在平流层消耗臭氧层物质下降(左)和消耗臭氧层物质增加(右)期间,35°-60°N以上的臭氧年平均趋势垂直剖面图(黑色),对应的消耗臭氧层物质变化模型(红色)、温室气体变化模型(蓝色)以及两者合在一起(灰色)。 123
图5.14: 2016年,每10万人因环境PM2.5空气污染死亡数;年龄标准化数据 126
图5.15: 由区域产生的排放或商品和服务消费(行)导致的地区PM2.5相关死亡的百分比(列) 127
图5.16: 选定区域多边空气污染协定分组图 131

生物多样性

图6.1: 生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台就连接自然、生物多样性和生态系统服务、人类福祉和可持续发展的主要要素和关系的示意图(在此图中,人为驱动因素等同于第 6.3 节中描述的压力) 144
图6.2: 人、生物多样性、生态系统健康和生态系统服务提供之间的相互联系,显示出驱动力和压力 146
图6.3: (a)陆地外来入侵物种的威胁强度(H:高;L:低;M:中;VH:非常高;VL:非常低),以及按所有渔具类别(刺网、多钩长线及拖网)计算的海鸟、海洋哺乳动物及海龟的(b)累积渔业副渔获强度的全球压力分布示例 ..147
图6.4: 按主要威胁类别划分的受威胁(极度濒危的、濒危的、脆弱的)和近威两栖动物、鸟类和哺乳动物物种的百分比. 148
图6.5: 2009年全球人类足迹地图(基础设施、土地覆盖和人类进入自然区域的综合压力,使用0-50的冷热色标度)(a),以及1993年至2009年生态区域人类平均足迹的绝对变化(b) 149
图6.6: 外来入侵物种对欧洲受威胁物种的影响机制 150
图6.7: 2007-2015年在南非偷猎的犀牛数量记录。2011年,南非的犀牛数量刚刚超过2万头 151
图6.8: 易受气候变化影响的物种的全球地图 152
图6.9: 当地动物品种的比例,按有危险、无危险或未知的灭绝风险水平归类 153
图6.10: 具有完整基因组序列的物种总数(2000-2016年) 154
图6.11: 世界自然保护联盟(IUCN)《濒危物种红色名录》中各物种在物种灭绝风险类别中的比例. 155
图6.12: 鸟类、哺乳类、两栖类、珊瑚及苏铁的物种存活红色名录指数,以及所有物种的总指数(浅绿色) 155
图6.13: 全球生命行星指数 156
图6.14: 陆地生物多样性完整指数 156
图6.15: 生态系统崩溃的机制以及崩溃风险的症状 157
图6.16: 基于卫星图像的各生境类型平均百分比变化:(a) 2001年至2012年期间原始土地覆盖类型的变化;(b)2000-2004年以及2009-2013年以增强型植被指数衡量的植被生产力 158
图6.17: 1975-2015年世界海洋资源状况的全球趋势 159
图6.18: 全球淡水动物灭绝风险(按分类群划分) 160
图6.19: 山地提供生态系统服务的能力 163
图6.20: 世界保护区域 165

海洋和沿海

图7.1: 显示与海洋环境相关的驱动力和压力的通用示意图 179
图7.2: 2014-2017年全球珊瑚白化事件(撰写本文时仍在进行中)期间最大热应力地图 181
图7.3: 世界捕捞渔业和水产养殖产量 182
图7.4: 受科学、管理和治理等多种因素影响的鱼类种群状况和捕捞死亡率。纵轴上相对分数越高反映了相对于理论上“理想”管理种群状况越好 183
图7.5: 食物链中甲基汞的生物放大和生物累积 185
图7.6: 基于人类活动和流域特征的潜在海洋塑料输入全球地图 186
图7.7: 公海中的塑料垃圾 188

土地和土壤

图8.1: 2007年土地全球化的不同视角(Eckert IV投影图) 206
图8.2: 农产品对比制造业和服务在土地全球化中所起的相对作用(Eckert IV 投影图) 207
图8.3: 1980-2008年气候趋势对各国作物产量的估计净影响 208
图8.4: 基于欧洲航天局土地覆盖数据时间序列的1992-2015年全球森林(上)和农田(下)变化 209
图8.5: 安第斯地区(南美)指定从事采掘活动的地区 210
图8.6: 全球粮食生产区域分配 210
图8.7: 农业区域,2000-2014年 211
图8.8: 世界粮食供应(千卡/每天人均) 211
图8.9: 南美大豆产量,2000–2014年 211
图8.10: 东南亚油棕果的生产 211
图8.11: 食草动物和家禽的数量 212
图8.12: 猪的头数,2000-2014年 212
图8.13: 永久的草地和牧场(1,000 公顷) 212
图8.14: 世界林地面积,2000-2015年 212
图8.15: 森林面积年度净变化(1990-2000年,2000-2010年,2010-2015年) 213
图8.16: 各区域天然林面积,1990-2015年 214
图8.17: 北极选定地点的海岸侵蚀率 216
图8.18: 预估北极面对的海岸侵蚀威胁 217
图8.19: 气候变化对粮食安全的潜在影响 218
图8.20: 发达国家和发展中国家粮食浪费总量的构成 219
图8.21: 2014年全球产量中国际交易所占的份额 219
图8.22: 发展中国家:谷物净贸易量(百万吨) 219
图8.23: 全球森林所有权,2002-2013年(%) 221
图8.24: 全球土地交易地图,各国土地交易宗数(上),各国土地交易面积(下) 222
图8.25: 在三个拉丁美洲的国家,保有权有保障的土地收益高于成本 223
图8.26: 农业土地所有权分布:女性农业土地所有权分布:女性 225
图8.27: 肥料和玉米价格,2000-2010年 226
图8.28: 补贴的适用范围是那些? 226
图8.29: 利用自然资本提供生态系统服务:生态系统服务与人类福祉之间的联系 227

淡水

图9.1: 全球水文通量和存储(以每年1000 km3表示),表示自然和人为循环 238
图9.2: 乍得湖水体萎缩 239
图9.3: 美国取水来源(1950-2010年) 241
图9.4: 含水层和地下水资源的全球水文地质图 241
图9.5: 地下水使用量增加的全球趋势 242
图9.6: 受AMD和尾矿排放影响的地表水实例:(左)南非约翰内斯堡威特沃特斯兰德盆地西部的城市河流受AMD严重影响;(右)萨马科大坝的尾矿沉积物 243
图9.7: 发源于喜马拉雅地区兴都库什山的河流,最依赖冰雪融水的系统之一 243
图9.8: 1988年(左)至2010年(右)秘鲁奎尔卡亚冰帽消退 244
图9.9: 全球物理性和经济性缺水 245
图9.10: 1990-1992年和2008-2010年河流大肠菌群水平趋势模型估计 246
图9.11: 湖泊人为总磷负荷来源(面积最大的五大湖泊,按联合国环境规划署五个环境区域分类),图为2008-2010年度总磷负荷的平均贡献率 247
图9.12: 1990-1992年和2008-2010年河流生物化学需氧量(BOD)浓度趋势模型图 248
图9.13: 地表水和地下水药品和个人护理产品(PPCPs)主要来源和途径,强调对常见PPCPs及其相关产品检测和改进 249
图9.14: 按区域分布的世界湿地状况和趋势 250
图9.15: 地球生命力指数(LPI)数据库中449个淡水物种威胁频率的分类差异 251
图9.16: 1970年至2012年期间,洄游鱼类的地球生命力指数(LPI)中下降了41%,最近有所回升。881个受监测的淡水物种地球生命力指数下降了81% 252
图9.17: 各地区饮用水供应覆盖面变化趋势 252
图9.18: 全球提供基本饮用水服务方面的进展以及在仍无法获得基本饮用水服务地区对妇女造成的不成比例的影响 253
图9.19: 2015年使用经改善的卫生设施人口比例 254
图9.20: 世界各地水坝和水库的位置。数据包括与水库有关的水坝,这些水库的储存量超过0.1km3,不全是最近几年建造的大型水坝和水库。 255
图9.21: 全球范围内女性(上图)和男性(下图)腹泻病的发病率(伤残调整寿命年) 256
图9.22: 赫曼努斯联合开发 261

图9.23： 1971-2001（a）和2002-2017（b）赫曼努斯水供应量和需求量 262
图9.24： 按年份和区域分列的拉姆萨尔地区站点 263

政策有效性的评估方法
图10.1： 评估政策有效性的方法：自上而下和自下而上 277
图10.2： 自下而上的政策有效性评估方法 279

政策理论与实践
图11.1： 政策有效性分析的概念大纲 285
图11.2： 政策循环 286
图11.3： 欧洲能效政策相关专家评估结果 288

空气政策
图12.1： 二氧化碳累计排放量的区域分配 306
图12.2： 2016年PM2.5的国别人口加权年平均浓度值 316
图12.3： 2016年消耗臭氧层物质的消费量（ODP吨） 317
图12.4： 2014年的国别温室气体排放总量（包括土地利用变化和森林来源及碳吸存） 318

生物多样性政策
图13.1： 截至2018年已通过国家生物多样性战略和行动计划的累计国家数 325
图13.2： 在斐济，近海捕鱼是一项重要食物来源。在近海渔区中，许多都在传统使用权制度约束下由地方社区实际使用。 327
图13.3： 国家环境安全工作组是各国政府与国际刑警组织国家中心局之间的直接联络机构；该图显示的是114千克虎骨被查获的情形 329
图13.4： 澳大利亚政府环境部门媒体发布中包含“生物多样性”、“经济”和“生态系统服务”等字眼的术语的使用情况（样本量=3553）。误差条显示了生态系统服务相关表述这一子样本（样本量=516）高达95%的置信区间。 333
图13.5： 斯瓦尔巴全球种子库位于挪威大陆与北极连线的中点斯瓦尔巴群岛一个偏远岛屿的山体下100米深处。种子库的样本都被储存在零下18°C状态下。 34
图13.6： 埃德蒙顿市：在市中心看到的北萨斯喀彻温河沿岸河谷公园体系 336
图13.7： 向《生物多样性公约》报告的196个国家在外来入侵物种预防或控制国内相关立法方面的发展趋势（1967-2016），特别显示了具有下列政策组合的国家的比率：（i）外来入侵物种相关立法；（ii）国家生物生多样性战略和行动计划下关于外来入侵物种的目标；（iii）与爱知目标9相符的外来入侵物种相关目标 339
图13.8： 相关机构在外来入侵物种的管理方面有明确使命和/或合法权力的国家比率（积极答复为“有”，且被计入了总体比率） 339
图13.9： 1980-2017年间哺乳动物、鸟类和两栖动物的红色名录指数——仅显示了利用导致的趋势（即未被利用物种没有被纳入考量） 340
图13.10： 1961-2013年间按组成部分（土地类型）分类核算的世界生态足迹（以地球数计量） 342

海洋和沿海政策
图14.1： 海洋保护区覆盖率 362
图14.2： 预测的深海脆弱海洋生态系统区域 365
图14.3： 2006-2016年间的海底拖网捕捞区域和被关闭的脆弱海洋生态系统 365

土地和土壤政策
图15.1： 与土地相关的可持续发展目标的子目标15.3与其它可持续发展目标之间的联系 376
图15.2： 中国北部绿色长城的范围 381
图15.3： 全球土地退化和恢复趋势 390
图15.4： 按国家分类统计的陆地保护区面积占陆地总面积的比率（1990-2014年） 391
图15.5： 按地区和时期分类统计的土地消耗率与人口增长率之比（1990-2015年） 392

淡水政策
图16.1： 美国和加拿大五大湖流域问题区域的位置和现状图 404
图16.2： 1990-2015年间按饮用水源分类统计的全球人口变化情况（10亿） 415
图16.3： 2000-2015年间按区域分类统计的露天排便人口比率的发展趋势 415
图16.4： 2015年至少有5%人口没有基本卫生服务的国家在实现普遍基本卫生服务（2000-2015年）这一目标方面的进展 . . . 416
图16.5： 1900-2010年间按部门分类统计的全球取水量发展趋势（km3/年） 417
图16.6： 农业总取水量所占的比率 417
图16.7： 全球农作物用水总需求的历时变化 418

跨领域问题的系统性政策方法
图17.1： 气候适应融资 430
图17.2： X国饮食摄入量的健康和可持续状况 436
图17.3： 一个说明性质的能源系统 437
图17.4： 循环经济的建设 440

图17.5： 6R物质闭环流程图及生命周期的四个阶段 441
图17.6： 循环经济概观 443
图17.7： 国内开采量和国内物质消耗 445
图17.8： 公民参与共享经济的情况：2013年调查受访者在之前12个月内参与正式或非正式共享计划的比率 446

关于《全球环境展望6》的展望

图19.1： 关于《全球环境展望6》C部分各章内容及其相互关系和推动人地系统全面分析评估以识别转型发展路径的方式的概念构建 468

2050年长期愿景

图20.1： 可持续发展目标分类和分组框架 474

无针对性政策情景下的未来发展

图21.1： 本章探讨的选定子目标及其相关群组 490
图21.2： 对全球人口（左）和城市化（右）的未来预测 491
图21.3： 对SSP2（左）下的各区域的国内总产值总量和SSP2和SSP3（右）下的全球国内总产值的未来预测 491
图21.4： 对全球平均产量（左上）、全球作物产量（右上）、农业区域（左下）、森林和其他自然土地区域（右下）的未来预测 493
图21.5： 对全球食物不足人口的未来预测 494
图21.6： 对一系列气候稳定情景下的相对本地物种丰富度和SSP2和SSP3的土地利用情景下的平均物种丰度（MSA）的未来预测 494
图21.7： 对全球一次能源消耗量（左图）和SSP2情景下的各能源载体的消耗量的未来预测（右图） 495
图21.8： 对全球二氧化碳排放量（左）和温室气体排放总量（右）的增长预测 496
图21.9： 全球平均温度升高 497
图21.10： 对空气污染物（二氧化硫、氮氧化物、黑碳）排放量的未来预测 498
图21.11： 预计到2030年的五岁以下儿童死亡率 502

实现可持续发展的路径

图22.1： ‘里约+20峰会’指引的道路”研究中的情景 514
图22.2： 本章探讨的选定措施及其相关群组 515
图22.3： 2010年至2030年和2010年至2050年期间非能源作物产量的变化百分比与非能源作物耕地面积的变化百分比 517
图22.4： 符合温升不高于2°C的《巴黎协定》气候子目标的SSP2的基线和衍生情景下的全球二氧化碳排放量和相关的全球平均温度升高 521
图22.5： 在SSP数据库中情景下的2010-2020年能源强度降低率和到2050年低温室气体排放能源技术在能源结构中的比例 522
图22.6： 实现全球平均温度升高远低于2°C的不同路径 523
图22.7a： 在不同的气候和空气污染政策下的二氧化硫、氮氧化物和黑碳的预计全球排放量 525
图22.7b： 各种气候减缓情景与SSP2基线情景之间的空气污染排放差异 525
图22.8： 暴露于直径小于2.5μm（PM 2.5）颗粒物浓度低于世界卫生组织指导值和2050年过渡目标的环境中的人口百分比 . 527
图22.9： 选定措施和子目标之间的协同作用和权衡取舍一览表 534
图22.10： 2100年的全球平均温度升高与各种SSP参考情景和衍生减缓情景中的生物能源使用量 536

关于展望的自下而上举措和参与式方法

图23.1： 概述本章的自下而上的方法如何补充第21章和第22章的自上而下的研究发现以及它们如何共同为第24章提供政策解 551
图23.2： 以自下而上的可持续性举措为特色的一组样本平台所涵盖的举措数量（有关这些平台的简要说明，请参见附件23-1） 555
图23.3： 可持续发展目标按比例在选定的自下而上的可持续性举措平台中的涵盖情况有些举措的范围较窄，严格来说只涉及一两项或三项可持续发展目标，而其他举措的范围较广，且涉及多项可持续发展目标（四项或以上）（有关这些平台的简要说明，请参见附件23-1） 555
图23.4： 全部研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案中涵盖的可持续发展目标 556
图23.5： 全部研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案中涵盖的行为者类型 557
图23.6a： 气候研究联合实验室提案涵盖的地区 557
图23.6b： 气候研究联合实验室提案涵盖的地区的细分 557
图23.7： 各变革理论在全部研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案中的代表情况 558
图23.8： 研讨会种子理念的热图，显示特定措施/干预与可持续发展目标的配对 561
图23.9： 气候研究联合实验室提案的热图，显示特定措施/干预与可持续发展目标的配对 562
图23.10： 种子理念和气候研究联合实验室提案的群组间配对 563
图23.11： 全部研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案中涉及“农业、粮食、土地和生物多样性”群组下各项干预措施的种子理念和提案的数量（当种子理念和提案与多项措施对应时会重复计算） 564
图23.12： 全部研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案中涉及“能源、空气和气候”群组下各项干预措施的种子理念和提案的数量（当种子理念和提案与多项措施对应时会重复计算） 565
图23.13： 全部研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案中涉及“淡水和海洋”合并群组下各项干预措施的种子理念和提案的数量（当种子理念和提案与多项措施对应时会重复计算） 565

图23.14：全部研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案中涉及“人类福祉”群组下各项干预措施的种子理念和提案的数量（当种子理念和提案与多项措施对应时会重复计算）. 566
图23.15：《全球环境展望》区域评估的展望章节强调的干预措施. 567
图23.16：重点强调第22章中确定的群组下的干预措施的区域的数量 569
图23.17：按群组分类的种子理念和提案 570
图23.18：“其他”干预措施与主要群组中至少一项干预措施的配对数量 571
图23.19：关于产生可持续情景的自上而下和自下而上方法之间互利反馈的概念框架 575

未来之路
图24.1：不同的政策方法 583

未来的数据和知识需求
图25.1：公众科学的一些优势 599
图25.2：按参与程度递增分类的公众科学等级 600
图25.3：公众科学的一个例子（演示公众科学如何被需要以及如何复制推广） 601
图25.4：参与“有益于环境的全球性学习与观察计划”的内罗毕圣斯考拉斯蒂卡天主教学校的学生收集并记录全球降水测量卫星任务实地项目的降水量 602
图25.5：公众科学家收集环境数据 603
图25.6：以公众参与式科学研究为核心的数据模型框架 604
图25.7：大数据的特征和数据分析的作用 605
图25.8：印度行政区空气质量预测 07
图25.9：本土/传统知识与西方科学的比较 609
图25.10：《2030年可持续发展议程》中承认土著人民发挥的作用 611
图25.11：土著人民的土地/领土是孕育传统知识的摇篮. 611
图25.12：土著人民作为环境的管理者 612
图25.13：数据格局的演变 614

附件
图A.1：《全球环境展望6》的变革理论 623
图A.2：置信度定性评估的四框模型 625
图A.3：定量评估某一结果的发生概率的可能性量表 626
图A.4：可持续发展目标具体指标方面取得的进展 630
图A.5：可持续发展目标的环境层面 - 评估卡. 631

表

环境变化的驱动力

表2.1: 驱动力之间的相互关系 49

空气

表5.1: 一些大气化学成分 109

表5.2: 与气候变化、平流层臭氧消耗和累积持久性生物累积性有毒物质相关的国际环境协议 132

表5.3: 世界卫生组织空气质量指南和临时目标 132

海洋和沿海

表7.1: 与海洋有关的主要产业的经济价值，就业和主要环境影响的估计 180

表7.2: 全球捕捞渔业就业 192

政策有效性的评估方法

表10.1: 政策分类 276

政策理论和实践

表11.1: 监管影响评估的典型阶段 290

空气政策

表12.1: 本章所述政策和治理方法的分类 303

表12.2: 评估标准概述：英国的能源和气候政策 305

表12.3: 评估标准概述：欧洲过度的柴油排放 308

表12.4: 评估标准概述：肯尼亚的改进型炉灶 310

表12.5: 评估标准概述：AirNow—即时空气质量数据和预报 312

表12.6: 评估标准概述：《东盟跨境烟霾污染协定》 314

生物多样性政策

表13.1: 本章所述政策和治理方法的分类 326

表13.2: 评估标准概述：斐济的地方管理海域案例研究 328

表13.3: 评估标准概述：捕食者项目案例研究 330

表13.4: 评估标准概述：南非的为水工作项目案例研究 332

表13.5: 评估标准概述：斯瓦尔巴全球种子库案例研究 335

表13.6: 评估标准概述：埃德蒙顿自然区域体系政策 337

表13.7: 政策敏感指标 338

海洋和沿海政策

表14.1: 珊瑚白化、海洋垃圾和过度捕鱼相关治理方法和政策工具范例 351

表14.2: 澳大利亚的大堡礁 352

表14.3: 地中海海洋垃圾管理区域计划 354

表14.4: 智利渔业 356

表14.5: 不列颠哥伦比亚省的底栖鱼渔场 359

表14.6: 国际合作相关决议 361

土地和土壤政策

表15.1: 土地治理和可持续发展领域近年发生的里程碑事件 377

表15.2: 本章所述政策和治理方法的分类 378

表15.3: 贫困与环境倡议下老挝政府外商投资评估标准概述 379

表15.4: 中国荒漠化和沙尘控制评估标准概述 381

表15.5: 越南土地去污染项目评估标准概述 384

表15.6: 澳大利亚免耕法实施项目评估标准概述 386

表15.7: 《米兰城市粮食政策公约》评估标准及其在墨西哥的影响概述 388

表15.8: 土地政策有效性及全球环境目标实现进展评估指标 389

淡水政策

表16.1: 政策方法和案例研究 401

表16.2: 《五大湖水质协议》的有效性评估 403

表16.3: 格兰峡谷大坝适应性管理的有效性评估 406

表16.4: 英格兰洪灾风险管理政策的有效性评估 408

表16.5: 基本用水免费供应政策的三个选项 410

表16.6： 南非基本用水免费供应政策经济激励的有效性评估 411
表16.7： 澳大利亚采矿行业水资源核算框架的有效性评估 413
表16.8： 联合监测项目饮用水服务等级 414

跨领域问题的系统性政策方法
表17.1： 农业系统的组成部分、粮食生产、粮食损失和浪费及粮食消费等 435
表17.2： 健康和可持续饮食摄入量建议 436
表17.3： 旨在实现循环经济关键要素的政策聚焦的例子 442

2050年长期愿景
表20.1： 人类福祉方面选定的子目标和指标 477
表20.2： 自然资源基础方面选取的子目标和指标 479
表20.3： 可持续生产和消费方面选取的子目标和指标 480

无针对性政策情景下的未来发展
表21.1： 预计到2030年按区域划分的国家实现选定的可持续发展目标的子目标百分比 503
表21.2： 与选定子目标相关的过去和未来趋势（参见第20.4节） 504
表21.3： 可持续消费和生产方面的资源利用效率的历史和常规趋势 505

实现可持续发展的路径
表22.1： 资源利用效率趋势：基线情景（第21章）与子目标实现路径（本章）的比较 532
表22.2： 在选定子目标之间具有显著协同作用或权衡取舍的措施 533

关于展望的自下而上举措和参与式方法
表23.1： 不同类型的评估模型 551
表23.2： 标记维度 553
表23.3： 对适当扩大、实施和深化潜在变革性创新的支持性和颠覆性条件的概述 573

未来的数据和知识需求
表25.1： 一些公众科学项目和网站 602
表25.2： 联合国“全球脉动”实验室的调查和研究项目 605
表25.3： 公私伙伴关系的示例 609
表25.4： 将传统知识与西方科学知识相结合的研究 610
表25.5： 关于传统知识促进实现可持续发展的潜力的研究 611

附件
表A.1： 全球环境评估项目示例以及与《全球环境展望6》的关联 621
表A.2： 低置信度的来源 628
表A.3： 可持续发展目标全球指标框架中与环境相关的可持续发展目标的子目标和指标的描述 632
表A.4： 2010年至2015年签署的国际环境协定列表 641

专栏

前言和背景介绍

专栏1.1： 福祉的概念 08

专栏1.2： 多维分析 14

环境变化的驱动力

专栏2.1： 人口增长与消费和资源利用增速之间的关系 25

专栏2.2： 人口红利 25

专栏2.3： 电子废弃物 41

专栏2.4： 精准农业技术 42

专栏2.5： IPAT等式 51

我们的数据和知识现状

专栏3.1： 潘基文声明，2015年 59

专栏3.2： 性别统计数据 64

专栏3.3： 性别相关问题 65

专栏3.4： 联合国秘书长的声明 69

专栏3.5： 《2030年议程》第76条 70

空气

专栏5.1： 美国环境规划局3/8决议 132

生物多样性

专栏6.1： 生物多样性、疾病和“一体化健康（One Health）” 145

专栏6.2： 海洋垃圾和微塑料对生物多样性的威胁 151

专栏6.3： 极端事件——对生物多样性的进一步压力 152

专栏6.4： 世界自然保护联盟 155

专栏6.5： 农业生物多样性和性别 161

专栏6.6： 传统做法和知识在保护授粉者中的重要性 161

专栏6.7： 气候变化和基于生态系统的适应需求：兴都库什喜马拉雅山 163

专栏6.8： 国际野生动植物贸易和《濒危野生动植物种国际贸易公约》（CITES） 165

专栏6.9： 生物多样性保护和贫困 166

专栏6.10：南非的女护林员 166

海洋和沿海

专栏7.1： 极地海洋渔业 184

专栏7.2： 海洋环境中的汞 184

专栏7.3： 沿海采砂 189

专栏7.4： 深海采矿 190

专栏7.5： 人为海洋噪音 190

专栏7.6： 承诺使用生态系统方法发展可持续渔业的现有全球政策示例（括号内为协议的日期） 192

土地和土壤

专栏8.1： 对北极生存方面的影响 216

专栏8.2： 叙利亚危机原因：干旱和土地退化因素 218

专栏8.3： 不丹的文化价值观和保护 223

淡水

专栏9.1： 气候变化对湖泊和湿地的影响 239

专栏9.2： 采矿对水质的影响 243

专栏9.3： 约旦面临难民和水危机 257

专栏9.4： 城市如何面对缺水 259

专栏9.5： 南非开普敦附近的西开普省赫曼纽斯地区：地表水和地下水联合开发与管理案例研究 261

政策理论与实践

专栏11.1：英国政策评估中的碳估值 2911

生物多样性政策

专栏13.1：国际社会对人类健康与生物多样性联系的认识 325

专栏13.2：生物多样性政策性别和公平维度亮点 326

专栏13.3：土著民族和地方社区的中心性 331

土地和土壤政策
专栏15.1：土地和土壤的概念 376
专栏15.2：《联合国防治荒漠化公约》关于粮食体系的陈述 387

跨领域问题的系统性政策方法
专栏17.1：案例研究：越南的“与洪水共存”项目 431
专栏17.2：案例研究：粮食损失和浪费——日本的多项政策方法 434
专栏17.3：德国的可再生能源支持：入网费率政策 438
专栏17.4：案例研究：印度的需求侧管理：人人享有可承受的LED灯 439
专栏17.5：可持续材料管理 441
专栏17.6：案例研究：艾伦·麦克阿瑟基金会——政策制定者实施循环经济的工具箱 443

无针对性政策情景下的未来发展
专栏21.1：废弃物是环境恶化的重要原因 488
专栏21.2：共享的社会经济路径 489
专栏21.3：环境评估之间需要协调 489
专栏21.4：气候变化对农业的影响 492
专栏21.5：选定的可持续发展目标的子目标在国家层面取得的进展 503

实现可持续发展的路径
专栏22.1：“‘里约+20峰会’指引的道路”研究项目 515
专栏22.2：基于土地利用的减缓措施对气候政策的贡献 523
专栏22.3：气候和清洁空气联盟 525
专栏22.4：减缓气候变化与减少空气污染之间可能的协同作用（以中国为例） 526
专栏22.5：选定措施与目标之间相互关系的概述 533

关于展望的自下而上举措和参与式方法
专栏23.1：生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台以及自下而上的情景流程 549
专栏23.2：气候研究联合实验室（Climate CoLab） 552
专栏23.3：全球气候行动门户网站 554
专栏23.4：气候研究联合实验室获奖提案 559
专栏23.5：城市系统 560
专栏23.6：案例研究：粮食系统 572

未来之路
专栏24.1：健康效益超过《巴黎协定》的实施成本 588

未来的数据和知识需求
专栏25.1：开放数据系统的示例 606
专栏25.2：利用大数据的基于网络和地理空间技术的示例 606
专栏25.3：印度使用大数据进行全面的空气质量预测 607
专栏25.4：使用大数据的一些挑战 608
专栏25.5：传统知识和西方科学的互补使用 610

序(一)

《全球环境展望6》是对地球进行的一次重要体检。正如一切合格的体检一样，它明确预测了我们的行为会产生的后果，即如果我们一切照旧，不做出改变，会有什么后果，而如果我们根据有关建议，采取一系列行动，把事情做好，又会出现什么结果。本报告既指出了我们面临的问题，又指导了我们如何在《2030年可持续发展议程》及17个可持续发展目标所阐明的路径上前进。

本报告的主题是“地球健康，人类健康”，它强调了环境与人类生存发展之间密不可分的联系。当前，人类面临着诸多挑战：气候变化、物种灭绝、经济过度依赖于资源浪费性使用、陆地和海洋生态系统承受着空前压力等。作为地球的守护者，我们正处于一个决定性时刻。

然而，并非一切都是坏消息。很多指标表明，我们在解决全球饥饿、获得清洁用水、卫生、清洁能源等问题上都取得了进展。我们还看到，环境恶化与经济增长造成的不可持续的资源利用之间出现一些脱钩的迹象，同时技术创新达到前所未有的水平。

尽管如此，整体上而言，我们希望传递的一个信息是：我们需要对前进路线进行重大调整，即联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）在其近期报告中所指出的重大转型。此报告指出，应将全球升温幅度控制在1.5°C以内。

本报告详细说明了行动不及时会带来的危险以及实现可持续发展的现存机遇。我们既拥有必要的政策引导，又具备支撑政策引导的科学力量，唯一缺乏的就是共同的决心。只要戮力同心，我们就会成功。

António Guterres
安东尼奥·古特雷斯
°联合国秘书长

2019年1月

序(二)

令人遗憾的是,“先发展,后治理”是工业革命以来世界上绝大多数国家和地区所采取的发展模式,仿佛告诉大众环保会分散我们的注意力,是一件没有必要去做的事情,而在经济发展良好、条件富足的时候则是一件锦上添花的事情。

《全球环境展望》(如今已更新至第六期)一直都在为转变这种思维而努力。《全球环境展望》以最先进的科学和现实案例为基础,强调地球健康既是人类健康的前提,又是经济健康发展的基础。最重要的是,它告诉我们如何才能实现全面发展。

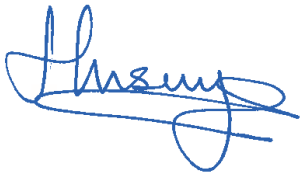
在发展绿色经济、进一步推进可持续发展、实现繁荣而不仅仅是勉强生存的过程中,当前比以往任何时候都重要。科学和数据明确说明了当前我们面临的诸多挑战,同时为我们指出了一些小的机遇,以应对这些挑战。

因此,《全球环境展望》可以说是落实联合国《2030年可持续发展议程》的一个路线图,为我们消灭饥饿与贫穷,保护生物多样性、海洋、土地及淡水资源并恢复其健康指明了方向。

《全球环境展望》明确指出,要实现以上目标,需要改变人类的生活方式和生产活动,包括工业、农业、建筑业、交通以及为它们提供动力的能源系统等。

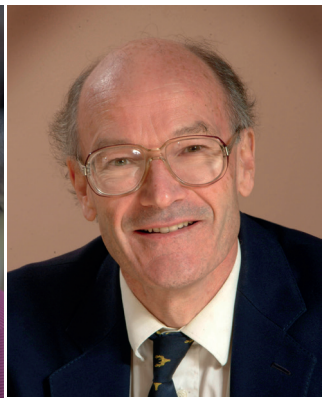
而这意味着,对风能和太阳能等可再生能源的利用要成为新常态,能源高效、绿色建筑、绿色出行也要成为新常态。与此同时,这还会带来巨大的经济机遇,我们将迎来一个更好的新工业革命。

尽管任务艰巨,但是我们应该受到鼓舞。《蒙特利尔议定书》等我们在全球范围内围绕环境所做出的一系列行动以及我们对臭氧层空洞所采取的创新性举措,都表明我们有制度、也有能力联合起来。塑料污染问题就是全世界人民共克时艰的一个例证:我们看到巴厘岛的学校儿童、孟买的沿海居民,还有康沃尔的冲浪者团结在了一起。毕竟,“让世界变得更美好”以及“改变我们的生活方式”,是一项无关党派的事业,一项我们所有人都能够团结起来而为之一致努力的事业。



Joyce Msuya
联合国环境规划署代理执行主任

序三（联合主席作）



我们对人类的展望是什么?《全球环境展望6》明确指出，人类如今正处于一个十字路口。我们可以选择一条有挑战性而可控的路径，走向联合国《2030年可持续发展议程》所设想的可持续发展的新黄金时代。在这一新黄金时代，地球资源将得到可持续利用，自然环境将照顾到每一个人，饥饿和贫困将不复存在。或者，我们也可以选择一成不变，延续当前的趋势和做法，而这会让我们在应对环境破坏的斗争中败下阵来，威胁世界绝大部分地区。

本报告明确指出了避免这一后果所应解决的问题，还指出了如何解决这些问题，如何实现可持续发展目标（SDGs），如何恢复地球的空气、生物多样性、海洋、土地和淡水的健康，如何为全人类造福，实现“地球健康，人类健康”的目标，这也正是本报告的标题。

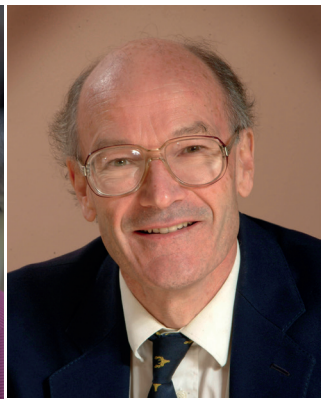
本报告明确指出，实现可持续发展目标需要改变人类的生活方式和生产活动，包括工业、农业、建筑业、交通以及为它们提供动力的能源系统等。未来几十年内做出这些改变，将为国家、决策者、企业带来巨大的经济机遇，前提是这些国家、决策者、企业能够展现开拓和创新的精神，利用各种技术、社会实践及制度实现可持续发展。

作为《全球环境展望6》的联合主席，我们负责对作者和专家的工作进行监督，他们孜孜不倦地为本次分析工作做出了贡献。这一监督过程的科学诚信度由科学咨询小组来监控。高级别小组帮助我们用合适的语言与决策者沟通。秘书处负责提供持久力，确保顺畅推进整个过程。一些国家为我们提供了必要的资金支持，对我们给予了鼓励，还与我们召开了会议。我们认为，本报告回答了“我们需要做什么”以及“我们能够做什么”的问题，并给出了证明。我们恭敬地将此报告呈递给全世界的决策者，恳请他们为了我们所有人的利益，为了子孙后代的利益，直面并解决这些挑战。

Joyeeta Gupta

Paul Ekins

引言（联合主席作）



联合国环境规划署《全球环境展望6》审视了环境的健康状况、人类的健康状况以及实现联合国《2030年可持续发展议程》可持续发展目标的前景。作为本报告的联合主席，我们提取了本报告的六大要点。

第一，地球健康是人类健康的基础。地球健康对全人类的健康和福祉至关重要，直接影响着地球上70%贫困人口的生命和生活【决策者摘要2.2.2；6，6.3.4，6.6.3；专栏6.5，13.2】，尤其是赤贫人口。地球健康还是生产全球经济所需的商品和服务的基础。2017年，全球GDP总值为75万亿美元。生物圈整体上对人类生存和文明进步非常重要，对人类的价值是无穷无尽的。然而，出于一些目的，我们要计算生态系统商品和服务的货币价值，这对我们而言是有用的。举例来说，全球生态系统服务总值为125万亿美元/年（2007年数据）【1.3.1】，但是气候对农业的有益影响以及冰川融化对10亿多人口水资源安全的影响等因素却没有被包括在内【4.2.2】。因此，该数值显然被低估了。1995-2011年，损失的生态系统服务估值在4-20万亿美元之间（Costanza等人，2014年）。尤其是为商业和非商业粮食生产提供重要服务的传粉昆虫对商业领域的贡献估值为3510亿美元/年（Lautenbach等人，2012年）。

第二，地球不健康会造成人类不健康。由于生物多样性缺失（包括传粉昆虫、珊瑚礁、红树林的减少）、气候变化、空气污染、水污染、海洋污染与枯竭、土地利用变化等带来的负面影响，地球正变得日益不健康。地球不健康会给人类带来巨大的社会成本，影响人类的健康、福祉和生计以及全球经济。与生态系统商品和服务一样，这些成本很难通过货币等方式完全体现出来。本报告提供了这些成本相关的一些数据。例如，每年至少有900万人因室内外空气污染和水污染而死亡【4.1.1】，其中2015年七国集团（G7）国家中有30万人因室内外空气污染和水污染而死亡（经济合作与发展组织【OECD】，2017年）。2015年，大约280万人死于室内空气污染【5.3.1】，依靠不干净的传统生物质而生存的人口也在280万左右【21.2.3】。此外，还有几百万人遭受着疾病和失去生计的困扰。每年因污染造成的成本在4.6万亿美元左右【1.3.1】。29%的土地出现退化，影响着13-32亿人的生命和生计【8.3.2】。慢性灾害正在触发人口迁徙【9.3.4；9.7.3】。2016年，118个国家2420万人因突发性灾害而在国内流离失所【4.1.2】。这类灾害不仅影响贫困国家，而且对美国和日本等富裕国家也带来了影响。1995-2015年，极端天气事件导致70万人死亡、17亿人受到影响，造成了1.4万亿美元的成本【4.1.2；图4.2】（灾害流行研究中心，联合国减少灾害风险办公室，2015年）。2010-2016年，每年平均发生700次极端事件，造成的损失平均为1270亿美元/年。虽然90%的损失来自于中高收入国家，不到1%的损失来自于低收入国家，但是这些损失占低收入国家GDP的1.5%左右，远高于高收入国家，而且基本都没有被保险所覆盖（Watts等人，2017年）。1970-2010年，气候变异与气候变化给一些小岛地区造成的损失平均约占其GDP的1-8%（联合国环境规划署【UNEP】2016a）。

如果全球平均气温上升幅度不控制在1.5°C以内，小岛国家和沿海人口可能会面临存亡威胁。每年，水资源相关的问题会造成1400亿美元的收入损失和560亿美元的医疗成本（LiXil，水援助组织，牛津经济研究院，2016年）。如果不按照“可持续发展目标10”来减少此类影响，那么国家内部以及国家之间的不平等性可能会加剧。

第三，我们需要解决导致地球不健康的驱动因素和压力问题。导致地球不健康的驱动因素和压力问题源于我们一直未能将环境影响和健康影响内化为经济增长过程、技术以及城市设计。造成这些压力的因素有：大量使用化学品（很多对人类健康和环境都有害），废弃物过多（很多基本上没有得到管理），气候变化持续产生影响且不断加剧，不平等性促进人口结构变化并催生其他驱动因素和压力。富人的环境足迹远多于穷人。例如，富裕国家每月人均排放量普遍高于贫困国家（Ritchie，Roser，2018年）。最富裕国家人均材料消费量是最贫困国家的10倍（联合国环境规划署，2016b）。虽然我们提出了绿色经济、健康经济、包容经济的思想来应对这些挑战，但是这些思想尚未系统性地体现在现行国家政策中。《政府间气候变化专门委员会（IPCC）全球升温1.5°C特别报告》强调，减少温室气体排放的时间已非常有限，尤其是要将全球平均升温幅度控制在当前水平，以避免适应高温气候所需要付出的极高成本（政府间气候变化专门委员会，2018年）。

第四，虽然当前科学研究结果表明采取政策行动已刻不容缓，但是我们掌握的知识越详尽，就能制定越精细和越具有预防性的政策。目前我们所掌握的知识水平足以让我们现在就调动起来，采取行动【1，2，4-9】。而在制定国家政策和核算过程中，新知识、本土知识和本地知识是必要的，新知识包括从地球观测、实地数据、公民科学、地面实况调查等来源获得的分类数据【3】。核算系统可以记录细节性信息，例如谁破坏了环境、如何破坏的、原因是什么，大自然对人类的贡献程度有多大，生态系统商品和服务损失了多少，谁受到了影响，等等，这些都是很有用的信息【图3.6】。此外，数据和核算系统还需要考虑非正式经济中广大贫困人口的现状。这些人往往非常依赖大自然的馈赠，因此也更易受环境恶化的影响。

第五，环境政策是必要的，但还不足以解决系统性生态问题，还需要我们采取更具整体性的方法。当前各国政策和国际政策尚不能按可持续发展目标的要求，有效地、公平地应对严峻的环境挑战。环境方面的考虑需要被整合到所有政策领域，使经济增长、技术发展和城市设计相关政策能够大量涵盖自然资源和环境受到的潜在及实际影响，从而实现经济增长、资源利用与环境恶化之间长期的实质性脱钩。缓解气候变化的同时，还需要采取政策公平地适应气候变化。只有精心设计政策，明确目标，灵活整合要素，包括监控、目标实现工具【12-17】以及获得司法补救的时间，政策才会有效【23.3；23.11；24.2】。此类整体性方法不需要付出额外的经济成本。如果全球GDP的2%都用于维持和恢复自然资本，这将带来与当前投资一样的经济增长效益【18.1】。在实现将全球升温幅度控制在2°C以内的目标过程中，减少空气污染带来的健康效益是缓解气候变化所需花费的全球总成本的1.4-2.5倍，前者为54.1万亿美元，后者为22.1万亿美元。如果全球升温幅度限制从2°C降低至1.5°C，这会给中国和印度进一步创造巨大的健康效益【专栏24.1】。当前，全球粮食浪费量正在以33%的速度增加。如果这一趋势得到抑制，粮食安全就能够进一步得到保障【决策者摘要 2.2.4】。

第六，健康人类、健康地球、健康经济三者之间是相辅相成的关系。健康饮食（少吃肉类）、健康生活方式、实现良好废物管理的健康城市（2/5的人无法享受废物处理服务【决策者摘要 2.2.6；4.4.1】）、建成区绿色基础设施的使用以及健康流动性等，能够提高劳动生产率，减少农业用地需求（例如当前肉类生产的农业用地率为77%【决策者摘要 2.2.4；8.5.1，8.5.3】），减少城市拥堵和交通污染相关的成本，解决粮食/生物燃料用地与生物多样性保护之间的取舍问题（经济合作与发展组织，2017年）。支撑环保型经济发展的技术创新和社会创新，可以取代以往“先发展，后治理”的模式，是可行的，也是有吸引力的。另外，实现人类健康的前提是要保障人类享有获得清洁用水和粮食的权利，享有土地使用权以及性别平等。清洁的空气、水、燃料及粮食不但可以挽救无数人的生命，而且可以改善民生。保障贫困人口和原住民的土地使用权，有助于增强他们保护生物多样性及其赖以生存的各类生态系统的能力。例如，贫困人口和原住民生活在22%的土地上，而这些土地上的生物多样性却占全球的80%（Sobrevila，2008年），涉及的碳封存、污染减少、清洁水源、侵蚀防治等价值数十亿美元【决策者摘要 2.2.4；8.5.3】。如果性别平等得到促进，土地继承权和拥有权得到保障，那么粮食安全和很多健康问题就能够得到更好的解决，尤其是与妇女和儿童相关的粮食安全和健康问题【4.1.12】。我们需要迫切变革，通过自上而下的政策导向和自下而上的行动，推动全球经济向更加公平和环境更加可持续的方向加速转型，加速建设更加健康的社会，为当前以及未来所有国家的繁荣和全人类的福祉而努力。

Joyeeta Gupta

Paul Ekins

参考文献

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters and United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015). *The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015.* https://www.unisdr.org/files/46796_cop21weatherdisastersreport2015.pdf.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I. *et al.* (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). *Global Warming of 1.5 °C an IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty.* http://www.ipcc.ch/report/sr15/.

Lautenbach, S., Seppelt, R., Liebscher, J. and Dormann, C.F. (2012). Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLOS ONE* 7(4), e35954. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035954.

LiXil, Water Aid and Oxford Economics (2016). *The True Cost of Poor Sanitation.* https://www.lixil.com/en/sustainability/pdf/the_true_cost_of_poor_sanitation_e.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2017). *Healthy People, Healthy Planet: The Role of Health Systems in Promoting Healthier Lifestyles and a Greener Future.* Paris. https://www.oecd.org/health/health-systems/Healthy-people-healthy-planet.pdf.

Ritchie, H. and Roser, M. (2018). CO_2 and other greenhouse gas emissions. 23 November. Our World in Data https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions.

Sobrevila, C. (2008). *The Role of Indigenous Peoples in Biodiversity Conservation: The Natural but Often Forgotten Partners.* Washington, D.C.: World Bank. https://siteresources.worldbank.org/INTBIODIVERSITY/Resources/RoleofIndigenousPeoplesinBiodiversityConservation.pdf.

United Nations Environment Programme (2016a). *GEO-6 Regional Assessment for Asia and the Pacific.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7548/GEO_Asia_Pacific_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016b). *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel.* Schandl, H., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., Eisenmenger, N. *et al.* (eds.). http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21557/global_material_flows_full_report_english.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M. *et al.* (2017). The lancet countdown on health and climate change: From 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet* 391(10120), 581-630. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9.

做好准备

1. 前言和背景介绍
2. 环境变化的驱动力
3. 数据和知识现状
4. 跨领域问题

第 1 章

前言和背景介绍

© Shutterstock/xtock

领衔作者兼协调负责人：Mark Elder（全球环境战略研究所），Christian Loewe（德国联邦环境署）

1.1 《全球环境展望》:地球健康,人类健康——人类的转型挑战

在不进一步突破地球生态极限、破坏其成果的前提下,到2050年实现约1百亿[1]人过上体面幸福生活的目标,是人类有史以来面临的最严峻的挑战和最重大的责任之一。全球人民都在不同环境条件下以不同方式依赖于地球天然的生命保障系统的顺畅运转。地球的健康是人类整体幸福和进一步发展的必要基础(联合国,2015a;经济合作与发展组织【OECD】,2017a)。

《全球环境展望6》以"地球健康,人类健康"为主题,从整体上考虑了全球各种科学观点和科学贡献,是一份综合性评估报告。本报告敦促全球决策者和所有公民应用可持续发展的原则,确保地球环境持续为人类社会及人类的幸福和韧性提供保障。

本报告旨在回答以下几个问题:

- 全球环境目前处于什么状况?它在如何发生改变?影响这些改变的主要正面因素与负面(驱动)因素是什么?
- 从健康、经济繁荣、社会公平、粮食安全及整体福祉方面来看,人类及其生计正在如何影响环境变化同时又是如何被环境变化所影响的?
- 环境效益、环境责任及环境风险是否公平分布于不同地区、不同社会经济群体和不同性别群体?
- 我们采取了哪些主要响应和政策措施来加强各个层面的环境保护和治理?在提高环境质量和资源效率上有什么效果?
- 有哪些可能的路径、关键机遇和政策,包括《多边环境协定》和可持续发展目标,可以使全球人类环境体系变得更加可持续,为地球健康做出贡献,从而保障人类健康?如果不额外采取行动,可能会有哪些后果?

本报告的前言部分和第一部分回答了前3个问题,第二部分从政策有效性的角度回答了第4个问题,第三部分则从最有前景的未来路径的角度回答了第5个问题。

本报告出版之际,正值当前全球人类发展轨迹面临重大不确定性的时期(美国国家情报委员会,2017年)。其主要原因之一是,过去几十年,人为引起的气候变化及对生态系统造成的其他人为影响等人类活动,改变了地球的自然体系,超出了其承载力,破坏了其自我调节的机制,给全人类带来了不可逆转的后果(联合国政府间气候变化专门委员会,2014 年)。气候变化、土地利用变化(尤其是森林采伐)等持续发生的系统性生态变化,已对人类造成了严重影响,导致人类社会的生态基础和自然体系处于严重危险之中,影响了自然体系支持其他物种发展、提供宝贵的生态系统服务(《千年生态系统评估报告》,2005年)。

人类活动正在导致污染增加,使污染问题上升为全球人类健康面临的最大单一风险(Landrigan等人,2018年)。不论是在生态极限的边缘继续徘徊,或是突破生态极限,都会使我们更难以实现繁荣、公正、公平及全人类健康生活的目标(Crutzen, Stoermer,2000年;Crutzen,2002年;Steffen, Crutzen, McNeill,2007年;Steffen等人,2011年;Steffen等人,2015年;Steffen等人,2018年)。人类继续在地球安全区内生活的需要,与消灭贫困、加速社会经济发展的需要,由"为人类创造安全公正的环境"这一理念联系起来(Raworth,2012年)。

应对气候变化、森林采伐、荒漠化、生物多样性缺失、自然资源枯竭、污染以及随之而来的自然影响和相关环境影响等一系列人为造成的破坏,是摆在我们面前的一大挑战。虽然很多新旧社会矛盾和冲突需要同步得到解决(Beck,2009年;Beck,2015年;Raskin,2016年),但是上述这些无所不在积累已久的问题应被当作人类的变革性挑战来应对(Beck,2009年),为人类进一步发展创造机遇,增进人类福祉。也就是说,要用具有普适性的可持续性原则管理实现"地球健康、人类健康"目标的路径,不让任何一个人掉队,同时首先尽力帮助落在最后面的人(联合国,2015a)。

本报告旨在应对这一变革性挑战。联合国《2030年可持续发展议程》(以下简称"《2030年议程》")及其17项可持续发展目标都提到了这一变革性挑战。朝着可持续性的方向改变人类与环境之间的交互(以及人类相互之间的交互),尤其是消费和生产模式及生活方式,需要有更好的信息库、行星系统相关的多元化新知识(Steffen,2000年;Schellnhuber等人编辑,2004年)以及全球化社会和经济体系内部的变革性过程(Schneidewind,2013年)。而这包括人类对"自然和环境可持续性"的认识和理解中所涉及的文化内涵与伦理基础(Morton,2009年;Lammel等人,2013年;Díaz等人,2015年;生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台【IPBES】,2015年;Pascual等人,2017年)。

国际组织与全球科学界及联合国成员国合作开展的全球环境评估越来越多,所提供的知识有助于我们了解自然生态系统、社会生态系统、人类对健康自然生态系统的依赖三者之间重要的相互联系和加速发展模式。我们对地球观测技术的使用越来越多,包括从外太空和地球上进行观测的技术,结合新的数据分析工具、环境核算等学科(例如,Kim, Kim编辑,2016年)以及环境经济学(Siebert,2008年;Wiesmeth,2012年;Ghosh等人编辑,2016年),革命性改变了我们对环境变化的起因及其对生命的影响的认识(Chuvieco编辑,2008年;Tomás, Li,2017年;Mathieu和Aubrecht编辑,2018年)。

1. "百亿"在本报告中指100亿。

我们可以采用基于系统的综合性方法(例如,同时考虑多种效益的方法)探索交叉性联系,管理系统级影响,让政策可以有效支持大量社会目标、经济目标和环境目标的实现,增进人类福祉,确保具备增进人类福祉所需要的前提条件。这些新的科学手段和方法,包括多领域之间相互交叉联系的研究,有利于我们准备更多合适的、公平的及有效的政策响应,包括将投资、生产、分配和消费变得更可持续,多层次提高治理能力。本报告旨在支持以下愿景的实现:通过在全球共享和推动可持续发展路径,在地球可以承载的生态极限范围内,提供均等机遇,实现繁荣,提高全人类福祉。

本报告以解决问题为导向,提供基于事实和数据的解决方案。此外,本报告还从不同科学领域出发以多学科视角,提供了解释性框架,讲述了一个个关于成功、失败和愿望的故事,帮助个人、政府和国际社会避免和修复环境破坏,同时对环境变化和环境机遇做出更加有效的响应。本报告强调了已有的环境变化迹象,思考了在改变全球人类环境体系以实现中长期(2030/2050)可持续性方面存在的可能路径和面临的关键机遇。

本报告以"地球健康,人类健康"为主题,从人类层面思考实现健康地球的目标。本报告强调了维持生态系统完整性的重要性,关注了生态系统与社会经济体系之间的关联性,还强调了地球的健康是保障人类生理健康、心理健康、社会健康、经济健康、情绪健康以及人类福祉的必要基础,对实现所有可持续发展目标至关重要。

Raissa Lara Lütolf/Unsplash

图1.1：实现“地球健康，人类健康”的目标所要做出的选择

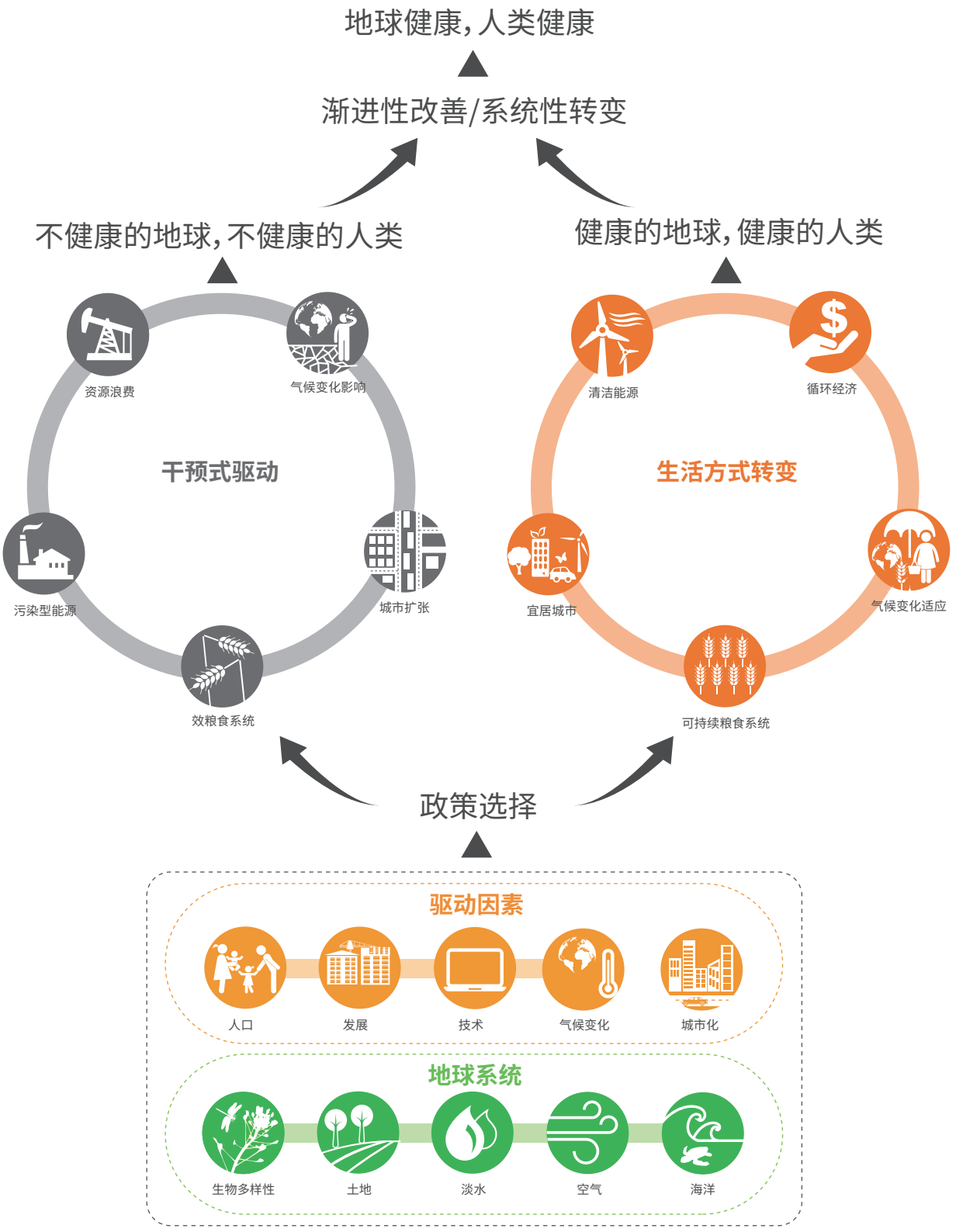


图1.1描述了健康地球如何通过促进更健康的生活方式对改善人类健康产生直接影响。环境恶化使人们暴露于有害污染物之中且难以获得大自然对生态系统的贡献，从而加重了疾病负担。为了避免这些问题，我们需要保护自然资本，通过脱毒、脱碳、去物质化以及生态系统修复，增进地球和人类福祉。

保障地球健康，需要我们对自然资本（即大自然对人类的贡献）和人力资本进行保护和可持续性管理。除了收入差距和贫富差距之外，人类利用人力资产、实物资产以及自然资产创造长期可持续经济社会繁荣的能力，环境恶化和资源枯竭的程度，污染，气候变化等，也会影响人类的机遇。

本报告认为，环境公平、经济公平、社会公平三者之间是整体联系在一起的，它们在可持续发展目标中也是如此，其首要目标是“不让任何一个人掉队”，所有可持续发展目标都建立在人权和尊严的基础上。此外，很多可持续发展目标都包含环境目标，其中一些环境目标含有公平指标。本报告用证据证明了大自然对人类的贡献是如何为人类的健康和福祉提供保障的。可持续发展目标认为，不平等（包括贫困和性别歧视）会造成人类生产力和繁荣的大量浪费，限制有效且负责任的公民治理的规模，与公平和机遇的伦理性背道而驰。当前，人力资源不仅未被充分利用，而且没有促进人类可持续生活所需的创新。世界很多地区持续存在贫困的现状就证明了这一点。《2030年议程》的目标之一就是消除这些贫困（世界银行，2016a）。可持续发展目标还认为，资源获取、生态系统服务、收入、财富等方面的差距，在创造人生机遇上发挥着重要作用（Whitmee等人；经济与合作发展组织，2017年），极大地影响着广大妇女、女童以及贫困人口。

1.2 联合国环境规划署为实现《2030年可持续发展议程》环境议题所推出的旗舰评估报告

在认识到这些重大挑战后，世界各国政府要求编写《全球环境展望6》，以更好地了解可持续发展目标在环境层面的各种相互关系。

1.2.1 授权

出席2014年6月在内罗毕召开的首届联合国环境大会（UNEA-1）的会员国请求如下：

> “……联合国环境规划署执行主任，在工作方案和预算范围内，负责编写《全球环境展望6》。联合国环境规划署实况平台（UNEP Live）提供支持。《全球环境展望6》的范围、目标及程序，将参照UNEP/EA.1/INF/14号文件的相关内容，通过在全球开展政府间和多方利益相关方透明磋商予以界定，形成一份科学上可信的且经过同行审查的报告以及供决策者参考的配套摘要，拟最晚于2018年由联合国环境大会通过。”

在会员国的请求下（UNEP/EA.1/4），并根据2014年10月21-23日在柏林举行的全球政府间和多方利益相关方磋商大会上所做出的决定（UNEP/IGMS.2 Rev.2），本报告的编写以6份区域性评估报告为基础。这6份区域性评估报告于2016年5-6月发布，与本报告在编写方式上类似。除此之外，本报告的核心内容经过整理，形成了一份配套的摘要，供决策者参考。这份摘要在各国政府的协商下，由本报告的作者们联合起草。关于联合国环境规划署授权编写《全球环境展望6》的详情，请参见附件1-1。

近期，在得知第四届联合国环境大会（UNEA-4）将调整至2019年3月11-15日召开后，会员国在第三届联合国环境大会上决定：

> “……【请求】联合国环境规划署执行主任在第四届联合国环境大会召开之前至少3个月发布《全球环境展望6》报告；”

> “同时【请求】联合国环境规划署执行主任在第四届联合国环境大会召开之前至少6周安排供决策者参考的摘要的磋商工作，并将《全球环境展望》报告及其供决策者参考的配套摘要递交第四届联合国环境大会审议和酌情核可。”

根据以上决定，本报告的非公开版本的交付日期是2018年12月5日的那一周，供决策者参考的摘要的被采纳翻译版本的交付日期是2019年1月28日。

1.2.2 《全球环境展望6》的角色

《全球环境展望6》的推出正处于全球发展的关键时期。《全球环境展望6》将汲取前几期《全球环境展望》的知识和经验。前几期《全球环境展望》已用大量证据证明了环境恶化（即使在地球支持人类文明发展的有限的能力范围内）已破坏了当前和未来的发展，对人类福祉的各个方面都构成了威胁（联合国环境规划署2007年；UNEP 2012a）。

《全球环境展望6》对一些问题进行了进一步探索，试图展现各种环境挑战以及地缘政治问题、经济问题、工业问题、社会问题、技术问题、文化问题之间的相互联系，同时考虑实现可持续发展目标及其他国际约定的环境目标（IAEG）所需的潜在变革性可持续发展路径和政策。为此，本报告旨在对全球环境安全进行更广泛的讨论（Matthew等人，2010年；联合国环境规划署等，2013年）。

专栏1.1：福祉的概念

人类福祉由多种要素构成，主要包括：

- 过上美好生活所需的基本物质保障，例如，安全且充足的生计；
- （随时都有）足够的粮食、住所、衣服以及获得商品的机会；
- 健康，包括好的感觉、健康的物理环境，例如，清洁的空气、清洁的水源；良好的社会关系，包括社会凝聚力、相互尊重、帮助他人的能力以及供养孩子的能力；
- 安全，包括对自然资源及其他资源的安全获取、个人安全、不受自然灾害和人为灾害影响的安全；选择自由和行动自由，包括实现个人目标和梦想的机会。

选择自由和行动自由受福祉的其他构成要素（以及其他因素，包括教育这一很明显的因素）所影响，是实现福祉的其他构成要素的前提条件，尤其是公平和公正。

资料来源：《千年生态系统评估报告》，2005年

除此之外，本报告还试图进一步加强对社会-生态系统制度（包括经济学）宏观层面的理解，同时采用一种更加以人为本的方法（联合国环境规划署，2016a）。本报告强调，人类是生态系统的一部分，而且依赖着生态系统，这体现了保护自然的重要性，保护自然不仅是为了其内在价值，而且事关全人类的福祉。当前，我们迫切需要采取这种方法来解决脆弱性问题，应对不同状况，同时使人们有能力应对日常生活中的灾患和破坏（即韧性）（《千年生态系统评估报告》，2005年）。因此，我们希望，无论是普通公民、消费者、选民还是政客、宗教领袖、商界领袖，都能够受到鼓舞，通过改变自己的行为来应对挑战（联合国环境规划署，2016b）。

本报告强调了要重新认识环境与经济之间的关系，这一关系是以人为本方法的基础。这不仅体现了大自然对人类的贡献，环境在保障人类福祉（包括环境投资、创新及技术带来的好处）方面发挥的作用，而且说明了无所作为、一切照旧、资产搁浅所要付出的巨大代价。

此外，本报告的这一视角有助于指导未来决策，应对复杂的影响和冲突，并以此为新基础设计与实施《2030年议程》相关的可持续发展政策和治理体系（世界银行，2016b）。而通过本报告来创造这些知识及证据基础，将有助于我们更好地宣传可以被政府、其他利益相关方和公民采用的政策、行动和投资，以应对当前和未来的发展挑战，并解释采取这些行动的好处。而关于如何将这一视角融入本报告之中的问题，我们将在1.7节中作进一步阐释。

1.3 不断变化的全球形势中的《全球环境展望6》

当今世界正面临一系列经济、社会、文化和政治/军事安全挑战（世界经济论坛，2017年）。尽管全球经济发展取得了很大进展，一些地区也进行了减贫，但是很多地区的大量人口还生活在贫困或赤贫之中，很多非贫困人口仍然担心经济安全和未来人生机遇。由于这些经济和社会的不安定性、不公正及腐败现象的存在，部分地区正在面临社会摩擦、日益加剧的不平等性、治理不善、文化侵蚀、逆全球化、政治不稳定性、大量难民、大规模移民以及暴力冲突等问题。

这些全球经济、社会及政治/军事安全挑战的起因、影响和可能的解决方案很多都与环境息息相关。此外，根据近期发布的社会环保措施相关的科学概念，例如地球限度（Rockström等人，2009年；Steffen等人，2011年；Steffen等人，2015年），环境是人类在地球上生活的基础。当今创造物质繁荣的方法破坏了生态系统健康，给环境造成了巨大破坏，跨过了多个地球限度，人类社会的发展和人类生活的“安全运作空间”岌岌可危。在这一地球限度框架中，环境问题被视为人类对自然根深蒂固的改造和持续不断的文化发展所固有的系统性问题，并未仅仅被视为社会发展的附带伤害（Steffen，2000年）。与生态系统服务一样（《千年生态系统评估报告》，2005年），生物多样性对人类福祉也至关重要（《生物多样性公约》秘书处，2014年）。

显然，环境政策的功能已经扩展，如今在政治/军事安全、经济和社会政策及其他发展活动方面都发挥着一定作用。同样，这些政策领域反过来对环境状况也产生着重大影响。这种相互联系说明了重要的一点，即我们需要采取综合性方法从整体上解决环境问题、经济问题和社会问题（联合国，2015b；Jetzkowitz等人，2018年）。本报告旨在整合环境、社会经济安全、全球正义和人类福祉之间的相互联系，为可持续性成为全球、地区及国家发展各个方面的一个重要组成部分创建一个新的框架（联合国教育、科学及文化组织，2014a；Lehmann等人，2015年；联合国环境规划署，2016a；联合国教育、科学及文化组织，2016年）。

1.3.1 环境和经济方面的挑战与机遇

环境与贫困、繁荣、就业、生产方式、创新及资源可获得性/稀缺性等关键经济问题密切相关，既包括正相关，又包括负相关。一方面，经济是环境问题的一个重要来源，而环境

问题又在日益引起经济损失。近期，有文章指出，“每年因污染而造成的福利损失高达4.6万亿美元左右”，相当于“全球经济产出的6.2%左右”（Landrigan等人，2018年，第462页）。从经济上看，各国仍然普遍采取“先发展，后治理”的方法发展经济。本报告将说明，当今世界已经在很多维度上超过了地球限度，“先发展，后治理”的模式根本无法持续，若无法得到解决，则经济增长可能会受到影响。除此之外，这种模式还可能会让大多数国家付出很高的代价，因为后治理的成本往往比一开始就避免破坏的成本要高。它还会制造出失去价值的搁浅资产，而且正在造成不可逆转的负面影响，包括对人类健康的负面影响。而这会导致经济生产率和竞争力低下。相比之下，如果采取灵活、积极主动的方法，则能够实现向可持续性、创新型和资源高效型经济的转型，在快速增长、具有环保意识的市场上利用国内和出口市场机遇。

另一方面，保护环境以及防止和减轻污染影响，也是经济机遇的主要来源，有利于促进就业、减贫、驱动创新以及应对资源可获得性/稀缺性和资源枯竭。经济与环境之间积极的协同作用如今已受到更广泛的认可（Porter, van der Linde, 1995年；生态系统与生物多样性经济学，2010年；经济合作与发展组织，2011年；联合国环境规划署，2011a；联合国环境规划署，2011b；Hepburn, Bowen, 2012年；联合国亚洲及太平洋经济社会委员会，韩国国际合作机构，2012年；全球经济与气候委员会，2014年；Altenburg, Assmann, 2017年；经济合作与发展组织，2017b），而我们需要在环境与经济之间进行取舍的观点不再像过去那样被广泛接受。

2011年，生态系统服务的全球经济价值约为125万亿美元（按2007年美元价值计算[2]）（Costanza等人，2014年）。尽管如此，我们仍然需要付出更大的努力来传播经济与环境之间积极的协同作用，因为现有经济增长的计算方式仍然在进一步强化于经济与环境之间进行取舍的观点，而这通常会将环境影响外部化，同时助长短期而非长期的观念。尤其是在人们担忧就业、工资及经济繁荣的国家或地区，如果不能很好地理解这些担忧之间的联系，对环境保护和多边环境协定的支持可能会减弱。本报告旨在对成本、收益、环境政策和实践的成本效益以及它们在社会中的分配方式进行更全面的评估。

目前，在全球范围内，很多企业都清楚，环境问题对其业务构成了严峻挑战，而应对这些挑战可以带来大量商业机遇，例如在可持续消费和生产的背景下循环经济的商业惯例（参见第17章）（Lacy, Rutqvist, 2015年；Ghisellini, Cialani, Ulgiati, 2016年；Murray, Skene, Haynes, 2017年；Hopkinson, Zils, Hawkins, 2018年；参见本报告第17.5节）以及生产力和盈利能力的提高（至少在减少废弃物和提高效率的初期）。此外，应对这些挑战还可以避免我们的后代承担重大责任和承受巨大压力。世界可持续发展工商理事会（World Business Council for Sustainable Development）、联合国全球契约（Global Compact）等知名商业组织，在全社会和各级决策层上推动着环境可持续性。

环保和环境企业也是就业的主要来源（国际劳工组织，2016年）。如今，在全球能源行业，可再生能源的发展速度远超预期，每年全球可再生能源投资大于化石燃料投资（21世纪可再生能源政策网络，20018年）。“清洁”能源（可再生能源和低碳能源）和能源的高效利用，在创造就业机会上可能比煤炭和天然气具有更大潜力（Wei, Patadia, Kammen, 2010年；Garrett-Peltier, 2017年；国际可再生能源机构[IRENA]，2018年；Yihdego, Salem, Pudza, 2017年）。近期，美国太阳能产业创造的就业岗位是煤炭行业的两倍以上（美国能源部，2017年）。

然而，很多经济趋势仍然对环境问题的解决构成了挑战。很多政府在增加收入方面面临挑战，放松监管的举措往往着眼于降低环境标准或减弱监管力度（Castree, 2008年；Steinebach, Knill, 2017年）。《亚的斯亚贝巴行动议程》（Addis Ababa Action Agenda）提供了可持续发展的整体实施方法，包括可持续发展目标，对各国政府增强融资能力提出了建议（联合国，2015c）。

几十年来，全球化一直都是主流趋势，其可能产生的环境影响也一直是一个主要的研究焦点。但是经济发展与环境之间的联系非常复杂，难以进行概括。全球的某些方面可能导致环境问题恶化，而其他方面则可能对解决环境问题有利（Boyce, 2004年；Gallagher, 2009年；Clapp, Dauvergne, 2011年；Newell, Roberts, 编辑，2016年）。认识两者之间的这种取舍关系及协同作用是本报告的一个重点评估内容（参见第四章和第十七章）。

1.3.2 环境和社会面临的挑战与机遇

环境问题与社会问题密切相关，这些社会问题包括：饥饿、消费模式、健康、教育、不平等、性别差异、废弃物与卫生、难民、迁移、冲突以及不容忍等。例如，可持续发展目标2提到的饥饿和粮食与农业有联系，而农业又与环境联系在一起，尤其是可持续发展目标2.4提到了可持续农业的概念。环境污染危害农业，而更加清洁的环境有助于促进农业发展，改善营养和健康（Landrigan等人，2018年）。

教育可以促进环境健康，反之亦然（联合国教育、科学及文化组织，2014b；联合国环境规划署，2017a）。环境污染、生物多样性缺失及气候变化是引发健康问题和环境疾病的重要因素，而健康问题和环境疾病反过来又能够对教育和学习、尤其是儿童的教育和学习产生负面影

2 读者应假设本报告中的所有数值均为名义市场价值，除非另有说明。

响；它们还会阻碍成年人的就业（Mohai等人，2011年；Zhang, Zhang, 2018年）。相比之下，清理、避免污染、保护和修复栖息地，可以为改善健康带来重大机遇，而健康的改善反过来又有助于人们过上更加充实和富足的生活。2015年，空气污染相关的疾病已造成900万人过早死亡，占全球死亡人数的16%（Landrigan等人，2018年），在某些国家，有害空气污染已迫使学校停课（Sastry, 2002年；Li等人，2014年，英国广播公司，2016年；路透社，2017年）。

环境也在诸多方面与日益加剧的社会不平等（包括性别不平等）有关系，给贫困人口或社会弱势群体带来负担，包括资源（例如土地、水、粮食、种子）的不平等获取、环境恶化影响（例如气候变化和废弃物对健康的影响）的不均匀分布、地理区域之间消费和生产变化导致的就业和失业以及在应对环境挑战方面不均衡的责任划分。由于成长发育较快且相对于体重的风险敞口较大，儿童尤其易受化学品的负面健康影响。

从很多案例来看，人们受环境影响的程度与其收入水平相关（Moser, Kleinhückelkotten, 2017年）。富人比穷人更能够避免自己受到环境问题的影响，同时也更有潜力找到解决方案，利用更多资源在更大范围内改变生活方式（联合国环境规划署，2016b）。这还与受环境问题影响区域的地理、经济和社会分配相关。

我们需要在环境变化的驱动因素和压力以及其状况和影响上，考虑以人为本的方面，在实施《2030年议程》过程中制定有效公正的政策。我们需要利用这一方法解决脆弱性问题，应对不同条件，同时使人们有能力应对日常生活中出现的灾患和破坏（提高韧性）（《千年生态系统评估报告》，2005年）。无论贫富和性别之分，所有人都会对环境变化及其相关风险产生影响，同时也会受到环境变化及其相关风险的不同影响。这些区别在相关政治决策中发挥着重要作用（Serret, Johnstone, 编辑，2006年；联合国环境规划署，2016b）。本报告从这一角度出发，试图解释不同人群对环境“公平”的体验方式，以此通过应对复杂的分配影响和冲突为未来政策决策提供参考。在为《2030年议程》的实施制定可持续发展政策和设计可持续发展治理体系方面，这一视角提供了一个新的基线（世界银行，2016年）。

在《2030年议程》中，环境资源和自然资源的可持续利用如今已被理解为对于“消灭所有地区任何形式的贫困”（可持续发展目标1）而言是互补和必要的。

全球大约70%贫困人口的全部或部分生计直接依赖于自然资源，尤其是妇女、女童以及其他边缘化群体。消灭贫困和促进繁荣的努力，与环境和自然资源治理的协调改善直接相关（TEEB, 2010年）。

1.3.3 环境与政治/军事安全挑战和机遇

土地退化等环境问题（《联合国防治荒漠化公约》，2017年）以及资源短缺和枯竭，尤其是水、能源、粮食和生物多样性的短缺和枯竭，有可能会成为冲突、安全问题和迁移的主要起因（Homer-Dixon, 1991年；Homer-Dixon, 1999年；Barnett, Adger, 2007年；Gupta, Dellapenna, Heuvel, 2016年）。政治/军事安全问题可能会因气候变化影响而放大。污染、不可持续的使用方式、超出可持续供应的需求、气候变异、干旱、洪涝等，正在对水资源安全构成威胁。包括极端天气在内的气候变化以及环境恶化，已经在产生一系列复杂影响，尤其体现在脆弱国家和脆弱生态系统上。例如，（国家内部与国家之间）移民和难民的问题会因气候变化和环境恶化而变得更加严峻，而这反过来又会加剧全球政治不确定性和不稳定性。因环境恶化而流离失所的环境难民还可能会面临健康问题，同时难以维持生计。

战争和冲突是污染（尤其是空气污染、水污染和土壤污染）、废弃物、温室气体及土地退化的主要来源。同样，解决环境问题有可能会为解决政治/军事安全问题带来重大机遇（Brown, Hammill, McLeman, 2007年；联合国环境规划署等机构，2013年），包括保障民生和降低迁移的必要性。国际社会对战乱国家的资助，可能主要着眼于通过开发包括自然基础设施和生态系统恢复在内的可持续基础设施和包括废弃物管理、废水管理及资源管理等服务，来解决环境问题。

1.3.4 资源可获得性和稀缺性

资源可获得性和稀缺性问题明确指出了经济问题、社会问题、人文问题、政治/军事安全问题与环境问题之间密切的相互联系（Qasem, 2010年；联合国环境规划署，2011a；Pereira, 2015年）。资源的生产和/或利用（例如采矿及其他资源提取过程）会产生大量负面的环境和社会/健康影响。

与此同时，资源是环境解决方案的重要组成部分。资源不仅是重要的经济投入，而且是就业的来源。资源还被广泛应用于保障人类福祉的产品和服务上。这不仅仅与水、能源和粮食等核心资源相关，大量研究表明这些核心资源是“相互关联的”（联合国亚洲及太平洋经济社会委员会，2013年；联合国粮食及农业组织，2014年；国际资源委员会，2015年）。磷（Cordell, White, 2015年）是粮食生产和包括稀土金属在内的材料等其他重要稀缺性资源的一个关键成分（Gupta, Krishnamurthy, 2004年；Abraham, 2015年；Graedel等人，2015年），在很多工业应用中得到利用，包括风能、太阳能、高能电池等关键环境技术。这些材料及其制成的很多产品，在军

事上也有重要应用。其不利的一面是，这些资源的生产不仅会给环境造成破坏，它们本身还是稀缺性资源（Calvo，Valero，Valero，2017年），在其获取上会引起政治/军事安全方面的担忧。

1.4 环境治理

环境治理的重要性在各个层面日益提升，包括全球、地区、国家和次国家（地方和省市等）政府以及企业和公民社会利益相关方（Biermann等人，2012年；Biermann等人，2014年；联合国欧洲经济委员会，2014年；Patterson等人，2015年；Mortensen，Petersen，2017年）。在很多既有挑战尚未得到充分应对时，新兴环境治理挑战开始出现，例如北极地区的开放和新材料的发明。促进多利益相关方参与治理是全球主流趋势，但是政府与公民社会组织需要形成更大合力。在开发更多促进这种合作的有效方法上，已经做出了很大努力（Ansell，Gash，2008年；联合国欧洲经济委员会，2014年；Pattberg，Widerberg，2016年；Dodds，Donoghue，Leiva-Roesch，2017年），包括新技术、社交媒体以及公民科学——促进公民参与科学研究的一门学科（Kobori等人，2016年，参见第25.2节），这可能是获取某些数据的唯一方式。此外，私营部门治理也已经成为一个重要的创新领域。

环境问题一直都很复杂，而且与其他政策领域密切相关（Jordan，Lenschow，2010年），但是在跨越行业界限上还没有取得足够进展（Adelle，Nilsson，2015年）。当前，最重要的是要推动环境问题与经济、贸易、健康、水资源、能源、教育、粮食系统和城市规划等其他发展领域的融合和协调（联合国粮食及农业组织，2014年；Le Blanc，2015年；经济合作与发展组织，2015年；Elder，Bengtsson，Akenji，2016年；联合国，2016年；Scheyvens等人，2017年）。

此外，生态系统边界往往不同于地缘政治边界，很多环境问题，尤其是污染相关的环境问题，往往是跨界的，例如空气污染、淡水资源（地表水和地下水）污染、海洋污染、废水、污染物泄露、有害废弃物和核废料的倾弃以及物种灭绝。由于很多此类跨界问题都是相互关联的，因此在利用政策解决方案的协同效益上有很多机遇，但是这需要在打破政治边界的基础上进行更大合作和协调。

从加强监管和出台支持志愿行动的政策到利益相关方的自我治理，各国在想办法改善环境治理方面已经付出了很大努力。国家在加强环境治理方面发挥着重要作用，包括批准实施环境公约、支持环境研究，为弱势群体提供帮助。尽管如此，未来最佳的解决方案并非总是很明确，还需要更大努力（Ansell，Gash，2008年；Jordan，2008年；Newig，Fritsch，2009年；Biermann等人，2012年；Galaz等人，2012年；Biermann，2014年；联合国开发计划署，2014年；Kanie，Andresen，Haas，编辑，2014年；Pattberg，Widerberg，2015年；Pattberg，Zelli，编辑，2016年；Biermann，Kanie，Kim，2017年）。

1.5 可持续发展目标的环境层面、全球环境治理以及多边环境协定

最近几年来，全球环境治理的重点主要集中在多边环境协定上（Najam，Papa，Taiyab，2006年；加拿大环境部，芬兰约恩苏大学，联合国环境规划署，2007年；Kanie，2007年），还包括很多区域和双边协定（Balsiger，VanDeveer，2012年）。据估计，全球共有1300项多边环境协定和2200项双边环境协定（Mitchell，2018年）。

尽管有这些多边环境协定和前五期《全球环境展望》，但是当前环境状况仍然令人困扰，而且很多方面都在持续恶化（Susskind，Ali，2015年；联合国环境规划署，2012b），导致人类社会的环境基础日益遭遇风险（Rockstrom等人，2009年；Steffen等人，2011年；Steffen等人，2015年）。此外，一些环境污染物，例如塑料废弃物、海洋污染、军事相关废弃物、杀虫剂，在全球范围内仍然没有得到有效治理。在实现可持续消费和生产模式上，还没有取得足够进展。

一些国际协定和框架的作用是更加全面地解决全球问题，而非狭隘地专注于某些具体的环境问题。这些国际协定和框架将政治、经济、社会和环境层面整合起来，同时加强环境层面的元素，包括可持续发展目标、关于气候变化的《巴黎协定》、《仙台减少灾害风险框架》、在第三届联合国住房和城市可持续发展大会上通过的《新城市议程》以及《联合国防治荒漠化公约》。

可持续发展目标和《2030年议程》处于这一趋势的前沿，为可持续发展带来了一种综合性和整体性视角。它们将环境与可持续发展的其他方面联系起来，以利用两者之间的协同作用，同时将两者之间的取舍关系最小化。它们还非常不同于千年发展目标（MDGs）。可持续发展目标不仅是普世性的，而且提供了一个广泛的可持续性议程，对社会问题、经济问题、环境问题给予了同等关注。相比之下，千年发展目标侧重于社会议程，而对经济和环境问题关注不够。因此，可持续发展目标对环境问题的覆盖面要大于千年发展目标对环境问题的覆盖面（联合国环境规划署，2016c）。

此外，千年发展目标主要针对的是发展中国家的减贫（发达国家则致力于全球发展伙伴关系），而《2030年议程》则具有普世性，其可持续发展目标和具体目标适用于所有国家。根据联合国环境大会，《2030年议程》“代表了一种用新模式替代当今以增长为基础的经济模式的典范转移，这

种新模式旨在在全球实现可持续和平等的经济体及社会”（联合国环境大会，2016 p.1），指出“它们提供的生态系统和服务，例如粮食、水、疾病管理、气候调节以及精神满足，是（实现可持续发展的）前提条件”，而“不可持续的生产和消费模式对我们实现可持续发展的能力构成了威胁”。

环境在所有可持续发展目标中都有体现。一半以上的可持续发展目标或对环境问题有直接关注，或提到了自然资源的可持续利用（联合国环境规划署，2016d）。很多目标与物理环境的质量都直接相关，例如，水（可持续发展目标6）、气候（可持续发展目标13）、海洋（可持续发展目标14）以及土地和生物多样性（可持续发展目标15）。其他目标与物理环境的联系则较为间接，例如，自然灾害（可持续发展目标1和11），粮食、饥饿和农业（可持续发展目标2），人类健康（可持续发展目标3），能源（可持续发展目标7），经济增长和就业（可持续发展目标8），工业（可持续发展目标9）以及城市（可持续发展目标11）（国际资源委员会，2014年；国际资源委员会，2015年；经济合作与发展组织，2015年；Lucas等人，2016年）。例如，可持续发展目标8强调了可持续经济增长和体面工作，而其中一项具体目标则呼吁将经济增长与环境恶化和改善全球资源消费效率脱钩；可持续发展目标12聚焦可持续消费和生产；可持续发展目标16聚焦和平、公正和强有力的制度；可持续发展目标17聚焦实施方式。它们之间相互关联，支持所有其他目标及其环境层面。显然，如果环境方面没有取得根本性进展，可持续发展目标就无法实现。以上内容在《2030年议程》中都有体现。《2030年议程》直接呼吁针对可持续发展采取综合性方法（国际资源委员会，2015年）。

虽然可持续发展目标将环境与其他发展领域更加紧密地联系在一起，但是可持续发展目标却没有完全体现全球环境议程（Wackernagel，Hanscom，Lin，2017年）。一些重要的环境问题并没有在可持续发展目标中得到很好地体现，例如采矿、自然资源开采以及性别与环境之间的联系（例如烹饪产生的室内空气污染；Elder，Zusman，2016年）。虽然气候目标（可持续目标13）提到了《巴黎协定》，《巴黎协定》也的确有环境相关的目标，但是气候目标中没有哪一个具体目标或指标与气候状况直接相关。此外，环境指标的开发不及其他领域指标的开发，而且在量化这些指标的影响和/或实现相关具体目标的进展上存在数据不足的问题。很多具体目标有多个维度，而往往与环境相关的维度并未包含在指标内。可持续发展目标很少直接提及国际约定的环境目标，但是涉及不少多边环境协定的目标。

与可持续发展目标类似，关于气候变化的《巴黎协定》、《仙台减少灾害风险框架》、在第三届联合国住房和城市可持续发展大会上通过的《新城市议程》等其他近期通过的联合国重要协定和框架，都需要各行各业和所有行为体做出巨大贡献，需要经济和社会实践发生重大转变。因此，与可持续发展目标一样，这些协定的覆盖范围广泛，应该用综合性方法来予以实施。

同样，主要的非联合国全球论坛（例如二十国集团，七国集团以及世界经济论坛）开始日益关注环境问题及相关风险，尤其是与可持续发展目标有关的环境问题及相关风险。2015年，七国集团领导人及国家元首在德国埃尔毛城堡会面，同意在本世纪末实现全球经济去碳化（七国集团，2015年）；2016年，在日本伊势志摩峰会上，七国集团同意共同履行关于可持续发展目标和《巴黎协定》的承诺；2017年，在意大利陶尔米纳峰会上，所有七国集团成员国重申了关于迅速实施《巴黎协定》的坚定承诺（不包括美国，当时美国正在对其相关政策进行审查）。七国集团会定期召开环境部长会议。二十国集团还通过了一项落实可持续发展目标的行动计划（二十国集团，2016年）。

其他主要的环境部长会议有：金砖国家峰会（巴西、俄罗斯联邦、印度、中国、南非）、亚洲及太平洋环境问题部长级峰会、非洲环境问题部长级会议以及中日韩环境部长会议。可持续发展目标为整合所有这些协定和行动提供了框架和共同语言。

以目标和指标为基础的方法，是千年发展目标的一个重要创新，还被用于可持续发展目标和《2011-2020年生物多样性战略计划》之中，包括在《生物多样性公约》下制定的爱知生物多样性目标（Kanie，Biermann，编辑，2017年）。虽然这一方法有其缺点，但是很多人认为，它在动员人们为实现千年发展目标采取行动和提供支持上做出了重要贡献，获得了相对成功（Fukuda-Parr，Yamin，Greenstein，2014年）。如果按照可持续发展目标的精神和语言而非以一种狭隘的工具方式来广泛实施这一方法，那么实施和问责可能会得以加强（Biermann，Kanie，Kim，2017年）。可持续发展目标和《巴黎协定》的另一主要创新是，每个国家都同意将全球目标和具体目标转化成具体的国家目标和指标；不过，这会为评估进展既带来机遇又带来挑战。

因此，本报告的重要目的是继续让全球关注多边环境协定和国际约定的环境目标，同时让全球开始聚焦可持续发展目标和非联合国全球论坛。采取更加综合性的方法，例如加强与可持续发展目标之间的联系，也可能有助于一些传统多边环境协定的实施。

本报告的主要任务之一是评估在实现多边环境协定确定的国际约定的环境目标上所取得的进展，强调这些协定的承诺与成果之间的差距。更重要的是，本报告将呼吁全球做出响应并采取机制能力建设，以处理环境问题相关的日益加剧的复杂性和不确定性，同时通过全球发展予以解决。鉴于环境和发展相关的挑战的紧迫性以及应对这些挑战所具备的财力和人力资源的有限性，本报告采取一种整体性和综合性的方法进行评估，在各种问题之间形成协同作用，并将它们之间的取舍关系最小化，同时传播所得到的知识。

1.6 在其他环境评估下的《全球环境展望6》

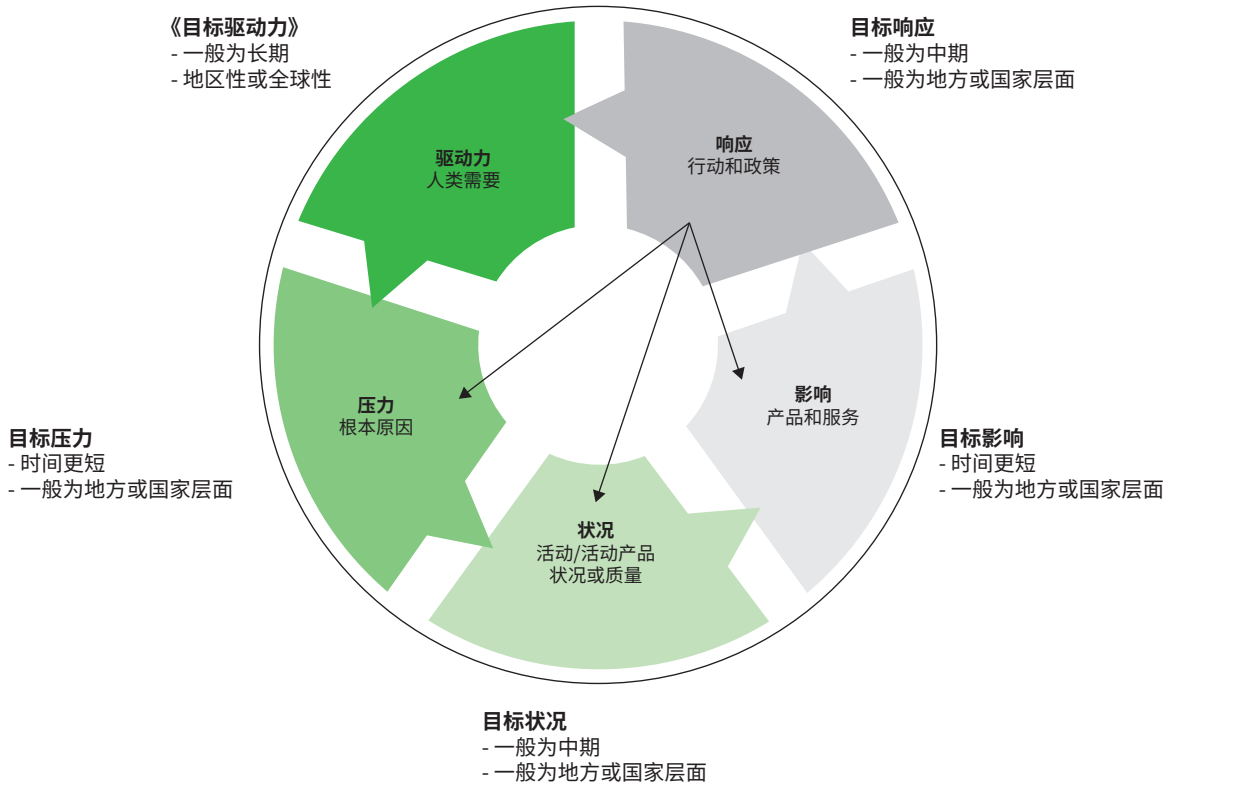
为有效应对环境挑战，必须要很好地了解环境挑战对人类、经济、社会、市场、制度、司法、安全以及文化的影响。本报告认为有必要进行参与性和综合性环境评估（IEAs），也有必要利用制度化工具和平台为普通人、组织和决策者赋权，共同开发环境状况和环境趋势相关的信息与知识，为采取政策行动和做出充分响应提供参考（联合国环境规划署，2015年）。

全球环境评估的数量日益增多，本报告就是其中之一（Mitchell等人，2006年；Kowarsch等人，2014年；Jabbour，Flachsland，2017年；Kowarsch等人，2017年）。其中一些评估包括地区评估或者本身就是地区评估（例如欧洲环境规划署的《环境状况报告》），还有一些评估包括国家层面的评估或者本身就是国家层面的评估，其他评估则聚焦于具体主题，例如《全球性别与环境展望》（联合国环境规划署，2016e）。这些评估一般由国际组织和机构所作，并创造必要的证据基础，使地球和人类所面临的主要问题变得更加清楚和透明。例如，联合国环境规划署会通过其环境审查机构来进行评估（联合国环境规划署，2018年）。这种证据基础包括解决这些问题的成功和失败经验，而且更重要的是，这种证据基础为采取行动提供了选择，确保当前问题和预期问题都能够得到公平有效的解决。这种行动导向型和利益相关方聚焦型方法，可以将决策者的反馈融入知识开发流程，缩短实施信息与知识的时间。附件1-2列出了本报告所引用的综合性环境评估。

综合性环境评估（例如《全球环境展望》评估）遵循一套通用的方法论和程序，确保相关质量标准得到一致应用，并通过以下方式将科学与政策联系起来：

- 分析并综合现有环境、社会及经济数据，考虑所有的生态系统组成成分和过程，通过“驱动力—压力—状况—影响—响应”（DPSIR）框架确定环境状况（**参见图1.2**）；
- 确定信息中的风险与不确定性；
- 识别并评估过去和潜在的政策及管理行动；
- 在采取各类政策和管理行动（包括不采取行动）引起的后果方面，为决策者提供指导（联合国环境规划署，2017b）。

图1.2：《全球环境展望6》中使用的DPSIR方法



1995年，联合国环境规划署通过了针对《全球环境展望》评估的DPSIR因果框架方法。这代表着一种系统分析的观点，即社会和经济发展的驱动力会给环境带来压力，从而改变环境的状况。环境状况的改变会产生影响，例如会影响人类福祉和生态系统健康。这又会导致人类做出响应来应对这些影响，例如采取社会控制，转变投资，和/或采取影响人类活动的政策和政治干预。最后，这些响应会通过驱动力或压力直接或间接地影响环境的状况。当今，越来越有必要从现有政策对环境挑战的驱动力和影响的应对方式上对现有政策进行评估。

资料来源：联合国环境规划署（2017b）

专栏1.2：多维分析

《全球环境展望》在范围上是多维的，旨在从环境、社会、经济、政策、地理、时间等视角形成不同的证据线条来回答核心问题。本报告中使用的主要方法如下：

- “地球健康，人类健康”的主题强调了生态系统和环境的健康对人类健康的基础性意义。本报告系统性地将人类健康贯穿其中，聚焦环境变化和环境恶化对人类健康产生的诸多直接和间接影响（例如疾病和死亡）（参见第二章、第四章）。除此之外，环境相关的目标还体现在变革性环境政策和路径中（B部分）。在可能的情况下，分析环境相关的影响时还会与年龄、性别等社会标准关联起来。
- 本报告从主题的维度追踪了空气、淡水、海洋、土地和生物区系/生物多样性的状况和趋势，形成了一份“环境状况”报告（A部分）。
- 本报告提供了25个以上的政策案例研究，强调了循证决策的重要性（第十二章-第十六章），通过案例研究来检验如何设计有效而非指令性的政策。
- 本报告综合了复杂挑战的社会、经济及环境等方面，在评估环境主题（第四章）和政策有效性（第十七章）的过程中涵盖了12个相互交叉的问题（例如粮食、能源、资源利用、性别、健康、灾害等），还特别聚焦了《2030年议程》/可持续发展目标的环境及其他维度。
- 本报告首次在可持续发展的背景下，从可持续发展与本报告的所有其他方面的重要关联度出发，将气候变化作为一种驱动因素（即内置式气候变化）和一种相互交叉的问题（即预期影响）来进行评估（第二章、第四章）。
- 本报告通过考虑评估的各个方面所涉及的分配性、代表性及程序性问题对公平性维度进行了系统性考虑，强调了环境政策的影响和可能带来的机遇以及未来消除不平等性的发展路径。
- 本报告的展望章节（C部分）综合了传统的全球性情景式分析与地方性参与式的决策型分析，旨在提供一种将关联性与效用均考虑在内的以解决方案为导向的视角。
- 本报告在评估过程中利用现代工具和平台（例如众包）来促进利益相关方的参与（第二十三章）。

1.7 《全球环境展望6》的方法、变革理论及结构

1.7.1 方法

1992年《21世纪议程》通过后，采取了一系列后续行动，旨在对环境状况进行永久性审查，而《全球环境展望》的编写就是其中之一（联合国环境规划署，1995年 – 联合国环境规划署理事会决定，18/27）。

自1997年首期《全球环境展望》发布以来，其方法和结构发生了数次改变和改善。

《全球环境展望》的规模发展，遵循开发综合性环境评估这一核心原则（联合国环境规划署，2017b）。《全球环境展望6》有一个新的重要特点，即进一步强调了环境与人类健康之间的相互作用和相互联系。本报告采用了不同于以往的方法和结构。这种方法和结构反映了最新的科学证据和地缘政治环境，尤其是《2030年议程》的实施。本报告为解决可持续发展目标环境层面的问题提供了证据基础。

编写本报告是为了加强全球环境治理体系中整体的能力建设，在多个层面上提升以科学为基础的决策水平（1972年联合国大会第2997号决议）。本报告的编写过程是一个独立的、专家领导下的、各方参与的过程，旨在促进科学理解与政策制定之间的联系。在每一期《全球环境展望》的编写过程中，其重点和方法论都通过高级别政府间和利益相关方咨询小组、科学咨询小组以及评估方法、数据和信息工作小组征求了决策者及大量科学家和利益相关方的建议与指导。这种参与式和咨询式的编写过程，保证了《全球环境展望》评估的科学可信性、准确性、权威性以及政策相关性。

除了编写《全球环境展望》之外，联合国环境规划署还负责进行能力建设。这是《全球环境展望》编写过程的一个重要部分，并且通过利用各类机制在不同层面上进行。来自全球众 多组织的顶级国际专家以及尚处于早期职业生涯或者还在读书的研究人员组成的团队，都为《全球环境展望》的编写做出了贡献。

主题维度（空气、淡水、海洋、土地及生物多样性的状况和趋势）也是前几期《全球环境展望》的核心要素。但是上述所有其他方法均是本报告采取的新方法。

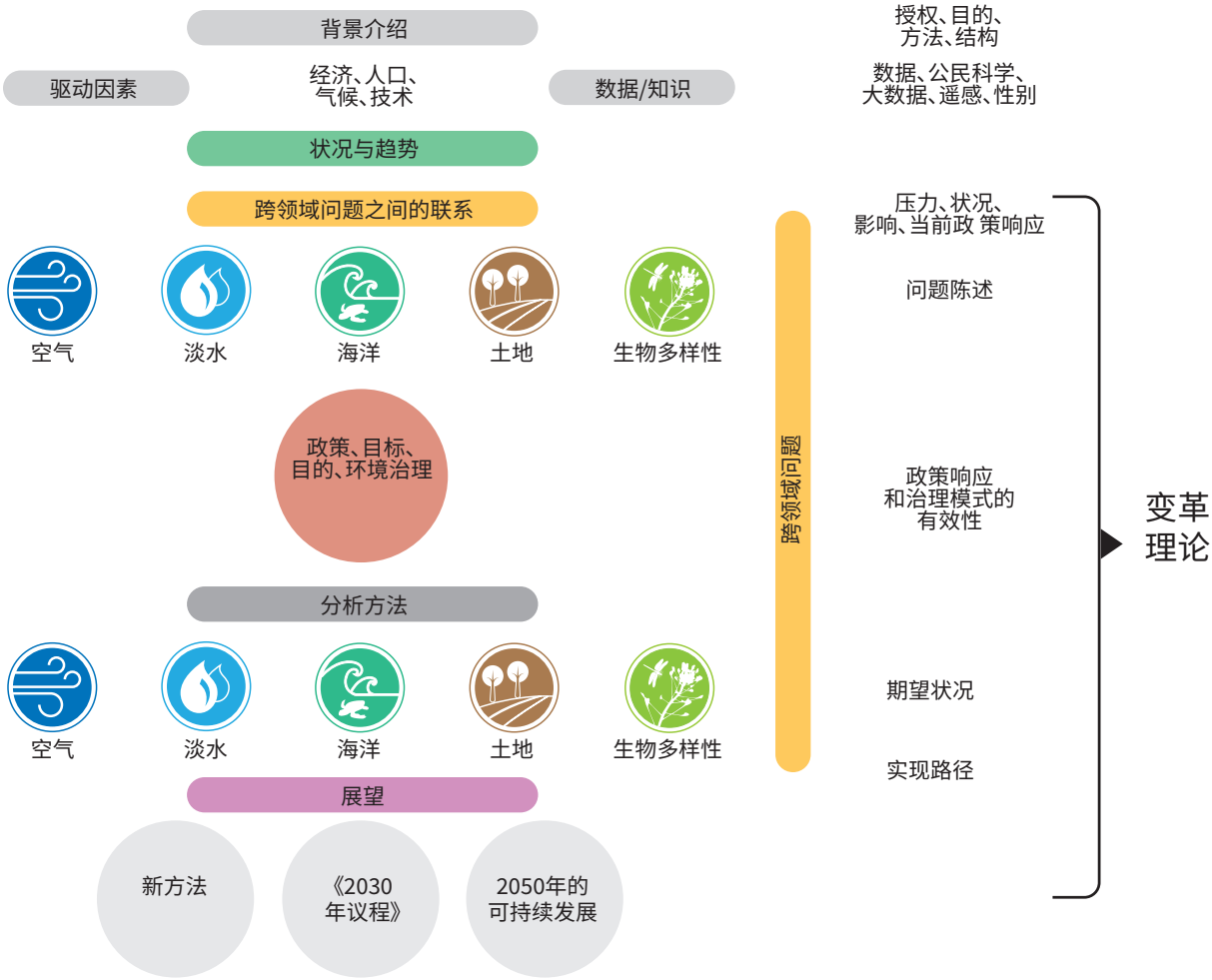
附件1-3涵盖了为本报告奠定基础的变革理论相关信息，附件1-4则说明了每章作者为每章的主要研究成果确立置信度的方法。这些置信度可以在每章的执行概要中找到，旨在帮助决策者了解某一主题所涉及的证据的范围以及这一证据在多大程度上符合评估结果。

1.7.2 结构

根据这一授权和范围，本报告的结构如**图1.3**所示。

本报告第二章（环境变化的驱动因素）、第三章（数据和知识状况）和第四章（跨领域问题）是对前言部分的补充。随着信息和数据在当今社会变得日益重要，知识创造及使用

图1.3:《全球环境展望6》的结构及其变革理论(参见附件1-3)



对本报告也日趋重要,因为数据、信息和知识的组织构成了科学评估和知情决策的基础。因此,本报告进一步解释了围绕数据、信息和知识创造不断变化的需求及新的机遇,而这源自于联合国环境规划署交付可持续发展目标环境层面的授权。

全球人类系统有很多根深蒂固的路径依赖。长期以来,这些路径依赖在不断发展。随着社会和文明的演进与发展,人类系统与环境系统之间的相互联系已变得更加复杂和更具动态性。为了解人类系统最相关的结构性组成元素,本报告对所有驱动因素进行了系统性分析,例如,包括迁移起因及当前经济趋势和技术发展在内的人口和人口结构变化。

其中一个新的元素是第四章的跨领域问题。第四章用证据解释了环境的状况和趋势如何对人类系统产生着不同规模的影响。本报告中所提到的12个跨领域问题也是可持续发展目标中重要的问题,它们是:健康、环境灾害、性别、教育、城市化、气候变化、极地地区和山区、化学品、废弃物和废水、资源利用、能源以及粮食系统。本报告采用矩阵方法解决这些跨领域问题,在五大环境主题(空气、生物多样性、海洋、土地、淡水)下考虑每一个问题。这种方法有助于反映一种日益增长的需要,即需要将我们对环境的多维功能及环境影响人类系统的方式的相关知识进行更加有效的综合。

本报告的分析分为四部分:

A部分:全球环境状况,包括五大专题章节,涵盖了空气、生物多样性、海洋、土地以及淡水的状况和趋势的最新数据与信息。第五章至第九章采用了DPSIR方法,结构上相同,每章都涵盖了政策响应相关的信息。

B部分:政策、目标、目的、环境治理以及有效性评估,旨在根据A部分专题章节里的政策响应,包括跨领域问题,在不同尺度上评估现有环境治理结构内当前政策的有效性(第十章至第十七章)。这一评估的方法论建立在一种将自上而下式与自下而上式结合起来的方法之上。评估结

果用于为决策者提供指导，同时支持本报告最后部分所提到的有发展潜力的政策方法。基于这一分析，B部分还提出了全球环境治理体系进一步改善的需要（第十八章）。

C部分："地球健康，人类健康"的展望及其实现路径，将B部分里最有发展潜力的政策方法融入转型的路径之中。本部分将全球性情景式分析（第二十章至第二十二章）与地方性参与式分析（第二十三章）相结合，探索实现可持续发展目标及其他多边环境协定（截止到2030年）环境层面目标的可能路径，评估实现长期可持续性（截止到2050年）所需的长期或本世纪中叶战略（第二十四章）。评估结果和结论提供了基准，以指导决策、可持续发展目标的实施以及开发在较长一段时期内（截止到2050年）实现科学目标（例如创造气候中和及资源节约型社会）的更具变革性路径。这种长期性视角将有助于指导全球、地区及国家治理体系的进一步开发，确保未来人类发展不超出地球的生态限度，同时创造一个不让任何人掉队的更公平的世界。C部分还强调了采取行动与不采取行动的各类选择会带来的经济社会成本及效益。

D部分：剩余的数据和知识缺口（第二十五章）概述了数据/知识的趋势和问题，介绍了实施可持续发展目标和实现多边环境协定中确立的国际约定的环境目标所需弥补的缺口，其前提是更多的数据/知识会给更多地方带来更好且更有效的行动/解决方案。信息通信技术革命正在创造超越传统环境监控与评估的新的重要数据和信息机遇。

我们希望读者，无论是决策者、研究人员还是普通公民，都能够在后面的章节中找到有用的分析和评估结果，为未来应对我们共同的环境挑战做出贡献。

参考文献

Abraham, D.S. (2015). *The Elements of Power: Gadgets, Guns, and the Struggle for a Sustainable Future in the Rare Metal Age*. New Haven, CT: Yale University Press. https://yalebooks.yale.edu/book/9780300196795/elements-power.

Adelle, C. and Nilsson, M. (2015). Environmental Policy Integration. In *Encyclopedia of Global Environmental Governance and Politics*. Pattberg, P., H. and Zelli, F. (eds.). Cheltenham: Edward Elgar. chapter 58. 454-461. https://www.e-elgar.com/shop/eep/preview/book/isbn/9781782545798/.

Altenburg, T. and Assmann, C. (2017). *Green Industrial Policy: Concept, Policies, Country Experiences*. Geneva/Bonn: United Nations Environment Programme/German Development Institute. http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Green%20Industrial%20Policy_Concept%2C%20Policies%2C%20Country%20Experiences.pdf.

Ansell, C. and Gash, A. (2008). Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory* 18(4), 543-571. https://doi.org/10.1093/jopart/mum032.

Balsiger, J. and VanDeveer, S.D. (2012). Navigating regional environmental governance. *Global Environmental Politics* 12(3), 1-17. https://doi.org/10.1162/GLEP_e_00120.

Barnett, J. and Adger, W.N. (2007). Climate change, human security and violent conflict. *Political Geography* 26(6), 639-655. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2007.03.003.

Beck, U. (2009). World risk society and manufactured uncertainties. *IRIS European Journal of Philosophy and Public Debate* 1(2), 291-299. http://www.fupress.net/index.php/iris/article/view/3304.

Beck, U. (2015). *The Metamorphosis of the World: How Climate Change is Transforming Our Concept of the World*. Cambridge: Polity Press. https://www.wiley.com/en-us/The+Metamorphosis+of+the+World%3A+How+Climate+Change+is+Transforming+Our+Concept+of+the+World-p-9780745690216.

Biermann, F. (2014). *Earth System Governance: World Politics in the Anthropocene*. Cambridge, MA: MIT Press. https://www.jstor.org/stable/j.ctt1287hkh.

Biermann, F., Abbott, K., Andresen, S., Backstrand, K., Bernstein, S., Betsill, M.M., Bulkeley, H., Cashore, B., Clapp, J., Folke, C. *et al.* (2012). Navigating the Anthropocene: Improving Earth system governance. *Science* 335(6074), 1306-1307. https://doi.org/10.1126/science.1217255.

Biermann, F., Kanie, N. and Kim, R.E. (2017). Global governance by goal-setting: The novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 26-31. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.01.010.

Boyce, J.K. (2004). Green and brown? Globalization and the environment. *Oxford Review of Economic Policy* 20(1), 105-128. https://doi.org/10.1093/oxrep/grh007.

British Broadcasting Corporation (2016). Delhi smog: Schools closed for three days as pollution worsens. https://www.bbc.com/news/world-asia-india-37887937.

Brown, O., Hammill, A. and McLeman, R. (2007). Climate change as the 'new' security threat: Implications for Africa. *International Affairs* 83(6), 1141-1154. https://doi.org/10.1111/j.1468-2346.2007.00678.x.

Calvo, G., Valero, A. and Valero, A. (2017). Assessing maximum production peak and resource availability of non-fuel mineral resources: Analyzing the influence of extractable global resources. *Resources, Conservation and Recycling* 125, 208-217. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.009.

Castree, N. (2008). Neoliberalising nature: The logics of deregulation and reregulation. *Environment and Planning A: Economy and Space* 40(1), 131-152. https://doi.org/10.1068/a3999.

Chuvieco, E. (ed.) (2008). *Earth Observation of Global Change: The Role of Satellite Remote Sensing in Monitoring the Global Environment*. Dordrecht: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9781402063572.

Clapp, J. and Dauvergne, P. (2011). *Paths to a Green World: The Political Economy of the Global Environment*. Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/paths-green-world.

Cordell, D. and White, S. (2015). Tracking phosphorus security: Indicators of phosphorus vulnerability in the global food system. *Food Security* 7(2), 337-350. https://doi.org/10.1007/s12571-015-0442-0.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. and Turner, R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change - Human and Policy Dimensions* 26, 152-158. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.

Crutzen, P.J. (2002). Geology of mankind. *Nature* 415(6867), 23. https://doi.org/10.1038/415023a.

Crutzen, P.J. and Stoermer, E.F. (2000). The "Anthropocene". *Global Change Newsletter* 41, pp. 17-18. Stockholm: International Geosphere–Biosphere Programme. http://www.igbp.net/download/18.316f1832132347017758000140 1/1376383088452/NL41.pdf.

Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J.R., Arico, S., Báldi, A. *et al.* (2015). The IPBES Conceptual Framework – connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002.

Dodds, F., Donoghue, D. and Leiva-Roesch, J. (2017). *Negotiating the Sustainable Development Goals. 1st edition*. London: Routledge. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781315527086.

Elder, M., Bengtsson, M. and Akenji, L. (2016). An optimistic analysis of the means of implementation for Sustainable Development Goals: Thinking about goals as means. *Sustainability* 8(9), 962-986. https://doi.org/10.3390/su8090962.

Elder, M. and Zusman, E. (2016). *Strengthening the Linkages Between Air Pollution and the Sustainable Development Goals*. IGES Policy BriefsInstitute for Global Environmental Strategies. https://www.jstor.org/stable/resrep02907.

Environment Canada, University of Joensuu and United Nations Environment Programme (2007). *Multilateral Environment Agreement Negotiator's Handbook. 2nd* edition. Joensuu: University of Joensuu. https://unfccc.int/resource/docs/publications/negotiators_handbook.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014). *The Water-Energy-Food Nexus: A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture*. Rome. http://www.fao.org/3/a-bl496e.pdf.

Fukuda-Parr, S., Yamin, A.E. and Greenstein, J. (2014). The power of numbers: A critical review of Millennium Development Goal targets for human development and human rights. *Journal of Human Development and Capabilities* 15(2-3), 105-117. https://doi.org/10.1080/19452829.2013.864622.

Group of Seven (2015). *Leaders' Declaration: G7 Summit*. 7-8 June 2015. https://www.bundesregierung.de/resource/blob/72444/436680/e077d51d67486b1df34e539f621aff8c/2015-06-08-g7-abschluss-eng-en-data.pdf?download=1.

Group of Twenty (2016). *G20 Action Plan on the 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://www.b20germany.org/fileadmin/user_upload/G20_Action_Plan_on_the_2030_Agenda_for_Sustainable_Development.pdf.

Galaz, V., Biermann, F., Folke, C., Nilsson, M. and Olsson, P. (2012). Global environmental governance and planetary boundaries: An introduction. *Ecological Economics* 81, 1-3. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.023.

Gallagher, K.P. (2009). Economic globalization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources* 34(1), 279-304. https://doi.org/10.1146/annurev.environ.33.021407.092325.

Garrett-Peltier, H. (2017). Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling* 61, 439-447. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.012.

Ghisellini, P., Cialani, C. and Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114, 11-32. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.09.007.

Ghosh, N., Mukhopadhyay, P., Shah, A. and Panda, M. (eds.) (2016). *Nature, Economy and Society: Understanding the Linkages*. New Delhi: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9788132224037.

Global Commission on the Economy and Climate (2014). *The New Climate Economy Report: Better Growth, Better Climate*. Washington, D.C.: World Resources Institute. http://newclimateeconomy.report/2014/wp-content/uploads/sites/2/2014/08/BetterGrowth-BetterClimate_NCE_Synthesis-Report_web.pdf.

Graedel, T.E., Harper, E.M., Nassar, N.T. and Reck, B.K. (2015). On the materials basis of modern society. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20), 6295–6300. https://doi.org/10.1073/pnas.1312752110.

Gupta, C.K. and Krishnamurthy, N. (2004). *Extractive Metallurgy of Rare Earths. 2nd* edn: CRC Press. https://www.crcpress.com/Extractive-Metallurgy-of-Rare-Earths-Second-Edition/Krishnamurthy-Gupta/p/book/9781466576346.

Gupta, J., Dellapenna, J.W. and van den Heuvel, M. (2016). Water sovereignty and security, high politics and hard power: The dangers of borrowing discourses. In *Handbook on Water Security*. Pahl-Wostl, C., Bhaduri, A. and Gupta, J. (eds.). Cheltenham: Edward Elgar. chapter 8. https://www.elgaronline.com/view/9781782548003.00014.xml.

Hepburn, C. and Bowen, A. (2012). *Prosperity with growth: Economic growth, climate change and environmental limits*. GRI Working Papers 93. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. https://ideas.repec.org/p/lsg/lsgwps/wp93.html.

Homer-Dixon, T. (1991). On the threshold: Environmental change as causes of acute conflict. *International Security* 16(2), 76-116. https://doi.org/10.2307/2539061.

Homer-Dixon, T. (1999). *Environment, Scarcity, and Violence*. Princeton, NJ: Princeton University Press. https://press.princeton.edu/titles/6640.html.

Hopkinson, P., Zils, M. and Hawkins, P. (2018). Managing a complex global circular economy business model: Opportunities and challenges. *California Management Review* 60(3), 71-94. https://doi.org/10.1177/0008125618764692.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Fifth assessment report: Summary for policymakers. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2015). *Preliminary Guide regarding Diverse Conceptualization of Multiple Values of Nature and its Benefits including Biodiversity and Ecosystem Functions and Services: Note by the Secretariat*. IPBES/4/INF/13. Plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services Fourth session. Kuala Lumpur, 22–28 February. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/IPBES-4-INF-13_EN.pdf.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2017). *Progress Report on the guide on the production of assessments (Deliverable 2 (a)). Note by the Secretariat*. IPBES/5/INF/6. Plenary of the Intergoºernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services Fifth session. Bonn, 7-10 March. https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/doc/ipbes-5-inf-6.docx?file=1&type=node&id=13725.

International Labour Office (2016). *Green Jobs: Progress Report 2014-2015*. Geneva. http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/documents/publication/wcms_502730.pdf.

International Renewable Energy Agency (2017). *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2017*. Abu Dhabi. http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2017.pdf.

International Resource Panel (2014). *Managing and Conserving the Natural Resource Base for Sustained Economic and Social Development*. Nairobi: United Nations Environment Programme. http://www.resourcepanel.org/file/244/download?token=OHRPH1MH.

International Resource Panel (2015). *Policy Coherence of the Sustainable Development Goals: A Natural Resource Perspective*. Nairobi: United Nations Environment Programme. http://www.resourcepanel.org/file/251/download?token=678P6Zys.

Jabbour, J. and Flachsland, C. (2017). 40 years of global environmental assessments: A retrospective analysis. *Environmental Science & Policy* 77, 193-202. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.001.

Jetzkowitz, J., van Koppen, C.S.A., Lidskog, R., Ott, K., Voget-Kleschin, L. and Wong, C.M.L. (2018). The significance of meaning. Why IPBES needs the social sciences and humanities. *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 31, S38-S60. https://doi.org/10.1080/13511610.2017.1348933.

Jordan, A. (2008). The governance of sustainable development: Taking stock and looking forwards. *Environment and Planning C: Government and Policy* 26(1), 17-33. https://doi.org/10.1068/cav6.

Jordan, A. and Lenschow, A. (2010). Environmental policy integration: A state of the art review. *Environmental Policy and Governance* 20(3), 147-158. https://doi.org/10.1002/eet.539.

Kanie, N. (2007). Governance with multilateral Agreements: A healthy or ill-equipped fragmentation. In *Global Environmental Governance: Perspectives on the Current Debate Center for UN reform*. Swart, L. and Perry, E. (eds.). New York, NY: Center for UN Reform Education. 67-86. http://www.centerforunreform.org/sites/default/files/GEG_Kanie.pdf.

Kanie, N., Andresen, S. and Haas, P.M. (eds.) (2014). *Improving Global Environmental Governance: Best Practices for Architecture and Agency*. New York, NY: Routledge. https://www.routledge.com/Improving-Global-Environmental-Governance-Best-Practices-for-Architecture/Kanie-Andresen-Haas/p/book/9780415811767.

Kanie, N. and Biermann, F. (eds.) (2017). *Governing Through Goals: Sustainable Development Goals as Governance Innovation*. Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/governing-through-goals.

Kim, E. and Kim, B.H.S. (eds.) (2016). *Quantitative Regional Economic and Environmental Analysis for Sustainability in Korea*. Singapore: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9789811002984.

Kobori, H., Dickinson, J.L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N., Kitamura, W., Takagawa, S., Koyama, K., Ogawara, T. *et al.* (2016). Citizen science: A new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research* 31(1), 1-19. https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y.

Kowarsch, M., Flachsland, C., Jabbour, J., Garard, J. and Riousset, P. (2014). *The Future of Global Environmental Assessment Making (FOGEAM): Reflecting on Past Experiences to Inform Future Choices.* Berlin: Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change. https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/FOGEAM_Preliminary_Draft_Report_17102014.pdf.

Kowarsch, M., Jabbour, J., Flachsland, C., Kok, M.T.J., Watson, R., Haas, P.M., Minx, J.C., Alcamo, J., Garard, J., Riousset, P. *et al.* (2017). A road map for global environmental assessments. *Nature Climate Change* 7(6), 379-382. https://www.nature.com/articles/nclimate3307.pdf.

Lacy, P. and Rutqvist, J. (2015). *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage.* New York, NY: Palgrave Macmillan. https://www.palgrave.com/gp/book/9781137530684.

Lammel, A., Gutierez, E.G., Dugas, E. and Jamet, F. (2013). Cultural and environmental changes: Cognitive adaptation to global warning. In *Steering the Cultural Dynamics: Selected Papers from the 2010 Congress of the International Association for Cross-cultural Psychology*. Kashima, Y., Kashima, E. and Beatson, R. (eds.). Melbourne: International Association for Cross Cultural Psychology. http://iaccp.org/sites/default/files/melbourne_pdf/Lammel.pdf

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N., Baldé, A.B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J.I. *et al.* (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462-512. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.

Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets. *Sustainable Development* 23(3). https://doi.org/10.1002/sd.1582.

Lehmann, H., Rajan, S.C., Annavarapu, S., Kabel, C., Lowe, C. and Matthey, A. (2015). *Sustainable Lifestyles: Pathways and Choices for India and Germany.* Berlin: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. https://www.giz.de/en/downloads/giz2015-en-IGEG_3_sustainable-lifestyles.pdf.

Li, F., Liu, Y., Lü, J., Liang, L. and Harmer, P. (2014). Ambient air pollution in China poses a multifaceted health threat to outdoor physical activity. *Journal of Epidemiology and Community Health* 69(3), 201-204. http://dx.doi.org/10.1136/jech-2014-203892.

Lucas, P.L., Ludwig, K., Kok, M.T.J. and Kruitwagen, S. (2016). *Sustainable Development Goals in the Netherlands: Building Blocks for Environmental Policy for 2030.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-sustainable-development-in-the-Netherlands_1966.pdf.

Mastrandrea M.D., Field, C.B., Stocker, T.F., Edenhofer, O., Ebi, K.L., Frame, D.J. *et al.* (2010). *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties.* Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf.

Mathieu, P.-P. and Aubrecht, C. (eds.) (2018). *Earth Observation Open Science and Innovation*. New York, NY: Springer. https://www.springer.com/gb/book/9783319656328.

Matthew, R.A., Barnett, J., McDonald, B. and O'Brien, K.L. (2010). *Global Environment Change and Human Security.* Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/global-environmental-change-and-human-security.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington, D.C.: Island Press. https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf.

Mitchell, R.B., Clark, W.C., Cash, D.W. and Dickson, N.M. (eds.) (2006). *Global Environmental Assessments: Information and Influence*. Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/global-environmental-assessments.

Mitchell, R.B. (2018). Data from Ronald B. Mitchell. 2002-2018. *International Environmental Agreements Database Project (Version 2018.1).* Oregon: University of Oregon. https://iea.uoregon.edu/. (Accessed 13 February 2018).

Mohai P., Kweon B.S., Lee, S. and Ard, K. (2011). Air pollution around schools is linked to poorer student health and academic performance health affairs. *Health Affairs* 30(5), 852-862. https://doi.org/10.1377/hlthaff.2011.0077.

Mortensen, F.L. and Petersen, L.K. (2017). Extending the boundaries of policy coherence for sustainable development: Engaging business and civil society. *Solutions Journal* 8(3). https://www.thesolutionsjournal.com/article/extending-boundaries-policy-coherence-sustainable-development-engaging-business-civil-society/.

Morton, T. (2009). *Ecology Without Nature: Rethinking Environmental Aesthetics.* Cambridge, MA: Harvard University Press. http://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674034853.

Moser, S. and Kleinhückelkotten, S. (2017). Good intents, but low impacts: Diverging importance of motivational and socioeconomic determinants explaining pro-environmental behavior, energy use, and carbon footprint. Environment and Behavior 50(6), 626-656. https://doi.org/10.1177/0013916517710685.

Murray, A., Skene, K. and Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics* 140(3), 369–380. https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2.

Najam, A., Papa, M. and Taiyab, N. (2006). *Global Environmental Governance: A Reform Agenda.* Winnipeg: International Institute for Sustainable Development. https://www.iisd.org/pdf/2006/geg.pdf.

Newell, P. and Roberts, J.T. (eds.) (2016). *The Globalization and Environment Reader*. Oxford: Wiley-Blackwell. https://www.wiley.com/en-us/The+Globalization+and+Environment+Reader-p-9781118964132.

Newig, J. and Fritsch, O. (2009). Environmental governance: Participatory, multi-level - and effective? *Environmental Policy and Governance* 19(3), 197-214. https://doi.org/10.1002/eet.509.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2011). *Towards Green Growth.* Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264111318-en.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2015a). *OECD Principles on Water Governance.* Paris. http://www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD-Principles-on-Water-Governance-brochure.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2017a). *Healthy People, Healthy Planet: The Role of Health Systems in Promoting Healthier Lifestyles and a Greener Future.* Paris. https://www.oecd.org/health/health-systems/Healthy-people-healthy-planet.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2017b). *Investing in Climate, Investing in Growth.* Paris. http://www.oecd.org/env/investing-in-climate-investing-in-growth-9789264273528-en.htm.

Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., Watson, R.T., Başak Dessane, E., Islar, M., Kelemen, E. *et al.* (2017). Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 7-16. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006.

Pattberg, P. and Widerberg, O. (2015). Theorising global environmental governance: Key findings and future questions. *Millennium: Journal of International Studies* 43(2), 684-705. https://doi.org/10.1177/0305829814561773.

Pattberg, P. and Widerberg, O. (2016). Transnational multistakeholder partnerships for sustainable development: Conditions for success. *Ambio* 45(1), 42-51. https://doi.org/10.1007/s13280-015-0684-2.

Pattberg, P. and Zelli, F. (eds.) (2016). *Environmental Politics and Governance in the Anthropocene.* London: Routledge. https://www.routledge.com/Environmental-Politics-and-Governance-in-the-Anthropocene-Institutions/Pattberg-Zelli/p/book/9781138902398.

Patterson, J., Schulz, K., Barau, A., Obani, P., Sethi, M., Hissen, N. *et al.* (2015). *Transformations Towards Sustainability: Emerging Approaches, Critical Reflections, and a Research Agenda.* Earth System Governance Working Paper No. 33. Lund: Earth System Governance Project. https://ueaeprints.uea.ac.uk/54624/1/ESG_WorkingPaper_34_Patterson_et_al.pdf.

Pereira, J.C. (2015). Environmental issues and international relations, a new global (dis)order - the role of international relations in promoting a concerted international system. *Revista Brasileira de Politica Internacional* 58(1), 191–209. https://doi.org/10.1590/0034-7329201500110.

Porter, M. and van der Linde, C. (1995). Green and competitive: Ending the stalemate. *Harvard Business Review* September–October 1995. Boston, MA: Harvard Business Publishing. https://hbr.org/1995/09/green-and-competitive-ending-the-stalemate.

Qasem, I. (2010). *Resource Scarcity in the 21st Century: Conflict or Cooperation?* Den Haag: Hague Centre for Strategic Studies (HCSS) and TNO. https://hcss.nl/sites/default/files/files/reports/Strategy_Change_PAPER_03_web.pdf.

Raskin, P. (2016). *Journey to Earthland: The Great Transition to Planetary Civilization.* Boston, MA: Tellus Institute. http://www.tellus.org/pub/Journey-to-Earthland.pdf.

Raworth, K. (2012). *A Safe and Just Space for Humanity: Can We Live Within the Doughnut.* Oxford: Oxfam. https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en.pdf.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2018). *Renewables 2018 Global Status Report.* Paris. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf.

Reuters (2017). Schools shut in Iran capital, major cities due to high pollution. https://www.reuters.com/article/us-china-pollution/china-regions-accused-of-faking-pollution-compliance-in-new-probe-idUSKCN1MW0PM.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E. *et al.* (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society* 14(2). https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232.

Sastry, N. (2002). Forest fires, air pollution, and mortality in southeast Asia. *Demography* 39(1), 1-23. https://www.jstor.org/stable/3088361.

Schellnhuber, H.J., Crutzen, P.J., Clark, W.C., Claussen, M. and Held, H. (eds.) (2004). *Earth System Analysis for Sustainability*. Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/earth-system-analysis-sustainability.

Scheyvens, H., Shaw, R., Endo, I., Kawasaki, J., Ngoc Bao, P., Shivakoti, B.R., Samejima, H., Mitra, B.K. and Takahashi, Y. (2017). *Promoting the Landscape Approach in Asia-Pacific Developing Countries: Key Concepts and Ways Forward.* Hayama: Institute for Global Environmental Strategies. https://pub.iges.or.jp/pub_file/pb37efinalpdf/download.

Schneidewind, U. (2013). Wandel verstehen: Auf dem weg zu einer "Transformative Literacy". In *Wege aus der Wachstumsgesellschaft*. Welzer, H. and Wiegandt, K. (eds.). Frankfurt am Main: Fischer. 115-140. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/4935/file/4935_Schneidewind.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014). *Global Biodiversity Outlook 4.* Montreal. https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en.pdf.

Serret, Y. and Johnstone, N. (eds.) (2006). *The Distributional Effects of Environmental Policy*. Paris/Cheltenham: Organisation for Economic Co-operation and Development/Edward Elgar. http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/thedistributionaleffectsofenvironmentalpolicy.htm.

Siebert, H. (2008). *Economics of the Environment: Theory and Policy. 7th edition*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. https://www.springer.com/gp/book/9783540737063.

Steffen, W. (2000). An integrated approach to understanding Earth's metabolism. *Global Change Newsletter* 41, 9-10. Stockholm: International Geosphere–Biosphere Programme. http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf.

Steffen, W., Crutzen, P.J. and McNeill, J.R. (2007). The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio* 36(8), 614-621. https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2.

Steffen, W., Persson, A., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., Crumley, C., Crutzen, P., Folke, C., Gordon, L. *et al.* (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio* 40(7), 739-761. https://doi.org/10.1007/s13280-011-0185-x.

Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A. *et al.* (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855-1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855.

Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D. *et al.* (2018). Trajectories of the earth system in the anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(33), 8252-8259. https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115.

Steinebach, Y. and Knill, C. (2017). Still an entrepreneur? The changing role of the European Commission in EU environmental policy-making. *Journal of European Public Policy* 24(3), 429-446. https://doi.org/10.1080/13501763.2016.1149207.

Susskind, L.E. and Ali, S.H. (2015). *Environmental Diplomacy: Negotiating More Effective Global Agreements. 2nd edition*. New York, NY: Oxford University Press. https://global.oup.com/academic/product/environmental-diplomacy-9780199397990?cc=ke&lang=en&.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB.* Geneva. http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB%20Synthesis%20Report%202010.pdf.

Tomás, R. and Li, Z. (2017). Earth observations for geohazards: Present and future challenges. *Remote Sensing* 9(3), 194. https://doi.org/10.3390/rs9030194.

United Nations (2015a). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf.

United Nations (2015b). *Global Sustainable Development Report: 2015 Edition, Advance Unedited Version.* New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/globalsdreport/2015.

United Nations (2015c). *Addis Ababa Action Agenda of the Third International Conference on Financing for Development.* New York, NY. http://www.un.org/esa/ffd/wp-content/uploads/2015/08/AAAA_Outcome.pdf.

United Nations (2016). *Concepts, Tools and Experiences in Policy Integration for Sustainable Development.* New York, NY. https://www.un.org/ecosoc/sites/www.un.org.ecosoc/files/publication/desa-policy-brief-policy-integration.pdf.

United Nations, General Assembly (1972). 2997 (XXVII). Institutional and Financial Arrangements for International Environmental Cooperation: Resolution adopted by the General Assembly. 15 December. A/RES/27/2997. http://www.un-documents.net/a27r2997.htm.

United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook.* Bonn. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf.

United Nations Development Programme (2014). *Governance for Sustainable Development: Integrating Governance in the Post-2015 Development Framework.* New York, NY. http://www.undp.org/content/dam/undp/library/Democratic%20Governance/Discussion-Paper--Governance-for-Sustainable-Development.pdf.

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (2013). *Water, Food and Energy Nexus in Asia and the Pacific.* Bangkok. http://www.unescap.org/sites/default/files/Water-Food-Nexus%20Report.pdf.

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific and Korea International Cooperation Agency (2012). *Low Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific.* Bangkok/Seongnam. http://www.unescap.org/sites/default/files/Full-report.pdf.

United Nations Economic Commission for Europe (2014). *The Aarhus Convention: An Implementation Guide. Second edition.* Geneva. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/pp/Publications/Aarhus_Implementation_Guide_interactive_eng.pdf.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2014). Culture, creativity and sustainable development: Florence declaration. *Third UNESCO World Forum on Culture and Culture Industries.* Florence, 2-4 October 2014. http://www.lacult.unesco.org/docc/ENG_Florence_Declaration_4oct.pdf.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2014). *Shaping the Future We Want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014) Final Report.* Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002303/230302e.pdf.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2016). *Culture Urban Future: Global Report on Culture for Sustainable Urban Development.* Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002459/245999e.pdf.

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2014). *Proposed Procedures for Enhancing Future Assessment Processes: Note by the Secretariat.* 16 May. UNEP/EA.1/INF/14. http://undocs.org/UNEP/EA.1/INF/14.

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2014). *State of the Environment: Report of the Executive Director.* 11 April. UNEP/EA.1/4. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17682/K1400635.pdf?sequence=6&isAllowed=y.

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2016). *UNEA's contribution to the global follow up and review in the 2016 High Level Political Forum (HLPF) on the work of the United Nations Environment Programme.* Nairobi. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/10554UNEA%20inputs%20to%20the%20HLPF%202016%20(Final).pdf.

United Nations Environment Programme (2007). *Global Environment Outlook 4: Environment for Development.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7646/-Global%20Environment%20Outlook%20%204%20(GEO-4)-2007768.pdf.

United Nations Environment Programme (2011a). *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel.* Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P. *et al.* (eds.). Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9816/-Decoupling%3a%20natural%20resource%20use%20and%20environmental%20impacts%20from%20economic%20growth%20-2011Decoupling_1.pdf.

United Nations Environment Programme (2011b). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.* Nairobi. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full_Report_2176.pdf.

United Nations Environment Programme (2012a). *Global Environment Outlook- 5: Environment for the Future We Want.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf.

United Nations Environment Programme (2012b). *Global Environment Outlook- 5: Summary for Policymakers.* Nairobi. http://web.unep.org/geo/sites/unep.org.geo/files/documents/geo5_spm_english.pdf.

United Nations Environment Programme (2015a). *An Introduction to Environmental Assessment.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7557/-An_introduction_To_environmental_Assessment-2015An_introduction_to_environmental_assessment_WEB_1.pdf.pdf.

United Nations Environment Programme (2015b). *The United Nations Environment Programme and the 2030 Agenda: Global Action for People and the Planet.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9851/-The_United_Nations_Environment_Programme_and_the_2030_Agenda_Global_Action_for_People_and_the_Planet-2015EO_Brochure_WebV.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2016a). *GEO-6 Assessment for the Pan-European Region.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7735/unep_geo_regional_assessments_europe_16-07513_hires.pdf.

United Nations Environment Programme (2016b). *A Framework for Shaping Sustainable Lifestyles: Determinants and Strategies.* Nairobi. http://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/a_framework_for_shaping_sustainable_lifestyles_determinants_and_strategies_0.pdf.

United Nations Environment Programme (2016c). Report on the implementation of the integrated approach to financing the sound management of chemicals and waste. *The Second United Nations Environment Assembly* Nairobi, 23–27 May 2016. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17557/K1601889%20INF%2018.docx.

United Nations Environment Programme (2016d). *Delivering on the Environmental Dimension of the 2030 Agenda for Sustainable Development: A Concept Note.* Nairobi. http://sdgtoolkit.org/wp-content/uploads/2017/02/Delivering-on-the-Environmental-Dimension-of-the-2030-Agenda-for-Sustainable-Development-%E2%80%93-a-concept-note.pdf.

United Nations Environment Programme (2016e). *Global Gender and Environment Outlook.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14764/Gender_and_environment_outlook_HIGH_res.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2017a). *Towards a Pollution-Free Planet: Background Report.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21800/UNEA_towardspollution_long%20version_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2017b). *Guidelines for Conducting Integrated Assessments.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/16775/IEA_Guidelines_Living_Document_v2.pdf.

United Nations Environment Programme (2018). *Environment Under Review.* Nairobi. https://www.unenvironment.org/explore-topics/environment-under-review.

United Nations Environment Programme, United Nations Development Programme, United Nations Economic Commission for Europe, Regional Environment Center, Organization for Security and Co-operation in Europe and North Atlantic Treaty Organization (2013). *Transforming Risks into Cooperation: The Environment and Security Initiative 2003-2013.* Geneva. http://documents.rec.org/publications/ENVSECTransformingRisks_FINAL_Web.pdf.

United States Department of Energy (2017). *U.S. Energy and Employment Report January 2017.* https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/2017%20US%20Energy%20and%20Jobs%20Report_0.pdf.

United States National Intelligence Council (2017). *Global Trends: Paradox of Progress*. Washington, D.C. https://www.dni.gov/files/documents/nic/GT-Full-Report.pdf.

Wackernagel, M., Hanscom, L. and Lin, D. (2017). Making the Sustainable Development Goals Consistent with Sustainability. *Frontiers in Energy Research* 5(18). https://doi.org/10.3389/fenrg.2017.00018.

Wei, M., Patadia, S. and Kammen, D.M. (2010). Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? *Energy Policy* 38(2), 919-931. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.044.

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., de Souza Dias, B.F., Ezeh, A. *et al.* 2015. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of the Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *Rockefeller Foundation–Lancet Commission on Planetary Health* 386(10007), 1973-2028. https://www.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1

Wiesmeth, H. (2012). *Environmental Economics: Theory and Policy in Equilibrium.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. https://www.springer.com/gp/book/9783642245138.

World Bank (2016a). *Poverty and Shared Prosperity 2016: Taking on Inequality.* Washington, D.C. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25078/9781464809583.pdf.

World Bank (2016b). *The Global Monitoring Report 2015/2016: Development Goals in an Era of Demographic Change.* Washington, D.C. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/22547/9781464806698.pdf.

World Economic Forum (2017). *The Global Risks Report 2017: 12th Edition.* Geneva. http://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf.

Yihdego, Y., Salem, H.S. and Pudza, M.Y. (2017). Renewable energy: Wind farm perspectives – The case of Africa. *Journal of Sustainable Energy Engineering* 5(4), 281-306. https://doi.org/10.7569/JSEE.2017.629521.

Zhang, X., Chen, X. and Zhang, X. (2018). The impact of exposure to air pollution on cognitive performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(37), 9193-9197. https://doi.org/10.1073/pnas.1809474115.

第 2 章

环境变化的驱动力

© Shutterstock/Adriana Mahdalova

领衔作者兼协调负责人：Tariq Banuri（犹他大学），Fernando Filgueira Prates（乌拉圭信息与研究中心），Diego Martino（战略环境咨询公司AAE，乌拉圭奥特大学），InduK Murthy（印度科技学院），Jacob Park（美国绿山学院），Dimitri Alexis Zenghelis（伦敦政治经济学院）

贡献作者：Matthew Kosko（犹他大学）

《全球环境展望》研究员：Maria Jesus Iraola Trambauer（伦敦大学学院）

执行概要

人口增长将在一些国家达到峰值，这些国家的特点是：极度贫困，人均碳足迹低，在教育、工作、性权利、生育权上性别不平等（充分证实）[1]。对一些正处于人口红利早期或晚期的国家（绝大多数中等收入国家和中高收入国家）而言，人口增长也将继续发挥重要作用。这些国家的人均碳足迹及更广泛的生态足迹的增长是最多的。{2.3.1}[2]

包括发展中国家在内的世界人口将更加老龄化、城市化，家庭规模将缩小（充分证实）。如果放任不管，这些趋势将增加排放水平。即使在某些情况下城市环境体现出福利改善与环境足迹之间有更加高效的关系，这一结论也成立。{2.3.3}

从现在起至2050年，全球城市人口将持续增长（充分证实）。90%左右的城市增长将发生在低收入国家，主要是亚洲和非洲，它们是全球范围内城市化速度最快的地区。{2.4}

很多城市，尤其是但不限于发展中国家的城市，面临着城市化带来的严重的社会和环境挑战，而且尚未找到解决方案（充分证实）。对于目前缺乏能力应对这些不断增加的压力的地区和城市，这些挑战会因气候变化、城市快速发展而加剧。{2.4.1，2.4.2}

另一方面，城市人口增长会带来增加公民福祉同时减少公民生态足迹的机遇（不完全证实）。因此，城市化进程中的地区，可以让我们有机会通过合理规划和设计城市形态及基础设施减少温室气体排放。{2.4.4}

过去，经济发展一直是资源利用增加和环境破坏加剧的一个驱动力（充分证实）。国际交易商品的生产产生的二氧化碳，占全部二氧化碳排放量的30%左右。与此同时，商品和服务的家庭消费，约占消费产生的全部环境影响的60%（联合国环境规划署，2010年）。经济发展仍然是绝大多数国家摆在首位的政策，原因是经济发展能够带来物质利益，促进减贫，缩小各国之间及国内各地区之间的贫富差距，创造共赢的局面，推动各方采取集体行动和全球团结一致。与此同时，发展经济必须要兼顾可持续消费和生产。{2.5.1，2.5.4}

实现可持续发展目标，需要大量利用可持续经济发展的成果来增强全社会最弱势群体的能力同时为他们提供更多的机会（充分证实）。教育女童，改善妇女地位并为她们提供更多机会，以及让贫困人口能够全面参与到社会中，有利于促进可持续经济发展和可持续经济增长，同时减少社会疏远和冲突。{2.5.2，2.5.3}

技术进步既有正面影响也有负面影响（充分证实）。在工业化国家和发展中国家，石油及其他化石燃料都加快了经济发展、提高了亿万民众的生活水平，但也导致了气候变化。同时，一些现有和新兴的技术商业模式正在构建循环经济，创造资源消耗更少的工艺，加快更有效的资源创新循环。{2.6.1，2.6.2}

技术进步造成了意想不到的后果，导致难以确定技术进步是否会产生长期的积极/消极影响（不完全证实）。技术问题的科学性分析，往往无法抓住技术的重要消极影响和反弹效应，以及可持续技术的传播对发展中国家在政策和市场方面构成的复杂挑战。{2.6.3，2.6.4}

气候变化已成为环境变化的一个独立的驱动力，并对未来经济发展构成了严峻挑战（充分证实）。无论人类采取什么行动，只要我们还生活在这个地球上，气候变化的影响就将持续存在。因此，气候变化对增长和发展构成了挑战。

气候变化通过影响粮食和水资源安全给人类社会带来风险（不完全证实），也通过影响人类安全、健康、生计、基础设施给人类社会带来风险。这些风险在依赖海、农、林、牧业等自然资源行业的群体中最严重；那些遭受多重不平等、边缘化和贫穷的群体最容易受到影响。{2.7.3}

气候变化将放大现有风险，给自然系统和人类系统带来新的风险（充分证实）。风险分配不均，而且对发展中国家（主要是小岛屿发展中国家）以及处于各个发展阶段的国家的弱势群体而言，风险一般更大。气候相关影响的风险，源于气候相关危害与人类系统和自然系统的脆弱性及敞口（包括人类系统和自然系统的恢复力和适应力）之间的相互作用。{2.7.4}

1 本评估利用置信叙述来告知决策者关于某一特定主题的证据范围和围绕这一证据达成共识的程度。所用到的各种置信叙述有："充分证实"（表示证据充足且已达成高度共识），"尚未解决"（表示证据充足但共识程度不高），"不完全证实"（表示证据有限但是已达成较好共识），以及"尚无定论"（表示证据有限或根本没有证据且几乎没有达成共识）。关于置信叙述使用的更多信息，请参见附件1-4。

2 本章分节涉及其他章节里的执行概要内容，可在本章中找到这些内容的基本分析和证据。

有必要限制人口、经济发展和气候变化作为驱动力对可持续性产生的潜在的负面影响，这一点很重要（不完全证实）。这三种驱动力是否能够促进积极（而非消极）转型，包括社会 公平、环境恢复力和脱贫，可能取决于城市化和技术作为驱动力产生的长期不确定性影响。{2.8，**图2.23**}

2.1 引言和背景介绍

到目前为止，环境运动经历了很多阶段。最初，环境运动主要与保存和保护相关，保存强调为了未来发展要节约利用可再生和不可再生资源（尤其是森林），而保护则强调大自然的内在价值（Eckersley，1992年）。除了这些经济上和审美上的担忧之外，现代环境运动如今还更多地关注风险，即环境恶化给人类健康和福祉带来的风险（Carson，1962年；Rees，1995年；Guha，1999年；Lenton等人，2008年；Rockstrom等人，2009a；Diamond，2011年）。现在，人们越来越担忧，工业化革命以来人们在预期寿命和生活质量上取得的大量进展正面临倒退的风险（2015年全球疾病负担死亡率和死因项目协作组；Harari，2017年）。

本章中所阐述的五大驱动力——人口增长和人口统计、城市化、经济发展、新技术力量、气候变化——导致很多人的财富出现了前所未有的扩张，但同时也让不少人掉队，并且可能会给未来带来隐患。如果当前的不平等趋势持续发展，到2050年，全球排名前0.1%的人口的财富将超过全球中产阶级人口的财富（世界财富与收入数据库，2018年）。

2.1.1 驱动力概述

正如第1.6节指出，本报告在分析过程中使用了DPSIR框架，DPSIR指的是驱动力、压力、（环境）状况、（对环境和人类福祉的）影响、响应。[3]“驱动力”指的是人为的惯性力，与社会、经济、生态、技术、政治相关。驱动力之所以是惯性力，是因为它们有自己的运动规则而且打破这种规则需要时间和精力。《全球环境展望5》提到了两个驱动力——人口增长和经济发展，而《全球经济展望6》，即本报告，则在此基础上增加了三个驱动力，即城市化（此前被涵盖在人口驱动力之中）、技术、气候变化。

其中三个驱动力——人口、经济发展、技术，常见于DPSIR文献中（Nelson，2005年），代表总人口消费分解后的三种成分，因此也代表满足生存需要及其他福利需要的三种必要性。

- 人口：在其他条件都相同的情况下，人口越多，环境承受的压力也会相应成比例地增大。在这种情况下，人口增长与长期的可持续性无法兼得。DPSIR文献指出，本世纪全球人口将持续增长。因此，当务之急是研究关键的人口动态（包括生育率、人口老龄化、人口迁移、性别不平等）如何在不同规模上相互作用以及如何影响环境可持续性。
- 经济发展：指的是人类福祉的增加，而人类福祉的增加取决于物质消费及其他很多因素，包括环境。虽然当代经济发展与经济增长一直高度关联，但是两者有很明显的区别，无论是从实证角度还是从概念上看，都有很大差别。在可预见的未来，人均消费预计会持续增长（原因包括脱贫事业尚未完成，满足生存需要，以及促进个人实现繁荣）。为了使经济增长不受环境的负面影响，有必要采取资源节约型和可持续的消费模式。
- 技术：技术进步作为一种实现积极或消极变革的驱动力很好理解。从消极的角度看，技术进步使人们能够用刺激措施加速对自然资源的利用，以满足人类需要；在危急关头，刺激措施会促使人类采取风险更大的选择，而排除安全的选择或将其最小化。从积极的角度看，技术进步也会给人类带来更高效的选择，以更低的资源成本满足人类的需要。

在本次评估过程中，城市化和气候变化作为两种独立的驱动力被纳入进来，主要是考虑到它们在经济社会变革方面的重要性。

城市化进程从未停止过，但是近几十年以来，城市化的步伐、规模和影响开始急剧加速。因此，城市化也被单独列为第四种驱动力。

同理，气候变化被当作第五种驱动力。而原则上，气候变化可以被当作其他驱动力的一种结果。根据气候变化专门委员会第五次评估报告（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年），全世界即将进入“气候变化承诺”的时代，即气候变化的一些影响已变得不可逆转（例如物种灭绝和生物多样性的丧失），而且无论未来人类采取何种缓解或适应气候变化的行动，也无济于事。换言之，即使所有人类活动都停下来，气候变化也会在未来几个世纪持续产生影响。

综合起来，这五种驱动力正在给自然系统和社会系统带来变化，包括资源枯竭、生物多样性丧失、水资源短缺、水循环变化、健康影响、生态系统退化以及污染。如果不做出充足的响应，气候变化可能会使全世界倒退至现代化以前的阶段，一个充斥着饥荒、瘟疫、战争和人类早逝的世界。

2.2 自上一次评估以来发生的变化

自《全球环境展望5》发布以来，发生了很多变化，现总结如下：

- 人口：2018年全球人口在76亿左右，联合国预计，人口峰值可能会比此前的预估值要高。与此同时，全球范围内移民和难民数量也在增长，其中一部分原因在于冲突和环境退化加剧。其他人口统计学变量保持不变。
- 城市化：生活在城市里的人口已突破50%这一具有象征性意义的比例。从趋势来看，农村人口将继续向城市

3 注：DPSIR框架受到过一些批判，特别是因忽略驱动力之间互相依赖的关系而受到过批判。在本次评估中，我们明确审查了这种相互作用的关系。

转移，在发展中国家这种人口转移会加速。这既说明了环境压力的驱动力增强，又为增强可持续性带来了机会。

- 经济发展：自2008年经济衰退以来，全球经济正在缓慢复苏。债务危机的持续存在、收入不平等的加剧，以及贸易战带来的新的不稳定性等，已成为人们担忧的问题。而有利于解决这些问题的因素有：新兴经济体不断增强的影响力和贡献，以及可持续发展目标作为一种新的全球发展愿望和方向被采纳（第2.5.1节）。
- 技术：环境危机正在促使国家和企业采取环境风险更大的技术选择，包括地球工程技术和核技术，同时也在激励他们利用可再生能源技术、节能技术、能源存储技术、信息通信技术的应用技术等。
- 气候变化：联合国政府间气候变化专门委员会第五次评估报告指出："气候系统变暖的趋势已经明确，这一点从观测到的全球气温升高、大面积冰雪融化以及海平面上升均可得到证明"。联合国政府间气候变化专门委员会还指出，人类对气候系统的影响是显著的，"气候变化及其相关影响的诸多方面将在未来几个世纪里持续存在，即使人为的温室气体排放停下来，也无济于事"（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年，第 16页）。

除了驱动力本身之外，自《全球环境展望5》以来推出的各类政策也值得一提。在此期间，诸多全球协议被签订，旨在解决与此评估相关的一些关键问题，包括应对气候变化的一项新的全面性协议，一项关于新发展议程（包括可持续发展目标的通过）的协议，以及关于为发展和应对气候变化筹措资金的协议。除此之外，有些国家还在本国国内推出了灾难风险管理、可再生能源、城市化、交通、水资源和卫生相关的一系列政策。

最近几年来，越来越多的人开始对能够加速产生社会和环境效益的技术，以及能够使人、机构以及各界以更低的资源成本满足其需要的技术，产生兴趣。第2.7节主要说明的是五大驱动力之间的相互作用，以及对其中一个驱动力采取行动可能会如何影响其他驱动力。

2.3 人口

人口快速增长会在国家层面破坏经济发展，同时在地方层面对妇女地位和机遇造成负面影响（Casey，Galor，2017年；Kleven，Landais，2017年）。在其他条件不变的情况下，人口越多，消费也就越多，长期来看会给自然资源带来更大的压力。人口增速提高虽然会造成短期影响，但是并不意味着消费或资源利用的增速也会提高。

专栏2.1：人口增长与消费和资源利用增速之间的关系

人口增速越高的国家一般更贫穷，人均碳足迹更少，人均收入增长也更慢。因此，人口增长不一定是总是会导致消费或资源利用增加。高度不平等与人口增速之间有着密不可分的联系。不平等是人口快速增长和环境退化的根本原因。为了减缓某些地区人口的高速增长，人们需要获得自愿计划生育和其他生育健康服务，以及教育和就业机遇。

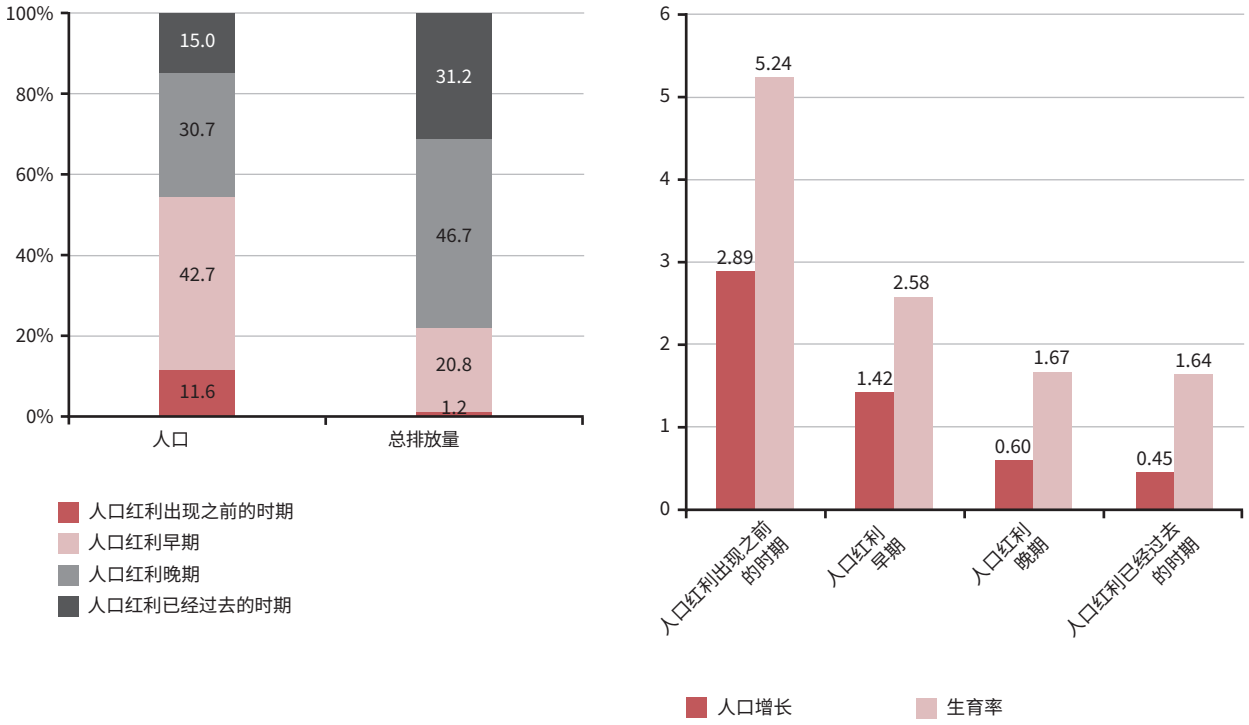
虽然发达国家及其较多的人均碳足迹是环境压力的最重要来源，但是在当前形势下，发展中国家的人口高增长预计会加大环境压力，加剧全球不平等。目前，发展中国家正在进入早期或晚期人口红利阶段。

同样，人口增速快会拖慢发展进程。绝大多数已经成功转型为发达国家的国家都出现了生育率大幅下降的现象（Sinding，2009年），不仅体现在家庭层面上，而且体现在个人层面上。而贫困则相反，一般与高生育率挂钩（Gillespie等人，2007年）。

专栏2.2：人口红利

人口抚养比下降，就会带来人口红利，一是因为生育率低，二是因为社会还没有开始老龄化。在人口红利已经过去的社会，在老年人的带动下，人口抚养比已经开始增加。而在正在享受人口红利（也被称为"人口机会窗口"）的国家，活跃年龄人口（15-64岁）增多，而被抚养少年人口（0-14岁）减少，老年人口（64岁及以上）规模较小。从示意图上看，人口红利期尚未出现的国家是最贫穷的，处于人口红利早期的国家是低到中收入国家，处于人口红利晚期的国家大部分是中高收入国家。人口红利期已经过去的国家几乎总是富裕国家，也包括一些前社会主义阵营的中高收入国家。在人口红利期尚未出现的国家和人口红利处于早期的国家，人口预计会出现大幅增长。在人口红利处于晚期的国家，人口预计仍然会增长，只是增长幅度较为温和。而在人口红利期已经过去的国家，人口增长预计会在未来几年内大幅放缓，而且在某些情况下绝对人口甚至可能会减少，老年人口还会继续增长。在人口红利期尚未出现的国家和人口红利处于早期的国家，人均碳足迹和GDP都相对更少。然而，从本章来看，在人口红利处于早期和晚期的国家（即人口和GDP预计都会增长的国家），人均碳足迹已出现大幅增长。

图2.1：全球人口、全球排放量和全球生育率



资料来源：基于世界发展指标所作的分析（2017年）（https://data.worldbank.org/products/wdi）

最后，对于人口增速快的国家而言，其特点往往是女性面临着不利的条件，包括缺乏受教育和享受医疗服务的机会，识字水平较低，预期寿命较短，孕产妇死亡率和儿童死亡率较高，参与劳动力市场面临很大阻碍，还有其他歧视性因素（Iversen，Rosenbluth，2010年）。

性健康和生殖健康往往被视为一种普遍权利。虽然没有哪一种人权是这样界定的，但联合国人口基金会（UNFPA）指出："当今没有哪一个国家，甚至那些所谓最富有和最发达的国家，能够宣称自己达到了完全包容的水平，即所有人都有公平的机会，都能够受到公平的保护，也都能够完全享受人权"（联合国人口基金会，2017年，第10页）。不但性和生殖不平等与经济不平等强烈相关，而且文献表明两者之间可能是相辅相成的关系（联合国人口基金会，2017年）。贫困女性，尤其是那些受教育程度较低和生活在农村地区的女性，往往最缺乏享受性健康和生殖健康服务的机会。如果女性缺乏享受这些服务（包括避孕服务）的机会，意外怀孕的风险则会增加，从而导致健康风险增加，同时会给自己及其子女带来终身的负面经济影响（联合国人口基金会，2017年）。

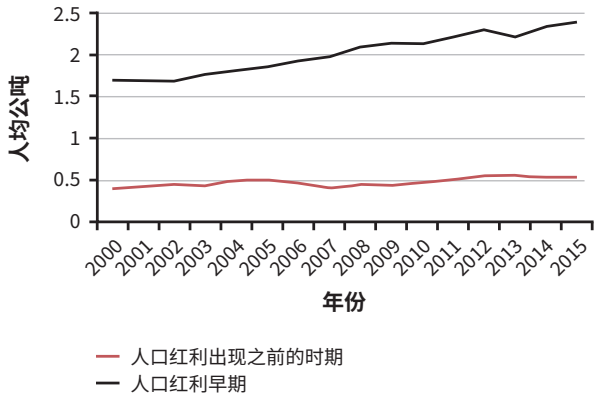
人口增长不单会通过消费和自然资源的利用来影响环境，还能够牵动其他因素来影响环境。这些影响包括：人口增长给治理带来的压力，人口增长对有限资源使用引发的冲突，以及人口增长可能加快未合理规划的城市化进程（经济合作与发展组织，2016年）。

以拉丁美洲的经历为例。作为不平等现象最严重的地区之一，拉丁美洲经历了快速的城市化进程和特大城市的形成过程，快到治理体系都难以控制的地步。结果是功能失调的城市环境内部出现不平等，人口开始出现分化，人们开始感到不安全且变得暴力，而这反过来使他们失去了公共资源，压抑了经济增长，缩小了公民空间，削弱了公共产品和有益品的价值，损害了集体服务的质量和可获得性（Filgueira，2014年）。而鼓励私营部门针对休闲、教育、安全、交通和住房采取单独的解决方案则会进一步加剧不平等。

以下分析聚焦全球人口趋势及其对环境可持续性的全球影响，包括围绕在次区域、国家和地方层面上的影响的讨论。

预期趋势表明，全球人口增速将放缓，但是对除欧洲以外的其他所有地区将持续利好，至少在2040年之前是如此，这是最保守的估计（联合国经济和社会事务部，2017年）。这意味着很多发展中国家地区的人口将继续保持极其强劲的增长。根据历史趋势和可接受的预测结果，这些地区的人均GDP和人均消费也会迅速增长。在人口处于转型期的国家（即人口红利处于早期和晚期的国家），人均碳足迹的快速增加，显著说明了当前形势下人口快速增长对二氧化碳排放总量的可能影响（**图2.2**）。

图2.2：根据人口统计计算的人均排放量



资料来源：基于世界发展指标所作的分析（2017年）（https://data.worldbank.org/products/wdi）

在人均碳足迹低的地区（发展中国家农村地区）出生的大部分人口，可能会转移到碳足迹较多的地区（O' Neill等人，2012年；经济合作与发展组织，2016年）。这些人口转移不仅能够提高单位碳产量的效率（技术或聚集可以为一定程度的福祉减少压力），而且能够增加消费，从而在这一过程中增加二氧化碳的总排放量。

最后，全球人口在继续增长的同时也将趋向老龄化，但目前的家庭规模在未来会得以维持，即继续生活在规模较小的家庭中（Dalton等人，2008年；O' Neill等人，2012年；联合国经济和社会事务部，2017年）。

一般来说，在其他条件都不变的情况下，这些趋势说明人均碳足迹将增多。在大多数情况下，这种简化的人口增长、人口动态、不断增长的碳排放的逻辑（假设一切照旧，参见第21章），也适用于国家和地方层面，以及其他环境变量，例如水和空气污染、土壤退化、荒漠化、森林砍伐。

需要强调的是，人口动态和人口增长本身不会导致不可持续的环境路径。这种路径是在当前消费和生产模式下人口增长的结果。不可持续的消费和生产主要是因为不平等的加剧。无论是在国家内部还是在国与国之间，不平等仍然是环境可持续性面临的最大阻碍之一（Chancel，Piketty，2015年；Oxfam，2015年）。

不平等性的加剧会直接为可持续性带来不利影响，主要可分为两类：

1. 由于资源分配高度不均匀，脱贫所需的增长水平要远远高于资源平等分配情况下脱贫所需的增长水平（Ravallion，2001年；Bourguignon，2002年；世界银行集团，2004年）。换言之，如果这些资源能够得到更加公平地分配，全世界就不需要极高的经济增速来改善贫困人口的生活。
2. 高度不平等与过度消费私人商品和地位商品的倾向相关，从而削弱公共产品和有益品的价值（López，Palacios，2014年；Samaniego等人，2014年）。

由于公共产品和有益品一般意味着集体消费和更少的单位边际成本，而且由于它们都建立在规模经济的基础上，从其生产和消费所需的环境足迹的角度看，公共产品和有益品的效率要远远高于私人商品和地位商品的效率。尤其是社会的日趋城市化，为扩大集体性商品（即公共产品和有益品）提供了难得的机会，例如，公共交通、公用设施、绿色公共娱乐休闲空间、自行车道，以及在全日制学校和工作环境中集体餐的准备（Samaniego等人，2014年）。集体餐、公交车、自行车或公园等，可以满足人们的需求（出行、饮食、娱乐休闲），而且产生的足迹远少于私人汽车、个人餐准备、封闭式购物中心产生的足迹（Jorgenson等人，2015年）。但是由于恐惧、碎片化、地位竞争和隔离的原因，高度不平等会导致人们倾向于选择私人商品和服务，而不是前者。

由于人口增长及其他人口动态（城市化、小规模家庭和老龄化人口）的必然性，改变当前的消费和生产模式就显得尤其重要，以将这些趋势与不可持续的环境压力脱离开来。

2.3.1 全球人口增长和构成

我们有信心能够预测到未来会出现四大趋势：全球人口将持续增长（至少在2050年之前；**图2.3**），全球人口平均年龄将增加，全球人口将越来越多地转移到城市，家庭规模将日趋缩小（联合国，2015a）。这些趋势的出现是一系列潜在过程综合作用的必然结果。这些过程包括：工业化进程、农业技术革命及其导致的土地占有模式、从大家庭向小家庭的转变，以及流行病学转型导致的死亡率大幅下降（Lopez, Murray, 1996年；2015年全球疾病负担死亡率和死因项目协作组，2016年）。

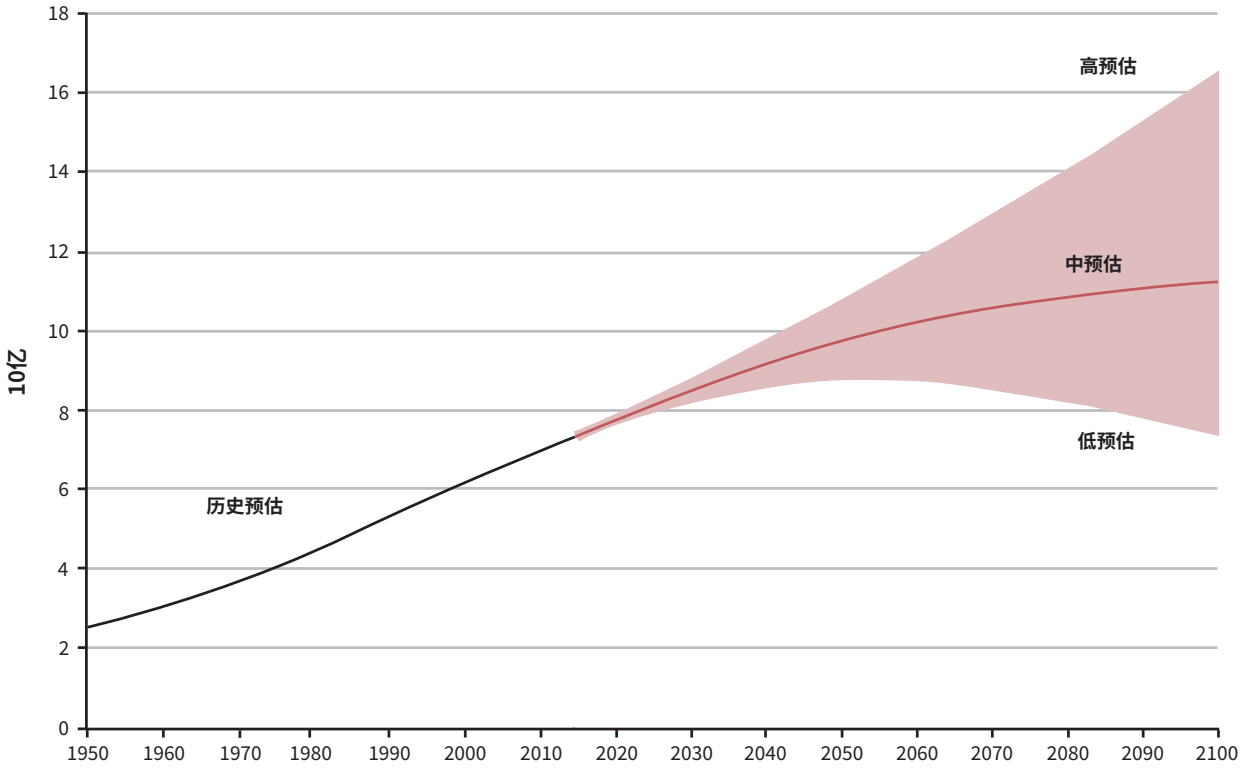
政策和行为变化可以减缓这些趋势出现的速度，而不是逆转它们。在其他条件不变的情况下，家庭小规模化、城市化、老龄化将产生更多的人均环境影响。鉴于这些趋势（或多或少）是不可避免的，只有三种可能的行动方案。

1. 在可能且合适的时间，可以采取措施缓和这些趋势。例如，（避孕的普及和对女性更大的经济社会赋权所造成的）生育率降低有利于经济发展、减少不平等、脱贫，以及减少环境压力。
2. 避免农村人口向外转移所造成的非计划性城市化快速发展，可带来一种双赢局面，有利于形成更加平衡和福利增加的国家发展轨迹和城市化进程，从而促进绿色城市的发展同时增强生态系统的互联互通。（农村人口向外转移的原因有可持续性农业技术的投资不足和过度开采自然资源导致的资源枯竭，等其他原因）。
3. 就二氧化碳生产及其他环境压力而言，消费和生产模式一直保持在极其低效的水平。硬技术创新和软技术创新（即替代化石燃料的能源、土壤管理、城市规划、市中心集体护理服务、公共交通等）能够彻底改变消费和生产对环境压力的弹性。

2.3.2 人口增长预估

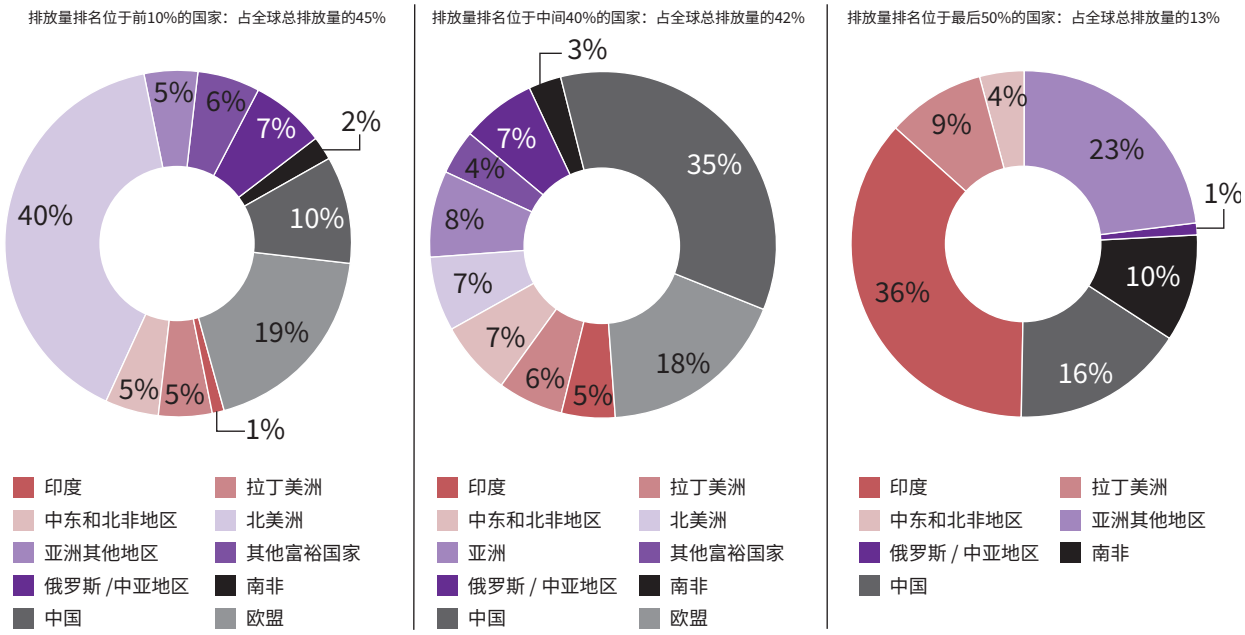
2017年（联合国经济和社会事务部，2015a），全球总人口为75.5亿，年均增长率为1.10%，与10年前（1.24%）相比有所下降。根据生育率中期预测，到2030年，全球人口将达到85.5亿，到2050年将达到100亿左右（97.7亿）。然而，任何展望未来一个世纪的预测都带有很强的警示。按照当前生育率的下降速度，到本世纪末，全球人口可能会增长至132亿，到本世纪中叶可能会增长至94亿，而且在2100年之前可能会一直稳定在这两个水平之上（参见第21.3.1）。

图2.3：全球人口预估



资料来源：联合国人口基金会（2017年）

图2.4:消费及其相关环境压力在各国之间不公平的分配



注:为了更好地体现不同组别的国家对二氧化碳排放总量做出的贡献,在此将全世界所有国家分为三组:二氧化碳排放量排名位于前10%的国家,二氧化碳排放量排名位于中间40%的国家,以及二氧化碳排放量排名位于最后50%的国家。每张图表对应一组国家,表示全球各个地区产生的排放量的百分比。

资料来源:Chancel, Picketty, 2015年

以上预测结果重点反映了以下几点:

a. 人口增长将持续到至少本世纪中叶,持续时间可能会更长。
b. 长期趋势存在很大的不确定性。
c. 直接采取政策干预无助于人口控制,而通过赋予女性自主生殖选择从而降低生育率等方法,则可以间接控制人口。

人口增长取决于一年时间内出生的人数和死亡的人数,出生人数和死亡人数反过来取决于三个相互关联的因素——生育率、死亡率、年龄和性别结构。而这三个因素又分别取决于人类行为、健康状况、人口惯性。年龄和性别结构变化缓慢,而生育率的下降速度和死亡率的未来趋势存在着不确定性。此外,尽管生育行为的变化导致人口增速下降,但是只是在过很久以后,到最后才会出现这一结果。

几乎所有发展中国家的死亡率都在快速下降,而最不发达国家的生育率仍然居高不下,平均生育率为4(即每个妇女平均生育4个婴儿),几乎是人口替代率(即每个妇女平均生育2.1个婴儿)的2倍左右(联合国人口基金会,2017年)。性别政策可以影响生育率,但是如果新兴医学技术导致人的预期寿命大幅延长,人口增长将更加接近高估值,同时全球人口老龄化也会变得严重很多。

2.3.3 人口构成和人口分布

越来越多的证据表明,环境与人口发布和人口构成(年龄、城市/农村居住、家庭结构)之间有复杂的相互影响(参见Jiang, O' Neill, 2007年;Dalton等人,2008年;O' Neill等人,2012年;Liddle,2014年)。

由于生育模式和迁移趋势的不同，无论是在全球范围内，还是在国家内部，人口增长的分布都不均匀。在生育率高、人口年轻、死亡率急剧下降的国家，人口增长比其他国家要快。根据当前趋势，在未来几十年里（**图2.5**），非洲预计会成为人口增速最快的地区，其次是亚洲、拉丁美洲、北美洲、大洋洲、欧洲（联合国，2015b，2017年）。

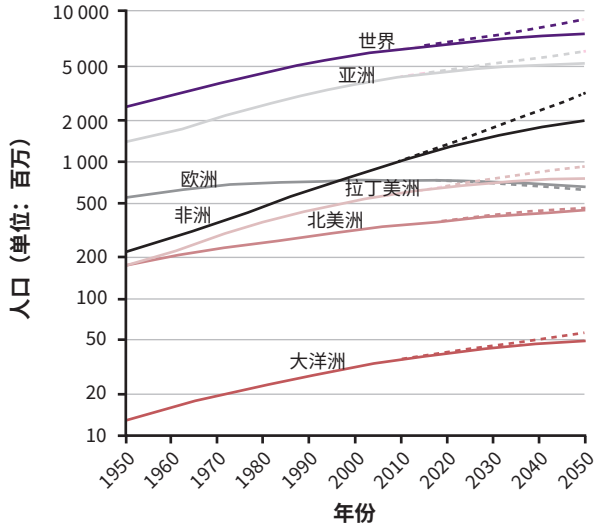
人口迁移模式在一定程度上会减缓人口自然增长的影响，导致人口从欠发达地区向发达地区、从农村向城市迁移（经济合作与发展组织，2016年）。过去50年以来，人口迁移不断加速，而且在未来30年内也将保持这一趋势（Massey，Taylor，2004年；国际移民组织，2015年）。以下潜在因素推动了这一趋势：

- 全球不平等、贫困、充斥着冲突的地区。
- 发达地区已建立成熟的移民社区（有时会吸引来自欠发达地区的人口）等。

发展中国家之间的国际移民也出现了增长，其模式与发展中国家与发达国家之间的移民一样（Hujo，Piper，2010年）。在很多情况下，环境退化实际上对移民现象起到了推动了作用，因为环境退化使原居住地的生活难以为继（Leighton，2006年）。

移民往往会抑制人口增长，因为数据显示移民在新的环境中一般有较低的生育（Majelantle，Navaneetham，2013年）。由于移民在新环境中的收入和消费水平高于他们在旧环境中的收入和消费水平，环境受到的净影响仍然是不利的。而由于脱贫是发展和移民的目标之一，收入和消费增加是理想的结果。

图2.5：世界人口分布与人口构成



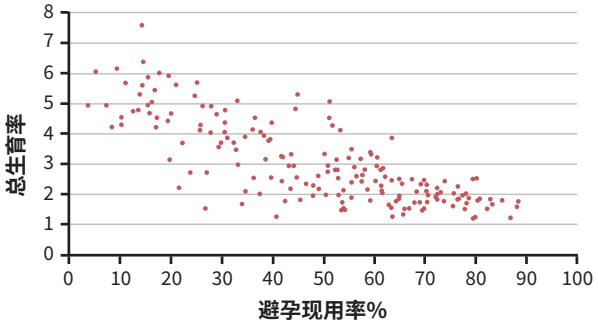
资料来源：联合国人口基金会（2017年）

移民对环境和自然资源影响可能并非仅限于人均资源消费量的增加，资源效率也有可能会改变，例如，单位能源和物质使用量可能会减少。

2.3.4 从人口计划到性别平等和女性赋权

人口计划是上世纪六七十年代的一大政策重点，后续在很多国家被停止实施，但是其好处得到了广泛认可（联合国人口基金会，2017年）。人口计划之所以逐渐式微，在一定程度上是因为有些人口计划在实施过程中，通过采取旨在限制妇女生殖选择的大规模绝育或强制性、胁迫性政策，造成了人的基本权利被系统性侵犯。

图2.6：避孕现用率与总生育率



资料来源：基于世界发展指标所作的分析（2017年）（https://data.worldbank.org/products/wdi）

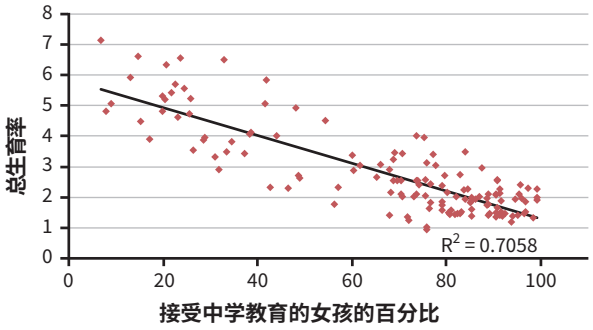
1994年在开罗举行的联合国国际人口与发展会议和1995年在北京举行的联合国世界妇女大会均认为，人口政策应尊重妇女及其选择的权利，应从设立人口目标转变到采取以权利为基础的方法上，使生殖控制掌握在妇女自己手中。毫无疑问，非洲地区、亚洲地区和拉丁美洲部分地区的现有人口政策，不仅能够极大地减缓人口增速，而且体现了对性别平等的尊重，赋予了妇女权利。反过来，这似乎有可能会促进经济更加强劲地增长，因为越来越多的妇女劳动力人口将进入市场经济，也有可能有助于改善母亲和儿童的健康（联合国人口基金会，2017年）。

这些政策由一系列行动措施构成，包括提供现代避孕方法（**图2.6**），为男性和女性提供更多自愿进行计划生育和享受其他生殖健康服务的机会，投资妇女教育，消除妇女进入劳动力市场所面临的障碍，对传统男权主义行为相关的歧视性做法施加法律惩罚，以及对一些国家的欠发达地区和广大发展中国家进行社会和经济方面的投资。

2.3.5 性别和教育

已有证据表明，使生殖选择权尽可能地掌握在妇女手中会对生育时间和数量产生一定的影响（联合国人口基金会，2017年；联合国促进两性平等和妇女赋权实体【UN Women】，2017年）。这种影响在一定程度上来源于妇女受教育的机会和就业机会。促进高生育率的主要因素之一是妇女缺乏受教育和就业的机会。最不发达国家的生育率最高，其女童受教育的机会也是最少的。这种因果关系是双向的。（**图2.7**）。

图2.7：女性中等教育与总生育率



资料来源：地球政策研究所（2011年）

2.3.6 不平等、移民和城市

南北不平等和全球不平等是推动移民模式形成的主要因素之一。已有证据表明，缩小国际福利差距、推动发展中国家经济增长，有助于抑制移民潮流，从而促使国家缓慢走上二氧化碳密集型福利增加型轨道上，最终慢慢退出这种轨道。

同样，一国内部的移民潮流受不平等所推动，尤其是农村与城市之间的不平等，导致城市化进程快速推进，有时还会使城市化在环境上变得难以管控。为农村地区提供充足的发展支持，有助于缓解这些压力。（国际移民组织，2015年）。[4]

2.4 城市化

城市化（在本报告第4.2.5节的分析中也被当作一种跨领域问题）是人口趋势影响环境资源的一种显著的方式。城市化相关内容广为人知。一方面，城市有较高的收入和消费水平，更容易获得政治权力，经济增速较高，给自然资源施加的压力也更大。另一方面，在创造单位收入所需的资源利用方面，城市的效率更高，而且在能源效率方面，有更大的潜力（Dodman，2009年；Bettencourt，West，2010年；Barrera，Carreón，de Boer，2018年；Cottineau等人，2018年）。此外，城市还是经济增长的引擎。所有国家从贫困向中等收入转型的过程中都必须经历一段时期的快速的城市化。如果能够得到有效管控，城市化则有助于高效、可持续地实现可持续发展目标。最后，城市化一般与生育率下降相关联（Martine，Alves，Cavenaghi，2013年）。

全球略多于一半以上的人口目前都生活在城市，这一比例预计会在2030年上升至60%，在2050年上升至66.4%（Brenner，Schmid，2014年；联合国，2014年；Melchiorri等人，2018年）。值得注意的是，由于全世界各地区对城市的定义有不同的方法，所以联合国经济和社会事务部的信息基于各种数据来源。Melchiorri等人（2018年）利用全球统一的城市定义，综合考虑人口学特征和人口密度，计算出2015年全球城市人口比例为85%。这些新的方法和对城市跨界影响的分析（第4.2.5节）有利于我们从其他角度理解城市条件，从而为政策分析和环境治理提供一个重要的工具。

90%左右的城市增长将发生在低收入国家（联合国人类住区规划署，2014年）。非洲是全世界城市化速度最快的地区，而欧洲城市在1995-2015年增长最少（联合国人类住区规划署，2016年）。而造成这些趋势出现的关键因素，既不是生育率也不是年龄结构（城市生育率低且老龄化程度更严重），而是移民（联合国人类住区规划署，2016年）。

未来数十年是关键时期。全球城市人口从3%上升至50%再到2010年的35亿，一共花了200年（联合国，2014年）。在本世纪内，全球城市人口会在现有基础上增长一倍多。而在此后的数世纪里，全球城市人口还会增加10亿左右。这导致当前全球的城市化状况不仅体量大，而且较为短暂（Fuller，Romer，2014年）。对于投资和设计新城市和既有城市的选择，可有效地决定基础设施、技术、制度和行为模式，而它们又将在可预见的未来决定我们城市的功能和地球的未来。这意味着留给我们规划和设计这一未来的机遇期稍纵即逝。未来20年内，全球范围内的基础设施将增加一倍以上（Bhattacharya等人，2016年）。

2.4.1 不同规模城市面临不同挑战

分析城市化模式，也有助于了解增长潜力和对自然资源的影响。位于城市化高端的是超级大城市，联合国人类住区规划署将其定义为人口超过1000万的城市（联合国人类住区规划署，2016年，第7页），绝大多数分布于发展中国家。1990年，全世界有10座超级大城市，人口为1.53亿，占全球城市人口的7%；到了2014年，超级大城市增至28个，人口达到4.53亿，占全球城市人口的12%（联合国经济和社会事务部，2014年）；到了2016年，超级大城市增至31个，其中24座超级大城市分布于欠发达地区或发展中国家；中国和印度分别有6个和5个超级大城市（联合国经济和社会事务部人口司，2016年）。

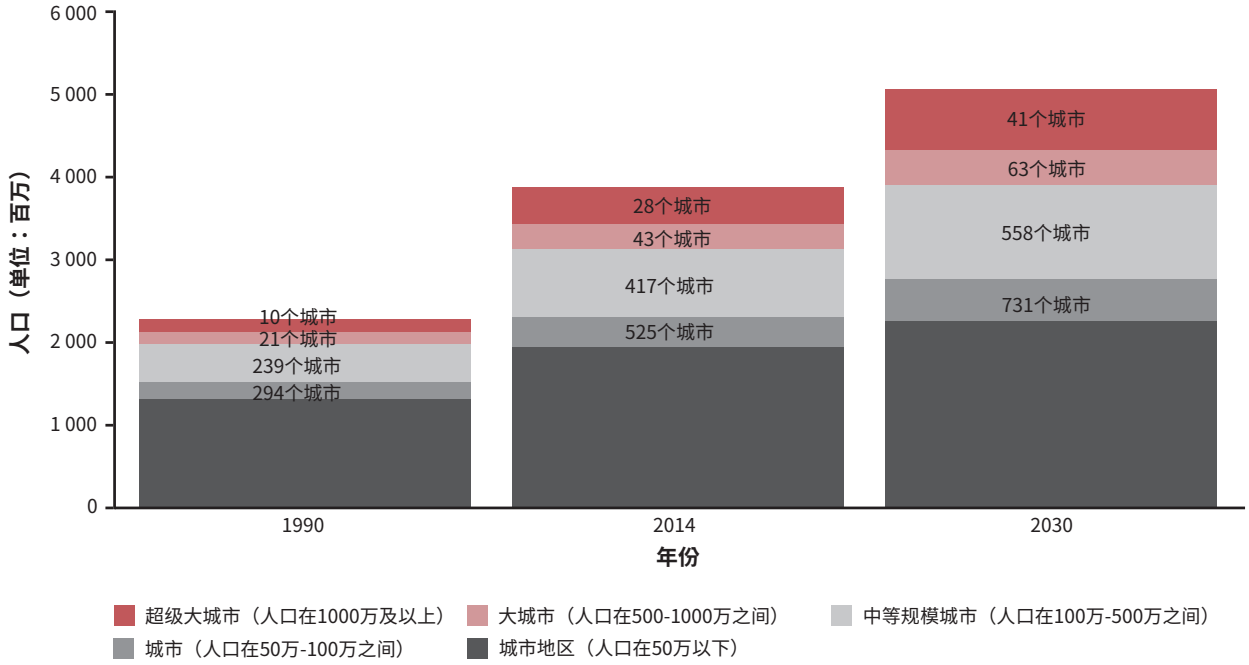
4 为农村地区提供的这种支持不是避免移民的一种替代方式。这类政策仍然会对移民和移民地区产生不利影响。

虽然超级大城市可能经济发达，但是绝大部分城市人口并不在超级大城市（参见**图2.8**），而且也不是增长最快的城市中心（参见**图2.9**）。中小型城市人口当前约占全球城市人口的一半，而且这类城市正在以最快的速度增长（联合国经济和社会事务部，2014年；联合国亚洲及太平洋经济社会委员会，联合国人类住区规划署，2015年）。中小型城市将“在2025年为全球增长做出40%左右的贡献，超过所有发达国家和新兴市场超级大城市的贡献总和”（联合国人类住区规划署，2015a，第2页；Dobbs等人，2011年）。此外，相较于大城市和超级大城市，中小型 城市还更容易受自然灾害的影响（Birkmann等人，2016年）。

2.4.2 城市聚集经济

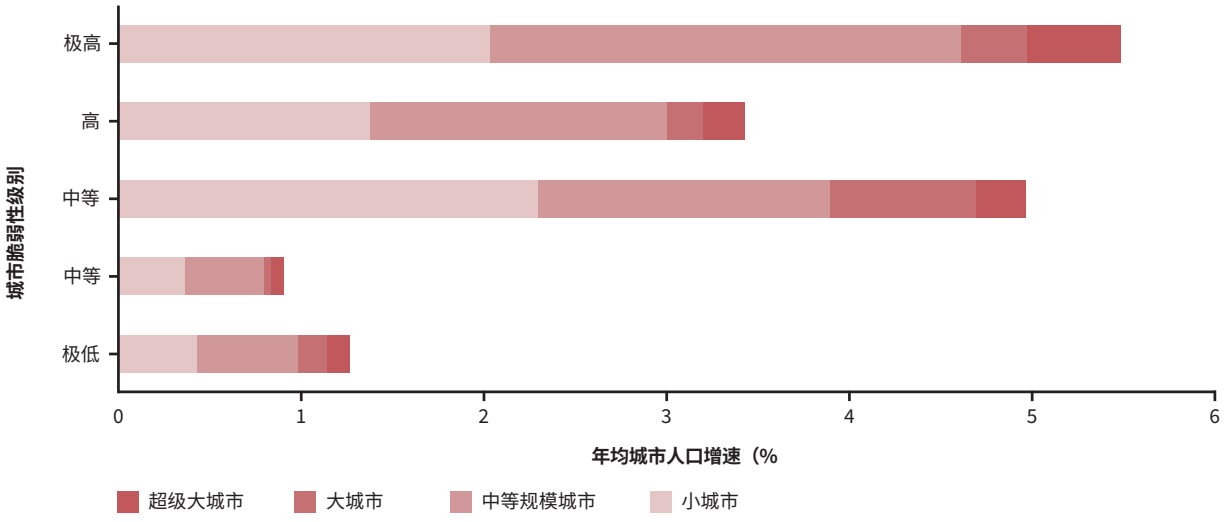
聚集经济反映了人们集中起来从而降低商品、人、思想的运输成本的优势。生产率越高，就会吸引越多的人集中起来，从而反过来进一步提高生产率。因此，聚集经济产生了一个积极的反馈回路，同时将生产率外部因

图2.8：在城市推动下全球范围内的城市人口增长



资料来源：联合国（2014年，第13页）

图2.9：城市增长率



资料来源：Birkmann等人（2016年）

素的影响叠加起来，从而推动了城市人口和工资增长（Glaeser, Gottlieb, 2009年；Zenghelis, 2017年）。

城市是财富的来源之一，城市里的财富可以用自然资产、人力资产、实物资产之合来衡量（Hamilton, Hartwick, 2017年）。自然资本包括土地、公园、绿地、水、生物多样性。人力资本包括人的教育、知识、技能。实物资本（或称“物质资本”）则包括住房、基础设施、工业、办公室等。此外，还有无形资本，即思想和灵感，以研发、专利、知识产权、客户名单、品牌价值、社会资本、制度治理等形式存在。无形资本可能最为重要，但是需要依靠其他形式的资本并与它们之间产生作用。无论是在绝对水平上，还是在增速上，无形资本都为增长脱离资源利用和二氧化碳排放提供了必要的创新和投资来源。

越来越多的研究支持这一假设，即由于城市能够传播知识，因此现在推动财富创造的关键因素是吸引有技能、有创造力的人的能力，以及培养和传播思想的能力。因此，在思想更加密集型的行业，城市似乎具有相对优势。如今，制造业越来越多地集中在城市之外。而与制造业不同的是，思想导向型行业倾向于集中在城市中心。由于空间上临近，思想的产生和分配主要发生在大城市，因此不足为奇。这一证据显著说明了城市和国家的规划及政策会在很大程度上影响创新的方向，同时在指导城市朝着资源节约型和低碳型创新方向发展上，还有不少政策空间。

城市化在大获成功的同时也需要付出代价，包括污染、拥堵、城市热岛效应、不健康、犯罪、非正式住区（贫民窟）、负担能力不够、废弃物等。不受管控的、毫无规划的城市蔓延，短期来看可能是最廉价的选择，因为它所需要的制度干预、基础设施和城市规划都是最少的，但是中长期来看，它会让社会、经济和环境付出惨重的代价。如果城市不受管控，那么城市的吸引力将减少，污染将增加，拥堵将更加严重，资源利用率也会降低。全球大约三分之一的城市人口生活在类似于贫民窟的条件下，无法享受基本的服务和社会保护（联合国人口基金会，2010年/2011年，引用于第三届联合国住房和城市可持续发展大会#1，第3页）。生活在贫民窟中的贫困妇女尤其脆弱，而且在获取城市生活的一些优势上面临着阻碍（联合国人口基金会，2014年，引用于第三届联合国住房和城市可持续发展大会#1，第2页）。此外，在三分之二的城市居民所生活的城市，收入不平等在1980年至2010年之间不断加剧（Lopez Moreno, 2012年，引用于第三届联合国住房和城市可持续发展大会#1，第1页）。城市蔓延、糟糕的公共交通，以及水、废弃物收集、能源等基本服务的缺乏，不但抵消了城市聚集的经济效益，而且增加了成本。这些增长代价阻碍了人们获得实现繁荣所需的机遇，同时加剧了城市贫困状况。毫无规划的城市增长还会导致温室气体过度排放，产生社会异化和社会排斥，造成一系列其他的社会、经济和环境成本，例如拥堵、不健康、犯罪等（Floater, Rode, 2014年）。

这些趋势会给治理结构带来巨大负担（Frank, Martinez-Vazquez, 2014年；联合国亚洲及太平洋经济社会委员会，联合国人类住区规划署，2015年）。发展中国家地方税占GDP的比重比工业化国家低三倍（Bird, Bahl, 2008年）。

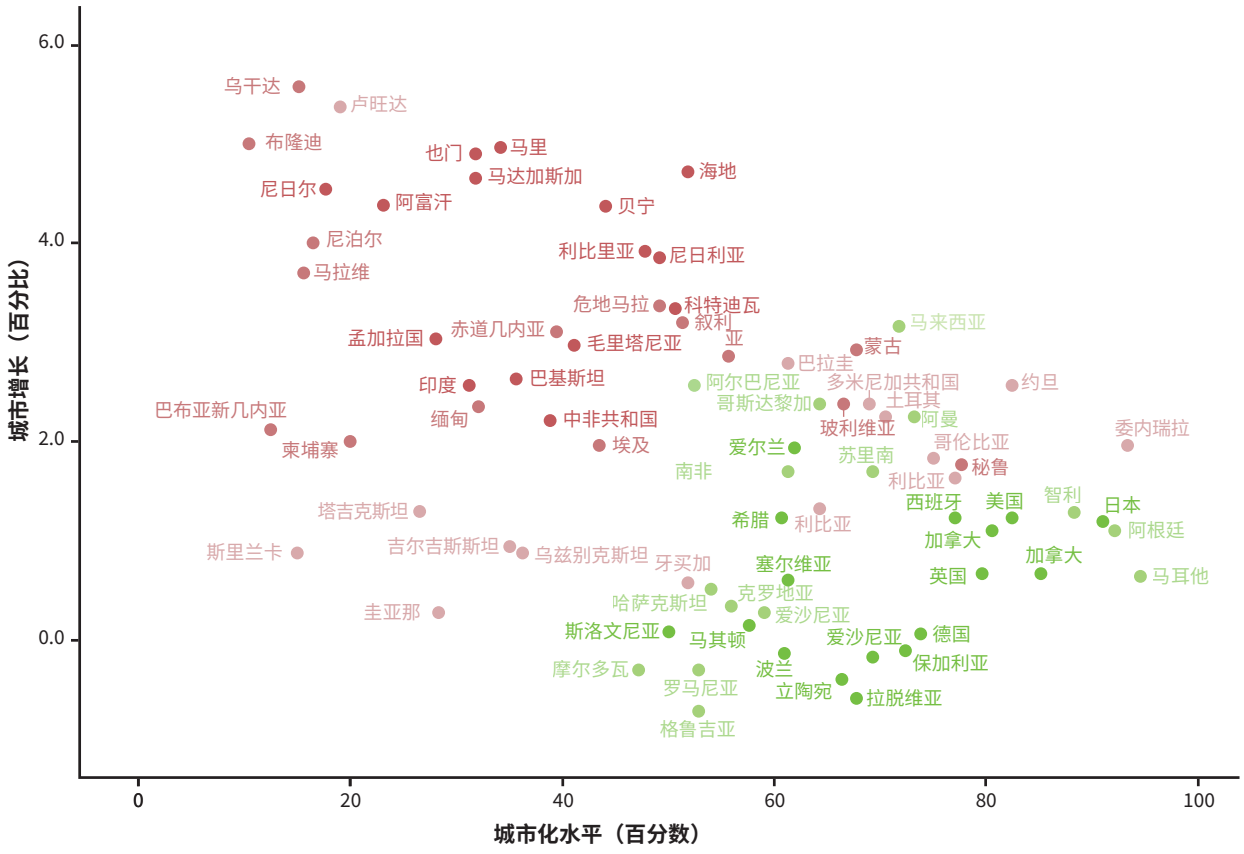
同样，很多中小型城市“缺乏引领重大城市发展进程的技术能力”（联合国人类住区规划署，2012年，第XIV页），而且面临责任重大但资源有限的难题，从而抑制了其规划

能力（Frank，Martinez-Vazquez，2014年）。所造成的结果是，城市政府保护自然资源及其公民权利的能力受到严重限制。

欧洲、北美，以及亚洲较富裕的地区，都不是第一次经历大规模城市化。最近一次城市化浪潮主要发生在发展中国家，包括南亚和撒哈拉以南非洲。这种流入城市的人口会给增长中的城市里的城市制度资源和基础设施带来巨大压力。如**图2.10**所示，在城市化率较低、增速较高的国家，城市公民极其脆弱，这种脆弱性是“在加入城市易感性、应对能力的缺乏和城市适应能力的缺乏后计算得到的”（Garschagen等人，2014年，第46页）。用收入对1990至2015年期间城市化水平出现的相对变化进行分解可得出的结论是，在亚洲，低收入国家的城市化速度最快（15.5%），中低收入国家和中高收入国家的城市化速度分别为1.2%和1.5%。非洲、拉丁美洲和加勒比地区也出现了类似情况。在非洲，低收入国家、中低收入国家、中高收入国家的城市化率分别为8%、3.6%和5.7%。从全球范围内来看，（1990-2015年）总体城市化率为2.3%，通过收入进行分解后可得出，低收入国家和中低收入国家的城市化率分别为8%和1.6%（Melchiorri等人，2018年）。

这些快速城市化的地区不仅带来了挑战，而且“为未来城市温室气体减排带来了最大的机遇……因为这些地区的……城市形态和基础设施无法改变”（Seto等人，2014年，第928页）。正如下文以及本报告B部分所述，关于快速城市化造成的环境影响，既有正面又有负面的案例。城市案例佐证了本报告中所强调的现实问题，即未来复杂的空间网络不是“上帝赐予的”，而是系统依赖型和路径依赖型。如果未来二三十年在蔓延式城市化的基础上按照资源

图2.10：快速增长与高脆弱性之间的关系



城市脆弱性级别	城市化水平	2000-2015年间增长率
极低	75.80	0.71
低	69.19	0.92
中等	56.07	2.36
高	43.51	2.89
极高	38.59	3.71

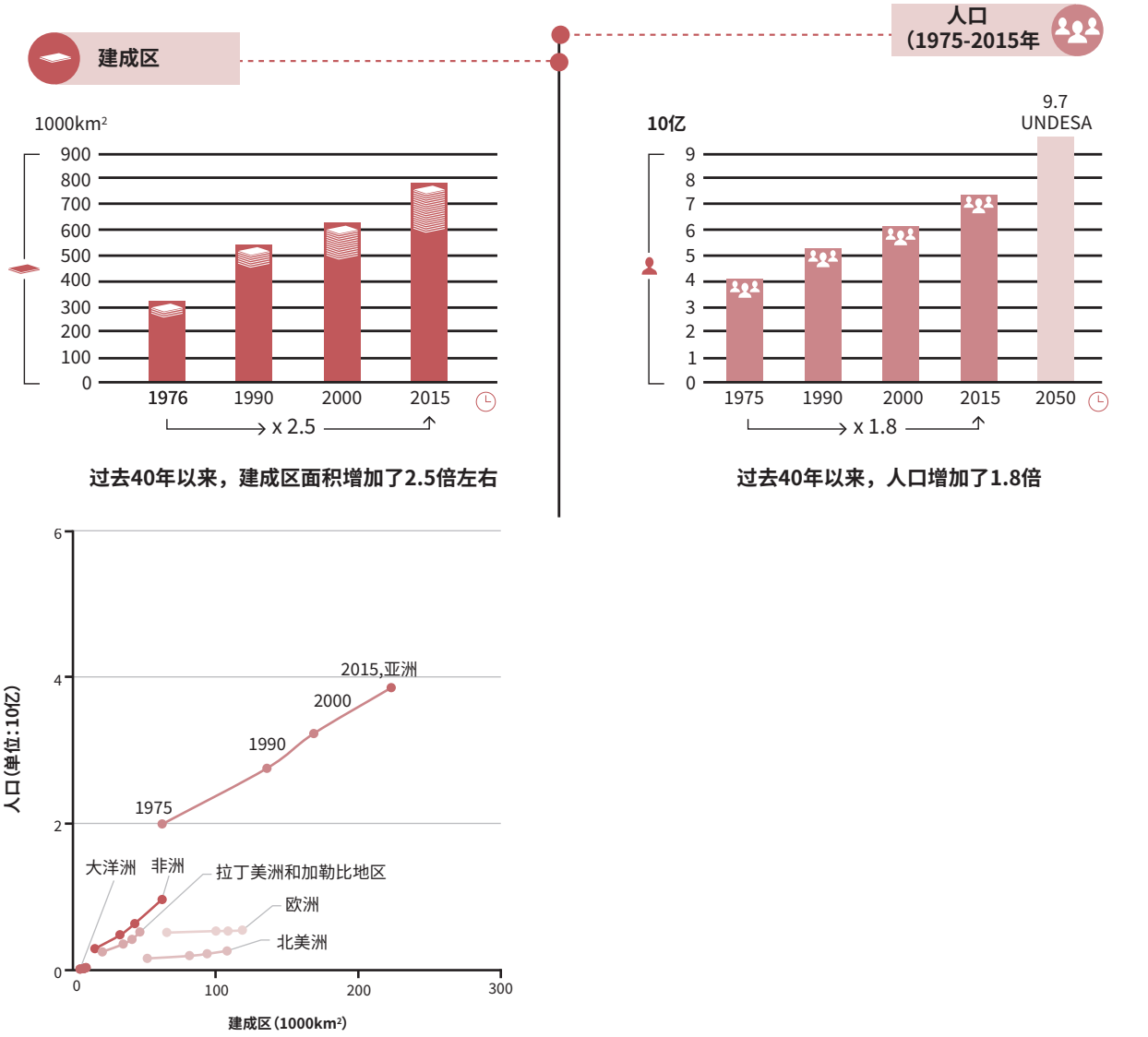
资料来源：Garschagen等人（2014年）

需求型和碳密集型模式建设新城市，那么实现宏大的资源和气候风险目标的全部希望都将落空。这可能会造成城市和国家难以满足其资源需求，无法在全球市场上竞争，导致实物资产和人力资产搁置。城市还易受环境和气候影响，例如高温、水分胁迫、洪涝等；同时，沿海城市还面临海平面上升、咸潮和风暴潮的问题。

2.4.3 城市扩张和城市密度的趋势

关于城市领土扩张和人口增长，当前观点各异。在没有可持续性城市管理的情况下，一些研究表明，城市规模增长多于城市人口增长，前者是后者的2倍（Angel等人，2011年）。Pesaresi等人（2016年）指出，1975年至2015年期间，建成区面积增加了2.5倍，而总人口只增加了1.8倍（**图2.11**），城市增长最多的集中在印度、中国和非洲国家。这些地区的城市土地增长也比城市人口增长快，说明城市化已形成蔓延趋势（Seto等人，2011年；Haase, Haase，2018年）。即使在人口萎缩的城市，蔓延现象仍然存在（Schmidt，2011年；Wolf, Haase, Haase，2018年）。反过来，近期来自亚洲的研究表明，城市人口增速大于城市土地增速（东南亚东部地区的人口增速和土地增速分别为31%和22%），而且（东亚）城市密度是土地资源丰富的发达国家的城市密度的4倍：是欧洲国家城市密度的2倍，是拉丁美洲和加勒比地区国家的1.5倍，是中东地区国家城市密度的1.3倍（Schneider等人，2015年；世界银行集团，2015年）。

图2.11：建成区 VS人口（1975-2015年）



资料来源：Pesaresi等人，2016年

只增加城市密度不足以实现向可持续城市的转型。另一影响城市对环境产生影响的因素是城市形态，即城市实体基础设施模式——难以改变，而且长期决定着土地使用、交通和能源需求（Seto等人，2016年；Güneralp等人，2017年）。形态模式能够影响能源消费、温室气体排放、生物多样性（Seto，Güneralp，Hutyra，2012年；Salat，Chen，Liu，2014年）、水利基础设施（Farmani，Butler，2014年）、土地使用，以及退耕还林（Bren d' Amour等人，2016年）。城市形态、"基础设施设计以及城市内部的社会空间差异正在成为人类健康和福祉的重要决定性因素"（Ramaswami等人，2016年，第940页）。

2.4.4 城市化的机遇

在一个明显要接近环境限制和农村人口预计继续向城市转移的世界，城市人口增长为增加公民福祉和减少生态足迹提供了机遇。可以通过选择生活方式，改善治理，提高人们意识，推出教育项目，提供基础设施和服务，提供技术解决方案等来实现。中小型城市发挥着极其重要的作用，因为它们通常被当成农村人口进入城市中心的一个阶梯（联合国人类住区规划署，2015c，第3页）。换言之，城市化能够发挥积极作用，但是如果管控不当，则只会使现有挑战变得更加严峻。如果城市能够开发利用规模经济（在农村地区不可行）的技术解决方案，那么就有可能兑现限制人口和消费增长带来的负面环境影响的承诺。

2.5 经济发展

引入经济发展这一术语，主要是为了与人类福利的一维衡量指标，即经济增长（或者更确切地说，GDP增长），区别开来。Sen（2011年）指出，经济发展涵盖社会公平、脱贫、人类基本需求的满足（包括健康、教育、水资源和卫生服务）、实体基础设施（住房、能源、交通、通信等）的供应，以及基本的政治自由、经济自由和社会自由的保障等。同样，经济发展强调结构性转型，即工业结构的改变（从以农业为主的结构转变为以工业和服务业为主的结构）、社会组织（从小规模生产性活动转变为大规模组织结构），以及技能多元化。可持续发展目标源于这种广义上的经济发展。

2.5.1 经济增长的社会角色

随着经济从"空的世界"走向"满的世界"（Daly，1973年），传统经济增长模式明显已经难以为继（联合国环境规划署，2011年）。然而，实现持续不断的经济增长这一愿景的社会和政治承诺一直强而有力。原因很简单：经济增长在现代社会中发挥着众多至关重要的作用，包括脱贫、促进社会正义和团结、维护社会和平，以及推动优良治理。

脱贫是其中最重要的作用。在工业革命出现两个半世纪后，约7.83亿人（占全球总人口的10.7%）的每日生活费仍然不足1.9美元/人，48.7%的人的每日生活费不到5.5美元/人（世界银行集团，2013年）。从全球范围内来看，22%左右的儿童发育不良，7.5%左右的儿童体重过轻（联合国儿童基金会，2018a），同时2.64亿儿童和青少年无法上学或完成学业（联合国儿童基金会，2018b），绝大多数都是女孩。21亿左右的人口缺乏安全管理的水资源，23亿左右的人口缺乏基本的卫生条件（联合国儿童基金会/世界卫生组织，2017年）。

造成以上贫困状况形成的原因不是经济资源的缺乏。2017年，全球人均收入平均值为16,906美元/年（购买力平价，按照当前美元汇率计算），相当于46美元/天（世界银行集团，2018年），是贫困线标准的24倍左右。虽然再分配政策和社会保障措施有助于脱贫，但是唯一可靠的脱贫机制是让贫困人口能够受益于快速稳定的经济增长。

促进发展中国家经济增长的另一理由是，有必要缩小将发展中国家与发达国家区别开来的巨大收入差距。这一收入差距持续扩大到20世纪下半叶。到了21世纪，随着发展中国家开始赶超发达国家，这一差距才有了缩小的迹象（**图2.12**）。[5]

因此，即便是对经济增长持批判态度的人，也同意经济增长对发展中国家必不可少这一观点（参见Jackson，2009年，第4页）。他们的批判集中在发达国家上。他们认为，在发达国家促进经济增长既没有必要，又无法令人满意（参见Daly，1973年；Rees，1995年；Victor，2008年；Jackson，2009年）。而其他人（例如，Friedman，2005年）则认为，经济增长会继续在发达国家发挥重要的政治作用，包括促进社会公平、社会流动、社会团结，吸引大众支持社会和平与国际和平（Benhabib，Rustichini，1996年，第139页；Weede，1996年，第32页；Gartzke，2007年，第180页）。

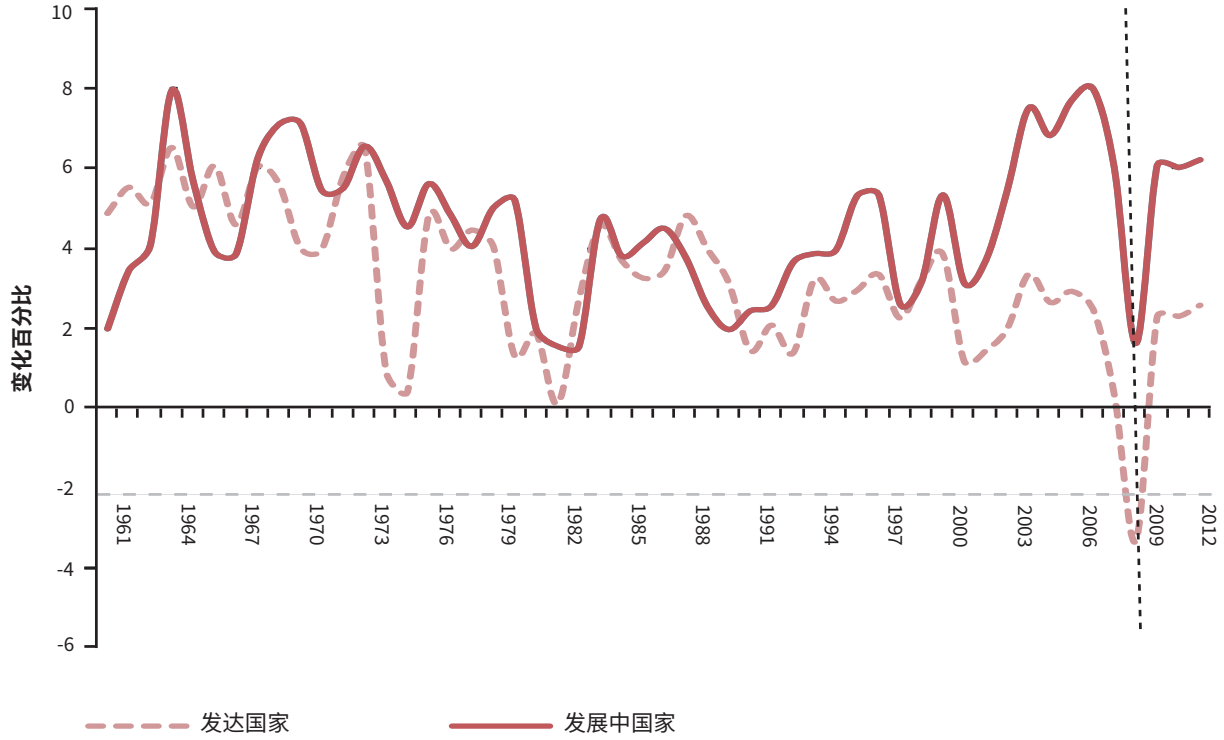
总之，近期全球经济增长与下列因素相关：

a. 发达国家与发展中国家之间收入差距的缩小；
b. 发展中国家贫困发生率大幅下降。

其中所涉及的危险是，如果经济增速放缓，这些趋势可能不会持续，而且就像联合国秘书长关于气候变化及其可能的安全影响的报告（A/64/350）所指出的那样，这意味着我们可能会倒退到一个零和的世界，而在这样一个世界中，冲突和战争激增，治理体系衰落，公众对社会正义、社会团结和社会和平的支持逐渐减少。

5. 这主要是由一些人口大国的较快增速所造成，尤其是中国和印度，但不仅限于这两个国家。实际上，在本世纪头一个10年里，撒哈拉以南非洲地区的发展中国家作为一个整体，首次在5年内保持年均5%以上的增速。然而，由于全球金融危机爆发，发展中国家平均增速减少了2-3个百分点，同时增速差距不断拉大，而规模较大的国家（例如，巴西、中国、德国和美国）比规模较小的国家恢复得更快。

图2.12：发展中国家增速开始赶超发达国家增速的曲线



资料来源：Canuto（2010年）

问题不在于发达国家是否需要经济增长才能实现其物质愿望，而在于现代社会在实现其政治、社会、文化甚至伦理道德目标的过程中，经济增长是否是必不可少的一部分。在理想情况下，经济增长与环境可持续性是相互促进而非相互冲突的。

2.5.2 从增长到发展

经济增长只是为人类福利做出贡献的因素之一，除此之外，促进人类福利的其他因素还包括社会正义、脱贫、善治（包括反腐）、环境健康。全球政策进程试图以千年发展目标和可持续发展目标的形式来反映这种综合性方法。

可持续发展目标的结构为本节所探讨的更广泛的问题提供了洞察。千年发展目标起源于一个简单的想法，即各国元首和政府首脑在联合国千年首脑会议上表示要在15年内削减一半贫困人口的决心（联合国，2000年）。可持续发展目标则更进一步，试图到2030年彻底消除贫困和饥饿。除此之外，可持续发展目标还明确提到了环境和社会因素，包括气候变化、陆地和海洋生物多样性、可持续消费和生产、不平等、工业化和体面的工作、以及和平与正义（联合国开发计划署，2018年）。

过去，千年发展目标称得上一种成功。千年发展目标符合加速脱贫、健康和教育的目标，但是在营养以及水资源和卫生条件的获取上较为落后（McArthur，Rasmussen，2017年）。千年发展目标的成功可归因于四个因素，按重要程度从高到低排列分别是：发展中国家的高速经济增长，对地方计划和社区倡议的支持，重大纵向规划（尤其是医疗行业），以及法定权利和法律保护相关的法律制定。虽然很难评估千年发展目标的影响（因为在没有千年发展目标的情况下会发生什么不得而知），但是一些实证研究已经发现了千年发展目标在这些领域加速进展的证据（McArthur，Rasmussen，2017年）。

虽然可持续发展目标试图以此成功为基础，但是两者所处的背景非常不同。在可持续发展目标通过之前，出现了一场严重的金融危机，差一点就是全面性的金融崩溃，工业化国家的一场旷日持久的衰退，一次可能造成灾难性后果的债务危机，经济合作与发展组织国家收入不平等严重加剧，大宗商品价格反复波动，粮食价格冲击造成重大政治影响，自然资源和生物多样性减少，关于气候变化不利影响的证据越来越多，人们日益意识到全球经济正在逼近地球限度（Rockström等人，2009b），以及全球冲突大幅增加。

可持续发展目标大致可分为以下三类：

- 人类发展：解决收入贫困、饥饿、缺乏享受基本服务（健康、教育、水、卫生）的机会，以及性别不平等的问题（即可持续发展目标1-6）。
- 经济发展：为脱贫提供条件，提供获得能源的途径，促进经济增长，提供体面的工作、基础设施和工业，减少不平等，提供住房，促进和平社会的形成（可持续发展目标7-11、16-17）。
- 环境：确保脱贫议程（即经济增长的议程）不受生态威胁的影响（可持续发展目标12-15）。

这一议程与《全球环境展望》的评估相关。贫困议程仍尚未完成，完成贫困议程需要促进世界经济进一步增长的发展共识仍然存在。但是令人越来越担忧的是，随着人类逼近地球限度，发展本身的前景日益受到威胁，尤其是通过气候变化的影响。此外，令人继续担忧的是，增长进程不仅会造成自然资源利用量增加，而且会放缓，从而增加对自然环境的压力。

贫困议程仍然是国际政策界关注的首要问题，因为过去25年来，贫困议程几乎写进了每一份与经济发展和环境相关的国际协议中。其中原因并非只是或者主要出于利他考虑。正如国际劳工组织（ILO）总干事在引用其成立原则时所说，“任何地方的贫困对一切地方的繁荣构成威胁。”（国际劳工组织，2011年）因此，这反映了人们理解大量人口陷入永久性贫困不利于全球和平。

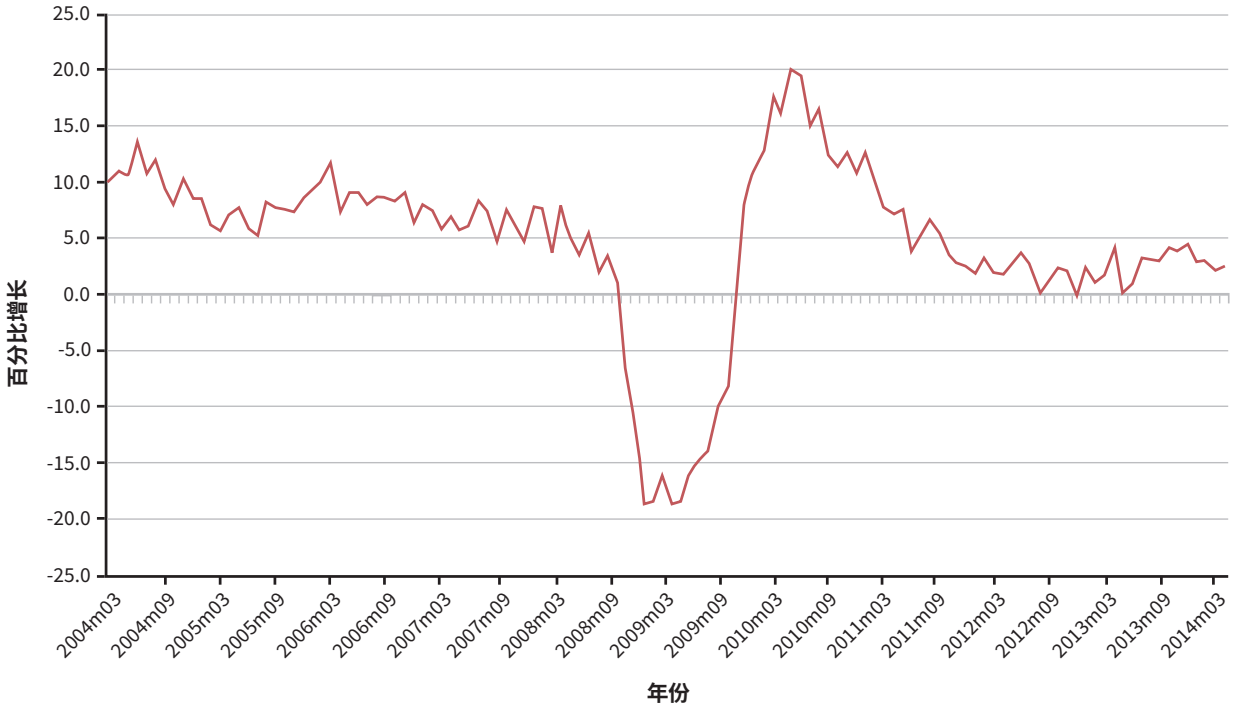
2.5.3 近期形势

金融危机爆发后，全球经济增长放缓。国际贸易停滞、贸易战卷土重来、政策不确定性增加、全球经济增长的主要引擎（即新兴经济体）式微等，这些与全球经济增长放缓的原因相关（世界银行集团，2017年，第3页）。1992年至2008年，全球经济年均增速为6%左右（2006年至2008年这一增速高达10%），全球贸易增速自2010年以来已放缓至1%左右（参见**图2.13**）。近来，这似乎已造成新的贸易战威胁。

第二个明显的趋势是工业化国家的不平等现象加剧。国际与国内不平等存在差异。在20世纪大部分时期，各国之间的收入不平等扩大（最佳情况是保持不变），而国内收入不平等却在缩小（最差情况是保持不变）。而自1980年以来，这两个趋势都出现了反转。

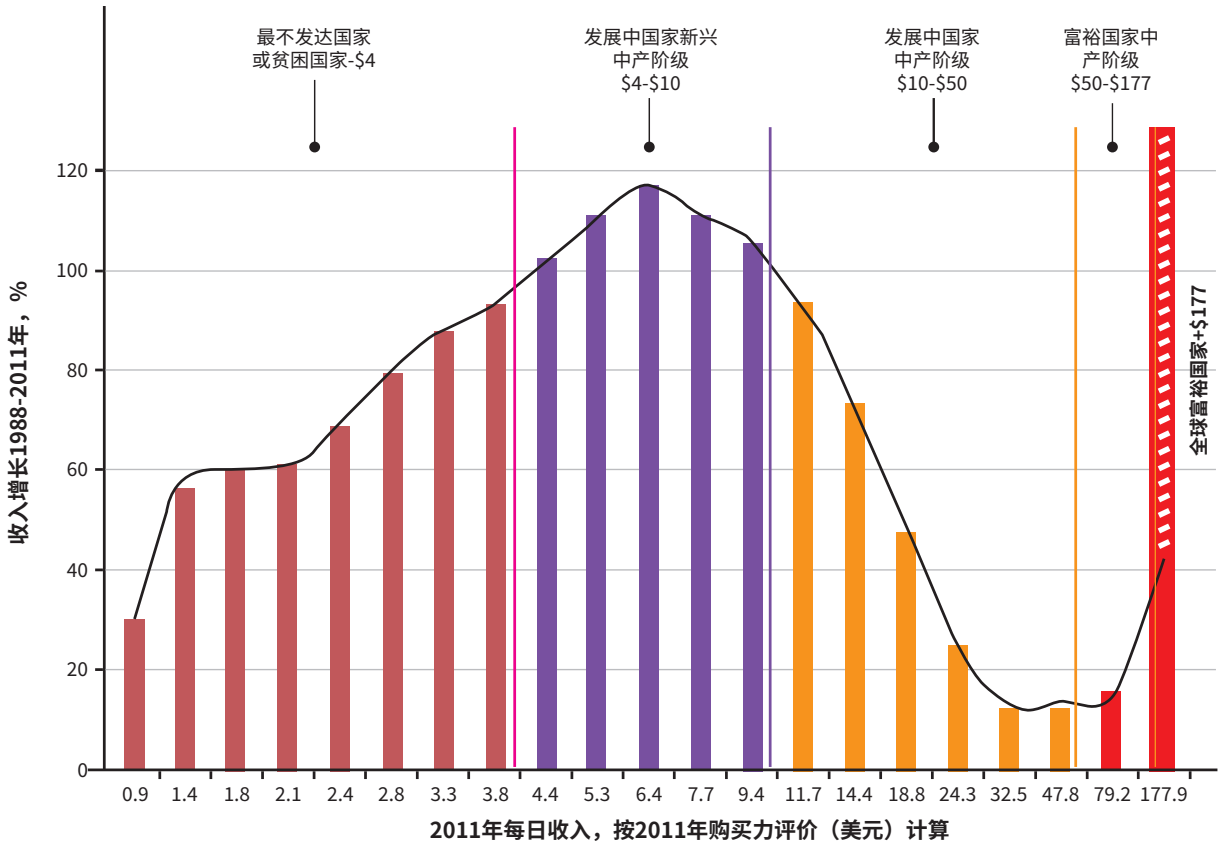
其中一个后果是Milanovic的全球大象曲线，因其形态像**图2.14**中所示的大象形状而得名（Lakner，Milanovic，2013年，第31页；Weldon，2016年）。如图所示，在1988年至2011年之间，排名前1%的收入和40-70百分位数的收入（假设都在发展中经济体）都在增加，而排名最后10%的收入和80-90百分位数的收入（假设都在发达国家的中产阶级）增长更为缓慢。

图2.13：世界贸易增长



资料来源：数据源于荷兰经济政策分析局（2018年）

图2.14：Milanovic的大象曲线



资料来源：数据源于Lakner（2013年），图表由daCosta（2017年）制作。

收入不平等与自然资源利用之间没有直接的关系。一方面，经典经济理论认为，穷人的消费倾向高于富人（Carroll等人，2017年），因此穷人向富人转移收入会减少自然环境受到的影响。另一方面，收入不平等的加剧，通过炫耀性消费的影响和中产阶级的萎缩，为资源带来了上行压力。更重要的是，不平等可能会加剧冲突，而这反过来又会对环境产生不利影响。不平等通过消费渠道、投资渠道和社区渠道对环境产生影响（Islam，2015年）。

推动全球增长议程有两个主要理由：一个与物质相关，另一个与政治相关。前者强调的是增长在脱贫过程中发挥的作用，而后者强调的则是通过促进增长来推动实现其他必要的政治目的，例如，社会正义、社会公平、社会团结、社会和平、民主治理等。

近期趋势表明，脱贫议程和全球各国之间的不平等的议程在推动过程中受到了很大挫折。另外，这一情况发生的方式和速度又引起了新的紧张局势和分裂，在各国之间以及国内各地区之间均是如此。

这可能意味着发展中国家和发达国家都迫切需要恢复增长势头。

2.5.4 能源的作用

经济发展的两种不同纬度，即总的经济增速和总的资源消费，尤其是能源消费，两者之间有什么关系是一个关键的问题。

大量文献指出要使经济增长脱离其对资源消费的影响（例如，可参见：联合国环境规划署，2011年；联合国环境规划署，2017年；Hennicke，2014年）。可再生资源与不可再生资源之间存在着一个关键区别。由于不可再生资源本质上是有限的，所以减少资源枯竭的唯一方式就是减量化、再利用和再循环（3R原则）。然而，正如文献明确指出，这又将焦点重新聚焦到了能源消费上（即资源利用中的能源部分）。“3R原则”非常出名，其可行性取决于循环利用或重复利用的能源成本相对于能源开采的成本。

一些可再生资源，例如太阳能和风能，在被利用时无需担忧会被用尽的问题。只要整体生态系统不退化，其他资源就是可再生的。森林等可再生生物质资源面临的主要挑战是，确保其利用率不超过自然（或增强式）再生率，即这些资源通过利用太阳能进行自我再生的速率。各种提高自然资源生产率的方法相当于增加其能源利用的潜力。

简而言之，正如Hennicke（2014年，第2页）指出，能源是实现经济发展退耦的关键。环境分析往往会利用能源流动的概念来说明这些问题，这不足为奇。从广义上讲，能源是人类和自然事物的原动力。工业化革命带来的令人不可思的转型，本质上就是利用大量现有能源资源（即化石燃料）的结果（Smil，2010年；Bithas，Kalimeris，2016年）。这是经济永久性增长理念的一个重要组成部分。

展望未来，能源需求将继续增长，不仅是为了推动贫困国家的经济发展，而且是为了减少物质资源的不可持续消费。能源需求的增长要求我们转向负担得起的、可持续的能源，以避免灾难性气候变化和资源稀缺（可参见：Yihdego，Salem，Pudza，2017年；联合国开发计划署，2018年，可持续发展目标7）。

2.6 技术、创新和全球可持续性

技术既可以积极又可以消极推动环境变化。技术创新一直是，而且可能会持续成为，全球层面上可持续变化的一个关键驱动力（Segars，2018年）。与此同时，技术往往还会产生远远超出我们基于顶尖科学分析的预测能力的意外后果（例如，化石燃料消费给气候系统带来的影响）。现有科学分析在解决技术问题时往往无法考虑到技术的系统性影响所带来的重要的负面/反弹效应（Chitnis等人，2013年），而且往往淡化技术扩散的问题，尤其是在农业技术创新方面（Juma，2015年）。机动车和电力就可以很好地证明过去科学的局限性。两者都是20世纪最重要的技术突破之一，但是其对环境和资源的负面影响可能会持续到整个21世纪。

2.6.1 技术创新和可持续经济发展

从经济的角度看，技术创新长期以来被视为经济发展的核心驱动力之一。但是从现代增长理论来看，技术创新还被赋予了一个重要的角色（参见：Romer，1994年；Acemoglu，Daron，2009年；Zenghelis，2011年）。人力资本的创新，即通过对研发和知识共享进行投资，不仅对生产率增长至关重要，而且对获取更多我们所拥有的资源也至关重要。而这是解决很多环境问题的核心。

创新为解决诸多环境问题提供了一条最重要的路径。在一个环境可持续的经济里，经济增长和经济发展会发生，人类繁荣也会持续下去。经济增长和人类福祉可以与物质生产和环境影响脱离，但是实际上实现这一点会面临巨大的政策挑战（Jacobs，1991年；Hepburn，Bowen，2013年）。

对新机遇的认识，以及关键低碳技术（太阳能、风能等）成本的下降，已被证明在推动全球政策行动上发挥着举足轻重的作用。虽然《联合国气候变化框架公约（UNFCCC）》谈判往往被视为进展缓慢，但是40个国家和20个次国家地区已实施或正计划实施碳定价及其他类型的低碳技术驱动型政策（全球经济和气候委员会，2015年）。当前，全球共有1200多个气候变化或气候变化相关的法律，是20年前的20倍（Nachmany等人，2017年）。

关于气候变化的《巴黎协定》（《联合国气候变化框架公约》，2015年）本身就可以被视为全世界各个国家、城市和企业加速减排势头的一个结果。可再生能源技术成本和节能技术成本的下降，日益增多的市场机遇，行为的改变，以及人们对减排好处（例如，城市污染和拥堵减少，为稀缺资源、碳和污染定价所带来的财政机遇，以及取消对环境有害的补贴所带来的财政机遇）的意识增强，都有助于《巴黎协定》签署后各国自愿签字承诺采取行动。

2.6.2 清洁技术和节能技术

清洁技术和节能技术市场正在快速发展，包括可再生能源技术（太阳能技术、风能技术、先进生物质技术等）、存储技术（电池技术、抽水蓄能技术等）、节能技术（需求侧管理技术、去物质化技术等）、脱碳化交通技术（电动车等）。清洁技术研发也正在兴起（例如，碳捕捉和碳封存、第二代和第三代生物燃料、小规模/微规模去中心化发电、无人驾驶汽车）（国际能源署，2016b）。

以可再生能源为例，可再生能源的扩散和扩大目前在全世界范围内已变得可行和可负担得起。到2040年，可再生能源将占全球发电投资的三分之二，而在中国和印度的推动下，太阳能将成为全球低碳生产的最大来源。以欧盟为例，可再生能源预计占新发电量的80%，而风能将在2030年以后成为区域用电的主要来源（国际能源署，2017b）。

从区域的角度看，以撒哈拉以南非洲为例，撒哈拉以南非洲有大量旨在解决能源贫困的举措，包括公共举措、民间举措以及跨部门举措，这里有一个正在快速发展的清洁和节能技术生态系统，而且这一系统正在孵化早期离网型太阳能技术企业，同时加速该地区国家的整体市场动态（Park，2016年；Yihdego，Salem，Pudza，2017年）。

例如，对撒哈拉以南非洲及其他国家离网型太阳能企业的投资，从2013年到2016年增长了10倍，达到2亿多美元（彭博新能源财经，2017年）。但是需要指出的是，这种快速增长仍然只占影响区域能源市场所需的投资的很小一部分。

可扩展的太阳能离网型电气化解决方案对很多发展中地区的可持续发展非常重要，而且对撒哈拉以南非洲地区尤为关键（国际可再生能源机构【IRENA】，2013年）。能源获取时工业化国家和发展中国家面临的一个关键的经济、社会和环境问题，因为能源获取与一系列经济和环境效益相关（国际可再生能源机构，2016年）。然而，撒哈拉以南非洲地区每年消费的电量只有145太瓦时，相当于每人每天使用3小时的白炽灯（Lucas，2015年），因此该地区时全世界能源最贫困的地区（Park，2016年）。

资源节约型技术和低碳技术的单位成本很有可能会持续下降，因为这些新技术已被开发和部署，而且工程师们懂得如何廉价地连接和维护它们。新技术单位成本下降的可能性越大于早已存在的、当前正在被利用的高碳型技术单位成本下降的可能性。[6]例如，随着可再生能源技术的价格下降，太阳能、风能和能源存储的新组合会在与煤炭和天然气的成本竞争上占优势。[7]

能源行业受益于与低碳转型相关的生产率提高，而且低碳创新还会带来重要的经济溢出效应。Acemoglu等人（2012年）认为，采取暂时性政策杠杆，例如通过征收碳税来使创新走向清洁化，从而实现可持续增长。而Dechezleprêtre，Martin，Mohnen（2014年）得出的结论是，低碳创新产生的经济溢出效应始终要比常规技术产生的经济溢出效应多40%，而信息通信技术理论上可以大幅提高生产率和能源效率，同时减少产品（例如，手机）在整个生命周期内的物料消费。信息通信技术可能会在某天开启一个新的时代，而数字技术届时将在加速全球环境治理上发挥关键作用。但是目前尚不清楚能源和材料节省是否更多，而且是否大于信息通信技术从资源开采到废弃物处理的整个产品生命周期所带来的累积性可持续影响（参见关于电子废弃物的**专栏2.3**）。

除了信息通信技术带来的直接的社会和环境影响之外，数据中心的用电也正在成为一个可持续性问题。以美国为例，美国的数据中心用电量约占其总用电量的2%（Whitney，Kennedy，2012年）。计算机能源效率据称每1.5年翻一番（Koomey等人，2011年），因此，一个更

6 所谓的帆船原理（即通过引入蒸汽船来极大地提升帆船的效率和设计）指的是，现有行业在面临既存竞争时能够利用竞争性创新予以响应。

7 太阳能光伏发电技术和陆上风电技术在全球很多地区都能够与天然气和煤炭竞争，即使没有碳定价。在两年的时间内，即到2017年上半年，太阳能光伏发电模块的成本下降了60%；而在2008年之前的五年时间内，太阳能光伏发电模块的成本下降了一半（彭博新能源财经，2017年）。能源存储价格下降的速度甚至快于太阳能光伏发电和风能发电的价格下降速度。近期一项研究发现，能源存储项目的研发投资导致锂离子电池成本从上世纪90年代初期的10000美元/千瓦时开始下降，到2018年或2018年之前下降至100美元/千瓦时（Kittner，Lill，Kammen，2017年）。

栏2.3：电子废弃物

电子废弃物是当今世界增长最快的垃圾之一，可被定义为“被所有者当作废弃物丢弃、不进行再利用的电气和电子设备及其零部件”（“解决电子废弃物问题”计划，2014年）。

在计算机及其他电子产品在全球范围内迅速销售的推动下，再加上产品生命周期的缩短，2016年全球共产生4470万公吨的电子废弃物，相当于每人产生6.1公斤的废弃物。到2021年，电子废弃物总量预计增长至5220万公吨，相当于每人产生6.8公斤的废弃物（Baldé等人，2017年）。

工业化国家产生的一些电子废弃物正被运输到发展中国家。发展中国家“往往会利用粗糙抵消的技术来提取材料和成分”，这一趋势正在给全球可持续性治理带来挑战（Baldé，Wang，Kuehr，2016年）。

重要的长期可持续性问题可能是，信息通信技术在避免未来能源利用和减少气候变化影响上的使用和应用。

到2040年，智能电表等数字技术预计会将10亿多家庭和110亿个智能家电接入互联互通的用电系统中。各个家庭可以使用数字技术创新，来决定何时从电网上取电以及取多少电。数字技术创新还会给建筑、工业、交通等行业带来环保型需求侧响应，避免2700亿美元的新电力基础设施投资（国际能源署，2017a）。从哥本哈根到亚的斯亚贝巴，各城市政府也在投资基于信息通信技术的智能技术（例如，开放式数据库、公民参与平台等），以更低的金融和环境成本助力改善城市治理（C40城市气候领导联盟，2015年）。

2.6.3 粮食农业技术

全球粮食与农业的发展趋势（如人口增长、全球富裕程度提升等）要求提高农业生产率（比2005年的水平高60%-120%），而这与更广泛的可持续发展目标产生了直接冲突（Ort等人，2015年）。

除此之外，关于收益差额可能是多少的问题（即一种农作物在有充足水源和营养的情况下每公顷的产出量，与此农作物目前的收割量之间的差距）（White，2015年），以及关于有哪些技术可以用来解决收益差额的问题，当前有很多不同观点。由于全球人口增长以及发展中国家能够食用更多更好的粮食的人口越来越多，到2050年，农业总产量预计比2005年的水平高60%（Alexandratos，Bruinsma，2012年）。国际社会现在逐渐面临的问题可能有：全球粮食供应能否满足全球粮食需求？同时能否在不对土地使用、生物多样性、淡水使用及其他自然资源产生不利影响的情况下满足这一需求？如果无法做到，那么能否利用除了农业技术以外的其他已知技术来满足或改变这一需求？

Bijl等人(2017年)建议,将改变膳食结构、更有效地处理粮食垃圾作为一种优先政策,或许可以在减少全球饥饿与不超过土地和水资源使用的地球限度之间达到一种可持续的平衡。以农业用水为例,太平洋研究院(Pacific Institute)一项研究(2014年)指出,现有水利技术和水管理技术可以使加利福尼亚州的年均农业用水量减少560万英亩英尺,至660万英亩英尺(1英亩英尺相当于123348立方米),相当于减少了17%至22%左右,同时农业生产率保持不变。

国际粮食政策研究所(IFPRI)(2014年)指出,某些农业技术和实践(例如,农作物保护、滴灌、耐旱、耐高温、综合土壤肥力管理、免耕、养分利用效率、有机农业、精准农业**【参见专栏2.4】**、喷灌、集雨灌溉,以及土地保护措施)可以进行推广,帮助发展中国家实现粮食增产和降低粮食不安全性的双重目标。免耕农业技术可以将玉米产量提高20%,耐高温小麦品种则可以将产量提高17%(国际粮食政策研究所,2014年)。

畜牧业约占粮食系统温室气体排放量的一半(联合国粮食及农业组织,2017年;Gerber等人,2013年),新兴粮食农业技术有可能改变畜产品的需求,提高粮食系统的可持续性。减少肉类消费总量、提供传统畜牧生产系统的替代品(例如,植物性肉类替代品),可以大幅减少粮食生产的农业土地使用足迹(Alexander等人,2017年)。另举一例,虽然能源反弹效应[8]增强存在不确定性,但是与饲养家畜相比,人造肉或试管肉的生产所需的农业投入和农地更少(Mattick等人,2015年)。

其他新兴技术发展正在展现出使农作物生产与土地使用和气候的脆弱性脱离的潜力(Gilmont等人,2018年)。水耕栽培使用的是富含营养的水来栽培作物,而不是用土壤;雾培则使用营养密集的喷雾来滋养悬挂在空中的植物。这两种技术使营养能够精准应用于受控条件下栽培的农作物,包括可以建在城市和退化环境中的无土室内垂直农场(Eigenbrod, Gruda, 2015年)。

随着去中心化的可再生能源成本下降,在更大范围内应用这些技术(包括通过推广这些技术来种植主要作物)所面临的约束将持续减少,同时环境效益将增加(Kalantari等人,2017年)。为了在全球层面上,尤其是发展中国家,真正加速创新型粮食和农业技术,还需要推出互补性的可持续政策倡议,例如联合国粮食及农业组织畜牧业可持续发展全球议程,以推广基于技术的和不基于技术的可持续粮食和农业创新。这一点也至关重要。

2.6.4 技术推广和全球可持续性

科学界在技术创新作为全球可持续变化的一种驱动力的重要性上达成了广泛共识,但是在两个问题上远远没有达成共识:一是在发展中国家进行可持续技术推广的问题,尤其是可持续技术的采用和部署,二是在全球可持续性方面如何调控和管理新兴技术的问题(Juma, 2015年)。对技术推广而言,在技术采用和加速的速率方面,比较适合开始的是太阳能技术、风能技术及其他可再生能源技术在发展中国家的市场开发,尤其是与城市和城市化相关(国际能源署, 2016a)。

由于太阳能和风能的经济竞争力提升,可再生能源占2017年全球发电量净增长的70%(REN21, 2018年),但是在能源行业没有进一步技术突破的情况下,能源需求的增长,尤其是发展中国家能源需求的增长,加上人口增长,可能快于经济上可行且可扩展的以可再生资源为基础的解决方案的开发速度(国际可再生能源机构, 2017年)。

为了给技术推广提供必要的制度条件和社会经济条件,需要设计合适的创新推广条件(Rogers, 2003年),同时实施新的公私措施,以更有效地应对工业化国家和发展中国家不连贯的政策、电力市场上的不一致问题,以及繁琐且有风险的投资条件(Ang, Röttgers, Burli, 2017年)。

专栏2.4:精准农业技术

到2050年,全球人口预计会达到90亿,而气候变化和收入增长将在未来几十年内推动粮食需求增长。基线情景显示,2005年至2050年,玉米、水稻和小麦粮食价格会大幅上升,而发展中国家处于饥饿风险中的人数将从8.81亿增加至10亿以上(国际粮食政策研究所,2014年)。

虽然当前还没有哪一种技术可以作为解决方案来应对这些全球农业和粮食挑战,但是精准农业(即在GPS辅助下机器对机器的解决方案,旨在整合传感器收集起来的信息并进行自动化管理)是有可能提高全球农作物产量的11种农业创新之一,这11种农业创新到2050年预计可能使全球农作物增产高达67%,同时几乎会使粮食价格减半(国际粮食政策研究所,2014年)。

8 能源反弹效应指的是:能源效率提高导致人们可能开始消费更多能源的现象。

关于经济合作与发展组织成员国的技术推广和可持续路径，新兴的“工业4.0”模式可能会给技术推广、市场开发与可持续性三者之间的关系带来重大影响。对工业4.0最恰当的表述是：一个由传感器、机器和信息技术系统驱动的数字产业技术平台（**参见图2.15**）。在很多科学家、技术专家和企业高管看来，工业4.0是第四次技术发展浪潮（Rüßmann等人，2015年）。

工业4.0模式，尤其是其作为一种技术平台的角色，在短期内有可能会以更低的成本产生更高效的过程和更高质量的商品，但是其在社会、环境和经济方面的长期影响，尤其是在就业和劳动力发展方面的长期影响，尚不明确。工业4.0模式的出现，再加上人工智能、增材制造、物联网及其他颠覆性技术，反映了技术可持续性关系中深藏的一种不确定性，即国际社会如何才能合适地权衡可持续性的风险和效益，尤其是在就业和经济发展所受到的短期和长期影响方面？

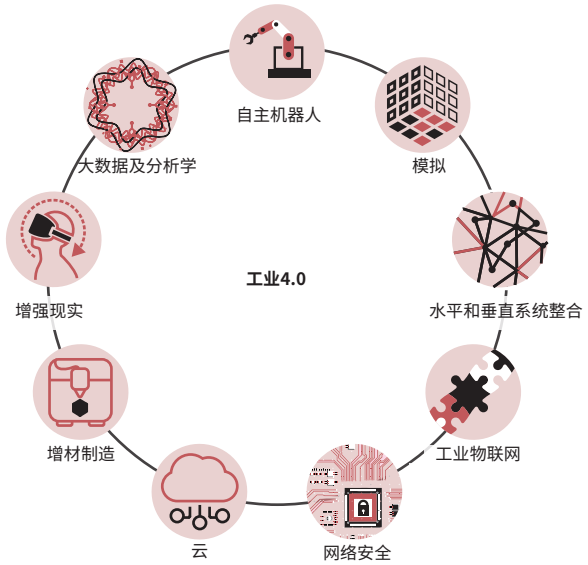
尽管全球气候变化和环境困境带来的社会、环境和经济影响日益明显，但是一系列国际环境（例如气候变化）和社会（例如难民）政策协商进展缓慢，限制了所谓的良好的公共政策选项的空间，也导致治理框架偏向气候地球工程等风险更大的技术，并将其作为一种政策替代品。关键不是公共组织或私营企业是否应该采用或积极推广某种特定的新兴技术，而是当我们应对复杂挑战时，即识别、开发和推广那些能够积极影响较富裕的经济合作与发展组织成员国和欠发达国家的技术，国际社会如何才能确保潜在的不利影响能够得到合适的监督、监控和避免，以及在何种程度上。

2.7 气候变化

本报告之所以将人为引起的气候变化作为环境变化的一个驱动力考虑进来，是因为它已经获得了一种独立于未来人类活动的势头。本报告还在第4.3.1节中将其作为一个跨领域问题来分析。**图2.16**表示工业化时期二氧化碳浓度的上升，其规模相当于冰期与间冰期之间20000年时间内二氧化碳浓度的变化。Hartmann等人（2013年）指出，美国国家海洋和大气管理局的温室气体指数显示，过去几十年来，其他温室气体含量，例如甲烷和一氧化二氮含量，也一直在不断增加。

联合国政府间气候变化专门委员会第五次评估报告（2014年）指出，全世界已进入气候变化承诺的时代。气候承诺的概念由Ramanathan（1988年）首次提出，指的是不考虑任何进一步排放或大气中温室气体浓度未来出现任何改变，保持目前状况也会发生的变化。“二氧化碳排放造成的人为引起的气候变化的很大一部分，在数世纪乃至千年的时间跨度内都是不可逆转的，除非在一段时期内大气中很大一部分二氧化碳被持续地净移除”（联合国政府间气候变化专门委员会，2013年，第28页）。

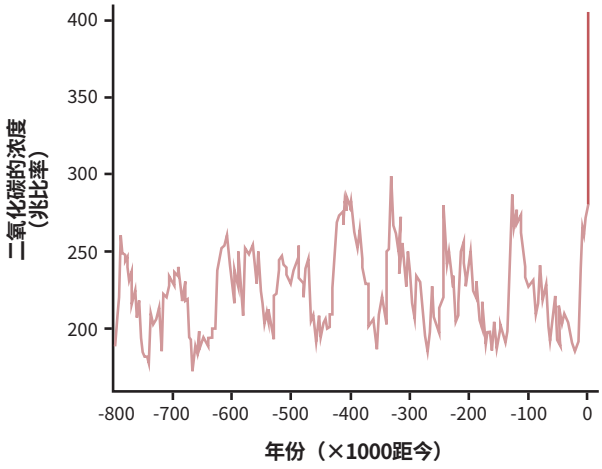
图2.15：工业4.0：未来工业生产的技术转型



工业4.0是未来工业生产的愿景

资料来源：Rüßmann等人（2015年）

图2.16：大气中二氧化碳的平均浓度



资料来源：基于美国国家海洋和大气管理局（NOAA）的数据（蓝色），网址：http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/ metadata/noaa-icecore-6091.html；以及Pieter Tans提供的数据（红色）；NOAA/ESRL（www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/andscrippsco2.ucsd.edu/）[]）

在人为引起的净二氧化碳排放完全停止后，地表温度将大致维持在较高水平。Mauritsen和Pincus（2017年）指出，“鉴于二氧化碳的生命周期、海洋的热惯性【Wigley，2005年】、短期气溶胶的暂时性影响【Hare，Meinshausen，2006年】，以及温室气体的活动，地球气候与人类活动之间没有处于平衡状态。因此，即使化石燃料排放突然中止，由于过去排放的影响，预计升温还是会持续，以往利用气候模型进行的研究证明了这一点【Solomon等人，2009年；Gillett等人，2011年；Frölicher等人，2014年】。”

因此，影响当前全球气温的主要是过去几十年来排放的二氧化碳，这是气候和碳循环中惯性导致的结果。气候定格在当前温室气体浓度上。也就是说，气候变化现已成为环境变化的一个独立的驱动力。无论人类采取何种行动，甚至无论人类是否还存在于地球上，气候变化都将持续产生影响，导致气温变化、降雨量波动、雪融化、海平面上升、干旱及其他气候现象发生，还会导致水循环出现变化（Salem，2011年）。因此，气候变化给增长和发展带来了挑战。

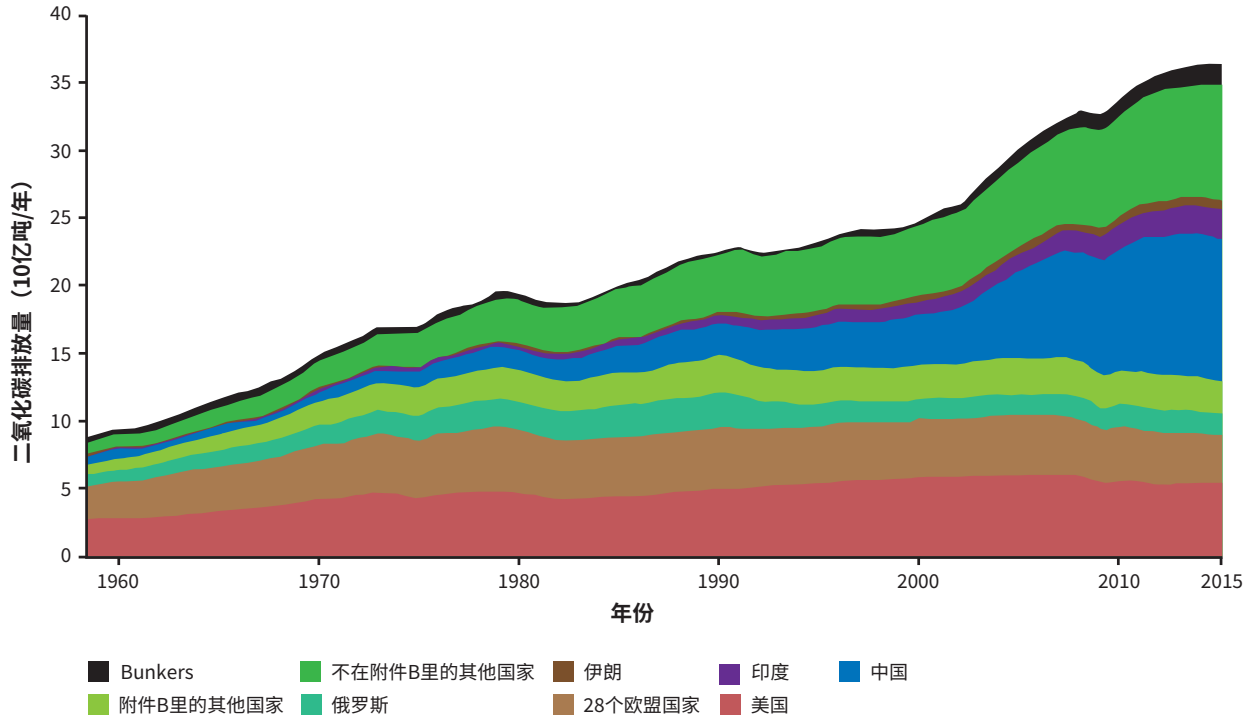
2.7.1 温室气体排放和浓度

部分国家温室气体排放趋势见**图2.17**和**图2.18**。工业革命以来，温室气体累计排放总量的一多半是在过去40年中排放的。1750至1970年（220年），累积二氧化碳排放量估计为9100亿吨[9]，而1970至2010年（仅40年），累积二氧化碳排放量约为10900亿吨（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年）。尽管存在各种多边机构以及旨在缓解气候变化的国家政策，但这种增长仍在继续。与2000年以来的趋势相比，2007至2008年全球经济危机只是暂时降低了温室气体排放增长率（Peters等人，2011年）。

无论是从具有消费模式差异的个人排放来看，还是从国家排放来看，温室气体排放量分布是不平均的。最富有的10%的人口排放量占温室气体排放总量的50%，而最贫穷的50%的人口只占10%（King，2015年）。同时，当考虑将全球变暖限制在2°C以下的碳预算时，就会出现代际不平等现象，后代的排放量预算将减少。如果目前国家自主贡献（NDCs）得到充分执行，到2030年，用于将全球变暖限制在2°C以下的碳预算将消耗掉80%（联合国环境规划署，2017年）。

大气中温室气体的浓度已从1750年的277ppm增加到2016年的403.3ppm（世界气象组织，2016年）。《全球环境展望6》区域评估（联合国环境规划署，2016年）详细介绍了区域对这一全球温室气体浓度的贡献。2016年大气二氧化碳增长为6.0±0.2亿吨（2.85±0.09ppm），远高于2007至2016年期间每年4.7±0.1亿吨的平均值（Le Quéré等人，2017年）。

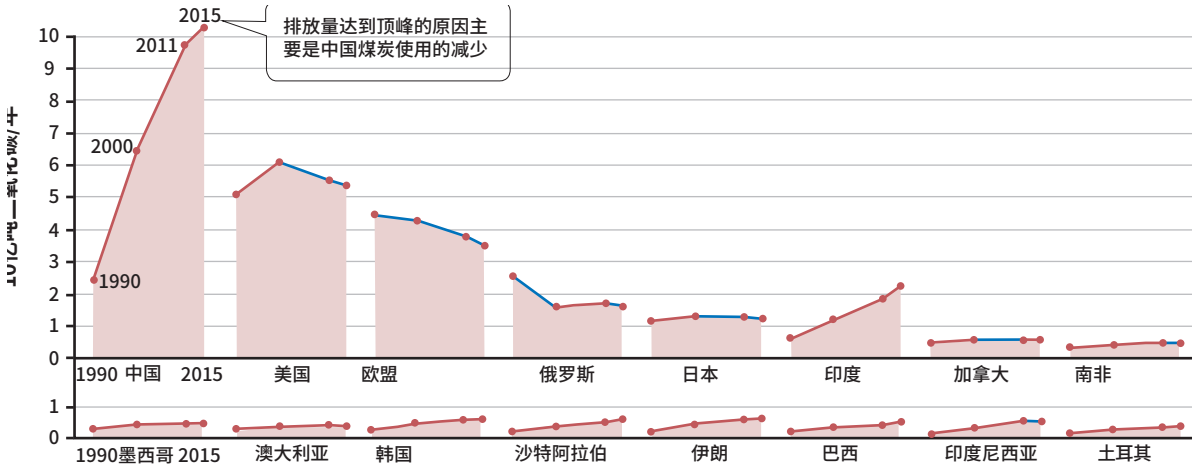
图2.17：按经济地区来看，全球温室气体排放量增长图



资料来源：Le Quéré等人（2016年）

9 本报告中出现的“吨”均表示公吨，即1000公斤

图2.18：1990-2015年间不同国家的排放趋势（橙色线条和蓝色线条分别表示增长与下降）



资料来源：Le Quéré等人（2016年）

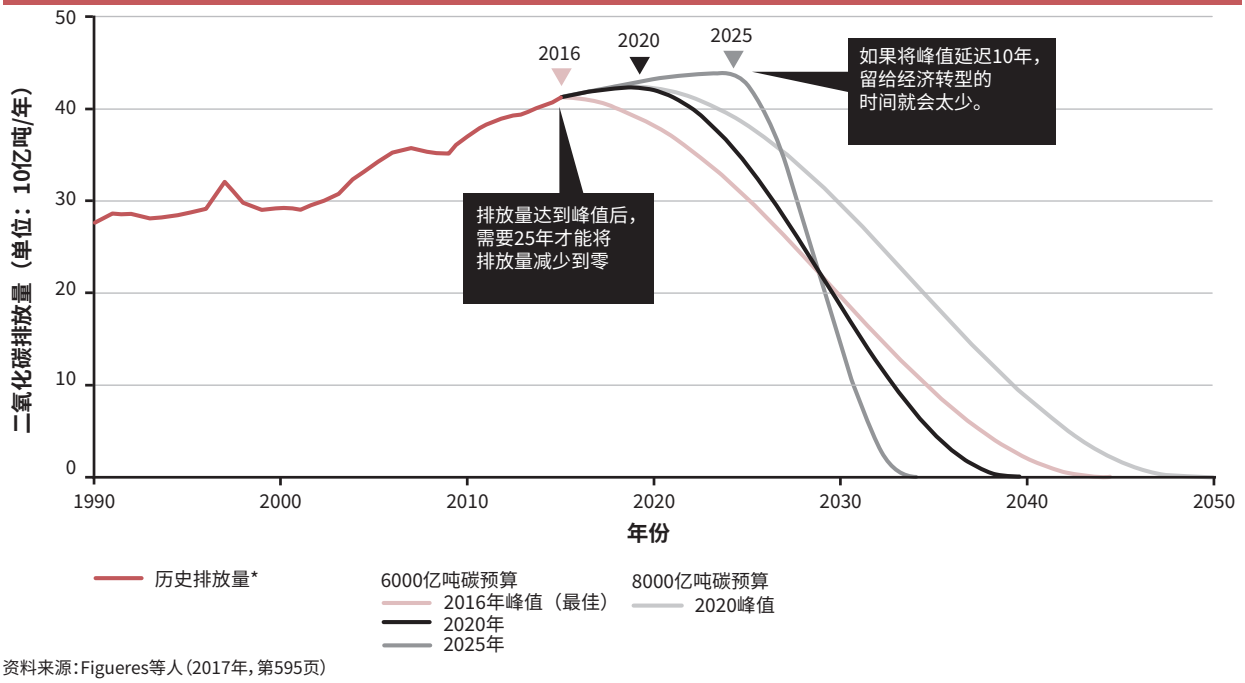
2.7.2 排放预算

二氧化碳累积总排放量与全球平均地表温度近似线性相关。任何给定的变暖水平都与一系列累积二氧化碳排放量有关。因此，给定的温度指标（例如2°C）将转化为长期排放预算。利用这一信息，在第五次评估报告中，联合国政府间气候变化专门委员会（2014年）对“我们可以排放多少二氧化碳?”进行了预估，同时认为，全球平均气温上升幅度超过工业化前水平1.5°C，2°C甚至3°C以上是具有灾难性的。

《巴黎协定》的主要目标是加强全球应对气候变化威胁的应对措施，使全球气温上升低于2°C，低于工业化前水平，并努力将上升气温保持在1.5°C以下（《联合国气候变化框架公约》，2015年）。为实现这一目标，各国提交了国家自主贡献，并概述2020年后的气候计划。这项进程将每五年进行一次全球库存评估，以说明进展情况，并向缔约方提供进一步个别气候行动（《联合国气候变化框架公约》，2015年）。

为了实现巴黎气候目标，扣除过去排放量后的碳预算为1500至10500亿吨二氧化碳。按照目前的碳度年排放率，排放量将在四年内抵达最低值，中间值（6000亿吨二氧化碳）将在15年内突破（**图2.19**）。当预算用尽后，排放量将几乎立刻降至零（Figurez等人，2017年）。

图2.19：碳紧缩



资料来源：Figueres等人（2017年，第595页）

如果《巴黎协定》中的排放承诺彻底实现，则可避免气候变化的最严重影响。研究表明，到2100年，履行承诺可以避免气温升高3°C（Le Querin等人，2016年）。2017年，美国退出《巴黎协定》。美国作为碳排放量大国，退出引起的影响极其复杂，因为退出协定不会妨碍美国支持“环保创新的政策”。2020年，如果全球排放开始下降，仍有可能实现巴黎气候目标（Figueres等人，2017年）。

根据目前情况和计划政策，全世界将在20年内，消耗尽相关碳排放预算（二氧化碳），以保持全球升温至2°C以下。为实现低于2°C的目标，相对目前情况和计划政策，当务之急在于立即采取措施降低碳排放总量，至2050年，实现4700亿吨排放目标（国际可再生能源机构，2018年）。

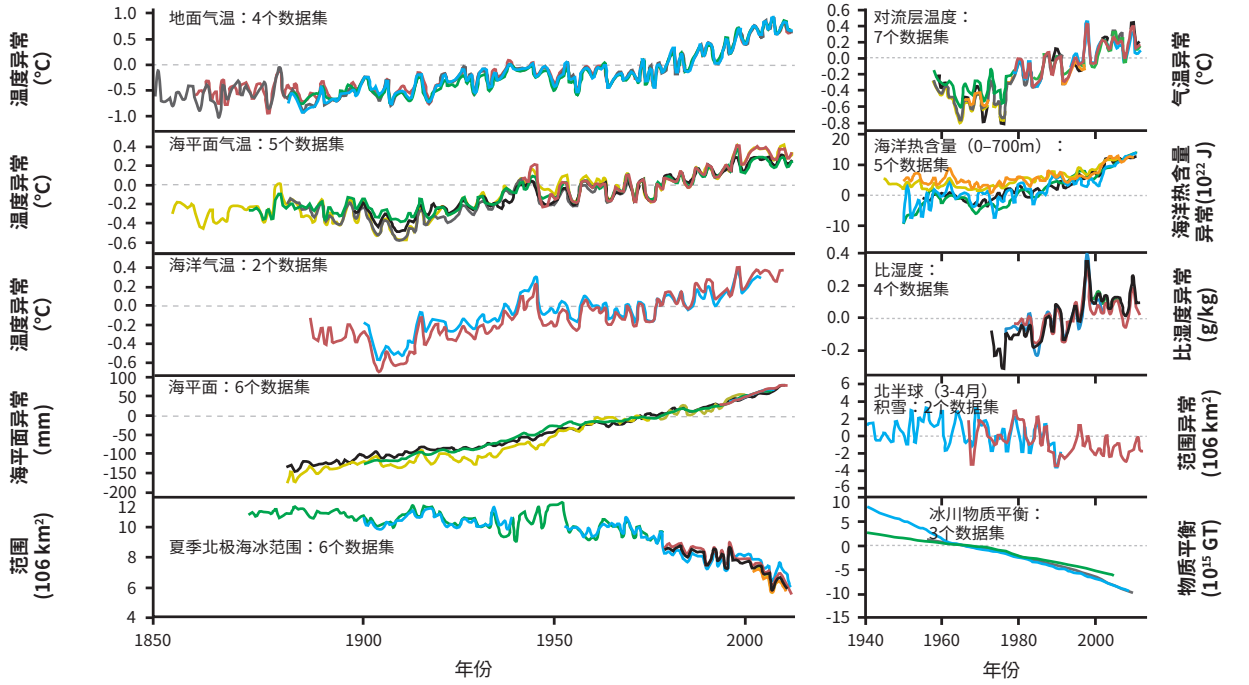
2.7.3 气候变化的影响

气候变化将扩大现有风险，并为自然和人类带来新的风险（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年）。这些风险不仅分布不均，而且对处境不利的人和社区影响更大。所有国家都是如此。气候相关影响的风险是风险本身与人类和自然系统的脆弱性和适应能力之间复杂互动导致的结果。气候变暖，速率上升和其他变化，伴随着海洋酸化，增加了严重、普遍和在某些情况下不可逆转的有害影响风险发生率。自1880年以来，全球年平均表面温度以每十年0.07°C的平均速度上升，自1970年以来以每十年0.17°C的平均速度上升（美国国家海洋和大气管理局，2015年）。海面温度、海洋空气温度、海平面、对流层温度、海洋热含量和比湿度的趋势相似（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年）（**图2.20**）。

除了温度升高之外，已经观察到的影响包括水循环变化、海洋变暖、北极冰盖收缩、全球平均海平面增加以及碳和生物地球化学循环的改变（详细信息见第四章和第五章）。此外，野火释放温室气体的频率和强度方面也有所增加。观测和气候模型模拟表明，气候系统中的各种反馈中，地表反照率反馈最强（Taylor等人，2013年）。冰盖收缩，使冰面变深，导致反照率减少，进而吸收更多太阳辐射，加速变暖。作用于北极地区的气候变暖，海冰范围在很大程度上减少，尤其是在夏季（Vaughan等人，2013年）。然而，最新文献得出的结论是，温度反馈起主导作用，使地表反照率反馈成为北极扩增的第二个主要因素（Pigan和Maursen，2014年）。

全球水循环备受影响。全球范围内，陆地上降水模式的改变，以及地表和地下海洋盐度变化，使20世纪中叶以来全球范围日温度极值的频率提高，强度增强。依据110年平均汇率、测潮仪记录和1993年以来的卫星数据（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年），1901至2010年期间，全球平均海平面上升了0.19米（范围0.17-0.21米）。

图2.20：全球气候变化独立指标



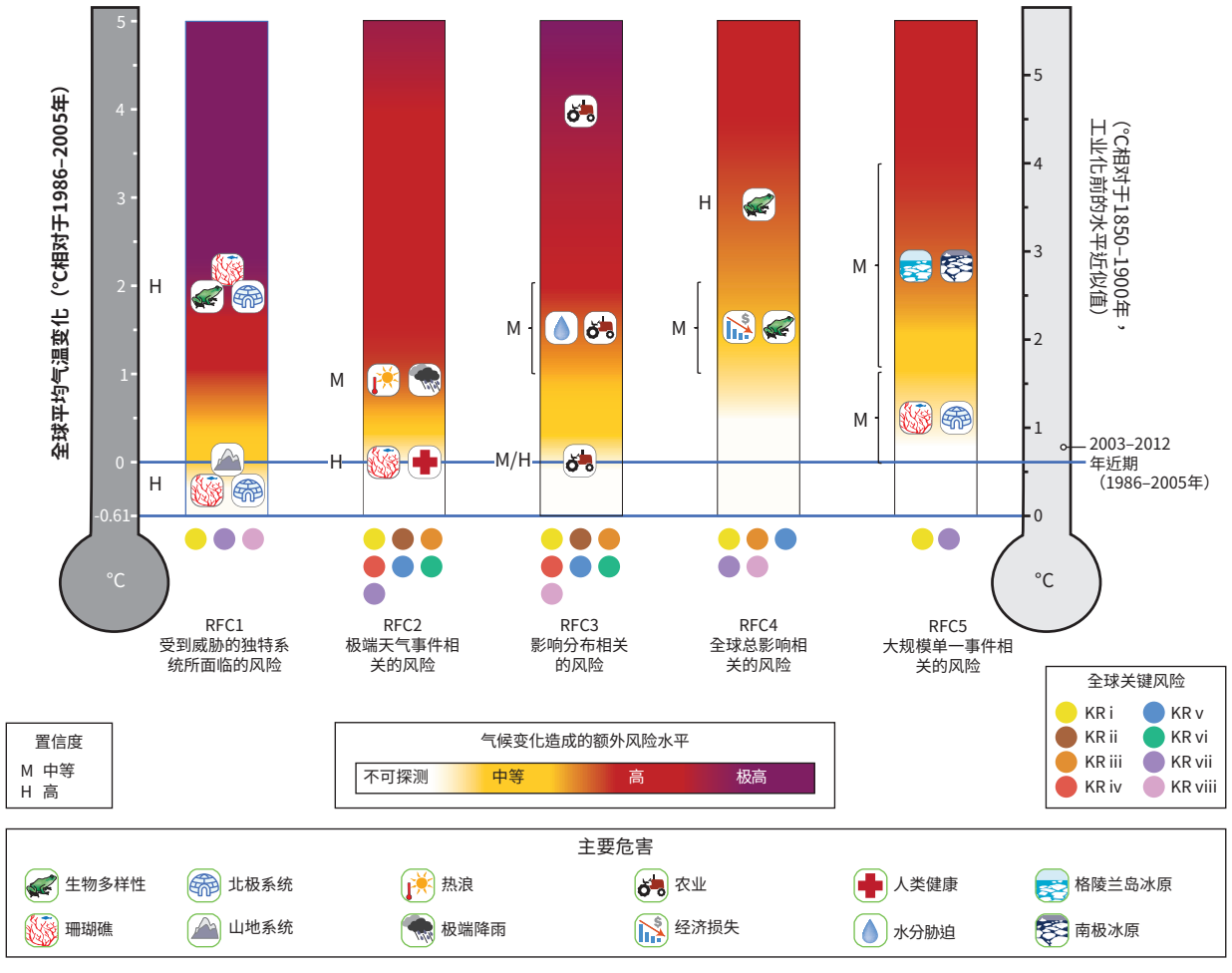
资料来源：联合国政府间气候变化专门委员会（2014年）

正如A部分后的专题章节所示，气候系统的变化已经对各种生态系统产生了大规模的影响。作为环境变化的驱动力，目前，气候变化正在加剧对土地、水、生物多样性和生态系统的压力。如果大气二氧化碳浓度从目前的406ppm上升到450-600ppm，下个世纪将导致超过2°C的升温，带来若干不可逆转的影响，包括海平面上升（Smith等人，2011年）。O' Neill等人（2017年）阐述了部分风险及关键风险，包括对生物多样性、健康、农业等方面的风险，以及极端事件的风险，如极端降水、热浪山区和北极等特定生态系统的风险，实例如下（见**图2.21**）。

因此，未来气候情况受多方面影响，具体因素包括过去人为排放所造成的严重变暖、未来人为排放的影响、自然气候多变性和气候敏感性。有些地区（特别是北部、中纬度和高纬度地区）的升温幅度已经超过全球平均水平，超过 1.5°C。这些将影响生态系统服务的质量和数量、资源的使用模式、资源在各区域和国家内部的分布和获取。

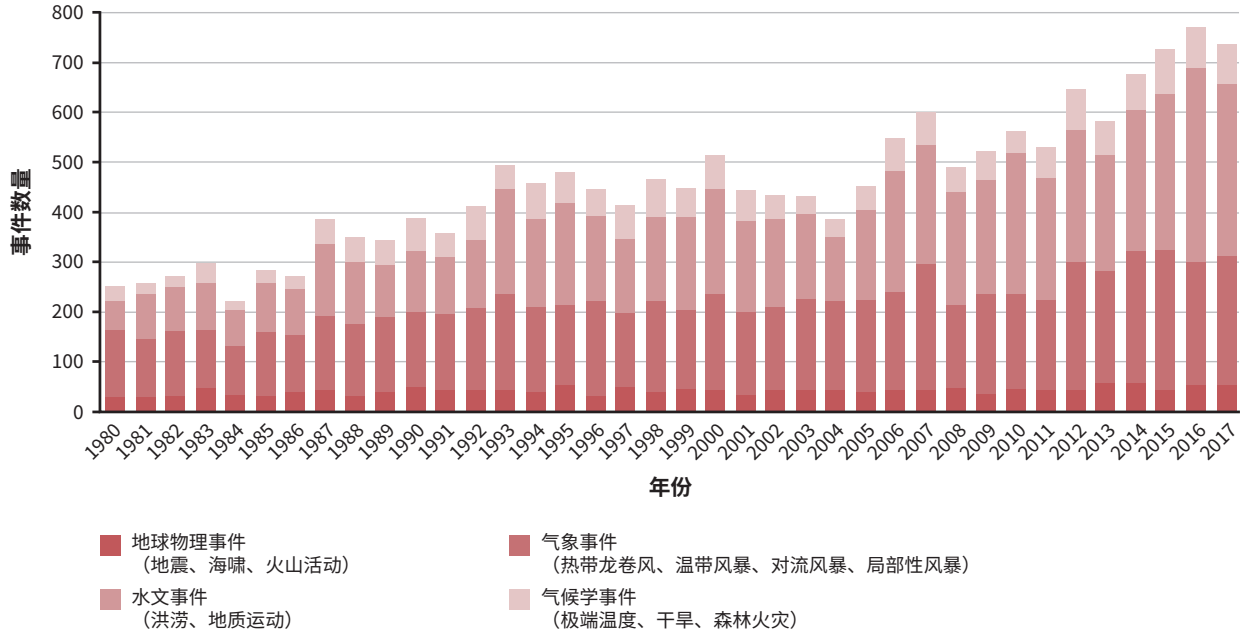
留给人类应对气候变化的时间已经不多了。除非从根本上减少温室气体排放，否则全球变暖必将超出目前公认的高于工业化前水平2°C，气候变化造成普遍影响的风险也将随之上升，并在程度上超过目前所见的水平。这些风险包括导致生命和生计丧失的极端事件（包括洪水、飓风和旋风）、导致农业生产力丧失和粮食无保障的普遍干旱、严重的热浪、导致发病率和死亡率上升的病媒变化、经济增长放缓和暴力冲突可能性增加（Salem，2011年；瑞典国际开发合作署，2018年）。这些影响的程度、分布和严重性质因国家而异，某些岛屿国家在一个季节内（2004年的海地）或持续多年遭受影响，例如，多米尼克于2015年遭受的飓风"艾瑞卡"（Erika）和2017年的飓风"玛利亚（Maria）"。这些影响可能破坏粮食安全机制和系统、卫生和其他领域发展。

图2.21：风险强度分布图，提供与气候相关风险的全球视角



资料来源：O' Neill等人（2017年，第30页）

图2.22：与损失相关的自然事件数量趋势



资料来源：Munich Re（2017年）

潜在影响迹象显示，自1980年以来，与气候有关的损失事件的频率翻了一番（**图2.22**）（Hoeppe，2016年）。据估计，这些事件已造成40万人丧生，每年给全球经济造成1.2万亿美元的损失，使全球GDP总值减少1.6%。

无论目前还是将来，这些风险对依赖自然资源产业的人来说都是最高的。这些人包括沿海社区、农业和森林社区的区民以及遭受多种形式的不平等、边缘化和贫穷的区民。现有风险扩大，并为自然和人类系统创造了新的风险。气候变化造成的潜在损害的规模对我们未来的福祉和我们所依赖的生态系统构成了重大的系统性风险，特别是欠发达、抗灾能力较差的国家（经济合作与发展组织，2017年）。

2.7.4 影响

《巴黎协定》认为，到本世纪末限制气候变暖可能有助于防止更多问题。它明确指出需要在本世纪后半叶实现排放量和清除量平衡。实现2°C指标对于减少更强烈风暴、更长时间的干旱、海平面上升和其他自然灾害的可能性非常重要（Munich Re，2016年）。为了以可控成本保持低于2°C目标，2010至2050年期间，全球排放量应减少40%至70%，到2100年降至零（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年；Kroeze和Pulles，2015年）。目前，全球温室气体年排放量和累积排放量的趋势不符合1.5°C至2.0°C的发展目标。如果2020年以后排放量继续上升，即使保持水平，《巴黎协定》的气温目标也几乎无法实现。行动迟缓或短期政策薄弱，会增加更长期的挑战。到本世纪末，全球变暖超过1.5°C的风险（预计影响的严重性增加），使得许多可持续发展目标的实现更加困难。根据世界银行集团（2016年）最近关于气候变化、水和经济的一份报告，气候变化的总体成本和风险预示，到2050年，一些地区的经济增长下降，GDP将下降6%。如果要避免最糟糕的气候变化相关风险，所需的经济转型的速度和规模是前所未有的（经济合作与发展组织，2017年）。

2.8 驱动力及其相互作用

正如前几节所述，环境变化的同一驱动力可以同时对环境产生积极和消极的影响。此外，本章所强调的五个驱动力是相互依存的，这种相互依存本身是积极的，也可以是消极的。驱动力对环境的累积效应在文献中得到了广泛的讨论（Wu等人，2017年）。

表2.1列出了本章所述驱动力之间的相互作用。在全局范围内和当前条件下，这些为一阶结构相互作用（不包括与其他变量的相互作用）。

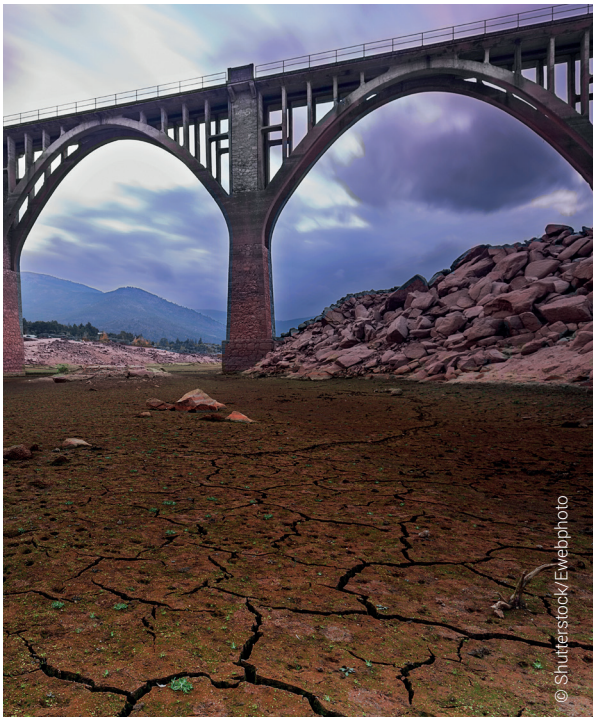
这些相互作用对气候变化的总体影响是负面的。这一点从目前的温室气体排放轨迹中可以清楚地看出，与1980至2000年的轨迹相比，温室气体排放量不仅在继续增长，而且在过去15年中加速增长（第2.7节）。因此，毫无疑问，目前人口增长、经济发展和技术创新的相互作用和综合效应是不可持续的。

表2.1：驱动力之间的相互关系

	人口增长	经济增长	技术变革	气候变化	城市化
人口增长	—	人口机会窗口延迟会产生负面影响	人口增长促进技术创新，以满足额外需求；否则，在抚养比较高的情况下，储蓄和投资都将减少	人口增长导致环境压力增大和气候变化	城市地区压力增大，更多人口可能会迁移至城市地区
经济增长	GDP和发展增多总体上与生育率降低有关	—	经济增长与投资和技术创新增加有关	经济产出增加与环境压力增大有关	经济增长将推动城市化进程
技术	技术创新与降低生育率的能力增强有关	创新与GDP增长加快有关	—	当前趋势表明绿色技术创新增多，造成单位产出压力减少	技术创新能够推动城市化进程，也能够通过提供更好的获取技术和通信的机会来减少移民模式
气候变化	气候变化会增加死亡率同时对人类健康产生负面影响	气候变化相关的成本会限制经济增长	气候变化的压力有助于推动适应性技术创新	—	气候变化对农村地区的影响会给人口向城市地区转移带来压力
城市化	城市化与低生育率有关（原因在于人们可以享受更好的医疗和教育服务）	城市化与经济产出增加强相关	由于人口密度增加，城市化会导致技术利用集约化	城市化与排放量增多之间没有明显的因果关系，只是存在一定的联系。	—

这些综合效应对于不同区域作用不同。发达国家（如加拿大、欧洲联盟国家、日本和美利坚合众国），排放量已趋于稳定或某些情况下大幅减少。适度的增长、稳定的人口、消费模式变化和技术创新使温室气体排放总量得以减少。与此同时，新兴经济体正从中低收入国家向中等收入水平国家转移，排放总量有所增加（包括中国和印度在内的大多数中等收入国家都是如此）。

另一方面，无论是按人均还是总体计算，排放量贡献最大的国家，都是最富裕的国家。无论是按收入水平计算（发达国家占总排放量的一半以上，人均碳足迹要高得多），还是国家个体收入水平（来自发达国家和发展中国家的世界上最富有的五分之一人口的人均碳足迹更高，总排放量更大），都是如此。因此，发达国家的消费模式和生产功能，以及世界精英和较富裕阶层的生活方式和消费选择，必须彻底改变，以调整温室气体排放，促使其可持续发展。新兴经济体的增长道路不能重现过去20年来的碳扩张和温室气体排放。技术和城市化都为新兴经济体提供了一个机会之窗，但是，无论从消费角度，还是生产角度，都不能保证它们走上一条可持续的发展道路。

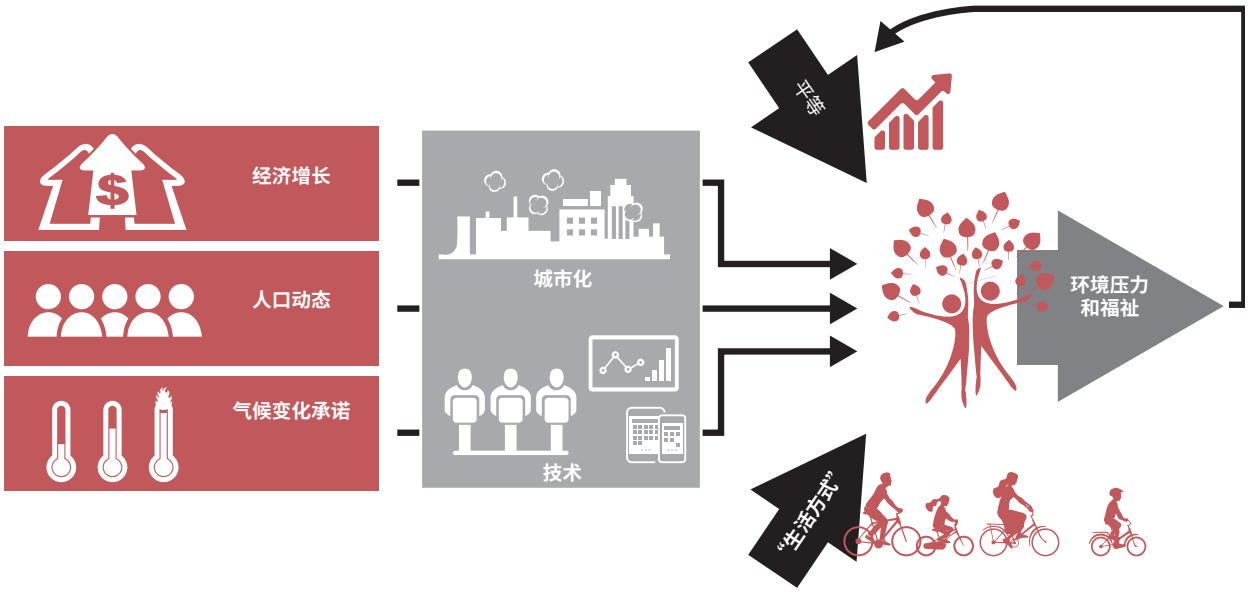

© Shutterstock/Ewebphoto

下图表(**图2.23**)显示了另一种查看驱动力之间交互的方式,即聚焦于各个域之间是如何相关的,以及如何发生改变。该图表用于评估不同路径所面临的障碍。经济增长、人口增长和气候变化这三个驱动力在左侧,图的右侧则显示了预期或更好的结果,降低环境压力、人类福祉和公平。中间是技术变化和城市化的中介因素(潜在的扶持机制,但也有潜在的负面力量)。经济增长、人口增长和气候变化位于左侧,因为它们反映了人类愿望、人口趋势和气候变化承诺的基本现实。影响此进程的是中间技术和城市化两个驱动力。

实现可持续发展和公平,包括消除贫穷,就必须限制所述各种驱动力的负面影响,并且,将其重新界定为迫切需要变革反应的催化剂。同时,必须确保解决一个驱动力的措施不会影响可持续发展的总体行动。

B、C和D部分的章节全面评估了更广泛的发展路径及其政策影响。

图2.23:驱动力之间的关系



专栏2.5：IPAT等式

IPAT等式使人口、发展和技术之间形成了概念上的联系，不同的轨迹取决于这些决定因素之间的相互作用。IPAT等式形式如下：

I=P. A. T=P.（Y/P）.（I/Y）=I，其中（Eq. 1a）

- I=影响，即自然资源或能源的使用
- P=人口
- A=财富，人均收入的替代术语，P/Y（人/每年）
- Y=全国产出量或 GDP
- T=技术，或生产的效率，通常被解释为每一美元产出的资源使用数量（或资源影响）

Eq.1a表明，P、A和T这三个构成因素之间存在着简单的乘数关系。事实上，在一些科学和政策文献中，人口只是经济增长、技术变化和管制限制等较“实质性”因素对环境影响的一个比例因素或乘数，如果人口增加一倍，自然资源和能源的消耗就会增加一倍。然而，我们知道这种情况不会发生，总体上减缓人口增长将促进新兴和低收入经济体的经济增长，从而限制人口调节对总排放量的积极影响。另一方面，减缓经济增长会限制低收入经济体的增长，也会影响人口增长的放缓速度。所以再一次重现，一方的得失影响另一方。此外，还需要实现其他实质性可持续发展目标的增长。因此，必须实现排放量与人口和经济增长的根本脱钩。

Kaya等式经常被用来分析气候变化的各种驱动力。

C =P. A. e. c=P.（Y/P）.（E/Y）.（C/E）（Eq. 1b）

其中：

C =碳排放量

P=人口

A=财富=Y/P，其中Y=收入（或者消费）

e=能源强度（或每一美元产出的能源消耗）=E/Y，其中 E是总能耗c = 碳强度（即单位能耗碳排放量）=C/E

这说明，只有在Eq. 1b中有一个或多个变量较少时，才能减少排放量。从这种关系中可以得出两个推论。第一，虽然可以通过一个或多个构成因素（P、A、e和c）的边际变化来实现排放量的逐步减少，但《巴黎协定》所要求的根本减少（例如，到2050年将排放量减少到零）只能通过能源使用的快速脱碳（即减少C/E）、降低经济的总体能源强度（E/Y）、降低世界最富裕和富裕国家（发达国家和发展中世界）的消费水平（Y/P）、和人口最终水平的减少（P）的某种结合实现。所有这些选项都带来了挑战。

参考文献

Acemoglu, D. (2009). Endogenous technological change. In *Introduction to Modern Economic Growth*. Princeton, NJ: Princeton University Press. 411-533. https://www.theigc.org/wp-content/uploads/2016/06/acemoglu-2007.pdf

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. and Hemous, D. (2012). The environment and directed technical change. *American Economic Review* 102(1), 131-166. http://dx.doi=10.1257/aer.102.1.131.

Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D. *et al.* (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security* 15, 22-32. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001.

Alexandratos, N. and Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf.

Alvaredo, F., Chancel, L., Piketti, T., Saez, E. and Zucman, G. (2017). *World Inequality Report 2018.* The World Inequality Lab. https://wir2018.wid.world/files/download/wir2018-full-report-english.pdf.

Ang, G., Röttgers, D. and Burli, P. (2017). *The Empirics of Enabling Investment and Innovation in Renewable Energy.* OECD Environment Working Papers. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/deliver/67d221b8-en.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpaper%2F67d221b8-en&mimeType=pdf.

Angel, S., Parent, J., Civco, D.L., Blei, A. and Potere, D. (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Progress in Planning* 75(2), 53-107. https://doi.org/10.1016/j.progress.2011.04.001.

Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R. and Stegmann, P. (2017). *The Global E-Waste Monitor 2017: Quantities, Flows and Resources.* Bonn: United Nations University, International Telecommunication Union and International Solid Waste Association. http://collections.unu.edu/view/UNU:6341.

Baldé, C.P., Wang, F. and Kuehr, R. (2016). *Transboundary Movements of Used and Waste Electronic and Electrical Equipment.* Bonn: United Nations University. http://www.step-initiative.org/files/_documents/other_publications/UNU-Transboundary-Movement-of-Used-EEE.pdf.

Barrera, P.P., Carreón, J.R. and de Boer, H.J. (2018). A multi-level framework for metabolism in urban energy systems from an ecological perspective. *Resources, Conservation and Recycling* 132, 230-238. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.05.005.

Benhabib, J. and Rustichini, A. (1996). Social conflict and growth. *Journal of Economic growth* 1(1), 125-142. https://doi.org/10.1007/BF00163345.

Bettencourt, L. and West, G. (2010). A unified theory of urban living. *Nature* 467(7318), 912-913. https://doi.org/10.1038/467912a.

Bhattacharya, A., Meltzer, J., Oppenheim, J., Qureshi, Z. and Stern, N. (2016). *Delivering on Sustainable Infrastructure for Better Development and Better Climate.* Washington, D.C: The Brookings Institution. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/12/global_122316_delivering-on-sustainable-infrastructure.pdf.

Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Stehfest, E., de Vries, B.J.M. and van Vuuren, D.P. (2017). A physically-based model of long-term food demand. *Global Environmental Change* 45, 47-62. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.003.

Bird, R. and Bahl, R. (2008). *Subnational Taxes in Developing Countries: The Way Forward.* Institute for International Business. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1273753.

Birkmann, J., Welle, T., Solecki, W., Lwasa, S. and Garschagen, M. (2016). Boost resilience of small and mid-sized cities. *Nature* 537(7622), 605-608. http://dx.doi.org/10.1038/537605a.

Bithas, K. and Kalimeris, P. (2016). *Revisiting the Energy-Development Link: Evidence from the 20th Century for Knowledge-Based and Developing Economies.* Springer. https://books.google.co.ke/books/about/Revisiting_the_Energy_Development_Link.html?id=4O1irgEACAAJ&redir_esc=y.

Bloomberg New Energy Finance (2017). 'Off-grid and mini-grid: Q1 2017 market outlook'. 5 January 2017 https://about.bnef.com/blog/off-grid-mini-grid-q1-2017-market-outlook/.

Bourguignon, F. (2002). The growth elasticity of poverty reduction: Explaining heterogeneity across countries and time periods. In Inequality *and Growth.* Eicher, T. and Turnovski, S. (eds.). Cambridge, MA: MIT Press. chapter 1. 3-26. http://documents.worldbank.org/curated/en/503161468780002293/pdf/28104.pdf.

Bren d'Amour, C., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K.-H. *et al.* (2016). Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(34), 8939-8944. https://doi.org/10.1073/pnas.1606036114.

Brenner, B. and Schmid, C. (2014). The 'urban age' in question. *International Journal of Urban and Regional Research* 38(3), 731-755. https://doi.org/10.1111/1468-2427.12115.

C40 Cities Climate Leadership Group and Arup (2015). *Polisdigitocracy: Digital Technology, Citizen Engagement, and Climate Action.* London. http://www.c40.org/researches/polisdigitocracy-digital-technology-citizen-engagement-and-climate-action.

Canuto, O. (2010). *Towards a Switchover of Locomotives in the Global Economy.* Economic PremiseWorld Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/694391468174866224/pdf/568290BRI0EP330Box353739B01PUBLIC1.pdf.

Carroll, C., Slacalek, J., Tokuoka, K. and White, M.N. (2017). The distribution of wealth and the marginal propensity to consume. *Quantitative Economics* 8(3), 977-1020. https://doi.org/10.3982/QE694.

Carson, R. (1962). *Silent Spring.* Boston, MA: Houghton Mifflin. http://www.rachelcarson.org/SilentSpring.aspx.

Casey, G. and Galor, O. (2017). Is faster economic growth compatible with reductions in carbon emissions? The role of diminished population growth. *Environmental Research Letters* 12(1), 014003. https://doi.org/10.1088/1748-9326/12/1/014003.

Chancel, L. and Piketty, T. (2015). *Carbon and Inequality: From Kyoto to Paris. Trends in the Global Inequality of Carbon Emissions (1998-2013) and Prospects for an Equitable Adaptation Fund.* Paris: Paris School of Economics. http://piketty.pse.ens.fr/files/ChancelPiketty2015.pdf.

Chitnis, M., Sorrell, S., Druckman, A., Firth, S.K. and Jackson, T. (2013). Turning lights into flights: Estimating direct and indirect rebound effects for UK households. *Energy Policy* 55, 234-250. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.008.

Cottineau, C., Finance, C., Hatna, E., Arcaute, E. and Batty, M. (2018). Defining urban agglomerations to detect agglomreation economies. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science.* https://doi.org/10.1177/2399808318755146.

CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis (2018). *CPB world trade monitor.* https://www.cpb.nl/en/worldtrademonitor (Accessed: 5 November 2018).

da Costa, P.N. (2017). *There's a morsel of good news about inequality that's buried in all the scary headlines*. Business Insider UK. http://uk.businessinsider.com/inequality-rising-in-rich-countries-but-falling-in-many-poor-ones-2017-8?r=US&IR=T.

Dalton, M., O'Neill, B., Prskawetz, A., Jiang, L. and Pitkin, J. (2008). Population aging and future carbon emissions in the United States. *Energy economics* 30(2), 642-675. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.07.002.

Daly, H.E. (1973). *Towards a Steady State Economy.* San Francisco, CA: W.H. Freeman. http://www.worldcat.org/title/toward-a-steady-state-economy/oclc/524050.

Dechezleprêtre, A., Martin, R. and Mohnen, M. (2014). *Knowledge Spillovers from Clean and Dirty Technologies.* CEP Discussion Paper. London: Centre for Economic Performance. http://eprints.lse.ac.uk/60501/.

Diamond, J.M. (2011). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed. New* edn. London: Penguin. http://www.e-reading.by/bookreader.php/133781/Collapse%253A_How_Societies_Choose_to_Fail_or_Master.pdf.

Dobbs, R., Smit, S., Remes, J., Manyika, J., Roxburgh, C. and Restrepo, A. (2011). *Urban World: Mapping the Economic Power of Cities.* New York, NY: McKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Urbanization/Urban%20world/MGI_urban_world_mapping_economic_power_of_cities_full_report.ashx.

Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and Urbanization* 21(1), 185-201. https://doi.org/10.1177/0956247809103016.

Earth Policy Institute (2011). Data highlights: Education leads to lower fertility and increased prosperity. Rutgers University http://www.earth-policy.org/data_highlights/2011/highlights13

Eckersley, R. (1992). *Environmentalism and Political Theory: Toward an Ecocentric Approach.* Albany, NY: Suny Press. http://www.sunypress.edu/p-1386-environmentalism-and-political-.aspx.

Eigenbrod, C. and Gruda, N. (2015). Urban vegetable for food security in cities: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35(2), 483-498. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0273-y.

Farmani, R. and Butler, D. (2014). Implications of urban form on water distribution systems performance. *Water resources management* 28(1), 83-97. https://doi.org/10.1007/s11269-013-0472-3.

Figueres, C., Schellnhuber, H.J., Whiteman, G., Rockström, J., Hobley, A. and Rahmstorf, S. (2017). Three years to safeguard our climate. *Nature* 546(7660), 593-595. https://doi.org/10.1038/546593a.

Filgueira, F. (2014). The politics and policies of social incorporation in Latin America. *New Directions in Social Policy: Alternatives from and for the Global South.* Geneva, 7-8 April 2014. United Nations Research Institute for Social Development http://www.unrisd.org/80256B3C005BCCF9/(httpAuxPages)/BC8DABDEC1C728D3C1257D08003AD5EA/$file/Filgueira.pdf.

Floater, G. and Rode, P. (2014). *Cities and The New Climate Economy: The Transformative Role of Global Urban Growth.* The New Climate Economy. https://files.lsecities.net/files/2014/11/LSE-Cities-2014-The-Transformative-Role-of-Global-Urban-Growth-NCE-Paper-01.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf.

Frank, J. and Martinez-Vazquez, J. (2014). *Decentralization and Infrastructure in the Global Economy: From Gaps to Solutions.* Atlanta, GA: Georgia State University. http://icepp.gsu.edu/files/2015/03/ispwp1405.pdf.

Friedman, B.M. (2006). *The Moral Consequences of Economic Growth.* New York, NY: Vintage Books. https://www.penguinrandomhouse.com/books/56526/the-moral-consequences-of-economic-growth-by-benjamin-m-friedman/9781400095711/.

Frölicher, T.L., Winton, M. and Sarmiento, J.L. (2014). Continued global warming after CO_2 emissions stoppage. *Nature Climate Change* 4, 40–44. https://doi.org/10.1038/nclimate2060.

Fuller, B. and Romer, P. (2014). *Urbanization as Opportunity.* Policy Research Working Paper. Washington, D.C: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/775631468180872982/pdf/WPS6874.pdf.

Garschagen, M., Hagenlocher, M., Kloos, J., Pardoe, J., Lanzendörfer, M., Mucke, P. *et al.* (2014). *World Risk Report 2015.* Bündnis Entwicklung Hilft (Alliance Development Works) and United Nations University – Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). https://collections.unu.edu/eserv/UNU:3303/WRR_2015_engl_online.pdf.

Gartzke, E. (2007). The capitalist peace. *American journal of political science* 51(1), 166-191. https://doi.org/10.1111/j.1540-5907.2007.00244.x.

GBD 2015 Mortality and Causes of Death Collaborators (2016). Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980-2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet* 388(10053), 1459-1544. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31012-1.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J. *et al.* (2013). *Tackling Climate Change Through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf.

Gillespie, D., Ahmed, S., Tsui, A. and Radloff, S. (2007). Unwanted fertility among the poor: An inequity? *Bulletin of the World Health Organization* 85(2), 100-107. http://www.who.int/bulletin/volumes/85/2/06-033829.pdf.

Gillett, N.P., Arora, V.K., Zickfeld, K., Marshall, S.J. and Merryfield, W.J. (2011). Ongoing climate change following a complete cessation of carbon dioxide emissions. *Nature Geoscience* 4, 83–87. https://doi.org/10.1038/ngeo1047.

Gilmont, M., Nassar, L., Rayner, S., Tal, N., Harper, E. and Salem, H.S. (2018). The potential for enhanced water decoupling in the Jordan Basin through regional agricultural best practice. *Land* 7(2), 63. https://doi.org/10.3390/land7020063.

Glaeser, E.L. and Gottlieb, J.D. (2009). The wealth of cities: Agglomeration economies and spatial equilibrium in the United States. *Journal of Economic Literature* 47(4), 983-1028. https://doi.org/10.1257/jel.47.4.983.

Global Commission on The Economy and Climate (2015). *Seizing the Global Opportunity: Partnerships for Better Growth and A Better Climate. The 2015 New Climate Economy Report.* Washington, D.C. http://newclimateeconomy.report/2015/wp-content/uploads/sites/3/2014/08/NCE-2015_Seizing-the-Global-Opportunity_web.pdf.

Guha, R. (1999). *Environmentalism: A Global History. 1st* edn. London: Pearson.

Güneralp, B., Zhou, Y., Ürge-Vorsatz, D., Gupta, M., Yu, S., Patel, P.L. *et al.* (2017). Global scenarios of urban density and its impacts on building energy use through 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(34), 8945-8950. https://doi.org/10.1073/pnas.1606035114.

Hamilton, K. and Hartwick, J. (2017). Wealth and sustainability. In National *Wealth: What is Missing, Why it Matters.* Hamilton, K. and Hepburn, C. (eds.). Oxford: Oxford Universiy Press. chapter 15. http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/oso/9780198803720.001.0001/oso-9780198803720-chapter-15

Harari, Y.N. (2017). *Homo Deus: A Brief History of Tomorrow.* Harper. http://www.elboomeran.com/upload/ficheros/obras/z3_homo_deus.pdf.

Hare, B. and Meinshausen, M. (2006). How much warming are we committed to and how much can be avoided? *Climatic Change* 75(1-2), 111–149. https://doi.org/10.1007/s10584-005-9027-9.

Hartmann, D.L., Tank, A.M.G.K., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y.A.R. *et al.* (2013). Observations: Atmosphere and surface. In Climate *Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press. chapter 2. 159-254. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf.

Hennicke, P. and Hauptstock, D. (2014). Decoupling resource consumption and economic growth: Insights into an unsolved global challenge. In *Handbook of Research on Sustainable Consumption.* Reisch, L.A. (ed.). Cheltenham: Elgar. 377-393. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/searchtype/authorsearch/author/Dorothea+Hauptstock/start/2/rows/10/nav/next/docId/6077.

Hepburn, C. and Bowen, A. (2013). Prosperity with growth: Economic growth, climate change and environmental limits. In *Handbook of Energy and Climate Change.* Fouquet, R. (ed.). Edward Elgar. chapter 29. https://www.e-elgar.com/shop/handbook-on-energy-and-climate-change?___website=uk_warehouse

Hoeppe, P. (2016). Trends in weather related disasters–Consequences for insurers and society. *Weather and Climate Extremes* 11, 70-79. https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.002.

Hujo, K. and Piper, N. (2010). Linking migration, social development and policy in the south–An introduction. In *South-South Migration: Implications for Social Policy and Development Series.* Hujo, K. and Piper, N. (eds.). London: Palgrave Macmillan. chapter 1. 1-45. https://link.springer.com/chapter/10.1057/9780230283374_1.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.* Cambridge: Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contributios of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the IPCC.* Pachauri, R.K. and Meyer, L.A. (eds.). Geneva. http://epic.awi.de/37530/1/IPCC_AR5_SYR_Final.pdf.

International Energy Agency (2016a). *Energy Technology Perspectives: Towards Sustainable Urban Energy Systems. Executive Summary.* Paris. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyTechnologyPerspectives2016_ExecutiveSummary_EnglishVersion.pdf.

International Energy Agency (2016b). *World Energy Outlook 2016: Exectuvie Summary.* Paris. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf.

International Energy Agency (2017a). *World Energy Outlook 2017: Executive Summary.* Paris. http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2017SUM.pdf.

International Energy Agency (2017b). *Digitalization & Energy.* Paris. http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/DigitalizationandEnergy3.pdf.

International Food Policy Research Institute (2014). *Food Security in a World of Natural Resource Scarcity: The Role of Agricultural Technologies.* Washington, D.C. http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/128022/filename/128233.pdf.

International Labour Organization (2011). *ILO Director-General address to the European Parliament.* 14 September https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/statements-and-speeches/WCMS_162828/lang--nl/index.htm.

International Organization for Migration (2015). *World Migration Report 2015: Migrants ad Cities: New Partnerships to Manage Mobility.* Geneva. http://publications.iom.int/system/files/wmr2015_en.pdf.

International Renewable Energy Agency (2013). *Africa's Renewable Future: The Path to Sustainable Future.* Abu Dhabi. http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2013/Africa_renewable_future.pdf.

International Renewable Energy Agency (2016). *REmap: Roadmap for a Renewable Energy Future.* Abu Dhabi. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REmap_2016_edition_report.pdf.

International Renewable Energy Agency (2017). *Accelerating the Energy Transition through Innovation: Working Paper Based on Global REmap Analysis.* Abu Dhabi. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Energy_Transition_Innovation_2017.pdf.

International Renewable Energy Agency (2018). *Global Energy Transformation: A roadmap to 2050.* Abu Dhabi. http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf?la=en&hash=9B1AF0354A2105A64CFD3C4C0E38ECCEE32AAB0C.

Islam, S.N. (2015). *Inequality and Environmental Sustainability.* United Nations. http://www.un.org/esa/desa/papers/2015/wp145_2015.pdf.

Iversen, T. and Rosenbluth, F.M. (2010). *Women, Work, and Politics: The Political Economy of Gender Inequality.* New Haven, CT: Yale University Press. https://www.jstor.org/stable/j.ctt1nq33z.

Jackson, T. (2009). *Prosperity Without Growth? The Transition to a Sustainable Economy.* London: Sustainable Development Commission. http://www.sd-commission.org.uk/data/files/publications/prosperity_without_growth_report.pdf.

Jacobs, M. (1991). *The Green Economy: Environment, Sustainable Development and the Politics of the Future.* Chicago, IL: University of Chicago Press. http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/G/bo21611742.html.

Jiang, L. and O'Neill, B.C. (2007). Impacts of demographic trends on US household size and structure. *Population and Development Review* 33(3), 567-591. https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2007.00186.x.

Jorgenson, A.K., Schor, J.B., Huang, X. and Fitzgerald, J. (2015). Income inequality and residential carbon emissions in the United States: A preliminary analysis. *Human Ecology Review* 22(1), 93-106. https://www.jstor.org/stable/24875150.

Juma, C. (2015). *The New Harvest: Agricultural Innovation in Africa.* 2nd edn. Oxford: Oxford University Press.https://global.oup.com/academic/product/the-new-harvest-9780190237233?cc=ke&lang=en&.

Kalantari, F., Mohd Tahir, O., Akbari Joni, R. and Fatemi, E. (2017). Opportunities and challenges in sustainability of vertical farming: A review. *Journal of Landscape Ecology* 11(1). https://doi.org/10.1515/jlecol-2017-0016.

King, R. (2015). *Carbon Emissions and Income Inequality.* Technical Note. Oxford: Oxfam International. https://oxfamilibrary.openrepository.com/oxfam/bitstream/10546/582545/2/tb-carbon-emissions-inequality-methodology-021215-en.pdf.

Kittner, N., Lill, F. and Kammen, D.M. (2017). Energy storage deployment and innovation for the clean energy transition. *Nature Energy* 2(17125). https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.125.

Kleven, H. and Landais, C. (2017). Gender inequality and economic development: Fertility, education and norms. *Economica* 84(334), 180-209. https://doi.org/10.1111/ecca.12230.

Koomey, J., Berard, S., Sanchez, M. and Wong, H. (2011). Implications of historical trends in the electrical efficiency of computing. *IEEE Annals of the History of Computing* 33(3), 46-54. http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MAHC.2010.28.

Kroeze, C. and Pulles, T. (2015). The importance of non-CO_2 greenhouse gases. *Journal of Integrative Environmental Sciences* 12(1), 1-4. https://doi.org/10.1080/1943815X.2015.1118131.

Kuehr, R. (ed.) (2014). *Solving the E-waste Problem (Step) White Paper: One Global Definition of E-waste.* Bonn: United Nations University. http://collections.unu.edu/view/UNU:6120.

Lakner, C. and Milanovic, B. (2013). *Global Income Distribution: From the Fall of the Berlin Wall to the Great Recession.* Washington, D.C: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/914431468162277879/pdf/WPS6719.pdf.

Le Quéré, C., Andrew, R.M., Canadell, J.G., Sitch, S., Korsbakken, J.I., Peters, G.P. *et al.* (2016). Global carbon budget 2016. *Earth System Science Data* 8(2), 605. https://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016.

Le Quéré, C., Andrew, R.M., Friedlingstein, P., Sitch, S., Pongratz, J., Manning, A.C. *et al.* (2017). Global carbon budget 2017. *Earth System Science Data Discussions*, 1-79. https://doi.org/10.5194/essd-2017-123.

Leighton, M. (2006). Desertification and migration. In Governing *Global Desertification: Linking Environmental Degradation, Poverty and Participation.* Johnson, P.M., Mayrand, K. and Paquin, M. (eds.). London: Routledge. chapter 4. 43-58. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781351932486.

Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S. *et al.* (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(6), 1786-1793. https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105.

Liddle, B. (2014). Impact of population, age structure, and urbanization on carbon emissions/energy consumption: Evidence from macro-level, cross-country analyses. *Population and Environment* 35(3), 286-304. https://doi.org/10.1007/s11111-013-0198-4.

Lopez, A.D. and Murray, C.J.L. (eds.) (1996). *The Global Burden of Disease: A Comprehensive Assessment Of Mortality and Disability From Diseases, Injuries, and Risk Factors in 1990 and Projected to 2020: Summary.* Boston, MA: Harvard University Press. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41864/0965546608_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

López, R. and Palacios, A. (2014). Why has Europe become environmentally cleaner? Decomposing the roles of fiscal, trade and environmental policies. *Environmental and Resource Economics* 58(1), 91-108. https://doi.org/10.1007/s10640-013-9692-5.

Lucas, E. (2015). *Let There Be Light.* Special Report: Energy and Technology. The Economist. http://media.economist.com/sites/default/files/sponsorships/MCR75_20150117_Accenture/20150117_Energy.pdf.

Majelantle, R.G. and Navaneetham, K. (2013). Migration and fertility: A review of theories and evidences. *Journal of Global Economics* 1(101), 2. https://www.omicsonline.org/open-access/migration-and-fertility-a-review-of-theories-and-evidences-2375-4389.1000101.php?aid=18557.

Martine, G., Alves, J.E. and Cavenaghi, S. (2013). *Urbanization and Fertility Decline: Cashing in on Structural Change.* London: International Institute for Environment and Development. http://pubs.iied.org/pdfs/10653IIED.pdf.

Massey, D.S. and Taylor, J.E. (2004). *International Migration: Prospects and Policies in A Global Market.* Oxford: Oxford University Press. http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/0199269009.001.0001/acprof-9780199269006.

Mattick, C., Landis, A., Allenby, B. and Genovese, N. (2015). Anticipatory life cycle analysis of in vitro biomass cultivation for cultured meat production in the United States. *Environmental science & technology* 49(19), 11941-11949. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01614.

Mauritsen, T. and Pincus, R. (2017). Committed warming inferred from observations. *Nature Climate Change* 7, 652–655. https://doi.org/10.1038/nclimate3357.

McArthur, J. and Rasmussen, K. (2017). 'How successful were the millenium development goals?'. *Future Development*, 11 January 2017 https://www.brookings.edu/blog/future-development/2017/01/11/how-successful-were-the-millennium-development-goals/.

Melchiorri, M., Florczyk, A., Freire, S., Schiavina, M., Pesaresi, M. and Kemper, T. (2018). Unveiling 25 years of planetary urbanization with remote sensing: Perspectives from the global human settlement layer. *Remote Sensing* 10(5), 768. https://doi.org/10.3390/rs10050768.

Moreno, L.E. (2012). *Concept Paper for the World Urban Forum 7.* Nairobi: United Nations Human Settlement Programme.

Munich RE (2017). *Natural disasters: The year in figures*. https://natcatservice.munichre.com/events/1?filter=eyJ5ZWFyRnJvbSI6MTk4MCwieWVhclRvIjoyMDE3fQ%3D%3D&type=.

Nachmany, M., Fankhauser, S., Setzer, J. and Averchenkova, A. (2017). *Global Trends in Climate Change Legislation and Litigation: 2017 Update.* London Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2017/04/Global-trends-in-climate-change-legislation-and-litigation-WEB.pdf.

Nelson, G.C. (2005). Drivers of ecosystem change: Summary chapter. In The *Millenium Ecosystem Assesment.* Washington, D.C: Island Press. chapter 3. 74-76. https://millenniumassessment.org/documents/document.272.aspx.pdf.

O'Neill, B.C., Liddle, B., Jiang, L., Smith, K.R., Pachauri, S., Dalton, M. *et al.* (2012). Demographic change and carbon dioxide emissions. *The Lancet* 380(9837), 157-164. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60958-1.

O'Neill, B.C., Oppenheimer, M., Warren, R., Hallegatte, S., Kopp, R.E., Pörtner, H.O. *et al.* (2017). IPCC reasons for concern regarding climate change risks. *Nature Climate Change* 7(1), 28-37. https://doi.org/10.1038/nclimate3179.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2016). *International Migration Outlook 2016.* Paris. http://dx.doi.org/10.1787/migr_outlook-2016-en.

Organization for Economic Cooperation and Development (2017). *Investing in Climate, Investing in Growth.* Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264273528-en.pdf?expires=1540967063&id=id&accname=ocid195767&checksum=1570E9A640FBA6E18BC5D2D336A820BC.

Ort, D.R., Merchant, S.S., Alric, J., Barkan, A., Blankenship, R.E., Bock, R. *et al.* (2015). Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(28), 8529-8536. https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112.

Oxfam (2015). *Extreme carbon inequality.* 2 December https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/file_attachments/mb-extreme-carbon-inequality-021215-en.pdf.

Pacific Institute (2014). *Agricultural Water Conservation and Efficiency Potential in California* Oakland, CA: Pacific Institute. https://www.nrdc.org/sites/default/files/ca-water-supply-solutions-ag-efficiency-IB.pdf.

Park, J. (2016). Clean energy entrepreneurship in sub-saharan Africa. In Global *Entrepreneurship: Past, Present & Future.* Devinney, T.M., Markman, G., Pedersen, T. and Tihanyi, L. (eds.). Emerald Group Publishing Limited. 257-277. https://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/S1571-502720160000029015

Pesaresi, M., Melchiorri, M., Siragusa, A. and Kemper, T. (eds.) (2016). *Atlas of the Human Planet 2016* Mapping Human Presence on Earth with the Global Human Settlement Layer. Brussels: European Union. http://ghsl.jrc.ec.europa.eu/atlas2016Overview.php.

Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L. and Edenhofer, O. (2011). Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(21), 8903-8908. https://doi.org/10.1073/pnas.1006388108.

Pithan, F. and Mauritsen, T. (2014). Arctic amplification dominated by temperature feedbacks in contemporary climate models. *Nature Geoscience* 7, 181-184. https://doi.org/10.1038/ngeo2071.

Ramanathan, V. (1988). The greenhouse theory of climate change: A test by an inadvertent global experiment. *Science* 240(4850), 293-299. http://science.sciencemag.org/content/240/4850/293.

Ramaswami, A., Russell, A.G., Culligan, P.J., Sharma, K.R. and Kumar, E. (2016). Meta-principles for developing smart, sustainable, and healthy cities. *Science* 352(6288), 940-943. http://science.sciencemag.org/content/352/6288/940.

Ravallion, M. (2001). Growth, inequality and poverty: Looking beyond averages. *World development* 29(11), 1803-1815. http://siteresources.worldbank.org/INTPGI/Resources/13996_MR2.pdf.

Rees, W.E. (1995). Achieving sustainability: Reform or transformation? *Journal of Planning Literature* 9(4), 343-361. https://doi.org/10.1177/088541229500900402.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2018). *Renewables 2018 Global Status Report*. Paris. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F. *et al.* (2009b). A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263), 472-475. https://doi.org/10.1038/461472a.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E. *et al.* (2009a). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society* 14(2). https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/.

Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innnovations. 5th* edn. New York, NY: Free Press. http://www.simonandschuster.com/books/Diffusion-of-Innovations-5th-Edition/Everett-M-Rogers/9780743222099.

Romer, P.M. (1994). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic perspectives* 8(1), 3-22. www.jstor.org/stable/2138148 .

Rüßmann, M., Gerbert, P., Lorenz, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. *et al.* (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.* Boston, MA: Boston Consulting Group. https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx.

Salat, S., Chen, M. and Liu. F. (2014). *Planning Energy Efficient and Livable Cities: Energy Efficient Cities.* Energy Sector Management Assistance Program. https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/ESMAP_CEETI_MayoralNote_6_PlanningEE%20Livable%20Cities_optimized.pdf.

Salem, H.S. (2011). Social, environmental and security impacts of climate change of the eastern Mediterranean. In *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security – Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks.* Brauch, H.S., Spring, U.O., Mesjasz, C., Grin, J., Kameri-Mbote, P., Chourou, B. *et al.* (eds.). Springer. 421-445. https://www.researchgate.net/publication/299562984_Social_Environmental_and_Security_Impacts_of_Climate_Change_of_the_Eastern_Mideterranian.

Samaniego, J., Galindo. Luis Miguel., Alatorre, J.E., Ferrer, J., Gómez, J.J., Lennox, J. *et al.* (2014). *The Economics of Climate Change in Latin America and the Caribbean: Paradoxes and Challenges. Overview For 2014.* United Nations, Economic Commission for Latin America and the Caribbean. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37056/4/S1420806_en.pdf.

Schmidt, S. (2011). Sprawl without growth in eastern Germany. *Urban Geography* 32(1), 105-128. https://pdfs.semanticscholar.org/6599/5ccbec31100240fceadb0af3856ecad85db1.pdf.

Schneider, A., Mertes, C.M., Tatem, A.J., Tan, B., Sulla-Menashe, D., Graves, S.J. *et al.* (2015). A new urban landscape in East–Southeast Asia, 2000–2010. *Environmental Research Letters* 10(3), 034002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034002.

Segars, A.H. (2018). Seven technologies remaking the world: An MIT SMR executive guide. *MIT Sloan Management Review*, Massachusetts Institute of Technology https://sloanreview.mit.edu/projects/seven-technologies-remaking-the-world/?switch_view=PDF.

Sen, A. (2000). *Development as Freedom.* New York, NY: Anchor Books. https://www.penguinrandomhouse.com/books/163962/development-as-freedom-by-amartya-sen/9780385720274/.

Seto, K.C., Davis, S.J., Mitchell, R.B., Stokes, E.C., Unruh, G. and Ürge-Vorsatz, D. (2016). Carbon lock-in: Types, causes, and policy implications. *Annual Review of Environment and Resources* 41, 425-452. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085934.

Seto, K.C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D. *et al.* (2014). Human settlements, infrastructure and spatial planning. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 12. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf

Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B. and Reilly, M.K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PloS one* 6(8), e23777. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777.

Seto, K.C., Güneralp, B. and Hutyra, L.R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(40), 16083-16088. https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109.

Sinding, S.W. (2009). Population, poverty and economic development. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 364(1532), 3023-3030. https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0145.

Smil, V. (2010). Science, energy, ethics, and civilization. In *Visions of Discovery: New Light on Physics, Cosmology, and Consciousness.* Chiao, R.Y., Cohen, M.L., Leggett, A.J., Phillips, W.D. and Harper, J.C.L. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 35. 709-729. http://vaclavsmil.com/wp-content/uploads/docs/smil-articles-science-energy-ethics-civilization.pdf

Smith, D.E., Harrison, S. and Jordan, J.T. (2011). The early Holocene sea level rise. *Quaternary Science Reviews* 30(15-16), 1846-1860. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.04.019.

Solomon, S., Plattner, G.-K., Knutti, R. and Friedlingstein, P. (2009). Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(6), 1704-1709. https://doi.org/10.1073/pnas.0812721106.

Swedish International Development Cooperation Agency (2018). *The Relationship Between Climate Change and Violent Conflict.* https://www.sida.se/contentassets/c571800e01e448ac9dce2d097ba125a1/working-paper---climate-change-and-conflict.pdf.

Taylor, P.C., Cai, M., Hu, A., Meehl, J., Washington, W. and Zhang, G.J. (2013). A decomposition of feedback contributions to polar warming amplification. *Journal of Climate* 26(18), 7023-7043. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00696.1.

United Nations (2000). *Millennium summit (6-8 September 2000).* http://www.un.org/en/events/pastevents/millennium_summit.shtml.

United Nations, General Assembly (2009). *Climate Change and Its Possible Security Implications: Report of the Security-General.* Sixty-fourth session, 11 September. A/64/350. https://undocs.org/A/64/350.

United Nations (2014). *World Urbanization Prospects: 2014 Revision, Highlights.* New York, NY. https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf.

United Nations (2015a). *World Population Prospects: Key Findings and Advanced Tables. The 2015 Revision.* New York, NY. https://esa.un.org/Unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf.

United Nations (2015b). *International Migration Report 2015: Highlights.* New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/publications/migrationreport/docs/MigrationReport2015_Highlights.pdf.

United Nations (2016). *The World's Cities in 2016: Data Booklet.* New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf.

United Nations (2017a). *World Population Prospects: Key Findings and Advance Tables - The 2017 Revision.* https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf.

United Nations (2017b). *Household Size and Composition Around the World 2017: Data Booklet.* New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/household_size_and_composition_around_the_world_2017_data_booklet.pdf.

United Nations Children´s Fund (2018a). *Malnutrition.* https://data.unicef.org/topic/nutrition/malnutrition/.

United Nations Children´s Fund (2018b). *Education.* https://www.unicef.org/education.

United Nations Children´s Fund and World Health Organization (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and Sustainable Development Goal Baselines.* Geneva. https://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Drinking_Water_Sanitation_and_Hygiene_2017.pdf.

United Nations Development Programme (2018). *Sustainable Development Goals.* http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html (Accessed: 27 September 2018).

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific and United Nations Human Settlement Programme (2015). *The State of Asian and Pacific Cities 2015: Urban Transformations. Shifting from Quantity to Quality.* https://www.unescap.org/sites/default/files/The%20State%20of%20Asian%20and%20Pacific%20Cities%202015.pdf.

United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women (2017). *Annual Report 2016-2017.* New York, NY. http://www2.unwomen.org/-/media/annual%20report/attachments/sections/library/un-women-annual-report-2016-2017-en.pdf?vs=5634.

United Nations Environment Programme (2010). *Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials. A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management.* Hertwich, E., van der Voet, E., Suh, S., Tukker, A., Huijbregts M., Kazmierczyk, P. *et al.* (eds.). http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/dtix1262xpa-priorityproductsandmaterials_report.pdf.

United Nations Environment Programme (2011). *Towards A Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22025/green_economyreport_final_dec2011.pdf?amp%3BisAllowed=&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016). *GEO-6 Regional Assesment for North America.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7611/GEO_North_America_201611.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2017). *The Emissions Gap Report 2017: A UN Environment Synthesis Report.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). Paris Agreement. Paris https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf.

United Nations Human Settlement Programme (2010). *State of the World's Cities 2010/2011: Bridging the Urban Divide.* Nairobi. https://unhabitat.org/books/state-of-the-worlds-cities-20102011-cities-for-all-bridging-the-urban-divide/#.

United Nations Human Settlement Programme (2012). *State of Latin America and Caribbean cities 2012: Towards a New Urban Transition.* Nairobi. http://mirror.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3386&alt=1.

United Nations Human Settlement Programme (2014). Urbanization and Sustainable Development: Towards A New United Nations Urban Agenda. CEB/2014/HLCP-28/CRP.5. New York, NY Agenda Item 6: New UN Urban Agenda https://habnet.unhabitat.org/sites/default/files/oo/urbanization-and-sustainable-development.pdf.

United Nations Human Settlement Programme (2015b). *Habitat III Issue Papers 10 – Urban-Rural Linkages.* Nairobi. http://habitat3.org/wp-content/uploads/Habitat-III-Issue-Paper-10_Urban-Rural-Linkages-2.0.pdf.

United Nations Human Settlement Programme (2016). *World Cities Report 2016: Urbanization and Development - Emerging Futures.* Nairobi. http://wcr.unhabitat.org/wp-content/uploads/2017/02/WCR-2016-Full-Report.pdf.

United Nations Human Settlements Programme (2015a). *Habitat III Issue Papers 1 - Inclusive Cities.* Nairobi. https://www.alnap.org/system/files/content/resource/files/main/habitat-iii-issue-paper-1-inclusive-cities.pdf.

United Nations Population Fund (2014). *Framework of Actions for the Follow-Up to the Programme of Action of the International Conference of Population and Development Beyond 2014.* New York, NY. https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/ICPD_beyond2014_EN.pdf.

United Nations Population Fund (2017). *State of World Population: Reproductive Health and Rights in an Age of Inequality.* New York, NY. https://www.unfpa.org/sites/default/files/sowp/downloads/UNFPA_PUB_2017_EN_SWOP.pdf.

United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2015). *State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2015.* https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513.

United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2018). *Paleoclimatology Data.* https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data

Vaughan, D.G., Comiso, J.C., Allison, I., Carrasco, J., Kaser, G., Kwok, R. *et al.* (2013). Observations: Cryosphere. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 4. 317-382. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter04_FINAL.pdf

Victor, P.A. (2008). *Managing Without Growth: Slower by Design, Not Disaster.* Cheltenham: Edward Elgar Publishing. https://www.e-elgar.com/shop/eep/preview/book/isbn/9781848442993/.

Weede, E. (1996). *Economic Development, Social Order, and World Politics.* Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers. https://www.rienner.com/title/Economic_Development_Social_Order_and_World_Politics.

Weldon, D. (2016). Globalisation is fraying: Look under the Elephant Trunk. *Bull Market*. 13 June 2016. https://medium.com/bull-market/globalisation-is-fraying-look-under-the-elephant-trunk-e79f76e9754b.

White, M. (2015). Redesigning crops for the 21st century. *Pacific Standard Magazine*. 5 August. https://psmag.com/environment/redesigning-crops-for-21st-century-gmos.

Whitney, J. and Kennedy, J. (2012). *The Carbon Emissions of Server Computing for Small-to Medium-sized Organization: A Performance Study of On-Premise vs. The Cloud.* Natural Resources Defense Council. https://www.nrdc.org/sites/default/files/NRDC_WSP_Cloud_Computing_White_Paper.pdf.

Wigley, T.M.L. (2005). The climate change commitment. *Science* 307(5716), 1766-1769. https://doi.org/10.1126/science.1103934.

Wolf, M., Haase, D. and Haase, A. (2018). Compact or spread? A quantitative spatial model of urban areas in Europe since 1990. *PloS one* 13(2), e0192326. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192326.

World Bank (2004). *The Poverty-Growth-Inequality Triangle.* Washington, D.C. http://documents.worldbank.org/curated/en/449711468762020101/pdf/28102.pdf.

World Bank (2013). *Poverty and Equity.* http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=poverty-and-equity-database.

World Bank (2015). *East Asia's Changing Urban Landscape: Measuring a Decade of Spatial Growth.* Washington, D.C. https://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/Publications/Urban%20Development/EAP_Urban_Expansion_full_report_web.pdf.

World Bank (2016). *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy.* Washington, D.C. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23665/K8517.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

World Bank (2017). *World Development Indicators*. http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/.

World Meteorological Organization 12 (2016). WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations in the Atmosphere through 2015. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3084.

Wu, Y., Shen, J., Zhang, X., Skitmore, M. and Lu, W. (2017). Reprint of: The impact of urbanization on carbon emissions in developing countries: A Chinese study based on the U-Kaya method. *Journal of Cleaner Production* 163(1), S284-S298. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.144.

Yihdego, Y., Salem, H.S. and Pudza, M.Y. (2017). Renewable energy: Wind farm perspectives—the case of Africa. *Journal of Sustainable Energy Engineering* 5(4), 281-306. https://doi.org/10.7569/JSEE.2017.629521.

Zenghelis, D. (2011). *The Economics of Network-Powered Growth.* San Jose, CA: Cisco Internet Business Solutions Group. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/Economics_NPG_FINALFINAL.pdf.

Zenghelis, D. (2017). Cities, wealth and the era of urbanisation. In National *Wealth: What is Missing, Why It Matters.* Hamilton, K. and Hepburn, C. (eds.). Oxford University Press. chapter 14. http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/oso/9780198803720.001.0001/oso-9780198803720-chapter-14.

第 3 章

数据和知识的现状

领衔作者兼协调负责人：Florence Daguitan（Tebtebba，土著人民政策研究和教育国际中心），Pali Lehohla（泛非证据研究所-PIE），Charles Mwangi（GLOBE计划），Joni Seager（宾利大学），William Sonntag（地球观测组织秘书处），Graeme Clark（新南威尔士大学）

领衔作者：James M. Donovan（ADEC Innovations），Sheryl Joy Anne S. Gutierrez（ADEC Innovations），Michelle G. Tan（ADEC Innovations）

贡献作者：Amit R. Patel（Planned Systems International, Inc.）

执行摘要

对于环境指标和环境分析的需求不断增长，特别是解决不同环境领域之间以及环境、社会和经济之间相互联系的分析（充分证实）。在收集包括地理空间统计数据在内的与环境有关的官方统计数据方面取得了进展，尤其是促进环境经济核算和建立地理空间信息系统方面进展显著，这有助于环境监测。然而，在衡量环境的某些方面仍然存在方法论方面的缺失，将人与环境联系起来的信息非常有限，而且那些试图建立环境信息系统的国家也存在着能力差距。{3.2}

衡量性别与环境之间的关系是其重中之重，因为在许多情况下，女性和男性对环境享有不同的权利并且与环境的接触也不同（充分证实）。女性和男性在环境退化和危害方面存在不同的脆弱性，并且在环境管理决策中经常扮演不同的角色。目前，只有有限的时间序列数据和统计数据可用于衡量性别－环境关系。{3.5}

许多环境数据的收集只是一次性研究或项目的一部分，这限制了它们的可用性（充分证实）。通过可持续发展目标（SDGs），全球认识到监测发展的环境层面需要定期、标准化的数据收集，这些数据收集可以转化为时间序列统计和指标，包括地理空间数据产品的时间序列。这将更加突出根据国际最佳实践编制的高质量信息的重要性。{3.7}

改变环境数据和统计数据的供应需要新的和创新的数据收集方法（充分证实），包括与私营部门、多边机构、太空机构、非政府组织和其他伙伴建立新的伙伴关系。{3.8}

3.1 引言

本节介绍环境统计和数据，以及有助于任何环境评估（包括国家、区域和全球层面的评估）的现有数据和知识的状况。本节试图详细说明数据收集的情况以及如何利用数据编制统计数字和指标。本报告第25章讨论了诸如大数据、公众科学和传统知识等新兴统计领域，这些领域目前未得到充分利用，但为能更好地衡量提供了巨大的机会。

3.2 对环境统计和数据的需求

知识和数据是环境评估的必要基础。如果没有证据基础，实施和发表准确的评估是不可能的。但什么是证据基础，我们如何产生证据基础呢？

传统意义上，“环境”仅指生物物理地球系统。但这种模式正在转变。衡量环境状况固然重要，但也要确定在生物物理环境中表现出来的环境问题如何产生于社会制度和经济安排，以及经济发展和社会福祉如何依赖于环境。

《全球环境展望5》关于数据需求审查的报告章节介绍了科学可信的环境数据的不足之处；报告特别指出，需要关于淡水数量和质量、地下水枯竭、生态系统服务、自然栖息地丧失、土地退化、化学品和垃圾以及其他问题的时间序列（联合国环境规划署，2012年）。该章节还承认，评估的真实性和科学性取决于环境数据的质量和可用性（联合国环境规划署，2012年）。此外，该章节表明，更系统地收集数据可以帮助各国政府以及区域和国际机构评估其实现国际目标方面的进展情况。

《全球环境展望5》中，潘基文（**专栏3.1**）（联合国，2015a）呼吁紧急和迅速改进2015年后议程的数据，特别是改进其可用性、可靠性和及时性。他敦促各国政府对其国家统计办公室和系统进行大量投资，并扩大生产高质量数据的能力。

“驱动力—压力—状况—影响—响应”（DPSIR）概念框架（见第1.6节）是有效进行环境监测和评估的框架。环境变化的动力和压力很多都来自于社会领域，许多影响也是如此。众多环境挑战是在获得资源和接触权力机构方面的不平等以及在性别、年龄、种族、民族、收入和其他社会地位方面不平等的结果。

正如《全球环境展望5》报告（联合国环境规划署，2012年）所强调的，不仅需要定期监测数据，还需要统一数据收集方式和方法。各国政府依靠国家统计系统为国家政策提供必要的数据；然而，从历史上看，许多国家统计系统并未将环境统计纳入其职权范围。

3.3 环境统计史

从历史上看，官方统计数据随着政府对信息的明确要求而增加。开展第一次罗马人口普查是为了明确税收和兵役方面的责任（Hin，2007年）。1929年股市崩盘，加上战时统计的需要，国民核算诞生了，这将使各国避免经济灾难，并提供有关如何支付第二次世界大战费用的信息（Stone，1947年；Vanoli，2005年）。1947年，联合国成立了联合国统计委员会（UNSC），以制定和推广可供各国用于国家监测的统计指南。委员会的工作范围包括为保持经济存量和制定全球宏观经济稳定政策提供统计方法，其中涵盖经济增长、价格变动、人口动态、移民、死亡率、出生率和寿命，但不包括环境。

1983年布伦特兰委员会制定了环境统计发展框架，该框架于1984年首次由联合国统计委员会通过。后来，联合国安理会致力于1992年“地球峰会”产生的环境经济核算。环境经济核算体系（SEEA）经历了三次修订，其中包括SEEA 1993、SEEA 2003和SEEA 2012——最新的SEEA在2012年被作为统计标准采用（联合国，1993年；联合国等，2003年；联合国，2012年）。此外，实验性生态系统核算于2013年通过。这两个统计框架之间的联系构成了监测可持续发展进程的基础，并侧重于生活对环境的影响以及环境对生活的影响。

2010年人口普查，91%的国家和地区参与其中，联合国统计司的国民核算提交率为95%（联合国，2015b；联合国，2017a）。但是，在联合国安理会的头六十年里，官方统计数据的进展主要与人口统计和经济统计有关。千年发展目标（其中包括主要侧重于社会发展的目标）的实施以及通过千年发展目标指标来追踪进展的愿望在增加统计投资方面具有变革意义。千年发展目标的实施提高了各国编制和使用贫困、教育、卫生、性别、环境和治理统计数据的统计能力（世界银行，2002年；经济合作与发展组织，2015年；联合国，2016a）。

专栏3.1：潘基文声明，2015年

“需要做出强有力的政治承诺、大量增加资源，以满足新发展议程对数据的需求。”

潘基文，2015年（联合国，2015年）

环境统计和按地点、性别、年龄、贫困及其他因素分类的统计并不是千年发展目标监测的重点，因此得到的投资较少。这些领域是可持续发展目标的重点；然而，在衡量环境的不同方面以及在创造分类统计方面仍然存在许多挑战。

3.4 优化数据，建设健康地球和健康人类

许多层面的决策以及地方、国家、区域和国际层面的环境评估乃至环境与经济和社会之间相互作用的分析都需要更好的环境数据和统计数据。一个强有力的按地理空间分列的环境统计系统，理想情况下可提供用于不同目的和不同层次的信息。

3.4.1 衡量可持续发展的环境方面

本报告以千年发展目标的实施过程为编写背景。2015年9月，联合国大会通过了《改变我们的世界：2030年可持续发展议程》，这是一项全球发展议程，其中涵盖实现经济、社会和环境发展所需的目标和子目标（A / RES / 70/1）。可持续发展目标（SDGs）代表着从独自追求社会发展转向旨在通过国家行动和伙伴关系实现可持续繁荣、维护人类尊严和构建健康地球的方法。

为了实现这些雄心勃勃的目标，可持续发展目标定义了大约17个目标、169个子目标和244个指标（包括重复部分）（联合国，2017b）。《2030年议程》明确指出，全球指标的数据要求对所有国家而言都是一项巨大的挑战。一项研究估计，低收入国家要监测可持续发展目标，需要每年投资10亿美元（2017年可持续发展解决方案网络）。因此，正如2016年可持续发展目标报告中所强调的那样，跟踪可持续发展目标的进展将需要改变数据的收集、处理、分析和传播方式，包括使用来自新的和创新的数据源的数据（联合国，2016b）。

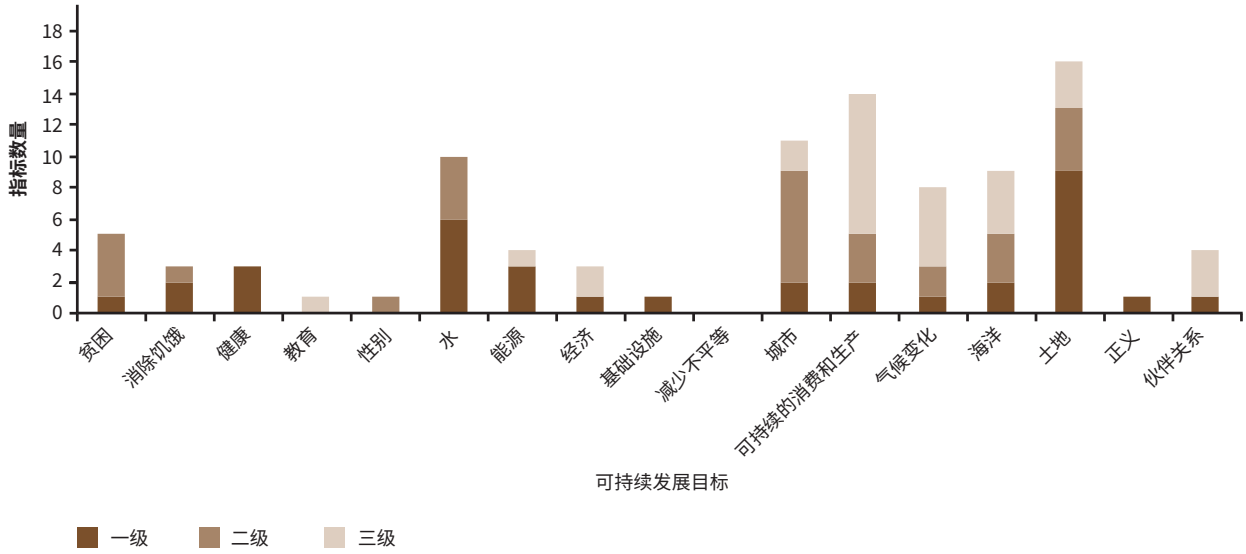
尽管可持续发展目标框架带来了监控方面的挑战，但它也带来了机遇。这是第一次尝试在全球监测框架内全面纳入与环境有关的指标。虽然可持续发展目标框架已经制定了衡量所有17项可持续发展目标的指标，但许多指标缺乏统计方法。通过将每个指标归类为三个级别中的一级，可以在框架中识别出这一点（参见**图3.2**）。纳入广泛的与环境有关的可持续发展目标指标可用于利用环境统计方面增加的投资，并促进这些指标的使用。

图3.1：可持续发展目标数据和知识框架

图3.2：可持续发展目标指标状况

资料来源：联合国（2018年，第3页）

图3.3:按目标和等级划分的与环境相关的可持续发展目标指标



资料来源:联合国(2018年)

可持续发展目标有93个指标与环境直接相关(**图3.3**)。还有一些与环境间接相关的其他指标(例如贫困、人畜共患疾病、营养和预期寿命、经济增长、包容性社会和政策进程,这些都没有包括在**图3.3**中)。与环境有关的可持续发展目标各项指标分布在所有可持续发展目标中(除了目标10之外),每个目标至少有一个与环境相关的可持续发展目标指标——这反映了可持续发展目标的跨领域性质以及人与环境和经济之间的相互作用。但是,在93个与环境有关的可持续发展目标指标中,目前只有34个具有现成并公认的方法和可从大多数国家获取的数据(一级)。其他指标要么被可持续发展目标各项指标机构间专家组评为二级,要么被评为三级(分别为27和34个指标)(**图3.4**)。

监测可持续发展目标的环境层面不仅需要在统计方法方面进行研究和开发,还需要在环境统计方面进行投资,并利用新数据源来实现数据革命。国家统计局的传统数据收集不能成为唯一的数据来源,但各国需要综合数据系统,将官方统计、地球观测、公众科学、大数据和传统知识结合起来。集成数据系统可以将许多信息源汇集在一起,以提供更完整的信息。环境数据集成包括:

- 收集有关当地环境变化的人种志资料;
- 对个人经历的参与式理解;本土和传统知识;关于人与环境的地理空间信息;
- 结合环境与妇女、穷人和其他弱势群体的信息,以揭示隐藏在其他知识体系中的模式和挑战;
- 关于可持续消费和生产模式的大数据知识;
- 国家内部和国家之间的贫困动态,其中一些方面可以通过卫星观测"夜间地球"或森林砍伐边界来揭示。

图3.4:《全球环境展望6》按各章节组织的主要数据缺口

数据和知识系统的新方法越来越强调以证据为基础的决策方法，这对于实现各种可持续发展目标至关重要。通过将这些系统置于所有最终用户的最前沿，可以本能地鼓励交叉协作，以培养新的技能、技术和数据来源。反过来，我们对可持续发展的认识也会随着我们对可持续发展目标的理解而提高。然而，在数据隐私、所有权和使用方面会出现组织和方法上的挑战（可持续发展解决方案网络，2017年）。

3.4.2 专题数据缺口

几乎所有专题领域（包括生物多样性、土地、空气、水和海洋）都缺乏可获得的数据（**图3.4**），发展中国家尤为如此。与工业活动有关的环境指标比较容易衡量和监测，例如能源消耗或用水。利用卫星遥感可以广泛评估土地覆盖和生态系统范围，但并不总是具有必要的分辨率。环境变化、空气和水污染以及其他环境条件的影响特别难以衡量（联合国环境规划署，2012年）；因此，需要探索环境监测方法的范式转变——描绘社会取向，并用物理属性补充这种方法。

以下是本报告A部分各专题章节一些主要数据缺口的简要说明。

驱动因素（第二章）
由于政府人口普查的要求，大多数国家的国家层面人口数据相对健全，但由于人口各部门的汇总而出现不足。全国人口普查数据一般不足以回答重要的家庭内部问题，例如避孕法的使用和获得、生育率、家庭决策和家庭结构（例如结婚年龄）。要想正确理解，这些变量和其他变量应按年龄、性别、种族和其他社会经济因素进行分类。城市化数据也受到类似的全国性汇总问题的困扰。关于中小城市的信息缺乏，报告的规模也不一致。就人口和城市化而言，需要在全球范围内制定标准的统计协议，提高一致性，扩大覆盖面。其他重大数据缺口包括农村向城市移徙、核心家庭的作用、技术带来的利益的分配以及生产和消费模式。影响经济发展的诸多因素以及这些因素与其他因素之间的依赖关系也存在着不确定性。例如，对不可持续做法成本和气候变化影响的财务估算需要更高的准确性和透明度，因为尽管有数字可看，但人们对其准确性的信心很低。

除原始数据缺口之外，在对驱动进程的机制理解也存在缺口。未来的技术和事件将改变全球格局，并在本质上改变其他驱动因素的作用。例如，自动化可能改变运输的性质，这将在许多其他领域产生流动效应。要了解气候变化对人类健康的影响，需要更好地分析和理解这些因素之间当前和未来的联系。需要更多关于气候变化对人口统计数据影响的数据，包括更精细的移民估计（McMichael、Barnett和McMichael，2012年）。对于气候变化影响的了解存在各领域间不平衡的现象，对能源领域的影响已得到充分了解，而对土地利用、生态系统进程和功能以及各领域之间问题的影响则没有得到充分了解。

空气（第五章）
空气质量数据的一个首要问题在于，不同于气象变量，很少能在足够的时空范围内进行空气污染物浓度测量。因此，大多数化学物质的影响是通过使用其他（测量的）化学物质作为替代来估算的，这在许多情况下可能是不准确的。例如仅测量少数具有持久性、生物累积性和毒性的物质，而且它们的数据在全球范围内是不完整的。即便确实进行了监测，这种检测也偏向于发达国家，从而损害了对发展中国家空气污染与人类健康的分析。为了各自国家利益和完成全球覆盖，普遍需要进行能力建设，以促进对发展中国家空气污染的测量。各国内部在空气质量抽样方面也存在偏斜，需要在社会经济地位较低的地区（例如非正规住房或贫民窟）进行更多抽样。

《全球疾病负担研究》——影响人类健康因素的全球性研究（世界卫生组织，2018年）——关注到空气质量对人类健康的影响，将空气污染列为重中之重。人们不再仅仅依赖于有空气质量监测的城市，而是使用卫星数据和模型在更大范围内评估空气污染（Brauer等人，2016年）。此外，目前几乎没有一致的全球排放清单。一些地区收集或建立库存模型，但数据质量和来源各不相同。然而，欧洲和国际上存在某些污染物的一致清单（例如联合国欧洲经济委员会主持签订的《长程越界空气污染的公约》）。

应集中努力扩大取样范围和/或建立模型，或可使用传感器或卫星。《哥白尼计划》旨在定期测量一些空气质量变量，并为所有国家提供数据。另一项欧洲数据报告倡议是《空气质量指令》(Air Quality Directive)，该指令提供每年生成的统计数据，以及每6小时更新一次的在线空气质量地图。

生物多样性（第六章）
与生物系统的复杂性和多样性相比，生物数据和知识相对稀少。一般而言，在较精细的空间尺度和较高的分类学分辨率下，数据的缺乏性增加。对物种总数的估计在200万到1300万之间变化（Costello、Wilson和Houlding，2012年；Scheffers等人，2012年），大多数（86%的陆地物种和91%的海洋物种）被认为是未被描述的（Mora等人，2011年）。无脊椎动物和深海生态系统尤其缺乏描述。生物学家越来越多地使用遗传信息（一种称为DNA条形码的技术）来识别物种（Hosein等人，2017年），但仍然需要更传统的分类法来描述形态特征。

生态过程、生态系统和群落结构的数据缺口甚至大于物种信息的缺口。例如生态系统功能和服务，它们在概念上是可以理解的，但是通常很难度量，也因此无法有效防止物种入侵。一些人认为这是对全球生物多样性的第二大威胁（Doherty等人，2016年）。

气候变化对生物多样性的影响程度存在很大的不确定性，在处理与气候驱动的生物变化（例如森林覆盖率）有关的地球观测数据量方面存在生物信息学的挑战。目前解决这类大数据问题的方法包括变更检测软件（它可以最大限度地减少每次飞越时存储数据的需要）以及多维数据结构（如“数据立方体”，可以有效处理大量栅格数据）。

促进生物数据的全球倡议包括《生物多样性公约》的《全球生物分类倡议》（GTI）（Siebenhüner，2006年）和全球生物多样性信息网络（GBIF）（Yesson等人，2007年）。GBIF物种发生记录现已覆盖全球各地（10亿条记录，涉及170万物种）；（GBIF，2018年），其分类遵循生物物种名录（http://www.catalogueoflife.org），使用已建立的生物多样性信息标准（TDWG）进行数据传输（http://www.tdwg.org/）。

许多本土生态知识（如药用植物）都是通过口头传播的，如果没有记载，这些知识就可能会丢失（McCarter等人，2014年）。然而，最近开发了一个框架，将本土知识与其他知识系统联系起来（Tengö等人，2013年），比如国际评估（Sutherland等人，2014年）；一些本土知识现在实现了数字化（Liebenberg等人，1999年；Stevens等人，2014年）。

除数据缺口外，数据共享和访问也存在不足。有些生物问题本质上是区域性或全球性的，需要多国协调管理。在跨国环境犯罪领域，这是一个主要问题（White编辑，2017年），其中包括采伐、运输濒危物种和追踪濒危物种贸易以及非法采矿、捕鱼和砍伐森林。改善共享数据基础设施对这一领域的有效监管至关重要。

海洋（第七章）

海洋数据存在许多缺口，由于卫星观测无法穿透地表水，所以这并不令人惊讶。大多数海洋数据是通过直接测量或建模收集的，因此很难对覆盖地球表面70%以上的广阔环境实现良好覆盖。有些问题的存在是因为缺乏全球协调，比如珊瑚礁和海洋垃圾都缺乏全球数据库。美国国家海洋和大气管理局（NOAA）拥有最大的珊瑚礁数据库，但它并没有利用全球所有资源。同样，不同国家以不同协议收集海洋垃圾数据，尚未在全球范围内得到统一。除了垃圾的数量和分布，关于海洋垃圾的生态影响也存在显著的知识缺口，包括摄入的毒性，纳米粒子、微塑料的影响，以及鱼类摄入的塑料如何影响人类消费。

全球渔获量数据由联合国粮食及农业组织（FAO）维护，所有国家都向该组织报告本国渔获量和产量。商业捕捞在发达国家受到良好的监测，但几乎肯定被低估了，因为非法捕捞占一些地区捕捞量的40%（Agnew等人，2009年）。在可用于报告的资源较少的国家，捕捞量估算通常基于少量样本，因此可靠性较低。研究船只费用是获取与渔业无关数据的主要障碍，特别是在发展中国家，甚至在港口进行捕捞监测可能在经济上也不可行。

土地（第八章）

由于地球观测在陆地表面监测方面的有效性，土地是数据最丰富的领域之一，但仍存在明显的数据缺口和质量问题。地球观测通常测量变化的数量，而不是变化的质量，因此无法测量某些过程。例如，人们一致认为土地退化有所加剧，但是相关测量并不经常发生，而且测量的结果也不一致。由于土地利用和生物物理条件的区域性变化，归一化植被指数（NDVI）与土地退化之间的相互关系往往难以归纳和转用。虽然森林覆盖数据自20世纪90年代中期以来有所改善，而且联合国粮农组织保存了一些大规模数据，但其他数据存在于多个数据库中，并不总是具有可比性。土壤侵蚀、盐碱化、沙漠化和生态系统服务的变化都很难从卫星图像中加以衡量，而且适当的观测规模也是一个问题。由于没有全球土壤侵蚀数据库或标准化的测量方法，无法进行全球一致或全面的评估。也有一些其他困难领域，包括土地使用权和地籍（基于地图的）信息，因为没有确定土地使用的全球标准，而且各国的系统不具有可比性。

淡水（第九章）

淡水数据存在空间和时间上的不均匀性，并且在地球观测能够遥感到的变量和无法遥感到的变量之间存在差异（Lawford等人，2013年）。各种规模的数据缺乏领域包括水质、用水量、地下水量、取水和废水。可持续发展目标要求监测环境水质，但并非所有国家都有能力或愿意满足这些报告要求。地表水质的数据比地下水要好，但这些数据仍然不完整。地球观测系统测量水的光学质量（叶绿素、盐度、浑浊度），但不能测量氮或磷的浓度。近年来，在利用重力恢复与气候实验（GRACE）任务的卫星数据估计地下水储存（枯竭）变化方面取得了进展，但评估地下水资源需要收集直接数据，这些数据因为需要通过水井或钻孔获取地下水因而比较昂贵。冰川、冰雪数据也存在缺口，气候变化的影响也存在不确定性（Salzmann等人，2014年），尽管哥白尼计划可能会在全球范围内通过一颗专门监测雪/冰覆盖的卫星来解决这一问题。其他一些变量很难用任何方法测量，例如地下水和盐水入侵，它们大多是通过建模而非观察来理解的。这些模型迫切需要可靠的地面数据进行校准和验证。另一个需要更多数据的领域是水资源使用的地缘政治问题（例如跨界水资源共享），在水资源短缺时期尤为如此。

公众科学可为淡水取样范围和地下水水位的基本监测问题提供一些解决办法。例如，使用移动应用程序监测水质（Lemmens等人，2017年），以及在地球观察淡水观察（http://www.freshwaterwatch.thewaterhub.org/）和其他志愿者团体中使用测试装备（Overdevest等人，2004年）。几十年来，荷兰成功部署了一种早期的公众科学形式，来自全国各地的志愿者每两个月用压力计测量地下水水位，为建立荷兰地下水数据的长期时间序列做出了贡献。然而，公众科学倡议通常只涉及简单的水监测，而不测量一系列现代污染物，如抗生素、持久性有机污染物、当前使用的农药、微塑料、纳米粒子和内分泌干扰物。

3.5 性别与社会环境的交叉性

自20世纪90年代中期以来，将社会分析纳入环境评估核心的范式转变已经形成，出现了按性别分类的环境分析和侧重于其他弱势群体的分析。本节将集中讨论性别与环境的关系；然而，所提出的许多问题也可适用于其他弱势群体。本报告其他地方讨论了更广泛的公平问题，包括在环境足迹和影响方面的南北不平等——究其本身，这些是性别问题。

随着《2030年议程》的社会公平和平等承诺影响全球决策，性别在环境分析中的作用将加速发挥（**专栏3.2**）。

性别分析的核心是理解几乎所有的环境关系（包括驱动因素和影响）都是“性别化的”。社会建构的性别角色和规范使男性和女性在与环境的关系上处于不同的地位。男性和女性经常面临不同的环境问题和风险；反过来，这可能意味着男性和女性对环境问题的程度和严重性以及对最佳解决办法的尝试和部署有不同的看法。此外，由于性别角色的社会建构，男性和女性在能够采取行动或作为环境解释和变革的推动者而受到认真对待方面往往处于不同的地位。

性别分析要求环境调查在结构上采取新的方法。从性别角度分析环境要求使用新的、不同的问题以突出人与环境关系的不同方面，并且要求采用不同的方法工具和方法。性别分析包含了“环境”的物理和社会方面以及这两方面的相互作用。性别分析要求在数据收集中“掀开家庭的屋顶”，揭示家庭内部资源利用和决策的动态，这通常对理解当地环境行为和环境结果至关重要（Seager，2014年）。

性别分析还突出了交叉性——认识到与环境的社会关系很少由单一的社会身份塑造，而是由性别身份和规范以及其他社会身份（如种族、性别和阶级）的组合塑造。

联合国环境规划署《综合环境评估指南》（联合国环境规划署，2017年）反映了这些新的做法，提出了应在规划初期就纳入环境评估的性别问题（**专栏3.3**）。

现有的数据和统计制度没有跟上人们对环境评估中按性别分类分析的兴趣和需求。第五期《全球环境展望》评估注意到缺乏并且需要按性别分类的环境数据（联合国环境规划署，2012年）。在按性别分类的环境分析领域，最一致的看法是这些信息对全面分析至关重要（联合国，2015a；联合国环境规划署，2016年）。自《全球环境展望5》评估以来，已经取得了一些进展，联合国环境规划署（2016年）综合了现有的数据和分析方法。尽管如此，关于男女的不同需要、他们对资源的不同使用以及他们在促进保护和可持续发展方面不同责任的信息却很少。

在结合年龄、种族、种姓或阶级等因素进行性别交叉分析方面，可提供支持的信息就更少了。关于性别和环境的现有数据零零散散，分散在小型的、往往是灰色文献来源或难以获取的学术报告中。各国之间几

专栏3.2：性别统计数据

“性别统计数据被定义为充分反映生活各个方面男女情况的差异和不平等的统计数据……首先，性别统计数据必须反映性别问题，即与女性和男性生活的各个方面有关的疑问、问题和关切，包括他们的具体需求、机会和对社会的贡献。在每个社会中，女性与男性受到的期望、拥有的权限和得到的重视是不同的。这些差异对他们一生中各个阶段的生活都产生具体影响，并决定了例如在健康、教育、工作、家庭生活或总体幸福感方面的差异。编制性别统计数据需要按性别和其他特征分列数据，以揭示这些差异或不平等，并收集关于影响一种性别多于另一种性别或与男女两性关系有关的具体问题的数据。第二，性别统计应充分反映男女情况的差异和不平等。换句话说，在制定数据收集中使用的概念和定义时，必须确保反映出各种男女群体的多样性及其具体活动和挑战。此外，在数据收集中，应避免引起性别偏见的数据收集方法，例如少报妇女的经济活动、少报对妇女的暴力行为以及少报女童人数和女童的出生和死亡数……”

资料来源：联合国统计司（2015年）

乎没有共同的标准或互补性，因此几乎不可能汇总和比较各地区的问题。由于性别与环境之间的关系可能经过很长时间才会变得明显，所以缺乏足够的长期数据进一步阻碍了按性别分类的环境评估。

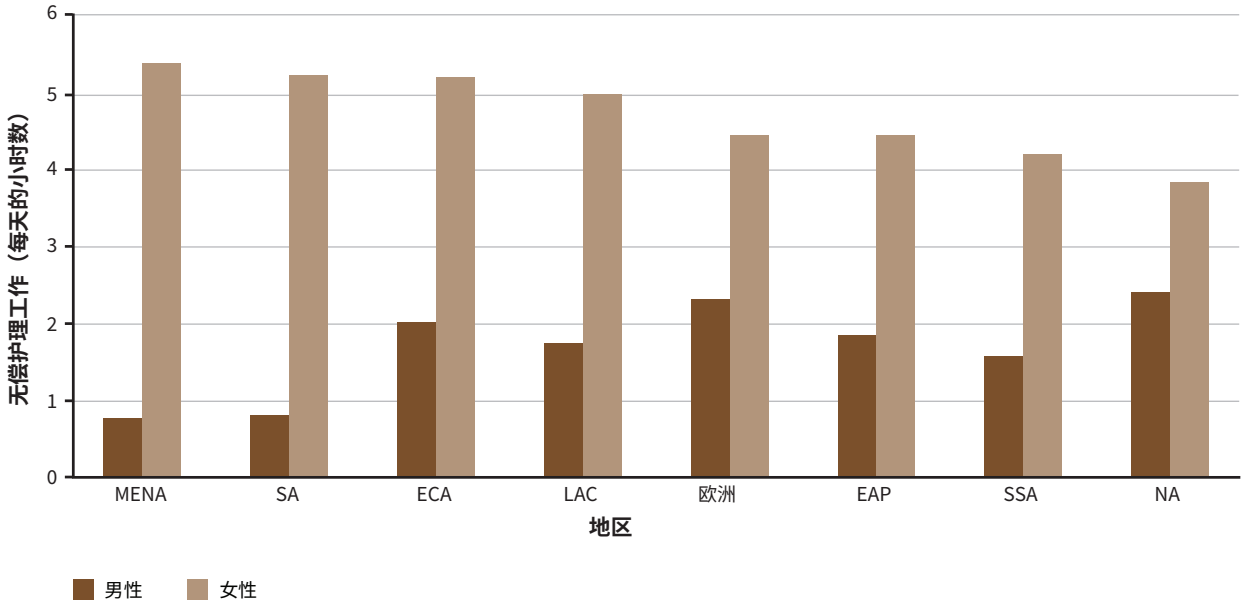
性别数据的缺口削弱了进一步开展性别—环境分析的势头——“没有被计算的数据就被认为并不重要”。在缺乏数据的情况下，环境评估仍然是片面的；建立基准、监测进展和评估结果几乎是不可能的。如果不对性别数据进行实质性改善，就不可能衡量可持续发展目标（SDG）在包括环境在内的所有领域实现两性公平和平等的承诺方面取得的进展。

即使是按性别分类的基于数据的简单分析，例如男女从事无偿工作的平均时间（**图3.5**），也可以揭示重要的性别动态。相对于男性，无偿工作的负担更限制妇女从事有偿工作和充分参与公民和经济领域。**图3.5**显示了男女之间无偿工作的不平衡负担。女性的许多无偿工作时间，特别是在较贫穷的国家，直接用于管理当地的环境资源，以满足家庭用水、燃料和粮食的需要。与此同时，无偿工作负担造成的“时间贫困”意味着女性比男性更不可能接受与环境有关的培训，也不可能参加与环境使用、管理和决策有关的正式程序。

专栏3.3：性别相关问题

- 性别差异和社会阶层对人与环境关系产生的影响涉及哪些地理位置、主题领域、部门和活动？
- 是否还有其他可能需要考虑的交叉问题（例如，不同文化/种族/阶级群体如何对地方进行使用、想象和/或关联，这些群体之间是否存在冲突）？
- 社会经济阶层与环境的总体差异（如《全球性别与环境展望》（联合国环境规划署，2016年）等报告中所示）如何适用于正在进行评估的环境问题？
- 在进行评估的环境问题方面（如《全球性别与环境展望》等报告所载），男性、女性、男孩和女孩的行为有何不同？
- 是否已有按性别分类的数据来理解这种关系，或者是否需要收集这种数据？

图3.5：无偿护理工作



MENA：中东和北非；SA：南亚；ECA：东非和中非；LAC：拉丁美洲与加勒比地区；EAP：东亚和太平洋地区；SSA：撒哈拉以南非洲；NA：北非

资料来源：Ferrant、Pesando和Nowacka（2014年，第2页）。

预期环境评估将包括性别分析和数据，这正在获得主流的接受。2016年，联合国环境规划署完全通过性别视角编制了《全球性别与环境展望》（GGEO）。GGEO报告的结论是，通过“加强对发展、收集和分析按性别分类的数据、指标和其他信息的关注（包括在家庭内部层面）”，环境决策的有效性将得到提高（联合国环境规划署，2016年，第201页）。

可持续发展目标（SDG）的子目标17、18明确要求改进收集和提供按性别分类的数据：“到2020年，加强对发展中国家，包括最不发达国家和小岛屿发展中国家的能力建设支持，大幅度提高按收入、性别、年龄、种族、民族、移民状态、残疾、地理位置以及其他与国情相关特点来分类的具有高质量、及时性和可靠性的数据提供”（A / RES / 70/1）。

GGEO报告提供了截至2016年可获得的最完整的按性别分类的数据集摘要。其中包括诸如农业就业和土地所有者等指标的若干按性别分类的农业指数（来自粮农组织）；关于土地获取和所有权的跨国比较信息（来自粮农组织、经济合作与发展组织和世界银行）；以及一些环境因素的按性别分类的疾病负担数据（Prüss-Ustün等人，2017年）。

其他大规模努力正在进行之中，以收集和分析与环境有关的按性别分类的数据：

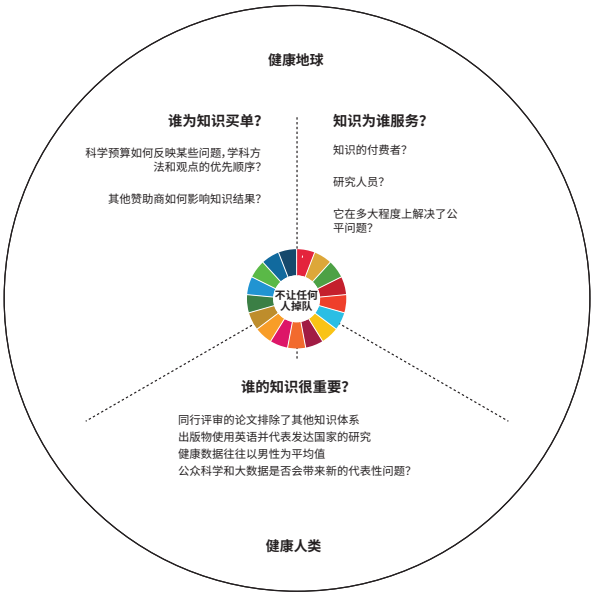
- 2014年，联合国教科文组织发起了一项确定性别和用水优先权指标的项目（联合国教科文组织，2014年）；
- 粮农组织性别和土地权利数据库“于2010年启动，旨在突出影响实现女性土地权利的主要政治、法律和文化因素”（联合国粮农组织，2018年）。到2018年，粮农组织的数据库拥有来自80多个国家的数据，粮农组织的“法律评估工具”描述了男性和女性获得土地的复杂情况。

改进按性别分类的环境数据前景光明，为了可持续发展目标而收集数据的目标有望加速在系统收集按生理性别分类的（与基于生理的活动、作用和影响具体相关的指标）以及按社会性别（与社会角色和影响有关）分列的环境数据方面的努力。但是，需求与供应之间仍存在相当大的差距。

3.6 公平以及人与环境的相互作用

评估人类与环境的相互作用需要本报告第1章概述的数据、知识和综合方法。对现有数据和科学结果的客观评估可以带来客观的政策选择。然而，知识库是否能够提供关于人与环境互动的客观故事？这引起三个关键问题，如**图3.6**所示。

图3.6：数据和知识中的公平问题



谁来为数据和知识付费？为什么样的数据和知识付费？所有数据和研究都由特定行动者——国家——来提供资金，但也有公民社会、工业和慈善家等非国家行为者提供资金。有明确证据表明，各国在自然科学和技术研究上投入了大量资金，但在与环境和资源有关的社会科学和与公平有关的研究上的投入却大大减少。例如，美利坚合众国的一项资助研究表明，1970年至2015年间，与其他研究领域相比，社会科学获得的资助非常少（美国国家科学基金会，2017年）。

现有的数据和知识服务于谁的兴趣？研究问题和数据往往为主要兴趣服务，例如由资助机构确定的兴趣。它们也可能更整体地服务于学科兴趣，而非人与环境的相互作用（McMichael、Butler和Folke，2003年）。此外，尽管需要关于国内流离失所者的原因和影响的数据及知识，但尚无此类数据（Bennett等人，2017年，第11页）。对分列数据的需求对解决公平问题至关重要，但这种数据和知识是有限的。

谁的数据和知识重要？为什么？在国际评估中，越来越多的证据表明，研究人员来自富裕的“发达”国家，而不是非英语国家和/或发展中国家。例如，世界87%的研究人员、92%的研究预算和94%的科学出版物来自20国集团（联合国教科文组织，2015年）。2015年，政府间气候变化专门委员会的大多数作者来自发达国家，而发展中国家的成员明显较少（Schulte-Uebbing等人，2015年）。

在任何环境文献中都几乎没有关于数据政治和知识政治的评估，这是具有挑战性的。

3.6.1 环境和经济

一些可持续发展目标的实现取决于理解和适当考虑到环境—经济关系的成本和效益。最重要的是，可持续发展目标和自然资本会计指标可以更深入地了解“自然对人类的贡献”和更广泛的人类社会的价值，以及污染和垃圾等剩余成本的价值。自然经济学或自然资本会计涉及对这些贡献的评估、衡量、汇总和估价，以帮助决策者确保这种价值通过定价、成本计算和管制等手段反映在生产、消费、贸易和投资等经济活动中。评估经济活动对环境影响的经济方面有助于决策者实现经济和环境问题之间的协同作用，提高有限资源配置的效率，避免权衡（或在不可避免的情况下将其最小化）。任何此类评估都应考虑到，经济活动日益以全球链为特征（例如投资、贸易），而这种“远程联动”的作用对确定全面影响至关重要。因此，我们在一个地方维持环境资源的做法可能是以牺牲其他地方的资源或环境质量为代价的。环境经济核算体系为分析环境与经济之间的相互作用提供了一个框架。它包括关于四个政策象限的信息，即：获得服务和资源；管理环境资源供求；环境状况；风险和极端事件（联合国，2014年）。

在考虑自然的益处时，一个根本问题是这些价值是否可以与其他经济利益相比较并由其替代。当应用于自然资本时，大多数传统的经济分析假定生产要素具有可替代性，称为“弱可持续性”（Solow，1974年；Hartwick，1977年）。但是，在许多情况下，自然对人类生活的贡献（例如调节气候）不能由其他人类活动提供。这些“强可持续性”的情况往往与环境安全界限有关，需要通过稳健的分析来揭示。这种分析需要依靠方法的多样性，利用生态学、经济学、社会和文化研究的见解，并认识到它们的动态演变。

在自然资本会计和环境经济核算体系中，可以使用方法对环境效益和成本赋予货币价值，以便与其他经济活动和成本进行比较。或者，在某些情况下只使用核算框架来衡量环境资源和残余的存量和流量，而不包括估值。核算框架通过按工业分类，提供关于使用环境资源（例如水和能源）和环境残留物（例如排放物和垃圾）的信息。

对于经济估值而言，估值应始终采用能够实现权衡和满足竞争性用途对于资源需求的方式。还应当认识到，在许多环境情况下，由于缺乏数据或缺乏可信的科学或方法上的一致，经济分析的范围有限。

对环境的经济分析可以面向联合国系统的更广泛目标，以及与和平、人权、公平、安全和可持续性有关的可持续发展目标。需通过清晰简单的沟通来认识环境—经济相互作用的复杂性并突出不确定性。

可持续性以及实现这一目标所必需的政策应着重于人均财富的趋势，以及收入和非货币利益的流动。自然资本存量让自然对人类做出贡献，对于环境和资源关系的正确财富核算可以避免收入和财富的混淆。

评估资源和环境利用政策的国家和全球成果需要建立宏观模型。使用这些模型的最新结果表明，关于经济和环境之间存在权衡关系的传统看法可能是错误的。越来越多的“绿色经济”分析似乎表明，自然资源是可持续经济增长的重要投入。从这个角度看，适当的“自然经济学”可以成为保护和发展的重要推动者。这种信息需要以清晰和自信的方式传递。

3.6.2 环境和健康

我们生活的环境是人类健康和福祉的关键决定因素。物理环境为我们提供呼吸的空气、维持生命所需的粮食和水、提供热量和光的太阳辐射等等。这些是直接影响，但间接影响对支持健康的生态系统也很重要，而健康的生态系统反过来又促进粮食安全并提供其他生态系统服务。社会环境对健康和福祉也有很强的影响，这一点通过健康方面的社会经济梯度清楚地显示出来，在广泛的疾病和健康风险行为中，社会劣势与健康状况不良和福祉不佳有关（Friel和Marmot，2011年）。环境退化（例如空气污染、粮食和/或水受到污染、日照不足或过多、噪音过大、冲突和战争）对粮食和水安全、健康和福祉产生不利影响。

从最广泛的意义上探讨环境与人类健康和福祉之间的联系，需要测量“暴露”（感兴趣的环境因素）和“结果”（健康和/或福祉的程度）。下一步是评估暴露（如空气污染物、冲突、绿地、噪音）与结果之间是否存在因果关系，这通常需要良好的研究设计、适当的统计方法和因果分析。影响的大小，加上对人群中暴露的流行程度的了解，可用于提供可归因影响（即，暴露于环境风险因素导致的健康结果的比例）（Prüss-Ustün等人，2017年）。除了分析暴露于某些污染物之外，对环境条件、健康和福祉的分析也可以揭示健康与环境之间的潜在关系。例如，可以通过环境视角分析关于体重不足儿童、营养不良和其他粮食安全指标的数据，以便更好地了解气候变化与粮食安全、健康和福祉之间的关系。

环境暴露可以在个人层面直接测量（通常只针对人数相对较少的人），或在个人层面或生态层面利用常规监测数据进行推断（例如空气和水质、太阳辐射等级，或者建模，例如使用大气变量的组合来估计与气候变化有关的暴露）。这些方法也可以组合使用，例如使用多个气象站的数据来计算一个区域内不同位置的个体暴露（Miranda等人，2016年）。对于某些环境因素而言（如血铅水平），暴露测量要比其他环境因素（如终生暴露于噪音污染）更为精确（Klompmaker等人，2018年），此外，短期暴露测量要比长期暴露测量（例如终身）更加准确。这里需要大样本（“大数据”）、创新的研究设计和数据分析，但也必须认识到这些“嘈杂”数据集中可能存在潜在的偏差（Ehrenstein等人，2017年）。

通过流行病学研究和行政数据库（例如医院分离数据，现代数据联系方法可对个人层面的数据进行审查）可在个人层面上获得数据，以评估健康结果与环境因素的负担。然而，由于保护个人隐私的道德问题，使用行政数据仍然面临相当大的挑战。行政数据也可用于生态研究（例如空气污染对入院的影响）。对于某些国家的某些健康结果，通过疾病登记处进行监测可提供全面准确的发病率和死亡率数据。这些数据可以与其他数据集相关联，从而得出个人层面的关联（Korda等人，2017年），或者用于生态研究，以评估疾病与环境参数之间的关系（Adams等人，2016年）。全球疾病负担（GBD）研究是一组关于特种病发病率和死亡率的宝贵数据集（《2016全球疾病负担死因合作者》，2017年；《2016全球疾病负担疾病和伤害发病率及流行合作者》，2017年）。全球疾病负担现在每年更新一次，力求从所有国家收集尽可能最好的健康（通常是疾病）数据，以便在全球、国家和某些国家的区域层面提供全面的估计。此外，全球疾病负担研究通过发病率以及伤残调整寿命年（DALYs）和健康调整预期寿命（HALEs）估算健康损失（《2016年全球疾病负担伤残调整寿命年及健康调整预期寿命合作者》，2017年）。但是，通常没有关于受影响者和地点的额外分类资料，而这是进行全面评估所必需的。“组学”技术的最新发展——基因组学、代谢组学、暴露组学、表观基因组学等——提供了大量的数据，可用于评估环境暴露对人类健康和福祉的影响。但是，在分离特定暴露的影响（例如“空气污染”的各种组成部分）和准确量化可归因于暴露的影响方面仍存在挑战：

a) 难以准确测量；
b) 具有非线性剂量反应或阈值效应；
c) 当暴露水平随着生命而变化时；
d) 对人类健康既有风险又有好处。

3.7 现有数据体系

官方统计数据、国家地理空间数据和地球观测监测数据往往不属于国家层面的单一数据系统，因此需要在评估中更好地整合这些来源的数据。虽然在官方统计、国家地理空间数据和地球观测数据方面仍有缺口，但这些数据源目前正用于环境评估，并且在全球范围内比第1章提出的新兴环境评估工具发展得更好。

3.7.1 官方统计数据

官方统计和地球观测学科是独立发展的，其相互联系的表现是零星的。这种关系得益于国家统计系统通过以下进展提供的指导：2012年在中央框架下采用环境经济核算体系（SEEA），2013年采用环境经济核算体系实验性生态系统账户，以及2013年经修订的环境统计发展框架。这三个统计框架为统计提供了更多的方法基础；但是，仍然需要扩大统计生产，并使更多的行动者参与环境统计的生产，包括地方层面的行动者。此外，仍然需要就社会与环境之间的相互作用（包括性别方面）提供方法上的指导。

技术变革——包括更好的卫星数据、监测站和个人电子设备——正在改变数据领域，包括通过公众科学。数据革命及其技术衍生品（即大数据和公众科学）释放了测量的新可能性，潜在地破坏了科学知识测量和生产管理的现有组织和机构关系。其中，联合国全球地理空间信息管理专家委员会（UN- GGIM）带头对这些受技术启发的测量的新表现做出反应。然而，实现一体化的迫切需要可能还得要很长时间。仍然需要更好地利用包括移动应用程序、智能设备和其他工具在内的技术，使数据能够被大众访问，并提供使公众科学数据可被发现的界面。

统计和数据的必要性

“不让任何人掉队”的指令对按所有可能的属性（重点包括按当地区域）生产和交付分类数据提出了很高的要求。通过这样做，可持续发展目标（SDGs）发挥了地理空间数据和统计的重要性。地理空间统计测量方法提供了一种革命性的基础设施，通过分析地方层面和特定人群的相互作用和因果关系，改进了“不让任何人掉队”所必需的信息。

可持续发展目标指标框架

虽然可持续发展目标的议程大胆而雄心勃勃，但不可能同时涵盖所有内容。因此，区分轻重缓急和先后顺序的能力对于成功地向全球议程交付测量具有战略意义。那么，是哪些数据、哪些统计数据和哪些指标呢？

要回答这些问题，就必须借鉴全球发展测量工作的历史经验，其中千年发展目标最具启发性。联合国秘书长在其2015年千年发展目标报告中遗憾地指出，首先，统计信息的收集存在重大的时间滞后性。然而，当今世界是一个需要实时数据的快速发展的世界；第二，这些信息高度集中，缺乏用于指导干预措施的地点特异性；第三，为最需要数据促进（人民和环境）发展的国家和机构分配的资源却最少。

问题的本质已经明确，并不意味着问题引发的疑问不应得到回答。界定问题的好处在于更清楚地确定在确定优先次序和排序时需要做些什么。

关于指标，官方统计人员在联合国安全理事会的指导下，一直在努力确定一个指标框架，以及确定将纳入该框架的指标的可行性。然而，该框架的设计实际上是针对指标的数量，而不是针对确定指标的架构。该框架的存在以及确定纳入框架的指标的能力是一个值得称道的开端。

关于《全球环境展望》，更重要的是要注意，鉴于可持续发展目标中的数十个目标与环境直接相关或紧密相连，这一任务变得更加严峻，在政治上也更具挑战性。也许这将带来不同的《全球环境展望》结果。

正如3.1节所定义的，与环境有关的可持续发展目标（SDGs）指标中，只有不到四分之一是一级指标。这说明了一些国家开展测量的困难（包括为统计系统提供资源）。

前联合国秘书长认识到有必要建立明确的数据和统计协调机制。在这方面，秘书长呼吁各国认识到国家机构（包括国家统计机构）之间在通过原则、立法和惯例说明，提供、鼓励和强制遵守统计标准上协调的重要性（**专栏3.4**）。

专栏3.4：联合国秘书长的声明

“国家统计局应有明确的授权，领导有关国家机构之间的协调，并成为监测的数据中心。”

潘基文，2007-2016年任联合国秘书长，（联合国，2015a）

在可持续发展目标的背景下衡量环境

准确评估人类与环境之间的相互作用需要新的数据来源和环境评估的新工具。例如，可以将地理空间信息纳入人口地图，以确定影响人类的区域环境问题（例如穷人住在哪里和水质问题在哪里）。

技术获取和使用呈指数级增长的关键驱动力是技术创造和推动共同标准的能力。通过这项创新，出现了以更低成本和标准化形式收集数据的运动。这使得收集大量数据变得更具吸引力。更重要的是，技术释放了使用地理空间统计的可能性，并提高了观察环境变化的能力。

环境数据、统计和知识是成功进行环境评估的基础。远程技术、地球观测系统和国家统计局仍然是环境数据的主要来源。在数据库管理、公众科学、分类社会和性别分析、大数据、数据可视化工具、空间建模、社交媒体和互联网等领域，新兴的知识框架和数据能力为收集和传播信息提供了机会。总体而言，通过这些方法汇集而来的数据提高了支持基于广泛和多学科知识的战略决策过程的能力。有效监测环境趋势对清理环境破坏至关重要。

“不让任何一个人掉队”所需的分类和基于位置的信息被认为是可以实现的，这符合有效监测环境趋势的要求。

然而，如果我们真像可持续发展目标所规定的那样“不让任何人掉队”，那么信息管理系统就需要使用多种方法，包括继承统计标准的良好传统以及利用土地信息系统的可用性和分析潜力优化未来的统计数据。此外，新技术及其在数据和地理空间方面的能力为公民参与科学创造了新的途径，也增强了环境数据一体化的可能性。

然而，让这些新知识平台发挥作用的挑战在于它们是否得到了机构的支持。首先，它们能否被视为在当下和未来能够吸引合理的资源并增进人类和地球福祉的系统？联合国秘书长2015年千年发展目标（MDG）报告认为，各国机构有必要协调和参与监测工作（见**专栏3.5**）。第二，这些数据和信息系统能够跨时空协同工作吗？也就是说，是否能够信任它们可以帮助社会、经济和政治讨论并经受住过渡时期的考验？第三，它们是可审计的吗？它们经得起审查吗？第四，知识、统计和数据具有内在的政治性，在知识话语中会给政府带来挑战。

潜在挑战

全球和环境领域的主要数据缺口限制了我们识别趋势和管理不良结果的能力。在许多国家，关于环境的官方统计数据很少，难以获取，分散在不同的机构中，报告也十分零散（联合国环境规划署，2016年）。在许多环境主题中，数据可用性在地理上是不均衡的，农村地区和发展中国家的数据更少。从全球到区域范围的监测系统分散，缺乏覆盖范围，而且往往不定期更新（联合国环境规划署，2012年，第129页）。迫切需要建立定期监测机制，遵循共同商定的国际标准（最好通过国际合作制定）。还需要以标准化格式增加数据的共享，例如符合统计数据和元数据电子变更标准的数据。

联合国《2016年可持续发展目标报告》表明，对全球指标的数据需求几乎与可持续发展目标（SDGs）本身一样前所未有，这对许多国家构成挑战。跟踪可持续发展目标的进展需要在地方、国家、区域和全球层面收集、处理、分析和传播空前数量的数据和统计数据，包括来自官方统计系统以及新的和创新的数据来源的数据和统计数据（联合国，2016b）。

虽然知识系统往往跨越国界，但知识的创造、保管、分配和使用在历史上和政治上都与政府有关。知识不存在于地缘政治、社会或经济真空中。这些新系统能否为政治决策以及对环境开发与管理的认可提供信息？

3.7.2 地理空间信息

环境监测和预报系统发展迅速。然而，将来自多个系统的信息组合起来生成统计数据和指标仍然是一项重大挑战。全球地球观测组将地球观测定义为地面观测（现场）以及飞机和遥感（包括卫星和其他空间任务）收集的观测。类似地，为一个目的收集的数据集通常可以用于多个目的。例如，农业土地覆盖有助于了解自然灾害风险、审查人口迁移并且了解非正式住区的性质、城市基础设施及其与生物多样性和生态系统的关系。

通过综合各国统计机构的行政数据（包括经济数据）以及有利于新兴经济体和发达国家的地球观测公开数据政策，地球观测和环境监测正在发生改变。开放地球观测、公众科学、社交媒体、数字平台或大数据访问可以促进向创建数据的新模型转变，为决策提供更具包容性、社会性和健全性的知识，从而能够更广泛地理解和获取与政策相关的知识。

例如，第一部《人类星球地图集》（Pesaresi等人，2017年）来自全球人类住区层（GHSL），提供了从村庄到大城市的人类居住信息的有效信息来源。在地球观测组织《人类星球》倡议框架内制定的、与人口和住区有关的基线数据以及空间度量和指标，为用户提供了监测和分析的基线数据平台。全球人类住区层资源是公共数据支持全球、国家和地方分析人类住区（特别是支持政策和决策的潜力）的一个例子。地球观测的这种应用对基于证据的人类和物质暴露于环境污染和退化的建模（通过多边环境协定监测）、《仙台减轻灾害风险框架》所包括的灾害、《生物多样性公约》所衡量的人类活动对生态系统的影响以及可持续发展目标评估的人类对资源的获取至关重要（欧洲委员会，2018年）。

2015年9月，联合国大会通过了《改变我们的世界：2030年可持续发展议程》，如其第76条所述，这是一项用于监测经济、社会和环境方面可持续性进展的全球发展议程（**专栏3.5**）（A/RES/70/1）。

在联合国系统内，牵头制定监测方法的机构（包括联合国安全理事会机构间专家工作组（IAEG-SDG）和联合国监管机构在内）正在审查并且在某些情况下准备纳入地球观测和地理空间数据，以支持可持续发展目标、其子目标和指标。地球观测组织2016年的一项分析估计，至少有98个子目标和指标可以受益于和使用地球观测数据（联合国，2016c）。地球观测全球共同体充分参与并随时准备为所有联合国成员（特别是发展中国家）提供区域和具体国家能力建设方面的专门知识。

专栏3.5：《2030年议程》第76条

“我们将以透明的方式和负责任的态度扩大公私合作，利用地球观测和地理空间信息等大量数据，同时保证国家在提供支持和追踪进展方面的所有权。”

——联合国，联合国大会（2015年）

3.8 结论

性别与社会环境的交叉性

由于接触的环境问题和风险不同导致男女观点不同，从而反映出对他们对于发展和可持续性机会的不同反应和理解。环境是由社会身份和规范混合形成的，因此需要改进收集和加强对按性别、年龄、种族和国家情况等其他特点的高质量和及时分解数据的分析，以便建立一个全面的基线，并进行监测和评价。这些数据还应在空间上进行分解，并对获取地区变量具有地理上的敏感性。

公平及人与环境的相互作用

收集、分类和分析最脆弱社区的数据仍然是一项挑战。在这方面开展更多工作将更好地获知不平等问题（联合国，2012年，第12页）。工业界一般资助有助于改善工业过程和提高股值的研究，而慈善家的资助可能涉及包括公平问题在内的一系列问题。提升关于如何“克服政治和社会参与障碍，获取服务和积极的政策以及持续的社会交流，以影响使歧视和排斥得以长期存在的社会规范”的数据和知识十分重要（联合国，2012年，第9页）。此外，就区域集中度而言，研究在地理上集中在美国、中国、日本和德国，它们总共占全球研究和发展支出的63%，大部分由商业部门资助（美国国家科学委员会，2016年，第41-46页）。企业对研究的资助已经超过了政府主导的资助，这使得天平向更多的应用研究而非基础研究倾斜（美国国家科学委员会，2016年）。这就产生了一个问题：谁在从研究中获益，以及研究是否带来了更大的好处。

环境与经济

环境影响的经济评估包括全面评价自然对人类生活的贡献；核算全球经济活动、投资和贸易对人和环境的影响；以及影响公平和市场运作的综合体制问题。只有通过对生态、社会和文化因素及它们之间长期相互作用的稳健分析，才能揭示可持续发展的具体结果。价值评估将货币价值归因于环境效益和成本以及权衡和竞争。对环境的经济分析应面向更广泛的可持续发展目标，包括和平、公平和安全。与环境和资源相关的货币价值和非货币价值以及反映自然经济学的模型只能通过来自统计调查和其他新数据源（比如大数据）的及时可靠的数据和信息来生成。

环境与健康

物理和社会环境的结合对人类健康和福祉有直接和间接的强烈影响。因此，测量“暴露”和“结果”之间的联系、评估因果关系以及对人群的接触需要强大的统计基础和大样本（即大数据）。流行病学研究面临的挑战包括数据保护、可靠性和使用行政数据库时的差异。最近的发展包括使用大数据来评估长期环境暴露。有必要探索利用其他信息来源和利用新形式的数据和知识（即公众科学和传统知识）来验证人类活动和诸如气候变化等自然干扰对健康的长期影响。

3.8.1 优化数据，建设美好地球，打造幸福生活

《联合国2030年议程》是评估经济、社会和环境发展的全球框架，重点是通过国家参与和伙伴关系建设更健康的地球、打造更美好的生活。监测可持续发展目标的进展需要在数据收集、分析和传播方面做出改变，包括使用环境统计、地理空间数据、地球观测和新的数据来源（即公众科学、大数据，传统知识）。

为实现雄心勃勃的可持续发展目标框架，必须对数据和知识系统采取一种新的创新方法，同时以基于证据的信息收集为重点。然而，在2016-2030年期间监测整个可持续发展目标框架预计将花费高达0.25万亿美元（Jerven，2014年）。因此，除了改进数据系统之外，还需要设置优先事项以收集目标数据并提高效率。

环境变化难以衡量，而环境变化的影响更是难以衡量，特别是在确定原因方面。从只注重物理方面到包括社会取向、经济价值和对健康和福利影响的转变是至关重要的，但即使对于是完善的统计系统来说也是一个挑战。

参考文献

Adams, S., Lin, J., Brown, D., Shriver, C.D. and Zhu, K. (2016). Ultraviolet radiation exposure and the incidence of oral, pharyngeal and cervical cancer and melanoma: An analysis of the SEER data. *Anticancer research* 36(1), 233-238. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26722048.

Agnew, D.J., Pearce, J., Pramod, G., Peatman, T., Watson, R., Beddington, J.R. *et al.* (2009). Estimating the worldwide extent of illegal fishing. *PLoS ONE* 4(2), e4570. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004570.

Bennett, K., Bilak, A., Bullock, N., Cakaj, L., Clarey, M., Desai, B. *et al.* (2017). *Global Report on Internal Displacement.* International Displacement Monitoring Centre and Norwegian Refugee Council. http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2017/pdfs/2017-GRID.pdf.

Brauer, M., Freedman, G., Frostad, J., van Donkelaar, A., Martin, R.V., Dentener, F. *et al.* (2016). Ambient air pollution exposure estimation for the global burden of disease 2013. *Environmental Science & Technology* 50(1), 79–88. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03709.

Costello, M.J., Wilson, S. and Houlding, B. (2012). Predicting total global species richness using rates of species description and estimates of taxonomic effort. *Systematic Biology* 61(5). https://doi.org/10.1093/sysbio/syr080.

Doherty, T.S., Glen, A.S., Nimmo, D.G., Ritchie, E.G. and Dickman, C.R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(40), 11261-11265. https://doi.org/10.1073/pnas.1602480113.

Ehrenstein, V., Nielsen, H., Pedersen, A.B., Johnsen, S.P. and Pedersen, L. (2017). Clinical epidemiology in the era of big data: New opportunities, familiar challenges. *Clinical epidemiology* 9, 245-250. https://doi.org/10.2147/CLEP.S129779.

European Commission (2018). *GHSL - Global Human Settlement Layer.* http://ghsl.jrc.ec.europa.eu/.

Ferrant, G., Pesando, L.M. and Nowacka, K. (2014). *Unpaid Care Work: The Missing Link in the Analysis of Gender Gaps in Labour Outcomes.* Centro de Desarrollo de la OCDE. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/dev/development-gender/Unpaid_care_work.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *What is the GLRD?* http://www.fao.org/gender-landrights-database/background/en/.

Friel, S. and Marmot, M.G. (2011). Action on the social determinants of health and health inequities goes global. *Annual review of public health* 32, 225-236. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031210-101220.

GBD 2016 Causes of Death Collaborators (2017). Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Global Health Metrics* 390(10100), 1151-1210. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32152-9.

GBD 2016 DALYs and HALE Collaborators (2017). Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Global Health Metrics* 390(10100), 1260-1344. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32130-X.

Global Biodiversity Information Facility (2018). *Free and open access to biodiversity data.* https://www.gbif.org/.

Hartwick, J.M. (1977). Intergenerational equity and the investment of rents from exhaustible resources. *American Economic Review* 67(5), 972-974. https://www.jstor.org/stable/1828079.

Hin, S. (2007). *Counting Romans.* Princeton/Stanford Working Papers in Classic Stanford University. https://www.princeton.edu/~pswpc/pdfs/hin/110703.pdf.

Hin, S. (2007). *Counting Romans.* Princeton/Stanford Working Papers in Classic Stanford University. https://www.princeton.edu/~pswpc/pdfs/hin/110703.pdf.

Hosein, F.N., Austin, N., Maharaj, S., Johnson, W., Rostant, L., Ramdass, A.C. *et al.* (2017). Utility of DNA barcoding to identify rare endemic vascular plant species in Trinidad. *Ecology and Evolution* 7(18), 7311–7333. https://doi.org/10.1002/ece3.3220.

Jerven, M. (2014). *Data for Development Assessment Paper: Benefits and Costs of the Data for Development Targets for the Post-2015 Development Agenda.* Copenhagen Consensus Center. https://www.copenhagenconsensus.com/sites/default/files/data_assessment_-_jerven.pdf.

Klompmaker, J.O., Hoek, G., Bloemsma, L.D., Gehring, U., Strak, M., Wijga, A.H. *et al.* (2018). Green space definition affects associations of green space with overweight and physical activity. *Environmental research* 160, 531-540. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.027.

Korda, R.J., Clements, M.S., Armstrong, B., K., Di Law, H., Guiver, T., Anderson, P.R. *et al.* (2017). Risk of cancer associated with residential exposure to asbestos insulation: A whole-population cohort study. *The Lancet Public Health* 2(11), e522-e528. https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30192-5.

Lawford, R., Strauch, A., Toll, D., Fekete, B. and Cripe, D. (2013). Earth observations for global water security. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(6), 633–643. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.009.

Lemmens, R., Lungo, J., Georgiadou, Y. and Verplanke, J. (2017). Monitoring rural water points in Tanzania with mobile phones: The evolution of the SEMA App. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 6(10), 316. https://doi.org/10.3390/ijgi6100316.

Liebenberg, L., Steventon, L., Benadie, K. and Minye, J. (1999). Rhino tracking with the CyberTracker field computer. *Pachyderm* 27, 59-61. https://www.iucn.org/backup_iucn/cmsdata.iucn.org/downloads/pachy27.pdf#page=60.

McCarter, J., Gavin, M.C., Baereleo, S. and Love, M. (2014). The challenges of maintaining indigenous ecological knowledge. *Ecology and Society* 19(3), 39. http://dx.doi.org/10.5751/ES-06741-190339.

McMichael, A.J., Butler, C.D. and Folke, C. (2003). New visions for addressing sustainability. *Science* 302(5652), 1919-1920. https://doi.org/10.1126/science.1090001.

McMichael, C., Barnett, J. and McMichael, A.J. (2012). An ill wind? climate change, migration, and health. *Environmental health perspectives* 120(5), 646–654. https://doi.org/10.1289/ehp.1104375.

Miranda, A.I., Ferreira, J., Silveira, C., Relvas, H., Duque, L., Roebeling, P. *et al.* (2016). A cost-efficiency and health benefit approach to improve urban air quality. *Science of the Total Environment* 569-570, 342-351. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.102.

Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B. and Worm, B. (2011). How many species are there on earth and in the ocean? *PLoS Biology* 9(8), e1001127. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2015). *Strengthening National Statistical Systems to Monitor Global Goals.* OECD and Post-2015 Reflections: Element 5, Paper 1. Paris. https://www.oecd.org/dac/POST-2015%20P21.pdf.

Overdevest, C., Orr, C.H. and Stepenuck, K. (2004). Volunteer stream monitoring and local participation in natural resource issues. *Human Ecology Review* 11(2), 177-185. https://www.humanecologyreview.org/pastissues/her112/overdevestorrstepenuck.pdf.

Pesaresi, M., Ehrlich, D., Kemper, T., Siragusa, A., Florczyk, A., Freire, S. *et al.* (2017). *Atlas of the Human Planet: Global Exposure to Natural Hazards.* European Union. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106292/atlas2017_online.pdf.

Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Neville, T., Bos, R. and Neira, M. (2017). Diseases due to unhealthy environments: An updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *Journal of public health* 39(3), 464-475. https://doi.org/10.1093/pubmed/fdw085.

Salzmann, N., Huggel, C., Rohrer, M. and Stoffel, M. (2014). Data and knowledge gaps in glacier, snow and related runoff research – A climate change adaptation perspective. *Journal of Hydrology* 518, 225–234. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.058.

Scheffers, B.R., Joppa, L.N., Pimm, S.L. and Laurance, W.F. (2012). What we know and don't know about Earth's missing biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution* 27(9), 501-510. https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.05.008.

Schulte-Uebbing, L., Hansen, G., Hernandez, A.M. and Winter, M. (2015). Chapter scientists in the IPCC AR5—experience and lessons learned. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 250-256. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.06.012.

Seager, J. (2014). *Background and Methodology for Gender Global Environmental Outlook.* Nairobi: United Nations Environment Programme. https://web.unep.org/sites/default/files/ggeo/documents/GGEO_Multi-stakeholder_consultation_Background_document_final.pdf.

Siebenhüner, B. (2006). Administrator of global biodiversity: The secretariat of the convention on biological diversity. *Biodiversity and Conservation* 16(1), 259–274. https://doi.org/10.1007/s10531-006-9043-8.

Solow, R.M. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. *The Review of Economic Studies* 41(5), 29-46. https://doi.org/10.2307/2296370.

Stevens, M., Vitos, M., Altenbuchner, J., Conquest, G., Lewis, J. and Haklay, M. (2014). Taking participatory citizen science to extremes. *IEEE Pervasive Computing* 13(2). https://doi.org/10.1109/MPRV.2014.37.

Stone, R. (1947). *Measurement of national income and the construction of social accounts: Report of the Sub-committee on National Income Statistics of the League of Nations Committee of Statistical Experts.* United Nations. http://www.worldcat.org/title/measurement-of-national-income-and-the-construction-of-social-accounts-report/oclc/610219052?referer=di&ht=edition.

Sustainable Development Solutions Network (2017). *Counting on the World: Building Modern Data Systems for Sustainable Development.* New York, NY. http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2017/09/sdsn-trends-counting-on-the-world-1.pdf.

Sutherland, W.J., Gardner, T.A., Haider, L.J. and Dicks, L.V. (2014). How can local and traditional knowledge be effectively incorporated into international assessments? *Oryx* 48(1), 1-2. https://doi.org/10.1017/S0030605313001543.

Tengö, M., Malmer, P., Brondizio, E., Elmqvist, T. and Spierenburg, M. (2013). *The Multiple Evidence Base as a Framework for Connecting Diverse Knowledge Systems in the IPBES.* Stockholm: Stockholm Resilience Centre. http://www.stockholmresilience.org/download/18.416c425f13e06f977b11277/Multiple+Evidence+Base+for+IPBES+2013-06-05.pdf.

United Nations (1993). *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting.* New York, NY. http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_61E.pdf.

United Nations (2012). *Addressing Inequalities: The Heart of the Post-2015 Agenda and the Future We Want for All.* http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/Think%20Pieces/10_inequalities.pdf.

United Nations (2014). *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework.* New York, NY. https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/seea_cf_final_en.pdf.

United Nations, General Assembly (2015). *70/1. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015.* 21 October. A/RES/70/1. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.

United Nations (2015a). *The Millennium Development Goals Report.* New York, NY. http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf.

United Nations (2015b). *World's Women 2015: Trends and Statistics.* https://unstats.un.org/unsd/gender/downloads/worldswomen2015_report.pdf.

United Nations (2016a). *World Economic and Social Survey 2014/2015.* New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/policy/wess/wess_archive/2015wess_full_en.pdf.

United Nations (2016b). *Sustainable Development Goals Report 2016.* New York, NY. http://unstats.un.org/sdgs/report/2016/.

United Nations (2016c). Geospatial information and earth observations: Supporting official statistics in monitoring the SDGs. *47th Session of the United Nations Statistical Commission Statistical-Geospatial Integration Forum.* New York, NY, 7 March. United Nations Statistical Commission https://www.fgdc.gov/organization/working-groups-subcommittees/unggim-wg/unggim-meeting-march-2016.pdf.

United Nations (2017a). Report of the Inter-Secretariat Working Group on National Accounts: Supplement to the Report of the Inter-Secretariat Working Group on National Accounts. https://unstats.un.org/unsd/statcom/48th-session/documents/BG-NationalAccounts-Supplement-E.pdf.

United Nations (2017b). *Report of the Inter-agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators.* https://unstats.un.org/unsd/statcom/48th-session/documents/2017-2-IAEG-SDGs-E.pdf.

United Nations (2018). *Tier Classification for Global SDG Indicators.* https://unstats.un.org/sdgs/files/Tier%20Classification%20of%20SDG%20Indicators_11%20May%202018_web.pdf.

United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development and World Bank (2003). *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003.* http://unstats.un.org/unsd/EconStatKB/Attachment60.aspx?AttachmentType=1.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2014). *Water and gender.* http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/water-and-gender/.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2015). *UNESCO Science Report: Towards 2030.* Institutions and Economies. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002354/235406e.pdf.

United Nations Environment Programme (2012). *Global Environment Outlook-5: Environment for the Future We Want.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?isAllowed=y&sequence=5.

United Nations Environment Programme (2016). *Global Gender and Environment Outlook.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14764/Gender_and_environment_outlook_HIGH_res.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2017). *Guidelines for Conducting Integrated Environmental Assessment* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/16775/IEA_Guidelines_Living_Document_v2.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United States National Science Board (2016). Research and development: National trends and international comparisons. In Science *and Engineering Indicators.* Arlington, VA: National Science Foundation. chapter 4. https://www.nsf.gov/statistics/2016/nsb20161/uploads/1/7/chapter-4.pdf.

United States National Science Foundation (2017). *Federal funds for research and development*. http://www.nsf.gov/statistics/fedfunds/.

Vanoli, A. (2005). *National Accounting at the beginning of the 21st century: Where from? Where to?* European Commission. https://ec.europa.eu/eurostat/cros/system/files/p1-national_accounting_at_the_beginning_of_the_21st_century.pdf.

White, R. (ed.) (2017). *Transnational Environmental Crime*. London: Routledge. https://www.taylorfrancis.com/books/9781409447856.

World Bank (2002). *Building Statistical Capacity to Monitor Development Progress.* Washington, D.C. http://siteresources.worldbank.org/SCBINTRANET/Resources/Building_Statistical_Capacity_to_Monitor_Development_Progress.pdf.

World Health Organization (2018). *Global Health Observatory (GHO) Data: Mortality and Global Health Estimates*. http://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/en/.

Yesson, C., Brewer, P.W., Sutton, T., Caithness, N., Pahwa, J.S., Burgess, M. *et al.* (2007). How global is the global biodiversity information facility? *PLoS ONE* 2(11), e1124. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001124.

第 4 章

跨领域问题

© Shutterstock/Donatas Dabravolskas

领衔作者兼协调负责人：Shanna N. McClain（环境法研究所），Catherine P. McMullen（斯德哥尔摩环境研究所—亚洲中心）

领衔作者：Babatunde Joseph Abiodun（开普敦大学），Giovanna Armiento（意大利国家新技术、能源和可持续经济发展局），Rob Bailey（查塔姆研究所–英国皇家国际事务研究所），Rajasekhar Balasubramanian（新加坡国立大学），Ricardo Barra（康塞普西翁大学），Kathryn Jennifer Bowen（澳大利亚国立大学），John Crump（全球资源信息数据库），Irene Dankelman（拉德布德大学），Kari De Pryck（巴黎政治大学），Riyanti Djalante（联合国大学），Monica Dutta（能源研究所），Francois Gemenne（列日大学），Linda Godfrey（南非科学与工业研究理事会），James Grellier（埃克塞特大学），Maha Halalsheh（约旦大学），Fintan Hurley（职业医学研究所），Maria Jesus Iraola（乌拉圭大学），Richard King（查塔姆研究所–英国皇家国际事务研究所），Andrei Kirilenko（佛罗里达大学），Shi Lei（清华大学），Peter Lemke（阿尔弗雷德·韦格纳研究所），Daniela Liggett（坎特伯雷大学），Robyn Lucas（澳大利亚国立大学国家流行病学和人口健康中心），Oswaldo dos Santos Lucon（圣保罗州环境秘书处），Katrina Lyne（詹姆斯·库克大学），Diego Martino（AAE（Asesoramiento Ambiental Estratégico）与奥特大学），Ritu Mathur（TERI），Emma Gaalaas Mullaney（巴克内尔大学），Leisa N. Perch（SAEDI咨询），Marco Rieckmann（费希塔大学），Fülöp Sándor（国立公共服务大学），Atilio Savino（农业科学研究院），Heinz Schandl（英联邦科学和工业研究组织，Joeri Scholtens（阿姆斯特丹大学），Patricia Nayna Schwerdtle（莫纳什大学），Joni Seager（宾利大学），Frank Thomalla（斯德哥尔摩环境研究所–亚洲中心），Laura Wellesley（查塔姆研究所–英国皇家国际事务研究所），Caradee Y. Wright（南非医学研究委员会），Dimitri Alexis Zenghelis（伦敦经济学院），Caroline Zickgraf（列日大学）。

执行摘要

环境污染仍然是损害地球健康（充分证实）、**人类健康**（充分证实）、**公平**（充分证实）**和经济可持续性**（不完全证实）**的一个主要原因。**然而，这些风险具有系统性且范围广泛，包括气候变化、生态系统和生物多样性丧失、野生动物破坏、系统性变化等重大问题。如果“地球健康，人类健康”成为我们理解真正进步的核心，可持续发展就有可能实现。解决方案既需要以证据为基础又要有系统性，应对污染源，以共同利益为目标，并检查意外后果。{4.2.1}

由于多重和相互作用的驱动因素的复合效应，受缓慢和突发环境灾害影响的人数正在增加（充分证实）。这些驱动因素包括气候变化和环境退化、贫困和社会不平等、人口变化和定居模式、城市地区人口密度的增加、毫无规划的城市化进程、自然资源的不可持续利用、薄弱的体制安排和不考虑灾害风险的政策。灾害会破坏人类的安全和福祉，造成生态系统、财产、基础设施、生计、经济和具有文化意义的地方遭受损失和破坏，同时每年迫使数百万人逃离家园。{4.2.2}

性别平等和赋予妇女权力是可持续性的倍增器（充分证实）。确保环境评估、资源管理和环境决策中的男女平等代表权能确保综合各种环境相关的经验和知识体系，加强生态系统的保护和自然资源的可持续利用。因此，增加性别平等和赋予妇女权力有助于实现环境方面的可持续发展目标（SDGs）。{4.2.3}

世界各地在所有教育部门实施可持续发展教育（ESD）方面取得了重大进展（充分证实）。然而，仍然需要扩大可持续发展教育的规模，以便将其作为全球教育系统结构的核心要素。如此一来，教育将有助于实现可持续发展目标（SDGs）。需要制定政策，消除阻碍接受教育的经济和性别障碍。{4.2.4}

城市足迹具有跨界影响（充分证实）。当代城市化的等级、规模和范围已大到影响全球资源流动和行星周期。与此同时，目前的城市化进程及其前景不仅是一项挑战，更是改善人类福祉的机会，有可能减少人均和单位生产的环境影响。{4.2.5}

气候变化是影响自然（充分证实）**和人类系统**（不完全证实）**的最紧迫问题之一（可持续发展目标13）**。当前全球气候变化的证据是明确的。自1850年至1879年以来，全球平均地表温度上升了约1.0°C；如果目前的温室气体排放速度持续到本世纪40年代，则全球变暖将超过1.5°C。有记录以来最热的10年中有8年发生在过去10年里。气候变化的影响远远超过气温上升，影响到水资源、生态系统、能源需求和生产、运输等领域。气候模式的变化、极端事件（如热浪和干旱）和环境破坏（如作物歉收）对人类健康和福祉以及生计造成更大的风险，在最贫穷和最脆弱的群体中尤为如此。{4.3.1}

目前的观测和气候模型实验表明，极地表面温度的上升超过了全球平均温度上升的两倍（充分证实）。这种扩大的变暖对极地气候系统的其他组成部分产生了连带效应：北极的海冰正在消退；永久冻土层解冻；积雪面积减少；冰盖衰减；冰盖、冰架和高山冰川的质量继续下降，从而在很大程度上导致海平面上升。{4.3.2}

现代社会正生活在人类历史上化学物质最密集的时代，新化学品的生产速度大大超过充分评估其对人类健康和生态系统的潜在不利影响的能力（充分证实）。由于某些目前使用的化学品（包括产品中的化学品）以复杂的混合物形式存在于环境中（即使在偏远地区也是如此），它们的综合作用对人类健康和生态系统完整性造成的危险目前了解甚少，需要进一步评价。在影响和使用更安全的替代品来替代全球关注的化学品使用方面，需要有法规、评估和监测以及工业和消费者的责任。可持续和绿色化学的目标是实现化学品在整个生命周期内的可持续设计、生产、使用和处置，同时考虑到可持续发展的三个维度。{4.3.3}

在自然环境中处置和排放废弃物对生态系统和人类健康产生负面影响（充分证实）。全球关注的问题包括：海洋垃圾（特别是塑料垃圾）在世界海洋中的分布和影响日益增加；约三分之一供人类食用的食物的损失和浪费；以及发达国家向发展中国家贩运废弃物的增加。虽然发达国家已过渡到减少废弃物产生和提高资源效率的阶段，但发展中国家却正在努力应付基本的废弃物管理挑战，包括无节制的倾倒、露天焚烧和不能充分获得废弃物处置服务。{4.3.4}

尽管循环经济、可持续的消费和生产方法具有很大的资源效率潜力，但资源的使用以及资源的开采和利用对环境的影响正在增加（充分证实）。2000年以来，全球资源使用速度加快，2017年达到900亿吨；高收入国家消耗的资源是低收入国家的十倍；资源效率一直停滞不前，资源使用对环境的影响一直在以与资源使用相称的速度增长；在短期内，资源效率有许多具有经济吸引力的机会；从中长期来看，资源效率与以往相比创造了更好的经济效益；在减缓气候变化方面，资源效率具有相当大的共同利益。{4.4.1}

随着能效的提高，过去10年里全球向低碳能源的转型一直在加速，但仍不足以实现《巴黎协定》的2°C目标（充分证实），因此需要在技术创新方面采取更加大胆的行动。与此同时，让数十亿贫困人口用上电和其他现代能源服务仍然是一个挑战。{4.4.2}

粮食系统对全球生态系统和气候的压力越来越大（充分证实）。农业是世界上最广泛的人类活动，也是淡水的主要使用者。粮食生产是生物多样性丧失的主要原因，是空气、淡水和海水的主要污染源，是造成土壤退化的主要因素，也是温室气体排放的重要来源。不断变化的消费模式不仅增加了这些压力，而且带来了新的粮食安全挑战，导致营养不良（包括营养过剩和营养不足）。气候变化、自然资源限制和人口趋势表明，为所有人生产和分配有营养及可持续的食物的挑战继续升级，需要在粮食生产和消费方面做出重大改变。{4.4.3}

4.1 引言

随着对健康地球和健康人类之间相互依赖关系的理解变得更加成熟，贯穿系统和社会的复杂问题日益重要。除了空气、生物多样性、海洋、陆地和淡水这些传统《全球环境展望》主题之外，《全球环境展望6》评估还涉及到值得进一步研究的跨领域问题。通过使用系统方法，这些跨领域问题为从另一个角度分析《全球环境展望6》的主题以及了解整个地球和人类系统的互连网络提供了切入点。这些跨领域问题根据共同特征进行分组；将健康、环境灾害、性别、教育和城市化划分为“人类和生计”；气候变化、极地和山区、化学物质、废弃物和废水被归为“变化的环境”；资源利用、能源和粮食系统被视为“资源和材料”。虽然每个问题都为第六期《全球环境展望》的主题提供了有用的切入点，但重要的是讨论每个问题的环境状况和政策背景。

由于我们传统上基于问题的环境评估方法存在缺陷，限制了我们考虑真正变革性途径的能力，因此，跨领域和更加综合的方法至关重要，最终必须取代基于单一问题分析的方法。因此，本章在《全球环境展望》评估过程中通过分析选定的跨领域问题，提出了的一种新方法。这些问题说明了迫切需要采取更加综合和更具变革性的政策对策，。考虑到《全球环境展望6》评估的全球规模，本章只能讨论各种可能的组合中几个跨领域问题、线索和影响。本次评估所选择的跨领域问题之所以被选中，是因为它们与可持续发展目标（SDGs）密切相关，而且这些不同问题的范围和影响因时间、规模和区域而有很大差异。

鉴于这些跨领域问题之间存在明显的交叉点，在采用“健康地球，健康人类”的视角方面出现了一些新问题。本章论述了环境的健康，各种污染对人类健康的造成的后果，气候变化的影响，环境灾害和不可持续的自然资源消耗，以及迅速和剧烈变化对生活、生计和环境的长期健康效应，这些都需要更广泛的关注。

解决这些跨领域问题的政策问题集中于四个特定的人类和经济系统，这些系统可以实现向支持健康人类的健康地球的必要转变。来自所有12个问题团队的贡献，包括来自世界各地的至少50名问题专家的见解，发展成为关于适应气候变化、可持续食品、清洁能源系统和更循环经济的系统研究。本报告第17章（B部分）介绍了这些协作努力的结果。

4.2 人类与生计

4.2.1 健康

公共卫生界有两种长期建立的方法来反映健康地球和健康人类之间复杂的关系网络，这是《全球环境展望6》的核心。一种方法是将人类健康定义为“一种完全的身体、精神和社会福祉状况，而不仅仅是没有疾病或虚弱”（世界卫生组织，1948年），然后使用“福祉”（Glatzer等人，2015年；Maggino，2015年）和“健康”一起涵盖心理、情感和社会层面。第二种方法侧重于健康的决定因素：它认识到人类健康是由自然、社会和人工环境中的多种因素所调节的，包括我们的公平感和安全感以及公平获得环境资源和人类与自然的接触（世界卫生组织，2008年）。因此，尽管人类健康是可持续发展目标（SDG）3的直接焦点，但这种复杂性直接和间接地将健康和福祉与所有可持续发展目标（SDGs）（例如第20.3.1节）以及整个《全球环境展望6》的问题（包括专题章节和其他跨领域主题）联系起来。

Buse等人（2018年）确定了自20世纪末以来发展起来的展示和处理这种复杂性的6个框架：健康的政治生态、环境公正、生态健康、单一健康、生态公共健康和星球健康。这些框架代表着向对人类健康和福祉与自然环境之间隐含、复杂和系统联系更深入理解的转变。它们建立在“职业和环境健康”的更古老传统（从19世纪中叶开始）基础上。这比最近的框架在两个方面要窄（例如，Ayres等人编辑，2010年）。首先，健康往往被解释为死亡和疾病的风险（称为死亡率和发病率），而不是更全面的健康和福祉。第二，它侧重于物理、化学和生物领域，而不是社会层面和健康的决定因素。

在这一传统但狭窄的污染和疾病框架内，本报告列举了许多环境变化是如何危害健康的例子，包括空气、水和土地污染；热浪、洪水和其他极端天气；有毒化学物质；病原体；紫外线和其他辐射；沙漠化；生物多样性减少；极地冰的融化；以及珊瑚礁的破坏。总的来说，“自然系统正退化到人类历史上前所未有的程度”（Whitmee等人，2015年，第1974页），已经严重损害人类健康。例如，《柳叶刀》污染与健康委员会（Landrigan等人，2017年）估计，2015年由环境污染引起的疾病导致900万人过早死亡。最大的影响来自于户外和室内空气污染，2015年这两种污染共造成640万人死亡（Cohen等人，2017年）。更普遍地说，全球非传染性疾病的发病率正在上升，并将继续受到与污染、饮食和身体（体内）活动有关的环境状况的影响。然而，人类的健康不仅仅取决于一个健康的地球。

类似地，Prüss-Ustün等人（2016年）估计，2012年可改变的环境健康风险导致全球1260万人死亡，占所有死亡人数的23%（13-34%，95%置信区间）。这些影响是巨大的，但它们表明，即使在不解决社会经济问题和相关健康决定因素的情况下实现一个健康、可持续的地球是可取且可行的，它仍然会使人类远远达不到“健康人类”的目标（另见第20.3.1节）。

环境压力及其对健康和福祉的影响是不均等的。它们特别针对已经容易受到伤害或处于不利地位的群体，如年轻人和老年人、女性、穷人、慢性病患者、原住民和种族主义目标人群（Solomon等人，2016年；兰德里根等人，2017年，第27-31页）。例如，不安全的食品和水可能导致腹泻病（Mills和Cumming，2016年），其中撒哈拉以南非洲和南亚5岁以下儿童受影响最大（Walker等人，2013年；Prüss-Ustün等人，2014年）。（可持续发展目标3指出，每5例五岁以下儿童死亡有4例发生在这些地区。）

新的挑战（可能会通过相关健全的科学研究加以应对）包括病原体对抗生素（抗菌素耐药性）耐药性的增长，这些抗生素已经并正在农业和水产养殖中大量使用（Finley等人，2013年；Wallinga、Rayner和Lang，2015年）；大量的工业化学品（虽然不是所有都被广泛使用）对我们有意义地测试它们对环境和人类健康（包括对后代）潜在影响的能力构成挑战（美国人类遗传学学会等人，2011年；Sharma等人，2014年；Landrigan等人，2017年）；多次暴露的累积效应（社会和环境），包括化学混合物的影响（Solomon等人，2016年）；源自鸟类和动物感染的出现和再次出现（Ostfeld，2009年；Lindahl和Grace，2015年；Hassell等人，2017年）；工作和休闲新技术造成更严重的身体活动不足；以及其他一些对人类健康影响目前尚不清楚的挑战（例如鱼类和海洋生物资源中存在微塑料）。

解决自然系统退化问题（包括从源头管理环境污染）应考虑地球和健康之间的复杂交互（Whitmee等人，2015年），将环境—健康视为一个寻求共同利益的复杂系统（Haines，2017年），并在可行的情况下避免权衡或输赢的情况或意外的不利后果（von Schneidemesser等人，2015年）。现在有许多健康共生效益的例子，尤其是温室气体减排的例子（Chang等人，2017年；Quam等人，2017年；Deng等人，2018年）。例如，向清洁能源的转变改善了空气质量，减缓了气候变化的影响，极大地有益于健康和福祉（Smith等人，2014a；Haines，2017年；另见第4.2.1节）。积极的旅行，如散步和骑自行车，可为健康和福祉带来多种好处（Saunders等人，2013年；Smith等人，2014a）；然而，好处会随着（例如）气候和污染水平而变化。在高消费量的地方减少人均红肉（特别是加工肉）摄入量，将改善人类健康（McMichael等人，2007年；Wolk，2017年），同时降低生物多样性和包括甲烷在内的温室气体排放的压力。人们认识到获得安全和生物多样的自然环境、绿色和蓝色空间对人类健康和福祉的益处（Coutts和Hahn，2015年；Wolf和Robbins，2015年；Wall、Derham和O’ Mahony编辑，2016年；Grellier等人，2017年）。

在决定健康的部门计划（例如农业、水、灾害管理、城市设计）中严格纳入和综合人类健康考虑，可以支持应对人类健康影响的对策，重点在于预防活动。减少环境风险的举措着眼于各部门的利益，符合世界卫生组织“健康入万策”的呼吁（世界卫生组织，2014年），以及为综合环境和健康评估的工具开发（Fehr等人，2016年）。卫生部门必须迅速加强阐明有关人类健康信息的方式，并强调大多数环境压力最终都将对人类健康产生影响。

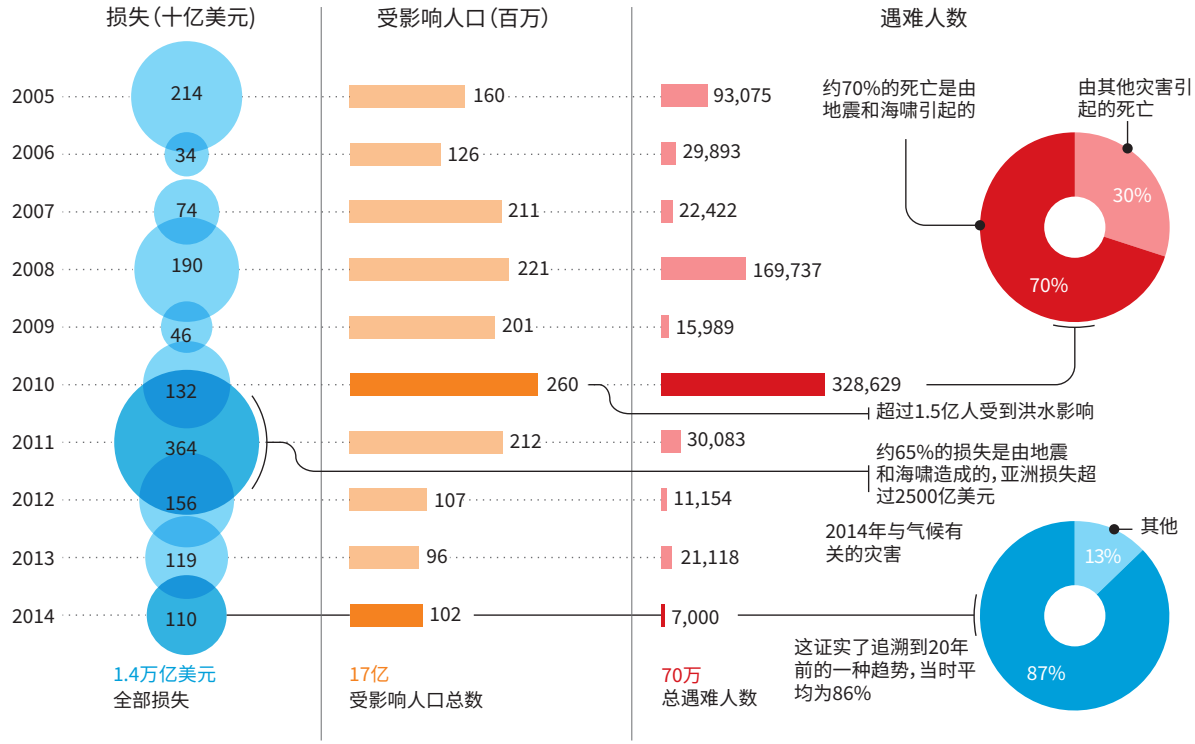
或许需要进行更根本的变革，例如“重新定义繁荣，将重点放在提高生活质量和改善所有人的健康状况上，同时尊重自然系统的完整性”（Whitmee等人，2015年）。这一观点与意图将《全球环境展望6》目标（即健康地球和健康人类）作为我们理解真正进步的核心产生共鸣。

4.2.2 环境灾难

当灾害破坏人类社区时，它们就变成了灾难。因此，这些灾难的后果与灾害本身的存在一样，也是人们生活在何处和如何生活的一部分（Sun，2016年，第30页）。这包括对气候的人为影响，但也包括由人类活动直接造成的灾难，如石油泄漏、核电站或其他危险设施的事故，甚至是由水力压裂和大坝建设引发的地震（Legere，2016年）。突发性灾难，如地震、海啸、滑坡、山洪暴发和严重风暴，与干旱、沙漠化、海平面上升和海岸侵蚀等缓慢发生的灾难不同。缓慢发生的灾难占全球灾难的90%，威胁增长、发展和生计（Lucard、Jaquemet和Carpentier，2011年）。发展与灾难风险密切相关；关于自然资源管理和发展途径的决策决定了脆弱性和暴露于一系列环境危害的模式。反过来，灾难会使发展成果倒退数年甚至数十年，从而造成巨大的社会和经济代价。从长期或短期来看，这些决策及其管理可以成为移居和流离失所的驱动力（英国政府科学办公室，2011年）。它们也会影响和平与安全（Schilling等人，2017年）。

环境灾难正在影响全球越来越多的人，并对社会和经济造成越来越大的损失，特别是在最贫穷的社区和国家。2005年至2015年间，环境灾难对30多亿人造成影响（灾害流行病学研究中心，2017年）。这在一定程度上是由于气候和水文气象灾害的频率和程度增加，如热带气旋、火灾和洪水。然而，社会和经济进程使更多人、基础设施和经济活动处于危险之中，从而增加了对灾害的暴露，大大增加了灾难风险。例如，从农村干旱地区向人口拥挤、规划不良的洪涝易发区沿海特大城市迁移，可能增加城市地区的死亡率、流离失所率、健康和灾难风险。

图4.1：过去十年中灾难对经济和人类的影响



资料来源：联合国减灾办公室（UNISDR），2014年

在某些情况下，灾难是由若干相互作用的灾害事件综合作用造成的。2011年发生在日本东北部的灾难就是这样一个例子：一系列连锁事件相继发生，包括地震、海啸和核电站事故，总共造成15893人死亡。这场灾难迫使35万多人长期流离失所（即流离失所一年以上），并造成估计2100亿美元的直接损失。灾难也对一些最脆弱的人口带来不成比例的影响；在日本东北部的灾难中，54%的遇难者是妇女和女孩，56%的遇难者年龄在65岁以上（Leoni，2012年）。到目前为止，它仍然是历史上最昂贵的环境灾难（Ranghiere和Ishiwatari编辑，2014年，第2页、269页、284页）。

灾难的后果是深远和持久的。仅2016年一年，118个国家就有2420万人因突发灾难成为新的国内流离失所者（境内流离失所监测中心，2017年，第10页）。他们的人数是因冲突和暴力而流离失所的人数的三倍（IDMC，2017年）。例如，菲律宾的降水冲击、干旱、洪水和风暴与冲突的显著加剧相对应（Eastin，2016年，第12页）。2015年，109个国家政府批准了《南森倡议》的保护议程，该议程是促进保护因灾难而流离失所者权利的关键工具。2016年成立的“灾难流离失所平台”负责监督落实2012年至2015年《南森倡议》的议程和后续工作（灾难流离失所，2017年）。在许多情况下，流离失所的驱动因素很难与其他不稳定因素区分开来。非洲联盟的《坎帕拉公约》是一项具有法律约束力的保护文书，保护那些因冲突、暴力和践踏人权以及灾难而流离失所的人，这是认识到这些相互作用的重要一步（非洲联盟，2009年）。

从过去的灾难中吸取教训，从灾难应对文化转向防灾、备灾和恢复力文化是当务之急。虽然许多国家在灾难发生后制定了诸如灾难应对和恢复战略等举措，但将预防、减轻和备灾作为全面减少灾难风险战略一部分的国家仍然相当少（Ranghiere和Ishiwatari编辑，2014年，第xv页）。《2015-2030年仙台减轻灾害风险框架》（联合国减灾办公室，2015年）为进一步改善减灾工作提供了新机遇。通过动员和确定投资的优先次序、加强政策和体制一致性、促进创新和技术发展、加强协同合作、将减少仙台减轻灾害风险框架风险纳入发展和气候变化适应工作的主流可以实现改善。

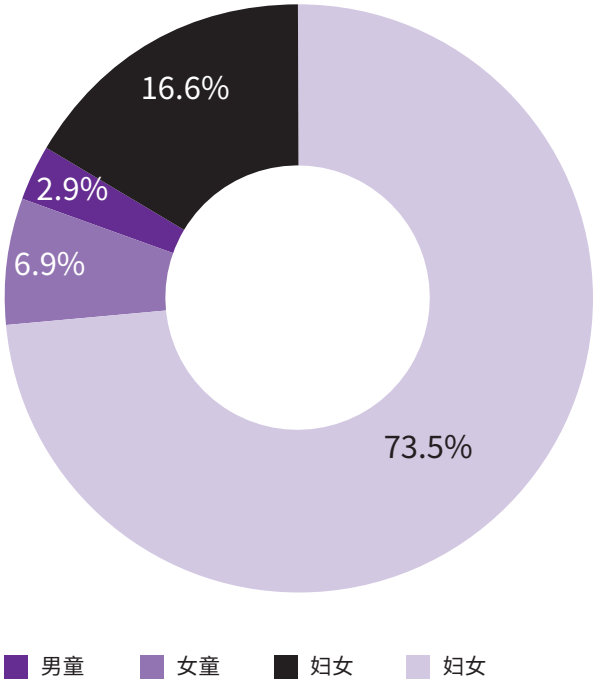
4.2.3 性别

性别方法通过社会关系及其在人与环境相互作用中的反映来重新定义环境状况，而不是主要以其物理或生态形式来定义环境状况。性别分析表明，虽然系统的环境问题通常表现在自然景观和生态系统中，但环境状况只能通过审查社会、文化及经济制度和安排来解释。这些结构是“性别化的”：它们由社会构建的角色和男女之间的关系塑造。例如，在《2010-2011年粮食及农业现状》中，关于“粮食系统”的第4.3.3段强调了妇女在农业中的作用（联合国粮食及农业组织，2011年）。

图4.2显示，妇女和女童在收集水方面的责任远远大于男子和男童（联合国促进性别平等和增强妇女权能署【UN，2015年；Sagrario和Willoughby，2016年；联合国环境规划署，2016a；世界卫生组织，2017年）。

由于忽视了妇女的贡献，对环境相关部门的经济价值评估往往严重失真（另见第4.1.3节）。例如，妇女在渔业中的经济工作仍被低估，一部分是因为渔业往往只被定义为使用专门设备在海上捕鱼，而这种捕鱼方式是高度男性化的（Harper等人，2013年；联合国环境规划署，2016a；Harper等人，2017年）。女性在渔业部门的任务主要集中在沿海捕鱼、鱼类加工和贸易，而且往往被忽视（Lambeth等人，2014年）。在本出版物中，还列举了性别与环境关系的一些其他例子。

图4.2：61个国家中收集水责任的百分比分布



资料来源：联合国儿童基金会和世界卫生组织（2017年，第30页）。

自20世纪80年代以来，性别和环境的学术和实践领域一直在发展，现已成为一个庞大而强劲的分析和评估领域（Skinner，2011年；Aguilar、Granat和Owren，2015年）。这一领域的早期方向集中于确定环境变化的性别差异影响（Dankelman和Davidson，1988年）。现如今，一个新兴的焦点是研究环境变化的驱动因素如何也被性别化，如何根植于社会构建的男性和女性规范，包括我们的经济、科学和技术（Harcourt和Nelson编辑，2015年；联合国环境规划署，2016a）。揭示环境动态的性别维度阐明了环境状况和趋势的新方面，并指出了可持续的转型途径和政策解决方案。《全球性别与环境展望》阐述了性别在大多数环境领域的重要性，首次对性别与环境的关系进行了全面的全球评估，并为《全球环境展望6》的性别分析提供了渠道（联合国环境规划署，2016a）。将性别视角应用于环境评估，还可使人们认识到环境利用和管理中其他社会维度和交叉点的相关性，如按阶级、种族或民族、种姓和年龄进行区分（Harris，2011年）。

最近研究认识到男性和女性在收集林产品方面的不同作用及其相关的不同知识体系（Sunderland等人，2014年；Chiwona-Karltun等人，2017年）。社区森林管理研究的证据表明，妇女参与环境评估和资源管理可以加强生态系统保护和自然资源的可持续利用（Agarwal，2010年；Agarwal，2015年）。

其他证据表明，当妇女在环境决策中享有平等发言权时，公共资源更有可能被用于人类发展优先事项和投资（Chattopadhyay和Duflo，2004年；联合国妇女署，2014年）。妇女更容易的获得和控制生产性农业资源有助于创造粮食安全和可持续生计（联合国粮农组织，2011年；联合国妇女署，2014年）。使用性别预算编制是促进两性平等筹资的另一个重要办法。可持续发展目标框架表明，如果不加强性别平等和赋予妇女权力，可持续发展不会推进，环境政策和倡议也不会奏效（联合国，2015a）。环境可持续性和公正对可持续发展目标5（实现性别平等和赋予所有妇女和女童权力）以及可持续发展目标1、4、8和10的性别目标做出重大贡献（Agarwal，2010年；联合国环境规划署等，2013年；Agarwal，2015年；联合国，2015b；Dankelman，2016年；联合国环境规划署，2016a）。虽然在所有其他可持续发展目标中都可以默认性别平等，但在与环境有关的可持续发展目标中几乎没有明确的性别目标和指标。

将性别观点纳入环境框架并不是简单地将“妇女”加入环境分析的问题。通过性别视角来看待环境给环境评估提出了新的、不同的问题，强调人与环境关系的不同层面，需要两性平等的方法论工具和方法，以及按性别分类的数据（Patt、Dazé和Suarez，2009年；Doss，2014年；Seager，2014年；Bradshaw和Fordham，2015年；Harcourt和Nelson编辑，2015年；Jerneck，2018年）。鉴于环境的困难状况、环境变化驱动因素的持续存在以及社

会所面临的社会和生态后果的严重性，性别一体化办法是实施更有效、更具变革性环境政策和干预措施的先决条件。

4.2.4 教育

可持续发展教育（ESD）是教育的一个关键领域，它可以实现性别平等、发展更健康和更可持续的生活方式、创造更和平的社会。然而，这需要人人享有教育机会和高质量的教育（联合国开发计划署，2016年；联合国教科文组织，2017a）。尽管为全世界所有儿童提供受教育的机会做出了一切努力，但并非所有儿童都能接受教育。“2015年，全球小学适龄儿童的入学率为91%”（联合国儿童基金会，2018年）。“2015年，有2.64亿中小学生和青少年失学：6100万小学学龄儿童（占年龄组的9%），6200万初中适龄青少年（16%），1.41亿高中适龄青年（37%）”（联合国教科文组织，2017a，第118页）。此外，性别平等仍然是一个重大挑战：“虽然在教育参与方面存在性别平等，但全球平均水平掩盖了国家之间的差距：只有66%的小学教育、45%的初中教育和25%的高中教育实现了性别平等”（联合国教科文组织，2017a，第182页）。可持续发展教育是教育的一个关键领域，其目的是使个人能够为促进可持续发展作出贡献。可持续发展教育的解放理念并不是促进特定的行为和思维方式（工具性方法），而是特别注重对专家意见的批判性反思，测试可持续发展的可能性，探索可持续生活方式的权衡（Wals，2015年；联合国教科文组织，2017b；Rieckmann，2018年）。它旨在使个人采取负责任的行动，为可持续社会的创建做出贡献，并让他们为颠覆性思维和共同创造新知识做好准备（Lotz-Sisitka等人，2015年；联合国教科文组织，2017b），也是为了探索和利用传统及本土知识。

可持续发展教育的总体目标是在学习者中发展跨领域的可持续性能力（Wiek、Withycombe和Redman，2011年；Rieckmann，2018年），为实现可持续发展目标做出重要贡献：它不仅仅教授所有人关于可持续发展目标是什么的知识，也传授他们为建设更可持续的社会做出贡献的能力，从而让所有人为实现可持续发展目标做出贡献（联合国教科文组织，2017b）。

解放的可持续发展教育方法指出学习者应具备哪些关键能力才能成为“可持续发展公民”（Wals和Lenglet，2016年），概述了可持续发展所必需的各种关键能力（例如Wiek、Withycombe和Redman，2011年；Rieckmann，2012年；Glasser和Hirsh，2016年；Wiek等人，2016年）——描述个人需要做些什么才能将自己的个人生活方式转变为更可持续的生活方式，并为社会向可持续发展转型做出贡献。在国际可持续发展教育讨论中，人们一致认为，以下关键能力对于思考和行动支持可持续发展具有特别重要的意义（联合国教科文组织，2017b；Rieckmann，2018年）：

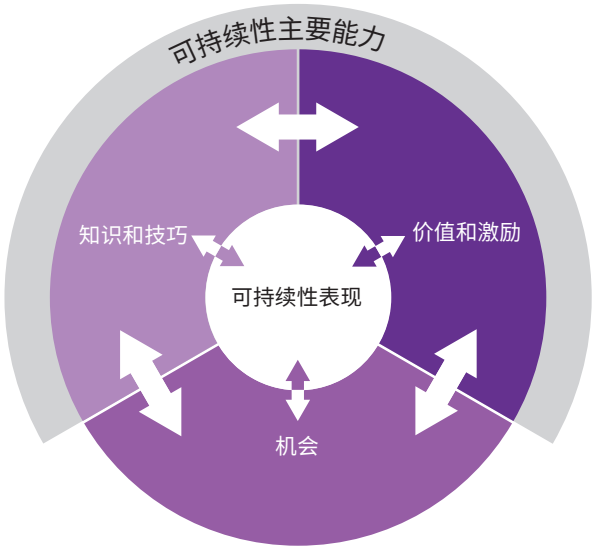
- 系统思考能力
- 预期能力
- 规范能力
- 战略能力
- 合作能力
- 批判思考能力
- 自我意识能力
- 综合问题解决能力

然而，虽然这些能力描述了行为的能力或倾向，但它们并不一定意味着个人在特定情况下以特定方式行事。以可持续性为导向的表现取决于知识和技能、价值观和激励驱动因素以及机会的相互作用（Biberhofer等人，2018年）。这些维度的相互关系影响个人行为（**图4.3**）。

可持续发展教育与其他跨领域问题直接关联。例如，它使人们能：

- “支持受气候变化威胁的人民”，以及“促进保护气候的公共政策”（联合国教科文组织，2017b，第36页）；
- “在他们国家发展可靠、可持续的能源生产、供应和使用愿景”，并“应用和评估措施，以提高个人领域的能源效率和充分性，并提高可再生能源在当地能源结构中的份额”（联合国教科文组织，2017b，第24页）；
- “传达可持续生产和消费实践的需要，并挑战文化和社会导向”（联合国教科文组织，2017b，第34页）；

图4.3：可持续性公民的主要能力和表现



资料来源：Rieckman（2018年

- “反思自己的性别认同和性别角色”，以及“规划、实施、支持和评估性别平等战略”（联合国教科文组织，2017b，第20页）。

可持续发展教育是教与学的核心，不应被视为对现有课程的补充。“将可持续发展教育纳入主流需要将可持续性主题纳入课程，也需要与可持续性相关的预期学习成果”（联合国教科文组织，2017b，第49页）。由于可持续性能力无法教授或传达，只能由学习者自己开发，因此需要一种以行动为导向的变革性教学法（Mindt和Rieckmann，2017年；联合国教科文组织，2017b；Rieckmann，2018年）。除正规教育课程外，还应通过非正规教育和非正式教育来促进可持续发展教育。社区参与和地方学习也可以发挥重要作用，特别是将传统知识和本地知识纳入学习过程。

在联合国可持续发展十年教育（2005-2014）（DESD）期间，世界各地在所有教育部门实施可持续发展教育方面取得了重大进展（例如McKeown，2015年；Watson，2015年）。对可持续发展十年教育的监测和评价显示出许多将可持续发展教育纳入课程的好例子。对官方课程文件的审查表明，“许多国家现在把可持续性和/或环境主题作为教育的总体目标之一”（联合国教科文组织，2014年，第30页）。在制定中小学教育可持续发展教育课程方面取得了很大进展。“将近40%的会员国指出，它们在可持续发展十年教育方面取得的最大成就是将可持续发展教育纳入正式课程，另有五分之一的会员国认为具体的学校项目是它们对可持续发展教育做出的最重要贡献”（联合国教科文组织，2014年，第82页）。在高等教育中实施可持续发展教育也取得了良好进展（Karatzoglou，2013年；Lozano等人，2015年）。欧洲尤其如此，与世界其他地区相比，欧洲对高等教育机构的可持续发展一体化有着更强烈的兴趣（Lozano等人，2015年；Barth和Rieckmann，2016年）。

然而，为了将可持续发展教育作为教育体系结构的核心要素，仍然需要对可持续发展教育进行升级（Singer-Brodowski等人，2018年）。2014年在日本爱知县名古屋举行的联合国教科文组织世界可持续发展教育大会上发起的《可持续发展教育全球行动计划》有五个优先领域：

1. 推进政策；
2. 改变学习和培训环境；
3. 建设教育工作者和培训者的能力；
4. 赋权及动员青年；以及
5. 加快地方层面的可持续解决方案。

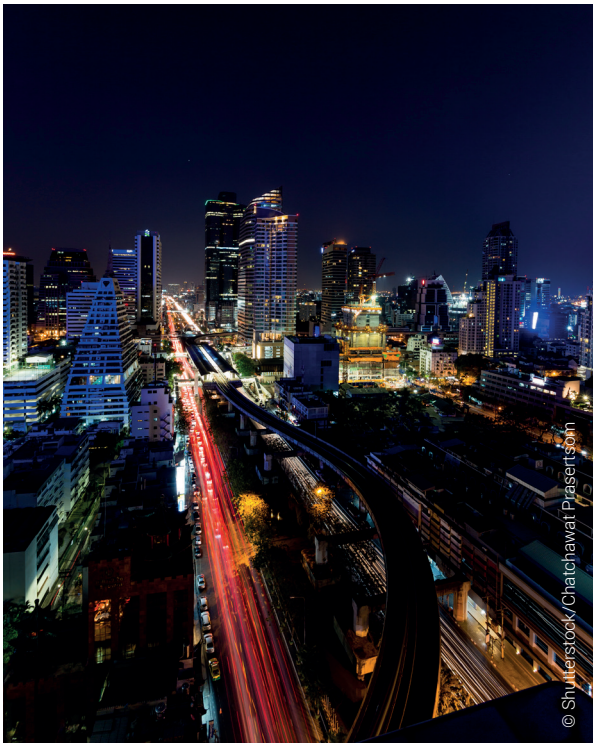
该计划致力于在联合国可持续发展十年教育的基础上扩大可持续发展教育的规模（Hopkins，2015年；Mickelsson、Kronlid和Lotz-Sisitka，2018年）。在这方面，特别重要的是将可持续发展教育更多地纳入（职前和在职）教师教育。“为教师实施可持续发展教育所作的准备工作尚未取得足够进展。还需要做更多的工作，重新定位教师教育，使其在内容和教学方法上接近可持续发展教育”（联合国教科文组织，2017b，第51页）。为了实现教师教育向可持续发展方向的转变，有必要在国家、地区和地方政府、非政府组织、大学和其他参与教师教育的教育机构之间建立战略机构联盟。扩大可持续发展教育面临的进一步挑战包括：

- 将可持续发展教育融入政策、战略和计划；
- 将可持续发展教育融入课程和书本；
- 在课堂和其他学习环境中提供可持续发展教育；
- 以及改变评估可持续发展教育学习成果和可持续发展教育计划质量的方法（联合国教科文组织，2017b）。

为了使所有学习者都能从可持续发展教育中受益并发展可持续性能力，需要制定政策，消除获得教育机会面临的经济和性别障碍。

4.2.5 城市化

如第2.3节所述，城市化是塑造全球经济、环境、地球和人类福祉的主要驱动因素。世界上大约54%的人口居住在城市地区，这些地区的国内生产总值（GDP）总和占世界总GDP的80%以上（联合国人类住区规划署，2011年；联合国人类住区规划署，2016a）。到2050年，约有67亿人——约占世界97亿人口总数的66%——将居住在城市，在大约40年的短时间内城市人口将增加31亿（联合国，2018年）。虽然世界各个区域（极地区域除外）将继续城市化，但未来城市人口增长的90%预计将发生在非洲和亚洲（联合国人类住区规划署，2014年）。


© Shutterstock/Chatchawat Prasertsom

城市是创新的中心。从历史上看，随着GDP与城市人口数量的线性增长，城市经历了规模经济（Bettencourt，2013年）。通过接近和活动强度实现创新和创造财富的能力是吸引移民进入城市的特征之一（国际移民组织，2015年），并且这将导致到2050年城市人口的扩张（**图4.4**）。然而，城市的财富并没有在全球平均分配，600个城市的GDP就占了全球GDP的62%以上（联合国人类住区规划署，2011年）。

城市内部也存在严重的不平等，预计2050年将有20亿至30亿人（占城市人口的35%至50%）居住在非正式定居点，这一数据实在惊人（联合国人类住区规划署，2014年；联合国人类住区规划署，2016a；联合国人类住区规划署，2016b）。城市化与较低的生育率、较长的预期寿命、更好地获得基本物质基础设施和诸如教育和保健等社会福利有关。然而，不平等、犯罪和社会排斥正成为许多城市地区的特点，由于许多移徙者来自农村，这些地区的生活条件正在恶化（联合国，2014年）。

城市在社会包容和改善基本物质服务供应方面面临巨大挑战。能源、水、建筑、交通和通讯、食品、公共空间和废弃物管理成为塑造城市对人类，环境和地球的影响的关键因素。

当代城市化的等级、规模和范围现已大到影响到全球资源流动和地球周期。城市化正在影响整个地球，而不仅仅是被定义为城市的地区。通过贸易、移民和基础设施网络，城市对自然环境的影响远远超出了它们的行政边界（Wiggington等人，2016年）。例如，尽管直接占据的世界陆地面积只有3%，但城市能源供应占世界能源相关碳排放的70%以上（Seto等人，2014年）。城市的直接供水给全球42%的流域带来压力（McDonald等人，2014年）。此外，提供给城市的食物中所含的水超过城市地区直接需水量的十倍以上（Ramaswami等人，2017年）。

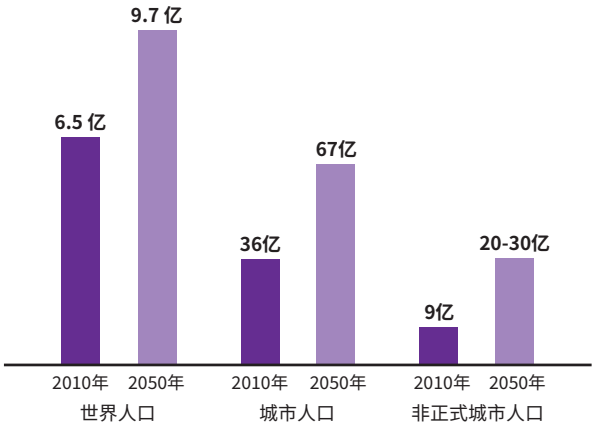
城市足迹代表了城市对自然资源和环境的有界和跨界影响，对于描述不同城市活动的后果（例如家庭消费、生产和整个社区的基础设施供应）以及为实现可持续的未来绘制道路方面至关重要。在一些地区，城市地区正在去密度化：城市人口在增长但人口密度在下降，这导致城市土地扩张，在生态敏感地区这可能导致栖息地破碎化，并导致大规模的生物多样性丧失（Seto、Guneralp和Hutyra，2012年）。

城市还面临着管理和技术变革的机遇。2050年容纳城市人口所需的城市面积约有60%尚未建成（《生物多样性公约》秘书处（SCBD），2012年）。一旦建成，它将持续至少40年。城市结构的基础（如街道网络、街区）“可以长期影响和锁定能源需求”（Seto等人，2016年）。

与此同时，发达经济体的现有城市正在修复或替换老化的基础设施。发达国家和发展中国家的城市都即将进行几项基础设施革新，以增进公平、资源效率和环境可持续性。这些创新包括共享流动的新战略、原地贫民窟恢复，城市水管理的“同一水体（One-Water）”方法，基于通过循环经济进行可持续生产和消费的城市—工业共生，用于公共交通和私人旅行的电动和自主车辆，以及实现脱碳和弹性电网的分布式可再生能源。世界各地的城市都在试验涉及技术、人类行为、融资和新型治理安排的基础设施。这为建设包容性和可持续基础设施提供了历史性机遇和必要性（联合国环境规划署，2013a）。成功的城市化依赖于人力和基础设施资产。

城市地区通过生育率和迁徙继续驱动经济增长，城市人口和规模也将继续扩大。这可能导致城市的影响提升，但每生产单位和人均的影响可能降低。正如本报告第2.3节所述，迫切需要理解和解决一些新的挑战和机遇。如本报告B部分所强调的，这既关乎治理又关乎技术（联合国环境规划署，2017年）。

图4.4：世界城市化趋势



资料来源：阐述依据（联合国人类住区规划署，2014年；联合国人类住区规划署，2016a；联合国人类住区规划署，2016b；联合国，2018年）

4.3 不断变化的环境

4.3.1 气候变化

如第2.7节所述，气候变化是由于土地利用变化（主要是森林砍伐）和温室气体（GHG）排放导致的大气成分变化所致，例如通过化石燃料燃烧排放的二氧化碳和农业及其他来源释放的甲烷，以及气溶胶颗粒的排放（Vaughan等人，2013年）。当前全球气候变化的证据是明确的（Vaughan等人，2013年）。

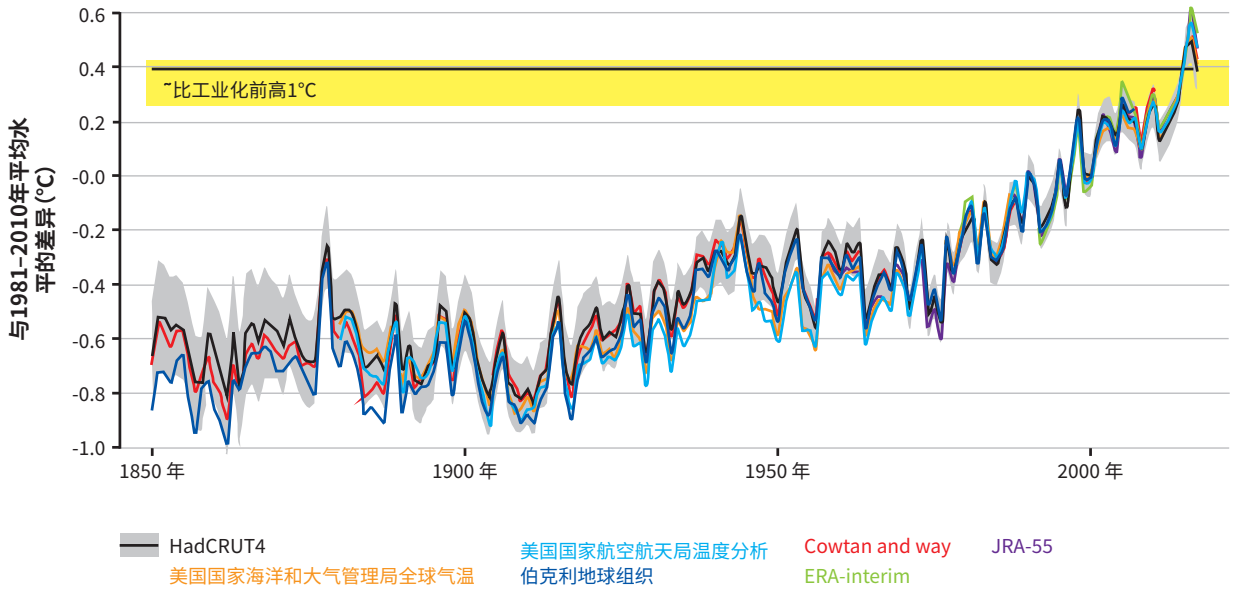
有记录以来最热的10年有8年发生在过去10年（美国国家海洋和大气管理局，2018年）。2016年是仪器观测史上最热的一年（美国国家海洋和大气管理局，2017年），2017年是没有厄尔尼诺影响最热的一年（美国国家海洋和大气管理局，2018）。因此，全球变暖已达到比工业化前水平高约1.0±0.2°C（**图4.5**，Haustein等人，2017年；Yin等人，2017年）。

目前的温室气体排放速度如果持续下去，将导致目前全球气温上升的速度（每10年上升约0.2°C）继续下去（如Haustein等人，2017年），到本世纪40年代将超过《巴黎协定》设定的1.5°C的目标（Leach等人，2018年）。虽然不是不可能实现，但将升温限制在1.5°C的目标需要根本性的变化，从而带来温室气体排放的大幅减少，并加速向碳中和过渡（Schellnhuber、Rahmstorf和Winkelmann，2016年），这需要平衡剩余的人为源二氧化碳排放和人为源二氧化碳去除。

气候变化通过改变降水模式和季节来改变水循环。总的来说，干旱地区正在变得更加干旱，而潮湿地区正在变得更加潮湿（Trenberth，2011年；政府间气候变化专门委员会，2014年；Feng和Zhang，2015年），但也有很多例外。此外，温暖空气的储水能力增加，导致更极端的暴雨袭击频率降低（Trenberth，2011年）。较高的温度增加了蒸发蒸腾速率，并将降水从降雪转为降雨。较温暖的大气也控制冰川的增长、融化和排放（Bliss、Hock和Radic，2014年）。这些水文变化决定了河流的流量以及早春洪水和夏季干旱的风险（Seneviratne等人，2012年；Cook等人，2014年；Kundzewicz等人，2014年）。流量模式的变化改变了水的可用性，同时，更高的温度增加了农业、工业和家庭用户的需求和竞争（Hanjra和Qureshi，2010年；Jiménez-Cisneros等人，2014年）。

海洋在气候调节方面发挥着重要作用，自1955年以来，海洋储存了地球系统吸收的93%的额外热量。在此期间，陆地吸收了3%的热量，冰又吸收了3%，大气只吸收了1%（IPCC，2013年；Levitus等人，2012年）。海水的热膨胀导致观测到的海平面上升，这在过去的二十年里一直在加速；即使全球变暖限制在1.5°C以内，这种趋势也将持续到未来（Schewe、Levermann和Meinshausen，2011年）。海平面上升增加了风暴潮对脆弱的小岛、沿海社区和暴露在外的基础设施造成的风险。海洋也从大气中吸收二氧化碳。据估计，自工业时代开始以来，人类活动向大气排放的所有二氧化碳中，约40%被海洋吸收（IPCC，2013年；Khatiwala等人，2013年），导致海水pH值降低（酸化），这被称为“另一个二氧化碳问题”（Caldeira

图4.5：全球年平均气温异常情况（相对于1981-2010年的长期平均值）。标签指明不同的数据集；有关解释，请参阅资料来源



资料来源：英国政府气象局（2018年）。

和Wickett，2003年；Doney等人，2009年）。这种海洋酸化与水温升高和缺氧过程相结合，改变了海洋生态系统（Achterberg，2014年），最明显的是珊瑚白化（见第7章）：当共生藻类从珊瑚礁中被驱逐出去，它们的生产力便被降低或终止（Fabry等人，2008年）。

据估计，陆地生态系统吸收了约20%的化石燃料二氧化碳排放（Arneth等人，2017年）。通过碳施肥，大气中二氧化碳浓度的增加最终可能有利于一些C3类作物，包括小麦和豆类（McGrath和Lobell，2013年）。如果土壤和降水特征合适，气温升高可能会给高纬度地区带来产量增长（IPCC，2014年）。全球70%的农业是靠雨水养活的，不断变化的降雨模式可能对某些地区有利，但气温升高通常会导致水资源紧张，从而限制产量（Lobell、Schlenker和Costa-Roberts，2011年；Challinor等人，2014年）。尽管当地产量可能增加，但在全球水平上，由于干旱和高温胁迫的风险增加，预计产量将受到影响（Schlenker和Roberts，2009年；Lobell和Gourdji，2012年；Jiménez-Cisneros等人，2014年；Porter等人，2014年）。此外，气候变化以及大气中二氧化碳浓度上升的直接影响也被证明有利于入侵植物物种（Ziska和Dukes编辑，2014年）。

气候变化也影响森林生产力，包括干旱、野火、昆虫、病原体和风暴带来的压力增加（Williams等人，2013年；联合国政府间气候变化专门委员会，2014年）。然而，考虑到影响因素的复杂性，碳肥对森林生产力的影响尚不清楚（Norby等人，2016年）。结合其他人类压力（如栖息地破坏），气候变化会影响遗传、物种和生态系统层面的生物多样性。季节变化会打乱妊娠、分娩、冬眠、资源可用性和最佳生产力的时间。有能力的物种正在改变它们在在陆地、淡水和海洋上的活动范围、模式和相互作用（联合国政府间气候变化专门委员会，2014）。传染病在动植物和人类中的分布可能发生变化（Lafferty，2009年）。

气候模式的变化和极端事件（如热浪和干旱）以及包括作物歉收在内的环境破坏对人类健康和生存造成了更大的风险，在贫困和最脆弱的群体中尤为如此（Smith等人，2014b）。气候变化也在影响化学毒物的毒性、环境命运和行为，因为它改变了大气、水、土壤/沉积物和生物群之间划分的物理、化学和生物驱动因素、湿/干沉积和反应速率，可能对生物多样性和人类健康产生不利影响（Noyes等人，2009年）。最近的研究调查了发展中国家的气候变化和贫困之间的联系。一般而言，发展中国家的农村家庭依赖农作物、森林开采和其他收入来源以维持生计，这些收入来源往往对气候变化极为敏感（Wunder、Noack和Angelsen，2018年）。贫困人口更容易受到极端气候条件的影响，并经历更大的降雨波动，而干旱地区最贫困人口的森林损失最大（Angelsen和Dokken，2018年）。贫困人口经常不成比例地遭受干旱和洪水，尤其是在城市地区和非洲许多国家（Winsemius等人，2018年）。较贫穷的家庭往往位于炎热国家的较热地区，较贫穷的个人更有可能从事国内外温度较高的工作（Park等人，2018年）。预计到本世纪末，全球劳动生产率可能下降40%（Dunne、Stouffer和John，2013年）。

气候继续发生变化，人们越来越了解它对自然和人类系统的影响。人口迁移和流离失所等社会反应加剧了健康风险和对地缘政治稳定的威胁（Adger等人，2014年）；正如政府间气候变化专门委员会《全球升温1.5°C特别报告》第3章和第5章所详细描述的那样，当气温持续上升超过1.5°C时，这些风险就会增加（联合国政府间气候变化专门委员会，2018年）。将观测到的变暖趋势限制在1.5°C需要政策、技术和社会目标方面的转型变革。

4.3.2 极地和山区

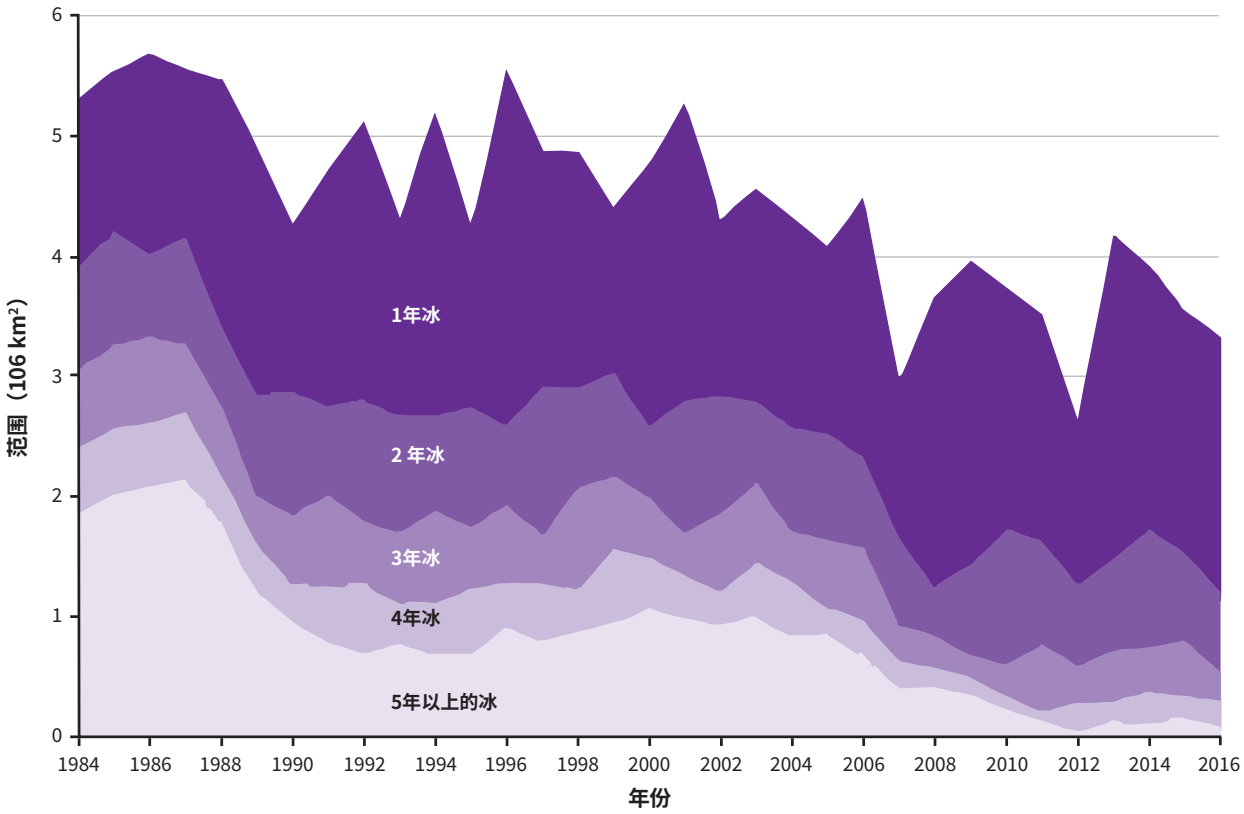
极地地区覆盖了地球表面约20%的面积，包括格陵兰岛和南极洲的冰盖，在全球气候系统中发挥着重要作用。陆地和海冰不仅由于其高反照率或反射率而调节着气候系统的能量平衡，而且还可以记录气候信息。北极和南极不仅是全球气候进程的引擎，也是气候变化的领头羊，因为它们所在的高纬度地区气候变暖正在加剧（Taylor等人，2013年）。在高海拔地区，气候变暖也会加剧，因此山区可以作为“第三极”纳入讨论（Pepin等人，2015年）。

加剧的气候变暖影响到极地气候系统的各个组成部分。北极海冰的面积和体积正在缩小（**图4.6**）。永冻层正在融化，释放出包括二氧化碳在内的温室气体，积雪面积正在减少。冰盖和高山冰川继续减少，导致海平面上升，威胁到各个纬度的沿海地区（Vaughan等人，2013年）。这些变化对极地和高海拔地区的生态系统以及生活在那里的人们产生了影响。特别是北极地区环境和社会经济条件的变化，通过气候系统内的远程联系（Francis、Vavrus和Cohen，2017年）以及密切的地缘政治联系，对南部的环境和人口带来影响。事实上，极地地区的政治战略性越来越突出。从碳氢化合物到钻石，北极地区的资源已经被开采和开发（Dodds，2010年；Ruel，2011年），南极正成为各国关注未来潜在资源开采的战略重点地区。与此同时，北极和南极（有一项条约专门致力于南极大陆的和平与科学合作）是和平国际协调和加强环境合作的典范，针对它们的管理体系可以成为其他区域环境保护的样本。

由于超高密度南极底水和北大西洋深水（它们是热盐环流的重要贡献者）的形成，与全球气候调节相关的极地地区生态系统服务得到进一步加强。高纬度地区较冷的海洋，特别是南大洋，也是着重要的碳汇和高海洋生产力的地区。

1 利用C3光合作用的植物（所有植物的85%）在炎热，干燥的条件下具有缺点。C3作物包括小麦、大米、大豆和许多其他作物。

图4.6:北极海冰的年龄和范围



资料来源:美国国家冰雪数据中心(2017年)。

它们在高纬度地区的粮食生产中发挥重要作用,需要通过诸如北大西洋渔业组织和南极海洋生物资源保护委员会等机构进行认真管理。一些高纬度渔场在上个世纪受到捕捞活动的显著影响,大西洋鳕鱼渔场的崩溃就是一个突出的例子(Villasante等人,2011年)。

地球上超过70%的淡水被冻结在极地的冰中。如果释放,储存在格陵兰冰盖中的水将导致海平面上升7.4米,南极冰盖的水会导致上升58.3米,存储在所有高山冰川中的水将导致上升0.4米(Vaughan等人,2013年)。在气温升幅限制在2°C以下的情况下,全球海平面仍将平均上升0.4至0.6米。如果一切照旧,到21世纪末平均海平面将上升0.7至1.2米(Horton等人,2014年)。政府间气候变化专门委员会(IPCC)的最新报告和多项独立科学研究表明,山地冰川和极地冰盖的质量已经在下降,平均每年造成的海平面上升相当于1.85毫米(Bamber等人,2018年)。

随着季节性冻土融化、冰山崩解、冰川和冰盖融化及其他河流流量向海洋输送的淡水越来越多,泥沙、碳等营养物质的增加将影响极地海洋食物链的初级生产力。高等生物的食物来 源和质量将发生变化,与冰相关的藻类产生的初级生产力将大大降低,因此营养水平较高的物种(如磷虾和鱼类)将受到挑战(Alsos等人,2016年;Frey等人,2016年)。再加上入侵物种转移到可以忍受的新环境和它们的潜在威胁,人类必须适应新的经济和文化生活,并可能导致冲突,尤其是在资源利用、治理、文化问题和海洋保护区等方面(北极动植物保护工作组(CAFF)、北极海洋环境保护(PAME),2017年)。世界上几乎所有的冰川都在减少,有些冰川将在未来几十年内消失(Kaltenborn、Nellemann和Vistnes编辑,2010年;Vaughan等人,2013年)。超过10亿人依靠山地冰川获取水源,其中大部分人生活在亚洲,亚洲约有10万平方公里的冰川(Yao等人,2012年)。超过2亿人依赖兴都库什-喜马拉雅山脉的水,下游还有数亿人受到当地水源可靠性下降和冰湖溃决洪水等灾害增加的影响。预计到2050年,恒河、雅鲁藏布江和湄公河流域的径流将会减少。与此同时,兴都库什-喜马拉雅地区的水流变化可能会更大,季风前几个月的水量会更多,从而导致更多的洪水和干旱。安第斯山脉的径流已经在减少。温度和降水的变化将影响农业、水资源和健康(Shrestha等人编辑,2015年)。

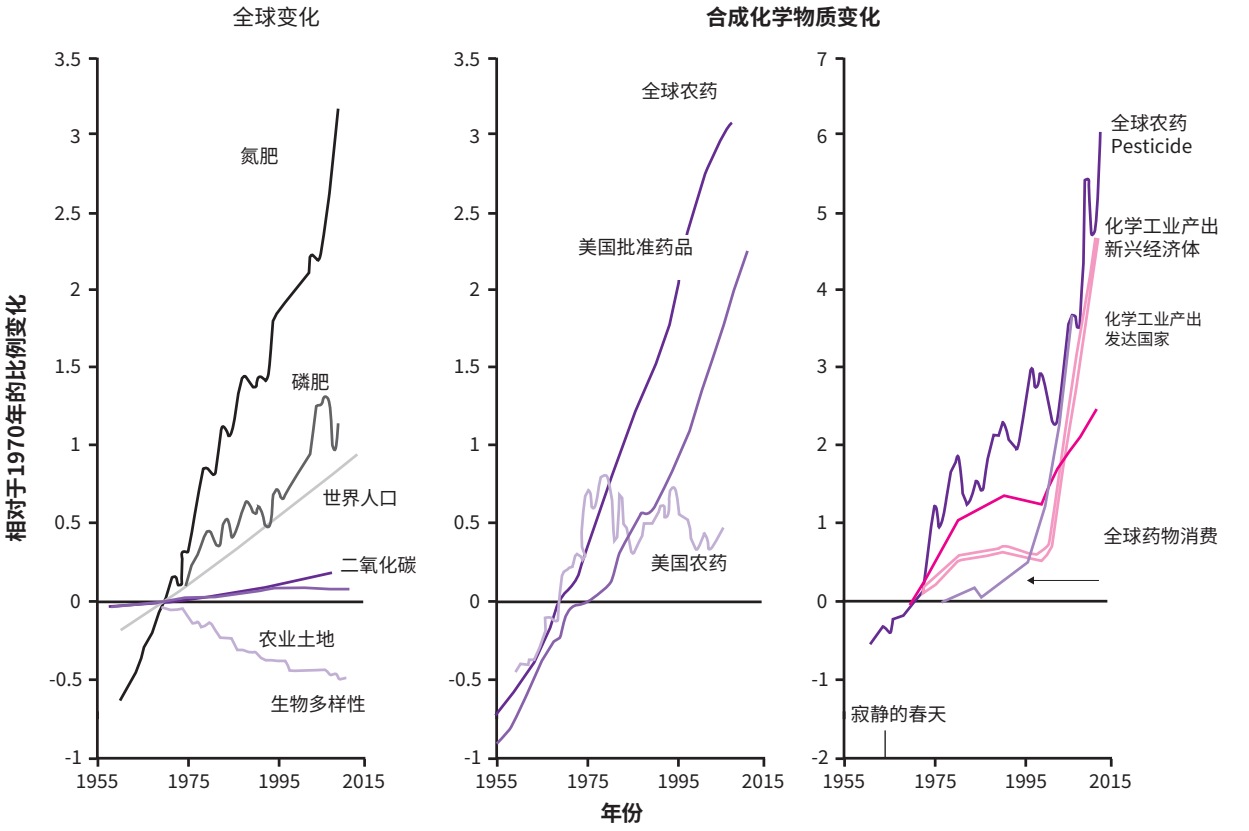
对新现实的进一步调整将保证对越来越多的污染物做出反应，这些污染物经过长距离传输并在极地地区积聚。尽管当地工业来源很少，但几十年前在这些偏远地区发现了持续的环境污染物，并通过极地食物链对当地居民和环境构成了严重威胁（Andrew，2014年）。海冰融化将导致北极地区不再被冰覆盖的持久性有机污染物的空气—水交换。同样，极地和高山冰川、冰盖和冰架以及永久冻土的融化也将释放出持久性有机污染物和汞，使这些有害化合物的空气—土壤进一步交换成为可能（北极监测和评估计划，2015年；Sun等人，2017年）。由于新法规的出台，许多持久性有机污染物的水平正在下降，但新的化学品引起了人们越来越多的关注，比如有机磷基阻燃剂、邻苯二甲酸盐、一些硅氧烷和一些目前使用的农药（北极监测和评估计划，2017年）。同样，现在世界上所有的海洋中都检测到了微塑料（Thompson等人，2004年；Browne等人，2011年），包括深海沉积物（Barnes、Walters和Goncalves，2010年），甚至是北极海冰（Thompson等人，2004年；Browne等人，2011年；Ivar do Sul和Costa，2014年；Obbard等人，2014年；Isobe等人，2017年；Waller等人，2017年）。需要更多研究来追溯南极的微塑料分布和影响，但已经证实它们存在于南大洋（Isobe等人，2017年；Waller等人，2017年）和罗斯海（Cincinelli等人，2017年）。

生活在高纬度和山区的人很容易受到空气污染、使用变化和其他因素的综合影响，以及气候变化的威胁。然而，这些地区的人们，尤其是在北极和山区居住了数千年的本地居民，对他们的环境有着丰富的知识，这为有效的适应策略提供了至关重要的见解（Magga等人编辑）。2009年；Nakashima等人，2012年）。

4.3.3 化学物质

现代社会在人类经历过的化学密集程度最高的环境中生产和生活。据估计现代社会市场上现有超过10万种化学品（欧洲化学品管理局，2018年），而现在化学污染被认为是全球威胁（Barrows、Cathey和Petersen，2018年）。常见的化学品包括医药和兽药化学品、杀虫剂、抗生素、阻燃剂、增塑剂和纳米材料（Tijani等人，2016年）。即使是几代人在农业和工业中使用的更常见的化学品，现在也被如此密集地使用，而且浓度如此之高，因此需要负责任的监测和评估方案（**图4.7**）（Bernhardt、Rossi和Gessner，2017年）。

图4.7：化学物质强度，1955-2015年



资料来源：Bernhardt、Rossi和Gessner（2017年）。

全球化学污染已成为需要采取紧急行动的问题：所有相关研究都呼吁各国政府和工业界更积极地参与并开展更多的调查工作，全球变化评估和呼吁中也认识到了这一问题的存在（联合国环境规划署，2012年；Stehle和Schulz，2015年；Bernhardt、Rossi和Gessner，2017年）。然而，化学负荷的同化能力在很大程度上被归类为未确定的，然后被忽视，甚至在努力激发人们对地球环境问题的关注时也是如此（Diamond等人，2015年；Steffen等人，2015年）。化学污染的全球层面表现为这些物质扩散到地球上最偏远的环境，包括极地地区（Andrew，2014年）、高的山峰（Ferrario、Finizio和Villa，2017年）和最深的海洋：在太平洋马里亚纳海沟10000米以上的动物群中发现了持久性有机污染物（Jamieson等人，2017年）。然而，发达国家目前正在努力执行定期监测方案，以减轻化学品（特别是农药）对人类和环境健康的影响（Brouwer，2018年）。

一些具有持久性、毒性和生物累积性、可能长距离传输的化学物质被列入国际公约，如《斯德哥尔摩公约》（持久性有机污染物）和《水俣公约》（汞），但科学证据表明，更多定期用于商业用途的化学品具有与受管制的持久性有机污染物相同的特性（Strempel等人，2012年）。无数新化学品以及未被充分了解的旧化学品，即使有造成不良影响的嫌疑，也完全没有受到监管（Petrie、Barden和Kasprzyk-Hordern，2015年；Ferrario、Finizio和Villa，2017年）。

药品通常从开始制作到使用之后都处理不当，全球河流水域报告了200多种不同物质（Petrie、Barden和Kasprzyk-Hordern，2015年）。由于抗菌药物管理不善，抗药性细菌已经进化和传播（Marti、Variatza和Balcazar，2014年；Grenni、Ancona和Caracciolo，2017年）。最近的研究表明，在同一污染水库中常见的重金属和其他污染物存在的情况下，病原体中抗菌素耐药性的发展在较低的暴露浓度下得到了加速和实现（《柳叶刀全球健康》，2018年）。这些污染物在自然环境中的存在是由于污水处理厂排放的废水无法有效去除这些危险化合物（Petrie、Barden和Kasprzyk-Hordern，2015年）以及它们在农业生产中使用不当，在畜牧业中尤为如此（Hamscher和Bachour，2018年）。

一些内分泌干扰化学物质的影响尤其令人担忧，因为它们可能对人类和野生动物的健康产生多代影响（Gore等人，2015年）。内分泌活动或破坏与多种化合物有关，包括一些持久性有机污染物（Kabir、Rahman和Rahman，2015年）和工业化学品（联合国环境规划署、世界卫生组织，2013年）。它们存在于许多旨在干扰生物体生命周期的杀虫剂中，并因这些能力而受到高度重视（Gore等人，2015年）。内分泌紊乱的可能性也被归因于某些存在于塑料制品中的化学物质（Schug等人，2016年）。

日常生活中使用的产品可能含有有毒化合物，干扰人类和环境健康，包括化妆品、塑料容器、家用清洁剂和杀虫剂。解决产品中的化学品问题可以通过绿色和可持续的化学努力为创新提供新的机会，并可以成为改善可持续消费和生产模式以及生命周期思维的宝贵机会。将循环经济模型应用于化学生产和消费，可以从初级原料的提取到人们使用的物质和产品的设计、配方、生产、使用和最终处理，建立一定的控制措施（Roschangar、Sheldon和Senanayake，2015年）。日常产品中的化学品以及内分泌干扰物和纳米材料已被确定为国际化学品管理战略方针（SAICM）（联合国环境规划署，2013b）下的新兴政策领域。发展中国家农业实践中使用的极具危险性的农药是SAICM处理的另一个问题：替代方法依靠农业生态实践来促进以有害生物管理方法和风险较小的产品替代危险农药（粮农组织和世界卫生组织，2016年），以及减少需求和使用非化学替代品。

纳米技术通过降低材料的颗粒大小并增加其反应活性，可能会赋予材料一些有趣的特性，但这些特性可能是有毒的（Schulte等人，2016年）。纳米颗粒对人体和环境的毒性仍然存在许多问题，但将一定大小和形状的纳米材料与石棉进行比较，表明了两者具有类似的毒理学潜力（Nagai和Toyokuni，2012年；Allegri等人，2016年）。

甚至在某些区域被认为受到控制的物质也可能在发展中国家使用，而没有关于健康和安全问题以及适当使用的指导。《全球化学展望》（联合国环境规划署，2013b；联合国环境规划署，2013c）估计，2015年至2020年，假设持续存在农药管理能力不足的情况，撒哈拉以南非洲地区小农与健康有关的农药总成本（不采取行动的成本）为900亿美元。

除了了解化学物质随时间的累积效应外，进一步研究评估化学混合物的综合效应至关重要。同样，需要更多关于接触某些化学品与相关健康影响之间因果关系的信息（《柳叶刀行星健康》，2018年）。促进更安全和可持续的化学品替代品，特别是塑料的可生物降解替代品，以及健全的摇篮到摇篮化学品管理是必不可少的。现在已经有了各种机构和工具，通过联合国机构进行协调是SAICM的一个目标。如果在未来几十年内不采取措施消除环境的毒素并创造一个安全的化学品未来，全球社会将为此付出高昂代价（联合国环境规划署，2013c）。

4.3.4 废弃物和废水

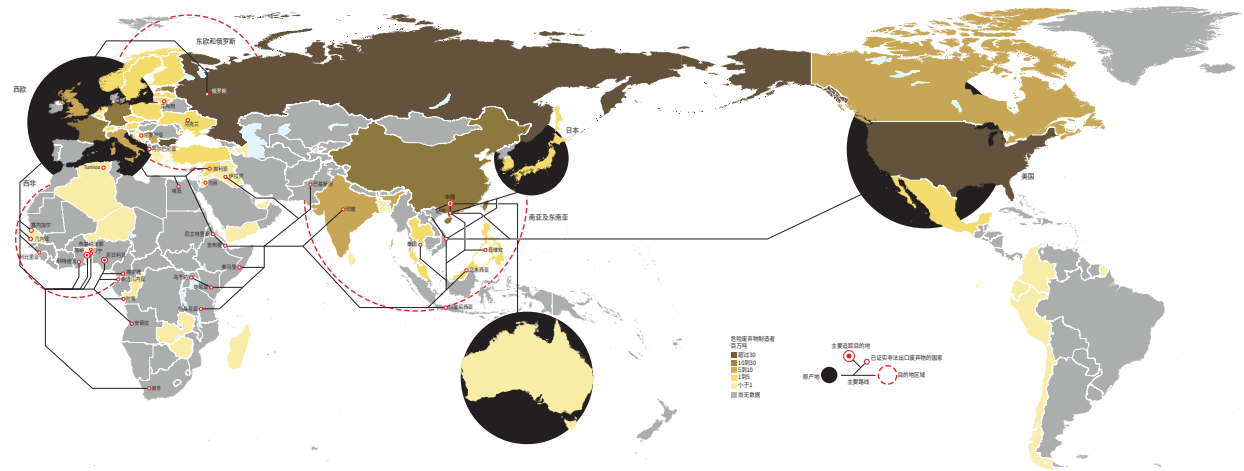
《全球环境展望6》(联合国环境规划署，2015年)估计，包括城市固体废弃物、商业和工业废弃物、建筑和拆除废弃物在内的“城市”废弃物总量约为每年70-100亿吨。发达地区的废弃物产生率正在稳定下来。然而，预计亚洲和非洲在下个世纪将为全球制造大量废弃物(联合国环境规划署，2015年)。

《全球环境展望6》强调了为其准备的区域评估中一致提到的全球废弃物管理挑战，并在《全球废弃物管理展望》(联合国环境规划署，2015年)中优先考虑。其中包括食物浪费、海洋垃圾、废弃物贩运和犯罪以及发达国家和发展中国家之间日益扩大的废弃物管理差异。

每年约有三分之一供人类消费的粮食被浪费或丢失，造成7500亿至1万亿美元的财政损失(联合国粮食及农业组织，2013年；联合国粮食及农业组织，2015年；联合国环境规划署，2015年)。这些浪费的粮食可以养活20多亿人，是全球营养不良人口估计数字的两倍多(联合国粮食及农业组织，2013年)。粮食损失和浪费导致不必要的温室气体排放，2007年估计为33亿吨二氧化碳当量，约占当年全球温室气体排放总量的9%(联合国环境规划署，2015年)。这一估计数没有考虑到土地利用变化造成的温室气体排放。考虑到土地使用的变化，食品废弃物产生的温室气体排放量将增加25%至40%。即使不考虑土地使用的变化，如果粮食损失和浪费都发生在一个国家，它将成为世界上二氧化碳排放量第三大的国家(联合国粮食及农业组织，2013年)。

随着全球对资源需求的增加，废弃物市场已成为一个可行的经济部门，从收集到回收，每年估计有4100亿美元。在安全处置危险废弃物的费用日益增加、环境法规和执法薄弱以及资源日益短缺的情况下，市场为贩运废弃物和非法活动创造了机会。这在向发展中国家非法出口的大量危险废弃物中表现得很明显，这些废弃物有可能造成重大的置换性影响(**图4.8**)(Rucevska等人，2015年)。非法贩运报废的电气和电子设备已成为全球关注的问题(联合国环境规划署，2015年；联合国环境规划署，2016b)。

图4.8：全球非法废弃物运输

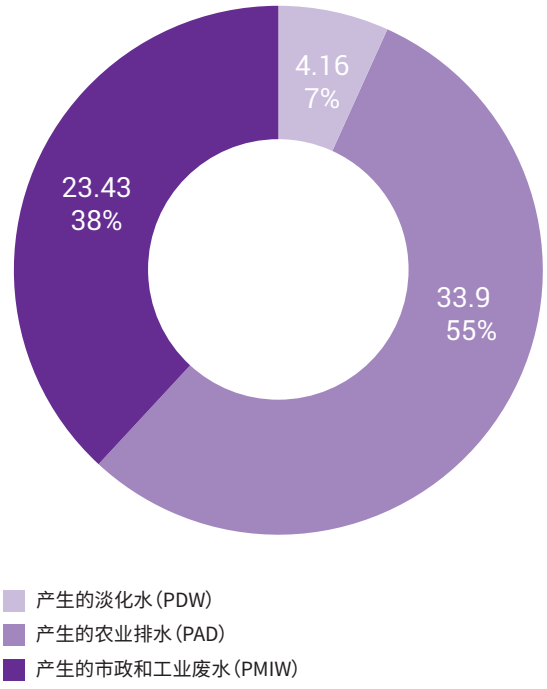


资料来源：Pravettoni(2015年)。

发达国家的废弃物管理系统已经发展到比较高的程度，可以考虑制定一些战略将新的、复杂的废弃物种类纳入进来；推动可持续消费和生产；接近零废弃物计划和循环经济；以及在废弃物管理方面采用新兴和可能具有破坏性的技术。发展中国家仍在努力应对基本的废弃物管理挑战，包括不受控制的倾倒、露天焚烧和无法充分获得废弃物服务。据联合国估计，全球有30亿人无法获得受控制的废弃物处理设施，不良的废弃物管理可能造成重大的环境、社会和经济影响（联合国环境规划署，2015年）。2016年前7个月，估计有750人死于垃圾场废弃物管理不善（国际固体废物协会，2016年）。2017年初，埃塞俄比亚首都亚的斯亚贝巴发生废弃物滑坡事故，造成115人死亡（Gardner，2017年）；2018年2月，莫桑比克马普托胡林垃圾填埋场坍塌，造成16人死亡。死亡的大部分是妇女。发展中国家的这类垃圾场往往是数百万非正式拾荒者的家园（国际固体废物协会，2016年；Duan、Li和Liu，2017年）。在发达国家追求减少浪费、循环经济和提高资源效率的理想的同时，发展中国家也决不能掉队。

任何循环经济计划都将废水纳入其中。这包括人类污水、工业废水以及农业和城市径流（Mateo-Sagasta等人，2013年）。农业是主要原因，占干旱的西亚产生的废水的79%，这些废水直接排放到环境中（**图4.9**）（AbuZeid和Elrawady，2014年）。据估计，2015年全球68%的人口使用了至少某种形式的基本卫生服务（世界卫生组织、联合国儿童基金会，2017年）。然而，34%的农村和只有26%的城市卫生和废水服务实际上有效地防止了人类与整个卫生链上的排泄物接触（联合国世界资源评估方案，2017年）。此外，全球产生的所有废水中有80%未经任何处理就排放到环境中——这些废水受到人类粪便物质以及所有药物和内分泌干扰物的污染，这些都对人类健康和生态系统构成了新的威胁（联合国世界资源评估方案，2017年）。虽然废水是水和营养物的重要来源，但如果管理不当，它会对公共卫生和环境完整性带来风险。据报道，重大疾病暴发和相关死亡率（Saxena、Kaushik和Krishna Mohan，2015年；Pruss-Ustun等人，2016年）、富营养化（Lewandowski等人，2015年）和干旱地区的土壤盐渍化（Qadir等人，2014年）是与污水管理不善相关的主要挑战。

图4.9：西亚非常规年度水资源



资料来源：Abuzeid等人（2014年）。

4.4 资源和材料

4.4.1 资源利用

可持续资源的使用需要对可再生资源进行良好的管理，并以回收不可再生资源为目标，从而形成循环经济的概念。在循环经济中，废弃物（一种过程的附属品）成为另一个过程的原材料，有效利用资源的整个生命周期至关重要：从开采到制造，从消费和使用到回收和再利用（Ellen MacArthur Foundation，2012年；欧洲委员会，2015年）。

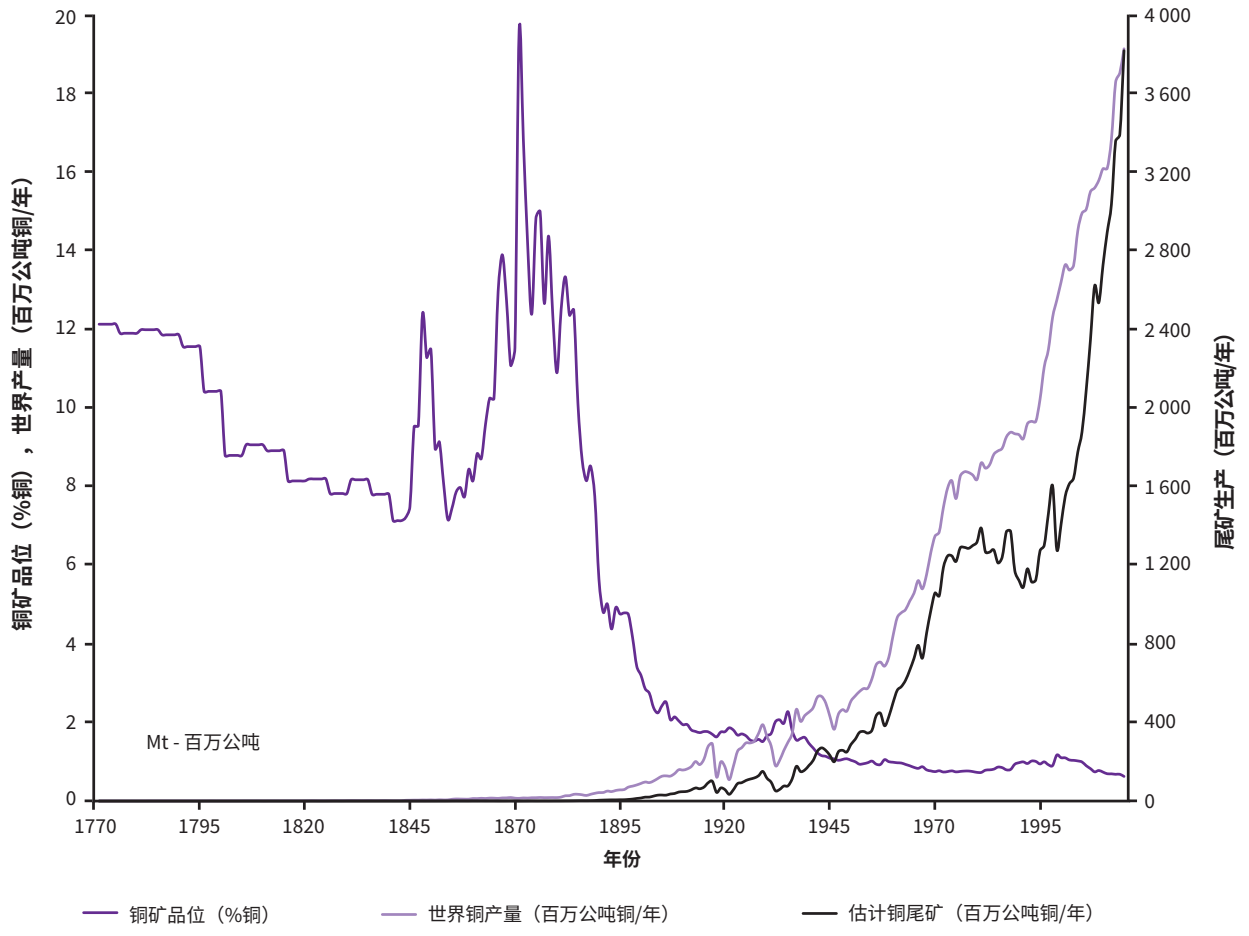
从20世纪开始，资源开发有了很大的增长，特别是金属（如铁和铜）以及矿物（如沙子和水泥用石灰石）。有一种说法认为，化石燃料的勘探和开采及其消耗是现代社会取得巨大进步的例证。然而，化石燃料的开发也带来了巨大的挑战。消费的势头导致了资源开发规模的不断扩大，引起人们对这些活动的累积性和全球性后果以及对当地破坏的担忧（Rockstrom等人，2009年）。

传统上，新发现的可开采的不可再生资源储量与不断加快的开采速度保持一致，甚至超过了开采速度，因此对这些资源枯竭的担忧不会被认为是非常重要的（Mudd、Weng和Jowitt，2013年；Mudd和Jowitt，2014年；Weng等人，2015年；Mudd和Jowitt，2017年）。然而，作为对其质量的一种衡量，大多数开采矿石的品位正在逐渐下降，这意味着最容易开采和最经济的精矿已被开采（Ruth，1995年；Mudd，2010年）。正如铜矿矿床开采的跟踪调查可以证明，必须开采和加工大量低品位矿石，以满足全球需求（**图4.10**）。

矿石品级下降的同时，需要更大的项目规模来开采足够的矿石以满足市场需求，自然环境面临更大的风险。更多的土地被清理，或者干脆清除运走，就像掀顶采矿法所描述的那样。大量矿山废弃物堆积，重金属和反应剂重组为有毒化合物。水污染风险增加，尤其是来自酸性和含金属废水的污染。对生物多样性的威胁变得更加复杂。能源需求以及相关的温室气体排放加剧（Norgate和Haque，2010年）。为了满足2014年的全球需求，全球金属和矿业产生了约900亿吨的矿山废弃物，其中还不包括建筑材料（Mudd和Jowitt，2016年）。如此大规模的开采要求更加注重对初级资源开采的环境评估、监测和管理（Hudson-Edwards，2016年；Mudd和Jewitt，2016年）。目前，大部分的矿山废弃物存放在暴露于不断变化的环境和管理条件下。2015年巴西撒马尔科尾矿库溃坝等事件表明，长期储存策略不是解决方案（Philips，2016年；Roche、Thygesen和Baker，2017年）。

一些矿产资源分布在世界各地，包括砂、金、铜、铅锌等；镍、稀土元素和磷等其他资源集中在少数几个国家。鉴于矿物资源对现代社会制度、技术和基础设施的根本贡献，需要评估这些材料在现代社会中的作用。这种分析方法被称为临界性——检查供应中断、资源替代、可回收性和环境影响的潜在影响（Graedel等人，2015年）。例如，许多金属（如铁、铜、金和铅）是可回收的；其他矿物质（如磷）分散在土壤和水体中，最终被冲走，并失去任何进一步的使用。这种物质耗散引起了对基本资源最终

图4.10：铜矿开采的矿石品位随时间下降的例子，显示了世界铜年产量和每年产生的估计尾矿量



资料来源：Ruth（1995年）；Crowson（2012年）；Mudd、Weng和Jowitt（2013年）；Mudd和Jowitt（2016年）。

枯竭的警告（Ciacci等人，2015年；Nassar、Graedel和Harper，2015年）。

相比之下，当金属被回收利用时，环境风险通常要低得多。例如，用再生铝制造产品是用原铝生产消耗能源的二十分之一。对于循环经济，这意味着循环利用应减少环境压力和风险，主要是由于能源和原材料需求的降低（Wernick等人，1996年；Wernick和Ausubel，1997年；Balke等人，2017年）。循环经济的重点是完善的产品或基础设施设计，以及监测资源使用、浪费和环境影响的现有系统（Ghisellini、Cialani和Ulgiati，2016年）。其他策略可能包括升级回收或循环利用的变化：拒绝、重新思考、减少、再利用、修复、翻新、再制造和再利用。在这方面，环境和可持续发展教育至关重要。

资源使用产生的一个重要问题是，在土地清理或人口流离失所时，环境和社会成本通常最大，而供应链另一端的收益最大。为了充分了解产品的成本效益比和实际价值，必须考虑到全球资源贸易的环境后果，包括对资源开采区当地社区的影响。人们对通过可持续供应链管理来追溯资源供应的来源和附加值的兴趣越来越大。这种可追溯性支持对冲突矿物、化学和药物废弃物、食品污染和濒危物种非法贸易等问题采取行动（Mundy和Sant，2015年；Paunescu、Stark和Grass，2016年；Tijani等人，2016年；Sauer和Seuring，2017年）。这类信息的可用性和分布确定了供应商和消费者之间的联系，并鼓励做出更可持续的资源使用选择。然而，最近的研究表明，人类已经超越了某些地球系统的安全运行空间，特别是气候变化、生物多样性损失的速度和氮循环的生物地球化学流动（Rockstrom等人，2009；Steffen等人，2015年）。一些最新的分析将把磷添加到这个超标名单中（Carpenter和Bennett，2011年；Cordell和Neset，2014年）。

因此，地球上的压力使全球社会走到了一个决定性的十字路口：是延续线性经济“提取-制造-使用-丢弃”的传统过程模式，还是转变为循环经济从而让社会专注资源使用和管理的整个生命周期。一些思想家认为可能为时已晚（Urry，2010年；Scheffer，2016年）。另一些人则认为，从资源管理浪费的线性经济向可持续资源管理的循环经济转变是可以实现的，但需要新的去增长概念和后资本主义经济愿景（Jackson和Senker，2011年；Kosoy等人，2012年；Krausmann等人，2017年）。

向循环经济的过渡将为技术创新和部署提供许多机会，同时也带来许多新的商业前景。从本质上讲，循环经济需要健全的资源核算和废弃物管理政策，以创造对再生资源的需求，并实现资源高效可持续的经济（Ghisellini、Cialani和Ulgiati，2016年；Balke等人，2017年）。资源利用还与能源技术和政策密切相关，如各种可再生能源技术所需的材料，从而凸显了考虑物质资源、能源和环境结果之间联系的必要性（Akenji等，2016年；McLellan，2017年）。

所有17项可持续发展目标都涉及对自然资源的竞争，其中许多目标都要求有效和可持续地使用资源，并将相关影响降到最低——尤其是被认为对可再生能源至关重要以及因此对气候变化解决方案进程至关重要的金属（Arrobas等人，2017人；国际资源小组，2017年）。

4.4.2 能源

到2015年，全球能源消耗达到约135亿吨石油当量（国际能源署，2018年）。预计到2040年，这一数字将增至190亿吨左右（国际能源署，2016年）。这一增长在很大程度上是因为目前主要依赖化石能源的发展中经济体的预期消费。这使得提高效率成为减轻能源相关影响的一项重要战略。与此同时，近12亿人仍然没有电力供应，27亿人仍然依靠传统燃料做饭和取暖，面临着集中的室内空气污染问题（国际能源署，2016年）。改善获得现代能源服务的机会不仅与所有可持续发展目标和指标（包括食品安全、健康和素质教育）密切相关，而且转向清洁和高效的能源也赋予妇女和其他负责收集和燃烧原始固体燃料的边缘化群体权力（世界能源理事会，2016年）。

能源需求还导致对水、土地甚至大气限制的竞争；导致对这些和其他一系列自然资产（例如矿物资源和进入敏感生态系统的机会）的不公平分配；以及涉及不同方法的过程，这些方法往往会导致不同级别和程度的争端和冲突（Rodriguez等人，2013年；Jagerskog等人，2014年；McLellan，2017年）。

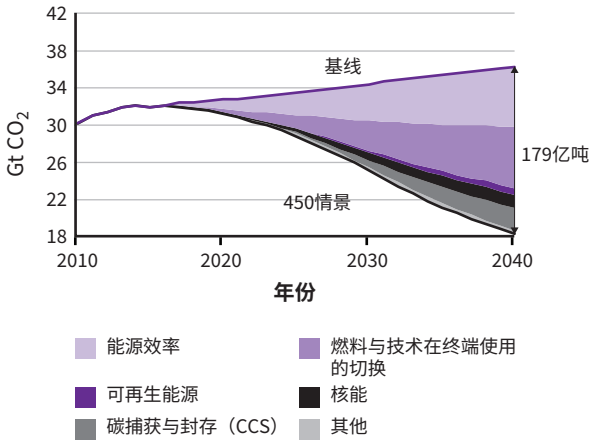
生物燃料与粮食之间的竞争再次强调需要了解能源、粮食、水和土地使用之间的关系（见第8章）。Popp等人（2014年）讨论了生物燃料生产对粮食供应、环境卫生和土地需求的影响，并强调需要综合政策来管理能源、粮食、水和土地使用关系的各个组成部分。

在可用水资源储备减少的情况下，水需求的增加加剧了在能源需求不断增长的背景下研究水-能联系的必要性。Jägerskog等人（2014年）讨论了与水电相关的能源和环境权衡。Rodriguez等人（2013年）还概述了发电的用水需求，尤其是在火力发电厂方面。Copeland和Carter（2017年）谈论了美国向终端用户供水和废水处理的能源需求。

在全球范围内，2014年温室气体排放达到330亿吨二氧化碳当量，到2040年可能达到380亿吨，其中主要原因是燃烧化石燃料（国际能源署，2015年）。历史数据显示了通过脱碳和提高效率来实现脱钩的趋势，但目前的趋势仍然表明，全球气温上升幅度超过《巴黎协定》设定的2°C阈值目标（**图4.11**）（国际能源署，2015年；联合国，2015b；国际能源署，2016年）。针对这种可能的超越需要采取更大胆的行动。

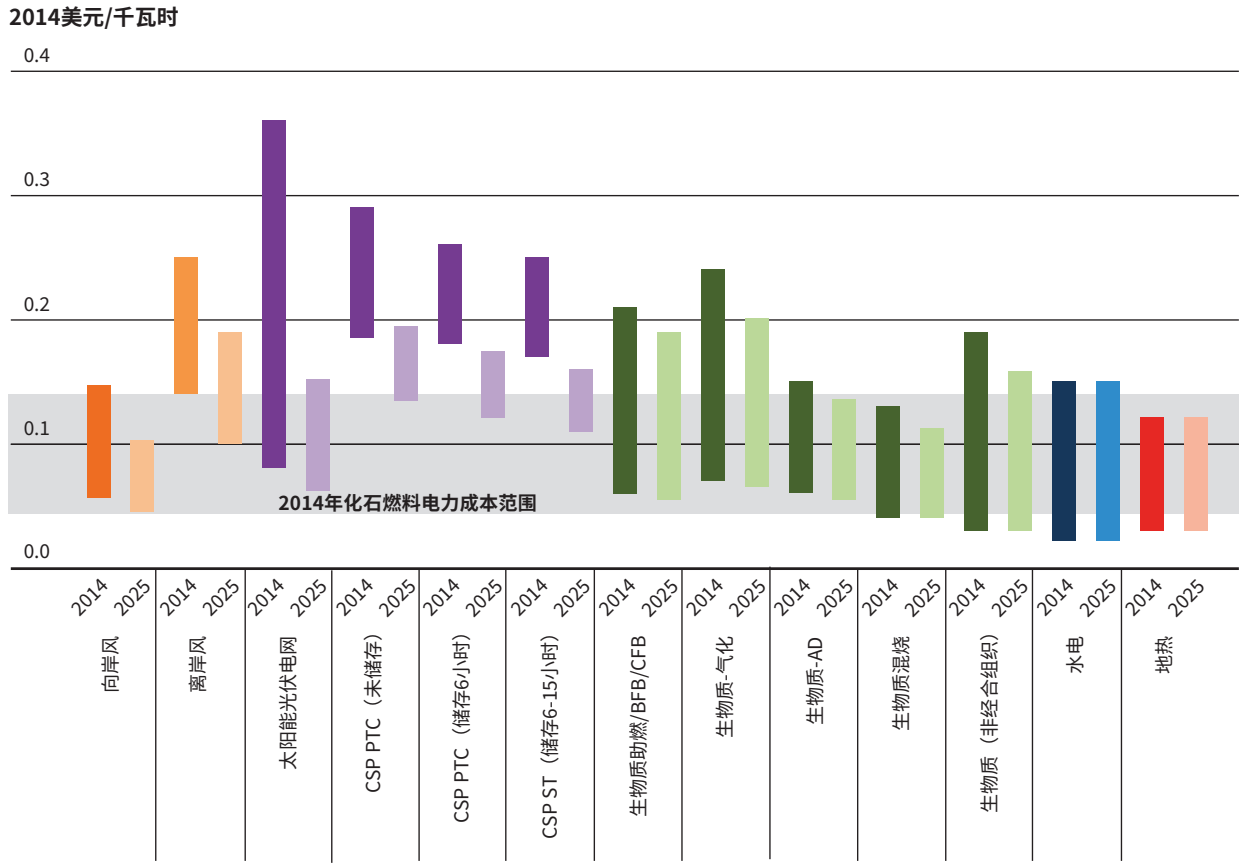
可再生能源（特别是风能和太阳能光伏系统）的成本大幅降低，极大地促进了向低碳能源转型的经济。在过去35年里，太阳能光伏系统的产量每增加一倍，其价格就会下降23%。在许多情况下，这些成本现在低于传统化石燃料发电技术（国际可再生能源署，2015年）。预计进一步的减排将使其成为2025年之前世界上几乎所有国家的最佳经济环境选择（**图4.12**）。

图4.11：实现2°C目标的技术契机



资料来源：国际能源署（2015年）。

图4.12：2014和2025年不同可再生能源发电技术的电力成本水平范围



资料来源：国际可再生能源署（2015年）。

教育对发展能源素养至关重要。从可持续发展目标的角度来看，它使个人能够应用和评估措施，以提高自己生活中的能源效率和充分性。它还影响与能源生产、供应和使用相关的公共政策（Aguire-bielschowsky等人，2015年；联合国教科文组织，2017a）。

4.4.3 粮食系统

全球粮食系统是可持续发展和许多可持续发展目标的核心。在包括农业、渔业、食品加工、零售、准备和消费等活动以及执行这些活动的多个参与者在内的复杂相互作用中，粮食系统既影响着环境和社会经济动态，也受到环境和社会经济动态的影响（联合国环境规划署，2016c）。农业为全球30%以上的劳动力提供工作，其中大多数在发展中国家，那里40%的小农和劳动者都是妇女（联合国粮农组织，2011年；联合国粮农组织，2017a）。发展中国家小农主导的系统生产了全球一半以上的食品热量（Samberg等人，2016年），并对微量营养素的生产做出了重要贡献（Herrero等人，2017）。5700万人从事渔业和水产养殖工作，其中女性的角色往往不为人知，也没有得到充分认识（Koralagama、Gupta和Pouw，2017年），还有更多的人从事食品制造和零售（联合国粮农组织，2016年）。这些人中有许多生活在贫困之中。

虽然粮食系统生产的粮食足以养活世界人口，但它并没有很好地分配粮食。超过8亿人营养不良（联合国粮农组织，2017a），超过20亿人缺乏微量营养素（全球农业和粮食系统营养专家组，2016年）。然而，超过23亿人（约占总人口的三分之一）肥胖或超重（Abarca-Gomez等人，2017年）。与饮食相关的疾病在全球都很普遍，很多都与饱和脂肪和加工食品的过度食用有关，如2型糖尿病、结肠直肠癌和心血管疾病（Monteiro等人，2013年；Tilman和Clark，2014年；联合国环境规划署，2016c）。这些疾病在低收入和中等收入国家变得越来越普遍，因为动物蛋白、高脂肪和高糖产品变得更加普遍（Popkin，2006年；McMichael等人，2007年）。

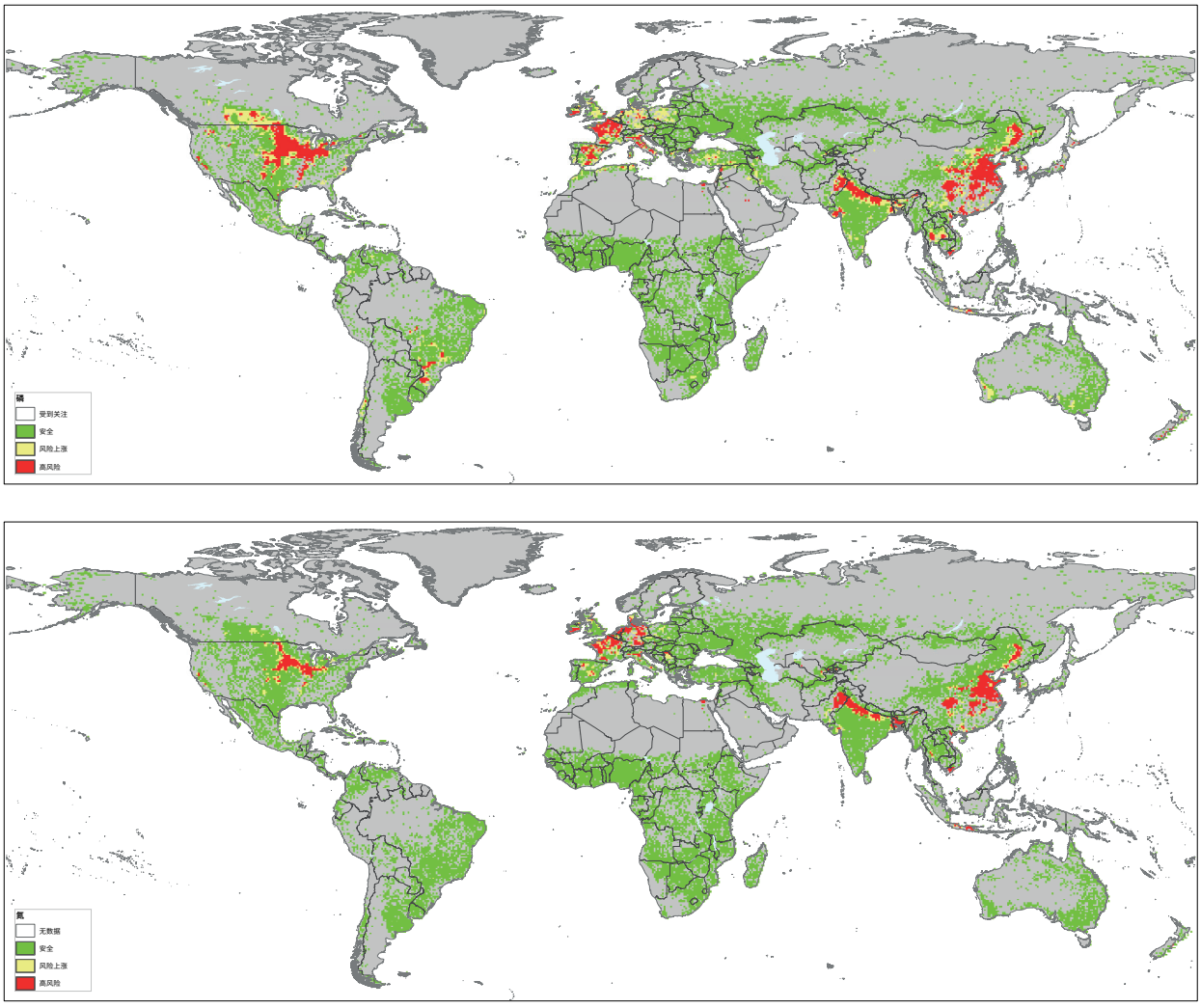
全球粮食系统的环境足迹是巨大的。据估计，它占全球温室气体排放量的19%至29%（Vermeulen、Campbell和Ingram，2012年）。农业是世界上最广泛的人类活动，占全球土地面积的38%，它是淡水的主要使用者，占取水量的70%（联合国粮农组织，2017a；联合国粮农组织，2017b）。粮食生产是生物多样性丧失的主要原因（Kok等人，2014年）。它是空气、淡水和海水的主要污染源，特别是在严重或管理不善地使用化学杀虫剂和化肥的农业系统中（Popp、Petö和Nagy，2013年；Sutton等人，2013年；Zhang、Zeiss和Geng，2015年）。粮食生产系统也是土壤退化和森林砍伐的主要原因（Amundson等人，2015年；Vanwalleghem等人，2017年；联合国粮农组织，2017a）。然而，考虑到粮食浪费、牲畜营养损失和人类过度消费造成的损失，估计全球粮食系统仅将38%的收获能量和28%的收获蛋白质转化为所需的粮食消费（Alexander等人，2017年）。

在全球粮食系统的环境足迹范围内，畜牧业的后果严重得不成比例。虽然畜牧业仅为世界粮食供应提供18%的热量和40%的蛋白质，但其温室气体排放量约占农业的一半（Gerber等人，2013年；联合国粮农组织，2017a），并占据近80%的农业用地——三分之一的耕地用于生产饲料作物（联合国粮农组织，2009年）。由于畜牧业的原因，粮食生产成为栖息地破坏的主要原因（Machovina、Feeley和Ripple，2015年），也是氮磷循环的主要破坏者从而造成农业污染（Bouwman等人，2013年；Sutton等人，2013年）。与许多资源开采活动一样，粮食生产的环境负担是局部的，而且往往在空间上与推动需求的消费脱节。约20%的耕地面积和农业用水用于其他国家的农产品消费（MacDonald等人，2015年）。同样，过度捕捞野生鱼类和集约化水产养殖对海洋和陆地生态系统也有不利影响（见第7章）。

目前来自全球粮食系统的环境压力是不可持续的，但要以目前的效率满足2050年的预期需求，世界农业生产将需要比2013年的水平增加50%（联合国粮农组织，2017a），全球作物需求预测同期增长100%-110%（Tilman等人，2011年）。流入生物圈和海洋的氮和磷已经超过了全球可持续水平（**图4.13**）（Steffen等人，2015年）。按照目前的发展轨迹，农业排放与2°C的目标是不相容的。如果要实现《巴黎协定》的目标，必须采取行动减少农业排放量和排放强度以及食物浪费，最重要的是减少动物产品在饮食中的份额（Bajzelj等人，2014年；Hedenus、Wirsenius和Johansson，2014年；联合国，2015b）。在全球范围内，尽管对饮食变化的特定要求会因国家环境的不同而有所差异，但动物产品含量较低而水果、蔬菜、豆类、全谷物和坚果含量较高的饮食是实现环境和营养目标所必需的（Springmann等人，2018年）。

粮食系统非常容易受到它对生态系统服务施加的压力的影响。栖息地丧失正在降低传粉者的服务，影响到对人类营养而言重要的作物（Vanbergen，2013年；生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年）。土地退化降低了作物产量，而由于土地退化而导致的农业土地荒废率似乎有所增加（Gibbs和Salmon，2015年；《联合国防治荒漠化公约》，2017年）。人们认为气温升高会降低而不是提高某些地区的作物产量，尤其是小麦和玉米（Asseng等人，2014年；Porter等人，2014年；Moore和Lobell，2015年；Schauberger等人，2017年）。这一趋势很可能对农业产生越来越不利的影响，特别是在低纬度发展中国家，尽管如果土壤和水的特性正确，一些温带地区可能从中期的温度升高和较长的生长季节中受益（Deryng等人，2014年；Porter等人，2014年；Zhao等人，2017年）。水资源短缺可能会限制灌溉扩张在对抗气

图4.13：磷的生物地球化学流动（A）、氮的生物地球化学流动（B）控制变量的全球分布及其现状



Source: Steffen *et al.* (2015).

候对农作物产量威胁方面发挥作用的程度；事实上，到本世纪末，它可能迫使许多重要的农作物产区回归雨养农业，从而对农作物生产产生进一步的影响（Elliott等人，2013年）。过度开采已经损害了对农业至关重要的几个大型含水层的地下水（Gleeson等人，2012年）。

4.5 结论

《全球环境展望6》评估提供了确定一些跨领域问题作为切入点进一步了解全球环境状况的机会。通过研究这12个跨领域问题以及它们与地球系统主题的关系，《全球环境展望》可以证明在哪些跨领域和连结问题需要协同解决方案，从而实现真正的变革。

参考文献

Abarca-Gómez, L., Abdeen, Z.A., Hamid, Z.A., Abu-Rmeileh, N.M., Acosta-Cazares, B., Acuin, C. et al. (2017). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. The Lancet 390(10113), 2627–2642. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3.

AbuZeid, K., Elrawady, M., CEDARE and Arab Water Council (2014). 2nd Arab State of the Water report 2012. http://www.arabwatercouncil.org/images/Publications/Arab_state/2nd_Arab_State_of_the_Water_Report.pdf.

Achterberg, E.P. (2014). Grand challenges in marine biogeochemistry. Frontiers in Marine Science 1(7), 1-5. https://doi.org/10.3389/fmars.2014.00007.

Adger, W.N., Pulhin, J.M., Barnett, J., Dabelko, G.D., Hovelsrud, G.K., Levy, M. *et al.* (2014). Human security. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 12. 755-791. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap12_FINAL.pdf.

African Union (2009). African Union Convention for the Protection and Assistance of Internally Displaced Persons in Africa (Kampala Convention). Kampala https://au.int/en/treaties/african-union-convention-protection-and-assistance-internally-displaced-persons-africa.

Agarwal, B. (2010). *Gender and Green Governance: The Political Economy of Women's Presence.* Oxford: Oxford University Press. https://global.oup.com/academic/product/gender-and-green-governance-9780199569687?cc=ke&lang=en&#.

Agarwal, B. (2015). The power of numbers in gender dynamics: Illustrations from community forestry groups. *The Journal of Peasant Studies* 42(1), 1-20. https://doi.org/10.1080/03066150.2014.936007.

Aguilar, L., Granat, M. and Owren, C. (2015). *Roots for The Future: The Landscape and Way Forward on Gender and Climate Change.* Washington, D.C: International Union for Conservation of Nature and Global Gender Office. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2015-039.pdf.

Aguirre-Bielschowsky, I., Lawson, R., Stephenson, J. and Todd, S. (2015). Energy literacy and agency of New Zealand children. *Environmental Education Research* 23(6), 832–854. https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1054267.

Akenji, L., Bengtsson, M., Bleischwitz, R., Tukker, A. and Schandl, H. (2016). Ossified materialism: Introduction to the special volume on absolute reductions in materials throughput and emissions. *Journal of Cleaner Production* 132, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.071.

Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D. and Rounsevell, M.D.A. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems* 153, 190-200. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.014.

Allegri, M., Bianchi, M.G., Chiu, M., Varet, J., Costa, A.L., Ortelli, S. *et al.* (2016). Shape-related toxicity of titanium dioxide nanofibres. *PLoS One* 11(3), e0151365. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151365.

Alsos, I.G., Ehrich, D., Seidenkrantz, M.S., Bennike, O., Kirchhefer, A.J. and Geirsdottir, A. (2016). The role of sea ice for vascular plant dispersal in the Arctic. *Biological Letters* 12(9). http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2016.0264.

Amundson, R., Berhe, A.A., Hopmans, J.W., Olson, C., Sztein, A.E. and Sparks, D.L. (2015). Soil and human security in the 21st century. *Science* 348(6235), 1261071. https://doi.org/10.1126/science.1261071.

Andrew, R. (2014). *Socio–Economic Drivers of Change in the Arctic. AMAP Technical Report No. 9.* Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. https://www.amap.no/documents/download/3011.

Angelsen, A. and Dokken, T. (2018). Climate exposure, vulnerability and environmental reliance: A cross-section analysis of structural and stochastic poverty. *Environment and Development Economics* 23(3), 257-278. https://doi.org/10.1017/S1355770X18000013.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2015). *Summary for Policy-makers: Arctic Pollution Issues 2015. Persistent Organic Pollutants; Radioactivity in the Arctic; Human Health in the Arctic.* Oslo. https://www.amap.no/documents/download/2222.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2017). *AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern.* Oslo. https://www.amap.no/documents/download/3003.

Arneth, A., Sitch, S., Pongratz, J., Stocker, B.D., Ciais, P., Poulter, B. *et al.* (2017). Historical carbon dioxide emissions caused by land-use changes are possibly larger than assumed. *Nature Geoscience* 10(2), 79–84. https://doi.org/10.1038/ngeo2882.

Arrobas, D., Hund, K., Mccormick, M., Ningthoujam, J. and Drexhage, J. (2017). *The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future.* Washington, D.C: World Bank. http://documents.banquemondiale.org/curated/fr/207371500386458722/pdf/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf.

Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B., Cammarano, D. *et al.* (2014). Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change* 5(2), 143-147. 10.1038/nclimate2470.

Ayres, J.G., Harrison, R.M., Nichols, G.L. and Maynard, R.L. (eds.) (2010). *Environmental Medicine.* London: CRC Press. https://www.crcpress.com/Environmental-Medicine/Ayres-Harrison-Nichols-Maynard-CBE/p/book/9780340946565.

Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E. *et al.* (2014). Importance of food–demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* 4( ), 924-929. https://doi.org/10.1038/nclimate2353.

Balke, V., Evans, S., Rabbiosi, L. and Monnery, S.A. (2017). Promoting circular economies. In *Green Industrial Policy: Concept, Policies, Country Experiences.* Altenburg, T. and Assmann, C. (eds.). Nairobi: United Environment Environment Programme. chapter 8. 120-133. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22277/Green_industrial_policy.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Bamber, J.L., Westaway, R.M., Marzeion, B. and Wouters, B. (2018). The land ice contribution to sea level during the satellite era. *Environmental Research Letters* 13(6), 063008. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac2f0.

Barnes, D.K., Walters, A. and Gonçalves, L. (2010). Macroplastics at sea around Antarctica. *Marine Environmental Research* 70(2), 250-252. https://www.doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.05.006.

Barrows, A.P.W., Cathey, S.E. and Petersen, C.W. (2018). Marine environment microfiber contamination: Global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental Pollution* 237, 275-284. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.062.

Barth, M. and Rieckmann, M. (2016). State of the art in research on higher education for sustainable development. In *Routledge Handbook of Higher Education for Sustainable Development.* Barth, M., Michelsen, G., Thomas, I. and Rieckmann, R. (eds.). London: Routledge. chapter 7. 100-113. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781317918110/chapters/10.4324%2F9781315852249-18.

Bernhardt, E.S., Rossi, E.J. and Gessner, M.O. (2017). Synthetic chemicals as agents of global change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15 (2), 84–90. https://doi.org/10.1002/fee.1450.

Bettencourt, L. (2013). The origins of scaling in cities. *Science* 340(6139), 1438-1441. https://doi.org/10.1126/science.1235823.

Biberhofer, P., Lintner, C., Bernhardt, J. and Rieckmann, M. (2018). Facilitating work performance of sustainability-driven entrepreneurs through higher education. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation.* https://doi.org/10.1177/1465750318755881.

Bliss, A., Hock, R. and Radić, V. (2014). Global response of glacier runoff to twenty first century climate change. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 119(4), 717-730. https://doi.org/10.1002/2013JF002931.

Bouwman, L., Goldewijk, K.K., Van Der Hoek, K.W., Beusen, A.H.W., Van Vuuren, D.P., Willems, J. *et al.* (2013). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(52), 21195-21196. https://doi.org/10.1073/pnas.1012878108.

Bradshaw, S. and Fordham, M. (2015). Double disaster: Disaster through a gender lens. In *Hazards, Risks and Disasters in Society.* London: Elsevier. 233-251. http://nrl.northumbria.ac.uk/21075/.

Brouwer M. (2018). *Progress in Pesticide Exposure Assessment: The Case of Parkinson's Disease in the Netherlands.* Utrecht University https://www.ris.uu.nl/ws/files/41629133/Brouwer.pdf.

Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. *et al.* (2011). Accumulation of microplastic on shorelines woldwide: Sources and sinks. *Environmental Science & Technology* 45(21), 9175-9179. https://www.doi.org/10.1021/es201811s.

Buse, C.G., Oestreicher, J.S., Ellis, N.R., Patrick, R., Brisbois, B., Jenkins, A.P. *et al.* (2018). Public health guide to field developments linking ecosystems, environments and health in the Anthropocene. *Journal of Epidemiology and Community Health* 72(5), 420-425. http://dx.doi.org/10.1136/jech-2017-210082.

Caldeira, K. and Wickett, M.E. (2003). Oceanography: Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425(6956), 365-365. https://doi.org/10.1038/425365a.

Carpenter, S.R. and Bennett, E.M. (2011). Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *Environmental Research Letters* 6(1), 014009. https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/1/014009.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2017). *EM-DAT: The International Disaster Database.* Centre for Research on the Epidemiology of Disaster. https://www.emdat.be/database (Accessed: 20 August 2017).

Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., Howden, S.M., Smith, D.R. and Chhetri, N. (2014). A meta–analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change* 4, 287-291. https://doi.org/10.1038/nclimate2153.

Chang, K., M,, Hess, J., J.,, Balbus, J.M., Buonocore, J.J., Cleveland, D.A., Grabow, M.L. *et al.* (2017). Ancillary health effects of climate mitigation scenarios as drivers of policy uptake: A review of air quality, transportation and diet co-benefits modeling studies. *Environmental Research Letters* 12(11), 113001. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8f7b.

Chattopadhyay, R. and Duflo, E. (2004). Women as policy makers: Evidence from a randomized policy experiment in India. *Econometrica* 72(5), 1409-1443. https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2004.00539.x.

Chiwona-Karltun, L., Kimanzu, N., Clendenning, J., Lodin, J.B., Ellingson, C., Lidestav, G. *et al.* (2017). What is the evidence that gender affects access to and use of forest assets for food security? A systematic map protocol. *Environmental Evidence* 6(2). https://doi.org/10.1186/s13750-016-0080-9.

Ciacci, L., Reck, B.K., Nassar, N.T. and Graedel, T.E. (2015). Lost by design. *Environmental Science & Technology* 49(16), 9443-9451. https://doi.org/10.1021/es505515z.

Cincinelli, A., Scopetani, C., Chelazzi, D., Lombardini, E., Martellini, T., Katsoyiannis, A. *et al.* (2017). Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): Occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere* 175, 391-400. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024.

Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. *et al.* (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 389(10082), 1907-1918. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6.

Conservation of Arctic Flora and Fauna and Protection of the Arctic Marine Environment (2017). *Arctic Invasive Alien Species: Strategy and Action Plan 2017.* Akureyri. https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/uploads/arias-27april2017_web.pdf.

Cook, B.I., Smerdon, J.E., Seager, R. and Coats, S. (2014). Global warming and 21st century drying. *Climate Dynamics* 43(9-10), 2607-2627. https://doi.org/10.1007/s00382-014-2075-y.

Copeland, C. and Carter, N.T. (2017). *Energy-Water Nexus: The Water Sector's Energy Use.* Congressional Research Service. https://fas.org/sgp/crs/misc/R43200.pdf.

Cordell, D. and Neset, T. (2014). Phosphorus vulnerability: A qualitative framework for assessing the vulnerability of national and regional food systems to the multi-dimensional stressors of phosphorus scarcity. *Global Environmental Change* 24, 108-122. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.005.

Coutts, C. and Hahn, M. (2015). Green infrastructure, ecosystem services, and human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(8), 9768-9798. https://doi.org/10.3390/ijerph120809768.

Crowson, P. (2012). Some observations on copper yields and ore grades. *Resources Policy* 37(1), 59-72. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2011.12.004.

Dankelman, I. (2016). *Action Not Words: Confronting Gender Equality Through Climate Change Action and Disaster Risk Reduction in Asia. An overview of progress in Asia with Evidence from Bangladesh, Cambodia and Viet Nam.* Aipira, C., Kidd, A., Reggers, A., Fordham, M., Shreve, C. and Burnett, A. (eds.) United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women. http://www2.unwomen.org/-/media/field%20office%20eseasia/docs/publications/2017/04/ccdrr_130317-s.pdf?la=en&vs=5239.

Dankelman, I. and Davidson, J. (1988). *Women and the Environment in the Third World: Alliance for the Future. 1st* edn. London: Earthscan. https://www.popline.org/node/381129.

Deng, H.-M., Liang, Q.-M., Liu, L.-J. and Anadon, L.D. (2018). Co-benefits of greenhouse gas mitigation: a review and classification by type, mitigation sector, and geography. *Environmental Research Letters* 12(12), 123001. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa98d2.

Deryng, D., Conway, D., Ramankutty, N., Price, J. and Warren, R. (2014). Global crop yield response to extreme heat stress under multiple climate change futures. *Environmental Research Letters* 9(3). https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034011

Diamond, M.L., de Wit, C.A., Molander, S., Scheringer, M., Backhaus, T., Lohmann, R. *et al.* (2015). Exploring the planetary boundary for chemical pollution. *Environment International* 78, 8-15. https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.02.001.

Disaster Displacement (2017). *Platform on disaster displacement*. [Disaster Displacement https://disasterdisplacement.org/ (Accessed: 27 September 2018).

Dodds, K. (2010). A polar Mediterranean? Accessibility, resources and sovereignty in the Arctic Ocean. *Global Policy* 1(3), 303-311. https://doi.org/10.1111/j.1758-5899.2010.00038.x.

Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R.A. and Kleypas, J.A. (2009). Ocean acidification: The other CO^2 problem. *Annual review of marine science* 1, 169-192. https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163834.

Doss, C. (2014). Data needs for gender analysis in agriculture. In *Gender in agriculture: Closing the knowledge gap*. Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A. and Peterman, A. (eds.). Dordrecht: Springer. 55-68. https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-017-8616-4

Duan, H., Li, J. and Liu, G. (2017). Developing countries: Growing threat of urban waste dumps. *Nature* 546(7660), 599-599. https://doi.org/10.1038/546599b.

Dunne, J., Stouffer, R. and John, J. (2013). Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change* 3(3), 563-566. https://doi.org/10.1038/nclimate1827.

Eastin, J. (2016). Hell or high water: Precipitation shocks and conflict violence in the Philippines. *Political Geography* 63, 116-134. https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2016.12.001.

Ellen MacArthur Foundation (2012). *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition.* https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf.

Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzmann, M., Gerten, D. *et al.* (2013). Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9), 3239-3244. https://doi.org/10.1073/pnas.1222474110.

European Chemicals Agency (2018). *Sostanze registrate*. https://echa.europa.eu/it/information-on-chemicals/registered-substances.

European Commission (2015). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the Loop - An EU Action Plan for the Circular Economy *COM/2015/0614 final*. Brussels https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614

Fabry, V.J., Seibel, B.A., Feely, R.A. and Orr, J.C. (2008). Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science* 65(3), 414-432. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn048.

Fehr, R., Mekel O.C.L., Hurley, J.F., Mekel, O.C. and Mackenbach, J.P. (2016). Health impact assessment: A survey of quantifying tools. *Environmental Impact Assessment Review* 57, 178-186. http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.01.001.

Feng, H. and Zhang, M. (2015). Global land moisture trends: Drier in dry and wetter in wet over land. *Scientific Reports* 5(18018), 1-6. https://doi.org/10.1038/srep18018.

Ferrario, C., Finizio, A. and Villa, S. (2017). Legacy and emerging contaminants in meltwater of three Alpine glaciers. *Science of The Total Environment* 574, 350-357. https://www.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.067.

Finley, R.L., Collignon, P., Larsson, D.G.J., Mcewen, S.A., Li, X.Z., Gaze, W.H. *et al.* (2013). The scourge of antibiotic resistance: The important role of the environment. *Clinical Infectious Diseases* 57(5), 704–710. https://doi.org/10.1093/cid/cit355.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009). *The State of Food and Agriculture 2009: Livestock in the Balance.* Rome. http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). *The State of Food and Agriculture 2010–11. Women in Agriculture: Closing the Gender Gap for Development.* Rome. http://www.fao.org/docrep/013/i2050e/i2050e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013). *Food Wastage Footprint. Impacts on Natural Resources.* Rome. http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). *Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i4068e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to Food Security and Nutrition for All.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017a). *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017b). *FAOStat*. http://www.faostat.org/en (Accessed: 20 July 2017).

Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization (2016). *International Code of Conduct on Pesticide Management: Guidelines on Highly Hazardous Pesticides.* Rome. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/205561/9789241510417_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Francis, J.A., Vavrus, S.J. and Cohen, J. (2017). Amplified Arctic warming and mid-latitude weather: New perspectives on emerging connections. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 8(5), e474. https://doi.org/10.1002/wcc.474.

Frey, K.E., Comiso, J.C., Cooper, L.W., Gradinger, R.R., Grebmeier, J.M. and Tremblay, J.-É. (2016). *Arctic Ocean Primary Productivity.* Arctic Report Card 2016Arctic Program. http://arctic.noaa.gov/Report-Card/Report-Card-2016/ArtMID/5022/ArticleID/284/Arctic-Ocean-Primary-Productivity.

Gardner, T. (2017). 'Ethiopia's deadly rubbish dump landslide sparks landrights battle'. *Reuters* 3 May 2017 https://www.reuters.com/article/us-ethiopia-landslide-landrights/ethiopias-deadly-rubbish-dump-landslide-sparks-landrights-battle-idUSKBN17Z1O6.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J. *et al.* (2013). *Tackling Climate Change Through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf.

Ghisellini, P., Cialani, C. and Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114(11-32). https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007.

Gibbs, H.K. and Salmon, J.M. (2015). Mapping the world's degraded lands. *Applied Geography* 57, 12-21. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024.

Glasser, H. and Hirsh, J. (2016). Toward the development of robust learning for sustainability core competencies. *Sustainability: The Journal of Record* 9(3), 121-134. https://doi.org/10.1089/SUS.2016.29054.hg.

Glatzer, W., Camfield, L., Møller, V. and Rojas, M. (eds.) (2015). *Global Handbook of Quality of Life: Exploration of Well-Being of Nations and Continents*. Dordrecht: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9789401791779.

Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M.F.P. and van Beek, L.P.H. (2012). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature* 488(7410), 197–200. https://doi.org/10.1038/nature11295.

Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (2016). *Food Systems and Diets: Facing the Challenges of the 21st Century.* London. http://glopan.org/sites/default/files/ForesightReport.pdf.

Gore, A.C., Chappell, V.A., Fenton, S.E., Flaws, J.A., Nadal, A., Prins, G.S. *et al.* (2015). Executive summary to EDC–2: The endocrine society's second scientific statement on endocrine disrupting chemicals. *Endocrine Reviews* 36(6), 593–602. https://doi.org/10.1210/er.2015-1093.

Graedel, T.E.H., Harper, E.M., Nassar, N.T. and Reck, B.K. (2015). On the materials basis of modern society. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20), 6295-6300. https://www.doi.org/10.1073/pnas.1312752110.

Grellier, J., White, M.P., Albin, M., Bell, S., Elliott, L.R., Gascon, M. *et al.* (2017). Bluehealth: A study programme protocol for mapping and quantifying the potential benefits to public health and well-being from Europe's blue spaces. *BMJ Open* 7(6), e016188. http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016188.

Grenni, P., Ancona, V. and Caracciolo, A.B. (2018). Ecological effects of antibiotics on natural ecosystems: A review. *Microchemical Journal* 136, 25-39. https://www.doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.006.

Haines, A. (2017). Health co-benefits of climate action. *The Lancet Planetary Health* 1(1), e4-e5. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30003-7.

Hamscher, G. and Bachour, G. (2018). Veterinary drugs in the environment: Current knowledge and challenges for the future. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66(4), 751-752. https://www.doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05601.

Hanjra, M.A. and Qureshi, M.E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy* 35(5), 365-377. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.05.006.

Harcourt, W. and Nelson, I.L. (eds.) (2015). *Practising Feminist Political Ecologies: Moving Beyond the Green Economy.* Chicago, IL: University of Chicago Press. http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/P/bo20504936.html.

Harper, S., Grubb, C., Stiles, M. and Sumaila, U.R. (2017). Contributions by women to fisheries economies: Insights from five maritime countries. *Coastal Management* 45(2), 91-106. https://doi.org/10.1080/08920753.2017.1278143.

Harper, S., Zeller, D., Hauzer, M., Pauly, D. and Sumaila, U.R. (2013). Women and fisheries: Contribution to food security and local economies. *Marine Policy* 39, 56-63. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.10.018.

Harris, G.L.A. (2011). The quest for gender equity. *Public Administration Review* 71(1), 123-126. https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2010.02315.x.

Hassell, J.M., Begon, M., Ward, M.J. and Fèvre, E.M. (2017). Urbanization and disease emergence: Dynamics at the wildlife–livestock–human interface. *Trends in Ecology & Evolution* 32(1), 55-67. https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.012.

Haustein, K., Allen, M.R., Forster, P.M., Otto, F.E.L., Mitchell, D.M., Matthews, H.D. *et al.* (2017). A real-time global warming index. *Scientific Reports* 7(15417). https://doi.org/10.1038/s41598-017-14828-5.

Hedenus, F., Wirsenius, S. and Johansson, D.J.A. (2014). The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets. *Climatic Change* 124(1-2), 79-91. https://doi.org/10.1007/s10584-014-1104-5.

Herrero, M., Thornton, P.K., Power, B., Bogard, J.R., Remans, R., Fritz, S. *et al.* (2017). Farming and the geography of nutrient production for human use: A transdisciplinary analysis. *The Lancet Planetary Health* 1(1), e33-e42. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30007-4.

Hopkins, C. (2015). Beyond the decade: The global action program for education for sustainable development. *Applied Environmental Education & Communication* 14(2), 132-136. https://doi.org/10.1080/1533015X.2015.1016860.

Horton, B.P., Rahmstorf, S., Engelhart, S.E. and Kemp, A.C. (2014). Expert assessment of sea-level rise by AD 2100 and AD 2300. *Quaternary Science Reviews* 84, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.11.002.

Hudson-Edwards, K.A. (2016). Tackling mine wastes. *Science Magazine* 35(6283), 288-290. https://doi.org/10.1126/science.aaf3354.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. *et al.* (eds.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). *Global Warming of 1.5°C.* http://www.ipcc.ch/report/sr15/.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2016). *The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production.* Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. and Ngo, H.T. (eds.). Bonn. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf.

Internal Displacement Monitoring Centre (2017). *GRID 2017: Global Report on Internal Displacement.* Internal Displacement Monitoring Centre and Norwegian Refugee Council. http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2017/pdfs/2017-GRID.pdf.

International Energy Agency (2015). *World Energy Outlook 2015.* Paris. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015.pdf.

International Energy Agency (2016). *World Energy Outlook 2016.* Paris. https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2016.

International Energy Agency (2018). *Statistics*. https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Key%20indicators&indicator=TPESbySource&mode=chart&categoryBrowse=false&dataTable=BALANCES&showDataTable=false (Accessed: 17 August 2018).

International Organization for Migration (2015). *World Migration Report 2015. Migrants and Cities: New Partnerships to Manage Mobility.* Geneva. http://publications.iom.int/system/files/wmr2015_en.pdf.

International Renewable Energy Agency (2015). *Renewable Power Generation Costs in 2014.* Abu Dhabi. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf.

International Resource Panel (2017). *Green Technology Choices: The Environmental and Resource Implications of Low-Carbon Technologies. A Report of the International Resource Panel.* Suh, S., Bergesen, J., Gibon, T.J., Hertwich, E. and Taptich M. (eds.). Nairobi: United Nations Environment Programme. http://www.resourcepanel.org/reports/green-technology-choices.

International Solid Waste Association (2016). *A Roadmap for Closing Waste Dumpsites: The World's most Polluted Places.* Vienna. https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/About%20ISWA/ISWA_Roadmap_Report.pdf.

Isobe, A., Uchiyama-Matsumoto, K., Uchida, K. and Tokai, T. (2017). Microplastics in the southern ocean. *Marine Pollution Bulletin* 114(1), 623-626. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.037.

Ivar do Sul, J.A. and Costa, M.F. (2013). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution* 185, 352-364. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036.

Jackson, T. and Senker, P. (2011). Prosperity without growth: Economics for a finite planet. *Energy & Environment* 22(7), 1013-1016. https://doi.org/10.1260/0958-305X.22.7.1013.

Jägerskog, A., Clausen, T.J., Holmgren, T. and Lexén, K. (2014). *Energy and Water: The Vital Link for a Sustainable Future.* Stockholm: Stockholm International Water Institute. http://www.worldwaterweek.org/wp-content/uploads/2014/08/2014_WWW_Report_web-2.pdf.

Jamieson, A.J., Malkocs, T., Piertney, S.B., Fujii, T. and Zhang, Z. (2017). Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna. *Nature Ecology & Evolution* 1. https://doi.org/10.1038/s41559-016-0051.

Jerneck, A. (2018). What about gender in climate change? Twelve feminist lessons from development. *Sustainability* 10(3), 627. https://doi.org/10.3390/su10030627.

Jiménez-Cisneros, B.E., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Döll, P. *et al.* (2014). Freshwater resources. In *Climate Change 2014: Impacts,Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 3. 229-269. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap3_FINAL.pdf

Kabir, E.R., Rahman, M.S. and Rahman, I. (2015). A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health. *Environmental toxicology and pharmacology* 40(1), 241-258. https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.06.009.

Kaltenborn, B.P., Nellemann, C. and Vistnes, I.I. (eds.) (2010). *High mountain glaciers and climate change – Challenges to human livelihoods and adaptation:* United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8101/-High%20mountain%20glaciers%20and%20climate%20change%20-%20Challenges%20to%20human%20livelihoods%20and%20adaptation-20101128.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Karatzoglou, B. (2013). An in-depth literature review of the evolving roles and contributions of universities to education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production* 49, 44-53. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.043.

Khatiwala, S., Tanhua, T., Fletcher, S.M., Gerber, M., Doney, S.C., Graven, H.D. *et al.* (2013). Global ocean storage of anthropogenic carbon. *Biogeosciences* 10 (4), 2169-2191. https://doi.org/10.5194/bg-10-2169-2013.

Kok, M., Alkemade, R., Bakkenes, M., Boelee, E., Christensen, V., van Eerdt, M. *et al.* (2014). *How sectors can contribute to sustainable use and conservation of biodiversity.* CBD Technical Series No 79PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-79-en.pdf.

Koralagama, D., Gupta, J. and Pouw, N. (2017). Inclusive development from a gender perspective in small scale fisheries. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 24, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.09.002.

Kosoy, N., Brown, P.G., Bosselmann, K., Duraiappah, A., Mackey, B., Martinez-Alier, J. *et al.* (2012). Pillars for a flourishing earth: Planetary boundaries, economic growth delusion and green economy. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4(1), 74–79. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.02.002.

Krausmann, F., Schandl, H., Eisenmenger, N., Giljum, S. and Jackson, T.D. (2017). Material flow accounting: Global material use and sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources* 42, 647-675. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060726.

Kundzewicz, Z.W., Kanae, S., Seneviratne, S.I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P. *et al.* (2014). Flood risk and climate change: Global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal* 59(1), 1–28. https://doi.org/10.1080/02626667.2013.857411.

Lafferty, K.D. (2009). The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology* 90(4), 888-900. https://doi.org/10.1890/08-0079.1.

Lambeth, L., Hanchard, B., Aslin, H., Fay-Sauni, L., Tuara, P., Rochers, K.D. *et al.* (2014). An overview of the Involvement of women in fisheries activities in Oceania. In *Global Symposium on Women in Fisheries.* Williams, M.J., Chao, N.H., Choo, P.S., Matics, K., Nandeesha, M.C., Shariff, M. *et al.* (eds.). Penang: ICLARM — The World Fish Center. 127-142. https://www.researchgate.net/profile/Heather_Aslin/publication/23550943_An_overview_of_the_involvement_of_women_in_fisheries_activities_in_Oceania/links/00463525cdb0453fc7000000/An-overview-of-the-involvement-of-women-in-fisheries-activities-in-Oceania.pdf

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, N.N., Baldé, A.B. *et al.* (2017). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 1-57. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.

Leach, N.J., Millar, R.J., Haustein, K., Jenkins, S., Graham, E. and Allen, M.R. (2018). Current level and rate of warming determine emissions budgets under ambitious mitigation. *Nature Geoscience* 11(8), 574-579. https://doi.org/10.1038/s41561-018-0156-y.

Legere, L. (2016). 'State seismic network helps tell fracking quakes from natural ones'. *Pittsburgh Post Gazette* June 25 2016 http://powersource.post-gazette.com/powersource/policy-powersource/2016/06/26/State-seismic-network-helps-tell-fracking-quakes-from-natural-ones/stories/201606210014.

Leoni, B. (2012). *Japan quake took toll on women and elderly.* [United Nations Office for Disaster Risk Reduction https://www.unisdr.org/archive/25598.

Levitus, S., Antonov, J.I., Boyer, T.P., Baranova, O.K., Garcia, H.E., Locarnini, R.A. *et al.* (2012). World ocean heat content and thermosteric sea level change (0-2000 m), 1955-2010. *Geophysical Research Letters* 39(10), 1-5. https://doi.org/10.1029/2012GL051106.

Lewandowski, J., Meinikmann, K., Nützmann, G. and Rosenberry, O. (2015). Groundwater the disregarded component in lake water and nutrient budgets. Part 2: Effects of groundwater on nutrients. *Hydrological processes* 29(13), 2922-2955. https://doi.org/10.1002/hyp.10384.

Lindahl, J.F. and Grace, D. (2015). The consequences of human actions on risks for infectious diseases: A review. *Infection Ecology & Epidemiology* 5(1). https://doi.org/10.3402/iee.v5.30048.

Lobell, D.B. and Gourdji, S.M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology* 160(4), 1686-1697. https://doi.org/10.1104/pp.112.208298.

Lobell, D.B., Schlenker, W. and Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333(6042), 616-620. https://doi.org/10.1126/science.1204531.

Lotz-Sisitka, H., Wals, A.E.J., Kronlid, D. and McGarry, D. (2015). Transformative, transgressive social learning: Rethinking higher education pedagogy in times of systemic global dysfunction. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 16, 73-80. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.07.018.

Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisingh, D., Lozano, F.J., Waas, T. *et al.* (2015). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: Results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production* 108(Part A), 1-18. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.048.

Lucard, M., Jaquemet, I. and Carpentier, B. (2011). Out of sight, out of mind. *The Magazine of the International Red Cross and Red Crescent Movement.* http://www.redcross.int/EN/mag/magazine2011_2/18-23.html

MacDonald, G.K., Brauman, K.A., Sun, S., Carlson, K.M., Cassidy, E.S., Gerber, J.S. *et al.* (2015). Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. *BioScience* 65(3), 275-289. https://doi.org/10.1093/biosci/biu225.

Machovina, B.K., Feeley, J. and Ripple, W.J. (2015). Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Science of the Total Environment* 536, 419-431. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.022.

Magga, O.H., Mathiesen, S.D., Corell, R.W. and Oskal, A. (2009). *Reindeer Herding, Traditional Knowledge, Adaptation to Climate Change and Loss of Grazing Land.* Arctic Council. http://reindeerherding.org/wp-content/uploads/2013/06/EALAT-Final-Report.pdf.

Maggino, F. (2015). Assessing the subjective wellbeing of nations. In *Global Handbook of Quality of Life.* Glatzer, W., Camfield, L., Møller, V. and Rojas M. (eds.). Springer. 803–822. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9178-6_37

Marti, E., Variatza, E. and Balcazar, J.L. (2014). The role of aquatic ecosystems as reservoirs of antibiotic resistance. *Trends in Microbiology* 22(1), 36-41. https://www.doi.org/10.1016/j.tim.2013.11.001.

Mateo-Sagasta, J., Medlicott, K., Manzoor, Q., Raschid-Sally, L., Drechsel, P. and Liebe, J. (2013). *Proceedings of the UN-Water project on the Safe use of wastewater in agriculture: Proceedings of the UN–Water project.* Liebe, J. and Ardakanian, R. (eds.). Bonn: UN-Water Decade Programme on Capacity Development (UNW-DPC). http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/62/course/section/29/proceedings-no-11_WEB.pdf.

McDonald, R.I., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, C., Green, P.A. *et al.* (2014). Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change* 27, 96-105. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.022.

McGrath, J.M. and Lobell, D.B. (2013). Regional disparities in the CO_2 fertilization effect and implications for crop yields. *Environmental Research Letters* 8(1), 1-9. https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014054.

McKeown, R. (2015). What happened during the UN decade of education for sustainable development? *Applied Environmental Education & Communication* 14(2), 67-69. https://doi.org/10.1080/1533015X.2014.971979.

McLellan, B.C. (2017). The minerals-energy nexus: Past, present and future. In *Sustainability Through Innovation in Product Life Cycle Design.* Matsumoto, M., Masui, K., Fukushige, S. and Kondoh, S. (eds.). Singapore: Springer. 619-631. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-0471-1_42

McMichael, A.J., Powles, J.W., Butler, C.D. and Uauy, R. (2007). Food, livestock prodution, energy, climate change, and health. *The Lancet* 370(9594), 1253-1263. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61256-2.

Mickelsson, M., Kronlid, D.O. and Lotz-Sisitka, H. (2018). Consider the unexpected: Scaling ESD as a matter of learning. *Environmental Education Research*, 1-16. https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1429572.

Mills, J.E. and Cumming, O. (2016). *The Impact of Water, Sanitation and Hygiene on Key Health and Social Outcomes: Review of Evidence.* Barahman, V. and Poirier, P. (eds.)Sanitation and Hygiene Applied Research for Equity. https://www.unicef.org/wash/files/The_Impact_of_WASH_on_Key_Social_and_Health_Outcomes_Review_of_Evidence.pdf.

Mindt, L. and Rieckmann, M. (2017). Developing competencies for sustainability-driven entrepreneurship in higher education: A literature review on teaching and learning methods. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria* 29(1), 129-159. https://doi.org/10.14201/teoredu291129159.

Monteiro, C.A., Moubarac, J.-C., Cannon, G., Ng, S.W. and Popkin, B. (2013). Ultra-processed products are becoming dominant in the global food system. *Obesity Reviews* 14(2), 21-28. https://doi.org/10.1111/obr.12107.

Moore, F.C. and Lobell, D.B. (2015). The fingerprint of climate trends on European crop yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(9), 2670-2675. https://doi.org/10.1073/pnas.1409606112.

Mudd, G.M. (2010). The environmental sustainability of mining in Australia: Key mega-trends and looming constraints. *Resources Policy* 35(2), 98-115. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2009.12.001.

Mudd, G.M. and Jowitt, S.M. (2014). A detailed assessment of global nickel resource trends and endowments. *Economic Geology* 109(7), 1813-1841. https://doi.org/10.2113/econgeo.109.7.1813.

Mudd, G.M. and Jowitt, S.M. (2016). From mineral resources to sustainable mining - The key trends to unlock the holy grail? In *Proceedings The Third AusIMM International Geometallurgy Conference (GeoMet) 2016.* Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. 37–54. https://www.ausimm.com.au/publications/epublication.aspx?ID=16949

Mudd, G.M. and Jowitt, S.M. (2017). Global resource assessments of primary metals: An optimistic reality check. *Natural Resources Research* 27(2), 229-240. https://doi.org/10.1007/s11053-017-9349-0.

Mudd, G.M., Weng, Z. and Jowitt, S.M. (2013). A detailed assessment of global Cu resource trends and endowments. *Economic Geology* 108(5), 1163-1183. http://dx.doi.org/10.2113/econgeo.108.5.1163.

Mundy, V. and Sant, G. (2015). *Traceability Systems in the CITES context: A Review of Experiences, Best Practices and Lessons Learned for the Traceability of Commodities of CITES-listed Shark Species.* Geneva: Secretariat of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. https://cites.org/sites/default/files/eng/prog/shark/docs/BodyofInf12.pdf.

Nagai, H. and Toyokuni, S. (2012). Differences and similarities between carbon nanotubes and asbestos fibers during mesothelial carcinogenesis: Shedding light on fiber entry mechanism. *Cancer Science* 103(8), 1378-1390. https://www.doi.org/10.1111/j.1349-7006.2012.02326.x.

Nakashima, D.J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H.D., Ramos Castillo, A. and Rubis, J.T. (2012). *Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and United Nations University. http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002166/216613e.pdf.

Nassar, N.T., Graedel, T.E. and Harper, E.M. (2015). By-product metals are technologically essential but have problematic supply. *Science Advances* 1(3), e1400180. https://doi.org/10.1126/sciadv.1400180.

Norby, R.J., De Kauwe, M.G., Domingues, T.F., Duursma, R.A., Ellsworth, D.S., Goll, D.S. *et al.* (2016). Model–data synthesis for the next generation of forest free air CO_2 enrichment (FACE) experiments. *New Phytologist* 209(1), 17-28. https://doi.org/10.1111/nph.13593.

Norgate, T.E. and Haque, N. (2010). Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations. *Journal of Cleaner Production* 18(3), 266-274. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.09.020.

Noyes, P.D., McElwee, M.K., Miller, H.D., Clark, B.W., Van Tiem, L.A., Walcott, K.C. *et al.* (2009). The toxicology of climate change: Environmental contaminants in a warming world. *Environment International* 35(6), 971-986. https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.02.006.

Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I. and Thompson, R.C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future* 2(6), 315-320. https://doi.org/10.1002/2014EF000240.

Ostfeld, R.S. (2009). Biodiversity loss and the rise of zoonotic pathogens. *Clinical Microbiology and Infection* 15(1), 40-43. https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2008.02691.x.

Park, J., Bangalore, M., Hallegatte, S. and Sandhoefner, E. (2018). Households and heat stress: Estimating the distributional consequences of climate change. *Environment and Development Economics* 23(3), 349-368. https://doi.org/10.1017/S1355770X1800013X.

Patt, A., Dazé, A. and Suarez, P. (2009). Gender and climate change vulnerability: What's the problem, what's the solution? In *Distributional Impacts of Climate Change and Disasters: Concepts and Cases.* Ruth, M. and Ibarraran, M.E. (eds.). Cheltenham: Edward Elgar. chapter 5. https://www.e-elgar.com/shop/distributional-impacts-of-climate-change-and-disasters

Paunescu, D., Stark, W.J. and Grass, R.N. (2016). Particles with an identity: Tracking and tracing in commodity products. *Powder Technology* 291, 344-350. https://www.doi.org/10.1016/j.powtec.2015.12.035.

Pepin, N., Bradley, R.S., Diaz, H.F., Baraër, M., Caceres, E.B., Forsythe, N. *et al.* (2015). Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature Climate Change* 5(5), 424-430. https://doi.org/10.1038/nclimate2563.

Petrie, B., Barden. R. and Kasprzyk-Hordern, B. (2015). A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Research* 72, 3-27. http://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.053.

Phillips, D. (2016). Samarco dam collapse: One year on from Brazil's worst environmental disaster. *The Guardian*, Guardian News and Media Limited https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/oct/15/samarco-dam-collapse-brazil-worst-environmental-disaster-bhp-billiton-vale-mining.

Popkin, B.M. (2006). Global nutrition dynamics: The world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. *American Journal of Clinical Nutrition* 84(2), 289-298. https://doi.org/10.1093/ajcn/84.2.289.

Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rakos, M. and Fari, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.056.

Popp, J., Pető, K. and Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33(1), 243-255. https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x.

Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M. *et al.* (2014). Food security and food production systems. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. 485-533. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/

Pravettoni, R. (2015). *Global Illegal Waste Traffic.* GRID-Arendal, Arendal. http://www.grida.no/resources/8061.

Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, J.M., Cumming, O., Curtis, V. *et al.* (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: A retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine & International Health* 19(8), 894-905. https://doi.org/10.1111/tmi.12329.

Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. and Neira, M. (2016). *Preventing Disease Through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks.* Geneva: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196_eng.pdf?ua=1.

Qadir, M., Quillerou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J. *et al.* (2014). Economics of salt–induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum* 38 (4), 282-295. https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054.

Quam, V., Rocklöv, J., Quam, M. and Lucas, R. (2017). Assessing greenhouse gas emissions and health co-benefits: A structured review of lifestyle-related climate change mitigation strategies. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(5), 468. https://doi.org/10.3390/ijerph14050468

Ramaswami, A., Boyer, D., Nagpure, A., Fang, A., Bogra, S., Bakshi, B. *et al.* (2017). An urban systems framework to assess the transboundary food-energy-water nexus: Implementation in Delhi, India. *Environmental Research Letters* 12(2), 1-14. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5556.

Ranghiere, F. and Ishiwatari, M. (eds.) (2014). *Learning from Megadisasters: Lessons from the Great East Japan Earthquake.* Washington, D.C: World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/18864/9781464801532.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures* 44(2), 127-135. https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005.

Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies in ESD. In *Issues and Trends in Education for Sustainable Development: Education on the Move.* Leicht, A., Heiss, J. and Byun, W.J. (eds.). Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. chapter 2. 39-59. http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261445E.pdf

Roche, C., Thygesen, K. and Baker, E. (eds.) (2017). *Mine Tailings Storage: Safety is no Accident. A UNEP Rapid Response Assessment.* Nairobi: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/371/original/RBA_MineTailings_lores.pdf?1510660693.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F. *et al.* (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263), 472-475. https://doi.org/10.1038/461472a.

Rodriguez, D., Delgado, A., DeLaquil, P. and Sohns, A. (2013). *Thirsty Energy: Securing Energy in a Water-Constrained World.* World Bank working paper. Washington, D.C: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/835051468168842442/pdf/789230REPLACEM0sty0Energy0204014web.pdf.

Roschangar, F., Sheldon, R.A. and Senanayake, C.H. (2015). Overcoming barriers to green chemistry in the pharmaceutical industry–the Green Aspiration Level™ concept. *Green Chemistry* 17(2), 752-768. https://doi.org/10.1039/C4GC01563K.

Rucevska, I., Nellemann, C., Isarin, N., Yang, W., Liu, N., Yu, K. *et al.* (2015). *Waste Crime – Waste Risks: Gaps in Meeting the Global Waste Challenge. A UNEP Rapid Response Assessment.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_pub&task=download&file=011703_en.

Ruel, G.K. (2011). The (Arctic) show must go on. *International Journal: Canada's Journal of Global Policy Analysis* 66(4), 825-833. https://doi.org/10.1177/002070201106600411.

Ruth, M. (1995). Thermodynamic constraints on optimal depletion of copper and aluminum in the United States: A dynamic model of substitution and technical change. *Ecological Economics* 15(3), 197-213. https://doi.org/10.1016/0921-8009(95)00053-4.

Sagrario, M.F. and Willoughby, J. (2016). Feminist economics and the analysis of the global economy: The challenge that awaits us. *The Fletcher Forum of World Affairs* 40(2), 15-27. https://static1.squarespace.com/static/579fc2ad725e253a86230610/t/57ec6a1d5016e1636a21dcad/1475111454239/FletcherForum_Sum16_40-2_15-27_FLORO_WILLOUGHBY.pdf.

Samberg, L.H., Gerber, J.S., Ramankutty, N., Herrero, M. and West P.C. (2016). Subnational distribution of average farm size and smallholder contributions to global food production. *Environment Research Letters* 11(12). https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/12/124010.

Sauer, P.C. and Seuring, S. (2017). Sustainable supply chain management for minerals. *Journal of Cleaner Production* 151, 235-249. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.049.

Saunders, L.E., Green, J.M., Petticrew, M.P., Steinbach, R. and Roberts, H. (2013). What are the health benefits of active travel? A systematic review of trials and cohort studies. *PLoS One* 8(8), e69912. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069912.

Saxena, T., Kaushik, P. and Krishna Mohan, M. (2015). Prevalence of E colid O157:H7 in water sources: An overview on associated diseases, outbreaks and detection methods. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 82(3), 249-264. https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2015.03.015.

Schauberger, B., Archontoulis, S., Arneth, A., Balkovic, J., Ciais, P., Deryng, D. *et al.* (2017). Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models. *Nature Communications* 8(13931). https://doi.org/10.1038/ncomms13931.

Scheffer, M. (2016). Anticipating societal collapse: Hints from the stone age. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(39), 10733-10735. https://doi.org/10.1073/pnas.1612728113.

Schellnhuber, H.J., Rahmstorf, S. and Winkelmann, R. (2016). Why the right climate target was agreed in Paris. *Nature Climate Change* 6, 649-653. https://doi.org/10.1038/nclimate3013.

Schewe, J., Levermann, A. and Meinshausen, M. (2011). Climate change under a scenario near 1.5 C of global warming: Monsoon intensification, ocean warming and steric sea level rise. *Earth System Dynamics* 2, 25-35. https://doi.org/10.5194/esd-2-25-2011.

Schilling, J., Ide, T., Scheffran, J. and Froese, R. (2017). Resilience and environmental security: Towards joint application in peacebuilding. *Global Change, Peace & Security* 29(2), 1-30. https://doi.org/10.1080/14781158.2017.1305347.

Schlenker, W. and Roberts, M.J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of sciences* 106(37), 15594-15598. https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106.

Schug, T.T., Johnson, A.F., Birnbaum, L.S., Colborn, T., Guillette, L.J., Jr.,, Crews, D.P. *et al.* (2016). Minireview: Endocrine disruptors: Past lessons and future directions. *Molecular Endocrinology* 30(8), 833-847. https://doi.org/10.1210/me.2016-1096.

Schulte, P.A., Roth, G., Hodson, L.L., Murashov, V., Hoover, M.D., Zumwalde, R. *et al.* (2016). Taking stock of the occupational safety and health challenges of nanotechnology: 2000–2015. *Journal of Nanoparticle Research* 18(159), 1–21. https://doi.org/10.1007/s11051-016-3459-1.

Seager, J. (2014) *Background and Methodology for Gender Global Environmental Outlook.* http://www.unep.org/sites/default/files/ggeo/documents/GGEO_Multi-stakehoder_consultation_Background_document_final.pdf

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012). *Global Biodiversity Outlook 4: A Mid-Term Assessment of Progress Towards the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020.* Montréal https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en.pdf.

Seneviratne, S.I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C.M., Kanae, S., Kossin, J. *et al.* (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment: An overview of the IPCC SREX report. *EGU General Assembly.* Vienna, 22-27 April 2012. 12566 http://adsabs.harvard.edu/abs/2012EGUGA..1412566S.

Seto, K., Guneralp, B. and Hutyra, L. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(40), 16083-16088. https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109.

Seto, K., Shakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D. *et al.* (2014). Human settlements, infrastructure and spatial planning. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. *et al.* (eds.). Cambridge. chapter 12. 923-1000. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf

Seto, K.C., Davis, S.J., Mitchell, R.B., Stokes, E.C., Unruh, G. and Ürge-Vorsatz, D. (2016). Carbon lock-in: Types, causes, and policy implications. *Annual Review of Environment and Resources* 41(1), 425-452. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085934.

Sharma, B.M., Bharat, G.K., Tayal, S., Nizzetto, L., Cupr, P. and Larssen, T. (2014). Environment and human exposure to persistent organic pollutants (POPs) in India: A systematic review of recent and historical data. *Environmental International* 66, 48-64. https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.01.022.

Shrestha, A.B., Agrawal, N.K., Alfthan, B., Bajracharya, S.R., Maréchal, J. and van Oort, B. (eds.) (2015). *The Himalayan Climate and Water Atlas: Impact of Climate Change on Water Resources in Five of Asia's Major River Basins.* https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/20/original/HKHwateratlas2016_screen.pdf?1483646266.

Singer-Brodowski, M., Brock, A., Etzkorn, N. and Otte, I. (2018). Monitoring of education for sustainable development in Germany – insights from early childhood education, school and higher education. *Environmental Education Research*, 1-16. https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1440380.

Skinner, E. (2011). *Gender and Climate Change: Overview Report.* Brighton: Institute of Development Studies. http://docs.bridge.ids.ac.uk/vfile/upload/4/document/1211/Gender_and_CC_for_web.pdf.

Smith, K.R., Bruce, N., Balakrishnan, K., Adair-Rohani, H., Balmes, J., Chafe, Z. *et al.* (2014b). Millions dead: How do we know and what does it mean? Methods used in the comparative risk assessment of household air pollution. *Annual Review of Public Health* 35, 185-206. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182356.

Smith, K.R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D.D., Honda, Y., Liu, Q. *et al.* (2014a). Human health: Impacts, adaptation, and co-benefits. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. 709-754. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap11_FINAL.pdf

Solomon, G.M., Morello-Frosch, R., Zeise, L. and Faust, J.B. (2016). Cumulative environmental impacts: Science and policy to protect communities. *Annual Review of Public Health* 37, 83-96. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032315-021807.

Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L. *et al.* (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 562, 519–525. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. *et al.* (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855-1259810. https://www.doi.org/10.1126/science.1259855.

Stehle, S. and Schulz, R. (2015). Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(18), 5750-5755. https://doi.org/10.1073/pnas.1500232112.

Strempel, S., Scheringer, M., Ng, C.A. and Hungerbuhler, K. (2012). Screening for PBT chemicals among the "existing" and "new" chemicals of the EU. *Environmental Science and Technology* 46(11), 5680-5687. https://doi.org/10.1021/es3002713.

Sun, L.G. (2016). Climate change and the narrative of disaster. In *The Role of International Environmental Law in Disaster Risk Reduction.* Peel, J. and Fisher, D. (eds.). Leiden: Brill. 27-48. http://booksandjournals.brillonline.com/content/books/b9789004318816_003

Sun, X., Wang, K., Kang, S., Guo, J., Zhang, G., Huang, J. *et al.* (2017). The role of melting alpine glaciers in mercury export and transport: An intensive sampling campaign in the Qugaqie Basin, inland Tibetan Plateau. *Environmental Pollution* 220, 936-945. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.079.

Sunderland, T., Achdiawan, R., Angelsen, A., Babigumira, R., Ickowitz, A., Paumgarten, F. *et al.* (2014). Challenging perceptions about men, women, and forest product use: A global comparative study. *World Development* 64, S56-S66. http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.003.

Sutton, M.A., Bleeker, A., Howard, C.M., Bekunda, M., Grizzetii, B., de Vries, W. *et al.* (2013). *Our Nutrient World: The Challenge to Produce More Food and Energy with Less Pollution.* Edinburgh: Centre for Ecology and Hydrology. http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/500700/1/N500700BK.pdf.

Taylor, P., Cai, M., Hu, A., Meehl, J., Washington, W. and Zhang, G.J. (2013). A decomposition of feedback contributions to polar warming amplification. *American Meteorological Society* 26, 7023-7043. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00696.1.

The American Society of Human Genetics, The American Society for Reproductive Medicine, The Endocrine Society, The Genetics Society of America, The Society for Developmental Biology, The Society for Pediatric Urology *et al.* (2011). Assessing chemical risk: Societies offer expertise. *Science* 331(6021), 1136. https://doi.org/10.1126/science.331.6021.1136-a.

The Lancet Planetary Health (2018). The natural environment and emergence of antibiotic resistance. *The Lancet Planetary Health* 2(1). https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30182-1.

Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G. *et al.* (2004). Lost at Sea: Where is all the Plastic? *Science* 304(5672), 838. https://doi.org/10.1126/science.1094559.

Tijani, J.O., Fatoba, O.O., Babajide, O.O. and Petrik, L.F. (2016). Pharmaceuticals, endocrine disruptors, personal care products, nanomaterials and perfluorinated pollutants: A review. *Environmental Chemistry Letters* 14(1), 27-49. https://doi.org/10.1007/s10311-015-0537-z.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. and Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108.

Tilman, D. and Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 515(7528), 518-522. https://doi.org/10.1038/nature13959.

Trenberth, K.E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research* 47(1/2), 123-138. https://doi.org/10.3354/cr00953.

United Kingdom Government Met Office (2018). *An overview of global surface temperatures in 2017.* https://www.metoffice.gov.uk/research/news/2018/global-surface-temperatures-in-2017.

United Kingdom Government Office for Science (2011). *Migration and Global Environmental Change: Future Scenarios.* London. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/288793/11-1117-migration-global-environmental-change-scenarios.pdf.

United Nations (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights.* ST/ESA/SER.A/352. New York, NY. https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf.

United Nations (2015a). *Transforming Our World: The 2030 Agenda For Sustainable Development.* New York, NY: United Nations. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.

United Nations (2015b). *The World's Women 2015: Trends and Statistics.* New York, NY. https://unstats.un.org/unsd/gender/downloads/worldswomen2015_report.pdf.

United Nations (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.* New York, NY. https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf.

United Nations Children's Fund (2018). *Primary education.* https://data.unicef.org/topic/education/primary-education/

United Nations Children's Fund and World Health Organization (2017). *Safely Managed Drinking Water.* Geneva. https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2017/03/safely-managed-drinking-water-JMP-2017-1.pdf.

United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook.* Bonn. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20English_Full_Report_rev1.pdf.

United Nations Development Programme (2016). *Human Development Report 2016. Human Development for Everyone.* New York, NY. http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2014). *Shaping the Future We Want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014).* Paris. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1682Shaping%20the%20future%20we%20want.pdf.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2017a). *Global Education Monitoring Report 2017/8. Accountability in Education: Meeting our Commitments.* Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002593/259338e.pdf.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2017b). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives.* Paris. https://europa.eu/capacity4dev/file/69191/download?token=Jw3cLunL.

United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women (2014). *The World Survey on The Role Of Women In Development 2014: Gender Equality and Sustainable Development.* New York, NY. https://gest.unu.edu/static/files/world-survey-on-the-role-of-women-in-development-2014.pdf.

United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women (2015). *Progress of The World's Women 2015–2016: Transforming Economies, Realizing Rights.* New York, NY. http://progress.unwomen.org/en/2015/pdf/UNW_progressreport.pdf.

United Nations Environment Programme (2012). *Progress Report on the Chemicals in Products Project, including Proposed Recommendations for Further International Cooperative Action.* International Conference on Chemicals Management. Nairobi. http://www.saicm.org/Portals/12/documents/meetings/ICCM3/doc/SAICM_ICCM3_15_EN.pdf.

United Nations Environment Programme (2013a). *City-Level Decoupling: Urban Resource Flows and the Governance of Infrastructure Transitions. A Report of the International Resource Panel.* Swilling, M., Robinson, B., Marvin, S. and Hodson, M. (eds.). Nairobi. http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8488.

United Nations Environment Programme (2013b). *Global Chemicals Outlook: Towards Sound Management of Chemicals.* Nairobi. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1966Global%20Chemical.pdf.

United Nations Environment Programme (2013c). *Costs of Inaction on the Sound Management of Chemicals.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8412/-Costs%20of%20inaction%20on%20the%20sound%20management%20of%20chemicals-2013Report_Cost_of_Inaction_Feb2013.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2015). *Global Waste Management Outlook.* Nairobi. http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_pub&task=download&file=011782_en.

United Nations Environment Programme (2016a). *Global Gender and Environment Outlook.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14764/GLOBAL%20GENDER%20AND%20ENVIRONMENT%20OUTLOOK.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2016b). *GEO-6 Regional Assessment for West Asia.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7668/GEO_West_Asia_201611_pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016c). *Food Systems and Natural Resources: A Report of the Working Group on Food Systems of the International Resource Panel.* Westhoek, H., Ingram, J., Van Berkum, S., Özay, L. and Hajer M. (eds.). Nairobi. http://www.resourcepanel.org/file/133/download?token=6dSyNtuV.

United Nations Environment Programme (2017). *Towards a Pollution-Free Planet: Background Report.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21800/UNEA_towardspollution_long%20version_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme, United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women, United Nations Peacebuilding Support Office and United Nations Development Programme (2013). *Women and Natural Resources: Unlocking the Peacebuilding Potential.* Nairobi. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/UNEP_UN-Women_PBSO_UNDP_gender_NRM_peacebuilding_report%20pdf.pdf.

United Nations Environment Programme and World Health Organization (2013). *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals - 2012.* Bergman, Å., Jerrold J. Heindel., Jobling, S., Kidd, K.A. and Zoeller, R.T. (eds.). https://www.who.int/iris/bitstream/10665/78101/1/9789241505031_eng.pdf?ua=1.

United Nations Human Settlements Programme (2011). *The Economic Role of Cities.* The Global Urban Economic Dialogue Series. Nairobi. https://unhabitat.org/books/economic-role-of-cities/#.

United Nations Human Settlements Programme (2014). *Sustainable Urban Development and Agenda 2030: UN-Habitat's Programme Framework: PSUP; Transforming the Lives of One Billion Slum Dwellers.* Nairobi. https://unhabitat.org/sustainable-urban-development-and-agenda-2030-un-habitats-programme-framework-psup-transforming-the-lives-of-one-billion-slum-dwellers/#

United Nations Human Settlements Programme (2016a). *Urbanization and Development: Emerging Future. World Cities Report 2016.* Nairobi. https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2014/03/WCR-%20Full-Report-2016.pdf.

United Nations Human Settlements Programme (2016b). *Pretoria Declaration on Informal Settlements.* Nairobi. https://unhabitat.org/pretoria-declaration-on-informal-settlements/#.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2014). The Economic and human impact of disasters in the last ten years. https://www.unisdr.org/files/42862_economichumanimpact20052014unisdr.pdf

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.* http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf.

United Nations World Water Assessment Programme (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf.

United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2017). *2016 marks three consecutive years of record warmth for the globe.* National Oceanic and Atmospheric Administration. http://www.noaa.gov/stories/2016-marks-three-consecutive-years-of-record-warmth-for-globe

United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2018). *2017 was 3rd warmest year on record for the globe.* http://www.noaa.gov/news/noaa-2017-was-3rd-warmest-year-on-record-for-globe.

United States National Snow and Ice Data Center (2017). *Arctic sea ice 2017: Tapping the brakes in September.* [National Snow and Ice Data Center http://nsidc.org/arcticseaicenews/2017/10/ (Accessed: 1 November 2018).

Urry, J. (2010). Consuming the planet to excess. *Theory, Culture & Society* 27(2-3), 191-212. https://doi.org/10.1177/0263276409355999.

Vanbergen, A.J. (2013). Threats to an ecosystem service: Pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11(5), 251-259. https://doi.org/10.1890/120126.

Vanwalleghem, T., Gómez, J.A., Infante Amate, J., González de Molina, M., Vanderlinden, K., Guzmán, G. *et al.* (2017). Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. *Anthropocene* 17, 13-29. https://www.doi.org/10.1016/j.ancene.2017.01.002.

Vaughan, D.G., Comiso, J.C., Allison, I., Carrasco, J., Kaser, G., Kwok, R. *et al.* (2013). Observations: Cryosphere. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 4. 317-382. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter04_FINAL.pdf

Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. and Ingram, J.S.I. (2012). Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* 37, 195-222. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608.

Villasante, S., do Carme García-Negro, M., González-Laxe, F. and Rodríguez, G.R. (2011). Overfishing and the common fisheries policy: (Un)successful results from TAC regulation? *Fish and Fisheries* 12(1), 34-50. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2010.00373.x.

von Schneidemesser, E., Monks, P.S., Allan, J.D., Bruhwiler, L., Forster, P., Fowler, D. *et al.* (2015). Chemistry and the linkages between air quality and climate change. *Chemical Reviews* 115(10), 3856-3897. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00089.

Walker, C.L., Rudan, I., Liu, L., Nair, H., Theodoratou, E., Bhutta, Z.A. *et al.* (2013). Global burden of childhood pneumonia and diarrhoea. *Lancet* 381(9875), 1405-1416. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60222-6.

Wall, B., Derham, J. and O'Mahony, T. (eds.) (2016). *Ireland's Environment 2016: An Assessment.* Wexford: Ireland Environmental Protection Agency. http://www.epa.ie/pubs/reports/indicators/SoE_Report_2016.pdf.

Waller, C.L., Griffiths, H.J., Waluda, C.M., Thorpe, S.E., Loaiza, I., Moreno, B. *et al.* (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of The Total Environment* 598, 220-227. https://www.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283.

Wallinga, D., Rayner, G. and Lang, T. (2015). Antimicrobial resistance and biological governance: Explanations for policy failure. *Public Health* 129(10), 1314-1325. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2015.08.012.

Wals, A.E.J. (2015). *Beyond Unreasonable Doubt. Education and Learning For Socio-Ecological Sustainability in the Anthropocene.* Wageningen: Wageningen University. https://arjenwals.files.wordpress.com/2016/02/8412100972_rvb_inauguratie-wals_oratieboekje_v02.pdf.

Wals, A.E.J. and Lenglet, F. (2016). Sustainability citizens: Collaborative and disruptive social learning. In *Sustainability Citizenship in Cities: Theory and Practice.* Horne, R., Fien, J., Beza, B. and Nelson, A. (eds.). London: Routledge. chapter 5. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781317391081/chapters/10.4324%2F9781315678405-14

Watson, M. (2015). The UN decade of ESD: What was achieved in Scotland 2005–2014. *Applied Environmental Education & Communication* 14(2), 90-96. https://doi.org/10.1080/1533015X.2014.971980.

Weng, Z., Jowitt, S.M., Mudd, G.M. and Haque, N. (2015). A detailed assessment of global rare earth element resources: Opportunities and challenges. *Economic Geology* 110(8), 1925-1952. http://dx.doi.org/10.2113/econgeo.110.8.1925.

Wernick, I.K. and Ausubel, J.H. (1997). *Industrial Ecology: Some Directions for Research.* New York, NY: The Rockefeller University. https://phe.rockefeller.edu/ie_agenda/.

Wernick, I.K., Herman, R., Govind, S. and Ausubel, J.H. (1996). Materialization and dematerialization: Measures and trends. *Daedalus* 125(3), 171-198. https://phe.rockefeller.edu/Daedalus/Demat/.

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., de Souza Dias, B.F. *et al.* (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet* 386(10007), 1973-2028. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1.

Wiek, A., Bernstein, M.J., Foley, R.W., Cohen, M., Forrest, N., Kuzdas, C. *et al.* (2016). Operationalising competencies in higher education for sustainable development. In *Routledge Handbook of Higher Education for Sustainable Development.* Barth, M., Michelsen, G., Thomas, I. and Rieckmann, M. (eds.). London: Routledge. chapter 16. 241-260. https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9781315852249.ch16

Wiek, A., Withycombe, L. and Redman, C.L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science* 6(2), 203-218. https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6.

Wiggington, N., Fahrenkamp-Uppenbrink, J., Wible, B. and Malakoff, D. (2016). Cities are the future. *Science* 352(6288), 904-905. https://doi.org/10.1126/science.352.6288.904.

Williams, A.P., Allen, C.D., Macalady, A.K., Griffin, D., Woodhouse, C.A., Meko, D.M. *et al.* (2013). Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. *Nature Climate Change* 3(3), 292-297. https://doi.org/10.1038/nclimate1693.

Winsemius, H.C., Jongman, B., Veldkamp, T.I.E., Hallegatte, S., Bangalore, M. and Ward, P.J. (2018). Disaster risk, climate change, and poverty: Assessing the global exposure of poor people to floods and droughts. *Environment and Development Economics* 23(3), 328-348. https://doi.org/10.1017/S1355770X17000444.

Wolf, K.L. and Robbins, A.S.T. (2015). Metro nature, environmental health, and economic value. *Environmental Health Perspectives* 123(5), 390-398. https://doi.org/10.1289/ehp.1408216.

Wolk, A. (2017). Potential health hazards of eating red meat. *Journal of Internal Medicine* 281(2), 106-122. https://doi.org/10.1111/joim.12543.

World Energy Council (2016). *World Energy Trilemma: Defining measures to accelerate the energy transition.* London. https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/05/World-Energy-Trilemma_full-report_2016_web.pdf.

World Health Organization (1948). Constitution of the World Health Organization. Geneva http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf.

World Health Organization (2008). *Closing the Gap in a Generation: Health Equity Through Action on the Social Determinants of Health.* Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43943/1/9789241563703_eng.pdf.

World Health Organization (2014). Health in All Policies: Helsinki Statement. *The 8th Global Conference on Health Promotion.* Helsinki, 10-14 June 2013. World Health Organization, Geneva http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112636/1/9789241506908_eng.pdf?ua=1

World Health Organization and United Nations Children's Fund (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines.* Geneva. https://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Drinking_Water_Sanitation_and_Hygiene_2017.pdf.

Wunder, S., Noack, F. and Angelsen, A. (2018). Climate, crops, and forests: A pan-tropical analysis of household income generation. *Environment and Development Economics* 23(3), 279-297. https://doi.org/10.1017/S1355770X18000116.

Yao, T., Thompson, L., Yang, W., Yu, W., Gao, Y., Guo, X. *et al.* (2012). Different glacier status with atmospheric circulations in Tibetan Plateau and surroundings. *Nature Climate Change* 2, 663-667. https://doi.org/10.1038/nclimate1580.

Yin, J., Overpeck, J., Peyser, C. and Stouffer, R. (2018). Big jump of record warm global mean surface temperature in 2014-2016 related to unusually large oceanic heat releases. *Geophysical Research Letters* 45(2), 1069-1078. https://doi.org/10.1002/2017GL076500.

Zhang, M., Zeiss, M.R. and Geng, S. (2015). Agricultural pesticide use and food safety: California's model. *Journal of Integrative Agriculture* 14(11), 2340-2357. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61126-1.

Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D.B., Huang, Y. *et al.* (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(35), 9326-9331. https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114.

Ziska, L.H. and Dukes, J.S. (eds.) (2014). *Invasive Species and Global Climate Change* CABI Invasives Series. https://www.cabi.org/bookshop/book/9781780641645.

章节A:

全球环境状况

5. 空气
6. 生物多样性
7. 海洋和沿海
8. 土地和土壤
9. 淡水

第 5 章

空气

© Shutterstock/Adam Radosavljevic

领衔作者兼协调负责人：Phillip Dickerson（美国环境保护署），Cristina Guerreiro（挪威空气研究所），Terry Keating（美国环境保护署），John Muthama Nzioka（内罗毕大学）

领衔作者：Serena H. Chung（美国环境保护署），Stefan Reis（生态与水文研究中心）

贡献作者：Babatunde Joseph Abiodun（开普敦大学），Kathryn Jennifer Bowen（澳大利亚国立大学），Riyanti Djalante（联合国大学—可持续发展高等研究所），James Grellier（埃克塞特大学欧洲环境与人类健康中心），Fintan Hurley（职业医学研究所），Andrei Kirilenko（佛罗里达大学），Robyn Lucas（国家流行病学和人口健康中心 – 澳大利亚国立大学），Caradee Y. Wright（南非医学研究理事会）

《全球环境展望》研究员：He Chenmin（北京大学）

执行摘要

二氧化碳和其他长寿命温室气体（GHGs）的浓度继续增加，这主要是由于人们消耗化石燃料以满足日益增长的能源需求。（充分证实）{5.2.4}

鉴于目前温室气体的浓度及其在大气中的生命周期，气候和海平面的显著变化是不可避免的，并且会对人类和环境造成广泛影响（充分证实）。有充分证据表明，愈演愈烈的气候变化加剧了现有的贫困和不平等现象，并引发新的脆弱性。然而，如果不尽快采取行动制止温室气体排放，预计未来还会发生更大的变化。{5.3.4}

气候变化的影响包括热浪和风暴频率及强度的增加（不完全证实）；病媒分布的变化、空气污染事件的加剧、供水减少以及对作物产量和粮食价格的影响。{5.3.4}

努力减少短期气候污染物（SLCP）排放，特别是黑碳（BC）、甲烷（CH_4）、对流层臭氧（O_3）和氢氟碳化合物（HFCs），是综合性气候变化减缓和空气质量管理方案的重要组成部分（充分证实）。随着长寿命温室气体排放的快速减缓，短期气候污染物排放量的减少实现了《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的目标。{5.2.4}

空气污染是造成全球疾病负担最重要的环境因素，每年导致估计600万至700万人过早死亡，并造成巨大的经济损失（不完全证实）。其中，260万至380万人的死亡可归因于燃烧木材、煤炭、作物残渣、粪便以及用于做饭、取暖和照明的煤油。另有320万至350万人死于环境空气污染的其他来源。据估计，全球福利损失的货币价值为5.1万亿美元（占世界产品总额的6.6%）。{5.3.1}

老年人、年幼者、病人和穷人更容易受到空气污染的影响，而空气污染会加剧已经存在的疾病或状况（充分证实）。生活在低收入和中等收入国家城市地区的人以及大约30亿依靠燃烧固体燃料或煤油满足家庭能源需求的人受到的影响最大。{5.3.1}

在全球范围内，一些部门和区域排放减少的趋势已被迅速发展的国家和新兴经济体以及迅速城市化地区排放增加的趋势所抵消（充分证实）。{5.2}

由于人口众多、城市污染程度高，东亚和南亚因空气污染而死亡的总人数最多（充分证实）。这些区域还承担着世界其他区域（主要是西欧和北美）消费品生产所造成的最大卫生负担。{5.3.1}

由于对发电厂、大型工业设施和车辆实行了管制，其他来源的相对贡献已变得越来越重要（充分证实）。与实现空气质量目标日益相关的污染源包括农业、家庭燃料燃烧、建筑和其他便携式设备、手工制造和火灾。这些污染源对空气质量问题的相对贡献因地区而异，因此空气污染控制的优先次序在不同的地点可能有所不同。{5.2.1}

由于《蒙特利尔议定书》，消耗臭氧层物质（ODSs）的排放量急剧下降（充分证实）。新研究提供了强有力的证据，证明南极洲上空的平流层臭氧已经开始恢复。虽然自2000年以来，其他地区的平流层臭氧浓度有所增加，但由于自然变异性、温室气体的增加以及对流层臭氧、云层和气溶胶对紫外线辐射衰减的变化，南极洲以外的大气柱臭氧总量并没有按预期那样增长，而到达地球表面的紫外线辐射并没有减少。{5.2.3}

国际协定在处理特定化学品方面取得了成功，但新的化学品风险正在出现（不完全证实）。欧洲、北美、亚太和北极地区持久性有机污染物（POPs）的环境浓度已经下降。{5.2.2}

如果不采取额外的政策干预，快速发展、城市化再加上许多地区的环境治理不足会导致气候变化和空气污染不仅不会改善反而可能会恶化（充分证实）。然而，未来的政策努力可以建立在国际论坛对这些问题的重新关注以及几十年来不同国家采取各种治理战略的经验之上。{5.4}

5.1 引言

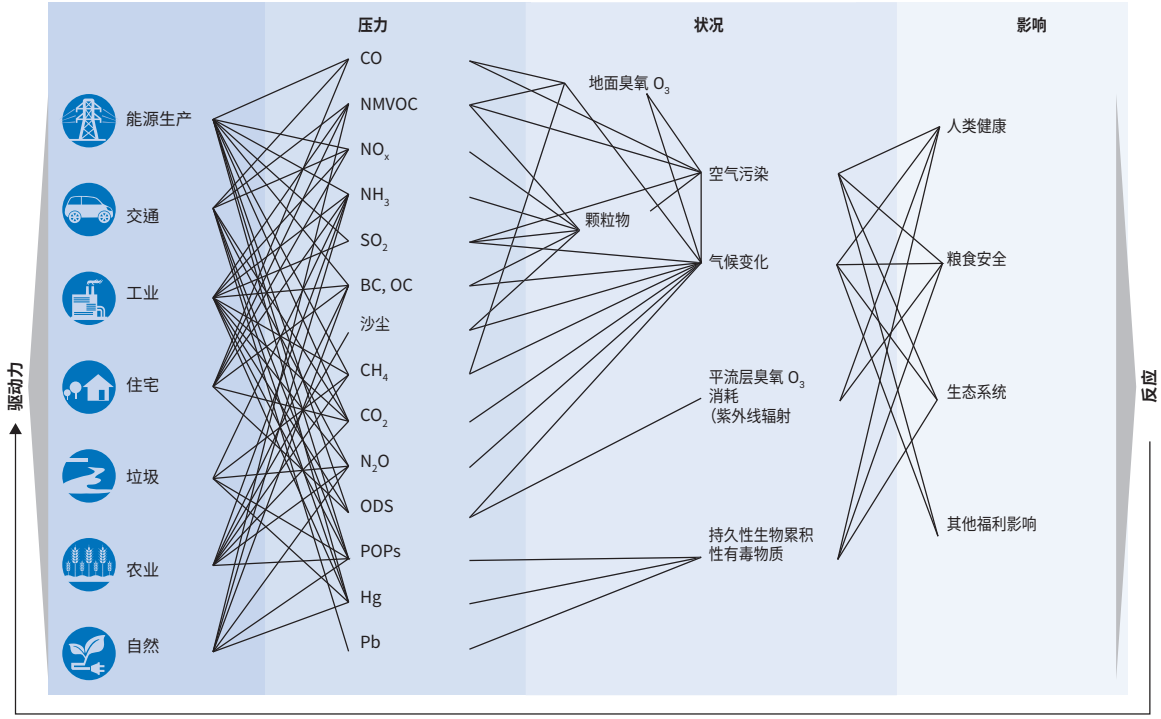
人类活动产生的排放已经改变了地球大气的组成，给人类和地球的健康带来影响。人类活动对大气的影响通常由四个独立的挑战构成：空气污染；气候变化；平流层臭氧损耗；持久性生物累积性有毒物质（PBT）（Abelkop、Graham和Royer，2017年）。这四项挑战的成因、它们对大气组成和气象过程的影响以及它们对人类和生态系统的影响密切相关（**见图5.1**）。这些挑战的解决办法也是相互关联的，因为生活方式、技术和政策的改变会同时改变多种污染物的排放，并产生各种相互关联的影响。本章按驱动力—压力—状况—影响—响应（DPSIR）框架一起描述了这四个挑战（参见第1.6节）。

自2012年《全球环境展望5》发布以来，相关发展使得国际社会关注大气成分的变化。对空气污染造成的全球疾病负担的估计增加了一倍（与2004年、2012年和2017年发表的评估结果相比），主要原因是卫星传播仪器提供了新的接触估计值（Lim等人，2012年；Cohen等人，2017年）。联合国环境大会（2014年；2017年）和世界卫生大会（2015年）通过决议，鼓励各国采取行动解决空气污染问题。主要温室气体的浓度仍强劲增长（世界气象组织，2017a），气候变化指标持续积累。《联合国气候变化框架公约》京都议定书》的目标已到期，但被《多哈修正案》下的新目标和《巴黎协定》的新承诺取代。为配合《联合国气候变化框架公约》的工作，新的努力旨在减少特定部门的短期气候污染物

表5.1：一些大气化学成分

BC	黑碳
CFCs	氯氟烃
CH_4	甲烷
CO	一氧化碳
CO_2	二氧化碳
GHGs	温室气体
HCFCs	氢氯氟烃
HFCs	氢氟碳化合物
Hg	汞
N_2O	一氧化二氮
NH_3	氨
NMVOC	非甲烷挥发性有机化合物
NO	一氧化氮
NO_2	二氧化氮
NOX	氮氧化物
O_3	臭氧
OC	有机碳
ODS	消耗臭氧物质
PAHs	多环芳烃
Pb	铅
PBDE	多溴联苯醚
PBTs	持久性生物累积性有毒物质（包括持久性有机污染物和金属）
PCB	多氯联苯
PFAS	全氟烷基物质和多氟烷基物质
PM	颗粒物
PM_{10}	颗粒物直径小于 10 µm
$PM_{2.5}$	颗粒物直径小于 2.5 µm
POPs	持久性有机污染物（根据国际协定）
SO_2	二氧化硫

图5.1：大气变化的压力、状况和影响之间的主要联系



该图是为读者提供的路线图，显示了本章讨论的主要主题和污染物之间的关系。化学符号和缩写定义见表5.1。

(SLCPs)，这对减缓气候变化和人类健康有利（气候和清洁空气联盟，2015年）。随着平流层臭氧（O3）持续恢复，《蒙特利尔议定书》（联合国，2016a）基加利修正案利用这一成功的国际协议，帮助减轻氢氟碳化合物（HFCs）的气候影响，氢氟碳化合物最初是作为臭氧消耗物质（ODS）的替代品引入的。汞的排放量在一些地区有所下降，而在另一些地区有所增加。由于国际协议的实施，一些被禁止的持久性有机污染物（POPs）的排放量有所下降。然而，其他持久性有机污染物和持久性生物累积性有毒物质的大气负担仍然令人担忧，并已确定了新的化学风险（联合国环境规划署，2017a）。

如**图5.2**所示，实现每项可持续发展目标（SDGs）的努力与减少空气排放和大气成分变化直接或间接相关。

在《全球环境展望6》区域评估中，空气污染、气候变化和能源发展以及这三个问题的交集被确定为每个区域的优先事项。不断扩大的城市以及不断增长的能源和交通需求一直被视为值得关注的问题。室内空气污染和获得清洁家庭能源是非洲和亚洲的优先事项。其他区域优先事项突出了不同区域政府机构能力的差异：改进观测网络（非洲、拉丁美洲和加勒比地区、西亚）、加强管理（亚洲、拉丁美洲和加勒比地区）以及了解减缓措施的成本和效益（亚洲）。以下各节以《全球环境展望6》区域评估为基础，从全球角度探讨这些挑战的状况。

5.2 压力：排放

人们主要通过产生排放来改变大气。人类排放的趋势是由人口、城市化、经济活动、技术和气候变化（“驱动力”）以及行为选择（包括生活方式）和冲突驱动的。反过来，这些驱动力又受到政策（“响应”）的影响。自然排放源（包括植被、土壤、野火、风沙和灰尘）也会造成排放，但会受到人类的影响（例如，通过土地使用的变化）。

虽然一些《全球环境展望》区域报告的排放信息越来越公开化，但没有适用于所有排放源和污染物的全球报告方案，也没有全面的排放数据储存库。《奥尔胡斯公约》及其《污染物排放和转移登记议定书》希望在联合国欧洲经济委员会和经济合作与发展组织的工作基础上建立一个全球网络（见http://prtr.net）。目前，编制一份一致的全球排放清单需要开展研究工作。该评估使用了基于社区排放数据系统（CEDS）开发的最新人为排放数据，该系统是一个公开资源的全球排放清单数据系统，旨在为全球大气模拟工作提供一致的长期排放趋势，例如支持政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的编写（Hoesly等人，2018年）。开放式生物质燃烧排放，无论是人为的还是自然的，都是从为全球建模工作而创建的单独清单中提取的，该清单将卫星估算、沉积木炭记录、历史能见度记录和多个火灾模型的信息结合在一起（van Marle等人，2017年）。这些数据集共同为检查

图5.2：大气成分变化与可持续发展目标实现之间的联系

直接联系用粗箭头表示，间接联系用细箭头表示。

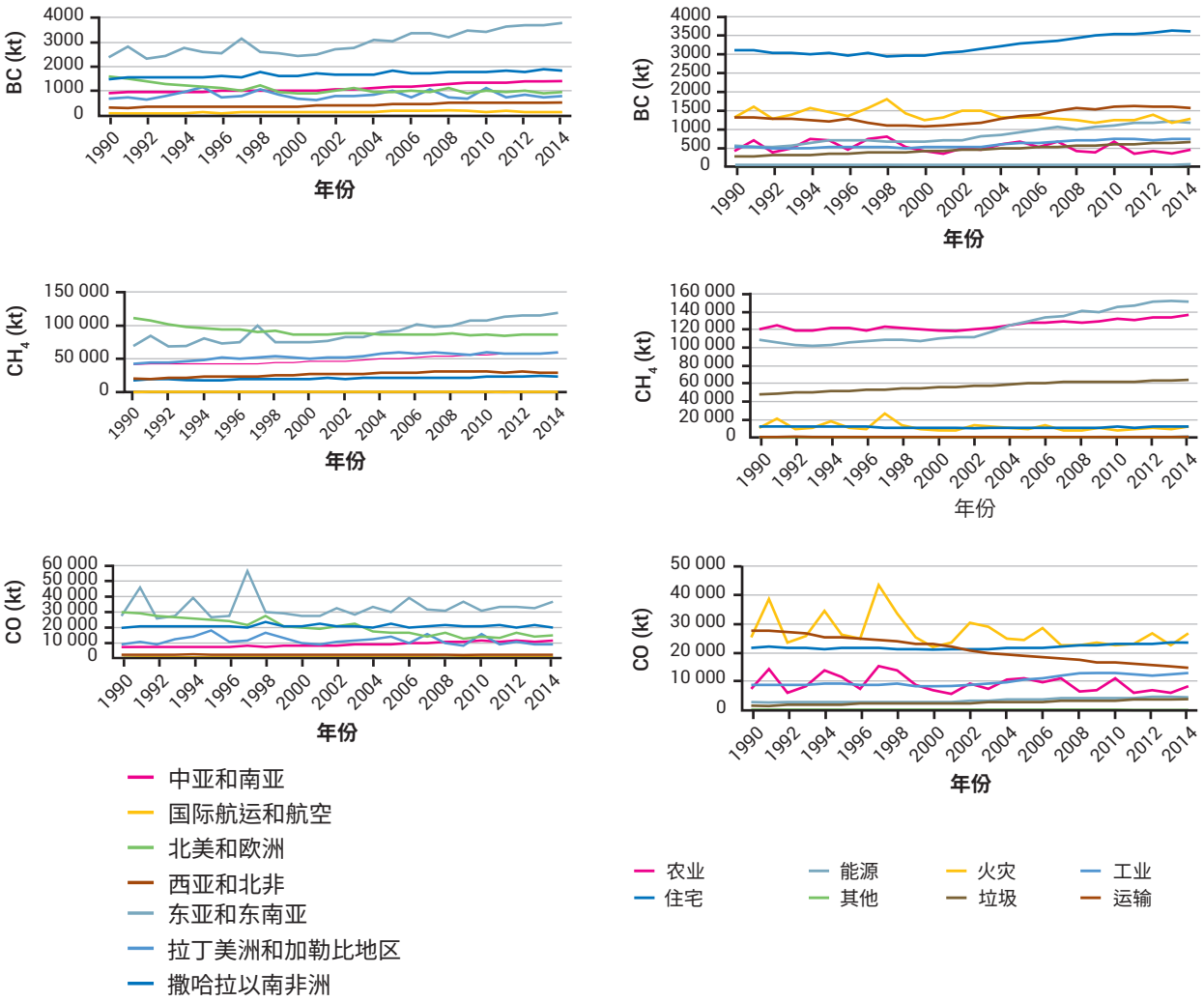
大多数空气污染物和温室气体(GHG)的趋势提供了最新和一致的基础(**见图5.3**)。

1990年至2014年期间,由于亚洲人为二氧化碳(CO_2)排放量大幅增长以及北美和欧洲小幅下降,全球人为二氧化碳(CO_2)排放量增加了40%以上。在此期间,全球只有二氧化硫的排放量有所下降,其中亚洲的排放量增加了50%以上,而北美和欧洲的排放量减少了75%以上。近年来,东亚的二氧化硫和氮氧化物(NO_x)排放量开始下降。野火和农业火灾的发生大大增加了非甲烷挥发性有机化合物(NMVOC)、一氧化碳(CO)、黑碳(BC)和有机碳(OC)排放的年际变化。

此处提供的排放数据是最佳估计值,根据污染物、部门、地区和时间段的不同,具有不同程度的不确定性。Hoesly等人(2018年)发现CEDS的估计略高于之前的全球清单(如Lamarque等人,2010年;欧洲委员会,2016年)。一般来说,在5%-95%的置信区间内,对CO_2和SO_2的排放估计有±10%左右的不确定性,而BC和OC排放有2倍左右的不确定性。CO、NO_x、NMVOC和氨(NH_3)排放的不确定性位于这两个端点之间(Hoesly等人,2018年)。不确定性也因部门而异:大型发电厂的排放得到充分表征,而军事冲突产生的排放则没有得到很好的了解或广泛地列入清单。

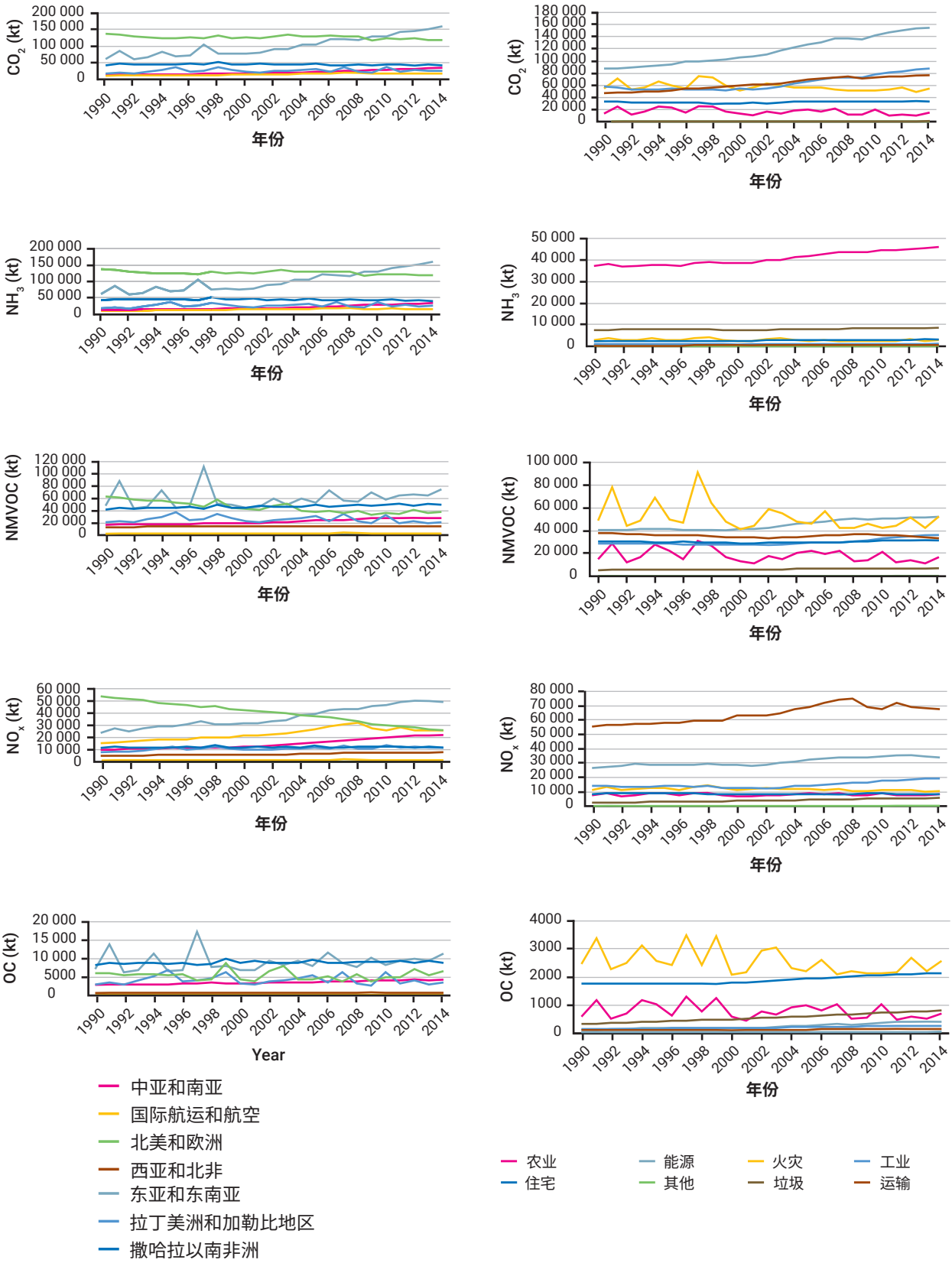
持久性有机污染物的现有排放数据之间有相当大的差距,其中包括杀虫剂、工业化学品和不完全燃烧或化学反应的产品。欧洲、美洲和中亚的现有数据表明,由于包括《斯德哥尔摩公约》在内的条例,1990年至2012年,研究最多的持久性有机污染物的排放量大幅减少(联合国环境规划署,2014a;联合国环境规划署,2014b;联合国环境规划署,2015a;联合国环境规

图5.3:1990年-2014年按污染物、地区和领域分列的以千吨(kt)为单位的年度排放趋势



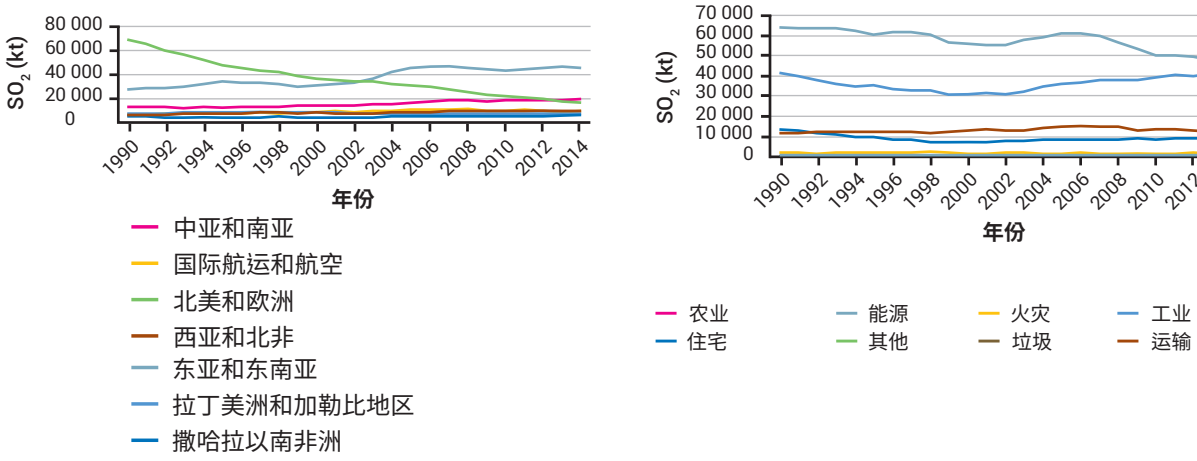
资料来源:Hoesly等人(2018年)

图5.3(续):1990年-2014年按污染物、地区和领域分列的以千吨(kt)为单位的年度排放



资料来源:Hoesly等人(2018年)

图5.3(续):1990年-2014年按污染物、地区和领域分列的以千吨(kt)为单位的年度排放



资料来源:Hoesly等人(2018年)。

划署,2015b)。然而,随着所列持久性有机污染物和候选物质的不断增加,不受管制的持久性有机污染物排放可能也在增加。许多商业产品含有未知数量和未知类型的不受管制的持久性有机污染物,它们产生的影响通常尚未可知(另见第4.3.3节)。

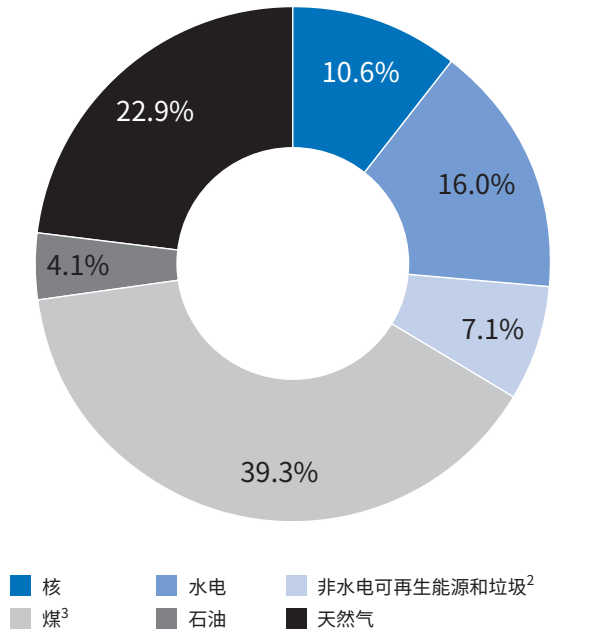
联合国环境规划署《全球汞评估》估计,2015年人为排放到空气中的汞为2220(2000 - 2820)公吨/年(联合国环境规划署2013a)。2015年,全球手工和小规模金矿开采(ASGM)排放的人为汞约占总数的38%,其次是煤炭燃烧(约21%)、有色金属生产(约15%)和水泥生产(约11%)。亚洲是主要的汞排放来源地,2015年全球人为汞排放中约49%来自亚洲,其次是南美(18%)和撒哈拉以南非洲(16%)。目前人为来源约占大气中汞年排放量的30%,而自然地质源约占10%。其余60%来自以前从土壤和海洋释放的汞的"再排放",这些汞主要属于人为来源(联合国环境规划署,2013a)。

1990年至2016年期间,全球消耗臭氧层物质的生产和消费以及由此产生的消耗臭氧层物质排放下降了99%以上(联合国环境规划署,2017b)。氯氟烃(CFCs)和哈龙是最强有力的臭氧消耗物质,它们已经被寿命较短的氢氯氟烃化合物(HCFCs)和氢氟碳化合物(HFCs)所取代,尽管最近测量结果表明,新的三氯氟甲烷(CFC-11)排放可能正在发生(Montzka等人,2018年)。消耗臭氧层较少的氟氯烃现在正在逐步被不消耗臭氧层的化学品淘汰。基于担忧氢氟碳化合物未来对气候变化的潜在影响,2016年《蒙特利尔议定书》基加利修正案问世,该修正案将限制未来氢氟碳化合物的排放。

5.2.1 电力和燃料生产

电力和燃料生产领域(**图5.3**中标为"能源")是二氧化碳、甲烷(CH_4)、二氧化硫和非甲烷挥发性有机化合物的最大人为排放领域,也是其他空气污染物的主要排放领域。在该领域,2014年发电约占二氧化碳排放总量的70%、二氧化硫排放总量的71%、氮氧化物排放总量的72%(Hoesly等人,2018年)。

图5.4:2015年全球发电燃料份额[1]



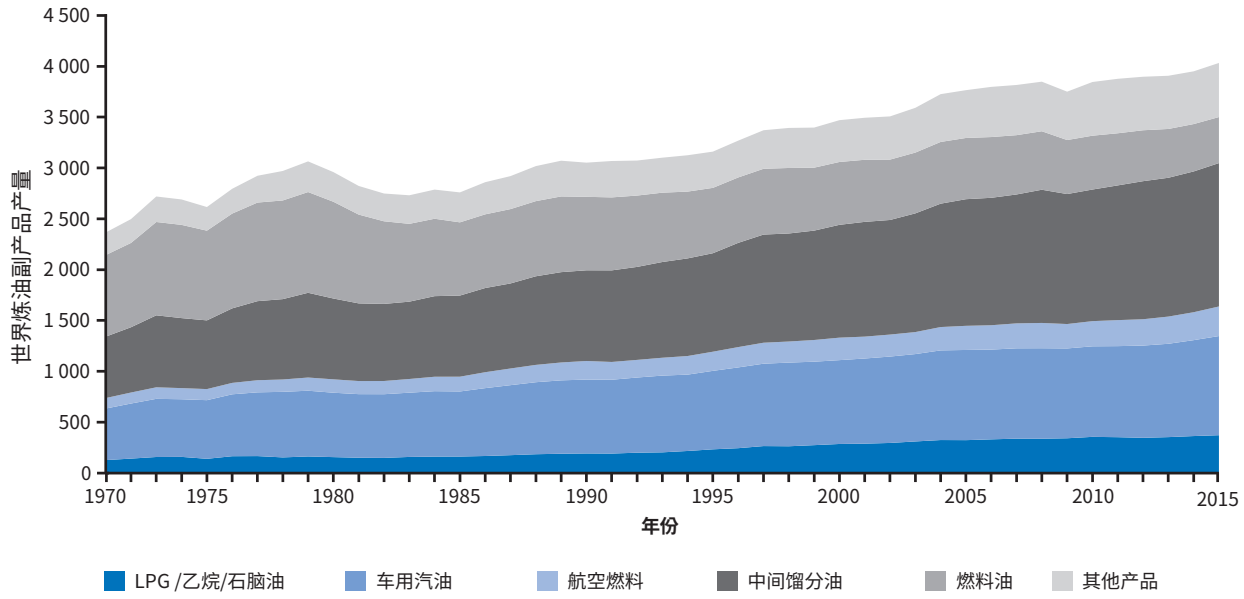
注:[1]不包括抽水蓄能发电。[2]包括地热、太阳能、风能、热能等。[3]泥炭和油页岩与煤混合在一起。

资料来源:国际能源署(2017年)。

尽管可再生能源产能有所增加，化石燃料仍然主导着全球电力系统（见**图5.5**）。该领域二氧化硫排放量的75%、氮氧化物排放量的70%和超过90%的直径小于2.5μm的主要颗粒物（$PM_{2.5}$）都来自燃煤发电厂。煤炭燃烧也是全球汞排放的第二大人为来源（国际能源署，2016a）。2015年，燃气发电排放的氮氧化物接近20%，但几乎没有二氧化硫或初级$PM_{2.5}$（国际能源署，2016a）。

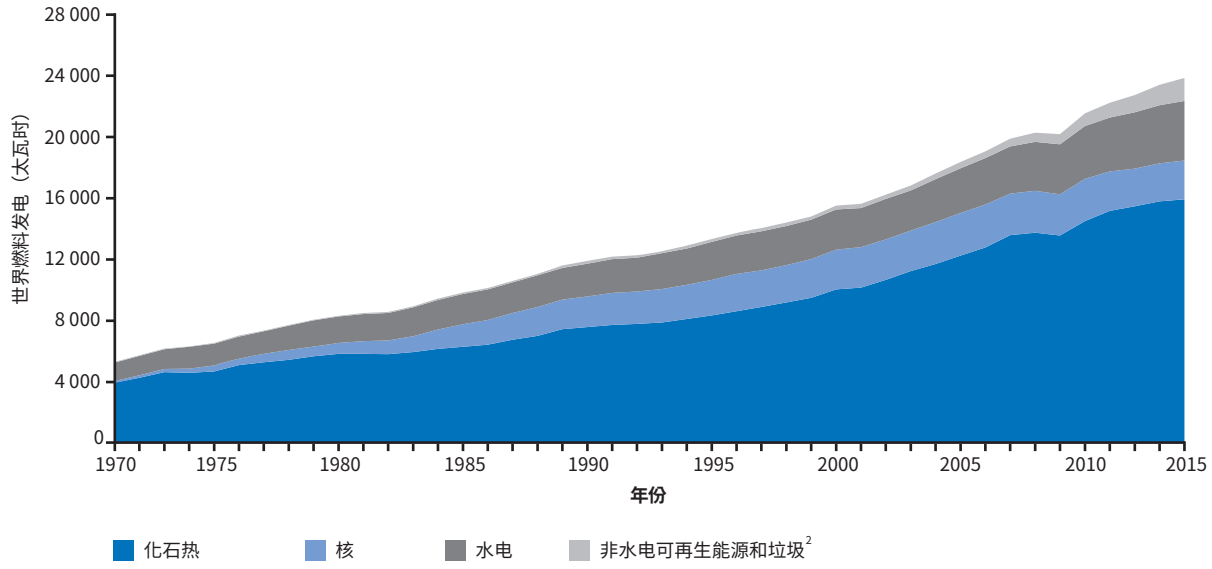
从1990年到2015年，全球石油燃料产量缓慢但持续增长（见**图5.5**）。燃料生产产生的甲烷和非甲烷挥发性有机化

图5.5：世界炼油副产品产量（百万吨）



资料来源：国际能源署（2017年）。

图5.6：世界燃料发电（太瓦时）[1]



注：[1]不包括抽水蓄能发电[2]其他=地能，太阳能、风能、潮汐能、波浪能、海洋能、生物燃料、热能等

资料来源：国际能源署（2017年）。).

合物排放量也相应增加（**图5.3**）。然而，从1990年到2015年，发电量翻了一番（**图5.6**），但是空气污染物的排放量并没有以同样的速度增长。最重要的是，2006年以后，发电产生的二氧化硫排放量有所下降（见**图5.3**）。这种脱钩的主要原因包括：

1 能源效率的提高；
2 发电厂排放标准的收紧和末端控制技术的进步；
3 天然气、可再生能源和核能发展（21世纪可再生能源政策网络，2016年）。

然而，尽管已有现有的政策和宣布的目标、子目标及目的，预计到2040年电力需求将增长三分之二（国际能源署，2016b）。末端污染控制技术和低硫煤都可用于实现较低的空气污染物排放。

5.2.2 交通

在世界所有区域，人员和货物的运输是空气污染物、温室气体、消耗臭氧层物质（来自汽车空调设备）和持久性生物累积性有毒物质（包括铅【Pb】和其他金属）排放的重要来源。道路运输，包括汽油和柴油驱动的客车和重型卡车，占一氧化氮排放的主要部分以及二氧化碳、一氧化碳、非甲烷挥发性有机化合物和黑碳排放的重要部分（见**图5.3**；Hoesly等人，2018年）。道路交通还会导致轮胎和刹车磨损以及夹带的道路粉尘排放主要颗粒物（不包括在**图5.3**中）。由于汽车和卡车在人们生活和工作的地方附近行驶和排放污染物，它们对空气污染暴露和相关健康影响的影响大于它们在总排放量中所占比例。

北美和欧洲的公路运输活动总量高于其他地区，因此造成了更大的二氧化碳排放，但这些排放在过去10年保持稳定，燃料效率的提高与运输需求的增长同步（Hoesly等人，2018年）。由于采用了车辆排放和燃料标准，北美和欧洲其他与运输有关的污染物排放量有所下降（见第12.2节）。

在发展中国家，尽管采用了排放和燃料标准（落后于北美和欧洲），但由于车辆使用的增长速度快于技术进步，道路交通排放继续上升。来自富裕国家的二手车贸易减缓了清洁技术的实施（联合国欧洲经济委员会和联合国环境规划署，2017年）。但是，在降低燃料硫含量方面不断取得进展将使所有国家能够使用先进的排放控制系统。

随着排放标准在道路车辆上的应用越来越广泛，重型建筑设备等非道路车辆排放的相对比例变得越来越重要。这些车辆通常使用柴油，寿命长，可以作为改造控制技术或替代燃料的良好候选。

按数量计算，海运占全球贸易总量的80%（2017年国际运输论坛），按吨英里计算，1990年至2015年期间海运增长超过300%（联合国贸易和发展会议，1997年；联合国贸易和发展会议，2017年）。船舶通常燃烧最重的石油产品，是全球二氧化硫和二氧化碳排放的重要来源，也是沿海地区和港口城市二氧化硫、氮氧化合物和黑碳排放的来源。已根据国际法（包括北海和波罗的海以及北美沿海水域）和国家法律（包括中国港口和内陆水域）建立了排放控制区。国际海事组织（International Maritime Organization）宣布了新的排放和燃料标准，预计将从2020年开始大幅减少船舶排放。

航空业对全球排放的影响虽小，但却在不断增长，在燃料燃烧产生的全球人为二氧化碳排放中，航空业所占比例不到2%（国际能源署，2017年）。2000年至2016年，全球航空客运增长235%（以乘客公里计算），航空货运增长174%（以吨公里计算）（国际民航组织【ICAO】，2016a）。飞机将污染物直接排放到高层大气中，在那里，污染物对臭氧形成和气候强迫的影响比在地表附近排放的污染物更大。航空二氧化碳对辐射强迫的影响已经被很好地量化了，但是飞机也会在高海拔地区排放水蒸气、其他气体和气溶胶，从而引发云层形成，改变自然云层，改变对流层上部和平流层下部的臭氧和甲烷浓度。这些变化对气候强迫的影响没有很好地量化（Brasseur等人，2016年；Fahey等人，2016年）。2016年，国际民用航空组织（ICAO）通过了《国际航空碳抵消和减排计划》（CORSIA），目标是将国际航空净二氧化碳排放量控制在2020年的水平（国际民用航空组织，2016b）。

5.2.3 工业

工业包括制造业和采矿业。工业部门排放空气污染物、温室气体、消耗臭氧层物质和持久性生物累积性有毒物质，为多种污染物控制提供了机会。排放和排放控制通常是特定于行业和过程的，对于某些行业甚至是特定于区域。

历史上近三分之二的二氧化碳和甲烷排放可归因于参与化石燃料和水泥生产的90家投资者或政府所有企业（Heede，2014年）。1990年至2014年间，除二氧化硫外，所有污染物的全球工业排放均有所增加（**图5.3**），这是因为欧洲和北美的排放量下降幅度小于其他大陆排放量的增长幅度。1990年至1999年，由于欧洲和北美排放量的减少，全球二氧化硫工业排放下降了26%；1999年之后，由于中国（截至2012年，此后有所减少；Zheng等人，2018年）和其他亚洲国家（Hoesly等人，2018年）的排放量大幅增加，全球二氧化硫工业排放有所增加。

许多新工业产品、纳米材料和化学品的创造给管制方面提出了相当大的挑战。它们的排放往往既不受管制也不加以量化，从而对环境和健康造成未知影响。

用于提高制造业和采矿业能源效率的技术创新、技术转让和更严格的排放法规是减少排放的关键。例如在亚

洲和拉丁美洲试验的更清洁的砖窑技术（Maithel等人，2012年；人权与环境中心，2015年）；在若干国家试行的减少或消除手工和小规模采金中汞使用的更清洁的技术和方法（美国环境保护署，2018a）；印度能源密集型产业的实施—实现—交易（Perform-Achieve-Trade）计划（Kumar和Agarwala，2013年；Bhandari和Shrimali，2018年）。

5.2.4 住宅和商业

2014年，全球约有31亿人（约占全球人口的43%）依靠燃烧木材、农作物残渣、粪便、煤和煤油等燃料来做饭、取暖和照明（世界卫生组织，2016a）。这些燃料是全球黑碳和有机碳排放的主要来源，也是主要颗粒物、多环芳烃（PAHs）、一氧化碳和二氧化碳排放的主要来源（Hoesly等人，2018年）。在全球范围内，暴露于住宅烟雾是最大的环境健康风险因素之一（Cohen等人，2017年）。在低收入和中等收入国家，获得清洁家庭能源的机会最为缺乏，但发生在高收入国家以及城市和农村地区都在使用污染燃料。妇女和儿童最容易受到家庭空气污染的影响，也承担着收集或获取燃料的最大负担（世界卫生组织，2016b）。改善获得更清洁炉灶和燃料（包括木屑、液化石油气、天然气和电力来源）的途径已被确定为一项全球重点工作，尽管正在取得进展，但仍存在许多挑战（全球清洁炉灶联盟，2014年；世界卫生组织，2016a）（见第12.2.3节）。

在发达国家和发展中国家的一些城市，建筑环境的能源需求（主要是住宅和商业建筑的建筑、供暖、制冷和照明）占温室气体排放的很大一部分。提高建筑物和城市的能源效率是实现全球温室气体减排目标和实现空气质量共同效益的必要条件。这些改进需要采取政策办法，诸如建筑标准、标签和评级制度、土地使用规划、税收激励、融资、自愿承诺、意识和教育等。

5.2.5 垃圾管理

虽然大多数发达国家已经转向使用更清洁和更高效的废弃物管理技术，但发展中国家仍在努力应付这一领域的基本挑战。在低收入国家，露天倾倒和焚烧固体废弃物仍然占主导地位，并继续在中低收入国家和中高收入国家的许多城市实行。据估计，全球约有20亿人无法获得固体废弃物收集服务，而30亿人无法获得足够的废弃物处理设施（联合国环境规划署和国际固体废弃物协会，2015年）。在世界上最大的50个垃圾场中，大约有6400万人直接受到不受控制的倾倒和露天焚烧的影响，其中42个垃圾场距离居民区不到2公里（废弃物地图伙伴关系，2014年）。

在许多发展中国家，露天焚烧垃圾排放二氧化碳、甲烷、非甲烷挥发性有机化合物和颗粒物，是持久性有机污染物的主要来源，包括二噁英和呋喃（联合国环境规划署，2014a；联合国环境规划署，2014b；联合国环境规划署，2015a；联合国环境规划署，2015b）。在发达国家，垃圾也是甲烷、金属和持久性有机污染物的重要来源。从工业化国家向发展中国家非法出口废弃的电子电气设备（ewaste）（Rucevska等人，2015年）导致持久性有机污染物和其他半挥发性有机污染物（例如其他卤代阻燃剂）在非正式的电子垃圾接收和处理区域大量排放（Breivik等人，2016年）。

5.2.6 农业和林业

广泛的农业和畜牧业活动改变了氮循环和温室气体排放，增加了化肥和杀虫剂的污染，加剧了生物多样性丧失和土壤退化（DeLonge、Miles和Carlisle，2016年）。农业、林业和其他土地用途占全球温室气体排放的25%（Seto等人，2014年）。在发达国家，农业约占全国温室气体清单的10%（欧洲环境署，2017年；美国环境保护署，2017年），而在发展中国家，这一比例要高得多。

从本地到全球，肉类和乳制品的生产、分销和消费都对环境产生了巨大影响（Leip等人，2015年）。工业肉类生产和畜牧业是温室气体、氨、灰尘和生物气溶胶的重要来源（Cole和McCoskey，2013年）。1961年到2010年期间，全球畜牧业产生的温室气体排放增加了51%，主要原因是发展中国家增加了117%，而发达国家减少了23%（Caro等人，2014年；Pagano等人，2017年）。畜牧业生产占温室气体排放总量的9%（Caro等人，2014年）。这些排放的最大来源（74%）是奶牛和肉牛。同期，全球一氧化二氮和甲烷的排放量增加了57%，这两种排放物来自牧场上残留的粪便、粪便管理和发酵。然而，轮牧和其他牧场管理技术可以减少同一头牛的温室气体产量，同时保护生物多样性（Nordborg和Roos，2016年）。

随着畜牧业的发展，化肥的使用也导致大量甲烷排放，占全球大约75%的人为甲烷排放量和约60%的总排放量（Ciais等人，2013年），并造成区域颗粒物的形成以及对陆地、淡水和海洋生物系统的不利影响（Galloway等人，2003年）。

一般作物的灌溉和施肥以及牧场管理可以改变土壤呼吸速率，从而改变土壤向大气排放的二氧化碳量（联合国环境规划署，2017c）。农业应用中使用的杀虫剂是不受管制的持久性有机污染物进入环境和食物链的主要来源，对健康造成各种有害影响（见第4.3.4节）。

生物质燃烧——包括自然野火、规定燃烧农作物和森林残留物、规定燃烧森林和草原以清理土地——通过排放一氧化碳、有机碳、黑碳、氮氧化物和氨以及温室气体、二氧化碳和甲烷，对空气污染造成巨大影响。生物质燃烧主要发生在非洲的大草原；前苏联的北方森林、拉丁美洲的热带草原和热带森林；以及东亚的大草原、泥碳和热带森林。东南亚的生物质燃烧、2015-2016年厄尔尼诺现象引发的干旱，再加上人为导致的泥碳沼泽森林砍伐和之前大面积火灾的影响，导致了严重的区域空气污染事件（Wooster、Perry和Zoumas，2012年；Koplitz等人，2016年；Parker等人，2016年）（见第12.2.5节）。

5.2.7 自然排放和土地利用变化

自然资源也会带来排放，但在一些地区，人们通过土地利用的改变（尤其是农田的扩张）对这些排放造成很大影响（Pacifico等人，2012年；Ciais等人，2013年）。在干旱和半干旱地区，来自自然景观和无保护农田的风尘是大气颗粒物的最大来源，也是许多地区（如北非和中东）粗颗粒物的主要部分（Ginoux等人，2012年；Albani等人，2014年）。可持续的土地和水资源管理可以减少沙尘暴，同时有助于减少沙漠化、保护生物多样性和减缓气候变化。区域和国家行动计划，包括根据《联合国防治荒漠化公约》制定的行动计划，有可能解决沙尘暴的根本原因（联合国环境规划署、世界气象组织和《联合国防治荒漠化公约》，2016年）。

在全球范围内，陆地植被是大气非甲烷挥发性有机化合物的主要来源，比人为来源多十倍（Guenther等人，2012年；Sindelarova等人，2014年）。生物源非甲烷挥发性有机化合物往往具有很高的反应性，甚至在城市地区也能大量造成臭氧和颗粒物的形成（Chameides等人，1988年）。土壤微生物过程是氮循环的重要组成部分，可以成为城市以外氮氧化物排放的重要来源，也是全球强有力的温室气体一氧化二氮的主要来源（Ciais等人，2013年）。由于施用化肥增加了土壤氮含量，农田中土壤氮氧化物排放量最高（Vinken等人，2014年）。据估计，自19世纪50年代以来，与扩大农田和牧场有关的森林砍伐使全球每年生物转基因非甲烷挥发性有机化合物排放量减少了10%至35%，土壤氮氧化物排放量增加了约50%，但已经重新造林的美国东部和西欧部分地区除外（Unger，2014年；Heald和Geddes，2016年）。Bouwman等人（2013年）估计，在20世纪，农业土壤一氧化二氮排放量增加了三倍。

土壤呼吸是全球大气中二氧化碳的主要来源（Hashimoto等人，2015年），近几十年来产生的二氧化碳有所增加（Bond-Lamberty等人，2018年）。

5.3 状况：大气成分和气候

在气象和气候变量方面，世界气象组织协调了一个发展良好的全球观测系统，其空间范围足以监测区域模式。然而，就大气成分而言，可获得的信息因污染物和区域而异。北美、欧洲和东亚国家拥有完善的现场地面监测网络，用于监测地面臭氧和颗粒物以及二氧化硫、一氧化碳和某些地区的一氧化氮和二氧化氮。对于其他污染物，观测则相对较少。需要编制监测站元数据的全球目录，目前正在通过扩充气象组织全球大气观测站信息系统（GAWSiS，https://gawsis.meteoswiss.ch）和观察系统能力分析和审查（OSCAR，https://oscar.wmo.int）工具来进行。然而，对于世界上许多地区而言，地面网络没有足够的密度和覆盖率来表征具有空间代表性的趋势。需要从卫星、飞机和其他平台以及大气化学和运输模型进行观测，以补充传统网络。

现有的极地轨道卫星仪器对一些重要空气污染物（包括颗粒物、臭氧、一氧化碳、二氧化硫、二氧化氮、氨、甲醛和甲烷）进行全球观测，尽管其时间、空间和垂直分辨率相对粗糙（Duncan等人，2014年；Duncan等人，2016年）。然而，在世界某些地区，卫星提供的每月平均总柱观测量是现有的唯一信息。目前为增进对空间观测和地面观测之间关系的理解所作的努力应有助于填补监测稀疏地区的数据空白（如Snider等人，2015年）。

韩国、美国和欧洲的空间机构正努力在东亚、北美、欧洲、北非和地中海上空部署一组地球同步卫星，以测量臭氧、颗粒物及其前体。在地球同步轨道上，这些仪器的时间和空间分辨率将比目前的极地轨道卫星高得多，近乎实时提供有关这些地区空气污染的大量信息（地球观测卫星委员会，2011年）。

在成本和复杂性的另一端，正在开发用于测量不同污染物的廉价电子传感器，并销售给政府、企业甚至个人，并部署在各种移动和固定环境中（如Apte等人，2017年）。信息的质量差别很大，目前也很低，但已努力更好地了解不同传感器的性能，并就如何部署和使用收集到的观测数据制定标准化测试和指导（联合国环境规划署，2016年；Lewis等人，2017年；美国环保署，2018b）。

来自地面网络的空气质量信息以及空气质量预报正日益公开。美国从1998年开始使用AirNow.gov作为这种系统的先驱，现在世界各地的国家和城市以及通过开放源码平台（例如OpenAQ.org）都可以获得类似的信息（见第12.2.4节）。

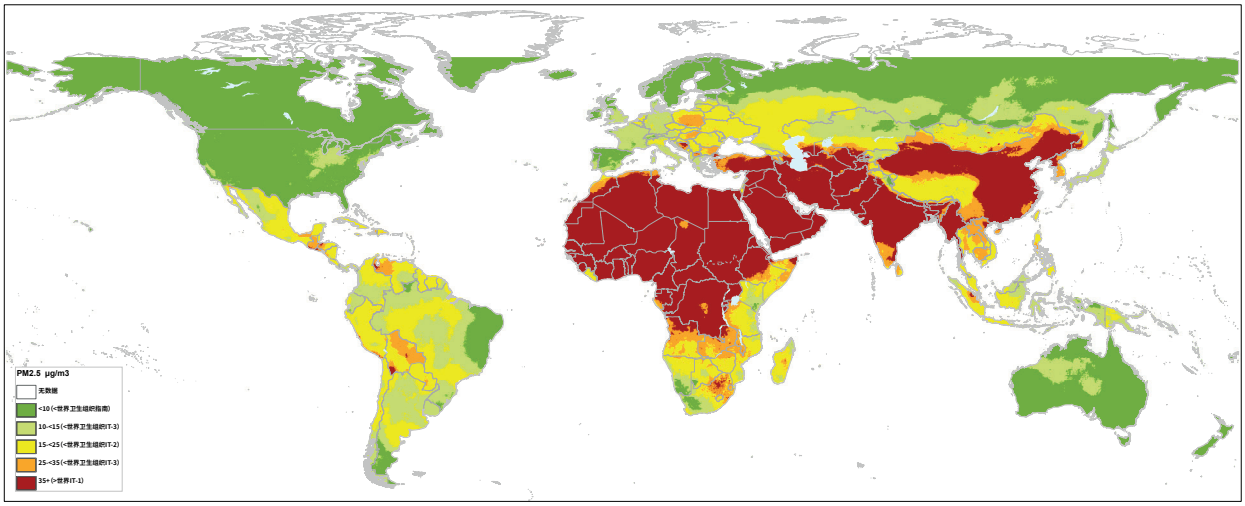
5.3.1 空气污染：城市到全球范围

从全球公共卫生的角度来看，最重要的两种空气污染物为颗粒物及其组分和地面臭氧。环境颗粒物可以直接作为细颗粒物（如黑碳、有机碳和土壤粉尘）排放，也可以通过气体前体（如二氧化硫、氮氧化合物、氨和非甲烷挥发性有机化合物）的排放在大气中形成。地面臭氧不是直接排放的，而是通过氮氧化合物、非甲烷挥发性有机化合物、甲烷和有机碳的反应在大气中形成的（Seinfeld和Pandis，2016年）。在全球范围内，$PM_{2.5}$年平均最高浓度出现在受风沙（如北非和西亚）、火灾（如中非和拉丁美洲）和人为污染（如南亚和东亚）（Cohen等人，2017年；Shaddick等人，2018年）影响的地区（见**图5.7**）。从1998年到2012年，卫星观测表明，$PM_{2.5}$在北美东部显著下降，在西亚、南亚和东亚呈上升趋势（Boys等人，2014年）。地面测量表明，北美、南亚和东亚地区的趋势与人为污染的变化有关，但西亚地区的变化是由风沙和灰尘的变化造成的（Boys等人，2014年）。

地面臭氧在北半球中纬度和热带地区最高，在暖季达到顶峰。北美、地中海、南亚和东亚是臭氧污染的热点地区（见**图5.8**）。然而，据估计，中非、西亚和东南亚的人口加权臭氧浓度也很高（健康影响研究所，2017年）。

卫星观测发现，过去10-15年间，二氧化硫和二氧化氮的地面浓度发生了快速变化，欧洲和北美呈下降趋势，东亚、南亚、非洲和南美的一些地区呈上升趋势（Schneider、Lahoz和van der A，2015年；Geddes等人，2016年；Krotkov等人，2016年）。

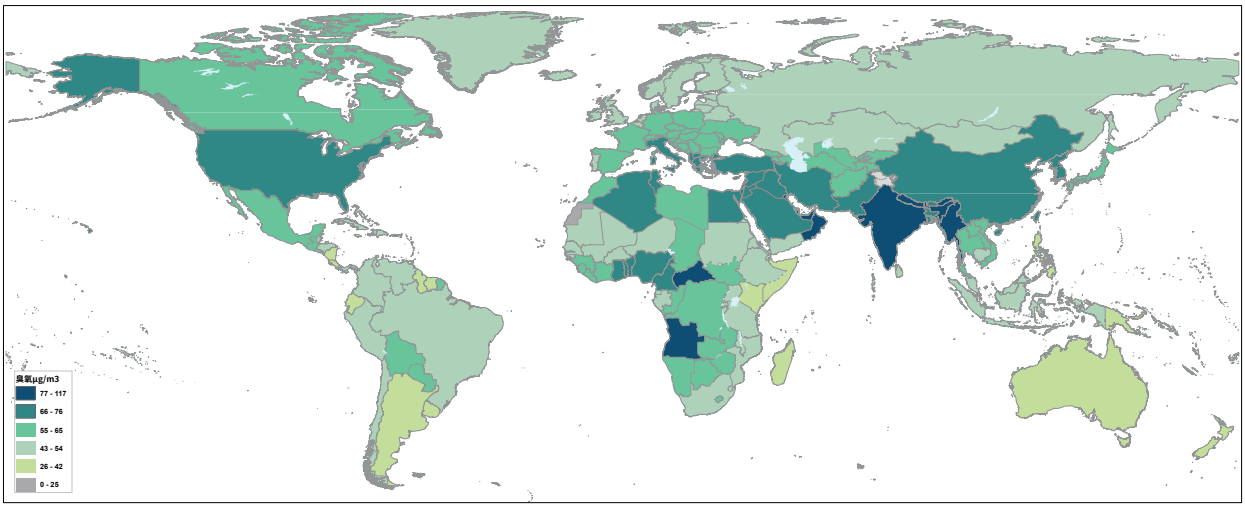
图5.7：2016年PM2.5年平均浓度与世界卫生组织空气质量指导方针和中期目标的比较



这张地图结合了卫星观测数据、地表监测数据以及大气化学和运输模型。IT=中期目标。

资料来源：Shaddick等人（2018年）。

图5.8:2016年各国臭氧水平最高季节的季节性人口平均加权臭氧浓度

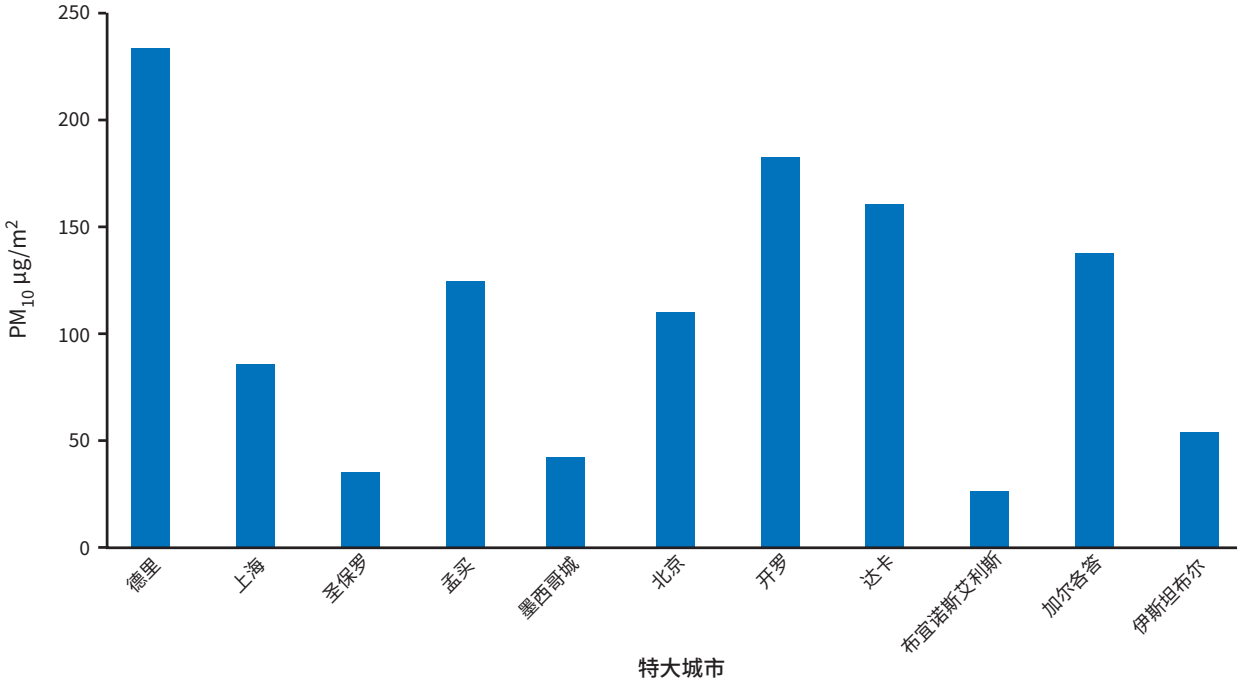


资料来源:HEI(2018年)。

占世界人口一半以上的城市地区的空气污染总体水平更高。一项对2013年71个特大城市(超过500万人口)发布的PM2.5观测结果的回顾发现,在已有观测数据的45个特大城市中,只有4个城市达到了世界卫生组织年平均浓度指南的标准(Cheng等人,2016年)(**图5.9**)。

最高水平的城市集中在中国中东部和印度恒河平原。低收入和中等收入国家的许多城市缺乏可用的测量方法,但在有数据的地方,98%的城市超过了世界卫生组织关于PM2.5或PM10的指南标准,而在有数据的高收入国家,这一比例为56%(世界卫生组织,2016b)。

图5.9:根据2011年至2015年的可用数据,拥有1400多万居民的特大城市的PM10年平均水平



资料来源:世界卫生组织(2016b)。

交通、住宅燃料燃烧、发电、工业和农业都造成了城市空气污染，尽管各个城市不同部门的贡献可能存在显著差异（Karagulian等人，2015年）。在非洲、亚洲和其他发展中地区的发展中城市，受人口增长和经济发展的驱动，车辆数量出现了前所未有的快速增长（如Adiang等人，2017年）。预计到2030年将有41个特大城市（人口超过1000万），其中大多数在发展中国家（联合国，2016b）。特大城市污染的影响远远超出城市范围，并在地方、区域和全球范围内产生影响（Ang' u、Nzioka和Mutai，2016年；世界卫生组织，2016b）。

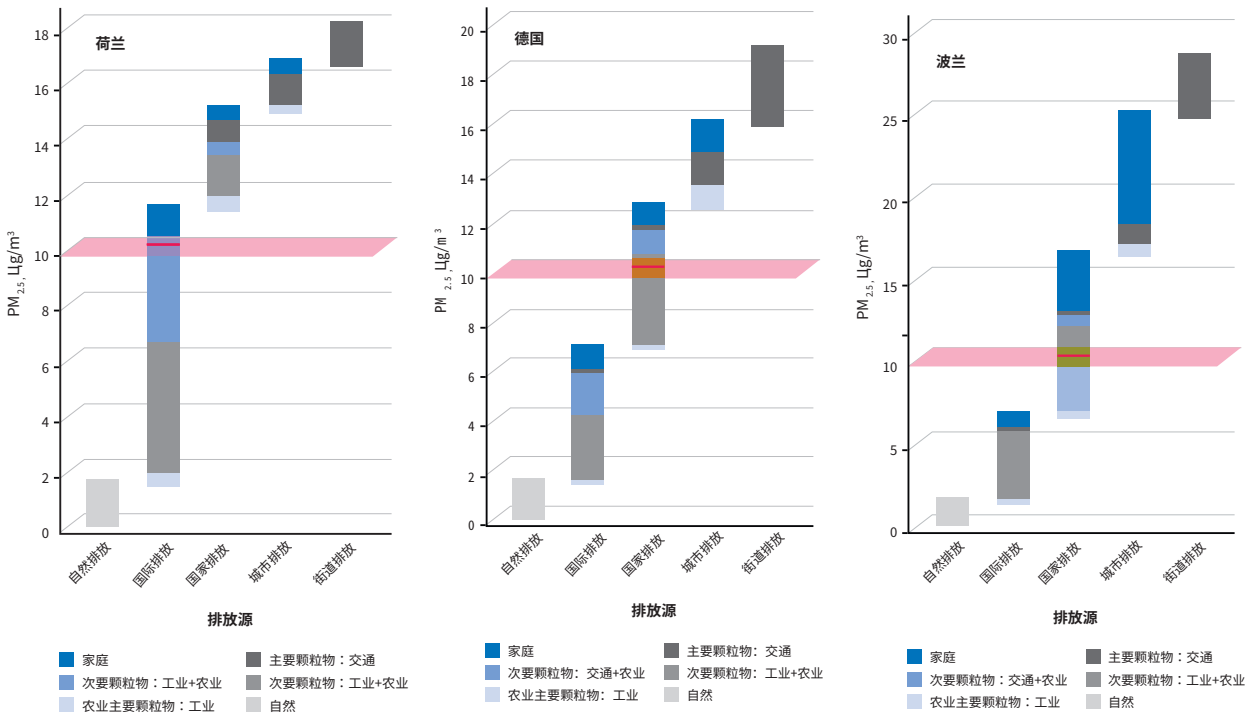
在任何特定地点观测到的空气污染可能由当地、区域甚至全球污染源造成（**图5.10**）。

更好的全球模型、更多的监测和实地研究以及卫星仪器的累积观测增进了我们对驱动这种远距离污染传输的过程和趋势的了解。然而，要量化远距离污染来源对某一天观测值的绝对贡献仍然具有挑战性。对流层臭氧评估报告（TOAR）收集的数据表明，大多数基于健康的标准所依据的峰值最近趋势为在北美和欧洲急剧下降而在东亚部分地区急剧上升。

然而，在夏季白天平均臭氧浓度方面，北美和西欧的趋势更为复杂，一些站点显示出显著增长（Chang等人，2017年；Schultz等人，2017年）。这一发现与整个北半球边界层上方臭氧“背景”增加的观测结果一致（大气污染物半球传输特别工作组，2010年；Parrish等人，2014年）。据观测，1980年到2010年全球对流层臭氧有增加的趋势，主要可能是由于全球前体排放量的分布朝赤道方向转变，其影响大于全球甲烷的增加和其他前体排放总量的总和（Zhang等人，2016年）。

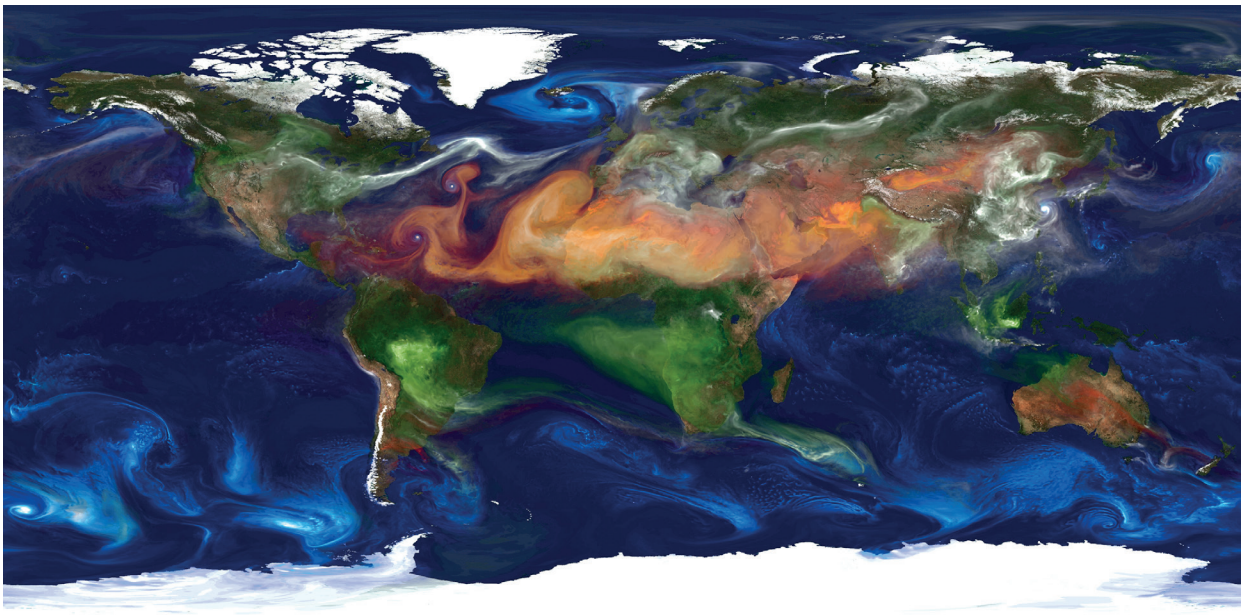
每年，全球大气中最大的颗粒物来源是风吹的沙尘。“沙尘带”从北非西海岸延伸至地中海盆地、中东、中亚和南亚、蒙古和中国（见**图5.11**）。其中包括自然地区，如撒哈拉沙漠和塔克拉玛干沙漠，以及农业区。在沙尘带之外，沙尘暴（SDS）并不常见；然而，沙尘暴可以在澳大利亚中部、南部非洲（博茨瓦纳和纳米比亚）、南美洲的阿塔卡马和北美大盆地产生重要的地方影响（联合国环境规划署、世界气象组织和《联合国防治荒漠化公约》，2016年）。人们通过土地清理和土地管理措施以及对沙漠化的其他影响来影响沙尘源（见第8.4.2节）。联合国环境规划署、世界气象组织和《联合国防治荒漠化公约》（2016年）得出结论，在过

图5.10：对这三个国家的几个城市中观察到的PM2.5来源的模型估计显示，当地PM2.5浓度受到跨界来源的二次颗粒物的强烈影响。排放源（分为自然排放、国际排放（境外排放）、国内排放（境内排放但在市区外排放）、城市排放（在城市内排放）、街道排放（观测点附近排放））和中期目标



料来源：转载自联合国环境规划署（UNEP）/联合国欧洲经济委员会（UNECE）（2016），基于（Kiesewetter和Amann，2014年）。

图5.11：沙尘带



使用全球模型，可归因于不同类型的颗粒物质的气溶胶光学深度以不同的颜色显示：灰尘（红色和黄色），黑色和有机碳（绿色），硫酸盐（白色）；以及海盐（蓝色）。该图像的动画版本可在https://gmao.gsfc.nasa.gov/research/aerosol/modeling/nr1_movie/获得。

资料来源：Puttman和daSilva（2013年）。

去30年里，北非、中东和南美洲的沙尘暴发生频率和严重程度几乎没有变化，但北美、中亚和澳大利亚的沙尘暴显著增加。Klingmuller等人（2016年）发现2001年至2012年中东大部分地区的沙尘呈上升趋势，而这与气候变化有关。

搬运粉尘造成了广泛的影响：它影响气候和降水模式；为遥远的森林和海洋提供肥料；导致人类呼吸系统疾病；并将人类、动物和植物病原体从源头地区顺风传播到很远的地方。在来源地内部，沙尘暴可能破坏基础设施，中断交通和通讯系统，并造成航空和道路交通事故。为了更好地理解、预测和减轻这些影响，世界气象组织建立了全球沙尘暴预警咨询和评估系统（SDS-WAS）（联合国环境规划署、世界气象组织和《联合国防治荒漠化公约》，2016年；世界气象组织，2017b）。

火灾主要与开荒或闪电有关，是造成跨界污染的另一个主要因素。在东南亚，主要与刀耕火种农业相关的多年生森林和泥炭地火灾在干旱季节加剧（Page和Hooijer，2016年；Wijedasa等人，2017年）。2015年，该地区被大火笼罩，烟雾弥漫，导致约10万人因暴露于空气污染而过早死亡，其中大部分发生在印度尼西亚（Koplitz等人，2016年）（见第12.2.5节）。西伯利亚、加拿大和阿拉斯加的北方森林大火导致黑碳和其他颗粒在北极沉积，使冰雪表面变暗并加速融化（北极监测和评估计划，2011年；北极监测和评估计划，2015年）。

5.3.2 持久性生物累积性有毒物质

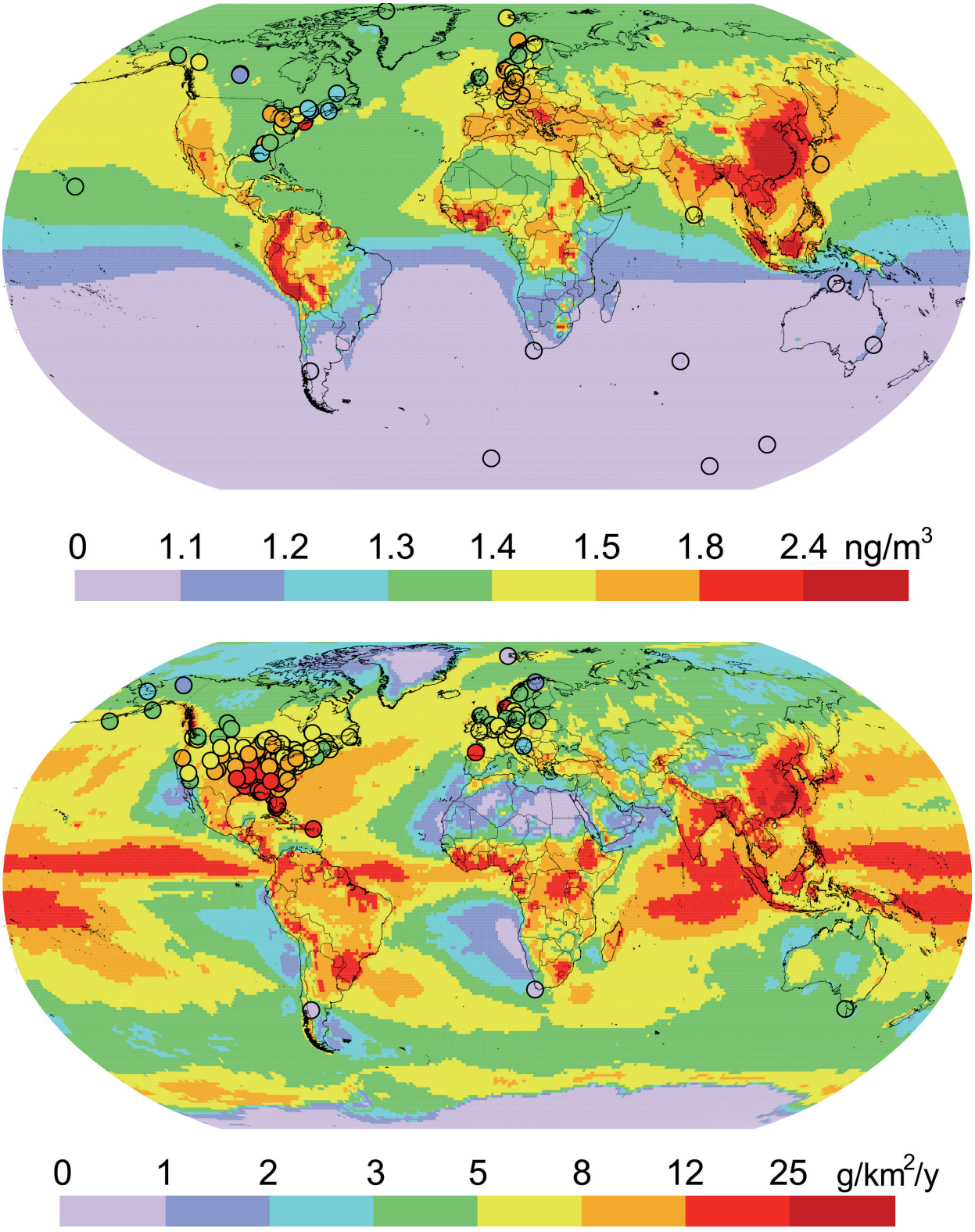
气态元素汞是一种全球污染物，在东亚、南亚和东南亚以及赤道非洲和南美洲的手工金矿地区浓度最高（见**图5.12**）（联合国环境规划署和北极监测和评估计划）。

在欧洲、北美和亚洲及太平洋地区，受《斯德哥尔摩公约》管制和监测的持久性有机污染物浓度已经下降（联合国环境规划署，2014a；联合国环境规划署，2014b；联合国环境规划署，2015a；联合国环境规划署，2015b）。

对北极空气和生物群中受管制的持久性有机污染物的测量显示，在发达国家已被禁用超过20-30年的物质呈显著下降趋势，但其下降速度已经放缓（Hung等人，2016年）。北极持久性有机污染物的趋势似乎对气候变化十分敏感，原因在于源头的挥发量增加（北极监测和评估计划，2014年；Ma等人，2011年）以及北极土地使用和排放模式的变化（如采矿和航运的增加）（联合国环境规划署和北极监测和评估计划，2011年）（也见第4.3.2节和4.3.3节）。尽管南极洲是地球上最不受人类直接影响的大陆，但低水平及时而严重的污染也是可见的（Vecchiato等人，2015年）。近几十年来，南极雪中多环芳烃和多氯联苯的浓度有所下降（Vecchiato等人，2015年）。

然而，许多新的持久性生物累积性有毒物质趋势尚未明确，尽管欧洲等一些区域已经有了基线数据（联合国环境

图5.12：通过模型集成，模拟了2015年近地表空气（上）和湿沉降通量（底部）中年均气态元素汞浓度的全球分布



圆圈显示地面监测中观察到的值

资料来源：联合国环境规划署和北极监测和评估计划（2018年）。

规划署，2015a）。由于一些持久性有机污染物已被管制或禁止，其他不受监管的持久性生物累积性有毒物质已作为替代品出现，并广泛用于消费品、家庭用品（如家具和电子产品）和建筑材料（Lee等人，2016；Rauert等人，2016年）。越来越多的持久性有机污染物和候选物质对现有监测方案构成了资源压力（联合国环境规划署，2015a）。不受管制的新型持久性生物累积性有毒物质的排放、运输和环境命运与受管制的持久性有机污染物不同，对评估进一步提出了挑战。

5.3.3 平流层臭氧和紫外线辐射

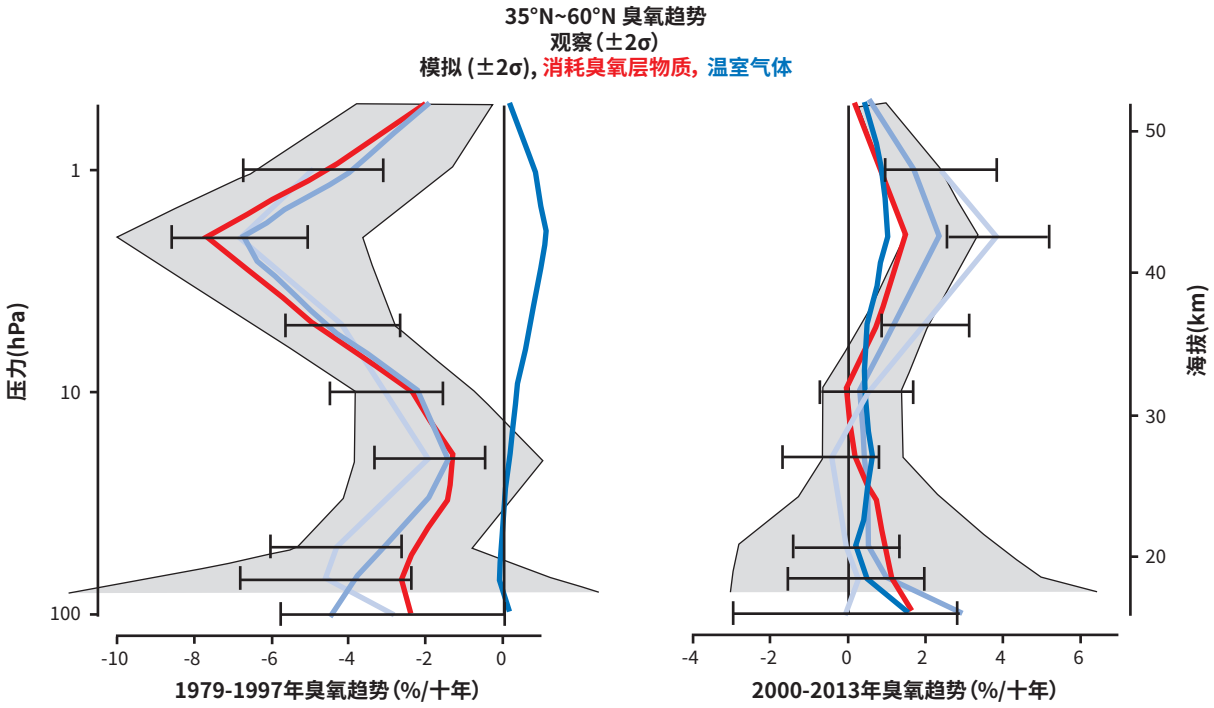
基于实地的现场观测表明消耗臭氧层物质自《蒙特利尔议定书》实施以来明显下降（Newman等人，2007年；Engel等人，2018年）。然而，2012年后，三氯氟甲烷（CFC-11）的下降趋势减缓了约50%（Montzka等人，2018年）。有迹象表明，平流层臭氧层正在开始恢复。20世纪80年代和90年代初，全球大部分地区的大气总臭氧总量有所下降，但自2000年以来一直保持稳定，迹象表明，2000年至2013年期间全球平均臭氧总量有所增加（**图5.13**）（世界气象组织，2014年）。自2000年左右以来，平流层上层臭氧的实测浓度呈上升趋势，模拟结果表明，消耗臭氧层物质的减少和通过平流层降温增加平流层臭氧的温室气体的增加对平流层上层臭氧的增加有同等的贡献（世界气象组织，2014年；Harris等人，2015年；Chipperfield等人，2017年）。在南极洲上空，发现2001年至2013年南半球夏季平流层下部（约10-20千米）臭氧浓度以及春季和夏季总臭氧柱状体呈现出积极趋势（Kuttippurath和Nair，2017年；Solomon等人，2017年）。由于不明原因，中纬度地区（60°S和60°N）没有明确的臭氧恢复迹象（Ball等人，2018年）。随着消耗臭氧层物质浓度在整个21世纪持续下降，预计平流层臭氧浓度将上升，尽管这一趋势将日益受到温室气体浓度上升的影响；因此，平流层臭氧恢复到1960年水平的时间框架是不确定的（Chipperfield等人，2017年）。

由于平流层臭氧、云、气溶胶和其他因素对紫外辐射的不同衰减掩盖了平流层臭氧的恢复对地球表面紫外线辐射的影响，因此目前还没有记录到这种变化（Bais等人，2018年）。

5.3.4 气候变化

2016年，全球二氧化碳、甲烷和一氧化二氮平均浓度分别达到403.3±0.1 ppm、1853±2 ppb和328.9±0.1 ppb，分别比工业化前水平高出145%、257%和122%（世界气

图5.13：在平流层消耗臭氧层物质下降（左）和消耗臭氧层物质增加（右）期间，35°-60°N以上的臭氧年平均趋势垂直剖面图（黑色），对应的消耗臭氧层物质变化模型（红色）、温室气体变化模型（蓝色）以及两者合在一起（灰色）。



注：趋势的±2标准误差不确定性范围由观察的水平条和所有变化建模趋势的灰色阴影显示。

资料来源：世界气象组织（2014年）。

象组织，2017c）。2015年至2016年，全球二氧化碳增长率达到过去30年最高水平（部分是受厄尔尼诺现象的推动），二氧化碳浓度也达到至少过去80万年里的最高值。甲烷浓度在1999年至2006年期间趋于稳定，但此后一直在上升。研究指出，导致甲烷变化的各种不同过程主要是人为来源、永久冻土融化或湿地排放的变化（Dean等人，2018年）。自20世纪80年代中期以来，一氧化二氮的浓度一直在稳步上升。自2005年以来，氯氟烃替代品、氢氯氟烃和氢氯碳化物的浓度呈指数级增长，尽管它们总体上仍处于较低水平，目前在所有温室气体的辐射作用力中所占的比例还不到4%。根据美国国家海洋和大气管理局（National Oceanic and Atmospheric Administration）的年度温室气体指数（Greenhouse Gas Index，简称AGGI），从1979年到2016年，长寿命温室气体的辐射强度增加了78%，其中二氧化碳约占72%。

1901年以来，几乎整个地球都经历了地表变暖，极有可能是人类活动导致了自20世纪中期以来所观察到的全球平均表面温度增加的一半以上（Bindoff等人，2013年）。1901-2012年全球平均地表温度升高约为0.89°C（见**图4.2**），但部分地区升温幅度大于2°C（Hartmann等人，2013年）。

降水趋势不那么明显，而且因地区而异。一般而言，干旱地区变得更加干燥，而潮湿地区则变得更加潮湿，但存在多种例外情况（Trenberth，2011年；联合国政府间气候变化专门委员会，2014年；Feng和Zhang，2015年）。观测结果显示，热带陆地区域从20世纪70年代中期到90年代中期呈下降趋势，随后的10年呈上升趋势，所以1951年到2008年没有呈现明显的总体趋势（Hartmann等人，2013年）。从1901年到2008年，北半球中纬度地区（30°N到60°N）的降水量显著增加；相比之下，只有有限的证据表明南半球中纬度地区的长期增长（Hartmann等人，2013年）。观测到的陆地降水纬度分布的变化暗示了人类的影响；然而，由于数据不完整和模型不确定性，结果仍然不确定（Bindoff等人，2013年）。

气候变化还可以影响全球和区域的大气环流和特征。观测表明，热带带可能会变宽，风暴路径和急流可能会向极地移动，自上世纪70年代以来，北极涡旋可能会收缩（Hartmann等人，2013年）。平流层臭氧消耗和温室气体引起的变暖可能导致南部哈德利环流圈向极地移动，并使南部环形模式呈现积极趋势，这种模式是夏季期间南极洲西风带南北向移动的特征（Bindoff等人，2013年）。在北半球，人为因素对哈德利环流圈向极地移动的影响不太确定（Bindoff等人，2013年）。虽然许多研究表明厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）和季风环流发生了变化，但存在很大的观测和模拟不确定性，因此即便观测到变化，也难以将其归因于人为活动（Bindoff等，2013年）。

越来越多的证据表明，自20世纪中期以来，气候变化已导致极端事件的频率和强度发生变化（Trenberth，2011年；Hartmann等人，2013年；Alexander，2016年）。在北美、中美洲、欧洲、南部非洲、亚洲和澳大利亚，极暖日的频率可能已经增加，热浪的频率在欧洲、澳大利亚和亚洲大部分地区都有所增加（Hartmann等人，2013年）。观测表明，全球范围内强降水普遍增加（Trenberth，2011年；Hartmann等人，2013年）。从地区来看，北美、中美洲和欧洲的强降水事件的频率或强度可能已经增加，而且几乎可以肯定的是，北大西洋盆地最强热带气旋的频率和强度自20世纪70年代以来有所增加。（哈特曼等人，2013年）。在干旱方面，地中海和西非的干旱频率和强度可能有所增加，北美中部和澳大利亚西北部的干旱频率和强度可能有所下降（Hartmann等人，2013年）。

空气污染、平流层臭氧消耗、持久性污染物和气候变化这些问题之间相互关联（见**图5.1**）。与长寿命温室气体相比，黑碳、对流层臭氧、甲烷和氢氟碳化物等气候变暖因子在大气中的寿命相对较短，被称为短寿命气候污染物（SLCPs）（Haines等人，2017年）。对流层臭氧作为一种温室气体，直接导致全球变暖。然而，臭氧也通过阻碍植被生长和降低植物对二氧化碳的吸收而导致气候变暖（Ainsworth等人，2012年）。黑碳在大气中以及沉积在冰雪上都有暖化作用。减少短寿命气候污染物的排放可以在短期内减少变暖，这对于实现近期气候目标或避免气候临界点可能是必不可少的（Shindell等人，2017年）。然而，短期内减少短寿命气候污染物的排放需要与长期控制气候变化的长寿命温室气体的减排相结合（联合国环境规划署，2017c）。

其他颗粒成分（如硫酸盐和硝酸盐）也会影响气候，并可能通过散射太阳辐射使气候降温。颗粒物还通过影响云的形成间接影响气候，导致云反射率、云分布和降水模式的变化。气溶胶的净辐射效应仍存在很大的不确定性（Fuzzi等人，2015年）。

气候变化通过对天气和地方尺度气象的影响，以多种非线性方式影响空气污染和持久性生物累积性有毒物质浓度（联合国环境规划署和北极监测和评估计划，2011年；Fiore、Naik和Leibensperger，2015年）。较高的温度可以加快臭氧形成的化学反应速率，或者随着组分挥发降低颗粒物浓度（Megaritis等人，2013年；Czernecki等人，2016年）。更高的温度还会增加会挥发的持久性有机污染物的首次排放，并且通过使以前沉积的持久性有机污染物再挥发还会增加二次排放（Ma等人，2011年）。由于颗粒结合持久性有机污染物通过沉积更有效地从大气中去除，半挥发性持久性有机污染物可能在较高温度下在大气中停留更长时间，并从源区进一步运输。更高的温度也可能增加持久性有机污染物的降解（Ma等人，2011年）。减少的云层覆盖通过提高光解速率促进臭氧的形成（Na、Moon和Kim，2005年）。更高的温度和光照强度也会增加生物源非甲烷挥发性有机化合物的排放（Guenther等人，2012年），而它们是臭氧

和颗粒物的前体。同时，较高的温度和水分胁迫降低了气孔对臭氧的吸收，从而减少了臭氧沉积（Solberg等人，2008年；Huang等人，2016年）。更多的降雨冲刷掉了颗粒物和其他污染物，从而减少了污染。热浪和干旱等极端事件增加了与野火（Bowman等人，2017年）和灰尘（Achakulwisut、Mickley和Anenberg，2018年）相关的高颗粒污染风险。洪水和风暴等极端事件也会影响持久性有机污染物的再活化和生物利用率（Ma等人，2011年）。

影响空气质量的气象参数往往依赖于天气尺度或其他较大规模的现象，并与其共同变化。例如，地球表面臭氧和颗粒物浓度受通风和稀释的强烈影响，而通风和稀释受风和边界层高度的控制，通常与温度和湿度有关。自1980年以来，在北美各地移动的夏季中纬度气旋数量减少，这与美国东部停滞和臭氧污染事件增加有关，抵消了部分美国东北部因人为排放量的减少而带来的空气质量的改善（Leibensperger、Mickley和Jacob，2008年）。中国东部的极端冬季停滞和污染事件与前一年秋季北极海冰融化和初冬西伯利亚降雪增加有关（Zou等人，2017年）。

5.4 影响

产生排放的活动威胁到人类健康和福祉、粮食安全和生态系统。本节重点讨论大气成分变化的直接影响。

5.4.1 人类健康

暴露于室内外空气污染、极端温度、空气中的病原体和过敏原以及紫外线辐射直接影响人类健康。以下重点讨论人为排放造成的空气污染影响。

空气污染

2016年，暴露于室内和室外空气污染导致600万人（全球疾病负担【GBD】风险因素协作组，2017年）至700万人（世界卫生组织，2018年）过早死亡。全球疾病负担的研究估计，长期暴露于环境细颗粒物导致360万至460万人过早死亡，并导致9500万至1.18亿的多年健康人群因心脏病、中风、肺癌、慢性肺病和呼吸道感染而死亡（Cohen等人，2017年；全球疾病负担风险因素协作组，2017年；HEI，2018年）。因此，暴露于$PM_{2.5}$是全球疾病负担的最高环境风险因素，并在失能调整寿命年损失的所有风险因素中排在高血压、吸烟、出生体重低、高血糖和高体重指数之后名列第六（GBD癌症协作，2017年）。过早死亡的估计低估了受影响的总人数，因为空气污染对每一个呼吸空气的人都有潜在的影响，而不是一小部分人过早死亡的唯一原因（空气污染物医学影响委员会，2010年）。

即使是短时间（几分钟到几小时）暴露于高浓度污染物中也可能对健康产生重大影响（世界卫生组织，2006年），异常高的空气污染事件会引起公众的关注（例如Vidal，2016年；Safi，2017年）。然而，对公共健康最大的损害与长期接触有关——生活在年平均接触量较高的地区（HEI，2017年）。重要的是，没有已知的年均颗粒物暴露的安全水平（世界卫生组织，2013年）。

大约43%的世界人口（主要在低收入国家）使用生物质取暖和做饭。由此产生的室内和室外空气污染导致儿童急性下呼吸道感染（ALRTI）和肺炎以及成人慢性阻塞性肺病（COPD）和肺癌（世界卫生组织，2007年；Sumpter和Chandramohan，2013年；世界卫生组织，2018）。GBD研究将2016年丧失的6600万至8800万伤残调整生命年（DALYs）以及220万至300万过早死亡归因于家庭空气污染（GBD风险因素合作，2017年），而世界卫生组织估计负担约为380万过早死亡（世界卫生组织，2018年）。

© Shutterstock/TonyV3112

各国因空气污染而死亡的人数差别很大，这反映了不同的污染水平以及人口规模、人口统计、潜在疾病率和其他社会经济特征的差异（**图5.14**）。

2010年至2016年，由于空气污染加剧、人口增长和老龄化，全球$PM_{2.5}$环境暴露导致的死亡人数增加了11%。2016年，95%的世界人口居住在$PM_{2.5}$水平超过世界卫生组织空气质量指南标准（HEI，2018年）的地区。虽然西欧和北美的$PM_{2.5}$死亡率有所下降，但其他许多地区的死亡率却大幅上升。由地面臭氧引起的死亡虽然要少得多，但在1990年至2015年间，全球范围内由地面臭氧引起的死亡增加了近60%，一些国家的死亡增幅高达250%- 400%（HEI，2017年）。

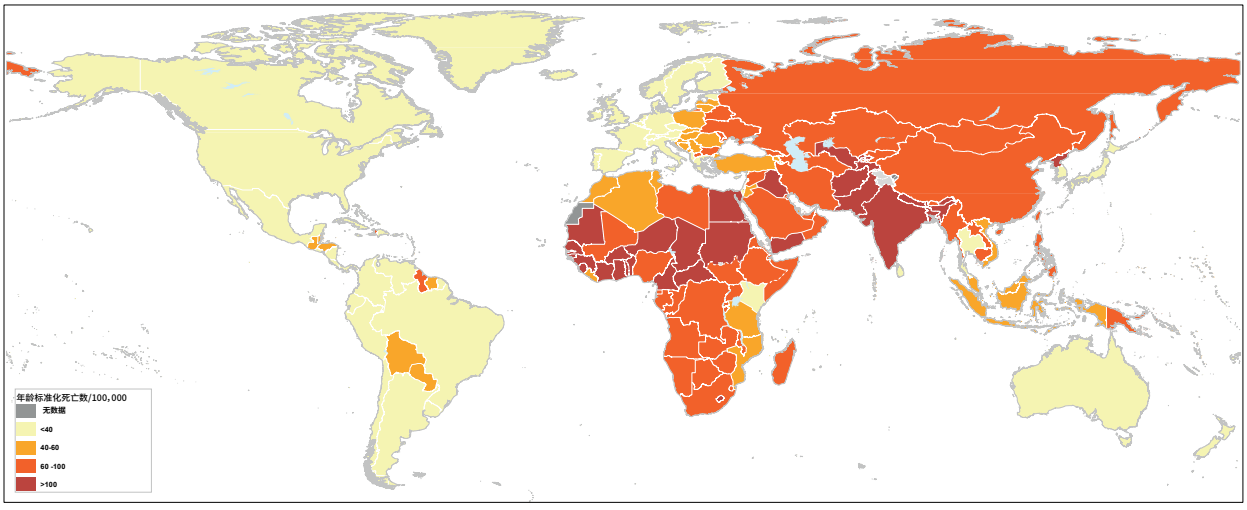
除过早死亡外，空气污染还会导致一系列慢性和急性疾病，尤其是心血管疾病（Brook等人，2010年；McCracken等人，2012年）和呼吸道疾病（美国胸科学会，2000年）。研究表明，空气污染与其他疾病之间存在关联，比如糖尿病（Eze等人，2015年）；不良分娩结局（Stieb等人，2012年），包括早产、低出生体重（Fleischer等人，2014年）和出生缺陷（Farhi等人，2014年）；以及神经系统疾病，包括痴呆症（Calderon-Garciduenas和Villarreal-Rios，2017年）。新兴研究强调了空气污染与空气中的病原体和过敏原之间的潜在相互作用。（Hussey等人，2017年；Liu等人，2018年）。

老年人、小孩、心脏病人或社会经济地位较低的人最容易受到空气污染的影响（Sacks等人，2011年）。妇女和儿童在室内更容易受到空气污染，使用固体燃料做饭和取暖是室内空气污染的主要来源（Smith等人，2014年）。越来越多的证据表明，室内烟雾会导致白内障，这是全球失明的主要原因（Clougherty，2010年；Sacks等人，2011年；全球清洁炉灶联盟，2014年；Villeneuve等人，2015年；世界卫生组织，2016b）。

由于空气污染造成的生命年损失、医疗保健的增加和工人生产力的下降对经济的影响是相当大的。据估计，2013年环境和家庭空气污染导致的过早死亡给世界经济造成了5.1万亿美元的福利损失（世界银行和卫生计量与评估研究所，2016年）。这相当于日本2013年的国内生产总值（GDP）。世界卫生组织（2015年）估计，2010年欧洲的空气污染每年造成1.575万亿美元的损失。2011年，美国环保署估计，1990年《清洁空气法》修正案实施的排放控制措施，在2010年避免了1.3万亿美元的损失（美国环保署2011年）。2007年，颗粒物空气污染对中国劳动力的影响估计造成3460亿元人民币（约占GDP的1.1%）的经济损失（Xia等人，2016年）。经合组织最近的一项分析估计，2013年非洲环境和家庭空气污染的总成本为4500亿美元（Roy，2016年）。

由于人口众多、工业活动频繁，2016年亚洲$PM_{2.5}$致死绝对人数最高。然而，$PM_{2.5}$暴露在中国已经开始下降，但在南美部分地区却在增加（HEI，2018年）。亚洲国家也面临着最大的空气污染负担，污染来自于商品的生产，而这些商品则被以西欧和北美为主的其他地区所消费。例如，东亚97%的$PM_{2.5}$相关死亡与东亚的排放有关，但只有80%与东亚消费的商品或服务有关。据估计，东亚制造的商品在欧洲、俄罗斯和北美的消费分别占东亚$PM_{2.5}$死亡率负担的7%和6%（Zhang等人，2017年）（**图5.15**）。

图5.14：2016年，每10万人因环境PM2.5空气污染死亡数；年龄标准化数据



年龄标准化可以比较具有不同年龄分布的国家的估计数。注意，这些估计数不包括因接触家庭空气污染而死亡的人数。

资料来源：改编自HEI（2018年）。

图5.15：由区域产生的排放或商品和服务消费（行）导致的地区$PM_{2.5}$相关死亡的百分比（列）

		中国和东亚	印度和亚洲其他地区	欧洲和俄罗斯	中东和北非	北美	拉丁美洲	撒哈拉以南非洲及世界上其他地区
空气污染排放区域	中国和东亚	97%	3%	1%	1%	2%	1%	0%
	印度和亚洲其他地区	1%	93%	1%	2%	0%	0%	2%
	欧洲和俄罗斯	1%	0%	94%	18%	1%	0%	1%
	中东和北非	0%	3%	2%	78%	0%	0%	5%
	北美	0%	0%	1%	1%	95%	2%	0%
	拉丁美洲	0%	0%	0%	0%	1%	97%	0%
	撒哈拉以南非洲及世界上其他地区	0%	0%	0%	0%	0%	0%	93%
相关商品的消费区域	中国和东亚	80%	4%	3%	3%	6%	4%	2%
	印度和亚洲其他地区	3%	84%	2%	3%	1%	1%	2%
	欧洲和俄罗斯	7%	4%	86%	24%	5%	6%	4%
	中东和北非	2%	3%	4%	64%	2%	1%	4%
	北美	6%	3%	3%	4%	82%	12%	2%
	拉丁美洲	1%	0%	1%	1%	4%	75%	1%
	撒哈拉以南非洲及世界上其他地区	1%	1%	1%	1%	1%	1%	84%

资料来源：根据Zhang等人（2017年）。

平流层臭氧消耗

平流层臭氧消耗的健康风险是由于到达地球表面的紫外线辐射中具有生物破坏性的波长增加的结果。虽然一定程度的紫外线照射是必要的，但过多的紫外线照射会损害皮肤和眼睛，并可能导致免疫抑制。影响包括晒伤、角质形成细胞（以前称为非黑色素瘤）癌、皮肤恶性黑色素瘤、默克尔细胞癌、光结膜炎、光性角膜炎（如雪盲）、白内障、翼状胬肉和结膜黑色素瘤。

近几十年来，大多数人口以白人为主的国家都经历了皮肤恶性黑色素瘤发病率的稳步上升，导致了约80%的皮肤癌死亡（Lucas等人，2015年）。过度暴露在紫外线辐射下占皮肤恶性黑色素瘤风险的60% - 90%（Olsen、Carroll和Whiteman，2010年；2004年）。皮肤恶性黑色素瘤和其他与紫外线相关的不良健康影响发病率的增加不太可能是由于平流层臭氧消耗引起的紫外线照射的变化，而是由于危险的阳光照射行为的增加（Lucas等人，2015年）。然而，如果没有《蒙特利尔议定书》，皮肤癌的发病率可能会增加14%，到2030年影响200万人（van Dijk等人，2013年）。

气候变化

在未来几十年到几个世纪，气候变化对健康的负面影响预计将远远超过任何潜在的健康益处（Smith等人，2014年；Watts等人，2017年）。气候变化对人类健康的影响可以分为直接影响（如热浪、风暴）、不那么直接的影响（如病媒生态的变化、供水减少或空气污染事件加剧）和扩散影响（Butler，2014年；Melillo、Richmond和Yohe，2014年）。通过冲突（Kelley等人，2015年）、迁移（Piguet、Pecoud和de Guchteneire编辑，2011年）和饥荒等方式，扩散效应可能是疾病的最大负担。心理健康的影响来自这三种类型（例如创伤后应激障碍）。

气候变化对健康的影响将不公平地分布在全球。气候变化和不断增加的气候变异性“加剧了现有的贫困，加剧了不平等，并为个人和社区触发了新的脆弱性和一些机会”（政府间气候变化专门委员会，2014年，第796页）。

建筑和道路比乡村景观更能留住热量，降低湿度，形成城市热岛。在北半球中纬度和亚热带地区，与周边农村地区

相比，城市地区的夜间温度要高4°C，更干旱10%至15%。在北非，城市地区异常高温的夜晚数量大约是农村地区的10倍（Fischer、Oleson和Lawrence，2012年）。

5.4.2 粮食安全

联合国粮食及农业组织（2008年）描述了粮食安全的四个方面：与数量有关的可得性；与支付能力有关的可获得性；与满足营养需求和粮食安全有关的利用；与其他维度的时间变化有关的稳定性。

可得性：目前的地面臭氧水平会使小麦、大豆、玉米和水稻等主要主食作物的产量下降2%至15%，具体取决于作物类型和地点（Feng和Kobayashi，2009年；Van Dingenen等人，2009年；Fishman等人，2010年；Avnery等人，2011年）。由于不同的作物品种具有不同的敏感性，而且并不是所有的作物都被研究过，因此全球对损害的估计是不确定的。作物产量下降的经济影响是巨大的。例如，美国臭氧浓度升高导致玉米和大豆产量分别减少约10%和5%，每年损失90亿美元（McGrath等人，2015年）。

气候变化已经通过平均和极端温度和降水的变化、入侵杂草和害虫的蔓延及影响以及森林砍伐影响了作物生产。尽管增加二氧化碳施肥（见4.4.3节）被认为可以抵消负面影响，但二氧化碳、臭氧、氮、水有效性和温度变化之间的相互作用仍未得到很好的理解（Schlenker和Roberts，2009年；Porter等人，2014年）。

预计热带国家的产量将受到最严重的影响，而一些温带地区可能受益于更高的产量，扩大的生产区域和较长的生长季节（尽管这些好处可能被日益频繁的极端事件、温度和水份胁迫以及无效的适应抵消）（Schmidhuber和Tubiello，2007年；Gornall等人，2010年；Porter等人，2014年）。简而言之，气候变化对农作物生产的影响将在发展中国家最为明显，这些国家有大量人口依靠农业为生，粮食不安全状况严重，适应能力低下。预计气候变化对水生物种的可获得性和分布的影响也将对发展中国家造成不成比例的影响（见第7.3.2节）。

通过改变牧场、饲料作物和水的可用性，较高的温度可能对牲畜生产力产生不利影响（Andre等人，2011年；Renaudeau等人，2011年；Porter等人，2014年）。气候变化对牲畜疾病的影响仍然难以预测且十分不确定（Mills、Gage和Khan，2010年；Tabachnick，2010年）。

可获得性：气候变化对全球粮食价格施加上行压力（Porter等人，2014年），不成比例地影响着可能将收入的很大一部分花在粮食上的贫困消费者，从而对健康和营养产生影响（Springmann等人，2016年）。妇女和女童不同比例地遭受营养不良的健康后果和照顾其他病人的更大负担的痛苦（世界卫生组织，2014年；粮食及农业组织，2016年）。

利用：上涨的温度和二氧化碳水平与谷物蛋白质含量降低（Porter等人，2014年；Feng等人，2015年）以及谷物和豆类中微量营养素含量减少有关（Myers等人，2014年）。

粮食供应的营养成分和安全受到污染的影响，主要是持久性生物累积性有毒物质，包括汞和持久性有机污染物。汞可以在空气和水中长距离传播、进行生物累积并且通过食物链生物放大，达到对生态系统和人类健康有害的水平（Gibb和O' Leary，2014年；Sundseth等人，2017年）。食用顶级海洋食肉动物的人群（如北极土著居民）血液中的甲基汞浓度是全球有记录以来最高的，这引发了严重的健康问题（联合国环境规划署，2013a；联合国环境规划署，2013b）。汞对中枢神经系统（CNS）有毒，可导致认知和运动功能障碍（Karagas等人，2012年；Antunes dos Santos等人，2016年；Sundseth等人，2017年）。汞暴露还会增加心血管疾病的风险，导致肾脏损害，对生殖、内分泌和免疫系统产生不利影响，并导致过早死亡（Rae和Graham，2004年；北极监测与评估计划，2009年；Rice等人，2014年）。

同样，持久性有机污染物和其他累积持久性生物累积性有毒物质可以长距离传播，并沿着食物链进行生物累积（如Gibson等人，2016年；Ma、Hung，Macdonald，2016年）。接触持久性有机污染物对健康有广泛的影响，包括生殖、内分泌、免疫和神经系统的变化、癌症、皮肤和眼睛的变化以及出生体重的减轻（Damstra，2002年；El-Shahawi等人，2010年；Fry和Power，2017年）。孕妇和哺乳期妇女与持久性有机污染物的接触尤其值得关注，因为持久性有机污染物可以穿过胎盘和血乳屏障，这可能增加儿童不良发育后果的风险（Vizcaino等人，2014年；2016年，欧洲共同未来妇女协会和国际共同未来妇女协会，2016年）。

人们对一些取代禁用持久性有机污染物的化学物质对健康的潜在影响知之甚少，例如非多溴联苯醚（PBDE）有机磷酸酯阻燃剂。在美国，人类接触此类阻燃剂的情况在过去十年中不断增加（Hoffman等人，2017年）。

稳定性：气候变化引起的极端天气频率和严重程度的增加，将对粮食价格和粮食供应的稳定造成严重后果，如2010年俄罗斯热浪后小麦歉收和价格飙升（Otto等人，2012年；Porter等，2014年）。干旱、洪水和其他与天气有关的灾害可能导致严重的地方性粮食危机，特别是在那些存在贫困和营养不良等脆弱性的国家。例如，气候变化引起的干旱导致2011年东非粮食危机，并最终导致索马里饥荒（Bailey，2013年；Lott、Christidis和Stott，2013年；Coghlan等人，2014年）。如果支持主要农作物产区出口的运输基础设施受到严重天气冲击的干扰，对粮食安全的影响可能会更加广泛（Bailey和Wellesley，2017年）。

5.4.3 生态系统

空气污染、气候变化、紫外线辐射和累积持久性生物累积性有毒物质都对自然生态系统和野生生物的健康产生影响。这些不利影响反过来又影响这些生态系统为人类提供的服务，或“大自然对人类的贡献”（Diaz等人，2018年）。

自20世纪70年代以来，国际上的注意力一直集中在空气污染上，其形式是硫和氮的干湿沉积，通常被称为“酸雨”，导致土壤和淡水酸化，破坏植被，导致鱼类死亡。在亚洲和非洲，硫沉积的显著增加和减少取决于位置（Vet等人，2014年）。在西欧和北美东部，经过几十年硫排放和沉积水平的下降，酸化正在下降或减缓，一些森林和湖泊正在出现恢复的迹象（Maas和Grennfelt编辑，2016年）。由于实施排放控制，硫的排放量已经减少，最近的评估集中注意到人类对全球氮循环的影响及其含义。

人类活动（主要通过燃烧和化肥生产）与自然的和未经管理的生态系统一样，对固氮起着同样重要的作用，显著地改变了氮循环，从而使氮循环从其工业化前状况显著改变（Fowler等人，2015年）。自2000年以来，北美和欧洲的氮沉积量有所减少，非洲和亚洲的氮沉积量有所增加，这与氮氧化物的减少和整个大陆氨排放的增加直接对应（Zhao等人，2017年）。在欧洲大部分地区，氮沉降超过了临界负荷，而超过临界负荷的区域在最近几十年几乎没有变化（Hettelingh等人，2015年）。高水平的氮沉积会导致水生生态系统的富营养化，并可影响陆生植物群落，这可能有利于优势物种，进而影响昆虫、鸟类和其他动物。由于过量的氮沉积而造成的生物多样性的丧失很可能正在世界许多地区发生，尽管其影响尚未得到很好的量化。气候变化、土地利用和其他全球变化将在未来继续改变氮循环，并对生态系统和人类健康造成影响（Fowler等人，2015年）。

海洋生态系统也受到空气污染、气候变化和累积持久性生物累积性有毒物质污染的影响，例如通过海洋溶解营养物和氧气的分布（York，2018年）。人类活动现在增加了所有固定氮对海洋投入的约50%（东南亚、欧洲和北美高排放地区附近的当地热点更多），大气迁移现在是导致人为氮进入大陆架以外的开阔海洋的主要途径（海洋环境保护科学方面联合专家组，2018年）。反过来，有害藻类的大量繁殖可能通过气溶胶的空气传播带来对呼吸系统健康的影响（疾病控制和预防中心，2017年）。

臭氧暴露会影响植物生长、开花、授粉和对病原体的敏感性，并影响物种组成和生物多样性（Fuhrer等人，2016年）。一些陆地生态系统的临界负荷阈值已经确定（2017年关于空气污染对自然植被和作物影响的国际合作方案），但许多生态系统对于臭氧的敏感性尚不太为人所知。

累积持久性生物累积性有毒物质的全面暴露程度及其对野生生物和自然生态系统的生物影响仍不为人知，是一个活跃的研究领域（北极监测与评估计划，2017年）。然而，鉴于累积持久性生物累积性有毒物质在环境中的广泛存在，食物链和生态系统功能可能受到长期损害，特别是在例如北极的敏感地区（北极监测与评估计划，2011年；北极监测与评估计划，2016年；北极监测与评估计划，2017年）。

5.4.4 社会福利

除了对人类、生态系统健康和粮食安全的影响之外，大气的变化还对社会福祉或福利产生消极影响。

空气污染会降解材料和涂料，降低它们的使用寿命，从而造成清洁、维修和更换的成本。当受影响的材料是具有文化意义的结构或物体时，这种破坏可能是无价的（Watt等人编辑，2009年）。在欧洲，文化遗产和艺术品的可见污染破坏被强调为实行空气污染控制政策的正当理由（Di Turo等人，2016年；Maas和Grennfelt编辑，2016年）。在印度，除了公共卫生之外，政府已经采取措施保护白色大理石修建的泰姬陵（Taj Mahal）。由于可能是露天焚烧城市固体废物造成的颗粒物水平过高，泰姬陵也随着时间的推移逐渐褪色（Bergin等人，2015年；Raj等人，2016年）。

沙尘暴、火灾和极端天气事件都对社会、交通和经济活动造成破坏。这些事件可能会拖累当地经济，也可能会导致人们颠沛流离和移民（Hanlon，2016年）。在短期内，污染水平的提高会影响工人的生产力。这些影响并不局限于户外工作者或极端污染水平（Chang等人，2016年；Zivin和Neidell，2018年）。长期来看，高污染暴露与教育和劳动力市场表现不佳有关，造成了长期的人力资本赤字（Zivin和Neidell，2018年）。

5.5 响应：政策与管理

当前已经采用各种各样的治理方法和政策工具来帮助减轻空气污染、气候变化、平流层臭氧消耗和累积持久性生物累积性有毒物质的来源和影响，主要包括以下内容。

- 旨在实现环境空气质量标准或目标或达到排放上限的**规划制度**、战略或行动计划，以及分析和环境影响评估。
- **指挥和控制，**包括技术、排放或生态系统恢复标准；特定化学品或产品的生产、贸易或使用的记录保存和报告要求或限制；每一项都通过许可和执行方案来执行。

- **市场干预,** 包括经济手段,如可交易排放权的税收、费用或市场,以及贷款和补贴。
- **公共信息,** 包括产品标签、空气质量预测、近实时观察和培训。
- **合作框架,** 包括国际协定和自愿部门标准或倡议。

第12章将进一步探讨这些政策的具体范例的效力。

根据具体的体制、经济、技术和政治背景,在地方、省、国家和国际各级采取了不同的管理办法。通常同时部署多个互补的方法来解决单个问题或来源。即使是在单一的司法管辖区,也可以使用不同的混合方法来处理类似的问题。

与空气有关的政策的存在和执行程度也因世界不同区域和不同空间尺度的体制能力和文化差异而大不相同。在一些区域,例如北美和欧洲,有完善的国家、省和地方政策和执行方案联邦系统,旨在实现共同的政策目标。在其他区域,可能存在国际协定或国家立法,但由于缺乏国家或次国家一级的体制能力,执行和实施工作很薄弱。在一些区域,城市政府正在制定对这些问题的主要政策应对措施,同时为该国家的其他地区带来好处。

气候变化、平流层臭氧消耗和累积持久性生物累积性有毒物质已被公认为共同的全球性问题。**表5.2**列出了一些全球环境协定,这些协定的制订是为了激励、促进和协调正在进行的努力,以应付这些挑战。这些文件规定了共同的目标和义务,通过在国家和地方各级制定的不同政策得到执行。其中最成功的全球协议之一是旨在解决平流层臭氧耗竭问题的《维也纳公约》及其《蒙特利尔议定书》。2009年,《维也纳公约》及其《蒙特利尔议定书》成为联合国所有会员国批准的第一个联合国公约。《蒙特利尔议定书》的最新修订是2016年基加利修正案,旨在限制臭氧消耗物质替代品对气候变化的影响。

1992年通过的《联合国气候变化框架公约》促成了一系列关于"共同但有区别的责任"的议定书和协议的谈判(联合国,1992年)。《联合国气候变化框架公约》将国家分为发达国家(附件一)和发展中国家。这种差别是设计各国之间转让减少排放所需技术和资源的机制的关键(包括联合开展的活动、清洁发展机制和联合执行)。根据《京都议定书》和《多哈修正案》,附件一国家同意了具体的减排承诺。1997年《京都议定书》的第二个承诺期(2013-2020年)尚未获得144个国家的法定人数批准。2015年《巴黎协定》设定的目标为,到2100年,全球平均气温增幅将远低于工业化前水平2°C,目标是将增长控制在1.5°C以内。所有国家都必须定期向公约秘书处提交国家温室气体清单和国家自主贡献(NDCs)或减排承诺。为了实现1.5°C的目标,温室气体排放需要在未来几年大幅减少,并在本世纪中叶左右达到零排放(见第21章和第22章)。研究表明,在各国政府目前提交的承诺下,全球变暖超过2°C的可能性超过90%。对于以最低成本路径保持低于该阈值而言,各国政府的承诺只能实现三分之一的减缓目标。然而,保持在1.5°C和2°C以下的路径在技术上仍然是可行的(Xu和Ramanathan,2017年)。

表5.2:与气候变化、平流层臭氧消耗和累积持久性生物累积性有毒物质相关的国际环境协议

气候变化

- 1992年《联合国气候变化框架公约》
- 1997年《京都议定书》
  - 2012年《多哈议程》
- 2016年《巴黎协议》》

平流层臭氧消耗

- 1985年《维也纳保护臭氧层公约》
- 1987年关于消耗臭氧层物质的《蒙特利尔议定书》
  - 1990年《伦敦修正案》
  - 1992年《哥本哈根修真案》
  - 1997年《蒙特利尔修正案》
  - 1999年《北京修正案》
  - 2016 年《基加利修正案》

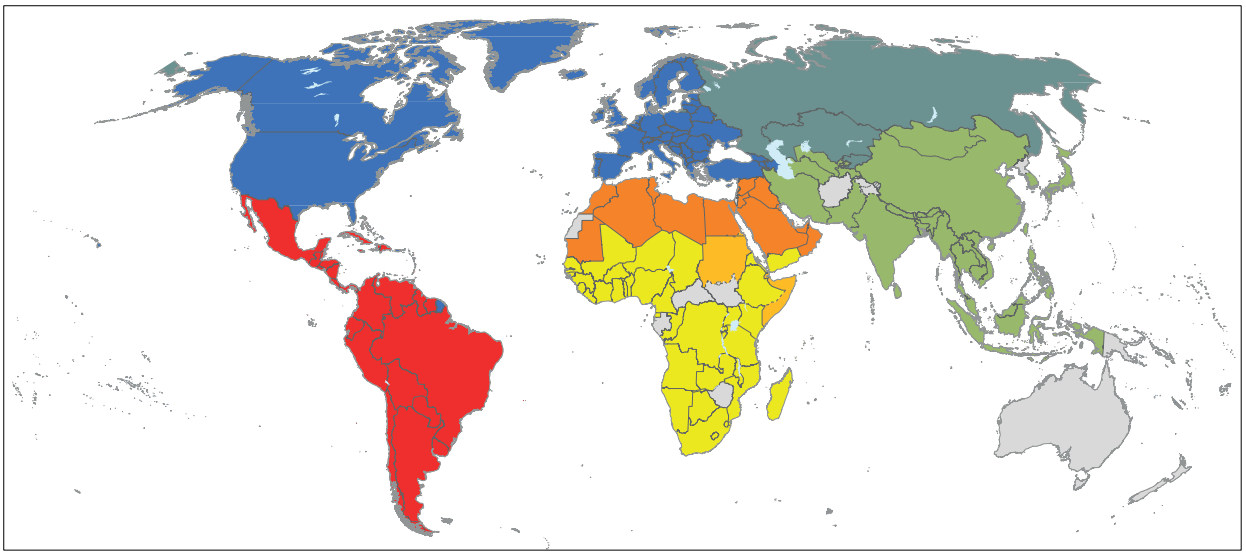
持久性生物累积性有毒化学物(例如:持久性有机污染物和汞)

- 1989年《控制危险废料越境转移及其处置巴塞尔公约》
- 1998年《关于在国际贸易中对某些危险化学品和农药采用事先知情同意程序的鹿特丹公约》
- 2001年《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》
- 2013年《关于汞的水俣公约》

虽然空气污染在世界各地蔓延，但并没有针对空气污染的单一全球协议，有的只是区域政府间协议的拼凑（**图5.16**）。总体而言，这些区域政府间协议的地理覆盖范围较好，但污染物、污染源和能力的覆盖程度参差不齐。此外，这种拼凑并不鼓励经验和资源从富国转移到穷国。其中最古老和最发达的是1979年由联合国欧洲经济委员会组织的《远距离跨界空气污染公约》（CLRTAP）（Sliggers和Kakebeeke编辑，2004年；Maas和Grennfelt编辑，2016年）。在俄罗斯联邦和中亚，CLRTAP与亚洲及太平洋清洁空气伙伴关系下的协议分组重叠。非洲有三项关于空气污染的区域协定，它们相互重叠，并且有一些成员也是阿拉伯环境部长理事会的成员。

为了指导空气污染政策，许多国家制定了国家环境空气质量标准，或一些常见污染物的指导方针（Kutlar Joss等人，2017年）。这些可能因目标污染物、浓度水平、平均时间、发生频率和测量方案不同而有所不同，使严格的比较变得困难。2005年，世界卫生组织的专家小组制定了一套旨在全球适用于一般人群接触的空气质量准则，以及一套

图5.16：选定区域多边空气污染协定分组图



1979年，联合国欧洲经济委员会（UNECE），《远距离跨界大气污染公约》（日内瓦）
1998年，东亚酸沉降监测网（EANET）
1998年，《南亚防治空气污染及其潜在越境影响马累宣言》
2002年，《东南亚国家联盟（东盟）跨界雾霾污染协议》
2006年，《中亚环境保护促进可持续发展框架公约》（阿什哈巴德）
2015年，《亚太清洁空气和伙伴关系》
2008年，《东非空气污染区域框架协定》（内罗毕）
2008年，《南部非洲发展共同体空气污染区域政策框架》（卢萨卡）
2009年，《西非和中非空气污染区域框架协议》（阿比让）
1986年，阿拉伯环境部长理事会（CAMRE）
2008年，拉丁美洲和加勒比政府间空气污染网络
没有达成协议

建议的一些污染物的中期指标，适用于超出准则的地区（世界卫生组织，2006年；见**表5.3**）。建议在高度污染地区采用中期指标，作为逐步达到指南值的步骤。每个中期目标都与死亡率风险的具体降低有关（世界卫生组织，2006年）。

各国政府和公众将空气质量监测数据与此类准则、标准和有关健康益处的相关信息进行比较的能力对于提高人们的认识和推动减轻污染具有重要意义。因此，改进空气质量监测基础设施和在减灾措施的效益-成本分析中使用空气质量和健康影响信息被确定为《全球环境展望6》区域评估的优先事项。

通过近几十年来制定的国家和国际政策和管制结构，已经取得了重大的成功，这一点从排放量的下降趋势和活动以及生产的增加趋势可以看出（见5.2节）。然而，过去的政策措施可能不太适合处理仍然存在或正在出现的问题和根源，特别是在短期内解决问题。特别是如果缺乏政府能力或监管结构，那么让广泛的利益相关者参与将空气相关问题纳入更广泛的政策和投资决策（例如交通规划，土地使用规划，经济发展投资，行为改变）更有可能解决分散的排放源并促进创新。

城市一直是政策创新和政策一体化的重要中心，并继续提供重要的进步机会。非政府组织“亚洲清洁空气中心”是这

表5.3：世界卫生组织空气质量指南和临时目标

污染物	平均时间	单位	中期目标			空气质量
			1	2	3	指南
PM_{10}	每年	$\mu g/m^3$	70	50	30	20
	24小时	$\mu g/m^3$	150	100	75	50
$PM_{2.5}$	每年	$\mu g/m^3$	35	25	15	10
	24小时	$\mu g/m^3$	75	50	37.5	25
NO_2	每年	$\mu g/m^3$	–	–	–	40
	1小时	$\mu g/m^3$	–	–	–	200
SO_2	24小时	$\mu g/m^3$	125	50	–	20
O_3	8小时	$\mu g/m^3$	160	–	–	100
CO	1小时	mg/m^3	–	–	–	30

资料来源：世界卫生组织（2006年）。

专栏5.1：第三届联合国环境大会决议3/8

防止和减少空气污染，提高空气质量

决议敦促会员国：

- 采取行动减少各种形式的空气污染
- 建立监测空气质量和排放的系统
- 制定雄心勃勃的空气质量标准
- 解决短期气候污染物作为国家行动计划的一部分
- 将空气污染管理纳入国家发展规划
- 提高对空气污染成本和控制空气污染效益的认识
- 加强国家和地方大气质量管理能力建设

此外，它呼吁在地方、国家、区域和全球层面加强合作，解决空气污染问题。决议还要求联合国环境规划署提供额外的技术支持、能力建设和分析，以支持会员国改善空气质量。

一领域努力的一个主要例子，它将来自亚洲1000多个城市的政府、国家部委、行业和其他利益相关群体聚集在一起，分享在制定空气污染、气候变化、交通运输、土地利用和能源政策方面的经验（亚洲清洁空气，2017年）。C40城市气候领导联盟是另一个例子，它将城市官员与世界各地的官员联系起来，使它们在面临减缓和适应气候变化相关的共同挑战时交换信息（Day等人，2018年）。

政府、工业界和其他团体之间已经在国际和地方层面结成联盟和倡议，以促进具体行动。气候和清洁空气联盟减少短期气候污染物框架是一个协调努力的例子，旨在近期内针对特定污染物和部门取得进展（气候和清洁空气联盟，2015年）。

参考文献

Abelkop, A.D.K., Graham, J.D. and Royer, T.V. (2017). *Persistent, Bioaccumulative, and Toxic (PBT) Chemicals: Technical Aspects, Policies, and Practices.* Boca Raton, FL: CRC Press. https://www.crcpress.com/Persistent-Bioaccumulative-and-Toxic-PBT Chemicals-Technical-Aspects/Abelkop-Graham-Royer/p/book/9781138792944.

Achakulwisut, P., Mickley, L.J. and Anenberg, S.C. (2018). Drought-sensitivity of fine dust in the US Southwest: Implications for air quality and public health under future climate change. *Environmental Research Letters* 13(5), 054025. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf20.

Adiang, C.M., Monkam, D., Njeugna, E. and Gokhale, S. (2017). Projecting impacts of two-wheelers on urban air quality of Douala, Cameroon. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 52, Part A, 49-63. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.02.010.

Ainsworth, E.A., Yendrek, C.R., Sitch, S., Collins, W.J. and Emberson, L.D. (2012). The effects of tropospheric ozone on net primary productivity and implications for climate change. *Annual Review of Plant Biology* 63(1), 637-661. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103829.

Albani, S., Mahowald, N.M., Perry, A.T., Scanza, R.A., Zender, C.S., Heavens, N.G. *et al.* (2014). Improved dust representation in the Community Atmosphere Model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 6(3), 541-570. https://doi.org/10.1002/2013MS000279.

Alexander, L.V. (2016). Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather and Climate Extremes* 11, 4-16. https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.007.

American Thoracic Society (2000). What constitutes an adverse health effect of air pollution? Official statement of the American Thoracic Society. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 161(2), 665-673. https://doi.org/10.1164/ajrccm.161.2.ats4-00.

Andre, G., Engel, B., Berentsen, P.B., Vellinga, T.V. and Lansink, A.G. (2011). Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. *Journal of Dairy Science* 94(9), 4502-4513. https://doi.org/10.3168/jds.2010-4139.

Ang'u, C., Nzioka, J.M. and Mutai, B., K., (2016). Aerosol optical depth patterns associated with urbanization and weather in Nairobi and Lamu. *Journal of Meteorology and Related Sciences (Kenya Meteorological Society)* 8(3). https://doi.org/10.20987/jmrs.2016.02.803.

Antunes Dos Santos, A., Appel Hort, M., Culbreth, M., Lopez-Granero, C., Farina, M., Rocha, J.B. *et al.* (2016). Methylmercury and brain development: A review of recent literature. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 38, 99-107. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.03.001.

Apte, J.S., Messier, K.P., Gani, S., Brauer, M., Kirchstetter, T.W., Lunden, M.M. *et al.* (2017). High-Resolution Air Pollution Mapping with Google Street View Cars: Exploiting Big Data. *Environmental Science & Technology* 51(12), 6999-7008. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00891.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2009). *AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic.* Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2009-human-health-in-the-arctic/98.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011). *The Impact of Black Carbon on Arctic Climate.* Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. https://www.amap.no/documents/download/977.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2014). *Trends in Stockholm Convention Persistent Organic Pollutants (POPs) in Arctic Air, Human media and Biota.* Wilson, S., Hung, H., Katsoyiannis, A., Kong, D., van Oostdam, J., Riget, F. and Bignert, A. (eds.). Oslo: Arctic Monitoring and Asessment Programme (AMAP). http://www.amap.no/documents/download/1972.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2015). *AMAP Assessment 2015: Black Carbon and Ozone as Arctic Climate Forcers.* Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. https://www.amap.no/documents/download/2506.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2016). *AMAP Assessment 2015: Temporal Trends in Persistent Organic Pollutants in the Arctic.* Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2015-temporal-trends-in-persistent-organic-pollutants-in-the-arctic/1521.

Arctic Monitoring and Assessment Programme (2017). *AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern.* Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme. https://www.amap.no/documents/doc/amap-assessment-2016-chemicals-of-emerging-arctic-concern/1624.

Avnery, S., Mauzerall, D.L., Liu, J.F. and Horowitz, L.W. (2011). Global crop yield reductions due to surface ozone exposure: 1. Year 2000 crop production losses and economic damage. *Atmospheric Environment* 45(13), 2284-2296. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.11.045.

Bailey, R. (2013). *Managing Famine Risk: Linking Early Warning to Early Action.* A Chatham House Report. London: Royal Institute of International Affairs. https://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/public/Research/Energy%2C%20Environment%20and%20Development/0413r_earlywarnings.pdf.

Bailey, R. and Wellesley, L. (2017). *Chokepoints and Vulnerabilities in Global Food Trade.* London: Chatham House. https://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/publications/research/2017-06-27-chokepoints-vulnerabilities-global-food-trade-bailey-wellesley-final.pdf.

Bais, A.F., Lucas, R.M., Bornman, J.F., Williamson, C.E., Sulzberger, B., Austin, A.T. *et al.* (2018). Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP environmental effects assessment panel, update 2017. *Photochemical & Photobiological Sciences* 17(2), 127-179. https://doi.org/10.1039/c7pp90043k.

Ball, W.T., Alsing, J., Mortlock, D.J., Staehelin, J., Haigh, J.D., Peter, T. *et al.* (2018). Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18, 1379-1394. https://doi.org/10.5194/acp-18-1379-2018.

Bergin, M.H., Tripathi, S.N., Devi, J.J., Gupta, T., Mckenzie, M., Rana, K.S. *et al.* (2015). The discoloration of the Taj Mahal due to particulate carbon and dust deposition. *Environmental Science & Technology* 49(2), 808-812. https://doi.org/10.1021/es504005q.

Bhandari, D. and Shrimali, G. (2018). The perform, achieve and trade scheme in India: An effectiveness analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81(Part 1), 1286-1295. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.074.

Bindoff, N.L., Stott, P.A., AchutaRao, K.M., Allen, M.R., Gillett, N., Gutzler, D. *et al.* (2013). Detection and attribution of climate change: From global to regional.In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 10. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter10_FINAL.pdf

Bond-Lamberty, B., Bailey, V.L., Chen, M., Gough, C.M. and Vargas, R. (2018). Globally rising soil heterotrophic respiration over recent decades. *Nature* 560(7716), 80-83. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0358-x.

Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Griffioen, J., Van Groenigen, J.W., Hefting, M.M., Oenema, O. *et al.* (2013). Global trends and uncertainties in terrestrial denitrification and N(2)O emissions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 368(1621), 20130112. https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0112.

Bowman, D.M.J.S., Williamson, G.J., Abatzoglou, J.T., Kolden, C.A., Cochrane, M.A. and Smith, A.M.S. (2017). Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nature Ecology & Evolution* 1, 0058. https://doi.org/10.1038/s41559-016-0058.

Boys, B.L., Martin, R.V., van Donkelaar, A., MacDonell, R.J., Hsu, N.C., Cooper, M.J. *et al.* (2014). Fifteen-year global time series of satellite-derived fine particulate matter. *Environmental Science & Technology* 48(19), 11109-11118. https://doi.org/10.1021/es502113p.

Brasseur, G.P., Gupta, M., Anderson, B.E., Balasubramanian, S., Barrett, S., Duda, D. *et al.* (2016). Impact of aviation on climate: FAA's Aviation Climate Change Research Initiative (ACCRI) phase II. *Bulletin of the American Meteorological Society* 97(4), 561-583. https://doi.org/10.1175/bams-d-13-00089.1.

Breivik, K., Armitage, J.M., Wania, F., Sweetman, A.J. and Jones, K.C. (2016). Tracking the global distribution of persistent organic pollutants accounting for e-waste exports to developing regions. *Environmental Science & Technology* 50(2), 798-805. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04226.

Brook, R.D., Rajagopalan, S., Pope, C.A., 3rd, Brook, J.R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A.V. *et al.* (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 121(21), 2331-2378. https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181dbece1.

Butler, C. (ed.) (2014). *Climate Change and Global Health.* Oxfordshire: Centre for Agriculture and Biosciences International. https://www.cabi.org/bookshop/book/9781780642659.

Calderon-Garciduenas, L. and Villarreal-Rios, R. (2017). Living close to heavy traffic roads, air pollution, and dementia. *Lancet* 389(10070), 675-677. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32596-X.

Caro, D., Davis, S.J., Bastianoni, S. and Caldeira, K. (2014). Global and regional trends in greenhouse gas emissions from livestock. *Climatic Change* 126(1-2), 203-216. https://doi.org/10.1007/s10584-014-1197-x.

Center for Human Rights and Environment (2015). *Policy Advocacy Network for Latin America for Clean Brick Production: Compilation of Existing Policy Frameworks.* Paris: Climate and Clean Air Coalition. http://ccacoalition.org/en/file/2170/download?token=cogeNCXF.

Centers for Disease Control and Prevention (2017). *Harmful Algal Bloom (HAG)-associated illness – Illness & symptoms.* [https://www.cdc.gov/habs/illness.html (Accessed: 5 October 2018).

Chameides, W., Lindsay, R., Richardson, J. and Kiang, C. (1988). The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study. *Science* 241(4872), 1473-1475. https://doi.org/10.1126/science.3420404.

Chang, K.-L., Petropavlovskikh, I., Copper, O.R., Schultz, M.G. and Wang, T. (2017). Regional trend analysis of surface ozone observations from monitoring networks in eastern North America, Europe and East Asia. *Elem Sci Anth* 5(0), 50. https://doi.org/10.1525/elementa.243.

Chang, T., Zivin, J.G., Gross, T. and Neidell, M. (2016). *The Effect of Pollution on Worker Productivity: Evidence from Call-Center Workers in China.* National Bureau of Economic Research Working Paper Series. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. http://www.nber.org/papers/w22328.

Cheng, Z., Luo, L., Wang, S., Wang, Y., Sharma, S., Shimadera, H. *et al.* (2016). Status and characteristics of ambient PM2. 5 pollution in global megacities. *Environment International* 89, 212-221. https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.003.

Chipperfield, M.P., Bekki, S., Dhomse, S., Harris, N.R.P., Hassler, B., Hossaini, R. *et al.* (2017). Detecting recovery of the stratospheric ozone layer. *Nature* 549(7671), 211-218. https://doi.org/10.1038/nature23681.

Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J. *et al.* (2013). Carbon and other biogeochemical cycles.In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 6. 465–570. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/drafts/WG1AR5_SOD_Ch06_All_Final.pdf

Clean Air Asia (2017). *Clean air Asia summary.* [Clean Air Asia http://cleanairasia.org/clean-air-asia-summary/2017).

Climate and Clean Air Coalition (2015). *CCAC Five-Year Strategic Plan.* Paris: Climate and Clean Air Coalition. http://www.ccacoalition.org/en/resources/ccac-five-year-strategic-plan.

Clougherty, J.E. (2010). A growing role for gender analysis in air pollution epidemiology. *Environmental Health Perspectives* 118(2), 167-176. https://doi.org/10.1289/ehp.0900994.

Coghlan, C., Muzammil, M., Ingram, J., Vervoort, J., Otto, F. and James, R. (2014). *A Sign of Things to Come? Examining Four Major Climate-related Disasters, 2010-2013, and their Impacts on Food Security.* Oxford: Oxfam International. http://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/a-sign-of-things-to-come-examining-four-major-climate-related-disasters-2010-20-326092.

Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. *et al.* (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet* 389(10082), 1907-1918. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6.

Cole, J.R. and McCoskey, S. (2013). Does global meat consumption follow an environmental Kuznets curve? *Sustainability: Science, Practice & Policy* 8(2), 26-36. https://doi.org/10.1080/15487733.2013.11908112.

Committee on Earth Observing Satellites (2011). *A Geostationary Satellite Constellation for Observing Global Air Quality: An International Path Forward.* Committee on Earth Observing Satellites. http://ceos.org/document_management/Virtual_Constellations/ACC/Documents/AC-VC_Geostationary-Cx-for-Global-AQ-final_Apr2011.pdf.

Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (2010). *The Mortality Effects of Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution in the United Kingdom.* Oxfordshire. https://www.gov.uk/government/publications/comeap-mortality-effects-of-long-term-exposure-to-particulate-air-pollution-in-the-uk.

Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (2018). *Associations of Long-Term Average Concentrations of Nitrogen Dioxide with Mortality: A Report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants.* Chilton. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/734799/COMEAP_NO2_Report.pdf.

Czernecki, B., Półrolniczak, M., Kolendowicz, L., Marosz, M., Kendzierski, S. and Pilguj, N. (2016). Influence of the atmospheric conditions on PM_{10} concentrations in Poznań, Poland. *Journal of Atmospheric Chemistry* 74(1), 115-139. https://doi.org/10.1007/s10874-016-9345-5.

Damstra, T. (2002). Potential effects of certain persistent organic pollutants and endocrine disrupting chemicals on the health of children. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology* 40(4), 457-465. https://doi.org/10.1081/clt-120006748.

Day, T., Gonzales-Zuñiga, S., Nascimento, L., Höhne, N., Fekete, H. and Sterl, S. (2018). *Climate Opportunity: More Jobs; Better Health; Liveable Cities.* Cologne: New Climate Institute. https://newclimate.org/wp-content/uploads/2018/09/ClimateOpportunity_Full.pdf.

Dean, J.F., Middelburg, J.J., Röckmann, T., Aerts, R., Blauw, L.G., Egger, M. *et al.* (2018). Methane feedbacks to the global climate system in a warmer world. *Reviews of Geophysics* 56(1), 207-250. https://doi.org/10.1002/2017rg000559.

DeLonge, M.S., Miles, A. and Carlisle, L. (2016). Investing in the transition to sustainable agriculture. *Environmental Science & Policy* 55(Part 1), 266-273. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.013.

Di Turo, F., Proietti, C., Screpanti, A., Fornasier, M.F., Cionni, I., Favero, G. *et al.* (2016). Impacts of air pollution on cultural heritage corrosion at European level: What has been achieved and what are the future scenarios. *Environmental pollution* 218, 586-594. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.042.

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z. *et al.* (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science* 359(6373), 270-272. https://doi.org/10.1126/science.aap8826.

Duncan, B.N., Lamsal, L.N., Thompson, A.M., Yoshida, Y., Lu, Z., Streets, D.G. *et al.* (2016). A space-based, high-resolution view of notable changes in urban NOx pollution around the world (2005–2014). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 121(2), 976-996. https://doi.org/10.1002/2015JD024121.

Duncan, B.N., Prados, A.I., Lamsal, L.N., Liu, Y., Streets, D.G., Gupta, P. *et al.* (2014). Satellite data of atmospheric pollution for U.S. air quality applications: Examples of applications, summary of data end-user resources, answers to FAQs, and common mistakes to avoid. *Atmospheric Environment* 94, 647-662. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.05.061.

El-Shahawi, M.S., Hamza, A., Bashammakh, A.S. and Al-Saggaf, W.T. (2010). An overview on the accumulation, distribution, transformations, toxicity and analytical methods for the monitoring of persistent organic pollutants. *Talanta* 80(5), 1587-1597. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.09.055.

Engel, A., Bönisch, H., Ostermöller, J., Chipperfield, M.P., Dhomse, S. and Jöckel, P. (2018). A refined method for calculating equivalent effective stratospheric chlorine. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18(2), 601-619. https://doi.org/10.5194/acp-18-601-2018.

European Commission (2016). *Emissions database for global atmospheric research (EDGAR) v4.3.1.* http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=431.

European Environment Agency (2017). *Annual European Union Greenhouse Gas Inventory 1990-2015 and Inventory Report 2017.* Copenhagen: European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2017.

Eze, I.C., Hemkens, L.G., Bucher, H.C., Hoffmann, B., Schindler, C., Kunzli, N. *et al.* (2015). Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 123(5), 381-389. https://doi.org/10.1289/ehp.1307823.

Fahey, D.W., Baughcum, S.L., Fuglestvedt, J., Gupta, M., Lee, D.S., Sausen, R. *et al.* (2016). White paper on climate change aviation impacts on climate: State of the science.In *On Board A Sustainable Future: ICAO 2016 Environmental Report, Aviation and Climate Change.* Montreal: International Civil Aviation Organization. 99-107. https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO%20Environmental%20Report%202016.pdf

Farhi, A., Boyko, V., Almagor, J., Benenson, I., Segre, E., Rudich, Y. *et al.* (2014). The possible association between exposure to air pollution and the risk for congenital malformations. *Environmental Research* 135, 173-180. https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.08.024.

Feng, H. and Zhang, M. (2015). Global land moisture trends: Drier in dry and wetter in wet over land. *Scientific Reports* 5(18018). https://doi.org/10.1038/srep18018.

Feng, Z., Rütting, T., Pleijel, H., Wallin, G., Reich, P.B., Kammann, C.I. *et al.* (2015). Constraints to nitrogen acquisition of terrestrial plants under elevated CO_2. *Global Change Biology* 21(8), 3152-3168. https://doi.org/10.1111/gcb.12938.

Feng, Z.Z. and Kobayashi, K. (2009). Assessing the impacts of current and future concentrations of surface ozone on crop yield with meta-analysis. *Atmospheric Environment* 43(8), 1510-1519. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.11.033.

Fiore, A.M., Naik, V. and Leibensperger, E.M. (2015). Air quality and climate connections. *Journal of the Air & Waste Management Association* 65(6), 645-685. https://doi.org/10.1080/10962247.2015.1040526.

Fischer, E.M., Oleson, K.W. and Lawrence, D.M. (2012). Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change. *Geophysical Research Letters* 39(3). https://doi.org/10.1029/2011GL050576.

Fishman, J., Creilson, J.K., Parker, P.A., Ainsworth, E.A., Vining, G.G., Szarka, J. *et al.* (2010). An investigation of widespread ozone damage to the soybean crop in the upper Midwest determined from ground-based and satellite measurements. *Atmospheric Environment* 44(18), 2248-2256. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.01.015.

Fleischer, N.L., Merialdi, M., van Donkelaar, A., Vadillo-Ortega, F., Martin, R.V., Betran, A.P. *et al.* (2014). Outdoor air pollution, preterm birth, and low birth weight: Analysis of the world health organization global survey on maternal and perinatal health. *Environmental Health Perspectives* 122(4), 425-430. https://doi.org/10.1289/ehp.1306837.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2008). *The State of Food Insecurity in the World 2008.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Climate Change and Food Security: Risks and Responses.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i5188e.pdf.

Fowler, D., Steadman, C.E., Stevenson, D., Coyle, M., Rees, R.M., Skiba, U.M. *et al.* (2015). Effects of global change during the 21st century on the nitrogen cycle. *Atmospheric, Chemistry and Physics* 15(24), 13849-13893. https://doi.org/10.5194/acp-15-13849-2015.

Fry, K. and Power, M.C. (2017). Persistent organic pollutants and mortality in the United States, NHANES 1999-2011. *Environmental Health* 16(1), 105. https://doi.org/10.1186/s12940-017-0313-6.

Fuhrer, J., Val Martin, M., Mills, G., Heald, C.L., Harmens, H., Hayes, F. *et al.* (2016). Current and future ozone risks to global terrestrial biodiversity and ecosystem processes. *Ecology and Evolution* 6(24), 8785-8799. https://doi.org/10.1002/ece3.2568.

Fuzzi, S., Baltensperger, U., Carslaw, K., Decesari, S., van der Gon, H.D., Facchini, M.C. *et al.* (2015). Particulate matter, air quality and climate: Lessons learned and future needs. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15(14), 8217–8299. https://doi.org/10.5194/acp-15-8217-2015.

Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P., Howarth, R.W., Cowling, E.B. *et al.* (2003). The nitrogen cascade. *BioScience* 53(4), 341-356. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0341:TNC]2.0.CO;2.

Geddes, J.A., Martin, R.V., Boys, B.L. and van Donkelaar, A. (2016). Long-term trends worldwide in ambient NO2 concentrations inferred from satellite observations. *Environmental Health Perspectives* 124(3), 281-289. https://doi.org/10.1289/ehp.1409567.

Gibb, H. and O'Leary, K.G. (2014). Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: A comprehensive review. *Environmental Health Perspectives* 122(7), 667-672. https://doi.org/10.1289/ehp.1307864.

Gibson, J., Adlard, B., Olafsdottir, K., Sandanger, T.M. and Odland, J.Ø. (2016). Levels and trends of contaminants in humans of the Arctic. *International Journal of Circumpolar Health* 75(1), 33804. https://doi.org/10.3402/ijch.v75.33804.

Ginoux, P., Prospero, J.M., Gill, T.E., Hsu, N.C. and Zhao, M. (2012). Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on modis deep blue aerosol products. *Reviews of Geophysics* 50. https://doi.org/10.1029/2012rg000388.

Global Alliance for Clean Cookstoves (2014). *Results Report 2014: Sharing Progress on the Path to Adoption of Clean and Efficient Cooking Solutions.* Washington, DC.: Global Alliance for Clean Cookstoves. http://cleancookstoves.org/binary-data/RESOURCE/file/000/000/414-1.pdf.

Global Burden of Disease 2016 Risk Factor Collaborators (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1345-1422. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8.

Global Burden of Disease Cancer Collaboration, Fitzmaurice, C., Allen, C., Barber, R.M., Barregard, L., Bhutta, Z.A. *et al.* (2017). Global, regional, and national cancer incidence, mortality, years of life lost, years lived with disability, and disability-adjusted life-years for 32 cancer groups, 1990 to 2015: A systematic analysis for the global burden of disease study. *JAMA Oncology* 3(4), 524-548. https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2016.5688.

Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K. *et al.* (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in early twenty first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365(1554), 2973–2989. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0158.

Guenther, A.B., Jiang, X., Heald, C.L., Sakulyanontvittaya, T., Duhl, T., Emmons, L.K. *et al.* (2012). The model of emissions of gases and aerosols from nature version 2.1 (MEGAN2.1): An extended and updated framework for modeling biogenic emissions. *Geoscientific Model Development* 5(6), 1471-1492. https://doi.org/10.5194/gmd-5-1471-2012.

Haines, A., Amann, M., Borgford-Parnell, N., Leonard, S., Kuylenstierna, J. and Shindell, D. (2017). Short-lived climate pollutant mitigation and the Sustainable Development Goals. *Nature Climate Change* 7(12), 863-869. https://doi.org/10.1038/s41558-017-0012-x.

Hanlon, W.W. (2016). *Coal Smoke and the Costs of the Industrial Revolution.* National Bureau of Economic Research Working Paper Series. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. http://www.nber.org/papers/w22921.pdf.

Harris, N.R.P., Hassler, B., Tummon, F., Bodeker, G.E., Hubert, D., Petropavlovskikh, I. *et al.* (2015). Past changes in the vertical distribution of ozone – Part 3: Analysis and interpretation of trends. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15(17), 9965-9982. https://doi.org/10.5194/acp-15-9965-2015.

Hartmann, D.L., Tank, A.M.G.K., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y.A.R. *et al.* (2013). Observations: Atmosphere and surface.In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, MA: Cambridge University Press. chapter 2. 159-254. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf

Hashimoto, S., Carvalhais, N., Ito, A., Migliavacca, M., Nishina, K. and Reichstein, M. (2015). Global spatiotemporal distribution of soil respiration modeled using a global database. *Biogeosciences* 12, 4121-4132. https://doi.org/10.5194/bg-12-4121-2015.

Heald, C.L. and Geddes, J., A., (2016). The impact of historical land use change from 1850 to 2000 on secondary particulate matter and ozone. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16(23), 14997-15010. https://doi.org/10.5194/acp-16-14997-2016.

Health Effects Institute (2017). *State of Global Air 2017: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden.* Boston, MA. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/SoGA2017_report.pdf.

Health Effects Institute (2018). *State of Global Air 2018 Special Report: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution And Its Disease Burden.* Boston, MA. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soga-2018-report.pdf.

Heede, R. (2014). Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854-2010. *Climatic Change* 122(1-2), 229–241. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0986-y.

Hettelingh, J.-P., Stevens, C., Posch, M., Bobbink, R. and de Vries, W. (2015). Assessing the impacts of nitrogen deposition on plant species richness in Europe.In *Critical Loads and Dynamic Risk Assessments: Nitrogen, Acidity and Metals in Terrestrial and Aquatic Ecosystems.* de Vries, W., Hettelingh, J. and Posch, M. (eds.). Dordrecht: Springer. 573-586. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9508-1_23

Hoesly, R.M., Smith, S.J., Feng, L., Klimont, Z., Janssens-Maenhout, G., Pitkanen, T. *et al.* (2018). Historical (1750–2014) anthropogenic emissions of reactive gases and aerosols from the Community Emission Data System (CEDS). *Geoscientific Model Development* 11, 369-408. https://doi.org/10.5194/gmd-2017-43.

Hoffman, K., Butt, C.M., Webster, T.F., Preston, E.V., Hammel, S.C., Makey, C. *et al.* (2017). Temporal trends in exposure to organophosphate flame retardants in the United States. *Environmental Science & Technology Letters* 4(3), 112-118. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.6b00475.

Huang, L., McDonald-Buller, E.C., McGaughey, G., Kimura, Y. and Allen, D., T., (2016). The impact of drought on ozone dry deposition over eastern Texas. *Atmospheric Environment* 127, 176-186. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.12.022.

Hung, H., Katsoyiannis, A.A., Brorstrom-Lunden, E., Olafsdottir, K., Aas, W., Breivik, K. *et al.* (2016). Temporal trends of Persistent Organic Pollutants (POPs) in arctic air: 20 years of monitoring under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). *Environmental Pollution* 217, 52-61. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.079.

Hussey, S.J.K., Purves, J., Allcock, N., Fernandes, V.E., Monks, P.S., Ketley, J.M. *et al.* (2017). Air pollution alters Staphylococcus aureus and Streptococcus pneumoniae biofilms, antibiotic tolerance and colonisation. *Environmental Microbiology* 19(5), 1868-1880. https://doi.org/10.1111/1462-2920.13686.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Part B: Regional Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report.* Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E. *et al.* (eds.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/.

International Civil Aviation Organization (2016a). *Presentation of 2016 Air Transport Statistical Results.* Annual Report of the Council. Montreal: International Civil Aviation Organization. https://www.icao.int/annual-report-2016/Documents/ARC_2016_Air%20Transport%20Statistics.pdf.

International Civil Aviation Organization (2016b). *Assembly Resolution A39-3.* Montreal. https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp_530_en.pdf.

International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops (2017). Mapping critical levels for vegetation.In *Manual On Methodologies and Criteria For Modelling and Mapping Critical Loads and Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends.* Geneva: United Nations Economic Commission for Europe. chapter 3. https://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/documents/FinalnewChapter3v4Oct2017_000.pdf

International Energy Agency (2016a). *Energy and Air Pollution.* Paris: International Energy Agency. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf.

International Energy Agency (2016b). *World Energy Outlook.* Paris: International Energy Agency. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf.

International Energy Agency (2017). *CO_2 Emissions from Fuel Combustion: 2017 Overview.* Paris: International Energy Agency. http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustion2017Overview.pdf.

International Transport Forum (2017). *ITF Tranport Outlook 2017.* Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook_25202367.

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2018). *The Magnitude and Impacts of Anthropogenic Atmospheric Nitrogen Inputs to the Ocean.* Geneva: World Meteorological Organization. http://www.gesamp.org/publications/the-magnitude-and-impacts-of-anthropogenic-atmospheric-nitrogen-inputs-to-the-ocean.

Karagas, M.R., Choi, A.L., Oken, E., Horvat, M., Schoeny, R., Kamai, E. *et al.* (2012). Evidence on the human health effects of low-level methylmercury exposure. *Environmental Health Perspectives* 120(6), 799-806. https://doi.org/10.1289/ehp.1104494.

Karagulian, F., Belis, C.A., Dora, C.F., C., Prüss-Ustün, A., M., Bonjour, S., Adair-Rohani, H. *et al.* (2015). Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric Environment* 120, 475-483. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.087.

Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R. and Kushnir, Y. (2015). Climate change in the fertile crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(11), 3241-3246. https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112.

Kiesewetter, G. and Amann, M. (2014). *Urban PM2.5 levels under the EU Clean Air Policy Package.* Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis. http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/TSAP_12.pdf.

Klingmuller, K., Pozzer, A., Metzger, S., Stenchikov, G.L. and Lelieveld, J. (2016). Aerosol optical depth trend over the Middle East. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16(8), 5063-5073. https://doi.org/10.5194/acp-16-5063-2016.

Koplitz, S.N., Mickley, L.J., Marlier, M.E., Buonocore, J.J., Kim, P.S., Liu, T. *et al.* (2016). Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September–October 2015: Demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. *Environmental Research Letters* 11(9), 094023. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/094023.

Krotkov, N.A., McLinden, C.A., Li, C., Lamsal, L.N., Celarier, E.A., Marchenko, S.V. *et al.* (2016). Aura OMI observations of regional SO2 and NO2 pollution changes from 2005 to 2015. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16(7), 4605-4629. https://doi.org/10.5194/acp-16-4605-2016.

Kumar, R. and Agarwala, A. (2013). Renewable energy certificate and perform, achieve, trade mechanisms to enhance the energy security for India. *Energy Policy* 55, 669-676. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.072.

Kutlar Joss, M., Eeftens, M., Gintowt, E., Kappeler, R. and Künzli, N. (2017). Time to harmonize national ambient air quality standards. *International Journal of Public Health* 62(4), 453-462. https://doi.org/10.1007/s00038-017-0952-y.

Kuttippurath, J. and Nair, P.J. (2017). The signs of Antarctic ozone hole recovery. *Scientific Reports* 7(585). https://doi.org/10.1038/s41598-017-00722-7.

Lamarque, J.F., Bond, T.C., Eyring, V., Granier, C., Heil, A., Klimont, Z. *et al.* (2010). Historical (1850–2000) gridded anthropogenic and biomass burning emissions of reactive gases and aerosols: Methodology and application. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10(15), 7017-7039. https://doi.org/10.5194/acp-10-7017-2010.

Lee, S.C., Sverko, E., Harner, T., Pozo, K., Barresi, E., Schachtschneider, J. *et al.* (2016). Retrospective analysis of "new" flame retardants in the global atmosphere under the GAPS Network. *Environmental Pollution* 217, 62-69. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.080.

Leibensperger, E.M., Mickley, L.J. and Jacob, D.J. (2008). Sensitivity of US air quality to mid-latitude cyclone frequency and implications of 1980–2006 climate change. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8(23), 7075-7086. https://doi.org/10.5194/acp-8-7075-2008.

Leip, A., Billen, G., Garnier, J., Grizzetti, B., Lassaletta, L., Reis, S. *et al.* (2015). Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity. *Environmental Research Letters* 10(11), 115004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/11/115004.

Lewis, A.C., Zellweger, C., Schultz, M.G., Tarasova, O.A. and Reactive Gases Science Advisory Group (2017). *Technical Advice Note On Lower Cost Air Pollution Sensors.* World Meteorological Organization http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/GAW_Sensors_advice.pdf.

Li, X., Huang, S., Jiao, A., Yang, X., Yun, J., Wang, Y. *et al.* (2017). Association between ambient fine particulate matter and preterm birth or term low birth weight: An updated systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution* 227, 596-605. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.055.

Lim, S.S., Vos, T., Flaxman, A.D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H. *et al.* (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet* 380(9859), 2224-2260. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)61766-8.

Liu, H., Zhang, X., Zhang, H., Yao, X., Zhou, M., Wang, J. *et al.* (2018). Effect of air pollution on the total bacteria and pathogenic bacteria in different sizes of particulate matter. *Environmental Pollution* 233, 483-493. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.070.

Lott, F.C., Christidis, N. and Stott, P.A. (2013). Can the 2011 East African drought be attributed to human-induced climate change? *Geophysical Research Letters* 40(6), 1177-1181. https://doi.org/10.1002/grl.50235.

Lucas, R.M., Norval, M., Neale, R.E., Young, A.R., de Gruijl, F.R., Takizawa, Y. *et al.* (2015). The consequences for human health of stratospheric ozone depletion in association with other environmental factors. *Photochemical and Photobiological Sciences* 14(1), 53-87. https://doi.org/10.1039/c4pp90033b.

Ma, J., Hung, H. and Macdonald, R.W. (2016). The influence of global climate change on the environmental fate of persistent organic pollutants: A review with emphasis on the Northern Hemisphere and the Arctic as a receptor. *Global and Planetary Change* 146, 89-108. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.09.011.

Ma, J.M., Hung, H.L., Tian, C. and Kallenborn, R. (2011). Revolatilization of persistent organic pollutants in the Arctic induced by climate change. *Nature Climate Change* 1(5), 255-260. https://doi.org/10.1038/Nclimate1167.

Maas, R. and Grennfelt, P. (eds.) (2016). *Towards Cleaner Air: Scientific Assessment Report 2016.* Oslo: United Nations Economic Commission for Europe. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/ExecutiveBody/35th_session/CLRTAP_Scientific_Assessment_Report_-_Final_20-5-2016.pdf.

Maithel, S., Lalchandami, D., Malhotra, G., Bhanware, P., Uma, R., Ragavan, S. *et al.* (2012). *Brick Kilns Performance Assessment: A Roadmap for Cleaner Brick Production in India.* New Delhi: Greentech Knowledge Solutions Pvt. Ltd. http://ccacoalition.org/en/file/575/download?token=wpSU0X2x.

McCracken, J.P., Wellenius, G.A., Bloomfield, G.S., Brook, R.D., Tolunay, H.E., Dockery, D.W. *et al.* (2012). Household air pollution from solid fuel use: Evidence for links to CVD. *Global Heart* 7(3), 223-234. https://doi.org/10.1016/j.gheart.2012.06.010.

McGrath, J.M., Betzelberger, A.M., Wang, S., Shook, E., Zhu, X.-G., Long, S.P. *et al.* (2015). An analysis of ozone damage to historical maize and soybean yields in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(46), 14390-14395. https://doi.org/10.1073/pnas.1509777112.

Megaritis, A.G., Fountoukis, C., Charalampidis, P.E., Pilinis, C. and Pandis, S.N. (2013). Response of fine particulate matter concentrations to changes of emissions and temperature in Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13(6), 3423-3443. https://doi.org/10.5194/acp-13-3423-2013.

Melillo, J.M., Richmond, T.C. and Yohe, G.W. (2014). *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment.* Washington, D.C: U.S. Global Change Research Program. https://nca2014.globalchange.gov/report.

Mills, J.N., Gage, K.L. and Khan, A.S. (2010). Potential influence of climate change on vector-borne and zoonotic diseases: A review and proposed research plan. *Environmental Health Perspectives* 118(11), 1507-1514. https://doi.org/10.1289/ehp.0901389.

Montzka, S.A., Dutton, G.S., Yu, P., Ray, E., Portmann, R.W., Daniel, J.S. *et al.* (2018). An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC-11. *Nature* 557(7705), 413-417. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0106-2.

Myers, S.S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A.D.B., Bloom, A.J. *et al.* (2014). Increasing CO_2 threatens human nutrition. *Nature* 510(7503), 139-142. https://doi.org/10.1038/nature13179.

Na, K., Moon, K.C. and Kim, Y.P. (2005). Source contribution to aromatic VOC concentration and ozone formation potential in the atmosphere of Seoul. *Atmospheric Environment* 39(30), 5517-5524. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.06.005.

Newman, P.A., J. S. Daniel., Waugh, D.W. and Nash, E.R. (2007). A new formulation of equivalent effective stratospheric chlorine (EESC). *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 4537-4552. https://doi.org/10.5194/acp-7-4537-2007.

Nordborg, M. and Röös, E. (2016). *Holistic Management – A Critical Review Of Allan Savory's Grazing Method.* Uppsala: SLU/EPOK - Centre for Organic Food and Farming & Chalmers. https://www.fcrn.org.uk/research-library/holistic-management-%E2%80%93-critical-review-allan-savory%E2%80%99s-grazing-method.

Olsen, C.M., Carroll, H.J. and Whiteman, D.C. (2010). Estimating the attributable fraction for melanoma: a meta-analysis of pigmentary characteristics and freckling. *International Journal of Cancer* 127(10), 2430-2445. https://doi.org/10.1002/ijc.25243.

Otto, F.E.L., Massey, N., van Oldenborgh, G.J., Jones, R.G. and Allen, M.R. (2012). Reconciling two approaches to attribution of the 2010 Russian heat wave. *Geophysical Research Letters* 39(4). https://doi.org/10.1029/2011GL050422.

Pacifico, F., Folberth, G.A., Jones, C.D., Harrison, S.P. and Collins, W.J. (2012). Sensitivity of biogenic isoprene emissions to past, present, and future environmental conditions and implications for atmospheric chemistry. *Journal of Geophysical Research* 117(D22302). https://doi.org/10.1029/2012jd018276.

Pagano, M.C., Correa, E.J.A., Duarte, N.F., Yelikbayev, B., O'Donovan, A. and Gupta, V.K. (2017). Advances in eco-efficient agriculture: The plant-soil mycobiome. *Agriculture* 7(2). https://doi.org/10.3390/agriculture7020014.

Page, S.E. and Hooijer, A. (2016). In the line of fire: The peatlands of Southeast Asia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 371(1696). https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0176.

Parker, R.J., Boesch, H., Wooster, M.J., Moore, D.P., Webb, A.J., Gaveau, D. *et al.* (2016). Atmospheric CH4 and CO2 enhancements and biomass burning emission ratios derived from satellite observations of the 2015 Indonesian fire plumes. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16(15), 10111-10131. https://doi.org/10.5194/acp-16-10111-2016.

Parrish, D.D., Lamarque, J.-F., Naik, V., Horowitz, L., Shindell, D.T., Staehelin, J. *et al.* (2014). Long-term changes in lower tropospheric baseline ozone concentrations: Comparing chemistry-climate models and observations at northern midlatitudes. *Journal of Geophysical Research* 119(9), 5719-5736. https://doi.org/10.1002/2013JD021435.

Piguet, E., Pecoud, A. and de Guchteneire, P. (eds.) (2011). *Migration and Climate Change.* Cambridge, MA: Cambridge University Press. http://www.cambridge.org/gb/academic/subjects/politics-international-relations/international-relations-and-international-organisations/migration-and-climate-change?format=PB&isbn=9781107662254#KhdrPz8VSzmAvqEf.97.

Porter, J.R., L. Xie., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M. *et al.* (2014). Food security and food production systems.In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change.* Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. *et al.* (eds.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2014-impacts-adaptation-and-vulnerability-part-a-global-and-sectoral-aspects/1BE4ED76F97CF3A75C64487E6274783A.

Puttman, W. and da Silva, A. (2013). *Simulating the transport of aerosols with GEOS-5.* [National Aeronautics and Space Administration https://gmao.gsfc.nasa.gov/research/aerosol/modeling/nr1_movie/index.php.

Rae, D. and Graham, L. (2004). *Benefits of Reducing Mercury in Saltwater Ecosystems: A Case Study.* Washington, DC: United States Environmental Protection Agency http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=901K0B00.TXT.

Raj, M.L., Ajay, S.N., Lina, L., Sachchida, N.T., Anu, R., Michael, H.B. *et al.* (2016). Municipal solid waste and dung cake burning: Discoloring the Taj Mahal and human health impacts in Agra. *Environmental Research Letters* 11(10), 104009. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/10/104009.

Rauert, C., Harner, T., Schuster, J.K., Quinto, K., Fillmann, G., Castillo, L.E. *et al.* (2016). Towards a regional passive air sampling network and strategy for new POPs in the GRULAC region: Perspectives from the GAPS Network and first results for organophosphorus flame retardants. *Science of the Total Environment* 573, 1294-1302. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.229.

Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdine, J.L. and Collier, R.J. (2011). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6(5), 707-728. https://doi.org/10.1017/S1751731111002448.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2016). *Renewables 2016 Global Status Report.* Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf.

Rice, K.M., Walker, E.M., Jr., Wu, M., Gillette, C. and Blough, E.R. (2014). Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of Preventive Medicine & Public Health* 47(2), 74-83. https://doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74.

Roy, R. (2016). *The Cost of Air Pollution in Africa.* OECD Development Centre Working Papers. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/development/the-cost-of-air-pollution-in-africa_5jlqzq77x6f8-en.

Rucevska, I., Nelleman, C., Isarin, N., Yang, W., Liu, N., Yu, K. *et al.* (2015). *Waste crime - waste risks. Gaps in meeting the global waste challenge.* Nairobi: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. https://europa.eu/capacity4dev/file/25575/download?token=WAWKTk7p.

Sacks, J.D., Stanek, L.W., Luben, T.J., Johns, D.O., Buckley, B.J., Brown, J.S. *et al.* (2011). Particulate matter-induced health effects: who is susceptible? *Environmental Health Perspectives* 119(4), 446-454. https://doi.org/10.1289/ehp.1002255.

Safi, M. (2017). 'Delhi doctors declare pollution emergency as smog chokes city'. *The Guardian* 7 November 2017 https://www.theguardian.com/world/2017/nov/07/delhi-india-declares-pollution-emergency-as-smog-chokes-city.

Schlenker, W. and Roberts, M.J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(37), 15594-15598. https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106.

Schmidhuber, J. and Tubiello, F.N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Acacemy of Sciences* 104(50), 19703-19708. https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104.

Schneider, P., Lahoz, W.A. and van der, A., R., (2015). Recent satellite-based trends of tropospheric nitrogen dioxide over large urban agglomerations worldwide. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15(3), 1205-1220. https://doi.org/10.5194/acp-15-1205-2015.

Schultz, M.G., Schröder, S., Lyapina, O., Cooper, O., Galbally, I., Petropavlovskikh, I. *et al.* (2017). Tropospheric ozone assessment report: Database and metrics data of global surface ozone observations. *Elementa: Science of the Anthropocene* 5(58). https://doi.org/10.1525/elementa.244.

Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 3rd* edn. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. https://www.wiley.com/en-us/Atmospheric+Chemistry+and+Physics%3A+From+Air+Pollution+to+Climate+Change%2C+3rd+Edition-p-9781118947401.

Seto, K.C.-Y., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D. *et al.* (2014). Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 11. 811-922. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf

Shaddick, G., Thomas, M.L., Amini, H., Broday, D., Cohen, A., Frostad, J. *et al.* (2018). Data integration for the assessment of population exposure to ambient air pollution for global burden of disease assessment. *Environmental Science & Technology* 52(16), 9069-9078. https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02864.

Shindell, D., Borgford-Parnell, N., Brauer, M., Haines, A., Kuylenstierna, J.C.I., Leonard, S.A. *et al.* (2017). A climate policy pathway for near- and long-term benefits. *Science* 356(6337), 493. https://doi.org/10.1126/science.aak9521.

Sindelarova, K., Granier, C., Bouarar, I., Guenther, A., Tilmes, S., Stavrakou, T. *et al.* (2014). Global data set of biogenic VOC emissions calculated by the MEGAN model over the last 30 years. *Atmospheric Chemistry and Physics* 14(17), 9317-9341. https://doi.org/10.5194/acp-14-9317-2014.

Sliggers, J. and Kakebeeke, W. (eds.) (2004). *Clearing the Air: 25 years of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.* Geneva: United Nations Economic Commission for Europe. http://www.unece.org/index.php?id=10091.

Smith, K.R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D.D., Honda, Y., Liu, Q. *et al.* (2014). Human health: Impacts, adaptation, and co-benefits.In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change.* Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 11. 709-754. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap11_FINAL.pdf

Snider, G., Weagle, C.L., Martin, R.V., van Donkelaar, A., Conrad, K., Cunningham, D. *et al.* (2015). SPARTAN: A global network to evaluate and enhance satellite-based estimates of ground-level particulate matter for global health applications. *Atmospheric Measurement Techniques* 8(1), 505-521. https://doi.org/10.5194/amt-8-505-2015.

Solberg, S., Hov, Ø., Søvde, A., Isaksen, I.S.A., Coddeville, P., De Backer, H. *et al.* (2008). European surface ozone in the extreme summer 2003. *Journal of Geophysical Research* 113(D7). https://doi.org/10.1029/2007jd009098.

Solomon, S., Ivy, D., Gupta, M., Bandoro, J., Santer, B., Fu, Q. *et al.* (2017). Mirrored changes in Antarctic ozone and stratospheric temperature in the late 20th versus early 21st centuries. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 122(16), 8940-8950. https://doi.org/10.1002/2017jd026719.

Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H.C.J., Gollin, D. *et al.* (2016). Global and regional health effects of future food production under climate change: A modelling study. *The Lancet* 387(10031), 1937-1946. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01156-3.

Stieb, D.M., Chen, L., Eshoul, M. and Judek, S. (2012). Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Research* 117, 100-111. https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.05.007.

Sumpter, C. and Chandramohan, D. (2013). Systematic review and meta-analysis of the associations between indoor air pollution and tuberculosis. *Tropical Medicine & International Health* 18(1), 101-108. https://doi.org/10.1111/tmi.12013.

Sundseth, K., Pacyna, J.M., Pacyna, E.G., Pirrone, N. and Thorne, R.J. (2017). Global sources and pathways of mercury in the context of human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(1). https://doi.org/10.3390/ijerph14010105.

Tabachnick, W.J. (2010). Challenges in predicting climate and environmental effects on vector-borne disease episystems in a changing world. *The Journal of experimental biology* 213(6), 946-954. https://doi.org/10.1242/jeb.037564.

Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution (2013). Answers to policy-relevant science questions.In *Hemispheric Transport of Air Pollution 2010: Part D - Answers to Policy-Relevant Science Questions.* New York: United Nations. 1-42. https://www.un-ilibrary.org/hemispheric-transport-of-air-pollution-2010_2edceeff-en.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F2edceeff-en&mimeType=pdf

Trenberth, K.E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research* 47(1), 123-138. https://doi.org/10.3354/cr00953.

Unger, N. (2014). Human land-use-driven reduction of forest volatiles cools global climate. *Nature Climate Change* 4(10), 907-910. https://doi.org/10.1038/nclimate2347.

United Nations (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. New York, NY http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf

United Nations (2016a). Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, Kigali, 15 October 2016. United Nations, New York, NY https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2016/CN.872.2016-Eng.pdf

United Nations (2016b). *The World's Cities in 2016 – Data Booklet.* New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf.

United Nations Conference on Trade and Development (1997). *Review of Maritime Transport.* Geneva. http://unctad.org/en/Docs/rmt1997_en.pdf.

United Nations Conference on Trade and Development (2017). *Review of Maritime Transport.* Geneva. http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf.

United Nations Economic Commission for Europe and United Nations Environment Programme (2017). Used vehicles: A global overview. Background Paper. *Ensuring Better Air Quality and Reduced Climate Emissions Through Cleaner Used Vehicles.* Geneva, 20-24 February 2017. United Nations Economic Commission for Europe https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/itc/UNEP-ITC_Background_Paper-Used_Vehicle_Global_Overview.pdf

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2014). 1/7. Strengthening the Role of the United Nations Environment Programme in Promoting Air Quality. In *Proceedings of the United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme at its First Session. UNEP/EA.1/10.* Nairobi. 38-39. http://undocs.org/UNEP/EA.1/10

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2017). *3/8. Preventing and Reducing Air Pollution to Improve Air Quality Globally. UNEP/EA.3/Res.8.* https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/k1800222.english.pdf.

United Nations Environment Programme (2013a). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7984/-Global%20Mercury%20Assessment-201367.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2013b). *Minamata Convention on Mercury, Text and Annexes.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_booklet_English.pdf.

United Nations Environment Programme (2014a). *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants under the Stockholm Convention Article 16 on Effectiveness Evaluation: Second Regional Monitoring Report of the Central, Eastern European and Central Asian Region.* http://chm.pops.int/portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-GMP-RMR-CEE-2015.English.pdf.

United Nations Environment Programme (2014b). *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://chm.pops.int/portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-GMP-RMR-GRULAC-2015.English.pdf.

United Nations Environment Programme (2015a). *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants under the Stockholm Convention Article 16 on Effectiveness Evaluation - 2nd Regional Monitoring Report Western Europe and Others Group (WEOG) Region.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/19330/WEOG_Report_FINAL_2015_03_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2015b). *Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants. Under the Stockholm Convention Article 16 on Effectiveness Evaluation. Second Regional Monitoring Report Asia-Pacific Region.* Nairobi: United Nations Environment Programme. https://www.informea.org/sites/default/files/imported-documents/UNEP-POPS-GMP-RMR-ASIAPACIFIC-ANNEX-2015.English.pdf.

United Nations Environment Programme (2016). UNEP Air Quality Monitoring System. Nairobi http://pre-uneplive.unep.org/media/docs/news_ticker/Air_Quality_Leaflet_Letter_size.pdf

United Nations Environment Programme (2017a). *The new POPs under the Stockholm Convention.* [http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx (Accessed: 30 June 2017.

United Nations Environment Programme (2017b). *Ozone secretariat data access centre.* [http://ozone.unep.org/en/data-reporting/data-centre.

United Nations Environment Programme (2017c). *The Emissions Gap Report 2017.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report.

United Nations Environment Programme and Arctic Monitoring and Assessment Programme (2011). *Climate Change and POPs: Predicting the Impacts. Report of the UNEP/AMAP Expert Group.* http://www.amap.no/documents/doc/climate-change-and-pops-predicting-the-impacts/753.

United Nations Environment Programme and Arctic Monitoring and Assessment Programme (2018). *Global Mercury Assessment 2018 - Draft Technical Background Document.* https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/global-mercury-assessment.

United Nations Environment Programme and International Solid Waste Association (2015). *Global Waste Management Outlook.* Nairobi. http://web.unep.org/ietc/what-we-do/global-waste-management-outlook-gwmo.

United Nations Environment Programme and United Nations Economic Commission for Europe (2016). *GEO-6 Assessment for the Pan-European Region.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7735/unep_geo_regional_assessments_europe_16-07513_hires.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme, World Meteorological Organization and United Nations Convention to Combat Desertification (2016). *Global Assessment of Sand and Dust Storms.* Nairobi: United Nations Environment Programme. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7681/Global_Assessment_of_sand_and_dust_storms_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2016). *Decision 1/CP.21 Adoption of the Paris Agreement* Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf.

United States Environmental Protection Agency (2011). *The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020: Final Report, Rev. A.* US Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fullreport_rev_a.pdf.

United States Environmental Protection Agency (2017). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2015.* Washington, D.C: United States Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-02/documents/2017_complete_report.pdf.

United States Environmental Protection Agency (2018a). *Artisanal and small-scale gold mining without mercury.* [United States Environmental Protection Agency https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox (Accessed: 8 October 2018).

United States Environmental Protection Agency (2018b). *Air sensor toolbox for citizen scientists, researchers and developers.* [United States Environmental Protection Agency https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox.

van Dijk, A., Slaper, H., den Outer, P.N., Morgenstern, O., Braesicke, P., Pyle, J.A. *et al.* (2013). Skin cancer risks avoided by the Montreal Protocol—worldwide modeling integrating coupled climate-chemistry models with a risk model for UV. *Photochemistry and Photobiology* 89(1), 234-246. https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2012.01223.x.

Van Dingenen, R., Dentener, F.J., Raes, F., Krol, M.C., Emberson, L. and Cofala, J. (2009). The global impact of ozone on agricultural crop yields under current and future air quality legislation. *Atmospheric Environment* 43(3), 604-618. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.10.033.

van Marle, M.J.E., Kloster, S., Magi, B.I., Marlon, J.R., Daniau, A.L., Field, R.D. *et al.* (2017). Historic global biomass burning emissions based on merging satellite observations with proxies and fire

models (1750-2015). *Geoscientific Model Development* 2017, 1-56. https://doi.org/10.5194/gmd-2017-32.

Vecchiato, M., Argiriadis, E., Zambon, S., Barbante, C., Toscano, G., Gambaro, A. *et al.* (2015). Persistent Organic Pollutants (POPs) in Antarctica: Occurrence in continental and coastal surface snow. *Microchemical Journal* 119, 75-82. https://doi.org/10.1016/j.microc.2014.10.010.

Vet, R., Artz, R.S., Carou, S., Shaw, M., Ro, C.-U., Aas, W. *et al.* (2014). A global assessment of precipitation chemistry and deposition of sulfur, nitrogen, sea salt, base cations, organic acids, acidity and pH, and phosphorus. *Atmospheric Environment* 93, 3-100. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.060.

Vidal, J. (2016). 'Clouds of filth envelop Asian cities: 'you can't escape". *The Guardian* 22 November 2017 https://www.theguardian.com/global-development/2016/nov/22/cloud-filth-envelope-asian-cities-urban-smog-air-pollution-india-china.

Villeneuve, P.J., Weichenthal, S.A., Crouse, D., Miller, A.B., To, T., Martin, R.V. *et al.* (2015). Long-term exposure to fine particulate matter air pollution and mortality among Canadian women. *Epidemiology* 26(4), 536-545. https://doi.org/10.1097/ede.0000000000000294.

Vinken, G.C.M., Boersma, K.F., Maasakkers, J.D., Adon, M. and Martin, R.V. (2014). Worldwide biogenic soil NOx emissions inferred from OMI NO2 observations. *Atmospheric Chemistry and Physics* 14(18), 10363-10381. https://doi.org/10.5194/acp-14-10363-2014.

Vizcaino, E., Grimalt, J.O., Fernandez-Somoano, A. and Tardon, A. (2014). Transport of persistent organic pollutants across the human placenta. *Environment International* 65, 107-115. https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.01.004.

Waste Atlas Partnership (2014). *Waste Atlas: The World's 50 Biggest Dumpsites: 2014 Report.* http://www.atlas.d-waste.com/Documents/Waste-Atlas-report-2014-webEdition.pdf.

Watt, J., Tidblad, J., Kucera, V. and Hamilton, R. (eds.) (2009). *The Effects of Air Pollution on Cultural Heritage.* New York, NY: Springer. http://www.springer.com/gp/book/9780387848921.

Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M. *et al.* (2017). The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9.

Wijedasa, L.S., Jauhiainen, J., Kononen, M., Lampela, M., Vasander, H., Leblanc, M.C. *et al.* (2017). Denial of long-term issues with agriculture on tropical peatlands will have devastating consequences. *Global Change Biology* 23(3), 977-982. https://doi.org/10.1111/gcb.13516.

Women in Europe for a Common Future and Women International for a Common Future (2016). *Women And Chemicals - The Impact Of Hazardous Chemicals On Women.* Women in Europe for a Common Future (WECF) and Women International for a Common Future (WICF). http://www.wecf.eu/download/2016/March/WomenAndChemicals_PublicationIWD2016.pdf.

Wooster, M.J., Perry, G.L.W. and Zoumas, A. (2012). Fire, drought and El Niño relationships on Borneo (Southeast Asia) in the pre-MODIS era (1980–2000). *Biogeosciences* 9, 317-340. https://doi.org/10.5194/bg-9-317-2012.

World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation (2016). *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action.* Washington, DC.: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf.

World Health Assembly of the World Health Organization (2015). *Health and the Environment: Addressing the Health Impact of Air Pollution. WHA68.8.* http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/253237/A68_R8-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

World Health Organization (2004). *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable To Selected Major Risks.* Geneva: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44203/9789241563871_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

World Health Organization (2006). *Air Quality Guidelines: Global Update 2005.* Copenhagen: World Health Organization. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1.

World Health Organization (2007). *Indoor Air Pollution: National Burden of Disease Estimates.* Geneva: World Health Organization. http://www.who.int/airpollution/publications/nationalburden/en/.

World Health Organization (2013). *Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution – REVIHAAP Project: Technical Report.* Copenhagen: World Health Organization http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1.

World Health Organization (2014). *Gender, Climate Change and Health.* Geneva: World Health Organization. http://www.who.int/globalchange/publications/reports/gender_climate_change/en/.

World Health Organization (2015). *Economic Cost Of The Health Impact Of Air Pollution In Europe: Clean Air, Health And Wealth.* Copenhagen: World Health Organization. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf.

World Health Organization (2016a). *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease.* Geneva. http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/.

World Health Organization (2016b). *Burning Opportunity: Clean Household Energy for Health, Sustainable Development and Well-Being of Women and Children.* Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204717/9789241565233_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

World Health Organization (2018). *Health Topics: Air Pollution.* [http://www.who.int/airpollution/en/ (Accessed: 4 October 2018).

World Meteorological Organization (2014). *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014.* Geneva. http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/documents/Full_report_2014_Ozone_Assessment.pdf.

World Meteorological Organization (2017a). *WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2016.* Geneva: World Meteorological Organization. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/GHG_Bulletin_12_EN_web_JN161640.pdf.

World Meteorological Organization (2017b). *Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System.* WMO Airborne Dust BulletinWorld Meteorological Organization. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3416.

World Meteorological Organization (2017c). *WMO Statement on the State of the Global Climate.* Geneva: World Meteorological Organization. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4453.

Xia, Y., Guan, D., Jiang, X., Peng, L., Schroeder, H. and Zhang, Q. (2016). Assessment of socioeconomic costs to China's air pollution. *Atmospheric Environment* 139, 147-156. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.05.036.

Xu, Y. and Ramanathan, V. (2017). Well below 2 °C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes. *Proceedings of the National Acacemy of Sciences* 114(39), 10315-10323. https://doi.org/10.1073/pnas.1618481114.

York, A. (2018). Marine biogeochemical cycles in a changing world. *Nature Reviews Microbiology* 16, 259. https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.40.

Zhang, Q., Jiang, X., Tong, D., Davis, S.J., Zhao, H., Geng, G. *et al.* (2017). Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade. *Nature* 543(7647), 705-709. https://doi.org/10.1038/nature21712.

Zhang, Y., Cooper, O.R., Gaudel, A., Thompson, A.M., Nedelec, P., Ogino, S.-Y. *et al.* (2016). Tropospheric ozone change from 1980 to 2010 dominated by equatorward redistribution of emissions. *Nature Geoscience* 9(12), 875-879. https://doi.org/10.1038/ngeo2827.

Zhao, Y., Zhang, L., Chen, Y., Liu, X., Xu, W., Pan, Y. *et al.* (2017). Atmospheric nitrogen deposition to China: A model analysis on nitrogen budget and critical load exceedance. *Atmospheric Environment* 153, 32-40. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.01.018.

Zheng, B., Tong, D., Li, M., Liu, F., Hong, C., Geng, G. *et al.* (2018). Trends in China's anthropogenic emissions since 2010 as the consequence of clean air actions. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18(19), 14095-14111. https://doi.org/10.5194/acp-18-14095-2018.

Zivin, J.G. and Neidell, M. (2018). Air pollution's hidden impacts. *Science* 359(6371), 39-40. https://doi.org/10.1126/science.aap7711.

Zou, Y., Wang, Y., Zhang, Y. and Koo, J.H. (2017). Arctic sea ice, Eurasia snow, and extreme winter haze in China. *Science Advances* 3(3), e1602751. https://doi.org/10.1126/sciadv.1602751.

第 6 章

生物多样性

© Shutterstock/ConstantinosZ

领衔作者兼协调负责人：Peter Stoett（安大略理工大学），Jonathan Davies（英属哥伦比亚大学）

领衔作者：Dolors Armenteras（哥伦比亚国立大学），Jeremy Hills（南太平洋大学），Louise McRae（伦敦动物学会），Carol Zastavniouk（高达集团）

贡献作者：Rob Bailey（查塔姆研究所–英国皇家国际事务研究所），Colin Butler（堪培拉大学），Irene Dankelman（拉德堡德大学），Keisha Garcia（西印度群岛大学），Linda Godfrey（南非科学和工业研究理事会），Andrei Kirilenko（佛罗里达大学），Peter Lemke（阿尔弗雷德·韦格纳学院），Daniela Liggett（坎特伯雷大学），Gavin Mudd（皇家墨尔本理工大学），Joni Seager（本特利大学），Caradee Y. Wright（南非医学研究理事会），Caroline Zickgraf（列日大学）

执行摘要

生物多样性正处于危机之中。有充分的证据表明：遗传和物种多样性的下降处于持续的不可逆转的趋势，生态系统的退化也在地方和全球尺度内被证实。科学家们越来越担心，如果对生物多样性的人为压力继续不减，我们有可能引发地球历史上第六次生物大规模灭绝，对人类健康和公平产生深远影响。{6.1}

生物多样性提供了许多有价值的产品和服务——大自然对人类的贡献（充分证实）。生物多样性有助于通过碳储存和控制局部降雨来调节气候，过滤空气和水，并通过减轻诸如山体滑坡和沿海风暴等消弱自然灾害的影响。直接的贡献包括来自森林的木材、来自海洋和淡水系统的鱼类、来自植物的作物和药物、文化特性以及从接触大自然中获得的健康益处。{6.1}

生物多样性的丧失影响着人类的健康和公平（充分证实）。生物多样性对人类健康和福祉做出了积极贡献。世界70%以上贫困人口的生计在某种程度上依赖于自然资源，而全球生物多样性的80%以上发现于土著居民的传统领土上。因此，耗尽这些自然资本将严重影响到这些最无力抵抗损失的人们，并减少我们子孙后代的选择机会。{6.1}

生物多样性的丧失，降低了生态系统面对气候变化等负面影响威胁时的恢复力，增加了其脆弱性（充分证实）。在地方尺度上，生物多样性较强的生态系统很可能随着时间的推移而更多产、更稳定。{6.5.4, 6.5.6}

人们已经充分认识到生物多样性面临的严峻压力（充分证实）。土地利用变化、直接开发、气候变化、污染和外来入侵物种正在侵蚀生物多样性。虽然栖息地的丧失和改造可能是目前最显著的压力，但气候变化可能是未来最大的压力。{6.3.1, 6.3.2, 6.3.3, 6.3.4, 6.3.5}

压力经常互相重叠，其中许多压力之间存在正反馈循环（充分证实）。栖息地的变化增加对污染物、害虫、外来病原体和对人类、牲畜和野生动物有害的新传染病的接触，并加剧人类与野生动物的冲突。由于伐木、采矿、筑路和农业扩张等多种土地用途的变化，森林正在发生变化；由此导致的生境破碎化和生物多样性的丧失，降低森林对气候变化影响和外来物入侵种的适应能力。{6.3.1}

新认识到的和加剧的因素增加了对生物多样性的压力（充分证实）。能源生产、资源开采、野生动物贸易和偷猎、海洋环境中的化学垃圾和塑料都是加剧生物多样性下降的因素。{6.3.1, 6.3.3, 6.3.4}

遗传多样性是适应的重要基础（充分证实）。许多物种种群数量的减少意味着遗传多样性的丧失。作物、作物野生亲缘种和牲畜的遗传多样性，使农业系统能够适应不断变化的环境。农作物和牲畜遗传多样性的长时间持续丧失，对粮食安全构成威胁。{6.4.1}

在全球范围内，物种数量下降的速度并没有放缓（充分证实）。随着时间的推移，全球种群数量下降的速度没有放缓，物种灭绝风险的增加得到肯定。淡水物种的种群下降率最高，两栖类动物、形成珊瑚礁的珊瑚和苏铁植物具有最高的灭绝危险物种比例。虽然关于无脊椎动物群体的数据较少，但最近的证据表明物种在局域尺度下数量大幅下降。无脊椎传粉动物的消失已成为一个日益严重的问题，对农业生产、生态系统功能和人类福祉带来重大后果。{6.4.2}

目前尚无关于生态系统健康的全球评估（充分证实），许多栖息地类型的状况很可能正在下降。虽然全球监测具有挑战性，但在陆地栖息地中，14个栖息地有10个的植被生产力下降，将近一半的陆地生态区处于不利地位。天然湿地和海洋栖息地，如深海生态系统和珊瑚礁，已成为全球特别关注的问题。{6.4.3}

地球上所有主要的生物群落都在经历生物多样性的丧失（充分证实）。在海洋中，对鱼类资源的过度捕捞正导致渔业崩溃，气候变暖正在破坏珊瑚礁，而红树林等沿海系统的生境破坏，使社区面临更大的海岸侵蚀和极端天气事件的风险。海洋塑料污染成为生物多样性日益严重的威胁之一。在淡水系统中，农业和化学污染（包括增加的氮输入）导致有毒藻类大量繁殖、饮用水水质下降；入侵物种正在通过水路传播；淡水物种的下降速度比任何其他生物群都快。在陆地环境中，不断上升的气温把草原变成沙漠，不可持续的灌溉已经把旱地变成不适宜野生动物居住或农业生产的有毒景观。山地生态系统和极地地区尤其容易受到气候变化的影响，而处于热范围上限和依赖海冰的物种可能会灭绝。热带森林是生物多样性最丰富的陆地生态系统的一部分，但是在许多地区森林砍伐和森林退化仍在继续，这通常是为了满足对木材、纤维、食品和燃料产品（例如棕榈油）的需求，以及对其它外部驱动因素的反应。{6.5.1, 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4, 6.5.5, 6.5.6, 6.5.7, 6.5.8}

一系列国家和国际条例致力于保护生物多样性（充分证实）。其中包括《生物多样性公约》（CBD）下的《国家生物多样性战略和行动计划》（NBSAPS）、《2011-2020年生物多样性战略计划》（包括“爱知目标”）、《卡塔赫纳生物安全议定书》、《名古屋议定书》以及生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（IPBES）。{6.6.1, 6.6.2}

通过保护自然栖息地，可以最有效地保护物种和生态系统（充分证实）。在扩大全球保护区网络方面已取得重大进

展，但受保护的总面积仍然不足，保护区内的生境常处于退化状态。{6.6.3}

生物材料的异地保存有助于保护遗传多样性（充分证实）。使用新的基因组工具，种子库和基因库为保护作物及其野生亲缘种遗传多样性做出了贡献。技术的进步使基因组测序更便宜、更快，然而大多数野生物种的遗传数据仍然缺乏。{6.4.1}

在地方范围内，土著民和地方社区在保护生物多样性方面发挥着关键作用（充分证实）。土著和地方知识（IPLC）可以提供自下而上、自我驱动、具有成本效应的创新解决方案，具有扩大规模的潜力，可为国家和国际实践提供参考信息。这种解决方案提供了一种实用的良治方法，用于替代自上而下的政策制定，这对实现许多可持续发展目标至关重要。{专栏6.6，6.6.3}

一系列生物多样性政策落地，并在国际、国家和地方各级运作，但还不足以减缓或扭转全球生物多样性的下降（充分证实）。迫切需要加强当前的政策应对措施。通过解决生物多样性分布、获取和管理的问题，并认识到土著民和地方社区在保护生物多样性方面的作用，为维持生物多样性和大自然的贡献提供了更多机会。{6.6.3，6.7}

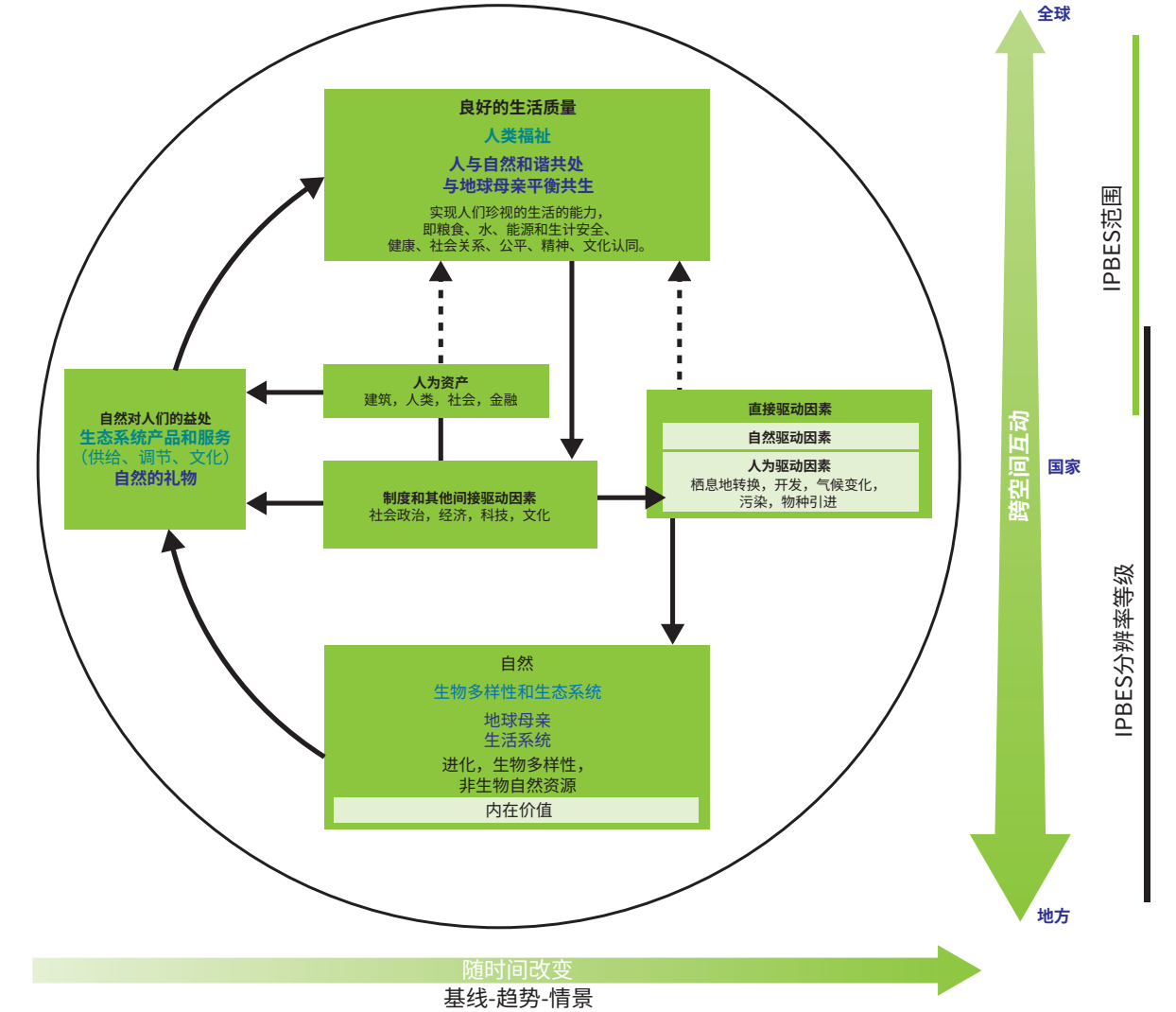
不采取行动的代价是巨大的，而且还在不断升级（充分证实）。不作为的全部代价很少被量化；然而，正如许多例子所示，现在不采取行动将给未来带来更高的代价（例如入侵物种的蔓延），物种灭绝给后代带来的代价是无法估量的。{6.3.2}

6.1 引言

生物多样性——“所有来源的活生物体之间的多样性，包括……物种内部、物种之间和生态系统的多样性”（联合国，1992年，第二条）——通过碳封存和控制局部降雨有助于调节气候，过滤空气和水，并减轻诸如山体滑坡和沿海风暴等自然灾害的影响。直接的好处包括来自天然植被的食物和纤维、来自森林的木材和非木材产品、来自海洋和淡水系统的鱼类、作物授粉、来自植物的药物以及心理健康（Clark等人，2014年；Harrison等人，2014年；世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处，2015年，第200页；Pascual等人，2017年）。我们从未如此了解使生态系统能够发挥作用的生物多样性（Cardinale 等人，2012年），然而生物多样性的丧失和栖息地的减少仍在加速，有可能超出地球的界限（Tittensor 等人，2014年；Steffen等人，2015年）。

据估计，目前物种灭绝的速度比背景速度高出1000倍（Pimm 等人，2014年），这引发了科学家们关于我们是否已经进入第六次大规模生物灭绝的争论（Barnosky等人，2011年；Ceballos、Ehrlich和Dirzo，2017年）。许多物种的全球种群数量正在下降（Ceballos、Ehrlich和Dirzo，2017年；McRae、Deinet和Freeman，2017年），且对未来适应全球变化至关重要的基因多样性正在受到侵蚀（联合国粮食及农业组织，2015a）。气候变化和人类介入导致的物种运动正在重塑植物和动物的自然群落（Pacifici 等人，2015年）；一些流离失所的物种具有入侵性，对人类健康、遗传多样性以及粮食和水安全构成威胁。这些变化似乎可能降低生态系统获取基本资源、生产生物量、分解和循环养分的效率（Cardinale等人，2012年），并降低生态系统的弹性（MacDougall等人，2013年）。恢复和维护生物多样性将增强适应潜力，并有助于维持大自然对人类生计、健康和福祉的贡献（生物多样性和生态系统

图6.1：生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台就连接自然、生物多样性和生态系统服务、人类福祉和可持续发展的主要要素和关系的示意图（在此图中，人为驱动因素等同于第 6.3 节中描述的压力）

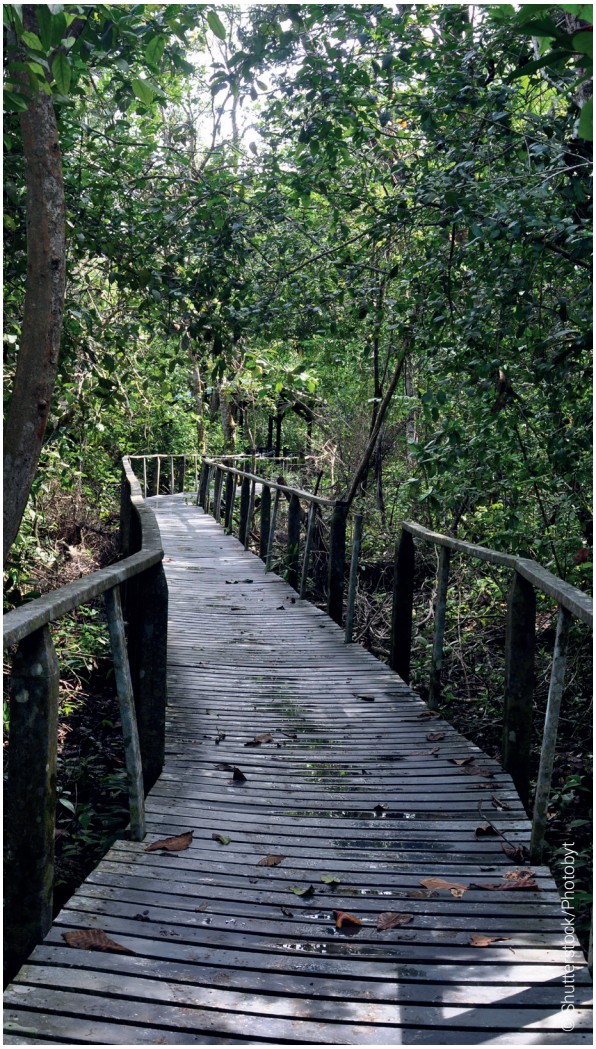


资料来源：生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（2013年，第2页）。

服务政府间科学政策平台，2016年）。而这些关键服务基本上绕过了市场，且没有明确的价格信号，往往被忽视了（如Foale 等人，2013年；Seddon等人，2016年；Costanza 等人，2017年）。生物多样性的丧失也是一个重要的公平问题：70%的贫困人口的生计在一定程度上依赖于自然资源（《绿色经济联盟》，2012年，第4页）；全球80%的生物多样性是在土著民的传统领土上发现的（Sobrevila，2008年，第 xii页）；如果生物多样性继续丧失，未来几代人将经历相对贫困的生活（Naeem 等人，2016年）。.

6.2 《全球环境展望5》以来的进一步评估

《全球环境展望5》(联合国环境规划署，2012年）得出结论，由于栖息地丧失、农业和基础设施发展造成的退化、过度开发、污染、外来入侵物种和气候破坏以及这些压力之间的相互作用，生物多样性面临的压力不断增加，随着种群数量、物种和栖息地不断减少，全球生物多样性每况愈下。自《全球环境展望5》以来，对实现“爱知生物多样性目标”进展的中期评估指出，尽管已经有所进展，但还不足以在2020年之前实现目标（多样性公约秘书处【SCBD】，2014年）。一系列《全球环境展望》区域评估（联合国环境规划署，2016a；联合国环境规划署，2016b；联合国环境规划署，2016c；联合国环境规划署，2016d；联合国环境规划署，2016e；联合国环境规划署，2016f）、研究实现“爱知生物多样性目标”区域进展的生物多样性状况报告（联合国环境规划署世界保护监测中心【UNEP- WCMC】，2016a；联合国环境规划署世界保护监测中心，2016b；联合国环境规划署世界保护监测中心，2016c，联合国环境规划署世界保护监测中心，2016d），以及政府间生物多样性和生态系统服务科学政策平台https://www.ipbes.net/outcomes）对地区生物多样性和生态系统服务的区域评估，总结了世界各地生物多样性下降的证据，同时强调了应对区域压力的差异。在这些评估报告中还可以看到，生物多样性保护对人类健康的众多好处逐渐被人接受（世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处，2015年；另见**专栏6 .1**）。



专栏6.1：生物多样性、疾病和“一体化健康（One Health）”

全球变化的几个方面（包括城市化、农业实践、土地利用和生物多样性的变化）正在改变生态系统的动态过程，并在某些情况下促进人与动物的接触，从而加剧人畜共患病的出现和传播风险。人畜共患病可通过直接接触或通过水、食物和环境，从家畜或野生动物传播给人类（世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处，2015年；疾病预防控制中心（CDC），2017年）。

“一体化健康”是一种认识人畜生态系统界面及其复杂相互关系下的方法，旨在为所有人提供最佳健康结果；人畜共患病占人类传染病的60%以上，一体化健康在预防和控制人畜共患病方面尤其重要（Karesh等人，2012年；世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处，2015年；疾病预防控制中心，2017年）。

美国国际开发署（USAID）新兴大流行威胁PREDICT项目，正通过在“热点”中对埃博拉等新兴传染病（EID）进行监视，扩大对具有大流行潜力的人畜共患病病毒的探测和发现，以追踪其传播，了解推动其出现的因素（Kelly等人，2017年；Marlow，2017年）。该项目使用“一体化健康”方法，考虑了驱动疾病出现、传播和扩散的行为、实践以及生态和生物因素。通过加强对新兴传染病的了解，各国可以更好地预防、准备和应对疫情威胁，以便在重大疾病暴发之前采取预防措施。PREDICT的合作伙伴包括加州大学戴维斯一体化健康研究所（Davis One Health Institute）、美国国际开发署、生态健康联盟、Metabiota、野生动物保护协会和史密森尼学会（Smithsonian Institution）。

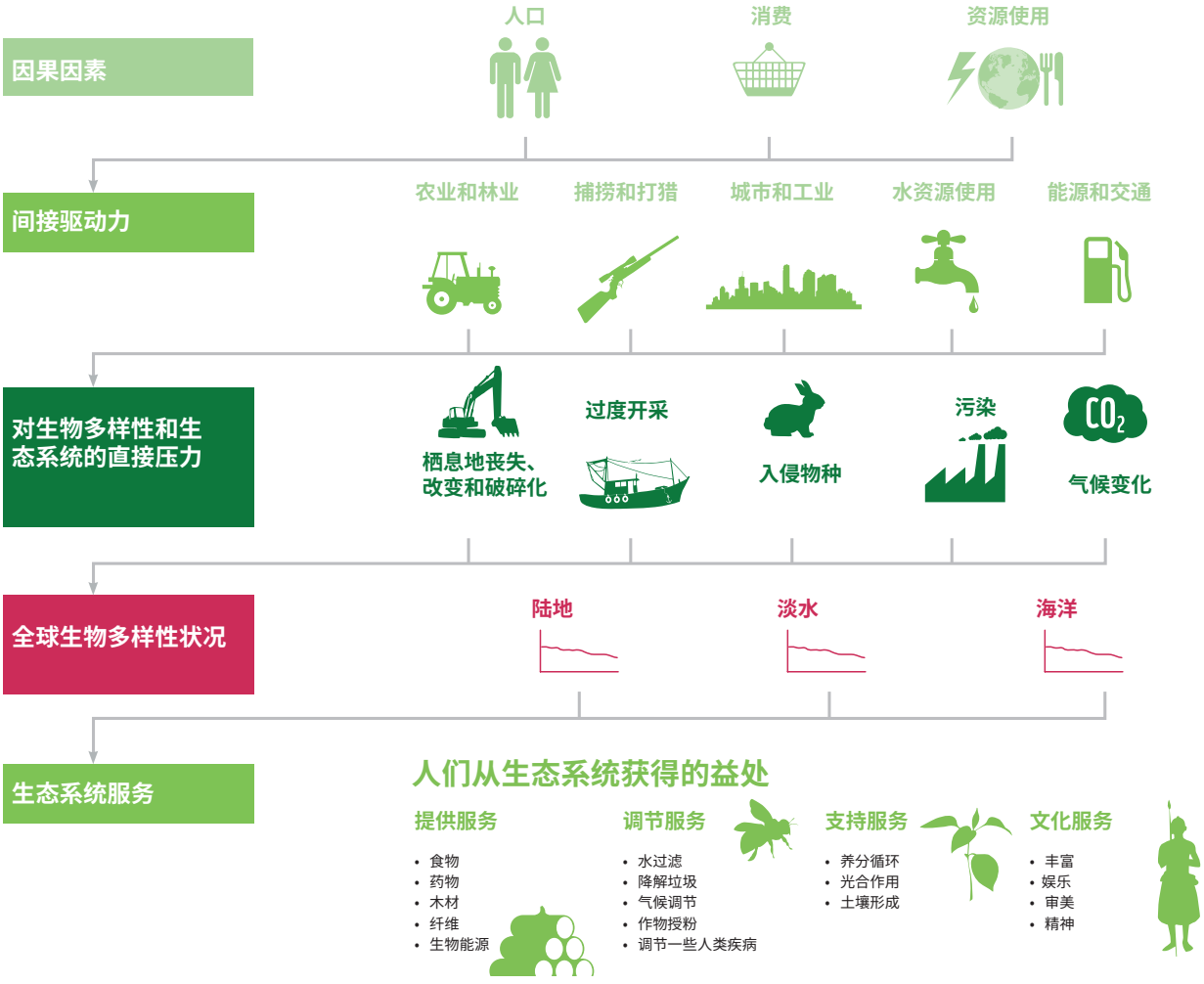
6.3 驱动力

环境变化的驱动因素，即人口动态、城市化、经济发展、技术和创新以及气候变化等因素（见第2章），对生物多样性造成了多重负面影响，导致遗传多样性和种群数量下降，使一些物种面临更高的灭绝风险，并导致自然群落结构的改变，影响生态系统的稳定性和功能（**图6.2**）。虽然大多数驱动力预计会增加，但在未来几十年气候变化很可能成为生物多样性变化的主要驱动力（Leadley等人，2014年；Newbold等人，2015年）。最终减少对生物多样性的压力，需要解决这些变化的驱动力。

6.4 压力

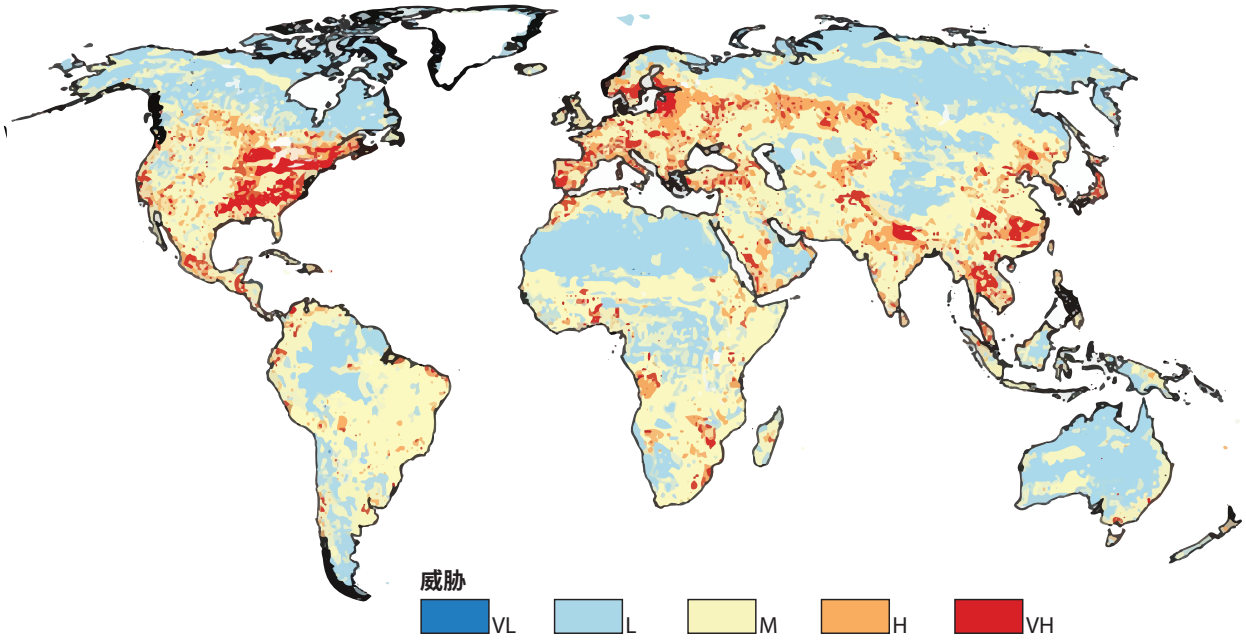
对全球生物多样性的主要直接压力是栖息地压力和土地利用变化、入侵物种、污染、不可持续的使用/过度开发和气候变化（主要是由于温度升高、降水模式的变化以及极端天气事件和野火的频率和严重程度不断增加）（联合国环境规划署，2012年）。尽管缺乏占生物多样性数量最大的无脊椎动物的详细数据，现有的研究还是可以证明，这些在全球范围内空间分布和组合不同的压力（**图6.3**），以不同的方式影响着生物种群（**图6.4**），（Collen 等人，2012年）。

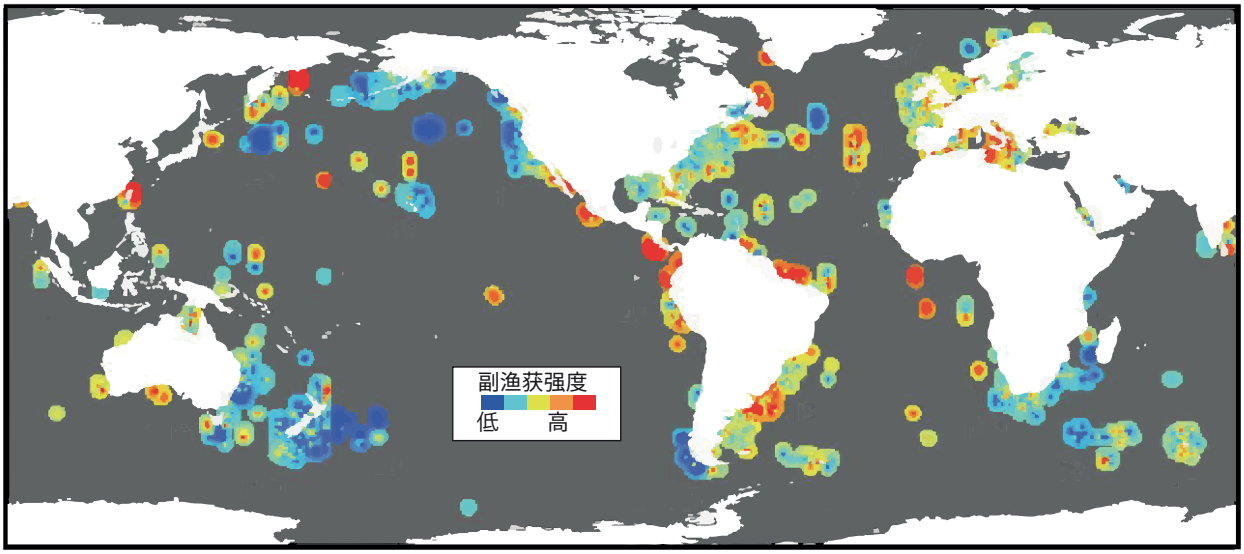
图6.2：人、生物多样性、生态系统健康和生态系统服务之间的相互关系，显示出驱动力和压力



资料来源：世界自然基金会（WWF）等（2012年）。

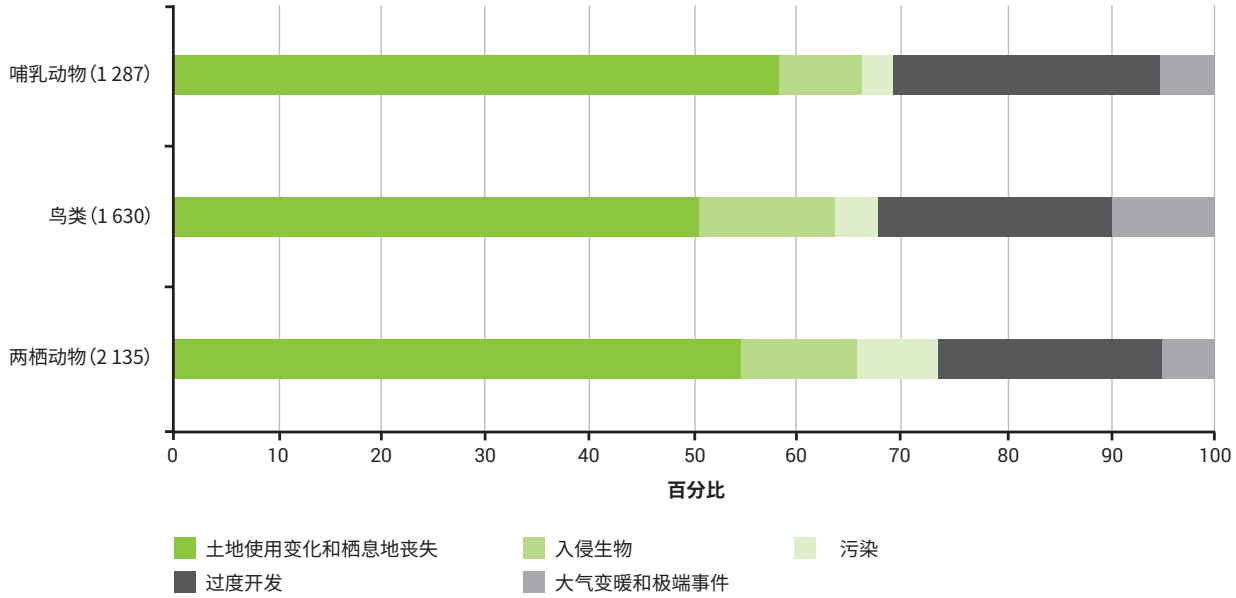
图6.3：全球压力分布示例：(a)陆地外来入侵物种的威胁强度(H:高;L:低;M:中;VH:非常高;VL:非常低)，(b)按所有渔具类别(刺网、多钩长线及拖网)和海鸟、海洋哺乳动物及海龟的捕获频率计算的副渔获强度





资料来源：(a) Early等人，2016年 (b) Lewison等人 (2014) 年。

图6.4：按主要威胁类别划分的受威胁（极度濒危的、濒危的、脆弱的）和近威胁两栖动物、鸟类和哺乳动物物种的百分比



括号中每个分类类别中受威胁物种的数量。威胁类别汇总如下：1=住宅和商业发展，农业和水产养殖，能源生产和采矿，运输和服务走廊，人为入侵和干扰，自然系统改造；2=入侵物种和其他有问题的物种、基因和疾病；3 = 污染；4 = 生物资源利用；5 = 地质事件、气候变化和极端天气。

资料来源：Maxwell等人（2016年）根据世界自然保护联盟【IUCN】更新（2018年）。

6.4.1 土地利用变化和栖息地丧失

全球人类足迹，即基础设施、土地覆盖和人类进入自然区域频率，正在扩大（**图6.5**）（Venter等人，2016年）。经济驱动力和人口压力是加速土地利用变化的主要原因。这些因素推动了以获取粮食、商品、饲料和生物燃料对农业扩张（Alexande等人，2015年），加大了对开采矿物、金属和能源资源的需求（Mudd和Jowitt，2017年），推动了城市化、道路建设、土地占用和森林砍伐、土地退化、沙漠化和栖息地破碎化。其中农业扩张为土地利用变化的主要原因。

城市发展是土地利用变化和森林砍伐造成的栖息地丧失的主要驱动力。在发展中国家，城市地区的建立和扩张（其中许多地区缺乏足够的规划）以及基础设施的增长可以与生物多样性热点相吻合（联合国环境规划署，2016d）。道路建设促进了入侵物种的传播，并使人们更容易进入以前完好的栖息地，使生物面临狩猎和资源开发的威胁（Alamgir等人，2017年）。其他土地使用方式，如燃烧（或抑制自然火灾）（Smith 等人，2016年）和牲畜放牧，对已经退化的系统施加了进一步压力（英国皇家植物园——邱园，2010年）。海洋环境同样受到商业捕鱼活动（如海底拖网捕捞）、海岸开发和疏浚的严重影响（海洋健康指数，2017年）（见第7章）。国际贸易可以将发达国家的需求而导致的生物多样性威胁出口给发展中国家（Lenzen 等人，2012年）。多种原因引起的栖息地破坏也导致了人类的人口压力和迁移，并进一步加剧了对生物多样性的威胁（Black等人，2011）（见第2章）。

人们普遍预计农业用地的压力会增加（Kehoe等人，2017年）。由于人口增长和经济发展，全球粮食产量预计到2050年将增加60%至100%，与此同时，用于作物生长的土地至少净增加七千万公顷（Tilman等人，2011年；Alexandratos和Bruinsma，2012年）（见第8章）。大规模工业化农业会产生许多不利的环境和社会影响，如土地退化、反照率变化、甲烷排放增加和碳封存能力丧失（Laurance、Sayer和Cassman，2014年；Dangal等人，2017年；Houspanossian等人，2017年）。农业集约化可以减轻非农业用地的压力（Phalan等人，2016年），但可能对在不同农业生态系统中共存的野生动植物产生有害影响（Emmerson等人，2016年）。

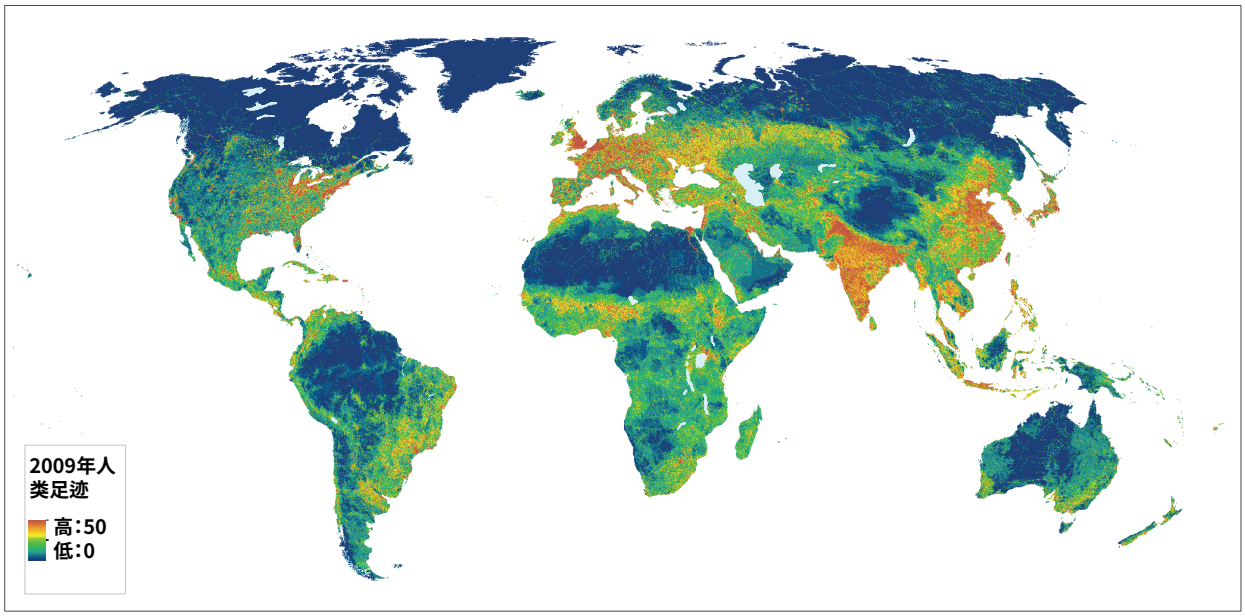
大坝、矿山和其他硬基础设施建设（包括与能源生产相关的基础设施建设）的快速发展对栖息地产生了影响（Butt等人，2013年）。

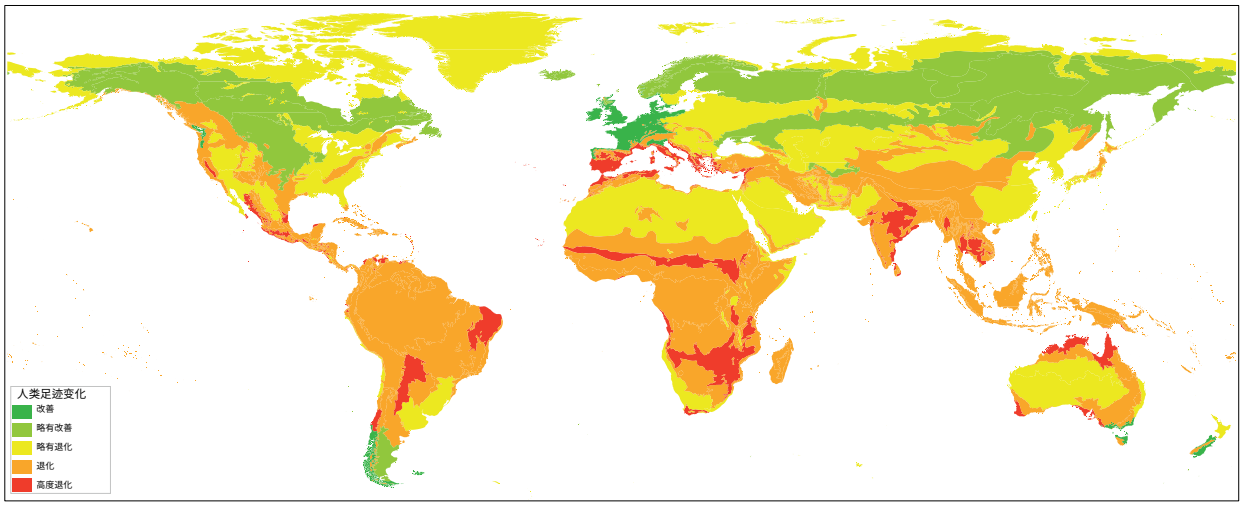
气候变暖和极端天气事件的频率增加导致栖息地丧失或退化（见第二章）。海洋变暖正在减少海冰面积（北极熊、海豹和鱼鸟的重要狩猎栖息地）（政府间气候变化专门委员会，2014年，第80页），并与大气中的二氧化碳含量升高相结合，使海洋栖息地酸化（Hoegh-Guldberg等人，2017年）。极端天气事件，如洪水、干旱和火灾，可以加速本已脆弱的栖息地的退化（政府间气候变化专门委员会，2014

年，第294页）。土地使用变化可能会影响水生和陆地环境，可能导致：

- 暴露于对人类、牲畜和野生生物有害的污染物以及外来病原体和新出现的传染病中（世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处，2015年，第1-19页）；
- 人类冲突加剧（Ghazi、Muniruzzaman和Singh，2016年，第 ii页）；
- 丧失野生物种栖息地及其提供的生态系统服务，如授粉者和农业害虫的捕食者（Potts等人，2016；Woodcock 等人，2016）；
- 人类失去接触自然的机会（见第8章），对脆弱和土著社区造成不成比例的影响（Haines-Young和Potschin，2010年）。

图6.5：（a）2009年全球人类足迹地图（基础设施、土地覆盖和人类进入自然区域的综合压力，使用0-50的冷热色标度），（b）1993年至2009年生态区域人类平均足迹的绝对变化



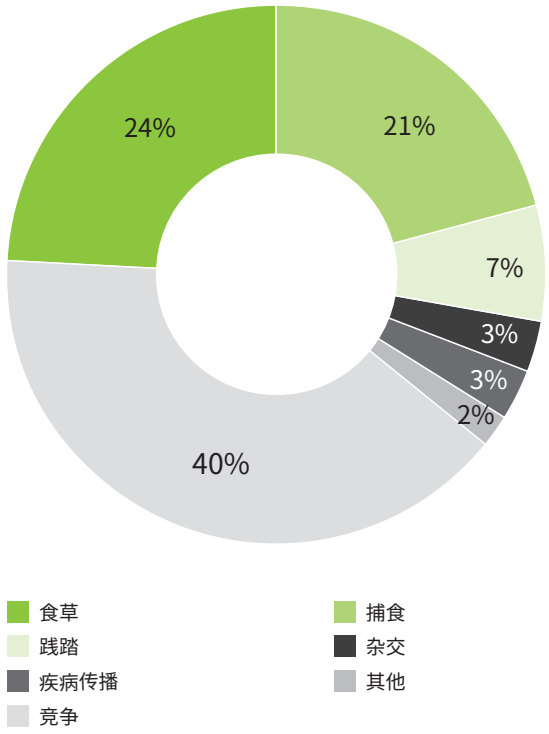


资料来源：Venter等人（2016年）。

6.4.2 入侵物种

入侵物种威胁生态系统、栖息地和其他物种（Bellard、Cassey和Blackburn，2016年）。它们通常是非本地的物种（外来入侵物种），但也可能包括数量扩张的本地种群（Nackley等人，2017年）。在过去200年中，首批列入记录的非本地物种的年增长率有所上升，而且数量的增加没有显示出任何饱和的迹象，这意味着减轻入侵的努力并未奏效（Seebens等人，2017年）。入侵物种的生态影响体现在直接和间接竞争、捕食、栖息地退化、杂交以及它们作为疾病媒介和载体，后者也威胁着人类健康和粮食安全（**图6.6**）（Strayer，2010年；Paini等人，2016年）。

图6.6：外来入侵物种对欧洲受威胁物种的影响机制



资料来源：Genovesi、Carnevali和Scalera（2015年）。

入侵植物影响关键生态系统服务的供应，比如通过引起水道堵塞和富营养化，以及引起集水区、草地和牧场生存能力的退化，从而影响获得洁净水的途径（Packer等人，2017年）。侵入性的无脊椎动物可能会带来更大的风险。北美五大湖地区入侵斑马贻贝的数量增长庞大，阻碍了市政供水和水电公司的水流量（Rapai，2016年）。入侵性害虫，如北美的舞毒蛾、翡翠灰螟和铁杉球蚜等，具有巨大的生物多样性和经济影响（Aukema 等人，2011年）。侵入性昆虫载体还可以促进寄生虫和新兴传染病的传播（Rabitsch、Essl和Schindler，2017年），包括基孔肯雅热、登革热和寨卡病毒，这些疾病都是由蚊子传播的（Akiner等人，2016年）。侵入性脊椎动物在岛屿上造成严重危险（Spatz等人，2017年），它们可能是生物多样性丧失的主要驱动力（Leadley等人，2014年；Doherty等人，2016年）。

每年直接和间接的经济成本（例如控制工作的成本）高达数十亿美元（区域估计见Kettunen等人，2008年；Pejchar和Mooney，2009年；van Wilgen等人，2012年）。在多刺的水蚤入侵劳伦大湖之后，恢复失去的生态系统服务的成本估计在8650万美元到1.63亿美元之间（Walsh、Carpenter和Vander Zanden，2016年）。这些费用还未反映入侵物种对环境和社会/文化造成的额外影响。

物种入侵的主要途径包括故意释放、逃逸以及通过贸易、旅游和船舶压载水的意外引入（《生物多样性公约》，2014年；Early等人，2016年）。良好的治理可能会降低贸易带来的入侵风险（Brenton-Rule、Barbieri和Lester，2016年），而气候变化可能会通过开辟新的生态位空间（Wolkovich等人，2013年）和降低隔离障碍（尤其是在更极端的环境中）来促进传播（Duffy 等人，2017年）。本土生物多样性的丧失可能会增加入侵的风险，而寒冷地区气温升高则增加了入侵的可能性（Molina-Montenegro等人，2012年；Cuba-Díaz等人，2013年；Chown等人，2017年）。北极地区运输的增加、海冰减少、农作物生产中微生物的商业使用、转基因生物的水平基因转移以及入侵性微生物病原体的出现，构成了对未来的威胁（Ricciardi等人，2017年）。

6.4.3 污染

污染可以有多种形式，如有意或无意地将垃圾和化学产品释放到环境中，还有光、噪声、热和微生物。主要排放来源包括运输、工业、农业（Landrigan等人，2017年）和水产养殖（Klinger和Naylor，2012年；Bouwman等人，2013年）。新兴污染物包括各种合成化学物质、农药、化妆品、个人和家庭护理产品以及药品等（Gavrilescu等人，2015年；Landrigan等人，2017年）。

在陆地上，露天垃圾场对动植物有局部影响（见第8章），土壤污染会影响微生物种群，降低重要的生态系统功能（Wall、Nielson和Six，2015年）。农业过程中使用农药、化肥和其他化学物质可能会伤害传粉者和害虫的天敌（Woodcock等人，2016年），表面径流也影响淡水和沿海生物多样性（见第7章和第9章）。毒素的生物累积，包括重金属（Araéjo和Cedeío-Macias，2016年），可能会对整个食物链（包括人类）产生连带影响。在海洋和淡水环境中，微塑料和纳米塑料污染的积累（见第7章和**专栏6.2**）已被确定为一个新兴问题（《生物多样性公约》秘书处，2016年）。

专栏6.2：海洋垃圾和微塑料对生物多样性的威胁

海洋垃圾（包括海洋塑料垃圾和微塑料）被认为是对生物多样性的一个主要威胁，在过去的四十年中产生了严重的影响（《生物多样性公约》秘书处，2012年）。最近的研究表明，超过800种海洋和沿海物种通过对塑料的摄食、被缠绕、幽灵捕鱼或被漂流物分散而受到影响（《生物多样性公约》秘书处，2016年）。2012年至2016年间，已知受海洋垃圾摄入影响的水生哺乳动物和海鸟物种分别从26%和38%增至40%和44%（《生物多样性公约》秘书处，2016年）。塑料占海洋垃圾的75%，已被证明是持久性和生物累积性有毒物质（PBTs）的载体；塑料为独特的微生物群落提供栖息地、是疾病的潜在媒介，提供了一种将外来入侵物种运输到海洋湖泊各处的方式（Rochman等人，2013年；《生物多样性公约》秘书处，2016年）。对微塑料的物理和毒理影响的研究，证实了微塑料在浮游食物链中的营养转移，以及其被海洋无脊椎动物的直接摄取（Wright、Thompson和Galloway，2013年；《生物多样性公约》秘书处，2016年）。鱼类摄入微塑料可引起生理压力、肝癌和内分泌功能障碍，影响雌性繁殖力和雄性鱼类生殖组织的生长（海洋环境保护科学问题联合专家组【GESAMP】，2015 年）。根据联合国数据，51万亿微塑料颗粒（比我们银河系中的恒星多500倍）散布在我们的海洋中，严重威胁着海洋野生动物（van Sebille等人，2015年）。

自然生态系统中破坏内分泌的化学物质（EDCs）和持久性有机污染物（POPs）的积累对野生生物构成了额外的威胁（Bergman等人，2013年），在水生系统中尤为如此（Wang和Zhou，2013年）（见第9章）。

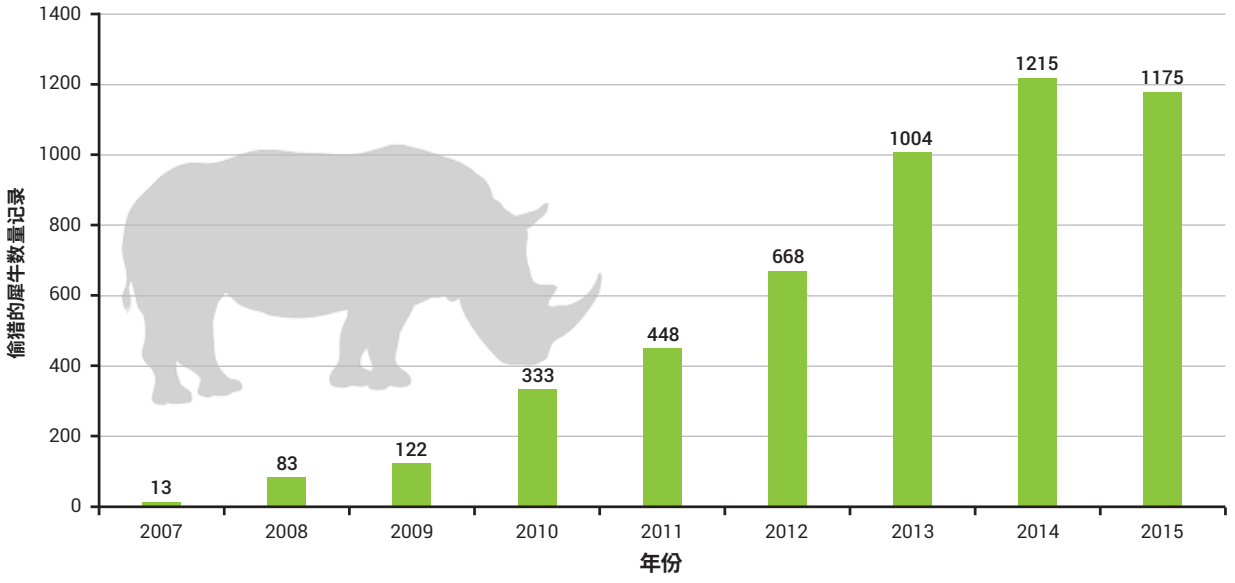
空气污染导致陆地生态系统、湖泊、河口和沿海水域的酸化和富营养化（O' Dea等人，2017年；Payne等人，2017年），以及水生食物网中汞的生物富集（Lavoie等人，2013年）（参见第5章）。

6.4.4 过度开发

过度开发包括非法、未报告和无管制的捕捞，非法和不可持续的伐木、过度放牧、无管制的丛林肉类消费、野生动物偷猎和非法捕杀（通常针对外国市场）。还包括生态上不可持续的采伐，这个问题主要由于采伐配额设计不当，对资源基础或高效开发资源的新技术新不了解而引起的。直接开采已威胁到标志性陆地和海洋物种，如因鱼子酱而被珍视的欧洲鲟（He等人，2017年）、为鱼翅捕捞的鲨鱼（Worm等人，2013年）、因角而被偷猎的犀牛物种（**图6.7**），因象牙而被捕的非洲大象（Maxwell等人，2016年）、因羽毛和骨头而被捕猎的南美洲安第斯秃鹰（Williams等人，2011年）以及 为制造香水和沉香而被伐的沉香木（瑞香科）（联合国毒品和犯罪问题办公室，2016年，第59页）。

野生动植物、渔业和林产品的非法贸易十分广泛，估计其总价值每年在900亿至2700亿美元之间，并与跨国有组织犯罪相关（联合国环境规划署，2014年；Stimson Center，2016年；Stoett，2018年；参见第13.3.2节中的"捕食者计划"案例研究）。贫困为偷猎提供了强大的动力，经济发展改善了基础设施，为进入野生动物丰富地区提供便利，并促进了对野生动植物产品的需求（联合国毒品和犯罪问题办公室，2016年，第19页）。然而，与目前的非法做法相比，合法但不可持续的野生动植物开发可能对生物多样性构成更大的威胁（联合国粮食及农业组织，2018a）。尽管对未来的预测并不确定（Costello等人，2016年），但捕

图6.7：2007-2015年在南非偷猎的犀牛数量记录。2011年，南非的犀牛数量刚刚超过2万头



资料来源：南非环境事务部（2016年）。

捞管理不当的影响在海洋渔业中可能最为明显（见6.6.1节和第7章）。

过度开发野生动植物对公平造成影响，因为它剥夺了贫穷和脆弱的当地社区以及土著民的生计、传统药物、旅游收入和其他生态系统利益（Haines-Young和Potschin，2010年；O' Neill等人，2017年）。相反，加强对野生动植物采伐和捕获的监管可以产生积极的社会后果，例如加强妇女的领导作用，可能反馈到生物多样性保护政策设计中（联合国粮食及农业组织，2016年）

6.4.5 气候变暖和极端事件

人为气候变化对生物多样性的影响在自然系统中最为明显（政府间气候变化专门委员会，2014年，第40页），表现为平均气候和极端天气事件频率的变化（见专栏6.3）。一项估计表明，若目前的气候变暖趋势不变，到2050年多达六分之一的物种可能面临灭绝的威胁（Urban，2015年）。然而，已知的影响分布并不均匀，我们对影响的了解仍然不完整（**图6.8**）

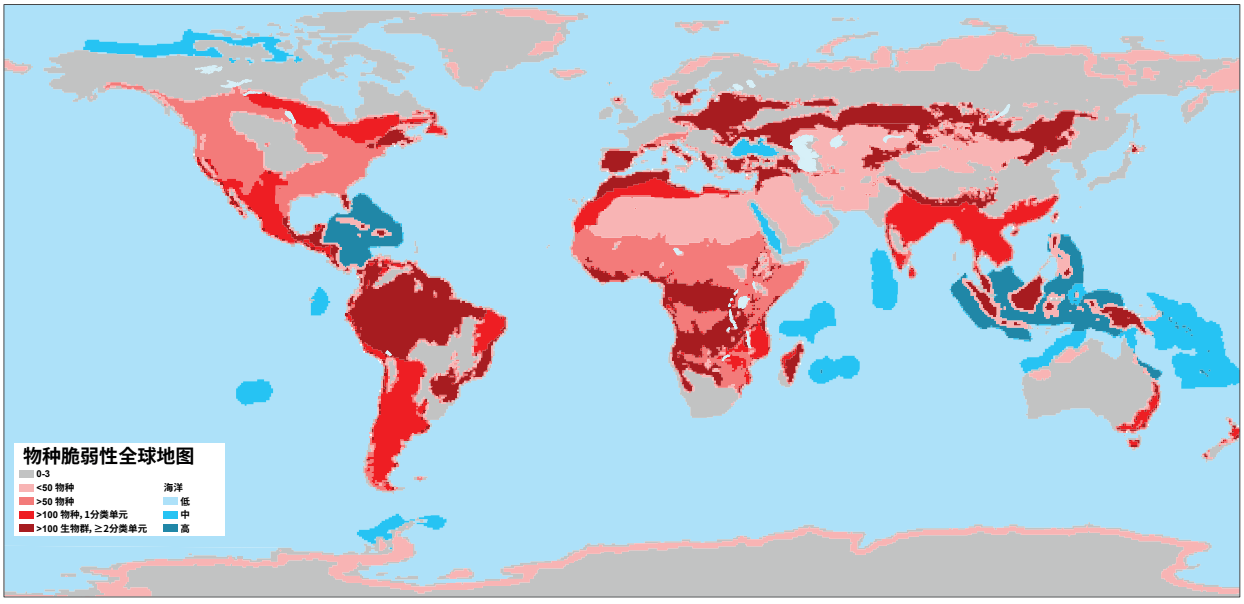
随着气温的升高，物种可能会迁移到较冷的地方，或改变其物候状态，从而更快地开花、繁殖或迁移（Parmesan，2006年；Scheffers等人，2016年）。有证据表明它们在同时进行这两步：物种平均每10年向高纬度地区移动16.9公里，或者每10年在海拔上提升11米（Chen等人，2011年），而开花物候则每10年提前2.3至5.1天（Wolkovich等人，2012年；政府间气候变化专门委员会，2014年）。越来越多的人猜测，这种由气候引起的分布和物候的变化可能通过营养相互作用而级联，从而导致物种之间的不同步，比如花和传粉者之间的不同步。对10000多个时间序列的分析表明，不同营养类群的气候敏感性（即物候变化对气候变化的响应）不同（Thackeray等人，2016），但关于物种相互作用的数据仍然很少（Kharouba 等人，2018年）。

在海洋环境中，海洋变暖和酸化与珊瑚白化事件有关，2015-2016年出现了前所未有的泛热带白化现象（Hughes等人，2017年）（见第7.3.1节）。海洋酸化也可能对其他海洋系统产生负面影响，包括贻贝床和一些大型藻类栖息地（Sunday等人，2017年）。水温升高还直接增加了礁鱼的代谢成本，降低游泳能力，并增加死亡率（Johansen和Jone，2011年）。在极地地区，海冰的减少和地表径流的增加可能会增加初级和次级生产力，改变食物网动态（Post等人，2013），并增加入侵物种立足的可能性（Duffy等人，2017年）（见第4.4.2节）。

专栏6.3：极端事件—对生物多样性的进一步压力

极端天气事件后的自然灾害，例如地震和海啸或洪水、山体滑坡、野火和干旱，每年导致数十万人丧生和受伤，对生态栖息地造成广泛破坏，并成为当地野生动植物种群灭绝的威胁。2011年东日本大地震海啸后，当地物种多样性整体下降，沙滩和沿海低洼地区的滨海森林等植被遭到严重破坏（Miura、Sasaki和Chiba，2012年；Hara等人，2016年）。污染、生境转变和海面温度升高，导致如红树林和珊瑚礁等自然海岸生境的丧失，破坏对海岸线的保护使其免受海浪、风暴潮和海岸侵蚀。当灾后社区迅速重建时，社区又被重新安置到环境敏感地区，往往无法收集可持续建筑材料，对生境构成额外的威胁。

图6.8：易受气候变化影响的物种的全球地图



根据评估的物种数量和高于所考虑物种的分类等级，确定了脆弱物种数量较多的陆地区域。

资料来源：Pacifici等人（2015年）。

6.5 生物多样性的全球状况和趋势

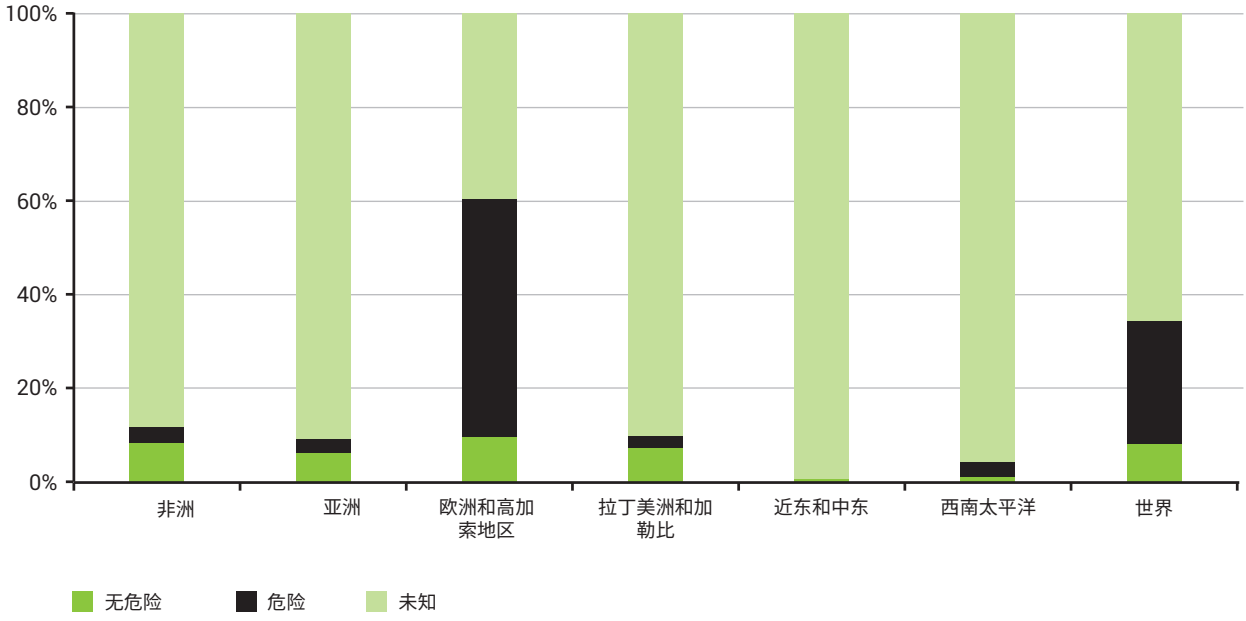
从基因到生态系统，全球变化对生物多样性的各个方趋势都产生了负面影响。然而，大多数自然种群的遗传多样性仍未得到测量，往往缺乏种群基线数据，生态系统的状况也正在评估中。迫切需要更多的数据和以科学为基础的评价目标。

6.5.1 遗传多样性的状况和趋势

遗传多样性至关重要，不仅因为它是野生物种持续适应自然选择的材料，也因为它是维持和增强农业系统植物和牲畜品种多样性，支持粮食安全恢复力的基础（Khoury 等人，2014年；联合国粮食及农业组织，2015年；Bruford等人，2017年）。遗传多样性的保护可以在野生或农作物田中就地实施，也可以在地方和国家两级基因库和种子库中进行异地保护（见第13.2.4节）。

农作物品种和牲畜品种的长期下降仍在继续，这种多样性的大部分连同野生亲缘和较少使用的物种仍然缺乏足够的保护（联合国粮食及农业组织，2015a）。已驯化超过35种鸟类和哺乳动物用于农业和粮食生产，约有8800个公认品种（联合国粮食及农业组织，2018a）。对现有地方动物品种的灭绝风险评估发现，由于种群数据缺失或缺乏最新更新，其中65%被归类为“状态未知”，20%被列为“有风险”，只有16%被列为“无风险”。（联合国粮食及农业组织，2018a）。这些比例因地区而异，尤其是在数据可用性方面（**图6.9**）。

图6.9：当地动物品种的比例，按危险、无危险或未知的灭绝风险水平归类



资料来源：联合国粮食及农业组织（2018a）。

允许快速、低成本地进行DNA测序的新基因组工具，已成为保护非原生境地遗传多样性的重要组成部分，有助于我们了解农作物野生亲缘种在提高生产力、营养成分和对环境变化的适应力上的遗传潜力（皇家植物园——邱园，2016年）。截至2017年，约225种植物（主要是农作物）具有完整的基因组序列（皇家植物园——邱园，2017年；见**图6.10**）。然而，这仍然是一项昂贵的工作，目前需要与那些依赖生物多样性为生计但缺乏资源获取此类数据的人分享相关信息。

传统的育种方法，即增加植物和牲畜品种，仍然占主导地位；然而，转基因生物继续引起人们的关注，诸如CRISPR/Cas基因组编辑技术的新进展正在推进合成生物学的发展（《生物多样性公约》秘书处，2015年；《生物多样性公约》，2016年）。有证据表明，基因组编辑技术通过控制入侵物种而减少了对非目标生物有害的杀虫剂需求，显示了改技术的积极作用（Webber、Raghu和Edwards，2015年）（例如Li等人，2015年）。然而，基因组编辑作物的繁殖也可能导致负面的生物多样性和环境后果，例如促进抗除草剂杂草的扩散（Rotolo等人，2015年）、减少昆虫多样性（Schutte 等人，2017年）；生态系统对转基因性状的自然适应，最终可能需要进一步的技术创新，以及增加除草剂和杀虫剂的使用（Rotolo等人，2015年）。

大多数与农作物和牲畜无关的野生物种遗传多样性保护，仍然缺乏文献记载（尽管为缩小这一差距做出了共同努力，见http://www.genomicobservatories.org/）。

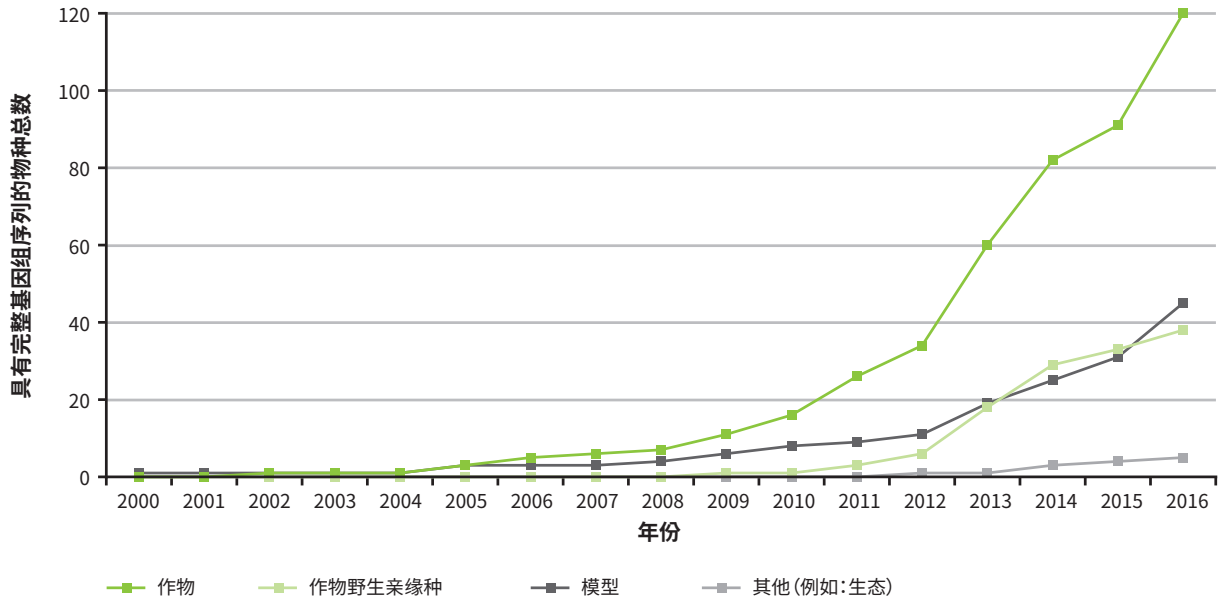
然而，种群数量下降越来越普遍（Ceballos、Ehrlich和Dirzo，2017年；McRae、Deinet和Freeman，2017年）。种群数量的减少，特别是在持续几代的情况下，往往会导致遗传多样性的减少。因此，威胁物种和种群的驱动因素也可能侵蚀它们内部的遗传多样性。

6.5.2 全球物种状况和趋势

物种趋势表明，全球生物多样性的下降仍然令人震惊（Dirzo等人，2014年）。许多观察人士认为，我们正在目睹一个新的大规模灭绝事件（Ceballos等人，2015年），尽管目前尚无科学上的共识。世界自然保护联盟（IUCN）（**专栏6.4**）《濒危物种红色名录》（http://www.iucnredlist.org/）提供了最全面的全球植物、动物和真菌物种保护状况的清单。脊椎动物的状况已经得到了相对较好的研究（Rodrigues 等人，2014年），但只有不到1%所描述的无脊椎动物（Collen等人，2012年）和仅约5%的维管植物（英国皇家植物园——邱园，2016年）进行了灭绝风险评估。

根据世界自然保护联盟的最新估计，苏铁科物种面临着最大的灭绝风险，该植物群中63%的物种被认为受到了威胁（**图6.11**）。受威胁最大的脊椎动物是两栖动物（占41%）。在少数已完成的无脊椎动物物种评估中，42%的陆地物种、34%的淡水物种和25%的海洋物种被认为有灭绝的危险（Collen 等人，2012年）。在具有丰富采样的无脊椎动物种群中，形成珊瑚礁的珊瑚在受到威胁的物种中所占比例最高（占33%）。

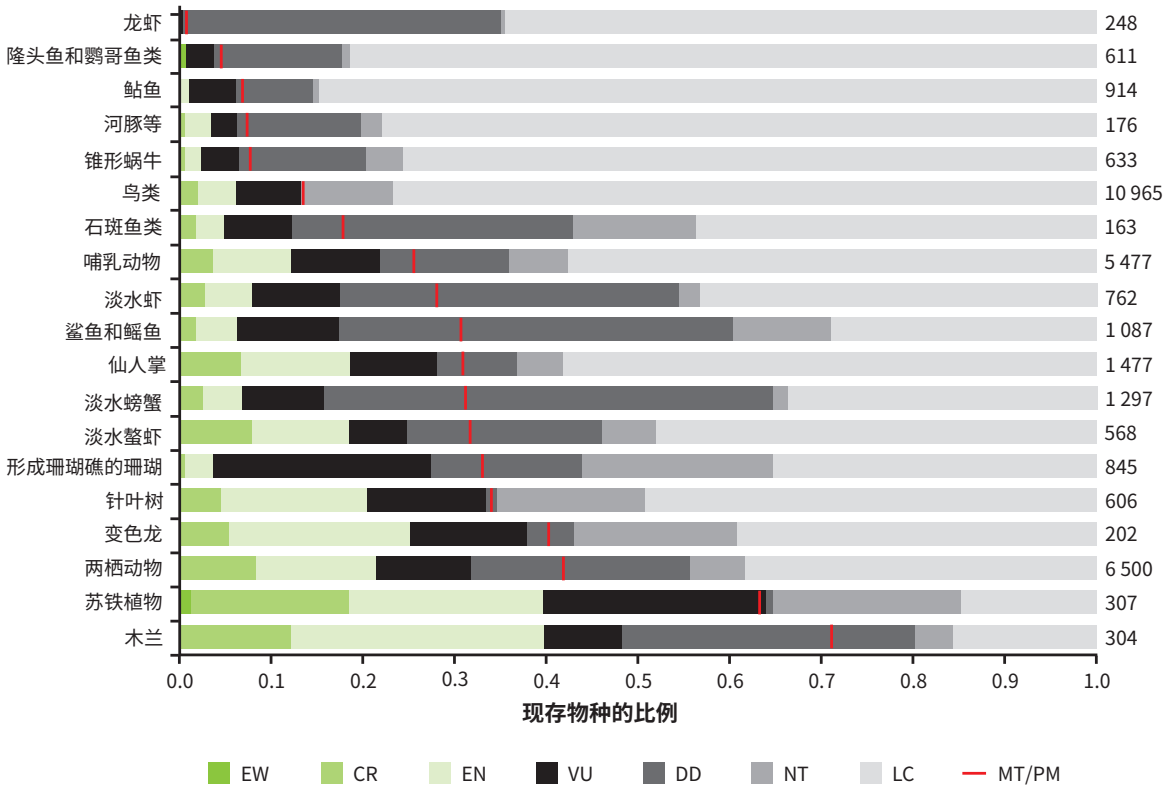
图6.10：具有完整基因组序列的物种总数（2000-2016年）



颜色表示物种的类型：通常用于食物的农作物；作物野生亲缘种；模拟物种，以帮助了解植物生态或进化；其他物种，例如 生态系统中的优势物种。

资料来源：英国皇家植物园——邱园（2017年）。

6.11：世界自然保护联盟（IUCN）《濒危物种红色名录》中各物种在物种灭绝风险类别中的比例



每个条形右边的数字代表每个组评估的现有物种总数。EW：野生灭绝；CR：极危；EN：濒危；VU：易危；NT：接近受威；DD：数据不足；LC：需予关注。

资料来源：世界自然保护联盟（IUCN），2018年（《濒危物种红色名录》2018-1）。

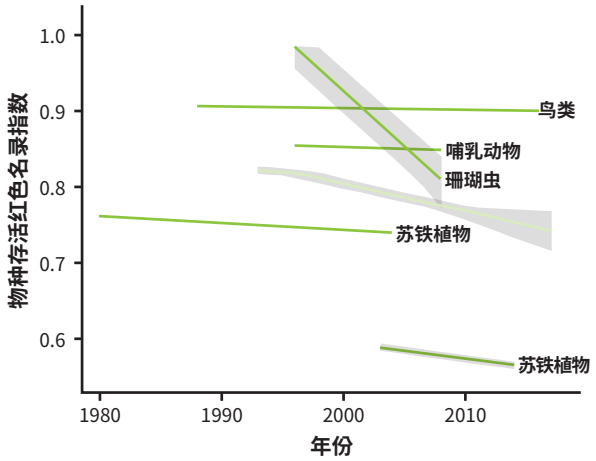
专栏6.4：世界自然保护联盟

自1948年以来，世界自然保护联盟一直是生物多样性和生态系统服务的科学政策互动平台。世界自然保护联盟成员的治理权重恰恰是政府占50%（有200多个国家和政府机构会员），公民社会和土著民组织占50%（1000多个非政府机构会员）。该联盟动员独立的委员会为自然保护面临的紧迫挑战提供专家意见；目前有6个委员会（生态系统管理委员会，宣传和教育委员会，环境、经济和社会政策委员会，物种生存委员会，世界环境法委员会和世界保护区委员会），共有10000多名专家。世界自然保护联盟《濒危物种红色名录》始于1964年，至今仍是全球最权威的濒危物种名录（**图6.11**）。

对于经过多次全面评估的物种，利用自然保护联盟红色名录指数对灭绝风险随时间的变化进行了研究。证据表明，从1993年至2017年，所有群体个体和总体的灭绝风险均有所增加（**图6.12**）。

监测物种的丰度是对现状和趋势的补充指标。虽然缺乏世界自然保护联盟红色名录指数中许多分类群的全

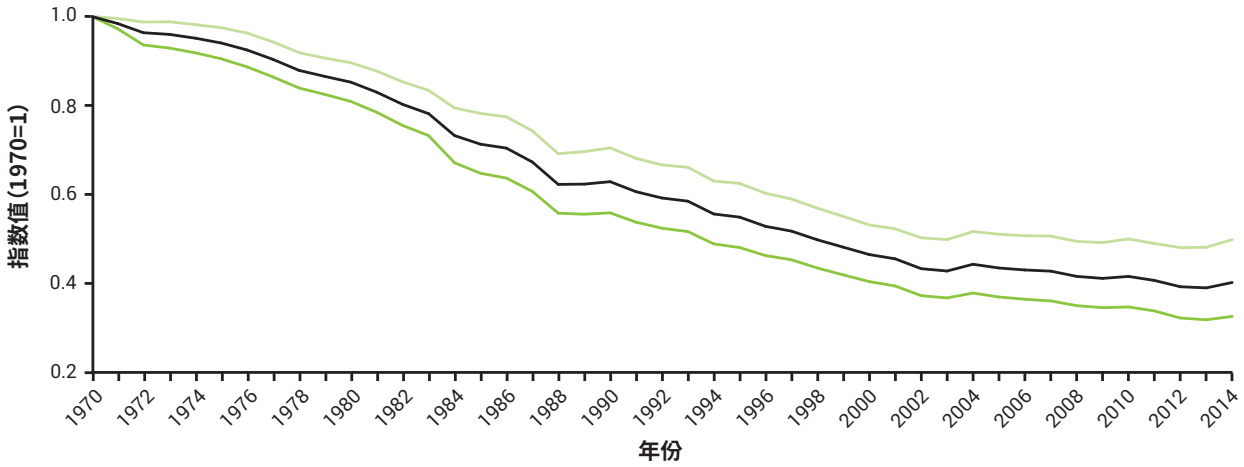
图6.12：鸟类、哺乳类、两栖类、珊瑚及苏铁的物种存活红色名录指数，以及所有物种的总指数（浅绿色）



趋势线的下降表明，随着时间的推移，更多的物种面临灭绝的风险，或者某些物种的灭绝风险水平随着时间的推移而上升。阴影表示95%的置信区间。

资料来源：世界自然保护联盟（2017a），Hoffman等人（2018年）。

6.13：全球生命行星指数



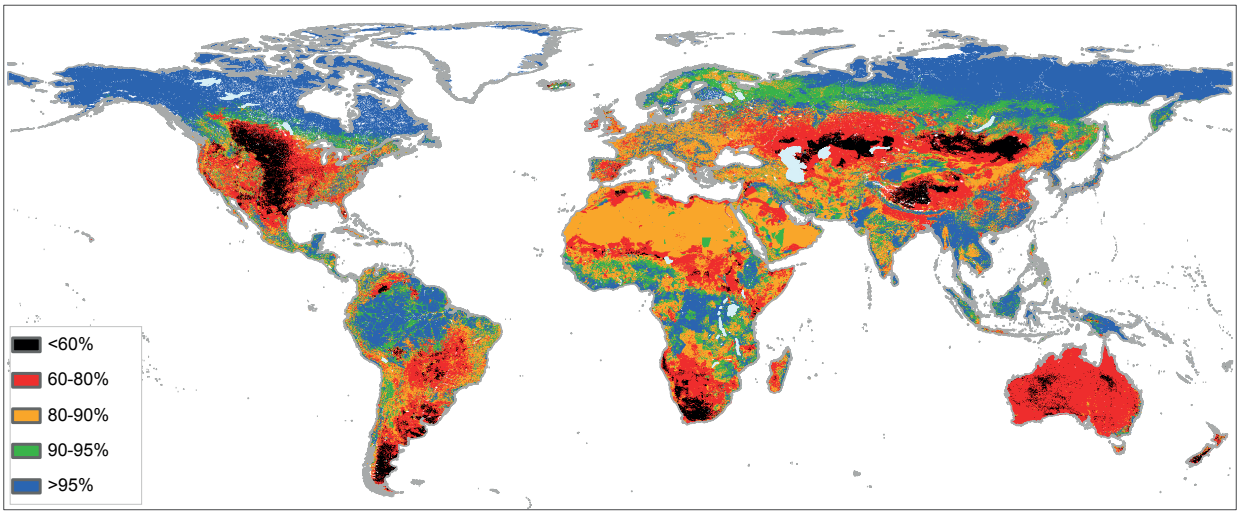
中间线显示的指数值表明，1970年至2014年期间，该指数下跌了60%，而上下线代表了围绕这一趋势的95%的置信度。这是根据陆地、淡水和海洋栖息地16704个时间序列的数据得出的4005种脊椎动物种群大小的平均变化。

资料来源：世界自然基金会（2018年）。

面覆盖，但这些指标提供了更好的时空分辨率。根据生命行星指数（**图6.13**）衡量的全球脊椎动物物种种群数量趋势显示，1970年至2014年间平均下降了60%（McRae、Deinet和Freeman，2017年；世界自然基金会，2018年）。在全球范围内，尽管生物多样性的完整性在空间上各不相同（Newbold等人，2015年；Newbold等人，2016年；**图 6.14**），动植物物种种群趋势的数据稀少，但在没有人为土地利用变化的情况下（Newbold等人，2016年），据估计当地陆地物种的平均丰度已降至模型丰度的85%。

无脊椎动物的趋势很可能与脊椎动物中观察到的趋势相呼应。对452种无脊椎动物物种进行全球指数抽样后发现，40年来，无脊椎动物的丰度平均下降45%（Dirzo等人，2014年），最近在德国保护区发现无脊椎动物生物量下降幅度超过75%（Hallmann等人，2017年），在西欧其他地区（Vogel，2017年）和中欧也有类似发现（Hussain等人，2017年；Hussain等人，2018年）。蚜虫是重要的传粉媒介，观察到的下降尤为明显（Vogel，2017年）。其他地方也记录了传粉者数量的下降，例如北美的大黄蜂（Bartomeus 等人，2013年）。

图6.14：陆地生物多样性完整指数



完整度值是在不受干扰的栖息地中物种的平均丰度占模拟丰度的百分比。

资料来源：Newbold等人（2016年）。

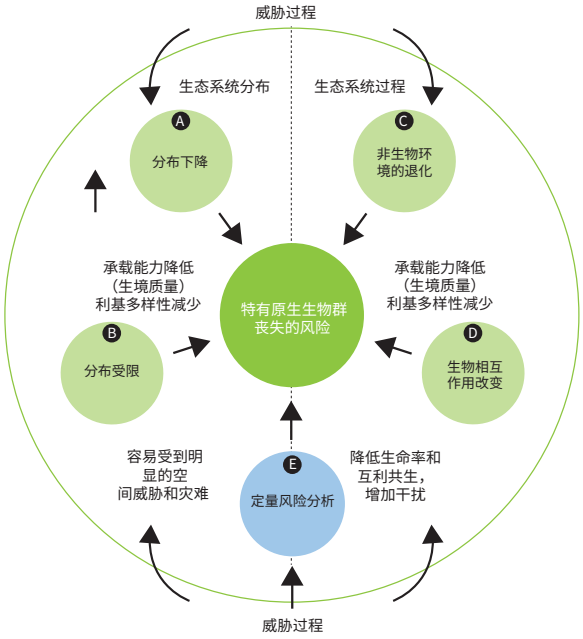
生命行星指数(**图6.13**)和生物多样性完整指数(**图6.14**)均表明,由于人为土地利用方式的变化,陆生物种的丰度有所下降,且44年来种群数量的下降趋势没有放缓的迹象(McRae、Deinet和Freeman,2017年;世界自然基金会,2018年)。从生物多样性完整性指数可以看出,陆地的行星边界已经被跨越(根据生物多样性完整性减少了10%);由此推断,生态系统功能可能受到了损害(Newbold等人,2016年)。

6.5.3 全球生态系统状况和趋势

迫切需要扩大生态系统评估。世界自然保护联盟已经开始发布《生态系统红色名录》,以补充其基于全球物种的评估(Keith等人,2015年)。一些生态系统已经进行了全球和区域评估。咸海生态系统被评估为"崩溃"(**图6.15**)(Sehring和Diebold,2012年;Keith等人,2013年),其他生态系统,如澳大利亚豪勋爵岛上粗糙的苔藓云雾森林,塞内加尔和毛里塔尼亚共有的塞内加尔河漫滩Gonakier,都被列为"极度濒危"(见《生态系统红色名录》;世界自然保护联盟,2017 b)。

如果崩溃生态系统的所有组成部分仍然存在于其他生态系统中,那么崩溃可能是可逆的(Rodriguez等人,2015年)。然而,向其他稳定状态的转变(如珊瑚礁系统中记录的那样,从珊瑚为主转变为藻类为主,并伴有人类诱导的富营养化)是无法简单逆转的(Hughes等人,2017年)。

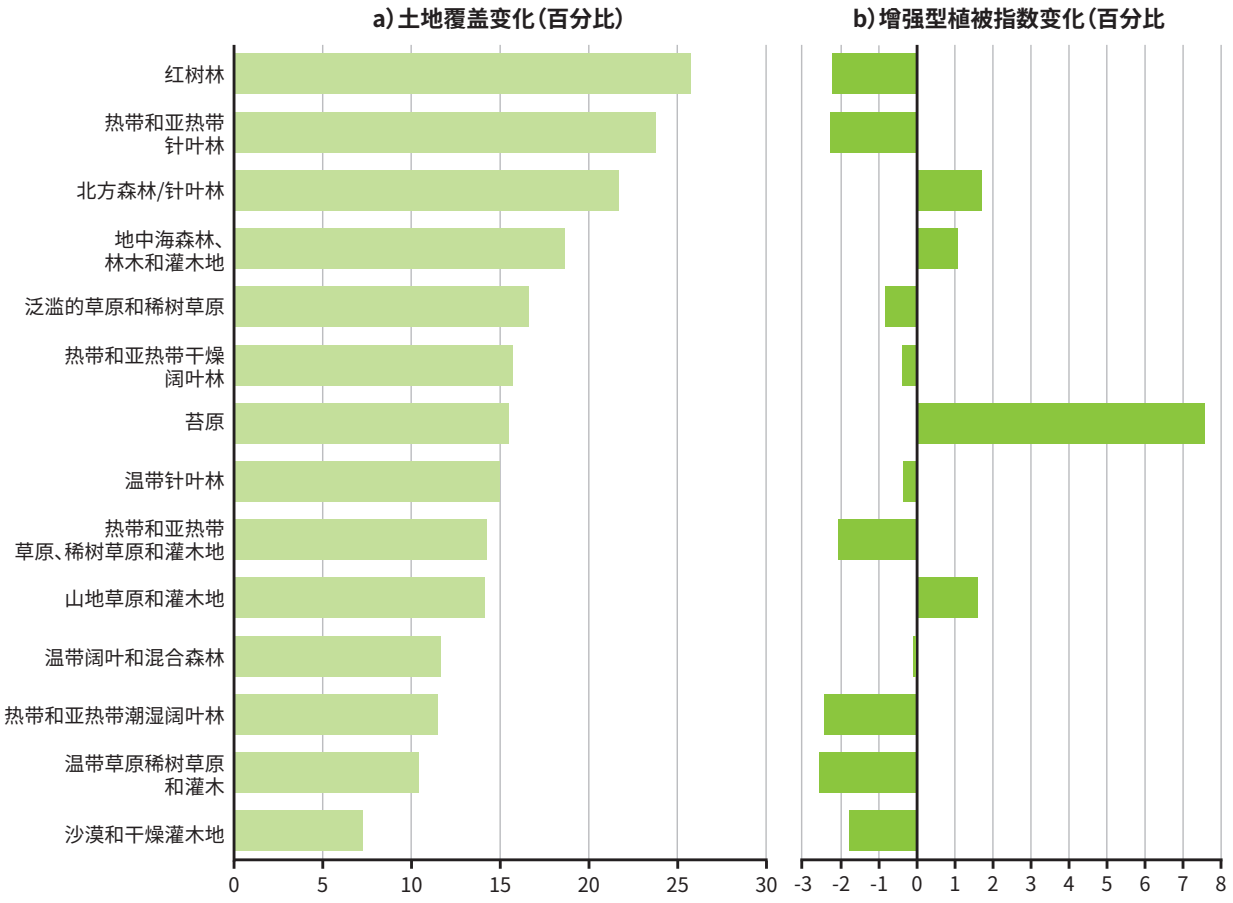
图6.15:生态系统崩溃的机制以及崩溃风险的症状



资料来源:Keith等人(2013年)

© Shutterstock/JWaree

图6.16：基于卫星图像的各生境类型平均百分比变化：(a) 2001年至2012年期间原始土地覆盖类型的变化；(b) 2000-2004年以及2009-2013年以增强型植被指数衡量的植被生产力



资料来源：英国皇家植物园——邱园（2016年）。

大尺度的陆地生境类型信息是可以大量获取的，据此估计，在2000年至2013年期间，每14个生境中就有10个植被生产力下降，有4个生产力有所提高（**图6.16**），人为因素被视为这些趋势背后的驱动因素（英国皇家植物园——邱园，2016年）。在更精细的尺度上，24%的陆地生态区被归类为“自然濒危”（Dinerstein等人，2017年）。

人们对陆地物种和生态系统的了解要比对水生物种的了解得更多。然而，1970年至2008年间，全球自然湿地面积平均下降约30%（Dixon等人，2016年），变化范围从欧洲的50%到大洋洲的17%不等。虽然人类活动对海洋生态系统的空间影响程度已经得到了估计（Jones等人，2018年），但对它们目前的状况知之甚少。然而，人们认为压力对海洋环境的影响正在增加，海洋野生动物的丧失（McCauley等人，2015年）和珊瑚礁目前的临界状态（Hughes等人，2017年）就证明了这一点。深海生态系统可能是研究最少的生态系统之一，据估计特别容易受到生境丧失和气候变化的影响（Barbier等人，2014年）。

虽然生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台将于2019年发布一份关于生物多样性和生态系统服务的全球评估，但仍未全面评估明显支撑自然对人类贡献的生物多样性的状况。然而，由于观察到了野生动植物的减少和生物多样性面临的持续威胁，人们认为许多此类生态系统过程也受到了威胁（Cardinale 等人，2012年；Mace、Norris和Fitter，2012年）。用作食物和/或药物的哺乳类和鸟类比不用作食物和/或药物的物种灭绝危险更大；对两栖类动物的相同评估发现了相反的结果（Almond等人，2013年）。物种的价值得以被认知可能会给生物多样性保护带来额外的压力：记录在案的28187种药用植物中，有1280种受到国际贸易管制，以减少过度开发带来的威胁（英国皇家植物园——邱园，2017年）。

6.6 对世界生物群系的影响

生物群系是指在一个大的地理区域内，适应特定气候或环境条件的主要生态群落。在生物群系中，可能会存在多个生态系统。本节研究八个广义的生物群系，涵盖了地球上大部分的生物多样性。

6.6.1 海洋和海岸

远洋生物多样性面临的主要压力是过度开发、陆源污染和气候变化；沿海生态系统还面临着与生境破坏、水产养殖和入侵物种有关的额外压力（见第7.2节）。虽然数据有限，但这些压力影响着从种群数量到生态系统的海洋生物多样性状况。

沿海系统尤其脆弱；例如，自1980年以来，红树林面积减少了20%至35%（Innis和Simcock编辑，2016年），目前海草栖息地的年破坏率约为8%（Innis和Simcock编辑，2016年）。珊瑚礁是生物多样性最强的海洋生态系统之一，但它们也是最脆弱的海洋生态系统之一（见第7.3.1节）。

海洋生态系统和生物多样性健康状况的下降正日益影响着人类（世界自然基金会，2015年）。海洋捕捞渔业提供健康的食物，支持人们的生计（见第7.3.2节）。然而，过度捕捞正导致海洋渔业种群数量下降，以生物上不可持续的水平捕捞的全球种群比例，从1975年的10%增加到2015年的33%，其中20世纪70年代末和20世纪80年代增幅最大（联合国粮食及农业组织，2018b；**图6.17**）。2015年，地中海、黑海、太平洋西南部和西南大西洋50%以上的种群捕捞量在生物上是不可持续的（联合国粮食及农业组织，2018b）。

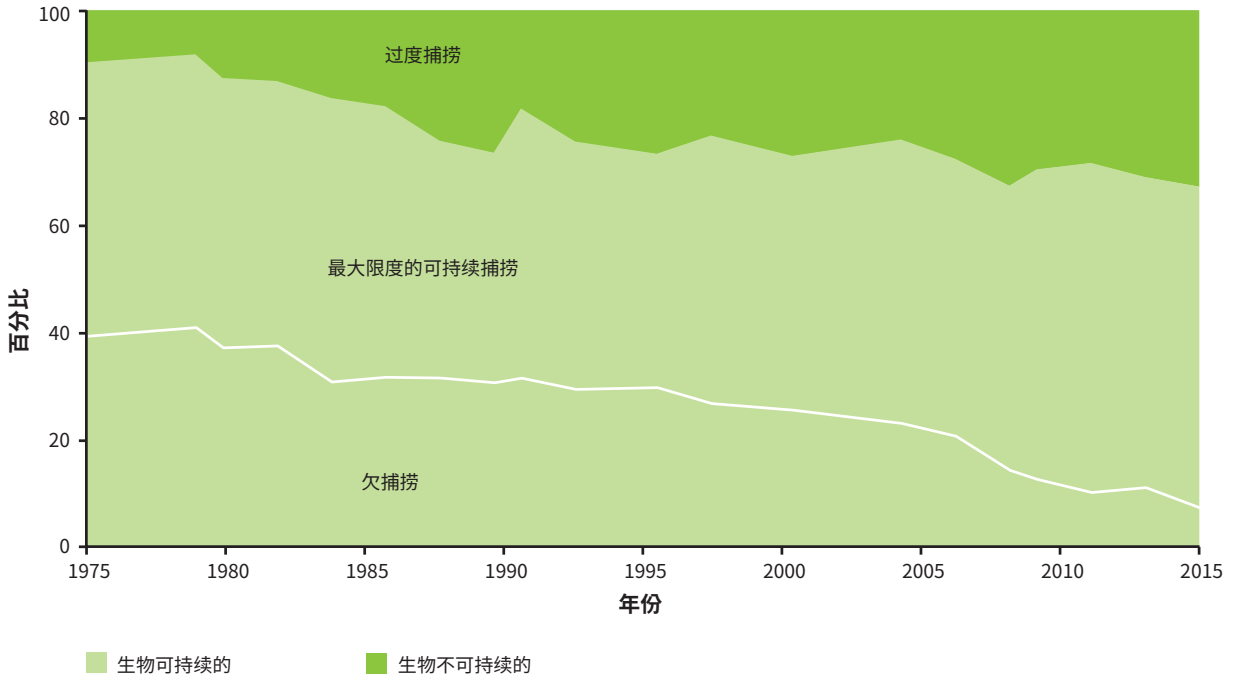
尽管某些海鸟种群通过捕食垃圾而增加，但目标物种的开发还伴随有副渔获物对生物多样性的负面影响，以及拖网对底栖环境的损害（Foster、Swann和Furness，2017年）。水产养殖的兴起可以减轻某些野生物种面临的开发压力，但也可能导致外来物种入侵、种间繁殖、富营养化和疾病扩散（Ottinger、Clauss和Kuenzer，2016年）（见7.4.3节）。

包括海洋塑料垃圾和微塑料在内的污染（**见专栏6.2**）以及栖息地的丧失和退化导致自然系统的贡献进一步减少，例如育苗场或红树林木材的供应减少（Nordlund等人，2016年；Quinn等人，2017年），以及因减少沿海保护而增加了对极端事件的脆弱性（**见专栏6 .3**）。

6.6.2 淡水

淡水系统面临着各种各样的压力，包括土地利用变化、生境丧失、物种入侵、为发展水力发电而使用水道以及造成广泛、重大影响的污染（见第9.2节）。湿地的减少持续已久且范围广泛，淡水物种（特别是热带生态系统的淡水物种）下降的速度比其他任何生物群都要快（见第6.4.1节）。

图6.17：1975-2015年世界海洋资源状况的全球趋势



资料来源：联合国粮食及农业组织（2018b）。

在过去42年里，受监测的淡水脊椎动物物种数量平均下降了81%（世界自然基金会，2016年）。对全球淡水动物灭绝风险的评估报告表明，在评估的六组动物中，爬行动物的估计风险最高（**图6.18**）。世界自然保护联盟《红色名录》上的7000多种淡水无脊椎动物物种中，约有三分之一被认为受到了威胁，其中腹足动物是受威胁最严重的物种（Collen等人，2012年）。这些物种共同为人类提供了广泛的关键服务，如防洪、食品、水过滤和碳封存（Collen等人，2014年）。

工业时代的农业导致陆地、淡水和近岸海洋生态系统受到氮磷驱动的富营养化，农药的使用可进一步使淡水生态系统退化（Malaj等人，2014年；Mekonnen和Hoekstra，2015年）。预计到2050年，全球大量有害藻类繁殖的湖泊数量将至少增加20%（联合国教科文组织，2014年）。蓝藻藻类大量繁殖会导致娱乐价值降低、审美价值降低、溶解氧浓度降低、饮用水质量下降和毒素的产生，这些都会影响野生动植物和人类健康（Brooks等人，2016年）。

6.6.3 草原

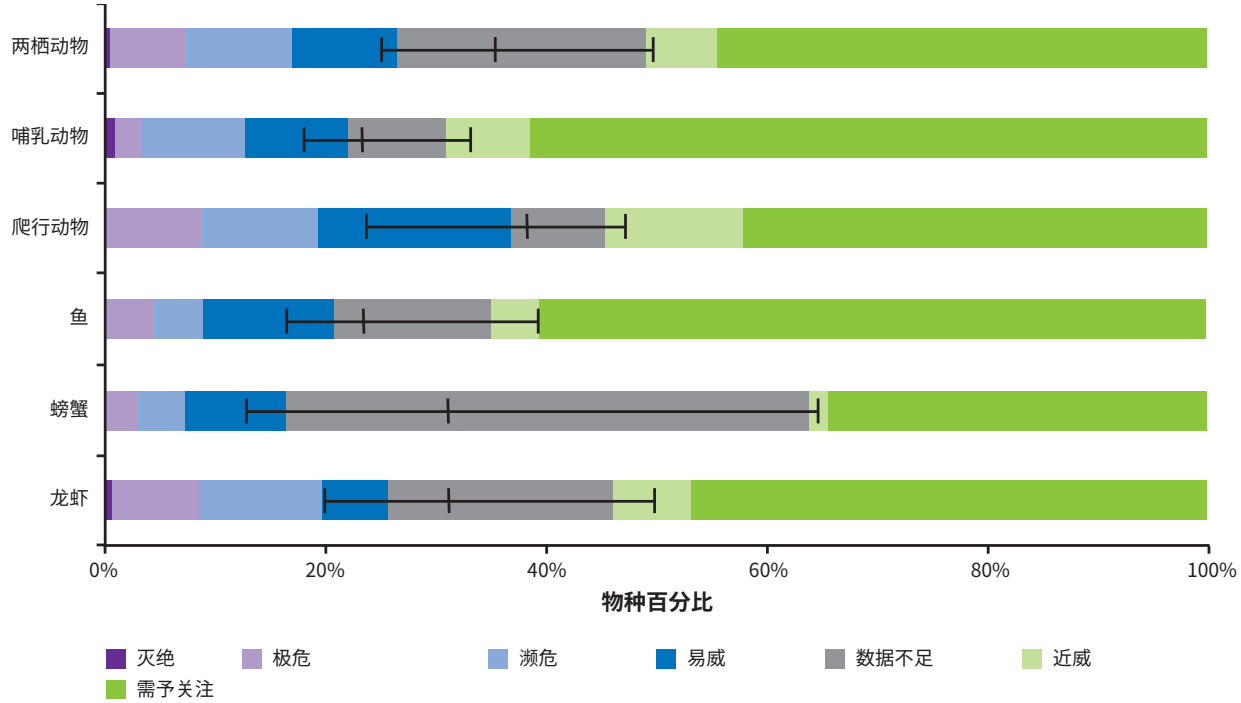
草原面积约占陆地总面积的8%，曾是地球上一些最大的野生动植物群落的栖息地（世界自然保护联盟，2017c）。现在，它被认为是世界上变化最大的陆地生态系统，也是大陆上 数量最多最濒危的生态系统，面临着包括土地利用变化、过度放牧、破碎化、物种入侵、抑制自然火灾、气候变化和植树造林等多种压力（世界自然保护联盟，2017c）。

虽然草原植物多样性较高，但农业扩张正导致其生境破坏和破碎化；例如，大豆生产已经导致南美塞拉多（cerrado，一个林地稀树草原生态系统）大部分天然牧场上的传统牲畜无法生存（Aide 等人，2013年）。巴西塞拉多（Cerrado）拥有全球约五分之一的生物多样性，已经失去了原有范围的近50%（巴西，Ministério de Meio Ambiente，2015年）。温度升高与非洲（Midgley和Bond，2015年；Engelbrecht和Engelbrecht，2016年）、南美以及澳大利亚（程度较轻）的森林侵占和荒漠化有关（Stevens等人，2017年）。

据估计，49%的草原生态系统在10年间（2000-2010年）经历了退化，其中近5%经历了强烈到极端的退化（Gang等人，2014年），大大降低了这些生态系统支持生物多样性的能力。目前，全球4.5%的草原处于保护状态（世界自然保护联盟，2017c）。

草地生物多样性与经常用作当地居民的动物饲料、农产品和纺织原料的生物量之间的密切关系表明，生物多样性的减少将对小规模的经济生产力和生计产生负面影响。

图6.18：全球淡水动物灭绝风险（按分类群划分）



注：中心垂直线代表对濒临灭绝物种比例的最佳估计，而须线显示置信度极限。鱼类和爬行动物的数据是各自组的样本；所有其他数据都是对所有物种的综合评估（n = 568只小龙虾，1191只螃蟹，630条鱼，57只爬行动物，490只哺乳动物和4147只两栖动物）。

资料来源：Collen等人（2014年）。

专栏6.5：农业生物多样性和性别

在许多社会中，传统上妇女最了解周围的植物、动物和生态过程。使用杂交种子品种（最近几十年已经广泛转向使用这种品种）可以不用妇女收集种子，破坏她们作为种子收集者的地位以及粮食安全，在发展中国家尤为如此（Bhutani，2013年）。因此，由工业化农业驱动的生物多样性损失，对妇女产生了具体影响，包括与种子、食品加工和烹饪有关的知识的丧失（可持续食物系统国际专家小组，2016年）。近年来，一些地区重建了保存当地种子的社区种子库，包括当地种子交换，通常由妇女管理，旨在提高种子质量的参与性育种计划，进一步提高妇女在农业中的地位（Galiè等，2017年）。

6.6.4 农业景观

从大约8000年前开始，农业扩张和集约化导致许多生物群系的生物多样性丧失（《联合国防治荒漠化公约》，2017年）。全球需求和供应链将生产集中在“粮仓”地区（Khoury等人，2014年），在这些地区，景观变化减少且破坏了自然栖息地，提高产量的投入（肥料和病虫害防治）可以影响非作物地区、水道和空气质量。近几十年来，随着油籽产量（尤其是大豆和油棕）的增加，热带地区的土地利用发生了显著的变化，而这些变化的大部分是以高生物多样性的生物群系为代价的（Foley 等人，2011年）。保护区内外动物种群的急剧下降（Keesing和Young，2014年）与捕食者袭击牲畜的风险增加有关（Zheng和Cao，2015年；Malhi等人，2016年），对农业生计产生了负面影响。耕作、作物组合以及肥料和杀虫剂的施用等农业做法，也对地下生物多样性产生影响（联合国粮食及农业组织和农业生物多样性研究平台，2011年，第 ix页）。重要的是，农业景观有时可以在半自然生境中保留稀有物种，而放弃农业实践可能导致生物多样性下降（Plieninger 等人，2014年）。

农业生态系统多样性的丧失增加了它的脆弱性，从而降低了许多生产系统的可持续性。减少监管和支持服务，会导致更多的化学品使用，可能会产生有害的反馈循环（世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处，2015年，第5页）。证据表明，同质景观的农民比异质景观的农民收入更高（Watts和Williamson，2015年），但他们对诸如气候变化等压力的抵御能力通常较低，收入变化更大（Abson、Fraser和Benton，2013年）。此外，作物生产的同质化对健康也有影响，会导致饮食的同质化，并增加与肥胖和加工食品消费有关的非传染性疾病（Khoury等人，2014年）。相反，在市场参与有限的小农户中，生产多样性与饮食和营养多样性密切相关（Sibhatu、Krishna和Qaim，2015年），当地农民对种子品种的了解通常由女性掌握（**见专栏6 .5**）。

在某些情况下，集约化农业也可增加传染病的患病率（Cable等人，2017年）。例如，南美的油棕种植园似乎增加了查加斯病的风险（Rendon等人，2015年），印度尼西亚加里曼丹为了种植油棕而烧毁森林，这可能是导致携带尼帕病毒的蝙蝠迁徙的原因之一（Pulliam等人，2011年）。

农业景观中的生物多样性是粮食和营养安全的关键（**见专栏6.6**）。约10万种昆虫、鸟类和哺乳动物的授粉占全球农作物产量的35%（《生物多样性公约》秘书处，2013年；生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年），高达15%的经济价值来源于经济作物（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年，第209页）。在传粉者多样性下降的地方，当地的产量正在下降（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年，第154、185-186页）。在几百米的农场内保持残存斑块有助于支持传粉者的数量和增加作物产量（Pywell等人，2015年；生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年，第394页）。

专栏6.6：传统做法和知识在保护授粉者中的重要性

在寻找解决动物传粉媒介（鸟类、蝙蝠、大黄蜂和蚜虫等野生物种以及蜜蜂等受管物种）数量下降的解决方案方面，土著和地方知识已被公认为是重要的专业知识来源（Lyver等，2015年；生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年，第xxii页）。2013年建立了土著传粉媒介网络，以将土著民的传统知识与现代科学相结合，从而保护传粉媒介及其重要服务（农业生物多样性研究平台，2013年）。除了保护传粉者，传统的养蜂方法可能对生物多样性有更广泛的益处，例如面对气候变化加强流域保护（Kumsa和Gorfu，2014年）和森林保护方面（Wiersum、Humphries和van Bommel，2013年）。

埃塞俄比亚是非洲最大的蜂蜜和蜂蜡生产国（Begna，2015年）。这些产品用于制作蜡烛和泰吉（Tej）或蜂蜜酒（文化生活中的重要饮料），来自贝尔山区的白蜂蜜用于医药（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年，第312-314页）。妇女通常通过生产蜂蜜产品而不是养蜂来为这一价值链做出贡献。但是，养蜂业有潜力为埃塞俄比亚农村地区的妇女提供创收和赋权（Ejigu、Adgaba和Bekele，2008年；Serda等，2015年）。

6.6.5 旱地

尽管旱地的多样性不如其他生态系统，但它们含有数千种非常适应旱地环境的物种，在保护工作中却经常被忽视。干旱和半干旱牧场生态系统具有季节性极端气候和不可预测的降雨模式，但旱地物种通过迅速从干旱、火灾和食草动物带来的压力中恢复出来，已发展成为具有高度复原能力的物种。沙漠化（也称为旱区土地退化）是一种世界性的现象（见第8.4.2节）。

旱地退化有许多原因，其中包括人类冲突。由于两伊战争，大量的废物、垃圾和有毒物质在沙漠生态系统中被倾倒和焚烧（联合国环境规划署，2016f）。尽管人为原因和自然原因的程度通常难以分清，干旱、过度放牧、过度使用地下水和不可持续的农业实践，给这个生物群系带来了额外的压力（O' Connor和Ford，2014年；南部非洲发展共同体，2014年）。

半干旱和干旱景观的退化降低了淡水供应和粮食生产的能力，降低了野生粮食的可获得性，并对具有象征意义的物种和遗传资源构成威胁（Low编辑，2013年）。荒漠化对土壤健康和植被具有破坏性影响，导致不良影响贯穿整个食物链（Assan、Caminade和Obeng，2009年）。盐碱化是干旱和半干旱地区的一个主要问题，主要是由于灌溉系统不可持续、灌溉地区排水不畅和灌溉水质量差（见9.5.6节）。咸海几乎完全干枯，导致咸海沙漠（Aral Kum）的形成，致使沿岸森林、牧场和其他植被的退化（Kulmatov，2008年）。

6.6.6 森林

森林为大量动植物物种提供栖息地，森林砍伐是物种多样性面临的最大威胁之一（联合国粮食及农业组织，2015b；Alroy，2017年）。许多地区森林砍伐和森林退化仍在继续，这往往是由于对生物质的需求以及森林部门以外的驱动力，例如城市扩张和农业、能源、采矿和交通运输的发展（见第8.4.2节）。最近的估计显示，所有森林类型的树木覆盖率损失都很高，但不同地区的情况有所不同（Leadley等人，2014年）。树木的覆盖密度既与损失有关，又与收益有关，但是在热带和北方森林中损失尤为严重。2000-2012年期间，热带雨林占全球树木覆盖率损失的32%，其中一半发生在南美（Hansen等人，2013年）。在某些地区，特别是在温带地区，森林收益的速度接近或超过树木覆盖率的丧失，这反映了以森林为主的土地管理。

研究表明，生物多样性更强的森林有助于提供更广泛的生态系统服务（Gamfeldt 等人，2013年）。森林提供基本的调节服务（包括碳封存），对于调节气候以及保护土壤和水非常重要（Foley等人，2007年；Brockerhoff等人，2017年）。然而，随着森林砍伐和森林退化的加剧，森林生态系统可以从净碳汇转变为碳源（Baccini等人，2017年）。

以粮食、林产品、就业以及对生计和收入的直接或间接贡献的形式从森林中受益的人口，总数估计在10亿至15亿之间（Agrawal 等人，2013年）。在非洲，大约80%的人依靠薪柴（包括木炭）作为他们的唯一能源（联合国环境规划署，2016a，第76页）。2015年，全球林产品出口额为2260亿美元，其中木材燃料占900万立方米，工业原木占1.22亿立方米（联合国粮食及农业组织，2015b）。包括野生植物资源在内的非木材林产品，对当地经济的贡献通常较小，但具有很高的全球市场价值。据估计，森林对发展中国家经济的贡献超过2500亿美元（Agrawal等人，2013年）。只有对森林进行可持续管理，才能维持这些经济利益（联合国粮食及农业组织，2015a）。

尽管森林砍伐可带来短期就业机会，但森林的丧失会转化为生计的丧失：正规森林部门的就业人数超过1300万人，而非正式中小型森林部门的就业人数可能达到4000万至6000万人（Agrawal等人，2013年；联合国粮食及农业组织，2018c）。有充分记录的森林资源获取方面的性别差距表明，管理不善或森林生态系统的丧失，可能对女性和男性产生不同的影响（世界自然基金会，2013年；Djoudi等人，2015年）。

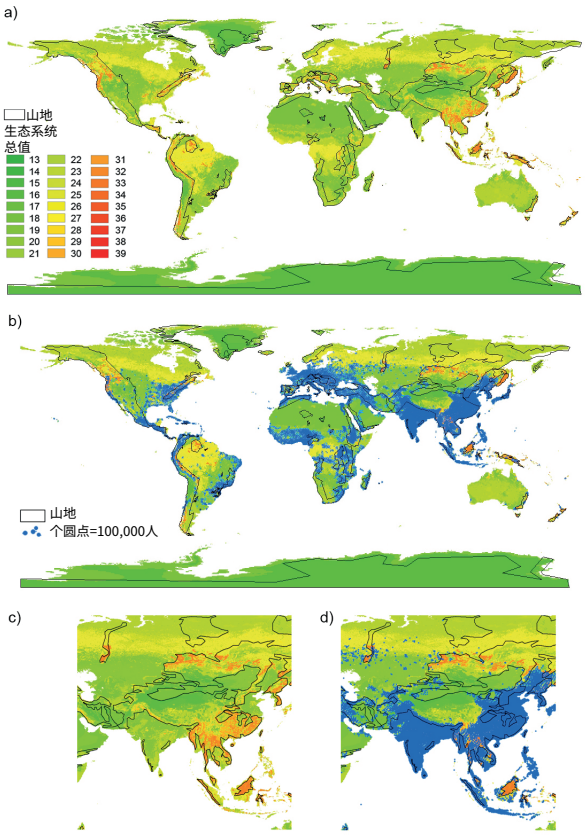
森林砍伐对健康产生复杂的直接影响：有证据表明，森林可以促进身心健康（Oh等人，2017年），而森林砍伐可能会增加对包括疟疾在内的传染病（Guerra、Snow和Hay，2006年；Fornace等人，2016年）和其他媒介传播寄生虫的暴露（Plowright等人，2015年；Hunt等人，2017年；Olivero等人，2017年）。

6.6.7 山

山脉覆盖了地球约22%的陆地空间，并提供多种生态系统服务。在较低的海拔地区，山地生境（尤其是热带地区的生境）往往比邻近的低地更具有生物多样性和特有性。然而，生境退化和破碎化已经影响了许多山地生态系统（Shrestha、Gautam和Bawa，2012年；Chettri，2015年；Venter等人，2016年）（见第4.3.2节）。

山地生态系统尤其容易受气候变化的影响：影响包括物种的分布范围和组成的变化，尤其对那些分布可能受到限制，或者限制在高海拔地区的生物能产生显著影响，海拔梯度上边缘的物种可能会在当地灭绝。（Pauli 等人，2012年；Khan等人，2013年；Grytnes等人，2014年；Knapp等人，2017年）。气候引起的变暖可改变生态系统功能，提早春季物候，提高生产力和碳吸收（Piao 等人，2012年；Shen等人，2016年）。局部压力包括道路建设、森林砍伐、采矿、旅游业、家畜放牧、焚烧和武装冲突（见Epple和Dunning，2014年；Young，2014年）。

图6.19：山地提供生态系统服务的能力



该地图显示了土地提供生态系统服务的代理能力，衡量了15项选定的生态系统服务在多大程度上受到潜在土地基本特征的支持：(a) 全球分析；(b) 人口密度数据突出显示了生态系统服务需求高的区域；(c) 和 (d) 喜玛拉雅山生态系统服务的高供应和高需求。

资料来源：Grêt-Regamey、Brunner和Kienast (2012年)。

现在包括热带安第斯山脉和中亚山区生物多样性热点地区在内的大多数山区，都面临着巨大的人类压力。据记载，喜马拉雅山脉有大约19000种物种 (Khan等人，2013年)，极易受到气候变化影响 (Shrestha、Gautam和Bawa，2012年)。

在欧洲，气候变暖已促使许多物种向更高纬度上生长，导致当地寒带和温带山顶物种多样性增加；但是，地中海山脉却受到了相反的影响，那里已经失去了一些物种 (Pauli等人，2012年)。在一些地区，山区农业用地的废弃也导致了生物多样性的减少，尤其是鸟类种群 (Hussain等人，2018年)。

生物多样性的丧失降低了大自然对山区和低地居民的贡献 (**图6.19**) (Grêt-Regamey、Brunner和Kienast，2012年)。山地生态系统的退化将导致空气质量和气候调节的变化，如温室气体封存的减少 (Ward等人，2014年)。当地社区面临的威胁包括粮食安全、药用植物、水供应的丧失，以及与山体滑坡、河流淤积和洪水相关的风险的增加，这些风险改变了他们的生计和土地覆盖 (Eriksson等人，2009年；Khan等人，2013年；Young，2014年)。少数山区仍然保持着物种的传统利用方式 (如安第斯山脉、喜马拉雅山脉)，而阿尔卑斯山脉的民族植物学知识，由于土地利用模式的变化而丧失 (Khan等人，2013年)。冰川消融影响水安全，南亚国家的一些人口依赖于从喜马拉雅山脉西部以及中部和东部流出的河流 (Khan等人，2013年；见专栏6.7)。土地利用变化的经济代价也可能很高；例如，据报道，在尼泊尔用农作物取代山地森林之后，基于自然的娱乐活动带来的经济效益减少了75% (Thapa等人，2016年)。

6.6.8 极地地区

北极和南极地区的生物多样性面临着特别的压力 (Bennett 等人，2015年) (见4.3.2节)。许多本土物种正在减少；主要压力在于气温上升和物种入侵 (特别是在亚南极和南极半岛) (Hughes、Cowan和Wilmotte，2015年；Amesbury 等人，2017年)。工业发展、污染和局部干扰带来了更大压力 (北极动植物保护工作组【CAFF】，2013年)，极地地区成为许多人为污染物的汇集地，比如持久性有机污染物 (POPs) 和其他合成有机化学品 (Alava等人，2017年)。

专栏6.7：气候变化和基于生态系统的适应需求：兴都库什喜马拉雅山

虽然气候变化可能会给山区带来一些益处 (例如较长的生长期)，但负面影响占主要部分。降水模式的变化增加 (包括季风变化和更频繁的极端降雨)，加上冰川融化，预计将增加洪水 (携带岩石、沉积物和碎片)、滑坡、火灾、土壤侵蚀以及与水有关和媒介传播疾病的扩散 (Ebi等人，2007年；Armstrong，2010年；Ahmed和Suphachalasai，2014年)。特别令人关注的是冰湖溃决洪水带来的潜在破坏性影响，自20世纪中叶以来，这种影响变得更加频繁 (Armstrong，2010年；国际山地综合发展中心，2011年)。

兴都库什喜马拉雅山脉是从尼泊尔东部和不丹一直延伸到阿富汗北部的大喜马拉雅地区，是地球上冰川和永久冻土覆盖面积最大的地区之一。该地区含有流经亚洲10条最大河流的水资源，超过13亿人以此为生，更多人从中获取水和其他资源 (Eriksson等人，2009年)。该地区被认为是一个独特的生物多样性丰富的地区，具有独特的地形特征，并面临独特的社会经济和环境挑战。气候变暖和冰川融化的加速以及对水文系统的影响，是这个独特的山地生态系统面临的最紧迫的挑战之一 (Gerlitz等人，2017年)。必须将这些宏观气候影响纳入保护该区域脆弱生物多样性的计划中。

预计在世纪之交之前，南极冰盖的预期巨大变化可能会产生相当大的全球影响（Chown等人，2017年）（见4.3.2节）。在大多数气候情况下，北极预计到2050年夏天将无冰（政府间气候变化专门委员会，2013年，第1090页），尽管多年冰的残余仍将留在加拿大和阿拉斯加海岸。海冰的消退可能会导致主要的生态变化，这些变化与以下因素有关：

a）由于更多的开阔水域和携带营养物质的更大淡水流量，初级生产力有所提高；
b）营养水平较高的物种（例如磷虾、鱼类和海洋哺乳动物）的食物来源和质量发生相当大的变化（Frey等人，2016年；Alsos等人，2016年）；
c）随着极地沿海和海冰系统春季开花时间提前，微藻生长周期延长，大量新物种涌入极地地区，生产力和食物网络关系发生变化（Potts等人，2016年）。

根据北极物种趋势指数，从1970年到1990年，北极脊椎动物的平均丰度增加，然后一直稳定到2007年（McRae等人，2012年；北极动植物保护工作组，2013年）。然而，在海冰减少的地区，一些食物资源正在流失，给海象、象牙海鸥、北极熊和巴伦支海竖琴海豹等物种带来健康风险（北极动植物保护工作组，2017年）。企鹅是南极洲受到有规律监控的物种群体之一，在过去的一个世纪里，随着马可罗尼企鹅、阿德利企鹅和帽带企鹅种群数量的下降，种群数量一直在变化（Trathan、Lynch和Fraser，2016年）。

由于生产力的提高，极地附近人口和社区的某些自然资源的可用性可能会增加（Arrigo，2014年），但是狩猎条件的变化，将对因纽特人和其他依赖海豹狩猎和以海冰为通路获得其他传统食物的人群，产生不利影响。一些负面影响已经开始显现；例如，2011年太平洋北极地区海豹和海象的大量死亡影响了美利坚合众国、加拿大和俄罗斯联邦土著社区的食物来源（北极动植物保护工作组，2017年）。永久冻土融化过程中，病原菌和病毒休眠的中断是对人类健康的直接威胁（Sutherland 等人，2018年）。

潜在新渔区的开放、石油和天然气开发，以及航运可能导致未来发生冲突，特别是在经济利用、管理、文化利益和海洋保护区方面。由于南极没有土著居民或地方社区，并且不在《生物多样性公约》的《名古屋议定书》的范围之内，因此，生物多样性给人类带来的惠益分享（包括来自生物勘探的惠益）是一项特别的挑战，《南极条约体系》并未完全解决此问题。（Chown等人，2017年）。

6.7 响应

广泛的治理方法和政策手段被用来帮助解决生物多样性丧失问题。第13章探讨了它们的有效性和具体示例。

6.7.1 《生物多样性公约》

《生物多样性公约》是近几十年来关于生物多样性的重要全球公约，它有三个核心目标：保护生物多样性，可持续地利用其组成部分，公平公正地分享利用遗传资源带来的惠益。2018年，共有196个缔约方参加确立了国际准则，为各国开展合作、共享信息、协调政策提供了平台。2010年，成员国通过了《2011-2020年生物多样性战略计划》和爱知生物多样性目标，这些目标全面而雄心勃勃，随后反映在许多联合国可持续发展目标中。对爱知生物多样性目标进展情况的中期评估结论是，尽管已经取得了进展，但仍不足以在2020年前实现这些目标（《生物多样性公约》秘书处，2014年）。

《生物多样性公约》的《卡特赫纳生物安全议定书》涉及活体转基因生物（LMOs）的国际转让，要求进口国在交换任何活体转基因生物（包括种子等转基因生物）之前事先达成“知情”协议。《〈生物多样性公约〉关于获取遗传资源和公正公平分享其利用所产生惠益的名古屋议定书》建立了获取遗传资源和分享利用遗传资源所产生惠益的框架，包括相关技术的转让，该框架的直接目的是遏制生物盗版并促进未来生物勘探协议的公平性。截至2018年5月，已有105个国家批准了该议定书。《生物多样性公约》秘书处在提高认识、组织区域研讨会和其他能力建设活动方面发挥着关键作用。

《生物多样性公约》缔约方的一项重要强制性要求是承诺制定具有具体目标的《国家生物多样性战略和行动计划》（见第13.1章）。全球环境基金通过其扶持活动窗口，为符合条件的缔约方提供支持，这些缔约方着重根据《生物多样性公约2011-2020年生物多样性战略计划》和爱知生物多样性目标修订/更新其《生物多样性战略规划》。这种支持是通过联合国开发计划署和联合国环境规划署作为主要执行机构提供的（Pisupati和Prip，2015年）。《生物多样性公约》还支持制定地方的生物多样性战略和行动计划以及区域（超国家）计划，并与其他具有生物多样性相关任务授权的关键多边环境协定进行合作，例如《濒危野生动植物种国际贸易公约》见**专栏6.8**和附件6-1）。

专栏6.8：国际野生动植物贸易和《濒危野生动植物种国际贸易公约》（CITES）

《濒危野生动植物种国际贸易公约》于1975年生效，到2018年已有183个缔约方。动植物的国际贸易价值数十亿美元，包括数亿个物种和物种的组成部分，其中有食品、艺术装饰品和许多传统药物（Broad、Mulliken和Roe，2003年；Rosen和Smith，2010年）。今天，该协议为超过35000种动植物赋予了不同程度的保护（CITES，2018年）。

《公约》所附的三个附录中列出了《濒危野生动植物种国际贸易公约》的物种：附录一提供了最高程度的保护，有效地禁止了该物种野生活体或死亡标本的所有商业贸易；附录二中的标本贸易受到严格监管；附录三表明，一国已单方面要求其他缔约方在其管辖范围内的管制下控制该物种的贸易。

《濒危野生动植物种国际贸易公约》的议程雄心勃勃，而公约本身无法执行：缔约国必须根据国内法执行公约的规定。这是一项艰巨的任务，需要大量的教育和执法资源，可能会出现腐败问题（Bennett，2015年）。

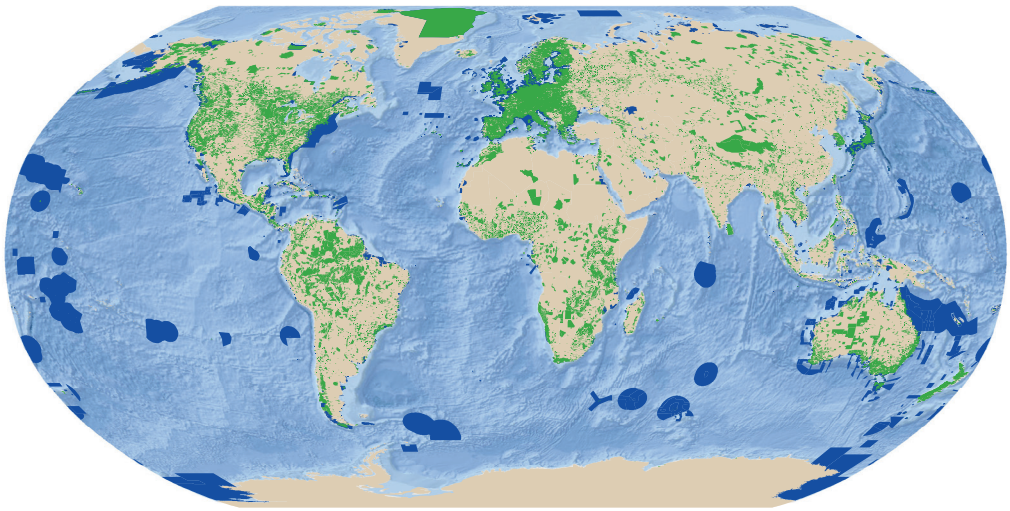
6.7.2 生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台

2012年，生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台正式成立，其使命是“加强科学与政策之间在生物多样性和生态系统服务/自然界对人类贡献等方面的联系，实现生物多样性的保护和可持续利用以及长期的人类福祉和可持续发展”。生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台由联合国环境规划署、联合国教科文组织、联合国粮食及农业组织和联合国开发计划署四个联合国机构主办，并由联合国环境规划署管理。截至2018年6月，该组织的成员包括130个政府和一些主要利益相关方团体。

6.7.3 保护区

保护区已经成功地减少了栖息地的丧失（爱知生物多样性目标5），并帮助降低了一些目标物种的灭绝风险（爱知生物多样性目标12）（联合国环境规划署—世界保护监测中心和世界自然保护联盟，2018年）。然而，尽管有明确的证据表明，在保护方面的投资可以减少生物多样性的损失（Geldmann等人，2013年；Waldron等人，2017年），但不到世界15%的陆地和内陆水域、不到11%的在国家管辖范围内的沿海和海洋地区，以及不到4%的全球海洋被保护区覆盖（**图6.20**）（联合国环境规划署—世界保护监测

图6.20：世界保护区域



资料来源：联合国环境规划署- 世界保护监测中心和世界自然保护联盟（2018年）。

专栏6.9：生物多样性保护和贫困

越来越多的人认为，生物多样性丧失和贫困是密切相关的问题，尽管寻求解决其中一个问题并不能自动解决另一个问题（《生物多样性公约》秘书处，2010年；Suich、Howe和Mace，2015年）。确实，一些保护特定物种或自然地区的方法加剧了现有自然资源的不均衡利用，给本已脆弱的人群带来了不成比例的负担（Dowie，2009年；Sylvester、Segura和Davidson-Hunt，2016年）。代际正义也是一个重要主题，因为生物多样性的丧失将以各种方式使后代贫穷，包括降低其依靠生物多样的自然世界并与之建立联系的能力。

在成功整合社会和生态支持的计划中，生物多样性保护可能会更有效，当地居民更可能直接从保护中受益（Figurel、Durán和Bray，2011年；Persha、Agrawal和Chhatre，2011年；Fischer 等人，2017年）。

中心和世界自然保护联盟，2018年；Sala等人，2018年）。此外，保护区边界内三分之一的土地已经因人为影响而退化（Jones等人，2018年）。

保护区在提供生物多样性利益的同时，由于自然资源的获取减少或缺乏对文化、社会、金融、自然、人力、物质和政治资本资产发展的支持，可能对当地社区的生计产生潜在的负面影响（Bennett和Dearden，2014年）。这可能导致管理不力、公平问题、缺乏问责制或冲突（Halpern等人，2014年；Watson等人，2014年；Di Minin和Toivonen，2015年；Eklund和Cabeza，2017年；**见专栏6.9**）。事实证明，土著和地方社区积极参与决策过程在解决这些不平衡方面非常有效（见**专栏6 .10**）。对森林砍伐率的分析表明，与严格保护的地区相比，社区管理的森林砍伐率可能要低得多（Porter-Bolland等人，2012年）。事实证明，发展一种更加包容和一体化的办法，将社区与国家、地区和省级政府联系起来，可非常有效的实现可持续发展（见第13.2.1节，斐济的“本地管理的海洋区域”案例研究）。土著和地方社区的贡献和集体行动越来越有可能扩大规模，可为国家和国际惯例提供信息，并提供一种实用的治理方法，以替代自上而下的政策制定。

6.7.4 其他方法

现在已经发展出许多其他方法来应对生物多样性的丧失和相关驱动因素。生物多样性补偿可以创造生物多样性利益以弥补损失（Gordon等人，2015年；Apostolopoulou和Adams，2017年）。颇有争议的是，过去十年来，许多国家基于自然货币化（Adams，2014年；Costanza 等人，2017年）制定了补偿计划。货币估值可作为支持政策的有用工具（如对公共政策和投资的社会经济评估）以及经济激励措施（如为生态系统服务、许可和税收计划付款）（Bateman等人，2013年；Gaworecki，2017年）。

另一个经济工具是2012年开发的联合国环境经济核算体系（实验生态系统核算）。现在已有生态系统核算的例子（例如澳大利亚的维多利亚、乌干达和大不列颠及北爱尔兰联合王国；Eigenraam、Chua和Hasker，2013年；联合国环境规划署—世界保护监测中心和环境经济核算发展研究所【IDEEA】，2017年；英国国家统计局，2018年），此外，鼓励其在规划中使用的举措已经启动（见https://www.wavespartnership.org和https://naturalcapitalcoalition.org/）。

为解决发展中国家的森林砍伐和森林退化问题所作的努力，最终促成了《联合国气候变化框架公约》下的一项国际协议，该协议旨在为实施与减少森林砍伐和森林退化排放（REDD）有关的活动，提供方法上的指导，指导发展中国家森林的保护和可持续管理以及增加森林碳储量，该协议被称为REDD +（《联合国气候变化框架公约》，2018年）。森林认证（例如由森林管理委员会（https://www.fsc.org/）和森林认证认可计划（https://www.pefc.org/）推动的认证，为消费者提供了更大的信息流，不仅包括伐木和采伐，还包括工人和当地社区的社会和经济福祉（例如

专栏6.10：南非的女护林员

2015年，一个主要由女性组成的南非护林员组织“黑曼巴反偷猎组织”，获得了联合国最高环境奖。该组织的成立是为了让保护公园外的当地社区参与保护围栏内的生物多样性。最初，该组织由26名失业的高中女毕业生组成，自2013年成立以来，该组织已经将诱捕率降低了76%，清除了1000多个诱捕陷阱，并消灭了5个偷猎者营地和2个丛林肉厨房（联合国，2015年）。

http://www.blackmambas.org/uploads/8/3/5/5/83556980/screen-shot-2016-07-18-at-4-34-38-pm_orig.png

印度尼西亚的森林管理认证：管理认证；Miteva、Loucks和Pattanayak，2015年）并提升了决策的透明性和包容性。在欧洲联盟（EU）共同农业政策中已制定了一些机制，通过保护和促进欧洲农村地区的生物多样性来解决环境问题。

在城市环境中，向“绿色城市”迈进的步伐正在加快，特别是这种潮流不仅限于发达国家（Hegazy、Seddik和Ibrahim，2017年），这突出了对城市森林、绿色空间和公园的保护和扩展，以及它们为人们提供的娱乐和空气质量益处（Salbitano等人，2016年），包括增加对微生物多样性的暴露，这对于健康的免疫反应至关重要（Lax、Nagler和Gilbert，2015年）。公众参与城市农业以及养蜂和鸟类养护的特定计划，可以促进城市环境中人类与自然的接触。都市农业和城郊农业在农业生态学原理的指导下以废物（或副产品）作为原料再利用，可促进自给自足、性别平等、抗灾能力、水土保持和环境可持续性（联合国粮食及农业组织，2001年；van Veenhuizen，2012年）。

更广泛地说，基于生态系统的适应（EbA）促进自然生态系统的保护、可持续管理和恢复，以帮助人们和社区适应气候变化（Cohen-Shacham等人，2016年）。然而，EbA有效整合面临的挑战包括国际范围内的科学不确定性和关于优先级标准的争议（Ojea，2015年；Bourne等人，2016）。

海洋治理尤其复杂。目前的工作重点是根据《联合国海洋法公约》拟订一项国际法律约束性文书的文本，内容涉及国家管辖范围以外区域（ABNJ）的海洋生物多样性的保护和可持续利用。

6.8 结论

我们对自然世界及其完整性所面临威胁的理解从未像现在这样深刻。新技术让我们前所未有地了解从基因组到生物群落的生物多样性的各个方面。虽然世界上的每个生物群系都面临着不同的挑战，反映了特定的地理、生态和社会经济背景，但人们对生物多样性面临的主要压力越来越了解：生境的变化/土地使用的变化、入侵物种、污染、过度开发（包括非法野生动物贸易）和气候变化。在财富严重不平等的情况下，生物多样性的丧失会加剧，这是代际公平的主要威胁。但是，生物多样性保护一直缺乏必需的政治和社会意愿。虽然某些政策反应在促进生物多样性保护方面显示出效力，但几乎在生物多样性各个方面的持续消极趋势表明，需要采取更协调一致的行动。野生动物的数量正在减少，从而降低了它们的适应能力；据估计目前物种灭绝的速度比背景速度要高几个数量级。一些科学家认为，我们可能正在进入第六次生物大灭绝，生态系统正在日益退化。

迫切需要在全球范围内增加对保护的投资。以下措施都有潜力解决生物多样性面临的最大压力：更加注重加强治理体系；通过研究改进政策框架；整合、实施和有效执行；鼓励伙伴关系和参与。抗击生物多样性丧失的努力还必须解决贫困、性别不平等、治理结构中的系统性腐败和其他社会变量。保护全球生物多样性和寻找可持续利用解决办法的道路是一段漫长而关键的旅程；人类依靠它来支持大自然对人类的贡献以及健康与发展的繁荣。

参考文献

Abson, D.J., Fraser, E.D.G. and Benton, T.G. (2013). Landscape diversity and the resilience of agricultural returns: A portfolio analysis of land-use patterns and economic returns from lowland agriculture. *Agriculture & Food Security* 2(2). https://doi.org/10.1186/2048-7010-2-2.

Adams, W.M. (2014). The value of valuing nature. *Science* 346(6209), 549. https://doi.org/10.1126/science.1255997.

Agrawal, A., Cashore, B., Hardin, R., Shepherd, G., Benson, C. and Miller, D. (2013). Economic contributions of forests. *United Nations Forum on Forests Tenth Session*. Istanbul, 8-19 April 2013. United Nations Forum on Forests http://www.un.org/esa/forests/pdf/session_documents/unff10/EcoContrForests.pdf

Ahmed, M. and Suphachalasai, S. (2014). *Assessing the costs of climate change and adaptation in South Asia.* Manila: Asian Development Bank. https://think-asia.org/bitstream/handle/11540/46/assessing-costs-climate-change-and-adaptation-south-asia.pdf?sequence=1.

Aide, T.M., Clark, M.L., Grau, H.R., López Carr, D., Levy, M.A., Redo, D. *et al.* (2013). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). *Biotropica* 45(2), 262-271. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x.

Akiner, M.M., Demirci, B., Babuadze, G., Robert, V. and Schaffner, F. (2016). Spread of the Invasive Mosquitoes Aedes aegypti and Aedes albopictus in the Black Sea Region Increases Risk of Chikungunya, Dengue, and Zika Outbreaks in Europe. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 10(4), e0004664. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004664.

Alamgir, M., Campbell, M.J., Sloan, S., Goosem, M., Clements, G.R., Mahmoud, M.I. *et al.* (2017). Economic, Socio-Political and Environmental Risks of Road Development in the Tropics. *Current Biology* 27(20), R1130-R1140. https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.08.067.

Alava, J.J., Cheung, W.W.L., Ross, P.S. and Sumaila, U.R. (2017). Climate change–contaminant interactions in marine food webs: Toward a conceptual framework. *Global Change Biology* 23(10), 3984–4001. https://doi.org/10.1111/gcb.13667.

Alexander, P., Rounsevell, M.D.A., Dislich, C., Dodson, J.R., Engström, K. and Moran, D. (2015). Drivers for global agricultural land use change: The nexus of diet, population, yield and bioenergy. *Global Environmental Change* 35, 138-147. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.08.011.

Alexandratos, N. and Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision.* ESA Working Paper No. 12-03. Rome: Food and Agriculture Organization. http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf.

Almond, R.E.A., Butchart, S.H.M., Oldfield, T.E.E., McRae, L. and de Bie, S. (2013). Exploitation indices: Developing global and national metrics of wildlife use and trade.In *Biodiversity Monitoring and Conservation: Bridging the gap between global commitment and local action.* Collen, B., Pettorelli, N., Baillie, J.E.M. and Durant, S.M. (eds.). Oxford: Wiley-Blackwell. chapter 8. 159-188. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118490747.ch8

Alroy, J. (2017). Effects of habitat disturbance on tropical forest biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(23), 6056-6061. https://doi.org/10.1073/pnas.1611855114.

Alsos, I.G., Ehrich, D., Seidenkrantz, M.-S., Bennike, O., Kirchhefer, A.J. and Geirsdottir, A. (2016). The role of sea ice for vascular plant dispersal in the Arctic. *Biology letters* 12(9). https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0264.

Amesbury, M.J., Roland, T.P., Royles, J., Hodgson, D.A., Convey, P., Griffiths, H. *et al.* (2017). Widespread biological response to rapid warming on the Antarctic Peninsula. *Current Biology* 27(11), 1616-1622. https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.04.034.

Apostolopoulou, E. and Adams, W.M. (2017). Biodiversity offsetting and conservation: Reframing nature to save it. *Oryx* 51(1), 23-31. https://doi.org/10.1017/S0030605315000782.

Araújo, C.V.M. and Cedeño-Macias, L.A. (2016). Heavy metals in yellowfin tuna (Thunnus albacares) and common dolphinfish (Coryphaena hippurus) landed on the Ecuadorian coast. *Science of the Total Environment* 541, 149-154. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.090.

Armstrong, R.L. (2010). *The Glaciers of the Hindu Kush-Himalayan Region: A Summary of the Science Regarding Glacier Melt/Retreat in the Himalayan, Hindu Kush, Karakoram, Pamir, and Tien Shan Mountain Ranges.* Kathmandu: International Centre for Integrated Mountain Development. http://lib.icimod.org/record/26917/files/attachment_734.pdf.

Arrigo, K.R. (2014). Sea ice ecosystems. *Annual review of marine science* 6, 439-467. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135103.

Assan, J.K., Caminade, C. and Obeng, F. (2009). Environmental variability and vulnerable livelihoods: Minimising risks and optimising opportunities for poverty alleviation. *Journal of International Development* 21(3), 403-418. https://doi.org/10.1002/jid.1563.

Aukema, J.E., Leung, B., Kovacs, K., Chivers, C., Britton, K.O., Englin, J. *et al.* (2011). Economic Impacts of Non-Native Forest Insects in the Continental United States. *PloS one* 6(9), e24587. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024587.

Baccini, A., Walker, W., Carvalho, L., Farina, M., Sulla-Menashe, D. and Houghton, R.A. (2017). Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science* 358(6360), 230-234. https://doi.org/10.1126/science.aam5962.

Barbier, E.B., Moreno-Mateos, D., Rogers, A.D., Aronson, J., Pendleton, L., Danovaro, R. *et al.* (2014). Protect the deep sea. *Nature* 505(7484), 475-477. https://www.nature.com/news/ecology-protect-the-deep-sea-1.14547.

Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O.U., Swartz, B., Quental, T.B. *et al.* (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471(7336), 51-57. https://doi.org/10.1038/nature09678.

Bartomeus, I., Ascher, J.S., Gibbs, J., Danforth, B.N., Wagner, D.L., Hedtke, S.M. *et al.* (2013). Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(12), 4656-4660. https://doi.org/10.1073/pnas.1218503110.

Bateman, I.J., Harwood, A.R., Mace, G.M., Watson, R.T., Abson, D.J., Andrews, B. *et al.* (2013). Bringing ecosystem services into economic decision-making: Land use in the United Kingdom. *Science* 341(6141), 45. https://doi.org/10.1126/science.1234379.

Begna, D. (2015). Assessment of pesticides use and its economic impact on the apiculture subsector in selected districts of Amhara Region, Ethiopia. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology* 5(3), 267. https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000267.

Bellard, C., Cassey, P. and Blackburn, T.M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology letters* 12(2). https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623.

Bennett, E.L. (2015). Legal ivory trade in a corrupt world and its impact on African elephant populations. *Conservation Biology* 29(1), 54-60. https://doi.org/10.1111/cobi.12377.

Bennett, J.R., Shaw, J.D., Terauds, A., Smol, J.P., Aerts, R., Bergstrom, D.M. *et al.* (2015). Polar lessons learned: Long-term management based on shared threats in Arctic and Antarctic environments. *Frontiers in Ecology and the Environment* 13(6), 316-324. https://doi.org/10.1890/140315.

Bennett, N.J. and Dearden, P. (2014). Why local people do not support conservation: Community perceptions of marine protected area livelihood impacts, governance and management in Thailand. *Marine Policy* 44, 107-116. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.08.017.

Bergman, Å., Heindel, J.J., Jobling, S., Kidd, K.A. and Zoeller, R.T. (eds.) (2013). *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals - 2012*. Geneva: United Nations Environment Programme and the World Health Organization. http://www.who.int/iris/bitstream/10665/78101/1/9789241505031_eng.pdf?ua=1.

Bhutani, S. (2013). *Researching Agriculture in South Asia: The Law and Policy Context For Agricultural Research and Development and Its Impact on Smallholder Farmers.* London: International Institute for Environment and Development. http://re.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/ReSearchingAgricultureJune2013.pdf.

Black, R., Adger, W.N., Arnell, N.W., Dercon, S., Geddes, A. and Thomas, D. (2011). The effect of environmental change on human migration. *Global Environmental Change* 21(Supplement 1), S3-S11. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.001.

Bourne, A., Holness, S., Holden, P., Scorgie, S., Donatti, C.I. and Midgley, G. (2016). A socio-ecological approach for identifying and contextualising spatial ecosystem-based adaptation priorities at the sub-national level. *PloS one* 11(5), e0155235. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155235.

Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Overbeek, C.C., Bureau, D.P., Pawlowski, M. and Glibert, P.M. (2013). Hindcasts and Future Projections of Global Inland and Coastal Nitrogen and Phosphorus Loads Due to Finfish Aquaculture. *Reviews in Fisheries Science* 21(2), 112-156. https://doi.org/10.1080/10641262.2013.790340.

Brazil Ministério de Meio Ambiente (2015). *Terraclass: Projeto terraclass cerrado mapeamento do uso e cobertura vegetal do cerrado* [http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/index.php?mais=1.

Brenton-Rule, E.C., Barbieri, R.F. and Lester, P.J. (2016). Corruption, development and governance indicators predict invasive species risk from trade. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1832). https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0901.

Broad, S., Mulliken, T. and Roe, D. (2003). The nature and extent of legal and illegal trade in wildlife. In *The trade in wildlife: regulation for conservation.* Oldfield, S. (ed.). London: Earthscan Publications. chapter 1. 3-22. http://dlib.scu.ac.ir/bitstream/Hannan/462459/2/185383954X.pdf

Brockerhoff, E.G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D.I., Gardiner, B., González-Olabarria, J.R. *et al.* (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation* 26(13), 3005-3035. https://doi.org/10.1007/s10531-017-1453-2.

Brooks, B.W., Lazorchak, J.M., Howard, M.D.A., Johnson, M.-V.V., Morton, S.L., Perkins, D.A.K. *et al.* (2016). Are harmful algal blooms becoming the greatest inland water quality threat to public health and aquatic ecosystems? *Environmental Toxicology and Chemistry* 35(1), 6-13. https://doi.org/10.1002/etc.3220.

Bruford, M.W., Davies, N., Dulloo, M.E., Faith, D.P. and Walters, M. (2017). Monitoring changes in genetic diversity.In *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks.* Walters, M. and Scholes, R. (eds.). Cham: Springer. 107-128. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-27288-7_5#citeas

Butt, N., Beyer, H.L., Bennett, J.R., Biggs, D., Maggini, R., Mills, M. *et al.* (2013). Biodiversity risks from fossil fuel extraction. *Science* 342(6157), 425-426. https://doi.org/10.1126/science.1237261.

Cable, J., Barber, I., Boag, B., Ellison, A.R., Morgan, E.R., Murray, K. *et al.* (2017). Global change, parasite transmission and disease control: Lessons from ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372(1719). https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0088.

Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P. *et al.* (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486(7401), 59-67. https://doi.org/10.1038/nature11148.

Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Barnosky, A.D., García, A., Pringle, R.M. and Palmer, T.M. (2015). Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances* 1(5), e1400253. https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253.

Ceballos, G., Ehrlich, P.R. and Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(30), E6089-E6096. https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2017). *Zoonotic Diseases*. https://www.cdc.gov/onehealth/basics/zoonotic-diseases.html (Accessed: 2017 1 December).

Chen, I.C., Hill, J.K., Ohlemüller, R., Roy, D.B. and Thomas, C.D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333(6045), https://doi.org/10.1126/science.1206432.

Chettri, N. (2015). Reconciling mountain biodiversity conservation in a changing climate: A Hindu Kush-Himalayan perspective. *Conservation Science* 2(1), 17-27. https://doi.org/10.3126/cs.v2i1.13766.

Chown, S.L., Brooks, C.M., Terauds, A., Le Bohec, C., van Klaveren-Impagliazzo, C., Whittington, J.D. *et al.* (2017). Antarctica and the strategic plan for biodiversity. *PLoS biology* 15(3), e2001656. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2001656.

Clark, N.E., Lovell, R., Wheeler, B.W., Higgins, S.L., Depledge, M.H. and Norris, K. (2014). Biodiversity, cultural pathways, and human health: A framework. *Trends in Ecology & Evolution* 29(4), 198-204. https://www.doi.org/10.1016/j.tree.2014.01.009.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges.* Gland: IUCN. https://www.researchgate.net/profile/Emmanuelle_Cohen-Shacham/publication/307608144_Nature-based_Solutions_to_address_global_societal_challenges/links/57cd67f408ae59825189ca7a.pdf.

Collen, B., Böhm, M., Kemp, R. and Baillie, J.E. (2012). *Spineless: status and trends of the world's invertebrates.* London: Zoological Society of London. https://www.zsl.org/sites/default/files/media/2014-02/spineless-report.pdf.

Collen, B., Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., Darwall, W.R.T. *et al.* (2014). Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography* 23(1), 40-51. https://doi.org/10.1111/geb.12096.

Conservation of Arctic Flora and Fauna (2013). *Arctic Biodiversity Assessment: Status and Trends in Arctic Biodiversity.* Akureyri. http://arcticlcc.org/assets/resources/ABA2013Science.pdf.

Conservation of Arctic Flora and Fauna (2017). *State of The Arctic Marine Biodiversity: Key Findings and Advice For Monitoring.* Akureyri: Conservation of Arctic Flora and Fauna. https://oaarchive.arctic-council.org/bitstream/handle/11374/1955/SAMBR_Summary_April_2017_LR.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Convention on Biological Diversity (2014). *Pathways of introductions of invasive species, their prioritization and management.* Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice

(SBSTTA) of the Convention on Biological Diversity. https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-18/official/sbstta-18-09-add1-en.pdf.

Convention on Biological Diversity (2016). Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity XIII/17. Synthetic Biology. CBD/COP/DEC/XIII/17. 4 https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-17-en.pdf

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (2018). *What is CITES?* https://www.cites.org/eng/disc/what.php (Accessed: 5 June 2017).

Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P. *et al.* (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* 28, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008.

Costello, C., Ovando, D., Clavelle, T., Strauss, C.K., Hilborn, R., Melnychuk, M.C. *et al.* (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(18), 5125-5129. https://doi.org/10.1073/pnas.1520420113.

Cuba-Díaz, M., Troncoso, J.M., Cordero, C., Finot, V.L. and Rondanelli-Reyes, M. (2013). Juncus bufonius, a new non-native vascular plant in King George Island, South Shetland Islands. *Antarctic Science* 25(3), 385-386. https://doi.org/10.1017/S0954102012000958.

Dangal, S.R.S., Tian, H., Zhang, B., Pan, S., Lu, C. and Yang, J. (2017). Methane emission from global livestock sector during 1890–2014: Magnitude, trends and spatiotemporal patterns. *Global Change Biology* 23(10), 4147-4161. https://doi.org/10.1111/gcb.13709.

Di Minin, E. and Toivonen, T. (2015). Global protected area expansion: Creating more than paper parks. *BioScience* 65(7), 637-638. https://doi.org/10.1093/biosci/biv064.

Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N.D., Wikramanayake, E. *et al.* (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience* 67(6), 534-545. https://doi.org/10.1093/biosci/bix014.

Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B. and Collen, B. (2014). Defaunation in the anthropocene. *Science* 345(6195), 401-406. https://doi.org/10.1126/science.1251817.

Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C., Beltrame, C., Freeman, R. and Walpole, M. (2016). Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends index. *Biological Conservation* 193, 27-35. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.023.

Djoudi, H., Vergles, E., Blackie, R.R., Koame, C.K. and Gautier, D. (2015). Dry forests, livelihoods and poverty alleviation: understanding current trends. *International Forestry Review* 17, 54-69. https://doi.org/10.1505/146554815815834868.

Doherty, T.S., Glen, A.S., Nimmo, D.G., Ritchie, E.G. and Dickman, C.R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(40), 11261-11265. https://doi.org/10.1073/pnas.1602480113.

Dowie, M. (2009). *Conservation Refugees: The Hundred-Year Conflict Between Global Conservation and Native Peoples.* Cambridge, MA: MIT Press. http://web.mnstate.edu/robertsb/307/Articles/Conservation_Refugees_Intro.pdf.

Duffy, G.A., Coetzee, B.W.T., Latombe, G., Akerman, A.H., McGeoch, M.A. and Chown, S.L. (2017). Barriers to globally invasive species are weakening across the Antarctic. *Diversity and Distributions* 23(9), 982-996. https://doi.org/10.1111/ddi.12593.

Early, R., Bradley, B.A., Dukes, J.S., Lawler, J.J., Olden, J.D., Blumenthal, D.M. *et al.* (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature Communications* 7, 12485. https://doi.org/10.1038/ncomms12485.

Ebi, K.L., Woodruff, R., von Hildebrand, A. and Corvalan, C. (2007). Climate change-related health impacts in the Hindu Kush–Himalayas. *EcoHealth* 4(3), 264-270. https://doi.org/10.1007/s10393-007-0119-z.

Eigenraam, M., Chua, J. and hasker, J. (2013). *Environmental-Economic Accounting: Victorian Experimental Ecosystem Accounts, Version 1.0.* [Department of Sustainability and Environment, State of Victoria https://www.researchgate.net/profile/Mark_Eigenraam2/publication/273692801_Environmental-Economic_Accounting_Victorian_Experimental_Ecosystem_Accounts_Version_10/links/550881190cf2d7a28129f415/Environmental-Economic-Accounting-Victorian-Experimental-Ecosystem-Accounts-Version-10.pdf.

Ejigu, K., Adgaba, N. and Bekele, W. (2008). The role of women and indigenous knowledge in Ethiopian beekeeping. *Bees for Development* 86. http://www.beesfordevelopment.org/media/2656/bfdj86-women-ethiopia008.pdf.

Eklund, J. and Cabeza, M. (2017). Quality of governance and effectiveness of protected areas: Crucial concepts for conservation planning. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1399(1), 27-41. https://doi.org/10.1111/nyas.13284.

Emmerson, M., Morales, M.B., Oñate, J.J., Batáry, P., Berendse, F., Liira, J. *et al.* (2016). How Agricultural Intensification Affects Biodiversity and Ecosystem Services. In *Advances in Ecological Research.* Dumbrell, A.J., Kordas, R.L. and Woodward, G. (eds.). Academic Press. 43-97. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065250416300204

Engelbrecht, C.J. and Engelbrecht, F.A. (2016). Shifts in Köppen-Geiger climate zones over southern Africa in relation to key global temperature goals. *Theoretical and applied climatology* 123(1-2), 247-261. https://doi.org/10.1007/s00704-014-1354-1.

Epple, C. and Dunning, E. (2014). *Ecosystem Resilience to Climate Change: What is it and How Can it be Addressed in the Context of Climate Change Adaptation?* Cambridge: United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. https://www.unep-wcmc.org/system/dataset_file_fields/files/000/000/288/original/Ecosystem_resilience_to_climate_change_formatted_20141219.pdf?1419260116.

Eriksson, M., Xu, J., Shrestha, A.B., Vaidya, R.A., Santosh, N. and Sandström, K. (2009). *The Changing Himalayas: Impact of Climate Change on Water Resources and Livelihoods in The Greater Himalayas.* Kathmandu: International Centre for Integrated Mountain Development. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093086376.

Figurel, J.J., Durán, E. and Bray, D.B. (2011). Conservation of the jaguar *Panthera onca* in a community-dominated landscape in montane forests in Oaxaca, Mexico. *Oryx* 45(4), 554-560. https://doi.org/10.1017/S0030605310001353.

Fischer, J., Abson, D.J., Bergsten, A., Collier, N.F., Dorresteijn, I., Hanspach, J. *et al.* (2017). Reframing the food–biodiversity challenge. *Trends in Ecology & Evolution* 32(5), 335-345. https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.02.009.

Foale, S., Adhuri, D., Aliño, P., Allison, E.H., Andrew, N., Cohen, P. *et al.* (2013). Food security and the coral triangle initiative. *Marine Policy* 38, 174-183. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.033.

Foley, J.A., Asner, G.P., Costa, M.H., Coe, M.T., DeFries, R., Gibbs, H.K. *et al.* (2007). Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(1), 25-32. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2.

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M. *et al.* (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478(7369), 337-342. https://doi.org/10.1038/nature10452.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2001). *Urban and Peri-Urban Agriculture: A Briefing Guide for the Successful Implementation of Urban and Peri-urban Agriculture in Developing Countries and Countries of Transition.* Handbook Series. Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/FCIT/PDF/briefing_guide.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015a). *Coping with Climate Change: The Roles of Genetic Resources for Food and Agriculture.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i3866e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015b). *FAOSTAT-Forestry Database: Global Production and Trade of Forest Products in 2015.* Rome http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/ (Accessed April 2, 2017)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Sustainable Wildlife Management and Gender.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i6574e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018a). *Sustainable development goals: SDG Indicator 2.5.2 - Risk status of livestock breeds.* Food and Agriculture Organization http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/252/en/ (Accessed: 1 June 2017).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018b). *The State of World fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals.* Rome. http://www.fao.org/3/i9540en/I9540EN.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018c). *The State of the World's Forest 2018: Forest Pathways To Sustainable Development.* Rome. http://www.fao.org/3/ca0188en/ca0188en.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations and Platform for AgroBiodiversity Research (2011). *Biodiversity for Food and Agriculture: Contributing to Food Security and Sustainability in A Changing World.* Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/biodiversity_paia/PAR-FAO-book_lr.pdf.

Fornace, K.M., Abidin, T.R., Alexander, N., Brock, P., Grigg, M.J., Murphy, A. *et al.* (2016). Association between landscape factors and spatial patterns of Plasmodium knowlesi infections in Sabah, Malaysia. *Emerging infectious diseases* 22(2), 201-209. https://doi.org/10.3201/eid2202.150656.

Foster, S., Swann, R.L. and Furness, R.W. (2017). Can changes in fishery landings explain long-term population trends in gulls? *Bird Study* 64(1), 90-97. https://doi.org/10.1080/00063657.2016.1274287.

Frey, K.E., Comiso J.C., Cooper, L.W., Gradinger, R.R., Grebmeier, J.M. and Tremblay, J.É. (2016). Arctic ocean primary productivity.In *Arctic Report Card 2016.* ftp://ftp.oar.noaa.gov/arctic/documents/ArcticReportCard_full_report2016.pdf

Galiè, A., Jiggins, J., Struik, P.C., Grando, S. and Ceccarelli, S. (2017). Women's empowerment through seed improvement and seed governance: Evidence from participatory barley breeding in pre-war Syria. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 81, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.njas.2017.01.002.

Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P. *et al.* (2013). Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications* 4(1340). https://doi.org/10.1038/ncomms2328.

Gang, C., Zhou, W., Chen, Y., Wang, Z., Sun, Z., Li, J. *et al.* (2014). Quantitative assessment of the contributions of climate change and human activities on global grassland degradation. *Environmental Earth Sciences* 72(11), 4273-4282. https://doi.org/10.1007/s12665-014-3322-6.

Gavrilescu, M., Demnerová, K., Aamand, J., Agathos, S. and Fava, F. (2015). Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. *New Biotechnology* 32(1), 147-156. https://doi.org/10.1016/j.nbt.2014.01.001.

Gaworecki, M. (2017). Cash for conservation: Do payments for ecosystem services work? *Mongabay Series: Conservation Effectiveness*, Mongabay https://news.mongabay.com/2017/10/cash-for-conservation-do-payments-for-ecosystem-services-work/.

Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M. and Burgess, N.D. (2013). Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological conservation* 161, 230-238. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.018.

Genovesi, P., Carnevali, L. and Scalera, R. (2015). *The Impact of Invasive Alien Species on Native Threatened Species in Europe.* Technical report for the European Commission. Rome: Institute for Environmental Protection and Research. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/19388/ISSG_report_impact_of_IAS_on_biodiversity_in_E.pdf?sequence=1.

Gerlitz, J.-Y., Macchi, M., Brooks, N., Pandey, R., Banerjee, S. and Jha, S.K. (2017). The multidimensional livelihood vulnerability index – an instrument to measure livelihood vulnerability to change in the Hindu Kush Himalayas. *Climate and Development* 9(2), 124-140. https://doi.org/10.1080/17565529.2016.1145099.

Ghazi, W.T., Muniruzzaman, A.N.M. and Singh, A.K. (2016). *Climate Change and Security in South Asia: Cooperating for Peace.* Global Military Advisory Council on Climate Change. http://gmaccc.org/wp-content/uploads/2016/05/Climate_Change_and_Security_in_South_Asia.pdf.

Gordon, A., Bull, J.W., Wilcox, C. and Maron, M. (2015). FORUM: Perverse incentives risk undermining biodiversity offset policies. *Journal of Applied Ecology* 52(2), 532-537. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12398.

Green Economy Coalition (2012). *The Green Economy Pocketbook: The Case For Action.* London. http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/The_GE_Pocketbook_The_case_for_action_GEC.pdf.

Grêt-Regamey, A., Brunner, S.H. and Kienast, F. (2012). Mountain ecosystem services: Who cares? *Mountain Research and Development* 32, S23-S34. https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00115.S1.

Grytnes, J.A., Kapfer, J., Jurasinski, G., Birks, H.H., Henriksen, H., Klanderud, K. *et al.* (2014). Identifying the driving factors behind observed elevational range shifts on European mountains. *Global Ecology and Biogeography* 23(8), 876-884. https://doi.org/10.1111/geb.12170.

Guerra, C.A., Snow, R.W. and Hay, S.I. (2006). A global assessment of closed forests, deforestation and malaria risk. *Annals of tropical medicine and parasitology* 100(3), 189-204. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3204444/.

Haines-Young, R. and Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being.In *Ecosystem Ecology: a new synthesis.* Raffaelli, D.G. and Frid, C.L.J. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 6. 110-139. https://www.nottingham.ac.uk/cem/pdf/Haines-Young&Potschin_2010.pdf

Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H. *et al.* (2017). More than 75 per cent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one* 12(10), e0185809. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809.

Halpern, B.S. (2014). Making marine protected areas work. *Nature* 506, 167-168. https://doi.org/10.1038/nature13053.

Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A. *et al.* (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342(6160), 850-853. https://doi.org/10.1126/science.1244693.

Hara, K., Zhao, Y., Tomita, M., Kamagata, N. and Li, Y. (2016). Impact of the Great East Japan Earthquake and Tsunami on coastal vegetation and landscapes in northeast Japan: Findings based on remotely sensed data analysis.In *Ecological Impacts of Tsunamis on Coastal Ecosystems.* Urabe J. and Nakashizuka, T. (eds.). Tokyo: Springer. 253-269. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-56448-5_16

Harrison, P.A., Berry, P.M., Simpson, G., Haslett, J.R., Blicharska, M., Bucur, M. *et al.* (2014). Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services* 9, 191-203. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.05.006.

He, F., Zarfl, C., Bremerich, V., Henshaw, A., Darwall, W., Tockner, K. *et al.* (2017). Disappearing giants: A review of threats to freshwater megafauna. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 4(3), e1208. https://doi.org/10.1002/wat2.1208.

Hegazy, I., Seddik, W. and Ibrahim, H. (2017). Towards green cities in developing countries: Egyptian new cities as a case study. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 12(4), 358-368. https://doi.org/10.1093/ijlct/ctx009.

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E. *et al.* (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318(5857), 1737-1742. https://doi.org/10.1126/science.1152509.

Hoffmann, M., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Gregory, R.D. and McRae, L. (2018). Trends in biodiversity: Vertebrates. *Encyclopedia of the Anthropocene* 3, 175-184. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09963-8.

Houspanossian, J., Giménez, R., Jobbágy, E. and Nosetto, M. (2017). Surface albedo raise in the South American Chaco: Combined effects of deforestation and agricultural changes. *Agricultural and Forest Meteorology* 232, 118-127. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.015.

Hughes, K.A., Cowan, D.A. and Wilmotte, A. (2015). Protection of Antarctic microbial communities–'out of sight, out of mind'. *Frontiers in microbiology* 6(151). https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00151.

Hughes, T.P., Kerry, J.T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J.G., Anderson, K.D., Baird, A.H. *et al.* (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature* 543(7645), https://doi.org/10.1038/nature21707.

Hunt, S.K., Galatowitsch, M.L. and McIntosh, A.R. (2017). Interactive effects of land use, temperature, and predators determine native and invasive mosquito distributions. *Freshwater Biology* 62(9), 1564-1577. https://doi.org/10.1111/fwb.12967.

Hussain, R.I., Walcher, R., Brandl, D., Arnberger, A., Zaller, J.G. and Frank, T. (2018). Efficiency of two methods of sampling used to assess the abundance and species diversity of adult Syrphidae (Diptera) in mountainous meadows in the Austrian and Swiss Alps. *European Journal of Entomology* 115, 150-156. https://doi.org/10.14411/eje.2018.014.

Hussain, R.I., Walcher, R., Brandl, D., Jernej, I., Arnberger, A., Zaller, J.G. *et al.* (2017). Influence of abandonment on syrphid assemblages in mountainous meadows. *Journal of Applied Entomology* 142(4), 450-456. https://doi.org/10.1111/jen.12482.

Innis, L. and Simcock, A. (eds.) (2016). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. New York, NY. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. *et al.* (eds.). Cambridge. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. *et al.* (eds.). Cambridge. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_frontmatter.pdf.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2013). Decision IPBES-2/4: Conceptual framework for the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 9 https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/Decision%20IPBES_2_4.pdf

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2016). *The Assessment Report of The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production.* Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. and Ngo, H.T. (eds.). Bonn. https://www.researchgate.net/profile/Jean_Michel_Salles/publication/311486448_The_assessment_report_of_the_Intergovernmental_Science-Policy_Platform_on_Biodiversity_and_Ecosystem_Services_on_pollinators_pollination_and_food_production/links/58c27ef145851538eb7e6958/The-assessment-report-of-the-Intergovernmental-Science-Policy-Platform-on-Biodiversity-and-Ecosystem-Services-on-pollinators-pollination-and-food-production.pdf?origin=publication_detail.

International Centre for Integrated Mountain Development (2011). *Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods in Nepal.* Kathmandu. http://www.icimod.org/dvds/201104_GLOF/reports/final_report.pdf.

International Panel of Experts on Sustainable Food Systems (2016). *From Uniformity to Diversity: A Paradigm Shift from Industrial Agriculture to Diversified Agroecological Systems.* http://www.ipes-food.org/images/Reports/UniformityToDiversity_FullReport.pdf.

International Union for Conservation of Nature (2010). *Plants Under Pressure, A Global Assessment. The First Report of the IUCN Sampled Red List.* Kew: Royal Botanical Gardens, Natural History Museum and International Union for Conservation of Nature. https://www.kew.org/sites/default/files/kppcont_027304.pdf.

International Union for Conservation of Nature (2017a). *The Red List Index*. https://www.iucn.org/theme/species/our-work/iucn-red-list-threatened-species/red-list-index.

International Union for Conservation of Nature (2017b). *IUCN Red List of Ecosystems*. [https://iucnrle.org/ (Accessed: October 2 2017).

International Union for Conservation of Nature (2017c). *Grasslands*. [https://www.iucn.org/theme/protected-areas/wcpa/what-we-do/grasslands (Accessed: 12 June 2017).

International Union for Conservation of Nature (2018). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-1.* http://www.iucnredlist.org (Accessed: June 9 2017).

Johansen, J.L. and Jones, G.P. (2011). Increasing ocean temperature reduces the metabolic performance and swimming ability of coral reef damselfishes. *Global Change Biology* 17(9), 2971-2979. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02436.x.

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (2015). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in The Marine Environment: A Global Assessment.* Kershaw, P.J. (ed.). London: International Maritime Organization. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf.

Jones, K.R., Venter, O., Fuller, R.A., Allan, J.R., Maxwell, S.L., Negret, P.J. *et al.* (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science* 360(6390), 788. https://doi.org/10.1126/science.aap9565.

Karesh, W.B., Dobson, A., Lloyd-Smith, J.O., Lubroth, J., Dixon, M.A., Bennett, M. *et al.* (2012). Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. *The Lancet* 380(9857), 1936-1945. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61678-X.

Keesing, F. and Young, T.P. (2014). Cascading consequences of the loss of large mammals in an African savanna. *BioScience* 64(6), 487-495. https://doi.org/10.1093/biosci/biu059.

Kehoe, L., Romero-Muñoz, A., Polaina, E., Estes, L., Kreft, H. and Kuemmerle, T. (2017). Biodiversity at risk under future cropland expansion and intensification. *Nature Ecology & Evolution* 1(8), 1129-1135. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0234-3.

Keith, D.A., Rodríguez, J.P., Brooks, T.M., Burgman, M.A., Barrow, E.G., Bland, L. *et al.* (2015). The IUCN red list of ecosystems: motivations, challenges, and applications. *Conservation Letters* 8(3), 214-226. https://doi.org/10.1111/conl.12167.

Keith, D.A., Rodríguez, J.P., Rodríguez-Clark, K.M., Nicholson, E., Aapala, K., Alonso, A. *et al.* (2013). Scientific foundations for an IUCN red list of ecosystems. *PloS one* 8(5), e62111. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062111.

Kelly, T.R., Karesh, W.B., Johnson, C.K., Gilardi, K.V.K., Anthony, S.J., Goldstein, T. *et al.* (2017). One Health proof of concept: Bringing a transdisciplinary approach to surveillance for zoonotic viruses at the human-wild animal interface. *Preventive Veterinary Medicine* 137, 112-118. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.11.023.

Kettunen, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Pagad, S., Starfinger, U., ten Brink, P. *et al.* (2008). *Technical support to EU strategy on invasive species (IS) - Assessment of the impacts of IS in Europe and the EU (final module report for the European Commission).* Brussels: Institute for European Environmental Policy (IEEP). http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/docs/Kettunen2009_IAS_Task%201.pdf

Khan, S.M., Page, S.E., Ahmad, H. and Harper, D.M. (2013). Sustainable utilization and conservation of plant biodiversity in montane ecosystems: The western Himalayas as a case study. *Annals of botany* 112(3), 479-501. https://doi.org/10.1093/aob/mct125.

Kharouba, H.M., Ehrlén, J., Gelman, A., Bolmgren, K., Allen, J.M., Travers, S.E. *et al.* (2018). Global shifts in the phenological synchrony of species interactions over recent decades. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(20), 5211-5216. https://doi.org/10.1073/pnas.1714511115.

Khoury, C.K., Bjorkman, A.D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A. *et al.* (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(11), 4001-4006. https://doi.org/10.1073/pnas.1313490111.

Klinger, D. and Naylor, R. (2012). Searching for Solutions in Aquaculture: Charting a Sustainable Course. *Annual Review of Environment and Resources* 37(1), 247-276. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-021111-161531.

Knapp, S., Schweiger, O., Kraberg, A., Asmus, H., Asmus, R., Brey, T. *et al.* (2017). Do drivers of biodiversity change differ in importance across marine and terrestrial systems—Or is it just different research communities' perspectives? *Science of the Total Environment* 574, 191-203. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.002.

Kulmatov, R. (2008). Modern problems in using, protecting, and managing water and land resources of the Aral Sea Basin.In *Environmental Problems of Central Asia and their Economic, Social and Security Impacts.* Qi J. and Evered K.T. (eds.). Dordrecht: Springer. 15-30. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4020-8960-2_2?LI=true

Kumsa, T. and Gorfu, B. (2014). Beekeeping as integrated watershed conservation and climatic change adaptation: An action research in Boredo watershed. *Journal of Earth Science and Climate Changes* 5(7), 213. https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000213.

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. *et al.* (2017). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.

Laurance, W.F., Sayer, J. and Cassman, K.G. (2014). Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution* 29(2), 107-116. https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001.

Lavoie, R.A., Jardine, T.D., Chumchal, M.M., Kidd, K.A. and Campbell, L.M. (2013). Biomagnification of mercury in aquatic food webs: A worldwide meta-analysis. *Environmental science & technology* 47(23), 13385-13394. https://doi.org/10.1021/es403103t.

Lax, S., Nagler, C.R. and Gilbert, J.A. (2015). Our interface with the built environment: Immunity and the indoor microbiota. *Trends in immunology* 36(3), 121-123. https://doi.org/10.1016/j.it.2015.01.001.

Leadley, P.W., Krug, C.B., Alkemade, R., Pereira, H.M., Sumaila, U.R., Walpole, M. *et al.* (2014). *Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions.* Technical Series 78. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-78-en.pdf.

Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefaro, L. and Geschke, A. (2012). International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 486, 109. https://doi.org/10.1038/nature11145.

Lewison, R.L., Crowder, L.B., Wallace, B.P., Moore, J.E., Cox, T., Zydelis, R. *et al.* (2014). Global patterns of marine mammal, seabird, and sea turtle bycatch reveal taxa-specific and cumulative megafauna hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. https://doi.org/10.1073/pnas.1318960111.

Li, Y., Hallerman, E.M., Liu, Q., Wu, K. and Peng, Y. (2015). The development and status of Bt rice in China. *Plant Biotechnology Journal* 14(3), 839-848. https://doi.org/10.1111/pbi.12464.

Low, P.S. (2013). Economic and social impacts of desertification, land degradation and drought: White paper i. *United Nations Convention to Combat Desertification 2nd Scientific Conference.* Bonn, 9-12 April 2013. United Nations Convention to Combat Desertification https://profiles.uonbi.ac.ke/jmariara/files/unccd_white_paper_1.pdf

Lyver, P., Perez, E., Carneiro da Cunha, M. and Roué, M. (eds.) (2015). *Indigenous and Local Knowledge About Pollination and Pollinators Associated With Food Production: Outcomes From the Global Dialogue Workshop*. http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/IPBES_Pollination-Pollinators_Workshop.pdf.

MacDougall, A.S., McCann, K.S., Gellner, G. and Turkington, R. (2013). Diversity loss with persistent human disturbance increases vulnerability to ecosystem collapse. *Nature* 494(7435), 86-89. https://doi.org/10.1038/nature11869.

Mace, G.M., Norris, K. and Fitter, A.H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution* 27(1), 19-26. https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006.

Malaj, E., von der Ohe, P.C., Grote, M., Kühne, R., Mondy, C.P., Usseglio-Polatera, P. *et al.* (2014). Organic chemicals jeopardize the health of freshwater ecosystems on the continental scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(26), 9549-9554. https://doi.org/10.1073/pnas.1321082111.

Malhi, Y., Doughty, C.E., Galetti, M., Smith, F.A., Svenning, J.-C. and Terborgh, J.W. (2016). Megafauna and ecosystem function from the pleistocene to the anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(4), 838-846. https://doi.org/10.1073/pnas.1502540113.

Marlow, J. (2017). *The Virus Hunters*. Undark Magazine https://undark.org/article/virus-hunters-ebola-usaid-predict/ (Accessed: 2017 5 December).

Maxwell, S.L., Fuller, R.A., Brooks, T.M. and Watson, J.E.M. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature* 536(7615), 143-145. https://doi.org/10.1038/536143a.

McCauley, D.J., Pinsky, M.L., Palumbi, S.R., Estes, J.A., Joyce, F.H. and Warner, R.R. (2015). Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. *Science* 347(6219), 1255641. https://doi.org/10.1126/science.1255641.

McRae, L., Böhm, M., Deinet, S., Gill, M. and Collen, B. (2012). The Arctic Species Trend Index: using vertebrate population trends to monitor the health of a rapidly changing ecosystem. *Biodiversity* 13(3-4), 144-156. https://doi.org/10.1080/14888386.2012.705085.

McRae, L., Deinet, S. and Freeman, R. (2017). The diversity-weighted Living Planet Index: controlling for taxonomic bias in a global biodiversity indicator. *PloS one* 12(1), e0169156. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169156.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2015). Global gray water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. *Environmental science & technology* 49(21), 12860-12868. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03191.

Midgley, G.F. and Bond, W.J. (2015). Future of African terrestrial biodiversity and ecosystems under anthropogenic climate change. *Nature Climate Change* 5(9), 823-829. https://doi.org/10.1038/nclimate2753.

Miteva, D.A., Loucks, C.J. and Pattanayak, S.K. (2015). Social and environmental impacts of forest management certification in Indonesia. *PloS one* 10(7), e0129675. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129675.

Miura, O., Sasaki, Y. and Chiba, S. (2012). Destruction of populations of Batillaria attramentaria (Caenogastropoda: Batillariidae) by tsunami waves of the 2011 Tohoku earthquake. *Journal of Molluscan Studies* 78(4), 377-380. https://doi.org/10.1093/mollus/eys025.

Molina-Montenegro, M.A., Carrasco-Urra, F., Rodrigo, C., Convey, P., Valladares, F. and Gianoli, E. (2012). Occurrence of the non native annual bluegrass on the Antarctic mainland and its negative effects on native plants. *Conservation Biology* 26(4), 717-723. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01865.x.

Mudd, G.M. (2010). The environmental sustainability of mining in Australia: key mega-trends and looming constraints. *Resources Policy* 35(2), 98-115. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2009.12.001.

Nackley, L.L., West, A.G., Skowno, A.L. and Bond, W.J. (2017). The nebulous ecology of native invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 32(11), 814-824. https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.08.003.

Naeem, S., Chazdon, R., Duffy, J.E., Prager, C. and Worm, B. (2016). Biodiversity and human well-being: an essential link for sustainable development. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1844). https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2091.

Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A. *et al.* (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520(7545), 45-50. https://doi.org/10.1038/nature14324.

Newbold, T., Hudson, L.N., Arnell, A.P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S. *et al.* (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science* 353(6296), 288-291. https://doi.org/10.1126/science.aaf2201.

Nordlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B. and Creed, J.C. (2016). Seagrass ecosystem services and their variability across Genera and geographical regions. *PloS one* 12(1), e0169942. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163091.

O'Neill, A.R., Badola, H.K., Dhyani, P.P. and Rana, S.K. (2017). Integrating ethnobiological knowledge into biodiversity conservation in the Eastern Himalayas. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 13(21), 1-14. https://doi.org/10.1186/s13002-017-0148-9.

Ocean Health Index (2017). *Habitat Destruction*. [http://www.oceanhealthindex.org/methodology/components/habitat-destruction (Accessed: October 7 2017).

O'Connor, D. and Ford, J. (2014). Increasing the effectiveness of the "Great Green Wall" as an adaptation to the effects of climate change and desertification in the Sahel. *Sustainability* 6(10), 7142-7154. https://doi.org/10.3390/su6107142.

O'Dea, C.B., Anderson, S., Sullivan, T., Landers, D. and Casey, C.F. (2017). Impacts to ecosystem services from aquatic acidification: Using FEGS-CS to understand the impacts of air pollution. *Ecosphere* 8(5), e01807. https://doi.org/10.1002/ecs2.1807.

Oh, B., Lee, K.J., Zaslawski, C., Yeung, A., Rosenthal, D., Larkey, L. *et al.* (2017). Health and well-being benefits of spending time in forests: Systematic review. *Environmental health and preventive medicine* 22(71), 1-11. https://doi.org/10.1186/s12199-017-0677-9.

Ojea, E. (2015). Challenges for mainstreaming ecosystem-based adaptation into the international climate agenda. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 41-48. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.006.

Olivero, J., Fa, J.E., Real, R., Márquez, A.L., Farfán, M.A., Vargas, J.M. *et al.* (2017). Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports* 7(1), 14291. https://doi.org/10.1038/s41598-017-14727-9.

Ottinger, M., Clauss, K. and Kuenzer, C. (2016). Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments – A review. *Ocean & Coastal Management* 119, 244-266. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.015.

Pacifici, M., Foden, W.B., Visconti, P., Watson, J.E.M., Butchart, S.H.M., Kovacs, K.M. *et al.* (2015). Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change* 5(3), 215-224. https://doi.org/10.1038/nclimate2448.

Packer, J.G., Meyerson, L.A., Richardson, D.M., Brundu, G., Allen, W.J., Bhattarai, G.P. *et al.* (2017). Global networks for invasion science: benefits, challenges and guidelines. *Biological invasions* 19(4), 1081-1096. https://doi.org/10.1007/s10530-016-1302-3.

Paini, D.R., Sheppard, A.W., Cook, D.C., De Barro, P.J., Worner, S.P. and Thomas, M.B. (2016). Global threat to agriculture from invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(27), 7575. https://doi.org/10.1073/pnas.1602205113

Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review Ecology, Evolution, and Systematics* 37, 637-669. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100.

Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M. *et al.* (2017). Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 7-16. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006.

Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J.L.B. *et al.* (2012). Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336(6079), 353-355. https://doi.org/10.1126/science.1219033.

Payne, R.J., Dise, N.B., Field, C.D., Dore, A.J., Caporn, S.J.M. and Stevens, C.J. (2017). Nitrogen deposition and plant biodiversity: Past, present, and future. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15(8), 431-436. https://doi.org/10.1002/fee.1528.

Pejchar, L. and Mooney, H.A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology & Evolution* 24(9), 497-504. https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.016.

Persha, L., Agrawal, A. and Chhatre, A. (2011). Social and ecological synergy: Local rulemaking, forest livelihoods, and biodiversity conservation. *Science* 331(6024), 1606-1608. https://doi.org/10.1126/science.1199343.

Phalan, B., Green, R.E., Dicks, L.V., Dotta, G., Feniuk, C., Lamb, A. *et al.* (2016). How can higher-yield farming help to spare nature? *Science* 351(6272), 450-451. https://doi.org/10.1126/science.aad0055.

Piao, S., Tan, K., Nan, H., Ciais, P., Fang, J., Wang, T. *et al.* (2012). Impacts of climate and CO_2 changes on the vegetation growth and carbon balance of Qinghai–Tibetan grasslands over the past five decades. *Global and Planetary Change* 98-99, 73-80. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.08.009.

Pimm, S.L., Jenkins, C.N., Abell, R., Brooks, T.M., Gittleman, J.L., Joppa, L.N. *et al.* (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* 344(6187), 1246752. https://doi.org/10.1126/science.1246752.

Pisupati, B. and Prip, C. (2015). *Interim Assessment of Revised National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAPs).* Cambridge: United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. https://www.cbd.int/doc/nbsap/Interim-Assessment-of-NBSAPs.pdf.

Platform for AgroBiodiversity Research (2013). *The indigenous pollinators network.* [http://agrobiodiversityplatform.org/par/2013/12/24/the-indigenous-pollinators-network/.

Plieninger, T., van der Horst, D., Schleyer, C. and Bieling, C. (2014). Sustaining ecosystem services in cultural landscapes. *Ecology and Society* 19(2), 59. https://doi.org/10.5751/ES-06159-190259.

Plowright, R.K., Eby, P., Hudson, P.J., Smith, I.L., Westcott, D., Bryden, W.L. *et al.* (2015). Ecological dynamics of emerging bat virus spillover. *Proceedings of the Royal Society B* 282(1798), 20142124. https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2124.

Porter-Bolland, L., Ellis, E.A., Guariguata, M.R., Ruiz-Mallén, I., Negrete-Yankelevich, S. and Reyes-García, V. (2012). Community managed forests and forest protected areas: An assessment of their conservation effectiveness across the tropics. *Forest Ecology and Management* 268, 6-17. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.05.034.

Post, E., Bhatt, U.S., Bitz, C.M., Brodie, J.F., Fulton, T.L., Hebblewhite, M. *et al.* (2013). Ecological consequences of sea-ice decline. *Science* 341(6145), 519-524. https://doi.org/10.1126/science.1235225.

Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D. *et al.* (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540, 220-229. https://doi.org/10.1038/nature20588.

Pulliam, J.R.C., Epstein, J.H., Dushoff, J., Rahman, S.A., Bunning, M., Jamaluddin, A.A. *et al.* (2011). Agricultural intensification, priming for persistence and the emergence of Nipah virus: A lethal bat-borne zoonosis. *Journal of The Royal Society Interface* 9(66). https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0223.

Pywell, R.F., Heard, M.S., Woodcock, B.A., Hinsley, S., Ridding, L., Nowakowski, M. *et al.* (2015). Wildlife-friendly farming increases crop yield: evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1816). https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1740.

Quinn, C.H., Stringer, L.C., Berman, R.J., Le, H.T.V., Msuya, F.E., Pezzuti, J.C.B. *et al.* (2017). Unpacking changes in mangrove social-ecological systems: Lessons from Brazil, Zanzibar, and Vietnam. *Resources* 6(1), 14. https://doi.org/10.3390/resources6010014.

Rabitsch, W., Essl, F. and Schindler, S. (2017). The rise of non-native vectors and reservoirs of human diseases.In *Impact of Biological Invasions on Ecosystems Services.* M., V. and P., H. (eds.). Cham: Springer. 263-275. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45121-3_17.

Rapai, W. (2016). *Lake Invaders: Invasive Species and the Battle for the Future of the Great Lake.* Detroit, MI: Wayne State University Press. https://www.wsupress.wayne.edu/books/detail/lake-invaders.

Rendón, L.M., Guhl, F., Cordovez, J.M. and Erazo, D. (2015). New scenarios of *Trypanosoma cruzi* transmission in the Orinoco region of Colombia. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 110(3), 283-288. https://doi.org/10.1590/0074-02760140403.

Ricciardi, A., Blackburn, T.M., Carlton, J.T., Dick, J.T.A., Hulme, P.E., Iacarella, J.C. *et al.* (2017). Invasion Science: A Horizon Scan of Emerging Challenges and Opportunities. *Trends in Ecology & Evolution* 32(6), 464-474. https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.03.007.

Rochman, C.M., Hoh, E., Kurobe, T. and Teh, S.J. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports* 3(3263). https://doi.org/10.1038/srep03263.

Rodrigues, A.S.L., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Chanson, J., Cox, N., Hoffmann, M. *et al.* (2014). Spatially explicit trends in the global conservation status of vertebrates. *PloS one* 10(3), e0121040. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113934.

Rodríguez, J.P., Keith, D.A., Rodríguez-Clark, K.M., Murray, N.J., Nicholson, E., Regan, T.J. *et al.* (2015). A practical guide to the application of the IUCN Red List of Ecosystems criteria. *Philosophic Transactions of the Royal Society B* 370(1662), 20140003. https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0003.

Rosen, G.E. and Smith, K.F. (2010). Summarizing the evidence on the international trade in illegal wildlife. *EcoHealth* 7(1), 24-32. https://doi.org/10.1007/s10393-010-0317-y.

Rótolo, G.C., Francis, C., Craviotto, R.M., Viglia, S., Pereyra, A. and Ulgiati, S. (2015). Time to re-think the GMO revolution in agriculture. *Ecological Informatics* 26, 35-49. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2014.05.002.

Royal Botanic Gardens Kew (2010). *Plants Under Pressure, a Global Assessment. The First Report of the IUCN Sampled Red List.* Kew and London: Royal Botanical Gardens, Natural History Museum and IUCN. https://www.kew.org/sites/default/files/kppcont_027304.pdf.

Royal Botanical Gardens Kew (2016). *The State of the World's Plants 2016.* https://stateoftheworldsplants.org/2016/report/sotwp_2016.pdf.

Royal Botanic Gardens Kew (2017). *The State of the World's Plants 2017.* https://stateoftheworldsplants.com/2017/report/SOTWP_2017.pdf.

Sala, E., Lubchenco, J., Grorud-Colvert, K., Novelli, C., Roberts, C. and Sumaila, U.R. (2018). Assessing real progress towards effective ocean protection. *Marine Policy* 91, 11-13. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.004.

Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. and Chen, Y. (2016). *Guidelines on Urban and Peri-Urban Forestry.* FAO Forestry Paper No.178. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-i6210e.pdf.

Scheffers, B.R., De Meester, L., Bridge, T.C.L., Hoffmann, A.A., Pandolfi, J.M., Corlett, R.T. *et al.* (2016). The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science* 354(6313). https://doi.org/10.1126/science.aaf7671.

Schütte, G., Eckerstorfer, M., Rastelli, V., Reichenbecher, W., Restrepo-Vassalli, S., Ruohonen-Lehto, M. *et al.* (2017). Herbicide resistance and biodiversity: Agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. *Environmental Sciences Europe* 29(5). https://doi.org/10.1186/s12302-016-0100-y.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010). *Linking Biodiversity Conservation and Poverty Alleviation: A State of Knowledge Review.* Montreal. https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-55-en.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012). *Cities and Biodiversity Outlook: Action and Policy. A Global Assessment of the Links between Action and Policy Urbanization, Biodiversity, and Ecosystem Services.* Montreal. https://www.cbd.int/doc/health/cbo-action-policy-en.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2013). Biodiversity is key to sustainable, efficient, resilient and nutritious food production. *Biodiversity for Food Security and Nutrition*, 5. July 2013. https://www.cbd.int/doc/newsletters/development/news-dev-2015-2013-07-en.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014). *Global Biodiversity Outlook 4: A Mid-Term Assessment of Progress Towards the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020.* Montréal. https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en-hr.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2015). *Synthetic Biology.* CBD Technical Series No. 82. Montreal. https://www.cbd.int/ts/cbd-ts-82-en.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2016). *Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity.* CBD Technical Series No. 83. Montreal. https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf.

Seddon, N., Mace, G.M., Naeem, S., Tobias, J.A., Pigot, A.L., Cavanagh, R. *et al.* (2016). Biodiversity in the Anthropocene: Prospects and policy. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1844). https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2094.

Seebens, H., Blackburn, T.M., Dyer, E.E., Genovesi, P., Hulme, P.E., Jeschke, J.M. *et al.* (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature communications* 8, 14435. https://doi.org/10.1038/ncomms14435.

Sehring, J. and Diebold, A. (2012). *From The Glaciers To The Aral Sea-Water Unites. 1st* edn: Trescher Verlag. https://www.researchgate.net/publication/319112234_From_the_Glaciers_to_the_Aral_Sea_Water_Unites.

Serda, B., Zewudu, T., Dereje, M. and Aman, M. (2015). Beekeeping practices, production potential and challenges of bee keeping among beekeepers in Haramaya District, Eastern Ethiopia. *Journal of Veterinary Science and Technology* 6(5), 255. https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000255.

Shen, M., Piao, S., Chen, X., An, S., Fu, Y.H., Wang, S. *et al.* (2016). Strong impacts of daily minimum temperature on the green-up date and summer greenness of the Tibetan Plateau. *Global Change Biology* 22(9), 3057-3066. https://doi.org/10.1111/gcb.13301.

Shrestha, U.B., Gautam, S. and Bawa, K.S. (2012). Widespread climate change in the Himalayas and associated changes in local ecosystems. *PloS one* 7(5), e36741. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036741.

Sibhatu, K.T., Krishna, V.V. and Qaim, M. (2015). Production diversity and dietary diversity in smallholder farm households. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(34), 10657-10662. https://doi.org/10.1073/pnas.1510982112.

Smith, P., House, J.I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G. *et al.* (2016). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology* 22(3), 1008-1028. https://doi.org/10.1111/gcb.13068.

Sobrevila, C. (2008). *The Role of Indigenous Peoples in Biodiversity Conservation.* World Bank. https://siteresources.worldbank.org/INTBIODIVERSITY/Resources/RoleofIndigenousPeoplesinBiodiversityConservation.pdf.

South Africa, Department of Environmental Affairs (2016). *Rhino poaching statistics update 2007-2015.* [https://www.environment.gov.za/projectsprogrammes/rhinodialogues/poaching_statistics#2015 (Accessed: 2 April 2017).

Southern Africa Development Community (2014). *Livestock information management system.* Southern Africa Development Community. http://gisportal.sadc.int/lims-db/

Spatz, D.R., Zilliacus, K.M., Holmes, N.D., Butchart, S.H.M., Genovesi, P., Ceballos, G. *et al.* (2017). Globally threatened vertebrates on islands with invasive species. *Science advances* 3(10). https://doi.org/10.1126/sciadv.1603080.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. *et al.* (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855.

Stevens, N., Lehmann, C.E.R., Murphy, B.P. and Durigan, G. (2017). Savanna woody encroachment is widespread across three continents. *Global Change Biology* 23(1), 235-244. https://doi.org/10.1111/gcb.13409.

Stimson Center (2016). *Environmental crime: Defining the challenge as a global security issue and setting the stage for integrated collaborative solutions.* [Stimson https://www.stimson.org/enviro-crime/ (Accessed: 12 April 2017).

Stoett, P. (2018). Unearthing under-governed territory: Transnational environmental crime.In *Just Security in an Undergoverned World.* Larik, J., Ponzio, R. and Durch, W. (eds.). Oxford: Oxford University Press. 238-263. https://global.oup.com/academic/product/just-security-in-an-undergoverned-world-9780198805373

Strayer, D.L. (2010). Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater Biology* 55(1), 152-174. https://www.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02380.x.

Suich, H., Howe, C. and Mace, G. (2015). Ecosystem services and poverty alleviation: A review of the empirical links. *Ecosystem Services* 12, 137-147. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.02.005.

Sunday, J.M., Fabricius, K.E., Kroeker, K.J., Anderson, K.M., Brown, N.E., Barry, J.P. *et al.* (2017). Ocean acidification can mediate biodiversity shifts by changing biogenic habitat. *Nature Climate Change* 7, 81-85. https://doi.org/10.1038/nclimate3161.

Sutherland, W.J., Butchart, S.H.M., Connor, B., Culshaw, C., Dicks, L.V., Dinsdale, J. *et al.* (2018). A 2018 horizon scan of emerging issues for global conservation and biological diversity. *Trends in Ecology & Evolution* 33(1), 47-58. https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.11.006.

Sylvester, O., Segura, A.G. and Davidson-Hunt, I.J. (2016). The protection of forest biodiversity can conflict with food access for indigenous people. *Conservation and society* 14(3), 279-290. https://doi.org/10.4103/0972-4923.191157.

Thackeray, S.J., Henrys, P.A., Hemming, D., Bell, J.R., Botham, M.S., Burthe, S. *et al.* (2016). Phenological sensitivity to climate across taxa and trophic levels. *Nature* 535(7611), 241-245. https://doi.org/10.1038/nature18608.

Thapa, I., Butchart, S.H.M., Gurung, H., Stattersfield, A.J., Thomas, D.H.L. and Birch, J.C. (2016). Using information on ecosystem services in Nepal to inform biodiversity conservation and local to national decision-making. *Oryx* 50(1), 147-155. https://doi.org/10.1017/S0030605314000088.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. and Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108.

Tittensor, D.P., Walpole, M., Hill, S.L.L., Boyce, D.G., Britten, G.L., Burgess, N.D. *et al.* (2014). A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science* 346(6206), 241. https://doi.org/10.1126/science.1257484.

Trathan, P.N., Lynch, H.J. and Fraser, W.R. (2016). *Changes in penguin distribution over the Antarctic Peninsula and Scotia Arc.* [Antarctic Environments Portal https://doi.org/10.18124/D43019 (Accessed: 18 May 2017).

Tsatsakis, A.M., Nawaz, M.A., Tutelyan, V.A., Golokhvast, K.S., Kalantzi, O.-I., Chung, D.H. *et al.* (2017). Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food and Chemical Toxicology* 107, 108-121. https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.033.

United Kingdom Office for National Statistics (2018). *UK natural capital: Ecosystem service accounts, 1997 to 2015.* https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/bulletins/uknaturalcapital/ecosystemserviceaccounts1997to2015 (Accessed: 10 April 2018).

United Nations (1992). *Convention on Biological Diversity,* 1992. https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf.

United Nations (2015). *Majority female ranger unit from South Africa wins top UN environmental prize.* http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/09/majority-female-ranger-unit-from-south-africa-wins-top-un-environmental-prize-2/.

United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook.* Bonn. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20English_Full_Report_rev1.pdf.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2014). *Addressing the impacts of harmful algal blooms on water security.* [http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/display-single-publication/news/addressing_the_impacts_of_harmful_algal_blooms_on_water_secu/ (Accessed: 15 January 2018).

United Nations Environment Programme (2012). *Global Environmental Outlook-5: Environment for the Future We Want.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?isAllowed=y&sequence=5.

United Nations Environment Programme (2014). *UNEP Year Book 2014 Emerging Issues Update: Illegal Trade in Wildlife.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/18380/UNEP_Year_Book_2014_Emerging_issues_update_I.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2016a). *GEO-6 Regional Assessment for Africa.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7595/GEO_Africa_201611.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2016b). *GEO-6. Regional Assessment for Asia and the Pacific.* Nairobi,: United Nations Environment Programme. http://web.unep.org/geo/assessments/regional-assessments/regional-assessment-asia-and-pacific.

United Nations Environment Programme (2016c). *GEO-6. Regional Assessment for Latin America and the Caribbean.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://web.unep.org/geo/assessments/regional-assessments/regional-assessment-latin-america-and-caribbean.

United Nations Environment Programme (2016d). *GEO-6. Regional Assessment for North America* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://web.unep.org/geo/assessments/regional-assessments/regional-assessment-north-america.

United Nations Environment Programme (2016e). *GEO-6. Regional Assessment for Pan European Region.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://web.unep.org/geo/assessments/regional-assessments/regional-assessment-pan-european-region.

United Nations Environment Programme (2016f). *GEO-6. Regional Assessment for West Asia.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://web.unep.org/geo/assessments/regional-assessments/regional-assessment-west-asia.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (2016a). *The State of Biodiversity in Africa: A mid-term review of progress towards the Aichi Biodiversity Targets.* Cambridge: UNEP-WCMC.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (2016b). *The State of Biodiversity in Asia and the Pacific: A mid-term review of progress towards the Aichi Biodiversity Targets.* Cambridge: UNEP-WCMC.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (2016c). *The State of Biodiversity in Latin America and the Caribbean: A mid-term review of progress towards the Aichi Biodiversity Targets.* Cambridge: UNEP-WCMC.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (2016d). *The State of Biodiversity in West Asia: A mid-term review of progress towards the Aichi Biodiversity Targets.* Cambridge: UNEP-WCMC.

United Nations Environment Programme -World Conservation Monitoring Centre, International Union for Conservation of Nature and National Geographic Society (2018). Protected Planet Report 2018. Gland.https://livereport.protectedplanet.net/pdf/Protected_Planet_Report_2018.pdf

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre and Institute for Development of Environmental-Economic Accounting (2017). *Experimental Ecosystem Accounts for Uganda.* Cambridge. https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/experimental-ecosystem-accounts-for-uganda.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2018). *Reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries (REDD-plus).* https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/reddplus (Accessed: 3 June 2017).

United Nations Office on Drugs and Crime (2016). *World Wildlife Crime Report: Trafficking in Protected Species.* Vienna. https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/wildlife/World_Wildlife_Crime_Report_2016_final.pdf.

Urban, M.C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348(6234), 571-573. https://doi.org/10.1126/science.aaa4984.

van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B.D., Van Franeker, J.A. *et al.* (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters* 10(12), 124006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006.

van Veenhuizen, R. (2012). Urban and Peri-Urban Agriculture and Forestry (UPAF): An Important Strategy to Building Resilient Cities? The Role of Urban Agriculture in Building Resilient Cities *Webinar ICLEI.* 18 October 2012. Resource Centres on Urban Agriculture and Food Security Foundation, http://resilient-cities.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Resilient_Cities_2012/Digital_Congress_Proceedings/RUAF_RvV_ICLEI_181012.pdf

van Wilgen, B.W., Cowling, R.M., Marais, C., Esler, K.J., McConnachie, M. and Sharp, D. (2012). Challenges in invasive alien plant control in South Africa. *South African Journal of Science* 108(11-12), 8-11. http://ref.scielo.org/ksrrpx.

Venter, O., Sanderson, E.W., Magrach, A., Allan, J.R., Beher, J., Jones, K.R. *et al.* (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature communications* 7(12558). https://doi.org/10.1038/ncomms12558.

Vogel, G. (2017). Where have all the insects gone? *Science* 356(6338), 576-579. https://doi.org/10.1126/science.356.6338.576.

Waldron, A., Miller, D.C., Redding, D., Mooers, A., Kuhn, T.S., Nibbelink, N. *et al.* (2017). Reductions in global biodiversity loss predicted from conservation spending. *Nature* 551, 364. https://doi.org/10.1038/nature24295.

Wall, D.H., Nielson, U.N. and Six, J. (2015). Soil biodiversity and human health. *Nature* 528(7580), 69-78. https://doi.org/10.1038/nature15744.

Walsh, J.R., Carpenter, S.R. and Vander Zanden, M.J. (2016). Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(15), 4081-4085. https://doi.org/10.1073/pnas.1600366113.

Wang, Y. and Zhou, J. (2013). Endocrine disrupting chemicals in aquatic environments: A potential reason for organism extinction? *Aquatic ecosystem health & management* 16(1), 88-93. https://doi.org/10.1080/14634988.2013.759073.

Ward, A., Dargusch, P., Thomas, S., Liu, Y. and Fulton, E.A. (2014). A global estimate of carbon stored in the world's mountain grasslands and shrublands, and the implications for climate policy. *Global Environmental Change* 28, 14-24. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.05.008.

Watson, J.E.M., Dudley, N., Segan, D.B. and Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature* 515(7525), 67-73. https://doi.org/10.1038/nature13947.

Watts, M. and Williamson, S. (2015). *Replacing Chemicals with Biology: Phasing Out Highly Hazardous Pesticides with Agroecology.* Penang: Pesticide Action Network Asia and the Pacific. https://www.panna.org/sites/default/files/Phasing-Out-HHPs-with-Agroecology.pdf.

Webber, B.L., Raghu, S. and Edwards, O.R. (2015). Opinion: Is CRISPR-based gene drive a biocontrol silver bullet or global conservation threat? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(34), 10565-10567. https://doi.org/10.1073/pnas.1514258112.

Wiersum, K.F., Humphries, S. and van Bommel, S. (2013). Certification of community forestry enterprises: Experiences with incorporating community forestry in a global system for forest governance. *Small-scale Forestry* 12(1), 15-31. https://doi.org/10.1007/s11842-011-9190-y.

Williams, R.S.R., Jara, J.L., Matsufuiji, D. and Plenge, A. (2011). Trade in Andean condor Vulture gryphus feathers and body parts in the city of Cusco and the Sacred Valley, Cusco region, Peru. *Vulture News* 61, 16-26. http://dx.doi.org/10.4314/vulnew.v61i1.2.

Wolkovich, E.M., Cook, B.I., Allen, J.M., Crimmins, T.M., Betancourt, J.L., Travers, S.E. *et al.* (2012). Warming experiments underpredict plant phenological responses to climate change. *Nature* 485(7399), 494-497. https://doi.org/10.1038/nature11014.

Wolkovich, E.M., Davies, T.J., Schaefer, H., Cleland, E.E., Cook, B.I., Travers, S.E. *et al.* (2013). Temperature-dependent shifts in phenology contribute to the success of exotic species with climate change. *American Journal of Botany* 100(7), 1407-1421. https://doi.org/10.3732/ajb.1200478.

Woodcock, B.A., Isaac, N.J.B., Bullock, J.M., Roy, D.B., Garthwaite, D.G., Crowe, A. *et al.* (2016). Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature communications* 7(12459). https://doi.org/10.1038/ncomms12459.

World Health Organization and Secretariat of the Convention on Biodiversity (2015). *Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health. Summary of the State of Knowledge Review.* Geneva. https://www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf.

World Wide Fund for Nature (2015). *Living Blue Planet Report: Species, Habitats and Human Well-being.* Gland. https://www.wwf.or.jp/activities/data/20150831LBPT.pdf.

World Wide Fund for Nature (2016). *Living Planet Report 2016: Risk and Resilience in a New Era.* Gland. http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2016.pdf.

World Wide Fund for Nature (2018). *Living Planet Report 2018: Aiming Higher.* Gland. https://c402277.ssl.cf1.rackcdn.com/publications/1187/files/original/LPR2018_Full_Report_Spreads.pdf.

World Wide Fund for Nature, Zoological Society of London, Global Footprint Network and European Space Agency (2012). *Living Planet Report 2012. Biodiversity, Biocapacity and Better Choices.* Gland: WWF International. https://portals.iucn.org/library/node/29018.

World Wildlife Fund for Nature (2013). *Chitwan Annapurna Landscape (CHAL): A Rapid Assessment.* Nepal. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00K357.pdf.

Worm, B., Davis, B., Kettemer, L., Ward-Paige, C.A., Chapman, D., Heithaus, M.R. *et al.* (2013). Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. *Marine Policy* 40, 194-204. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.034.

Wright, S.L., Thompson, R.C. and Galloway, T.S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution* 178, 483-492. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031.

Young, K.R. (2014). Ecology of land cover change in glaciated tropical mountains. *Revista peruana de biología* 21(3), 259-270. http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v21i3.10900.

Zheng, H. and Cao, S. (2015). Threats to China's biodiversity by contradictions policy. *Ambio* 44(1), 23-33. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0526-7.

第 7 章

海洋和沿海

© Lorenzo Mittiga

领衔作者兼协调负责人： Elaine Baker（全球资源信息数据库——阿伦达尔中心，悉尼大学），Peter Harris（全球资源信息数据库——阿伦达尔中心），Adelina Mensah（加纳大学），Jake Rice（渔业及海洋部，加拿大）

领衔作者： James Grellier（埃克塞特大学欧洲环境与人类健康中心）

《全球环境展望》研究员： Al Anoud Alkhatlan（阿拉伯海湾大学）

执行摘要

在过去的十年中，随着人口增长和海洋资源的广泛利用，人类对海洋健康的压力持续增加（充分证实）。多重压力源产生的累积影响妨碍了海洋生态系统的健康，减少了自然对人类的益处。但是，在管理某些压力方面取得了成功，海洋健康得以改善，这些都提供了可借鉴的经验教训。在众多现有压力中，我们选择了三个在本期《全球环境展望》（GEO-6）评估中应特别注意的问题：珊瑚礁的白化；海洋垃圾；在实现世界海洋可持续渔业方面面临的挑战。{7.1}

热带珊瑚礁已经过了一个临界点，长期的白化已导致许多珊瑚礁死亡，即使在长达一个世纪的时间范围内，这些珊瑚礁也不太可能恢复（充分证实）。珊瑚白化是由海洋变暖导致的，而海洋变暖又归因于工业革命以来人为排放的温室气体（GHGs；特别是二氧化碳）。海洋变暖滞后于温室气体排放几十年，因此珊瑚礁白化的临界点在20世纪80年代就已经过去，当时大气中的二氧化碳浓度超过了百万分之（ppm）350。{7.3.1}

珊瑚礁白化事件现在的复发间隔约为6年，而已知的珊瑚礁恢复率超过10年（不完全证实）。这意味着，平均而言，在白化事件之间，珊瑚礁将没有足够的时间恢复，因此，预计在未来几十年内，珊瑚礁的健康状况将稳步下降。海洋可持续发展目标14.2“到2020年，可持续地管理和保护海洋及沿海生态系统，以避免受到重大不利影响，包括加强其恢复能力，并采取行动实施恢复，从而实现健康和富饶的海洋”，对大多数热带珊瑚礁生态系统来说可能无法实现。{7.3.1}。

证据表明，珊瑚礁的死亡将导致渔业、旅游业、生计和生境的损失（无定论）。热带珊瑚礁生态系统的消亡对许多依赖珊瑚礁的社区和行业来说将是一场灾难，各国政府应在未来十年为珊瑚礁产业的最终崩溃做好准备。珊瑚礁的贡献总值达290亿美元，其中包括它们对旅游业、渔业和海岸保护的价值。这些部门的损失尚未被记录在案，但在未来10年将发生损失的风险很大。{7.4.1}。

据估计，2016年渔业和水产养殖的价值为3620亿美元，其中水产养殖贡献2320亿美元（不完全证实）。海水养殖业规模正在扩大，但增长的主要是水产养殖，特别是内陆水产养殖（充分证实）。水产养殖占鱼类总产量的10%以上，而且这一比例还在增加。渔业和水产养殖总共支持5800万至1.2亿人的生计，具体取决于如何计算兼职就业和二级加工就业。绝大多数生计是由小型渔业提供的，这种情况在十多年来一直很稳定，但商业捕捞占商品价值的绝大部分，其中包括每年由发展中国家向国际市场出口的800多亿美元。{表7.1，7.3.2}。

鱼类富含蛋白质和对健康很重要的微量营养素，目前为31亿人提供了其饮食蛋白质的20%以上，在世界上许多普遍存在粮食不安全状况的地区，这一比例更高（不完全证实）。为了应对未来粮食安全和健康人口的挑战，除了更有效地利用所有收获的自然产品作为食物外，还必须从海洋和沿海捕获更多的鱼类、无脊椎动物和海洋植物作为食物，因此捕捞渔业和水产养殖预计都将扩大。{7.5.2}。

保持捕捞渔业的可持续性是有可能实现的，但这需要在监测、评估和管理方面进行大量投资，并需要基于当地社区的强有力的办法（不完全证实）。同样，可持续的水产养殖在运营管理中也需要知识和关怀。{7.6}。

审查显示，各国在其渔业和水产养殖的可持续性方面存在很大差异，诸如可投资于渔业研究和管理的总财富等因素，同时避免了提高能力的补贴，从而严重影响维持大规模渔业可持续性的能力（不完全证实）。对于小规模渔业而言，促进社区有效自我监管的社会结构和文化习俗的一致性强烈影响可持续性。{7.5.2}

渔业生态系统方法已在国家和区域政策中得到广泛采用，联合国粮食及农业组织（FAO）已提供了有关管理渔业足迹的行动的操作指南（无定论）。尽管承认了渔业对海洋生态系统的影响很大，并充分纳入政策，但将渔业对生态系统的影响降到最低的措施取得了喜忧参半的结果。然而，与对目标物种开发的可持续性一样，世界上部分地区有足够的经济资源投资于渔业监测和工具技术，从而提高捕获的选择性、减少对生境的影响，因此，副渔获物、丢弃物和渔具对生境的负面影响的生态踪迹正在减少。这一方法也正在水产养殖中得到应用，具有类似的目标，并被行业迅速采用。{7.4.2}。

海洋垃圾的数量继续增加——由于沿海地区家庭垃圾管理不善，估计每年有800万吨塑料进入海洋（不完全证实）。在所有海洋深处都发现了海洋垃圾。如果不进行干预，到2025年海洋塑料的数量预计将增加到100-250吨。{7.3.3}。

塑料颗粒越来越多地出现在海洋生物的消化系统中，包括人类食用的鱼类和贝类（不完全证实）。食用被塑料污染的海产品对人体健康的风险尚不清楚。有充分证据表明，海洋生物受到海洋垃圾缠结和塑料摄入的物理损害。有些塑料含有潜在的毒素，还能吸附和浓缩周围海水中的有毒物质。然而，目前没有证据表明这些污染物对海洋生物有严重的毒性作用。海洋垃圾还可以为病原体和入侵物种的传播提供一种运输手段（充分证实）。{7.4.4}。

海洋垃圾的经济、社会和环境代价不断增加，其中包括清理垃圾的直接经济代价以及旅游业和渔业等工业收入的损失（未解决）。地方层面以上的社会和卫生成本更难量化，生态系统功能和服务减少等环境成本也更难量化。{7.4.4}。

7.1 引言

世界海洋占地球表面的70%以上。2010年，沿海地区居住人口超过19亿，预计到2050年将达到24亿（Kummu等人，2016年）。30个特大城市[1]中，有20个位于沿海地区，预计这些特大城市的人口增长速度将快于非城市地区（Kummu等人，2016年）。增长最快的三个沿海特大城市是尼日利亚的拉各斯（4.17%的人口增长率）、中国广州（3.94%）和孟加拉国的达卡（3.52%）（Grimm和Tulloch编辑，2015年）。

7.1.1 欢迎来到海洋

许多人的健康和生计通过海洋的资源及其提供的重要美学、文化和宗教利益直接与海洋联系在一起。在全球31亿人的动物蛋白供应中，海鲜至少占20%（联合国粮食及农业组织，2016a）。这对经济处于不利地位的沿海地区和社区尤其重要。沿海生态系统也提供了许多不易货币化的好处，例如沿海稳定、调节沿海水质量和数量、生物多样性和许多重要物种的产卵栖息地。海洋是全球气候系统（政府间气候变化专门委员会，2013年）不可或缺的一部分，有助于热量传输，从而影响全球气温和降雨量。全球约50%的初级生产发生在海洋（Mathis等人，2016年）。海洋还提供了其他具有重要经济意义的资源，如骨料和沙子、可再生能源和生物制药。然而，由于污染、气候变化、过度捕捞、栖息地和生物多样性丧失等原因，海洋和沿海生态系统的健康状况不断恶化，影响着人类及其生计和海洋提供的许多间接利益。

根据定义，健康的海洋应该是基本生态系统功能和结构完好无损的海洋，因此：

- 能够维持生计并为人类福祉做出贡献；
- 适应当前和未来的变化。

只有在环境限度内运作和利用海洋和沿海生态系统，不造成严重或不可逆转的损害，人类才能继续享受各种惠益。然而，海洋和沿海生态系统的可持续利用受到许多变化因素的挑战（见第2章），还受到自然资源的竞争压力、管理的复杂性和多种经常相互冲突的用途的挑战（**图7.1**）。沿海国在其海洋管辖范围内享有权利和义务（联合国，1982年）。然而，海洋对行使管辖权带来了特殊挑战。洋流可以携带化学品、垃圾、新出现的有机污染物和病原体越过国家海洋边界，海洋生物和海鸟可能不会停留在国家管辖范围内。在国家管辖权以外的领域，协调管理措施特别困难，因为在这些领域，有许多机构和协议管制诸如航运、渔业和海底采矿等部门性问题。

各国不仅需要跨国界合作，还必须整合海洋和沿海生态系统各种用途的决策。海洋条件与海洋生物之间的相互联系以及海洋空间动态过程意味着任何单一工业部门的活动都可能产生深远的影响。这些可能会扰乱那些没有从造成影响的行业中获益的人们的生计。同样，在一个部门或管辖范围内采取保护措施所带来的预期收益可能由于在其他部门或辖区缺乏行动而减少或抵消。

气候变化和海洋酸化等全球性挑战也必须得到解决。气候变化影响海洋温度、海冰范围和厚度、盐度、海平面上升和极端天气事件。尽管气候变化的影响在区域层面各不相同，需要在地方和区域层面采取适应性管理措施（Von Schuckmann等人，2016年），但需要在更大的层面协调这些努力，并有效分享经验教训和最佳做法。

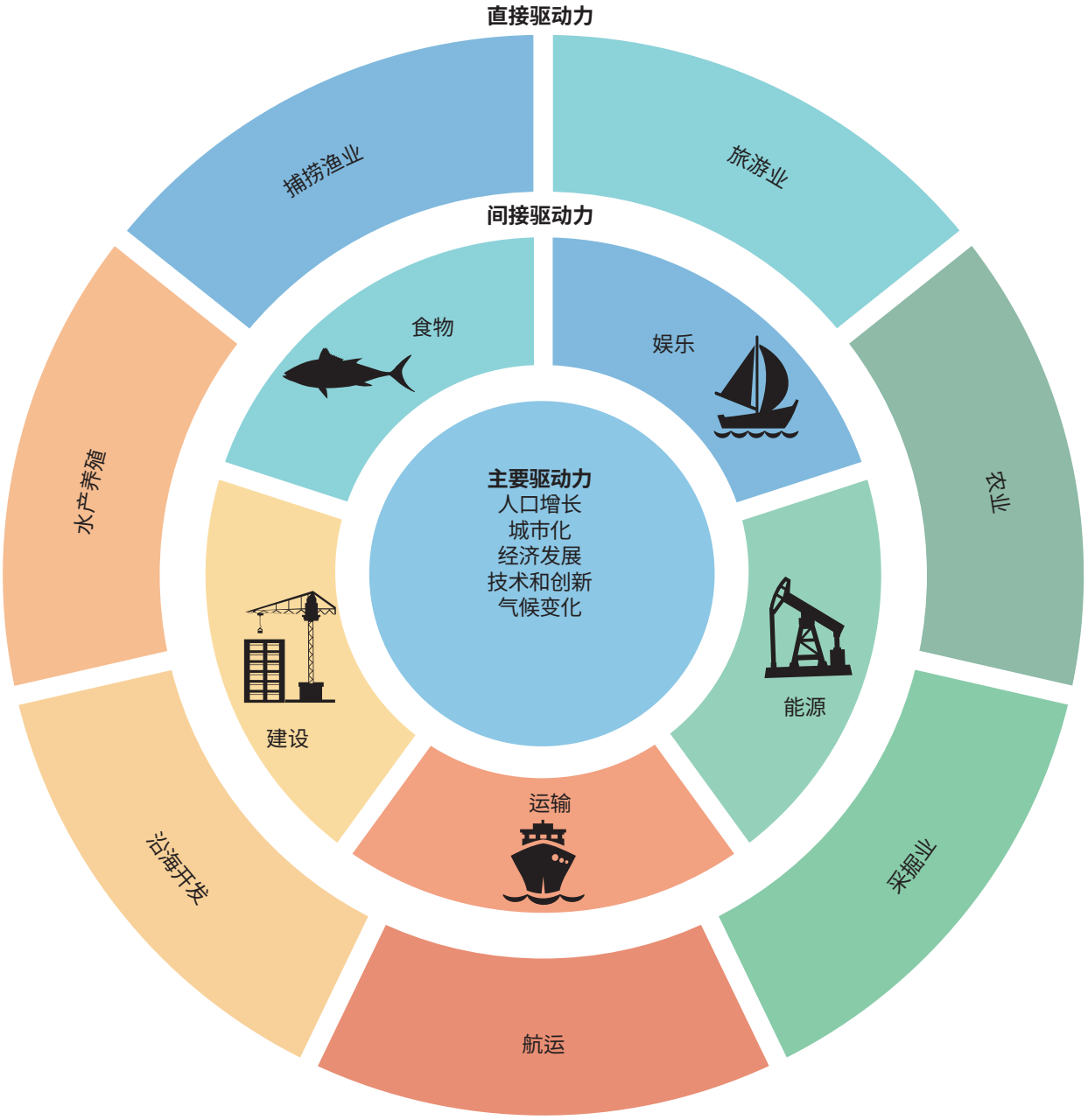
7.1.2 本章重点

海洋有许多用途，海洋生态系统之间以及陆地和邻近海洋之间有太多的联系，本章无法一一加以讨论。首次《全球综合海洋评估》（A/RES/70/235；Inniss和Simcock编辑，2016年）和政府间气候变化专门委员会（IPCC，2013年）的报告对海洋状况进行了近期综合评估。因此，这里选择了三个值得特别关注的主题——热带珊瑚礁、捕鱼和进入海洋环境的碎片。此外，还简要讨论了几个新出现的或关乎特定利益的主题——汞、采砂、深海采矿和海洋噪音。

之所以选择这三个主题，是因为联合国环境大会（UNEA）2016年5月第二次会议通过的决议，其中包括了在UNEP/EA.2/Res.12号决议中特别提到的珊瑚礁（联合国环境大会，2016a），以及UNEP/EA.2/Res.11号决议中提到的海洋垃圾（联合国环境大会，2016b）。《生物多样性公约》（CBD）缔约国会议第CBD/COP/DEC/XIII/10号特别决议（《生物多样性公约》，2016年）和《巴塞尔公约》缔约国会议（2017年）第BC 13/17号决定也将海洋垃圾包括在内。渔业与多个可持续发展目标有联系，它们也与第4章确定的跨领域主题（特别是性别、健康、粮食系统、气候变化、极地地区以及化学品和废弃物）相互联系。

1 人口超过1000万的城市。

图7.1:显示与海洋环境相关的驱动力和压力的通用示意图



中心圆圈代表了人类对海洋需求变化的主要高层次驱动力。内环代表驱动力推动的社会需求类型,外环代表满足需求的行业部门,这些行业部门通常都制定了相应的政策。通过部门行动表达的需求是相关的压力。

7.2 压力

人类活动可以以多种方式改变海洋及其资源，特别是通过陆地活动。《第一次全球海洋综合评估》的第五部分（Inniss和Simcock编辑，2016年）描述了人类活动的社会效益和主要影响，既有直接通过资源开采产生的（如鱼类、碳氢化合物、沙子）也有间接产生的（如渔具或采矿作业对海床的影响）。报告还记录了每个工业部门所支持的经济价值和生计数量（**表7.1**）。

许多海洋工业的足迹重叠（**表7.1**：第4栏），有时多个部门为不同的目的使用相同的资源（例如鱼类既用于生态旅游

表 7.1：与海洋有关的主要产业的经济价值，就业和主要环境影响的估计

部门【以及世界海洋评估章节】	经济价值与运营规模	就业/生计	若监管不当对环境造成的重大影响
渔业 【9, 11, 12】	3620亿美元（包括海水养殖和淡水养殖——大约280亿美元，但核算没有完全分开）。	5800万-1.2亿（取决于如何计算兼职就业和二级加工就业）。	如果顶级捕食者或主要牧草种类被耗尽或捕捞活动具有高度选择性，食物网结构和功能就会发生变化。 一些非目标物种的副渔获物只能维持极低的死亡率（例如海龟、许多海鸟和小型鲸类）。渔具对海底栖息地和底栖生物的影响，特别是结构上脆弱的生境（例如珊瑚、海绵）。 持续打捞遗失的渔具。
	有能力的政府间组织		
航运 【17】	50.5万亿吨英里的货物； 旅客吞吐量20.5亿人次	> 125万名海员	可能导致货物泄漏、燃料泄漏和人员伤亡的船舶灾难和事故。货物的毒性从零到严重不等。 燃料和其他碳氢化合物的慢性和间歇释放。偶尔丢失有毒物品的容器。排放污水、废物和“灰水”。 通过压载水和舱底水传播入侵物种。使用防污漆。 船舶发出的噪音。 海上运输约占全球温室气体排放量的3%。
	有能力的政府间组织及公约——国际海事组织及《防止传播污染国际公约》		
港口 【18】	50.9亿吨散货	技术的发展使得码头工人的统计数据无法保持一致	航运的集中及其对环境的潜在影响。 需要疏浚及进入深水通道。 基础设施建设对海床和海岸线的影响。 噪音。
	有能力的政府间组织——国际海事组织及《防止传播污染国际公约》，但主要是地方管辖		
海洋碳氢化合物产业 【21】	5000亿美元（每桶50美元）	20万离岸生产工人	碳氢化合物的释放，特别是在井喷或平台灾难期间的释放，有可能有大量的碳氢化合物进入海洋系统，对旅游业、美学和文化价值具有持久的影响。 给海洋和沿海生物及及其生境带来油污。 污染物进入食物网和潜在的人类食物来源操作中使用的化学物质的长期释放。 清理溢油过程中分散剂的间歇性释放。 本地底栖生物窒息。 来自地震勘测和船舶的噪音。 停运过程中生物群的扰动。
其他海洋能源产业 【2】	产生7.36兆瓦	每兆瓦7-11个工作年	争夺基础设施和生物群迁徙的空间。 基础设施导致底栖动物局部死亡。 能源涡轮机和风车中鸟类、鱼类的死亡率。 基础设施建设和停运期间的噪声和物理干扰。
	有能力的政府间组织——主要是地方管辖		
海上采矿 【23】	50-54亿美元	7100–12000（不完整）	海洋物种（特别是底栖动物）的死亡、迁移或灭绝。破坏海底生境，特别是脆弱或敏感的生境。 羽状沉积物的形成和沉积物的沉积。 噪音。 深海采矿可能污染食物链。 易受沉积物浓度和缺氧影响的微生境的形成【23.3】。
	有能力的政府间组织 ——国际海底管理局		
海洋旅游 【27】	2.3万亿美元（占所有旅游业粗略估计的35%，包括乘数效应）	由于缺乏常见的乘数效应处理方法，因此无法估算。总体旅游业被认为占全球劳动力的3.3%，但海洋和非海洋的区分并不一致。	沿海基础设施建设改变了生境，增加了侵蚀、生物群落的死亡率和位移、噪声。 废物和污水污染沿海水域。 人类活动增加对生物的干扰，特别是在高多样性的栖息地潜水以及观看海洋巨型动物。 因休闲捕鱼而增加的死亡率。增加划船与航运对当地的所有影响。
	有能力的政府间组织——无		

IGO：政府间组织；IMO：国际海事组织；ISA：国际海底管理局；MARPOL：《防止传播污染国际公约》

资料来源：除非另有说明，所有信息均摘自《第一次全球海洋综合评估》（联合国，2016年），第一栏中有章节说明。对于某些行业，不同国家的经济价值记录差异太大，无法对全球经济价值进行有效估算，因此使用了行业规模的其他指标。报告年度也没有对所有行进行标准化，但所有估计都是2012年或更晚。表项应作为全球规模的指标，在区域和国家范围内有较大的差异。国际海事组织（2015年）。

目的，也用作当地社区的食物；另见Halpern等人，2012年）。因此，要制定有效的管理策略，就需要有关政策能解决累积的影响而不仅仅是部门的足迹（Halpern等人，2008年）。

7.3 状况

7.3.1 2015-2017年珊瑚白化危机

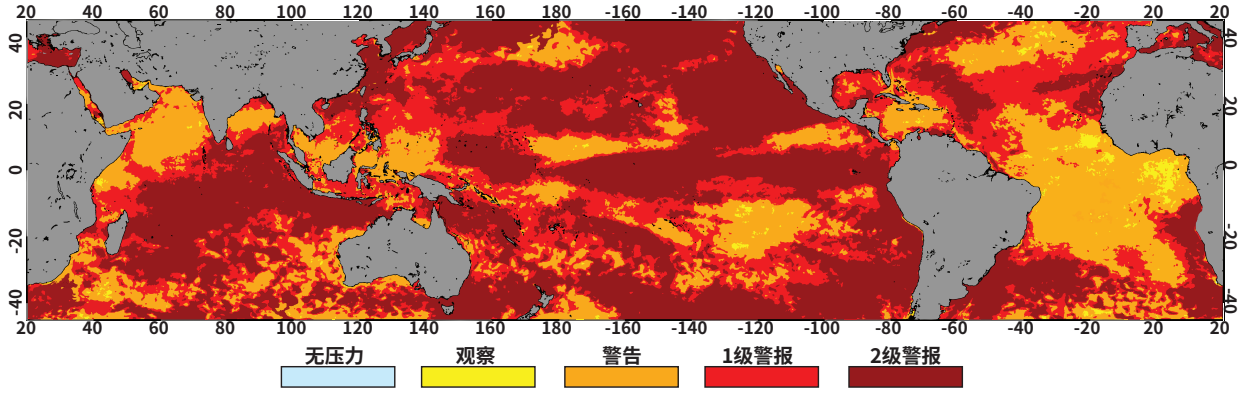
热带珊瑚礁[2]是地球上生物多样性最丰富的生态系统之一，约占所有海洋生物多样性的30%（Burke等人，2012年）。“珊瑚三角”地区包括印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、东帝汶、巴布亚新几内亚和所罗门群岛，是生物多样性最丰富的地区，拥有550多种硬珊瑚（作为对比，加勒比和大西洋地区约有65种珊瑚）。全球珊瑚礁面积约为25万平方公里。由于多种人类压力（包括污染、捕鱼和珊瑚白化），目前许多地方的珊瑚礁健康状况非常差。

当珊瑚因温度、光照或养分等条件的变化而受到压力时，就会发生珊瑚白化，使珊瑚排出生活在其组织中的共生藻类，从而露出其白色的骨架。过去二十年来，由于海洋表面温度升高而导致的大规模珊瑚礁白化事件经常被报道，气候研究表明，这些事件之间的复发间隔现在约为六年（Hughes等人，2018年）。2015年北半球和2015-2016年南半球的夏季是有记录以来最热的季节，造成了有记录以来最严重的珊瑚白化。美国国家海洋和大气管理局（NOAA）宣布，继1998年和2010年的类似事件之后，2015年是第三次全球珊瑚白化事件的开始。第三次事件仍在继续，这是有记录以来持续时间最长、破坏性最大的一次，迄今全世界70%的珊瑚礁受到影响，有些地区的珊瑚礁每年都会发生白化（**图7.2**）。澳大利亚大堡礁受到的冲击尤为严重，自2016年以来，超过50%的大堡礁受到了影响（澳大利亚，大堡礁海洋公园管理局，2017年）。

珊瑚礁白化的严重程度在珊瑚礁内部和各区域之间都有所不同，一些以前没有经历过白化的地区在这次事件中也受到了影响。最近宣布了一项确定50个最可能在2050年以后存活的珊瑚礁区域的倡议，其目标是鼓励各国政府将这些区域留作保护和养护之用（https://50reefs.org）。

在最近发表的政府间气候变化专门委员会《第五次评估报告》摘要中，O’ Neill 等人（2017年）得出结论，“有强有力的证据（来自最近的珊瑚白化）表明，早期预警信号显示生物物理机制可能已经在发生转变”。Veron等人（2009年）预测，一旦全球大气二氧化碳浓度达到350ppm，珊瑚礁白化临界点（超过阈值时状态的突变）就会出现。这个值在1988年左右就达到了，但是由于海洋变暖滞后于全球大气二氧化碳水平（Hansen等人，2005年），经过了30年这一水平二氧化碳的影响才显现出来。这种滞后效应是由于全球海洋环流的速度较慢，而二氧化碳水平却迅速上升。事实上，海洋目前正在对几十年前的二氧化碳水平做出反应，综合证据表明珊瑚白化的临界点已经过去（Hoegh-Guldberg等人，2007年；Frieler等人，2013年）。Veron等人（2009年）所述的350ppm临界点在29年前已经达到，可能致使许多珊瑚死亡。鉴于全球大气中的二氧化碳含量现在已经超过400ppm，这对珊瑚礁的生存将产生严重影响。最近的模型显示，即使2015年巴黎气候变化大会（COP 21）之后做出的承诺成为现实，超过75%的珊瑚礁将在2070年之前每年都要经历严重的白化（van Hooidonk等人，2016年；联合国环境规划署，2017年）。专家们一致认为，存活到21世纪末的珊瑚礁与我们今天所熟悉的珊瑚礁几乎没有相似之处（Hughes等人，2017年）。

图7.2：2014-2017年全球珊瑚白化事件（撰写本文时仍在进行中）期间最大热应力地图



[2]级热应力警报表示珊瑚普遍白化，死亡率很高。1级热应力警报表示珊瑚明显白化。较低的压力水平也可能导致一些白化现象。

资料来源：美国国家海洋和大气管理局（NOAA）（2017年）。

2 热带珊瑚礁不包括深海、冷水珊瑚礁或温带岩石珊瑚

7.3.2 渔业

捕捞渔业

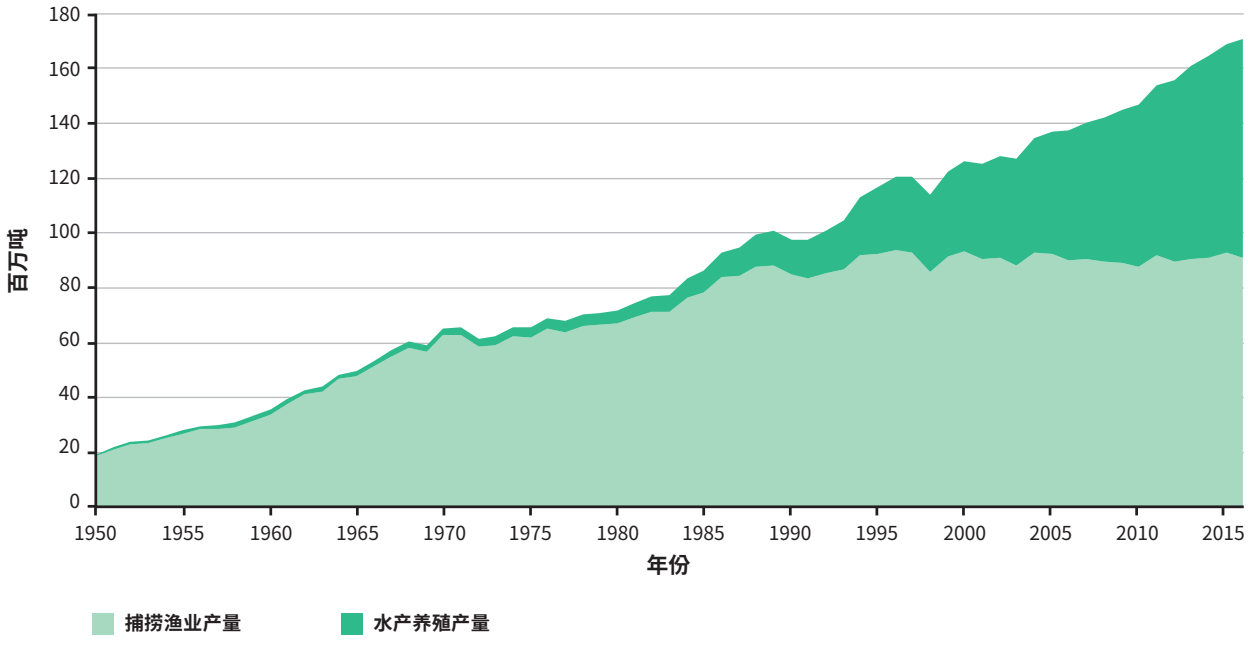
除了由于自然变化和气候变化造成的海洋状况变化外，人们还通过获取海洋资源来改变海洋的状态。范围最广、规模最大的是捕捞鱼类和其他海洋生物以供人类消费和某些工业用途（例如水产养殖饲料）。

海洋是越来越重要的食物来源（国际劳工组织，2014年）。到2017年，捕捞渔业和海水养殖业[3]的总产量超过1.7亿公吨，海水养殖业的贡献将继续增长（联合国粮食及农业组织，2018a）。鱼类为31亿多人提供了20%以上的膳食蛋白质，在粮食安全问题很严重的沿海地区，这一比例很高。此外，鱼类中的微量营养元素对人类健康具有重要作用，在鱼类供应量下降的地区难以替代（Roos等人，2007年；联合国粮食及农业组织，世界卫生组织，2014年；Thilsted等人，2014年）。

捕捞渔业在过去的15年中一直稳定在9000万吨左右，而养殖设施的产量却在持续增长（**图7.3**）。关于当前捕捞水平的可持续性存在争议，关于种群状况、趋势成因和管理措施有效性的许多基本观点也存在分歧（Worm等人，2009年；Froese等人，2013年；Melnichuk等人，2016年）。一些渔业危机已成为教科书中的故事：由于过度扩大捕捞能力和努力、缺乏管理的技术创新、政治化或非预防性决策、科学、管理和治理效率低下等因素的多种组合而造成损害。此外，面临管理决策的惰性，环境变化和种群动态的相互作用在加拿大东部鳕鱼渔业崩溃（Rose，2007年；Rice，2018年）以及秘鲁和智利近海的太平洋小型远洋物种渔业的崩溃中发挥了重要作用（Chavez 等人，2008年）。

关于渔业可持续性的大量文献都包含许多不可持续扩张的案例，以及在管理开采率和重建先前枯竭的种群方面的成功案例。对于有能力和政治意愿评估鱼类状况和捕捞死亡率并实施监测、控制和监督措施的国家，1990年至目前的趋势表明，这些国家通常避免了过度捕捞（Hilborn和Ovando，2014年；Melnychuk等人，2016年）。但是，审查也显示各国之间差异（诸如在避免发放提高能力的补贴前提下可投资于渔业研究和管理的总财富等因素）很大，严重影响了维持渔业可持续的能力。在司法管辖区拥有足够研究和管理资源并实施有效治理的绝大多数情况下，渔业死亡率已受到限制或降低到可持续的水平，种群被评估为健康或从历史过度捕捞中恢复过来（**图7.4**）。但是，如果没有为资源评估和监测、控制和监测措施提供大量资金，过度捕捞、非法捕捞、未报告或不受管制（IUU）[4]捕捞和资源耗竭现象仍继续存在，而且可能会扩大。

7.3：世界捕捞渔业和水产养殖产量

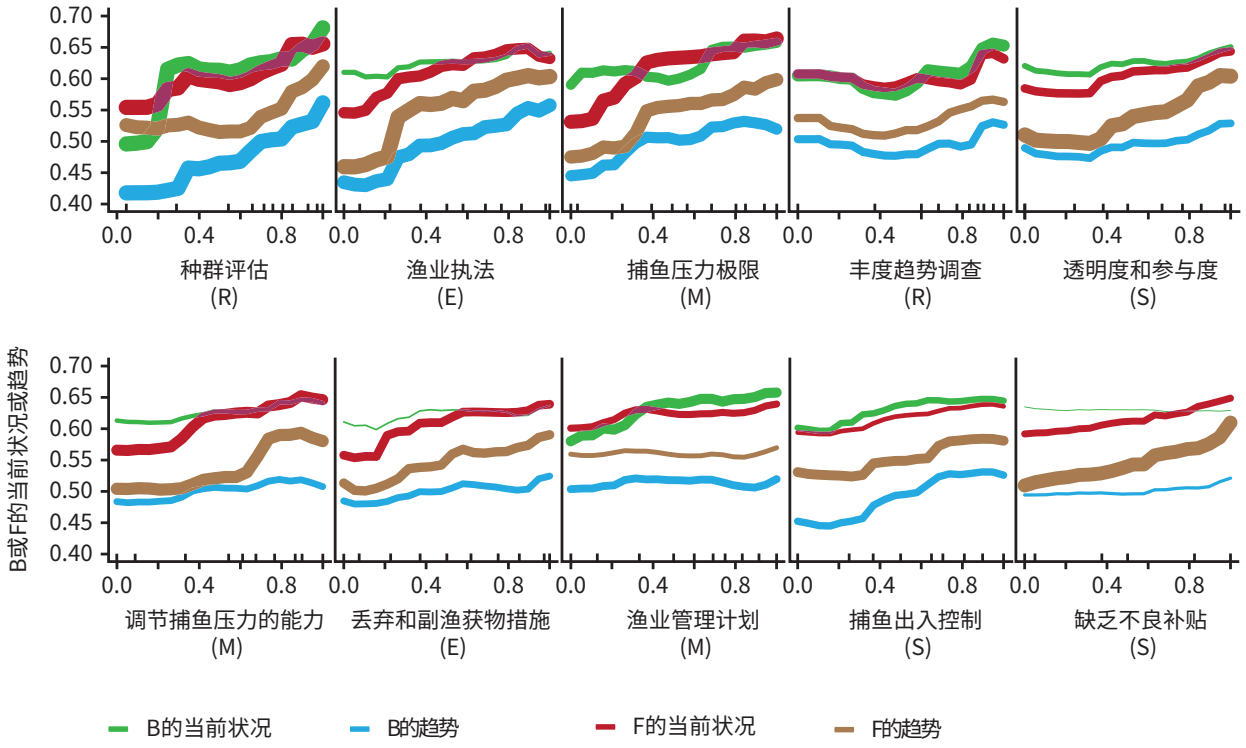


资料来源：联合国粮食及农业组织（2018a）。

3 在此报告中，“水产养殖”是用于圈养最终供人类食用的鱼类和贝类的通用术语，而“海水养殖”是在海洋，沿海和河口地区实施的水产养殖的一部分。

4 非法、未报告和不受管制的捕鱼是一广义术语，包括：违反国家、区域和国际法进行的捕鱼和与捕鱼有关的活动；未报告、误报或漏报有关捕鱼作业及其渔获量的资料。

图7.4：受科学、管理和治理等多种因素影响的鱼类种群状况和捕捞死亡率。纵轴上相对分数越高反映了相对于理论上“理想”管理种群状况越好



渔业管理属性在研究（R）、管理（M）、执法（E）和社会经济学（S）方面对生物质（B）和捕捞死亡率（F）的当前状态和趋势的影响。线宽反映了每个维度在x和y变量关系上的不同重要性。

资料来源：Melnychuk等人，2016年。

此外，渔业在地理上仍在扩张，管理权限难以跟上。原因包括：

- 有些管辖区试图减少辖区内的捕捞而希望从辖区外获取；
- 亚洲地区船队的捕捞能力持续增加（尽管其他司法管辖区的船队捕捞能力正在下降）；
- 全球捕捞效率的总体提高（Bell、Watson和Ye，2017年；Jacobsen、Burgess和Andersen，2017年）。

随着人类活动导致的全球变暖引起的海洋状况发生变化，捕鱼工作将发生空间调整（Cheung、Watson and Pauly，2013年），但物种重新分布的细节尚无定论（Barange等人，2014年5；Johnson等人，2016年；Salinge等人，2016年），适用于这种动态变化的管理策略尚处于发展的早期阶段（Schindler和Hilborn，2015年；Creighton等人，2016年）。

渔业已扩展到许多海洋海山，在这些海山，甚至在区域渔业管理组织/机构收集到足够的信息以评估可持续的捕捞水平之前，诸如橘棘鲷和奥利奥等寿命较长、生长缓慢的鱼类的累积生物量往往已经枯竭（联合国粮食及农业组

© Shutterstock/Alexey Pevnev

专栏7.1：极地海洋渔业

极地海洋未被确定为《全球环境展望6》区域，但**表7.1**所列的许多部门也存在于一个或两个极地区域。关于极地海洋带来的经济价值和生计支持的估计是不完整的，但海洋资源对北美北极地区15万多名因纽特人的生计仍然至关重要（因纽特人北极圈理事会，2011年）。美国和加拿大在本国管辖范围内暂停在北冰洋的商业捕鱼活动，而在国际北极水域，最近中国、丹麦（格陵兰）、欧洲联盟、冰岛、日本和韩国加入加拿大、俄罗斯和美国最初发起的暂停活动。5在挪威和俄罗斯管辖下的极地地区，渔业由国家当局管理，并由国际海洋考察理事会（ICES）定期评估。

自1982年以来，在南极海洋生物资源保护委员会（CCAMLR）的监管框架下，南大洋的牙鱼、冰鱼和磷虾的商业渔业受到起诉。牙鱼和磷虾的渔业迅速发展，磷虾的捕鱼量不到预防性捕捞限额的三分之一（南极海洋生物资源保护委员会，2016年）。牙鱼和冰鱼渔业已经被认证为可持续渔业（由独立机构——海洋管理委员会认证），在阻止非法捕捞、未报告或不受管制捕捞方面取得重大进展（Österblom和Bodin，2012年）。在五年内，合法渔业的年收入超过2亿美元（牙鱼），磷虾达到7000万美元（Hoshino和Jennings，2016年）。南极海洋生物资源保护委员会定期对其状况进行审查（如南极海洋生物资源保护委员会，2016年）。极地海洋正经历着最迅速的气候变化，北极附近的生计正受到许多不利影响（因纽特人北极圈理事会，2011年）。例如，由于海冰变薄和消失，土著渔民季节性地进入海冰渔场已经成为问题。海底开采、碳氢化合物资源和商业运输的机会将需要制定适当的政策，以确保当地居民从中获益。

织，2009a；Koslow等人，2016年）。因海冰融化、捕捞技术不断改进，极地鱼类种群更多地可供商业渔业利用，如果不加以谨慎管制，过度捕捞可能成为特别的威胁（**专栏7.1**）。这种渔业可以迅速扩大，挑战管理管辖区的能力（Swan和Greboval，2005年），随着渔业在国家管辖范围以外地区的扩大，区域渔业管理组织/机构发挥着重大作用。

如果过度捕捞现象已经减少或消除，或者新渔业被限制在可持续水平内，那么必定采取了多种措施（Melnychuk等人，2016；Garcia等人，2018年）。限制总渔获量的工作（渔船的数目和大小、捕捞天数等等）几乎是普遍存在的，如果不加以管理，至少要监测技术革新。在科学和管理资源允许的情况下，监管措施通常由基于生物学的管理参考点和捕捞控制规则为依据（Inniss和Simcock编辑，2016年）。然而，基于科学评估和意见的自上而下的管理并非在所有渔业类型中都是必不可少的。在小型社区渔业中，只要与传统文化实践保持高度一致性，社区管理通常是有效的（联合国粮食及农业组织，2015年）。在所有规模的渔业中，共同参与管理以及行业参与者在管理中的包容性都可以带来更大的合规性和更低的管理成本（Gray，2005年；Dichmont等人，2016年；Leite和Pita，2016年）。

几个世纪以来，小型渔业一直是世界许多地区生计和粮食安全的基石，但直到最近才被确认为是渔业状况和趋势的主要考虑因素（联合国粮食及农业组织，2005年；可持续发展目标 14.b.a；联合国粮食及农业组织，2018 b）。小型渔业为全球渔业提供了近80%的就业机会（联合国粮食及农业组织，2016a），其经营环境往往是自上而下的集中管理，既昂贵又具有文化侵入性（联合国粮食及农业组织，2015年；联合国粮食及农业组织，2016b）。经过全球广泛磋商，小规模渔业的绩效和管理准则已经使这些渔业得以改善（联合国粮食及农业组织，2015年；联合国粮食及农业组织，2016 b）。

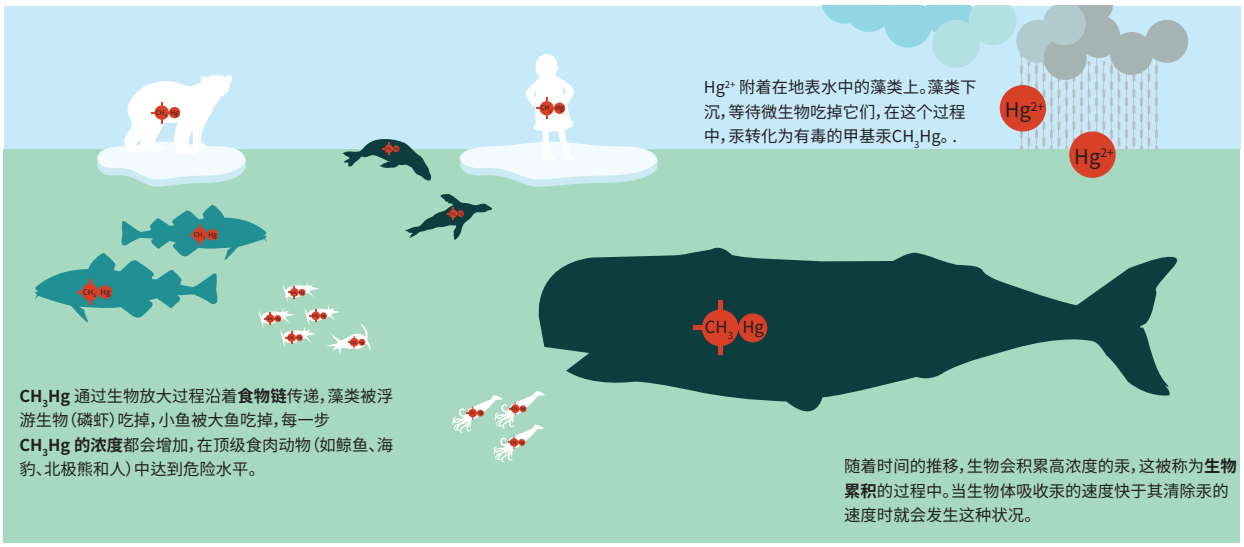
专栏7.2：海洋环境中的汞

世界卫生组织将汞列为公共健康领域受到重点关注的十大化学品之一（世界卫生组织，2017年）。这是因为汞（尤其以甲基汞形式）是一种强大的神经毒素，即使浓度很低，也会影响胎儿和儿童的发育，并造成神经系统损伤（Karagas等人，2012年；Ha 等人，2017年）。法罗群岛和新西兰人群产前甲基汞暴露水平升高的流行病学研究发现了一些不利的发育影响（Grandjean等人，1997年；Crump等人，1998年）。然而，在塞舌尔和英国进行的研究发现，怀孕期间经常食用海鱼并不会对发育造成风险（Myers等人，2003年；Daniels等人，2004年；van Wijngaarden等人，2017年）。对英国人群的进一步研究发现，怀孕期间摄入海鲜（每周> 340 g）可以改善发育、行为和认知结果（Hibbeln等人，2007年），这表明鱼类中还存在其他营养成分，例如长链多不饱和脂肪酸（Strain等人，2008年）或硒（Ralston和Raymond，2010年），可能会掩盖或抵消甲基汞的负面影响。

食用鱼类的健康益处已得到充分证实（联合国粮食及农业组织和世界卫生组织，2011年；联合国粮食及农业组织和世界卫生组织，2014年）；然而，由于一些海鲜中甲基汞含量高，且风险不确定，许多国家都发布了警告，建议孕妇将鱼的摄入量限制在汞浓度低的品种（Taylor等人，2018年）。一般而言，由于生物放大和生物累积过程，需要避免的鱼类有鲨鱼、金枪鱼和剑鱼等食肉性鱼类以及橘棘鲷等长寿鱼类（美国食品和药物管理局，2017年）。

5 2017年《防止中北冰洋不管制公海渔业协定》

图7.5：食物链中甲基汞的生物放大和生物累积



资料来源：Baker、Thygesen和Roche（2017年）。

海水养殖的兴起

虽然捕捞渔业规模在21世纪初趋于稳定，但海水养殖业规模仍在继续扩大，如果目前的趋势继续下去，不久就会超过捕捞渔业（**图7.4**；联合国粮食及农业组织，2018年）。现在，以市场为导向的高价值鱼类和贝类（如金枪鱼、鲑鱼、贻贝、牡蛎和其他双壳类物种）的大规模海水养殖业为大多数沿海发达国家的经济做出了重要贡献。小型海水养殖业也在欠发达国家和转型期经济体中扩大规模。使用鱼类加工副产品和低价值鱼类作为饲料的淡水和海洋养殖不仅为低价值渔业产品创造了新市场，而且随着海水养殖对原料需求的增加，也创造了市场竞争的潜力。小规模经营的生产数据不完整，特别是对于社区消费而言，因为这些产品没有进入市场。

© Shutterstock/Rich Carey

依赖海洋生物获取营养的人群可能特别容易受到甲基汞和持久性有机污染物的影响，而这些风险在粮食安全得不到保障的地区最高（Gribble等人，2016年）。

此外，气候变化可能导致汞排放的变化，例如，汞从北半球冰冻泥炭地的长期储存中释放出来（联合国环境规划署，2013年；Schuster等人，2018年）。这有可能增加汞向海洋的输入量。

7.3.3 海洋垃圾

海洋垃圾是一个日益严重的问题，对海洋生物、栖息地和生态系统造成了严重影响（《生物多样性公约》秘书处，2016年）。在各个海洋深处和海底都发现了垃圾（Pham等人，2014年），甚至在最偏远的太平洋岛屿的海岸也有垃圾存在（Lavers和Bond，2017年）。四分之三的海洋垃圾是由塑料构成的。其中包括尺寸小于5mm的

微塑料，这些微塑料要么是故意制造的（初级微塑料），用于各种工业和商业产品（例如，化妆品中的颗粒、微珠），要么是塑料产品和合成纤维风化的结果，可以产生微米级和纳米级的塑料颗粒（海洋环境保护科学方面的联合专家组【GESAMP】，2015年；Gigault等人，2016年）。风化还可以释放塑料制造中使用的化学添加剂（Jahnke等人，2017年）。

Jambeck 等人（2015年）基于全球固体废弃物数据、人口密度和经济状况估计，2010年192个沿海国家产生了2.75亿吨塑料垃圾，其中480万至1270（1278）万吨可能已被冲进海洋（**图7.6**）。他们计算出，如果没有全球的干预，到2025年海洋塑料的数量将增加到1亿至2.5亿吨。海洋垃圾的来源通常与固体废物管理和废水处理的效率有关（Schmidt 等人，2017年）。

人们普遍认为，进入海洋的塑料有很大一部分来自陆地。这些垃圾通过雨水径流、河流或直接排入沿海水域进入海洋环境（Cozar等人，2014年；Wang等人，2016年）。未收集的废弃物被视为主要来源，少部分是从操作不善或选址不佳的正式和非正式垃圾场回收的废物重新进入海洋系统（见5.2.5）。关于来自海洋的塑料所占比例的信息较少，但我们很清楚，丢失渔具是个问题。其中包括由于捕鱼方法而丢失的渔具以及在风暴中被冲到海里或被故意丢弃的渔具（Macfadyen、Huntington和Cappell，2009年）。

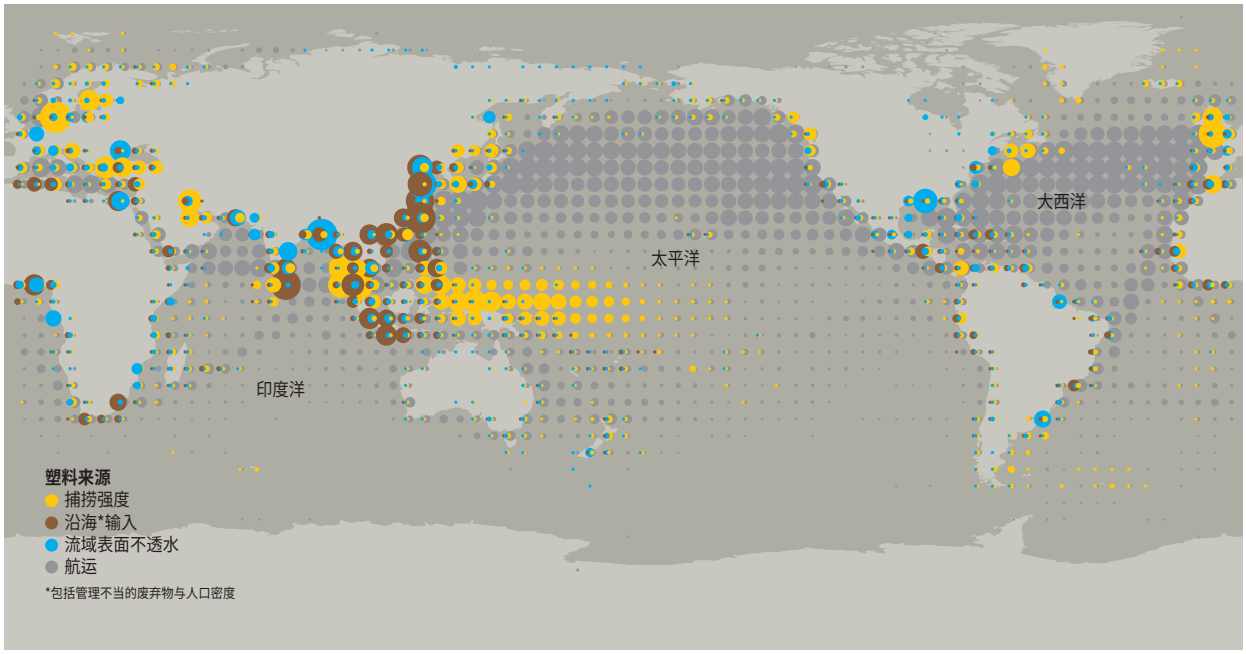
7.4 影响

7.4.1 珊瑚礁死亡的社会和经济后果

珊瑚礁对79个国家的2.75亿人来说至关重要，他们依赖与珊瑚礁相关的渔业作为动物蛋白的主要来源（Wilkinson等人，2016年）。珊瑚礁每年的贡献总价值为290亿美元，包括旅游业（115亿美元）、渔业（65亿美元）和沿海保护（107亿美元）的形式（Burke 等人，2012年）。仅大堡礁珊瑚的白化就可能使澳大利亚经济损失10亿澳元的旅游收入（Willacy，2016年）。美国的珊瑚礁年度经济总价值为34亿美元（Brander和Van Beukering，2013年）。

珊瑚礁因土地污染或反复白化事件的复合影响而退化，无法提供当地社区所依赖的益处（Cinner等人，2016年）。一旦珊瑚死亡，它们就不再垂直向上生长，因此珊瑚礁逐渐受到侵蚀。死亡的珊瑚礁会淹没在上升的海平面之下，暴风雨期间，它们在保护海岸线免受海浪袭击方面效果较差。死珊瑚不仅缺乏珊瑚礁旅游的基本审美吸引力，它们维持的鱼类群落生物多样性也较少（Jones等人，2004年）。这导致旅游活动减少，渔业收入下降，从而可能威胁到当地社区的生计。对于某些社区来说，活珊瑚礁也是重要的宗教象征（Wilkinson等人，2016年）。

图7.6：基于人类活动和流域特征的潜在海洋塑料输入全球地图



资料来源：全球资源信息数据库——阿伦达尔中心（2016a）根据Halpern等人（2008）、Watson等人（2012年）以及Jambeck等人（2015年）的信息绘制的地图。

7.4.2 捕捞渔业

捕鱼对目标物种的最初影响在于减少未捕捞水平的丰度。反过来，由于密度依赖的压力减少，预计这种丰度的减少将增加种群的生产力，因此可以利用生产力增长和能源储备来增加产卵。这种推理奠定了基础渔业科学的基础（Beverton和Holt，1957年；Ricker，1975年），《联合国海洋法公约》（UNCLOS）中确立了最大可持续产量（MSY）概念。该概念是渔业管理的一项全球规范，即渔业的清除速度已使生产力最大化，而不致使产卵种群的数量减少到影响新成员的生产。如果开采率超过这一水平，产卵潜力的减少将快于生产力的提高，从而发生过度捕捞现象。第7.3.2节概述了目前全球捕捞目标物种的结果。

捕鱼对海洋生态系统的影响已有充分文献记载，并已进行了数十年的研究（Jennings和Kaiser，1998年；Gislason和Sinclair，2000年）。主要影响包括：

- 捕捞活动中非目标物种的副渔获物；
- 渔具对海底生境及定居底栖生物群落的影响；
- 因顶级捕食者丰度减少而使猎物种群增加或者因猎物种群消耗而使捕食者种群生产力下降，从而改变食物网。

关于这些影响的产生途径已做详述，对于制定渔业生态系统方法至关重要。这在《联合国鱼类种群协定》中得到了巩固，并在国家和区域政策中得到广泛采用（Rice，2014年）。联合国粮食及农业组织已就管理渔业足迹的行动（联合国粮食及农业组织，2003年）和最新情况提供业务指导，并已将其纳入《负责任渔业行为守则》（联合国粮食及农业组织，2005年；联合国粮食及农业组织，2011年）。

尽管人们承认渔业对海洋生态系统的影响很大，并且在制定政策时给予了充分考虑，但尽量减少捕捞对生态系统影响的措施取得的结果有好有坏。看起来似乎取得了全面进展，因为相隔十年的两次全球审查发现，全球估计每年从渔业丢弃的废弃物已从1994年的2700万吨下降到2004年的730万吨（Alverson等人，1994年；Kelleher，2005年）。然而，在许多渔业中，特别是欠发达国家的虾等物种的小网渔业中，大量丢弃现象仍然存在，这些国家缺乏减少丢弃物和副渔获物的奖励措施，或实施并无效果（联合国粮食及农业组织，2016a；联合国粮食及农业组织，2016b）。此外，即使高度脆弱物种的副渔获量已经减少，一些鲨鱼和海鸟的数量仍然令人担忧（Campana，2016年；Northridge等人，2017年）。

同样，国家和区域的渔业管理组织正认真对待渔具对海底生境和底栖生物群落的影响。这种担忧日益加剧，促使联合国大会于2007年通过了第61/105号决议，该决议要求所有区域渔业管理组织（RFMO）查明其管辖范围内易受底部接触渔具破坏的海洋生态系统，保护它们免受伤害或禁止捕鱼。第14章研究了这种方法的政策有效性的证据。然而，尽管所有相关的区域渔业管理组织都采取行动遵守这一要求（Rice，2014年），但区域研究发现，超过50%的可捕捞海床受到渔具的影响，底栖生物无法从干扰中完全恢复过来，反复的影响仍然很普遍（Eigaard等人，2017年）。

7.4.3 海水养殖业

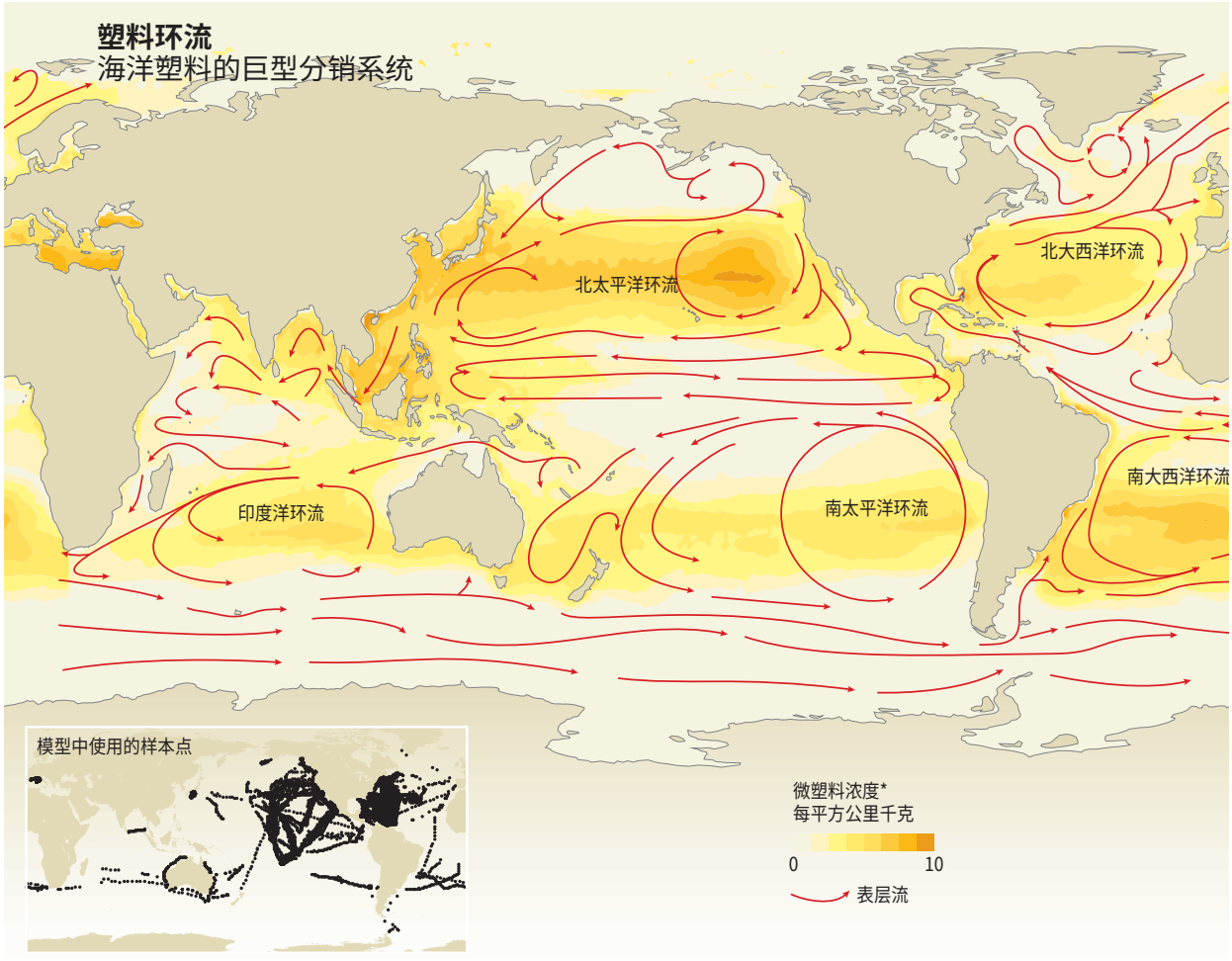
海水养殖对海洋生态系统有重大影响，有关这些影响的文献越来越多。将红树林转为海水养殖已造成广泛的生境丧失，对依赖红树林的物种产生了深远影响。在开放、密集的养殖设施中，用于预防疾病的抗生素和其他药物被水流和潮汐带到养殖区以外水域。过多的饲料通过笼子下沉会聚积在海底，分解和减少氧气含量。这些和其他影响，如作为寄生虫和疾病的载体或资源或者增加非适应性基因流动和入侵物种的风险，都可以通过谨慎的、尽管有时代价高昂的操作加以控制（Bernal和Oliva，2016年）。然而，生态系统方法也正在水产养殖中得到应用，具有类似的目标，并被工业界迅速采用（联合国粮食及农业组织，2010年）。

7.4.4 海洋垃圾

虽然海洋垃圾主要沉积在沿海地区（Derraik，2002年），但塑料（包括微塑料）却分布在世界各地的海洋中，在五个亚热带环流的聚集区均有增加（Cozar等人，2014年；Van Sebille 等人，2015年；Yang等人，2015年；参见**图7.7**）。

几十年来，塑料污染一直被视为海洋生物多样性的威胁（Gray，1997年）。最明显的影响是海洋生物因与废弃渔具和塑料包装纠缠而死亡或受伤。许多动物也会误食垃圾，有时是偶然的，有时是因为误将其视为食物而故意食用。因此可能由于肠道堵塞或缺乏营养物质而导致饥饿（联合国环境规划署和全球资源信息数据库——阿伦达尔中心，2016年）。最近的审查发现，越来越多的海龟、海洋哺乳动物和海鸟因漂浮垃圾而濒临灭绝或死亡（Thiel等人，2018年；O' Hanlon等人，2017年）。

图7.7：公海中的塑料垃圾



资料来源：全球资源信息数据库——阿伦达尔中心（2016b），信息来源于VanSebille等人（2015年）。

现在，人类食用的食物中出现了微塑料。然而，这对人类健康的影响尚不确定（海洋环境保护科学方面的联合专家组，2015年；Halden，2015年）。在所有海洋鱼类的肠道和海盐等产品中都发现了塑料颗粒（例如Yang 等人，2015年；Güven等人，2017年）。目前还没有标准的方法来评估摄入塑料颗粒的健康风险。至少对于鱼类来说，人们一般不会食用其塑料聚集的消化道，所以摄入可能是有限的。在人们食用整个生物体（如贻贝和牡蛎）的情况下，摄取率可能更高（Van Cauwenberghe和Janssen，2014年；Li等人，2018年）。此外，海洋对人们的审美和修复价值是众所周知的，但证据表明，海洋垃圾的存在会破坏海洋通常带来的心理益处（Wyles 等人，2015年）。

一些塑料产品含有危险化学品（如阻燃剂），塑料海洋垃圾也能从周围海水中吸收化学品（如联合国环境规划署，2016年；联合国环境规划署和全球资源信息数据库——阿伦达尔中心，2016年）。然而，目前认为与来自其他陆地污染源的海水和有机颗粒中发现的化学物质相比，海洋中塑料或吸附到塑料中的化学物质的比例是很小的（Koelmans等人，2016年）。目前在一系列海洋生物中还没有发现塑料颗粒吸附的化学物质的毒性作用，但需要更多的数据来充分理解暴露于微塑料吸附的化学物质与其他暴露途径相比的相对重要性（Ziccardi 等人，2016年）。

海洋垃圾的经济和社会成本包括间接影响，如干扰小规模捕鱼、旅游和娱乐（Watkins 等人，2017年）。这些成本通常无法量化，但可能不成比例地落在那些生计与沿海活动最密切相关的人身上。一些直接的经济成本包括海滩清理成本和与航行危险或污染有关的事故（联合国环境规划署，2016年）。欧盟估计，每年因渔船和渔具损坏以及幽灵捕鱼（被遗弃的渔具在漂流过程中继续捕获海洋生物）造成的捕鱼量减少，给渔业造成的损失达6200万欧元，此外，将近6.3亿欧元用于海滩清洁（Acoleyen等人，2013年）。

7.4.5 海洋种的新兴问题

海洋开发正在扩大，随着这种开发的继续，决策者将需要解决许多关键的新问题。

专栏7.3：沿海采砂

全球各地沿海和近岸地区都在开采建筑用砂和砾石。这些都是不可再生的资源，尽管沉积物可通过一系列过程补充，例如海岸侵蚀、沉积物的河流运输和生物生产（Woodroffe 等人，2016年）以及陆上沉积物的运输。砂砾是地球上第二大常用自然资源，仅次于水。据估计，每年的砂砾消耗量约为400 - 500亿吨（每人每年5.2-6.6吨，或每人每天20公斤），其中260亿吨用于制造混凝土（Peduzzi，2014年）。

大多数沙子来自河流和冰川对山脉的侵蚀。据估计，每年地球上所有的河流向海洋输送约126亿吨沉积物（Syvitski等人，2005年）。因此，人类目前使用沙子的速度是自然产生的四倍。沙漠中的沙子不能用作骨料，因为沙丘上不断运动的沙粒过于光滑和圆润。

几十年来，许多欧洲国家一直从近海沙滩采砂（Baker等人，2016年）。在世界其他地区，这种行为正在迅速扩张，但尚不确定具体的开采量。疏浚海床的行为会杀死开采区的生物，而受扰动的泥浆柱会覆盖海床，使周围地区的海洋生物窒息。海滩（和河流）上非法和管理不善的采砂活动对生态系统和景观造成重大破坏（Larson，2018年）。例如，在基里巴斯，海滩采砂增加了沿海淹没的脆弱性（Ellison，2018年），在印度尼西亚中部，采砂已被确定为对海草床的威胁之一（Unsworth等人，2018年）。

减少全球“采砂足迹”的行动包括保护现有建筑以及在新项目中用再生材料替代砂砾。根据使用情况，也可以用15% - 70%的焚烧炉灰替换混凝土中的沙子（Rosenberg，2010年）。开发沙漠砂基混凝土的研究正在扩大，新产品目前正在试用（Material District，2018年）。

为了最明智地利用剩余的砂砾资源，需要提高对沙质环境及其相关生态系统的了解（Peduzzi，2014年）。可持续发展目标指标中没有提到海底采矿或海岸侵蚀。

专栏7.4：深海采矿

商业深海开采尚未开始，但国际海底管理局（ISA）目前已与一些公司签订了15年的合同，以勘探多金属结核（克拉里昂克利珀顿断裂带和印度中部盆地）、多金属硫化物（西南印度洋脊、印度洋中脊和大洋中脊）和富钴铁锰结壳（西太平洋）。此外，一些可能拥有深海矿物资源的太平洋岛屿国家已经签发了勘探许可证，或在这之前正在更新有关政策。

在全球范围内，随着矿业公司寻找更高品位的矿体，深海矿藏对它们的吸引力越来越大（太平洋共同体秘书处【SPC】，2013a；太平洋共同体秘书处，2013b）。这些结核包括：（1）锰结核，以卵石到巨石大小的岩石的形式存在，散布在深度超过5,000米的深海海底的广泛区域；（2）在海山两侧和其他火山海底特征上形成的富钴结壳；（3）海底扩张脊、弧后盆地和海底火山弧附近的热液喷口形成的大型硫化物矿床。居住在这些环境中的底栖生物群落是全球独一无二的，并拥有许多特有的物种（Beaudoin和Smith，2012年）。人们对在西南太平洋发现的大型硫化物矿床兴趣更胜一筹，但有关环境影响的问题仍悬而未决（Boschen 等人，2013年）。

深海采矿的潜在影响研究甚少，但一般认为包括（1）结核/矿床开采对底栖生物群落的直接影响；（2）在潜在的广阔区域内，泥沙的移动、运输和再沉积对底栖生物的影响；（3）采矿船在海面附近排放沉积物羽流水柱，从而影响正在进行光合作用的生物群和远洋鱼类（Morgan、Odunton和Jones，1999年；Sharma，2001年）。秘鲁盆地的海底扰动实验发现，模仿采矿作业26年后，底栖动物几乎没有恢复（Marcon等人，2016年）。缺乏知识和理解被认为是各国谨慎开发这些资源的一个原因（Van Dover，2011年；Van Dover等人，2017年）。在深海采矿的背景下，世界有一个独特的机会：在一个工业开始之前做出明智的决定。

国际海底管理局（ISA）负责确保在国家管辖范围以外的地区有效保护海洋环境，使其免受深海采矿的有害影响（根据《联合国海洋法公约》第十一部分）。管理局正在制定采矿守则，其中载有规则、条例和程序，以管制该地区海洋矿物的探矿、勘探和开发（国际海底管理局【ISA】，2017年）。

许多拥有深海矿藏的国家已经制定或正在制定政策来管理这个新行业。其中包括一系列措施，例如太平洋共同体深海矿物勘探和开发区域立法和管理框架秘书处（太平洋共同体秘书处，2013b）、库克群岛国家海底矿产政策（库克群岛海底矿产管理局，2014年）和《图瓦卢海底采矿法》（图瓦卢，2014年）。

专栏7.5：人为海洋噪音

人们越来越关注人为噪音对海洋生物的潜在影响。这些噪音由一系列活动产生，例如航运、地震勘测、军事行动、风力发电场、河道疏浚和集料开采（Inger等人，2009年）。大型商业船只产生的噪音频率范围在10到1000赫兹之间，这与海洋哺乳动物用于通讯和导航的频率一致（Richardson等人，1995年）。证据表明，自20世纪50年代以来，深海的低频噪音显著增加（Andrew等人，2002年；McDonald等人，2006年；Chapman和Price，2011年）。然而，最近的一些观察表明，低频噪声呈恒定水平或略有下降的趋势（Andrew等人，2011年；Miksis-Olds和Nichols，2016年）。关于大陆架较浅水域的噪音信息有限（Harris等人，2016年）。

进化适应已使许多海洋物种能够探测到声音，而这现在可能使它们容易受到噪音污染（Popper和Hastings，2009年）。声能随着距离增加而消散，所以接近声源是计算影响的主要因素。早期对噪音和海洋哺乳动物的研究集中在高频声音上，例如与鲸鱼搁浅有关的船舶声纳（如Fernandez等人，2005年）。最近，研究人员试图确定常见的低频声音对海洋哺乳动物的影响。虽然很难确定人为噪音对海洋哺乳动物的影响，但人们普遍认为，这种噪音会造成从行为改变到搁浅等不利影响（Gátz等人，2009年）。Cox等人（2016年）对海洋噪声对鱼类行为和生理影响的一项研究表明，某些声音会干扰交流，干扰捕食者和猎物之间的互动。低频噪音也被发现会影响甲壳类动物，从而改变其行为和生态功能（Tidau和Briffa，2016年）。

人们越来越关注噪音对海洋生物多样性的长期和累积影响（《生物多样性公约》，2012年）。《生物多样性公约》（第XIII / 10号决定执行部分第3段）要求加强对海洋噪音水平的评估，进一步推进技术的研究、开发和转让以及能力建设，以缓解噪音（《生物多样性公约》，2016年）。《欧盟海洋战略框架指令》2017/848（欧盟委员会，2017年）最近提供了标准和方法，以确保引入的噪音不会对海洋环境造成不利影响，并提出了标准化的监测和评估方法。

《联合国海洋法公约》没有具体提到人为噪音，但如果将噪音引入海洋环境可能对环境产生负面影响，则根据《联合国海洋法公约》可将其视为一种污染。出席联合国海洋和海洋法问题不限成员名额非正式协商进程会议（ICP-19，2018年）的代表表示，水下噪音是一种跨界污染，应通过联合国大会予以缓解和解决。

7.5 响应

处理对海洋环境影响的治理方法和政策手段各不相同。这里对这些政策方法进行一般性讨论，并在第14章（B部分）探讨具体例子的效力。

7.5.1 珊瑚礁

由于珊瑚白化频率的增加是由全球人为气候变化造成的，只有全球政策应对才能从根本解决问题。可持续发展目标指标未提及“珊瑚礁”一词，包括可持续发展目标14“保护和可持续地利用海洋资源，促进可持续发展”。爱知目标10与珊瑚礁保护有关：“到2015年，受气候变化或海洋酸化影响的珊瑚礁及其他脆弱生态系统所承受的多重人为压力将减至最低，以保持其完整性和功能”。海洋可持续发展目标14.2——“到2020年，可持续地管理和保护海洋和沿海生态系统，以避免重大不利影响，包括通过增强其适应力，并采取行动进行恢复，以实现健康和多产的海洋”——大多数热带珊瑚礁生态系统可能无法实现。珊瑚礁的恢复力受到人类不断累积的影响（例如捕鱼、沿海污染、沉积物径流、外来物种入侵），因此必须限制这些影响，以维持珊瑚礁的未来。

依赖于以珊瑚礁为基础的渔业、旅游业和其他部门的国家将需要制定政策，以便在今后十年内向后珊瑚礁经济过渡，包括处理相关的文化创伤，特别是在珊瑚礁退化速度最快和在空间上分布最广的情况下。此外，低洼的珊瑚岛国家需要制定政策，以便过渡到珊瑚礁对人类的自然利益大大减少或不再存在的环境。鉴于一些珊瑚礁栖息地可能位于气候变化影响较小、珊瑚可能存活的地方，拥有珊瑚礁的国家应考虑立即采取行动，保护所有已知的珊瑚礁栖息地免于任何非生存性使用（即将所有珊瑚礁建立为完全禁区、禁区），直至这些地区的珊瑚礁最有可能存活（Beyer等人，2018年）。研究表明，在已经建立了“禁区”海洋保护区的地方，珊瑚礁生态系统的恢复能力得到了提高（Steneck等人，2018年）。

面临的挑战在于从本地管理和监控发展到多尺度治理，即在相关尺度上处理驱动力、阈值和反馈。珊瑚礁管理必须适应接受新方法，如恢复力和基于生态系统的管理，包括生态系统的操纵、耐热珊瑚物种的生物工程以及建立新的国际机构和合作，以解决全球珊瑚礁减少现象（Hughes等人，2017年）。

7.5.2 渔业

管理渔业对生态系统影响的政策和措施

至于渔业对未交付给海底及其生物群的市场物种（统称副渔获物）以及海洋生态系统结构和功能的影响，有关研究自20世纪80年代之前已经开始。现在已有管理所有这些类型影响的可行措施，能将其保持在安全的生态范围内（联合国粮食及农业组织，2009a）。其中包括使渔具对目标物种更具选择性，阻止捕捞海鸟、哺乳动物和爬行动物，避免或减少渔具对海底影响的技术和做法（联合国粮食及农业组织，2009a；联合国粮食及农业组织，2009b）。关于如何以及在何种条件下适用所有这些措施的指导方针已推出十多年（联合国粮食及农业组织，2003年），并进行定期扩大和更新（例如联合国粮食及农业组织和世界银行，2015年）。全球已做出重要的政策承诺，以避免或减轻捕鱼对生态系统的影响（Rice 2014年）。

一个多世纪以来，空间管理措施在渔业管理中发挥了作用，海洋保护区（MPAs）的日益建立加速了人们对空间管理方法的兴趣。许多生态和治理因素似乎会影响海洋保护区的有效性及其对其他措施的增量价值（Rice 等人，2012年）。总的来说，人们越来越认识到，海洋保护区可以帮助保持渔业的可持续性，特别是在保护敏感的生境特征方面，或在未能有效实施常规渔业管理措施时，有助于改善鱼类的状况。然而，海洋保护区还具有广泛的社会和经济影响，需要在个案基础上加以考虑（联合国粮食及农业组织，2007年）。此外，在诸如“溢出效应”等海洋管理效益方面发现了相互矛盾的结果，关于它们对沿海生计的影响和对粮食安全的影响的研究结果好坏参半（联合国粮食及农业组织，2016b）。

政府间气候变化专门委员会的《第五次评估报告第一工作组报告》（政府间气候变化专门委员会，2013年）以及预计将于2019年晚些时候发布的政府间气候变化专门委员会关于海洋和冰冻圈的特别报告的主题，都清楚显示了渔业在许多方面受到气候变化的影响。由于温度和盐度随全球变暖而变化，重要目标物种的分布和生产力已经反映在渔业渔获量分布的变化上。此外，环境变化影响鱼类的种群生产力，并使其在不同地方和/或一年中的不同时间可供使用，这对大规模的流动渔业（可能不得不在不同的地方或不同的时间捕捞）和流动性较低的小型渔业（可能需要适应不断变化的可供捕捞的物种）产生影响。由于与捕鱼有关的文化习俗，应对这些挑战可能具有破坏性。

海洋酸化对许多物种都是一种潜在的威胁，特别是在早期生命阶段，包括许多贝类，因为在酸性较高的海水中，用于形成壳的碳酸钙较少。对海洋酸化造成的损失的估值各不相同，但一些预测表明，到2100年，这一损失将超过1000亿美元（Narita、Redhanz和Tol，2012年；Lemasson等人，2017年）。酸化被认为是极地地区一个特别严重的威胁（Tarling等人，2016年），应当作为一个重要的考虑因素。

专栏7.6：承诺使用生态系统方法发展可持续渔业的现有全球政策示例（括号内为协议的日期）

《联合国海洋法公约》第61条第4款和第119条第1款都明确提到了相关物种和依赖物种的可持续性，第五、六和七部分的许多条款提到了可持续渔业【1982年】。

《联合国鱼类种群协定》第5.3.d条：制定数据收集和研究计划，以评估捕捞对非目标物种、相关物种或依赖物种及其环境的影响，并采取必要计划，以确保对此类物种以及特别关注的生境的保护【1995年】。

爱知目标6：到2020年，所有鱼类、无脊椎动物种群和水生植物均应合法地采用基于生态系统的方法进行可持续管理和捕捞，从而避免过度捕捞；所有枯竭物种的恢复计划和措施均已到位；渔业对受威胁物种和脆弱生态系统没有重大不利影响；渔业对种群、物种和生态系统的影响在安全的生态范围之内【2010年】。

联合国大会61/105第80段：吁请各国单独或通过区域渔业管理组织和安排立即采取行动，并根据预防措施和生态系统方法，可持续地管理鱼类种群并保护脆弱的海洋生态系统（例如海山、热液喷口和冷水珊瑚）免受破坏性的捕捞活动伤害，认识到深海生态系统及其所包含的生物多样性的重要性和价值【2006年】。此决议之后进行了几次更新。

可持续发展目标的子目标14.4：到2020年，有效管制捕捞和结束过度捕捞、非法、未报告和无管制的捕捞以及破坏性捕捞活动，实施科学管理计划，以便在最短的可行时间内恢复鱼类种群，至少达到其生物特性所决定的最大可持续产量的水平【2016年】。

渔业的社会经济利益

渔业所带来的利益和发展机会对不同规模的渔业（大型渔业和小型渔业）都很重要。一些小型渔业已经严重耗尽了它们开采的鱼类资源，一些大型渔业也是如此，某些最具破坏性的捕鱼方法（包括使用炸药和毒药捕鱼）只限于大型渔业。大型渔业的地理规模意味着，即使是很小的副渔获量或渔具对生境的影响也会对作为副渔获物和海底特征的物种造成重大压力（联合国粮食及农业组织，2009a；联合国粮食及农业组织，2018年）。

小型渔业和大型渔业在其渔获物的市场价值大小、创造的就业机会、支持的生计及渔业提供的利益的社会分配方面各不相同。除了不多的例外，一般情况下小型渔业提供了更大的直接经济收入，但也需要对渔船、渔具和加工能力做出更大的资本投资。另一方面，在小型渔业中，同等捕鱼量的就业机会通常要大得多，特别是因为在岸上小型市场和加工过程中创造了大量的额外就业机会，有时这些二级就业机会是多层次的。这些倍增因素也适用于大型渔业，它可以在农村地区创造大量的沿海就业机会，但很少系统地收集数据，因此可能低估了所有类型渔业中的总就业机会。

大型渔业和小型渔业的性别角色也不同。大多数远洋渔民是男性。妇女通常在浅礁和滩涂以及红树林和沿海河口捕鱼（Lambeth等人，2014年）。女性往往在收获后的加工、销售和鱼的贸易中占主导地位。这些角色通常在数据收集工作中被忽略，并且在支持捕鱼和渔民的常规政府或援助计划中被忽略（Siason等人，2010年）。然而，如果算上所有行业劳动力，妇女将近占50%（世界银行，2012年；**表7.2**）。

大型渔业和小型渔业创造的这些收入和就业的规模及分配问题给决策者带来复杂的选择。在发展中国家，小型渔业可能大大有助于发展和和公平分配渔业生计。这并不意味着仅靠渔业收入就足以使家庭维持在贫困线以上或国家最低工资水平以上（联合国粮食及农业组织，2016a），而且这些渔业特别容易受到气候变化等因素的外部威胁（Barange等人，2014年；Guillotreau、Campling和Robinson，2012年）。大型渔业更有机会为参与者和政府创造收入（世界银行，2012年），但将财富和机会集中在少数个人身上的风险更大（Olson，2011年）。因此，在小型渔业和大型渔业之间如何分配可用的鱼类收成对发展、就业和创收有重大影响，任何全面的渔业政策都需要充分考虑这一点。

7.2：全球捕捞渔业就业

	小型渔业			大型渔业			总计
	海洋	内陆	总计	海洋	内陆	总计	
渔民数量（百万）	13	18	31	2	1	3	34
捕获后的工作数量（百万）	37	38	75	7	0.5	7.5	82.5
总计	50	56	106	9	1.5	10.5	116.5
女性所占百分比	36%	54%	46%	66%	28%	62%	47%

资料来源：世界银行（2012年）。

渔业和可持续发展目标与爱知目标

渔业在实现可持续发展目标1和目标2(消除贫困和饥饿)以及目标14(保护和可持续地利用海洋及其资源)方面具有重要作用。为了满足全球粮食安全需求,来自海洋的膳食蛋白质必须增加50%,甚至可能更多(Rice和Garcia,2011年)。将一些创新捕捞战略结合起来,可以增加目前市场价值较低的粮食来源的捕获量,并确保将其分销到适当的市场(例如,Garcia等人,2012年),扩大海水养殖生产,这对实现可持续发展目标2至关重要,而且可以通过海洋食品副产品生产造福于就业和生计(可持续发展目标1)。这些需求给可持续发展目标14带来了挑战,因为推进这一目标的计划通常涉及减少渔业对海洋生态系统的压力,重建枯竭种群,结束过度捕捞和非法、不报告和不管制捕捞,以及大大扩大"禁止捕捞"海洋保护区范围的讨论。这些目标可以协调一致地实现,但必须非常仔细地规划扩大渔获量和海水养殖生产,包括其近海扩张,并在每一种情况下考虑到对生态系统的全面影响。如果将可持续发展目标14的"保守"部分解释为与"可持续使用"互补,则只要其主要结构特性和功能过程没有超出爱知目标6中规定的安全生态范围,那么从原始状态改变的系统就可以被视为"保守"。只要这些因素是增加粮食生产所谋求利益的一部分,这种扩大海洋粮食生产的细致规划也可有助于实现可持续发展目标3(保健和福利)、5(性别平等)和12(可持续消费和生产模式)。

爱知目标6也直接关注捕鱼。它比可持续发展目标14更加详细,阐明了到2020年需要实现可持续的所有与捕鱼有关的生态因素,包括所有种群的捕捞水平、对枯竭种群的重建承诺、管理渔具的副渔获物和生境影响以及建立有恢复力的生态系统结构和功能。

7.5.3 海洋垃圾

对海洋塑料的政策应对措施正在不断增多,从《防止船舶污染国际公约》、《联合国海洋法公约》和檀香山策略等全球政策,到地中海海洋垃圾管理区域计划(联合国环境规划署/地图,2015年)等区域行动计划,再到市或国家一级的具体产品(如一次性塑料袋)禁令。海洋垃圾已作为一项综合指标纳入可持续发展目标的子目标14.1指标14.1.1,其中包括(i)沿海富营养化指数和(ii)漂浮塑料垃圾密度。第三届联合国环境大会(UNEA-3)通过了UNEP/EA.3/Res.7号决议,其中包括设立一个不限成员名额的特设专家组,以进一步审查打击所有来源(特别是陆上来源)海洋塑料垃圾和微塑料的障碍和选择办法(联合国环境大会,2017年)。专家组第一次会议于2018年5月29日至31日在肯尼亚内罗毕举行。

清理海岸和海滩可以带来环境和经济效益(例如,加州奥兰治县估计,由于吸引更多游客前往更清洁的海滩,每年可产生超过1.4亿美元的经济收益)(Leggett等人,2014年)。然而,清理开阔的海洋目前看来并不是解决海洋垃圾的一个切实可行的办法。仅清理集中在太平洋中部环流1%(约100万平方公里)的垃圾所需的船只时间成本估计就在1.22亿美元至4.89亿美元之间(美国国家海洋和大气管理局响应与恢复办公室,2012年)。大型吊杆可以有效地在小范围内捕获地表垃圾。非政府组织"海洋清理"(Ocean Cleanup)最近在加州近海开始了长达600米的水栅清理工作。如果成功,该水栅将被部署在北太平洋环流的开阔海域(Stokstad,2018年)。

研究表明,高达95%进入海洋的塑料不会残留在地表水中(Eriksen等人,2014年)。然而,在理解塑料在海洋中的行为和分解以及塑料最终到达何处方面,存在着重大的知识鸿沟(Cozar等人,2014年)。因此,应对海洋垃圾的努力应主要集中于通过可持续消费和生产方式、健全的垃圾管理、废水处理和基于循环经济原则的资源回收利用实现源头预防。(Eriksen 等人,2014年;联合国环境规划署,2016年)。

7.6 结论

海洋受到许多人类活动的影响,其中最严重的影响与气候变化、陆地污染和渔业有关。在气候变化的影响范围内,我们的评估提到了几个问题:海洋酸化;海平面上升;底水形成的变化;许多鱼类和无脊椎动物的分布;以及海洋环流。近年来,气候变化对海洋最显著和最直接的影响《全球环境展望6》周期)是珊瑚礁的白化和死亡。污染(特别是塑料污染)是许多海洋和沿海生态系统的一个主要问题。关于渔业部门,本章着重强调了过度捕捞和气候变化对物种分布格局的影响以及水产养殖的兴起所引起的关注。因此,我们总结了一些关键的发现:

1. 热带珊瑚礁已经过了一个临界点,长期的白化已导致许多珊瑚礁死亡,即使经过几个世纪的时间跨度,这些珊瑚礁也不太可能恢复。珊瑚礁的死亡将导致渔业、旅游业生计和栖息地的丧失。热带珊瑚礁生态系统的消亡对许多依赖它的社区和行业来说将是一场灾难。即使拥有珊瑚礁的国家立即采取行动保护其珊瑚礁免于非生计的使用,许多以珊瑚礁为基础的产业将在未来十年内面临崩溃的风险。
2. 在海洋和海底各处都发现了海洋垃圾。现在食物网中,包括人类食用的海产品中都发现了微塑料和纳米塑料。海洋垃圾增加,估计每年有800万吨塑料进入海洋,这些垃圾主要是来自陆地。如果各国不采取行动防止垃圾进入海洋,它将继续积累并危害生态系统健康和人类粮食安全。预防措施包括确保回收和循环利用所有使用过的塑料制品、鼓励社区减少垃圾的制造量以及改善固体废物处理和废水处理。如果不采取措施阻止垃圾进入海洋,清理海洋就不是一个可持续的选择。

3. 为了应对未来对粮食安全和健康人群的挑战，除了更有效地使用为粮食而收获的所有天然产品以外，还必须将更多的鱼类、无脊椎动物和海洋植物作为海洋和沿海地区的食物，因此捕捞渔业和海水养殖在保持可持续性的同时必须扩大规模。保持捕捞渔业的可持续性有可能实现，但这需要在监测、评估和管理（国家、区域和国际各级）以及（或）以社区为基础的强有力地方措施方面做出重大投资。可持续海水养殖需要经营管理方面的知识和关怀。如果没有渔业和海水养殖业的知识和管理方面的健全基础，就有可能出现过度开发、环境破坏和资源枯竭的模式，粮食安全和健康目标均无法实现。.

参考文献

Acoleyen, M., Laureysens, I., Lambert, S., Raport, L., van Sluis, C., Kater, B. *et al.* (2013). *Final Report: Marine Litter Study To Support The Establishment of an Initial Quantitative Headline Reduction Target - SFRA0025.* European Commission. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/final_report.pdf.

Alverson, D.L., Freeberg, M.H., Murawaski, S.A. and Pope, J.G. (1994). *A Global Assessment of Fisheries Bycatch and Discards.* FAO Fisheries Technical Paper. Rome. http://www.fao.org/docrep/003/t4890e/t4890e00.htm.

Andrew, R.K., Howe, B.M. and Mercer, J.A. (2011). Long-time trends in ship traffic noise for four sites off the North American west coast. *The Journal of the Acoustical Society of America* 129(2), 642-651. https://doi.org/10.1121/1.3518770.

Andrew, R.K., Howe, B.M., Mercer, J.A. and Dzieciuch, M.A. (2002). Ocean ambient sound: Comparing the 1960s with the 1990s for a receiver off the California coast. *Acoustics Research Letters Online* 3(2), 65-70. https://doi.org/10.1121/1.1461915.

Australia, Great Barrier Reef Marine Park Authority (2017). *Reef health.* http://www.gbrmpa.gov.au/about-the-reef/reef-health.

Baker E., Gaill F., Karageorgis A., Lamarche G., Narayanaswamy B., Parr J. *et al.* (2016). Offshore mining industries.In *The First Global Integrated Marine Assessment - World Ocean Assessment I.* United Nations. chapter 23. http://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_23.pdf

Baker, E.K., Thygesen, K. and Roche, C. (2017). Why we need action on mercury now. [Grid-Arendal https://news.grida.no/why-we-need-action-on-mercury-now (Accessed: June 2018).

Barange, M., Merino, G., Blanchard, J.L., Scholtens, J., Harle, J., Allison, E.H. *et al.* (2014). Impacts of climate change on marine ecosystem production in societies dependent on fisheries. *Nature Climate Change* 4(3), 211-216. https://doi.org/10.1038/nclimate2119.

Basel Convention (2017). *BC-13/17: Work Programme and Operations of the Open-ended Working Group for the biennium 2018–2019.* Basel Convention. https://www.informea.org/en/decision/work-programme-and-operations-open-ended-working-group-biennium-2018–2019.

Beaudoin, Y.C. and Smith, S. (2012). Habitats of the Su Su Knolls hydrothermal site, eastern Manus Basin, Papua New Guinea.In *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat.* Harris, P. and Baker, E. (eds.). Elsevier. 843-852. https://www.researchgate.net/publication/284781274_Habitats_of_the_Su_Su_Knolls_Hydrothermal_Site_Eastern_Manus_Basin_Papua_New_Guinea

Bell, J.D., Watson, R.A. and Ye, Y. (2017). Global fishing capacity and fishing effort from 1950 to 2012. *Fish and Fisheries* 18(3), 489-505. https://doi.org/10.1111/faf.12187.

Bernal, P. and Olivia, D. (2016). Aquaculture.In *The First Global Integrated Marine Assessment - World Ocean Assessment I.* Innis, L. and Simcock, A. (eds.). United Nations. chapter 12. http://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_12.pdf

Beverton, R.J.H. and Holt, S.J. (1957). *On The Dynamics of Exploited Fish Populations. 1st* edn. London: Her Majesty's Stationery Office. https://trove.nla.gov.au/work/13338365?q&sort=holdings+desc&_=1539166792028&versionId=25601182.

Beyer, H.L., Kennedy, E.V., Beger, M., Chen, C.A., Cinner, J.E., Darling, E.S. *et al.* (2018). Risk sensitive planning for conserving coral reefs under rapid climate change. *Conservation Letters*, e12587. https://doi.org/10.1111/conl.12587.

Boschen, R.E., Rowden, A.A., Clark, M.R. and Gardner, J.P.A. (2013). Mining of deep-sea seafloor massive sulfides: A review of the deposits, their benthic communities, impacts from mining, regulatory frameworks and management strategies. *Ocean & Coastal Management* 84, 54-67. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.07.005.

Brander, L. and Van Beukering, P. (2013). *The Total Economic Value of U.S. Coral Reefs: A Review of The Literature.* Silver Spring, MD: National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) Coral Reef Conservation Programme (CRCP). https://data.nodc.noaa.gov/coris/library/NOAA/CRCP/other/other_crcp_publications/TEV_US_Coral_Reefs_Literature_Review_2013.pdf.

Burke, L., Reytar, K., Spalding, M. and Perry, A. (2012). *Reefs at Risk Revisited in the Coral Triangle.* Washington, DC: World Resources Institute. http://pdf.wri.org/reefs_at_risk_revisited_coral_triangle.pdf.

Campana, S.E. (2016). Transboundary movements, unmonitored fishing mortality, and ineffective international fisheries management pose risks for pelagic sharks in the Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73(10), 1599-1607. https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0502.

Chapman, N.R. and Price, A. (2011). Low frequency deep ocean ambient noise trend in the Northeast Pacific Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America* 129(5), EL161-EL165. https://doi.org/10.1121/1.3567084.

Chavez, F.P., Bertrand, A., Guevara-Carrasco, R., Soler, P. and Csirke, J. (2008). The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography* 79(2–4), 95-105. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.012.

Cheung, W.W., Watson, R. and Pauly, D. (2013). Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature* 497(7449), 365-368. https://doi.org/10.1038/nature12156.

Cinner, J.E., Pratchett, M.S., Graham, N.A.J., Messmer, V., Fuentes, M.M.P.B., Ainsworth, T. *et al.* (2016). A framework for understanding climate change impacts on coral reef social–ecological systems. *Regional environmental change* 16(4), 1133-1146. https://doi.org/10.1007/s10113-015-0832-z.

Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (2016). *Toothfish fisheries.* https://www.ccamlr.org/en/fisheries/toothfish-fisheries.

Convention on Biodiversity (2012). Scientific Synthesis on the Impacts of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats- Note by the Executive Secretary. UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12 *19th ASCOBANS Advisory Committee Meeting.* 20-22 March 2012., https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-16/information/sbstta-16-inf-12-en.doc

Convention on Biological Diversity (2016). *XIII/10. Addressing impacts of marine debris and anthropogenic underwater noise on marine and coastal biodiversity: Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. CBD/COP/DEC/XIII/10.* Cancun. https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-10-en.pdf.

Cook Islands Seabed Minerals Authority (2014). *Cook Islands National Seabed Minerals Policy.* https://www.seabedmineralsauthority.gov.ck/PicsHotel/SeabedMinerals/Brochure/Cook%20Islands%20Seabed%20Minerals%20Policy%20.pdf.

Cox, K.D., Brennan, L.P., Dudas, S.E. and Juanes, F. (2016). Assessing the effect of aquatic noise on fish behavior and physiology: A meta-analysis approach. *Proceedings of Meetings on Acoustics* 27(1). https://doi.org/10.1121/2.0000291.

Cozar, A., Echevarria, F., Gonzalez-Gordillo, J.I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernandez-Leon, S. *et al.* (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(28), 10239-10244. https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111.

Creighton, C., Hobday, A.J., Lockwood, M. and Pecl, G.T. (2016). Adapting management of marine environments to a changing climate: a checklist to guide reform and assess progress. *Ecosystems* 19(2), 187-219. https://doi.org/10.1007/s1002.

Crump, K.S., Kjellström, T., Shipp, A.M., Silvers, A. and Stewart, A. (1998). Influence of prenatal mercury exposure upon scholastic and psychological test performance: Benchmark analysis of a New Zealand cohort. *Risk Analysis* 18(6), 701-713. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1998.tb01114.x.

Daniels, J.L., Longnecker, M.P., Rowland, A.S., Golding, J. and ALSPAC Study Team-University of Bristol Institute of Child Health (2004). Fish intake during pregnancy and early cognitive development of offspring. *Epidemiology* 15(4), 394-402. https://doi.org/10.1097/01.ede.0000129514.46451.ce.

Derraik, J.G.B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine pollution bulletin* 44(9), 842-852. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5.

Dichmont, C.M., Dutra, L.X.C., Owens, R., Jebreen, E., Thompson, C., Deng, R.A. *et al.* (2016). A generic method of engagement to elicit regional coastal management options. *Ocean & Coastal Management* 124, 22-32. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.02.003.

Eigaard, O.R., Bastardie, F., Hintzen, N.T., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Catarino, R. *et al.* (2017). The footprint of bottom trawling in European waters: Distribution, intensity, and seabed integrity. *ICES Journal of Marine Science* 74(3), 847-865. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw194.

Ellison, J.C. (2018). Pacific Island beaches: Values, threats and rehabilitation.In *Beach Management Tools-Concepts, Methodologies and Case Studies.* Botero C., Cervantes O. and Finkl, C. (eds.). Cham: Springer. 679-700. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-58304-4_34

Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C. *et al.* (2014). Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One* 9(12), e111913. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913.

European Commission (2017). *Commission Decision (EU) 2017/848 of 17 May 2017 laying down Criteria and Methodological Standards on Good Environmental Status of Marine Waters and Specifications and Standardised Methods for Monitoring and Assessment, and repealing Decision 2010/477/EU.* European Union. https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a7523a58-3b91-11e7-a08e-01aa75ed71a1/language-en.

Fernández, A., Edwards, J.F., Rodriguez, F., De Los Monteros, A.E., Herraez, P., Castro, P. *et al.* (2005). "Gas and fat embolic syndrome" involving a mass stranding of beaked whales (family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology* 42(4), 446-457. https://doi.org/10.1354/vp.42-4-446.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2003). *Fisheries Management 2: The Ecosystem Approach to Fisheries.* FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Rome. http://www.fao.org/3/a-y4470e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2005). *Increasing The Contribution of Small-Scale Fisheries To Poverty Alleviation and Food Security.* FAO Technical Guidelines For Responsible Fisheries. Rome. http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/008/a0237e/a0237e00.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007). *Marine Protected Areas as as a Tool for Fisheries Management (MPAs).* Rome. http://sih.ifremer.fr/content/download/5924/43589/file/MPA_FAO_website_Sep_2007.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009a). *International guidelines for the management of deep-sea fisheries in the high seas.* http://www.fao.org/docrep/011/i0816t/i0816t00.htm.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009b). *FAO/UNEP Expert Meeting on Impacts of Destructive Fishing Practices, Unsustainable Fishing, and Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing on Marine Biodiversity and Habitats.* FAO Fisheries and Aquaculture. Rome. http://www.fao.org/docrep/012/i1490e/i1490e00.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *Aquaculture Development 4. Ecosystem Approach to Aquaculture.* FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries Rome. http://www.fao.org/docrep/013/i1750e/i1750e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). *Code of Conduct for Responsible Fisheries.* Rome. http://www.fao.org/3/a-v9878e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). *Voluntary Guidelines for Securing Sustainable Small-Scale Fisheries in the Context of Food Security and Poverty Eradication.* Rome: Food and Agriculture Organization. http://www.fao.org/policy-support/resources/resources-details/en/c/418453/.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016a). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to Food Security and Nutrition for All.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016b). *Technical and Socio-Economic Characteristics of Small-Scale Coastal Fishing Communities, and Opportunities for Poverty Alleviation and Empowerment.* FAO Fisheries and Aquaculture. Rome. http://www.fao.org/3/a-i5651e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018a). *The State of World Fisheries and Aquaculture: Meeting the Sustainable Development Goals.* Rome. http://www.fao.org/3/i9540en/I9540EN.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018b). *Policy support and governance: Sustainable small-scale fisheries.* http://www.fao.org/policy-support/policy-themes/sustainable-small-scale-fisheries/en/ (Accessed: 1 October 2018).

Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Bank (2015). *Aquaculture Zoning, Site Selection and Area Management under the Ecosystem Approach To Aquaculture.* http://www.fao.org/3/a-i5004e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organisation (2011). *Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption.* Rome, 25–29 January. http://www.fao.org/docrep/014/ba0136e/ba0136e00.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization (2014). *Conference Outcome Document: Rome Declaration on Nutrition.* Second International Conference on Nutrition. Rome. www.fao.org/3/a-ml542e.pdf.

Frieler, K., Meinshausen, M., Golly, A., Mengel, M., Lebek, K., Donner, S.D. *et al.* (2013). Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change* 3(2), 165-170. https://doi.org/10.1038/nclimate1674.

Froese, R., Zeller, D., Kleisner, K. and Pauly, D. (2013). Worrisome trends in global stock status continue unabated: a response to a comment by RM Cook on "What catch data can tell us about the status of global fisheries". *Marine Biology* 160(9), 2531-2533. https://doi/org/10.1007/s00227-013-2185-9.

Garcia, S.M., Kolding, J., Rice, J., Rochet, M.-J., Zhou, S., Arimoto, T. *et al.* (2012). Reconsidering the consequences of selective fisheries. *Science* 335(6072), 1045-1047. https://doi.org/10.1126/science.1214594.

Garcia, S.M., Ye, Y., Rice, J. and Charles, A.T. (2018). *Rebuilding of Marine FisheriesPart 1: Global Review.* FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 630/1. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/ca0161en/CA0161EN.pdf.

Gigault, J., Pedrono, B., Maxit, B. and Ter Halle, A. (2016). Marine plastic litter: The unanalyzed nano-fraction. *Environmental science: Nano* 3(2), 346-350. https://doi.org/10.1039/C6EN00008H.

Gislason, H. and Sinclair, M.M. (2000). Ecosystem effects of fishing. *ICES Journal of Marine Science* 57(3), 466–467. https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0742.

Götz, T., Hastie, G., Hatch, L.T., Raustein, O., Southall, B.L., Tasker, M. *et al.* (2009). *Overview of the Impacts of Anthropogenic Underwater Sound in the Marine Environment.* OSPAR Biodiversity Series. London: OSPAR Commission. https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Anthropogenic_Underwater_Sound_in_the_Marine_Environment.pdf.

Grandjean, P., Weihe, P., White, R.F., Debes, F., Araki, S., Yokoyama, K. *et al.* (1997). Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and teratology* 19(6), 417-428. https://doi.org/10.1016/S0892-0362(97)00097-4.

Gray, J.S. (1997). Marine biodiversity: Patterns, threats and conservation needs. *Biodiversity and Conservation* 6(1), 153-175. https://doi.org/10.1023/A:1018335901847.

Gray, T.S. (ed.) (2005). *Participation in Fisheries Governance.* Dordrecht: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9781402037771.

Gribble, M.O., Karimi, R., Feingold, B.J., Nyland, J.F., O'Hara, T.M., Gladyshev, M.I. *et al.* (2016). Mercury, selenium and fish oils in marine food webs and implications for human health. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96(1), 43-59. https://doi.org/10.1017/S0025315415001356.

GRID-Arendal (2016a). *Plastic input into the ocean.* http://www.grida.no/resources/6906.

GRID-Arendal (2016b). *Plastic currents.* Grid-Arendal http://www.grida.no/resources/6913.

Grimm, M. and Tulloch, J. (eds.) (2015). *The megacity state:The world's biggest cities shaping our future.* Munich: Allianz SE. https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz_com/migration/media/press/document/Allianz_Risk_Pulse_Megacities_20151130-EN.pdf.

Guillotreau, P., Campling, L. and Robinson, J. (2012). Vulnerability of small island fishery economies to climate and institutional changes. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4(3), 287-291. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.06.003.

Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B. and Kıdeyş, A.E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution* 223, 286-294. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025.

Ha, E., Basu, N., Bose-O'Reilly, S., Dórea, J.G., McSorley, E., Sakamoto, M. *et al.* (2017). Current progress on understanding the impact of mercury on human health. *Environmental Research* 152, 419-433. https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.042.

Halden, R.U. (2015). Epistemology of contaminants of emerging concern and literature meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials* 282, 2-9. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.08.074.

Halpern, B.S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K.L., Samhouri, J.F., Katona, S.K. *et al.* (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature* 488(7413), 615-620. https://doi.org/10.1038/nature11397.

Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'agrosa, C. *et al.* (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319(5865), 948-952. https://doi.org/10.1126/science.1149345.

Hansen, J., Nazarenko, L., Ruedy, R., Sato, M., Willis, J., Del Genio, A. *et al.* (2005). Earth's energy imbalance: Confirmation and implications. *Science* 308(5727), 1431-1435. https://doi.org/10.1126/science.1110252.

Harris, P., Philip, R., Robinson, S. and Wang, L. (2016). Monitoring anthropogenic ocean sound from shipping using an acoustic sensor network and a compressive sensing approach. *Sensors* 16(3), 415. https://doi.org/10.3390/s16030415.

Hibbeln, J.R., Davis, J.M., Steer, C., Emmett, P., Rogers, I., Williams, C. *et al.* (2007). Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): An observational cohort study. *The Lancet* 369(9561), 578-585. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60277-3.

Hilborn, R. and Ovando, D. (2014). Reflections on the success of traditional fisheries management. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 71(5), 1040-1046. https://doi/org/10.1093/icesjms/fsu034.

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E. *et al.* (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318(5857), 1737-1742. https://doi.org/10.1126/science.1152509.

Hoshino, E. and Jennings. S. (2016). *The value of marine resources harvested in the CCAMLR Convention Area – an assessment of GVP.* Tasmania: Conservation of Antarctic Marine Living Resources. https://www.ccamlr.org/en/ccamlr-xxxv/10.

Hughes, T.P., Anderson, K.D., Connolly, S.R., Heron, S.F., Kerry, J.T., Lough, J.M. *et al.* (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science* 359(6371), 80-83. https://doi.org/10.1126/science.aan8048.

Hughes, T.P., Barnes, M.L., Bellwood, D.R., Cinner, J.E., Cumming, G.S., Jackson, J.B. *et al.* (2017). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature* 546(7656), 82-90. https://doi.org/10.1038/nature22901

Hughes, T.P., Barnes, M.L., Bellwood, D.R., Cinner, J.E., Cumming, G.S., Jackson, J.B. *et al.* (2017). Coral reefs in the Anthropocene. *Nature* 546(7656), 82-90. https://doi.org/10.1038/nature22901.

Inger, R., Attrill, M.J., Bearhop, S., Broderick, A.C., James Grecian, W., Hodgson, D.J. *et al.* (2009). Marine renewable energy: Potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology* 46(6), 1145-1153. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01697.x.

Inniss, L. and Simcock, A. (eds.) (2016). *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* New York, NY: United Nations. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. *et al.* (eds.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf.

International Labour Organization (2014). *Report of the UN Secretary-General on Oceans and Law of the Sea, 2014.* Geneva. http://www.un.org/depts/los/general_assembly/contributions_2014/ILO.pdf.

International Seabed Authority (2017). *Selected Decisions and Documents of The Twenty-Third Session.* Kingston: International Seabed Authority. https://www.isa.org.jm/sites/default/files/files/documents/en_3.pdf.

Inuit Circumpolar Council (2011). *A Circumpolar Inuit Declaration on Resource Development Principles in Inuit Unaat.* http://www.inuitcircumpolar.com/uploads/3/0/5/4/30542564/declaration_on_resource_development_a3_final.pdf (Accessed: 27 July 2016).

Jacobsen, N.S., Burgess, M.G. and Andersen, K.H. (2017). Efficiency of fisheries is increasing at the ecosystem level. *Fish and Fisheries* 18(2), 199-211. https://doi.org/10.1111/faf.12171.

Jahnke, A., Arp, H.P.H., Escher, B.I., Gewert, B., Gorokhova, E., Kühnel, D. *et al.* (2017). Reducing uncertainty and confronting ignorance about the possible impacts of weathering plastic in the marine environment. *Envronmental Science & Technology Letters* 4(3), 85-90. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00008.

Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A. *et al.* (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347(6223), 768-771. https://doi.org/10.1126/science.1260352.

Jennings, S. and Kaiser, M.J. (1998). The effects of fishing on marine ecosystems. *Advances in Marine Biology* 34, 201-352. https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60212-6.

Johnson, J.E., Welch, D.J., Maynard, J.A., Bell, J.D., Pecl, G., Robins, J. *et al.* (2016). Assessing and reducing vulnerability to climate change: Moving from theory to practical decision-support. *Marine Policy* 74, 220-229. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.024.

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2015). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment.* Kershaw, P.J. (ed.). London: International Maritime Organization. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf.

Jones, G.P., McCormick, M.I., Srinivasan, M. and Eagle, J.V. (2004). Coral decline threatens fish biodiversity in marine reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(21), 8251-8253. https://doi.org/10.1073/pnas.0401277101.

Karagas, M.R., Choi, A.L., Oken, E., Horvat, M., Schoeny, R., Kamai, E. *et al.* (2012). Evidence on the human health effects of low-level methylmercury exposure. *Environmental Health Perspectives* 120(6), 799-806. https://doi.org/10.1289/ehp.1104494.

Kelleher, K. (2005). *Discards in The World's Marine Fisheries: An Update.* FAO Fisheries Technical Paper. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/008/y5936e/y5936e00.htm.

Koelmans, A.A., Bakir, A., Burton, G.A. and Janssen, C.R. (2016). Microplastic as a vector for chemicals in the aquatic environment: Critical review and model-supported reinterpretation of empirical studies. *Environmental Science & Technology* 50(7), 3315-3326. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06069.

Koslow, J.A., Auster, P., Bergstad, O.A., Roberts, J.M., Rogers, A., Vecchione, M. *et al.* (2016). Biological communities on seamounts and other submarine features potentially threatened by disturbance. In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Innis, L. and Simcock, A. (eds.). United Nations. chapter 51. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_51.pdf

Kummu, M., De Moel, H., Salvucci, G., Viviroli, D., Ward, P.J. and Varis, O. (2016). Over the hills and further away from coast: Global geospatial patterns of human and environment over the 20th–21st centuries. *Environmental Research Letters* 11(3), https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034010.

Lambeth, L., Hanchard, B., Aslin, H., Fay-Sauni, L., Tuara, P., Rochers, K.D. *et al.* (2014). An overview of the involvement of women in fisheries activities in Oceania.In *Global Symposium on Women in Fisheries.* Williams M.J., Chao N.H., Choo P.S., Matics K., Nandeesha M.C., Shariff M. *et al.* (eds.). Penang: ICLARM — The World Fish Center. 21-33.

Larson, C. (2018). Asia's hunger for sand takes toll on ecology. *Science* 359(6379), 964-965. https://doi.org/10.1126/science.359.6379.964

Lavers, J.L. and Bond, A.L. (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(23), 6052-6055. https://doi.org/10.1073/pnas.1619818114.

Leggett, C., Scherer, N., Curry, M., Bailey, R. and Haab, T. (2014). *Final Report: Assessing the economic Benefits of Reductions in Marine Debris: A Pilot Study of Beach Recreation in Orange County, California.* https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/MarineDebrisEconomicStudy_0.pdf.

Leite, L. and Pita, C. (2016). Review of participatory fisheries management arrangements in the European Union. *Marine Policy* 74, 268-278. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.08.003.

Lemasson, A.J., Fletcher, S., Hall-Spencer, J.M. and Knights, A.M. (2017). Linking the biological impacts of ocean acidification on oysters to changes in ecosystem services: A review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 492, 49-62. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.019.

Li, H.-X., Ma, L.-S., Lin, L., Ni, Z.-X., Xu, X.-R., Shi, H.-H. *et al.* (2018). Microplastics in oysters Saccostrea Cucullata along the Pearl River Estuary, China. 236, 619-625. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.083.

Macfadyen, G., Huntington, T. and Cappell, R. (2009). *Abandoned, Lost Or Otherwise Discarded Fishing Gear.* UNEP Regional Seas Reports and Studies No.185; FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 523. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and the United Nations Environment Programme. http://www.fao.org/docrep/011/i0620e/i0620e00.htm.

Marcon, Y., Purser, A., Janssen, F., Lins, L., Brown, A. and Boetius, A. (2016). Megabenthic community structure within and surrounding the DISCOL Experimental Area 26 years after simulated manganese nodule mining disturbance. *EU FP7 MIDAS Final Meeting.* Gent, 3-7 October 2016. http://epic.awi.de/44161/

Material District (2018). *Finite: A more sustainable alternative to concrete made from desert sand.* [Material District https://materia.nl/article/finite-concrete-desert-sand/ (Accessed: October 2018).

McDonald, M.A., Hildebrand, J.A. and Wiggins, S.M. (2006). Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *The Journal of the Acoustical Society of America* 120(2), 711-718. https://doi.org/10.1121/1.2216565.

Melnychuk, M.C., Peterson, E., Elliott, M. and Hilborn, R. (2016). Fisheries management impacts on target species status. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(1), 178-183. https://doi.org/10.1073/pnas.1609915114.

Miksis-Olds, J.L. and Nichols, S.M. (2016). Is low frequency ocean sound increasing globally? *The Journal of the Acoustical Society of America* 139(1), 501-511. https://doi.org/10.1121/1.4938237.

Morgan, C.L., Odunton, N.A. and Jones, A.T. (1999). Synthesis of environmental impacts of deep seabed mining. *Marine Georesources and Geotechnology* 17(4), 307-356. https://doi.org/10.1080/106411999273666.

Myers, G.J., Davidson, P.W., Cox, C., Shamlaye, C.F., Palumbo, D., Cernichiari, E. *et al.* (2003). Prenatal methylmercury exposure from ocean fish consumption in the Seychelles child development study. *The Lancet* 361(9370), 1686-1692. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)13371-5.

Narita, D., Rehdanz, K. and Tol, R.S.J. (2012). Economic costs of ocean acidification: A look into the impacts on global shellfish production. *Climatic Change* 113(3-4), 1049-1063. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0383-3.

Northridge, S., Coram, A., Kingston, A. and Crawford, R. (2017). Disentangling the causes of protected species bycatch in gillnet fisheries. *Conservation Biology* 31(3), 686-695. https://doi.org/10.1111/cobi.12741.

O'Hanlon, N.J., James, N.A., Masden, E.A. and Bond, A.L. (2017). Seabirds and Marine Plastic Debris in the Northeastern Atlantic: A Synthesis and Recommendations for Monitoring and Research. *Environmental Pollution* 22, 1291-1301. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.101.

O'Neill, B.C., Oppenheimer, M., Warren, R., Hallegatte, S., Kopp, R.E., Pörtner, H.O. *et al.* (2017). IPCC reasons for concern regarding climate change risks. *Nature Climate Change* 7(1), 28-37. https://doi.org/10.1038/nclimate3179.

Olson, J. (2011). Understanding and contextualizing social impacts from the privatization of fisheries: An overview. *Ocean & Coastal Management* 54(5), 353-363. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.02.002.

Österblom, H. and Bodin, Ö. (2012). Global cooperation among diverse organizations to reduce illegal fishing in the Southern Ocean. *Conservation Biology* 26(4), 638-648. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01850.x.

Peduzzi, P. (2014). Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development* 11, 208-218. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2014.04.001.

Pham, C.K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C.H.S., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M. *et al.* (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PLoS One* 9(4), e95839. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095839.

Popper, A.N. and Hastings, M.C. (2009). The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. *Journal of fish biology* 75(3), 455-489. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02319.x

Ralston, N.V. and Raymond, L.J. (2010). Dietary selenium's protective effects against methylmercury toxicity. *Toxicology* 278(1), 112-123. https://doi.org/10.1016/j.tox.2010.06.004.

Rice, J. (2014). Evolution of international commitments for fisheries sustainability. *ICES Journal of Marine Science* 71(2), 157-165. https://doi.org/10.1093/icesjms/fst078.

Rice, J., Moksness, E., Attwood, C., Brown, S.K., Dahle, G., Gjerde, K.M. *et al.* (2012). The role of MPAs in reconciling fisheries management with conservation of biological diversity. *Ocean & Coastal Management* 69, 217-230. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.08.001.

Rice, J.C. and Garcia, S.M. (2011). Fisheries, food security, climate change, and biodiversity: characteristics of the sector and perspectives on emerging issues. *ICES Journal of Marine Science* 68(6), 1343-1353. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr041.

Richardson, W.J., Greene, C.R., Malme, C.I. and Thomson, D.H. (1995). *Marine Mammals and Noise.* San Diego, CA: Academic Press. https://www.elsevier.com/books/marine-mammals-and-noise/richardson/978-0-08-057303-8.

Ricker, W.E. (1975). *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations.* Bulletin of the Fisheries Research Board of CanadaEnvironment Canada. http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/1485.pdf.

Roos, N., Wahab, M.A., Chamnan, C. and Thilsted, S.H. (2007). The role of fish in food-based strategies to combat vitamin A and mineral deficiencies in developing countries. *The Journal of Nutrition* 137(4), 1106-1109. https://doi.org/10.1093/jn/137.4.1106.

Rose, G.A. (2007). *Cod: The Ecological History of the North Atlantic Fisheries.* St. John's, Newfoundland: Breakwater Books. http://www.breakwaterbooks.com/books/cod-the-ecological-history-of-the-north-atlantic-fisheries/.

Rosenberg, A. (2010). *Using fly ash in concrete*. [National Precast Concrete Association https://precast.org/2010/05/using-fly-ash-in-concrete/.

Salinger, J., Hobday, A., Matear, R., O'Kane, T., Risbey, J., Dunstan, P. *et al.* (2016). Chapter one-decadal-scale forecasting of climate drivers for marine applications. *Advances in Marine Biology* 74, 1-68. https://doi.org/10.1016/bs.amb.2016.04.002.

Schindler, D.E. and Hilborn, R. (2015). Prediction, precaution, and policy under global change. *Science* 347(6225), 953-954. https://doi.org/10.1126/science.1261824.

Schmidt, C., Krauth, T. and Wagner, S. (2017). Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environmental Science & Technology* 51(21), 12246-12253. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02368.

Schuster, P.F., Schaefer, K.M., Aiken, G.R., Antweiler, R.C., Dewild, J.F., Gryziec, J.D. *et al.* (2018). Permafrost stores a globally significant amount of mercury. *Geophysical Research Letters* 45(3), 1463-1471. https://doi.org/10.1002/2017GL075571.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2016). *Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity.* CBD Technical Series No. 83. Montreal. https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-83-en.pdf.

Secretariat of the Pacific Community (ed.) (2013a). *Deep Sea Minerals: Sea Floor Massive Sulphides, a Physical, Biological, Environmental, and Technical Review*. http://dsm.gsd.spc.int/public/files/meetings/TrainingWorkshop4/UNEP_vol1A.pdf.

Secretariat of the Pacific Community (2013b). *Deep Sea Minerals: Deep Sea Minerals and the Green Economy.* Baker, E. and Beaudoin, Y. (eds.). https://www.researchgate.net/publication/260596769_Deep_Sea_Minerals_and_the_Green_Economy.

Sharma, R. (2001). Indian Deep-sea Environment Experiment (INDEX): An appraisal. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 48(16), 3295-3307. https://doi.org/10.1016/S0967-0645(01)00041-8.

Steneck, R.S., Mumby, P.J., MacDonald, C., Rasher, D.B. and Stoyle, G. (2018). Attenuating effects of ecosystem management on coral reefs. *Science Advances* 4(5), eaao5493. https://doi.org/10.1126/sciadv.aao5493.

Stokstad, E. (2018). Controversial plastic trash collector begins maiden ocean voyage. Science Magazine http://www.sciencemag.org/news/2018/09/still-controversial-plastic-trash-collector-ocean-begins-maiden-voyage.

Strain, J.J., Davidson, P.W., Bonham, M.P., Duffy, E.M., Stokes-Riner, A., Thurston, S.W. *et al.* (2008). Associations of maternal long-chain polyunsaturated fatty acids, methyl mercury, and infant development in the Seychelles child development nutrition study. *NeuroToxicology* 29(5), 776-782. https://doi.org/10.1016/j.neuro.2008.06.002.

Swan, J. and Gréboval, D. (2005). *Overcoming Factors of Unsustainability and Overexploitation in Fisheries: Selected Papers on Issues and Approaches.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/009/a0312e/A0312E00.htm.

Syvitski, J.P.M., Vörösmarty, C.J., Kettner, A.J. and Green, P. (2005). Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science* 308(5720), 376-380. https://doi.org/10.1126/science.1109454.

Tarling, G.A., Peck, V.L., Ward, P., Ensor, N.S., Achterberg, E., Tynan, E. *et al.* (2016). Effects of acute ocean acidification on spatially-diverse polar pelagic foodwebs: Insights from on-deck microcosms. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 127, 75-92. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.02.008.

Taylor, C.M., Emmett, P.M., Emond, A.M. and Golding, J. (2018). A review of guidance on fish consumption in pregnancy: Is it fit for purpose? *Public Health Nutrition* 21(11), 2149-2159. https://doi.org/10.1017/S1368980018000599.

Thiel, M., Luna-Jorquera, G., Álvarez-Varas, R., Gallardo, C., Hinojosa, I.A., Luna, N. *et al.* (2018). Impacts of Marine Plastic Pollution from Continental Coasts to Subtropical Gyres—Fish, Seabirds, and Other Vertebrates in the SE Pacific. *Frontiers in Marine Science* 5(238). https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00238.

Thilsted, S.H., James, D., Toppe, J., Subasinghe, R. and Karunasagar, I. (2014). Maximizing the contribution of fish to human nutrition. *ICN2 Second International Conference on Nutrition*. Food Agriculture Organizationof the United Nations and World Health Organization http://www.fao.org/3/a-i3963e.pdf

Tidau, S. and Briffa, M. (2016). Review on behavioral impacts of aquatic noise on crustaceans. *Proceedings of Meetings on Acoustics* 27(010028). https://doi.org/10.1121/2.0000302.

Tuvalu Seabed Mining Act 2014, 2014 (Tuvalu, P.o.). https://www.tuvalu-legislation.tv/cms/images/LEGISLATION/PRINCIPAL/2014/2014-0014/TuvaluSeabedMineralsAct_1.pdf.

United Nation Environment Programme (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Release and Environmental Transport.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7984/-Global%20Mercury%20Assessment-201367.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

United Nations (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea (LOSC).* http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/closindx.htm.

United Nations, General Assembly (2016). *70/235. Oceans and the law of the sea: Resolution adopted by the General Assembly on 23 December 2015.* https://undocs.org/A/RES/70/235.

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2016a). *2/12. Sustainable Coral Reefs Management. UNEP/EA.2/Res.12.* http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11187/K1607234_UNEPEA2_RES12E.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2016b). *2/11. Marine Plastic Litter and Microplastics. UNEP/EA.2/Res.11.* http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11186/K1607228_UNEPEA2_RES11E.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2017). *3/7. Marine Litter and Microplastics. UNEP/EA.3/Res.7.* https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/k1800210.english.pdf

United Nations Environment Programme (2016). *Marine Plastic Debris and Microplastics: Global Lessons and Research To Inspire Action and Guide Policy Change.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/11700/retrieve.

United Nations Environment Programme (2017). *Coral Bleaching Futures: Downscaled Projections of Bleaching Conditions for the World's Coral Reefs, Implications of Climate Policy and Management Responses.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22048/Coral_Bleaching_Futures.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme and GRID-Arendal (2016). *Marine Litter Vital Graphics.* Nairobi: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/11/original/MarineLitterVG.pdf?1488455779.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (2015). *Marine Litter Assesment in the Mediterranean 2015. A Report of the Mediterranean Action Plan.* https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7098/MarineLitterEng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United States Food and Drug Administration (2017). *Eating fish: What pregnant women and parents should know*. https://www.fda.gov/Food/ResourcesForYou/Consumers/ucm393070.htm (Accessed: June 2018.

United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2012). *How much would it cost to clean up the pacific garbage patches?* NOAA Coral Reef Watch https://response.restoration.noaa.gov/about/media/how-much-would-it-cost-clean-pacific-garbage-patches.html.

United States National Oceanic and Atmospheric Administration (2017). *Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Coral Reef Watch*. https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/publications_hughes-etal_nature_20170316.php (Accessed: June 2017).

Unsworth, R.K.F., Ambo-Rappe, R., Jones, B.L., La Nafie, Y.A., Irawan, A., Hernawan, U.E. *et al.* (2018). Indonesia's globally significant seagrass meadows are under widespread threat. *Science of the Total Environment* 634, 279-286. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.315.

Van Cauwenberghe, L. and Janssen, C.R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution* 193, 65-70. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010.

Van Dover, C.L. (2011). Tighten regulations on deep-sea mining. *Nature* 470(7332), 31-33. https://doi.org/10.1038/470031a.

Van Dover, C.L., Ardron, J.A., Escobar, E., Gianni, M., Gjerde, K.M., Jaeckel, A. *et al.* (2017). Biodiversity loss from deep-sea mining. *Nature Geoscience* 10, 464—465. https://doi.org/10.1038/ngeo2983.

Van Hooidonk, R., Maynard, J., Tamelander, J., Gove, J., Ahmadia, G., Raymundo, L. *et al.* (2016). Local-scale projections of coral reef futures and implications of the Paris Agreement. *Scientific reports* 6(39666). https://doi.org/10.1038/srep39666.

Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B.D., Van Franeker, J.A. *et al.* (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters* 10(12), 124006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006.

Van Wijngaarden, E., Thurston, S.W., Myers, G.J., Harrington, D., Cory-Slechta, D.A., Strain, J.J. *et al.* (2017). Methyl mercury exposure and neurodevelopmental outcomes in the Seychelles Child Development Study Main cohort at age 22 and 24 years. *Neurotoxicology and teratology* 59, 35-42. https://doi.org/10.1016/j.ntt.2016.10.011.

Veron, J., Hoegh-Guldberg, O., Lenton, T., Lough, J., Obura, D., Pearce-Kelly, P. *et al.* (2009). The coral reef crisis: The critical importance of< 350ppm CO_2. *Marine Pollution Bulletin* 58(10), 1428-1436. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.09.009.

Von Schuckmann, K., Palmer, M.D., Trenberth, K.E., Cazenave, A., Chambers, D., Champollion, N. *et al.* (2016). An imperative to monitor Earth's energy imbalance. *Nature Climate Change* 6(2), 138-144. https://www.nature.com/articles/nclimate2876.

Wang, J., Kiho, K., Ofiara, D., Zhao, Y., Bera, A., Lohmann, R. *et al.* (2016). Marine debris.In *The First Global Integrated Marine Assessment - World Ocean Assessment I*. Innis, L. and Simcock, A. (eds.). chapter 25. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_25.pdf

Watkins, E., ten Brink, P., Sirini Withana, M.K., Russi, D., Mutafoglu, K., Schweitzer, J.-P. *et al.* (2017). The socio-economic impacts of marine litter, including the costs of policy inaction and action.In *Handbook on the Economics and Management of Sustainable Oceans.* Nunes, P.A.L.D., Svensson, L.E. and Markandya, A. (eds.). Edward Elgar Publishing. chapter 14. 296-319. https://www.elgaronline.com/view/9781786430717.00024.xml

Watson, R.A., Cheung, W.W.L., Anticamara, J.A., Sumaila, R.U., Zeller, D. and Pauly, D. (2012). Global marine yield halved as fishing intensity redoubles. *Fish and Fisheries* 14(4), 493-503. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00483.x.

Wilkinson, C., Salvat, B., Eakin, C.M., Brathwaite, A., Francini-Filho, R., Webster, N. *et al.* (2016). Tropical and sub-tropical coral reefs.In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Simcock, A. and Innis, L. (eds.). chapter 43. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_43.pdf

Woodroffe, C.D., Hall, F.R., Farrell , J.W. and Harris, P.T. (2016). Calcium carbonate production and contribution to coastal sediments.In *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.* Innis, L. and Simcock, A. (eds.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. chapter 7. http://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RPROC/Chapter_07.pdf

World Bank (2012). *Hidden Harvest:The Global Contribution of Capture Fisheries.* Washington, DC: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/515701468152718292/pdf/664690ESW0P121010120HiddenHarvest0web.pdf.

World Health Organization (2017). *Mercury and health: Key facts*. http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health (Accessed: June 2018).

Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C. *et al.* (2009). Rebuilding global fisheries. *Science* 325(5940), 578-585. https://doi/org/10.1126/science.1173146.

Wyles, K.J., Pahl, S., Thomas, K. and Thompson, R.C. (2016). Factors that can undermine the psychological benefits of coastal environments: Exploring the effect of tidal state, presence, and type of litter. *Environment and behavior* 48(9), 1095-1126. https://doi.org/10.1177/0013916515592177.

Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K. and Kolandhasamy, P. (2015). Microplastic pollution in table salts from China. *Environmental science & technology* 49(22), 13622-13627. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03163.

Ziccardi, L.M., Edgington, A., Hentz, K., Kulacki, K.J. and Kane Driscoll, S. (2016). Microplastics as vectors for bioaccumulation of hydrophobic organic chemicals in the marine environment: A state of the science review. *Environmental toxicology and chemistry* 35(7), 1667-1676. https://doi.org/10.1002/etc.3461.

第 8 章

土地和土壤

© Pexels/Tom Fisk

领衔作者兼协调负责人：Nicolai Dronin（莫斯科国立大学），Andres Guhl（洛斯安第斯大学），Jia Gensuo（中国科学院）

领衔作者：Javier Ñaupari（拉莫利纳国立农业大学）

《全球环境展望》研究员：Darshini Ravindranath（伦敦大学学院），Hung Vo（哈佛大学），Ying（Grace）Wang（同济大学）

执行摘要

土地资源对于实现17个可持续发展目标（SDGs）中的10个目标而言至关重要。农业和粮食生产仍然是包括森林和其他类型的生态系统在内的大多数土地变化的原因，而人类造成的土地退化仍然是一个基本环境问题，影响着地球上人类的粮食安全、生存和生活。全球化、人口增长、城市化以及饮食偏好的转变导致过去50年来我们的粮食体系发生了一些变化，增加了粮食进口，强化了远程联系。世界各地对土地掠夺和投机活动的关注也日益增加。明确的产权和土地资源管理权对确保粮食的可持续生产、同时保持土地生态系统继续向人类提供各种其他福利（例如水文调节、授粉）的能力至关重要。农村居民在土地保护中发挥着根本性作用。关于土地的主要研究结果可以概括如下。

即使考虑到土地资源可用性的适度预测（充分证实），**基于技术上的乐观、种子改良、机械和肥料广泛使用的当前趋势也不可能满足未来对粮食、能源、木材和其他生态系统服务和价值的需求。**到2050年，全球至少需要再增加50%以上的粮食产量来养活预计的100亿人口。当前的土地管理在保护生态系统服务、丧失自然资本、应对气候变化、解决能源和水安全以及促进性别与社会平等的同时，无法实现这一目标。{8.5.1}

粮食生产是人类对土地的最大利用，占可居住土地的50%（充分证实）。畜牧业生产将77%的农业土地用于生产饲料、草地和牧场，而仅提供17%的膳食能量和33%的膳食蛋白质需求。因此，把大约80%的农业用地用于发展畜牧业会导致效率低下{8.4.1}

农业面积的扩张因生产力的提高而减缓（不完全证实）。尽管区域间存在差异，但1984年至2015年期间，全球收割的作物面积增加了23%，而全球作物产量却增加了87%。1993年至2013年期间，世界人均每日粮食供应平均增加了10%。然而，有时被认为生产力水平更高、利润更高的单一作物耕作制度往往与环境退化和生物多样性折损有关。南美洲南部的草原已被改造成大豆田，主要用于出口。东南亚油棕的扩张是以牺牲森林和泥炭地为代价的。{8.4.1}

全球粮食供应开始依赖于少数地区经专业化种植的少量作物的贸易增长（充分证实）。2014年，小麦、玉米和大豆的国际贸易量分别占总产量的24%、11%和60%。这导致粮食价格下降，粮食短缺国家从这些粮食进口中获益。然而，生产的地理集中增加了系统风险，最近由于某些地区歉收而造成的国际商品价格飙升就说明了这一点。此外，某些作物在全球粮食供应中日益普遍，导致营养物贫乏而高度加工的粮食消耗有所增加，这对人口健康可能造成严重后果。{8.5.1}

世界各地之间的联系（远程联系）正在加强（充分证实）。一些地方的需求导致另一些地方的土地转型。生产者和消费者之间的距离可能掩盖了生产区生态系统的退化。例如，许多城市地区对土地资源的需求正在影响自己国家和国际范围内农村和其他城市地区的土地利用。{8.3.2}

全球范围内为人类消费而生产的粮食中约有三分之一被丢失或浪费（充分证实）。大约56%的粮食损失和粮食浪费发生在工业化国家，而其中44%来自发展中国家。{8.5.1}

各个地区的森林砍伐率各不相同，虽然从全球趋势来看森林在继续减少，但许多区域，特别是较发达国家的许多区域，森林覆盖率（主要是人工林）正在增加（充分证实）。在20世纪90年代，每年约损失1060万公顷的天然林。2010年至2015年期间，这一比例降至650万公顷/年。与此同时，人工林的增长率约为320万公顷/年，到2015年，人工林占全球森林面积的7%，其中大部分集中在高收入国家。人工林无法提供与天然林相同的多样性生态系统服务。{8.4.1}

虽然建成区仅占土地相对较小的一部分，但它们的影响超出了建成区（充分证实）。自1975年以来，城市居住区增长了约2.5倍，2015年占全球土地面积的7.6%。不同地区的城市和基础设施的扩张方式不同。由于土地覆盖了不透水表层，城市影响了水循环和土壤功能，并产生城市热岛效应。大约30亿城市居民没有配备足够的废弃物处理设施，这会带来健康风险（感染、接触化学品、粉尘等），并产生环境影响（土壤和水污染、温室气体排放等）和土地使用竞争。{8.4.1；8.5.2}

土地是全球绝大多数地区人口最重要的资产，而有保障的权利可以帮助将这些资产转化为发展机会（充分证实）。土著居民、穷人、无地者和妇女是最容易受到土地所有权和使用权不平等影响的群体。据估计，全球只有大约10%的正式土地权利得到注册或登记。在缺乏对其土地权利正式承认和保护的情况下，一些国家的各种团体由于担心粮食短缺和粮食价格上涨而实施征地、抢地乃至租赁土地，从而面临土地损耗的问题。自2000年以来，全球共有2670万公顷农业用地转让给了外国投资者。{8.5.3，8.5.4}

土地资源保有期限不平等是可持续土地管理的一项重大挑战（充分证实）。土著居民土地的保有期限保障可以带来价值数以十亿美元计的利益（碳封存、减少污染、清洁水源、控制侵蚀），以及一系列其它地方、区域和全球的“生态系统服务”。这些益处远远超过获得土地保有期限的成本。{8.5.3}

沿着目前的道路继续前进，将很难实现联合国可持续发展大会（“里约+20”峰会）通过的土地退化中性目标（充分证实）。根据卫星数据进行的评估显示，土地退化热点地区约占全球土地面积的29%。然而，不同的数据集之间存在差异，方法之间存在不一致之处。大约有32亿人生活在这些土地退化地区。在避免土地退化和恢复已退化土地方面进行的投资具有良好的经济意义；收益通常远远超过成本。需要在地方、区域、国际和国家各层级更有效地促进和采用不同规模的创新技术、土地管理战略和土地资源管理（例如良好的农业措施、可持续的森林管理、农林牧生产系统、农业创新、生态系统服务付款、土地恢复、土地确权）。这些替代方案也有助于增强气候变化的韧性。现有的多边环境协定提供了一个平台，便于以前所未有的视野和雄心采取行动，避免并减少土地退化，促进土地恢复。{8.6.1；8.6.3}

减少在信息和技术获用、生产投入和土地获用及管控方面的性别差距可以提高农业生产力水平，减少饥饿和贫困（充分证实）。新政策应明确针对土著民、妇女、家庭农民、牧民和渔民，使这些群体能够安全而公平地获用土地、生产投入、知识、资源、市场、金融服务、增值机会和非农业就业机会。{8.6}

最大限度地减少粮食损耗和浪费对支持全球粮食安全具有重大的环境、社会和经济效益（充分证实）。在无法防止浪费的情况下，应寻求从这一废物流中恢复价值的机会，例如转换成堆肥、液体肥料、沼气或动物饲料蛋白或生化制品之类更高价值的终端用途产品。{8.6}

8.1 土地资源和可持续发展目标

土地定义起来很复杂，因为它具有多个相互关联的维度（例如，土地作为资源和服务的提供者，作为住所，作为财产，作为文化认同的关键）（《联合国防治荒漠化公约》，2017年）。在这一章中，我们侧重于土地是粮食、饲料、纤维和林产品的提供者。第6章和最新的生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（IPBES）评估报告讨论了土地提供生态系统服务以调节生态过程的能力（见下文）。土地是粮食的主要来源，因此它与可持续发展目标2密切相关：消除饥饿，实现粮食安全，改善营养，促进可持续农业发展。这一目标的具体子目标包括确保获得充足、健康和营养的粮食，特别是针对最脆弱的群体。此外，可持续发展目标2与通过可持续粮食生产系统提高生产力密切相关，而可持续粮食生产系统在日益频发的气候变化威胁下更具韧性，并为子孙后代维持和改善土壤质量。可持续且更具韧性的粮食生产系统需要努力实现性别平等，并减少其他形式的不平等（可持续发展目标10），因为在世界许多地区，男女无法平等地获得土地资源。

土地为陆地生物多样性提供了可能，土地与粮食生产有关，是人们生活和大多数经济活动发生的地方。全球超过54%的人口居住在城市地区（联合国，2015a），这给土地管理带来了额外的挑战：如何应对有害污染物和化学品及其对人类和环境的影响。土地污染正成为一种重要压力，而人类产生的垃圾和化学品正在影响着人们的健康和许多生态系统进程的正常运转（可持续发展目标3，15）。

此外，人类对土地的利用给土地资源施加了巨大压力，将短期收益置于长期可持续性之上（联合国防治荒漠化公约，2017年），减少了许多生态系统服务的供应（自然对人类的贡献）。《千年生态系统评估》提供的证据表明，我们正在寅吃卯粮（《千年生态系统评估》，2004年），而生态系统向我们提供粮食、纤维、森林资源、饲料和其他生物多样性有关福利的能力受到威胁。最近生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台关于土地退化和恢复的报告强化了这一关键信息（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018年）。健康的地球是发展的基础，可持续的土地资源管理则是这一挑战的核心。

8.2 为《全球环境展望6》奠定基础：《全球环境展望5》的遗产

《全球环境展望5》的主要信息可以在《全球环境展望6》进行推演。也许最重要的区别在于，人们认识到气候变化是环境变化的驱动力，以及气候变化本身如何具有改变土地资源的潜力（见第二章）。气候变化通常会加剧生态系统退化，而更多变的气候会使生态系统退化得更强烈。

另一个不同之处在于，人们越来越认识到明确产权在土地资源管理方面的重要作用，以及农村居民在土地保护中的关键作用。土地权利现在行动倡议（http://www.landrightsnow.org）指出，有25亿人依赖于集体拥有、管理或使用的土地资源。这些人管理和保护着50%的土地，但只拥有10%的合法所有权。明确产权通常可以改善土地资源管理（Lawry 等人，2017年）。没有明确的产权，这些人很容易被强大势力（如跨国公司、政府）剥夺土地。

最后，人们越来越关心土地资源退化如何导致广泛的移徙甚至冲突。自2015年开始记录这些实例以来，《环境司法图例集》（https://ejatlas.org/）列出了全球2000多起社会环境冲突案例，主要是土地管理不善（主要是由于治理不善）导致土地退化、冲突和/或资源被剥夺。

8.3 驱动力和压力

8.3.1 人口

如第2章所述，人口增长及其相关的环境影响是土地利用转型的主要驱动力。在发展中国家，特别是非洲，到21世纪中叶，人口将增长一倍或两倍（联合国，2014年）。相比之下，到2050年，发达国家的人口只会小幅增加，甚至减少（联合国，2015年）。由于发达国家已经进入一个日益依赖第三产业的后工业社会，因此预计土地使用将更加稳定，而发展中国家目前正经历从农业社会到工业体制的快速转变，由此导致了土地和资源使用方式的根本性变化（Haberl等人，2011年）。

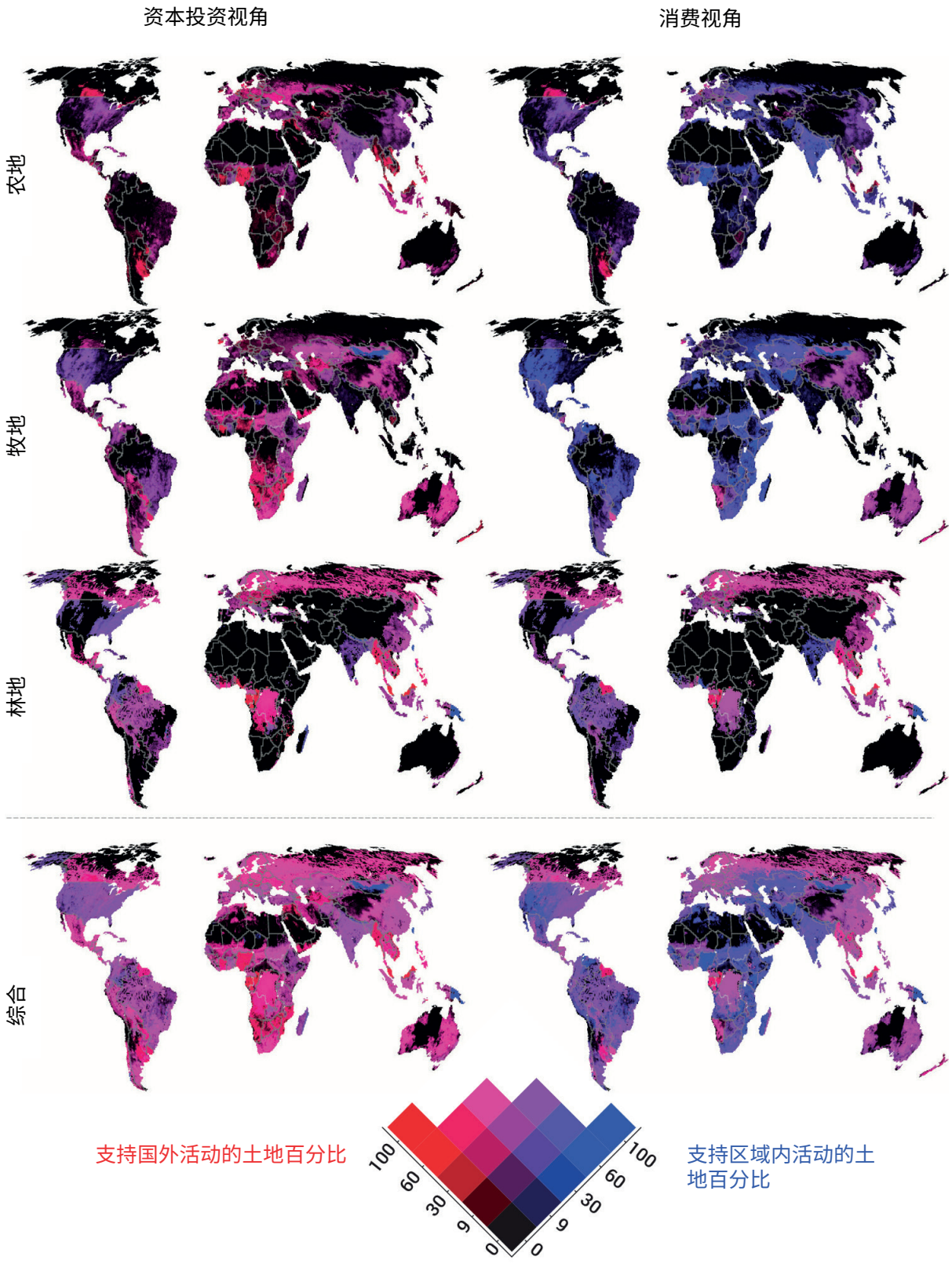
人口增长可能严重威胁到为当地社区提供粮食、住所和适当营养的内在土地限额。然而，这种影响取决于具体的社会经济背景，并且主要存在于发展中国家。例如，关于埃塞俄比亚西北部土地利用变化的一项研究（1972年至2010年）表明，由于人口增长，但也因为对农民的诱人补贴，62%的林地变为农田，付出了巨大的环境代价（沙尘暴、干旱、严重的土壤侵蚀）（Zewdie和Csaplovies，2015年）。关于这一主题的大多数研究都认识到农村向城市移徙对于减轻人口增长对农村地区土地资源的某些负面影响的重要性。由于区域内基础设施的改善，农村地区人口的一些自然增长现在可以被国外吸收，正如在非洲所观察到的那样，大多数非洲移民在非洲大陆内部流动，以寻找经济机会（Awumbila，2017年）。

8.3.2 城市化

城乡之间在人员、资源和服务方面相互联系。农村地区通过道路、信息技术、电力和贸易网络与城市地区相连。与此同时，城市地区越来越依赖土地资源为人类提供自然的馈赠，例如清洁的水、粮食和纤维。城市化可以对这些资源流动和功能产生积极和消极的影响，并影响城郊和农村地区的经济和发展（Brenner和Schmid，2014年）。城市运行所需要的生态系统通常超出其管辖范围（Solecki 和Marcotullio，2013年），这就需要采用新方法来准确地评估城市化程度，以帮助决策者和公民社会应对现存的和新生的挑战（联合国，2016年）。城市对粮食、水、纤维和建筑材料的需求已在城市、农村地区甚至其他国家的地区之间建立了牢固的联系。这些联系，也称为远程联系，意味着农村地区的土地利用越来越依赖于遥远的城市群的需求（Seto等人，2012年；Bergmann和Holmberg，2016年）。城市基础设施（能源、水、建筑和交通）和粮食供应尤其依赖于跨界供应（Kennedy和Hoornweg，2012年；Ramaswami等人，2012年；Ramaswami等人，2017年）。

农村人口向城市的迁移仍在继续，并且通过改变饮食、改变对基础设施和住房的需求以及改变土地继续为人类提供自然馈赠的能力，对土地使用产生了多方面的影响（《联合国防治荒漠化公约》，2017年）。建成区人口的大部分增长发生在容易发生灾害的地区，例如海拔10米以内的低海拔沿海地区（Seto等人，2011年；Paresi等人，2016年）。

图8.1：2007年土地全球化的不同视角（Eckert IV投影图）



该图说明了资本和消费如何因不同土地区域的经济活动而在区域和全球范围内联系在一起。

资料来源：Bergmann和Holmberg（2016年）。

8.3.3 经济发展

全球化的力量对土地系统及其功能施加的压力越来越大，导致地貌景观发生变化（Fischer-Kowalski和Haberl，2007年；Henders和Ostwald，2014年；Schaffartzik等人，2015年）。全球贸易和资本流动影响发展中国家的土地利用（如农业、林业）（Bergmann和Holmberg，2016年）（**图8.1**，**图8.2**）。这些农产品的流动需要运输和储存，从而可能提高经济和环境成本，也可能导致粮食的营养价值下降，增加疾病传播的风险，造成粮食浪费（联合国环境规划署，2016a）。第8.5.3节进一步详细讨论了压力对土地保有期限和土地可用性的重要性。

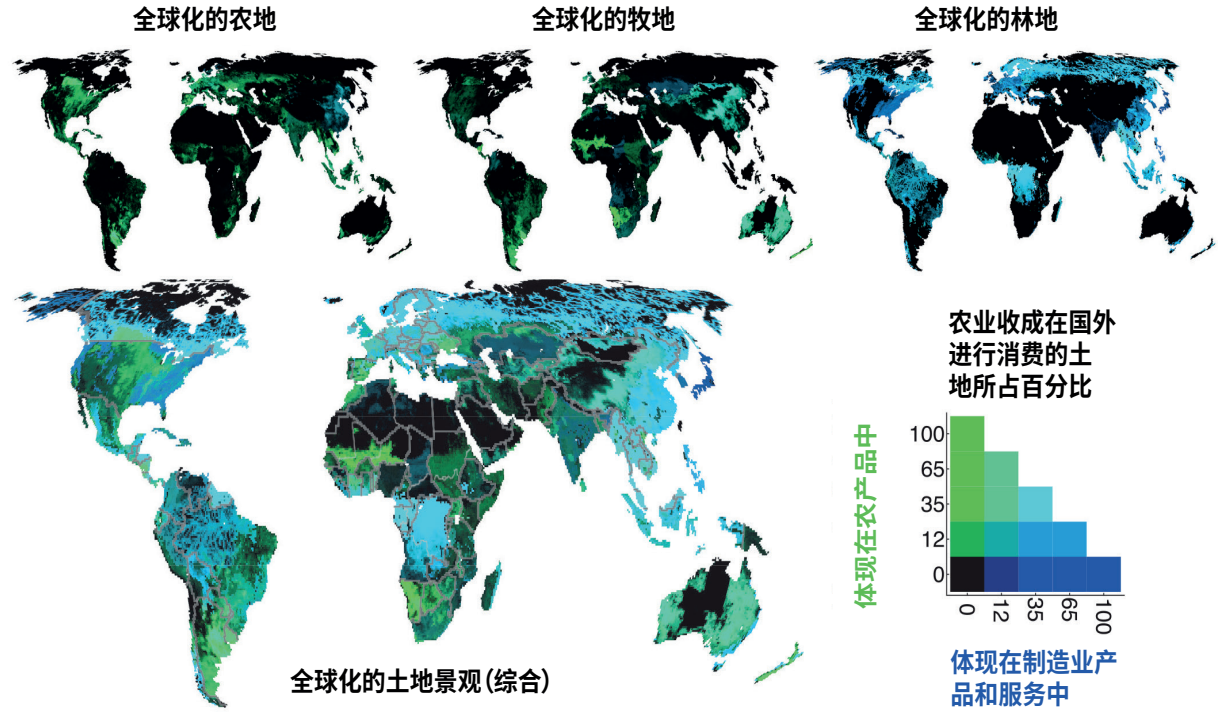
8.3.4 技术与创新

在全球范围内，快速发展的技术塑造了生产和消费，并推动各种规模的土地利用和陆地生态系统模式。地球的大数据和公众科学改善了环境监测和评估，同时允许更多公众参与（见第25章）。

虽然卫星对地观测仍有一定的局限性，但它已与大数据相结合，以跟踪全球森林变化（如全球森林观察，www.globalforestwatch.org；Terra-i，www.terra-i.org）。由移动技术驱动的无人机，正被广泛用于监测生物质燃烧和未经授权的土地用途转移。全球手机使用的爆炸式增长，尤其是智能手机的使用，有助于实现数据访问民主化。精确农业和滴灌等技术发展例证说明了农药和水的利用更加高效。

移动通信和互联网使重要的环境信息能够在几秒钟内传播到世界任何角落，不论贫富。发展中国家许多地区的农村居民可以利用这些技术改善土地管理，从而对生物多样性保护和土地利用产生潜在影响（Chin，2018年）。

图8.2：农产品对比制造业和服务在土地全球化中所起的相对作用（Eckert IV 投影图）



资料来源：Bergmann和Holmberg（2016年）。

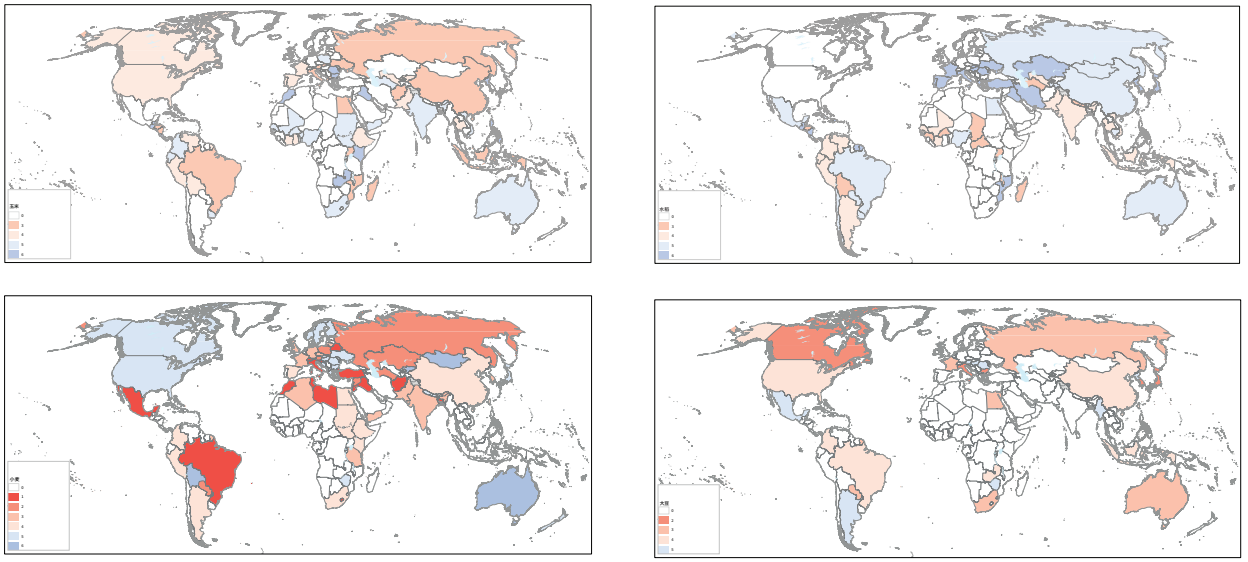
8.3.5 气候变化

全球气温上升和降雨模式的变化已经影响到陆地生态系统和作物产量（见**图8.3**），而热带地区气温升高造成的影响可能比温带地区的更大（政府间气候变化专门委员会，2014年）。降雨模式的变化可能使某些地区受益，但降水量差异更大（干旱更加频繁），这给全球70%依靠雨水灌溉的农业带来了风险（政府间气候变化专门委员会，2014年）。随着生长季节的变化，产量增长已经放缓（Lobell，Schlenker和Costa-Roberts，2011年；Lobell和Gourdji，2012年）。气候变化导致海平面上升，从而造成沿海地区损失和下沉的风险（政府间气候变化专门委员会，2014年），威胁到许多沿海居民的生计（Paresi等人，2016年）（见第8.3.5节）。

大气中二氧化碳浓度的增加可能有助于强化二氧化碳施肥，从而有利于某些地区的农作物增产（McGrath和Lobell，2013年），而气温升高可能会给高纬度地区带来增产（政府间气候变化专门委员会，2014年）。然而，在全球范围内，由于对流层的平均温度和臭氧浓度持续上升，预计产量将受到影响（Schlenker和Roberts，2009年；政府间气候变化专门委员会，2014年）。高温已经导致了某些杂草和害虫的分布有所增加（Pautasso等人，2012年），并加剧了某些生长时期的现有压力（Gourdji，Sibley和Lobell，2013年）。

另一方面，气候智能型农业实践，如尽可能少地耕作、种植节能作物和采取节能措施，有利于增加土壤中的大气碳汇，从而有助于减缓气候变化（Han等人，2018年）。同样，为减少森林砍伐和森林退化、保护和增加森林碳储量以及在全球范围内对森林进行可持续管理而做出的努力，可以大大有助于减少温室气体的排放，有利于生物量和森林产品中的碳封存。

8.3：1980-2008年气候趋势对各国作物产量的估计净影响



资料来源：Lobell、Schlenker和Costa-Roberts（2011年）。

8.4 主要状况及趋势

8.4.1 土地利用动态

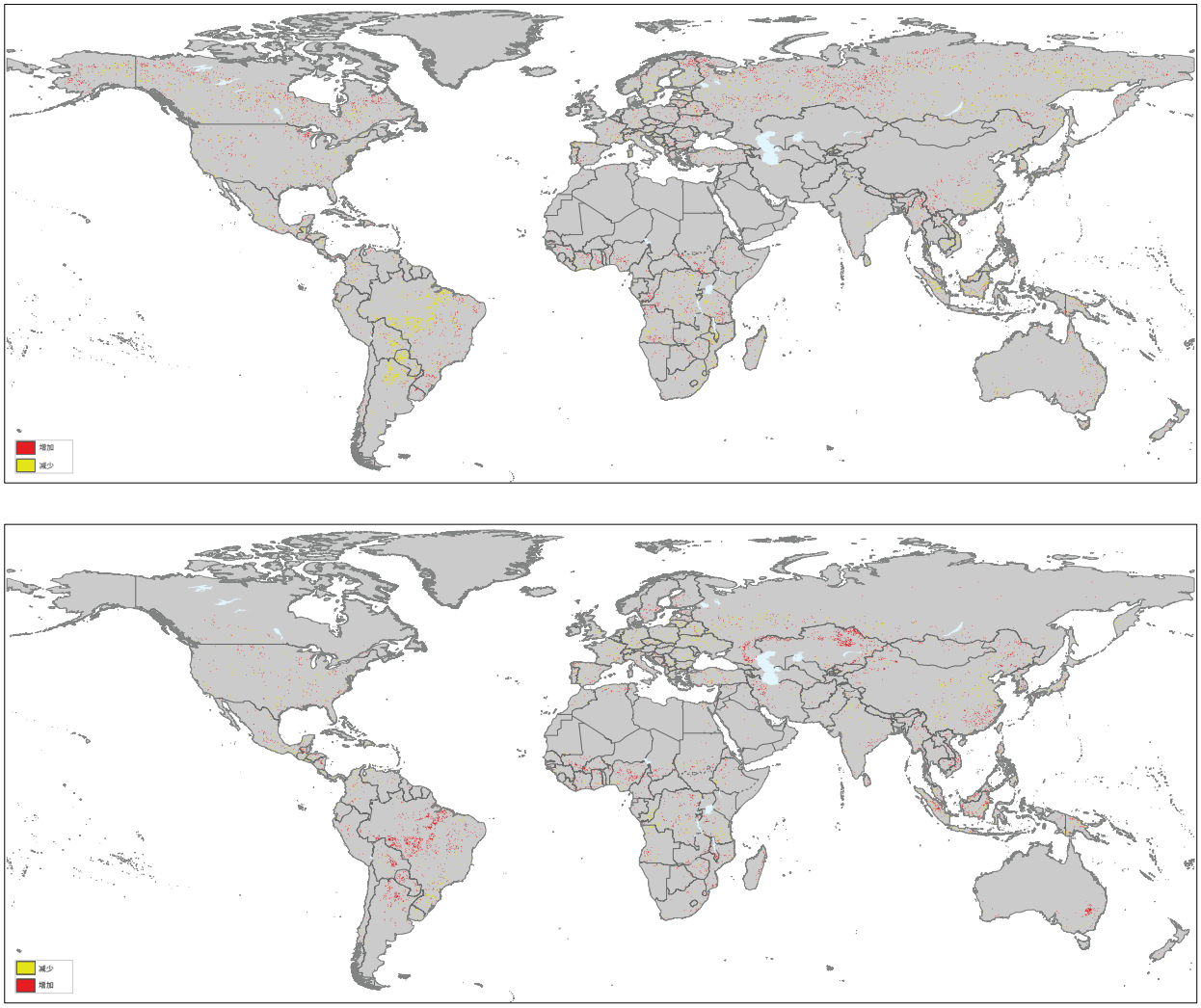
土地覆盖变化

土地是极其动态的，气候、地质或生态过程都会使土地覆盖发生变化。然而，目前人类对土地的利用（主要是农业）是造成土地覆盖及其状况发生变化的主要原因（Haberl，2015年；de Ruiter等，2017年；**图8.4**）。

2012-2050年期间，农业生产需要近乎翻一番，方可满足日益增长的粮食、饲料和生物燃料需求（联合国粮食及农业组织，2017a）。尽管联合国粮食及农业组织估计有14亿公顷土地可供扩展（Alex和ratos等人，2012年），但这些土地大多归属林地以及几乎无干扰的其他生态系统，其中产生的是自然界对人类的馈赠，如清洁的水和气候调节（Machovina，Feelley和Ripple，2015年）。在有可能的情况下，人们会放弃退化的土地，到其他地方扩大生产。被废弃之后，土地可能会慢慢开始再生过程：植被和野生动物开始重新回归土地用途被废弃的空间，拉丁美洲362,430km^{2}木本植被的自然再生长（2000-2010年）就说明了这一点（Aide等人，2013年）。

全球经济力量正在塑造当地的土地利用方式。例如，由于全球需求的增加，现代采矿业的规模正在扩大。更为严重的是，矿石品级下降意味着需要加工更多的矿石以满足

8.4：基于欧洲航天局土地覆盖数据时间序列的1992-2015年全球森林（上）和农田（下）变化



资料来源：摘编自欧洲航天局（2015年）。

需求，乃至广泛采用露天开采及其伴生废石。采矿会对环境造成累积影响，特别是在密集开采的地区，包括开展水力压裂采油的地区。哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁和玻利维亚各地区的一幅地图（**图8.5**）显示了正在或有可能进行采矿、开发天然气和石油的土地区域，凸显了土地使用竞争可能引发的冲突（Asociación Pro Derechos Humanos【Aprodeh】等人，2018年）。

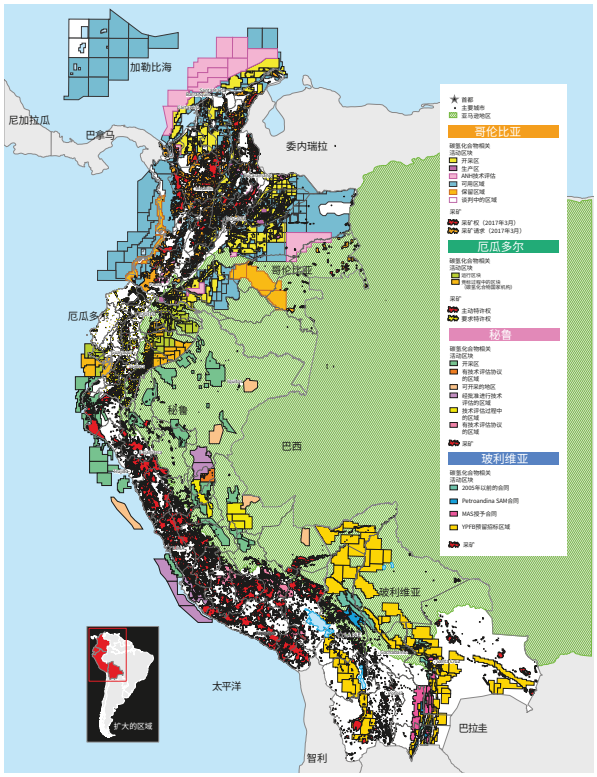
农业动态

粮食生产占人类用地的最大部分——38%的不冻土（Holmes等人，2013年）或50%的可居住土地（Roser和Ritchie，2018年）。其中，畜牧业占比最高，超过四分之三的农业用地用于饲料生产、草场培育和放牧（Foley等人，2011年；Roser和Ritchie，2018年）（**图8.6**）。

初级粮食生产约占农业用地的23%（**图8.6**），尽管近年来越来越多的土地用来种植生产生物燃料的作物（Cassidy等人，2013年）。到2009年，生物燃料生产占不冻土利用总面积的2%，预计到2030年将增加到4%（联合国粮食及农业组织，2009年）。自2000年以来，农业面积减少了约1%（图8.7；联合国粮食及农业组织，2017b）。虽然呈小幅度下降，但这一数字没有考虑到土地退化（见下文），也没有考虑尽管农业总面积有所减少，但可能以何种方式掩盖了退化土地的废弃和其他地方新开发农地面积的扩大。

1984年至2015年期间，全球范围内收割的作物面积增加了23%，而全球作物产量增加了87%（联合国粮食及农业组织，2017b），这主要是通过单一作物耕作模式实现的。然而，这些粮食生产系统可能与环境退化和生物多样性

图8.5：安第斯地区（南美）指定从事采掘活动的地区

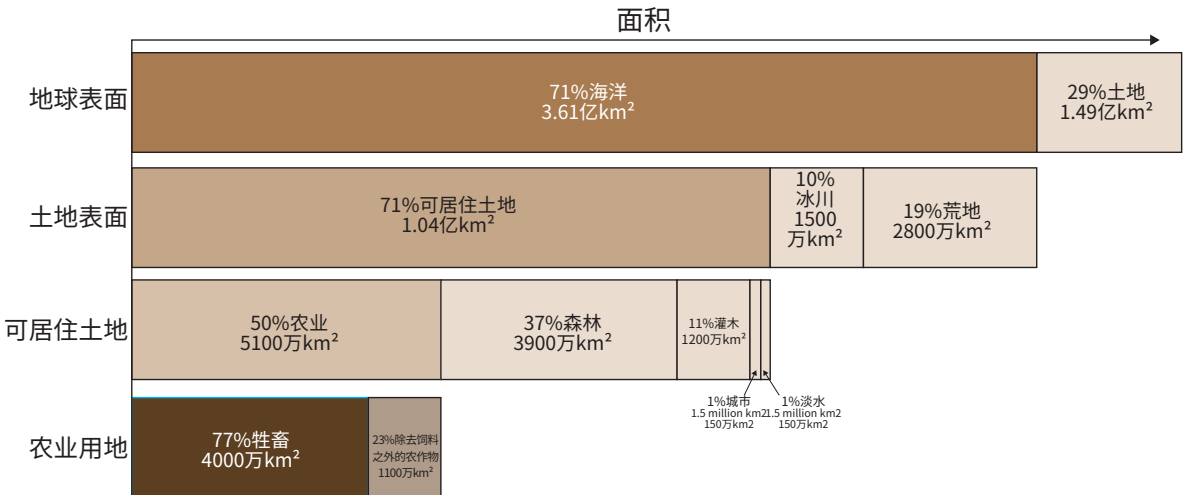


资料来源：Aprodeh等人（2018年）。改编自玻利维亚信息和文献中心（Cedib）于2018 年编制的地图，自互联网上的官方国家来源搜索而得。

损失有关（Benton，Vickery和Wilson，2003年；Foley等人，2011年；《联合国防治荒漠化公约》，2017年）。

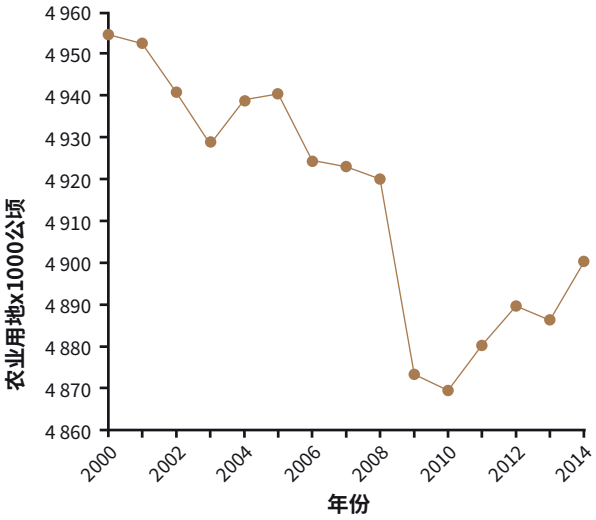
图8.6：全球粮食生产区域分配

按功能用途和分配用途细分地球表面，直至牲畜和粮食作物生产的农业用地分配，测算面积涉及数百万平方公里。畜牧业用地包括牲畜用地和用于动物饲料生产的可耕地。



资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）；Roser和Ritchie（2018年）。

图8.7：农业区域，2000-2014年



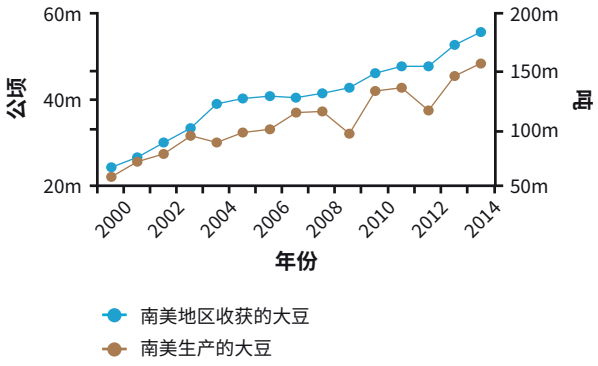
农业面积包括农业用地（可耕地）、永久性农作物用地和某一年的牧场和草甸所占面积。

资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）。

同样，1993年至2013年期间，世界人均每日粮食供应也增加了10%（**图8.8**；联合国粮食及农业组织，2017b）。随着对柔性作物需求的增加，许多地区已经被转变为农田（Borras等人，2012年）。阿根廷、玻利维亚、巴西、巴拉圭和乌拉圭的草原已经改造成主要用于出口的大豆田（Graesser等人，2015年）。自2000年以来，大豆面积增加了一倍多（**图8.9**）。南美洲和北美洲收获的大豆面积分别约占全球大豆面积的47%和30%（联合国粮食及农业组织，2017b）。

东南亚的油棕生产也经历了类似的过程。自2000年（**图8.10**）以来，这种作物的种植面积有所增加。2014年，油棕种植总面积中该地区占了68%以上，而亚洲占了85%（联合国粮食及农业组织，2017b）。

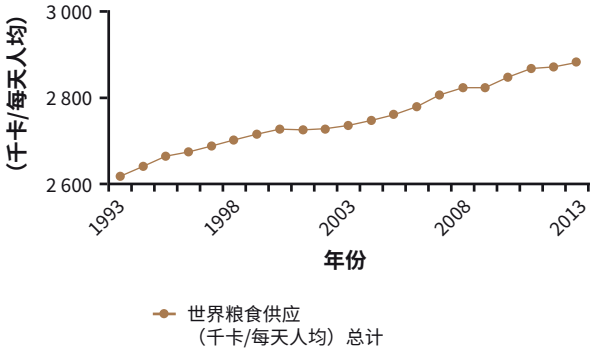
图8.9：南美大豆产量，2000–2014年



资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）

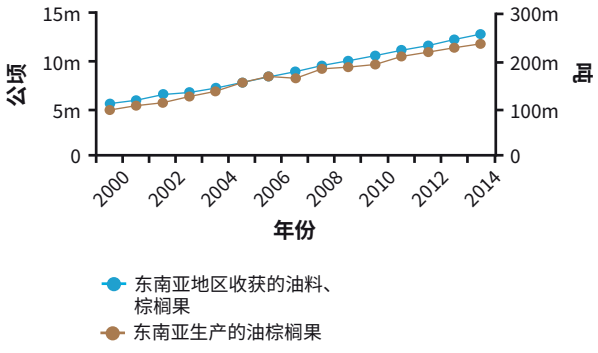
东南亚油棕种植园的扩张是以牺牲森林为代价的。这一增长是生物燃料和食用油需求不断增长的结果。在印度尼西亚加里曼丹，从1990年到2010年，大约90%被改造成油棕种植园的土地曾是茂密森林（Carlson等人，2012年）。2001年到2015年，婆罗洲有950多万公顷森林被砍伐（世界资源研究所【WRI】，2018年）。Koh等人（2011年）在马来西亚半岛（200万公顷）、婆罗洲（240万公顷）和苏门答腊（390万公顷）低地的油棕种植园中发现，到本世纪初，该地区约有88万公顷的热带泥炭地已被改造成油棕种植园。到2010年，大约230万公顷的泥炭沼泽森林被砍伐，但还没有被改造成油棕种植园。

图8.8：世界粮食供应（千卡/每天人均）



资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）。

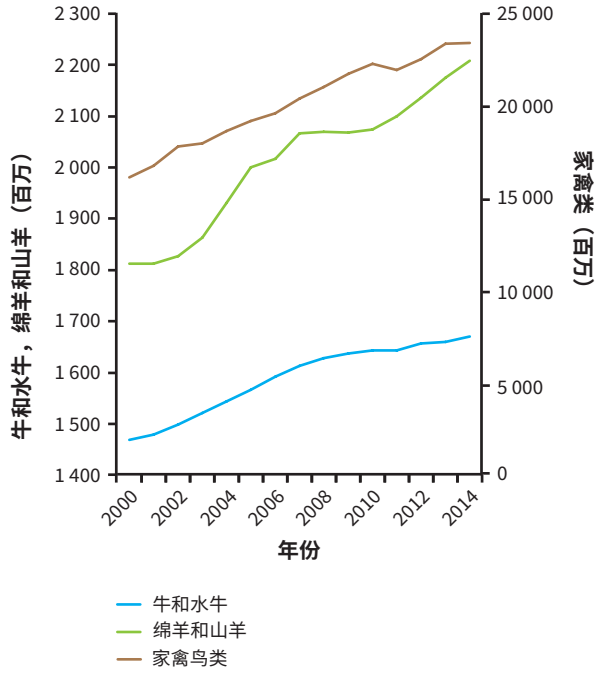
图8.10：东南亚油棕果的生产



资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）。

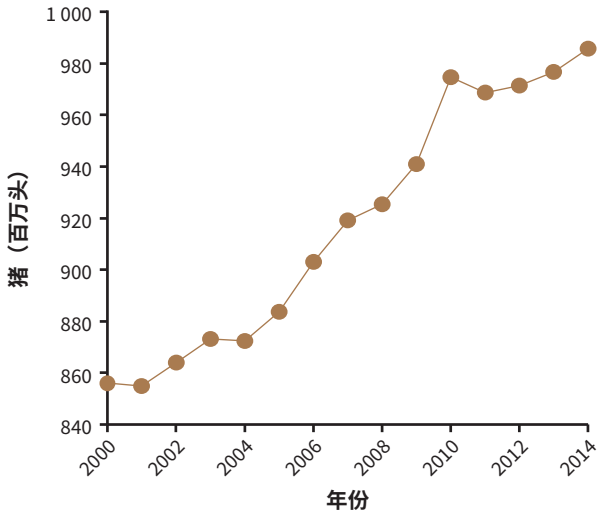
2000年至2014年期间，全球牲畜数量有所增加（**图8.11**和图**8.12**）。在人类人口增长了近19%的同时，畜牧牛和水牛、山羊和绵羊、家禽以及猪的数量分别增长了13.8%、21.9%、45.4%和15.1%。然而，伴随牲畜数量增加的是牧场和永久草场的减少（**图8.13**）。这些高增长率主要与依赖高效利用动物饲料的更密集的牲畜生产系统有关（Mottet等人，2017年）。

图8.11：食草动物和家禽的数量



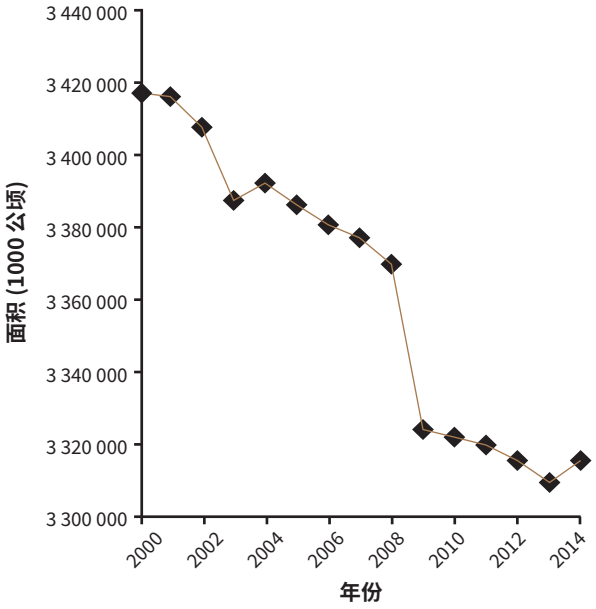
资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）。

图8.12：猪的头数，2000-2014年



资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）。

图8.13：永久的草地和牧场（1,000 公顷）

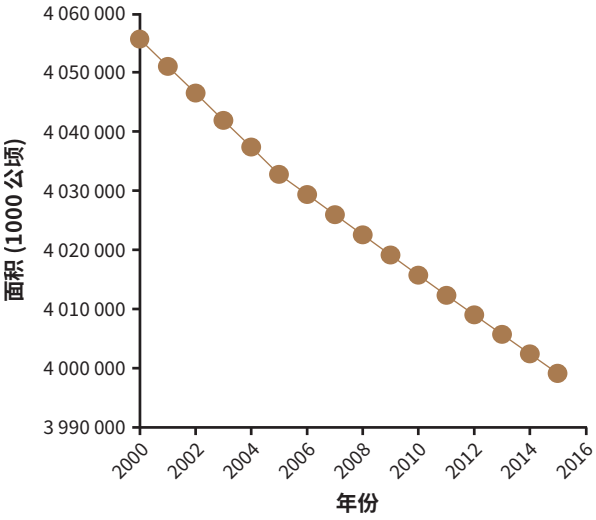


资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）。

森林动态

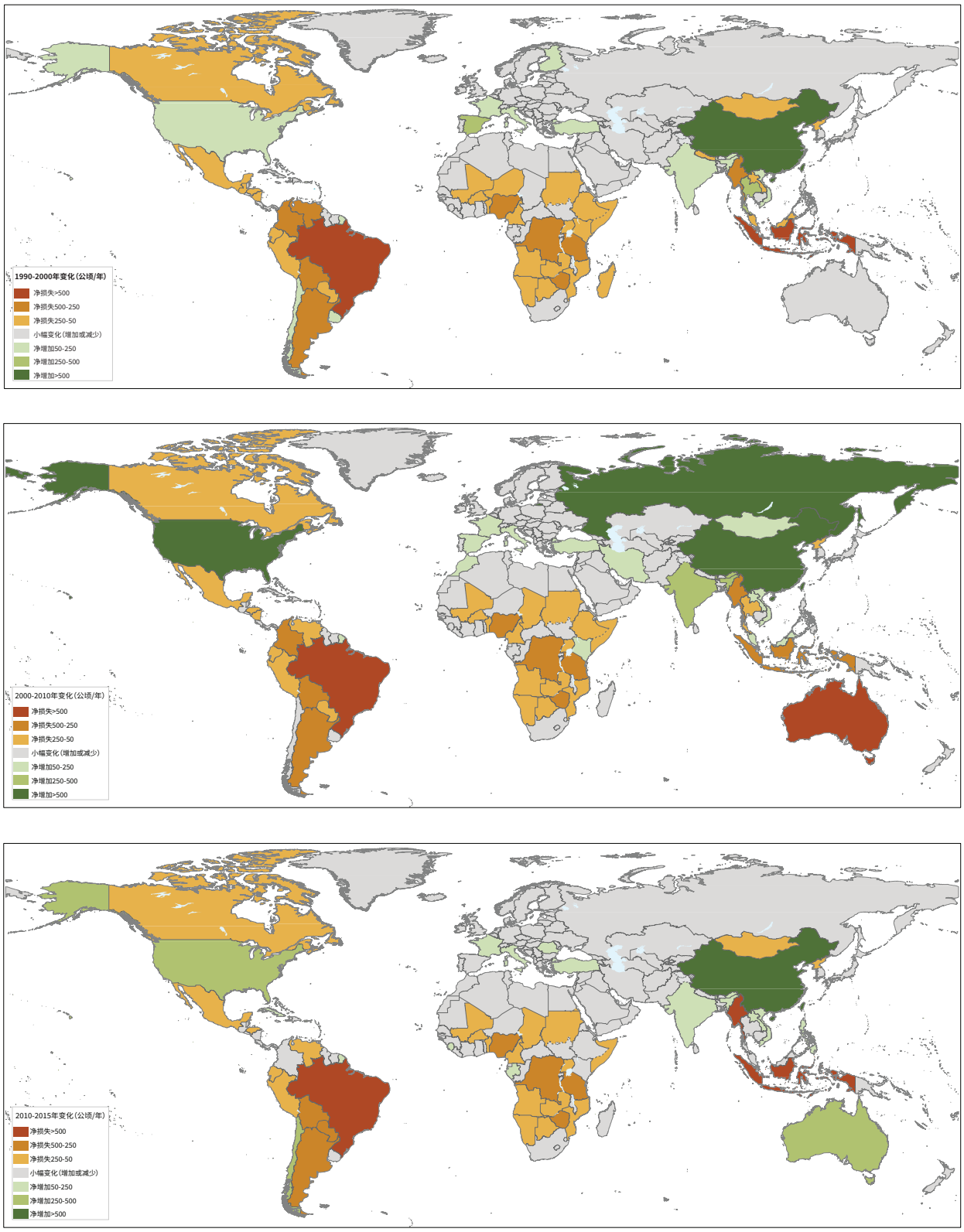
森林面积继续减少（**图8.14**）。1990年，它们占地球陆地面积的31.6%。2015年，这一比例降至30.6%（联合国粮食及农业组织，2015a），但森林损失率正在下降。在20世纪90年代，每年损失约有1060万公顷的天然林。在2010-2015年期间，这一比例降至650万公顷/年。与此同时，人工林的增加约为每年320万公顷；到2015年，它们占全球森林面积的7%，其中大部分集中在高收入国家（联合国粮食及农业组织，2015a；**图8.15**）。森林损失率各地域有所不同，虽

图8.14：世界林地面积，2000-2015年



资料来源：联合国粮食及农业组织（2017b）。

图8.15：森林面积年度净变化（1990-2000年，2000-2010年，2010-2015年



资料来源：联合国粮食及农业组织组织（2015a）。

然全球趋势是森林面积仍在减少，但在很多地域，特别是更发达的国家，森林覆盖率正在上升，尽管其中一些森林是种植园。世界大多数地区的天然林继续减少（**图8.15**），这威胁到了人类的基本福利供应。例如，随着亚马逊雨林森林砍伐的增加，降雨量一直在减少。最近的估计表明，如果亚马逊盆地的森林砍伐达到原始森林覆盖率的20% - 25%，南美洲这一地区的水循环将达到一个重要的临界点（Lovejoy和Nobre，2018年）。在过去50年里，亚马逊雨林原始面积的17%被砍伐（世界自然基金会，2018年），森林覆盖率继续下降（Butler，2017年；WRI，2018年；世界自然基金会，2018年）。

城市扩张

建成区只占一小部分土地。然而，自1975年以来，城市集群（即城市中心以及周边郊区）已经扩大了约2.5倍，占全球土地面积的7.6%（Paresi等人，2016年）。1975年至2015年间，欧洲的建成区面积翻了一番，而非洲的建成区面积增长了近四倍。这两个地区的城市都在增长，但欧洲的城市人口相对稳定，而非洲的城市人口增长了两倍。这意味着世界各地的人均建成区面积互有差异（Paresi等人，2016年）。此外，城市扩张导致景观破碎化和城市无序蔓延。随着城市的扩张，城市用地通常会占用农业用地（van Vliet，Eitelberg和Verburg，2017年），而对粮食、纤维和矿物质的需求可以改变以前与外界并无联系的地区（Seto等人，2012年；van Vliet，Eitelberg和Verburg，2017年）。在拉丁美洲，空间扩张四处可见（几乎84%的人口居住在城市），导致紧凑性变差（Inostroza，Baur和Csaplovics，2013年）。

通过给地面覆盖不透水的表层，城市影响了水文循环和土壤功能。它们也产生了所谓的城市热岛效应。但在提供教育、住房、清洁用水和电力方面，它们的效率也更高。自2000年以来，城市容纳了更多的绿地和树木（Paresi等人，2016年）。

在城市向内陆地区扩张的同时，人们越来越认识到保护自然系统（如湖泊和天然水体）以及建设设计优良的城市绿色基础设施（如公园、城市农场、生物洼地）的价值。这些措施可能带来多种益处，可以增强生物多样性和人类福祉，包括水资源管理、洪水风险缓解；热岛效应缓解（Pataki等人，2011年）；情绪舒缓、身体健康（Groenewegen等人，2006年；Pataki等人，2011年；White 等人，2013年；Sturm和Cohen，2014年；世界卫生组织，2017年）；污染捕获；以及文化设施。

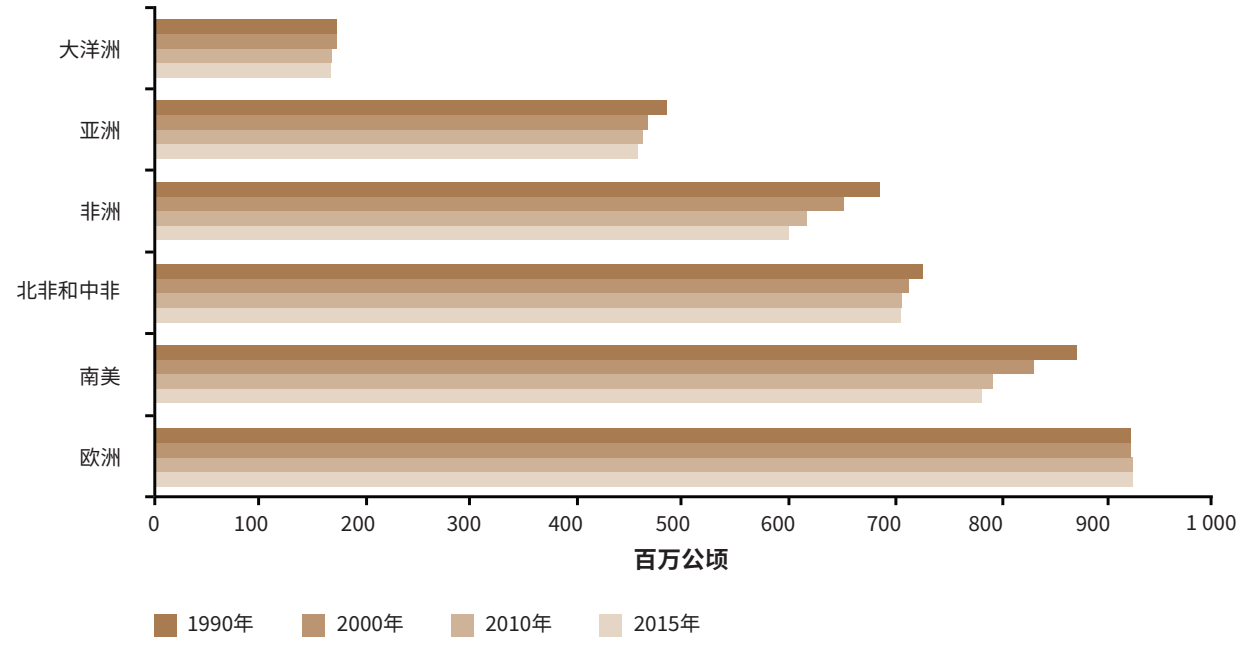
2015年，约52%的人口居住在高密度的城市中心区，33%居住在城镇和郊区，15%居住在农村地区（Paresi等人，2016年）。虽然许多城市人口继续增长，面积继续扩张，但其他城市的人口却在下降。收缩的城市会留下空置的地块，这是经济增长和衰退周期的一部分，其管理为改善环境提供了新的机遇。

8.4.2 土地质量动态

土地退化和农作物生产

土地退化涉及到土地生态系统服务的下降或破坏，包括净初级生产（NPP）（Le，Nkonya和Mirzabaev，2016年）。它

图8.16：各区域天然林面积，1990-2015年



资料来源：联合国粮食及农业组织（2015a）。

源于不同的过程：水土流失、盐渍化、板结和污染，有机质下降，森林火灾和过度放牧（JonesDR，2012年；Kosmas等人，2014年）。NPP的下降还会降低微生物活性和保水能力，降低导水性，降低土壤抗污性等（Soane等人，2012年）。联合国粮食及农业组织（2015b）估计目前土地退化为每年1200万公顷。据估计，土地退化导致的生态系统服务每年损失在6.3万亿美元到10.6万亿美元之间（土地退化经济学，2015年）。退化可能是一种生物物理现象，其原因和影响也具有经济和社会意义。许多尝试是在试图评估可观测的土地退化趋势、规模和后果。然而，不同的退化定义和用于衡量退化的不同方法导致了不同的结果，包括退化的程度、发生地点、影响和代价（联合国粮食及农业组织，2018年）。据最近一项使用卫星图像的估计，全球29%的土地面积正在退化；而在过去三十年中，全球2.7%的土地面积有所改善，约32亿人生活在退化地区（Le，Nkonya和Mirzabaev，2016年）。减少土地退化和增加土地恢复对提供必要的生态系统服务至关重要，而这些服务有益于地球上的生命和人类福祉（IPBES，2018年）。

沙漠化

《联合国防治荒漠化公约》将荒漠化定义为“干旱、半干旱和干旱半湿润地区由于各种因素---包括气候变化和人类活动---所造成的土地退化”（《联合国防治荒漠化公约》，1994年）。然而，沙漠化仍然是一个极具争议的问题，常常会导致专家意见不一（Reynolds和Smith，2002年；Bestelmeyer等人，2015年）。全球沙漠化程度从15%到63%不等，而干旱地区沙漠化程度则从4%至74%不等（Safriel，2007年）；乃至于在蒙古这样的国家中，其差异程度同样大，该国的退化率估计在9%到90%之间（Addison等人，2012年）。

最近的研究（全球土壤退化评估）表明以前的观点，即土地退化发生在全球半干旱区，没有得到卫星观测的支持（de Jong 等人，2011年；Fensholt等人，2012年；Cherlet等人，2018年）。萨赫勒地区的沙漠化和干旱研究表明，第一个过程并没有发生（Behnke和Mortimore，2016年）。这一趋势可能是由于降水增加以及外迁移民造成的土地压力降低引起的（Olsson，Eklundh和Ardö，2005年）。然而，萨赫勒地区目前的气候条件似乎仍低于1930年至1965年间更为湿润的气候条件（Anyamba和Tucker，2005年；Nicholson，2013年）。

在中国的半干旱地区也可以观察到一种积极的趋势，其间人类的行为可能说明了1980年至1990年间“沙漠化的扩大”的原因，尽管保护活动已经开始对这些趋势（1990-2000年）有所扭转（Xu 等人，2009年）。最近的建模结果表明，二氧化碳施肥、氮沉积和气候变化也可能导致全球绿化（Zhu 等人，2016年）。

为识别土地退化的内在复杂性，最新版的《世界荒漠化图例集》（WAD，Cherlet等人，2018年）提供了几个生物物理和社会经济过程的全球数据集，这些过程单独或结合起来都可能导致土地退化（Reynolds等人，2011年；Bisaro等人，2014年）。

土壤盐渍化

在干旱和半干旱地区，灌区缺乏足够的排水会导致根部盐分积聚，对作物生产率和土壤性质产生负面影响（Qadir等人，2014年）。在一些国家，土壤盐渍化影响了一半的灌溉土地（Metternicht和Zinck，2003年）。其他资料显示，由于灌溉不足，全球大约33%的灌溉区域生产力下降，造成了水涝和盐碱化（Khan和Hanjra，2008年）。几项关于盐碱化造成粮食产量损失的研究表明，粮食产量损失平均为32- 48%（Murtaza，2013年）。全球每年因盐引起的土地退化造成的灌溉作物损失约为273亿美元，主要在于作物产量的损失（Qadir 等人，2014年）。对这些土地如不采取行动，会付出相应代价，可能会导致15%至69%的收入损失，具体取决于土地退化的类型和强度、作物品种以及灌溉水质和管理（Qadir等人，2014年）。不包括在这些估算中的额外损失，涵盖到了广泛的问题---从动物健康恶化到受影响农地的财产价值下降，等等（Qadir等人，2014年）。

永久冻土层解冻

由于气候体系的各种反馈，目前北极的变暖超过了全球平均气温上升的两倍（Taylor 等人，2013a）。海冰正在消退，永冻层正在融化，无冰季节正在延长，因此海浪和温暖的空气正在日益破坏内陆和沿海地区正在融化的永冻层。永久冻土的融化释放了温室气体，改变了地貌。融化降低了土壤和地貌的稳定性，增加了侵蚀，影响了北极的栖息地、反照率和水文条件。

到目前为止，大部分的北极海岸线都有正在融化的永久冻土（**专栏8.1**）。北极永久冻土海岸占地球所有海岸的34%。海岸侵蚀率近年来有所增加，数值约为1米/年。阿拉斯加和西伯利亚海岸线的侵蚀率最高，最大值高达25米/年（**图8.17**，**图8.18**）（Gunther 等人，2013年；Overduin等人，2014年；Fritz，Vonk和Lantuit，2017年）。因此，越来越多的有机碳被释放到陆架海中。在一些地方（如，阿拉斯加），村庄不得不进一步搬迁到内陆。

专栏8.1：对北极生存方面的影响

驯鹿群是北极生态系统的重要组成部分，是阿拉斯加、加拿大北极地域、斯堪的纳维亚（北欧）和俄罗斯联邦土著民生计的组成部分。驯鹿放牧族群依赖于季节性牧场。因为气候变化，牧场的季节性和范围正在发生变化，这对放牧族群也会产生一定影响。

采矿和资源开采在北极也很重要。由于北极环境不断变化，负责为采矿前方驻地提供补给的冬季冰路的建设和运营出现了问题。气候变暖推迟了秋季的冰封期，并且春季融化提前，冬季冰层变薄。这就导致了冬日公路季的缩短。随着北极气候继续变暖，共同管理机构发现，它们将会越来越多地处理北极土地和生计的可持续发展与其社会文化和生态完整性之间的权衡问题。

图8.17：北极选定地点的海岸侵蚀率

资料来源：Overduin等人（2014年）。

图8.18：预估北极面对的海岸侵蚀威胁

资料来源：Lantuit，Overduin和Wetterich（2012年）。

8.5 主要影响

8.5.1 粮食安全

当人们总是能够获得并充分获得足够的、安全的、有营养的粮食以维持健康和积极的生活时，可以视为其有粮食保障（联合国粮食及农业组织等，2017年）。本节的讨论涉及三个关键问题：粮食供应、粮食获取和粮食利用。

饥饿与营养不良

世界70亿人口中有相当大一部分人处于饥饿和营养不良状态。大约有10亿人的饮食缺乏能量，大约有10亿人患有能量过剩的疾病（被称为微量营养素缺乏的“隐性饥饿”）（Godfray和Garnett，2014年）。尽管营养不良现象正在缓慢减少，但仍有1.55亿5岁以下儿童发育不良，其中大多数在撒哈拉以南非洲和南亚。

与此同时，越来越多的人正遭受营养过剩之苦：超过20亿成年人超重，5亿人肥胖。此外，88%的国家面临两种或三种形式的营养不良（发展倡议，2017年），营养不良和肥胖日益在同类家庭中共存（联合国粮食及农业组织等，2017年）。

营养不良和消费模式的改变给土地资源带来更大的压力，使得土地利用决策比以往任何时候都更为重要。尽管全球17%的动物蛋白和6.7%的全蛋白质消费来自鱼类（联合国粮食及农业组织，2016年），大多数粮食仍来自陆地环境。尽管粮食价格自2008年以来有所下降，但这一趋势并非一成不变（联合国粮食及农业组织，2017c），其波动性要归因于快速发展国家的需求增加以及第一代生物燃料生产商之间的竞争（英国皇家学会，2008年；Godfray等人，2010年）。**图8.19**使用1981-2010年期间的气象数据和2010年具有代表性的社会经济数据显示粮食安全的脆

弱性。结果表明，洪水和干旱等灾害已经对粮食安全产生了严重影响，它们的发生频率和强度可能会因气候变化而增加（英国气象局哈德利中心和世界粮食计划署，2018年）。在发展中国家，自然灾害造成的破坏和损失总量中农业约占22%（联合国粮食及农业组织，2015b）。虽然灾害可能直接影响农村生计，但破坏农业生产和发展可能对整个国家经济产生消极影响，对包括城市地区在内的粮食安全造成破坏性影响（**专栏8.2**）。

可持续粮食生产和高效利用

全球约三分之一供人类消费的粮食被丢失或浪费（Lipinski等人，2013年；联合国环境规划署，2015年），此外还要加上其生产过程中使用的资源（土地、能源、水等）及其对环境的连带影响。2007年所损失和浪费的粮食需要利用近14亿公顷土地进行生产，相当于世界农业用地面积的28%（联合国粮食及农业组织，2013年）。根据2005-2007年粮食作物数据，所损失和浪费的粮食消耗了全球肥料总使用量的23%（每年2800万吨）和淡水资源总使用量的24%（Kummu等人，2012年）。此外，在农业生产阶段所浪费的粮食中，估计99%是在土壤面临中度至严重退化地区生产的，给这些地区带来更大压力（联合国粮食及农业组织，2013年，第47页）。

大约56%的粮食损失和粮食浪费发生在发达国家，而44%的情况源于发展中国家（Lipinski 等人，2013年）。这种浪费会产生温室气体。如果粮食浪费是一个国家，它将是世界第三大排放国（联合国粮食及农业组织，2015c）。在地球南部，损失主要是由于粮食链基础设施匮乏以及储存技术的知识或投资缺失造成的。在地球北部，零售前损失较低，但粮食链中零售、粮食服务和家用环节产生的损失近年来急剧增长（Godfray等人，2010年；**图8.20**）。

专栏8.2：叙利亚危机原因：干旱和土地退化

叙利亚冲突有时被称为“气候冲突”，因为一些根本原因可以追溯到2007年至2010年间影响该国的干旱（Kelley 等人，2015年），这是有记录以来最严重的干旱，导致该地区大面积农作物歉收。在阿拉伯叙利亚共和国，大约150万人从农村耕作地区迁移到城市中心边缘，导致粮食价格飙升，最终造成人口剧变（Kelley等人，2015年）。政府无力为移民提供住房、工作和经济机会。这些因素的结合酿成了一场持续数年的战争，结果该国沦为废墟，2200万人口中约有三分之二流离失所。

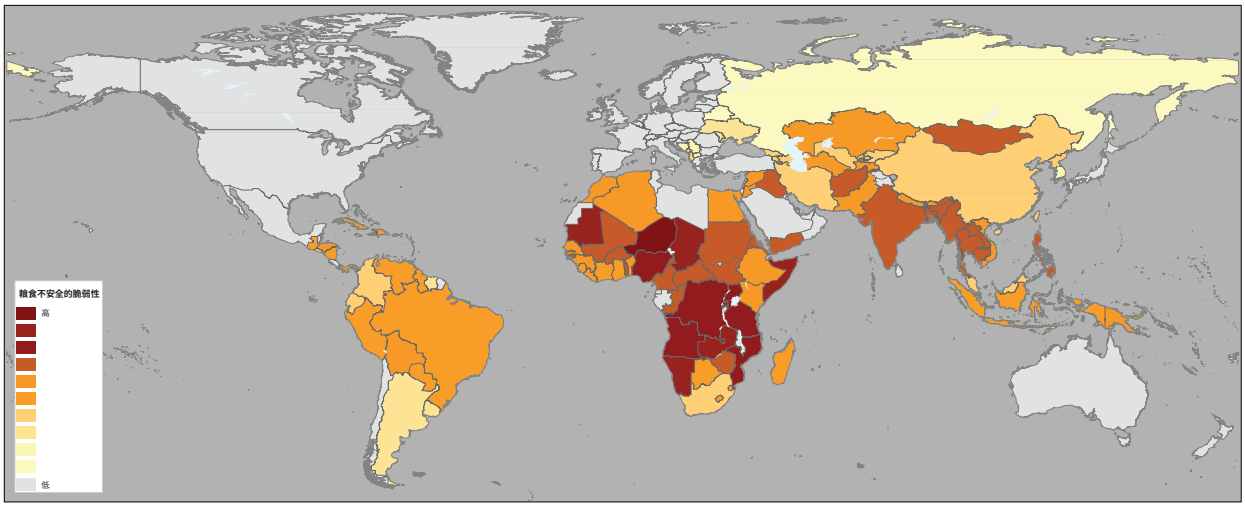
可持续集约化（如以农业生态为基础的生产、农业创新）作为可持续土地管理战略得到推广。除了可持续的粮食供应之外，它还维持了自然对人类的馈赠，改善了人类健康和营养状况（Pretty，Toulmin和Williams，2011年；Robinson等人，2015年）。

粮食安全与粮食贸易

国际贸易对满足全球粮食需求越来越重要（Nelson等人，2010年；MacDonald等人，2015年）。人口增长、城市化和饮食偏好的转变增强了对粮食进口的依赖（Msangi和Rosegrant，2011年；Alexandratos等人，2012年；Porkka等人，2013年）。生活在粮食短缺国家的全球人口比例从1965年的72%上升到了2005年的80%（Porkka等人，2013年）。

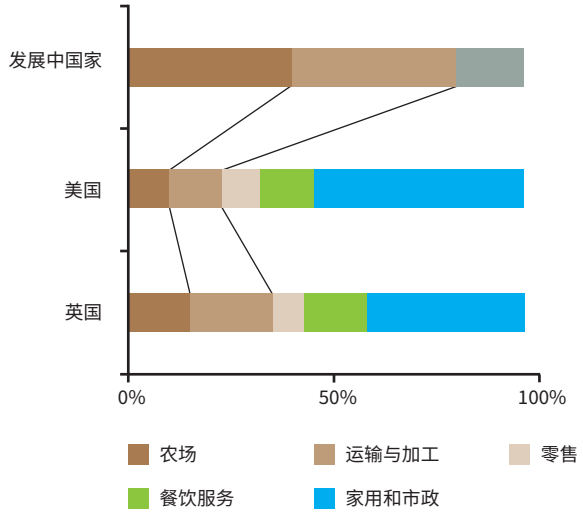
将近四分之一的人类消费粮食是在国际市场上交易的（D’ odorico等人，2014；**图8. 21**）。.

图8.19：气候变化对粮食安全的潜在影响



资料来源：英国气象局哈德利中心和世界粮食计划署（2018年）。

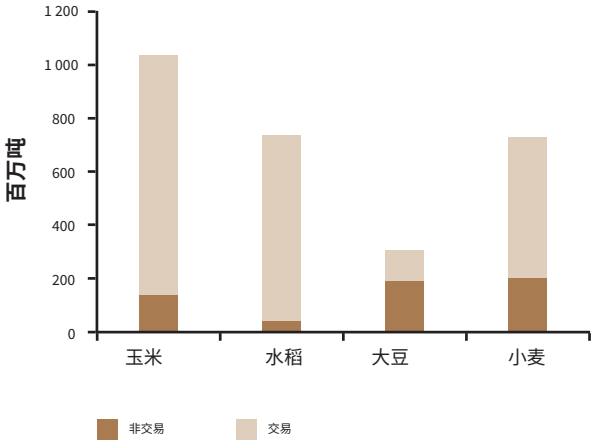
图8.20：发达国家和发展中国家粮食浪费总量的构成



发展中国家的零售、粮食服务、家用和市政（地方政府领域）类别一并列出。

资料来源：Godfray等人（2010年）。

图8.21：2014年全球产量中国际交易所占的份额

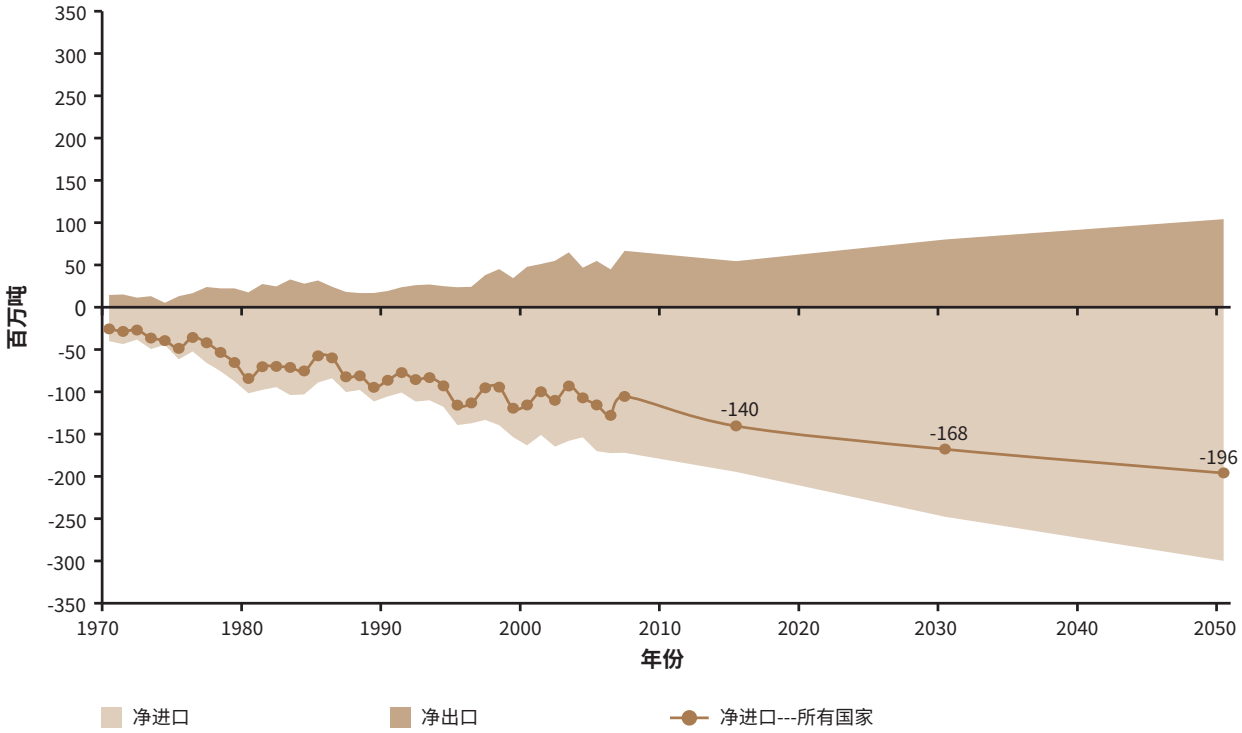


资料来源：Chatham House（2017年）；联合国粮食及农业组织（2017 b）

一些低收入缺粮国家有能力提高粮食生产率。但在其他国家，包括粮食不安全程度高的国家——例如厄立特里亚、布隆迪和索马里，其国内生产的粮食供应正在下降，增产能力有限（Fader等人，2016年）。大多数发展中国家已经越来越依赖进口来满足国内需求，这种趋势可能会持续到2050年（Alexandratos等人，2012年；**图8.22**）。

随着专业化程度的提高，全球粮食供应已经依赖于少数几个“粮仓（面包篮）”地区种植的少量农作物的贸易增长（Khourydr，2014年）。这已经导致了粮食价格下降，粮

图8.22：发展中国家：谷物净贸易量（百万吨）



1970年以来，谷物净进口量一直在增加，预计还会增加。

资料来源：Alexandratos等人（2012年）。

食短缺国家从这些粮食进口中获益。然而，生产在地理位置方面的集中增加了系统风险。最近，由于某些地区歉收催生的国际商品价格飙升（Puma等人，2015年；全球粮食安全方案，2015年）可资例证。由于气候变化，这样的事件发生概率更高（Porter等人，2014年）。此外，某些作物在全球粮食供应中日益流行，导致营养不足的粮食消费有所增加，其中一些经过精加工（以营养匮乏的方式加工）而对人类健康造成严重后果（Khoury等人，2014年）。

8.5.2 人类健康和土地管理

采矿带来的健康问题

人类健康负面问题也与采矿和矿石加工有关。虽然这些活动创造就业机会并提供难以或缺的重要燃料和原材料，但铅及其它残留物会影响空气质量，尤其是儿童摄入此种粉尘可能性更大，因此对其更甚（Taylor 等人，2013b）。一些稀有矿物的开采，例如钽，经常涉及剥削甚至奴役现象（Gold，Trautrims和Trodd，2015年）。

采矿废弃物是世界上按体积计算最大的废物流之一，有可能造成严重的环境后果，包括突然的大面积土地利用变化（Sonter等人，2014年；Murguía，2015年；Hudson-Edwards，2016年；Sonter等人，2017年）。《全球废弃物管理展望》（联合国环境规划署，2015年）估计，矿业废弃物每年约有100 - 200亿吨。采矿废弃物很可能会继续增加，因为各公司当前正在转向低品位的矿石，这种矿石每单位开采产生的废料通常更多。然而，采矿废弃物也应该视为循环经济中的潜在资源（Lebre和Corder，2015年）。采矿活动对生态系统产生影响，并导致土壤污染。在世界许多地方，采矿废弃物排放的有毒和放射性粉尘是健康隐患（见第5章）。采矿（含酸性金属的排水和尾矿管理设施的渗漏）也造成水污染（见第9章）（Hudson-Edwards，2016年）。在拉丁美洲许多地区，采矿活动具有重要影响。例如，在20世界80年代末和20世纪90年代初，亚马逊盆地的手工淘金估计导致了3,000-4,000吨汞沉积（Lacerda，2003年）。尽管金矿开采已经转移到该地区的不同区域，土地用途的变化仍然导致许多土壤和河流中存在汞污染。（Lacerda，Bastos和Almeida，2012年）。这种汞也会造成大气污染。

废物与人类健康

《全球废弃物管理展望》指出，城市每年产生70亿至100亿吨废物，预计到2030年，非洲和亚洲低收入城市的这一数字仍将上升，甚至增加一倍（联合国环境规划署，2015年）。报告还估计，有30亿人无法获用足够的废弃物处理设施，这造成了健康风险（感染、接触化学品、灰尘）和环境影响（土壤和水污染、温室气体排放）。据估计，全球约有1500万人以非正规回收者的身份开展回收活动，其中许多人在垃圾场劳作（Binion和Gutberlet，2012年）。已确定的这些工人的健康风险包括接触化学危害、感染、肌肉骨骼损伤和精神健康不良（Binion和Gutberlet，2012年）。在发展中国家（如玻利维亚和哥伦比亚）回收合作社等有组织的团体中工作有助于减少国内废弃物流入填埋区，改善回收者的生计（联合国环境规划署，2015年）。减少生活垃圾对环境和健康的影响的一个关键步骤是不再将废弃物视为对健康和环境的威胁，转而将其作为原料来源纳入资源管理的视角（联合国环境规划署，2015年）。

土壤污染

土壤健康对生命、粮食安全和土壤提供的生态系统服务至关重要。许多来自工业、城市和农业的化学物质最终污染了土壤。在大多数发达国家，地块污染的主要直接原因是工业和商业活动。这些地块的范围可以大不相同，从小块土地到大型工业设施或农业区。发达国家政府对受污染和得到补救的地块保有一份清单。欧洲有250多万处可能受到污染的地块，其中342,000处被认为实际上受到了污染。其中约三分之一已被确定，而到2014年已成功修复的地块达到50,000多个（van Liedekerke等人，2014年）。在美利坚合众国，超级基金国家重点清单列出了受复杂有害物质和污染物污染的地块（2016年为1,342个），这些地块对土壤地下水或地表水有所影响，已成为公共卫生和环境的最大潜在风险（美国环境保护局，2016年）。在加拿大，已确定23,000多个受污染或疑似污染地块（加拿大政府，2017年）。

发展中国家正处于工业化、城市化的重要阶段。在大型城市地区，需要提供卫生和排水设施以及完备的治理，以便充分处理城市垃圾（联合国粮食及农业组织，政府间土壤技术小组，2015年）。在许多亚洲国家，微量元素对农业土壤和农作物造成了污染（Thangavel和Sridevi，2017年）。在拉丁美洲的许多地区，农业投入资源的密集使用是土壤污染的造成原因（联合国环境规划署，2010年）。在非洲，农药、采矿、溢漏和废物处理不当已经给土壤造成污染（Gzik等人，2003年；Kneebone和Short，2010年）。在近东和北非，土壤污染主要是石油生产和重型采矿活动造成的。

土壤与人类健康

土壤传播蠕虫——包括钩虫、蛔虫和鞭虫在内的一类寄生虫——所造成的疾病负担是巨大的，它会影响到人体发育和认知潜力（Bartsch等人，2016年）。其感染途径通常是赤脚行走在人类粪便污染的土壤上造成的。高强度钩虫感染常见于儿童和成人中（Bartsch 等人，2016年）。

土地含有多种微量元素，它们通过农作物种植和动物饲养而进入人类的食物链。部分微量元素对健康是必不可少的（如碘、铁、硒和锌），而其它微量元素食用过量 对人类有害（如砷和氟化物）（Oliver和Gregory，2015年）。山区土壤中碘的含量往往较低，而这些地区的人口可能面临更高的健康风险，因为他们可能很难获用富含碘的海

洋食品。化肥经常受到镉的污染，而镉并非人体健康所必需，并且高剂量的镉是有害的（Newbigging，Yan和Le，2015年）。

健康的土壤对人类健康会产生积极影响，此种影响与自然为人类提供的可用馈赠有关（联合国粮食及农业组织，2015d）。例如，一些有价值的抗生素已经从土壤微生物中提取出来（Oliver和Gregory，2015年）。

粮食，化学品与人类健康

杀虫剂（这里的定义也包括除草剂）已使人类几乎普遍接触到合成化学品，其中许多化学品在高剂量时是有害的，甚至是致命的（Nicolopoulou-Stamati等人，2016年）。然而，长期接触低剂量杀虫剂对健康的影响存在很大的不确定性。尽管近年来由于监管规定，人类接触有机氯等化学物质的量有所减少，但其他合成化合物已进入人类食物链，如其他杀虫剂、人造甜味剂和着色剂。这些物质对健康的影响，不论是单独使用还是混合使用，都很难确定，原因包括接触的不确定性、这些化合物积聚的速度和时间、它们从人体组织中释放的程度以及接触与发病之间的时间差。1990年，世界卫生组织（WHO）估计全球范围内每年有735000例与农药相关的特定慢性影响病例（世界卫生组织和联合国环境规划署，1990年），但此后杀虫剂的使用急剧增加，特别是在发展中国家，宽松的法规和合规机制的缺失让数以百万计的农民和工人接触能够引起慢性后果的杀虫剂，具体包括癌症；生殖、呼吸、免疫和神经功能影响；以及其它诸多后果（Watts和Williamson，2015年）。

高收入国家的有力证据表明，因职业原因而接触杀虫剂的群体，如农民，患杀虫剂致病的非霍奇金淋巴瘤的几率更高（Schinasi和Leon，2014年）。帕金森病的发病率高于预期也与职业接触农药有关（Liew 等人，2014年）。其他影响健康的因素，如年龄、营养不良和免疫功能受损，也可能与杀虫剂对健康的影响相互作用，但这一问题目前研究不足。因妇女和男子生理结构不同，长期接触杀虫剂对其健康影响差异很大。关于妇女和男子在粮食生产中使用（以及免于接触）杀虫剂的数据并不完整，也不一致。总的来说，男性对许多杀虫剂的敏感度低于女性（Hardell，2003年；Watts，2007年；Watts，2013年）。杀虫剂和乳腺癌的发病率有很强的联系（Watts，2007年；女性比男性更容易发生因杀虫剂而导致的内分泌失调（Howard，2003年）。另一方面，男性对一些（或其他的）杀虫剂更敏感（Alavanja等人，2003年）。

粮食质量也会因微生物和真菌等生物污染而下降（Gnonlonfin等人，2013年）。当谷物在收获前或储蓄不良时受到雨水破坏就会产生包括黄曲霉毒素在内的真菌毒素，这是许多低收入地区发生肝癌的重要原因（Wild和Gong，2010年）。

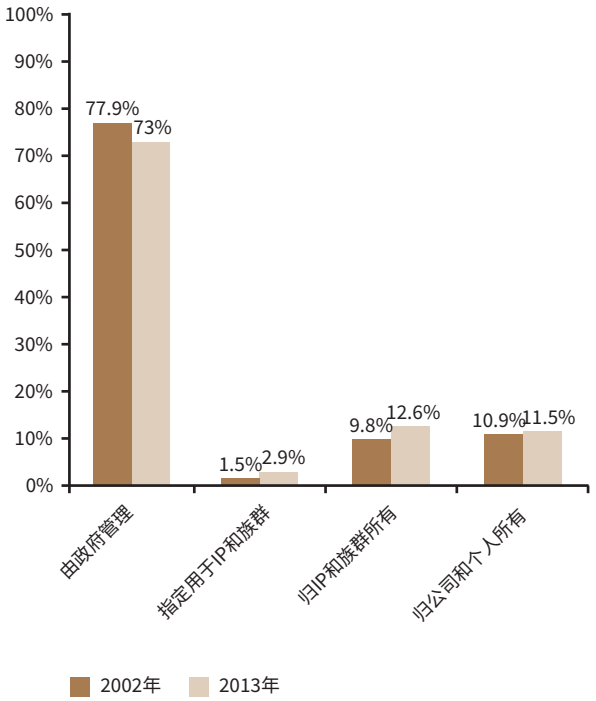
8.5.3 保有权稳定性

土地保有权，土地交易

尽管严重依赖于土地资源，但多种族群，特别是南半球的族群，往往缺乏对他们耕种或共同拥有的土地的所有权。虽然对关于土地保有权保障与粮食保障之间因果关系的强影响的科学研究不足（Ghebru和Stein，2013年；Holden和Ghebru，2016年；Lawry等人，2017年），但充足的证据表明，如果本地族群失去可靠的土地资源，他们的粮食和能源安全会大大降低（Godfray等人，2010年；Muchomba，2017年；Tomei和Ravindranath，2018年）。在世界许多地区，土地和住房是一项最重要的资产。男性和女性的有保障权利，可以帮助将这些资产转化为经济机会（Doss，Kieran和Kilic，2017年）。它也能让各族群享受机构支持和监管带来的的好处（Dekker，2016年）。土著居民、穷人、无地者和妇女是最容易受到土地所有权和使用权不平等影响的群体（Narh等人，2016年）。

虽然世界上族群土地的确切数量尚不清楚，但估计表明，全世界只有大约10%的正式土地权利得到登记或记录（Veit和Reytar，2017年）。据估计，当地族群和土著民依赖和管理着世界上50%至65%的土地面积（Alden Wily，2011年；Pearce，2016年）然而，许多政府仍然只承认他们对其中一小部分土地的权利（权利和资源倡议，2015年）（**图8.23**）。

图8.23：全球森林所有权，2002-2013年（%）



IP：土著民

资料来源：RRI（2015年）。

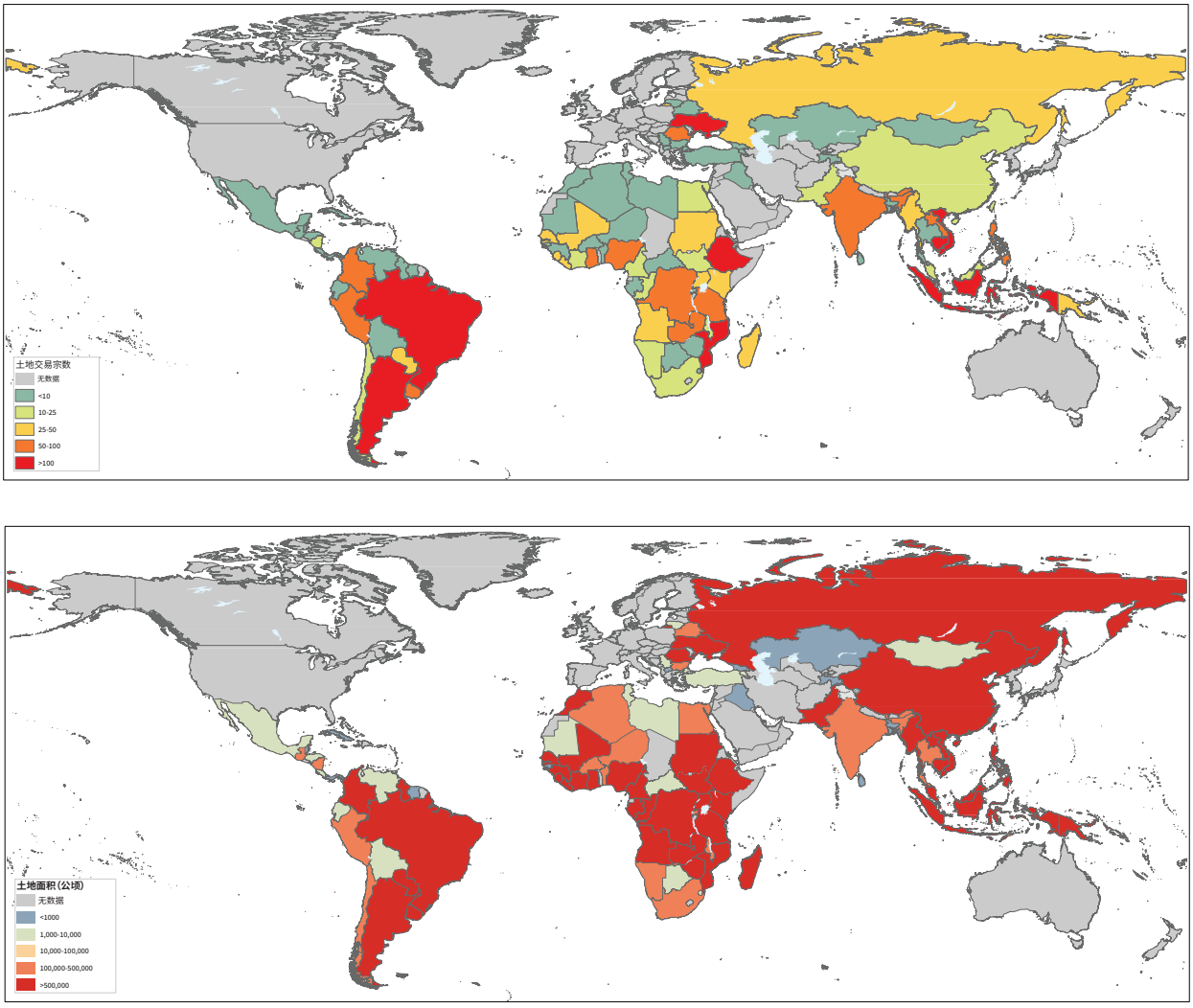
随着农业工业化和单一作物种植园的扩大，工业、政府和族群之间争夺土地的竞争加剧，给森林和旱地带来压力，威胁到世界某些地区当地人口的生计（《联合国防治荒漠化公约》，2017年）。由于没有对其土地权利的正式承认和保护，一些国家的族群在其此种权利受到侵犯后无法行使法律追索权。就在过去不久，治理不善的报道还成为全球关注焦点，出现土地征用、土地掠夺和土地租用问题的同时针对粮食短缺和粮食价格上涨的担心也颇为普遍。自2000年以来，尽管估计数字有所不同，但全球2670万公顷（Nolte，Chamberlain和Giger，2016年）到4200万公顷（《联合国防治荒漠化公约》，2017年）的农业用地已被外国投资者控制。截至2016年4月，非洲仍是最重要的目标地区，占所有交易的42%，涉及土地1000万公顷（37%）（**图8.24**）。大多数交易涉及私营部门，柔性作物为其重点。重要的是，当地族群无法获得在自己土地上生产的粮食和生物燃料。

即使收购目标往往是人口相对密集、以农田为主的地区，大多数收购仍不涉及国内股东或当地族群的谈判。

研究表明，当地族群缺乏土地保有权保障会导致人力资本投资减少（Dekker，2016年），影响土地改善（Eskander和Barbier，2017年），降低农业生产效率（Place，2009年；）减弱灾害风险时期的韧性（Unger，Zevenbergen和Bennett，2017年）。

越来越多的证据表明，当地土著族群成功地管理和保护了土地（**专栏8.3**）。世界资源研究所（Ding等人，2016年；Veit和Reytar，2017年）表明，“保有权有保障”的土著土地产生了价值数十亿美元、有时甚至数万亿美元的效益，其形式包括清洁水、侵蚀控制、碳封存、污染的减少，以及一系列其他本地、区域乃至全球生态系统服务（**图8.25**）。

图8.24：全球土地交易地图，各国土地交易宗数（上），各国土地交易面积（下）



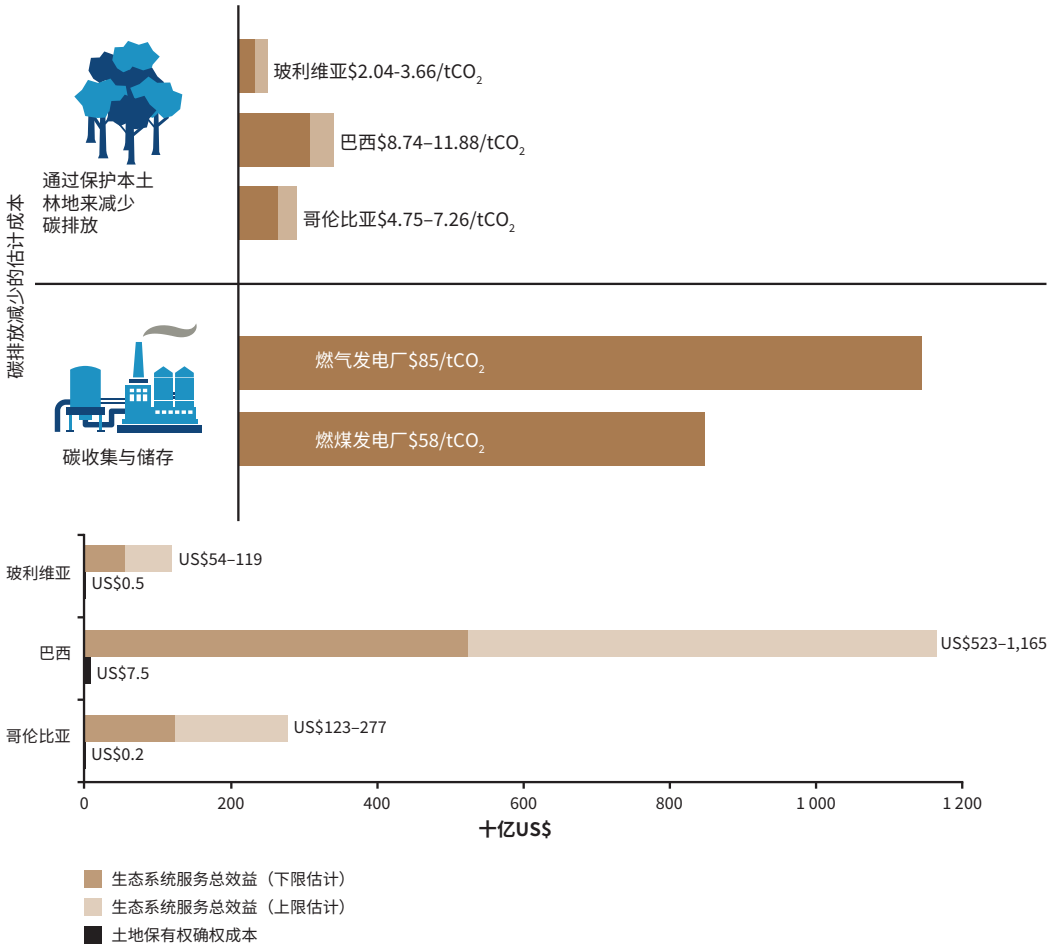
资料来源：Alexandratos和Bruinsma（2012年）。

专栏8.3：不丹的文化价值观和保护

通过加强环境友好型文化价值观念和习惯制度，可以促进可持续的土地管理。在不丹，文化价值观在保护生态系统服务方面起到作用。大乘佛教强调人与自然的和平共处，强调生命的神圣和对他人的同情。这在很大程度上说明了为什么不丹拥有高比例（71%）的林地面积，以及为什么25%的不丹人口生活在保护区（Nkonya，Mirzabaev和Von Braun，2016年）。不丹的许多佛教寺院都座落于该国的森林景观之内。

© Darshini Ravindranath

图8.25：在三个拉丁美洲的国家，保有权有保障的土地收益高于成本



资料来源：Ding等人（2016年）。

然而，由于土地保有权界定和量度的复杂性，其益处和影响可能因区域和背景而异。例如，Eskander和Barbier（2017年）发现，在孟加拉国，有保障的土地保有权与表层土壤保护的改善有关。然而，这也涉及到更低的人力资本投资（例如，更低的教育和娱乐活动支出）。调查结果的这种庞杂性表明，除了对保有权制度进行管控的当地背景外，还需要对更广泛的宏观和行业条件给予充分注意。

在全球层面上，对于成为大规模投资目标的国家来说，加强土地管理的建议正成为一项头等大事。土著居民对其土地和领土的权利在《联合国土著居民权利宣言》中得到了明确陈述（第25条和第26条）（联合国，2007年）。

《联合国粮食及农业组织土地保有权责任管理自愿准则（VGGT）》也在寻求改善对所有形式的土地保有权的管理，包括公共的、私人族群的、土著的、习惯的和非正式的土地保有权（联合国粮食及农业组织，2012年）。

土地和社会文化服务

土地为人们提供了多样的社会文化和审美福利，这对可持续、健康的生计至关重要。土地退化、森林砍伐和沙漠化带来土地遗弃和外迁案例增多、农村权力结构变化（由于对集约化的需求增加）以及其他后果。这些变化的一个主要影响是土地提供的关键社会文化服务缺失，从而导致整体族群韧性下降（Wilson等人，2016年；Wilson等人，2017年）。

在许多发展中国家，大多数人居住在农村地区，他们在生活中严重依赖土地资源。他们种植粮食在当地市场销售；为牲畜蓄积饲料；为他们的火炉收集木柴；并采集树木产品，为自己增加健康和福祉（Tomei和Ravindranath，2018年）。在这里，土地的价值往往是对其长期社会文化身份、地位和遗产的一种肯定（Tomei和Ravindranath，2018年）。Kelly等人（2015年）的研究表明，如与木材、粮食和燃料资源的保存有关的节日等古代传统，揭示了土地、文化和身份之间的深层嵌入关系。在欧洲联盟（EU），土地的娱乐和文化意义在一定程度上是通过区域和国家政策纳入到生态系统服务管理之中的。目前正在全欧洲实施的“2020生物多样性战略”主要涵盖了“文化地貌景观”方面的内容（欧洲委员会，2011年；Plieninger等人，2013年）。

尽管在认识到这些挑战方面取得了进展，但土地利用趋势和影响研究多数仍然从生产率角度研究土地利用变化，很少从族群的角度探讨和记录对保护的根本需求这一趋势（Sharmina等人，2016年）。

8.5.4 性别不平等：土地、健康和粮食

现有的性别不平等可能加剧贫困、人口流离失所、资源稀缺和其他冲突（Behrman，Meinzen-Dick和Quisumbing，2012年；Verma，2014年；White，Park和MiYong，2015年）。虽然在承认妇女维持土地生产率的重要性方面取得了进展，但往往只是表面上的进展（例如，达到某些全球目标）。此外，农业社会中妇女在减少饥饿、营养不良和贫穷方面往往具有战略性作用，因为她们在家庭粮食安全、饮食多样化和儿童健康方面发挥着中心作用。证据表明，女性比男性更有可能将通过这些资源获取的收入用于孩子的营养和教育需求方面（Malapit等人，2015年；Komatsu，Malapit和Theis，2018年）。

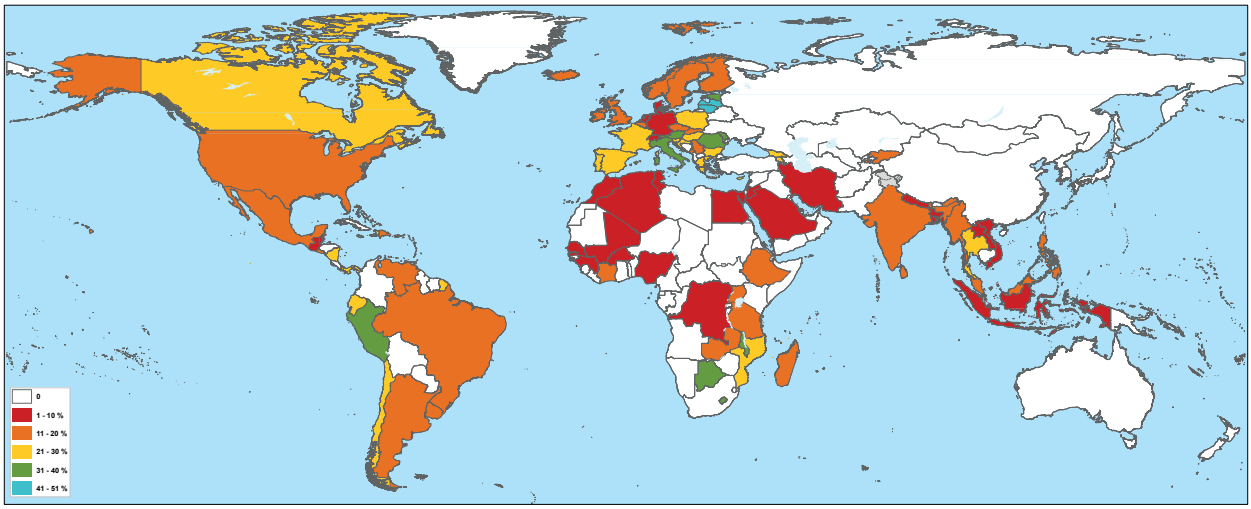
官方统计数字往往低估了或未考虑妇女的农业贡献，因为统计的重点通常是农业的正规从业情况和商业性农业。妇女通常从事自给农业，她们照料家庭菜园，也从大自然中收获食物，所有这些贡献对粮食安全至关重要（联合国环境规划署，2016a）。2011年，在从事农业经济活动的人口中，女性占43%（联合国粮食及农业组织，2011年）。然而，她们拥有不到20%的农业土地所有权（联合国粮食及农业组织，2010年）。在非洲，只有佛得角可以报告，女性拥有超过一半的农业租种土地（50.5%）（Doss等人，2017年）。很少有统计数字表明在近十年期间，妇女的土地保有权状况有所改善，这一问题在南半球国家尤其突出（**图8.26**）。

缩小两性在获取信息和技术、获取和控制生产投入和土地方面的差距，可以提高农业生产率，缓解饥饿和贫困状况（Croppenstedt，Goldstein和Rosas，2013年）。

8.6 政策响应

无数政策和行动试图解决土地上的环境退化问题。一些战略已经取得成功或很有希望（例如，中国“绿色长城”项目等在特定地点恢复退化土地——见第15章；可持续管理战略，如澳大利亚的免耕栽培；生态系统服务付费，如墨西哥的国家计划），而其它益处不一定必须清楚（例如，扩大农业用地，用于柔性生产作物和生物燃料）。然而，这些方法大多没有考虑到人们从土地中获得的各种利益，而只注重土地的生产潜力。在全球范围内，由于土地在提供诸如粮食生产等基本服务方面的重要性，土地正在成为一种稀缺资源，而且越来越多地进行交易，而不是被视为一种全球共同福祉（Creutzig，2017年）。本节回顾了这一不良趋势，而B部分第15章则详细讨论了可能改变这一不可持续道路的替代性土地利用政策。

8.26:农业土地所有权分布:女性



资料来源:联合国粮食及农业组织(2017d)。

8.6.1 经济乐观主义与土地退化

由于对环境、农业生产率和人类福祉的不利影响,土地退化是一个关键的全球性问题。当前的土地管理模式通常认为,土地退化和管理不善所造成的损失可以通过增加农业投入、向新地区扩张以及通过指挥和控制战略管理土地来补偿,例如用人工林取代原生森林等(例如智利、印度尼西亚)。这种模式还认为,随着农业生产的扩大,营养和其他相关的社会问题将逐渐消失(Rosegrant等人,2001年)。然而,社会和环境科学家警告,不断改进农业技术可能会给农业管理者带来错误的安全感(Eswaran, Lal和Reich, 2001年)。

考虑到对土地资源可用性的适度预测,目前的趋势不太可能满足未来对粮食、能源、木材和其他生态系统服务的需求。到2050年,由于与收入增长和人口增长相关的饮食变化,所有类别的粮食需求都可能比现在高出50%(Tilman等人,2011年;Alexandratos等人,2012年)。从总体上看,在农业面积没有显著扩大的情况下,产量增速不足以满足需求(Ray等人,2012年;Ray等人,2013年;Bajzelj等人,2014年)。与此矛盾的是大规模植树造林或将生物能结合碳捕获与封存技术(BECCS)部署在必要层级、从而将全球变暖限制在2°C以下的目标。例如,Smith等人(2015年)估计,为了实现2°C的目标,到本世纪末,BECCS可能需要3.8亿至7亿公顷的土地,占全球农业用地的14%。

沿着目前的道路前进,2012年联合国可持续发展大会(里约+20峰会)通过的土地退化中性目标将难以实现。土地退化中性(LDN)在可持续发展目标15.3中得到了体现。到2030年实现土地退化中性对于达到其他关键国际目标至关重要,具体涉及到减少生物多样性损失和森林砍伐、改善人类福祉以及适应和减缓气候变化。土地利用变化、气候变暖、产量停滞以及不可持续的农业耕作方法继续导致了有机土壤碳储量减少(Wiesmeier等人,2016年)。

尽管科学家对由于土壤侵蚀和沙漠化导致的全球和区域土地生产率下降提供了令人警惕的估计(Nkonya, Mirzabaev和Von Braun编辑,2016年),但许多经济学家仍然认为,如果土地退化是一个严重问题,市场要素会考虑到这一点(Utuk和Daniel, 2015年)。换句话说,农业管理者不会让土地退化到影响他们收入的程度(Wiebe, 2003年)。对于大多数农业从业方而言,土地退化造成的累积生产力损失似乎在经济上是可以接受的。在许多情况下,农民可以依靠政府的农业政策(例如对投入和机械的补贴)来控制与土地退化相关的损失(Jat, Sahrawat和Kassam, 2013年)。

然而,这些政策无论在发展中国家还是发达国家都是不可持续的。农业投入的市场波动可能比产出价格波动更大。2005年到2008年,化肥价格增长速度(400%)远高于玉米价格增长速度(100%),并在2008年达到创纪录的高水平。在这种情况下,投入补贴效率低下,因为它会

鼓励投入的使用不顾及利益回报（**图8.27**）（Baltzer和Hansen，2011年）。同一项研究显示，2008年至2009年，马拉维的补贴比例从79%跃升至91%，相当于从国内生产总值的3.4%升至6.6%。

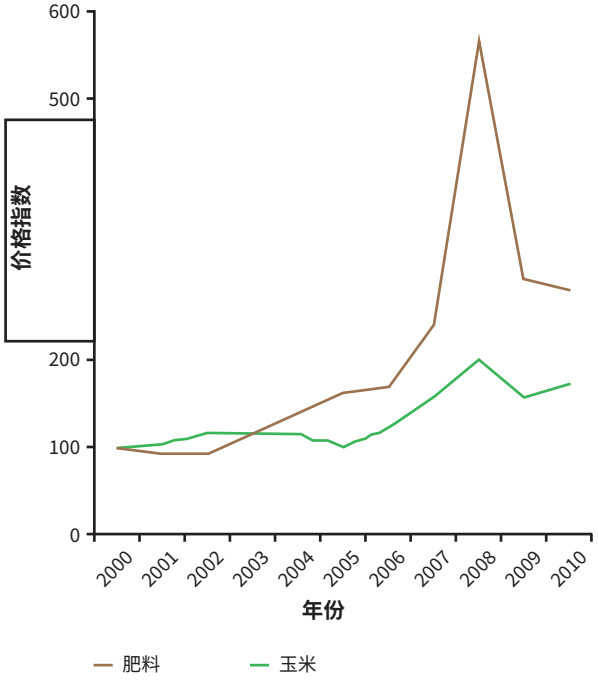
在撒哈拉以南非洲（SSA），化肥补贴对国家粮食安全战略的贡献仍然存在很大争议（Druilhe和Barreiro-Hurle，2012年）。亚洲绿色革命的成功基于在灌溉条件下种植的两种主要粮食作物：小麦和水稻。在撒哈拉以南非洲国家，对某些作物（例如玉米）施用肥料可以观察到增产效果，但雨水灌溉地区生长的大多数其它主要作物（例如木薯、车前草、山药）却没有增产效果。在这种情况下，肥料的使用在市场条件下是无利可图的，特别是在一些产出价格过低的偏远地区。为了使补贴有效，农业计划应与政府在基础设施、教育、卫生和农村发展方面的其他投资相辅相成（Druilhe和Barreiro-Hurlé，2012年）（**图8.28**）。

减少富国的农业补贴对穷国是有利的，尽管其影响取决于其经济、贸易和贫困特点（Boysen，Jensen和Matthews，2016年）。此外，富裕国家提供的补贴未能激励人们采取创新的土壤保护策略。

长期以来，农作物市场价格一直是决定土地利用政策的标准。然而，在土地的财政和经济价值之间日益激烈的竞争中，可以观察到一种新趋势。土地投机和土地掠夺会扭曲土地所产生的实际经济价值。随着土地稀缺性的增加，将土地视为“商品”的趋势只会加强（ELD，2013年）。随着土地价格的上涨，更多的农田将被卖给纯粹出于投机目的的外来者。因此，土地可能会闲置一段时间，从而导致农业生产减少。如果这种做法变得普遍，将付出重大的社会代价。

在欧盟，通货膨胀压力加剧了土地投机和耕地收购。这种快速通胀原因在于农田“新投资者”的增多，其中一些人与农业或种植几乎没有什么联系。这个过程被法国活动人士称为“土地人工化”的过程之一：主要的农业用地损失、城市扩 张、城市发展、旅游以及其他商业活动（Borras，Franco和van der Ploeg，2013年）。土地投机和土地“人工化”提高了未来农民从事农业的风险，并增加了他们从事农业的障碍，从而促进了欧盟范围内的农田集中（Kay，Peuch和Franco，2015年）。

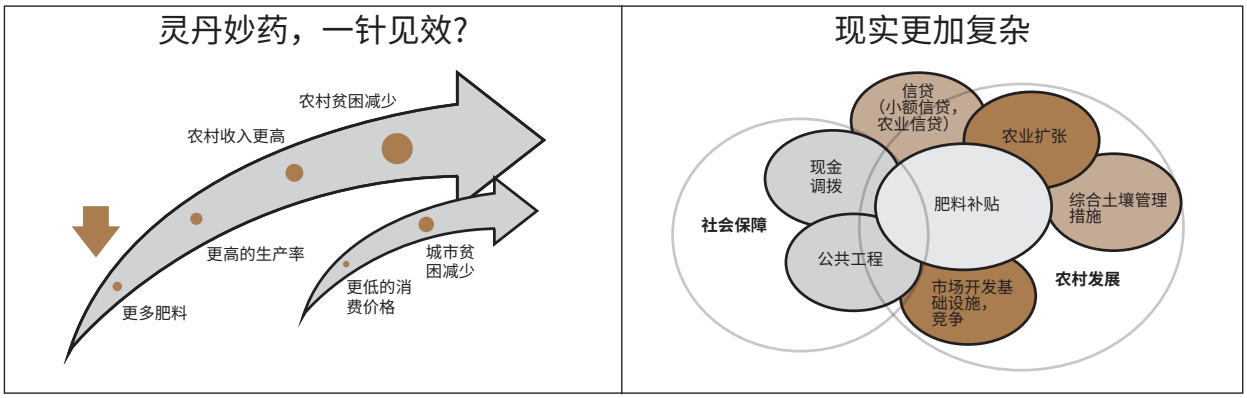
图8.27：肥料和玉米价格，2000-2010年



价格是世界市场价格的真实美元指数。

资料来源：Baltzer和Hansen（2011年）。

图8.28：补贴的适用范围是那些？



资料来源：Druilhe和Barreiro-Hurlé（2012年）。

土地日益商品化和商业化的一个指标是最近生物燃料生产的激增。贫穷国家具备相对丰富的廉价而适宜的土地，以及日益自由化的贸易和投资体制，对于生物燃料农田投资来说成为一个诱人的目的地（Schoneveld和German，2014年）。一些专家认为，生物燃料生产的激增是2007-2008年全球粮食危机的一个重要因素（Chakrabortty，2008年）。

8.6.2 实现可持续发展目标的挑战

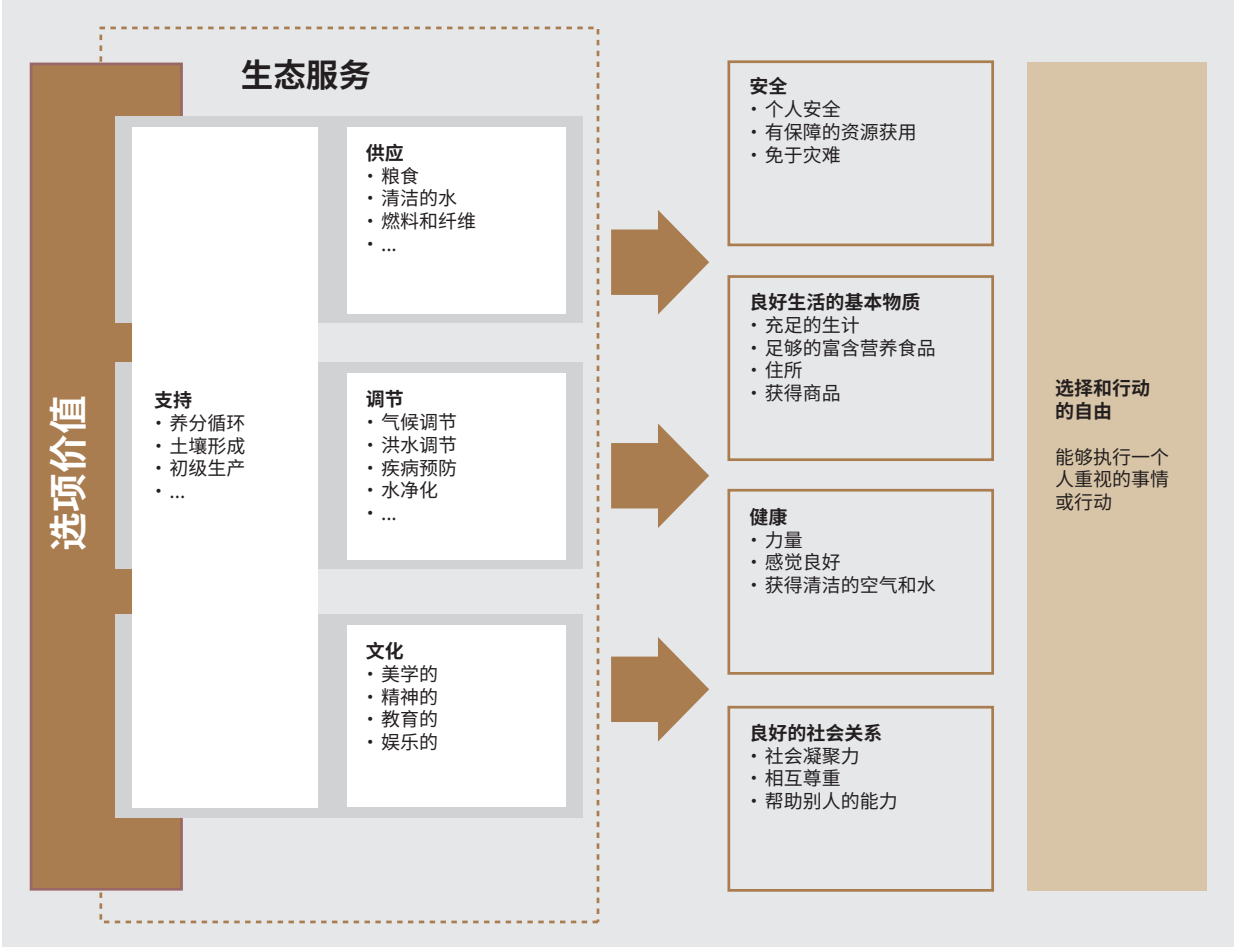
估算土地的全部经济效益既不容易也不直观（联合国环境规划署，2016b）。生态系统服务框架可以通过将土地提供的生态系统服务划分为相互依赖且可以单独估值的类别，从而促进全面的生态系统评估（**图8.29**）。

目前的土地管理不能在保护生态系统服务（如保湿、养分循环）、应对气候变化（如碳封存）、提供可持续粮食生产、解决能源和水安全以及促进公平获得土地的同时防止自然资本的损失（ELD，2013年）。

目前的土地管理战略不一定考虑到代际公平，当前生产率提高比未来的可持续生产更受重视。此外，土地使用政策可能没有反映出全球生产和消费之间的远程联系。根据目前的土地政策办法，不能通过增加投入来解决的大多数问题都自动排除在土地政策领域之外。但是，这种方法是不合适的，因为许多社会、性别、贫困和健康问题都与常规的土地资源管理和全球土地资源交易方式直接或间接相关。

由于农场的经济效益和将土地资源退化的经济影响纳入衡量的难度，经济乐观主义有利于农场扩张。然而，最大限度地发挥包括妇女和土著民在内的小农经营者的潜力，对粮食安全、适度营养以及实现多个可持续发展目标至关重要。世界上大约有5.7亿个农场，其中84%的

图8.29：利用自然资本提供生态系统服务：生态系统服务与人类福祉之间的联系



资料来源：千年生态系统评估（2003年）。

经营用地不足2公顷（国际粮食政策研究所【IFPRI】，2016年）。小型农场发挥着不同的作用：数十亿人从这些土地上获得收入，得到就业，获取粮食。它们也是世界上大多数营养不良人口的家园。联合国粮食及农业组织估计，如果消除土地资源获用方面的性别不平等，农业产出可能有2.5%至4.0%的增长。此外，这将使发展中国家营养不良人口数量有12%至17%的降低（国际粮食政策研究所，2016年）。在低收入农业社会，农业增长在减少饥饿和贫困方面比推进任何其他经济部门更有效（联合国粮食及农业组织，2015e）。如果要在2030年前实现可持续发展目标的子目标2.3，小型农场的农业生产率应与农民收入同步提高。政策应特别针对最脆弱的小型粮食生产者（例如妇女、土著民），以确保他们能够进入市场，获得其他生产手段，包括他们的物质、信息和经济需要。

很明显，尽可能减少粮食损失和浪费将在支持全球粮食安全方面产生重大的环境、社会和经济效益（联合国环境规划署，2015年）。在无法防止浪费的情况下，应探索回收价值的机会，如转化为堆肥、液体肥料、沼气或诸如动物饲料蛋白或生物化学品等价值更高的终端用途产品（Jayathilakan等人，2012年；Nguyen，Tomberlin和Vanlaerhoven，2015年；联合国环境规划署，2015年）。要实现可持续发展目标的子目标12.3，即到2030年，将全球人均粮食损失和浪费在零售和消费者层面减少一半，并减少生产和供应链上的粮食损失，包括收获后的损失，这将需要大量的干预和投入，还需要多种战略，因为粮食损失和浪费的原因以及粮食供应链中发生损失和浪费的领域在发达国家和发展中国家之间是不同的（联合国粮食及农业组织，2015c）。

参考文献

Addison, J., Friedel, M., Brown, C., Davies, J. and Waldron, S. (2012). A critical review of degradation assumptions applied to Mongolia's Gobi Desert. *The Rangeland Journal* 34(2), 125-137. https://doi.org/10.1071/RJ11013.

Aide, T.M., Clark, M.L., Grau, H.R., López-Carr, D., Levy, M.A., Redo, D. *et al.* (2013). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica* 45(2), 262-271. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x.

Alavanja, M.C.R., Samanic, C., Dosemeci, M., Lubin, J., Tarone, R., Lynch, C.F. *et al.* (2003). Use of agricultural pesticides and prostate cancer risk in the Agricultural Health Study cohort. *American Journal of Epidemiology* 157(9), 800-814. https://doi.org/10.1093/aje/kwg040.

Alden Wily, L. (2011). *The Tragedy of Public Lands: The Fate of The Commons Under Global Commercial Pressure.* International Land Coalition. http://www.landcoalition.org/sites/default/files/documents/resources/WILY_Commons_web_11.03.11.pdf.

Alexandratos, N. and Bruinsma, J., (2012). World agriculture: Towards 2030/2050. The 2012 Revision. Rome: Food and Agriculture Organization. http:// www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf.

Anyamba, A. and Tucker, C.J. (2005). Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981–2003. *Journal of Arid Environments* 63(3), 596-614. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.007.

Asociación Pro Derechos Humanos (Aprodeh), Broederlijk Delen, Colectivo de Abogados José Álvaro Restrepo, Centro de Documentación e Información Bolivia and Comisión Ecuménica de Derechos Humanos (2018). *Abusos De Poder Contra Defensores Y Defensoras De Los Derechos Humanos, Del Territorio Y Del Ambiente: Informe Sobre Extractivismo Y Derechos En La Región Andina.* Bogota. http://www.broederlijkdelen.be/sites/default/files/downloads/andesrapport_2018_lr.pdf.

Awumbila, M. (2017). *Drivers of Migration and Urbanization in Africa: Key Trends and Issues.* New York, NY: United Nations. http://www.un.org/en/development/desa/population/events/pdf/expert/27/presentations/III/presentation-Awunbila-final.pdf.

Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E. *et al.* (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* 4, 924-929. https://doi.org/10.1038/nclimate2353.

Baltzer, K. and Hansen, H. (2011). *Evaluation Study Agricultural input subsidies in Sub-Saharan Africa.* Copenhagen: Institute of Food and Resource Economics. https://www.oecd.org/derec/49231998.pdf.

Bartsch, S.M., Hotez, P.J., Asti, L., Zapf, K.M., Bottazzi, M.E., Diemert, D.J. *et al.* (2016). The global economic and health burden of human hookworm infection. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 10(9), e0004922. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004922.

Behnke, R. and Mortimore, M. (eds.) (2016). *The End of Desertification? Disputing Environmental Change in the Drylands.* Heidelberg: Springer Berlin. https://www.springer.com/gp/book/9783642160134.

Behrman, J., Meinzen-Dick, R. and Quisumbing, A. (2012). The gender implications of large-scale land deals. *Journal of Peasant Studies* 39(1), 49-79. https://doi.org/10.1080/03066150.2011.652621.

Benton, T.G., Vickery, J.A. and Wilson, J.D. (2003). Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18(4), 182-188. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9.

Bergmann, L. and Holmberg, M. (2016). Land in motion. *Annals of the American Association of Geographers* 106(4), 932-956. https://doi.org/10.1080/24694452.2016.1145537.

Bestelmeyer, B.T., Okin, G.S., Duniway, M.C., Archer, S.R., Sayre, N.F., Williamson, J.C. *et al.* (2015). Desertification, land use, and the transformation of global drylands. *Frontiers in Ecology and the Environment* 13(1), 28-36. https://doi.org/10.1890/140162.

Binion, E. and Gutberlet, J. (2012). The effects of handling solid waste on the wellbeing of informal and organized recyclers: A review of the literature. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 18(1), 43-52. https://doi.org/10.1179/1077352512Z.0000000001.

Bisaro, A., Kirk, M., Zdruli, P. and Zimmermann, W. (2014). Global drivers setting desertification research priorities: Insights from a stakeholder consultation forum. *Land Degradation & Development* 25(1), 5-16. https://doi.org/10.1002/ldr.2220.

Borras, S., Franco, J. and van der Ploeg, J. (2013). Land concentration, land grabbing and people's struggles in Europe: Introduction to the collection of studies. In *Land Concentration, Land Grabbing and People's Struggles in Europe.* Amsterdam: Transnational Institute. chapter 1. 6-30. https://www.tni.org/files/download/land_in_europe-jun2013.pdf

Borras, S.M., Franco, J.C., Gómez, S., Kay, C. and Spoor, M. (2012). Land grabbing in Latin America and the Caribbean. *The Journal of Peasant Studies* 39(3-4), 845-872. https://doi.org/10.1080/03066150.2012.679931.

Boysen, O., Jensen, H.G. and Matthews, A. (2016). Impact of EU agricultural policy on developing countries: A Uganda case study. *The Journal of International Trade & Economic Development* 25(3), 377-402. https://doi.org/10.1080/09638199.2015.1069884.

Brenner, N. and Schmid, C. (2014). The 'Urban Age' in Question. *International Journal of Urban and Regional Research* 38(3), 731-755. https://doi.org/10.1111/1468-2427.12115.

Butler, R. (2017). *Amazon destruction.* [https://rainforests.mongabay.com/amazon/amazon_destruction.html.

Carlson, K.M., Curran, L.M., Asner, G.P., Pittman, A.M., Trigg, S.N. and Marion Adeney, J. (2012). Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. *Nature Climate Change* 3, 283-287. https://doi.org/10.1038/nclimate1702.

Cassidy, E.S., West, P.C., Gerber, J.S. and Foley, J.A. (2013). Redefining agricultural yields: From tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters* 8(3). https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034015.

Chakrabortty, A. (2008). 'Secret report: Biofuel caused food crisis'. *The Guardian* 3 July 2008 https://www.theguardian.com/environment/2008/jul/03/biofuels.renewableenergy.

Chatham House (2017). *Exploring interdependencies in global resource trade.* [Chatham House https://resourcetrade.earth/.

Cherlet, M., Reynolds, J., Hutchinson, C., Hill, J. and von Maltitz, G. (eds.) (2018). *World Atlas of Desertification: Rethinking Land Degradation and Sustainable Land Management*. 3rd edn. Luxembourg. https://wad.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/atlas_pdf/JRC_WAD_fullVersion.pdf.

Chin, A. (2018). Notes from the field: The value of observational data and natural history. *Pacific Conservation Biology* 24(1). https://doi.org/10.1071/PCv24n1_ED.

Creutzig, F. (2017). Govern land as a global commons. *Nature* 546(7656), 28-29. https://doi.org/10.1038/546028a.

Croppenstedt, A., Goldstein, M. and Rosas, N. (2013). Gender and agriculture inefficiencies, segregation, and low productivity traps. *World Bank Research Observe* 28(1), 79-109. http://hdl.handle.net/10986/19493.

de Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M.E. and Dent, D.L. (2011). Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment* 115(2), 692-702. https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.10.011.

de Ruiter, H., Macdiarmid, J.I., Matthews, R.B., Kastner, T., Lynd, L.R. and Smith, P. (2017). Total global agricultural land footprint associated with UK food supply 1986–2011. *Global Environmental Change* 43, 72-81. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.007.

Dekker, H.A.L. (2016). *The Invisible Line: Land Reform, Land Tenure Security, and Land Registration.* Routledge. https://www.crcpress.com/The-Invisible-Line-Land-Reform-Land-Tenure-Security-and-Land-Registration/Dekker/p/book/9781138258709.

Development Initiatives (2017). *Global Nutrition Report 2017: Nourishing the SDGs.* Bristol. https://www.gainhealth.org/wp-content/uploads/2017/11/GNR-Report_2017.pdf.

Ding, H., Veit, P.G., Blackman, A., Gray, E., Reytar, K., Altamirano, J.C. *et al.* (2016). *Climate Benefits, Tenure Costs. The Economic Case for Securing Indigenous Land Rights in the Amazon.* World Resources Institute. Washington, DC. http://wriorg.s3.amazonaws.com/s3fs-public/Climate_Benefits_Tenure_Costs.pdf.

D'Odorico, P., Carr, J.A., Laio, F., Ridolfi, L. and Vandoni, S. (2014). Feeding humanity through global food trade. *Earth's Future* 2, 458-469. https://doi.org/10.1002/2014EF000250.

Doss, C., Kieran, C. and Kilic, T. (2017). *Measuring Ownership, Control, and Use of Assets.* World Bank Policy Research Working Paper. Washington, DC: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/934731500383137028/pdf/WPS8146.pdf.

Druilhe, Z. and Barreiro-hurlé, J. (2012). *Fertilizer Subsidies in Sub-Saharan Africa.* Rome: Food and Agriculture Organization. http://www.fao.org/3/a-ap077e.pdf.

Eskander, S.M.S.U. and Barbier, E.B. (2017). Tenure security, human capital and soil conservation in an overlapping generation rural economy. *Ecological Economics* 135, 176-185. https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2017.01.015.

Eswaran, H., Lal, R. and Reich, P.F. (2001). *Land degradation: An overview.* [United States Department of Agriculture https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/?cid=nrcs142p2_054028.

European Commission (2011). *Our Life Insurance, Our Natural Capital: An EU Biodiversity Strategy To 2020.* Brussels. http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/EP_resolution_april2012.pdf.

European Space Agency (2015). *Land cover.* [https://www.esa-landcover-cci.org/ (Accessed: 7 November 2018).

Fader, M., Rulli, M.C., Carr, J., Dell'Angelo, J., D'Odorico, P., Gephart, J.A. *et al.* (2016). Past and present biophysical redundancy of countries as a buffer to changes in food supply. *Environmental Research Letters* 11, 055008. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/055008.

Fensholt, R., Langanke, T., Rasmussen, K., Reenberg, A., Prince, S.D., Tucker, C. *et al.* (2012). Greenness in semi-arid areas across the globe 1981–2007 — an Earth Observing Satellite based analysis of trends and drivers. *Remote Sensing of Environment* 121, 144-158. https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.01.017.

Fischer-Kowalski, M. and Haberl, H. (2007). Socioecological transitions and global change :Trajectories of social metabolism and land use. *Journal of Industrial Ecology* 12(5-6), 806-807. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00091_4.x.

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M. *et al.* (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337-342. https://doi.org/10.1038/nature10452.

Food and Agriculture Organization and Intergovernmental Technical Panel on Soils (2015). *Status of the World's Soil Resources.* Rome: Food and Agriculture Organization. http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf.

Food and Agriculture Organization, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World Food Programme and World Health Organization (2017). *The State of Food Security and Nutrition in the World.* Rome. http://www.fao.org/3/a-I7695e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009). *How to Feed the World in 2050.* Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *Gender and Land Rights: Understanding Complexities, Adjusting Policies.* Rome. http://www.fao.org/docrep/012/al059e/al059e00.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). *The Role of Women in Agriculture.* ESA Working Paper. Rome: Food and Agriculture Organization. http://www.fao.org/docrep/013/am307e/am307e00.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012). *Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security of Tenure.* Rome. http://www.fao.org/docrep/016/i2801e/i2801e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013). *Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources. Summary Report.* Rome. http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015a). *Global Forest Resources Assessment 2015.* Rome: Food and Agriculture Organization. http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015b). *Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction.* Rome: Food and Agriculture Organization. http://www.fao.org/3/a-i4068e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015c). *Food Wastage Footprint and Climate Change.* Rome. http://www.fao.org/3/a-bb144e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015d). *Healthy Soils are the Basis for Healthy Food Production.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i4405e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015e). *FAO and the 17 Sustainable Development Goals.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i4997e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for all.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017a). *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017b). *Food and agriculture data.* http://www.fao.org/faostat/en/#home.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017c). *FAO Food Price Index*. [Food and Agriculture Organization http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/ (Accessed: 19 December 2017).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017d). *Gender and land rights database.* http://www.fao.org/gender-landrights-database/en/ (Accessed: 11 April 2018).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *Land & water*. [http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/gladis/en/.

Fritz, M., Vonk, J.E. and Lantuit, H. (2017). Collapsing Arctic coastlines. *Nature Climate Change* 7, 6-7. https://doi.org/10.1038/nclimate3188.

Ghebru, H. and Stein, H. (2013). *Links Between Tenure Security and Food Security: Evidence from Ethiopia.* Washington, DC: International Food Policy Research Institute. http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/127861/filename/128072.pdf.

Gnonlonfin, G.J.B., Hell, K., Adjovi, Y., Fandohan, P., Koudande, D.O., Mensah, G.A. *et al.* (2013). A review on aflatoxin contamination and its implications in the developing world: A sub-saharan African perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(4), 349-365. https://doi.org/10.1080/10408398.2010.535718.

Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F. *et al.* (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327(5967), 812-818. https://doi.org/10.1126/science.1185383.

Godfray, H.C.J. and Garnett, T. (2014). Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 369(1639), 20120273-20120273. https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0273.

Gold, S., Trautrims, A. and Trodd, Z. (2015). Modern slavery challenges to supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal* 20(5), 485-494. https://doi.org/10.1108/SCM-02-2015-0046.

Gourdji, S.M., Sibley, A.M. and Lobell, D.B. (2013). Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: Historical trends and future projections. *Environmental Research Letters* 8(2). https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024041.

Government of Canada (2017). *Federal contaminated sites inventory.* [https://www.tbs-sct.gc.ca/fcsi-rscf/home-accueil-eng.aspx.

Graesser, J., Aide, T.M., Grau, H.R. and Ramankutty, N. (2015). Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environmental Research Letters* 10(3), 034017. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034017.

Groenewegen, P.P., van den Berg, A.E., de Vries, S. and Verheij, R.A. (2006). Vitamin G: effects of green space on health, well-being, and social safety. *BMC Public Health* 6(149), 149. https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-149.

Günther, F., Overduin, P.P., Sandakov, A.V., Grosse, G. and Grigoriev, M.N. (2013). Short- and long-term thermo-erosion of ice-rich permafrost coasts in the Laptev Sea region. *Biogeosciences* 10, 4297-4318. https://doi.org/10.5194/bg-10-4297-2013.

Gzik, A., Kuehling, M., Schneider, I. and Tschochner, B. (2003). Heavy metal contamination of soils in a mining area in South Africa and its impact on some biotic systems. *Journal of Soils and Sediments* 3(1), 29-34. https://doi.org/10.1007/BF02989466.

Haberl, H. (2015). Competition for land: A sociometabolic perspective. *Ecological Economics* 119, 424-431. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.10.002.

Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Martinez-Alier, J. and Winiwarter, V. (2011). A socio-metabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation. *Sustainable Development* 19(1), 1-14. https://doi.org/10.1002/sd.410.

Han, D., Wiesmeier, M., Conant, R.T., Kühnel, A., Sun, Z., Kögel-Knabner, I. *et al.* (2018). Large soil organic carbon increase due to improved agronomic management in the North China Plain from 1980s to 2010s. *Global Change Biology* 24, 987-1000. https://doi.org/10.1111/gcb.13898.

Hardell, L. (2003). Environmental Organochlorine Exposure and the Risk for Breast Cancer. In *Silent Invaders : Pesticides, Livelihoods, and Women's Health.* Jacobs, M. and Dinham, B. (eds.). London: Zed Books. chapter 16. 342. http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/S/bo20852234.html

Henders, S. and Ostwald, M. (2014). Accounting methods for international land-related leakage and distant deforestation drivers. *Ecological Economics* 99, 21-28. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.01.005.

Holden, S.T. and Ghebru, H. (2016). Land tenure reforms, tenure security and food security in poor agrarian economies: Causal linkages and research gaps. *Global Food Security* 10, 21-28. https://doi.org/10.1016/J.GFS.2016.07.002.

Holmes, M., Hughes, R., Jones, G., Sturman, V., Whiting, M., Wiltshire, J. *et al.* (2013). *A 2020 Vision for the Global Food System.* World Wide Fund for Nature. https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2013-04/2020vision_food_report_feb2013.pdf.

Howard, J.M. (2003). Measuring Gender Differences in Response to Pesticide Exposure. In *Silent Invaders : Pesticides, Livelihoods, and Women's Health.* Jacobs, M. and Dinham, B. (eds.). London: Zed Books. chapter 13. http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/S/bo20852234.html

Hudson-Edwards, K. (2016). Tackling mine wastes. *Science* 352(6283), 288-290. https://doi.org/10.1126/science.aaf3354.

Inostroza, L., Baur, R. and Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management* 115, 87-97. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Intergovernmental Panel on Climate Change. 1132. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018). *Summary for Policymakers of the Assessment Report on Land Degradation and Restoration of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* Scholes, R.J., Montanarella, L., Brainich, E., Brainich, E., Barger, N., ten Brink, B. *et al.* (eds.). Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_3bi_ldr_digital.pdf?file=1&type=node&id=28335.

International Food Policy Research Institute (2016). *Global Food Policy Report.* Washington, DC: International Food Policy Research Institute. http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/130207/filename/130418.pdf.

Jat, R., Sahrawat, K. and Kassam, A. (eds.) (2013). *Conservation Agriculture: Global Prospects and Challenges.* Wallingford: CABI. https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423246.

Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K. and Bawa, A.S. (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: A review. *Journal of food science and technology* 49(3), 278-293. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7.

Jones, A., Panagos, P., Barcelo, S., Bouraoui, F., Bosco, C., Dewitte, O. *et al.* (2012). *The State of Soil in Europe.* Copenhagen: European Environment Agency. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC68418/lbna25186enn.pdf.

Kay, S., Peuch, J. and Franco, J. (2015). *Extent of Farmland Grabbing in the EU.* Brussels: European Parliament. http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/540369/IPOL_STU(2015)540369_EN.pdf.

Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R. and Kushnir, Y. (2015). Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(11), 3241-3246. https://doi.org/10.1073/pnas.1421533112.

Kelly, C., Ferrara, A., Wilson, G.A., Ripullone, F., Nolè, A., Harmer, N. *et al.* (2015). Community resilience and land degradation in forest and shrubland socio-ecological systems: Evidence from Gorgoglione, Basilicata, Italy. *Land Use Policy* 46, 11-20. https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2015.01.026.

Kennedy, C. and Hoornweg, D. (2012). Mainstreaming urban metabolism. *Journal of Industrial Ecology* 16(6), 780-782. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00548.x.

Khan, S. and Hanjra, M.A. (2008). Sustainable land and water management policies and practices: A pathway to environmental sustainability in large irrigation systems. *Land Degradation & Development* 19(5), 469-487. https://doi.org/10.1002/ldr.852.

Khoury, C.K., Bjorkman, A.D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A. *et al.* (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111(11), 4001-4006. https://doi.org/10.1073/pnas.1313490111.

Kneebone, P. and Short, D. (2010). *Soil Contamination in West Africa.* London: Shift Soil Remediation. https://www.scribd.com/doc/71599035/Soil-Contamination-in-West-Africa.

Koh, L.P., Miettinen, J., Liew, S.C. and Ghazoul, J. (2011). Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(12), 5127-5132. https://doi.org/10.1073/pnas.1018776108.

Komatsu, H., Malapit, H.J.L. and Theis, S. (2018). Does women's time in domestic work and agriculture affect women's and children's dietary diversity? Evidence from Bangladesh, Nepal, Cambodia, Ghana, and Mozambique. *Food Policy* 79, 256–270. https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2018.07.002.

Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S. *et al.* (2014). Evaluation and selection of indicators for land degradation and desertification monitoring: Methodological approach. *Environmental Management* 54(5), 951-970. https://doi.org/10.1007/s00267-013-0109-6.

Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O. and Ward, P.J. (2012). Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of The Total Environment* 438, 477-489. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092.

Lacerda, L.D., Bastos, W.R. and Almeida, M.D. (2012). The impacts of land use changes in the mercury flux in the Madeira River, Western Amazon. *Anais Da Academia Brasileira De Ciencias* 84(1), 69-78. https://doi.org/10.1590/S0001-37652012000100007.

Lacerda, L.D.D. (2003). Updating global Hg emissions from small-scale gold mining and assessing its environmental impacts. *Environmental Geology* 43(3), 308-314. https://doi.org/10.1007/s00254-002-0627-7.

Lantuit, H., Overduin, P.P. and Wetterich, S. (2012). Arctic Coastal erosion: A review. *Tenth International Conference on Permafrost, Salekhard, Russia*. Salekhard, 25 June - 29 June 2012. http://epic.awi.de/30700/

Lawry, S., Samii, C., Hall, R., Leopold, A., Hornby, D. and Mtero, F. (2014). The impact of land property rights interventions on investment and agricultural productivity in developing countries: A systematic review *Campbell Systematic Reviews* 2014(1). https://doi.org/10.4073/csr.2014.1.

Lawry, S., Samii, C., Hall, R., Leopold, A., Hornby, D. and Mtero, F. (2017). The impact of land property rights interventions on investment and agricultural productivity in developing countries: A systematic review. *Journal of Development Effectiveness* 9(1), 107. https://doi.org/10.1080/19439342.2016.1160947.

Le, Q.B., Nkonya, E. and Mirzabaev, A. (2016). Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots. In *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development.* Nkonya, E., Mirzabaev, A. and von Braun, J. (eds.). Cham: Springer International Publishing. chapter 4. 55-84. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-19168-3_4.pdf

Lèbre, É. and Corder, G. (2015). Integrating industrial ecology thinking into the management of mining waste. *Resources* 4(4), 765-786. https://doi.org/10.3390/resources4040765.

Liew, Z., Wang, A., Bronstein, J. and Ritz, B. (2014). Job exposure matrix (jem)-derived estimates of lifetime occupational pesticide exposure and the risk of parkinson's disease. *Archives of Environmental and Occupational Health* 69(4), 241-251. https://doi.org/10.1080/19338244.2013.778808.

Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Kitinoja, L., Waite, R. and Searchinger, T. (2013). *Reducing Food Loss and Waste.* Washington, DC: World Resources Institute. http://wriorg.s3.amazonaws.com/s3fs-public/reducing_food_loss_and_waste.pdf.

Lobell, D.B. and Gourdji, S.M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology* 160(4), 1686-1697. https://doi.org/10.1104/pp.112.208298.

Lobell, D.B., Schlenker, W. and Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333(5042), 616-620. https://doi.org/10.1126/science.1204531.

Lovejoy, T.E. and Nobre, C. (2018). Amazon tipping point. *Science Advances* 4(2). https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340.

MacDonald, G.K., Brauman, K.A., Sun, S., Carlson, K.M., Cassidy, E.S., Gerber, J.S. *et al.* (2015). Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. *BioScience* 65(3), 275-289. https://doi.org/10.1093/biosci/biu225.

Machovina, B., Feeley, K.J. and Ripple, W.J. (2015). Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. *Science of The Total Environment* 536, 419-431. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.022.

Malapit, H.J.L., Kadiyala, S., Quisumbing, A.R., Cunningham, K. and Tyagi, P. (2015). Women's empowerment mitigates the negative effects of low production diversity on maternal and child nutrition in Nepal. *The Journal of Development Studies* 51(8), 1097–1123. https://doi.org/10.1080/00220388.2015.1018904.

McGrath, J.M. and Lobell, D.B. (2013). Regional disparities in the CO_2 fertilization effect and implications for crop yields. *Environmental Research Letters* 8(1). https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014054.

Met Office Hadley Centre and World Food Program (2018). *Food insecurity: Climate change – met office.* [https://www.metoffice.gov.uk/food-insecurity-index/ (Accessed: 11 April 2018).

Metternicht, G.I. and Zinck, J.A. (2003). Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment* 85(1), 1-20. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00188-8.

Millennium Ecosystem Assessment (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment.* Washington, DC: Island Press. http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf.

Millennium Ecosystem Assessment (2004). *Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-being.* Washington, DC. https://www.millenniumassessment.org/documents/document.429.aspx.pdf.

Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C. and Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* 14, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001.

Msangi, S. and Rosegrant, M. (2011). World Agriculture in a Dynamically Changing Environment: IFPRI´s Long-Term Outlook for Food and Agriculture. In *Looking Ahead in World Food and Agriculture: Perspectives to 2050.* Conforti, P. (ed.). Rome: Food and Agriculture Organization. 57-94. http://www.fao.org/docrep/pdf/012/ak542e/ak542e05.pdf

Muchomba, F.M. (2017). Women's land tenure security and household human capital: Evidence from Ethiopia's land certification. *World Development* 98, 310-324. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.04.034.

Murguía, D.I. (2015). *Global Area Disturbed and Pressures on Biodiversity by Large-Scale Metal Mining.* Kassel: Kassel University Press. http://www.uni-kassel.de/upress/online/OpenAccess/978-3-7376-0040-8.OpenAccess.pdf.

Murtaza, G. (2013) *Economic aspects of growing rice and wheat crops on salt-affected soils in the Indus Basin of Pakistan*. Institute of Soil and Environmental Sciences, University of Agriculture

Narh, P., Lambini, C., Sabbi, M., Pham, V. and Nguyen, T. (2016). Land sector reforms in Ghana, Kenya and Vietnam: A comparative analysis of their effectiveness. *Land* 5(2), 8. https://doi.org/10.3390/land5020008.

Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R. *et al.* (2010). *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050: Scenarios, Results, Policy Options.* Research reports IFPRI. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/127066/filename/127277.pdf.

Newbigging, A.M., Yan, X. and Le, X.C. (2015). Cadmium in soybeans and the relevance to human exposure. *Journal of Environmental Sciences (China)* 37, 157-162. https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.09.001.

Nguyen, T.T.X., Tomberlin, J.K. and Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology* 44(2), 406-410. https://doi.org/10.1093/ee/nvv002.

Nicholson, S.E. (2013). The West African Sahel: A review of recent studies on the rainfall regime and its interannual variability. *International Scholarly Research Notices*(453521). https://doi.org/10.1155/2013/453521.

Nicolopoulou-Stamati, P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P. and Hens, L. (2016). Chemical pesticides and human health: The urgent need for a new concept in agriculture. *Frontiers in Public Health* 4(148). https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00148.

Nkonya, E., Mirzabaev, A. and Von Braun, J. (eds.) (2016). *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*: Springer. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-19168-3#about.

Nolte, K., Chamberlain, W. and Giger, M. (2016). *International Land Deals for Agriculture: Fresh Insights from the Land Matrix; Analytical Report II.* Bern: Centre for Development and Environment, University of Bern. https://landmatrix.org/media/filer_public/ab/c8/abc8b563-9d74-4a47-9548-cb59e4809b4e/land_matrix_2016_analytical_report_draft_ii.pdf.

Oliver, M.A. and Gregory, P.J. (2015). Soil, food security and human health: A review. *European Journal of Soil Science* 66(2), 257-276. https://doi.org/10.1111/ejss.12216.

Olsson, L., Eklundh, L. and Ardö, J. (2005). A recent greening of the Sahel - Trends, patterns and potential causes. *Journal of Arid Environments* 63(3), 556-566. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.03.008.

Overduin, P.P., Strzelecki, M.C., Grigoriev, M.N., Couture, N., Lantuit, H., St-Hilaire-Gravel, D. *et al.* (2014). Coastal changes in the Arctic. *Geological Society, London, Special Publications* 388(1), 103-129. https://doi.org/10.1144/SP388.13.

Paresi, M., Melchiorri, M., Siragusa, A. and Kemper, T. (2016). *Atlas of the Human Planet 2016: Mapping Human Presence on Earth with the Global Human Settlement Layer.* European Commission. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC103150/atlas%20of%20the%20human%20planet_2016_online.pdf.

Pataki, D.E., Carreiro, M.M., Cherrier, J., Grulke, N.E., Jennings, V., Pincetl, S. *et al.* (2011). Coupling biogeochemical cycles in urban environments: Ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9, 27-36. https://doi.org/10.1890/090220.

Pautasso, M., Döring, T.F., Garbelotto, M., Pellis, L. and Jeger, M.J. (2012). Impacts of climate change on plant diseases-opinions and trends. *European Journal of Plant Pathology* 133(1), 295-313. https://doi.org/10.1007/s10658-012-9936-1.

Pearce, F. (2016). *Common Ground: Securing Land Rights and Safeguarding the Earth.* Oxford: Oxfam, International Land Coalition and Rights and Resources Initiative. https://www.oxfamamerica.org/static/media/files/GCA_REPORT_EN_FINAL.pdf.

Place, F. (2009). Land tenure and agricultural productivity in Africa: A comparative analysis of the economics literature and recent policy strategies and reforms. *World Development* 37(8), 1326-1336. https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2008.08.020.

Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E. and Bieling, C. (2013). Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy* 33, 118-129. https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2012.12.013.

Porkka, M., Kummu, M., Siebert, S. and Varis, O. (2013). From food insufficiency towards trade dependency: A historical analysis of global food availability. *PLoS ONE* 8(12), e82714. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082714.

Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M. *et al.* (2014). Food Security and Food Production Systems. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, MA: Cambridge University Press. chapter 7. 485-533. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap7_FINAL.pdf

Pretty, J., Toulmin, C. and Williams, S. (2011). Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* 9(1), 5-24. https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0583.

Puma, M.J., Bose, S., Chon, S.Y. and Cook, B.I. (2015). Assessing the evolving fragility of the global food system. *Environmental Research Letters* 10, 024007. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/2/024007.

Qadir, M., Quillérou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J. *et al.* (2014). Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum* 38(4), 282-295. https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054.

Ramaswami, A., Boyer, D., Nagpure, A.S., Fang, A., Bogra, S., Bakshi, B. *et al.* (2017). An urban systems framework to assess the trans-boundary food-energy-water nexus: Implementation in Delhi, India. *Environmental Research Letters* 12(2), 025008. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5556.

Ramaswami, A., Weible, C., Main, D., Heikkila, T., Siddiki, S., Duvall, A. *et al.* (2012). A social-ecological-infrastructural systems framework for interdisciplinary study of sustainable city systems: An integrative curriculum across seven major disciplines. *Journal of Industrial Ecology* 16(6), 801-813. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00566.x.

Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., Foley, J.A. and Meybeck, A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE* 8(6), e66428. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428.

Ray, D.K., Ramankutty, N., Mueller, N.D., West, P.C. and Foley, J.A. (2012). Recent patterns of crop yield growth and stagnation. *Nature Communications* 3(1293), 1293. https://doi.org/10.1038/ncomms2296.

Reynolds, J.F., Grainger, A., Stafford Smith, D.M., Bastin, G., Garcia-Barrios, L., Fernández, R.J. *et al.* (2011). Scientific concepts for an integrated analysis of desertification. *Land Degradation & Development* 22(2), 166-183. https://doi.org/10.1002/ldr.1104.

Reynolds, J.F. and Smith, D.M. (eds.) (2002). *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* 1st edn: Dahlem University Press. https://imedea.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo_II_cod101606/M%C3%B3dulo%201_%20Presentaci%C3%B3n%20de%20la%20asignatura/reynolds%20do%20humans%20cause%20deserts.pdf.

Rights and Resources Initiative (2015). *Who Owns the World's Land? A Global Baseline of Formally Recognized Indigenous and Community Land Rights.* Washington, D.C.: Rights and Resources Initiative. https://rightsandresources.org/wp-content/uploads/GlobalBaseline_web.pdf.

Robinson, L.W., Ericksen, P.J., Chesterman, S. and Worden, J.S. (2015). Sustainable intensification in drylands: What resilience and vulnerability can tell us. *Agricultural Systems* 135, 133-140. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.01.005.

Rosegrant, M.W., Paisner, M.S., Siet, M. and Witcover, J. (2001). *2020 Global Food Outlook.* Washington, DC: International Food Policy Research Institute. http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/57811#img_view_container.

Roser, M. and Ritchie, H. (2018). Yields and land use in agriculture. OurWorldInData.org https://ourworldindata.org/yields-and-land-use-in-agriculture.

Safriel, U.N. (2007). The Assessment of Global Trends in Land Degradation. In *Climate and Land Degradation.* Sivakumar M.V.K. and Ndiang'ui, N. (eds.). Heidelberg: Springer Berlin. chapter 1. 1-38. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72438-4_1.

Schaffartzik, A., Haberl, H., Kastner, T., Wiedenhofer, D., Eisenmenger, N. and Erb, K.H. (2015). Trading land: A review of approaches to accounting for upstream land requirements of traded products. *Journal of Industrial Ecology* 19(5), 703-714. https://doi.org/10.1111/jiec.12258.

Schinasi, L. and Leon, M. (2014). Non-hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11(4), 4449-4527. https://doi.org/10.3390/ijerph110404449.

Schlenker, W. and Roberts, M.J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(37), 15594-15598. https://doi.org/10.1073/pnas.0906865106.

Schoneveld, G.C. and German, L. (2014). Translating legal rights into tenure security: Lessons from the new commercial pressures on land in Ghana. *The Journal of Development Studies* 50(2), 187-203. https://doi.org/10.1080/00220388.2013.858129.

Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B. and Reilly, M.K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS ONE* 6, e23777. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777.

Seto, K.C., Reenberg, A., Boone, C.G., Fragkias, M., Haase, D., Langanke, T. *et al.* (2012). Urban land teleconnections and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(20), 7687-7692. https://doi.org/10.1073/pnas.1117622109.

Sharmina, M., Hoolohan, C., Bows-Larkin, A., Burgess, P.J., Colwill, J., Gilbert, P. *et al.* (2016). A nexus perspective on competing land demands: Wider lessons from a UK policy case study. *Environmental Science & Policy* 59, 74–84. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.02.008.

Smith, P., Davis, S.J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B. *et al.* (2015). Biophysical and economic limits to negative CO2 emissions. *Nature Climate Change* 6, 42-50. https://doi.org/10.1038/nclimate2870.

Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F. and Roger-Estrade, J. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research* 118, 66-87. https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015.

Solecki, W. and Marcotullio, P.J. (2013). Climate Change and Urban Biodiversity Vulnerability. In *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment.* Dordrecht: Springer Netherlands. chapter 25. 485–504. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-94-007-7088-1_25.pdf

Sonter, L.J., Herrera, D., Barrett, D.J., Galford, G.L., Moran, C.J. and Soares-Filho, B.S. (2017). Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Communications* 8, 1013. https://doi.org/10.1038/s41467-017-00557-w.

Sonter, L.J., Moran, C.J., Barrett, D.J. and Soares-Filho, B.S. (2014). Processes of land use change in mining regions. *Journal of Cleaner Production* 84, 494-501. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.084.

Sturm, R. and Cohen, D. (2014). Proximity to urban parks and mental health. *Journal of Mental Health Policy and Economics* 17(1), 19-24. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4049158/.

Taylor, M.P., Camenzuli, D., Kristensen, L.J., Forbes, M. and Zahran, S. (2013b). Environmental lead exposure risks associated with children's outdoor playgrounds. *Environmental Pollution* 178, 447-454. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.054.

Taylor, P.C., Cai, M., Hu, A., Meehl, J., Washington, W., Zhang, G.J. *et al.* (2013a). A decomposition of feedback contributions to polar warming amplification. *Journal of Climate* 26(21), 7023-7043. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00696.1.

Thangavel, P. and Sridevi, G. (2017). Soil Security: A Key Role for Sustainable Food Productivity. In *Sustainable Agriculture towards Food Security.* Dhanarajan, A. (ed.). Singapore: Springer Singapore. 309-325. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-6647-4_16

The Economics of Land Degradation (2013). *Economics of Land Degradation Initiative: A Global Strategy for Sustainable Land Management; The Rewards of Investing in Sustainable Land Management* Bonn. https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/15701/1/ELD%20Initiative_2013%20-%20The%20rewards%20of%20investing%20in%20sustainable%20land%20management%20%20Interim%20Report_Web-Version4.pdf.

The Economics of Land Degradation (2015). *Report for Policy Makers - Key Facts and Figures.* Bonn. http://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/Key_facts_and_figures_-_Report_for_policy_and_decision_makers2015.pdf.

The Global Food Security Programme (2015). *Final Project Report from the UK-US Taskforce on Extreme Weather and Global Food System Resilience.* Wiltshire. https://www.foodsecurity.ac.uk/publications/extreme-weather-resilience-global-food-system.pdf.

The Land Matrix Global Observatory (2018). *Land Matrix.* https://landmatrix.org/en/.

The Royal Society (2008). *Sustainable Biofuels: Prospects and Challenges.* Policy Document. London: The Royal Society. https://royalsociety.org/~/media/Royal_Society_Content/policy/publications/2008/7980.pdf.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. and Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(50), 20260-20264. https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108.

Tomei, J. and Ravindranath, D. (2018). Governing Land in the Global South. In *Routledge Handbook of the Resource Nexus.* Bleischwitz, R., Hoff, H., Spataru, C., van der Voet, E. and VanDeveer, S.D. (eds.). Routledge. https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9781315560625-22

Unger, E.-M., Zevenbergen, J. and Bennett, R. (2017). On the need for pro-poor land administration in disaster risk management. *Survey Review* 49(357), 437-448. https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1212160.

United Nations (2007). *United Nations Declaration on the Rights of Indigenous People. (A/RES/61/295).* [https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/declaration-on-the-rights-of-indigenous-peoples.html.

United Nations (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision.* United Nations. New York, NY: United Nations. https://esa.un.org/Unpd/Wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf.

United Nations (2015). *World Population Prospects: the 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables.* United Nations. New York, NY: United Nations. https://esa.un.org/Unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf.

United Nations (2016). *Global Sustainable Development Report.* New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2328Global%20Sustainable%20development%20report%202016%20(final).pdf.

United Nations Convention to Combat Desertification (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification: In Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification Particularly in Africa.* Bonn https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/An%20explanatory%20leaflet.pdf

United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook.* Bonn: United Nations Convention to Combat Desertification. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20English_Full_Report_rev1.pdf.

United Nations Environment Programme (2010). *Latin America and the Caribbean: Environmental Outlook.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8663/-Global_environment_outlook_Latin_America_and_the_Caribbean_GEO_LAC_3-2010Latinin_America_and_the_Caribbean_-_Environment_Outlook_3.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2015). *Global Waste Management Outlook.* Nairobi. http://apps.unep.org/publications/index.php?option=com_pub&task=download&file=011782_en.

United Nations environment Programme (2016a). *Global Gender and Environment Outlook: The Critical Issues.* Nairobi. http://web.unep.org/sites/default/files/ggeo/ggeo_summary_report_final.pdf.

United Nations Environment Programme (2016b). *Unlocking the Sustainable Potential of Land Resources: Evaluation Systems, Strategies and Tools.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7710/-Unlocking_the_sustainable_potential_of_land_resources_Evaluating_systems,_strategies_and_tools-2016Unlocking_Land_Resources_full_report.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

United States Environmental Protection Agency (2016). *Superfund: National priorities list (NPL).* [https://www.epa.gov/superfund/superfund-national-priorities-list-npl.

Utuk, I.O. and Daniel, E.E. (2015). Land degradation : A threat to food security : A global assessment. *Journal of Environment and Earth Science* 5(8), 13-22. https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/view/22020/22057.

Van Liedekerke, M., Prokop, G., Rabl-Berger, S., Kibblewhite, M. and Louwagie, G. (2014). *Progress in Management of Contaminated Sites in Europe.* European Commission. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85913/lbna26376enn.pdf.

van Vliet, J., Eitelberg, D.A. and Verburg, P.H. (2017). A global analysis of land take in cropland areas and production displacement from urbanization. *Global Environmental Change* 43, 107-115. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.02.001.

Veit, P. and Reytar, K. (2017). 'By the Numbers: Indigenous and Community Land Rights'. 20 March 2017 https://www.wri.org/blog/2017/03/numbers-indigenous-and-community-land-rights

Verma, R. (2014). Land grabs, power, and gender in east and southern Africa: So, what's new? *Feminist Economics* 20, 52-75. https://doi.org/10.1080/13545701.2014.897739.

Watts, M. (2007). *Pesticides and Breast Cancer: A Wakeup Call.* Penang: Pesticide Action Network Asia and the Pacific. http://files.panap.net/resources/Pesticides-and-Breast-Cancer-A-Wake-Up-Call.pdf.

Watts, M. (2013). *Breast Cancer, Pesticides and You.* Penang: Pesticide Action Network Asia and the Pacific http://files.panap.net/resources/Breast-cancer-pesticides-and-you.pdf.

Watts, M. and Williamson, S. (2015). *Replacing Chemicals with Biology.* Penang: Pesticide Action Network Asia and the Pacific. https://www.panna.org/sites/default/files/Phasing-Out-HHPs-with-Agroecology.pdf.

White, B., Park, C. and Mi Young, J. (2015). The Gendered Political Ecology of Agrofuels Expansion. In *The Political Ecology of Agrofuels.* Engels, D. and Pye, O. (eds.). London: Routledge. chapter 4. 53-69. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781317747444/chapters/10.4324%2F9781315795409-4

White, M.P., Alcock, I., Wheeler, B.W. and Depledge, M.H. (2013). Would you be happier living in a greener urban area? A fixed-effects analysis of panel data. *Psychological Science* 24(6), 920-928. https://doi.org/10.1177/0956797612464659.

Wiebe, K. (2003). *Linking Land Quality, Agricultural Productivity, and Food Security.* Agricultural Economic Report. Washington, DC: United States Department of Agriculture. https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/41563/18547_aer823fm_1_.pdf?v=41061.

Wiesmeier, M., Poeplau, C., Sierra, C.A., Maier, H., Frühauf, C., Hübner, R. *et al.* (2016). Projected loss of soil organic carbon in temperate agricultural soils in the 21st century: Effects of climate change and carbon input trends. *Scientific Reports* 6(32525). https://doi.org/10.1038/srep32525.

Wild, C.P. and Gong, Y.Y. (2010). Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. *Carcinogenesis* 31(1), 71-82. https://doi.org/10.1093/carcin/bgp264.

Wilson, G., Quaranta, G., Kelly, C. and Salvia, R. (2016). Community resilience, land degradation and endogenous lock-in effects: Evidence from the Alento region, Campania, Italy. *Journal of Environmental Planning and Management* 59(3), 518-537. https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1024306.

Wilson, G.A., Kelly, C.L., Briassoulis, H., Ferrara, A., Quaranta, G., Salvia, R. *et al.* (2017). Social memory and the resilience of communities affected by land degradation. *Land Degradation & Development* 28(2), 383-400. https://doi.org/10.1002/ldr.2669.

World Health Organization (2017). *Urban Green Space Interventions and Health.* Copenhagen: World Health Organization. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/337690/FULL-REPORT-for-LLP.pdf?ua=1.

World Health Organization and United Nations Environment Programme (1990). *Public Health Impact of Pesticides used in Agriculture.* Geneva: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39772/9241561394.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

World Resources Institute (2018). *Global forest watch.* [https://www.globalforestwatch.org/ (Accessed: 10 June 2018).

World Wildlife Fund (2018). *Deforestation: Overview.* [World Wildlife Fund https://www.worldwildlife.org/threats/deforestation.

Xu, D., Kang, X., Qiu, D., Zhuang, D. and Pan, J. (2009). Quantitative assessment of desertification using Landsat data on a regional scale - a case study in the Ordos Plateau, China. *Sensors* 9(3), 1738-1753. https://doi.org/10.3390/s90301738.

Zewdie, W. and Csaplovies, E. (2015). Remote Sensing based multi-temporal land cover classification and change detection in northwestern Ethiopia. *European Journal of Remote Sensing* 48(1), 121-139. https://doi.org/10.5721/EuJRS20154808.

Zhu, Z., Piao, S., Myneni, R.B., Huang, M., Zeng, Z., Canadell, J.G. *et al.* (2016). Greening of the earth and its drivers. *Nature Climate Change* 6, 791-795. https://doi.org/10.1038/nclimate3004.

第 9 章

淡水

© Shutterstock/Mikadun

领衔作者兼协调负责人：Erica Gaddis（犹他州环境质量部），Anna Maria Grobicki（联合国粮食及农业组织），Rowena Hay（Umvoto），Gavin Mudd（皇家墨尔本理工大学），Walter Rast（德克萨斯州立大学水和环境中心）

《全球环境展望》研究员：Beatriz Rodríguez-Labajos（巴塞罗那奥特科马大学），Jaee Sanjay Nikam（亚利桑那州立大学）

执行摘要

淡水引发并加剧人类健康和环境风险（不完全证实）。全球水循环综合了人口增长、农业、经济发展、城市化、工业化、毁林和气候变化的影响，这些都影响着淡水的质量和数量。因此，淡水现在既是一种有益资源，也是一种风险载体，通过污染物和气候变化影响着人类和生态系统发展。目前，气候变化加剧风暴、洪水、干旱和土地荒漠化。人类迫切需要改善水循环，提高各个方面的治理，以防止、缓解和管控日益增加的风险。{9.2}

由于人口增长以及随之而来的农业、工业和能源用水需求增长，全球人均可利用的供水量正在减少（不完全证实）。由于气候变化的影响，各大洲很多地区变得越加干燥。{9.2}

越来越多的人面临着诸如缺水、干旱和饥荒等“慢性灾难”风险。这类事件有时会导致人口迁徙和社会冲突增加（充分证实）{4.2}。与水有关的灾害日益严重和频繁，对社会和经济稳定、生态系统发展以及维持生命的生态系统服务构成越来越大的风险。调查显示，水资源短缺加剧了现有资源的竞争，体现在粮食安全、价格和贸易方面（不完全证实）。{9.2}

地下淡水存量大于地表水。在许多国家和区域，水资源安全问题日益重要（不完全证实）。不可持续的开采强度、地下水污染和盐水入侵的管理不当问题对主要含水层及周边水层造成了威胁。{9.4}

每年约有140万人因饮用水污染和卫生设施不足感染病原体死亡，另有数百万人患病（不完全证实）。约23亿人仍然无法享受卫生服务。如果饮用水质量得到改善，水资源综合管理提高，预计全球疾病量可减少10%。{9.5}

由于抗生素和抗药性感染导致的人类疾病和死亡正在迅速增加，预计到2050年成为全世界死亡的主要原因（充分证实）。抗生素经过多种途径进入水生环境，包括处理和未经处理的人类废水、农业用水、畜牧业和水产养殖业用水。抗药性细菌目前普遍存在于全世界范围内自然生态水和经过处理的饮用水中。{9.5}

目前的废水处理技术不易处理新兴污染物，包括部分兽用药物和人类药物、杀虫剂、抗微生物消毒剂、阻燃剂、洗涤剂代谢物和微塑料（充分证实）。内分泌干扰物（EDCs）广泛分布在大陆淡水系统，备受关注。长期影响人类健康，具体包括胎儿发育不足、儿童神经发育和男性不育症。{9.7}

淡水生态系统正在迅速消失，表现为生物多样性减少和生态系统功能下降（充分证实）。湿地是受城市化、农业过度开垦和森林砍伐影响最大的自然区域。在1997年至2011年期间，世界上大约有40%的湿地丧失，目前仍在继续。导致同期81%淡水物种量下将，或创造了物种最高退化率（可能）。1996年至2011年间，据计湿地生态系统的年度经济损失为2.7万亿美元。{9.6}

泥炭地（一种湿地）的碳储量大于世界上所有森林碳储量的总和（不完全证实）。气候变化使北半球及北极圈周围泥炭地融化，导致碳排放增加。热带泥炭地区，农业用地扩张和过度灌溉导致野火频发，释放大量二氧化碳和甲烷。到2015年，全世界约15%的泥炭地已经枯竭，约占全球年碳排放量的5%。{9.6}

联合国可持续发展目标6（SDG 6）可通过公共、私人企业、非政府部门、公民社会和地方参与者参与实施有效、高效和透明的水资源治理来实现（充分证实）。{9.9}

促进用水效率、水循环利用和雨水收集变得日益重要，以确保不同用户和多种途径用水的安全和不同用户之间更公平的水资源分配（充分证实）。{9.9}

农业是全球最大的淡水消费源，需要大力改善用水效率和提高生产力（充分证实）。工业和采矿业在提高用水效率、再循环和再利用以及限制水污染方面同样有很大潜力。{9.9}

目前，很多地区缺乏对含水层过度开采和污染长期影响的管控能力（不完全证实）。对含水层系统进行监测、建模和管理对于实施健全的含水层和水资源综合管理至关重要。河流三角洲沉降引起的含水层盐渍化是一个复杂的集水

和沿海城市化问题（SDG 11），但对沿海含水层的盐水入侵可以通过管理含水层补给加以控制（充分证实）。{9.9}

达到高效用水，需要在缺水城市进行基础设施建设，包括结合地表和地下水的联合开发以及促进管理下含水层的补给（充分证实）。在废水处理和回收利用的同时，这些建设将支持水量和质量管理、促进干旱风险缓解、以及城市供水应变性。。但是，在全球很多城市，面向全部居民的饮用水供应和卫生服务以及控制散装水供应仍然是一项挑战。{9.9}

9.1 引言和优先事项

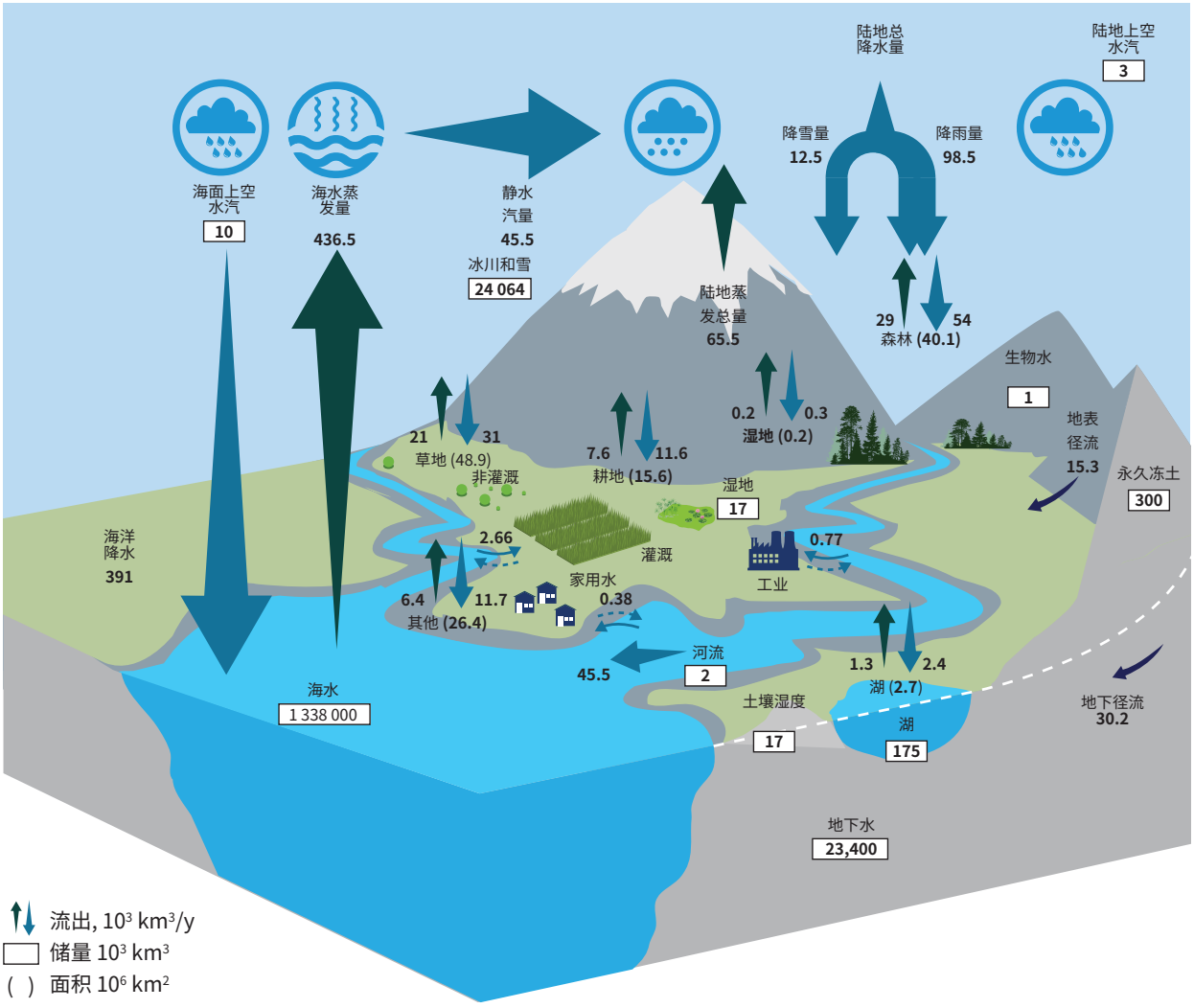
淡水对人类、动物、植物以及水生和陆地生态系统的健康和福祉至关重要。全球水循环是天气和气候系统最重要组成部分，全球水循环由于气候变化正在加速（**图9.1**）（Stocker和 Raible，2005年；Huntington，2006年；经济合作与发展组织，2016年，第5-6页）。在河流、湖泊和湿地中，可转换为实用淡水总量所占比例为0.4%，并急剧下降。洪水和干旱加剧（Huntington，2006年）以及冰川融化（Gao等人，2011年；Yao等人，2012年；Rodell等人，2018年）对人类和生态系统健康产生直接和间接影响（例如，Holloway，2003年，第2页；Liu等人，2005年；Wang、Wang和Tong，2016年；Liu等人，2018年）。

水和大多数可持续发展目标相关，对粮食安全（SDG 2）、健康和福祉（SDG 3）、能源安全（SDG 7）、可持续城市（SDG 11）、负责任的消费和生产（SDG 12）、气候影响（SDG 13）、水下生命（SDG 14）和陆地生物多样性（SDG 15）至关重要。如果没有充足的优质淡水供应，大多数其他可持续发展目标无法实现（联合国水机制，2016年第9页）。本报告突出了水（SDG 6）和健康（SDG 3）之间的联系。水质退化影响人类和生态系统健康（联合国环境规划署，2017年）。每年有近170万人死于可预防的腹泻病（Lozano等人，2013年；Sevilimedu等人，2016年，第637页）。

9.2 淡水压力

环境变化的全球驱动因素对水造成的多重压力（见第2章）显著表现为不同区域淡水数量和质量的迅速恶化。在某些区域，由于持续不断的冲突、人类移徙以及日益频繁和严重的干旱、洪水和风暴潮等问题，加剧了水环境恶化。（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年）。淡水资

图9.1：全球水文通量和存储（以每年1000 km³表示），表示自然和人为循环



资料来源：Oki和Kanae（2006年）。

源和相关生态系 统的不合理利用引发自然灾害和人为灾害，从而削弱了生态系统的恢复力（Sheffer等人，2001年；Holling和Gunderson，2002年）。近期卫星数据显示，由于气候变化和过度开采，许多灌溉农业区的淡水体正在迅速消失。（Rodell等人，2018年）。

9.2.1 气候变化

全球水循环与不断变化的气候密切相关。随着地球变暖，水循环加速，降水模式的多种变化给淡水生态系统带来压力。（Oki和Kanae，2006年）。相对于淡水，咸水量由于全球变暖、土地用途更换、冰雪融化、地下水开采、干旱和海平面上升正在增加（Bates等人，2008年）。

很多地区的降水量减少，而其他地区降水增多，大多数区域的气温和降水模式越发不可预测。极地和高山地区比世界其他地区气候变暖速度更快，造成的后果无法预见（见第4.3.2节）。1981至2010年期间，全球创纪录强降雨事件增加了12%（Lehmann、Coumou和Frieler，2015年）。而且，调查显示，欧洲干旱程度日益严重（Vicente-Serrano等人，2014年），历史记录表明，自20世纪50年代以来，很多地区的干旱程度有所加重（Dai，2011年）。

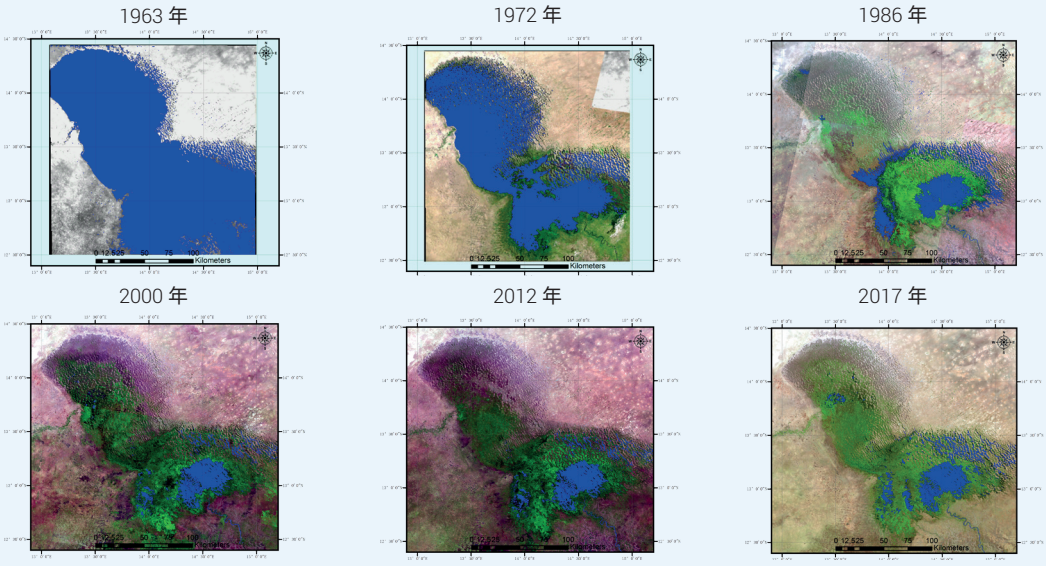
全球气候变化与天气和地方性气候相互影响，再加上低效率用水和河水改道，这都导致了严重影响，如淡水体萎缩（例如乍得湖，见**专栏9.1**；咸海；伊朗伊斯兰共和国的湿地【如乌尔米亚湖】和伊拉克沼泽；里海（Rodell等人2018年）。

专栏9.1：气候变化对湖泊和湿地的影响

湖泊和湿地是调节水循环的重要因素，例如保持温和的局地气候（Kodama、Eaton和Wendler，1983年；Laird等人，2001年；Saaroni和Ziv，2003年；McInnes，2016年；Dai等人，2018年）。湿地白天储存热量，夜间相对于地面散热较慢，降低盆地的极端温差。在冬季，湿地通过蒸发作用提供水蒸气和降水。在夏季，维持当地气候稳定。城市湿地提供了大约1-3°C的局部恒温效果（Filho等人，2017年）。

气候变化改变了湖泊、湿地和其他水位系统的水循环，减少了淡水总量和水体表面积的数量。温暖的气候增加了水体和相邻土地上的蒸发量，但是，温暖的大气需要更多水分，达到水汽饱和才能产生降雨。因此，从水体中蒸发出来的水分，在没有回到自己的盆地之前就被吹走。结果导致流域更加干燥，流入水体量减少，因此河流和湿地的流量减少，相对的增加了对农业灌溉用水的需求。这些因素共同加速了水体的萎缩，如乍得湖（下文）所示，乍得湖面积萎缩了90%，生物多样性减少，尤其是鱼类。除此以外，依赖该湖的数百万人丧失了生计。人类用水因素约占余水体萎缩成因的50%，气候变化则为剩余部分的主要原因（Coe和Foley，2001年；Gao等人，2011年）。由此产生的局部气候变化循环造成了非洲大陆的干燥和荒漠化的恶性循环，并加剧了全球气候变化的影响。

图9.2：乍得湖水体萎缩



资料来源：Hansen等人（2013年）；Guzinski等人（2014年）。

强降雨带来污染、土壤侵蚀、雪崩、泥石流、洪水、龙卷风和飓风等问题，造成基础设施破坏和生命损伤。降雨量过低导致干旱、极端野火、沙尘暴、土壤退化和激烈的水源竞争，结果往往导致水体的加速收缩。总的来说，这些自然现象对社会政治、经济、环境和生态影响重大，因此加强淡水资源管理势在必行。

9.3 水和土地利用

城市和农业集约化发展进程在日益消耗水资源。很多缺水地区湿地枯竭，河流、湖泊和池塘面临消失。土地用途更改导致自然区域表面硬化，水渗透和含水层补给水量减少，同时增加了水流失和水污染。土地退化和毁林等行为增加地表径流，河流中的侵蚀沉积物流入海洋（见第8.4.2节）。大规模森林砍伐地区，降水量深受影响，土壤侵蚀程度增加（Birkinshaw，等人2011年；Ellison、Futter和Bishop，2012年）。

全球水量平均70%用于农业（联合国水机制，2017年）。工业加工和能源生产用水增多，与农业和城市竞争水源。然而，很多能源生产用水是用于非消耗用途（如冷却）（联合国环境规划署，2012年a）。

水、能源安全和粮食安全三者相互联系，需要仔细审查和考量（Rosengrant等人，2009年）。在考虑城市化、人口、经济增长、技术和创新等驱动因素时，这种联系变得尤为重要（Bleischwitz等人，2018年）。

9.4 全球淡水状况和趋势

9.4.1 水质

地理变化和气候变化导致降雨和淡水来源分布不均，沙漠和热带雨林两地显示了极度不均的分布（**图9.1**和**图9.4**）。地下水是全球大多数人的主要饮用水来源，特别是在干旱地区和干旱时期。据估计，非洲可再生地下水资源是每年可再生地表水资源总量的100多倍（Macdonald等人，2012年，第5页）。然而，深层含水层受勘探和开采成本限制，不宜利用。提取非常古老的“化石地下水”非常不可取，因为水是不可再生能源。

9.4.2 取水

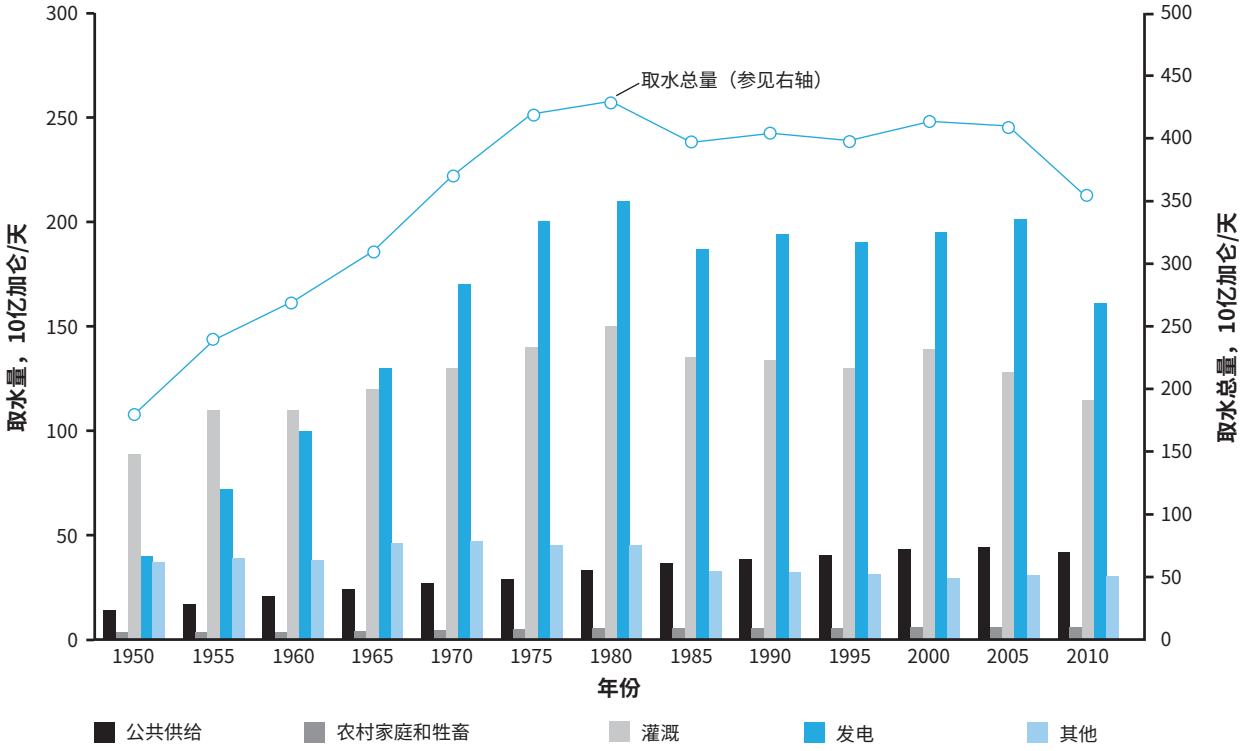
人类和环境用水需求在空间和文化上各不相同，如农村和城市。虽然全世界平均70%的取水量用于农业生产，但各区域和国家之间差别很大（Hoekstra和Mekonnen，2012年，第3232页；联合国粮食及农业组织，2016年；联合国水机制，2017年）。东南亚80%以上的可用淡水用于农业（联合国粮食及农业组织，2016年）。北美地区的人均淡水使用量最高（Hoekstra和Mekonnen，2012年，第3232页；联合国环境规划署，2016a，第71页），尽管人口和经济增长，用水效率的提升正在帮助降低需求（联合国环境规划署，2016a，第71页）。美国产业取水情况图表（**图9.3**）显示，电力生产冷却用水较高。

在全球范围内，地下水的重要性越来体现，抽取量约为982km^3（Margat和van der Gun，2013年），相当于总取水量的近33%（Seibert等人，2010年，1863页；Famiglietti，2014年，945页）。由于传统地下水提取技术非常普及，因此开采高度分散。流盆地下承压水（德国联邦地球科学与自然资源研究所【BGR】，2008年）可在地下深度2公里处取得，因此常常作为战略水资源，特别是在干旱时期（例如，自流大盆地，澳大利亚，2016年）；桌山，南非）（Hay和Hartnady等人，2001年；Weaver等，2002年；Blake等人，2010年）。

与含水层相关的工业行为包括：工业化农业、采矿、地热能和地源热泵、危险废物的处置或储存（例如垃圾填埋场、核废料）、液体注入（例如通过水力压裂或相关废水回灌开采石油和天然气）以及地下建筑活动。多种行业用水导致更激烈的竞争或互动，有时会产生不可预见的后果。

© Shutterstock/Eric Buermeyer

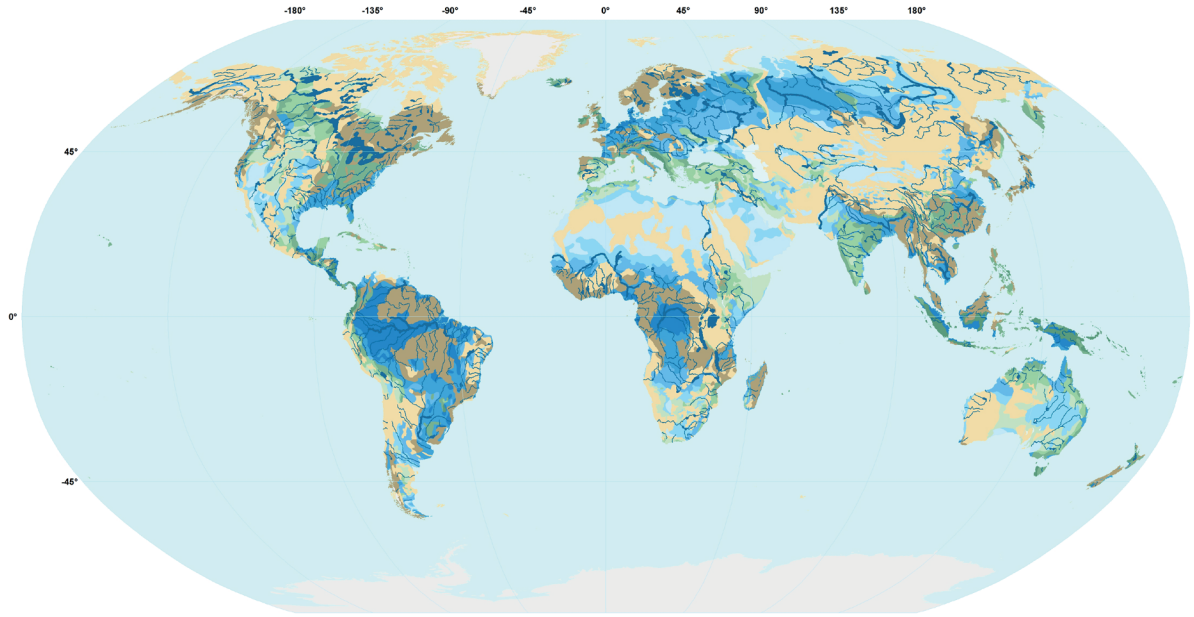
图9.3：美国取水来源（1950-2010年）



注：1加仑=380万立方米

资料来源：Maupin等人（2014年，第46页）。

图9.4：含水层和地下水资源的全球水文地质图



主要地下水盆地
极高
较高
中等
低
极低

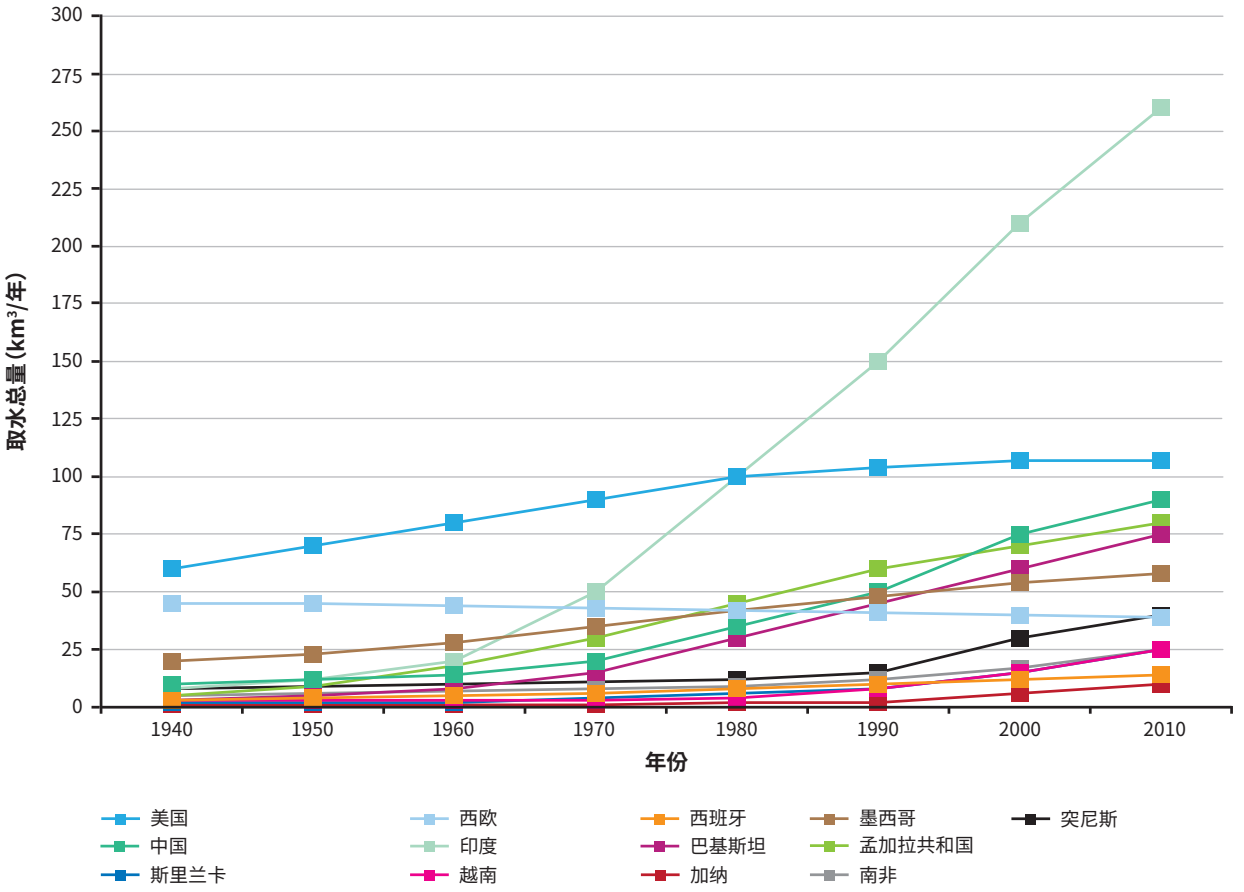
复杂水文地质结构
极高
较高
中等
低—极低

局部及浅含水层
极高—较高
中等—极低

地表水和分布
大淡水湖
大盐水湖
常年不融化冰层
主要河流

资料来源：BGR和联合国教育、科学及文化组织（2008年）。

图9.5：地下水使用量增加的全球趋势



资料来源：Shah（2014年，第12页）。

在某些地区，地下水使用量有所减少，而某些地区有所增加（**图9.5**），例如，亚洲和太平洋和西亚（例如，三分之二的淡水用于西亚）。大约75%的欧洲联盟（EU）居民饮用水来自地下水（欧洲委员会，2008年，第7页），相对于地表水，北美地下水使用量每年增加到1.3万亿m^3（Famiglietti和Roadell，2013年，第1301页）。地下水占拉丁美洲取水的30%（Campuzano等人，2014年，第38页），约75%的非洲人口用水依赖地下水（Altchenko和Villholth，2013年，第1498页）。但是必须强调，由于地下水开采和使用情况异常繁杂，数据存在些许偏差。

农业地下水使用量增加导致干旱和半干旱地区主要含水层的枯竭率上升（联合国环境规划署，2012b）。几十年来，抽水率大于自然补给率，导致一些大型含水层无法持续开采（Famiglietti，2014年，第946页）。世界上7个最大含水层中，有5个在亚洲和太平洋。它们深受过度开采影响（联合国环境规划署，2016b，第84页）。

过度开采地下水造成某些沿海城市地面沉降（例如曼谷、胡志明市、雅加达、马尼拉）（联合国环境规划署，2016b，第87页）。过度开采地下水也会影响湿地生态系统。用于石油和天然气开采的水力压裂对地下水造成影响，值得高度重视（见**专栏9.2**）。一些岛屿的地下水由于地表水充沛并未充分开发，而有些岛屿则可能完全依赖地下水。气候变化引起海平面上升，会导致更多依赖行为，对地下水造成威胁。岛屿面临日益增加的淡水短缺问题，急需进一步研究解决（Famiglietti，2014年，第946页）。

9.4.3 冰川退化

气候变化影响世界各地水供应，特别是供水依赖冰川融水的地区。起源于喜马拉雅山脉的河流是最依赖冰雪融水的水系之一。此区域是亚洲十大水系（阿姆河、雅鲁藏布江、恒河、印度河、伊洛瓦底河、湄公河、萨尔温河、塔里木河、长江、黄河）的源头，为世界20%的人口提供了水源（联合国环境规划署，2016b，第81页）（**图9.7**）。

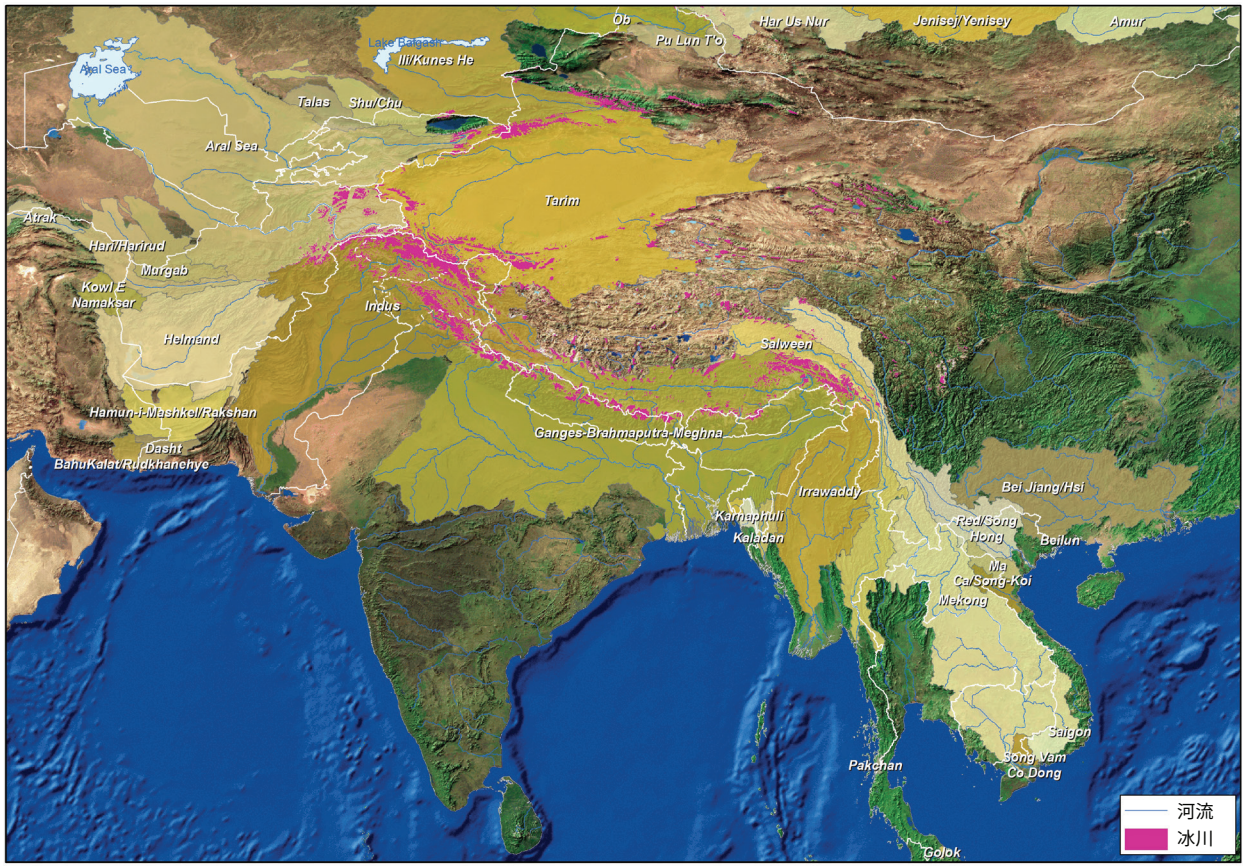
安第斯山脉热带冰川向拉丁美洲半干旱热带地区下游人口和生态系统提供了80%以上可用淡水（联合国环境规划署，2013年，第1页）。由于气候变化，冰川正在加速融化

专栏9.2：采矿对水质的影响

现代采矿作业产生大量尾矿（开采矿石后留下的细碎岩石）和废料（非矿化岩石；劣质矿石），常含有铁硫化物（如黄铁）。这些尾矿和废料暴露在地表，与水、氧反应生成硫酸，产生酸性金属排水（AMD）。酸性金属排水能降低水质，影响水生生物多样性。近期的尾矿坝事故（例如，加拿大波利山；巴西萨马科）表明进入环境的矿山废物对水生生态系统和生物多样性产生重大影响，尾矿颗粒阻塞河床，致使水质浑浊，含氧降低，并影响河流地貌（Mudd等人，2013年）。

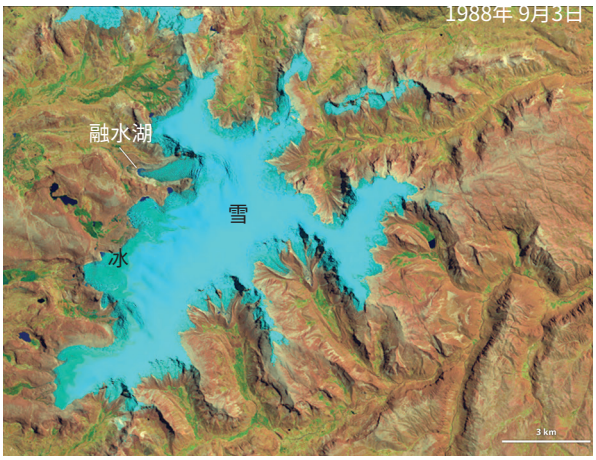
图9.6：受AMD和尾矿排放影响的地表水实例：（左）南非约翰内斯堡威特沃特斯兰德盆地西部的城市河流受AMD严重影响；（右）萨马科大坝的尾矿沉积物

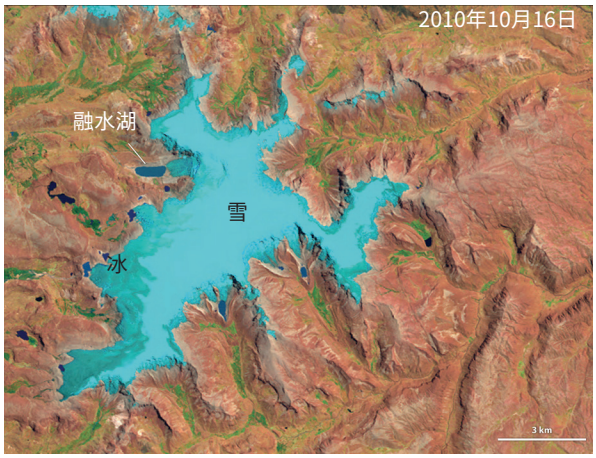
图9.7：发源于喜马拉雅地区兴都库什山的河流，最依赖冰雪融水的系统之一。



资料来源：联合国环境规划署和全球环境基金【GEF】，2018年；Glims，2018年。

图9.8：1988年（左）至2010年（右）秘鲁奎尔卡亚冰帽消退





资料来源：Schoolmeester等人（2018年）。

（Chvallier等人，2011年；Rabatel等人，2013年）。人们对可持续供水关切倍增（**图9.8**）。过去20年来，欧洲阿尔卑斯山冰川融化加速（Huss，2012年，第1132页），中亚地区冰川总质量减少27%、面积减少18%（Farinotti等人，2015年，第720页；Yao等人，2012年）。

9.4.4 缺水

年人均可再生淡水不足1000立方米则定义为缺水（世界水评估计划，2012年，第124页）。经济性缺水地区（缺乏储存、处理和运输基础设施的地区）和绝对或物理性缺水地区之间的区别见**图9.9**（联合国世界水评估方案，2012年）。

地表水和地下水可持续供应对于人类和生态系统发展以及实现可持续发展目标至关重要。过度开采是缺水的主因。基础设施不完备和人口迅速增长可能导致经济缺水，不过人们对于缺水到底由物理、经济还是政治因素导致并不总能达成一致意见。相当部分的水资源并没有得到合理利用。

西亚和太平洋区域以及非洲、拉丁美洲、美国西部和中东的干旱地区都普遍缺水。导致缺水的主要因素包括：人口众多、农业扩张、工业集约化发展、降雨不规律、发展过快、城市化严重、工业化和气候变化。中亚地区咸海干旱问题仍然是20世纪最引人注目的与水有关的环境灾难之一。大多数全球气候观测预示，西亚未来50年降雨量将减少20%。随着气温升高、蒸发量增加和相对湿度提高，水供应将受到影响（联合国环境规划署，2016c，第12页）。

在非洲撒哈拉以南地区，因气候变化和国内移徙引起的荒漠问题是一个非常紧迫的问题（联合国环境规划署，2006d）。尽管整个非洲普遍存在物理性和经济性缺水问题，但就满足人类生计和发展需求而言，地下水和地表水资源并不充足（联合国环境规划署，2006d）。因此，当地很多中小型水基础设施项目非常因地制宜。

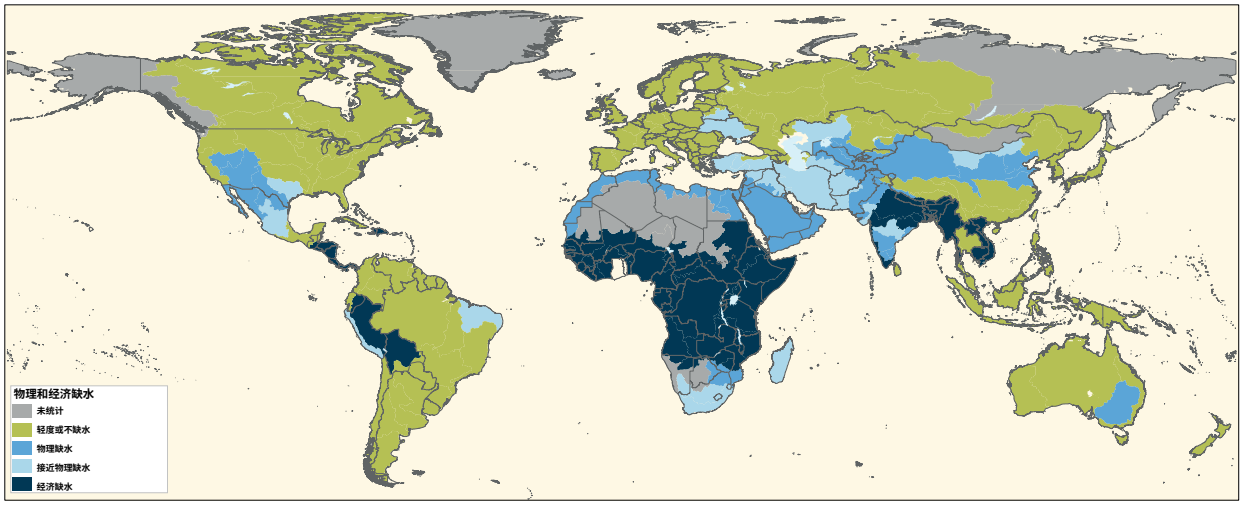
部分发达国家（如欧洲、北美、澳大利亚）通常利用大型水基础设施项目解决缺水问题，例如水坝、长距离管道和海水淡化厂。鉴于预期的人口增长趋势，中东、非洲和亚洲等区域需要创新且规模适度的方式（包括水治理、雨水收集和废水回收）来解决水资源短缺问题，，在传统解决办法的基础上实现跨越式发展。

9.5 水质

尽管生态自然运转也会产生水污染物，但远不及人口增长、城市化、农业扩张、交通运输以及人类和工业废物排放等人类活动带来的显著影响。人类活动是水污染物的主要来源（联合国环境规划署，2016e），包括来自点源（家庭、工业或污水管道排放；化粪池泄漏）和/或汇水区非点源（因广泛扩散的农业使用以及城市地区降雨和融雪后产生的地面径流）的病原体（粮食或化学品）、营养物、重金属和有机化学品等污染物（附件9-1）。

1990年以来，在拉丁美洲、非洲、亚洲和太平洋地区，尽管大多数河流的状况相对良好，但很多河流面临水质下降问题（联合国环境规划署，2006e）。自2000年欧盟水框架指令通过以来，众多河流水质有所改善。在美国，

9.9:全球物理性和经济性缺水



资料来源:全世界水评估计划(WWAP)(2012年,第125页)。

约有一半水域不符合保护水生生物的标准,超过40%的水域不符合娱乐性使用标准(联合国环境规划署,2016a)。世界范围内,很多湖泊和水库的水质因为流动性差而受到威胁,而且有污染物累积的趋势(国际湖泊环境委员会(ILEC)和联合国环境规划署,2016年)。

地下水污染源包括非点源式农业和城市径流、废水处理、油气开采和水力压裂活动、采矿和工业活动(Foster等人,2016年)。某些情况下会引发自然污染(例如,地下水化石含水层中,氯化钠盐度、砷、氟化物等污染)。未经妥当处理的地下水对人类健康的影响尤其令人担心(Morris等人,2003年;联合国环境规划署,2016e)。

9.5.1 病原体

水传播疾病仍然是许多非洲、亚洲、太平洋和拉丁美洲城市和农村社区面临的主要挑战(附件9-1)。虽然收集和处理人类排泄物在一定程度上解决了发达国家的问题,但污水排放仍然会产生大量病原体。寄生虫可以在水体条件下存活数周,而病毒可以在处理过的饮用水中存活。

病原体仍然是人类死亡和疾病的主要原因，尤其是在发展中国家（http://www.who.int/water_sanitation_health/takingcharge.html）。例如，在非洲、亚洲、太平洋和拉丁美洲地区，受污染水源引起的腹泻病导致儿童高死亡率（附件9-1）。主要的病原体来源包括未经正当处理过的人畜废物、下水道溢流和泄漏（**图9.10**）。

很多发展中国家使用未经合理处理或稀释的废水灌溉，提高贫困地区农业生产力，但往往以牺牲人类健康和环境风险为代价。比较研究表示，废水灌溉地区环境退化更加严重，水传播疾病率更高（8至12岁儿童胃肠炎患病率为75%，而淡水灌溉区为13%）（Grangier、Qadir和Singh，2012年）。

抗生素和抗菌药物耐药性是全球主要的健康问题，控制耐药细菌和耐药基因在环境中的传播是综合防治工作的关键组成部分（Berendonk等人，2015年）。耐药细菌和耐药基因主要来源仍然是人类和动物排泄物，而水产养殖的发展则增加了它们在水环境中的含量（Kümmerer，2009年）。世界卫生组织（WHO）预测，到2050年，抗菌药物耐药性将成为全球死亡的主要原因（附件9-1）。废水处理厂去除抗药性细菌的方法很多，但去除抗生素药物的能力有限（Pruden等人，2013年；Berendonk等人，2015年）。

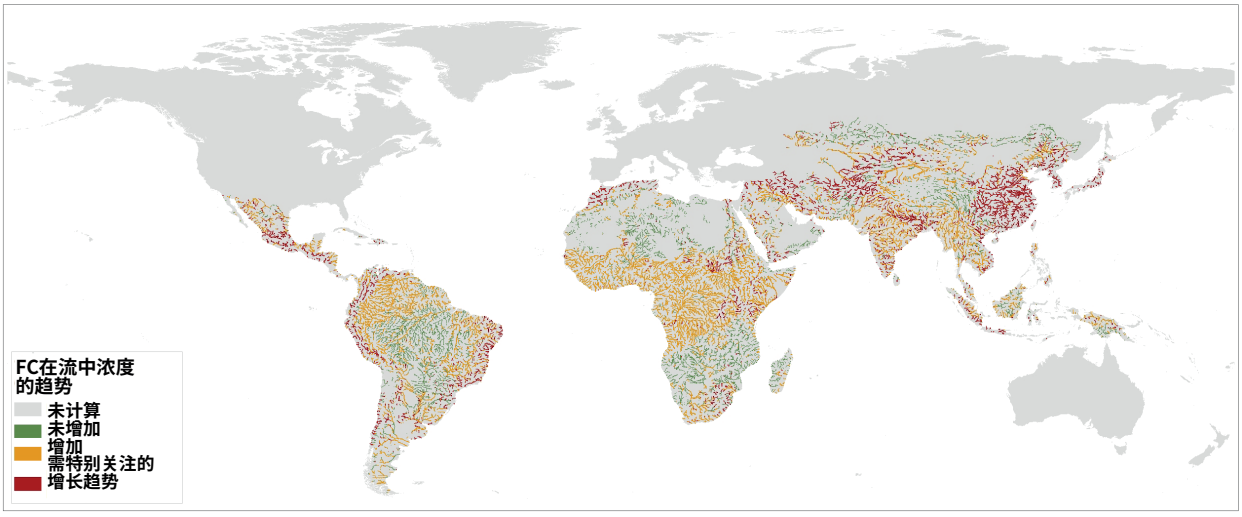
9.5.2 营养物

富营养化是湖泊和湿地自然老化的表现，湖泊和湿地富含营养物质和沉积物，通常在很长一段时间内变得更有生物生产力（附件9-1）。人类活动可以极大地增加这些营养负荷，加速这一进程，对整个生态系统产生有害影响。由此产生的藻类繁殖和水生植物生长影响了人类用水，也极大地影响了水生动植物和藻类物种的平衡和多样性（经济合作与发展组织，1982年；滋贺大学可持续性发展研究中心和国际湖泊环境委员会，2014年）。主要营养来源包括：未经合理处理的生活污水排放、城市和农业排水、水产养殖和海水养殖。藻类可以使湖泊、水库和缓慢流动的河流变绿、变浑浊，当藻类死亡并经历分解时，水的含氧量就会消耗殆尽。一些蓝绿色藻类可致鱼类和牲畜中毒（O' Neil等人，2012年），并影响人类健康。此外，有报告显示称气候变化与湖泊富营养化之间关系紧密（Jeppersen等人，2010年）。

在联合国环境环境规划署的五大区域中，超过一半的总磷负荷来自无机农业肥料（**图9.11**）。用作肥料的畜禽粪便也可能造成问题，因为它的氮磷比高于作物所需的氮磷比率，使土壤中的磷饱和，然后通过非点源径流到达水体。1970至2000年期间，河流对沿海地区的水营养"贡献"几乎翻了一倍（附件9-1）。墨西哥湾有一个面积约为13800平方公里的"死区"，主因是美国中西部农田中的氮依托密西西比河汇聚，最终导致藻类生长衰退，消耗水中的氧气并令海洋生物窒息。现在海洋中的死亡区数量（400个）几乎是1950年的四倍，包括地中海（Pearce，2018年）。

亚洲及太平洋的一些主要城市地区因下水道和化粪池泄漏而产生地下水硝酸盐问题（Umezawa等人，2009年），很多国家的农村地区受到过量施肥的影响（Novotny等人，2010年）。地下水中硝酸盐造成的影响是一个长期以来公众关注的问题，它是婴儿血红蛋白血症（"蓝色婴儿"综合征）的一个致病因素。

图9.10：1990-1992年和2008-2010年河流大肠菌群水平趋势模型估计



橙色或红色河段表明该时期浓度增加；红色河段表明增加趋势需特别关注。

资料来源：联合国环境规划署（2016e）。

尽管在1992-2010年期间，一半以上的欧盟地表水得到改善（河流的平均磷酸盐和硝酸盐含量分别下降了57%和20%），但很多地表水仍未达到欧洲水框架指令的环境目标（欧洲联盟，2000年）。

9.5.3 沉积物

沉积物来源于被侵蚀的地表土壤。在世界各地，包括非洲、亚洲和拉丁美洲的盆地中，大量受到侵蚀的土壤正在沉积。土壤易受侵蚀的主要原因：砍伐森林、农牧业不当管理、密集的森林采伐、采矿、城市化和非计划性的定居点。风暴产生的径流将土壤带入下游水体（附件9-1）。与沉积物有关的污染物会对人类健康产生影响，并影响水的使用和水生生物的新陈代谢和生存环境（联合国环境规划署，2017年）。水坝建设和城市发展造成的人工渠道改变泥沙流动路径，导致侵蚀，使沿海岸线、河流三角洲和海滩的泥沙减少，从而导致水生生态系统的变化（Blum和Roberts，2009年；Syvitski等人，2009年；Yang等人，2011年；Cloern和Jassby，2012年；Adams等人，2016年；Yihdego、Khalil 和Salem，2017年）。

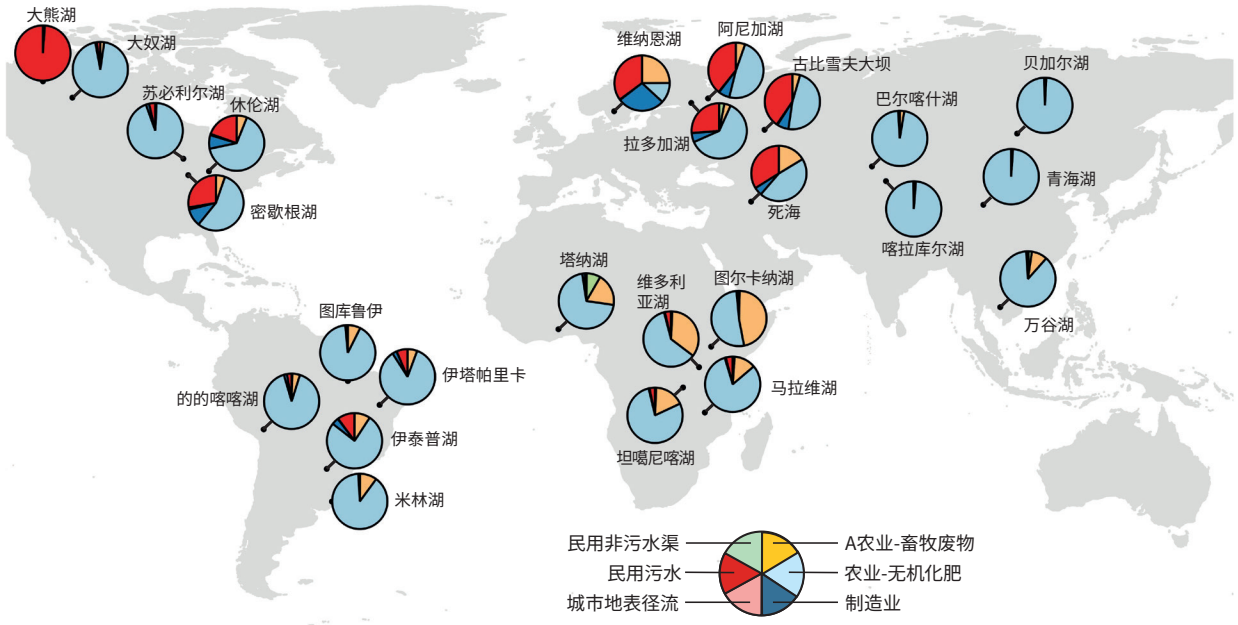
9.5.4 有机污染物

可生物降解有机污染物（如液肥、污水排放物和污水处理污泥）会耗尽水体中的氧浓度，导致鱼类死亡，并将重金属从底层沉积物中释放回水面。这一过程的特点是：微生物分解污染物时产生了较高的生化需氧量（BOD）。藻类分解也会耗尽富营养化水体中的氧含量，特别是在湖泊和湿地。

根据模型分析，1990-2010年期间，非洲、亚洲及太平洋和拉丁美洲许多地区的生化需氧量浓度因工业和家庭废水排放以及农业和城市排污而增加，快速城市化和工业化国家的生化需氧量浓度增幅最大（附件9-1）。随着废水处理的加强，大多数发达国家的生化需氧量污染显著减少（例如，执行1991年“欧盟城市废水处理指令”）。

合成有机污染物包括：农药、工业化学品和溶剂、个人护理和药品。持久性有机污染物（POPs）是“大问题”，因为它们在水生环境中不易生物降解。在许多工业和农业应用中，它们可以影响人类健康和水生生态系统，永久存在于人类、鱼类和其他有机体的脂肪组织中，并在沉积物中累积。例如，DDT（双对氯苯基三氯乙烷）具有致癌和致畸风险。但是，在很多地区，DDT用于控制疟疾（附件9-1）。在全球范围内，其他合成化合物（包括非POPs）继续进入生态食物链，而其他合成化合物（如内分泌干扰物）被认为是新兴关注的污染物（见第9.5.7节）。例如，新烟碱类和氟虫腈系统杀虫剂是水溶性的，可浸入淡水和海洋系统。新型甲素类杀虫剂对大多数节肢动物和无脊椎动物有毒性，而氟虫腈对鱼类和一些鸟类有毒性（附件9-1；van Lexmond等人，2015年；生物多样性和生态系统服务政府间科学–政策平台，2017年）。

图9.11：湖泊人为总磷负荷来源（面积最大的五大湖泊，按联合国环境规划署五个环境区域分类），图为2008-2010年度总磷负荷的平均贡献率



Source: UNEP (2016e).

9.5.5 重金属

重金属广泛用于工业和农业部门，分布分散。在工业活动发展中，经由大规模和手工开采的重金属严重影响了一些亚洲、太平洋和南美洲国家水质（Da Rosa等人，1997年；Spitz和Trudinger，2008年；Sikder等人，2013年；附件9-1）。重金属可以在污染水灌溉的植物中进行生物累积（Arunakumara、Walpola和Yoon，2013年；Lu等人，2015年）。许多重金属（汞、铅、铬、镉）对人类和水生生物具有毒性（Kim等人，2017年）。

耗水型采矿产生的重金属在非洲和拉丁美洲造成了许多问题（附件9-1）。从运作中矿场和废弃矿场排放的污水，造成严重的水退化（例如，用于金矿开采的汞和砷会污染地表和地下水）。未经处理的矿井水流入小溪和河流的例子数不胜数，例如摩根山（澳大利亚）和蒂萨河（匈牙利），其水库、农业灌溉用水和水生生态系统生物多样性都已退化。据报告，加拿大艾伯塔省也因焦油砂工业造成了地下水污染（Timoney和Lee，2009年）。

在南亚和亚洲及太平洋国家，受自然过程产生的砷造成了地下水污染（Rahman、Ng和Naidu，2009年；附件9-1）。金属开采和开采地下水等人类活动会加重砷污染。此外，在某些情况下，含砷药品用于农业和木材保存。自2000年以来，尽管仍存在一些问题，但欧盟国家的重金属污染普遍减少。典型事例：密歇根州的弗林特市污染事件（美国）。2014年，该市决定，将饮用水供应从休伦湖转向弗林特河（Flint River），原因是后者中存在着从城市供水系统中的铅管道中释放的大量腐蚀性水，对人体健康造成重大影响（Masten等人，2016年）。

9.5.6 盐度

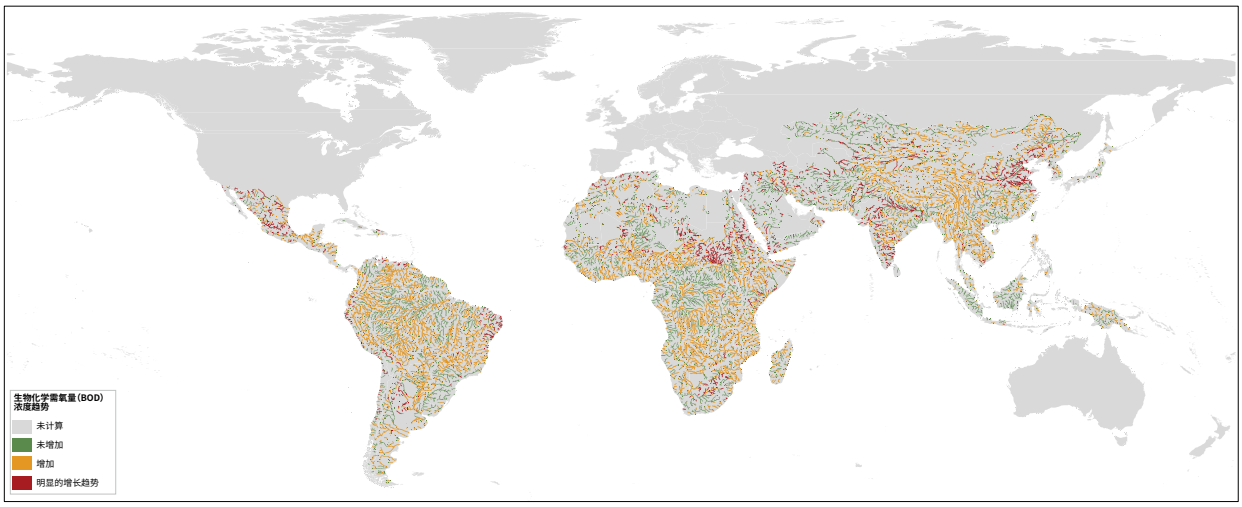
盐度增加程度是衡量淡水中溶解矿物数量的一个指标，盐度增加主要因为：土地用途变化、农业灌溉排水、湖泊蒸发和海水倒灌，盐度增加在干旱和半干旱地区最为严重（Vengosh，2003年）。水盐度过高不适合人类使用，而且大多数淡水生物的抗盐能力有限（联合国环境规划署，2016e）。

在非洲、亚洲及太平洋和拉丁美洲地区，存在不同程度的河流盐度过高问题。灌溉过程矿物的累积以及工业用水的使用影响农业灌溉（Foster等人，2018年；附件9-1）。地表水盐碱化问题是中亚的一个主要问题。海水侵入沿海含水层可能是由于过度抽取地下水和管理不善以及海平面上升造成的。除钠以外，很多水域由于镁含量较高，导致水质逐渐恶化，影响灌溉方案实施以及环境和粮食安全（Qadir等人，2018年）。

9.5.7 新兴污染物

新兴水污染物包括：部分人类和兽医药品、个人护理产品、驱虫剂、抗菌消毒剂、阻燃剂、洗涤剂代谢物、微塑料和人造纳米材料（**图9.13**；Kolpin等人，2002年；联合国教科文组织，2016年；Yuan等人，2018年）。美国地质调查局在美国的大多数抽样河流中发现了此类污

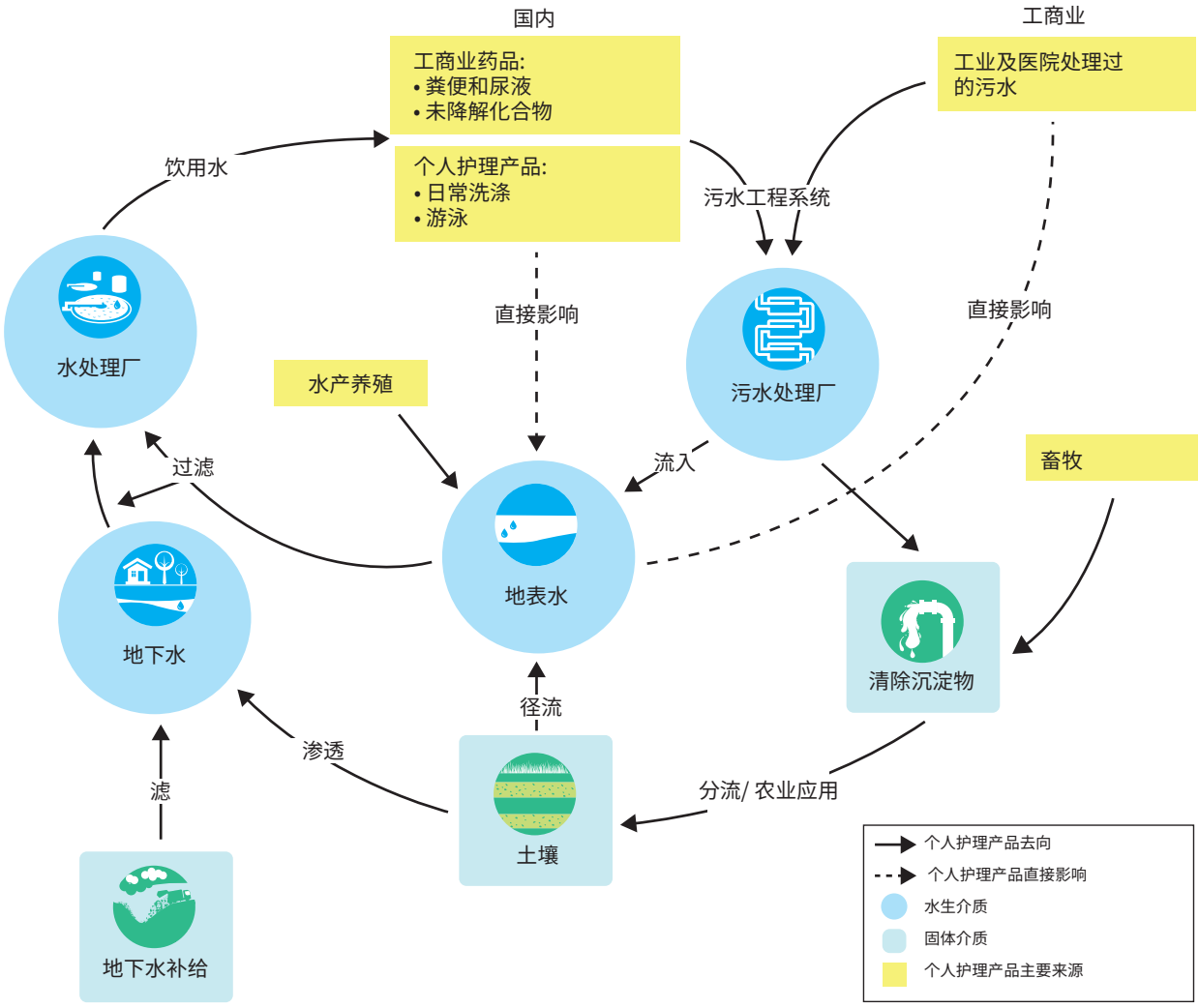
图9.12：1990-1992年和2008-2010年河流生物化学需氧量（BOD）浓度趋势模型图



橙色和红色河段：浓度增加；红色河段：增加趋势值得关注。

资料来源：联合国环境规划署（2016e）。

图9.13：地表水和地下水药品和个人护理产品（PPCPs）主要来源和途径，强调对常见PPCPs及其相关产品检测和改进



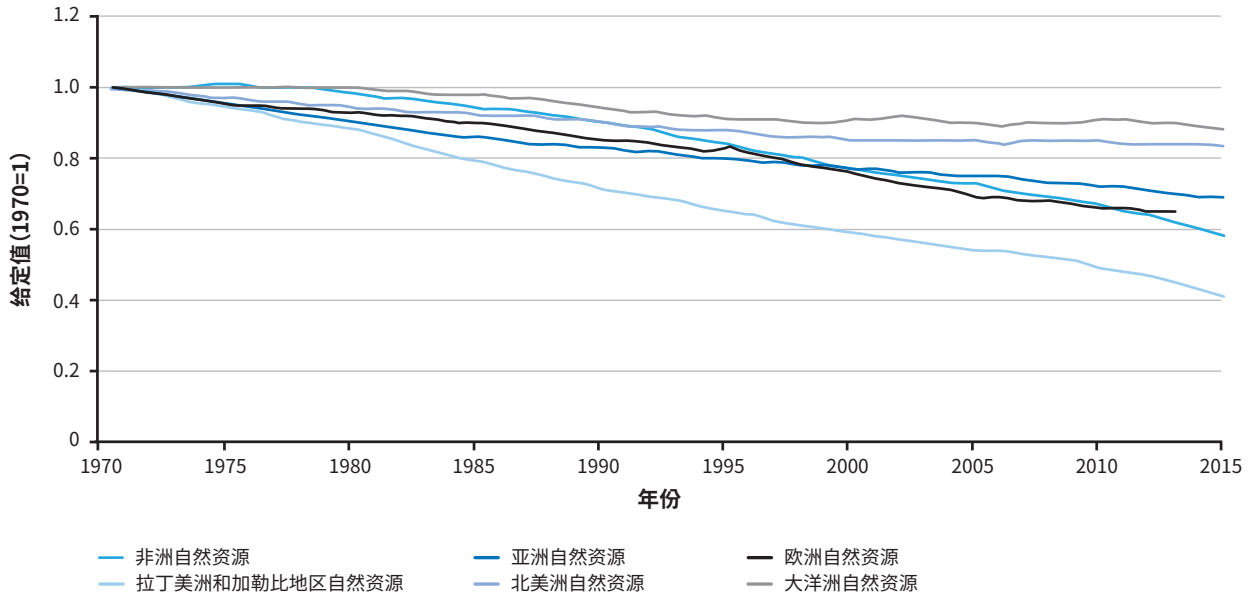
资料来源：采自Petrovic等人（2003年）；Mompelat等人（2009年）；Yang等人（2017年）。

染物（附件9-1；Kolpin等人，2002年）。此外，泛欧海域以及地下水中同样检测到新兴污染物（Sui等人，2015年；Corada-Fernández等人，2017年）。2013至2015年间，在美国33个州1600万人使用的水系统中发现了用于阻燃剂、拒油剂和拒水剂、家具、防水衣物、外卖容器和不粘炊具的聚全氟烷基物质（PFAS）（数据提供：INTJ，2017年）。常规废水处理对生活和工业废水中的大部分污染物影响甚微。

许多污染物是内分泌干扰物（EDCs），部分原因是废水处理厂大量溢水，特别是具有综合下水道系统的污水处理厂。在欧洲、亚洲及太平洋区域、加拿大和美国部分地区同样发现新兴污染物（附件9-1；Sui等人，2015年），它们对人体健康具有长期的影响，包括胎儿发育不良、儿童神经发育和男性不育（Meeker，2012年）。

化妆品中的微塑料、纳米塑料（人造纳米材料）、大型塑料废物的碎裂、轮胎磨损颗粒、洗涤剂对淡水和海洋生态系统的影响越来越大（附件9-1；Horton等人，2017年）。2010年，192个国家产生的2.75亿吨塑料废物中，约有480万至1270万吨因管理不足而流入海洋，分布在世界各地的淡水和海水、河流和三角洲沉积物中，以及从浮游动物到鲸鱼大型水生等生物的胃中（联合国环境规划署，2016g）。微塑料同样含有和吸收有毒的化学物质。电子废物因其广泛存在以及对地表水和地下水的未知风险而日益受到关注。

图9.14：按区域分布的世界湿地状况和趋势



1970年湿地总面积指数=1，基于文献检索。

资料来源：联合国环境规划署世界养护监测中心（UNEP-WCMC）（2017年）。

9.5.8 其他水质问题

美洲石油和天然气压裂活动造成的地下水污染问题困扰人类已久。这些活动使用大量化学品并排放大量的“生产废水”（Osborne等人，2011年；Vengosh，2014年；附件9-1）。重金属、微粒物质、各种有机化学品和内分泌干扰物广泛应用于石油和天然气产业，或成为产业的副产品（Webb等人，2017年）。

在缺乏土壤缓冲或基岩的地区，化石燃料排放物经由大气沉积产生的湖泊酸化非常严重。主要地区有：美国东北部、加拿大东南部和部分斯堪的纳维亚地区。但自20世纪70年代以来，美国东北部阿迪朗达克山地地区湖泊的情况正在改善，硫磺和氮氧化物排放减少（附件9-1；Driscoll等人，2016年）。

热污染和放射性核素也是水质污染的主要原因。发电和工业生产过程中，使用淡水作为冷却剂造成的热污染，可通过改变环境水温污染水质。热污染影响广泛，包括降低溶解氧浓度，同时增加呼吸溶解氧水生生物的呼吸速率。一些水生物种的数量可能会减少，因为它们无法在较高温度的水域繁衍后代，而其他生物则可能增加，从而有可能打破水体总体生态系统平衡。放射性污染通常以核活动中偶然释放的放射性核苷酸的形式污染某地区内陆淡水系统，对使用这些水体的水生生物和人类造成重大影响（Echols、Meadws和Oazion，2009年）。

9.6 淡水生态系统

9.6.1 湿地持续退化

淡水生态系统（或内陆湿地）包括沼泽、泥炭地、湿地森林、河流、湖泊、池塘和上游水源。该系统提供一系列的供应、监管和支持生态系统的服务。包括：水和粮食供应、饲料和建筑材料、碳和养分封存、濒危物种（包括候鸟）的特有栖息地、洪水和干旱缓冲能力、生态旅游和文化服务（世界水评估计划，2018年）。虽然淡水生态系统只覆盖地球表面的0.8%，但它们支持约10%的已知物种（世界自然基金会（WWF），2016年），是世界上生物多样性最丰富的地区之一。淡水生态系统最易受土地使用变化的影响，特别是日益增加的城市化和农业扩展。

据估计，自1900年以来，全世界69%至75%的湿地由于人口快速增长、城市化和农业扩张而退化（Davidson，2014年）。自1970年以来，退化程度在不同地区差异显著，大洋洲和北美洲退化最为明显；北美的退化率趋于稳定，部分原因是美国现行的“no net loss of wetlands（湿地无净损失）”国家政策（美国鱼类及野生动植物管理局，1994年）。虽然人工湿地可以在一定程度上补偿某些自然湿地退化，但它们通常不能提供同等程度的生态系统功能、恢复力和生物多样性。保护和养护自然湿地非常必要（见第9.4节）。

湿地（各种类型）的生态系统服务的财务估值很高，每年每公顷为300至887828美元，平均值为12163美元

(de Groot等人，2012年)。此领域仍然需要进行更具体的评估。近期，沼泽和洪泛区生态系统服务的估值表明，全球每年平均价值为每公顷25000美元，不包括土地本身的价值(Costanza等人，2014年)。据估计，1997-2011年间，沼泽地和洪泛区面积从1.65亿公顷减少到6000万公顷，每年对全球经济造成的损失为2.7万亿美元(Costanza等人，2014年)。

虽然泥炭地只覆盖地球陆地面积的3%，但碳封存价值很高，泥炭地的碳含量超过全球所有森林生物量的总和(Joosten，2015年)。世界上最大的热带泥炭地(Cuvette Centrale)覆盖刚果河流域145500平方公里，据估计，在过去11000年中，积累了300亿吨碳(Dargie等人，2017年)。因农业开垦而受影响的泥炭地(例如印度尼西亚和马来西亚的大型棕榈油种植园)迅速释放出二氧化碳和甲烷。在过去40年中，全世界约15%的泥炭地已经枯竭，约占全球碳排放量的5%(Joosten，2015年)。

当抽干的泥炭迅速分解时，会干涸、收缩和下沉。热带沿海泥炭地平均每年下沉5-7cm，因此在风暴潮期间易受盐碱化的影响。在高温干燥的时期，泥炭地火灾系数很高(Jayachandran，2009年)。2015年夏天，印度尼西亚大型泥炭地火灾加剧了整个亚洲地区的棕色烟雾污染(Carmenta、Zabala和Phelps，2015年)。

由于气候变化，北极圈和周围的北半球泥炭地的永久冻土正在融化和枯竭，对当地和全球碳通量产生影响(Joosten 2015；Couture等人，2018年)。除了过量的碳排放，冻土融化破坏基础设施和住房，影响北极居民的生活质量。对热带和北方泥炭地来说，解决排水泥炭地碳排放问题的直接办法是使泥炭地回湿，提升地下水位至接近地表。目前，印度尼西亚、加拿大、瑞典和瑞士正在大规模实施此办法(Zerbe等人，2013年)。

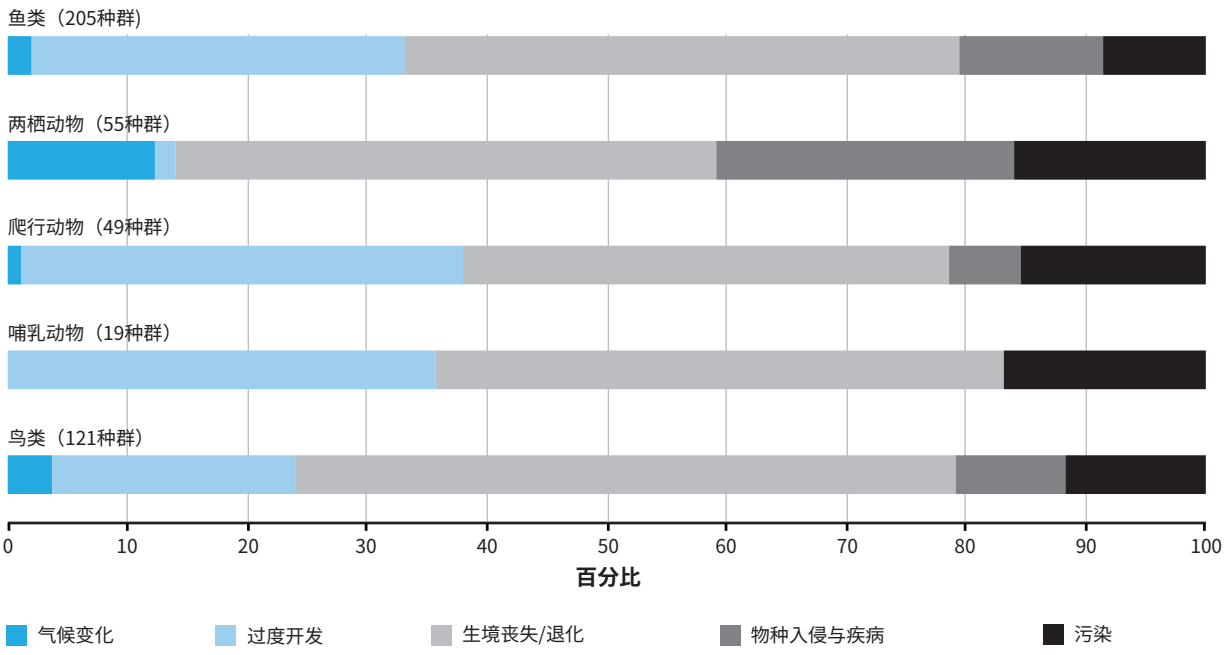
9.6.2 生物多样性丧失

调查表明，由于湿地退化和污染问题，特别是富营养化、化学和金属毒性以及塑料和其他废物的危害，动植物数量显著减少(世界自然基金会，2016年)。虽然湿地具有过滤和改善水质功能，但有机物和其他营养物质的不断分解可能导致水质污染临界点发生，一旦超过临界点，湿地便不会自我更新，物种组合可能会发生明显变化。

由于筑坝和调水造成河流断流，导致湿地丧失和退化，对鱼类种群(特别是洄游鱼类和稀有鱼类物种)产生重大影响。鱼类种群也受过度捕捞威胁。两栖动物物种因栖息地丧失、入侵物种、疾病和污染而急剧减少，气候变化也造成一定的影响(世界自然基金会，2016年)(**见图9.15**)。爬行动物和许多鸟类受到湿地丧失的严重影响，水獭等水生哺乳动物也因栖息地丧失和过度开发而遭受物种灭绝威胁。

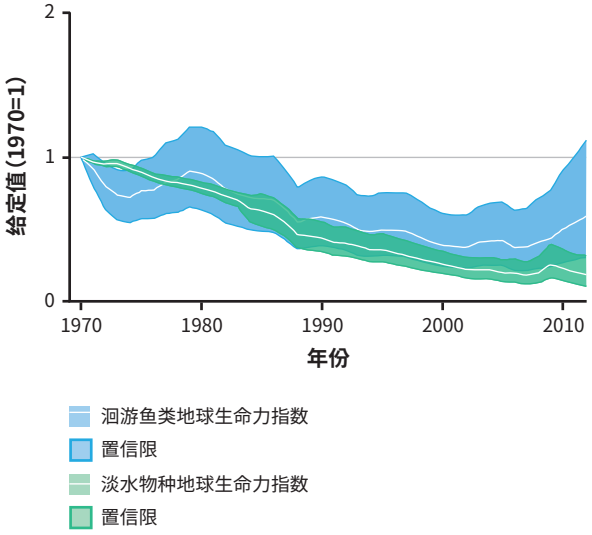
地球生命力指数(LPI)测量了全世界监测的3324个不同种群的881个淡水物种的种群丰度趋势(见第6章)。最近的分析表明，1970至2012年间淡水生态系统的LPI下降了

图9.15：地球生命力指数(LPI)数据库中449个淡水物种威胁频率的分类差异



资料来源：世界自然基金会(2016年)

图9.16：1970年至2012年期间，洄游鱼类的地球生命力指数（LPI）中下降了41%，最近有所回升。881个受监测的淡水物种地球生命力指数下降了81%



资料来源：世界自然基金会（2016年）。

81%，是该指数监测的所有生境类型中最高的（世界自然基金会，2016年）。

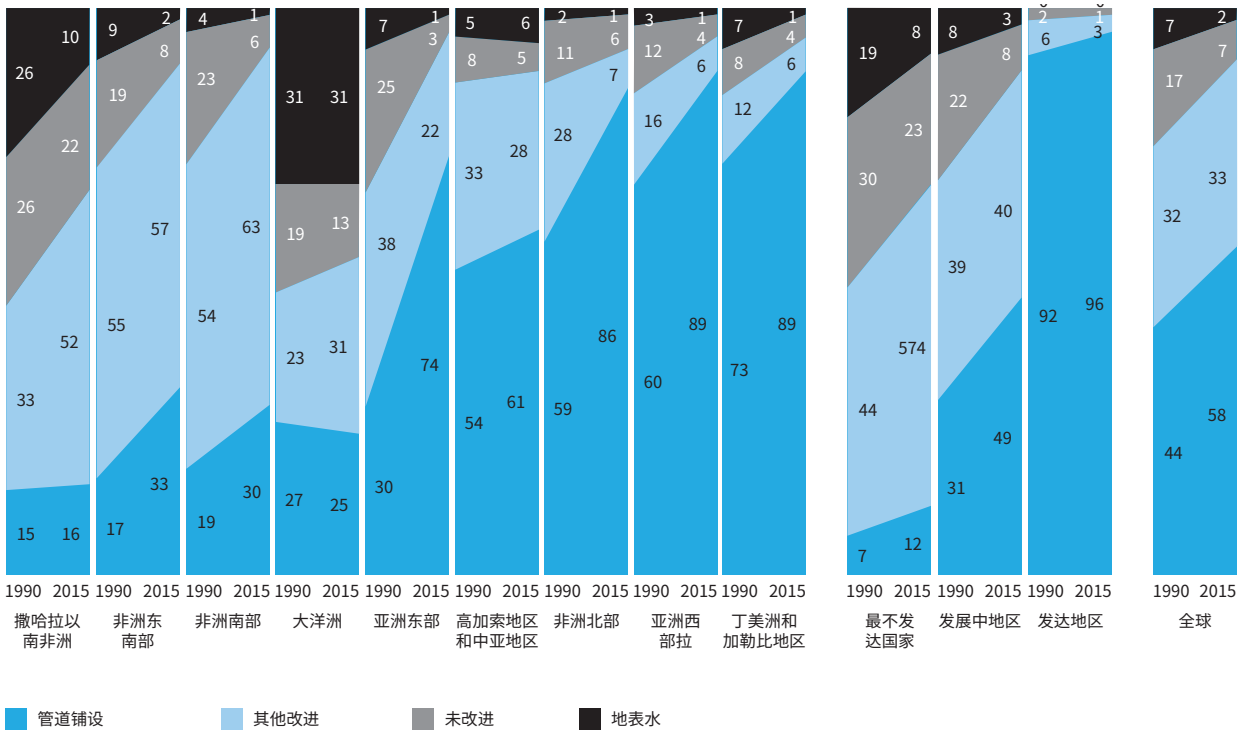
根据对162种以上鱼类的测量，在这一期间，洄游鱼类的地球生命力指数（LPI）下降了41%（**图9.16**）。自2008年起，由于拆除堤坝、安装鱼梯和改善洄游鱼类的上下游流域，情况得到明显改善。在某些管理湿地中，鸟类和哺乳动物种群的迁徙开始恢复，生境保护取得一定成效。相比之下，两栖动物和无脊椎动物湿地物种（包括昆虫）的下降幅度要大得多（世界自然基金会，2016年）。

9.7 水利基础设施

9.7.1 饮用水供应：处理和分配

提供安全、可靠的饮用水是发展机构的一个持续目标，需要改良老化基础设施和建设现代化基础设施。在世界很多地方，原有基础设施正在恶化，需要升级。在许多拉丁美洲和加勒比地区城市，饮用水服务的提供赶不上城市化速度（联合国环境规划署，2016f，世界卫生组织和联合国儿童基金会，2016年）。2010年，我们实现了“将无法获得安全饮用水的人数减半”的千年发展目标。但是，所有区域的城市和农村人口中饮用水服务进展不均衡（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2015年）（**图9.17**）。

图9.17：各地区饮用水供应覆盖面变化趋势



资料来源：世界卫生组织和联合国儿童基金会。

亚洲和太平洋地区在提供饮用水方面取得了重大进展。到2015年，90%的人口能够享受更好的供水服务。非洲的饮用水供应从1990年的56%增加到2013年的65%，但是主要集中在城市地区，90%的城市人口享受经处理的供水服务（联合国环境规划署，2016d）。

在西亚地区，饮用水方面得到显著改善，到2015年，89%的人口所用水源得到了提升。但是，服务的可靠性和连续性仍然是挑战，特别是在冲突地区（联合国环境规划署，2016c；世界卫生组织和联合国儿童基金会，2016年）。

北美和西欧的饮用水质量相对较高，有助于良好的公共卫生，这些地区是世界上水传播疾病发病率最低的地区之一。该区域的大多数国家都是联合国欧洲经济委员会/世界卫生组织欧洲区域办事处《关于水与健康的议定书》以及1992年《跨界水道和国际湖泊的保护和利用公约》的缔约方。《跨界水道和国际湖泊的保护和利用公约》是一项多边协定，承诺各国积极努力减少水传播疾病的爆发（联合国环境规划署，2016a；联合国环境规划署，2016h）。

性别是影响供水的重要因素。自2000年以来，尽管有15亿人获得使用清洁水源的服务。但是，从供水到使用过程，妇女和儿童（大部分是女性）作为主要取水承担者使其也面临了更多的安全风险，尤其是在发展中国家（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2017年；世界卫生组织和联合国儿童基金会，2012年）（**图9.18**）。

集水时间的负担和涉及的体力劳动对妇女和女童的生计和安全产生了影响。学龄儿童集水时间与受教育时间严重冲突（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2012年）。同时，妇女参与其他活动的能力降低。是一种巨大的经济消耗。印度妇女每年收集和运水的时间估计为1.5亿个工作日，相当于国民收入损失100亿卢比（每年约1.6亿美元）。妇女将时间用于从事其他活动的积极影响应得到广泛认同，因为经济调查表明，妇女通常将其收入的90%用于家庭，改善家庭健康和提高家庭营养水平，为子女提供上学机会（Unilever等人，2015年）。

© Shutterstock/Sarine Arslanian

图9.18：全球提供基本饮用水服务方面的进展以及在仍无法获得基本饮用水服务地区对妇女造成的不成比例的影响

资料来源：世界卫生组织和联合国儿童基金会（2012年）；世界卫生组织和联合国儿童基金会（2017年）。

9.7.2 卫生设备和废水处理

改善卫生设施，包括妥善处理和处置人类废物，是改善全球公共卫生的最有效措施之一（Sedlak，2014年）。然而，在世界许多地方仍然面临挑战（**图9.19**）。越来越多的特大城市，特别是在非洲和亚洲，没有足够的卫生服务来适应人口增长，从而导致露天排便以及低端卫生设备效率低问题。甚至，一些地区根本没有废水处理设备（联合国环境规划署，2016b；联合国环境规划署，2016d）。即使在卫生条件改善的地区，持续扩张的城市中心里大规模化粪池和渗滤场的使用也会影响下游供水和地下水质量。

每年约有140万人因病原体污染的饮用水和不适当的卫生设施丧生，还有数百万人患病（Lozano等人，2013年）。据估计，2015年仍有23亿人不能享受改善的卫生设施。虽然几乎所有发达国家在2015年都实现了“普及卫生设施”，但九个发展中区域中只有四个实现了卫生设施目标（高加索地区和中亚、东亚、北非、西亚）。在大洋洲、撒哈拉以南非洲和南亚的部分地区，改善卫生设施服务人口比例尤其偏低（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2015年）。

农村和城市之间的改善水平存在显著差异。约82%的全球城市人口获得改善的卫生条件，而农村人口只有51%（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2015年）。在大多数国家，公共卫生设施的监管通常停留在地方层面。在公共卫生设施不足的区域（包括市场、公共交通站和公共活动场馆等），妇女和女孩受到影响尤其显著。学校卫生设施不完善，对教育（特别是对女孩）影响重大。对于生活在贫民区和非常规定居点的人们来说，他们无法获得足够的饮用水和卫生设施，或者无法获得长久住房、足够居住面积以及长期保障。

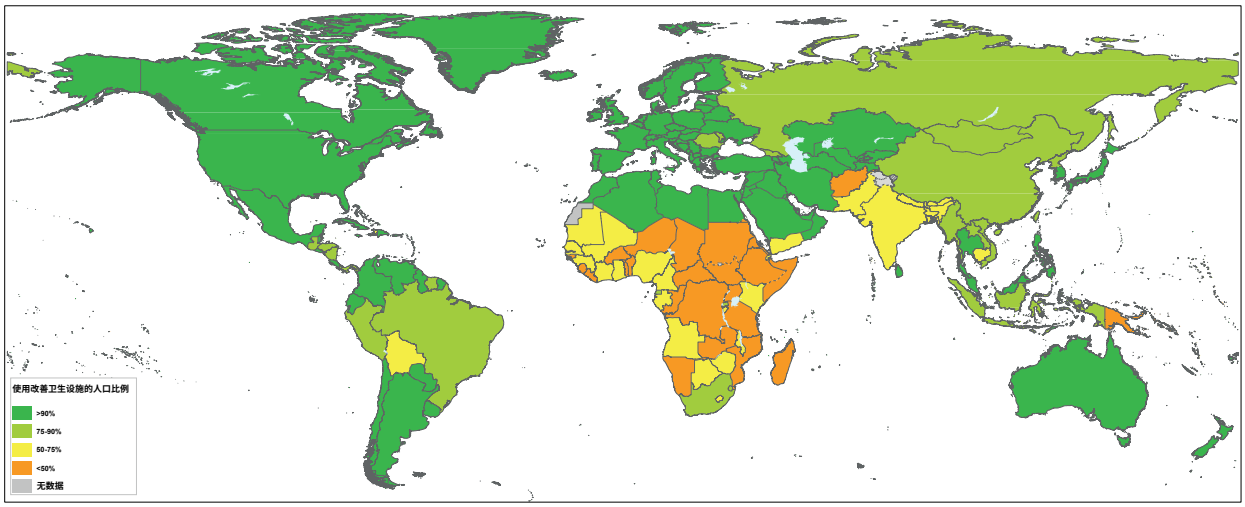
9.7.3 蓄水和水力发电的水坝和水库

许多发展中国家依靠建造水坝确保社区生活用水供应、农业灌溉和水力发电。另一方面，这种多功能水坝也为下游社区提供防洪保护，并满足下游生态流量要求（例如增加水流活力以支持鱼类产卵）。水力发电非常重要，是提取饮用水用电的关键来源，在拉丁美洲、非洲和亚洲，水利发电增长潜力巨大（Campuzano等人，2014年；联合国环境规划署，2016e）。此外，具有抽水蓄能系统的水库越来越多，可以缓解其他其他可再生能源的波动性（Rehman、Al-Hadhrami和Alam，2015年；Barbour等人，2016年）。另一方面，亚马逊地区利用河流发电满足了农村社区用电需求。这种方式较传统水坝对环境影响更少（Sánchez、Torres和Kalid，2015年）。

近年来，工业化国家的大坝建设大大减缓。很多老水坝因经济原因（例如大坝运行和维护费用高昂）和环境原因（如对洄游鱼类、下游生态系统和沉积物影响）而不再被利用（O’ Connor、Duda和Grant，2015年；联合国环境规划署，2016e）。尽管如此，工业化国家的大坝密度仍然是最高的（**图9.20**）

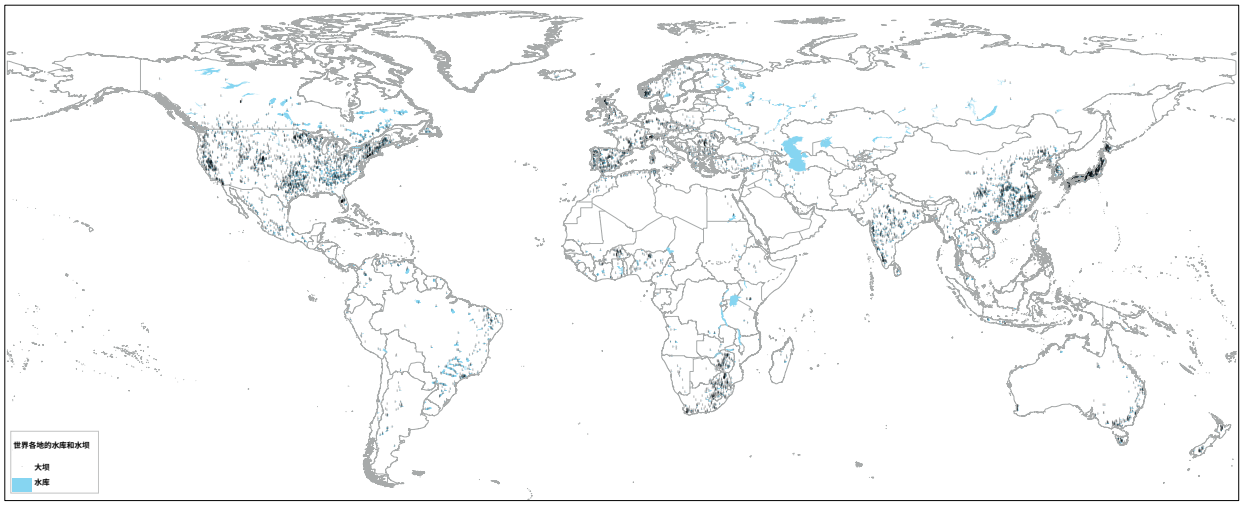
目前，非洲建造了1270多个水坝用于灌溉、水力发电和生活用水。不过，水力发电的潜力只利用了大约20%，而且由于维护水坝的资源的缺乏，导致一些地方的发电能力降低。某些地区（例如加纳、贝宁、布基纳法索），大坝建设的增加造成了水污染、断流、甲烷排放和生态系统退化，包括沉积增多、水生动植物物种入侵（Zarfl等人，2014年；联合国环境规划署，2016d）。因水库导致的泥沙捕获量增多，与三角洲地区的沉降和土壤肥力下降有关，例如白伏尔特三角洲（Boateng、Bray和Hooke，2012

图9.19：2015年使用经改善的卫生设施人口比例



资料来源：世界卫生组织和联合国儿童基金会（2015年）。

图9.20：世界各地水坝和水库的位置。数据包括与水库有关的水坝，这些水库的储存量超过0.1km³，不全是最近几年建造的大型水坝和水库。



资料来源：Lehner等人（2011年）。

年；Anthony，2015年）。近期，建造大型水坝在许多地区引起重大争议，包括非洲（例如，埃塞俄比亚复兴大坝；Yihdego、Khalil和Salem，2017年）、土耳其、巴尔干半岛和湄公河流域。

干旱是水力发电的主要风险。2015年，巴西经历了有史以来最严重的干旱之一，导致水库水位和流量减少，很多水力发电设施水容量接近于零，并造成包括圣保罗在内的巴西主要城市缺水（Poindexter，2015年）。巴西的例子表明，必须预见到需要通过工程系统解决的问题，同时努力保持供水和减少社会和环境成本之间的平衡。

© Shutterstock/Couperfield

9.8 影响

9.8.1 人类健康

由于卫生条件差和卫生保障不到位，导致水和食物被粪便污染。不卫生的食物和不安全的饮用水是胃肠道疾病（特别是腹泻）的一个主要致病因素。与腹泻有关的疾病和生物包括：霍乱、伤寒、甲型肝炎、贾第虫和隐孢子虫（Lozano等人，2013年）。

已知最主要的腹泻病毒（轮状病毒）病因通过疫苗接种方案得到缓解（Burnett等人，2017年）。露天排便会引发通过土壤接触和水传播的重要寄生虫病（例如蛔虫、钩虫、水蜗牛）（McCarty、Turkeltab和Hotez，2014年；LO等人，2017年）。

虽然与卫生有关的疾病已经大幅度减少，但在2010年，腹泻仍然是造成1至4岁儿童死亡的第二大最常见疾病（约13%）（Lozano等人，2013年）。在撒哈拉以南非洲和南亚地区，因水卫生和个人卫生导致的死亡率最高（世界卫生组织，2007年a）。慢性胃肠道感染（包括寄生虫感染）会造成身体残疾、经济损失和认知障碍（Pinkerton等人，2016年；Lo等人，2017年）。尽管情况正在缓慢改善（例如通过广泛使用蚊帐），但由于淡水为蚊子滋生提供了栖息地，但周围的居民依然承担着更高的疟疾和登革热疾发病率（Ebi等人，2016年；Hemingway等人，2016年）。**图9.21**表示了近期腹泻病造成的疾病负担评估。

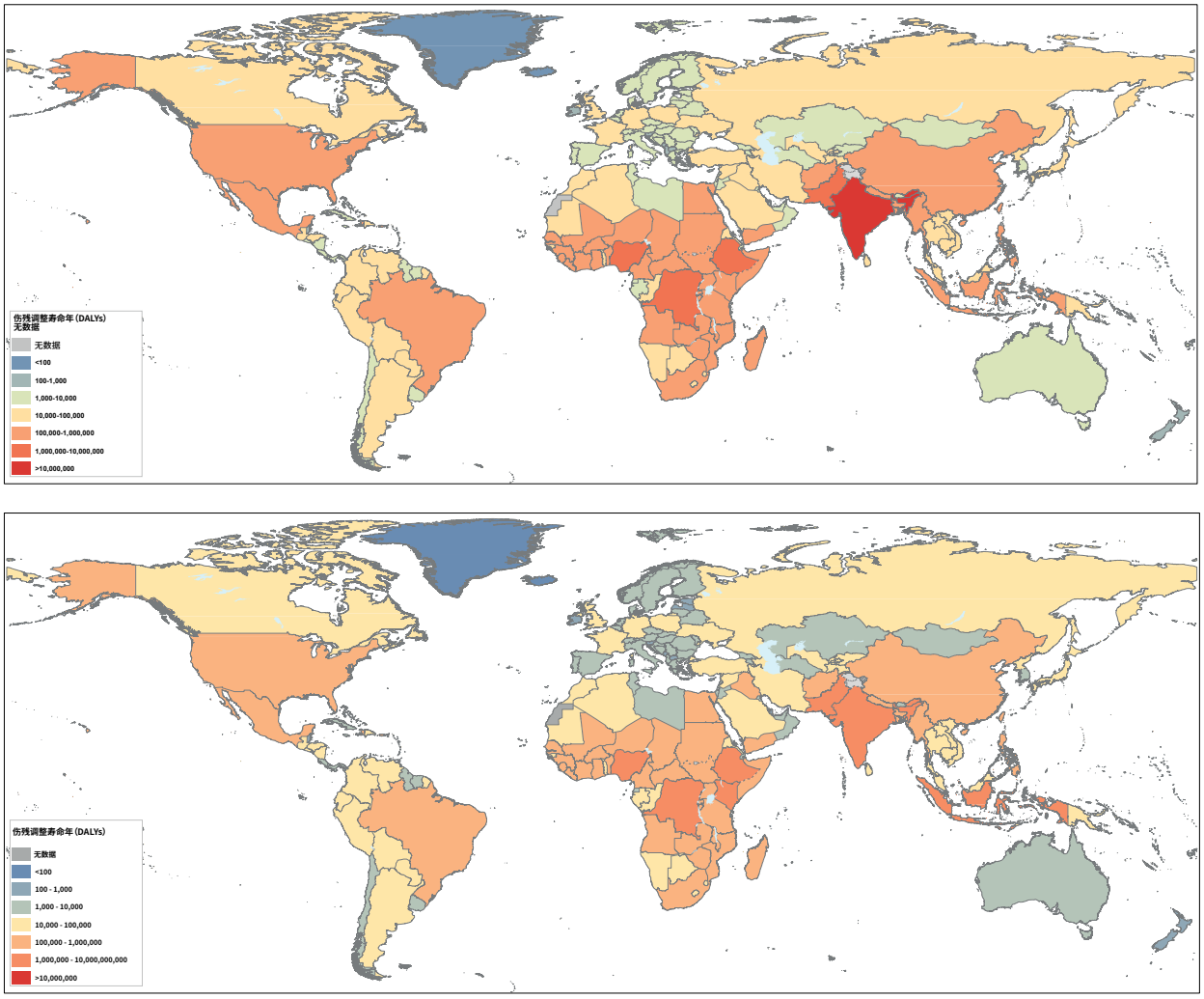
水和卫生相关疾病对健康的影响因性别而异。与男性相比，妇女获得卫生设施的机会可能较少，而且在露天排便的环境中，花费更多时间，接触寄生虫的风险更高。取水和照顾幼儿的性别角色要求（包括处理粪便等）可能进一步提高妇女接触感染源的概率。但是，最近的一项系统审查和Meta分析发现，总体来说，血吸虫病和感染性腹泻在男性中更常见，而霍乱在女性中更常见（Sevilimedu等人，2016年）。

将气候变化因素纳入水文循环变化预测评估，可能得到更为显著的疾病风险，尤其是腹泻（GBD 2015 DALYs和HALE Collaborators，2016年；Mukabutera等人，2016年；Musengimana等人，2016年；Thiam等人，2017年）。

9.8.2 粮食安全

农业用途（主要是灌溉）占全球取水量的70%（联合国粮食及农业组织，2016年）。2012年灌溉土地占耕地总面积的

图9.21：全球范围内女性（上图）和男性（下图）腹泻病的发病率（伤残调整寿命年）



资料来源：GBD 2015 DALYs和HALE Collaborators，2016年。

25%（联合国粮食及农业组织，2016年），但占全球作物产量的一半（联合国粮食及农业组织，2016年）。气候变化对温度和降雨模式的影响可能导致灌溉需求增加，到2070年许多缺水地区作物产量将受到缺水的限制（Elliott等人，2014年）。世界各地正在努力应对未来的水文变化，包括开发高效的灌溉技术。在农产品贸易方面，粮食进口改善了粮食安全，并为适应缺水提供了机会（联合国，2017年）。

灌溉用水和灌溉土地的质量和可利用性预计将同时下降，对粮食安全和人类健康造成影响。约3420万公顷灌溉面积受到盐碱化的影响（Mateo-Sagasta和Burke，2012年），占全球灌溉总面积的10%（3.24亿公顷）（联合国粮食及农业组织，2017年）。约60%的灌溉用水由于渗漏、外溢和蒸发浪费（联合国粮食及农业组织，2017年），灌溉基础设施不完善的发展中国家损失严重。提高灌溉效率非常重要。提高灌溉效率后，地中海区域可以节省35%的灌溉用水（Fader等人，2016年）。

日益增长的人口要求进一步强调粮食安全和相关用水需求（联合国粮食及农业组织，2016年）。随着收入的增加和粮食偏好的改变，用水需求增加，牲畜产品需水量高于农作物。2002-2050年期间，全球肉类和奶制品消费量预计将分别增长89%和81%，发展中国家的增长率将更高（Thornton，2010年）。然而，随着供水条件的变化，耐旱或耐旱作物对于提高农业生产力至关重要（Zandalinas等人，2018年）。

虚拟水贸易概念（从农作物到制成品的贸易产品中的消耗水）说明了某些用水的比较优势，如农业、能源、区域（Gilmont等人，2018年）。如果水具有适当的定价和分配，市场力量可利用这些优势提高总体利用效率。虚拟水贸易可重新有效分配水资源，并解决消费和生产影响之间的脱节（Mekonnen和Hoekstra，2011年；Vörösmarty等人，2015年）。粮食商品生命周期所消耗的水有时无法得到恰当定价，因为受供应链公司和国际贸易限制，这些过程中既不考虑生态系统服务也不考虑流域退化成本。缺乏用于市场系统中的水管理会计系统、补贴、税收等措施，难以保持粮食低价是问题关键所在（Allanetal，2015年；Allan和Matthews，2016年）。农民面临粮食价格上涨的压力，进一步削弱了他们管理和维持水和生态系统的能力（Allan和Matthews，2016年）。

9.8.3 人类安全和保障

水质恶化、物理性和经济性缺水以及淡水生态系统服务的丧失对人类安全和保障产生重大影响。随着盆地安全和移徙的影响，洪水和干旱影响到越来越多的弱势群体（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年）。

解决缺水、洪涝和干旱方面的跨界合作具有挑战性。通过现有数据、模型、方案和资源分析，扩大规划空间，确定相应措施，包括跨界盆地（联合国欧洲经济委员会和2015年流域组织国际网），最终实现更有效的管理和适应。跨界水资源管理在国际贸易、气候变化适应、经济增长、粮食安全以及改善治理和区域一体化方面做出巨大贡献。

涉及151个国家的约286个国际跨界河流流域构成了具有挑战性的管理问题（联合国环境规划署-DHI 伙伴关系、联合国环境规划署，2016年），跨界湖泊和水库也是如此。此外，都有已查明的366个跨界含水层和226个跨界“地下水体”几乎分布在所有国家（国际地下水资源评估中心、联合国教育、科学及文化组织、国际水文计划）。即使在联邦国家（例如澳大利亚、印度、美国），跨界问题在州/省一级也同样尖锐。虽然水资源管理是各国共同合作促成而不是冲突导致，但利益相关者之间的重大冲突仍然存在，在执行国际和国家间协定时可能发生冲突。水污染加剧和缺水可能造成国家内部和国家之间的紧张局势，但很少成为冲突的唯一导火索，因为复杂的社会和政治冲突、经济、人口和环境因素以及军事占领和水资源争夺（霸权）通常是导致冲突的根源。

9.9 政策措施

现在，人类活动主导生物圈变化，影响地球系统功能（Green等人，2015年；Vörösmarty、Meybeck和Pastore，2015年；Vörösmarty等人，2015年）。人类活动造成复杂的负面结果，包括全球水循环的不可预测变化（Bhaduri等人，2016年）。

专栏9.3：约旦面临难民和水危机

约旦是世界上最缺水的国家之一，每人每年只有150 m^3水，远远低于缺水标准（人均1000 m^3）。目前，约旦还收容了717000多名叙利亚和伊拉克难民，增加了淡水供应压力。从前，约旦拥有郁郁葱葱的阿兹拉克绿洲，该绿洲占地6000多公顷，为各种动植物（包括候鸟）的生活以及约旦首都安曼提供水源。但是，由于地下水过度开采，到1990年，阿兹拉克绿洲几乎完全消失。至2017年，仍有35000多名难民生活在阿兹拉克难民营（联合国难民署，2017年）这种状况加剧了水资源短缺压力（Alhajahmad和Lockhart，2017年）。

除了面临的可持续发展挑战(Yihdego和Salem,2017年),2012年,联合国会员国通过的"我们要的未来"(联合国可持续发展大会或"里约+20"峰会)确认"水是可持续发展的核心"(联合国大会,2012年【66/288】;联合国教育、科学及文化组织和世界水评估计划【WWAP】,2015年)。然而,为满足人类用水需求而采取的紧急行为,可能会引发更多区域和全球环境压力(Bhaduri等人,2016年)。

随着2030年可持续发展议程的通过,联合国大会通过了一项专门的可持续发展目标(SDG 6),在包含饮用水供应、卫生、用水效率、水质和水资源可持续性的整体框架中纳入了八个目标。该框架包括关于水资源综合管理和跨界合作的目标。本节审查了针对目标而采取的各种全球和区域治理办法和政策。第16章探讨了具体实例的有效性。

9

9.9.1 增加获得安全饮用水和卫生设施机会(可持续发展目标的子目标6.1和子目标6.2)

事实证明,在联合国千年发展目标期间(2000-2015年),很多政策措施的实施在获得饮用水和改善卫生设施方面取得了成功。虽然相关投资和合理的政策措施仍然是全球的首要优先事项,但各国之间以及城市之间存在着重大差异。技术创新发挥了重要作用,1980年,联合国儿童基金会(UNICEF)推出了通风改良坑厕,并在非洲许多地区推行了小口径手动泵。为了满足个别群体的特殊要求以及逐步实现可持续发展目标的子目标6.1和子目标6.2,需要一系列技术创新。在巴西农村地区,集水池的推广使集水时间减少了90%(Gomes和Heller,2016年)。尽管如此,我们仍然要做很多工作以缩小各地区差异。差异详见第9.7.1节。

筹资机制

人们认为饮用水和卫生设施是基本人权。通过投资水和卫生设施的建设,实现了可观的经济效益。这些收益可达全球GDP的1.5%,估计每投资一美元可获得4.3美元的回报。人类保健费用的降低、生产力提高以及相关设施创新升级使人类获得更高的经济效益(世界卫生组织,2007b)。

在非洲、拉丁美洲和西亚国家,仍然因为资金不足、腐败和过快的人口增长难以实现可持续发展目标和卫生目标(联合国环境规划署,2010c;联合国环境规划署,2010d;联合国环境规划署,2010f)。国内资金的合理分配可以解决资金缺口问题。例如,2003年用水问题泛非实施工作和伙伴关系会议(非洲联盟【AU】,2015年;联合国环境规划署,2016d)。拉丁美洲各国政府利用公共资金为弱势群体提供了更广泛的安全饮用水(联合国拉丁美洲和加勒比经济委员会,2017年;联合国环境规划署,2016f)。

世界卫生组织发起了"TrackFin"行动,使国家随时监督卫生筹资,促进更多更优质的循环政策实施(联合国水机制和世界卫生组织,2015年)。

市场方法作为政策工具

饮水和卫生设施通常被认为是由政府或准政府实体资助或提供的公共物品。然而,对于用户来说,水价可以反应水治理成本(资本和运营)并激励节水(Giannakis等人,2016年)以及促进私人投资,这在世界各地区得到认同,但是,在其他方面仍有争议(Harris等人,2015年)。

监管方案

北美、欧洲和亚洲及其他地区管制方案依靠各级政府可执行条例实施,并且侧重供应前通过公用事业和合理废水处理提供安全饮用水。饮用水标准保护公众健康,特别是脆弱社区公众。一个强有力的监管方案应该侧重于可执行力,严格审查工业排放许可证,并且有助于改善非洲、亚洲和拉丁美洲地区发展(Masson、Walter和Priester,2013年;Aguilar-Barajas等人,2015年;联合国环境规划署,2016f)。

9.9.2 改善水质(可持续发展目标的子目标6.3和子目标15.1)

该目标的重点是减少污染,降低未处理废水比例,并在全球范围内增加水的循环利用和再利用。该目标主要用来提高人类水质,保持水生生态系统健康,依据世界卫生组织《水安全计划手册》执行。

在泛欧区域,区域法律文书规定了废水排放限制和废水收集、排放和处理的基本要求。文件包括1992年《跨界水道和国际湖泊保护与利用公约》(2016年,所有联合国成员国加入);以及欧洲联盟的《城市废水处理指令》(世界水评估计划,2017年)。这些公约在国家层面的实施提升了水质,受惠的不仅仅是实施国。

了解污染物的数量和特性以及污染去向,仍然是处理水污染及研究其对人类和环境健康影响的先决条件(可持续设施工具,2017年)。一些国家(或区域)通过污染物释放和转移实现可持续发展目标(见联合国欧洲经济委员会【UNECE】,1998年)。但是,在通往循环经济(SDG 12)的道路上,应考虑用全面的"生命周期分析"和管理来实现目标。

9.9.3 水资源利用效率与水资源短缺对策(可持续发展目标的子目标6.4)

解决缺水问题需要减少用水量和提高用水效率。这包括水的再利用,转向耗水较低的作物和工业、提高水合理配给、改进的农业做法以及利用虚拟水贸易来核算嵌入式水成本。但是,有时单一提高用水效率也不能满足社区的需求,这就需要开发更多的水源(例如雨水收集、海水淡化、雾拦

截)。在干旱地区,可以尝试长距离水运输,甚至是流域间调水(例如,Salem,2009年)。这些管理战略和技术改进或解决了水资源短缺问题和减少水资源胁迫。

用水效率

考虑到气候变化、人口和土地利用等因素,提高水效率是水、粮食、能源三者关系的核心(Fader等人,2016年)。用水效率指的是减少水的浪费,而节水则侧重于减少用水。为此,日益增长的粮食需求要求提高水的生产率。如果人类优化能源利用,逐步过渡到非化石燃料能源,那么能源生产用水将减少,用水效率大大提高。城市化进程需要保护水源、减少静损失和增加蓄水量。

通过改进技术和管理,提高跨部门和各区域的效率。作为全球最大的用水部门,农业在用水效率方面的潜力最大。但是,因全球数据不足,无法准确评估工业用水和生活用水效率的总体状况和趋势。2014年启动的《联合国水机制综合监测倡议》试图解决与水有关的全球监测差距(联合国水机制,2017年)。现有数据可以在千年发展目标向可持续发展目标过度中发挥作用。但是,需要优化空间分布和提高测量频率,以加强水资源监测、用于建模和管理。

脱盐处理

脱盐处理是干旱地区和地中海加沙地带等沿海大城市解决缺水问题的主要措施(联合国人道主义事务协调厅【OCHA】,2017年)。全球约60%的海水淡化发生在干旱的西亚国家(例如巴林、科威特、阿曼、卡塔尔、沙特阿拉伯、阿拉伯联合酋长国)(Abuzeid,2014年;Abuzeid等人,2014年;联合国环境规划署,2016c)。这种情况在美国加利福尼亚州和澳大利亚东部也越来越普遍,主因是这些国家经常发生干旱年(Little,2015年;联合国环境规划署,2016a)。

脱盐影响包括:大型能源需求、相关的温室气体排放风险、重盐水释放威胁沿海生态系统(Jenkins等人,2012年),以及基础设施海洋生物夹带(Dawoud和AlMulla,2012年)。脱盐行业正在努力减轻这些影响,并在膜效率和能效方面取得进展,预计今后5年内减少20%的工作成本,在未来20年中减少60%工作成本(voutchkov,2016年)。

供水配给

在缺水的情况下,供水当局和政府必须优先向特定部门和用户分配水。虽然配给机制通常由法定水权决定,但必须有保护公众和经济的紧急措施(另见**专栏9.4**)。

废水利用

水的再利用或回收是指将废水作为资源处理,而不是作为已排放到环境中的各种污染物(联合国教育、科学及文化组织和全球水资源评价计划,2015年)。在发达国家中,再生水通常用于非饮用水用途(例如农业、景观和公园灌溉)、火电厂冷却、工业过程以及补给天然或人工湖泊和湿地(联合国环境规划署,2016a;联合国环境规划署,2010c)。新加坡主要将再生水作为间接饮用和直接非饮用水使用。温得和克(纳米比亚)利用再生水对含水层进行补给,然后将水供应到散装供水中。通过减少来自脆弱生态系统的水转移和减少废水地表排放,回收处理后的废水提供了多种益处,除了可靠又控制的供水,还创造绿色工作机会。

专栏9.4:城市如何面对缺水

2018年2月底,开普敦面临着"零日"的前景,"零日"一词是为这一天创造的——当时估计为7月9日——届时该市预计缺水,水龙头干涸,所有市政供水都将改道到紧急接驳点(Poplak,2018年)。开普敦这一严重的城市缺水现象意义重大,初冬季节足够的降雨避免了"零日"遭遇,如若不然,它便成为第一个真正耗尽市政用水的现代大城市。曾经其他城市也有类似案例,例如,加泰罗尼亚地区首府巴塞罗那60年前发生了有记录以来最严重的旱灾,水库的正常容量降至四分之一(Keeley,2008年)。2015年,巴西的金融城圣保罗是世界上人口最多的城市之一(超过2170万居民),水库容量低于4%,经历了与开普敦类似的磨难(Gerberg,2015年)。

开普敦的情况是由一场为期三年的干旱造成的,这场干旱被认为是400年一见的水文事件,导致最大的水库(第瓦特斯科洛夫大坝)蓄水量下降到了11%(Poplak,2018年)。然而,我们需要在克服历史不平等和体制分歧以及创新性地面对气候变化挑战的基础上,更好地理解事件的成因。

基于40万户家庭(Visser和Brühl,2018年)用水数据进行的分析,揭示了开普敦人是如何集水来避免"零日"到来。四年以上的用水数据表明,所有国内消费的使用情况趋于一致,2017年7月,63%的家庭达到了建议的目标(每月低于10500公升),甚至30%的家庭在2018年2月就达到了每月6000公升的低使用目标。因此,开普敦通过人民的共同努力和期盼,在三年内成功地将其用水减半。不管是开普敦,还是全世界,"人们对彼此保护剩余水资源的能力和信心至关重要"(Visser和Brühl,2018年)。

经处理的废水用于农业灌溉，可增加土壤肥力，有利于生产，同时可防止养分和有机物进入淡水系统。但是，未经充分处理的废水可能会引入病原体、金属、过量营养物、持久性有机污染物和新兴污染物，并对工人和周围社区构成严重风险。加强监管并且加大处理和风险评估投资对于安全的废水再利用至关重要（世界卫生组织，2006年）。

目前，西亚和阿拉伯联合酋长国经处理的废水完全得到利用（每年2.9亿m^3），沙特阿拉伯使用量为1.66亿m^3。再生水与地下水混合后，在沙特阿拉伯阿尔哈萨绿洲用于农业生产（联合国环境规划署，2016c）。

高效的管理应将整个流域视为一个社会生态系统，在生态系统的范围内将农业、林业、工业、家庭和商业用途结合起来。这种管理改善了很多国家的水供应、水卫生和废水处理情况（可持续发展目标 6.5和可持续发展目标6.6）（联合国环境规划署，2016a；联合国环境规划署，2016f；联合国环境规划署，2016h）。欧洲河流流域管理分析了各种问题，对监测结果进行了分类，并实施环境目标（例如，多瑙河保护国际委员会，2008年）。跨界河流流域管理也取得了重大进展（例如，欧盟委员会，1992年；欧盟委员会，2000年）。加强地表水和地下水治理需要从国家间到地方各级的合作，并且需要实时数据和信息管理的支持（Cross等人，2016年）。

9.9.4 水治理（可持续发展目标的子目标6.5）

认同度较高的水资源综合管理（IWRM）被定义为“促进水、土地和相关资源的协调发展和管理，以公平的方式最大限度地实现经济和社会福利，不损害重要生态系统的可持续性”（全球水伙伴，2000年）。水资源综合管理承认水既是对社会和经济至关重要的自然资源，也是所有生态系统的组成部分。同时，关于IRWM办法优点的讨论仍在继续（例如Jeffrey和Gearey，2006年；Mukhtarov和Gerlak，2014年），这是100多个国家都在讨论的主要政策概念（Conca，2006年；联合国环境规划署，2012a）。水资源综合管理是一种渐进的改革工具，需要强有力的变革政治意愿，并将背景融入具体的政策问题。然而，这并不是解决所有复杂的水治理问题的灵丹妙药（Ingram，2013年）。经济合作与发展组织（OECD）的水治理原则与水资源综合管理有关，强调利益攸关方之间的信任。承认湖泊流域综合管理（ILBM）是湖泊、湿地和地下水系统缓冲能力的一种补充办法，重点是“流域利益攸关方逐步、持续和全面地改善流域治理”（滋贺大学可持续性和环境研究中心、国际湖泊环境委员会，2014年）。

可持续发展目标的子目标 6.5呼吁所有国家到2030年在各级实施水资源综合管理机制，包括跨界合作。《埃斯波公约》协议及其战略环境评价（SEA）下的程序也经常涉及对水资源可能产生的跨界影响。为了促进跨界水系统的评估和管理，联合国环境规划署与全球环境基金（GEF）以及合作伙伴共同编写了跨界湖泊、河流、含水层和小岛屿地下水系统、大型海洋生态系统和公海状况全球评估的跨界水域评估项目（TWAP）（联合国环境规划署，2011年）。国际地下水资源评估中心（IGRAC）是TWAP的一个合作伙伴，开发了一个地下水信息管理系统，以解决关键地下水参数的标准化实时定量数据不足的问题，并着重指出各级缺乏合理的地下水治理。

近期国际水法的发展大大加强了关于共有静止（LINTIC）和流动（LOTIC）地表水和地下水的法律基础。1997年《国际水道非航行使用法公约》（UN Watercourses Convention）生效；1992年《跨界水道和国际湖泊保护与利用公约》（经2013年修订的欧洲经济委员会水公约）向联合国所有会员国开放；联合国大会向各国政府推荐了国际法委员会2008年关于跨界含水层法的条款草案。这两项公约目前在全球协同运作，是修订现有协定和在流域范围内谈判新的河流、湖泊和含水层协定的重要催化剂。筹措执行现有协定所需的资金仍然是一项挑战。《联合国气候变化框架公约》、《关于特别是水禽栖息地的国际重要湿地公约》（拉姆萨尔公约，2016年）和《生物多样性公约》（1992年）为上述公约提供了补充。区域一级的水管理工具包括《欧盟水框架指令》（欧洲联盟，2000年）。

9.9.5 地表水—地下水联合管理

地下水消耗可能导致径流衰竭（Hunt，1999年；Kendy和Bredehoeft，2006年），而径流改道可限制地下水补给。由于过去对地下水系统及其与地表水的时空关系了解有限，两个来源被作为单独的实体加以管理，但这种做法已不再合理（Famiglietti，2014年；McNutt，2014年）。目前，人们的管理经验证明了将地表水和地下水结合起来管理的益处，（Stickor，2014年），即对干旱和洪水的缓冲调控作用。健全管理将考虑长期地下水提取对干旱或半干旱地区地下水依赖生态系统的潜在长期影响。

含水层存储和恢复补给（Pyne，1995年）或受管理的含水层补给（Dillon等人，2009年）是防止缺水的重要措施（例如，美国亚利桑那州）（Lacher等人，2014年；Scanon等人，2016年；Stefan和Ansems，2017年）。地下水储存可为非洲半干旱和干旱地区（如博茨瓦纳、南非）提供水源，或增加地表水储存（Tredoux、van der Merwe和Peters，2009年；Bugan等人，2016年）。印度（国际水资源管理研究所，2016年）正在试行在枯竭含水层中捕获和储存季节雨水。

水敏感型城市设计原则对于提高水使用效率、促进再利用（Wong，2011年；Fisher-Jeffes、Carden和Armitage，2017年）和管理洪水（Dai等人，2018年）而言至关重要，例如，将城市环境中的再生暴雨和废水储存在

含水层中。这种方法在减缓沿海城市含水层的沉降和盐水入侵方面尤其有效（Ortuño等人，2010年；Bugan等人，2016年）。

专栏9.5展示了南非沿海城市赫曼努斯在不引起盐水入侵的前提下进行地表水和地下水联合开发，旨在通过平衡地表水和地下水储存来减轻干旱风险的案例。

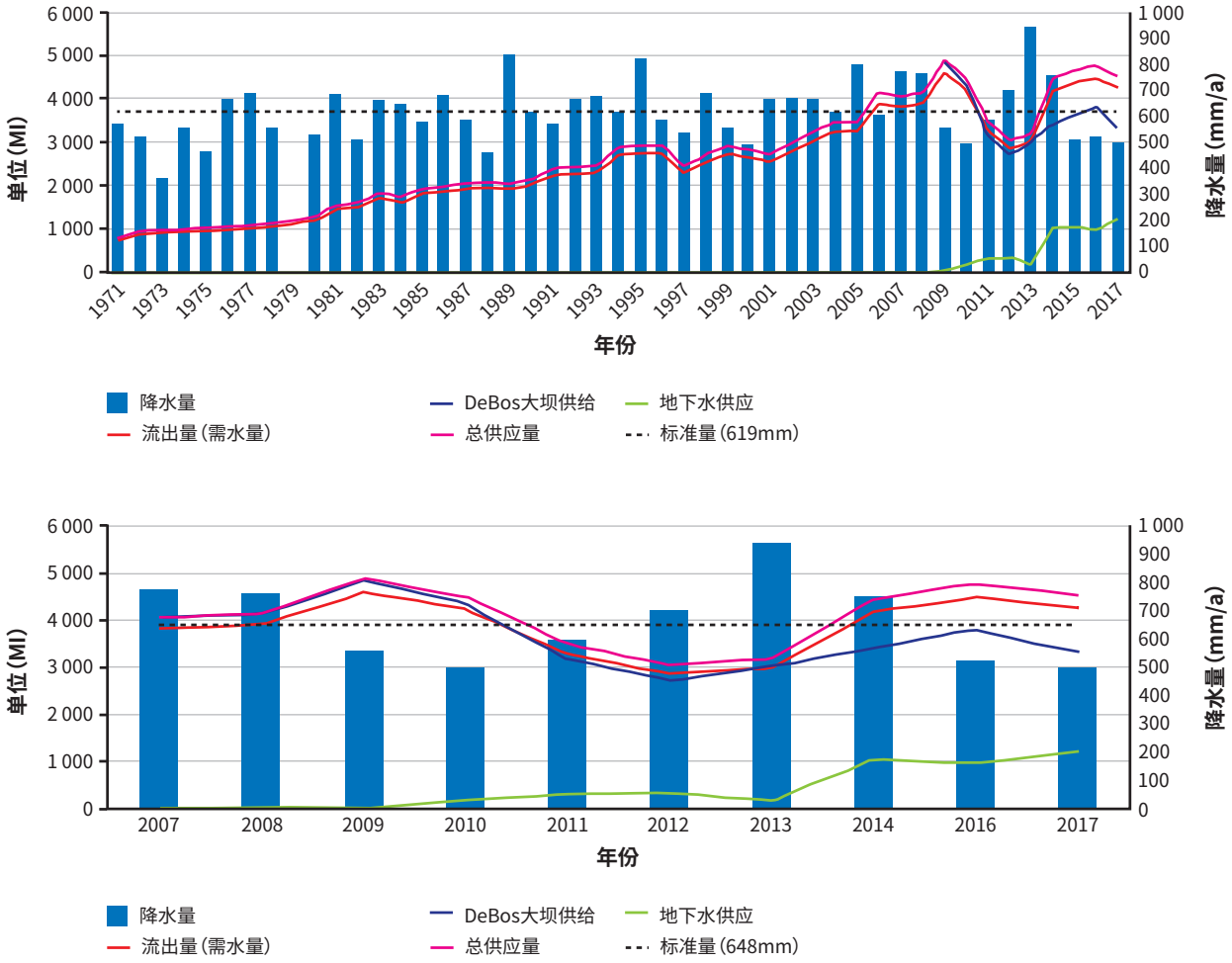
专栏9.5：南非开普敦附近的西开普省赫曼纽斯地区：地表水和地下水联合开发与管理案例研究

在1971至2001年间，地下水用于私人住宅开发和花园灌溉。赫曼纽斯地区水源供给依靠DeBos大坝（蓝线，与图9.22中紫色的总供水线并行）。2002年间，新增地下水（绿线）775万公升/年，在2009年增加2419.1万公升/年，DeBos大坝流入线（蓝线）表示的总供水量（紫线）显示，地下水增长线（绿线）使得供水线保持在红色需求量线的上方。

在2010年DeBos大坝供应量（蓝线）不能满足需求量线（红线）时，地下水供应量的增加有效保持了供给量。大坝产生的地面供水满足了水源的需求，还增加了三个井田。由于预计地面供水会消减，2009年出台了限水令，随后又取消。

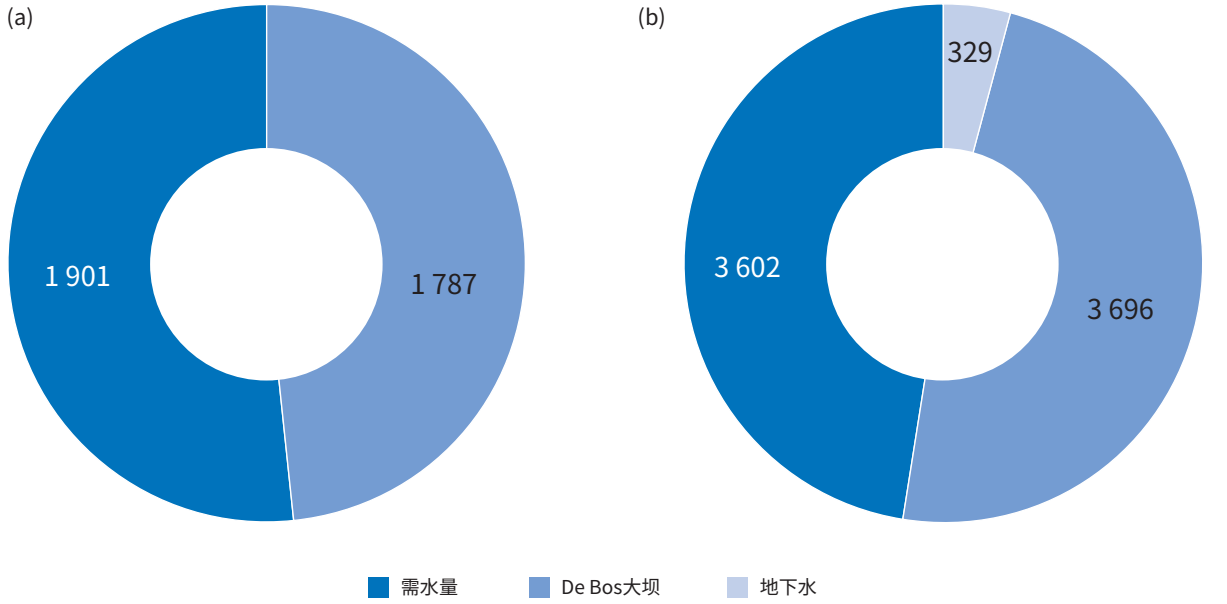
与整个西开普省遭受严重干旱的其他城市相比，赫曼纽斯地区的居民在2018年2月27日才被要求，从2018年3月1人起，实施1B级限水措施；只有当大坝水位降至40%时，水费才会涨价。在此时期，DeBos大坝水位为46.5%（Overstrand Municipality，2018年）。

图9.22：赫曼努斯联合开发



资料来源：Overstrand Municipality（2018年）。

9.23：1971-2001（a）和2002-2017（b）赫曼努斯水供应量和需求量



资料来源：Overstrand Municipality（2018年）。

对蓄水层和地表水源进行综合监测、建模和风险评估，采取实践的方法研究相关集水区和社会系统，才能保证开发成功（Bidwell，2003年）。管理蓄水层资源需要一个以蓄水层脆弱性和限制为基础的土地利用分区制度，以保障充足的提取率和自然补给（Cross等人，2016年）。

私营部门（例如农业和矿业）对整个用水周期的监控和管理正在获得认可。管理程序的案例包括：南非的沃尔沃斯（与南非世界野生动物基金会、英国世界野生动物基金会、水管理联盟和玛莎百货进行合作）、可口可乐和美国国际开发署（USAID）、水发展联盟、H&M、水援助（印度的工人需要项目）、欧洲的联合利华和雀巢。CEO关于水的使命（https://ceowatermandate.org）在促进水管理的商业利益中发挥了重大作用。水治理、使用、用户、实时监控和建模之间的相互联系为资源开发和管理提供了信息，这种交叉关系已成为趋势。在快速发展的城市班加罗尔，水系统中的40%水量因泄露而流失，供水和排水工程公司与美国国际商用机器公司合作，并在水网装系统几个重要的节点安装了流量计。数据正在通过GSM（全球移动通信系统）技术传输到中央监测控制和数据采集（SCADA）服务器，并将其转换、聚合，然后呈现到面向终端用户的电脑界面和移动应用程序上。

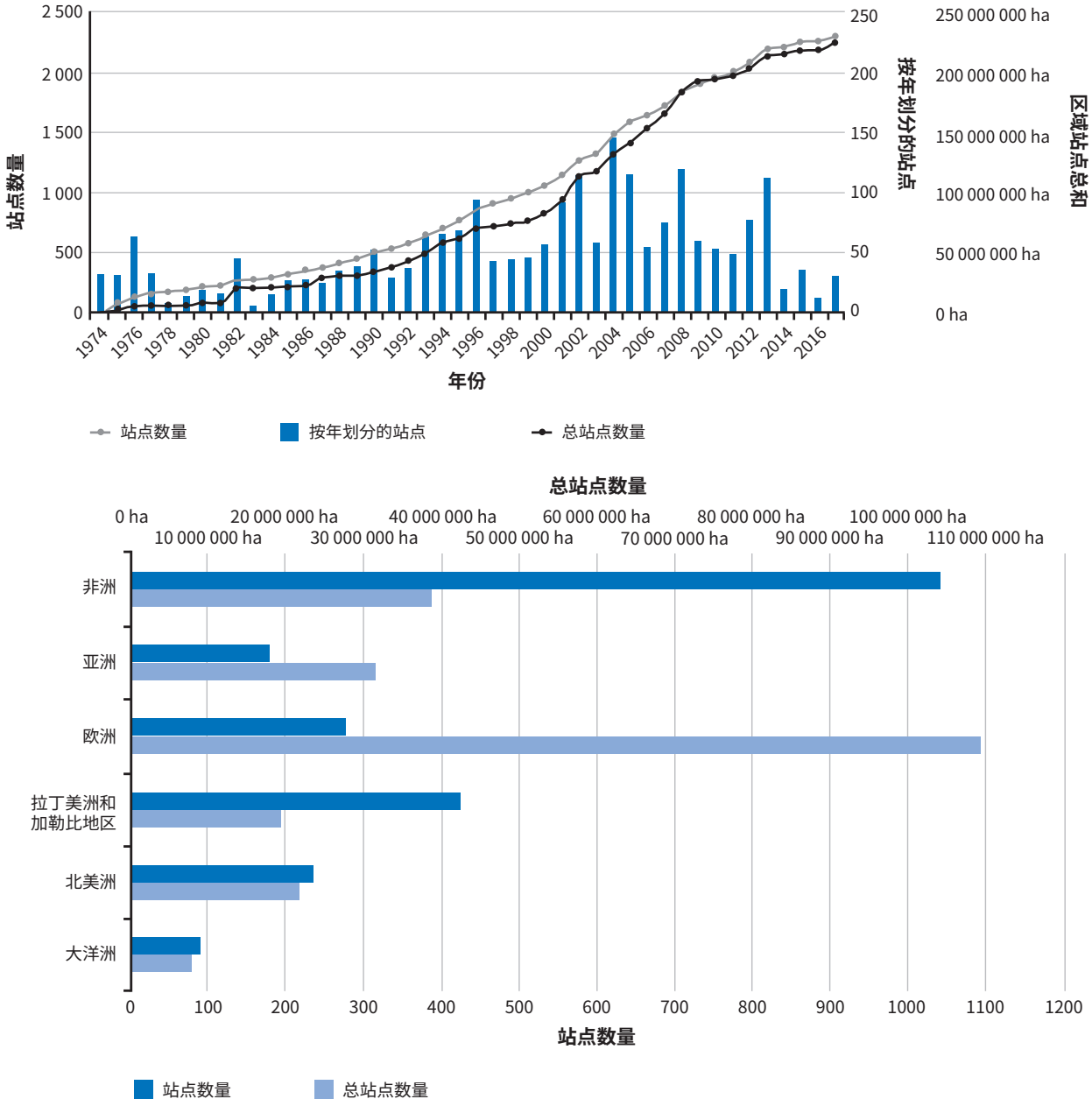
9.9.6 保护和恢复水生态系统（可持续发展目标的子目标6.6）

与水有关的生态系统的重要性具体体现在水目标（SDG 6）和陆地生物多样性目标（SDG 15）中。子目标6.6旨在“保护和恢复与水有关的生态系统，包括山区、森林、湿地、河流、含水层和湖泊”，强调它们在水循环功能和流域管理中的关键作用。

子目标6.6监测与水有关的生态系统空间范围的变化。鉴于湿地的丧失和相关生物多样性的减少，许多国家设立了自然湿地保护与管理项目以及环境流量要求（例如，墨西哥的水资源保护区；《1998 年国家水法》【南非政府，1998年】）。河流和湿地的恢复和建设工作正在进行中，包括：澳大利亚用于处理雨水的人工湿地；荷兰恢复洪泛区；中国重新将湿地和湖泊与长江的主要干流连接。经改进的地球观测数据，再加上分类方法，使各国能够获得与水有关的生态系统的准确信息。但是，人类迫切需要扩大对水循环组成部分的地面监测和协调观测。

《拉姆萨尔湿地公约》（1971年）是一项多国环境协定，旨在养护湿地和高效利用。每个签署国必须指定和保护一个或多个“具有国际重要性的湿地”（称为“拉姆萨尔站点”）。截至2018年初，170个国家作为公约缔约方指定了2326个拉姆萨尔站点。自2000年以来，受《拉姆萨尔湿地公约》指定保护的湿地总面积已从8100万公顷增加到近2.5亿公顷（**图9.24**）。近年来指定的新拉姆萨尔站点倾向于水文边界，以保护整个集水区和河流流域

图9.24:按年份和区域分列的拉姆萨尔地区站点



资料来源:拉姆萨尔公约(2018年)。.

(《拉姆萨尔公约》秘书处,2018年)。

9.10 结论

如今普遍的水资源短缺现象是水循环、不可持续农业和能源系统之间相互联系和制约的结果。就地方一级来看,在这种错综复杂相互联系的大背景之下,水是必争之物,会激发社会矛盾,还会影响人类迁徙决策。就全球范围来看,水循环受人类活动、人口增长和气候变化多方面影响。各区域和各大洲的水质恶化威胁着人们的健康和生态系统,与此同时气候变化正在加速水循环进程,暴风雨、洪水和干旱、极端野火和山体滑坡以及在大多数干旱地区愈发频繁的沙尘暴给社会造成了更加严峻的影响。因此,水除了作为公共物品来说,正在成为牵涉人类和地球健康的风险倍增器。

然而,实现SDG 6(水)可以通过动员公共、民营企业、非政府部门、公民社会和地方参与者来完成,并且通过相

互强化和权衡也可以顾及到消除贫困（SDG 1）、粮食安全（SDG 2）、健康（SDG 3）、性别平等（SDG 5）、可持续城市（SDG 11）和生物多样性保护（SDGs 14和SDGs 15）等其他与之相关的可持续发展目标。

多边环境协定管理着水资源、与水相关的生态系统管理以及气候变化，这个协定可以通过国家和地方立法来支持将水资源综合管理纳入法律规则。

正如在2018年5月（世界气象组织 2018）举办的世界气象组织大会所讨论的那样，我们需要有力、高效且透明的水资 源治理，这包括改善政府、技术机构、非政府组织和公民社会之间的合作与协调，以提高监测和数据质量，最终得以改善水文和水文地质服务。针对标准化水数据范围和严谨性增加的投资对于提高健全水源管理的政策和治理来说至关重要。

参考文献

AbuZeid, K. (2014). An Arab perspective on the applicability of the water convention in the Arab region: Key aspects and opportunities for the Arab countries. *Key Aspects and Opportunities for the Arab Countries*. Tunis, 11-12 June 2014. http://gwp.dev.sublime.se/globalassets/global/gwp-med-files/news-and-activities/mena/tunis-workshop_june2014/5.2.k.abuzeid_waterconvention___arab_region.pdf

AbuZeid, K., Elrawady, M., CEDARE and Arab Water Council (2014). *2nd Arab State of the Water Report 2012*. Water Resources Management Program-Center for Environment and Development for the Arab Region & Europe (CEDARE) and Arab Water Council http://www.arabwatercouncil.org/images/Publications/Arab_state/2nd_Arab_State_of_the_Water_Report.pdf.

Adams, M.P., Hovey, R.K., Hipsey, M.R., Bruce, L.C., Ghisalberti, M., Lowe, R.J. *et al.* (2016). Feedback between sediment and light for seagrass: Where is it important? *Limnology and Oceanography* 61(6), 1937-1955. https://doi.org/10.1002/lno.10319.

African Union (2015). *Annual Report of the Commission on the Implementation of the July 2008 Assembly Declaration on the SharmEl-Sheikh Commitments for Accelerating the Achievement of Water and Sanitation Goals in Africa. Assembly Decision (Assembly/AU/DEC.1(XI) of July 2008. The 2015 Africa Water and Sanitation Sector Report: Reviewing Progress and Positioning Africa for 2030 SDGs & Agenda 2063 on Sustainable Water Management and Sanitation.* http://www.amcow-online.org/images/docs/monitoring_evaluation_report_2015_eng.pdf.

Aguilar-Barajas, I., Mahlknecht, J., Kaledin, J., Kjellén, M. and Abel Mejía, B. (eds.) (2015). *Water and Cities in Latin-America: Challenges for Sustainable Development*. 1st Edition. Water Policy. London: Routledge.https://www.routledge.com/Water-and-Cities-in-Latin-America-Challenges-for-Sustainable-Development/Aguilar-Barajas-Mahlknecht-Kaledin-Kjellen-Mejia-Betancourt/p/book/9780415730976.

Alhajahmad, S. and Lockhart, D. (2017). *Jordan's Recent Economic Performance: Implications for Future Growth, Investment, Refugee Policy, and Refugees.* Amman: West Asia–North Africa (WANA) Institute. http://wanainstitute.org/sites/default/files/publications/Publication_JordansRecentEconomicPerformance_English.pdf.

Allan, T., Keulertz, M. and Colman, T. (2015). The complexity and urgency of water: Time for the accountancy profession to step up. *Global Knowledge Gateway, International Federation of Accountants*, International Federation of Accountants https://www.ifac.org/global-knowledge-gateway/viewpoints/complexity-and-urgency-water-time-accountancy-profession-step.

Allan, T. and Matthews, N. (2016). The water, energy and food nexus and ecosystems: The political economy of food non-food supply chains. In *The Water, Food, Energy and Climate Nexus: Challenges and an Agenda for Action.* Dodds, F. and Bartram, J. (eds.). Oxon: Routledge. 78-89. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/78373.

Altchenko, Y. and Villholth, K.G. (2013). Transboundary aquifer mapping and management in Africa: A harmonised approach. *Hydrogeology Journal* 21(7), 1497-1517. https://doi.org/10.1007/s10040-013-1002-3.

Arunakumara, K.K.I.U., Walpola, B.C. and Yoon, M.H. (2013). Current status of heavy metal contamination in Asia's rice lands. *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology* 12(4), 355-377. https://doi.org/10.1007/s11157-013-9323-1.

Barbour, E., Wilson, G., Radcliffe, J., Ding, Y. and Li, Y. (2016). A review of pumped hydro energy storage development in significant international electricity markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 61, 421-432. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.019.

Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. and Palutikof, J.P. (eds.) (2008). *Climate Change and Water: IPCC Technical Paper VI* Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf.

Berendonk, T.U., Manaia, C.M., Merlin, C., Fatta-Kassinos, D., Cytryn, E., Walsh, F. *et al.* (2015). Tackling antibiotic resistance: The environmental framework. *Nature Reviews Microbiology* 13, 310-317. https://doi.org/10.1038/nrmicro3439.

Bergeron, S., Boopathy, R., Nathaniel, R., Corbin, A. and LaFleur, G. (2015). Presence of antibiotic resistant bacteria and antibiotic resistance genes in raw source water and treated drinking water. *International Biodeterioration & Biodegradation* 102, 370-374. https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.04.017.

Bhaduri, A., Bogardi, J., Siddiqi, A., Voigt, H., Vörösmarty, C., Pahl-Wostl , C. *et al.* (2016). Achieving sustainable development goals from a water perspective. *Frontiers in Environmental Science* 4(64), 1-13. https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00064.

Bidwell, V. (2003). *Groundwater Management Tools: Analytical Procedure and Case Studies.* http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.75.1401&rep=rep1&type=pdf.

Birkinshaw, S.J., Bathurst, J.C., Iroume, A. and Palacios, H. (2011). The effect of forest cover on peak flow and sediment discharge-an integrated field and modelling study in central-southern Chile. *Hydrological Processes* 25(8), 1284-1297. https://doi.org/10.1002/hyp.7900.

Blake, D., Mlisa, A. and Hartnady, C. (2010). Large scale quantification of aquifer storage and volumes from the Peninsula and Skurweberg Formations in the southwestern Cape. *Water SA* 36(2), 177-184. http://www.scielo.org.za/pdf/wsa/v36n2/a05v36n2.pdf.

Bleischwitz, R., Hoff, H., Spataru, C., van der Voet, E. and vanDeveer, S.D. (eds.) (2018). *Routledge Handbook of the Resource Nexus*. https://www.routledge.com/Routledge-Handbook-of-the-Resource-Nexus/Bleischwitz-Hoff-Spataru-Voet-VanDeveer/p/book/9781138675490.

Blum, M.D. and Roberts, H.H. (2009). Drowning of the Mississippi Delta due to insufficient sediment supply and global sea-level rise. *Nature Geoscience* 2, 488-491. https://doi.org/10.1038/ngeo553.

Boateng, I., Bray, M. and Hooke, J. (2012). Estimating the fluvial sediment input to the coastal sediment budget: A case study of Ghana. *Geomorphology* 138(1), 100-110. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.08.028.

Bugan, R.D.H., Jovanovic, N., Israel, S., Tredoux, G., Genthe, B., Steyn, M. *et al.* (2016). Four decades of water recycling in Atlantis (Western Cape, South Africa): Past, present and future. *Water SA* 42(4), 577-594. https://doi.org/10.4314/wsa.v42i4.08.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe and United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2008). *Groundwater resources of the world.* Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe https://www.whymap.org/whymap/EN/Home/gw_world_g.html;jsessionid=FED2359D86966F2836EC2516AC762173.1_cid292?nn=1577094.

Burnett, E., Jonesteller, C.L., Tate, J.E., Yen, C. and Parashar, U.D. (2017). Global impact of rotavirus vaccination on childhood hospitalizations and mortality from diarrhea. *Journal of Infectious Diseases* 215(11), 1666-1672. https://doi.org/10.1093/infdis/jix186.

Campuzano, C., Hansen, A.M., De Stefano, L., Martínez-Santos, P., Torrente, D. and Willaarts, B.A. (2014). Water resources assessment. In *Water for Food and Wellbeing in Latin America and the Caribbean: Social and Environmental Implications for a Globalized Economy.* Garrido, A., Willaarts, B.A. and Llamas, M.R. (eds.). Oxon: Routledge. chapter 2. 27-53. http://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed_uploads/Observatorio%20Tendencias/PUBLICACIONES/LIBROS%20SEM%20INTERN/water%20for%20food%20security/capitulo2.pdf.

Carmenta, R., Zabala, A. and Phelps, J. (2015). *Indonesian Peatland Fires: Perceptions of Solutions.* Bogor: Center for International Forestry Research. http://www.cifor.org/publications/pdf_files/flyer/5882-flyer.pdf.

Chevallier, P., Pouyaud, B., Suarez, W. and Condom, T. (2011). Climate change threats to environment in the tropic Andes: Glaciers and water resources. *Regional Environmental Change* 11 179-187. https://doi.org/10.1007/s10113-010-0177-6.

Cloern, J. and Jassby, A. (2012). Drivers of change in estuarine-coastal ecosystems: Discoveries from four decades of study in San Francisco Bay. *Reviews of Geophysics* 50(4), 1-33. https://doi.org/10.1029/2012RG000397.

Coe, M.T. and Foley, J.A. (2001). Human and natural impacts on the water resources of the Lake Chad basin. *Journal of Geophysical Research* 106(D4), 3349-3356. https://doi.org/10.1029/2000JD900587.

Conca, K. (2006). *Governing Water: Contentious Transnational Politics and Global Institution Building.* Cambridge, MA: The MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/governing-water.

Corada-Fernández, C., Candela, L., Torres-Fuentes, N., Pintado-Herrera, M.G., Paniw, M. and González-Mazo, E. (2017). Effects of extreme rainfall events on the distribution of selected emerging contaminants in surface and groundwater: The Guadalete River basin (SW, Spain). *Science of the Total Environment* 605-606, 770-783. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.049.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I. *et al.* (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 26, 152-158. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.

Couture, N.J., Irrgang, A., Pollard, W., Lantuit, H. and Fritz, M. (2018). Coastal erosion of permafrost soils along the Yukon Coastal Plain and fluxes of organic carbon to the Canadian Beaufort Sea. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 123(2), 406-422. https://doi.org/10.1002/2017JG004166.

Cross, K., Laban, P., Paden, M. and Smith, M. (2016). *Spring: Managing Groundwater Sustainably.* Gland: International Union for Conservation of Nature. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-039.pdf.

Da Rosa, C.D., Lyon, J.S. and Hocker, P.M. (1997). *Golden Dreams, Poisoned Streams: How Reckless Mining Pollutes America's Waters, and How We Can Stop It.* Hocker, P.M. and Aley, T.J. (eds.). Washington, D.C: Mineral Policy Center. https://trove.nla.gov.au/work/29007642?q&versionId=35310352.

Dai, A. (2011). Drought under global warming: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change* 2(1), 45-65. https://doi.org/10.1002/wcc.81.

Dai, Y., Wang, L., Yao, T., Li, X., Zhu, L. and Zhang, X. (2018). Observed and simulated lake effect precipitation over the Tibetian Plateau: An initial study at Nam Co Lake. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 123(13), 6746-6759. https://doi.org/10.1029/2018JD028330.

Dargie, G.C., Lewis, S.L., Lawson, I.T., Mitchard, E.T.A., Page, S.E., Bocko, Y.E. *et al.* (2017). Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex. *Nature* 542(7639), 86–90. https://doi.org/10.1038/nature21048.

Davidson, N.C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research* 65(10), 934-941. https://doi.org/10.1071/mf14173.

Dawoud, M.A. and Al Mulla, M.M. (2012). Environmental impacts of seawater desalination: Arabian gulf case study. *International Journal of Environment and Sustainability* 1(3), 22-37. https://www.sciencetarget.com/Journal/index.php/IJES/article/view/96/25.

de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L. *et al.* (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* 1(1), 50-61. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005.

Dillon, P.J., Pavelic, P., Page, D., Beringen, H. and Ward, J. (2009). *Managed Aquifer Recharge: An Introduction.* Waterlines Report Series. Canberra: National Water Commission. https://www.researchgate.net/publication/304620744_Managed_aquifer_recharge_an_introduction_Waterlines_Report_Series_no_13_February_2009_National_Water_Commisssion_Canberra.

Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N. and Tassin, B. (2015). Microplastic contamination in an urban area: A case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry* 12(5), 592-599. https://doi.org/10.1071/EN14167.

Driscoll, C.T., Driscoll, K.M., Fakhraei, H. and Civerolo, K. (2016). Long-term temporal trends and spatial patterns in the acid-base chemistry of lakes in the Adirondack region of New York in response to decreases in acidic deposition. *Atmospheric Environment* 146, 5-14. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.034.

Ebi, K.L. and Nealon, J. (2016). Dengue in a changing climate. *Environmental Research* 151, 115-123. https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.026.

Echols, K.R., Meadows, J.C. and Orazion, C.E. (2009). Pollution of aquatic ecosystems II: Hydrocarbons, synthetic organics, radionuclides, heavy metals, acids and thermal pollution. In *Encyclopedia of Inland Waters.* Likens, G.E. and Tochner, K. (eds.). Waltham, MA: Academic Press. 120-128. https://www.researchgate.net/publication/284820061_Pollution_of_Aquatic_Ecosystems_II_Hydrocarbons_Synthetic_Organics_Radionuclides_Heavy_Metals_Acids_and_Thermal_Pollution.

Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzmann, M., Gerten, D. *et al.* (2014). Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9), 3239-3244. https://doi.org/10.1073/pnas.1222474110.

Ellison, D., Futter, M.N. and Bishop K. (2012). On the forest cover-water yield debate: From demand to supply-side thinking. *Global Change Biology* 18(3), 806-820. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x.

European Commission (1992). *Commission Decision of 27 July 1992 concerning Questionnaires relating to directives in the water Sector (92/446/EEC).* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992D0446&from=EN.

European Commission (2000). *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing A Framework for Community Action in the Field of Water Policy.* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060&from=EN.

European Commission (2008). *Groundwater Protection in Europe: The New Groundwater Directive – Consolidating The EU Regulatory Framework.* Brussels: European Commission. http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater/pdf/brochure/en.pdf.

Fader, M., Shi, S., von Bloh, W., Bondeau, A. and Cramer, W. (2016). Mediterranean irrigation under climate change: More efficient irrigation needed to compensate for increases in irrigation water

requirements. *Hydrology and Earth System Sciences* 20(2), 953-973. https://doi.org/10.5194/hess-20-953-2016.

Famiglietti, J.S. (2014). The global groundwater crisis. *Nature Climate Change* 4(11), 945-948. https://doi.org/10.1038/nclimate2425.

Famiglietti, J.S. and Rodell, M. (2013). Water in the balance. *Science* 340(6138), 1300-1301. https://doi.org/10.1126/science.1236460.

Farinotti, D., Longuevergne, L., Moholdt, G., Duethmann, D., Moelg, T., Bolch, T. *et al.* (2015). Substantial glacier mass loss in the Tien Shan over the past 50 years. *Nature Geoscience* 8(9), 716-722. https://doi.org/10.1038/ngeo2513.

Filho, L.W., Echevarria Icaza, L., Emanche, V.O. and Quasem Al-Amin, A. (2017). An evidence-based review of impacts, strategies and tools to mitigate urban heat islands. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(12), 1600. https://doi.org/10.3390/ijerph14121600.

Fisher-Jeffes, L., Kirsty C. and Armitage, N. (2017). A water sensitive urban design framework for South Africa. *Journal of Town and Regional Planning* 71, 1-10. https://doi.org/10.18820/2415-0495/trp71i1.1.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Water Withdrawal by Sector, Around 2010*. Rome http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). *AQUASTAT website*. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm (Accessed: 12 January 2018).

Foster, S., Pulido-Bosch, A., Vallejos, Á., Molina, L., Llop, A. and MacDonald, A.M. (2018). Impact of irrigated agriculture on groundwater-recharge salinity: A major sustainability concern in semi-arid regions. *Hydrogeology Journal*. https://doi.org/10.1007/s10040-018-1830-2.

Foster, S., Tyson, G., Colvin, C., Wireman, M., Manzano, M., Kreamer, D. *et al.* (2016). *Ecosystem Conservation and Groundwater.* International Association of Hydrogeologists. https://www.researchgate.net/publication/297698654_Ecosystem_Conservation_Groundwater.

Gao, H., Bohn, T.J., Podest, E., McDonald, K.C. and Lettenmaier, D.P. (2011). On the causes of the shrinking of Lake Chad. *Environmental Research Letters* 6(3). https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/3/034021.

GBD 2015 DALYs and HALE Collaborators (2016). Global, regional, and national disability adjusted life years (DALYs) for 315 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE), 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease study 2015. *Lancet* 388, 1603 – 1658. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31460-X.

Gerberg, J. (2015). A megacity without water: São Paulo's drought. *Time Magazine*. 13 October 2015. http://time.com/4054262/drought-brazil-video/.

Giannakis, E., Bruggeman, A., Djuma, H., Kozyra, J. and Hammer, J. (2016). Water pricing and irrigation across Europe: Opportunities and constraints for adopting irrigation scheduling decision support systems. *Water Science and Technology: Water Supply* 16(1), 245-252. https://doi.org/10.2166/ws.2015.136.

Gilmont, M., Nassar, L., Rayner, S., Tal, N., Harper, E. and Salem, H. (2018). The potential for enhanced water decoupling in the Jordan Basin through regional agricultural best practice. *Land* 7(2), 63. https://doi.org/10.3390/land7020063.

Global Land Ice Measurements from Space (2018). *Monitoring the World's Changing Glaciers.* Global Land Ice Measurements from Space https://www.glims.org/.

Global Water Partnership (2000). *Integrated Water Resources Management.* Technical Advisory Committee Background Paper. Stockholm. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cacena_files/en/pdf/tec04.pdf.

Gomes, U.A.F. and Heller, L. (2016). Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? *Engenharia Sanitária e Ambiental* 21(3), 623-633. https://doi.org/10.1590/S1413-41522016128417.

Government of South Africa Act No 36 of 1998 (1998). South Africa National Water Act 1998. 20 August 1998. http://portal.unesco.org/en/files/47385/12670886571NWA_1998.pdf/NWA%2B1998.pdf.

Grangier, C., Qadir, M. and Singh, M. (2012). Health implications for children in wastewater-irrigated peri-urban Aleppo, Syria. *Water Quality, Exposure and Health* 4(4), 187-195. https://doi.org/10.1007/s12403-012-0078-7.

Great Artesian Basin Coordinating Committee (2016). *Great Artesian Basin: Resource Study 2014.* Canberra. http://www.gabcc.gov.au/sitecollectionimages/resources/66540f98-c828-4268-8b8b-b37f8193cde7/files/resource-study-2016.pdf.

Green, P.A., Voeroesmarty, C.J., Harrison, I., Farrell, T., Saenz, L. and Fekete, B.M. (2015). Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 34, 108-118. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.007.

Gross-Sorokin, M.Y., Roast, S.D. and Brighty, G.C. (2006). Assessment of feminization of male fish in English rivers by the Environment Agency of England and Wales. *Environmental health perspectives* 114, 147-151. https://doi.org/10.1289/ehp.8068.

Guzinski, R., Kass, S., Huber, S., Bauer-Gottwein, P., Jensen, I., Naeimi, V. *et al.* (2014). Enabling the use of earth observation data for integrated water resource management in Africa with the water observation and information system. *Remote Sensing* 6(8), 7819-7839. https://doi.org/10.3390/rs6087819.

Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A.A., Tyukavina, A. *et al.* (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342(6160), 850-853. http://doi.org/10.1126/science.1244693. Data available on-line from: http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest.

Harris, L.M., Phartiyal, J., Scott, D.N. and Peloso, M. (2015). Women Talking about Water: Feminist Subjectivities and Intersectional Understandings. *Canadian Women's Studies Journal* 30(2-3), 15-24. https://doi.org/10.14288/1.0366125.

Hay, E.R. and Hartnady, C.J.H. (2001). Development of deep groundwater reserve of strategic importance. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering* 9(5), 13-16.

Hemingway, J., Ranson, H., Magill, A., Kolaczinski, J., Fornadel, C., Gimnig, J. *et al.* (2016). Averting a malaria disaster: Will insecticide resistance derail malaria control? *Lancet* 387(10029), 1785-1788. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(15)00417-1.

Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(9), 3232 – 3237. https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109.

Holling, C.S. and Gunderson, L.H. (2002). Resilience and adaptive cycles. In *Panarchy: Understanding Transformations In Human and Ecological Systems.* Gunderson, L.H. and Holling, C.S. (eds.). Washington, D.C.: Island Press. 25-62. https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/67621?show=full.

Holloway, A. (2003). Disaster risk reduction in southern Africa: Hot rhetoric—cold reality. *African Security Review* 12(1), 29-38. https://doi.org/10.1080/10246029.2003.9627568.

Horton, A.A., Walton, A., Spurgeon, D.J., Lahive, E. and Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment* 586, 127-141. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190.

Hunt, B. (1999). Unsteady stream depletion from ground water pumping. *Ground Water* 37(1), 98-102. https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1999.tb00962.x.

Huntington, T.G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology* 319, 83-95. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.003.

Huss, M. (2012). Extrapolating glacier mass balance to the mountain-range scale: The European Alps 1900-2100. *Cryosphere* 6(4), 713-727. https://doi.org/10.5194/tc-6-713-2012.

Ingram, H. (2013). No universal remedies: Design for contexts. *Water International* 38(1), 6-11. https://doi.org/10.1080/02508060.2012.739076.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Pachauri, R.K. and Meyer, L.A. (eds.). Geneva. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2017). *The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production.* Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. and Ngo, H.T. (eds.). Bonn. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/individual_chapters_pollination_20170305.pdf.

International Commission for the Protection of the Danube River (2008). *Analysis of the Tisza River Basin 2007: Initial Step Toward the Tisza River Basin Management Plan – 2009.* Vienna. http://www.icpdr.org/main/sites/default/files/Tisza_RB_Analysis_2007.pdf.

International Groundwater Resources Assessment Centre and United Nations Educational Scientific and Cultural Organization - International Hydrological Programme (2015). *Transboundary aquifers of the world map 2015.* International Groundwater Resources Assessment Centre, Delft. https://www.un-igrac.org/resource/transboundary-aquifers-world-map-2015.

International Lake Environment Committee Foundation and United Nation Environment Programme (2016). *Transboundary Lakes and Reservoirs: Status and Trends. Volume 2: Lake Basins and Reservoirs.* Nairobi. http://geftwap.org/publications/TWAPVOLUME2TRANSBOUNDARYLAKESANDRESERVOIRS.pdf.

International Water Management Institute (2016). *Managing the monsoon*. [International Water Management Institute http://www.iwmi.cgiar.org/2016/05/managing-the-monsoon/ (Accessed: 24 June 2017).

INTJ Input (2017). PFAS: new biohazards identified in fast food wrappers. 19 April https://intjinput.wordpress.com/tag/environmental-science-and-technology-letters/.

Jayachandran, S. (2009). Air quality and early-life mortality: Evidence from Indonesia's wildfires. *The Journal of Human Resources* 44(4), 916-954. https://doi.org/10.3386/w14011.

Jeffrey, P. and Gearey, M. (2006). Integrated water resources management: Lost on the road from ambition to realisation? *Water Science and Technology* 53(1), 1-8. https://doi.org/10.2166/wst.2006.001.

Jenkins, S., Paduan, J., Roberts, P., Schlenk, D. and Weis, J. (2012). *Management of Brine Discharges to Coastal Waters: Recommendations of a Science Advisory Panel.* Technical Report. Costa Mesa, CA: State Water Resources Control Board. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20069/jenkins_management.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Jeppersen, E., Moss, B., Bennion, H., Carvalho, L., DeMeester, L., Feuchtmayr, H. *et al.* (2010). Interaction of climate change and eutrophication. In *Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems.* Kernan, M., Battarbee, R. and Moss. B. (eds.). Blackwell Publishing Ltd. chapter 6. 119-151. https://doi.org/10.1002/9781444327397.Chapter 6.

Joosten, H. (2015). *Peatlands, Climate Change Mitigation and Biodiversity Conservation: An Issue Brief on the Importance of Peatlands for Carbon and Biodiversity Conservation and the Role of Drained Peatlands as Greenhouse Gas Emission Hotspots.* Copenhagen: Nordic Council of Ministers. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/ny_2_korrektur_anp_peatland.pdf.

Keeley, G. (2008). Barcelona forced to import emergency water. *The Guardian* 14 May 2008 https://www.theguardian.com/world/2008/may/14/spain.water.

Kendy, E. and Bredehoeft, J.D. (2006). Transient effects of groundwater pumping and surface-water-irrigation returns on streamflow. *Water Resources Research* 42(8). https://doi.org/10.1029/2005wr004792.

Kim, S., De Jonghe, J., Kulesa, A.B., Feldman, D., Vatanen, T., Bhattacharyya, R.P. *et al.* (2017). High-throughput automated microfluidic sample preparation for accurate microbial genomics. *Nature Communications* 8(13919). https://doi.org/10.1038/ncomms13919.

Kodama, Y., Eaton, F. and Wendler, G. (1983). The influence of Lake Minchumina, interior Alaska, on its surroundings. *Archives for Meteorology Geophysics and Bioclimatology Series B* 33(3), 199-218. https://doi.org/10.1007/bf02275094.

Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B. *et al.* (2002). Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999-2000: A national reconnaissance. *Environmental Science & Technology* 36(6), 1202-1211. https://doi.org/10.1021/es011055j.

Kümmerer, K. (2009). Antibiotics in the aquatic environment – A review – Part II. *Chemosphere* 75(4), 435-441. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.12.006.

Lacher, L.J., Turner, D.S., Gungle, B., Bushman, B.M. and Richter, H.E. (2014). Application of hydrological tools and monitoring to support managed aquifer recharge decision making in the upper San Pedro River, Arizona, USA. *Water Resources Research* 6(11), 3495 – 3527. https://doi.org/10.3390/w6113495.

Laird, N.F., Kristovich, D.A.R., Liang, X.Z., Arritt, R.W. and Labas, K. (2001). Lake Michigan lake breezes: Climatology, local forcing, and synoptic environment. *Journal of Applied Meteorology* 40(3), 409-424. https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<0409:lmlbcl>2.0.co;2.

Lehmann, J., Coumou, D. and Frieler, K. (2015). Increased record-breaking precipitation events under global warming. *Climatic Change* 132(4), 501-515. https://doi.org/10.1007/s10584-015-1434-y.

Lehner, B., Liermann, C.R., Revenga, C., Voeroesmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P. *et al.* (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9(9), 494-502. https://doi.org/10.1890/100125.

Little, A. (2015). Can desalination counter the drought? *The New Yorker*. 22 July 2015. http://www.newyorker.com/tech/elements/can-desalination-counter-the-drought.

Liu, P.L.F., Lynett, P., Fernando, H., Jaffe, B.E., Fritz, H., Higman, B. *et al.* (2005). Observations by the international tsunami survey team in Sri Lanka. *Science* 308(5728), 1595. https://doi.org/10.1126/science.1110730.

Liu, W., Sun, F., Lim, W.H., Zhang, J., Wang, H., Shiogama, H. *et al.* (2018). Global drought and severe drought-affected popullations in 1.5 and 2°C warmer worlds. *Earth System Dynamics* 9(1), 267-283. https://doi.org/10.5194/esd-9-267-2018.

Lo, N.C., Addiss, D.G., Hotez, P.J., King, C.H., Stothard, J.R., Evans, D.S. *et al.* (2017). A call to strengthen the global strategy against schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis: The time is now. *The Lancet Infectious Diseases* 17(2), e64-e69. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)30535-7.

Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V. *et al.* (2013). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. *Lancet* 380(9859), 2095-2128. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61728-0.

Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman, A.J. *et al.* (2015). Impacts of soil and water pollution on food safety and health risks in China. *Environment International* 77, 5-15. https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.12.010.

MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B.E.O. and Taylor, R.G. (2012). Quantitative maps of groundwater resources in Africa. *Environmental Research Letters* 7(2). https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024009.

Margat, J. and van der Gun, J. (2013). *Groundwater Around the World: A Geographic Synopsis. 1st* edn. London: CRC Press. https://www.crcpress.com/Groundwater-around-the-World-A-Geographic-Synopsis/Margat-Gun/p/book/9781138000346.

Masson, M., Walter, M. and Priester, M. (2013). *Incentivizing Clean Technology in the Mining Sector in Latin America and the Caribbean: The Role of Public Mining Institutions.* IDB Technical Note. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6018/Incentivizing%20Clean%20Technology%20in%20the%20Mining%20Sector%20in%20Latin%20America%20and%20the%20Caribbean.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Masten, S.J., Davies, S.H. and McElmurry, S.P. (2016). Flint water crisis: What happened and why? *Journal of the American Water Works Association* 108(12), 22-34. https://doi.org/10.5942/jawwa.2016.108.0195.

Mateo-Sagasta, J. and Burke, J. (2012). *Agriculture and Water Quality Interactions: A Global Overview.* SOLAW Background Thematic Report. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-bl092e.pdf.

Maupin, M.A., Kenny, J.F., Hutson, S.S., Lovelace, J.K., Barber, N.L. and Linsey, K.S. (2014). *Estimated Use of Water in the United States in 2010.* United States Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/circ/1405/pdf/circ1405.pdf.

McCarty, T.R., Turkeltaub, J.A. and Hotez, P.J. (2014). Global progress towards eliminating gastrointestinal helminth infections. *Current Opinion in Gastroenterology* 30(1), 18-24. https://doi.org/10.1097/mog.0000000000000025.

McInnes, R.J., Simpson, M., Lopez, B., Hawkins, R. and Shore, R. (2016). Wetland ecosystem services and the Ramsar convention: An assessment of needs. *Wetlands* 37(1), 123-134. https://doi.org/10.1007/s13157-016-0849-1.

McNutt, M. (2014). The drought you can't see. *Science* 345(6204), 1543. https://doi.org/10.1126/science.1260795.

Meeker, J.D. (2012). Exposure to environmental endocrine disruptors and child development. *Archives of Pediatrics Adolescent Medicine* 166(10), 952-958. https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2012.241.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011). *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption.* Value of Water Research Report Series. Delft: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization-IHE Institute for Water Education. http://waterfootprint.org/media/downloads/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf.

Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. (2015). *Wetlands, 5th Edition. 5th* edn: Wiley. https://www.wiley.com/en-us/Wetlands%2C+5th+Edition-p-9781118676820.

Mompelat, S., Le Bot, B. and Thomas, O. (2009). Occurrence and fate of pharmaceutical products and by-products, from resource to drinking water. *Environment International* 35(5), 803-814. https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.10.008.

Morris, B.L., Lawrence, A.R.L., Chilton, P.J.C., Adams, B., Calow, R.C. and Klinck, B.A. (2003). *Groundwater and its Susceptibility to Degradation: A Global Assessment of the Problem and Options for Management.* Early Warning and Assessment Report Series. Nairobi: United Nations Environment Programme. https://www.ircwash.org/sites/default/files/BGS-2003-Groundwater.pdf.

Mudd, G.M., Weng, Z. and Jowitt, S.M. (2013). A detailed assessment of global Cu resource trends and endowments. *Economic Geology* 108(5), 1163–1183. https://doi.org/10.2113/econgeo.109.7.1813.

Mukabutera, A., Thomson, D., Murray, M., Basinga, P., Nyirazinyoye, L., Atwood, S. *et al.* (2016). Rainfall variation and child health: Effect of rainfall on diarrhea among under 5 children in Rwanda, 2010. *BMC Public Health* 16(1), 731. https://doi.org/10.1186/s12889-016-3435-9.

Mukhtarov, F. and Gerlak, A. (2014). Epistemic forms of integrated water resources management: Towards knowledge versatility. *Policy Sciences* 47(2), 101-120. https://doi.org/10.1007/s11077-013-9193-y.

Musengimana, G., Mukinda, F.K., Machekano, R. and Mahomed, H. (2016). Temperature variability and occurrence of diarrhoea in children under five-years-old in Cape Town metropolitan sub-Districts. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13(9), 859. https://doi.org/10.3390/ijerph13090859.

Novotny, V., Wang, X., Englande, A.J.J., Bedoya, D., Promakasikorn, L. and Tirado, R. (2010). Comparative assessment of pollution by the use of industrial agricultural fertilizers in four rapidly developing Asian countries. *Environment Development and Sustainability* 12(4), 491-509. https://doi.org/10.1007/s10668-009-9207-2.

O'Connor, J.E., Duda, J.J. and Grant, G.E. (2015). 1000 dams down and counting. *Science* 348(6234), 496-497. https://doi.org/10.1126/science.aaa9204.

Oki, T. and Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science* 313(5790), 1068-1072. https://doi.org/10.1126/science.1128845.

O'Neil, J.M., Davis, T.W., Burford, M.A. and Gobler, C.J. (2012). The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14, 313-334. https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.027.

O'Neill Commission (2014). *Antimicrobial Resistance: Tackling A Crisis for The Health and Wealth of Nations.* London. https://amr-review.org/sites/default/files/AMR%20Review%20Paper%20-%20Tackling%20a%20crisis%20for%20the%20health%20and%20wealth%20of%20nations_1.pdf.

Organization for Economic Cooperation and Development (1982). *Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control.* Paris. https://catalogue.nla.gov.au/Record/1904210.

Organization for Economic Co-operation and Development (2016). *OECD Council: Recommendations on Water.* Paris. https://www.oecd.org/environment/resources/Council-Recommendation-on-water.pdf.

Ortuño, F., Molinero, J., Custodio, E., Juárez, I., Garrido, T. and Fraile, J. (2010). Seawater intrusion barrier in the deltaic Llobregat aquifer (Barcelona, Spain): Performance and pilot phase results. *21st Salt Water Intrusion Meeting.* Azores, 21-26 June 2010. http://www.swim-site.nl/pdf/swim21/pages_135_138.pdf.

Osborn, S.G., Vengosh, A., Warner, N.R. and Jackson, R.B. (2011). Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(20), 8172-8176. https://doi.org/10.1073/pnas.1100682108.

Overstrand Municipality (2018). *Overstrand implements Level 1B water restrictions from 1 March.* https://www.overstrand.gov.za/en/media-section/news/330-overstrand-implements-level-1b-water-restrictions-from-1-march (Accessed: 9 October 2019).

Pearce, F. (2018). *Can the world find solutions to the nitrogen pollution crisis?* YaleEnvironment360. https://e360.yale.edu/features/can-the-world-find-solutions-to-the-nitrogen-pollution-crisis (Accessed: 8 October 2018).

Petrović, M., Gonzalez, S. and Barceló, D. (2003). Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 22(10), 685-696. https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)01105-1.

Pinkerton, R., Oria, R.B., Lima, A.A.M., Rogawski, E.T., Oria, M.O.B., Patrick, P.D. *et al.* (2016). Early childhood diarrhea predicts cognitive delays in later childhood independently of malnutrition. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 95(5), 1004-1010. https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0150.

Poindexter, G.F. (2015). Brazil's drought brings water supply to near zero capacity at hydroelectric facilities. Hydro Review, 28 January. http://www.hydroworld.com/articles/2015/01/brazil-s-drought-brings-water-supply-to-near-zero-capacity-at-hydroelectric-facilities.html (Accessed: 24 June 2017).

Poplak, R. (2018). What's actually behind Cape Town's water crisis. *The Atlantic.* 15 February 2018. https://www.theatlantic.com/international/archive/2018/02/cape-town-water-crisis/553076/.

Pruden, A., Larsson, D.G.J., Amézquita, A., Collignon, P., Brandt, K.K., Graham, D.W. *et al.* (2013). Management options for reducing the release of antibiotics and antibiotic resistance genes to the environment. *Environmental Health Perspectives* 121(8), 878-885. https://doi.org/10.1289/ehp.1206446

Pyne, R.D.G. (1995). *Groundwater Recharge and Wells: A Guide to Aquifer Storage Recovery. 1st* edn: CRC Press. https://www.crcpress.com/Groundwater-Recharge-and-Wells-A-Guide-to-Aquifer-Storage-Recovery/Pyne/p/book/9781566700979#googlePreviewContainer.

Qadir, M., Schubert. S., Oster, J.D., Sposito, G., Minhas, P.S., Cheraghi, S.M. *et al.* (2018). High-magnesium waters and soils: Emerging environmental and food security constraints. *Science of the Total Environment* 642, 1108-1117. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.090.

Qu, J. and Fan, M. (2010). The Current State of Water Quality and Technology Development for Water Pollution Control in China. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 40(6), 519-560. https://doi.org/10.1080/10643380802451953.

Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Caceres, B., Ceballos, J.L. *et al.* (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: A multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *Cryosphere* 7(1), 81-102. https://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013.

Rahman, M.M., Ng, J.C. and Naidu, R. (2009). Chronic exposure of arsenic via drinking water and its adverse health impacts on humans. *Environmental Geochemistry and Health* 31, 189-200. https://doi.org/10.1007/s10653-008-9235-0.

Ramsar Convention Secretariat (2016). *Introduction to the Ramsar Convention.* Gland. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1_5ed_introductiontoconvention_e.pdf.

Ramsar Convention Secretariat (2018). *Ramsar sites information service.* https://rsis.ramsar.org/ to https://rsis.ramsar.org/?pagetab=2 (Accessed: 26 January 2018).

Rehman, S., Al-Hadhrami, L.M. and Alam, M.M. (2015). Pumped hydro energy storage system: A technological review. *Renewable Sustainable Energy Reviews* 44, 586-598. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.040.

Research Center for Sustainability and Environment-Shiga University and International Lake Environment Committee Foundation (2014). *Development of ILBM Platform Process: Evolving Guidelines through Participatory Improvement.* Kusatsu: International Lake Environment Committee Foundation. http://www.ilec.or.jp/en/wp/wp-content/uploads/2013/02/Development-of-ILBM-Platform-Process_2nd_Edition11.pdf.

Rodell, M., Famiglietti, J.S., Wiese, D.N., Reager, J.T., Beaudoing, H.K., Landerer, F.W. *et al.* (2018). Emerging trends in global freshwater availability. *Nature* 557(7707), 651-659. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1.

Rosegrant, M.W., Ringler, C., Sulser, T.B., Ewing, M., Palazzo, A., Zhu, T. *et al.* (2009). *Agriculture and Food Security Under Global Change: Prospects for 2025/2050. Prepared for the Strategy Committee of the CGIAR.* Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.

Saaroni, H. and Ziv, B. (2003). The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: The case of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Biometeorology* 47(3), 156-165. https://doi.org/10.1007/s00484-003-0161-7.

Salem, H.S. (2009). The Red Sea-Dead Sea Conveyance (RSDS) Project: A solution for some problems or a cause for many problems. In *The Second International Conference: Water: Values and Rights.* Messerschmid, C., El-Jazairi, L., Khatib, I. and Daoud, A.A.H. (eds.). Ramallah: Palestine Academy Press. https://www.researchgate.net/profile/Hilmi_Salem/publication/299563326_The_Red_Sea-Dead_Sea_Conveyance_RSDSC_Project_A_Solution_for_Some_Problems_or_A_Cause_for_Many_Problems/links/56ff7ebf08aee995dde744b9/The-Red-Sea-Dead-Sea-Conveyance-RSDSC-Project-A-Solution-for-Some-Problems-or-A-Cause-for-Many-Problems.pdf?origin=publication_detail.

Sánchez, A.S., Torres, E.A. and Kalid, R.A. (2015). Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the Amazon Region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49, 278-290. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.075.

Scanlon, B.R., Reedy, R.C., Faunt, C.C., Pool, D. and Uhlman, K. (2016). Enhancing drought resilience with conjunctive use and managed aquifer recharge in California and Arizona. *Environmental Research Letters* 11(3). https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/049501.

Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J.A., Folke, C. and Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413, 591-596. https://doi.org/10.1038/35098000.

Schoolmeester, T., Johansen, K.S., Alfthan, B., Baker, E., Hesping, M. and Verbist, K. (2018). *The Andean Glacier and Water Atlas – The Impact of Glacier Retreat on Water Resources.* United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and GRID-Arendal

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (1992). Convention on Biological Diversity. https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf.

Sedlak, D. (2014). *Water 4.0: The Past, Present, and Future of the World's Most Vital Resource.* New Haven, CT: Yale University Press. https://books.google.co.ke/books/yup?vid=ISBN9780300212679&redir_esc=y.

Seibert, S., Burke, J., Faures, J.M., Krenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. *et al.* (2010). Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences* 14, 1863-1880. https://doi.org/10.5194/hess-14-1863-2010.

Sevilimedu, V., Pressley, K.D., Snook, K.R., Hogges, J.V., Politis, M.D., Sexton, J.K. *et al.* (2016). Gender-based differences in water, sanitation and hygiene-related diarrheal disease and helminthic infections: A systematic review and meta-analysis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 110(11), 637-648. https://doi.org/10.1093/trstmh/trw080.

Shah, T. (2014). *Groundwater Governance and Irrigated Agriculture.* Stockholm: Global Water Partnership. http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/gwp_tec_19_web.pdf.

Sikder, M.T., Kihara, Y., Yasuda, M., Yustiawati., Mihara, Y., Tanaka, S. *et al.* (2013). River water pollution in developed and developing countries: Judge and assessment of physicochemical characteristics and selected dissolved metal concentration. *Clean-Soil Air Water* 41(1), 60-68. https://doi.org/10.1002/clen.201100320.

Spitz, K. and Trudinger, J. (2008). *Mining and the Environment: From Ore to Metal. 1st* edn: CRC Press. https://www.crcpress.com/Mining-and-the-Environment-From-Ore-to-Metal/Spitz-Trudinger/p/book/9780415465106.

Stefan, C. and Ansems, N. (2017). Web-based global inventory of managed aquifer recharge applications. *Sustainable Water Resources Management* 4, 153–162 https://doi.org/10.1007/s40899-017-0212-6.

Sticklor, R. (2014). Is underground water storage the answer to water security? 22 April. https://wle.cgiar.org/thrive/2014/04/22/underground-water-storage-answer-water-security.

Stocker, T.F. and Raible, C.C. (2005). Water cycle shifts gear. *Nature* 434(7035), 830–833. https://doi.org/10.1038/434830a.

Sui, Q., Cao, X., Lu, S., Zhao, W., Qiu, Z. and Yu, G. (2015). Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review. *Emerging Contaminants* 1(1), 14-24. https://doi.org/10.1016/j.emcon.2015.07.001.

Sustainable Facilities Tool (2017). *Life Cycle Assessment (LCA) overview*. https://sftool.gov/plan/400/life-cycle-assessment-lca-overview (Accessed: 24 June 2017).

Syvitski, J.P.M., Kettner, A.J., Overeem, I., Hutton, E.W.H., Hannon, M.T., Brakenridge, G.R. *et al.* (2009). Sinking deltas due to human activities. *Nature Geoscience* 2, 681-686. https://doi.org/10.1038/ngeo629.

Thiam, S., Diène, A.N., Sy, I., Winkler, M.S., Schindler, C., Ndione, J.A. *et al.* (2017). Association between childhood diarrhoeal incidence and climatic factors in urban and rural settings in the health district of Mbour, Senegal. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(9), 1049. https://doi.org/10.3390/ijerph14091049.

Thornton, P.K. (2010). Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 365(1554), 2853-2867. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134.

Timoney, K.P. and Lee, P. (2009). Does the Alberta tar sands industry pollute? The scientific evidence. *The Open Conservation Biology Journal* 3(1), 65-81. https://doi.org/10.2174/1874839200903010065.

Tredoux, G., van der Merwe, B. and Peters, I. (2009). Artificial recharge of the Windhoek aquifer, Namibia: Water quality considerations. *Boletin Geologico y Minero* 120(2), 269 – 278. http://asgmi.igme.es/Boletin/2009/120_2_2009/269-278.pdf.

Umezawa, Y., Hosono, T., Onodera, S., Siringan, F., Buapeng, S., Delinom, R. *et al.* (2009). Erratum to "Sources of nitrate and ammonium contamination in groundwater under developing Asian megacities". *Science of the Total Environment* 407(9), 3219-3231. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.01.048.

UNEP-DHI and United Nations Environment Programme (2016). *Transboundary River Basins: Status and Trends.* WAP RB Technical Assessment Report. Nairobi. http://twap-rivers.org/assets/GEF_TWAPRB_FullTechnicalReport_compressed.pdf.

Unilever, Sunlight, Oxfam, NextDrop and WaterAid (2015). *Every Woman Counts, Every Second Counts: Water for Women.* https://www.unilever.com/Images/slp_water-for-women-march-2015_tcm244-423659_en.pdf.

United Nations (2017). *Reconciling Resource Uses in Transboundary Basins: Assessment of the Water-Food-Energy-Ecosystems Nexus in the Sava River Basin.* New York, NY. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/GUIDELINES/2017/nexus_in_Sava_River_Basin/Nexus-SavaRiverBasin_ECE-MP.WAT-NONE-3_WEB_final_corrected_for_gDoc.pdf.

United Nations Children's Fund and World Health Organization (2012). *Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 Update.* United Nations Children's Fund and World Health Organization. https://www.unicef.org/publications/files/JMPreport2012(1).pdf.

United Nations Commission for Europe and International Network of Basin Organizations (2015). *Water and Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Lessons Learned and Good Practices.* Geneva and Paris: UNECE, INBO. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_Good_practices/ece.mp.wat.45.pdf.

United Nations Economic Commission for Europe (1998). Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/pp/documents/cep43e.pdf

United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (2017). *CEPALSTAT. Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe.* http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/ (Accessed: 26 January 2017).

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization and World Water Assessment Programme (2015). *The United Nations World Water Development Report: Water for a Sustainable Development.* Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization-IHP and United Nations Environment Programme (2016). *Transboundary Aquifers and Groundwater Systems of Small Island Developing States: Status and Trends, Summary for Policy Makers. Volume 1: Groundwater.* Nairobi. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002449/244912e.pdf.

United Nations Environment Programme (2011). *Methodology for the GEF Transboundary Waters Assessment Programme: Volume 1. Methodology of the Assessment of Transboundary Aquifers, Lake Basins, River Basins, Large Marine Ecosystems, and the Open Oceans.* Jeftic, L., Glennie, P., Talaue-McManu, L. and Thornton, J.A. (eds.). Nairobi. http://www.geftwap.org/publications/methodologies-for-the-gef-transboundary-assessment-programme-1/volume-1.

United Nations Environment Programme (2012a). *UN-Water Report: Status Report on the Application of Integrated Approaches to Water Resources Management.* Nairobi. http://www.unwater.org/app/uploads/2017/05/UNW_status_report_Rio2012.pdf.

United Nations Environment Programme (2012b). *Measuring Water Use in a Green Economy. A Report of the Working Group on Water Efficiency to the International Resource Panel.* McGlade, J., Werner, B., Young, M., Matlock, M., Jefferies, D., Sonnemann, G. *et al.* (eds.). Nairobi. https://waterfootprint.org/media/downloads/UNEP-2012-MeasuringWaterUse_1.pdf.

United Nations Environment Programme (2013). *Where Will the Water Go? Impacts of Accelerated Glacier Melt in the Tropical Andes.* Nairobi. https://europa.eu/capacity4dev/file/15905/download?token=yowiV9D7.

United Nations Environment Programme (2016a). *GEO-6 Regional Assessment for North America.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7611/GEO_North_America_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016b). *GEO-6 Regional Assessment for Asia and the Pacific.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7548/GEO_Asia_Pacific_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016c). *GEO-6 Regional Assessment for West Asia.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7668/GEO_West_Asia_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016d). *GEO-6 Regional Assessment for Africa.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7595/GEO_Africa_201611.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2016e). *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a Global Assessment.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/19524/UNEP_WWQA_report_03052016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2016f). *GEO-6 Regional Assessment for Latin America and the Caribbean.* Nairobi. http://apps.unep.org/publications/index.php?file=012096_en&option=com_pub&task=download.

United Nations Environment Programme (2016g). Microplastics: Trouble in the food chain. In *UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging Issues of Environmental Concern.* 11. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7664/Frontiers_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

United Nations Environment Programme (2016h). *GEO-6 Regional Assessment for the Pan-European Region.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7735/unep_geo_regional_assessments_europe_16-07513_hires.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2017). *Towards a Pollution-Free Planet: Background Report.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21800/UNEA_towardspollution_long%20version_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme and Global Environment Facility (2018). *Transboundary Waters Assessment Programme: River Basins.* United Nations Environment Programme Global Environment Facility. http://twap-rivers.org/indicators/.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (2017). Natural wetlands have declined and artificial wetlands increased. In *Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People.* https://medwet.org/wp-content/uploads/2018/09/ramsar_gwo_english_web.pdf.

United Nations General Assembly (2012). Resolution Adopted by the General Assembly on 27 July 2012. 66/288. The Future We Want. A/RES/66/288. http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_66_288.pdf.

United Nations High Commissioner for Refugees (2017). *Azraq Camp Fact Sheet.* https://data2.unhcr.org/fr/documents/download/53299.

United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (2017). *Largest seawater desalination plant opened in Gaza*. https://www.ochaopt.org/content/largest-seawater-desalination-plant-opened-gaza (Accessed: 11 October 2018).

United Nations Water (2016). *Water and Sanitation Interlinkages across the 2030 Agenda for Sustainable Development.* Geneva. http://www.unwater.org/app/uploads/2016/08/Water-and-Sanitation-Interlinkages.pdf.

United Nations Water (2017). *What we do: Monitor and report*. http://www.unwater.org/what-we-do/monitoring-and-report/ (Accessed: 26 June 2017).

United Nations Water and World Health Organization (2015). *UN-Water GLAAS TrackFin Initiative: Tracking Financing to Sanitation, Hygiene and Drinking-Water at the National Level* Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204861/1/WHO_FWC_WSH_15.23_eng.pdf?ua=1.

United Nations World Water Assessment Programme (2012). *Managing Water Under Uncertainty and Risk: The United Nations World Water Development Report 4.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf.

United Nations World Water Assessment Programme (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater, the Untapped Resource.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf.

United Nations World Water Assessment Programme (2018). *The United Nations World Water Report 2018: Nature-Based Solutions for Water.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf.

United States Fish and Wildlife Service (1994). *660 FW 1, Wetlands Policy and Action Plan.* https://www.fws.gov/policy/660fw1.html (Accessed: 26 January 2018).

van Lexmond M, B., Bonmatin, I.M., Goulson, D. and Noome, D.A. (2015). Worldwide integrated assessment on systemic pesticides. *Environmental Science and Pollution Research* 22(1), 1-4. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3220-1.

Vengosh, A. (2003). Salinization and saline environments. In *Treatise on Geochemistry.* Lollar, B.S. (ed.). Elsevier Science. chapter 9.09. 325-378. https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/09051-4.

Vengosh, A., Jackson, R.B., Warner, N., Darrah, T.H. and Kondash, A. (2014). A critical review of the risks to water resources from unconventional shale gas development and hydraulic fracturing in the United States. *Environmental Science & Technology* 48(15), 8334-8348. https://doi.org/10.1021/es405118y.

Vicente-Serrano, S.M., Lopez-Moreno, J.-I., Begueria, S., Lorenzo-Lacruz, J., Sanchez-Lorenzo, A., Garcia-Ruiz, J.M. *et al.* (2014). Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe. *Environmental Research Letters* 9(4). https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/4/044001.

Visser, M. and Brühl, J. (2018). *Op-Ed: A drought-stricken Cape Town did come together to save water.* Daily Maverick. https://www.dailymaverick.co.za/article/2018-03-01-op-ed-a-drought-stricken-cape-town-did-come-together-to-save-water/#.WpluhWpublV (Accessed: 26 March 2018).

Vörösmarty, C.J., Hoekstra, A.Y., Bunn, S.E., Conway, D. and Gupta, J. (2015). Freshwater goes global. *Science* 349(6247), 478-479. https://doi.org/10.1126/science.aac6009.

Vörösmarty, C.J., Meybeck, M. and Pastore, C.L. (2015). Impair-then-repair: A brief history & global-scale hypothesis regarding human-water interactions in the Anthropocene. *Daedalus* 144(3), 94-109. https://doi.org/10.1162/DAED_a_00345.

Voutchkov, N. (2016). *Desalination – past, present and future.* [International Water Association http://www.iwa-network.org/desalination-past-present-future/ (Accessed: 23 February 2018).

Wang, X., Wang, W. and Tong, C. (2016). A review on impact of typhoons and hurricanes on coastal wetland ecosystems. *Acta Ecologica Sinica* 36(1), 23-29. https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2015.12.006.

Weaver, J.M.C., Rosewarne, P., Hartnady, C.J.H. and Hay, E.R. (2002). Potential of table mountain group aquifers and integration into catchment water management. In *A Synthesis of the Hydrogeology of the Table Mountain Group – Formation of a Research Strategy.* Pietersen, K. and Parsons, R. (eds.). chapter 7. 241-255. http://www.wrc.org.za/Knowledge%20Hub%20Documents/Research%20Reports/TT-158-01.pdf.

Webb, E., Moon, J., Dyrszka, L., Rodriguez, B., Cox, C., Patisaul, H. *et al.* (2017). Neurodevelopmental and neurological effects of chemicals associated with unconventional oil and natural gas operations and their potential effects on infants and children. *Reviews on Environmental Health* 33(1), 3–29. https://doi.org/10.1515/reveh-2017-0008.

Wong, T.H.F. (2011). Framework for stormwater quality management in Singapore. *12th International Conference on Urban Drainage.* Association, I.W. (ed.). Porto Alegre, 11-16 September 2011. https://www.scribd.com/document/327618575/Framework-for-Stormwater-Quality-Management-in-Singapore.

World Health Organisation and United Nations Children's Fund (2017). *Safely Managed Drinking Water: Thematic Report on Drinking Water 2017.* Geneva, Switzerland. https://washdata.org/report/jmp-2017-tr-smdw.

World Health Organization (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Volume 2. Wastewater Use in Agriculture.* Geneva. http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/wwuvol2intro.pdf.

World Health Organization (2017a). *Global Health Observatory Data: Mortality and Burden of Disease from Water and Sanitation.* Geneva http://www.who.int/gho/phe/water_sanitation/burden/en/

World Health Organization (2017b). *UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-water (GLAAS).* http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/investments/glaas/en/ (Accessed: 24 June 2017).

World Health Organization and United Nations Children's Fund (2012). *WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP). 2012 Annual Report* https://washdata.org/report/jmp-2012-annual-report.

World Health Organization and United Nations Children's Fund (2015). *2015 Annual Report WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.* https://d26p6gt0m19hor.cloudfront.net/whywater/JMP-2015-Annual-Report.pdf.

World Health Organization and United Nations Children's Fund (2016). *2016 Annual Report WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP).* https://washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2017-07/JMP-2016-annual-report.pdf.

World Meteorological Organization (2018). *What are hydrological services?* http://hydroconference.wmo.int/en/about.

World Wildlife Fund (2016). *Living Planet Report 2016: Risk and Resilience in a New Era.* Gland. http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_2016_full_report_low_res.pdf.

Yang, S.L., Milliman, J.D., Li, P. and Xu, K. (2011). 50,000 dams later: Erosion of the Yangtze River and its delta. *Global and Planetary Change* 75(1), 14-20. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.09.006.

Yang, Y., Ok, Y.S., Kim, K.-H., Kwon, E.E. and Tsang, Y.F. (2017). Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review. *Science of the Total Environment* 596-597, 303-320. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.102.

Yao, T., Thompson, L., Yang, W., Yu, W., Gao, Y., Guo, X. *et al.* (2012). Different glacier status with atmospheric circulations in Tibetan Plateau and surroundings. *Nature Climate Change* 2, 663-667. https://doi.org/10.1038/nclimate1580.

Yihdego, Y., Khalil, A. and Salem, H.S. (2017). Nile rivers basin dispute: Perspectives of the grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD). *Global Journal of Human-Social Science: B - Geography, Geo-Sciences, Environmental Science & Disaster Management* 17(2), 1-21. https://socialscienceresearch.org/index.php/GJHSS/article/view/2239.

Yihdego, Y. and Salem, H.S. (2017). The challenges of sustainability: Perspective of ecology. *Journal of Sustainable Energy Engineering* 5(4), 22. https://doi.org/10.7569/JSEE.2017.629519.

Yuan, L., Richardson, C.J., Ho, M., Willis, C.W., Colman, B.P. and Wiesner, M.R. (2018). Stress responses of aquatic plants to Silver Nanoparticles. *Environmental Science & Technology* 52(5), 2558-2565. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05837.

Zandalinas, S., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V. and Gómez-Cadenas, A. (2018). Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum* 162(1), 2-12. https://doi.org/10.1111/ppl.12540.

Zarfl, C., Lumsdon, A., Berlekamp, J., Tydeck, L. and Tockner, K. (2014). A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences* 77, 161–170. https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0.

Zerbe, S., Steffenhagen, P., Parakenings, K., Timmermann, T., Frick, A., Gelbrecht, J. *et al.* (2013). Ecosystem service restoration after 10 years of rewetting peatlands in NE Germany. *Environmental Management* 51(6), 1194-1209. https://doi.org/10.1007/s00267-013-0048-2.

B部分

政策、目标和环境治理：有效性评估

10. 政策有效性的评估方法
11. 政策理论与实践
12. 空气政策
13. 生物多样性政策
14. 海洋和沿海政策
15. 土地和土壤政策
16. 淡水政策
17. 跨领域问题的系统性政策方法
18. 政策有效性相关结论

第 10 章

政策有效性的评估方法

© Shutterstock/UMB-C

领衔作者兼协调负责人：Klaus Jacob（柏林自由大学），Peter King（全球环境战略研究所），Diana Mangalagiu（牛津大学和诺欧商学院）

贡献作者：Beatriz Rodríguez-Labajos（巴塞罗那自治大学）

10.1 背景

政策对环境状况的认定和改善至关重要。关于政策和政策工具的一般观点认为，政策是以积极方式改变行为的意图宣示，而政策工具则是将该意图转化为行动的手段或具体措施（Mees等人，2014）。因此，关于环境政策有效性的探讨要兼顾这两个方面。目标设定（包括具体子目标、指标和时间线的设定）是环境政策合理化过程中的一个重要步骤。政策工具的实施是通过有效治理实现的。治理是“社会或组织做出重要决定并认定其参与者和成果交付方式的过程”（联合国经济及社会理事会，2006年）。最近通过的可持续发展目标（SDG）赋予了“目标导向型治理”新的动力（Yoshida和Zusman，2015年）。

强有力的环境政策是联合国环境规划署变革理论不可分割的一部分。这种变革理论提出了全球可持续发展的另类路径。根据联合国环境规划署的定义，变革是指“干预以产出、成果、中间状况、影响的顺序描述因果路径”（联合国环境署，2017年）的情形。该变革理论进一步对主要路径上那些影响变革的外部因素——即决定某一结果是否会导致下一结果出现的因素——进行了定义。这些贡献因素被称为驱动力和假设。

《全球环境展望5》的变革理论表明，《全球环境展望》系列出版物应该具有政策相关性，且应能得益于对全球和区域政策问题的深刻理解（联合国环境规划署，2012年）。但是，在《全球环境展望6》中，人们认为政策有效性在变革理论中更加重要，如附件1-3所示。考虑到联合国环境规划署高级别政府间和利益相关方咨询小组的使命，人们认为，《全球环境展望》仅仅具有政策相关性已经不够了。成员国政府希望了解的是，在应对那些似乎转瞬即逝且无法克服的环境问题方面，哪些政策是最为有效的。利用驱动力、压力、状况、影响和响应（DPSIR）框架（参见第1章，图1.2），本报告A部分的主题章节对环境问题的当前应对方式进行了探讨，B部分回答了这些政策何时有效这一问题，而C部分则将最有前景的政策方法纳入了转型路径。尽管《全球环境展望6》并不是规范性政策文件，但它为那些希望弄清楚哪些政策在什么情景中以及在何种治理安排下最为有效，且相关经验是否可复制到其他情景等问题的政府和决策者提供了指导。

10.2 环境政策与治理

环境政策是通过众多治理模式实施的，其目的是在预设主体中倡导预期行为并克服阻碍有效环境治理的一系列挑战。政策目标应通过政策措施或工具（即旨在改变社会中其他活动以实现环境目标的结构化活动）实现的。并非所有有效政策工具都是专为环境政策服务的，其他工具（如能源和交通政策）也可能包含环境政策目标，但这类目标通常作为非环境主要目标（如缓解拥堵）的附属目标存在。在大多数一体化政策（如第11章所述）中，这种现象早已司空见惯。相应地，环境治理也早已超出了环境部门的职能范围。

政府通常被认为是政策制定和实施的主要部门。尽管政府通常确实是政策工具构建、实施和执行过程中最重要的主体，但它们并不是单独行动的；其他所有治理安排也有其存在的必要。有效政策通常需要整个政策循环中范围广泛的利益相关方的投入。与私营部门和公民社会主体一样，各级政府都是政策制定和实施过程中的积极主体。相关角色和职责不仅广泛分布于政府和非政府机构，还分布于各级治理安排中。

政治家、政策智囊、教育和研究机构、非政府组织（NGO）、公民社会组织、游说家、社区和公司等等在不同情景下影响政策结果方面都扮演着一定的角色。在区域和全球层面，政策工具是由不同层级治理安排下的全球、区域或国家机构创造和实施的。此外，“公私合作”和“企业可持续倡议”之类的机制也越来越多，而以激励特定部门负责任及推行可持续行为为目的的“商业性非政府组织互动”（Forsyth，2005年；van Tulder等人，2016年）就是其中之一。在商品的设计和生产、风险评估、尽职调查、培训、监控、报告和仲裁、供应链透明度等领域，这类合作（如联合国环境规划署的清洁海洋倡议）都已出现。在许多国家，公民和社区也在推动着集体环境目标的实现。这类安排通常被称为“公民合作生产”和/或“社区化倡议”（Mees、Crabbé和Driessen，2017年）。

但是，如何将这些主体和相应层级结合起来并形成一个与政策适用规模和期限相适应，并与国家的社会、文化、历史和政治背景相一致的连贯政策组合却是一大挑战（欧洲能源署【EEA】，2001a；欧洲能源署，2001b；欧盟委员会，2012年；Niles和Lubell，2012年；欧洲能源署，2017年）。

多中心治理是一大创新源泉；通过推动创意竞争、协作和结盟，它为环境政策提供了新的发展动力（Jordan和Huitema，2014年）。但是，责任的分散可能会导致政策碎片化、职责定义不清、跟踪和监测机制薄弱、结果问责缺失或决策僵持不下等问题。

10.3 政策工具

政策工具的形式多种多样，且可由多种主体（不仅仅是政府）在多个治理层面实施（Mees等人，2014年；Keshitalo 等 人，2016年）。政策工具的目标可以是多种多样的，如：

i. 修正现有替代工具；
ii. 改变替代工具的影响；
iii. 对成果评估施加影响（Boersema和Reijnders编辑，2009年）。

这些政策工具介于传统的、自上而下的政府指导与商业组织的自我调节这两大形式之间。就政策目标的实现而言，其中一些形式较为成功，而一些则较为失败。人们经常宣称，为应对复杂、多标量且跨部门的环境问题，采用依赖于利益相关方参与的协作治理模式是必要的（Challies等人，2017年；Kochskämper等人编辑，2018年）。此外，对环境挑战的深入了解也改变了人们的政策方法和工具，使其从有针对性的、单一用途的工具变成了强调政策一体化和提高公众对政策连贯性和系统化方法（如绿色经济）的意识的工具（欧洲能源署，2017年）。

稳健而具有法律约束力的国际协议是用于解决跨界环境问题并维护“共识（the commons）”的一种政策工具。但是，鉴于国际立法的结构和法律依据，这类协议在实现领跑或最受影响国家的抱负方面往往存在不足（Sandler，2017年）。因此，由国家组成的联盟或俱乐部可能会介入并制定更具雄心的环境政策（Hovi等人，2016年）。

就人们对环境政策工具的理解而言，一种经常被提及的观点认为，它们可能是“胡萝卜、大棒或说教”，尽管这只是全部事实的部分特征（Niles和Lubell，2012年）。一些通用的政策工具包括立法和监管政策、财务激励/去激励措施、自愿方法、条约和协议、国际软法等（Hildén、Jordan和Rayner，2014年）。《全球环境展望4》采用了下列传统政策工具架构：监管和标准、市场化工具、自愿协议、研究和开发、信息工具（联合国环境规划署，2007年）。《全球环境展望5》对全球各大区域及其之间的共性进行了挖掘，并强调了在若干案例中已被证实相当成功的特定政策方法。一些区域的成功政策措施被认为更有可能加速国际共识目标的实现。在驱动力、压力、状况、影响和响应框架内部，旨在应对“驱动力”的政策往往是首选，因为它们倾向于解决环境问题的根源，而不只是治疗其症状（联合国环境规划署，2012年）。就《全球环境展望6》而言，表10.1列出了为政策工具类型和治理方法及相关案例研究的选择提供指导的政策工具分类。需注意的是，该分类并不以穷尽所有潜在环境政策或政策工具为目标。

环境政策到最终目标是为了保护环境状况，从而保护栖息地和生态系统服务并将污染对人类健康造成的风险降至最低。因此，环境政策的制定通常以保护不同环境介质（空气、水、土地）和影响本报告A部分所列环境状况为目标，且通常是在环境部的管理下进行的。但是，有效环境政策不仅仅要应对环境状况，还要应对源于社会和经济活动的各种驱动力和压力（如第2章所述）。为此，世界各地的政府制定了旨在应对最重要污染部门（如能源、交通、工业和农业等部门）污染问题的制度和政策（经济合作与发展组织，2016年）。

本报告B部分对一些在各主题领域确实大有前途的且使用最为广泛的政策、前沿性政策和政策组合及跨领域问题进行了分析，由于这类政策和政策工具事实上有数千种之多，要涵盖所有工具几乎不可能，本报告中的政策是世界各区域不同类型政策工具和治理方法（参见**表10.1**）的一个样本。

10.4 政策组合和连贯性

鉴于导致环境恶化的多重主体和因素以及环境创新面临的各类障碍，单一政策工具对于预期目标的实现可能是不够的。考虑到这一背景及制定有效环境政策时需要面对的多重挑战，采用政策组合而非单一政策的作法据称是更加有效的（Jänicke等人，2000年；Mees等人，2014；Kivimaa和Kern，2016年）。

但是，不同政策之间并非总是互补的，有时可能是互损的（比如，经济激励政策可能会损害内在动机）。政策包、政策组合或政策集群是一系列旨在实现某一共同目标或意图集的政策工具（Lay等人，2017年）。制定政策组合时，必须确保政策之间的连贯性，以实现最优结果（Howlett和Rayner，2007年；Huttunen、Kivimaa和Virkamäki，2014年）。

政策连贯性是指以系统方式推行相互强化且能够累积协同效应的政策从而实现共识目标的一种状况（经济合作与发展组织 2016）。政策连贯性可能具有部门性、跨国性、跨治理体制性、多层次性（从全球到地方）和/或从政策目标一直延续到工具设计和实施作法的性质（Hood，2011年）。当政策平衡与共同目标或意图集保持一致时，政策连贯性就会应运而生。

除政策连贯性外，政策协同效应也是必要的。为实现环境目标，环境关切应被纳入其他政策部门。这种作法通常被称为政策协同效应或环境政策的一体化，它有利于政策连贯性的提高（Hood，2011年；Lay 等人，2017年）。当前政策工具在实现共同目标或总体政策抱负过程中具有相互累积或强化的效应时，政策协同效应即应运而生。

另一方面，政策冲突也会导致一套政策破坏另一套可取环境政策预期成果的现象发生，且这类破坏性政策往往与环境部门并不相关或来源于外部主体。比如，为

表10.1：政策分类

政策工具 /治理方法	干预点a	假定因果机制	有效性障碍	潜在成本	典型政策工具	情景要求
命令和控制	工业过程和产品 技术末端或烟囱污染控制	禁止对环境有害的技术（产品和工艺）或作为许可的一部分要求使用环境友好型技术=>降低排放/资源使用量=>如果排放/资源使用量无法通过上游控制得到充分降低，则有必要改善废弃物的管理。此外，还可作用于财产权和物业进入之类的实现手段问题。	监控缺失。 腐败。	企业成本、对竞争有害。 缺乏对创新的激励。	许可程序/罚款。 释放/排放标准。 污染物总量控制。 实时监控系统。 法律审查。	行政管理能力。 产业自我报告。
推动创新	绿色创新	鼓励绿色技术的研发=>将绿色技术引入市场（=>成本节约 + 出口）	溢出。	额外成本。	补贴、研发相关税收减免措施、绿色采购。	公私预算。
市场化/经济激励	产品或过程的定价	改变对环境有害技术与绿色技术之间的相对价格 =>扩大绿色服务的市场 =>激励创新并抑制环境损害	在消费预算和/或产业资本计划总体背景下缺乏意义	分配/回归影响，对竞争有害。 改变现有产业的成本。	限额和交易、公共采购、取消补贴。	私营部门对新产品或新工艺的投资。 有效的税收体制。
说服消费者、雇员和股东	公共信息、教育、知识、意识、倡导	有知识的消费者和生产者将主动选择环境稳健型产品和工艺。	成本相关抑制因素， 替代产品和工艺供应不足。	权力失衡导致消费者没有多少选择权。	开展运动。 标签。 认证。 刺激。 股东投票集团。	媒体和股票市场。 教育体系。
促推主体	环境主体	强化政府和非政府主体在政策或可导致项目设计和实施得到改善的项目中的决策参与。	没有改善环境意愿的主体可能会施加更多影响。	所有相关信息的获取、技能水平。	信息获取， 透明度要求， 促进参与， 要求提供证据（EIA/SEA/IA）， 法律审查。	环境和社会保障措施。
支持投资	基础设施和技术	“绿色”基础设施（废弃物管理、可再生能源电网、铁路等）=>推动绿色技术的市场准入=>准入需求增加。	增量成本。	相对于气候变化之类未来影响的不确定性可能导致适应不良。	气候防护类基础设施。 绿色投资基金。	公私合作。

a干预点指被认为对环境退化（尤其是改善环境退化）至关重要的那些问题（如技术、创新、基础设施、主体、行为等）。EIA指环境影响评价；IA指影响评价；R&D指研发；SEA指战略环境评价。

首辆汽车购买者提供补贴的政策可能会与旨在减少交通运输空气污染的政策构成冲突。同样，任何对环境政策有效性进行的分析均应考虑其他领域经济和社会政策的影响（Perrels，2001年；Interwies、Görrlach和Newcombe，2007年；Lambin等人，2014年）。

10.5 用于评估政策有效性的方法

B部分关于政策有效性评估的内容主要服务于以下三个目的：

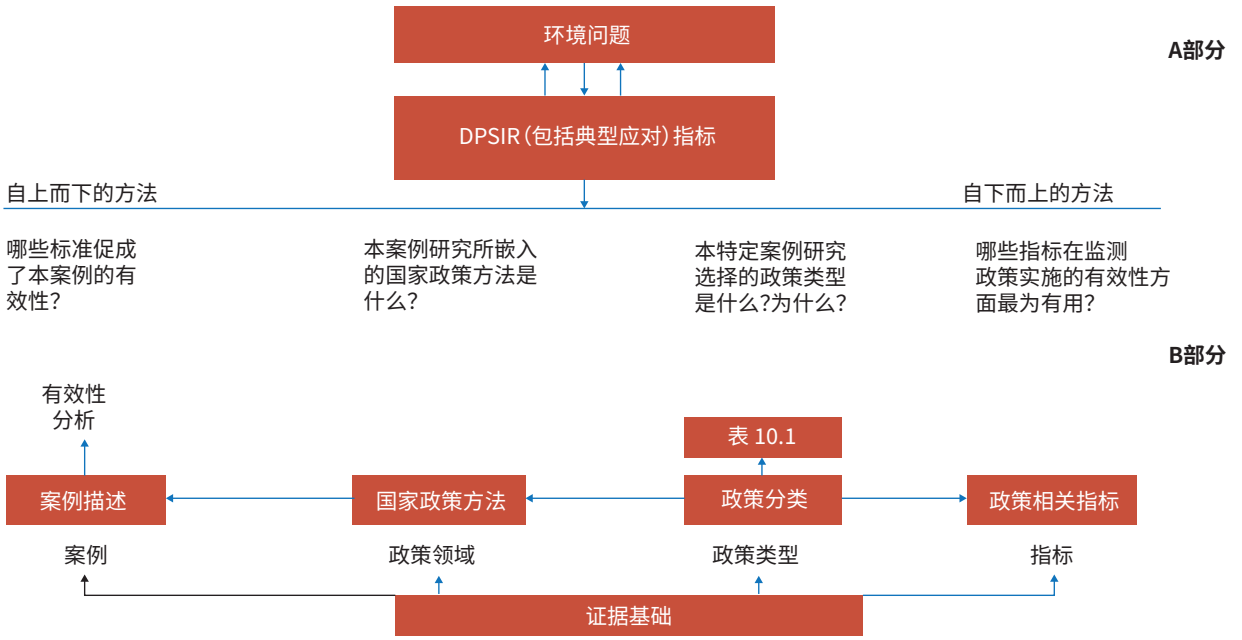
1. 展示已经显示出影响并可运用于其他地方的各级政策和治理方法。
2. 明确在改善政策有效性方面采取进一步行动的必要性（相关分析同样应建立在政策有效性的量化基础上，即说明政策效果到底有多大、政策产生效果的频率有多高之类的问题，而不仅仅是政策是如何且为何会产生效果这样的问题）。
3. 确立可在《全球环境展望6》之外改善政策制定证据基础从而强化环境政策的政策有效性评估相关方法和最佳可用知识。

评估和量化政策有效性的黄金标准是对实验设计中或反事实情景下的对照组进行实证观察并就观察结果进行比较。但是，在许多情况下，这类实验或情景的构建成本非常高昂——假设其可能发生，因为政策干预的对象是复杂的社会系统。比如，预测市场在有政策干预或没有政策干预情形下的反应是不可能的。此外，在许多情况下，对照组的确定是难以进行的，因为故意将政策效益隔绝于该群体之外的做法是不道德的。

尽管如此，基于理论假设和对政策影响进行的实证观察，我们仍可能对政策有效性进行评估。基于理论的评估使用的是涉及从政策产出到政策成果和最终影响的整个因果链条的外显变革理论（Blamey和Mackenzie，2007年；Rogers 和Weiss，2007年）。

从政策制定到政策实施，再到政策实施触发的行为变革和各类程序，最后再到政策产生影响（特别是间接和诱发式影响），这通常是一个广泛而复杂的因果链条，而对这个链条上的政策进行因果关系的认定无疑是政策评估过程中的一项特殊挑战（Forss、Marra和Schwartz 编辑，2011年）。本报告B部分采用了一种概念性方法，将自上而下和自下而上两个视角结合起来，从而最大限度地降低了这一归因问题的难度（Sabatier，1986年）。如**图10.1**所示，自上而下的视角始于政策本身，对政策实施预期因果链条进行了追踪，而自下而上的视角则始于作为观察对象的成果，利用政策相关指标对政策干预的因果关系进行了反向追踪。这样的作法有助于分析师评估政策组合的影响。但是，这两种视角都有其局限性：自上而下的视角往往会过于强调政策之于其他因素的影响，而自下而上的视角则往往会过于强调情景因素的影响。

图10.1：评估政策有效性的方法：自上而下和自下而上



DPSIR：驱动力、压力、状况、影响和响应

本节中就政策有效性而采取的概念性方法遵循的就是这种双重视角，即将基于理论的、自上而下的评估与基于被观察成果的、自下而上的评估相结合的方法。尽管存在已被人们认识到的缺陷，但这种双重视角是目前评估政策有效性的最佳可用选项。

自上而下的方法特别适合识别那些可充当良好实践范例并运用于其他地方（即评估的首要目标）的政策。第12-17章以叙述性的方式描述了五大主题领域实施最为普遍或最为重要的政策工具，以及对这些主题具有积极或消极影响的一些交叉性政策。此外，通过一系列案例研究并将其与10.6节所列标准进行对比，这些章节还明确了一些似乎具有相当大的发展潜力但目前尚未被广泛采用的前沿性政策工具。但是，由于有代表性样本的缺失和被评估政策数量的有限，这一政策组合总体效果的量化将是不可能的。

基于政策相关指标的、自下而上的方法构成了上述分析的补充，且特别有助于进一步行动相关需求的量化和识别（评估的第二项目标）。下文就上述两种方法的具体作法进行了详细阐述。图10.1则以图文形式直观地概述了如何通过自上而下和自下而上的方法评估政策有效性。

10.6 自上而下的评估方法

在《全球环境展望6》中，对政策有效性进行的自上而下的评估始于政策和治理安排及相关案例的选择。通过考虑政策类型和治理安排的覆盖范围、地理区域的多样性和数据的可获性等因素，我们就每一主题领域选择了多达5种颇有前景的政策类型或治理安排。

选定政策类型和治理安排后，我们基于同行评估出版物、官方报告和统计数据并利用现有知识对它们进行了评估。

之后，根据涵盖所宣示目标的实现或相关指标的改善、政策制定和实施的质量标准（如参与率）、事前或事后评估、有效性的情景要求等内容的一个共同研究方案，我们就选定并评估的每一政策类型或治理安排选择了一个在政策实施方面具有代表性的案例，并从政策有效性的角度对其进行了评估。

需注意的是，所谓“政策有效性”并非只是不惜一切代价实现政策目标的问题。比如，某一岛国可能会决定实施碳中和政策，并通过禁止汽油和燃油进口的方式致力于将这一政策付诸实施。但是，如果当地渔民因为这项政策的实施而无法获得渔船动力，那么，他们就可能会因为鱼类从其饮食结构中消失而出现广泛的营养不良现象。此外，为满足被压抑的燃料需求，该国的犯罪现象也可能会因为这项政策的实施而增加。

用于案例评估的标准源于政策设计和有效性方面的文献。就方法、数据、政策工具或因果链条而言，这些标准并不具有规定性，但它们基于文献提供了上述每一方面的相关知识。由于所有案例研究都是以二手数据分析为依据的，因此，研究方案为具体案例的调整留下了必要空间。比如，评估研究可能是分别以决策者宣示的目标、某一指标、某一对照组或某一反事实情景为依据进行有效性评估的。研究方案并没有规定必须使用这种或那种评估方法，但保证了各个案例研究相关方法、理论和数据来源的透明度。

案例研究采用的评估标准及相关指导性问题如下：

1. 有效性/目标的实现：该政策对目标问题产生了什么影响？
2. 非预期效果：该政策的非预期效果是什么？
3. 基线：政策设计阶段确定的基线是什么？
4. 连贯性/趋同现象/协同效应：该政策与其他相关政策的关联性如何？
5. 协同效益：该政策设计就协同效益做出了规定吗？
6. 公平性/赢者和败者：该政策对不同人群的影响如何？
7. 促进/限制因素：哪些外部因素可能对预期政策效果产生影响？
8. 成本/成本效益：该政策在财务/经济方面的成本效益如何？它是最具有成本效益或成本最低的方法吗？
9. 时间线：该政策是根据预期时间线实施的吗？
10. 可行性/可实施性：该政策在相关制度背景下具有技术上的可行性吗？
11. 可接受性：相关政策利益相关方是否认为该政策大体上是可接受的？
12. 利益相关方的参与：受影响的利益相关方在多大程度上积极参与了该政策的实施？
13. 其他任何因素：如转型潜力、代际效应、跨界影响、社会文化关切、政治干扰、执行问题、法律标准（如国内外人权标准）的合规等。

需要提醒的是，环境政策和治理文献中有大量证据表明，政策有效性具有高度的情景依赖性（Jordan和Huitema，2014年）。因此，一个地区或国家的有效政策并不能简单地复制到另一个情景。社会、文化、历史和政策等方面的差异确实很重要。

下节描述的自下而上的评估为本节所述自上而下的评估提供了补充。

10.7 自下而上的评估方法

就每一主题领域及跨领域问题而对政策敏感/政策相关指标进行的指标化评估不仅构成了自上而下评估的补充，而且还为政策有效性的量化提供了证据（Hezri和Dovers，2006年；Bauler，2012年；Moldan、Janousková和Hák，2012年）。为了对无法直接或全面观察的复杂系统的状况进行评估，我们建构了一些评估指标。这些指标评估的虽然只是系统的某些方面，但是基于理论考量和/或证据，我们仍可就整个系统的状况得出相应结论。为评估政策的有效性，首先明确政策与入选指标是如何进行互动的这一方面的理论是有必要的。

在许多情况下，能够洞悉生态或经济体系统状况及其环境表现的那些指标并不会直接受政策影响。相反，文化、结构、政治、地理及其他因素都可能会介入。因此，衡量政策产出（如政策工具的采用情况）可能无法充分反映出不同国家对一种工具或另一种工具的偏好。比如，为缓解温室气体（GHG）的排放，第一个国家可能会对排放量进行管制，第二个国家可能会实施税收措施或排放交易机制，而第三个国家则可能会实施信息宣传或对气候友好型技术进行补贴。在上述每一情形中，预期影响都是降低温室气体的排放量。但是，该指标还受产业机构、自然环境、收入水平及其他不受或不直接受（环境）政策影响的因素的影响。

因此，指标化评估必须有一个关于政策将如何影响入选指标及其他哪些因素也会产生影响的透明的基础理论。**图10.2**显示的就是开发这种政策与相关指标相互关系理论的基本原理。

对入选指标相关数据进行分析具有以下多重目的：

- 分析自《全球环境展望5》（包括可持续发展目标）发布以来在实现国际共识性目标方面取得的进展；
- 识别那些通过其政策方法和实施经验显示了高度政策有效性的国家或国家集团；
- 对政策影响进行量化，从而明确需要进一步采取行动的领域。

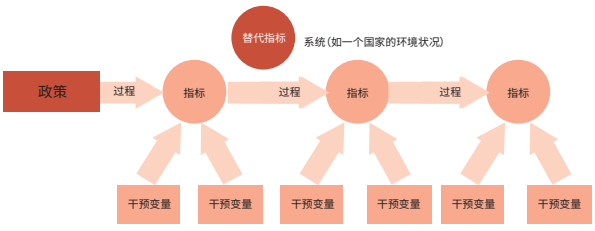
指标的选择是根据下列依据进行的：

- 指标与政策工具（最好是不同类型的政策工具）之间存在着因果关系，使得指标可因政策工具的不同而发生变化；同时，政策工具的实施是可以证实的；
- 指标与多边环境协议（MEA）和/或可持续发展目标之间存在关系，以确保相关分析与未来全球议程之间的一致性；
- 数据必须可获得（至少是在国家层面，可能的话还应该包括全球层面，且应以时间系列呈现）；
- 指标应与主题领域相关，即指标应能够洞悉各主题领域的环境状况；在理想状态下，指标应考虑本报告A部分所述的政策应对。

对于每一指标，我们都基于同行评估文献考虑了下列方面：

1. 范围和衡量问题：该指标应能洞悉各主题领域的环境状况。因此，某一主题领域中各指标的遴选依据就变得很透明了。
2. 政策相关性问题：政策措施和工具与该指标之间因果关系应予明确。并非所有指标都具有政策敏感性，但我们可就某一指标提出以下问题：相关政策可通过何种机制对该指标产生影响？可能对各指标产生影响的政策工具采用了何种触发机制（如价格、命令和控制、劝说等）？哪些主体因为这些政策而改变了自身行为，而这种改变又是如何对指标产生影响的？该指标与环境状况之间的关系如何（最好是国家层面的）？该指标的变化触发了哪些进程，且对环境的影响如何？
3. 因果关系/因果链条问题：政策敏感指标指那些与政策之间的因果关系及其实施可得到证实的指标。尽管因果关系的确定具有挑战性，但我们仍可根据其相对于社会人口因素、基础设施、自然环境和文化之类其他干预因素的政策灵敏性做出选择。对于某一指标，我们可提出以下问题，即有没有能够表明该指标可能与“产出—成果—影响”这一链条相关的证据？在这里，“产出”和“成果”都是政策触发的进程，而“影响”则是政策的最终效果。初期影响可能会触发其他进程并产生间接或次生影响。
4. 相关分析必须考虑影响该指标的其他因素。有没有任何证据表明不直接或立即受政策影响的其他因素（自然环境、基础设施、文化、自然灾害等）也显现出了对该指标的影响？有没有因果关系方面的、能够影响该指标的不确定性？

图10.2：自下而上的政策有效性评估方法



SoE：环境状况

5. 图表呈现和可视化问题：对于每一指标，我们都呈现了该指标在实现相关国际目标及国家层面开发等方面的进展数据（纵向交叉和横断面分析）。有没有最佳表现者和最差表现者之类的突出国家?基于前述步骤，我们应进行批判性反思：这种表现能够归因于相关政策及其他因素吗?其中的不确定性是什么?
6. 潜在替代指标：在文献中建议利用其他指标对特定主题领域的政策有效性进行评估的情况下，我们就会对这一问题进行探讨。该指标的适合性或相关性是否值得商榷?是否还有用于评估政策有效性的其他替代指标建议?相关分析为什么没有考虑这些指标? 上述对政策敏感指标进行的指标化评估并不以全面详尽为目标：毕竟，涵盖所有主题领域和跨领域问题的所有指标和所有方面是不可能的。对于这种不够全面的处理方式，我们是承认的。正因为如此，未来的《全球环境展望》应该继续努力扩大这种覆盖面。

10.8 B部分的内容

B部分剩余内容阐述了上述自上而下和自下而上的方法。其中，第11章基于文献重点阐述了政策设计、政策的时间和空间扩散及演化、国际和多级治理的有效性等问题。第12-17章涵盖了本报告A部分所述主要政策方法，即DPSIR框架“响应”部分的内容。对于每一主要政策方法，我们都采用案例研究方式证实了相关政策方法在特定情景中的运用。此外，每一主题领域及跨领域问题相关政策敏感指标在这六章中也有涉及。第18章则总结了B部分的结论和主要信息，并为决策者提供了指导，同时还阐述了B部分与本报告C部分之间的联系。

参考文献

Bauler, T. (2012). An analytical framework to discuss the usability of (environmental) indicators for policy. *Ecological Indicators* 17, 38-45. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.013.

Blamey, A. and Mackenzie, M. (2007). Theories of change and realistic evaluation: Peas in a pod or apples and oranges? *Evaluation* 13(4), 439-455. https://doi.org/10.1177/1356389007082129.

Boersema, J. and Reijnders, L. (eds.) (2009). *Principles of Environmental Sciences*. Dordrecht: Springer. https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-9158-2#about.

Challies, E., Newig, J., Kochskämper, E. and Jager, N.W. (2017). Governance change and governance learning in Europe: Stakeholder participation in environmental policy implementation. *Policy and Society* 36(2), 288-303. https://doi.org/10.1080/14494035.2017.1320854.

European Commision (2012). *Assessing and Strengthening the Science and EU Environment Policy Interface.* European Commision https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a7123d5f-52ee-4f12-9d82-a59eb7d93a26 (Downloaded: 30 October 2017).

European Environment Agency (2001a). *Reporting on Environmental Measures: Are We Being Effective?* Environmental Issue Report. Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/rem.

European Environment Agency (2001b). *Paper 1: Defining Criteria for Evaluating the Effectiveness of EU Environmental Measures.* Towards a New EU Framework for Reporting on Environmental Policies and Measures. Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/rem/defining.pdf.

European Environment Agency (2017). *Perspectives on Transitions to Sustainability.* Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/perspectives-on-transitions-to-sustainability/at_download/file.

Forss, K., Marra, M. and Schwartz, R. (eds.) (2011). *Evaluating the Complex: Attribution, Contribution, and Beyond.* 1st edn Comparative Policy Evaluation. New Brunswick, NJ: Transaction Publishers. https://www.routledge.com/Evaluating-the-Complex-Attribution-Contribution-and-Beyond/Marra/p/book/9781138509832.

Forsyth, T. (2005). Building deliberative public–private partnerships for waste management in Asia. *Geoforum* 36(4), 429-439. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2004.07.007.

Hezri, A.A. and Dovers, S.R. (2006). Sustainability indicators, policy and governance: Issues for ecological economics. *Ecological Economics* 60(1), 86-99. https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2005.11.019.

Hildén, M., Jordan, A. and Rayner, T. (2014). Climate policy innovation: Developing an evaluation perspective. *Environmental Politics* 23(5), 884-905. https://doi.org/10.1080/09644016.2014.924205.

Hood, C. (2011). *Summing up the Parts: Combining Policy Instruments for Least-Cost Climate Mitigation Strategies.* Paris: International Energy Agency. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Summing_Up.pdf.

Hovi, J., Sprinz, D.F., Sælen, H. and Underdal, A. (2016). Climate change mitigation: A role for climate clubs? *Palgrave Communications* 2(16020). https://doi.org/10.1057/palcomms.2016.20.

Howlett, M. and Rayner, J. (2007). Design principles for policy mixes: Cohesion and coherence in 'new governance arrangements'. *Policy and Society* 26(4), 1-18. https://doi.org/10.1016/S1449-4035(07)70118-2.

Huttunen, S., Kivimaa, P. and Virkamäki, V. (2014). The need for policy coherence to trigger a transition to biogas production. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 12, 14-30. https://doi.org/10.1016/J.EIST.2014.04.002.

Interwies, E., Görlach, B. and Newcomb, J. (2007). Evaluating the cost-effectiveness of environmental policies: Theoretical aspirations and lessons from european practice for global governance. *Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: Earth System Governance: Theories and Strategies for Sustainability*. Amsterdam, 24-26 May 2007. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.664.6369&rep=rep1&type=pdf.

Jänicke, M., Blazejczak, J., Edler, D. and Hemmelskamp, J. (2000). Environmental policy and innovation: An international comparison of policy frameworks and innovation effects. In *Innovation-Oriented Environmental Regulation.* Hemmelskamp, J., Rennings, K. and Leone, F. (eds.). Heidelberg: Springer. 125-152. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-12069-9_7

Jordan, A. and Huitema, D. (2014). Innovations in climate policy: The politics of invention, diffusion, and evaluation. *Environmental Politics* 23(5), 715-734. https://doi.org/10.1080/09644016.2014.923614.

Keskitalo, E.C.H., Juhola, S., Baron, N., Fyhn, H. and Klein, J. (2016). Implementing local climate change adaptation and mitigation actions: The role of various policy instruments in a multi-level governance context. *Climate* 4(1), 7. https://doi.org/10.3390/cli4010007.

Kivimaa, P. and Kern, F. (2016). Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. *Research Policy* 45(1), 205-217. https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008.

Kochskämper, E., Challies, E., Jager, N.W. and Newig, J. (eds.) (2018). *Participation for Effective Environmental Governance: Evidence from European Water Framework Directive Implementation*. London: Routledge. https://www.routledge.com/Participation-for-Effective-Environmental-Governance-Evidence-from-European/Kochskamper-Challies-Jager-Newig/p/book/9781138713291.

Lambin, E.F., Meyfroidt, P., Rueda, X., Blackman, A., Börner, J., Cerutti, P.O. *et al.* (2014). Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change* 28, 129-140. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.007.

Lay, J., Brandi, C., Upendra Das, R., Klein, R., Thiele, R., Alexander, N. *et al.* (2017). *Coherent G20 Policies Towards the 2030 Agenda for Sustainable Development.* G20 Insights. http://www.g20-insights.org/wp-content/uploads/2017/03/TF_2030_Agenda_PolicyCoherence.pdf.

Mees, H., Crabbé, A. and Driessen, P.P.J. (2017). Conditions for citizen co-production in a resilient, efficient and legitimate flood risk governance arrangement. A tentative framework. *Journal of Environmental Policy & Planning* 19(6), 827-842. https://doi.org/10.1080/1523908X.2017.1299623.

Mees, H., Dijk, J., van Soest, D., Driessen, P., van Rijswick, M. and Runhaar, H. (2014). A method for the deliberate and deliberative selection of policy instrument mixes for climate change adaptation. *Ecology and Society* 19(2). http://dx.doi.org/10.5751/ES-06639-190258.

Moldan, B., Janoušková, S. and Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators* 17, 4-13. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033.

Niles, M.T. and Lubell, M. (2012). Integrative frontiers in environmental policy theory and research. *Policy Studies Journal* 40, 41-64. https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2012.00445.x.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2016). *Better Policies for Sustainable Development 2016: A New Framework for Policy Coherence.* Paris. http://dx.doi.org/10.1787/9789264256996-en.

Organisation for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, International Transport Forum and Nuclear Energy Agency (2015). *Aligning Policies for a Low-Carbon Economy.* Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/aligning-policies-for-a-low-carbon-economy_5js4lch2tsjj.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264233294-en&mimeType=pdf.

Perrels, A. (2001). Efficiency and effectiveness of policy instruments: Concepts and practice. *Workshop on Good Practices in Policies and Measures.* Copenhagen, 8-10 October 2001. 10 https://unfccc.int/files/meetings/workshops/other_meetings/application/pdf/perrels.pdf

Rogers, P.J. and Weiss, C.H. (2007). Theory based evaluation: Reflections ten years on: Theory based evaluation: Past, present, and future. *New directions for evaluation* (114), 63-81. https://doi.org/10.1002/ev.225

Sabatier, P.A. (1986). Top-down and bottom-up approaches to implementation research: A critical analysis and suggested synthesis. *Journal of Public Policy* 6(1), 21-48. https://doi.org/10.1017/S0143814X00003846.

Sandler, T. (2017). Environmental cooperation: Contrasting international environmental agreements. *Oxford Economic Papers* 69(2), 345-364. https://doi.org/10.1093/oep/gpw062.

United Nations Economic and Social Council (2006). *Definition of Basic Concepts and Terminologies in Governance and Public Administration. Note by the Secretariat**. E/C.16/2006/4. http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan022332.pdf

United Nations Environment Programme (2007). *Global Environment Outlook-4: Environment for Development.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7646/-Global%20Environment%20Outlook%20%204%20(GEO-4)-2007768.pdf?isAllowed=y&sequence=3.

United Nations Environment Programme (2012). *Global Environment Outlook-5: Environment for the Future We Want.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2017). *Use of Theory of Change in Project Evaluations: Introduction.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7116/11_Use_of_Theory_of_Change_in_Project_Evaluation_26.10.17.pdf?sequence=6&isAllowed=y.

van Tulder, R., Seitanidi, M.M., Crane, A. and Brammer, S. (2016). Enhancing the impact of cross-sector partnerships. *Journal of Business Ethics* 135(1), 1-17. https://doi.org/10.1007/s10551-015-2756-4.

Yoshida, T. and Zusman, E. (2015). *Can the Sustainable Development Goals Strengthen Existing Legal Instruments? The Case of Biodiversity and Forests.* Global Environmental ResearchInstitute for Global Environmental Strategies. http://www.airies.or.jp/attach.php/6a6f75726e616c5f476c6f62616c456e7669726f6e6d656e74616c5265736561726365f6736737748764e6a/save/0/0/19_2-13.pdf.

第 11 章

政策理论与实践

© Shutterstock/Chedped Studio

领衔作者兼协调负责人：Klaus Jacob（柏林自由大学），Peter King（全球环境战略研究所）

领衔作者：Pedro Fidelman（昆士兰大学未来政策研究中心），Leandra Regina Gonçalves（坎皮纳斯州立大学/环境学与环境研究中心）
James Hollway（国际关系及发展研究院），Sebastian Sewerin（瑞士联邦理工学院（苏黎世）

研究员：He Chenmin（北京大学）

执行摘要

环境政策一直在疲于应付某些概念和经验方面的挑战。因此，良好分析的起点就是进行“良好”政策设计。在“良好”政策设计的定义中，生态系统的属性和问题及现有政策、实践和主体的表现均应被视为普遍要素。分析师和决策者应更好地理解政策变化的时间动态、具体政策如何及为何有效（或无效）及政策选择在日益复杂的政策组合中是如何互动的这些问题。{11.2}

在环境政策研究领域，跨界扩散是一个显著特征，特别是就入网电费、可再生能源组合标准和排放交易之类的可再生能源政策而言。在可再生能源政策扩散的四种潜在机制（效仿、说服、学习和竞争）中，人们发现，说服和效仿比学习和竞争更加普遍。但是，关于政策扩散并采用后发展动态的研究却很少，因此存在着损害其他部门政策和政策连贯性的风险。{11.2.1}

就政策是如何随着时间的推移而发生变化的和哪些因素推动了这些变化而言，两种研究方法在文献中占据了主导地位，即政策稳定性（或锁定）方法和间断平衡方法。其中，平衡的间断可能是外部冲击造成的——这种冲击打破了原本稳定的政策环境，直到新的平衡得以确立。这种间断可为新的环境政策创造机遇（如日本福岛的核电灾难促使德国做出了逐步取消核电的决策）。通常情况下，为避免做出有意外副作用的决策及其带来的风险，决策者们往往会尽可能推迟采取决定性行动，而在面对外部冲击时，则往往会选择象征性的行动，而不是有效的决策。{11.2.2}

政策创新可被视为发明（新方法或新奇方法）、扩散（转移和采用）和效果（成果、影响及潜在颠覆）监测的组合。良好的实践表明，人们应以准实验的方式同时实施多项创新政策，并在监测其效果的过程中逐步总结出最佳实践。

政策有效性的评估通常还是要归结于专家判断，因为目前并没有得到普遍认可的有效性评估方法。在理想状态下，定量评估与定性评估的结合是政策有效性评估的最可靠方式。一些政策设计工具可为专家判断提供补充。这些工具包括：(i) 成本效益分析和成本有效性分析——两者均可在事前（即政策实施之前）或事后（即政策实施之后）使用；(ii) 监管影响分析；(iii) 基准比较或对照目标或指标寻找差距的做法；(iv) 内容分析或模式配对。{11.2.3}

一项主要教训是，必须精心构建一个与总体政策目标相一致的政策组合，然后对政策组合的实际效果进行监测，以确定最佳实践及不同政策的潜在贡献情况。比如，气候变化缓解这一政策目标就需要碳定价、支持能源效率和可再生能源、逐步取消化石燃料补贴、创新政策、防止某些技术的锁定和消费行为的变革等政策的全面支持。{11.2.4}

环境目标只靠环境政策本身是无法实现的，它必须同时为非环境政策部门所接纳。环境抱负往往会与其他部门目标相冲突，因此，环境政策一体化应被用于解决环境目标与其他政策目标之间的冲突。政策一体化的必然结果就是政策连贯性，即推行相互强化的政策行动并在多个部门间创造出实现共同目标的协同效应。{11.3}

支持环境政策一体化的一项重要论据，是实施环境政策能够预期或显现出来的经济和社会协同效益。这些效益包括因创新产生的额外经济增长、因自然资源使用效率提高而产生的节余、环境损害相关成本的规避等。{11.3.3}

将联盟、俱乐部和非国家主体纳入政策设计可为人们利用同行压力消除制度性障碍提供机会。混合治理，即将不同治理模式和工具相结合的治理模式，有助于相互强化制度性的应对措施。但是，世界上并没有“放之四海而皆准”的治理结构。就政策的有效性而言，人们提出了衡量制度有效性的不同方法，其中既有定性方法，也有定量方法。在环境政策相关国际话语中，非国家主体（如地方政府、城市和公民社会组织）的角色正变得日益重要。由于17项可持续发展目标都要实现充分一体化和普及化，因此，一些国家目前正在努力设计最有效的制度安排，以实现预期的横向和纵向政策一体化。{11.4.2}

最后，也不能过度强调良好政策设计的重要性。良好政策设计的一些共同要素包括：(i) 通过包容、参与式的设计程序设定长期愿景，并避免危机模式的决策；(ii) 设立基线及量化目标和里程碑；(iii) 开展事前和事后成本效益或成本有效性分析，以确保公共资金的最高效、最有效运用；(iv) 在实施过程中建立政策监测机制，且最好是将受政策影响的利益相关方纳入；(v) 开展政策成果和影响的干预后评估，以消除政策漏洞并改善未来政策设计。{11.5}

11.1 引言

学术研究和实践或政策建议相关研究都就环境政策提出了一些重要问题。但是，相关文献在概念和实证方面仍然存在一些共同挑战。这些挑战包括：

i. 政策概念和评估方法的多样化——这导致了归纳方面的困难；
ii. 对政策变化动态和稳定性的理解不够；以及
iii. 政策设计选择的影响很复杂。

总体而言，这些共同挑战妨碍了研究结果在不同环境政策领域之间的可比性，并在一定程度上导致了方法和视角较为狭隘的风险。

克服这一狭隘视角的一个潜在切入点，是重新对政策设计进行研究。“良好”政策设计是否存在某些可在不同问题领域之间进行复制的共同要素呢?决策者是如何搜索有效政策先例的，而这种搜索又是如何导致政策在国家之间和问题领域之间进行扩散的呢?对政策设计的理论了解是如何促进政策实践的呢?

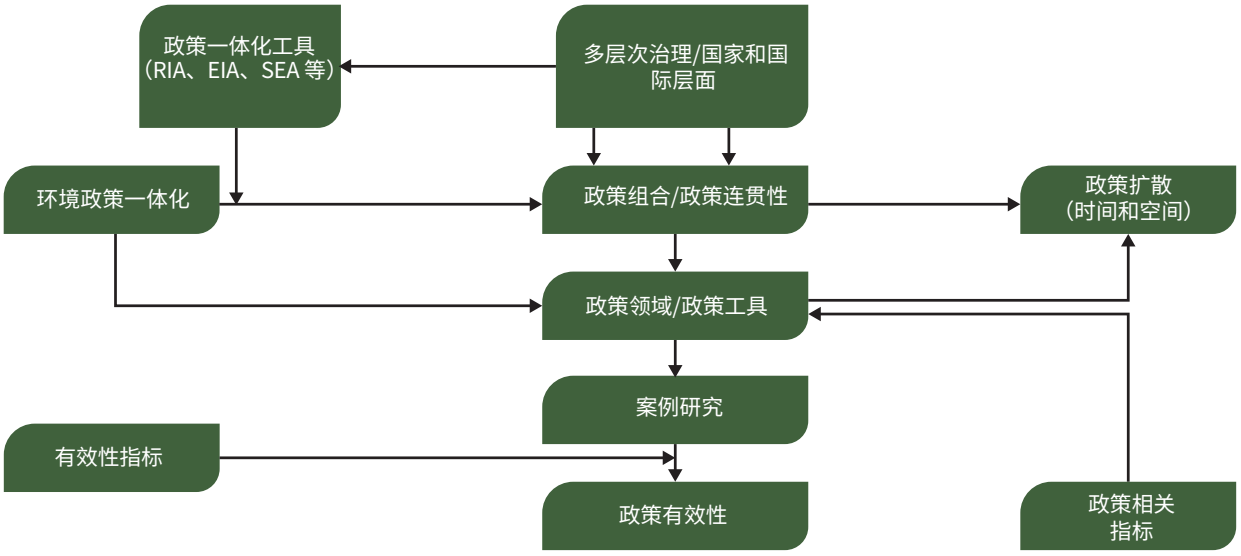
本节对相关文献进行了考察，并按政策领域/工具和治理安排及本报告B部分第12-17章相关案例研究得出了一些有待验证的经验教训（**图11.1**）。大体而言，本节对应的是图11.1的上半部分，而第12-17章对应的则是该图的下半部分。图11.1说明了一个问题，即在试图认定政策的有效性时，跳出个别政策工具的分析范围是非常重要的。在政策设计阶段，决策者应考察一项环境政策将如何支持或抵触其他部门的政策，反之亦然。为满足这一设计要求，各种政策一体化工具都可为决策者所用。在环境政策组合内，决策者应确保任何新政策均与预期政策成果相一致并支持后者的实现。此外，各个治理层面的决策者还可对其他国家、次国家区域或公司的经验进行考察，从而支持政策的跨界和长久扩散。在后续章节中，我们还从多重案例研究的视角对这一经验进行了研究，以回答为什么特定政策方法似乎比其他方法更加有效或无效这一问题，同时对政策敏感指标进行分析。

11.2 政策设计

上述挑战既与政策变化的时间和空间动态相关，又与政策工具在政策组合内相互作用的复杂性相关。这些都导致人们重新对政策设计相关问题产生了兴趣（Howlett和Lejano，2013年）。相关文献承认了密集政策组合中设计要素的复杂性（Howlett和Cashore，2009年；Howlett和del Rio，2015年；Young，2017年），同时还承认，合规系统对其产生了重大影响（Grey和Shimshack，2011年）。但是，随着研究议程的展开，制度诊断方法（Young，2008年；Ostrom，2009年）和政策变化实证评估及分析方法（Jabbour等人，2012年；Knill、Schulze和Tosun，2012年；Schaffrin、Sewerin和Seubert，2015年）正被越来越多地运用于政策（组合）动态的系统、量化分析（Voigt，2013年）。Young（2008年）认为，在致力于将制度安排与生态系统属性和结构进行匹配的诊断分析方法下，生态系统属性和问题、政策、实践和主体都应被视为体制设计的要素。Ostrom（2007年）也采用类似方法，建立了一个包含多个层面（包括地方层面）多类资源属性的框架。

在决策者的决策方面，且就单个政策的有效性和整个政策组合的有效性两者而言，政策设计至少与政策工具的选择同样重要——这是一个正在日益成形的共识（Mitchell，2002年；Yin和Powers，2010年；Flanagan等

图11.1：政策有效性分析的概念大纲



人，2011年；Kemp和Pontoglio，2011年）。比如，技术特异性——即某项政策因致力于解决特定政策问题的不同技术而出现明确分化的情形——正日益被用于低碳技术部署政策的分析（如Schmidt等人，2016）。但是，政策设计研究领域各种视角（如实施相关研究和治理相关研究）的整合仍是一大挑战。尽管如此，政策动态和政策组合、政策设计和政策有效性、长期干预逻辑等方面的文献仍在不断增加（Young，1999年；Miles等人，2002年；Howlett和Rayner 2013年；Mees等人，2014年）。

致力于解决本报告A部分所述各种紧迫的环境问题时，政策设计视角的用处可能非常大。分析师和决策者都要更好地理解政策变化的时间动态、特定政策如何且为何会有效（或无效）及政策选择在日益复杂的政策组合中如何互动。在理想状态下，这将有助于改善政策设计，创造出积极的反馈环（包括事后影响评估），并最终改变政策组合背后的工具性逻辑（**图11.2**）。

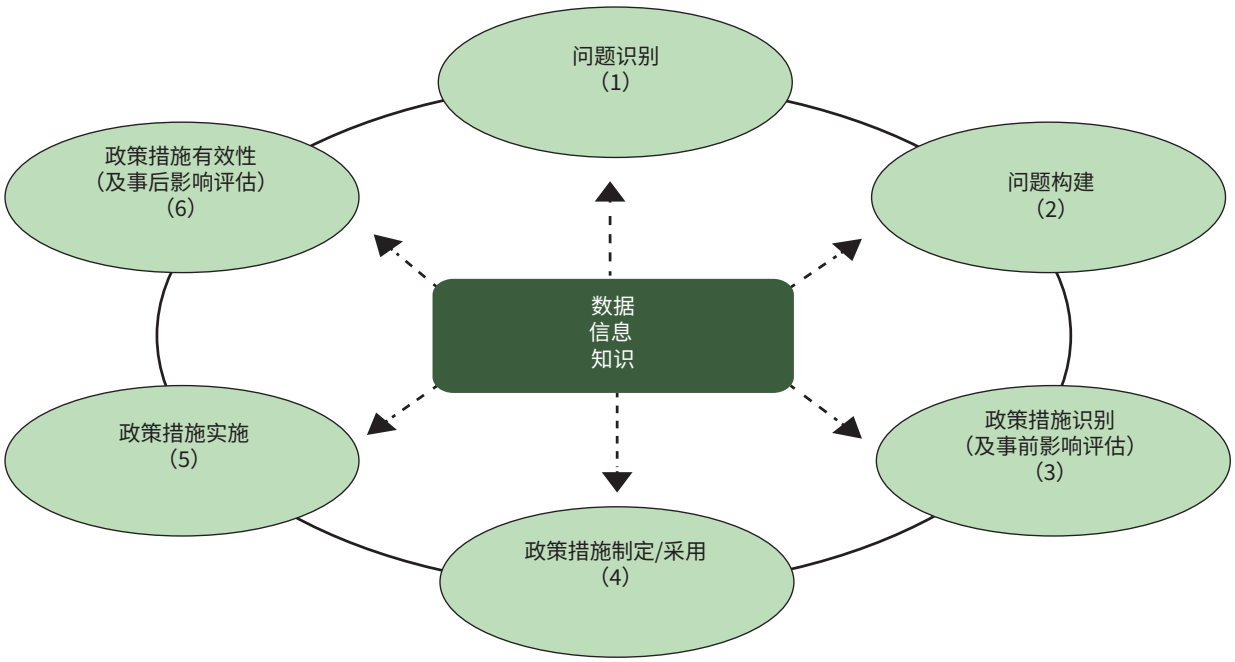
11.2.1 空间动态：政策的跨界扩散

政策扩散研究旨在理解政策如何且为何跨界传播并由不同国家/地区采用和设计。学术研究——主要是政治学领域的研究——往往聚焦于政策空间扩散的驱动力（Tews、Busch和Jorgens，2003年；Holzinger、Knill和Sommerer 2011；Graham、Shipan和Volden，2013；Matisoff和Edwards，2014年），而聚焦于政策实际传播内容及时机的要少得多（Jordan和Huitema，2014a）。在21世纪前十年及第二个十年初期的环境政策研究文献中，政策扩散是一个显著特征。这类研究的重点是环境法规（Knill、Schulze和Tosun，2012年）和可再生能源政策（Alizada，2017年）。其中，前者主要得益于排放相关的监管标准方面大量数据的存在（Heichel等人，2008年），而后者则得益于入网费率和可再生能源组合标准作为可再生能源部署政策工具的有效性方面的辩论。总体而言，这些研究要么以政策的宏观特征（如政策工具的类型）为重点，如Stadelmann和Castro（2014年）的研究，要么以非常具体的监管标准（如大型燃烧设备的氮氧化物和二氧化硫排放标准）为重点，如Liefferink等人（2009年）的研究以及Holzinger、Knill和Sommerer（2011年）的研究等。就可再生能源而言，人们考察了四种潜在的政策扩散机制，即效仿、说服、学习和竞争（Alizada，2017年）。其中，说服和效仿比学习和竞争更为普遍。

近年来，发达国家和发展中国家的气候变化相关政策都出现了爆炸性增长。1998-2010年间，气候相关的国家法律增加了5倍，而到2012年，这些法律已经覆盖了67%的排放物（Jordan和Huitema，2014b）。

但是，关于这些政策扩散并被采用后的发展动态的研究却很少。只有一些孤立研究（如Biesenbender和Tosun，2014年）分析了这些政策在新辖区内如何进行调整适应（即在初期扩散之后如何变更）这一问题。欧盟的排放交易机制例证了同一政策在不同辖区之间进行调整

图11.2：政策循环



资料来源：欧洲能源署（EEA）（2006年）

可以变得十分艰难（Cass，2005年）。政策被采用后的发展动态甚至会损害预期政策影响和政策连贯性（Jordan和Huitema，2014a）。

一些可公开获得的数据集旨在协助人们记录环境政策（特别是气候变化政策）及更具体的可再生能源政策的扩散。比如，伦敦经济学院的世界气候变化法律数据库（Nachmany等人，2017年）就汇编了从气候适应到气候缓解再到交通运输的国家级气候政策相关信息。同样，REN21发布的《全球状况报告》（Global Status Report）也记录了可再生能源政策在大量国家和次国家辖区内使用的实例。此外，诸如国际能源署（IEA）之类的国际组织也收集了可再生能源相关政策在大量样本辖区内使用的信息。但是，这些数据集的质量存在差异，而其收集方法、政策分类和所涵盖政策信息的详尽程度也不一。这个问题与所谓的“政策变化研究中的因变量问题”——即在跨案例研究中如何以系统方式评估政策产出这一根本挑战——有关（Howlett和Cashore，2009年）。尽管人们已在开发通用方法以便以可比方式评估政策产出方面做出了努力（如Knill、Schulze和Tosun，2012年；Schaffrin、Sewerin和Seubert，2015年），但这类方法被人们采用的速度非常缓慢，大多数政策动态分析仍在沿用多样化或临时性的政策产出概念和衡量方法。因此，尽管人们对这一话题的兴趣已持续很久且已经在提供系统政策信息方面做出了努力，但关于环境政策——特别是可再生能源这一具体政策领域之外的环境政策——的空间扩散的知识仍然非常有限。

11.2.2 时间动态：随时间发生的政策变化

政策是否会随着时间的推移而发生变化、它将如何变化及哪些因素推动了这些变化都是学术文献中的重要话题。政策变化的各种理解方法可分为两类，一类是路径依赖法，另一类是间断平衡法。其中，路径依赖法强调，早期的政策决定锁定了后期的政策选择，因此大多数政策在付诸实施后只能以渐进方式发生变化（Pierson，2000年）。积极反馈——如通过政策学习形成并维系政策的自我强化进程——据信是这种稳定性的主要原因。另一方面，间断平衡法则致力于解释原本稳定的政策是如何因突然发生的不连贯、非渐进变化而瓦解的这一问题（Baumgartner和Jones，2009年；Colgan、Keohane和Van de Graaf，2012年）。外部冲击据信是这些间断的主要驱动力，它打破了积极反馈与消极反馈之间原本存在的平衡，从而使政策趋向于形成新的平衡。对环境政策的合法性提出质疑的法律诉讼就是这种外部冲击的一个例子。但是，间断也可为环境政策创造机会。比如，日本福岛发生的灾难就可能导致德国做出了逐步取消核能源的决策（Wittneben，2012年）。

上述两类方法都运用到了环境政策变化的分析中（如Daugbjerg，2003年；Repetto，2006年），但这些运用大都集中在特定政策领域（如农业）的大规模项目上。近期文献认为，如果要刻意设计既能创造积极反馈又能抵御持续消极反馈和外部冲击的政策，仅仅专注于积极反馈或外部冲击的催化效应是有百害而无一利的（Jordan和Matt，2014年）。

环境问题的复杂性还增加了决策者“政策反应不足”的风险，因为这种复杂性使得决策者难以准确评估风险（Maor，2014年）。为避免做出有意外副作用的决策及其带来的风险，决策者往往会尽可能推迟采取决定性行动，而在面对外部冲击时，则往往会选择象征性的行动而不是有效的决策（Howlett，2014年）。为克服这一缺陷，人们提出了许多旨在强化环境问题在政府事务中重要性的建议（Kloepfer，1989年；Calliess，2001年；Eckersley，2005年；Jänicke，2007年）。但是，到目前为止，这种状况仍未发生改变：环境问题的重要性仍未获得制度认可并成为一个优先事项，而是仍在与政府的其他目标进行竞争。

在这种背景下，相关研究开始越来越重视政策设计（Howlett和Lejano，2013年），以了解政策设计选择如何催生政策变化，即一步步的渐进式政策变化在时间进程中如何累积并促成转型变革。“有粘性”（即持久性）但无“惰性”（即对环境变化反应不灵敏）且能够创造出积极反馈的政策被视为提高环境政策有效性的一种潜在方法（Jordan和Matt，2014年）。关于气候变化的《巴黎协定》及其向上棘轮机制就是这一理念的显著例子之一（Falkner，2016年）。因复杂性而陷于困境的政策领域都需要采用这种前瞻性的政策设计方法，而大多数环境问题也是如此（Levin等人，2013年）。国际体制的设计对其有效性影响很大，甚至比基本问题类型对其有效性的影响都要大。换句话说，如果国际体制的设计很糟糕，即便是简单的问题也是无法解决的（Young，2011年）。鉴于政策和体制的情景依赖性，对其设计的适当性进行仔细诊断无疑是至关重要的（Young，2011年）。

政策创新可被视为发明（新方法或新奇方法）、扩散（转移和采用）和效果（成果、影响及潜在颠覆）监测的组合（Jordan和Huitema，2014b）。关于多中心治理的文献表明，人们应以准实验的方式同时实施多项创新政策，并在监测其效果的过程中逐步总结出最佳实践。人们还认为，最低级别的治理可将搭便车这一动机降至最低，且实体越小（如社区），监测就越容易（Marshall，2009年）。但是，在全球范围内，多中心治理却会导致政府的搭便车行为。比如，在缺乏全球体制的情况下，政府可能会冒险不去采取行动，同时又从他人的缓解努力中受益（Ostrom，2010年）。但是，政策创业精神在激发政策变化中扮演的角色及公民社会的贡献都不应被低估。

但是，政策创新不一定就是政策打包的最有效路径，因为经过检验且被证明可靠的命令控制和经济激励政策可能足以实现大多数的政策效果（Hildén、Jordan和Rayner，2014年；Jordan和Huitema，2014a）。扩大视野

并将政策连贯性、成功实施和合规等问题纳入考量的作法也许会证明，传统政策方法仍可有效发挥其作用。而且，创新政策可能会在实施和合规方面带来新的挑战，而这些挑战是现有制度仍无法娴熟应对的。

11.2.3 通过改善设计提高政策有效性

过去，旨在评估政策有效性的努力都假定环境政策与其成果之间存在着一对一的相互关系（Weber、Driessen和Runhaar，2013年）。在某些情况下，如在政府要求汽油或油漆必须除铅的命令控制式政策下，这种假定也许是合理的（请参见关于政策敏感指标的后续讨论）。但是，在第12-17章所述的大部分案例中，将环境成果归因于某一特定政策的作法被证明是很困难的。由于实际和道德等原因，反事实情景（如没有政策的情形）是无法以实验方式付诸实施的，因为让某一群体实施针对某一有害污染物的政策而不让其他群体实施相同政策的作法是不合理的（Niles和Lubell，2012年）。

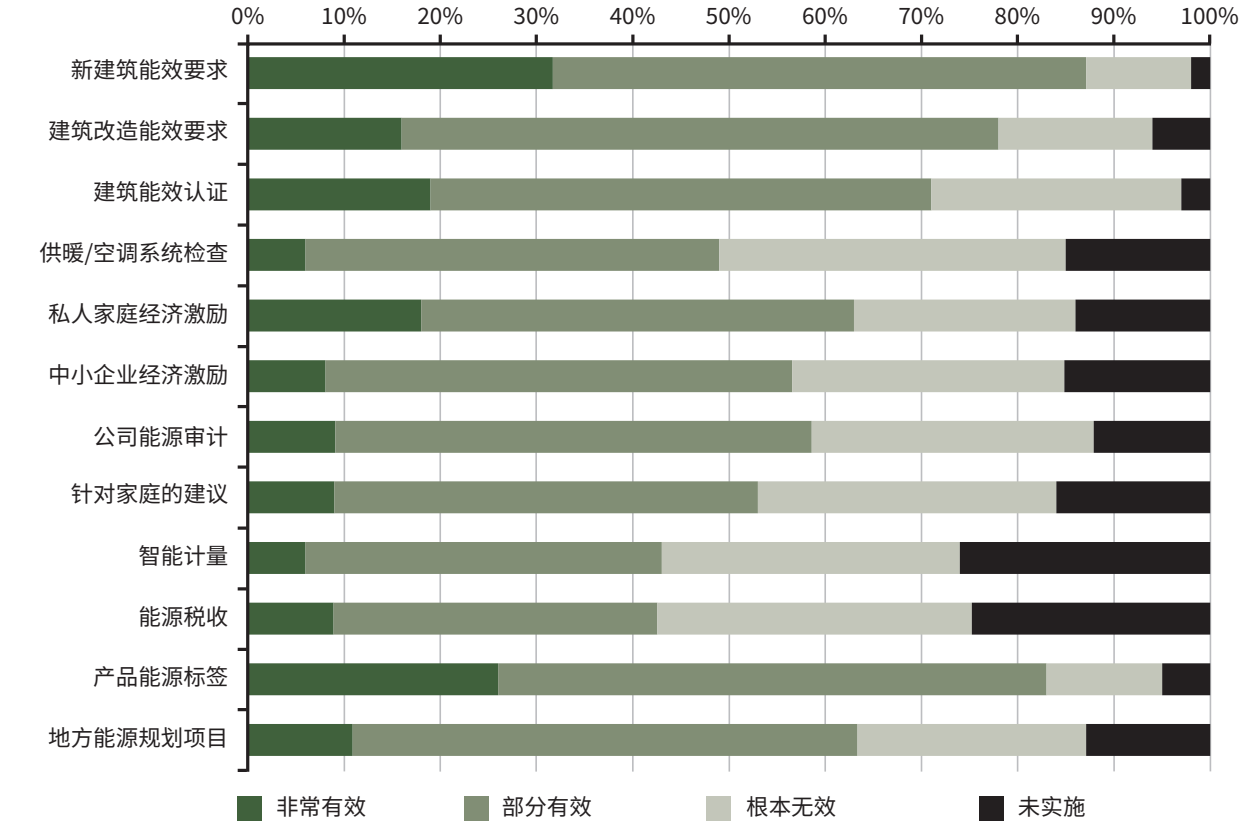
由于这些原因，政策有效性的评估最终往往还是要靠专家判断（**图11.3**）（欧洲能源署，2001年；Egger等人，2015年）。图11.3表明，并非所有能效政策的排名都是一样的；相当大部分的专家认为，一些政策根本就没有任何效果。尽管政策有效性的评估存在一些局限性，但一些重要洞见已经成形。这些洞见不仅源于利用统计程序对个体变量的影响进行区分的作法，而且还源于将定性比较分析（QCA）之类的替代技术用于认定政策有效性的作法（Breitmeier、Underdal和Young 2011）。其中，定性比较分析是一种旨在识别那些共同发生作用的因素组合的方法。但是，在理想状态下，定量评估与定性评估的结合对政策有效性的评估而言才是最为可靠的（Egger等人，2015年）。

可为专家判断提供补充的一些政策设计工具包括：

i. 成本效益分析和成本有效性分析——两者均可在事前或事后使用（Interwies、Gorlach和Newcombe，2007年）；
ii. 监管影响分析（经济合作与发展组织，2008年）；
iii. 基准比较或对照目标寻找差距的作法（Uslu、Mozzaffarian和Stralen，2016年）；
iv. 内容分析或模式匹配（Di Gregorio等人，2017年）。

当然，环境问题本质上属于社会建构。对一个群体而言的环境问题在有着不同利益的另一个群体看来也许并不是问题。因此，在设计有效政策的过程中，“问题”的构建极其

图11.3：欧洲能效政策相关专家评估结果



Source: Egger *et al.* (2015)

重要。比如，将气候变化构建为一个涉及就业和安全的问题——正如欧洲所做的那样——也许比简单地将其作为一个技术或科学问题进行探讨更为有效。在一些发展中国家，改变“先发展、后治理”的经济发展模式也许应成为其环境政策设计的一个重大转变。

11.2.4 政策组合

正如第10章指出的那样，在环境领域内，一项重要经验教训是必须先精心设计一个与总体政策目标高度一致的政策组合（经济合作与发展组织、国际能源署、核能署【NEA】和国际交通论坛【ITF】，2015年），然后对该政策组合的实际效果进行监测，以认定最佳实践。比如，气候变化缓解这一政策目标就需要碳定价、支持能源效率和可再生能源、逐步取消化石燃料补贴、创新政策、防止某些技术的锁定和消费行为的变革等政策的全面支持（Hood，2011年）。但是，不同政策之间的一致性往往很糟糕，许多政策甚至是相互冲突的。因此，解决这种不一致的问题并确保政策之间相互强化也许是实现环境改善目标的最佳方法之一（经济合作与发展组织等，2015年）。

政策分析文献越来越认识到，有必要将政策视为政策组合的一部分并在更广泛背景下对每一政策进行考量，而不是将其视为孤立政策。政策组合通常被视为与特定政策领域（如可再生能源政策组合）相关，其质量传统上是以定性方式进行评估的，且参考了一系列理念，如：

i. 多项政策工具的一致性（即各项工具相互强化而不是相互削弱的能力）；
ii. 多项政策目标的连贯性（即目标之间不相互抵触的性质）；以及
iii. 多项政策目标和工具的兼容性（即朝着一个方向共同发挥作用的能力）（Howlett和Rayner，2013年；Kern、Kivimaa和 Martiskainen，2017年）

尽管这些理念已被广泛采用，但它们既没有一致的定义，也没有被普遍接受的通用评估方法，从而导致了政策组合模式实证分析的匮乏（Howlett和del Rio，2015年）。除某些类型的政策工具不一定会很好地相互配合这一相当宽泛的认识外，人们对政策组合中各项政策工具之间的互动仍知之甚少。这种现象的一个主要原因，是人们在充分、系统地评价和评估单项政策——即复杂政策组合的构成要素——方面所面临的持续挑战（Capano和Howlett，2009年；Howlett和Cashore，2009年），更不要说评估这些政策是如何相互作用的了。直到最近，相关研究才开始应对这些重要挑战，而其方法要么是基于全面的数据集开展数据组合分析（Schmidt和Sewerin，2018年），要么是就政策工具之间的相互作用进行建模。但是，这些模型通常仅限于两项或三项政策之间的互动，而真实世界中的政策组合通常由许多政策组成，因而要复杂得多。

11.3 政策一体化

环境目标无法只通过实施某一环境政策组合实现；它们必须被融入非环境政策部门中。2030年议程和可持续发展目标（SDG）的一体化方法就强调了这一点。但是，环境抱负通常会与其他部门目标相冲突。比如，能源部门或农业部门使用自然资源的行为或人们利用自然资源进行基础设施建设的努力都会与旨在保护自然资源的努力构成冲突。为促进环境问题与其他政策部门之间的融合，人们提出了“环境政策一体化（EPI）”这一概念（Lay等人，2017年），并得到了《全球环境展望》以往评估的认可。环境政策一体化旨在解决环境目标与其他政策目标之间的冲突，相关科学文献（Nilsson等人，2012年；Runhaar、Driessen和Uittenbroek，2014年）已对其进行探讨，且人们从一开始就在政策背景下就这一问题进行了辩论（Mullally和Dunphy，2015年）。它导致了范围广泛的实施制度、程序和工具的诞生（Jacob等人，2008年）。环境政策一体化的原则还推动了政策讨论的变革，而这种变革又进一步影响了政策成果（Scarse和Ockwell，2010年；Espinosa等人，2017）。一些人则表示，环境政策一体化需要更进一步，要求其“明确承认环境目标作为政策规划和执行指导原则的角色，并将其纳入非环境政策部门决策的所有阶段”（Lafferty，2004年，第201页）。但是，这一层面的抱负并未实现，因为政策不连贯和政策竞争仍是现实世界中的普遍现象——这凸显了那些旨在倡导环境政策一体化的制度、工具和程序的局限性。

实际上，人们并不总是很清楚与其他政策领域相关的制度和社会经济条件到底如何导致环境退化，因此很难洞悉哪些环境政策一体化策略可以有效地缓解这种退化的（Runhaar、Driessen和Uittenbroek，2014年）。农业、交通、城市规划或水资源管理之类的部门如何将环境关切和标准纳入其政策以防止、削弱或缓解任何有害环境影响，这方面的系统性证据目前仍然很匮乏。尽管如此，政治领导力及对多个政策领域共同效益的认可仍是政策一体化的一个必要非充分条件（Persson，2007年；Jordan和Lenschow，2010年）。

政策连贯性

与政策一体化密切相关的一个概念是政策连贯性，即倡导相互强化的政策行动以便多个部门在实现共同目标方面形成协同效应的状况。旨在改善连贯性的努力包括制定国家可持续发展战略和各种路线图，如欧盟委员会制定的那些和欧盟、经济合作与发展组织都在实施的“改善监管（better regulation）”议程（欧盟委员会，2010年）。在这里，政治领导力和共同效益仍是必要非充分条件。2016年，经济合作与发展组织基于以下8个构成要素提出了一个详细的可持续发展政策连贯性框架：

i. 最高级别的政治承诺和领导力；

ii. 一体化的实施方法；
iii. 代际时间线；
iv. 对潜在跨界影响的分析和评估；
v. 政策和制度协调；
vi. 地方和区域参与；
vii. 利益相关方的参与；
viii. 监测和报告（经济合作与发展组织，2017年）。

可持续发展目标（联合国大会，2015年）的出台是联合国环境框架下环境一体化和连贯性努力的一个重要例子。可持续发展目标涵盖了包括气候变化、化学污染、废弃物、海洋和陆地生态系统在内的主要环境领域，但同时也涵盖了既适用于高收入国家又适用于低收入国家的社会、经济和制度发展目标，如食物、水、卫生、能源、健康、教育和公正的获得以及基础设施、城市、就业的发展和增长等（Nilsson和Persson，2017年）。在长期试图将经济和社会发展与环境可持续性相融合之后，可持续发展目标标志着联合国向“可持续”发展这一独特议程的历史性转变。在可持续发展目标推出之前，国际协议都是碎片化和部门性的；环境一体化经常在纸面上被提及，但却很少转化为实践。当然，就可持续发展目标提出的这种不可分割的全面方法的有效性仍然有待观察。

第12-17章明确了一些已经在政策一体化和连贯性方面显现出某些作用的监管及其他政策工具的例子。过去二十年中，在所谓的“改善监管政策”这一总体框架下，大多数国家都制定了某些监管政策（Turnpenny等人，2009年；De Francesco，2012年；Adelle等人，2015年）。在许多国家，这导致了各种制度的创建和各种工具和程序的采用，如监管影响评估、参与式方法和事后评估等。最初，这些工具都是为了降低监管成本和去监管化而出现的。但后来，一些国家却扩大了这些工具的使用范围，将其用于推动可持续发展关切与政策制定过程的融合（Bäcklund，2009年；Adelle和Weiland，2012年；Renda，2017年）。

可持续发展目标（如具体目标17.4）强调了“改善可持续发展政策连贯性”（经济合作与发展组织，2016年）的必要性。在这方面，一项重要经验教训是要确保不同治理层次和经济、社会及环境等不同领域之间的政策连贯性。因此，将环境政策独立于宏观经济或部门政策或旨在解决环境破坏这类人为影响问题的社会政策之外的作法是不够的，因为后者往往会充当环境退化的驱动力。在第12-17章的案例研究中，我们可能会看到，这些其他领域的政策往往会成为实现环境政策有效性目标的促进因素或制约因素。此外，在分析政策连贯性时，决策者还要同时考虑政策的长期和短期影响（经济合作与发展组织，2016年）。

11.3.1 监管政策环境维度的一体化

将环境关切和政策目标纳入不同政策领域是环境政策一体化的基础（Runhaar、Driessen和Uittenbroek，2014年）。事实可能会证明，确保这类关切和政策目标被纳入立法过程可能是环境政策一体化的关键（Jacob等人，2011年）。许多国家都采用了各种方法/工具评估拟通过立法对利益相关方、经济部门和环境的潜在影响（Radaelli，2009年；Jacob等人，2011年；Adelle和Weiland，2012年；Adelle等人，2016年）。在经济合作与发展组织成员国，监管政策的事后评估已成为标准的行政管理程序。比如，荷兰要求所有新设法律、市政厅命令和拟定修正案都要接受这种评估；在加拿大，监管程序的一个关键组成部分是对政府行动影响公民的情况进行描述；在澳大利亚，拟进行的立法和税收相关改革应包含监管影响声明和评估则是一项法定要求（Jacob等人，2011年）。

为有效应对气候变化，Di Gregorio等人（2017年）提出，气候政策一体化需要：

i. 气候缓解与气候适应之间的政策连贯性；
ii. 气候变化与发展目标之间的政策连贯性；
iii. 通过气候变化在部门政策中的主流化实现纵向政策一体化；以及
iv. 通过跨部门协调实现横向政策一体化。

这种多项维度和治理安排共存的现象使得有效的政策设计极其困难。

监管政策的评估要求和实践因国而异，而环境维度被纳入考量的程度也一样（Jacob、Volkery和Lenschow，2008年；Jacob等人，2011年）。但是，在经济合作与发展组织成员国，监管政策的评估都有四个关键维度或目标，即：

i. 影响的评估；
ii. 政策的一体化；
iii. 透明度的倡导；
iv. 问责的改善（Ritzka，2016年）。

此外，监管影响评估据信可改善政策连贯性，将政策冲突减至最少，并最终改善监管质量和良好治理水平（Hertin等人，2009年）。

表11.1：监管影响评估的典型阶段

- 选择拟接受评估的政策建议
- 描述问题和拟实施监管的目标
- 描述基线情景
- 识别拟评估政策选项
- 评估各个选项，包括各选项在不同领域的预期影响及不同影响的衡量和加总
- 就评估结果与利益相关方及存在利害关系的其他各方进行磋商
- 审查评估质量

资料来源：Jacob等人（2011年）

专栏11.1：英国政策评估中的碳估值

2002年，英国经济和财政部（财政部）和环境、食品和农村事务部（DEFRA）就如何将碳排放社会成本纳入决策这一问题发布了一份联合报告。自2003年起，温室气体（GHG）影响评估就成了英国广泛政策评估程序的法定组成部分（英国商业、创新和技能部【BIS】，2010年，第73页）。这项评估采用成本效益分析方法，并要求所有政策倡议都接受评估。

对潜在政府政策产生的温室气体排放进行评估的依据是“为重大气候变化决策提供指导”。所有政策的制定均应满足英国在二氧化碳排放方面的长期和短期目标——这些目标决定了冲突目标之间的选择（商业、创新和技能部，2010年）。温室气体测试是在整个成本效益分析中进行的，其目的是评估某一政策相对于其他替代选项而言是否具有成本效益（同上，第91页）。

2007年，英国对其碳排放社会成本评估方法进行了审查。结果，这一方法被碳排放影子价格取代了，以尊重史登评估（Stern Review）提交的、在当时来说较新的证据。2009年，碳排放影子价格又被修订并被一个目标一致性方法取代了（英国能源和气候变化部【DECC】，2009年，第5页）。

资料来源：Jacob等人（2011年）

监管影响评估通常包含若干个阶段，而环境维度与所有这些阶段都相关（**表11.1**）。将环境维度纳入监管政策评估要用到一些用于收集和分析政策选项潜在成果和影响相关数据的工具。这些工具将用于生成和分析具体影响领域（如社会经济、生物物理模型和一体化模型等）的数据，集成和汇总数据（如情景工具和成本效益分析），并吸引利益相关方参与政策制定（Jacob等人，2011年）。

英国的碳排放社会成本评估很好地说明了上述方法及相关工具（**专栏11.1**）。英国被认为是世界上实施气候影响评估时间最长的国家，它展示了世界上最细致的政策评估方法之一，以及通过具体立法（英国气候变革法案）支持这项工作的作法（Jacob等人，2011年）。

考虑到监管政策评估方法和工具的多样性，Adelle等人（2011年）提出，这种评估并没有所谓的“唯一方法”或“最佳方法”。但是，一些辖区（如欧盟）在社会、经济和环境维度的处理和考量方法的高度一体化方面却可被视为楷模（Adelle等人，2016年）。基于对经济合作与发展组织部分成员国监管政策评估进行的一次回顾，Jacob等人（2011年）提出了如何在监管政策评估中更好地考虑环境维度的建议。这些建议包括：

- 对经济活动实施监管时，将环境成本和效益纳入考量；
- 实施早期评估、通报和参与式方法，以便将部门之间及与利益相关方之间的冲突减至最少，同时提高建议的社会稳健性；
- 采用充分证实的模型，比如气候变化、有害物质排放和土地利用方面的模型；
- 引入制度要求，包括质量控制、透明度和磋商机制，以及
- 在环境部门和机构中开展监管影响评估实施或支持能力建设。

11.3.2 其他政策一体化工具

除监管影响评估之类监管政策工具外，人们还开发了其他的政策一体化工具。环境影响评价（EIA）就是其中之一。目前，环境影响评价已在全球范围内广泛使用，尤其用于水坝之类的大规模项目及其他基础设施项目（Morgan，2012年）。过去20年间，环境影响评价得到了稳步运用，并在许多国际协议（如《埃斯波公约》《拉姆萨公约》《奥尔胡斯公约》《联合国气候变化框架公约》《联合国海洋法公约》和《关于环境保护的南极条约议定书》（即《马德里条约》））中得到了认可。

战略环境评价（SEA）对环境影响评价进行了细化，并将环境影响评价的原则、程序和方法延伸到了更高的决策层面（Lee和Walsh，1992年）。作为一项工具，战略环境评价被认为可在更广泛的视角下并在更加系统和全面的程序中对一整套政策进行评估：政策、计划或项目及其替代项目的环境影响都在其评估范围之内。战略环境评价是一种能够在计划和项目最终通过之前将环境考量充分纳入其准备过程的程序。战略环境评价程序的目标是“协助将环境考量纳入指定计划和项目的准备和实施过程，从而提供高水平的环境保护并推动可持续发展”（英国环境保护署【UK EPA】，2018年）。

对欧盟委员会而言，战略环境评价程序可总结如下：“制作一份环境报告，以明确拟实施计划或项目可能对环境产生的显著影响及其合理替代选项。就计划或项目草案向公众和环境当局进行通报和磋商，并制作环境报告”。2008年11月，欧盟批准了《战略环境评价议定书》（Protocol on Strategic Environmental Assessment），取代了欧盟立法中之前就存在的《战略环境评价指令》（指令2001/42/EC）（欧盟委员会，2001年）。

就各类政策一体化工具具体运用及旨在评估政策一体化程度的各项努力的实际成果而言，相关证据仍然很少，且大部分评估案例都是以欧洲为背景进行的。比如，在环境责任规定很薄弱的国家，环境影响评价/战略环境评价工具的有效性可能是有限的（联合国非洲经济委员会，2005年；Kotze和Plessis，2006年；Gitari等人，2016年）。

“出版与欧洲研究生态”项目（PEER）是少数例外之一（Mickwitz等人，2009年）。该项目对欧洲不同国家、政策

部门及某些情况下不同区域和城市的气候政策一体化程度进行了评估。它采用的评估标准有五项，即包容性、一致性、加权、报告和资源。此外，该项目还分析了所有项目国家旨在改善气候政策一体化及政策连贯性的措施和手段，但大多数分析都集中于一两项政策以及少数区域和城市。在开展了这些工作后，人们是可能得出某些结论的，如减排已成为一个关键政治问题、气候变化已被广泛纳入政府规划等。入选该项目的国家都承认，如果要实现更具雄心的气候变化缓解承诺，气候政策的一体化都是必需的。

在政策一体化方面，“出版与欧洲研究生态”项目发现的一个事实是，一些城市也将气候目标纳入了它们的战略和具体措施中，且它们的目标有时甚至比国家的目标还要远大。该项目还强调，有效的气候政策一体化需要充足的知识和资金等资源。没有这些资源，真正认识到一般政策或部门政策与气候变化之间的联系及寻找和实施替代政策的目标都是不可能实现的。根据“出版与欧洲研究生态”项目的研究成果，鉴于导致温室气体排放的社会经济进程及适应气候变化进程的高度复杂性，政策必须以学习为依据。

非国家主体（如城市、公民社会团体等）在全球气候治理中日益增强的角色正在为气候缓解努力的推动做出相当大的贡献。美国宣布退出《巴黎协定》的例子说明，气候政策一体化并不是一个单向通道，而是可能出现倒退的。尽管美国政府的决定可能并没有对美国社会和企业旨在减少温室气体排放的努力造成负面影响，但它仍然说明了加强制度化的必要性。

© Shutterstock/Saylakham

除能源政策评估外，欧盟的共同农业政策（CAP）评估则是政策一体化工具的另一个例子。欧盟的共同农业政策可追溯至1962年，是以提供价格支持和保证粮食安全为目标的最悠久政策之一。2013年，欧盟共同农业政策相关改革将可持续发展认定为该项目的核心目标之一。于是，欧盟农业政策的一体化方式也发生了演变：在此之前，欧盟的立场是假定农业政策与环境政策之间具有内在一致性，而在此之后，欧盟形成了一项更加广泛的共识，即环境政策一体化的明确宣示是有必要的。尽管如此，气候变化考量在欧盟农业部门的政策努力中仍是明显缺失的。

相比之下，由于明显的环境关切，欧盟的能源政策开发努力成功纳入了环境考量，而最近，不断强化的气候变化意识更是强化了欧盟旨在实现环境政策与能源政策一体化的努力。很明显，能源领域的政策一体化已经从20世纪90年代末强调可持续发展的状况发展到了当前能源政策的环境维度几乎完全为气候变化议程所垄断的地步，并因此而导致了倡导“可持续核能”和过度强调生物燃料的必要性这些明显的反常现象。这种不同政策边界之间缺乏一致性的现象使得环境政策的一体化难以进行，甚至可能导致跨领域（如能源和农业这两个领域的生物燃料）政策工具之间的冲突（Mullally和Dunphy 2015年）。

尼泊尔的努力则是另一个明显例子。该国不仅曾经试图将气候变化纳入环境事务，而且曾试图将其作为所有发展规划的一个主要考量。尼泊尔的气候公共支出和制度评估（尼泊尔政府等，2011年）对该国气候变化相关财政资金分配和支出方面的财务管理制度及制度安排和政策指令进行了评估。这项评估对尼泊尔之前强调气候变化项目运作的作法进行了考察，并承认了各个社群包括公民社会、私营部门和国际社会在整个过程中扮演的角色。这项评估的主要发现之一是，尼泊尔缺乏不同部门政策一体化所需要的机构协作和能力建设。此外，预算实施的碎片化也抑制了人们进行支出协调以推动和倡导最佳产出和成果的努力，甚至促使一些人试图将气候变化支出纳入国家的会计科目表。

环境政策一体化的最后一个例子涉及全球贸易体制。2010年，作为欧盟“欧洲2020”战略的一部分，《关于贸易、增长和世界事务的通报》曾试图将环境关切明确纳入欧盟的贸易协议战略。2012年，在《关于贸易、增长和发展的通报》中，欧盟再次尝试了上述努力（Morin、Pauwelyn和Hollway，2017年）。但是，正如欧盟与加拿大、美国和日本之间近期贸易协议谈判引发争端所显示的那样，这种作法的有效性仍在争论之中。

在多边层面，欧盟在世界贸易组织（WTO）贸易与环境委员会常规和特殊会议上积极参与了旨在推动《多哈宣言》第31条关于环境产品和服务自由化这一使命的活动，但到目前为止仍收效甚微。2014年，占全球环境产品贸易

份额超过80%的14个世界贸易组织成员国（包括欧盟）发起了绿色产品倡议。作为第一步，这个倡议的目标是大范围取消绿色产品的关税。当前正在进行的《环境产品协定》（EGA）谈判的目标，就是要以较低成本供应高质量的环境产品和技术。

比如，欧盟还以《贸易与可持续发展》（TSD）这种章节的形式将环境条款纳入了双边和区域优惠贸易协定中。这些条款特别要求欧盟的贸易伙伴在其国内批准主要的多边环境协议并采取有效措施将其付诸实施。这些条款是通过可持续性影响评估（SIA）的方式被纳入协定谈判进程的。可持续性影响评估是由外部咨询机构独立开展的评估，但需要利益相关方的投入。之后，欧盟及公民社会都将对贸易伙伴实施《贸易与可持续发展》相关环境条款的情况进行监测。由于这种条款可能意味着代价高昂的承诺，因此贸易伙伴在与第三方缔结后续贸易协定时可能也会要求将类似环境条款纳入（Milewicz等人，2016年）。为了使发展中国家的出口商能够就其向欧盟的出口支付较低关税，欧盟还单方面创建了普遍优惠制（GSP）。这种“普遍优惠制+”的安排旨在通过提供额外贸易优惠的方式建设弱势国家将环境关切纳入其可持续发展规划的能力。

贸易与环境之间的这种关系在其他方面也很明显。比如，环境政策可能会抑制某些不可取的贸易形式，而贸易政策也可能削弱某些本来更加强势的国际环境政策。贸易政策措施在众多环境工具中都有体现，如对濒危动植物物种和非法木材贸易、非法、未报告和无管制（IUU）捕捞、具有区域或全球影响的化学品、臭氧消耗物质进行的限制等。总体而言，环境非政府组织（NGO）的影响力及其对贸易政策的关注仍然有限（Dür和De Bièvre，2007年）。

总之，环境政策一体化及其相关工具已被那些试图将环境关切纳入其他相关部门政策的政府广泛使用。但是，对环境政策一体化实际成果和影响的评估目前仍然匮乏，而重大挑战仍然挥之不去，如制度碎片化、能力建设缺失、利益相关方参与困难等，甚至连与气候变化之外其他环境问题的一体化也仍是一大挑战。

11.3.3 共同效益：关于环境政策对经济增长、创新和就业影响的发现

支持环境政策一体化的一个重要论据，是实施环境政策能够预期或显现出来的经济和社会共同效益。这些效益可能包括创新带来的额外经济增长、自然资源利用效率提高带来的节余、环境破坏成本的规避等。但是，共同效益这个概念目前仍是人们争论的对象，因为它基本上忽略了政治和“南方—北方国家”这些维度（Mayrhofer和Gupta 2016年）。

具体而言，将环境维度纳入主要经济部门的政策能够得益于协同效应，并以缓解稀缺性的方式推动长期增长。在这方面，据估算，在2011-2050年间，相当于全球国内生产总值（GDP）2%的绿色投资将拉动至少相当于“一切照旧”乐观情景下增长率的长期经济增长，同时将气候变化、水资源稀缺和生态系统服务丧失带来的不利影响降至最低（联合国环境规划署，2011年）。

在许多情况下，将环境关切纳入且设计巧妙的政策能够推动创新（特别是技术创新，但同时也包括政策和制度创新）（Ambec和Barla，2002年；Ambec等人，2013年）。这个结论是基于下列假设做出的（Porter和van der Linde，1995年，第99–100页，转引自：Ambec等人，2013年）：

- “……监管就可能出现的资源低效现象和潜在的技术改进向公司发出了信号”。
- “……以收集信息为重点的监管能够通过提高企业意识实现重大效益”。
- “……监管降低了旨在应对环境问题的投资是否有价值这方面的不确定性”。
- “……监管形成了能够激发创新和进步的压力”。
- “……监管为过渡期创造了公平的竞争环境。在向创新性解决方案过渡期间，监管可确保任何公司均无法通过规避环境投资的方式投机性地获利”。

在这一背景下，诸如环境税和可交易排放权之类的市场化灵活工具据信更有利于创新，因为它们允许企业自行选择实现合规的最佳方式（Ambec等人，2013年）。此外，在那些致力于获得竞争优势和/或维护社会经营许可证的企业中，过度合规的趋势正越来越明显（Ford、Steen和Verreyne，2014年）。因此，市场化工具对于触发基于效率的绿色经济进程至关重要（欧洲能源署，2014年）。尽管如此，由于没怎么考虑社会公平（如允许出现不利于穷人的分配效应），以效率为重点的绿色经济方法和市场化工具仍然经常受到人们的批评。

环境政策也可对就业产生影响，特别是在纳入了环境维度的经济活动中；可再生能源、建筑、交通、农业、林业、回收和废弃物管理等方面的环境政策就是例子（联合国环境规划署，2011年；经济合作与发展组织，2017年）。可再生能源是就业增长的一个关键来源。2016年，这个部门据估计在全球范围内创造了810万个工作岗位。相关预测指出，到2030年，这一数据可能高达2000万：其中，210万个将由风能行业创造；630万个将由太阳光伏行业创造，1200万个将由生物燃料相关农业和工业创造（经济合作与发展组织，2017年）。由于资源效率更高低碳经济的发展，其他行业如农业、建筑、林业和交通运输等据预测也将见证高于一切照旧可比情景的长期、中期和短期就业增长（联合国环境规划署，2011年）。比如，在可再生能源就业领域引领全球的中国据预测至少将因交通运输和林业等部门的绿色化而创造出450万个工作岗位（Pan、Ma和Zhang，2011年）。但是，将其他部门潜在就

业损失纳入考量并计算环境政策就业创造净效应的其他研究则没有这么乐观。尽管如此，总体证据表明，这种净效应至少不会是负数（Telli等人，2008年；Lin和Jiang，2011年；Willenbockel，2011年；Jacob、Quitzow和 Bär，2015年）。

11.4 国际治理和多层次治理的有效性

11.4.1 制度有效性的长期概念挑战

当然，环境问题的适当构建和良好的政策设计只是政策有效性分析的一部分（如图11.2中的政策循环所示）。设计、融合并实施成功的环境政策需要有效的制度。考虑制度有效性时，要克服几个关键挑战。将有效性这个概念与诸如合规和执行之类的相邻概念区分开来就是其中之一（Chayes和Chayes，1993年）。这一点很重要，因为一项制度的参与者可能会都很合规，但制度本身却没有任何效果。监管工具形式上的合规是一阶有效性的例子：这种合规能够解决被识别问题，但不一定能够解决二阶和三阶问题（即其他影响和副作用）。

如果一项制度只能靠自愿参与来解决环境问题（国际制度往往就是这样），那么，参与者可能会倾向于为了遵守而遵守这项制度，或者干脆就无视这项制度，因为它们当初就是为了加入而加入这项制度的。因此，一些制度可能无法促成行为变革，正如它们无法筛查出那些本来就不愿意遵守这些制度的主体一样（Downs、Rocke和Barsoom，1996年；Von Stein，2005年；Simmons，2010年）。联盟和俱乐部也许能够为同行压力介入并帮助克服制度阻力创造机会。混合治理——即将不同治理模式和工具相结合的治理——有助于不同主体之间的相互强化（如通过信息共享和监管方法），正如欧洲化学品条例“REACH”显示的那样（Hey等人，2007年）。

另一项挑战是要将有效性与效能（performance）区分开来（Gutner和Thompson，2010年）。就生物多样性而言，Le Prestre（2002年）对有效性在问题解决过程中的用途（请同时参见Young，2011年）、目标达成、实施、合规、行为变革、合作和规范性收益（正义）等概念进行了区分。

为衡量制度的有效性，人们提出了许多不同方法，其中既有定性方法，也有定量方法。比如，奥斯陆—波茨坦方案（Hovi、Sprinz和Underdal，2003年）提出了一种利用无机制反事实情景（即没有负责任制度情形下将发生什么的假设情景）和通过分析得到的集体最优状况对制度有效性进行衡量的分析方法。但是，这种方法因为无法提出连贯一致的基线而受到了人们的质疑（Young，2003年）。一种常见的替代方法是利用明确的统计模型模拟无机制反事实情景，在控制对相关行为变量产生其他似是而非效应的情况下估算“制度效应”（Bernauer，1995年）。

11.4.2 制度有效性的决定因素

理解制度的有效性对于强化现有国家环境制度和/或创设新制度非常重要（Young，2011年）。目前，诸如地方政府、城市和公民社会组织之类的非国家主体在国际环境政策讨论中正变得日益重要（Nasiritousi等人，2016年）。在国家政府不支持国际共识环境目标的情况下，个别州和城市可能会制定自己的实施议程，正如它们在《巴黎协定》中所做的那样。

制度有效性的一个主要决定因素是制度致力于解决的问题的结构（Mitchell和Keilbach，2001年）。这些情景因素包括问题的分布和执行问题，以及各种不确定性（Koremenos，Lipson和Snidal，2001年）。此外，相关主体认识到问题（Mitchell 2009；Breitmeier，Underdal和Young，2011年）的存在并提供必要的环境领导力也非常重要（Sprinz和Vaahtoranta，1994年）。

其次是涉及政策问题的特定主体。在某些情况下，强大主体的支持对于制度的成功非常重要。但是，这并非制度成功的必要条件（Young，2011年）。某些机构可依赖强大的、有意愿主体组成的联盟创建并实施强有力的制度（Sebenius，1991年）。但是，这些“推动者”可因为“落后者”而感到沮丧（Sprinz和Vaahtoranta，1994年；Haas、Keohane和Levy，1993年）。在复杂谈判中，各方都接受的最低限度的目标往往会成为进步的巨大障碍（Underdal，1983年）。

国际制度产生效能的重要机制之一是国内杠杆。通过提供信息资源，国际制度可实现国内主体的赋能，从而诱发国内政策变化（Dai，2005年）。

另一主要决定因素是制度设计。Young（2011年）认为，在决定制度的有效性方面，制度设计往往比问题结构更重要。体制规则的深度和密度也非常重要（Breitmeier、Underdal和Young，2011年）。而且，最“深刻”的制度不一定会吓跑潜在参与者（Bernauer等人，2013年）。许多主体都会被那些一定会产生成果的制度吸引过来（Hollway和Koskinen 2016年）。

但是，制度设计的效果会超出严格意义上的监管范围（Young，2011年），特别是在设立了国际组织的情况下。一个组织的设计可孕育某种制度文化，并使该组织能够在某一问题领域（如私人治理和公私治理领域等）各积极治理主体的协调方面扮演一定角色（Abbott和Snidal，2010年；Andonova，2017年）。关于“前沿”问题的其他考量对决策者可能也非常重要。这些考量包括：(i) 环境制度赖以生存的国际社会的深层结构，以及使体制与这种结构特别是权力结构和规范保持一致的必要性；(ii) 人类与环境互动的非线性性质（Young，2011年）。

11.4.3 多层次治理中的横向和纵向互动

国际环境制度不仅会相互影响，而且会与其他政策领域（如贸易、能源和金融领域）的制度相互影响（Stokke，2001年；Gehring和Oberthür，2008年；Oberthür，2009年；Oberthür和Stokke，2011年）。一般而言，多边环境协议能够为国家层面的环境决策提供支持，但连贯性和互动仍是一大挑战。制度互动可分为横向互动（即同一级别机构之间的互动）和纵向互动（即从国际层面一直到地方政府层面的互动）（Young，2002年；Young，2006年）。当两项或更多制度共同致力于解决的问题以空间、生物地球物理或社会经济的方式联系在一起的时候，制度互动还可以功能互动的形式进行区分。在这种情况下，一项制度的运作将直接影响另一项制度的有效性（Adger、Brown和Tompkins，2005年；Young，2002年；Young，2006年）。此外，当制度主体在制度之间创建联系以推动单项或集体目标时，制度互动还可受政治联系的影响（Young，2002年；Young，2006年）。而且，它还为择地诉讼（即寻找能够给个人或集体带来最大利益的制度安排的行为）带来了机会（Gehring和Oberthür，2009年）。

互动可能会使制度之间发生冲突。但是，它同样可产生积极或具有协同效应的互动。在产生冲突的情况下，人们可通过谈判并达成妥协的方式解决冲突，以确保相关制度能够在不过度影响对方解决其目标问题的能力这一前提下共同运作（Young，2011年）。互动的概念还可能为旨在改善横向和纵向一体化的努力提供相关切入点。

由于17项可持续发展目标都要实现充分的一体化和普及化，因此，一些国家目前正在努力设计最有效的制度安排，以实现预期的横向和纵向政策一体化。2017年对各国至今提交的《自愿国别报告》进行的综合分析发现，到目前为止，只有三分之一左右的国家正在应对所有可持续发展目标（联合国 2017），但几乎所有国家都落实了某些相关制度安排。

制度方面横向一体化的一些例子有：

- 最初，蒙古成立了一个环境与绿色发展部。最近，这个部门又被改成了环境与旅游部。这个新设部门主管着一个绿色发展协调委员会。
- 斯里兰卡将可持续发展目标相关职责赋予了总统办公室，由总统主管国家可持续发展委员会。
- 阿富汗本来就设有一个高级部长委员会。现在，可持续发展目标在该国的本地化及根据目标和指标分配预算的工作都由这个委员会负责。
- 哥斯达黎加成立了一个可持续发展目标高级委员会，由总统和三位主要部长共同主管。
- 尼日利亚成立了一个关于可持续发展目标的总统委员会，并创设了关于可持续发展目标的高级特别总统助理这一职位。
- 孟加拉成立了一个可持续发展目标部际监测和实施委员会，涉及21个部。
- 白俄罗斯设立了可持续发展目标实现国家协调员，由其主管由30个机构组成的国家可持续发展委员会。
- 博茨瓦纳设立了一个包括联合国和所有利益相关方团体在内的国家指导委员会。
- 捷克共和国设立了一个由9个主题委员会组成的可持续发展政府委员会。
- 日本成立了一个由首相负责的可持续发展目标促进总部这一内阁级机构。
- 丹麦设立了一个由财政部负责协调的可持续发展目标部际工作组。

纵向一体化的例子有：

- 巴西的可持续发展目标国家委员会由27名联邦、州、区和市政府的代表组成。
- 比利时的可持续发展部际会议由负责可持续发展的联邦、地区和社区委员组成。
- 印度设立了一个“改造印度国家研究院”，由总理亲自主管。
- 马尔代夫地方政府当局将由岛屿委员会实施的五年发展规划与可持续发展目标进行了结合。
- 埃塞俄比亚制定了一个可持续发展目标实施增长和转型计划。该计划每年都要向议会常务委员会递交一份报告。

此外，阿富汗、阿根廷、孟加拉、伯利兹、贝宁、博茨瓦纳、巴西、智利、哥斯达黎加、捷克共和国、洪都拉斯、肯尼亚、马来西亚、马尔代夫、尼泊尔、秘鲁、泰国和津巴布韦等国都已明确将利益相关方参与纳入其可持续发展目标相关制度安排。

鉴于制度安排的这种广泛性，一个相关问题是，制度一体化安排方面既往努力得出的经验教训是否已被这些制度安排纳入了其当前作法。由于向可持续发展高级别政治论坛提交《自愿国别评估》的国家越来越多，这个问题应予以明确。

1992年联合国环境与发展大会召开后，横向一体化的早期形式（即可持续发展国家委员会（NCSD））曾经风靡一时，并因2002年召开的约翰内斯堡可持续发展峰会而得到了强化。但是，它们的形式、功能和有效性却因国家的不同而存在着相当大的差异（Osbourn、Cornforth和Ullah，2014年）。

《约翰内斯堡实施计划》的实施取得一定进展后，2012年召开的联合国可持续发展大会（即“里约+20”峰会）又发起了一个导致可持续发展目标出现的进程（又被称为“2015年后发展议程”）。

为丰富这一进程的内容，国家可持续发展委员会全球网络及类似机构对过去25年的一体化努力进行了评估，以总结良好实践和成功因素（Osborn、Cornforth和Ullah，2014年）。该全球网络及负责地方21世纪议程的地方政府也说明了纵向一体化的重要性。

和众多环境部一样，许多国家可持续发展委员会发现自己提出的建议往往难以被当局接受。所以，它们通常不得不通过非传统媒体途径传播其主要建议。与各自为政式的常规政府官僚体制之间充分保持一定距离的作法可促进这种非传统的传播机制，并提高接触更广泛利益相关方的能力。

国家可持续发展委员会的组成通常反映了一国的政治背景。在这方面，人们尚未表现出明显的偏好。如果国家可持续发展委员会的成员只有政府机构，则其受政治利益影响的风险较高，且可能会出现目标定得过低的情况。混合成员制会在避免政府观点占据支配地位并紧盯整个大局方面出现困难。由非政府组织及其他政府外成员占主导地位的委员会则会在影响决策者方面出现困难，且通常会出现长期资金问题。但是，国家可持续发展委员会的一项成功关键要素是其主席的地位和参与度，独立主席或联合主席的安排似乎能够产生最佳结果。

尽管存在上述不利之处，人们仍得出了下列结论："如果国家可持续发展委员会已经存在，则应滋养之；如果尚不存在，则应仔细考虑成立之；如果已被终止，则出于短期原因应考虑（以新的形式）重建之"（Osborn、Cornforth和Ullah，2014年）。

11.5 结论

良好政策设计的重要性怎么强调都不过分。良好政策设计的一些共同要素包括：

i. 通过包容、参与式的设计程序设定长期愿景，并避免危机模式的决策；
ii. 设立基线、量化目标和里程碑；
iii. 开展事前和事后成本效益或成本有效性分析，以确保公共资金的最高效、最有效运用；
iv. 在实施过程中建设政策监测机制，且最好将受政策影响的利益相关方纳入；以及
v. 开展政策成果和影响的预后评估，以消除政策漏洞并改善未来政策设计（Mickwitz等人，2009年，第12页）

此外，还应重点确保监管安排和政策工具将地方状况纳入考量。进行适当设计的必要性同样适用于国际体制（Young，2011年）。在需要有效政策组合的情况下，政策设计的复杂性将提高。这种情形通常出现在受不同部门优先事项影响的领域。政策连贯性和环境政策一体化是确保政策具有系统性且不相互破坏的关键考量。制度有效性通常源于协作式和参与式安排，既涉及横向一体化，又涉及纵向一体化。

政策扩散通常都是积极的，但在下列条件下，则可能被滥用：(i) 采用的政策对新情景并非真正有效；且 (ii) 政策的可转移性仅仅只是假设，并没有在不同条件下接受测试。尽管复制是人的本性，但循证政策目前并没有替代品。

参考文献

Abbott, K.W. and Snidal, D. (2010). International regulation without international government: Improving IO performance through orchestration. *The Review of International Organizations* 5(3), 315-344. https://doi.org/10.1007/s11558-010-9092-3.

Adelle, C., Jordan, A., Turnpenny, J., Bartke, S., Bournaris, T., Kuittinen, H. *et al.* (2011). *Impact Assessment Practices in Europe.* Berlin: LIAISE Innovation. https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/18658/LIAISE_innovation_report_n02.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Adelle, C., Macrae, D., Marusic, A. and Naru, F. (2015). New development: Regulatory impact assessment in developing countries—tales from the road to good governance. *Public Money & Management* 35(3), 233-238. https://doi.org/10.1080/09540962.2015.1027500.

Adelle, C. and Weiland, S. (2012). Policy assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal* 30(1), 25-33. https://doi.org/10.1080/14615517.2012.663256.

Adelle, C., Weiland, S., Dick, J., Olivo, D.G., Marquardt, J., Rots, G. *et al.* (2016). Regulatory impact assessment: A survey of selected developing and emerging economies. *Public Money & Management* 36(2), 89-96. https://doi.org/10.1080/09540962.2016.1118930.

Adger, W.N., Brown, K. and Tompkins, E.L. (2005). The political economy of cross-scale networks in resource co-management. *Ecology and Society* 10(2). https://doi.org/10.5751/ES-01465-100209.

Alizada, K. (2017). *Diffusion of Renewable Energy Policies.* Doctor of Philosophy (PhD), Old Dominion University https://digitalcommons.odu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1015&context=gpis_etds

Ambec, S. and Barla, P. (2002). A theoretical foundation of the Porter hypothesis. *Economics Letters* 75(3), 355-360. https://doi.org/10.1016/s0165-1765(02)00005-8.

Ambec, S., Cohen, M.A., Elgie, S. and Lanoie, P. (2013). The Porter Hypothesis at 20: Can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy* 7(1), 2-22. https://doi.org/10.1093/reep/res016.

Andonova, L.B. (2017). *Governance Entrepreneurs: International Organizations and the Rise of Global Public-Private Partnerships.* New York, NY: Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/books/governance-entrepreneurs/70BCBC8857B11FB1593A6767993AC62B.

Bäcklund, A.-K. (2009). Impact assessment in the European Commission- a system with multiple objectives. *Environmental Science & Policy* 12(8), 1077-1087. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.04.003.

Baumgartner, F.R. and Jones, B.D. (2009). *Agendas and Instability in American Politics. 2nd* edn. American Politics and Political Economy Series. Chicago, IL: The University of Chicago Press. http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/A/bo6763995.html.

Bernauer, T. (1995). The effect of international environmental institutions: How we might learn more. *International Organization* 49(2), 351-377. https://doi.org/10.1017/s0020818300028423.

Bernauer, T., Kalbhenn, A., Koubi, V. and Spilker, G. (2013). Is there a "Depth versus Participation" dilemma in international cooperation? *The Review of International Organizations* 8(4), 477-497. https://doi.org/10.1007/s11558-013-9165-1.

Biesenbender, S. and Tosun, J. (2014). Domestic politics and the diffusion of international policy innovations: How does accommodation happen? *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 29, 424-433. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.001.

Breitmeier, H., Underdal, A. and Young, O.R. (2011). The effectiveness of international environmental regimes: Comparing and contrasting findings from quantitative research. *International Studies Review* 13(4), 579-605. https://doi.org/10.1111/j.1468-2486.2011.01045.x.

Calliess, C. (2001). *Rechtsstaat und Umweltstaat: Zugleich ein Beitrag zur Grundrechtsdogmatik im Rahmen mehrpoliger Verfassungsverhältnisse.* Tübingen: Mohr Siebeck. https://www.mohr.de/buch/rechtsstaat-und-umweltstaat-9783161475788.

Capano, G. and Howlett, M. (2009). Introduction: The determinants of policy change: Advancing the debate. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice* 11(1), 1-5. https://doi.org/10.1080/13876980802648227.

Cass, L. (2005). Norm entrapment and preference change: The evolution of the European Union position on international emissions trading. *Global Environmental Politics* 5(2), 38-60. https://doi.org/10.1162/1526380054127736

Chayes, A. and Chayes, A.H. (1993). On compliance. *International Organization* 47(2), 175-205. https://doi.org/10.1017/S0020818300027910.

Colgan, J.D., Keohane, R.O. and Van de Graaf, T. (2012). Punctuated equilibrium in the energy regime complex. *Review of International Organizations* 7(2), 117-143. https://doi.org/10.1007/s11558-011-9130-9.

Dai, X. (2005). Why comply? The domestic constituency mechanism. *International Organization* 59(2), 363-398. https://doi.org/10.1017/s0020818305050125.

Daugbjerg, C. (2003). Policy feedback and paradigm shift in EU agricultural policy: The effects of the MacSharry reform on future reform. *Journal of European Public Policy* 10(3), 421-437. https://doi.org/10.1080/1350176032000085388.

De Francesco, F. (2012). Diffusion of regulatory impact analysis among OECD and EU member states. *Comparative Political Studies* 45(10), 1277-1305. https://doi.org/10.1177/0010414011434297.

Di Gregorio, M., Nurrochmat, D.R., Paavola, J., Sari, I.M., Fatorelli, L., Pramova, E. *et al.* (2017). Climate policy integration in the land use sector: Mitigation, adaptation and sustainable development linkages. *Environmental Science & Policy* 67, 35-43. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.11.004.

Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the Assessment of the Effects of Certain Plans and Programmes on the Environment, 2001. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0042&from=EN.

Downs, G.W., Rocke, D.M. and Barsoom, P.N. (1996). Is the good news about compliance good news about cooperation? *International Organization* 50(3), 379-406. https://doi.org/10.1017/S0020818300033427.

Dür, A. and De Bièvre, D. (2007). Inclusion without influence? NGOs in European trade policy. *Journal of Public Policy* 27(1), 79-101. https://doi.org/10.1017/S0143814X0700061X.

Eckersley, R. (2005). *The Green State: Rethinking Democracy and Sovereignty.* Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/green-state.

Egger, C., Priewasser, R., Rumpl, J., Gignac, M., European Federation of Agencies and Regions for Energy and the Environment, European Council for an Energy Efficient Economy and Energy Cities (2015). *Survey Report 2015: Progress in Energy Efficiency Policies in the EU Member States - The Experts Perspective: Findings from the Energy Efficiency Watch Project.* Linz: OÖ Energiesparverband. http://www.energy-efficiency-watch.org/fileadmin/eew_documents/EEW3/Survey_Summary_EEW3/EEW3-Survey-Report-fin.pdf.

Espinosa, C., Pregernig, M. and Fischer, C. (2017). *Narrative und Diskurse in der Umweltpolitik: Möglichkeiten und Grenzen ihrer strategischen Nutzung.* Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-27_texte_86-2017_narrative_0.pdf.

European Commission (2010). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Smart Regulation in the European Union* Brussels. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0543&from=EN.

European Environment Agency (2001). *Reporting on Environmental Measures: Are we Being Effective?* Environmental Issue Report. Copenhagen: European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/publications/rem/issue25.pdf.

European Environment Agency (2006). *Policy Effectiveness Evaluation: The Effectiveness of Urban Wastewater Treatment and Packaging Waste Management Systems.* Copenhagen K, Denmark. https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7c46337b-cfd7-4a13-8c83-082bcd5f2d13.

European Environment Agency (2014). *Resource-Efficient Green Economy and EU Policies.* Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/resourceefficient-green-economy-and-eu/at_download/file.

Falkner, R. (2016). The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs* 92(5), 1107-1125. https://doi.org/10.1111/1468-2346.12708.

Flanagan, K., Uyarra, E. and Laranja, M. (2011). Reconceptualising the 'policy mix' for innovation. *Research Policy* 40(5), 702-713. https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.02.005.

Ford, J.A., Steen, J. and Verreynne, M.-L. (2014). How environmental regulations affect innovation in the Australian oil and gas industry: Going beyond the Porter Hypothesis. *Journal of Cleaner Production* 84, 204-213. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.062.

Gehring, T. and Oberthür, S. (2009). The causal mechanisms of interaction between international institutions. *European Journal of International Relations* 15(1), 125–156. https://doi.org/10.1177/1354066108100055.

Gitari, E., Kahumbu, P., Jayanathan, S., Karani, J., Maranga, W., Muliro, N. *et al.* (2016). *Outcome of Court Trials in the First Two Years of Implementation of the Wildlife Conservation and Management Act, 2013: Courtroom Monitoring Report, 2014 and 2015.* Nairobi, Kenya: Wildlife Direct. https://wildlifedirect.org/wp-content/uploads/2017/03/WildlifeDirect-Courtroom-Monitoring-Report1.pdf.

Government of Nepal, National Planning Commission, United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme and Capacity Development for Development Effectiveness Facility for Asia Pacific (2011). *Nepal Climate Public Expenditure and Institutional Review.* Kathmandu: National Planning Commission, Government of Nepal. https://www.climatefinance-developmenteffectiveness.org/sites/default/files/documents/05_02_15/Nepal_CPEIR_Report_2011.pdf.

Graham, E.R., Shipan, C.R. and Volden, C. (2013). The diffusion of policy diffusion research in political science. *British Journal of Political Science* 43(3), 673-701. https://doi.org/10.1017/s0007123412000415.

Gray, W.B. and Shimshack, J.P. (2011). The effectiveness of environmental monitoring and enforcement: A review of the empirical evidence. *Review of Environmental Economics and Policy* 5(1), 3-24. https://doi.org/10.1093/reep/req017.

Gutner, T. and Thompson, A. (2010). The politics of IO performance: A framework. *The Review of International Organizations* 5(3), 227-248. https://doi.org/10.1007/s11558-010-9096-z.

Haas, P.M., Keohane, R.O. and Levy, M.A. (eds.) (1993). *Institutions for the Earth: Sources of Effective International Environmental Protection.* Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/institutions-earth.

Heichel, S., Holzinger, K., Sommerer, T., Liefferink, D., Pape, J. and Veenman, S. (2008). Research design, variables and data. In *Environmental Policy Convergence in Europe: The Impact of International Institutions and Trade.* Holzinger, K., Knill, C. and Arts, B. (eds.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. chapter 4. 64-97. https://www.cambridge.org/core/books/environmental-policy-convergence-in-europe/research-design-variables-and-data/F6DB3BADF226FC81481C102CD4CEA471

Hertin, J., Jacob, K., Pesch, U. and Pacchi, C. (2009). The production and use of knowledge in regulatory impact assessment – An empirical analysis. *Forest Policy and Economics* 11(5-6), 413-421. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.01.004.

Hey, C., Jacob, K. and Volkery, A. (2007). Better regulation by new governance hybrids? Governance models and the reform of European chemicals policy. *Journal of Cleaner Production* 15(18), 1859-1874. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.11.001.

Hildén, M., Jordan, A. and Rayner, T. (2014). Climate policy innovation: Developing an evaluation perspective. *Environmental Politics* 23(5), 884-905. https://doi.org/10.1080/09644016.2014.924205.

Hollway, J. and Koskinen, J. (2016). Multilevel bilateralism and multilateralism: States' bilateral and multilateral fisheries treaties and their secretariats. In *Multilevel Network Analysis for the Social Sciences.* Lazega, E. and Snijders, T.A.B. (eds.). Cham: Springer. 315-332. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24520-1_13

Holzinger, K., Knill, C. and Sommerer, T. (2011). Is there convergence of national environmental policies? An analysis of policy outputs in 24 OECD countries. *Environmental Politics* 20(1), 20-41. https://doi.org/10.1080/09644016.2011.538163.

Hood, C. (2011). *Summing Up the Parts: Combining Policy Instruments for Least-Cost Climate Mitigation Strategies.* International Energy Agency Information Paper. Paris: International Energy Agency. www.iea.org/publications/freepublications/publication/Summing_Up.pdf.

Hovi, J., Sprinz, D.F. and Underdal, A. (2003). The Oslo-Potsdam solution to measuring regime effectiveness: Critique, response, and the road ahead. *Global Environmental Politics* 3(3), 74-96. https://doi.org/10.1162/152638003322469286.

Howlett, M. (2014). Why are policy innovations rare and so often negative? Blame avoidance and problem denial in climate change policy-making. *Global Environmental Change* 29, 395-403. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.009.

Howlett, M. and Cashore, B. (2009). The dependent variable problem in the study of policy change: Understanding policy change as a methodological problem. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice* 11(1), 33-46. https://doi.org/10.1080/13876980802648144.

Howlett, M. and del Rio, P. (2015). The parameters of policy portfolios: Verticality and horizontality in design spaces and their consequences for policy mix formulation. *Environment and Planning C: Government and Policy* 33(5), 1233-1245. https://doi.org/10.1177/0263774x15610059.

Howlett, M. and Lejano, R.P. (2013). Tales from the crypt: The rise and fall (and rebirth?) of policy design. *Administration & Society* 45(3), 357-381. https://doi.org/10.1177/0095399712459725.

Howlett, M. and Rayner, J. (2013). Patching vs packaging in policy formulation: Assessing policy portfolio design. *Politics and Governance* 1(2), 170. https://doi.org/10.17645/pag.v1i2.95.

Interwies, E., Görlach, B. and Newcombe, J. (2007). Evaluating the cost-effectiveness of environmental policies: Theoretical aspirations and lessons from European practice for global governance. *Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*. Amsterdam, 24-26 May 2007. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.664.6369&rep=rep1&type=pdf

Jabbour, J., Keita-Ouane, F., Hunsberger, C., Sánchez-Rodríguez, R., Gilruth, P., Patel, N. *et al.* (2012). Internationally agreed environmental goals: A critical evaluation of progress. *Environmental Development* 3, 5-24. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2012.05.002.

Jacob, K., Quitzow, R. and Bär, H. (2015). *Green Jobs: Impacts of a Green Economy on Employment*. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Jacob%20Quitzow%20B%C3%A4r%202014%20Green%20Jobs_ENGLISH.pdf.

Jacob, K., Volkery, A. and Lenschow, A. (2008). Instruments for environmental policy integration in 30 OECD countries. In *Innovation in Environmental Policy? Integrating the Environment for Sustainability*. A. Jordan and A. Lenschow (eds.). Cheltenham: Edward Elgar Publishing. chapter 2. 24–46. https://www.elgaronline.com/view/9781847204905.00013.xml

Jacob, K., Weiland, S., Ferretti, J., Wascher, D. and Chodorowska, D. (2011). *Integrating the Environment in Regulatory Impact Assessments*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/Integrating%20RIA%20in%20Decision%20Making.pdf.

Jänicke, M. (2007). Umweltstaat – eine neue Basisfunktion des Regierens. Umweltintegration am Beispiel Deutschlands. In *Politik und Umwelt*. Jacob, K., Biermann, F., Busch, P.-O. and Feindt, P.H. (eds.). 342-259. http://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/aktuelle-publikationen/martin_jaenicke__2007_d/index.html

Jordan, A. and Huitema, D. (2014a). Innovations in climate policy: The politics of invention, diffusion, and evaluation. *Environmental Politics* 23(5), 715-734. https://doi.org/10.1080/09644016.2014.923614.

Jordan, A. and Huitema, D. (2014b). Policy innovation in a changing climate: Sources, patterns and effects. *Global Environmental Change* 29, 387-394. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.09.005.

Jordan, A. and Lenschow, A. (2010). Environmental policy integration: A state of the art review. *Environmental Policy and Governance* 20(3), 147-158. https://doi.org/10.1002/eet.539.

Jordan, A. and Matt, E. (2014). Designing policies that intentionally stick: Policy feedback in a changing climate. *Policy Sciences* 47(3), 227-247. https://doi.org/10.1007/s11077-014-9201-x.

Kemp, R. and Pontoglio, S. (2011). The innovation effects of environmental policy instruments — A typical case of the blind men and the elephant? *Ecological Economics* 72, 28-36. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.014.

Kern, F., Kivimaa, P. and Martiskainen, M. (2017). Policy packaging or policy patching? The development of complex energy efficiency policy mixes. *Energy Research & Social Science* 23, 11-25. https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.11.002.

Kloepfer, M. (1989). Der begriff umweltstaat. In *Umweltstaat*. Kloepfer, M. (ed.). Berlin: Springer. 43-44. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-95596-9_6

Knill, C., Schulze, K. and Tosun, J. (2012). Regulatory policy outputs and impacts: Exploring a complex relationship. *Regulation & Governance* 6(4), 427-444. https://doi.org/10.1111/j.1748-5991.2012.01150.x.

Koremenos, B., Lipson, C. and Snidal, D. (2001). The rational design of international institutions. *International Organization* 55(4), 761-799. https://doi.org/10.1162/002081801317193592.

Kotze, L.J. and Plessis, A.D. (2006). The inception and role of international environmental law in domestic biodiversity conservation efforts: The South African experience. *Queensland University of Technology Law and Justice Journal* 6(1), 30-53. https://doi.org/10.5204/qutlr.v6i1.191.

Lafferty, W.M. (ed.) (2004). *Governance for Sustainable Development: The Challenge of Adapting Form to Function*. Cheltenham: Edward Elgar. https://www.e-elgar.com/shop/governance-for-sustainable-development.

Lay, J., Brandi, C., Das, R.U., Klein, R., Thiele, R., Alexander, N. *et al.* (2017). *Coherent G20 Policies Towards the 2030 Agenda for Sustainable Development*. G20 Insights. http://www.g20-insights.org/wp-content/uploads/2017/03/TF_2030_Agenda_PolicyCoherence.pdf.

Le Prestre, P.G. (2002). Studying the effectiveness of the CBD. In *Governing global biodiversity: The evolution and implementation of the convention on biological diversity*. Le Prestre, P.G. (ed.). London: Routledge. chapter 3. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781351932547

Lee, N. and Walsh, F. (1992). Strategic environmental assessment: An overview. *Project Appraisal* 7(3), 126-136. https://doi.org/10.1080/02688867.1992.9726853.

Levin, S., Xepapadeas, T., Crepin, A.S., Norberg, J., De Zeeuw, A., Folke, C. *et al.* (2013). Social-ecological systems as complex adaptive systems: Modeling and policy implications. *Environment and Development Economics* 18(2), 111-132. https://doi.org/10.1017/S1355770x12000460.

Liefferink, D., Arts, B., Kamstra, J. and Ooijevaar, J. (2009). Leaders and laggards in environmental policy: A quantitative analysis of domestic policy outputs. *Journal of European Public Policy* 16(5), 677-700. https://doi.org/10.1080/13501760902983283.

Lin, B. and Jiang, Z. (2011). Estimates of energy subsidies in China and impact of energy subsidy reform. *Energy Economics* 33(2), 273-283. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.07.005.

Maor, M. (2014). Policy bubbles: Policy overreaction and positive feedback. *Governance* 27(3), 469-487. https://doi.org/10.1111/gove.12048.

Marshall, G.R. (2009). Polycentricity, reciprocity, and farmer adoption of conservation practices under community-based governance. *Ecological Economics* 68(5), 1507-1520. https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2008.10.008.

Matisoff, D.C. and Edwards, J. (2014). Kindred spirits or intergovernmental competition? The innovation and diffusion of energy policies in the American states (1990–2008). *Environmental Politics* 23(5), 795-817. https://doi.org/10.1080/09644016.2014.923639.

Mayrhofer, J.P. and Gupta, J. (2016). The science and politics of co-benefits in climate policy. *Environmental Science & Policy* 57, 22-30. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.11.005.

Mees, H.L.P., Dijk, J., van Soest, D., Driessen, P.P.J., van Rijswick, M.H.F.M.W. and Runhaar, H. (2014). A method for the deliberate and deliberative selection of policy instrument mixes for climate change adaptation. *Ecology and Society* 19(2). https://doi.org/10.5751/ES-06639-190258.

Mickwitz, F.A., Beck, S., Carss, D., Ferrand, N., Görg, C., Jensen, A. *et al.* (2009). *Climate Policy Integration, Coherence and Governance*. Leipzig: Partnership for European Environmental Research. http://www.peer.eu/publications/climate-policy-integration-coherence-and-governance/.

Miles, E.L., Underdal, A., Andresen, S., Wettestad, J., Skjærseth, J.B. and Carlin, E.M. (2002). *Environmental Regime Effectiveness: Confronting Theory with Evidence*. Cambridge: The MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/environmental-regime-effectiveness.

Milewicz, K., Hollway, J., Peacock, C. and Snidal, D. (2016). Beyond trade: The expanding scope of the nontrade agenda in trade agreements. *Journal of Conflict Resolution* 62(4), 743-773. https://doi.org/10.1177/0022002716662687.

Mitchell, R.B. (2002). Of course international institutions matter: But when and how? In *How Institutions Change: Perspectives on Social Learning in Global and Local Environmental Contexts*. Breit, H., Engels, A., Moss, T. and Troja, M. (eds.). Potsdam: VS Verlag für Sozialwissenschaften. 35-52. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-322-80936-0_5

Mitchell, R.B. (2009). *International Politics and the Environment*. Carlsnaes, W. and Checkel, J.T. (eds.). London: SAGE Publications. http://uk.sagepub.com/en-gb/eur/international-politics-and-the-environment/book228800.

Mitchell, R.B. and Keilbach, P.M. (2001). Situation structure and institutional design: Reciprocity, coercion, and exchange. *International Organization* 55(4), 891-917. https://doi.org/10.1162/002081801317193637.

Morgan, R.K. (2012). Environmental impact assessment: The state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal* 30(1), 5-14. https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557.

Morin, J.-F., Pauwelyn, J. and Hollway, J. (2017). The trade regime as a complex adaptive system: Exploration and exploitation of environmental norms in trade agreements. *Journal of International Economic Law* 20(2), 365-390. https://doi.org/10.2139/ssrn.3008543.

Mullally, G. and Dunphy, N.P. (2015). *State of Play: Review of Environmental Policy Integration Literature*. National Economic and Social Council (NESC). http://files.nesc.ie/nesc_research_series/Research_Series_Paper_7_UCC.pdf.

Nachmany, M., Fankhauser, S., Setzer, J. and Averchenkova, A. (2017). *Global Trends in Climate Change Legislation and Litigation: 2017 Update*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2017/04/Global-trends-in-climate-change-legislation-and-litigation-WEB.pdf.

Nasiritousi, N., Hjerpe, M. and Linnér, B.O. (2016). The roles of non-state actors in climate change governance: Understanding agency through governance profiles. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 16(1), 109-126. https://doi.org/10.1007/s10784-014-9243-8.

Niles, M.T. and Lubell, M. (2012). Integrative frontiers in environmental policy theory and research. *Policy Studies Journal* 40(s1), 41-64. https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2012.00445.x.

Nilsson, M. and Persson, Å. (2017). Policy note: Lessons from environmental policy integration for the implementation of the 2030 Agenda. *Environmental Science & Policy* 78, 36-39. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.09.003.

Nilsson, M., Zamparutti, T., Petersen, J.E., Nykvist, B., Rudberg, P. and McGuinn, J. (2012). Understanding policy coherence: Analytical framework and examples of sector-environment policy interactions in the EU. *Environmental Policy and Governance* 22(6), 395-423. https://doi.org/10.1002/eet.1589.

Oberthür, S. (2009). Interplay management: Enhancing environmental policy integration among international institutions. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 9(4), 371-391. https://doi.org/10.1007/s10784-009-9109-7.

Oberthür, S. and Stokke, O.S. (eds.) (2011). *Managing Institutional Complexity: Regime Interplay and Global Environmental Change*. Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/managing-institutional-complexity.

Organization for Economic Co-operation and Development (2008). *Introductory Handbook for Undertaking Regulatory Impact Analysis (RIA)*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/44789472.pdf

Organization for Economic Co-operation and Development (2016). *Better Policies for Sustainable Development 2016: A New Framework for Policy Coherence*. Paris. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/commitments/493_12066_commitment_Better%20Policies%20for%20Sustainable%20Development%202016.pdf.

Organization for Economic Co-operation and Development (2017). *Policy Coherence for Sustainable Development 2017: Eradicating Poverty and Promoting Prosperity*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/policy-coherence-for-sustainable-development-2017_5jg03xm8f9lw.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264272576-en&mimeType=pdf.

Organization for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, International Transport Forum and Nuclear Energy Agency (2015). *Aligning Policies for a Low-carbon Economy*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/aligning-policies-for-a-low-carbon-economy_9789264233294-en.

Osborn, D., Cornforth, J. and Ullah, F. (2014). *National Councils for Sustainable Development: Lessons from the Past and Present*. Ottawa: SDplanNet. https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/sdplannet_lessons_from_the_past.pdf.

Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(39), 15181-15187. https://doi.org/10.1073/pnas.0702288104.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325(5939), 419-422. https://doi.org/10.1126/science.1172133.

Ostrom, E. (2010). Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. *Global Environmental Change* 20(4), 550-557. https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2010.07.004.

Pan, J., Ma, H. and Zhang, Y. (2011). *Green Economy and Green Jobs in China: Current Status and Potentials for 2020*. Mastny, L. (ed.). Washington, D.C.: Worldwatch Institute. http://www.worldwatch.org/system/files/185%20Green%20China.pdf.

Persson, Å. (2007). Different perspectives on EPI. In *Environmental Policy Integration in Practice: Shaping Institutions for Learning*. Nilsson, M. and Eckerberg, K. (eds.). London: Routledge. chapter 2. 25-48. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781136548185/chapters/10.4324%2F9781849773843-10

Pierson, P. (2000). Increasing returns, path dependence, and the study of politics. *American Political Science Review* 94(2), 251-267. https://doi.org/10.2307/2586011.

Porter, M.E. and van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *The Journal of Economic Perspectives* 9(4), 97-118. https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97.

Radaelli, C.M. (2009). Measuring policy learning: Regulatory impact assessment in Europe. *Journal of European Public Policy* 16(8), 1145-1164. https://doi.org/10.1080/13501760903332647.

Renda, A. (2017). *How can Sustainable Development Goals be 'mainstreamed' in the EU's Better Regulation Agenda?* CEPS Policy Insights. Brussels: Centre for European Policy Studies. https://www.ceps.eu/system/files/Better%20regulation%20and%20sustainable%20development_CEPS%20Policy%20Insights_%20A_Renda.pdf.

Repetto, R. (ed.) (2006). *Punctuated Equilibrium and the Dynamics of US Environmental Policy*. New Haven, CT: Yale University Press. https://yalebooks.yale.edu/book/9780300110760/punctuated-equilibrium-and-dynamics-us-environmental-policy.

Ritzka, M.S. (2016). *Incorporation of Sustainable Development Concerns in Regulatory Impact Assessments.* Masters in Sustainable Development, Uppsala University http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:945065/FULLTEXT01.pdf

Runhaar, H., Driessen, P. and Uittenbroek, C. (2014). Towards a systematic framework for the analysis of environmental policy integration. *Environmental Policy and Governance* 24(4), 233-246. https://doi.org/10.1002/eet.1647.

Schaffrin, A., Sewerin, S. and Seubert, S. (2015). Toward a comparative measure of climate policy output. *Policy Studies Journal* 43(2), 257-282. https://doi.org/10.1111/psj.12095.

Schmidt, T.S., Battke, B., Grosspietsch, D. and Hoffmann, V.H. (2016). Do deployment policies pick technologies by (not) picking applications? - A simulation of investment decisions in technologies with multiple applications. *Research Policy* 45(10), 1965-1983. https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.07.001.

Schmidt, T.S. and Sewerin, S. (2018). Measuring the temporal dynamics of policy mixes – An empirical analysis of renewable energy policy mixes' balance and design features in nine countries. *Research Policy*. https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.03.012.

Scrase, J.I. and Ockwell, D.G. (2010). The role of discourse and linguistic framing effects in sustaining high carbon energy policy—An accessible introduction. *Energy Policy* 38(5), 2225-2233. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.010.

Sebenius, J.K. (1991). Designing negotiations toward a new regime: The case of global warming. *International Security* 15(4), 110-148. https://doi.org/10.2307/2539013.

Simmons, B. (2010). Treaty compliance and violation. *Annual Review of Political Science* 13(1), 273-296. https://doi.org/10.1146/annurev.polisci.12.040907.132713.

Sprinz, D. and Vaahtoranta, T. (1994). The interest-based explanation of international environmental policy. *International Organization* 48(1), 77-105. https://doi.org/10.1017/S0020818300000825.

Stadelmann, M. and Castro, P. (2014). Climate policy innovation in the South – Domestic and international determinants of renewable energy policies in developing and emerging countries. *Global Environmental Change* 29, 413-423. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.011.

Stokke, O.S. (ed.) (2001). *Governing High Seas Fisheries: The Interplay of Global and Regional Regimes*. Oxford: Oxford University Press. https://global.oup.com/academic/product/governing-high-seas-fisheries-9780198299493?cc=ke&lang=en&.

Telli, Ç., Voyvoda, E. and Yeldan, E. (2008). Economics of environmental policy in Turkey: A general equilibrium investigation of the economic evaluation of sectoral emission reduction policies for climate change. *Journal of Policy Modeling* 30(2), 321-340. https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2007.03.001.

Tews, K., Busch, P.O. and Jörgens, H. (2003). The diffusion of new environmental policy instruments. *European Journal of Political Research* 42(4), 569-600. https://doi.org/10.1111/1475-6765.00096.

Turnpenny, J., Radaelli, C.M., Jordan, A. and Jacob, K. (2009). The policy and politics of policy appraisal: Emerging trends and new directions. *Journal of European Public Policy* 16(4), 640-653. https://doi.org/10.1080/13501760902872783.

Underdal, A. (1983). Causes of negotiation 'failure'. *European Journal of Political Research* 11, 183-195. https://doi.org/10.1111/j.1475-6765.1983.tb00055.x

United Kingdom, Department of Energy and Climate Change, (2009). *Carbon Valuation in UK Policy Appraisal: A Revised Approach.* London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/245334/1_20090715105804_e___carbonvaluationinukpolicyappraisal.pdf.

United Kingdom, Department for Business Innovation and Skills, (2010). *Impact Assessment Toolkit. A Guide to Undertaking an Impact Assessment and Completing the IA Template.* London. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110120023243/http://www.bis.gov.uk/assets/biscore/better-regulation/docs/10-901-impact-assessment-toolkit.pdf.

United Kingdom Environmental Protection Agency (2018). *Strategic environmental assessment*. http://www.epa.ie/monitoringassessment/assessment/sea/

United Nations (2005). *Review of the Application of Environmental Impact Assessment in Selected African Countries.* Addis Ababa. http://repository.uneca.org/bitstream/handle/10855/5607/bib.%2041846_I.pdf?sequence=1.

United Nations (2017). *Voluntary National Reviews 2017 Synthesis Report.* New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17109Synthesis_Report_VNRs_2017.pdf.

United Nations Environment Programme (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication: A Synthesis for Policy Makers.* Nairobi: United Nations Environment Programme. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf.

United Nations General Assembly (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1.* New York; NY. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.

Uslu, A., Mozaffarian, H. and van Stralen, J. (2016). *Deliverable 3.2: Benchmarking Bioenergy Policies in Europe.* Strategic Initiative for Resource Efficient Biomass Policies. Brussels: European Union. https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-O--16-009.

Voigt, S. (2013). How (Not) to measure institutions. *Journal of Institutional Economics* 9(1), 1-26. https://doi.org/10.1017/s1744137412000148.

Von Stein, J. (2005). Do treaties constrain or screen? Selection bias and treaty compliance. *American Political Science Review* 99(4), 611-622. https://doi.org/10.1017/s0003055405051919.

Weber, M., Driessen, P.P.J. and Runhaar, H.A.C. (2013). Evaluating environmental policy instruments mixes, a methodology illustrated by noise policy in the Netherlands. *Journal of Environmental Planning and Management* 57(9), 1381-1397. https://doi.org/10.1080/09640568.2013.808609.

Willenbockel, D. (2011). *Environmental Tax Reform in Vietnam: An Ex Ante General Equilibrium Assessment.* Institute of Development Studies at the University of Sussex. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/44411/1/MPRA_paper_44411.pdf.

Wittneben, B.B.F. (2012). The impact of the Fukushima nuclear accident on European energy policy. *Environmental Science & Policy* 15(1), 1-3. https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2011.09.002.

Yin, H.T. and Powers, N. (2010). Do state renewable portfolio standards promote in-state renewable generation? *Energy Policy* 38(2), 1140-1149. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.067.

Young, O.R. (1999). *The Effectiveness of International Environmental Regimes: Causal Connections and Behavioral Mechanisms.* Cambridge, MA: The MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/effectiveness-international-environmental-regimes.

Young, O.R. (2002). *The Institutional Dimensions of Environmental Change: Fit, Interplay, and Scale.* Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/institutional-dimensions-environmental-change.

Young, O.R. (2003). Determining regime effectiveness: A commentary on the Oslo-Potsdam solution. *Global Environmental Politics* 3(3), 97–104. https://doi.org/10.1162/152638003322469295.

Young, O.R. (2006). Vertical interplay among scale-dependent environmental and resource regimes. *Ecology and Society* 11(1), 27. https://doi.org/10.5751/ES-01519-110127.

Young, O.R. (2008). Building regimes for socio-ecological systems: Institutional diagnosis. In *Institutions and Environmental Change: Principal Findings, Applications, and Research Frontiers*. Young, O.R., King, L.A. and Schroeder, H. (eds.). The MIT Press. chapter 4. http://mitpress.universitypressscholarship.com/view/10.7551/mitpress/9780262240574.001.0001/upso-9780262240574-chapter-4

Young, O.R. (2011). Effectiveness of international environmental regimes: Existing knowledge, cutting-edge themes, and research strategies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 19853-19860. https://doi.org/10.1073/pnas.1111690108.

Young, O.R. (2017). *Governing Complex Systems: Social Capital for The Anthropocene.* Cambridge, MA: The MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/governing-complex-systems.

第 12 章

空气政策

© Yekbun Gurgoz

领衔作者兼协调负责人：Peter King（全球环境战略研究所）

领衔作者：Frederick Ato Armah（海岸角大学），Phillip Dickerson（美国环境保护署），Cristina Guerreiro（挪威空气研究所），Terry Keating（美国环境保护署，Oswaldo dos Santos Lucon（巴西圣保罗州环境秘书处），Asami Miyazaki（熊本学园大学），Amit Patel（Planned Systems International公司），Stefan Reis（自然环境研究委员会生态学和水文学研究中心）

《全球环境展望》研究员：Kari DePryck（巴黎政治学院）

执行摘要

管理空气污染、气候变化、平流层臭氧损耗和持久性生物累积性有毒物质的制度能力在全球范围内存在显著差异（充分证实）。在一些地区和国家（如北美、西欧、东亚等），高度发达的联邦式系统已经出现，由国家、省级和地方政策及执行方案所构成。在其它地区，国际协议或国别立法可能存在，但由于国家或次国家层面的制度能力缺失，落实和执行仍然较差（不完全证实）。在一些地区，某些城市的政府正在率先示范，为它们国家的其它地方创造效益。{5.5, 12.2}

提高不同地区的管理能力分别需要在不同方面进行投资。例如，《全球环境展望6》的区域评估发现，非洲和拉丁美洲地区应将改善空气质量监测基础设施作为优先事项，而亚洲和太平洋地区则应将改善气候变化和空气污染缓解措施成本效益分析的使用作为优先事项。{5.1}

传统监管方法——包括使用排放和技术标准——在解决某些污染源问题上是成功的（不完全证实）。在削弱排放趋势并强化经济活动和生产趋势方面，成功是很明显的。但是，这些方法要依赖于充分的人力资源以及有效的执法和法律体系，而这些可能并不存在。{12.2.1, 12.2.2}

尚未有任何单独的全球性协议应对空气污染问题，但却已有以公私伙伴关系为重点的各区域政府间协议和倡议（未解决）。全球协议已被用于应对气候变化、平流层臭氧损耗、持久性有机污染物和水银等问题。{5.5, 12.2.5}

各国在《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）程序下就气候变化做出的承诺仍不足以实现达成一致的全球气温稳定目标，而选择也越来越少（不完全证实）。2015年通过的气候变化相关《巴黎协定》设置了本世纪全球平均气温上升的上限，即远低于2°C的水平——具体目标是1.5°C或更少，作为人类向低碳、有适应力未来的过渡手段。至今，所有国别承诺及其实施尚未步入正轨，从而无法规避危险甚至是灾难性的气候变化。目标的延误将导致经济和整个星球健康面临更大风险。{5.5}

12.1 引言

地球大气的组成是这个星球健康的主要决定因素之一，影响着气候、生态系统和人类健康。空气污染、气候变化、平流层臭氧损耗、持久性生物累积性有毒（PBT）化学物质与每一可持续发展目标（SDG）之间的直接或间接联系就凸显了这一点（联合国，2015年）。

为应对这些挑战，人们配置了大量国际、国家、次国家和区域政策。这些政策的基本形式包括：

i. 通常被称为“命令和控制”的技术或排放标准；
ii. 规划体制；
iii. 市场干预
iv. 公共信息；
v. 合作论坛，包括国际协议。

后续部分将讨论上述每一治理方式所使用的各种政策工具，同时就每一治理方式提供了一个说明性质的案例研究。而且，每一案例的主要特征都用第10.6节所述方法进行了阐述。这些案例选自多样化的地理背景、空间维度和实施时间线。它们并不以包罗万象为目的，只是希望凸显情景特定差异、一般模式和需要相关利益攸关方注意的问题，以生成更好的政策成果。如果不考虑地方具体情况，这些案例并不具有可复制性。

为应对空气污染、气候变化、平流层臭氧损耗和持久性生物累积性有毒物质而实施的政策应将排放组合、污染物的大气或环境寿命及其相关效益和权衡取舍纳入考量（Melamed等人，2016年）。相关问题包括：

i. 如何通过考虑潜在协同效应和权衡取舍等方式实现不同空间范围（地方、国家、区域、全球）内的廉价、清洁和可靠能源目标？
ii. 如何识别气候政策与空气污染控制之间的协同效应和协同效益？
iii. 在有或没有政策干预（如持久性生物累积性有毒物质的特定情景监管、气候政策和空气污染控制）的情景下，温室气体和空气污染物的排放将如何共同演变？

从系统角度看，在系列时间和空间范围内存在的各种政策工具和体制凸显了以一体化和综合方式应对空气污染挑战的复杂性。这种复杂性又使得以一体化方法应对环境政策目标之间的潜在冲突、对各项目标进行权衡取舍并将那些具有潜在共同效益（如能源安全、城市空气质量和人类健康的改善）的政策区分开来或予以强化的作法变得势在必行（请参见第11.3节）。

12.2 主要政策和治理方法

12.2.1 规划体制

规划体制（或框架）确立的是周围环境目标（如浓度标准、污染物总负荷、全球平均气温的变化等）和排放预算（或上限）。之后，人们将制定并实施集群政策，以实现这些目标或预算。而且，人们将对这些目标或预算方面的进展实施监测，并在必要情况下制定更多政策或对现有政策进行修订，以推动这些目标或预算的实现。规划体制通常被认为对空气污染、气候变化、消耗臭氧层物质（ODS）和持久性生物累积性有毒物质的管理至关重要，因为它为具体行动的一体化提供了一个战略性政策框架。

环境浓度标准或其它环境目标对预期环境状况进行了规定，而这种规定通常是基于环境与人类健康之间的因果关系。排放预算、污染物负荷或上限是人们估算的、能够使预期环境状况实现的压力水平，或表现为无影响门槛值的压力水平（如临界负荷/水平）。例如，《美国国家环境空气质量标准》（NAAQS）是美国环境保护署根据《清洁空气法案》（《美国法典》第42卷第7节、第401节等）的授权而制定的有害污染物标准。这些标准适用于美国境内的室外空气（美国环境保护署，2016年），其目的是保护人类健康不受有害空气污染的损害。

排放预算可以是利用定量（如大气或气候）模型确定并根据实地观测结果进行过适当评估的环境目标。就（大气中形成的）二次污染物或环境寿命较长的污染物而言，排放量与环境浓度之间关系可能并不是线性的。确定排放与预期状况之间的因果联系对于证明排放控制或其它政策实施力度或成本的合理性往往非常重要，且需要大量信息

表12.1：本章所述政策和治理方法的分类

治理方法	政策工具	案例研究
规划体制	环境标准、排放预算	《英国气候法案》和碳预算
技术和排放标准	排放标准、燃料质量标准、效率标准、最佳可得控制技术	欧洲的柴油排放标准
市场干预	补贴、税收政策、可交易碳信用额/配额	肯尼亚的改进型炉灶（全球清洁炉灶联盟）
公共信息	信息、预报、标签和商标	实时空气质量数据和预报的提供
国际合作	有约束力的多边和双边协议、自愿组织	《东盟跨境烟霾污染协定》

(即输入模型的信息)和技术。但是,在排放量很大且政府技术规划能力较低的情况下,对政策与预期状况之间的联系进行量化、以证明适用于最大污染源的某些控制措施的合理性的作法通常是没有必要的。在这种情况下,只要从性质上确定该污染源造成了不利影响、控制措施将产生效益且通过实施控制措施即可在长期目标的实现方面取得进展可能就足够了。

与排放预算相关的是,人们还引入了排放交易机制,特别是温室气体,其污染源的确定相对于空气污染物的排放不是那么重要。2017年12月,中国启动了一项排放交易制度(《联合国气候变化框架公约》,2017a)。在初期,这项制度仅覆盖电力行业。但是,中国的这项制度将成为世界上规模最大的同类制度,涉及约30亿吨的二氧化碳交易。欧洲也创建了一个类似体系,约20亿吨的二氧化碳得以进行交易(欧盟委员会,2018年)。另外几个国家和地区也存在类似交易机制(《碳市场数据》,2018年)。通过制定排放预算——其面临的约束可能会逐步增加,排放交易的价格可能会得到调整。

如第5.5节所述,各国根据其对环境状况与健康后果相互关系方面的流行病学证据的解读、本国当前空气污染水平和它们对自己实现空气污染减降目标的能力等因素确定了许多环境浓度标准。世界卫生组织也设立了各国可用于确定其标准和目标的准则和临时目标(世界卫生组织,2018年)。在世界卫生组织及个别国家基于新信息确立或修订其环境标准的同时,其它国家通常也会注意到这些变化并考虑是否对其标准做出类似变更。为保护敏感栖息地和生态系统,人们还根据联合国欧洲经济委员会(UNECE)制定的《长程越界空气污染公约》(CLRTAP)设置了临界负荷和临界水平。20世纪80年代初制定的《长程越界空气污染公约》最初是以控制酸化现象为主要目标的,后来该公约又进一步延伸,将营养物临界负荷和氨气(NH_3)临界水平纳入了范围,因为越来越多的证据表明,即便其浓度和沉降水平较低,如农业领域的氨气排放,其排放也会造成生态系统的破坏和生物多样性的损失(Sutton, Reis和Baker编辑,2009年)。

排放预算和上限不仅提供了一种评估一套政策是否可实现相关环境目标的方式,而且还提供了一种在区域、辖区、部门或个体污染源之间分摊环境目标落实责任的方法。例如,国家和州层面的空气污染规划和国家层面实施旨在缓解消耗臭氧层物质排放的国际协议的工作就运用了排放预算这一方法。在欧洲和联合国欧洲经济委员会所属区域,1999年通过的《<长程越界空气污染公约>关于减少酸化、富营养化和地面臭氧的哥德堡议定书》(及其修订版)(联合国欧洲经济委员会,2018年)及《欧盟国家排放上限指令》(欧洲环境局,2016a)都是近期达成国家排放上限共识的例子,针对的是那些人们已知导致了众多环境和人类健康后果的污染物。

在下列案例研究中,排放预算被用到了英国长期存在的温室气体排放领域。

案例研究:英国的能源和气候政策

2008年通过的《气候变化法案》(英国政府,2008a;英国政府,2008b)就是一个如何在国际框架下制定国家政策以应对气候变化的例子(包括目标和时间线、碳价和碳排放交易等)。在这部法案下,具有法律约束力的目标旨在于2050年之前通过5年期碳预算的方式逐步实现减少排放的目的,并带来诸如提高国际市场竞争力提高、节约资源、以成本经济的方式消除障碍、支持低碳技术、倡导碳捕获和封存及诸如燃料贫困之类社会影响方面的考量等重大效益。为实现上述目标,英国采用的务实措施包括实施强制性的限量管制和交易机制、制定标准、提供融资和税收支持、推行创新战略、进行技术部署等(英国贸易和工业部,2007年)。

© Shutterstock/Gill Copeland

表12.2：评估标准概述：英国的能源和气候政策

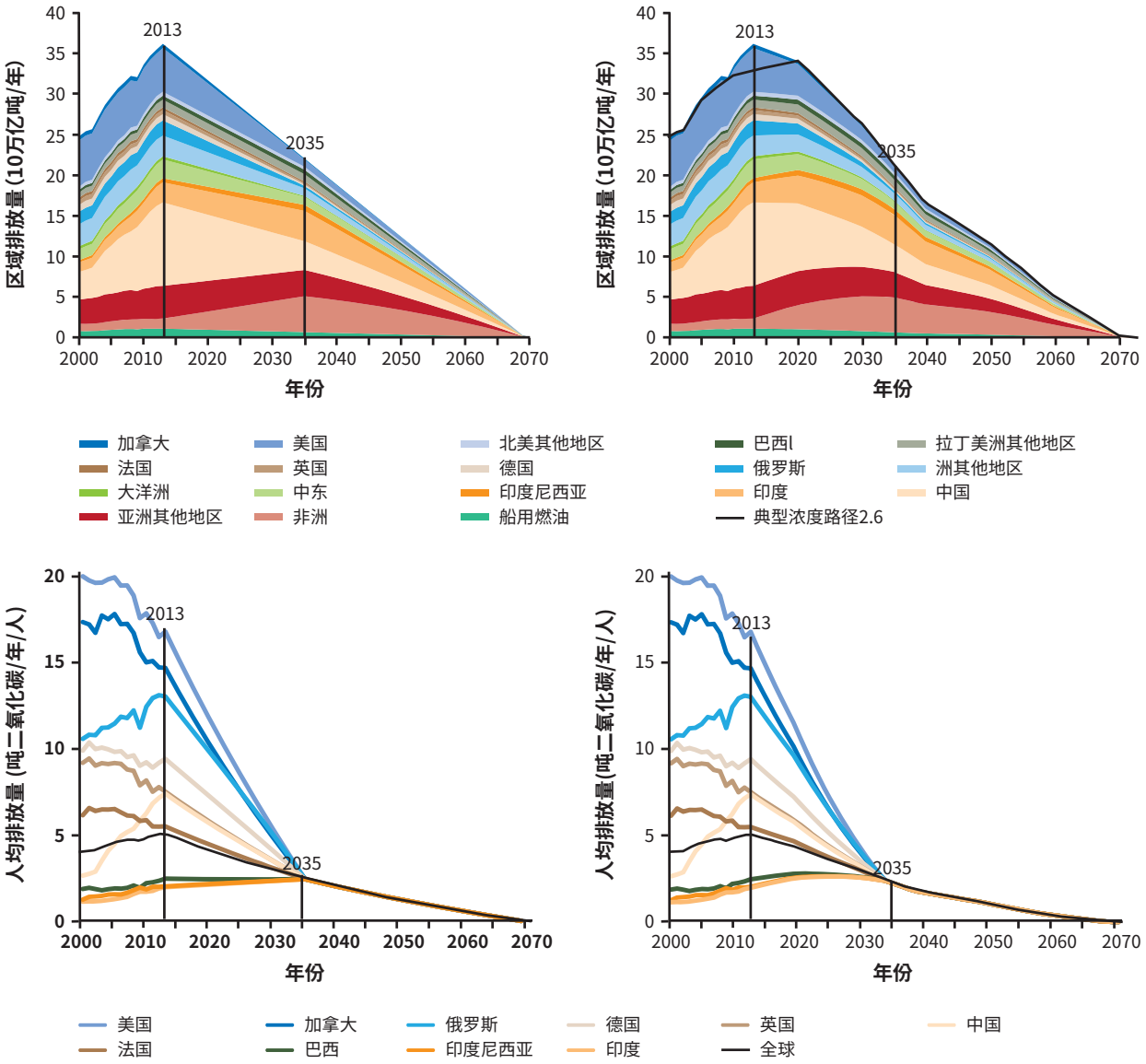
标准	描述	参考文献
成败	从2012年起，温室气体排放每年减少5%，到2016年，减排量要达到42%，使排放总量低于1990年的水平，而经济则要增长60%。2008-2015年间，人均温室气体排放量要从8.22吨二氧化碳减少到5.99吨二氧化碳；每一单位GDP产生的温室气体排放到2010年要从0.20吨二氧化碳下降到0.15吨二氧化碳（GDP以美元计），或从0.22吨二氧化碳下降到0.16吨二氧化碳（GDP以购买力平价美元计）；以吨油当量为单位计量的一次能源供应总量（TPES）计算的人均能源消耗量要从3.37吨油当量减少到2.78吨油当量；2010年每1000美元单位GDP消耗的一次能源供应总量要从0.08吨油当量减少到0.07吨油当量，而人均电力消耗则从6.01兆瓦时减少到5.08兆瓦时。	英国商业、能源和工业战略部，2016年；国际能源署，2017年；英国气候变化委员会，2017年
评估独立性	有统计数据支持的、向议会提交的官方报告	
关键主体	主要是政府机构（包括下属管理机构）	
基线	1990年整个经济体的温室气体排放情况，及其它相关基线，如可再生能源的份额。	
时间线	基于5年期碳预算，到2050年要减排80%的温室气体，同时实现其它中期目标（到2025年减排50%）；设置了12年的提前准备期；能源行业还有其它目标（可再生电能和生物燃料、交通运输效率、电动汽车的逐步使用及其它，包括碳捕获和碳封存）。	
制约因素	交通运输和建筑行业的温室气体控制进展缓慢，碳捕获和碳封存非常有限。	
促进因素	主要推动因素是电力行业减少了75%的煤炭消耗。由于能源费用的降低、科学证据的显著、公共意识的提升、外部创新导致的政治响应的改善、技术进步、制度创新、将气候变化构建为经济问题的证据的采用、领导力等原因，该法案得到了强有力的支持。	
成本有效性	2050年，成本将为GDP的1-2%左右，低碳经济将带来显著商业机遇（2009年，相关市场价值1120亿英镑，就业岗位超过90万个）。	
公平性	紧缩趋同方法	
共同效益	市场准入改善、创新、基础设施适应力、能源供应安全和系统灵活性（封存、互联性）、新技术的采用、生活质量（空气、水、健康和福祉、土地利用等）	
跨界问题	必要政策再对接取决于脱欧结果及旨在实现《巴黎协定》相关目标的更大抱负	
潜在改进	低碳发电规模的扩大、电动汽车采用的加速、能源效率之外低碳供暖的增加、碳捕获和碳封存工作的重启、土地管理实践的应对、政策工具（碳定价、标准和法规、研究资助、补贴、市场设计和税收等）组合的改进和明晰等。	

英国的《气候变化法案》是世界上第一个通过有法律约束力的框架设定长程、显著减碳目标的法律工具。这部法案的方法考虑了紧缩趋同模型下的社会技术过渡和公平（Lovell，Bulkeley和Owens，2009年；英国商业、能源和工业战略部，2016年；全球公域研究所，2018年），并将碳预算（温室气体排放的上限）作为一个统领性政策，为所有主要经济部门提供了明确的发展方向。

图12.1说明了碳预算在指导气候政策方面的重要性。该图以国家为单位对各国累计排放量的上限进行了配置。全球碳预算根据2015年在《联合国气候变化框架公约》下通过的《巴黎协定》设定的目标（1.5°C-2°C）并基于典型浓度路径（RCP）阐释了地球大气承受人为温室气体排放的能力。根据政府间气候变化专门委员会的估算（2014年），2011-2100年间，地球大气承受能力的上限约为1万亿吨二氧化碳（如二氧化碳排放量介于7500亿吨至14000亿吨之间，则地球平均气温上升2°C的概率超过66%，如介于5500亿吨至6000亿吨之间，则上升1.5°C的概率超过50%）。

尽管对其它而国家而言属于重大范例，但英国在实现其温室气体排放目标方面仍只是部分进入了正轨。该国已付诸实施的集群政策仅在某些行业如交通运输和建筑行业内取得了温和的成功。既得利益部门如煤电厂和交通运输部

图12.1:二氧化碳累计排放量的区域分配



	2035年趋同	2050年趋同
加拿大	8	10
美国	78	97
北美其他地区	15	14
巴西	21	18
拉丁美洲其他地区	35	33
法国	8	9
英国	9	10
德国	13	15
俄罗斯	27	33

	2035年趋同	2050年趋同
欧洲其他地区	51	54
大洋洲	7	8
中东	51	55
印度尼西亚	27	23
印度	133	114
中国	197	214
亚洲其他地区	133	125
非洲	155	136
船用燃油	30	30

注:二氧化碳累计排放量区域分配以线性方式减排至零的情形(左)和典型浓度路径2.6情景下的全球排放情景(右)。人均趋同发生在2035年,2013年后累计排放总量在两种情景下均为1万亿吨二氧化碳。两个边表比较了累计排放量区域分配(从2014年起以10亿吨二氧化碳为单位)和典型浓度路径2.6这两个情景下2035年和2050年的人均趋同情况(Gignac和Matthews,2015年)。

门在实现既定目标方面的变革并不够迅速，而要实现法定减排目标还需要额外的变革加速政策。最后，由于该国现行大部分环境立法都源于其欧盟成员国资格，因此其脱欧后将需要制定 行大部分环境立法都源于其欧盟成员国资格，因此其脱欧后将需要制定大范围的新政策和新方案（英国气候变化委员会，2017年）。

12.2.2 技术和排放标准

旨在应对空气质量和气候变化相关挑战的最普遍方法之一，是就特定工业流程、设备或产品规定排放标准或其它性能标准。这类标准可能会要求某一工艺、设备或产品就每一单位时间、投入或产出而言不得排放多于某一规定排放量的特定污染物。例如，用于发电的锅炉可能要受每千瓦时发电量排放量的约束，汽车通常要受每公里行程排放量的限制。作为另类措施，标准可能会要求排放者采用特定类型的技术或特定经营方法。例如，为限制建筑工地扬尘的排放量，离开工地的汽车可能要经过一个轮胎清洗站才能驶出。在大多数情况下，标准的设计就燃料的选择或受控制造商的选择而言是中立的，但污染者要负责达标并承担排放控制成本仍是一般原则。例如，在需要安装特定设备以实现现有标准或新设标准的情况下，污染者必须负责改造其现有技术。在排放控制技术被纳入新设备的情况下——以需要遵守欧盟排放标准、因而在生产时需要通过型式认证的汽车为例——排放控制的成本就被纳入了汽车的单位价格。

落实执行技术和排放标准提供了一种影响“压力”水平的直接措施，从而有助于排放目标和预算及某一规划体制确立的预期“状况”的实现（参见第1章图1.2）。技术和排放标准通常被称为“指挥和控制”法规，可通过许可方案、型式认证计划、检查和审计等方式进行落实和执行，并通过排放监测和报告要求进行强化。但是，技术和排放标准也可由行业团体自愿制定和实施，由行业自己进行监督或接受第三方核查，并与品牌计划建立联系（参见第12.2.4节）。生活方式的选择和消费模式可能会在决定自愿方法的有效性方面扮演关键角色。

同一地理市场中不同辖区不同标准的存在会提高产品和设备制造商的成本，因为产品和设备制造商必须同时满足各项标准。尽管监管合规成本仅是影响企业选址决定的因素之一，但标准协调的缺失可导致经济活动及相关排放在不同辖区之间转移，因为企业会选择在总体合规成本较低的地方落户。因此，标准通常是在国家层面进行制定的，且会将其它国家、辖区和市场的标准纳入考量。

根据美国《清洁空气法案》的授权，《新污染源执行标准》（NSPS）就美国境内所有主要新工业排放源规定了最低限度的空气污染控制措施，但是，根据现有污染水平，政府当局也可能实施更为严格的标准。为避免已经触及《国家环境空气质量标准》（NAAQS）短期空气污染暴露水平的地区的空气质量继续恶化，主要新污染源必须采用最佳可得控制技术（BACT）。这一要求是在许可过程中以逐案方式确定的，且其严格程度至少应不低于《国家环境空气质量标准》。在已经超过《国家环境空气质量标准》的被污染区域，主要新污染源必须实现最低可达排放速率（LAER）——该速率反映的是实践中最为严格的要求。这类区域中的现有污染源要满足严格程度较低的合理可得控制技术（RACT）标准。美国环境保护署通过所谓的合理可得控制技术/最佳可得控制技术/最低可达排放速率信息中心（RACT/BACT/LAER Clearinghouse）维护着一个关于这些标准和逐案认定的数据库（美国环境保护署，2018b）。随着技术的演变，合理可用控制技术/最佳可用控制技术/最低可达排放速率的认定也会发生变化。但是，通过公开相关信息，不同辖区的标准可实现共同演变。同样，《工业排放指令》（2010/75/EU）对欧盟的工业活动进行了监管，同时也采用“最佳可得技术（BAT）”这一具有法律约束力的概念设定了工业部门必须实现的环境绩效水平（欧盟委员会，2018b）。最佳可得技术的定义是通过工业部门、非政府组织和监管机构之间的透明信息交流实现的，且得到了欧盟之外实体的承认。

关于海洋运输排放，国际海事组织（IMO）和《国际防止船舶污染公约》（MARPOL 附件VI）（国际海事组织，2018年）就船用燃油硫含量的上限设定了一项全球标准，为0.50%（以质量记）。该标准将于2020年1月1日生效，是一种基于燃料实施的标准。各国船舶可通过采用低硫合规燃油实现这一标准的合规。相比之下，将于2021年1月1日在北海和波罗的海生效的氮氧化物（NO_x）排放控制区（NECA）则要求2021年之后建造的所有船舶满足足以将当前氮氧化物排放水平减少80%的排放标准。在现实中，各国船舶只能通过使用催化器或液化天然气（LNG）的方式实现这一标准的合规。硫氧化物（SO_x）相关现有排放控制区涉及波罗的海（2006年5月19日生效）和北海（2007年11月22日生效）等海域，硫氧化物和氮氧化物相关排放控制区则涉及北美大陆东西海岸（2012年8月1日生效）和美国的加勒比海区域（2014年1月1日生效）等海域。

技术和排放标准的有效性取决于合规程度、成本可承受性和标准反映排放源真实影响的程度等因素。合规程度则取决于教育水平及监测和执行等因素。但是，在政府通过检查和审计等方式执行标准能力较弱的国家或辖区，标准的合规程度可能会较低。即便在经常实施高端检查和审计的国家，一些企业和个人仍可能会为了获得经济竞争优势而违反标准。

成本效益分析——如Åström等人开展的分析（2018年）——能够洞悉标准设置的成本有效性及其分配影响，且既可用于事前评估，也可用于事后评估。

最后，随着其它主要部门在过去几十年中已逐步被置于监管之下，家用锅炉固体燃料包括生物质的使用近年来正在受到越来越多的关注。例如，欧盟委员会就名义输出热量等于或低于50千瓦的固体燃料空间加热器设定了执行标准。到目前为止，这类加热器基本上还没有被纳入监管范围，但却可能因氮氧化物和直径小于2.5微米的颗粒物（PM2.5）的排放而使地方空气质量问题加剧（欧盟，2015年）。同样，《欧盟生态设计指令》（指令2009/125/EU）确立了一个为能源相关产品、家用电器和信息通信技术设置生态设计要求的框架。

下列案例研究以欧6汽车排放标准为例说明了以型式认证计划这一方式实施的排放标准的有效性、合规评估方法与真实世界实施情况之间的差异及一些企业阻止合规检测的企图。

案例研究：欧洲过度的柴油排放

自20世纪70年代以来，欧洲汽车空气污染物排放的主要机制就一直是监管/指挥和控制类政策。这类政策以渐进方式就空气污染物和温室气体的排放设置了严格标准（自2009年起）。一系列被称为“欧盟标准”的指令就欧盟境内新售道路车辆尾气排放的可接受上限进行了规定。从1993年生效的欧1标准开始，欧盟标准已经有规律地进行数次修订。最近修订的欧盟标准为面向轻型客车和商业车辆且于2014年生效的欧6标准（委员会条例（EU）No. 582/2011）。

这一政策的目标是助力道路交通运输这一重大温室气体和空气污染排放源实际或真实排放的减少。但是，道路交通运输又是人们上班、上学及获得商品和服务的手段。同

表12.3：评估标准概述：欧洲过度的柴油排放

标准	评估结果	参考文献
成败	欧盟标准在减少每单位行程空气污染物和温室气体的排放及降低可衡量空气污染的浓度方面已经取得了成功，特别是在接近道路的地方。但是，真实世界中的减排并没有实现实验室检测估算的减排潜力。	欧洲能源署，2015年；欧洲能源署，2016a；欧洲能源署，2016b；欧洲能源署，2017年
评估独立性	已就总体进展开展独立评估。	
关键主体	汽车所有者和车辆制造商协会及非政府组织等均高度参与。这是一个利益攸关方高度参与的长期过程。	
基线	每次修订都设立并更新了定量基线。	
时间线	政策按时实施了，但由于检测流程的缺失和允许制造商在某些环境条件下不采用排放控制技术的大范围例外情形的存在，一些预期目标并没有实现。	
制约因素	行业游说导致政策被推迟和削弱。在某些情况下，制造商得以规避标准并设计出了道路排放量高于检测期间排放量的汽车。	Grice等人，2009年；Guerreiro等人，2010年，第3页；Hotten，2015年
促进因素	欧洲的监管和治理架构是推动政策实施的关键。一些国家缺乏独立核实制造商所报告排放量的资源。政策制定过程中的参与度很高，从而导致了高度的公众认可。	
成本有效性	在欧洲政策制定过程中，成本和效益包括对健康、农业和生态系统的影响等问题被放在提高成本有效性这一目标下进行了仔细考量。	欧盟委员会，2018年
公平性	政策对所有人的影响可以说都是积极的，但生活在道路附近且经济上处于弱势的人受益尤大。	
共同效益	欧盟标准为全世界做出了榜样。它推动了行业创新，还提高了能源效率，改善了能源安全并减少了温室气体排放。但是，一些旨在激励柴油车销售的国家政策导致了二氧化氮排放量的增加。交通补贴也可能会抵消减排成果。	Franco等人，2014年；欧盟委员会，2015年；欧洲能源署，2015年
跨界问题	随着欧盟标准逐步渗透到国际二手车市场，没有类似法规国家的汽车尾气排放也相应减少了。	
潜在改进	缩小检测过程中技术不确定性的范围、消除检测灵活性、增加流通中汽车排放的检查次数。	

时，欧盟境内的道路车辆制造商又为经济和就业做出了贡献。因此，该政策旨在于这些目标之间实现平衡。

欧洲原先实施的标准的主要目的，是减少氮氧化物、一氧化碳（CO）、$PM_{2.5}$和挥发性有机化合物（VOC）及二氧化碳（CO_2）和其它污染物的排放，而后续修订则实施了更多限制。此外，日趋严格的欧盟标准还要求使用更加清洁的汽油和柴油燃料（其质量受指令2003/17/EC的监管，如要求硫含量较低），从而——例如说——导致了颗粒物排放的减少。除气候变化外，这些法规的实施主要是受空气污染对人类健康的影响推动的，其次则是受空气污染对自然和半自然生态系统的影响推动的。这些日益严格的排放标准产生了积极成果。它们导致了新型汽车技术的引进，而在过去几十年中，这类汽车已经使欧洲实现了显著的汽车尾气减排。例如，最新的柴油车标准（欧6标准）要求，与适用欧1标准的20年前的汽车相比，现在的柴油车要减少几乎97%的颗粒物排放。

在减少每单位行程空气污染物和温室气体的排放及降低交通运输总体排放量方面，欧盟标准都取得了成功，即便是在交通运输活动增加的情况下（欧洲能源署，2015年，第25、30、32、33、37、38、46页；欧洲能源署，2017年，第19页）。此外，欧盟标准还以可衡量的方式降低了空气污染浓度，特别是在靠近道路的地方（欧洲能源署，2016b，第31、43、77-79、82页）。但是，由于现实世界行为与实验室检测条件下排放量之间的差异，这些减排成果并没有实现政策规定的目标（欧洲能源署，2015年，第46页；欧洲能源署，2016a，第27-37页）。自2000年以来，这些差异已经出现了显著扩大，特别是就柴油车的二氧化碳和氮氧化物排放而言，其原因主要包括：

i. 检测程序未反应真实世界的驾驶状况；
ii. 程序的灵活性使制造商在检测期间可实现较低的燃料消耗和排放；
iii. 若干使用因素如驾驶方式和环境状况的存在；
iv. “作弊设备”的使用，能够使汽车在实验室检测期间的排放量低于其在道路上行驶时的实际排放量。

2015年柴油门丑闻发生之后（Hotten，2015年），欧洲才有了变革实验室检测流程、以便更好地反应真实世界排放情况的足够政治意识和意志（欧盟，2016年）。

鉴于已实施标准的缺陷，2017年，欧盟对汽车尾气排放检测流程进行了审查，并就欧洲境内新出售的车型引入了新的、更加可靠的、在真实驾驶条件下实施的排放检测方法，以及改进型实验室检测方法。此外，欧盟委员会还于2018年提出了一项新的建议，旨在缩小检测过程中技术不确定性的范围，消除检测的灵活性并增加流通中汽车的排放量检查。

12.2.3 市场干预

作为强制推行生活方式和技术选择的潜在另类措施，政府还可在市场中通过提供经济激励（如补贴、税收抵免、贷款或价格担保等）或遏制措施（如费用和税收等）或就之前未交易过的权利或商品（如减排信用额和可再生能源信用额等）创设新市场的方式指导人们的生活方式和选择。这些类型的市场干预在空气污染、气候变化、消耗臭氧层物质和持久性生物累积性有毒物质的缓解中都得到了一定程度的运用。

在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（参见第1章图1.2）下，市场干预是作用于环境问题的“驱动力”的，而驱动力又是作用于“压力”和环境“状况”的。

尽管市场干预无法直接减少排放或降低环境浓度，但它为受监管个人和企业提供了灵活性，有助于形成改善绩效和降低成本的动机。因此，与“命令和控制”类方法相比，适当设计和调整的市场干预可更加高效地实现减排目标。

市场受许多超越政府控制能力的因素的影响。因此，市场干预必须定期进行调整，以反映不断变化的状况。如果能够参照规划体制（请参见第11.3节）进行这种调整，以便对预期状况实现方面的进展进行评估和跟踪，那将是大有裨益的。

在某些情况下，将新技术引进特定市场是需要政府干预的。技术一旦被引入市场并站稳了脚跟（如通过初期补贴或贷款方式），则其之后应该能够在没有政府协助的情况下与其它技术进行竞争。下列案例研究就探讨了肯尼亚政府是如何帮助引进清洁炉灶和燃料、以减少家庭空气污染的这一问题。

案例研究：肯尼亚的改进型炉灶

使用传统燃料（如木柴、粪便和木炭等）做饭导致的家庭空气污染是全球疾病负担的一个主要贡献因子（Lim等人，2010年；Cepeda等人，2017年；Landrigan 2017年，参见第5.2.4节）。一系列慢性疾病——如白内障、肺癌和支气管炎——都与做饭产生的烟雾有关，而妇女和儿童受到的影响是最大的（Cepeda等人，2017年）。除此之外，黑炭（一种家庭空气污染物）被认定为严重影响世界气候的第二大人为排放物（Bond等人，2013年；Myhre等人，2013年）。

发展中国家依赖传统可再生能源做饭这一作法的负面影响使得全球清洁炉灶联盟（“联盟”）的及时干预很有其必要性。全球清洁炉灶联盟是一个公私合作组织，其宗旨是创建一个关于清洁、高效改进型家庭烹饪解决方案的全球市场，以减少高污染传统炉灶的碳足迹。该联盟于2010年

投入运作，并制定了一个到2020年使1亿家庭采用清洁炉灶和燃料的10年期宏伟目标。该联盟与非政府组织、基金会、妇女合作社、贸易协会、学术机构、投资者和企业家合作，共同致力于清洁炉灶市场的壮大。鉴于撒哈拉以南非洲农村地区未加工薪柴的广泛使用，全球清洁炉灶联盟在该地区许多国家包括肯尼亚开展了行动。在肯尼亚，84%的人口仍在使用固体燃料做饭，每年有16,500例死亡可归因于室内空气污染（全球清洁炉灶联盟，2012a）。

在撒哈拉以南非洲地区，肯尼亚开发、推广和销售清洁炉灶的努力是最早的；由于肯尼亚瓷炉的发展，这项努力可追溯至20世纪80年代（美国国际开发署和温洛克国际农业发展中心，2011年）。但是，到2007年，炉灶在肯尼亚市场的渗透率仍仅为36%左右，而农村地区的使用率则更低。从那时起，全球清洁炉灶联盟就开始与肯尼亚清洁炉灶协会（CCAK）合作，致力于推动肯尼亚炉灶市场的发展，并取得了显著成果。该联盟鼓励政府官员采用市场激励措施，如废除或最大限度地降低阻碍清洁炉灶行业增长的税收和关税。在这方面，一项明显的成就是2016年肯尼亚政府将高效炉灶的进口关税从25%降低到10%的举动。全球清洁炉灶联盟还为品牌建设和市场推广努力提供了赠款，并通过妇女赋能基金支持了两家女性所有企业的发展。

清洁炉灶相关碳融资不仅惠及了肯尼亚人，而且还为国际企业通过碳交易形式实现其减排目标提供了机会。通过碳交易，碳信用额可用于履行限量管制和交易机制或自愿减排机制下的减排义务（Lambe等人，2015年）。

对六类生物质炉灶进行的评估凸显了应对以下减排关键因素的必要性，即：炉灶的设计和性能；其它潜在排放源；炉灶的可获性和成本；通风；确保清洁炉灶采用的策略（Pilishvili等人，2016年）。这项评估的结果表明，与三块

表12.4：评估标准概述：肯尼亚的改进型炉灶

标准	描述	参考文献
成败	约37%（350万）家庭使用改进型生物质炉灶（ICS），而目前超过50%（约500万）的家庭仍在使用传统生物质炉灶。每年向新消费者出售24万至30万个改进型生物质炉灶。肯尼亚政府致力于到2030年实现50%的减排潜力（即约260万吨二氧化碳当量）。	肯尼亚能源和石油部和人人享有可持续能源倡议 2016；肯尼亚环境和自然资源部，2017年
评估独立性	绿色气候基金——《联合国气候变化框架公约》下的一个融资机制。	
关键主体	超过80%的市场份额为传统手工制作的炉灶所占据。	绿色气候基金，2018年
基线	该项目于2010年启动，到2016年4月，全球清洁炉灶联盟的这个项目已在肯尼亚全境售出约251,000个炉灶。	自然资本合作伙伴，2018年
时间线	在每年排放1.43亿吨二氧化碳当量这种如常情景下，到2030年要实现温室气体减排30%的目标。根据这一目标，据信，改进型炉灶干预项目到2030年有减排560万吨二氧化碳当量的潜力。	全球清洁炉灶联盟，2014年；绿色气候基金，2018年
制约因素	改进型炉灶供应链不够发达；部分社区仍在捡拾免费柴火；偏远农村地区相关投资的成本和风险；消费者意识薄弱；监管约束（即进口关税、税收和针对性很差的补贴等）；旨在执行标准的产品检测能力有限；产品改进方面的投资不足。	全球清洁炉灶联盟 2012b；绿色气候基金 2018年
促进因素	肯尼亚取消了液化石油天然气（LPG）16%的增值税（VAT），将高效炉灶的进口关税从25%降低到了10%，并对改进型炉灶、原材料及其附属品实施了零增值税。	全球清洁炉灶联盟，2016年
成本有效性	炉灶设计并未充分实现节能减排效益，高质量炉灶与其竞争对手之间难以简单区分。	
公平性	最贫困的五分之一家庭、较年轻女性和生活在偏远地区的人采用和安装改进型炉灶的可能性较低。	Silk等人，2012年；Kapfudzaruwa，Fay和Hart，2017年
共同效益	生计改善、社会影响（包括性别方面）、伴生污染物（如臭氧对庄稼的破坏）的减少等	
跨界问题	项目的经验教训可运用于撒哈拉以南非洲地区的其它国家。	
潜在改进	为了解客户需求，需要开展客户细分研究，并为购买者量身定制金融产品。此外，现有的非炉灶批发和经销网络也要用于改善消费者获取产品的渠道和可承受性。	（全球清洁炉灶联盟 2013年；肯尼亚能源和石油部，2015年）

石头搭成的传统炉灶排放基线相比，生物质炉灶确实减少了排放。但是，减排量并没有达到能够使公众健康利益最大化的门槛值。

总体而言，肯尼亚的清洁炉灶市场仍大有前途，但目前在农村地区实施强有力的政策干预、以扩大清洁炉灶采用和使用规模仍是有必要的。未来，通过明确具有地方和全球重要性的健康指标，本政策应该更好地与人类健康相关目标相融合。而且，本政策应对这些健康指标进行定期监测，以便更加有效地从时间和空间两个维度对健康效益方面的进展进行追踪。.

12.2.4 信息政策

除使用监管命令和市场干预外，政府有时还可通过向公众提供更好信息的方式支持其变革生活方式，以减少排放或接触达到了有害程度的空气污染。这种努力与近年来人们对空气污染接触相关危害和风险的理解的进一步加深有关（Kelly和Fussel，2015年）——尽管早在50多年前已有人提及（Auerbach和Flieger，1967年）空气污染控制相关公众教育的重要性。这种方法的例子之一，是向公众提供近乎即时的空气质量观测结果和预报。在线发布近乎即时的空气质量数据在世界上许多国家和大城市正变得日益普遍。一些地方还提供空气质量预报，对未来一至两天的空气质量水平进行预测。这类信息通常会通过网站、社交媒体、智能手机应用、报纸、地方广播电视等渠道进一步传播。这些动态媒体还可与教育海报和小册子进行互补。提供这类信息的目的，是鼓励公民变革其生活方式，以：

- 减少与污染之间的接触，并因此降低不利健康的风险（如避免在高峰浓度期间进行室外锻炼、要求特别脆弱个体呆在室内等）；
- 减少个人排放（如选择通过公共交通工具而非私人交通工具出勤、在预报的污染期间减少柴火或其它生物质燃料的使用等）。

空气质量预报和及时观测值可用作其它空气污染控制政策的补充。例如，美国一些地方在发布空气污染事件警报后会限制柴火的使用。在欧洲，一些大城市（如巴黎）近年来已经发布了在污染物浓度较高期间限制私家车使用的命令。在污染最严重期间，政府甚至可关闭工厂并停止其它非关键活动。在中国，一些城市禁止卡车及其它高排放车辆在白天运作，以控制其空气质量。

为公众提供信息以指导其行为的其它例子还有贴标签和商标化。在本背景下，贴标签是指提供某一产品的环境影响相关信息，如其相对排放量或能源消耗量，以指导消费者的选择。这种标签可能是政府法规要求的（如美国要求新车标签提供排放量和燃料经济性方面的估算值），也可由制造商自愿提供。在本背景下，商标化指将某一产品或服务与某一标志或符号联系起来，以告知消费者该产品或服务满足了既定的环境绩效标准（如能源之星）。这种商标由政府、行业协会或作为自愿项目由公众倡议团体制作，且通常要求进行独立检测。

在对环境压力产生较大效果（消费及其它产生排放的行为）和影响（暴露相关行为）之前，这些方法必须先使目标群体的意识和认识达到一个门槛值。但是，一旦达到门槛值，公民和消费者就会开始主动期待并要求提供这类信息。而且，提高公众对污染源及污染影响的意识可增加其对清洁空气、低排放产品和服务及更严格政策的需求。

信息的存取还可促进创新。过去，环境空气质量方面的信息大都来源于监管机构。但是，由于公众在深入了解环境空气质量及其与人类健康之间的联系方面存在好奇心，目前，全球出现了一个新的、不涉及监管机构却能以较低成本提供相同信息的空气质量监测设备市场。尽管用于为大众提供空气质量信息的空气质量感应器（通常被指为低成本）生成的数据质量通常值得怀疑（Lewis和Edwards，2016年；Thompson，2016年），但鼓励公民参与环境数据制作这一作法的重要性不应被低估（参见第25.2节）。这种作法不仅能够为社会提供信息服务，使公众能够就何时出行、在何处逗留更长时间等问题做出知情决策，而且还可得益于以促进空气质量信息公开并降低空气质量信息存取难度的活动如OpenAQ倡议（http://openaq.org）的进一步支持。作为一项倡议，OpenAQ旨在“通过公开数据、开放源工具和合作实现之前不可能实现的科学、影响政策并提高公众与空气污染作斗争的能力”。

信息需求的增加导致了负责试验新奇方法、以生成最适合消费的信息的私人组织及监管机构的出现。这种试验的拓展是可行的，且存在由监管机构介入并支持新兴技术进一步扩展的空间。

随着智能手机和开放源应用的广泛使用，这类信息如今正在传统传播渠道之外为拥有手机的所有人提供服务。由于手机应用的广泛使用，公民的信息意识和信息存取能力都在迅速提高。结果，公众形成了一种变革需求。有针对性信息的提供可进一步提高个人就环境危害做好准备并管理其健康风险的能力。苏格兰的“了解和响应（Know and Respond）”信息系统和英国环境、食品和农村事务部（2018年）在全国范围内提供的空气污染预报就是这方面的例子。其中，“了解和响应”是在苏格兰境内提供的一项面向订阅者的免费服务。在该区域空气污染据预报将达到中度、严重或非常严重程度的情况下，该服务就会向注册用户发送警示信息（苏格兰空气质量机构，2018年）。

案例研究：AirNow——即时空气质量数据和预报

1995年，非政府倡议团体美国马里兰州肺脏协会开始根据马里兰州监测设备记录的臭氧观测结果绘制臭氧每日观测图（在美国，空气质量监测站是由州和地方政府负责运作的）。1997年，这份臭氧每日动态图拓展到了美国东北部14个州。1998年，美国环境保护署接收了这个中央数据系统的运作，增加了7个州并将其命名为“AirNow”（http://airnow.gov/）。

之后的10年中，由于更多州和地方机构开始向其提供数据，AirNow实现了稳步成长。到2008年，全美50各州、加拿大4个省及中央政府、墨西哥两个州的机构都在向这一系统提交数据。随着时间的推移，这一数据系统及其产品供应得到了逐步改善，并开始试验新产品和新服务。2009年，该系统的架构和软件工具进行了大改，以允许其软件在不同环境下执行。新软件被命名为“AirNow国际”，在2010年世博会期间被部署到了中国上海，并在2012年部署到了墨西哥蒙特雷市。

目前，AirNow正在为130多个联邦、州和地方机构收集和提供空气质量观测和预报信息。

其中，美国的空气质量数据是以空气质量指数（AQI）的形式向公众和媒体提供的。空气质量指数是一个根据《美国国家环境空气质量标准》制作的、利用颜色条和数字表示空气质量的量尺。通过一个应用程序接口（API），AirNow能够与目前已得到广泛运用的智能手机应用相连。AirNow国际也扩大了地理覆盖范围，而美国国务院已开始为部分美国使馆和领馆提供空气质量观测数据。

作为一项信息政策，美国环境保护署的AirNow项目提供了一个低成本、高效益的范例。通过现有架构，如监测网络和州或地方空气质量机构，该项目以一种新的方式实现了基础设施的利用。这一信息政策的主要效益来自协助个人减少或规避高度污染相关暴露。及时的信息提供能够鼓励公民采取缓解性质的行动，以减少其污染贡献。此外，信息提供还形成了对空气污染的意识、对清洁空气的需求、对其它监管及市场政策的认可等。尽管该项目目前还没有接受正式评估，但各种研究表明，空气质量信息对意识和生活方式都会产生影响。

表12.5：评估标准概述：AirNow—即时空气质量数据和预报

标准	评估	参考文献
成败	研究表明，由于警示的作用，人们的意识已经提高，但生活方式（如减少驾驶、能源消费）的改变更难量化。	Blanken，Dillon和Wismann 2001年；Henry和Gordon，2003年；Mansfield和Corey，2003年；堪萨斯州卫生和环境部，2006年；Mansfield，Johnson和von Houtven，2006年；McDermott，Srivastava和Croskell，2006年；Semenza等人，2008年；Mansfield，Sinha和Henrion，2009年；Neidell 2008年
评估独立性	各种研究。	
关键主体	国家、州/省和地方政府。	
基线	取决于地点。	
时间线	1995-2008年间，该系统从一个州单枪匹马的努力演变成了涉及全美50各州、加拿大4个省和中央政府及墨西哥2各州的一个庞大系统。目前，130多个联邦、州和地方机构正在参与。	
制约因素	空气质量信息可使人们对潜在健康后果产生焦虑，并促使一些人寻求不必要的医疗服务。而且，信息一旦免费提供，系统创建时不曾预见到的各种用途可能会脱颖而出。数据透明度和开放性方面的政策和态度可成为重要制约因素。	
促进因素	前提条件是要有有效的空气质量监测基础设施和数据收集传播方案。	
成本有效性	与监测活动的成本和媒体报道的价值相比，数据管理和传播的额外成本很小。	
公平性	空气质量信息的获取能力并不统一。受教育层次较低或没有互联网接入的人可能被排斥在外。	
共同效益	增加了空气质量方面的需求，改善了空气质量管理政策的认可度。	
跨界问题	在地球观测组织的支持下，该项目目前正在向国际社会拓展。	
潜在改进	随着各类信息获取的增加，人们对空气质量信息获取的期望也随之增强。	

12.2.5 国际合作

没有人能够离开空气，而空气质量也是不可或缺的。但是，全球如今有90%的人口被迫生活在不健康的空气中，特别是在亚洲和非洲地区（世界卫生组织，2018年）。空气污染和持久性生物累积性有毒物质特别令人担忧，因为它们可在地方、国际、区域和全球范围内扩散。在空气污染跨越国界或需要跨境应对时，国际合作可在其中扮演重大角色。

国际合作的形式可以是多种多样的，从正式合作到非正式合作，再从双边外交到多边外交，不一而足。政府是确保行动保持一致的关键主体之一，其活动包括：在全球错综复杂的国家利益网中进行谈判并缔结多边环境协议（MEA），提供国际援助，在协议下或协议外开展能力建设/技术援助，对空气污染进行监测和建模并在专家群体的帮助下改进科学知识，与公众共享信息，提高公众意识并就空气污染的减少自愿开展深入合作等。正式培训、技术示范和合作研究及评估活动为知识共享和能力建设提供了更加有效的机会。这些活动可能会对环境成果产生最为显著的长期影响，但它们的即期影响却难以量化。地方政府也是实施国家环境政策的重要主体。工商业部门的合作对于提高政策有效性至关重要。根据《长程越界空气污染公约》具有法律约束力的8项议定书，政策合作、排放控制和报告、生态系统恢复等都已实现相当大的进展。以效果为导向的、能够将基于科学的技术和结构化缓解措施的区域成本降至最低的临界负荷概念的运用为该公约参与国提供了一条复杂但成功的出路。

在空气相关问题国际合作中，一个相对较新的方法是制定公私合作倡议，如清洁燃料和汽车伙伴倡议、全球清洁炉灶联盟（参见第12.2.3节）、全球农业温室气体研究联盟、减少短期气候污染物气候与清洁空气联盟（CCAC）等。这些倡议将相关国家政府、政府间组织、私营部门公司、公民组织和慈善基金会结合起来，共同推动特定污染的缓解工作。例如，减少短期气候污染物气候与清洁空气联盟由联合国环境规划署和孟加拉、加拿大、加纳、墨西哥、瑞典和美国等国政府于2012年成立，以加速黑炭、甲烷和氢氟烃的减排行动。现在，该联盟已有100多个国家和非国家伙伴组织成员，参加了11项不同倡议。这些努力可为全球30多亿受家庭空气污染影响的弱势群体提供更清洁的燃料和技术（Apte和Salvi等人，2016年）。

国际金融机构如世界银行、亚洲开发银行、非洲开发银行、全球环境基金和绿色气候基金等在项目融资方面扮演了重要角色。控制措施的资金援助和合作实施可在短期内对减排产生明确、可证实的影响，但是，如果相关控制措施被复制，其长期影响可能要大得多。

区域组织可通过两种方式发挥作用。一种是像欧盟那样，作为全球主体在谈判中充当主导角色并在环境政治中发挥越来越大的作用，而另一种，则是像东南亚国家联盟（ASEAN）那样，作为一个国际论坛发挥作用。这两种方式都为区域议程的设定、新知识和视角的学习、信息共享和共同问题的探讨提供了机会。公约秘书处可根据公约影响成员国之间的谈判进程。志同道合的团体、联盟和主席之友也可主导、调解或放缓谈判进程。在这些合作进程中，一些还可由环境领域的非政府组织、绿色党派和公民及诸如世界卫生组织、世界气象组织（WMO）、经济合作与发展组织、国际能源署（IEA）、国际海事组织、国际民航组织（ICAO）、联合国环境规划署之类的国际组织发起，帮助设置环境议程、构建环境问题或为国际合作提供资源。

如第5.5节介绍的那样，与空气污染有关的全球多边环境协议都是针对气候变化（《联合国气候变化框架公约》）、平流层臭氧损耗（《维也纳公约》和《蒙特利尔议定书》）、汞（《水俣公约》）和持久性有机污染物（《斯德哥尔摩公约》）的。尽管空气污染方面尚无全球性公约，但若干区域性多边环境协议和双边协议业已存在。其中，联合国欧洲经济委员会（UNECE）1979年谈判缔结的《长程越界空气污染公约》是历史最悠久的区域性多边环境协议之一。根据《长程越界空气污染公约》8项具有法律约束力的议定书，政策合作、监测和建模、排放控制和报告、生态系统恢复等方面已经实现了相当大的进展。

国际协议的影响很难评估。法律承诺的遵守与否是可以评估的，但减排是否是国际协议的结果或在没有国际协议的情况下是否会发生往往并不明确。此外，完美合规可能恰恰是抱负不够远大、仅需一切照旧即可实现的目标的指征。

在上述多边环境协议中，没有一个设立了有效的国际执行机制。根据各国国内法律状况，一国政府可能会因为未遵守国际条约而被告上本国法庭。但是，这种诉讼在现实中极为少见，国际承诺的遵守大多数是依靠外交或同行压力实现的。

下列案例研究探讨了东南亚国家联盟2002年谈判缔结的跨境烟霾区域协议所取得的进展。这个案例为国际合作相关挑战提供了宝贵借鉴。

案例研究:《东盟跨境烟霾污染协定》

东南亚使用的霾或烟霾这一术语等同于陆地和森林火灾及农村人口燃烧农业废弃物所产生的空气污染。跨境烟霾污染指物理发生地全部或部分处于一国管辖区域但被输出到另一国管辖区域的烟霾污染(《东盟跨境烟霾污染协定》)。

在东南亚,最严重的烟霾事件发生在该地区同时受厄尔尼诺—南部涛动现象和印度洋偶极子事件影响的年份。2015年遭受的最近一次严重烟霾事件在一定程度上就是因为上述两种反常现象同时发生所引发的干旱,特别是在印度尼西亚的苏门答腊岛和加里曼丹岛(Koplitz等人,2016年)。

表12.6:评估标准概述:《东盟跨境烟霾污染协定》

标准	描述	参考文献
成败	关于有效性和目标实现的观点褒贬不一。	
评估独立性	评估方面尚未达成共识。	
关键主体	政府、东盟秘书处及其所属机构、非政府组织、外国政府、行业和国际/区域组织。	
基线	该协定并未提供具体基线。	
时间线	该协定预计将永久生效,所有东盟成员国都将积极参与,直到2020年实现没有烟霾的东盟这一目标。	烟霾行动在线,2018年
制约因素	以燃烧方式伐木和清理土地为较贫困者创造了就业机会,因为其它部门的就业机会有限。因此,在地方当局执法不力的情况下,油棕和纸浆用木柴行业普遍兴旺起来。一旦被清空并用作庄园,泥炭森林往往会在地下焖烧数周,即便表面大火已完全熄灭。	
促进因素	2007-2011年间,新加坡与印度尼西亚的占碑省合作,共同实施了一个旨在预防和缓解陆地和森林火灾的行动计划。马来西亚与全球环境中心这一非政府组织开展了合作,共同致力于降低泥炭地火灾相关风险。印度尼西亚、马来西亚和新加坡2005年在廖内省和西加里曼丹岛实施的人工降雨项目也预示着合作的开展。2009-2011年间新加坡和印度尼西亚之间的一个环境合作项目推动了廖内省的火灾管理和灭火努力。这些制度安排和协作都是重大促进因素,而各方在印度尼西亚批准公约之前即开始行动的意愿也是如此。旨在改善泥炭地管理并控制烟霾污染的项目受到了成员国的欢迎。	烟霾行动在线,2017年
成本有效性	2010-2014年间东盟泥炭地森林项目的成本为590万美元。该项目成功升级了菲律宾和越南关键地点的管理和恢复。印度尼西亚烟霾控制项目的成本据估算为57亿美元,而旨在应对森林火灾的另一项目的成本则为12亿美元。但是,这些成本并未将泥炭地燃烧造成的损失包括在内。据世界银行估算,2015年火灾造成的这种损失就高达160亿美元。	世界银行,2016年;Nazeer和Furuoka,2017年;Hans,2018年
公平性	烟霾加剧了呼吸困难及其它烟霾相关疾病,特别是在儿童和穷人中间。	马来西亚自然协会科学和保护小组,1997年;Gordon,Mackay和Rehfuess,2004年
共同效益	烟霾相关影响包括二氧化碳的排放、野生动物及自然保护和生物多样性潜在效益的损失等。这些影响都与可持续发展目标如目标3、目标11和目标12有关。东盟的泥炭地管理战略和东南亚泥炭项目有助于气候变化的缓解(2006-2020年)。 该协定还与国家空气质量目标的实现有关。例如,新加坡就空气质量通过了2020年目标,但邻国泥炭地的有效管理和烟霾污染的控制会对其空气质量产生直接影响。	亚太清洁空气伙伴倡议【APCAP】,2015年,第2页;世界自然基金会(WWF),2018年
跨界问题	野外火灾和燃烧农业废弃物产生的烟雾会输出到其它国家,并对其它国家产生不利影响。	
潜在改进	零燃烧政策的制定、东盟共同体愿景(2025年)的实现、提升开展进一步合作的政治意愿等,都可得益于与其它倡议如东亚酸沉降监测网、气候和清洁空气联盟、亚洲共同效益伙伴倡议之间的协作。	

烟霾是一个影响健康的问题，它会恶化当前的心肺状况（世界卫生组织，2016年）。2015年，它使50多万人出现了急性呼吸感染，并导致了19人死亡。据估算，烟霾的经济成本为160亿美元，影响到交通运输（3.72亿美元）、旅游（3.99亿美元）、贸易（13亿美元）、制造业和采矿、大众教育等部门（世界银行，2016年，第1-2页及第4-8页）。泥炭燃烧产生的排放包含90种高毒性气体，其中包括甲醛、丙烯醛、苯、一氧化碳和一氧化氮等（Stockwell等人，2016年）。

1997-1998年发生的首次严重烟霾事件要求人们采取区域行动。亚洲开发银行对其重大损害进行评估（Qadri编辑，2001年）后，《东盟跨境烟霾污染协定》于2002年正式通过，并于2003年开始生效（烟霾行动在线，2018年；联合国环境规划署，2010年）。

该协定试图变革烟霾相关治理安排，通过国家之间的协作和区域及国际密集合作预防和监测因陆地/森林火灾引发的跨境烟霾污染，最终建设一个没有烟霾的东盟区域（《东盟跨境烟霾污染协定》）。东盟专业气象中心被指定为对该区域天气和烟霾形势实施监测和评估并就跨境烟霾污染的发生提供早期预警的区域中心。马来西亚气象部则通过火灾危险评估系统提供火灾风险相关信息。此外，每个国家都指定了对当地火灾和烟霾形势实施监测的国家监测中心（Velasco和Rastan，2015年）。

但是，关于该协定在实现其目标方面的有效性，人们的观点并不一致。2003年，该协定成为东盟首个正式生效的区域性环境协议，但在2014年之前，并非所有东盟国家都批准了该协定。该协定生效后，东盟发起了一些国际性合作活动和国别政策，但大规模烟霾事件仍在继续发生，而2013年和2015年的尤其引人注目。像许多多边环境协议那样，该协定并没有就未能履行规定义务的行为规定制裁条款。

2015年以来，该协定已经取得了一些进展。文莱开发了本国的跨境烟霾预报系统。

新加坡实施了一项法律，要求那些在该国境内外从事活动而导致该国遭遇烟霾污染的公司负责，从而改善该国应对跨境烟霾污染的能力。在2011年起暂停授予新的特许经营权的基础上，印度尼西亚也实施了旨在保护原始森林和泥炭地的法规。到2030年，这项政策预计将减排78亿吨的二氧化碳（印度尼西亚共和国，2015年，第5-6页）。

该协定下的活动还可为其它区域合作提供支持，特别是在监测网络如亚太清洁空气伙伴倡议（APCAP）的协调方面。亚太清洁空气伙伴倡议结合了《东盟跨境烟霾污染协定》、《马累宣言》、东亚酸沉降监测网和大气棕色云等倡议。

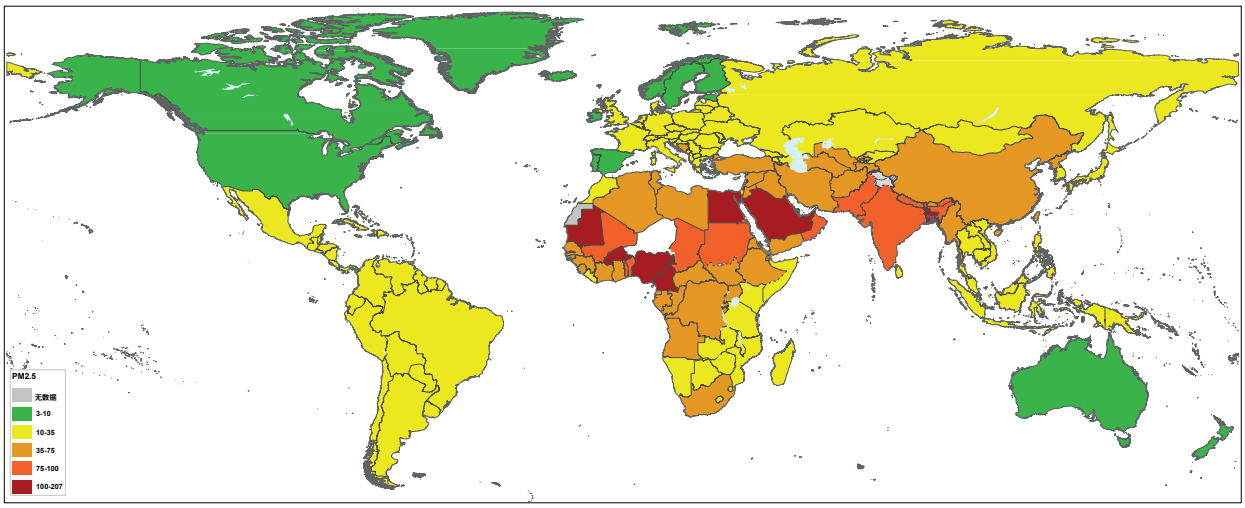
12.3 指标

如第5章所述，大气变化（包括空气污染、气候变化、平流层臭氧损耗和持久性生物累积性有毒物质污染等）与每一可持续发展目标（参见图5.2）都直接或间接相关。对于这些问题，一系列全球和区域多边环境协议及国家、省、市层面的政策都提出了应对措施。为评估任何特定政策或政策包的有效性或充分性，确立可衡量指标是大有帮助的。在理想情况下，这类指标应对相关政策变革具有敏感性，但又不能因其它影响因素而失效。同时，这类指标还应与社会认为很重要的政策变革的影响建立联系。这两项目标指向的，是前述章节所采用的驱动力、压力、状况、影响和响应框架（图1.2）的两端——这表明，最佳指标的选择通常都是妥协的结果。如果是要评估特定政策（如上述案例研究所述政策）的有效性或特定政策包（包括不同地理范围内的政策）的充分性，则妥协方式可能会不一样。

本节描述了用于跟踪可持续发展目标进展并对国家层面现有政策的充分性进行比较的三项大气变化指标。这些指标聚焦的对象分别为空气污染、平流层臭氧损耗和气候变化。持久性生物累积性有毒物质排放和浓度方面的现有数据不足以对全球或国家层面的政策有效性进行评估。

12.3.1 指标1：$PM_{2.5}$的人口加权年平均浓度值

图12.2：2016年$PM_{2.5}$的国别人口加权年平均浓度值



本图综合了卫星观测、地表监测和一个大气化学和交通运输模型的数据。

资料来源：根据健康影响研究所（2017年）和Shaddick等人（2018年）的文献改编。

政策相关性/因果链条

$PM_{2.5}$的浓度是一个国别变量，既受污染物排放的驱动，又受气象和气候条件的影响。$PM_{2.5}$可直接排放出来，但也可因前体气体的排放而在大气中生成。政策是通过改变排放状况来影响$PM_{2.5}$浓度的，但在长期维度内，还可通过改变气候状况来影响其浓度。$PM_{2.5}$的浓度与环境暴露及其对人类健康的影响、生态系统、空气能见度和短期气候强迫物质有关。

环境$PM_{2.5}$的浓度可通过地表监测站实施监测，也可基于星载设备的观测值进行估算。描述$PM_{2.5}$浓度分布特征的最佳方式，是将地表监测、卫星观测和计算机模型等信息结合起来。将这样得到的浓度场与人口分布相结合，还可以估算出$PM_{2.5}$的人口加权年平均值。

暴露在具有$PM_{2.5}$浓度的空气环境中会对人类健康产生多种后果，包括过早死亡等。基于人口分布对$PM_{2.5}$的平均浓度进行加权处理可得到人口暴露浓度这一指标。

$PM_{2.5}$的排放和前体来自范围广泛的众多人为排放源，包括发电、交通运输、居民用火、工业流程和农业燃烧等。这些排放源可通过众多政策方法进行管理。

其它因素

$PM_{2.5}$的浓度还受天气、野火、扬尘和火山等因素的影响。其中，天气这一因素受年际变化、十年周期和长期趋势的影响很大。野火、扬尘和火山的作用也因年而异。在观测到的趋势与$PM_{2.5}$控制政策的影响之间建立因果联系时，必须将这些影响纳入考量。

利用大气化学和动态相关计算机模型，人们可将人为排放、自然排放和天气等因素的变化对所观测到的趋势的各自影响进行量化。但是，模型估算值的不确定性可能会与政策变化的影响一样大。

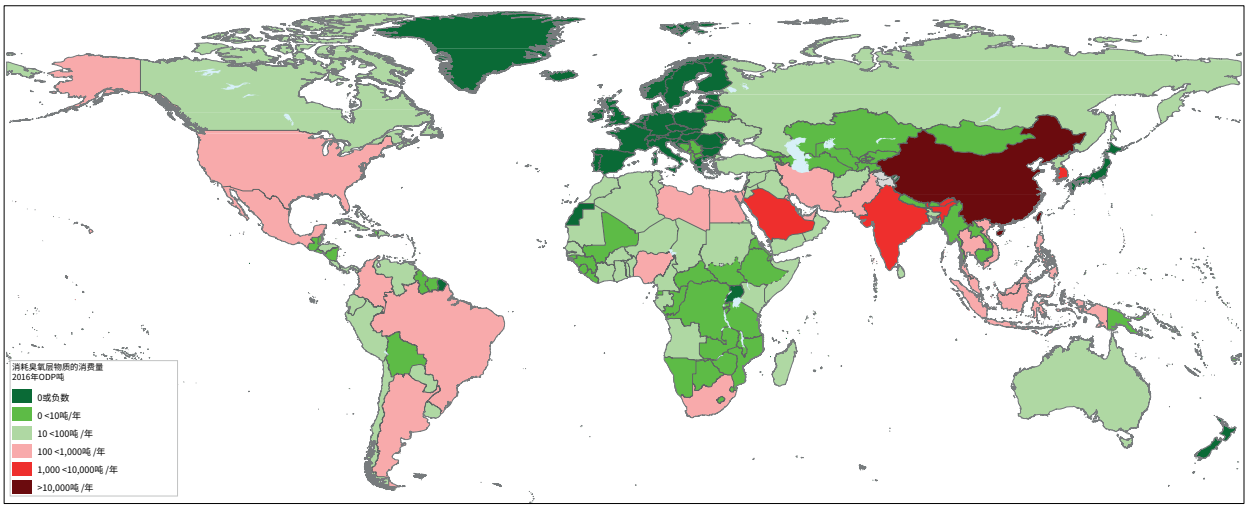
潜在替代指标

$PM_{2.5}$的浓度是空气污染一个广受认可的衡量指标。世界卫生组织就$PM_{2.5}$的年平均浓度最大值设置了一个指导值和过渡期目标。在可持续发展目标下，$PM_{2.5}$或PM_{10}的人口加权年平均值被选作了可持续城市建设进展的一个衡量指标。基于暴露人口对$PM_{2.5}$的浓度进行加权处理使该指标得以聚焦于$PM_{2.5}$对人口的总体影响。但是，人口加权平均值可能会掩盖暴露于最极端空气污染的人数。因此，绝对浓度提供了另一种度量方法。

$PM_{2.5}$及其气态前体（包括二氧化硫、氮氧化物和氨气）的直接排放也是替代指标。排放受政策变化的影响更为直接，但其与健康影响之间的距离更为遥远。对许多排放源而言，排放的计量是不现实的，而其估算也具有高度不确定性。

12.3.2 指标2：消耗臭氧层物质的排放

图12.3：2016年消耗臭氧层物质的消费量（ODP吨）



资料来源：联合国环境规划署（2017年）

政策相关性/因果链条

消耗臭氧层物质的生产和使用会导致能够影响平流层中臭氧浓度、进而影响到达地球表面的紫外线（UV）辐射水平的各种排放。紫外线暴露的增加会对人类健康和生态系统产生不利影响。消耗臭氧层物质消耗平流层臭氧的程度是不一样的。利用各种化合物的臭氧消耗潜能值（ODP）对消耗臭氧层物质排放估值进行加权处理，可以对旨在限制消耗臭氧层物质生产和使用的政策的有效性进行衡量（2014年）。臭氧消耗潜能值加权消耗臭氧层物质的排放都要报告给《维也纳公约》和《蒙特利尔议定书》的秘书处。

其它因素

消耗臭氧层物质的排放与旨在淘汰其生产、使用和不当处置的政策的有效性直接相关。

消耗臭氧层物质排放量、平流层臭氧浓度、紫外线暴露程度和健康后果之间的关系可利用能够解释大气化学和动态、暴露行为和人口特征的模型进行大体估计。将这些模型估值与观测到的臭氧浓度、紫外线强度和疾病发生率进行比较，人们即可对这些估值进行评估。

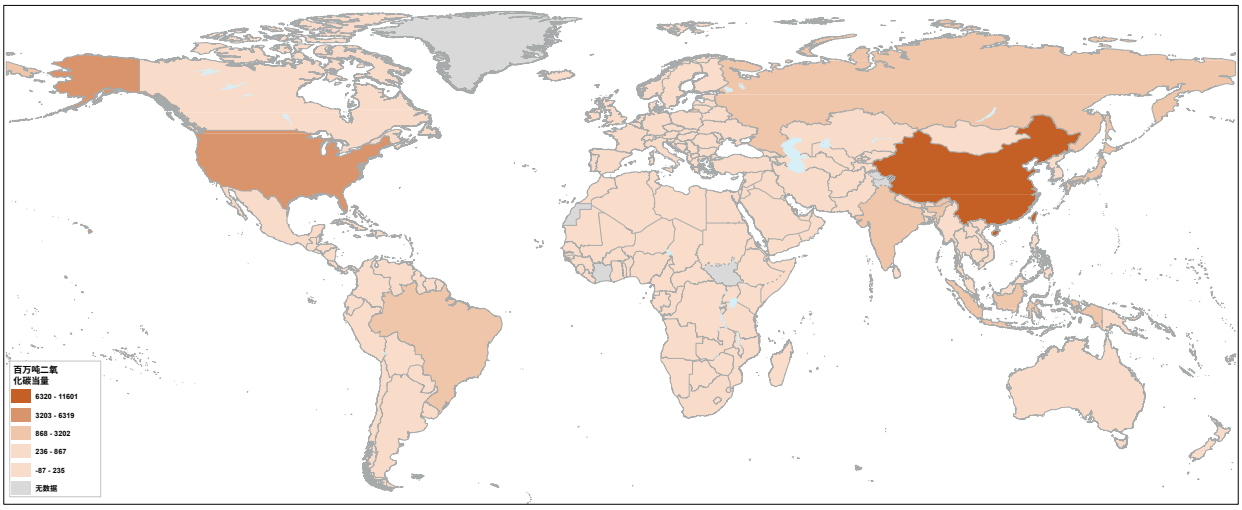
潜在替代指标

为衡量平流层臭氧保护努力的成功与否，人们还采用了其它指标，如平流层臭氧最低观测浓度、紫外线辐射水平的变化、南极臭氧“空洞”的空间范围等。从长期看，这些指标受消耗臭氧层物质相关政策的影响，但同时也受年际变化、十年气候周期和长期气候变化的影响。

消耗臭氧层物质的排放可通过人均排放量或每一单位GDP的排放量进行比较。在国家之间对额外控制成本进行分摊时，每一比较方法都代表着一种不同的公平假设。

12.3.3 指标3：长期温室气体的人为排放量（二氧化碳当量）

图12.4：2014年的国别温室气体排放总量（包括土地利用变化和森林来源及碳吸存）



资料来源：世界资源研究所（2017年）。气候分析指标工具：世界资源研究所的气候数据浏览器（Climate Data Explorer）。华盛顿：世界资源研究所。
出处：http://cait.wri.org/historical/。注意：这些信息有多个来源，包括：联合国粮农组织（FAO），2016年；国际能源署，2016年；《联合国气候变化框架公约》，2017b。

政策相关性/因果链条

长期气候变化主要是由温室气体包括二氧化碳、甲烷、一氧化二氮和氟化气体的排放推动的。上述每一污染物对气候变化的贡献都可通过全球变暖潜能值（GWP）这一指数以二氧化碳当量的形式进行比较。全球变暖潜能值考虑了不同污染物在大气中的不同寿命。它通常是在特定时间范围内进行计算的，而100年则是对长期温室气体的影响进行对比时使用最为普遍的时间尺度。

温室气体的人为排放来自范围广泛的众多排放源，但主要与能源的生产和利用、土地利用的变化和森林采伐相关。不同类型的政策均可直接或间接对能源生产和消费行为及相关技术产生影响，从而影响温室气体的生成。在国家层面，人为排放每年都会被量化并向《联合国气候变化框架公约》报告，从而为政策有效性提供了一个总体指标。目前，《联合国气候变化框架公约》可就工业化国家或过渡中经济体（在该公约下被称为附件I缔约方）提供1990年至今的年度排放数据。在《巴黎协定》下，所有国家都要按每两年一次的频率提交其排放清单。

其它因素

除政策因素外，人为温室气体的排放还受经济、社会和技术发展趋势的影响。此外，温室气体的排放还会因自然排放源而产生。自然和人为排放源都受自然气象和气候易变性的影响。

温室气体排放、辐射强迫、气候及气候易变性的变化、温室气体排放对下游人类健康、生态系统和基础设施产生的影响等等，都可利用地球系统模型进行评估。这种地球系统模型必须将大量进程和反馈纳入考量并做出解释。

人们可将温室气体排放量估值与现场计量方法和星载工具观测到的温室气体浓度进行对比，但在特定人为排放源的小幅变化与观测到的温室气体分布的变化之间建立因果联系是很难的。

潜在替代指标

在《联合国气候变化框架公约》下，全球变暖潜能值加权的长期温室气体排放量是衡量气候政策有效性方面一项广为认可的指标。

温室气体排放量的变化与大气浓度、辐射强迫或气候状况变量（如气温、降雨量等）的变化之间存在着长时滞后效应。因此，这些状况变量在政策有效性评估方面就不是那么有用了。

短期气候污染物（如黑炭和氢氟烃）的排放可纳入统计汇总，而其它指标（如20年跨度内的全球温变潜能值（GTP）或全球变暖潜能值）也可用于赋予不同污染物的贡献以不同的权重。

温室气体的排放可通过人均排放量或每一单位GDP的排放量进行比较。在国家之间对额外控制成本进行分摊时，每一比较方法都代表着一种不同的公平假设。

12.4 讨论和结论

大量政策方法——包括但不限于规划体制、排放和技术标准、市场干预、公共信息和国际合作——已被用于空气污染、气候变化、消耗臭氧层物质和持久性生物累积性有毒物质这四大问题的应对。每类政策在不同地理范围内被运用于这四大问题的实践均可总结出不同的经验教训。

政策方法必须与具体情景相适应就是这方面的经验教训之一。世界上并不存在对所有情景而言最为适当的唯一范式政策。在政府执行能力的支持下，高收入国家大可依赖信息量丰富的规划体制和监管方法。但是，这些方法对于信息匮乏和执行能力缺失的环境而言可能并不是最适当的。在这种背景下，自愿标准、市场干预和公共信息等方法在减少排放和危险暴露方面可能会更为有效。为提高旨在强化气候融资和减少空气污染工作的有效性，发展援助将在能力建设和绿色经济的发展方面扮演关键角色。能力建设应以强化最能预测气候变化的潜在影响并最善于开发适当政策应对措施的地方和国家层面的技术和规划能力为重点。空气质量措施必须与气候和能源措施、农业政策、交通运输政策和城市规划相结合，并将重点放在改善健康和生物多样性方面。在这方面，一项关键信息和挑战是如何确保气候政策不增加健康风险（如生物质燃烧和柴油造成的健康风险），及如何确保空气质量政策的气候中立性。此外，能够将国际、国内和地方行动相结合的多层次治理方法的强化也势在必行（Maas和Grennfelt编辑，2016年）。

参考文献

Air Quality in Scotland (2018). *Know & respond - Scotland, the free air pollution alert messaging system*. http://www.scottishairquality.co.uk/know-and-respond/ (Accessed: 4 November 2018).

Apte, K. and Salvia, S. (2016). Household air pollution and its effects on health. *F1000Research* 5(2593). https://doi.org/10.12688/f1000research.7552.1.

Asia Pacific Clean Air Partnership (2015). *Asia Pacific Clean Air Partnership: Promoting Better Air Quality in Asia Pacific.* http://staging.unep.org/documents/APCAP%20Brochure%208%20October%202015.pdf.

Åström, S., Yaramenka, K., Winnes, H., Fridell, E. and Holland, M. (2018). The costs and benefits of a nitrogen emission control area in the Baltic and North Seas. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 59, 223-236. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.014.

Auerbach, I.L. and Flieger, K. (1967). The importance of public education in air pollution control. *Journal of the Air Pollution Control Association* 17(2), 102-104. https://doi.org/10.1080/00022470.1967.10468947.

Blanken, P.D., Dillon, J. and Wismann, G. (2001). The impact of an air quality advisory program on voluntary mobile source air pollution reduction. *Atmospheric Environment* 35(13), 2417-2421. https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00523-9.

Bond, T.C., Doherty, S.J., Fahey, D.W., Forster, P.M., Berntsen, T., DeAngelo, B.J. *et al.* (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. 118(11), 5380-5552. https://doi.org/10.1002/jgrd.50171.

Carbon Market Data (2018). *World carbon market database: A unique data platform covering the world's carbon trading markets.* https://www.carbonmarketdata.com/en/products/world-ets-database/presentation (Accessed: 4 November 2018).

Cepeda, M., Schoufour, J., Freak-Poli, R., Koolhaas, C.M., Dhana, K., Bramer, W.M. *et al.* (2017). Levels of ambient air pollution according to mode of transport: A systematic review. *The Lancet Public Health* 2(1), e23-e34. https://doi.org/10.1016/S2468-2667(16)30021-4.

European Commission (2015a). *Cost-benefit analysis of the CAFE programme.* http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/activities/cba.htm (Accessed: 4 November 2018).

European Commission (2015b). *Evaluation of Regulations 443/2009 and 510/2011 on CO_2 Emissions from Light-Duty Vehicles: Final Report.* https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/evaluation_ldv_co2_regs_en.pdf.

European Commission (2018a). *EU emissions trading system (EU ETS).* https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en (Accessed: 10 October 2018).

European Commission (2018b). *The industrial emissions directive: Summary of directive 2010/75/EU on industrial emissions (integrated pollution prevention and control).* http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm (Accessed: 4 November 2018).

European Environment Agency (2015). *Evaluating 15 Years of Transport and Environmental Policy Integration Term 2015: Transport Indicators Tracking Progress Towards Environmental Targets in Europe.* Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/term-report-2015/download.

European Environment Agency (2016a). *Air Quality in Europe: 2016 Report.* Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file.

European Environment Agency (2016b). *Explaining Road Transport Emissions: A NonTechnical Guide.* Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions/at_download/file.

European Environment Agency (2017). *Air quality in Europe: 2017 report.* Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017/at_download/file.

European Union 2015/1185 (2015). Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with Regard to Ecodesign Requirements for Solid Fuel Local Space Heaters Union, E., 1-19 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1185&from=EN

European Union (2016). Commission Regulation (EU) 2016/427 of 10 March 2016 amending Regulation (EC) No 692/2008 as Regards Emissions from Light Passenger and Commercial Vehicles (Euro 6) (Text with EEA relevance). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0427

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *FAOSTAT: Food and Agriculture Data.* http://www.fao.org/faostat/en/#data.

Franco, V., Sánchez, F.P., German, J. and Mock, P. (2014). *Real-World Exhaust Emissions from Modern Diesel Cars - A Meta-Analysis of PEMS Emissions Data from EU (Euro 6) and US (Tier 2 Bin 5/ULEV II) Diesel Passenger Cars. Part 1: Aggregated Results.* Berlin: International Council on Clean Transportation. https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_PEMS-study_diesel-cars_20141010.pdf.

Gignac, R. and Matthews, H.D. (2015). Allocating a 2 °C cumulative carbon budget to countries. *Environmental Research Letters* 10(7), 075004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/7/075004.

Global Alliance for Clean Cookstoves (2012a). *East Africa Regional Analysis.* Washington, D.C: Global Alliance for Clean Cookstoves. http://cleancookstoves.org/binary-data/RESOURCE/file/000/000/158-1.pdf.

Global Alliance for Clean Cookstoves (2012b). *Global Alliance for Clean Cookstoves: Kenya Market Assessment. Sector Mapping.* http://cleancookstoves.org/resources_files/kenya-market-assessment-mapping.pdf.

Global Alliance for Clean Cookstoves (2013). *Kenya Country Action Plan (CAP) 2013.* http://cleancookstoves.org/resources_files/kenya-country-action-plan.pdf.

Global Alliance for Clean Cookstoves (2016). *Kenya: Overview and country statistics.* http://cleancookstoves.org/country-profiles/focus-countries/4-kenya.html. (Accessed: 4 November 2018).

Global Commons Institute (2018). *Contraction and convergence: Climate truth and reconciliation.* http://www.gci.org.uk/endorsements_UK_Climate_Act.html (Accessed: 10 October 2018).

Gordon, B.A., Mackay, R. and Rehfuess, E. (2004). *Inheriting the World: The Atlas of Children's Health and the Environment.* Geneva: World Health Organization. http://www.who.int/ceh/publications/en/atlas.pdf?ua=1.

Green Climate Fund (2018). *Concept Note: Promotion of Climate-Friendly Cooking: Bangladesh, Kenya and Senegal.* https://www.greenclimate.fund/documents/20182/893456/19770_-_Promotion_of_Climate-Friendly_Cooking_Bangladesh__Kenya_and_Senegal.pdf.

Grice, S., Stedman, J., Kent, A., Hobson, M., Norris, J., Abbott, J. *et al.* (2009). Recent trends and projections of primary NO_2 emissions in Europe. *Atmospheric Environment* 43(13), 2154-2167. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.01.019.

Guerreiro, C., Horálek, J., de Leeuw, F., Hak, C., Nagl, C., Kurfürst, P. *et al.* (2010). *Status and Trends of NO_2 Ambient Concentrations in Europe.* ETC/ACC Technical Paper. Bilthoven: European Topic Centre on Air and Climate Change. https://www.researchgate.net/profile/Cristina_Guerreiro/publication/260600537_Status_and_trends_of_NO2_ambient_concentrations_in_Europe/links/5433a1070cf22395f29e1e57/Status-and-trends-of-NO2-ambient-concentrations-in-Europe.pdf.

Hans, N.J. (2018). *Study on economic loss from Indonesia's peat policies criticized.* Mongabay https://news.mongabay.com/2018/01/study-on-economic-loss-from-indonesias-peat-policies-criticized/ (Accessed: 4 November 2018).

Haze Action Online (2017). *Information on fire and haze.* Association of South East Asian Nations http://haze.asean.org/%20about-us/information-on-fire-and-haze/ (Accessed: 4 November 2018).

Haze Action Online (2018). *Haze hotspot map today.* Association of South East Asian Nations https://haze.asean.org/ (Accessed: 4 November 2018).

Health Effects Institute (2017). *State of Global Air 2017: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and its Disease Burden.* Boston, MA. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/SoGA2017_report.pdf.

Henry, G.T. and Gordon, C.S. (2003). Driving less for better air: Impacts of a public information campaign. *Journal of Policy Analysis and Management* 22(1), 45-63. https://doi.org/10.1002/pam.10095

Hotten, R. (2015). Volkswagen: The scandal explained. British Broadcasting Corporation https://www.bbc.com/news/business-34324772.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Pachauri, R.K., Meyer, L.A. Geneva. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf.

International Energy Agency (2016). *CO_2 Emissions from Fuel Combustion 2016.* Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/co2_fuel-2016-en.pdf?expires=1541330155&id=id&accname=ocid195767&checksum=B4C10B7629C3B96202B183CE7A93E533.

International Energy Agency (2017). *Energy Balances of OECD Countries.* https://www.iea.org/statistics/relateddatabases/energybalancesofoecdcountries/.

International Maritime Organization (2018). *Prevention of air pollution from ships.* http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx (Accessed: 4 November 2018).

Kansas Department of Health and Environment (2006). *Environmental Factors, Outdoor Air Quality, and Activity Level: Results from 2005 Kansas Behavioral Risk Factor Surveillance System.* Topeka, KS. http://www.kdheks.gov/brfss/PDF/cste_report_final.pdf.

Kapfudzaruwa, F., Fay, J. and Hart, T. (2017). Improved cookstoves in Africa: Explaining adoption patterns. *Development Southern Africa* 34(5), 548-563. https://doi.org/10.1080/0376835X.2017.1335592.

Kelly, F.J. and Fussell, J.C. (2015). Air pollution and public health: Emerging hazards and improved understanding of risk. *Environmental geochemistry and health* 37(4), 631-649. https://doi.org/10.1007/s10653-015-9720-1.

Kenya, Ministry of Environment andv Natural Resources, (2017). *Nationally Determined Contribution Sector Analysis Report: Evidence Base for Updating Kenya's National Climate Change Action Plan.* Nairobi: Ministry of Environment and Natural Resources. http://www.starckplus.com/documents/ta/ndc/NDC%20Sector%20Analysis%20Report%202017.pdf.

Kenya, Ministry of Energy and Petroleum and Sustainable Energy for All (2016). *Kenya Action Agenda.* https://www.seforall.org/sites/default/files/Kenya_AA_EN_Released.pdf.

Kenya, Ministry of Energy and Petroleum (2015). *Draft Strategy and Action Plan for Bioenergy and LPG Development in Kenya.* Nairobi. https://kepsa.or.ke/download/draft-strategy-and-action-plan-for-bioenergy-and-lpg-development-in-kenya/?wpdmdl=12841.

Koplitz, S.N., Mickley, L.J., Marlier, M.E., Buonocore, J.J., Kim, P.S., Liu, T. *et al.* (2016). Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September-October 2015: Demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. *Environmental Research Letters* 11(9). https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/094023.

Lambe, F., Jürisoo, M., Lee, C. and Johnson, O. (2015). Can carbon finance transform household energy markets? A review of cookstove projects and programs in Kenya. *Energy Research & Social Science* 5, 55-66. https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.12.012.

Landrigan, P.J. (2017). Air pollution and health. *The Lancet Public Health* 2(1), e4-e5. https://doi.org/10.1016/S2468-2667(16)30023-8.

Lewis, A. and Edwards, P. (2016). Validate personal air-pollution sensors. *Nature* 535(7610). https://doi.org/10.1038/535029a.

Lim, S.S., Vos, T., Flaxman, A.D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H. *et al.* (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. *The Lancet* 380(9859), 2224-2260. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8.

Lovell, H., Bulkeley, H. and Owens, S. (2009). Converging agendas? Energy and climate change policies in the UK. *Environment and Planning C: Government and Policy* 27(1), 90-109. https://doi.org/10.1068/c0797j.

Maas, R. and Grennfelt, P. (2016). *Towards Cleaner Air. Scientific Assessment Report 2016. EMEP Steering Body and Working Group on Effects of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.* Oslo. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2016/AIR/Publications/CLRTAP_Scientific_Assessment_Report_-_Final_20-5-2016.pdf.

Malaysian Nature Society Science and Conservation Unit (1997). The haze thing. *Malaysian Naturalist* 51(2), 18-21.

Mansfield, C. and Corey, C. (2003). *Task 4: Analysis of Survey Data on Ozone Alert Days: Final Report.* Research Triangle Park, NC: United States Environmental Protection Agency. https://www.rti.org/sites/default/files/resources/rti-publication-file-83190b2b-f906-414b-9709-8bf84f88b367.pdf.

Mansfield, C., Johnson, F.R. and van Houtven, G. (2006). The missing piece: Valuing averting behavior for children's ozone exposures. *Resource and Energy Economics* 28(3), 215-228. https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2006.02.002.

Mansfield, C., Sinha, P. and Henrion, M. (2009). *Influence Analysis in Support of Characterizing Uncertainty in Human Health Benefits Analysis.* United States Environmental Protection Agency. https://www3.epa.gov/ttnecas1/regdata/Benefits/influence_analysis_final_report_psg.pdf.

McDermott, M., Srivastava, R. and Croskell, S. (2006). Awareness of and compliance with air pollution advisories: A comparison of parents of asthmatics with other parents. *Journal of Asthma* 43(3), 235-239. https://doi.org/10.1080/02770900600567114.

Melamed, J.R., Riley, R.S., Valcourt, D.M. and Day, E.S. (2016). Using gold nanoparticles to disrupt the tumor microenvironment: An emerging therapeutic strategy. *ACS Nano* 10(12), 10631-10635. https://doi.org/10.1021/acsnano.6b07673.

Myhre, G., Samset, B.H., Schulz, M., Balkanski, Y., Bauer, S., Berntsen, T.K. *et al.* (2013). Radiative forcing of the direct aerosol effect from AeroCom Phase II simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13, 1853–1877. https://doi.org/10.5194/acp-13-1853-2013.

Natural Capital Partners (2018). *Kenya improved cookstoves.* Natural Capital Partners https://www.naturalcapitalpartners.com/projects/project/kenya-improved-cookstoves (Accessed: 1 May 2018).

Nazeer, N. and Furuoka, F. (2017). Overview of ASEAN environment transboundary haze pollution agreement and public health. *International Journal of Asia Pacific Studies* 13(1), 73-94. https://doi.org/10.21315/ijaps2017.13.1.4.

Neidell, M.J. (2008). *Information, Avoidance Behavior, and Health: The Effect of Ozone on Asthma hospitalizations.* Cambridge, MA National Bureau of Economic Research. https://www.nber.org/papers/w14209.pdf.

Pilishvili, T., Loo, J.D., Schrag, S., Stanistreet, D., Christensen, B., Yip, F. *et al.* (2016). Effectiveness of six improved cookstoves in reducing household air pollution and their acceptability in rural Western Kenya. *PloS one* 11(11), e0165529. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165529.

Qadri, S.T. (ed.) (2001). *Fire, Smoke, and Haze: The ASEAN Response Strategy.* Manila: Asian Development Bank. https://www.adb.org/sites/default/files/publication/28035/fire-smoke-haze.pdf.

Republic of Indonesia (2015). *Intended Nationally Determined Contribution: Republic of Indonesia.* Jakarta. http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Indonesia/1/INDC_REPUBLIC%20OF%20INDONESIA.pdf.

Semenza, J.C., Hall, D.E., Wilson, D.J., Bontempo, B.D., Sailor, D.J. and George, L.A. (2008). Public perception of climate change. *American Journal of Preventive Medicine* 35(5), 479-487. https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.020.

Shaddick, G., Thomas, M.L., Green, A., Brauer, M., Donkelaar, A., Burnett, R. *et al.* (2018). Data integration model for air quality: A hierarchical approach to the global estimation of exposures to ambient air pollution. *Journal of the Royal Statistical Society* 67(1), 231-253. http://doi.org/10.1111/rssc.12227.

Silk, B.J., Sadumah, I., Patel, M.K., Were, V., Person, B., Harris, J. *et al.* (2012). A strategy to increase adoption of locally-produced, ceramic cookstoves in rural Kenyan households. *BMC Public Health* 12(359), 1-10. https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-359.

Stockwell, C.E., Jayarathne, T., Cochrane, M.A., Ryan, K.C., Putra, E.I., Saharjo, B.H. *et al.* (2016). Field measurements of trace gases and aerosols emitted by peat fires in central Kalimantan, Indonesia. *Atmospheric Chemistry and Physics* 16, 11711-11732. https://doi.org/10.5194/acp-16-11711-2016.

Sutton, M., Reis, S. and Baker, S. (eds.) (2009). *Atmospheric Ammonia: Detecting Emission Changes and Environmental Impacts. Results of an Expert Workshop Under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.* 1st edn: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9781402091209.

Thompson, J.E. (2016). Crowd-sourced air quality studies: A review of the literature & portable sensors. *Trends in Environmental Analytical Chemistry* 11, 23-34. https://doi.org/10.1016/j.teac.2016.06.001.

United Kingdom, Department of Trade and Industry, (2007). *Meeting the Energy Challenge: A White Paper on Energy.* London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/243268/7124.pdf.

United Kingdom, Department for Business Energy & Industrial Strategy, (2016). *Guidance: Carbon budgets.* https://www.gov.uk/guidance/carbon-budgets (Accessed: 4 November 2018).

United Kingdom, Committee on Climate Change, (2017). *Meeting Carbon Budgets: Closing the Policy Gap. 2017 Report to Parliament.* London. https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2017/06/2017-Report-to-Parliament-Meeting-Carbon-Budgets-Closing-the-policy-gap.pdf.

United Kingdom, Department of Environment Food and Environmental Affairs, (2018). *Pollution forecast.* https://uk-air.defra.gov.uk/forecasting/ (Accessed: 5 November 2018).

United Kingdom Government (2008a). *Carbon Plan.* London. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47621/1358-the-carbon-plan.pdf.

United Kingdom Government (2008b). Climate Change Act 2008. 108 1 http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/27/pdfs/ukpga_20080027_en.pdf

United Nations (2015). *Sustainable development goals: 17 goals to transform our world.* https://www.un.org/sustainabledevelopment/home/ (Accessed: 4 November 2018).

United Nations Economic Commission for Europe (2018). *Gothenburg protocol: Guidance documents and other methodological materials for the implementation of the 1999 protocol to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone.* http://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlrtapwelcome/guidance-documents-and-other-methodological-materials/gothenburg-protocol.html (Accessed: 4 November 2018).

United Nations Environment Programme (2010). *Air Pollution: Promoting Regional Cooperation.* Nairobi. http://www.rrcap.ait.asia/Publications/Air_pollution_book.pdf.

United Nations Environment Programme (2017). *Ozone-Depleting Substance Consumption: Country Data.* Ozone Secretariat, Nairobi. http://ozone.unep.org/countries/data

United Nations Framework Convention on Climate Change (2017a). *China to launch world's largest emissions trading system.* https://unfccc.int/news/china-to-launch-world-s-largest-emissions-trading-system (Accessed: 10 October).

United Nations Framework Convention on Climate Change (2017b). *GHG data from UNFCCC.* https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/ghg-data-unfccc (Accessed: 4 November 2018).

United States Agency for International Development and Winrock International (2011). *Clean and Efficient Cooking Technologies and Fuels: The Fuel-Efficient Cookstoves and Clean Fuels Sector is Evolving Rapidly, Enabling Cross-Cutting Solutions that can Achieve Greater Development Impacts.* United States Agency for International Development and Winrock International. https://www.winrock.org/wp-content/uploads/2017/09/Winrock_Cookstove_final_reduced.pdf.

United States Environmental Protection Agency (2016). *NAAQS table.* https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table (Accessed: 10 October 2018).

United States Environmental Protection Agency (2017). *RACT/BACT/LAER clearinghouse (RBLC).* https://cfpub.epa.gov/RBLC/ (Accessed: 10 October 2018).

Velasco, E. and Rastan, S. (2015). Air quality in Singapore during the 2013 smoke-haze episode over the strait of Malacca: Lessons learned *Sustainable Cities and Society* 17, 122-131. https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.04.006.

World Bank (2016). *The Cost of Fire: An Economic Analysis of Indonesia's 2015 Fire Crisis.* Washington, D.C. http://documents.worldbank.org/curated/en/776101467990969768/pdf/103668-BRI-Cost-of-Fires-Knowledge-Note-PUBLIC-ADD-NEW-SERIES-Indonesia-Sustainable-Landscapes-Knowledge-Note.pdf.

World Health Organization (2016). *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease.* Geneva. http://www.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf?ua=1.

World Health Organization (2018). *WHO outdoor air quality guidelines.* http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/policy/who-outdoor-air-quality-guidelines (Accessed: 10 October 2018).

World Resources Institute (2017). *Climate analysis indicators tool: WRI's climate data explorer.* http://cait.wri.org/historical/Country%20GHG%20Emissions?indicator[]=Total%20GHG%20Emissions%20Excluding%20Land-Use%20Change%20and%20Forestry&indicator[]=Total%20GHG%20Emissions%20Including%20Land-Use%20Change%20and%20Forestry&year[]=2014&sortIdx=NaN&chartType=geo (Accessed: 4 November 2018).

World Wide Fund for Nature (2018). *Forests and Sustainable Development: The Role of SDG 15 in Delivering the 2030 Agenda.* Gland. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf_forest_practice_report_hlpf_2018__forests_and_sustainable_development___the_role_of_.pdf.

第 13 章

生物多样性政策

© Dr Nibedita Mukherjee

领衔作者兼协调负责人：Diana Mangalagiu（牛津大学和诺欧商学院）

领衔作者：Nibedita Mukherjee（剑桥大学和埃克塞特大学），Dolors Armenteras Pascual（哥伦比亚国立大学），Jonathan Davies（不列颠哥伦比亚大学，Leandra Regina Gonçalves（坎皮纳斯州立大学），Jeremy Hills（南太平洋大学），Louise McRae（伦敦动物学学会），Peter Stoett（安大略省理工大学）

贡献作者：Irene Dankelman（拉德堡德大学），Souhir Hammami（柏林自由大学），Caradee Wright（南非医学研究理事会），Carol Zastavniouk（高达集团）

执行摘要

生物多样性是人类能够健康地生活在健康地球上的一个关键组成部分（充分证实）。尽管生物多样性之于经济产出、健康和安全的重要性方面的证据，在过去二十年中已经显著增加，但可以肯定的是，当前保护和以可持续方式管理生物多样性的措施仍然不够。
{第6.1节，专栏13.1，13.1}

各自为政的政策工具不足以遏制生物多样性遭受损失的势头（充分证实）。相反，包含多尺度和多种政策工具的方法至关重要，包括鼓励行为变革的平台。{13.1，13.2.3}

生物多样性保护和恢复方面的不作为成本极高，因为生物多样性的损失通常都是不可逆转的（不完全证实）。
{13.1，13.2.1，13.2.4}

当务之急是要立即采取行动并强化政策应对以保护生物多样性，同时投资于能力建设和制度性基础建设，以实现爱知目标和可持续发展目标（充分证实）。{13.3，13.4.2}

当前的评估方法不足以说明由生物多样性损失带来的消极影响（充分证实）。目前，迫切需要的是开发适当的评估指标和方法以便决策者了解生物多样性的多重价值（如自然资本账户）。这种评估方法应充分考虑国家层面的自然资本价值，并将其纳入国家生物多样性战略行动计划。{13.2.4}

所有利益相关方包括政府和私营部门都应推动生物多样性这一议题的主流化，跨越诸如健康、农业、社会保障、贸易和教育之类的所有主题（充分证实）。
{13.2.2，13.2.3，13.2.4}

大多数生物多样性政策和治理干预都缺乏成败评估所需要的基线信息（充分证实）。因此，投资于长期研究项目对开发有效基线可能大有帮助，特别是在生物多样性很丰富的发展中国家。此外，设计良好的、将目标转化为行动的时间线，对于有效保护政策的实施可能大有裨益。{13.2}

投资于独立监测和成本效益分析，有助于评估政策的有效性（充分证实）。各国可将自主监测和评估纳入项目实施，以改善政策有效性。作为开始，可把保护领域有效政策的证据基础，作为国家层面的一个优先事项。{13.2}

保护问题需要长期解决方案，而资助保护和研究通常又是短期行为（充分证实）。因此，这一**时间尺度的错配问题**急需在政策干预的设计阶段予以解决。{13.2.3}

相关政策和机制必须落实到位，以支持创新措施，强化保护生物多样性。例如，尽管保护区之类的传统方法一直都是确保土地使用权的标准规范，但从长期看，社区化保护区之类的其它安排（如地方管理海域）对于生物多样性保护区的补充也必要。{13.1}

普遍认为经济发展是保护生物多样性的威胁，但可持续增长和绿色经济（以低碳、资源高效和社会包容特征）的发展，可促进和改善生物多样性（充分证实）。
{13.2.3，13.2.5}

在政策设计阶段，应在公平、性别和健康方面给予充分关注（充分证实）。为实现生物多样性改善与实现其它环境和社会目标之间的预期效益协同起来，有必要对生物多样性管理方法进行升级、进一步创新和转型。通过生物多样性保护，人们还可帮助其它部门实现其目标。这反映了可持续发展目标17的要求，因为该目标要求开展伙伴关系建设，以促进可持续发展目标的实现。{4.2，13.1，13.2.4}

我们共同享有的、巨大的生物多样性财富也应属于我们未来的子孙后代。为创建一个我们想要的未来，成员国、社区组织、非政府组织和公司都应创造经济和社会动机，以推动个人和政策制定者做出有利于保护和促进生物多样性的决定。{13.2.2，13.2.3，13.2.4}

13.1 引言

生物多样性是实现地球健康和人类福祉方面一个不可或缺的部分(Cardinale等人,2012年;世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处(SCBD),2015年)。但是,生物多样性丧失的速度仍未减缓,物种灭亡的风险随着时间的推移正在加大的(参见第6.1节)。到2050年,全球经济因生物多样性和生态系统功能丧失而遭受的年度损失,估计高达14万亿欧元,这相当于全球预测国内生产总值(GDP)的7%(Braat和ten Brink编辑,2008年)。另一项评估认为,1997-2011年间,因土地利用变化导致的生态系统服务损失,全球每年达4.3万亿美元至20.2万亿美元(2007年估值)(Costanza等人,2014年)。尽管不可能做到精确,但对不作为成本的量化,显示了采取政策行动的必要性(Braat和ten Brink编辑,2008年;Oliver等人,2015年)。此外,生物多样性对不同维度健康的重要性(世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处,2015年)也逐渐体现在各种倡议中,如生态健康倡议、唯一健康倡议、地球健康倡议等以生态系统方法应对健康的倡议中(参见第4.2.1节)。对于复杂社会生态系统背景下人类、家养和野生动物及其它物种的健康之间的相互关系,人们的关注力度正越来越大(Charron,2012年;Wilcox,Aguirre和Horwitz,2012年;世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处,2015年)(**专栏13.1**)。

生物多样性丧失是一个复杂问题(参见第6.1节),而生物多样性的保护则有赖于涵盖众多政策方法,如监管指令性、经济激励、投资支持、创新促进、主体推动、能力建设和目标设定等方法的各种策略。生物多样性丧失领域的主要政策和治理应对措施包括《生物多样性公约(CBD)》(生物多样性公约,1992年)、生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(IPBES)和保护区等(参见第6.7节)。尽管人们对国际环境协议(IEA)和多边环境协议(MEA)(关于生物多样性相关多边环境协议的清单,请参见本文件末附件6-1)的有效性和合法性的认知存在差异,但它们构成了全球环境治理的基础,且仍在塑造政府行为和预期(Stoett,2012年)。与其它环境政策领域相比,生物多样性领域的多边环境协议更多(参见附件13.1)。

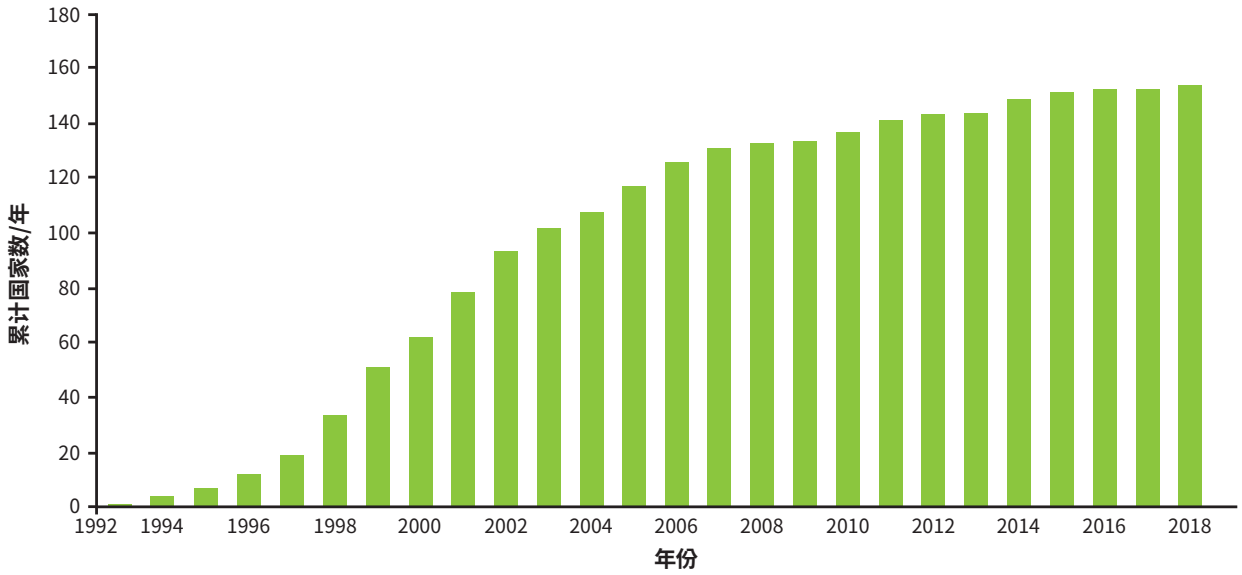
过去10年,特别是上一期《全球环境展望》发布以来,国际政策、健康和经济话语中已经显著提高了对生物多样性丧失的认识(世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处,2015年;Jabbour和Flaschsland,2017年;世界经济论坛,2018年)。全球生物多样性政策和治理领域的最新进展在本文件末的附件13.2中另有描述。

《生物多样性公约》196个成员国都被要求根据该公约第6条规定制定国家生物生多样性战略和行动计划(NBSAP)。到目前为止,上述196个成员国中已有190个(占96%)制定了这种国家生物多样性战略和行动计划(《生物多样性公约》秘书处,2018a)(**图13.1**)。

专栏13.1:国际社会对人类健康与生物多样性联系的认识

2012年,正式确立了《生物多样性公约》与世界卫生组织之间的一个联合工作计划(《生物多样性公约》,2012年(决定 XI/6))。在2016年12月于墨西哥举行的《生物多样性公约》第13次缔约方会议上,健康被确定为优先发展的主流产业部门(《生物多样性公约》,2016a(决定XIII/3)),通过了一项将生物多样性与健康之间的联系纳入国家政策的决定(《生物多样性公约》,2016b (决定XIII/6))。联合国环境规划署第六期《全球环境展望:健康地球、健康人类》及世界卫生组织和《生物多样性公约》联合制作的出版物即《知识现状评估:全球优先事项的衔接》(世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处,2015年)都认为,人类健康与生物多样性之间存在着不可分割的联系。在2018年召开的第71届世界卫生大会上,许多成员国都将生物多样性的丧失认定为人类健康的一个重大问题。医学、公共健康、生物多样性保护和政策等群体正在组建越来越多的新网络,打破各自为政的传统工作方法,而唯一健康、生态健康和地球健康之类的倡议方式也更加活跃。

13.1:截至2018年已通过国家生物多样性战略和行动计划的累计国家数



资料来源:《生物多样性公约》秘书处(2018a)

此外，与其它健康问题相似，生物多样性的保护和恢复需要众多不同利益相关方的共同参与，但这些利益相关方的价值立场往往会存在冲突（Mukherjee等人，2018年）。随着时间的推移，人们对生物多样性保护政策及其实施的性别和公平性，有了更加深入的认识（**专栏13.2**）。

本章遵循了第10章所述的双重（自上而下和自下而上）政策有效性评估框架。[1]

主要政策和治理方法（自上而下）：本章详细阐述了一系列政策集群及与这些集群相关的5项具体政策工具。作为这些政策工具的说明性例子，本章还选取了5项案例研究（**表13.1**）。这些案例研究并不以形成任何形式的代表性为目的。之所以入选，是因为它们涵盖了3个水平的生物多样性，即生态系统、物种和遗传，同时涵盖了案例分类和地理传播方面的 众多方法及不同程度的成功状态（参见第10.6节）。这些案例来自北美、南亚、欧洲、太平洋和非洲等地区。

指标（自下而上）：紧接上述案例研究的，是对3项政策相关指标（参见第10.7节）进行的评估。这些指标勾勒出了作为国际共识的目标和指标的进展情况，因而构成了上述政策和治理方法的补充。

专栏13.2：生物多样性政策性别和公平维度亮点

《生物多样性公约》序言部分第13段承认了生物多样性保护方面的性别问题，而科学、技术和工艺咨询附属机构（SBSTTA）也提到了妇女在粮食生产中的实践、知识和性别角色（《生物多样性公约》秘书处，2018b）。此外，《生物多样性公约》还凸显了相关利益相关方——包括土著和地方社区、青年、非政府组织（NGO）、妇女和商业群体——充分、积极参与的必要性。

- 《关于遗传资源获取与惠益分享的名古屋议定书》创建了一个规定有具体措施、规则和程序的国际框架。
- 在174个国家提交的254份国家生物生多样性战略和行动计划中，来自107个国家（占所有被考察国家的61%）的143份（占全部文件的56%）至少包含一个性别关键字；来自174个国家（83%）的145份明确将性别平等作为其指导原则；12%将性别平等或女性赋权作为其目标或目的（世界自然保护联盟（IUCN），2016年；《生物多样性公约》秘书处和国际自然保护协会，2018年）。

13.2 主要政策和治理方法

13.2.1 主体推动：社区化保护

通过社区化保护方法让地方利益相关方参与，这是全球范围内许多旨在改善保护效果的生物多样性保护和自然资源管理工作的主要特征。在驱动力、压力、状况、影响和响应（DPSIR）框架（参见第1章图1.2）下，作为一种政策方法的社区化保护，针对的是驱动力这一因素，因为它能够与被保护区域没有文化和历史联系的外部资源使用者形成制衡。

保护区是生物多样性保护的一项主要工具。过去几十年中，不欢迎人类进入的专属保护区开始向更加以人为本的或社区化的保护方式（Brown，2003年；Oldekop等人，2015年）和一体化景观管理转变（联合国粮食及农业组织，2018年）。细致入微地了解治理和社会文化背景，这在所有类型的利益相关方接触中都扮演着重要角色（Bennett等人，2017年；Mukherjee等人，2018年），并使得这些接触更具合法性且更加突出、稳健和有效（Sterling等人，2017年）。

社区在土著和社区保护地（ICCA）相关决策中属于重要主体。土著和社区保护地在保护传统生态知识、文化和语言中扮演着关键角色，而这些东西通常都与生物多样性的保护有着密不可分的联系（Corrigan和Hay-Edie，2013年）。这种角色有助于《生物多样性公约》“爱知目标”第18目标的实现。爱知目标18旨在保护土著民和地方社区的传统知识、创新和实践，并将其纳入生物多样性保护干预措施中（土著和社区保护地注册处，2018年）。

表13.1：本章所述政策和治理方法的分类

政策类型/治理方法	政策工具	案例研究	空间范围
主体推动	社区化保护	斐济的地方管理海域	国家
指令性	非法野生动物交易的管制	南亚的野生动物贩运和捕食者项目	区域
经济激励	生态系统服务付费	南非的“水工作项目”	次国家
投资支持	遗传物质银行	挪威的斯瓦尔巴全球种子库	全球
主体推动[1]	战略环境规划	加拿大埃德蒙顿的城市生物多样性	城市

1 “主体推动”这一政策类型是通过相关政策工具的两个不同例子进行展示的。

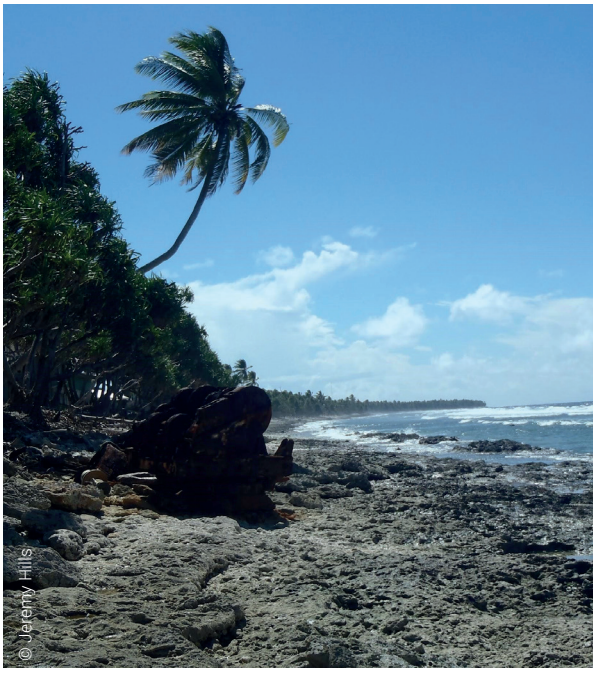
下面这个关于地方管理海域(LMMA)的案例研究将详细介绍海洋领域的一个社区化可持续管理类型。

案例研究:斐济的地方管理海域

斐济的地方管理海域被定义为"主要由沿海社区、土地所有群体、合作伙伴组织和/或居住或驻于附近地区的政府协作代表,在地方层面实施管理的近海水域和沿海资源区"(**图13.2**)。这类区域涉及145个传统意义上的渔区(占斐济全部近海渔区的79%),而这类区域之外的剩余渔区则为该方法有效性的比较提供了一种可能性。在社区范围内运作且能力得到了提高的地方主体表示,地方管理海域旨在通过设立定期进行捕鱼作业的禁渔区这一可持续方式管理近海资源,以实现社区范围内的互惠互利(Jupiter等人,2017年)。在斐济获得关注后,这一方法通过地方管理海域网络被进一步推广到了美拉尼西亚和波利尼西亚及亚洲。

由于对不同环境的适应能力,社区化方法得到了人们的支持。这类方法专注于由利益相关方协商并实施的、地方层面认定的目标,如地方管理海域的社区化方法,致力于更新和振兴长期存在的传统制度,而不是为了人类的短期需求而倡导新的另类愿景。但是,这类方法的非规定性导致了多重目标的出现,从而使得自然资源和生物多样性成果的简单计量变得非常困难(Jupiter等人,2014年)。这类方法还有其它效益,例如,通过改善食品和营养安全及社区诚信,可改善人类健康,但这种效益到目前为止尚无任何文献记录。

图13.2:在斐济,近海捕鱼是一项重要食物来源。在近海渔区中,许多都在传统使用权制度约束下由地方社区实际使用。



地方管理海域方法的有机扩张证明了社区化方法的有效性。地方管理海域这一方法采用的一些管理工具,如定期进行捕鱼作业的禁渔区,对于鱼类生物量和生物多样性保护成果并非完全有效(Jupiter等人,2017年)。在没有任何替代方法的情况下,尽管该方法已经在斐济实现了急剧的空间扩张,且被作为实现鱼类保护和渔业管理成果的一种主要方法,但目前并没有明确的证据表明,该方法在实施地区获得了生物学产出的有效成果。地方管理海域这种方法还有改造的潜力,可通过长久建立的社区制度连贯的资源管理方法而强化,可以在此基础上加强推动其产生的效益。

由于作为和不作为的成本主要由地方社区承担,推动逐步转型的动机显而易见。人们应关注以社区为基础的治理与保护有效性之间的因果关系(Eklund和Cabeza,2017年)。现有的政策有效性分析文献——如《被保护的地球》这一报告(Bertzky等人,2012年;Juffe-Bignoli等人,2014年;联合国环境规划署世界保护监测中心和国际自然保护协会,2016年)均可作为参考,以认定政策意图与治理有效性之间的差距。

13.2.2 指令性政策:非法野生动物交易的管制

指令性政策(CCP)以集权式且通常体现等级和官僚作风的决策架构为特征;这种决策架构会就管辖权做出规定,因而与经济激励政策相比在实施过程中的灵活性较低(Cox,2016年)。指令性政策是最为传统的监管工具,其目的是通过惩罚、禁令、强制执行和合规检查等手段"控制"那些可对生物多样性产生负面影响的活动。通常,国家或次国家政府是制定规则并决定规则将如何、何时且由谁进行实施的决策者(Holling和Meffe,1996年)。由于指令性政策的集权架构和制度支持,其政策有效性评估较为容易,特别是在政策有明确的目标和时间线的情况下(Gunningham和Young,1997年)。因此,这类政策可能高度适合生物多样性的丧失(如生态临界点导致的)这类非线性复杂问题。但是,自上而下的方法可能也会使地方社区面临合法性、公平和可持续性等问题(Redpath等人,2017年)。

将地方利益相关方的观点融入决策和实施阶段,通常是指令性政策成功的关键(Mukherjee等人,2018年)。例如,尽管欧盟鸟类指令79/409/EEC(欧盟首脑会议,1979年)和栖息地指令92/43/EEC(欧盟首脑会议,1992年)在政策设计阶段都有若干主体的参与,但它们通常是以灵活的方式在欧盟成员国国家层面实施(Primmer等人,2014年)。但是,在希腊,地方社区极少参与欧盟指令的有效实施和执行;这就导致了希腊特有物种在Natura 2000年附录中的存在代表性有限、响应不足、冲突和缺乏信任等问题(Apostolopoulou和Pantis,2009年)。此外,指令性政策(如保护区政策)的有效性与可用于管理政策的能力和资源成正比(Geldmann等人,2018年)。

表13.2：评估标准概述：斐济的地方管理海域案例研究

标准	描述	参考文献
成败	斐济的地方管理海域方法可增加鱼类和无脊椎动物的数量和丰富性。在作为研究对象的8个地方管理海域中，有3个产生了鱼类生物量方面的效益，一个则产生了生物多样性方面的效益。这提高了以可持续方式利用沿海渔业资源的可能性，从而为国家政策议程（如民主和可持续社会经济发展路线图和绿色增长框架等）及《联合国海洋法公约》和《生物多样性公约》之类的国际义务提供了支持。	Jupiter等人，2017年
评估独立性	专家评估有若干机构的参与，其中包括：联合国环境规划署世界保护监测中心（UNEP-WCMC）；可持续发展和环境研究中心（CENESTA）；世界自然保护联盟（IUCN）；联合国开发计划署（UNDP）；太平洋区域环境计划秘书处（SPREP）；南太平洋共同体（SPC）；世界自然基金会（WWF）；世界渔业中心；珊瑚礁信息系统等。	Govan 2009；Jupiter等人，2014年；Jupiter等人，2017年
关键主体	在地方规范指导下，非政府组织和社区化组织（CBO）提供了外部投入。政府在管理方法上没有直接扮演任何角色，但承担了被动管理角色，如向非传统（非社区）渔业活动收取渔业许可费并将其返还给社区。	
基线	倡议开始实施时没有收集任何基线数据。目标海域的选择基于社区兴趣进行，而不是基于任何特定生态或社会状况进行。	
时间线	倡议没有设置任何时间线。斐济的地方管理海域出现于20世纪80年代。当时人们认识到，在地方拥有使用权但执行保护措施能力低下的国家，西方的保护方法是无效的。20世纪90年代和21世纪初，斐济的地方管理海域增加到了目前的145个传统渔区，占斐济所有近海渔区的79%。	
制约因素	尽管社区可能有能力管理当地资源，但针对较大范围且能够跨越国境威胁（如省级威胁、陆海互动、气候变化等）的改善管理策略，也必须得到实施。	
促进因素	斐济地方管理海域网络的开放性使得范围广泛的众多实体（如非政府组织、大学和社区化组织）均可加入，并促进了相关经济支持。在现有社会文化规范内运作的方式，使得这一将社区和自然资源联系起来的包容性、一体化方法得到蓬勃发展。	
成本有效性	尚未开展任何成本有效性评估。	
公平性	这一方法在公平方面的效益包括：增加鱼类和无脊椎动物的数量和丰富性，而不仅能改善饮食，还能提高该管理方法实施地区的沿海渔业资源可持续利用。但是，这些生态效益并没有保证，而其它共同效益可能更为重要，如强化习俗、宣示进入和使用权等。由于效益是在所有参与社区间扩散，被认为是相对公平的。但是，部分人口并未被赋予行使传统习惯的权利。	Jupiter等人，2014年；Jupiter等人，2017年
共同效益	向太平洋和亚洲国家的拓展并非在实施时开始所预期的结果，但可视为国家层面效益之外的一种共同效益。	
跨界问题	国内或国际跨界问题尚未出现。	
潜在改进	有必要增加与政府之间的接触和联合。政府“批准”实施自然资源管理和提供可持续资助的制度，有助于该方法实施的稳定性。此外，有益的做法还包括进一步明晰方法成本以及改善资源管理和生物多样性成果评估监测。	

下面的案例研究考察了应对全球非法野生动物交易问题这一背景下，指令性政策的有效性。在全球范围内，每年非法野生动物交易的市场价值据估计介于500亿美元至1,500亿美元之间，而非法渔业的市场价值据估计介于100亿美元至235亿美元之间，非法伐木的市场价值则介于300亿美元至1,000亿美元之间（Nellemann和国际刑警组织环境犯罪处编辑，2012年；Higgins和White，2016年）。除资源的长期缺乏外，一些政府官员包括海关官员和地方警察的腐败行为也使得有效监测和执行非常困难。即便是在技术和刑事基础实施相对较为先进的国家，野生动物犯罪方面的执法也落后于其它领域（Wellsmith，2011年）。暴力也很普遍，因为偷猎要用到武器，而反偷猎行为则可能是致命的；武装叛乱团体还可能将贸易作为资助其军事行动的手段。

在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（参见第1.6节）下，本政策方法主要作用于过度利用这一压力，通过应对引起生物多样性丧失的问题，或通过保护地方物种和传统人类实践（参见第6.4.4节）的方式。但是，建立有效约束人类不合适行为的指令性政策，需要大量的能力建设。

案例研究：捕食者项目和全球非法野生动物交易的管制

捕食者项目启动于2011年在越南河内召开的国际刑警组织第80届全体大会，其重点是对亚洲大型猫科动物特别是老虎的保护，开展执法能力建设。目前，野生老虎的数量正在急剧下降，从20世纪初的10万多减少到了目前不到4,000只的水平（Goodrich等人，2015年）。大型猫科动物面临的主要威胁是栖息地的破坏，但在它们的领地内，偷猎仍是一个严重问题。根据世界自然保护联盟的濒危物种红色名录，将虎骨用作亚洲传统药材是猫科动物面临的最大非法交易市场，但其它产品特别是虎皮、虎牙和虎爪相关非法市场（特别是在苏门答腊）也加剧了偷猎行为。此外，由于认为牲畜或人类有被老虎攻击的风险，农民或村民们也会猎杀老虎，而这样被猎杀的老虎也可能流入非法贸易市场。

捕食者项目的具体目标包括：

i. 鼓励创建国家环境安全工作组（**图13.3**），并强化南亚的野生动物执法网络；
ii 实施信息和情报管理，并改善调查技能；
iii. 推动能力建设和国际融合；
iv. 开展以情报为主导的反偷猎活动。

老虎栖息地的国家包括孟加拉、不丹、柬埔寨、中国、印度、印度尼西亚、老挝、马来西亚、缅甸、尼泊尔、俄罗斯、泰国和越南等。国际刑警组织、各国政府和法律系统之间的协作在全球环境治理领域还是相对较新的做法，为《濒危野生动植物物种国际贸易公约（CITES）》及其它国际公约提供了支持。象牙贸易、有害废弃物、非法伐木和非法捕鱼等领域都实施过类似项目。

图13.3：国家环境安全工作组是各国政府与国际刑警组织国家中心局之间的直接联络机构；该图显示的是114千克虎骨被查获的情形

资料来源：https://greennews.ie/wanted-wildlife-trafficker-arrested-nepal-this-month/

表13.3：评估标准概述：捕食者项目案例研究

标准	模式	参考文献
成败	成功指收集到了动物身体被缴获的实体证据。2015年，官方在17个国家组织了亚洲野生动物物种保护（PAWS）行动。这项行动的成果是300多名野生动物犯罪分子被捕，同时还发现了4名与野生动物犯罪相关的逃犯行踪。行动中缴获了6具虎皮及其它身体部分、150多具普通豹皮和云豹皮，及其它还包括12具大型猫科动物皮、9吨多象牙、37个犀牛角、2,000多只龟和爬行动物、282只穿山甲、5吨穿山甲肉、275千克穿山甲鳞片。	国际刑警组织，2015年
评估独立性	据我们所知捕食者项目尚未开展任何正式评估。但是，独立野生动物交易监测网络（TRAFFIC）近期开展的一项研究，强调了栖息地国家之间共享情报的必要性及国际刑警组织可能扮演的有益角色。	Stoner等人，2016年
关键主体	捕食者项目的主要资助方包括英国政府、加拿大环境部、国际动物福利基金（IFAW）、史密森协会、美国国际开发署和全球老虎保护倡议等。全球老虎保护倡议是世界银行、全球环境基金、史密森协会和拯救老虎基金等机构于2008年共同成立的一个联盟组织。该倡议还与由13个老虎栖息地国家约40个非政府组织组成的国际老虎联盟建立了联系。《濒危野生动植物物种国际贸易公约》秘书处是本项目的一个正式合作伙伴。	美国国际开发署（USAID），2016年
基线	野生老虎数量已从20世纪初的10万多只减少到了目前不到4,000只的水平。	Goodrich等人，2015年
时间线	捕食者项目创建于2011年。项目资助预计将持续到21世纪20年代。	
制约因素	各级腐败仍是一大问题，正如环境犯罪在许多国家仍无法被认定为可惩罚罪行一样。涉及野生动物贩运的跨国环境犯罪网络通常都很强大，它们的跨境非法活动据信还包括人口贩运、毒品和武器走私、洗钱和敲诈勒索等。	
促进因素	最重要的促进因素是国际社会对野生老虎和雪豹这些魅力十足的标志性物种的命运所表达的愤怒。智能警务和新型跟踪技术的采用至关重要。自1992年成立环境犯罪委员会以来，国际刑警组织已成为遏制和惩罚跨国环境犯罪努力中的一个积极因素。	
成本有效性	尚未开展成本有效性评估。	
公平性	低收入偷猎者在法律检控行动中往往首当其冲，而因偷猎致富的“中间人”和非法野生动物交易的购买者却能够逃脱惩罚（包括在英美等这些仍允许“合法”交易野生动物且来源通常难以认定的发达国家）（Nelson，2017年）。	
共同效益	大型猫科动物对于生态系统恢复力和生物多样性至关重要。对它们实施保护有益于所有依赖相关生态系统服务的人。另一主要共同效益是通过国家环境安全工作组实现司法系统的改善。	Thinley等人，2018年
跨界问题	野生动物的贩运涉及范围广泛的众多国际主体，而国际刑警组织是无法对他们都实施监控的。最终，反偷猎工作的成功将取决于各国政府在没有腐败的情况下对其边境进行监测并对违法者施以严厉惩罚。	
潜在改进	需要更多的信息评估国际刑警组织干预和国家环境安全工作组的影响。对栖息地国家大型猫科动物的数量实施更加准确的追踪，也会起到帮助作用。此外，必须提高地方社区的参与度。	

历史上，指令性政策在推动环境保护的努力中通常占据着主导地位。但是，这类政策面临着人力资源匮乏和地方参与不足等困难（Harrington，Morgenstern和Sterner，2004年；Laitos和Wolongevicz，2014年）。尽管如此，它们在极度濒危物种和栖息地处于风险且丧失迫在眉睫的情况下是高度适用的（参见第6.4.4节）。例如，开荒监管和执行的松弛，导致了森林特别是残留森林丧失的加剧（Marcos-Martinez等人，2018年）。

这个政策方法的挑战在于如何才能更好地使地方社区融入政策设计和实施阶段（Paavola，Gouldson和Kluvánková‐Oravská，2009年）。在政策设计、常规监测和适应阶段，利益相关方之间开展充分、权力中立的协商有助于改善生物多样性保护指令性政策的有效性。在英国，Natura 2000保护区的实施是以一体化方式进行的，从而扩大了其认可范围（Primmer等人，2014年）。

专栏13.3：土著民和地方社区的中心性

联合国环境大会第2/14号决议要求对“野生动物管理领域援引地方社区参与的最佳实践”（Cooney等人，2018年）进行评估，并将重点放在发动土著民和地方社区（IPLC）参与非法野生动物交易的打击方面。这份由世界自然保护联盟和国际环境和发展研究所（IIED）联合制作的报告认为，地方社区必须作为阻止非法交易的核心主体和利益相关方，而不仅仅是被动受害者或目击证人。尽管警务活动确实很重要，但这类活动也可能被视为疏远地方社区的军事化行动，而地方社区本来是最可能从生物多样性保护的改善中受益的群体。该报告表示，部分是“因为偷猎活动军事化程度的提高，应对措施出现了自上而下的保护主义方法复活，强调围栏和罚款、枪支和军靴。但是，除非问责措施能够同时得到强化，否则，这可能导致，且已经导致了侵犯人权、限制生计手段、加剧土著民和地方社区困境的现象，可能加剧剥夺公民权、憎恨和愤怒等现象”（Cooney等人，2018年，第5页）。

社区化方法要求人们有耐心，因为地方利益相关方需要时间组织起来，并进行能力建设。为土著民和地方社区创造表达意见并行使其各级权利的稳健机会，对于推行更加有效和公平的野生动物保护策略至关重要。

如果上述国际刑警组织相关方法被证明确实有效，则可充当阻止国际犯罪和环境损害倡议的范例。此外，部署随机控制试验并定期评估和报告保护干预的成败有助于对政策有效性的监测（Schwartz等人，2017年）。

13.2.3 经济激励政策：生态系统服务的付费

与指令性政策及监管政策相比，经济激励政策（EIP）和市场化工具更为灵活；有了它，人们就可以开发重塑人与环境相互关系的创新方法。在驱动力、压力、状况、影响力和响应框架（参见第1.6节）下，经济激励政策通常属于应对类措施，因为经济激励可能通过促进有利于保护的行为，抑制消极行为，应对市场外部效应。这类经济工具还可为那些因生物多样性保护而受到消极影响的利益相关方提供补偿。

因此，经济激励政策可解决生物多样性保护的空间错配问题，如生物多样性保护的效益可惠及整个地区或国家，但保护成本却要由较小范围内的地方社区独立承担。经济激励政策的例子包括减少发展中国家毁林和森林退化导致的碳排放，森林保护、森林可持续经营增加碳汇（REDD+），物种改良、生态认证、农业用地闲置、公地或补助地购置等相关方面的计划。其它例子还包括生物多样性保护地役权、有机农业激励性补助、财政/税收措施和生态系统服务付费（PES）等（联合国开发计划署，2017年）。例如，位于法国一个国家公园核心地带的市镇，因保护该地而领取“生态拨款”（《地方当局总法典》第L2条，第334-337页）。此外，法国所有湿地均可享受20%的地税减免优惠（Primmer等人，2014年）。

生态系统服务付费体现了经济激励政策的许多重要元素。作为一项政策工具，生态系统服务付费首先在哥斯达黎加全国范围内广泛实施（Porras等人，2013年）。1996年，这一政策首先在哥斯达黎加实施，而后该政策已经以不同形式扩散到了其它许多国家。生态系统服务付费能够为生态系统的地方管理者提供回报，从而使其（通常为下游使用者）有动机去维护赖以生存的自然资源。例如，陡坡上的农民可因此而退耕还林，从而使重要的水源地得到保护。在文献记录的案例中，给纽约市为卡茨基尔山脉那些致力于景观保护的土地所有者支付报酬，从而避免了新建水处理厂而带来的更大成本（Appleton等人，2013年）。通过提供经济激励以鼓励土地的更好管理，生态系统服务付费不仅激活了生物多样性保护中的新主体，还通过强调得益于生物多样性的生态系统服务价值，促进了人与自然相互关系的可持续性。

但是，生态系统服务付费计划的有效性目前仍是一个争论领域，因为旨在对其成败进行评估的随机对照研究很少（Börner等人，2017年）。近期对38篇同行评估文章进行分析发现，生态系统服务付费的有效性证据仍很薄弱（Gaworecki，2017年）。大多数研究都没有对已实施生态系统服务付费的领域和未实施生态系统服务付费的领域做比较分析（Gaworecki，2017年），而设计更为严格的研究则仅显示了几个百分点的毁林减降量。与其它土地用途如农业开发的机会成本相比，生态系统服务付费计划支付的费用往往太少，这常常也并没有将潜在共同效益纳入考量。下列案例对一个存在双重目标，即减少外来入侵物种（生物多样性的主要压力之一）和就业创造这两大目标的生态系统服务付费计划进行了探讨。

案例研究：南非的“水工作项目”

在南非，水资源面临的主要压力来自于非本地植物，包括陆地植物（如商业化培育过程中未涉及的松属、金合欢属、桉属等物种）和水生生物群系（如对非洲大湖水域也构成了威胁的水葫芦等），同时也威胁到非洲大湖区的生物群落（Chamier等人，2012年）。1995年，南非政府创建了“水工作项目（WfW）”，以清除环境退化集水区的外来入侵物种，同时解决低技术性人群面临的公平和失业问题。“水工作项目”主要针对农村妇女、青年人和残疾人，项目为他们提供了与外来入侵植物的清理和控制有关的就业机会（McQueen，Noemdoe和Jezile，2001年）。该项目是就业创造相关生态系统服务付费作法下持续时间最长的案例之一。

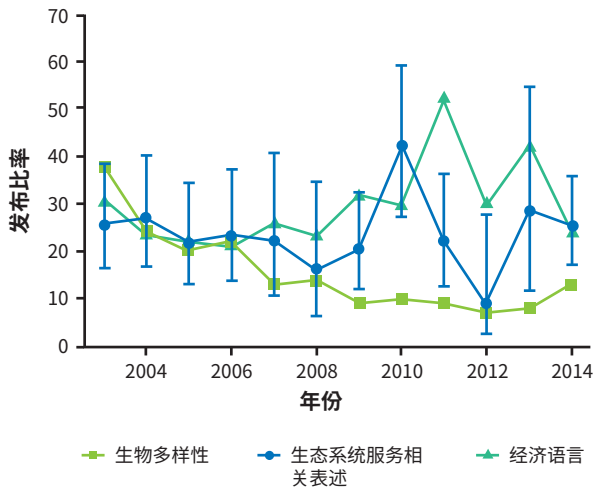
表13.4：评估标准概述：南非的“水工作项目”案例研究

标准	描述	参考文献
成败	“水工作项目”的目标是改善水安全和生态完整性，恢复土地的生产潜力，促进自然资源的可持续利用，并投资于南非社会中被边缘化程度最高的群体。今天，300多万公顷土地的外来物种被清除（占南非受影响土地面积的30%），显示了该政策一定程度上的成功和未来潜力。因为这个项目的成功，相关区域的溪流量出现了增长。但是，随着植被的复生，这种效益会随着时间的推移而减少。	Barnes等人，2007年；Bonnardeaux，2012年；Jarmain和Meijninger，2012年；Le Maitre，Gush和Dzikiti 2015年；Scott-Shaw，Everson和Clulow，2017年
评估独立性	在同行评审科学文献中得到了广泛评估	Hobbs，2004年；Turpie，Marais和Blignaut，2008年；Buch和Dixon 2009年；Meijninger和Jarmain，2014年
关键主体	“水工作项目”的框架包含下列主体： ❖ 部际委员会（成员为内阁各部长，主席为水事务和林业部长） ❖ 跨部门指导委员会 ❖ 省级指导委员会和由地方相关利益相关方组成的项目指导委员会	McQueen，Noemdoe和Jezile，2001年
基线	《南非的增长和发展用水（第6版）》这一报告为本项目基线。该报告表示，1997年南非和莱索托有1010万公顷的土地被外来植物入侵（占总量的6.8%），使年平均水流量减少了33亿立方米，同时还导致南非每年约7%的水资源浪费。	Barnes等人，2007年
时间线	“水工作项目”已经实施了20年。在项目实施后的几年内，项目报告了可衡量的生态系统收益。	
制约因素	“水工作项目”提供的短期就业机会和低工资被认为仅为南非的长期失业和技能不足问题提供了一个临时解决方案。	Buch和Dixon，2009年
促进因素	本项目适用的有效立法包括：《农业害虫法案》；《农业资源保护法案》；《国家环境管理法案》；《环境保护法案》；《国家水资源法案》；《国家草原和森林火灾法案》。作为其管理外来入侵植物承诺的一部分，“水工作项目”还运作了一个研究单位。	Venter，2005年
成本有效性	本项目开展的成本有效性分析已有多次，且结论各不相同，但总体倾向于本项目是一个具有成本有效性的政策这一结论。这些分析结论的一个重要方面，是不作为的代价极其高昂。1998年，南非环境事务部认为，在长达20多年的时间范围内，外来入侵植物每年的控制成本估计为6亿南非兰特（约1亿美元）。如果不采取适当措施，这一成本在15年内将翻番。	南非国家生物多样性研究所，2008年；Turpie，Marais和Blignaut，2008年；南非环境事务部，2010年；南非水资源事务部（DWAF），2010a；DWAF，2010b；McConnachie等人，2012年；van Wilgen 等人，2012年
公平性	通过“水工作项目”清理外来入侵物种的土地所有人有资格享受税收优惠政策。清理外来入侵物种的雇员（通常为妇女和弱势群体）则是受益最大的群体。	Turpie，Marais和Blignaut，2008年；Buch和Dixon，2009年
共同效益	“水工作项目”每年为那些本来没有其它任何就业途径的、被边缘化程度最高的人提供了2万多个临时就业机会（其中52%的受益人为妇女），为低技术劳动者提供了教育和培训机会，并为社区发展项目提供了协助（http://www.dwaf.gov.za/wfw）。由于对艾滋病特别重视，该项目还旨在为那些艾滋病检测呈阳性的人提供支持，特别是为他们提供教育和培训机会，以降低传播风险。	Magadlela和Mdzeke，2004年
跨界问题	不适用	
潜在改进	建议包括：a）开发用于评估下列内容的稳健生态指标：（i）清理地域的范围；（ii）入侵程度的降低幅度；（iii）对水资源产生的影响；（iv）生态系统恢复的比率（Levendal等人，2008年）；b）将社会发展进一步充分融入本项目的环境目标。	Levendal等人，2008年

如实施得当，经济激励政策可促进部门之间的一体化（如通过控制外来入侵物种促进妇女的增权益能——正如“水工作项目”这一案例研究显示的一样），提高利益相关方的参与程度并强化多层次治理。但是，经济激励政策的一大缺点是，它源于经济激励本身即可影响主体做出支持生物多样性保护的行为变革这一假设。在激励资金耗尽的情况下，这一假设可导致经济激励政策是否可持续性的问题。而且，通过比对预期机会成本，寻找能够防止生物多样性丧失并改善人类福祉的适当经济临界点（如适当的补偿水平），可能是一大挑战。在多项保护干预措施均可能适用的情况下，成本有效性分析可能有助于找出最佳解决方案（Bryan，2010年）。经济激励政策的另一个不足，是他们将土地所有人作为独立的个体决策者对待（芬兰的“自然价值交易”生态系统服务付费试验就是一个例子）（Paloniemi和Vilja，2009年）。实际上，土地所有人在决策过程中还受专业顾问及众多群体因素的影响（Mukherjee等人，2016年）。此外，经济激励政策的重点仍应放在生物多样性的保护方面，而不仅仅是政策产生的效益方面。

过去几年，自然价值的主流化取得了相当大的进展（例如，生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年）。但值得注意的是，生物多样性这一焦点不能丢。生物多样性保护的实质在珍惜其效益和服务的狂热中不能被抛弃，因为生物多样性是所有服务的基础（参见来自Kusmanoff 2017这一文献的**图13.4**：该图显示，在澳大利亚，随着经济语言使用的增加，“生物多样性”这一术语的使用却减少了）。

图13.4：澳大利亚政府环境部门媒体发布中包含“生物多样性”、“经济”和“生态系统服务”等字眼的术语的使用情况（样本量=3553）。误差条显示了生态系统服务相关表述这一子样本（样本量=516）高达95%的置信区间。



资料来源：Kusmanoff（2017年）

13.2.4 投资支持：遗传物质银行

目前，全球GDP中仅有一极小部分（约为0.002%）被投资于生物多样性的保护（Sumaila等人，2017年）。但是，如果2020年爱知生物多样性目标真的能够实现且自然资本因此而得到保护，其产生的货币和非货币收益将远超实现这些目标所需要付出的成本（Sumaila等人，2017年）。

尽管进展缓慢，但一些政府对这一事业的热度正在上升。例如，澳大利亚新南威尔士州设立了一个生物多样性保护信托，以实施该州2017-2037年战略中关于私人土地的一个全面保护项目（新南威尔士州环境和遗产办公室，2017年）。在5年内，该州政府将投资2.4亿澳元，专门用于实施这一针对私人土地所有者的项目，而当前年度的投资额为7,000万澳元。

据欧盟估计，Natura 2000保护区及其网络的管理成本每年高达58亿欧元，但其每年产生的效益介于2,000亿欧元至3,000亿欧元之间，同时还可创造18万个工作岗位（Bourguignon，2015年）。1992年启动的欧盟LIFE（环境金融工具）基金及其后身LIFE+基金为保护地的管理、能力建设、物种行动计划等提供了联合融资。2014-2020年间，LIFE基金已指定将26亿欧元资金用于环境保护，其中一半被用于自然和生物多样性的保护（Bourguignon，2015年）。最近，英国政府宣布将设立一个绿色商业委员会，以支持其25年期环境计划下的环境创业（英国环境、食品和农村事务部，2018年，第150页）。此外，英国还计划创建一个自然环境影响基金，以提供各类低于市场利率且可长期偿还的贷款和补贴。这样做是为了应对潜在的市场失灵问题，因为在过去，这类问题可能会限制能产生回报的自然环境项目的落地（英国环境、食品和农村事务部，2018年，第149页）。

生物多样性投资的资金来源多种多样（《生物多样性公约》秘书处，2012年），其中包括生物多样性国家核心资助、中央政府融资、官方发展援助国际资金和多边资助等。此外，绿色基础设施税收优惠、保护协议、碳补偿、绿色财政政策和绿色债券及私人和第三部门投资等都是政策制定者可用于支持生物多样性保护相关投资的工具。

2016年的绿色债券原则明确认可生物多样性保护为有资格进行融资的类型之一（GreenInvest，2017年）。目前，绿色债券是世界上增长最为迅猛的固定收益类细分市场之一，2016年的市场规模达810亿美元。这些绿色债券可在战略层面被政府和公司用于国际资本的发掘，以支持生物多样性保护方面的投资（GreenInvest，2017年）。绿色债券还可为金融政策制定与投资政策制定提供一个互动平台，因为在一些国家，这两类政策的制定在制度上通常是分开进行的（GreenInvest，2017年，第40页）。

斯瓦尔巴全球种子库（SGSV）是投资支持方面的一个创新范例。作为一个基因银行，它是世界上规模最大的农作物种子库。在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（参见第1.6节）下，斯瓦尔巴全球种子库是一项以农作物种子的迁地保护为重点的政策应对措施，其目的是改善对粮食和农业而言至关重要的植物物种的状态。

案例研究：斯瓦尔巴全球种子库

联合国粮食及农业组织估计，过去一个世纪，全球丧失了75%的植物遗传多样性（联合国粮食及农业组织，2010年）。植物遗传物质的一种主要保护形式，是以基因银行（目前全球有1,750多个，共保有约740万个检索号）形式出现的迁地保护（联合国粮食及农业组织，2010年）。

斯瓦尔巴全球种子库（**图13.5**）成立于2008年，其主要目的是为粮食和农业植物遗传资源提供备份。这个种子库的工作重点，是保护农作物物种及其野生亲缘植物的种内多样性。自然灾害、战争和一些国家基因银行的管理不当等风险都会导致具有全球重要性农作物的备份需求（Fowler，2008年）。

斯瓦尔巴全球种子库的建设成本为880万美元（Hopkin，2008年），全部是挪威政府资助的，而其年度运营成本约为30万美元，是由挪威政府和全球农作物多样性信托基金联合资助的。其中，后者通过公私部门捐款成立的一个捐赠基金为这个种子库提供了长期资助。

图13.5：斯瓦尔巴全球种子库位于挪威大陆与北极连线的中点斯瓦尔巴群岛一个偏远岛屿的山体下100米深处。种子库的样本都被储存在零下18°C状态下。

© Shutterstock/Theerasak Nanukampa

在遏制生物多样性丧失速率方面，指令性政策、经济激励政策和主体推动政策都急需投资支持政策的补充（参见第6.5节）。与经济激励政策相似，投资支持政策的方法也更具灵活性和适应力。如斯瓦尔巴全球种子库这一案例研究所示，这类政策也允许人们采用独特、创新的解决方案。通过投资支持政策，如绿色债券，流向热带地区发展中国家的外国直接投资可用于支持生物多样性的保护（GreenInvest，2017年）。诸如斯瓦尔巴全球种子库之类的倡议与可持续发展目标16是相符的，因为这类投资的产出是可问责、透明和包容的。但是，投资支持政策决策和实施方面内在的权力结构仍是一大关切。在这类政策的事前分析中，从长期看谁是投资者、谁又是受益者等等都是需要解决的关键问题。

就生物多样性保护的范围而言，斯瓦尔巴全球种子库只是一个备份；它并不寻求保护那些在农业发展演变过程中可能丧失的传统农作物耕作知识，因为就地保护即可维系这些知识并使物种适应各种环境变化。但是，迁地保护也面临基因侵蚀方面的问题（van de Wouw等人，2010年），即被保护种子经历长时间后可能无法存活这一问题。遗传资源的保护需要众多主体的参与，因为在农作物遗传资源的保护过程中需要克服政治、伦理和技术等各方面的挑战（Esquinas-Alcázar，2005年）。

此外，生物多样性对粮食安全的贡献也需要为主流社会所认可。2015年，人们发起了基于生态系统的粮食安全适应倡议（EBAFOSA）。该倡议旨在调和生态系统可持续管理（包括生物多样性保护）与气候变化适应之间的矛盾，以确保非洲的粮食安全。[2]

13.2.5 主体推动：战略环境规划

改善城市环境质量、以享受生态和社会效益作为城市规划的一个重要组成部分正在被人们广泛接受。联合国大会已经在《与自然和谐相处》（2016年8月1日决议“A/71/266”）这一文献中讨论了“地球母亲”这一理念，以激励各国公民和社会并变革他们与自然世界之间的互动方式。这些问题与绿色基础设施、绿色空间等理念及生态系统服务与生物多样性之间重大联系的认可密切相关。生物多样性涉及水质保护、洪水减少、空气质量改善、身心健康和噪音减降等方面的效益，而这些效益在缓解城市生活带来的问题（Carrus等人，2015年；Ürge-Vorsatz等人，2018年）和促进气候变化缓解和适应（Rosenzweig等人，2018年）等方面都非常重要。生物多样性在城市中的角色还得到了其它国际论坛的认可，如2018年3月召开的气候变化政府间专家小组（IPCC）城市会议；生物多样性的体验已被证明能够改善城市地区的生活质量、人类健康和环境意识（WHO和SCBD，2015年；Ürge-Vorsatz等人，2018年）。

2 https://www.ebafosa.org

表13.5：评估标准概述：斯瓦尔巴全球种子库案例研究

标准	描述	参考文献
成败	斯瓦尔巴全球种子库的目标是保存450万种农作物的种子，每种农作物平均保存500粒（共25亿粒）。在运作前五年中，世界上53家基因银行将它们的大量藏品存放在了这里。目前，该种子库保存着96万多份样本。	Westengen，Jeppson和Guarino，2013年；Asdal，2018年
评估独立性	正式评估发表在一份同行评审期刊中。	Westengen，Jeppson和Guarino，2013；Asdal，2018年
关键主体	主体包括联合国粮食及农业组织植物遗传资源委员会、挪威政府、北欧遗传资源中心、全球农作物多样性信托基金和国际顾问委员会（代表联合国粮食及农业组织、各国基因银行、国际农业研究磋商小组、《粮食和农业植物遗传资源国际条约》各方）。	Westengen，Jeppson和Guarino，2013年；Asdal，2018年
基线	5项基准曾对斯瓦尔巴全球种子库藏品的备份水平进行过评估。本评估旨在对斯瓦尔巴全球种子库距离其为粮食和农业植物遗传资源作为正常型种子（在干燥或冷冻环境下可存活的种子）保存的所有藏品（独特种子样本）提供了备份这一目标到底有多远这一问题进行量化。	Westengen，Jeppson和Guarino，2013年；Asdal，2018年
时间线	在理论上，斯瓦尔巴全球种子库的生命周期是永恒的。目前，该种子库保存了156个农作物种属约三分之一的全球特色种子样本。	Westengen，Jeppson和Guarino，2013年；Asdal，2018年
制约因素	各国签约加入的意愿（如中国和日本）被认为是一大制约因素，尽管2018年该种子库又收到了来自印度、秘鲁和肯尼亚等国家的新种子样本。气候变化可视为该设施的未来制约因素。	
促进因素	《粮食和农业植物遗传资源国际条约》的签署；在冷却设备发生故障的情况下，永久冻土可提供天然冷冻效应；地缘政治稳定和地方政府的支持（《斯瓦尔巴国际条约》禁止相关军事活动）	
成本有效性	目前尚未开展相关评估。	
公平性	目前，传统用途植物及其种植实践不在优先保护之列，而这些植物也具有丧失风险。全球农作物多样性信托基金为发展中国家将其样本运送至斯瓦尔巴全球种子库提供了后勤方面的资金支持。	Eastwood等人，2015年
共同效益	斯瓦尔巴全球种子库帮助提升了公众对保护遗传多样性特别是植物多样性、从而确保未来粮食安全的重要性的认识（特别是媒体的倡导）。	Friel和Ford，2015年；Westengen，Jeppson和Guarino，2013年
跨界问题	斯瓦尔巴全球种子库的《标准存放协议》确保了样本法律所有权不会被转移，且样本只能被退还给提供样本的原基因银行。	Westengen，Jeppson和Guarino，2013年
潜在改进	1）与没有备份样本的其它基因银行在新增样本方面存在差距；2）作为迁地保护补充的就地保护的重要性也得到了凸显，因为储存的遗传物质就进化而言是静态的，无法适应气候和栖息地的变化；3）迁地保护的另一形式，即DNA银行，可作为植物遗传保护的一种补充方法。	Dulloo，2015；Hopkin，2008年；Hodkinson，等人，2007年

动员社区参与城市土地的有效利用及自然生态系统的管理对居民和生物多样性都有好处，且能够促进包容性的城市治理。不同利益相关方在不同范围内的参与及不同学科专家（如生物学家、城市设计师、景观建筑师等）之间的合作对于生物多样性的保护也很重要（Felson和Pickett，2005年；Colding，2007年）。这方面的进展是可衡量的。以城市生物多样性指数为例，该指数“为地方当局评估其在城市生物多样性保护方面的进展提供了一个监测工具，而这种进展评估又可进一步被纳入国家报告”（《生物多样性公约》，2014年）。

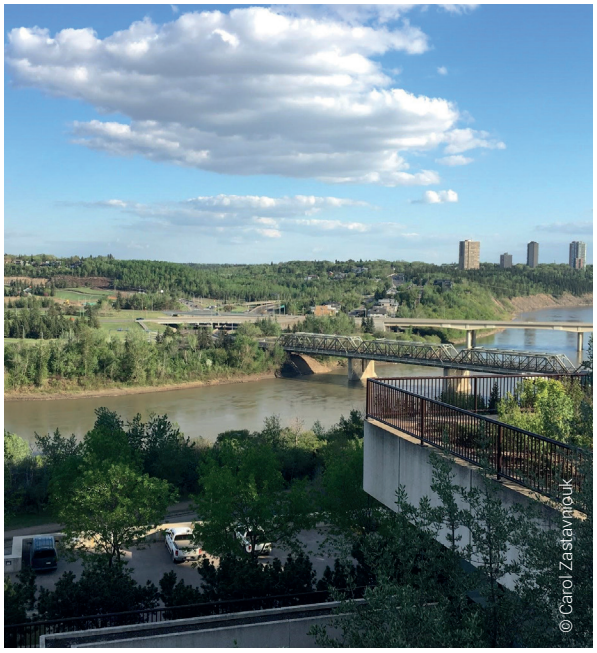
各种制度安排和方法都考虑了生物多样性在绿色领域的重要性。例如，意大利的健康和福祉政策（Carrus等人，2015年）、巴西的通过城市规划恢复城市区域大西洋沿岸森林的努力（Sansevero等人，2017年）和芬兰的生态系统服务保护（Niemelä等人，2010年）都将生物多样性纳入了考量。生物多样性的主流化需要人们将生物多样性及环境要素和规范纳入部门政策，从而推动利益相关方的参与。在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（参见第1.6节）下，主流化是一群主体为应对压力和驱动力如栖息地丧失和碎片化、人口压力等（第2.2节）做出的一种应对行为。埃德蒙顿自然区域体系政策说明了如何发动地方主体将生物多样性纳入城市环境并实现其主流化的这一问题。

案例研究：埃德蒙顿自然区域体系政策

通过将生物多样性考量纳入城市规划，埃德蒙顿市使生物多样性保护成为该市工作议程中的一个优先事项。2006年，该市批准了环境政策，旨在促进环境适宜社区的可持续发展。2007年，该市又批准了自然区域体系政策，明确了“保全、保护和恢复埃德蒙顿市的生物多样性，并在决策过程中实现生态和环境考量与经济和社会考量之间的平衡”这一目标。作为这一政策的结果，一项以保护和恢复埃德蒙顿市的自然体系及其中蕴含的生物多样性为目标的战略计划已悄然出 炉（**图13.6**）。

© Shutterstock/LisaBourgeault

图13.6：埃德蒙顿市：在市中心看到的北萨斯喀彻温河沿岸河谷公园体系


© Carol Zastavniouk

在各级政府为了生态和社会效益在城市环境质量的改善方面开展协作的情况下，地方和城市生物多样性保护过程中主体和制度安排的推动已被证明在某些情况下是成功的。利益相关方在环境管理方面的广泛参与“看起来风险很大，但越来越多的证据表明，如果设计得当，这些感知风险是很值得去冒的”（Reed，2008年）。但是，财政和预算领域各项工作的优先级排序仍是公共管理中的一项严重挑战。

埃德蒙顿市相关案例研究说明了一个成功实施保护区体系相关政策的案例。这项政策每年成功保护了110公顷的重点自然区域。尽管埃德蒙顿市的生态足迹减少了，但仍维持在人均7.45公顷的水平，远远高于人均2.71公顷的全球平均水平，比全球承载能力可持续性指标还高出4.5公顷。这一现状主要是城市范围之外资源消耗的结果。

表13.6：评估标准概述：埃德蒙顿自然区域政策

标准	描述	参考文献
成败	埃德蒙顿市的《2015年环境报告》涉及了若干生态指标，其中包括：草地的自然化；重点自然区域的保障；自然区域和湿地扩张土地的保证；市政厅管理和照顾的树木的数量等。时间系列数据表明，大多数指标都出现了积极趋势，城市维护的树木的数量、用作自然区域的土地和被改造湿地都有所增加。	
评估独立性	在城市环境管理指导委员会的指导下，对政策成败开展了自我评估。	
关键主体	关键主体包括埃德蒙顿市政厅及负责发起生物多样性保护最佳实践的政府部门。自然区域办公室负责协调该市企业为保护自然区域网络而做出了重大努力。地方社区参加了诸如自然学大师（Master Naturalist）之类的项目，同时还参加了对外来入侵物种实施的监测，以及一个非营利土地信托机构的治理等。其中，通过参加自然学大师项目，各地方社区就在该市自然区域组织志愿教育方面进行了知识交流。	
基线	埃德蒙顿市2006年《自然区域现状》报告的结论表明，随着时间的推移，现有土地利用方式若不改变，则该市高原现有的自然区域将减少一半以上的面积。	埃德蒙顿市，2009年
时间线	《我们的绿化方式：2040年愿景》这一文献规定了埃德蒙顿市未来30年的环境战略计划，并将重点放在了恢复力和可持续性方面。与此同时，该愿景还确定了埃德蒙顿市实现可持续和有恢复力的未来所必须实现的12项目标。	
制约因素	由于外来居民正在以前所未有的数量涌入，该市仍在遭遇自然区域方面的重大损失。该市对这一问题的应对措施，是不断买入有价值的土地，以保护其不受开发压力的影响（见下文）。	埃德蒙顿市，2009年
促进因素	在推动政策及其实施方面，市政厅的领导力似乎很强大且持续。埃德蒙顿市政厅批准了一项价值2,000万加元的拨款，并允许向土地信托基金借款购置新社区的森林和湿地。作为一项单独倡议的一部分，市政厅还批准了一个每年支出100万加元购置湿地的协议。高调的国际形象和声誉也有助于该市继续将其成功进行下去。	埃德蒙顿市，2009年；可持续发展地方政府联盟，2013年
成本有效性	埃德蒙顿市对其城市森林的环境影响、价值和结构进行了评估。评估考察了三项生态系统服务，即清洁空气、截存碳、减少暴风雨等。该市城市森林中每棵树的平均效益为74.73美元，而每棵树的维护成本仅为18.38美元。	埃德蒙顿市，2009年
公平性	本项目促进了外来移民融入城市生活。土地开发商必须遵守环境法规，而新开发的郊区也必须设计有新的绿色空间、自然区域和公园。但是，土地价值的上升意味着，为保护目的购置土地的作法对城市信托基金而言代价越来越高昂，特别是在土地所有者越来越不愿意出售的情况下。	
共同效益	增加城市环境下的绿色空间可产生额外效益，如减少压力、犯罪和暴力、增加社区的社会凝聚力等。同时，还可创造心理、认知和生理健康方面的效益（世界卫生组织和《生物多样性公约》秘书处，2015年）。此外，还有一些迹象显示，可再生能源企业的机会也增加了（Alberta Canada，2017年）。	Maas等人，2009年；Garvin，Cannuscio和Branas，2013年；Roe等人，2013年
跨界问题	评估进展报告的过程中未发现或录到这方面的问题。	
潜在改进	对更加广泛的社会及环境效益进行长期追踪是有益的，而由同行对项目开展更加正式的独立评估也是大有帮助的。此外，将权衡因素如土地成本的上升、优先事项之间的冲突等纳入考量也是必要的。毕竟，过去25年，埃德蒙顿市的人口一直都在增长。	

13.3 指标：生物多样性政策

政策敏感指标为人们理解政策实施提供了一种有意思的方法（参见第10章）。生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台和《生物多样性公约》都利用众多指标开展过全球评估。例如，第三期《全球生物多样性展望》就采用了55项生物多样性指标（《生物多样性公约》秘书处，2014年；Tittensor等人，2014年）。因此本期《全球环境展望》根据指标与可持续发展目标之间的联系、国别分类情况、与之前的《全球环境展望》之间的连续性等因素，选择了三项全球指标（参见**表13.7**）。

目前，人们还没有能够充分捕捉生物多样性与人类健康相互联系的指标，尽管前文已经探讨过旨在改进生物多样性健康相关指标的方法（Huynen，Martens和De Groot，2004年；Hough，2014年；Sandifer，Sutton-Grier和Ward，2015年）。

表13.7 政策敏感指标

指标	入选依据	是否在A部分中探讨过	是否在案例研究中探讨过	与可持续发展目标或多边环境协议的联系	数据来源
1）通过了相关国内立法并为预防或控制外来入侵物种提供了充分资源的国家比率	作为爱知生物多样性目标9的一个指标，与《生物多样性公约》相关；具有政策灵敏性和相关性；为第五期《全球环境展望》所采用，且是已经确认的可持续发展目标指标。	**是：**外来入侵物种是作为生物多样性面临的五大压力之一进行应对的（第6.4.2节）。	**是：**外来入侵物种是南非“水工作项目”案例研究（第13.2.3节）的主题。在该案例中，生态系统服务付费被用做了应对外来入侵物种的一种手段。	**爱知生物多样性目标9。**本指标同时还是可持续发展目标15.8的指标。	世界自然保护联盟、世界自然保护联盟物种生存委员会、世界自然保护联盟外来入侵物种专家小组、莫纳什大学等；情况介绍、图表、元数据等来自bipindicators.net
2）红色名录指数（利用的影响）	作为爱知生物多样性目标4的一个指标，本指标与《生物多样性公约》相关。本指标是应对方面的一个指标，在第五期《全球环境展望》中已被采用，且与可持续发展目标相关。此外，本指标具有全球性，可进一步细分，是一个基于科学评估的量化指标，且拥有很长的数据系列。红色名录指数（利用的影响）这一指标还被选来说明与人类生计和文化有直接影响的物种对措施做出响应、以确保其可持续利用的程度。	**是：**红色名录的子目录在整个第6章特别是第6.5节中都有使用。红色名录指数是全球范围内关于物种灭绝状态的主要数据来源。	否	**爱知生物多样性目标4。**同时还与爱知目标3、目标6、目标7和目标12相关。此外，还与可持续发展目标8.4、12.2、14和15相关。	世界自然保护联盟红色名录指数情况介绍、图表、元数据等来自bipindicators.net
3）全球生态足迹	作为爱知生物多样性目标4的一个指标，本指标与《生物多样性公约》相关。本指标跟踪的是压力，在第五期《全球环境展望》中已被采用，且与可持续发展目标相关。本指标具有全球性，以长数据系列为依据且可进一步细分。本指标之所以入选，是因为一个国家生态足迹的增加意味着其人口对生物多样性压力的增加，以及生物多样性丧失风险的加剧。	**是：**作为生物多样性丧失的一个主要驱动力，出现在第6.4.1节。	**是：**埃德蒙顿市的生态足迹曾出现在关于政策有效性评估的第13.2.5节。	爱知生物多样性目标4。与可持续发展目标8.4和12.2相关。	全球足迹网络情况介绍、图表、元数据等来自bipindicators.net

13.3.1 指标1：通过了相关国内立法并为预防或控制外来入侵物种的提供了充分资源的国家比率（可持续发展目标指标15.8.1）

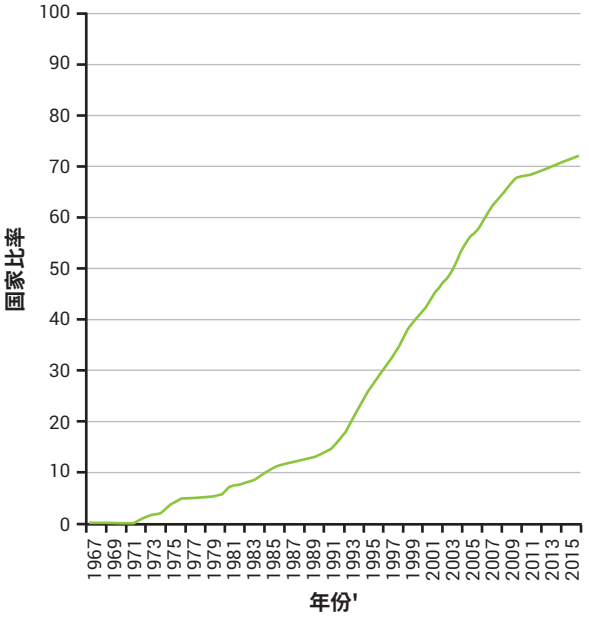
外来入侵物种（IAS）可通过直接和间接竞争、捕食和栖息地破坏及作为病原体和疾病携带者而对地方生物多样性造成威胁（Pejchar和Mooney，2009年；Strayer，2010年）。它们被认为是土地用途发生变化和栖息地丧失后，生物多样性面临的第二大威胁（第6.4.2节）（Wilcove等人，1998年；Bellard，Cassey和Blackburn，2016年）。

本指标评估的是“旨在控制和预防外来入侵物种【被引进某一地区但传播到了该地区之外的物种】传播的政策应对措施、立法和管理计划的发展趋势”及“通过了相关国内立法并为外来入侵物种的预防或控制提供了充分资源的国家比率”（参见“生物多样性指标伙伴倡议 2018a”一文中的方法）（**图13.7**和**图13.8**）。

政策相关性

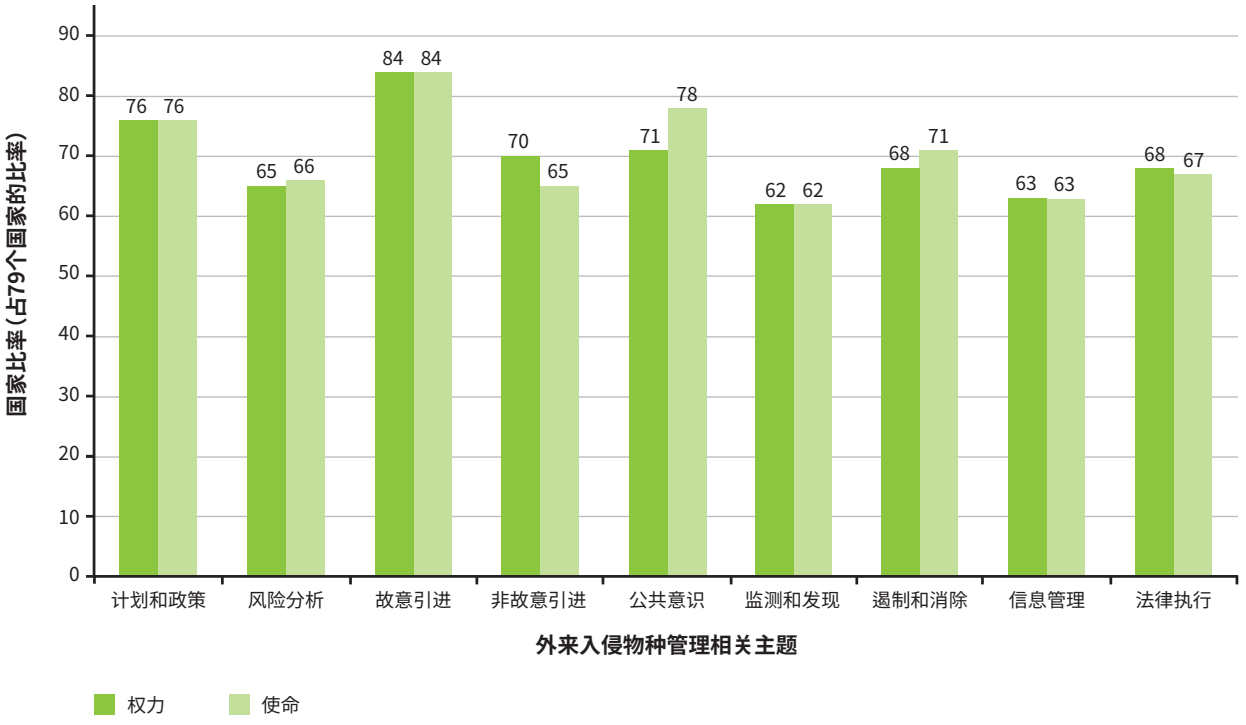
本指标对全球多边环境协议取得进展特别是爱知生物多样性目标9取得的进展进行了直接跟踪。此外，本指标还涉及爱知生生物多样性目标5、11、12、17和可持续发展目标15（15.8陆地生物）（联合国环境规划署，2015年）。

13.7：向《生物多样性公约》报告的196个国家在外来入侵物种预防或控制国内相关立法方面的发展趋势（1967-2016），特别显示了具有下列政策组合的国家的比率：(i)外来入侵物种相关立法；(ii)国家生物生多样性战略和行动计划下关于外来入侵物种的目标；(iii)与爱知目标9相符的外来入侵物种相关目标



资料来源：生物多样性指标伙伴倡议（2018a）。合作伙伴：世界自然保护联盟、世界自然保护联盟物种生存委员会、世界自然保护联盟外来入侵物种专家小组、莫纳什大学等

图13.8：相关机构在外来入侵物种的管理方面有明确使命和/或合法权力的国家比率（积极答复为“有”，且被计入了总体比率）



资料来源：生物多样性指标伙伴倡议（2018a）。合作伙伴：世界自然保护联盟、世界自然保护联盟物种生存委员会、世界自然保护联盟外来入侵物种专家小组、莫纳什大学等。

因果关系

随着更多外来入侵物种相关多边国际协议的出现（如《卡塔赫纳议定书》、《国际植物保护公约》和世界贸易组织《实施卫生与植物卫生措施协议》等），各国对相关政策的承诺水平相应提高了。这进一步反应了外来入侵物种控制方面全球承诺的增加（生物多样性指标伙伴倡议，2018a）。作为《生物多样性公约》缔约国的国家均已同意爱知目标17，而外来入侵物种相关政策也应体现在它们的国家生物多样性战略和行动计划中。这是国际政策触发国内反应即自上而下的方法导致外来入侵物种相关国内法规诞生的一个例子。但是，自下而上因果关系（因一国国内外来入侵物种的增加而导致外来入侵物种相关政策诞生的情形）的证实则更加困难。

在外来入侵物种相关国内政策下，政府可利用多种政策工具减少外来入侵物种。这类应对措施可能相当多元和具体。例如，南非的“水工作项目”（第13.2.3节）利用生态系统服务付费这一工具给当地社区提供经济激励，以鼓励他们清理水道上的外来入侵物种（Buch和Dixon，2009年）。其它国家则可利用指令性政策——如英国对某些植物、种子、有机物和植物产品实施严格法规和认证的植物健康政策（英国环境和农村事务部，2014年）和澳大利亚周密制定的战略计划（澳大利亚外来入侵物种委员会，2015年）——防止有害植物病原体的进入和传播。此外，岛国的外来入侵物种政策可能会更为严格——这反映了地方特有物种在这类国家更为广泛的存在。另一方面，港口可能会受更加强有力法规的约束，如近期通过的国际船舶压舱水和沉积物政策（国际海事组织，2017年）。

其它国际国内政策特别是贸易政策也可能对本指标产生影响。随着全球化的深入和国际商业导致的贸易路线和市场的增加，外来物种获得了在新地区扎根的新机会（Meyerson和Mooney，2007年；Seebens等人，2015年）。一国开展国际贸易的程度与该国外来入侵物种的数量之间已经显示出了直接的因果关系（Westphal等人，2008年；Hulme，2009年；Liebhold等人，2012年；Brockerhoff等人，2014年）。

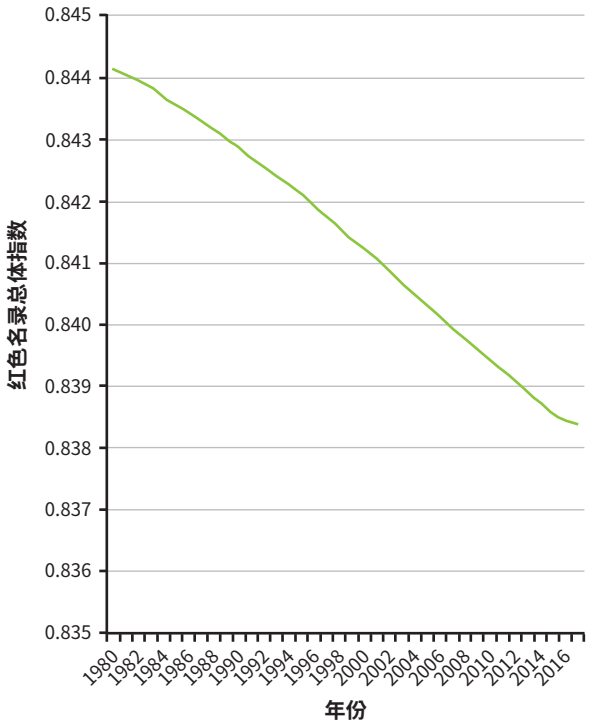
其它因素

气候变化也可能带来外来入侵物种相关风险，特别是在较为寒冷的地区，因为气候变化可形成新的生态位空间，从而降低外来入侵物种落地生根的门槛（Wolkovich等人，2013年；Duffy等人，2017年）。此外，旅游业、外来宠物贸易和基础设施项目等领域经济发展日益加速的新兴经济体也面临着更大的外来入侵物种风险（Hulme，2015年）。.

13.3.2 指标2：指数（利用的影响）

人类以一系列不同方式（如为了食物、娱乐或羽毛而狩猎、诱捕和收集野生鸟类）形成了对生物多样性和野生动物利用的依赖。红色名录指数（RLI）（利用的影响）显示了利用

图13.9：1980-2017年间哺乳动物、鸟类和两栖动物的红色名录指数——仅显示了利用导致的趋势（即未被利用物种没有被纳入考量）



资料来源：生物多样性指标伙伴倡议（2018b）。合作伙伴：国际鸟盟、Kew Gardens、伦敦动物学会、世界自然保护联盟

的消极影响（即野生动物的利用导致的野生动物状态的恶化）和所采取措施（即为实现可持续发展而对野生动物的利用所采取的控制或管理措施）的积极影响这两大因素导致的哺乳动物、两栖动物和鸟类现状的发展趋势（生物多样性指标伙伴倡议，2018b，参见第6.5.2节）。**图13.9**显示了1980-2017年间鸟类、哺乳动物和两栖动物的红色名录指数（利用的影响）。

范围和评估

本指标是根据物种层面的数据进行认定的，可在不同范围（国家、地区和/或全球）内进行分析。世界自然保护联盟的红色名录将所有物种归入了7个相对灭绝风险类型（如灭绝风险最小类型、适用于人类了解很少物种的“数据不足”类型等）。这种分类是根据物种种群规模、分布面积和减少速率等因素利用量化标准进行的（Bubb等人，2009年）。在2012年的指数更新中，世界自然保护联盟的红色名录对63,837个物种进行了评估，其中19,817个属于面临灭绝威胁的物种（《生物多样性公约》秘书处和世界自然保护联盟，2018年）。红色名录指数“1”代表该群内所有物种均属于“风险最小”类型，而红色名录指数“0”则代表该群内所有物种均已灭绝（Bubb等人，2009年）。目前，鸟类、哺乳动物、两栖动物、珊瑚和裸子植物都可计算红色名录指数。为评估人类了解很少和/或物种数量很大的分类群，世界自然保护联盟开发了一种取样方法，即从这样的

分类群中随机选取1,500个物种，以此作为较大分类群的代表（Baillie等人，2008年）。

红色名录指数（利用的影响）仅将那些被人类利用的物种（如被用作宠物、食物、药品、物资或其它用途的物种）纳入了统计。利用类型是由世界自然保护联盟用途和贸易分类方案（3.2版）确定的（世界自然保护联盟，2006年；Almond等人，2013年）。指数统计产生的结果可用于说明人类消费可持续及自然资源利用的影响在生态安全红线内的程度。下降趋势表明，当前利用是不可持续的（利用的消极影响），而上升趋势则说明，人类对相关物种的利用是可持续的（通过可持续控制或管理措施进行利用产生的积极影响）（国际鸟盟，2012年）。

政策相关性

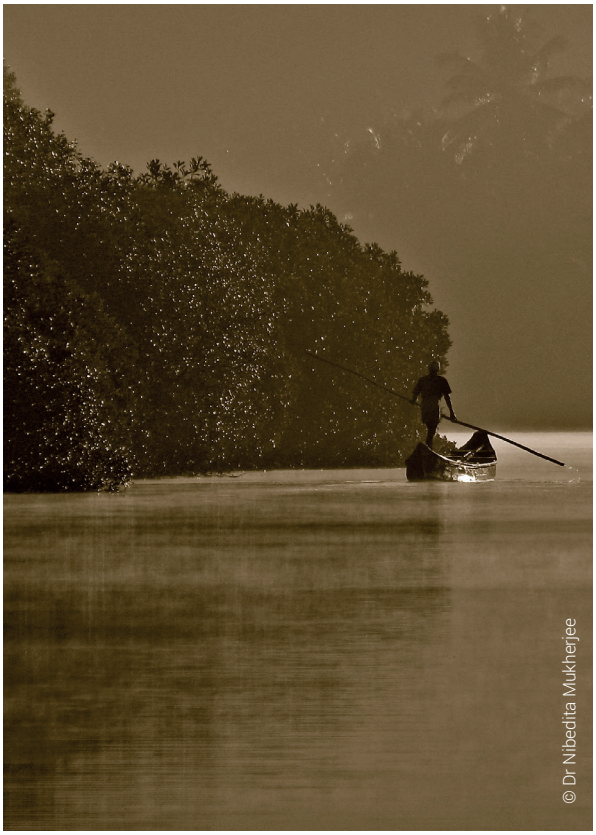
红色名录指数（利用的影响）与爱知生物多样性目标直接相关。同时，它还与可持续发展目标8、12、14、15的若干具体目标直接相关（生物多样性指标伙伴倡议 2018b；联合国环境规划署，2015年）。

因果关系

旨在限制物种利用或倡导物种可持续管理的政策可能会对本指标产生直接影响，尽管能够证明这类政策有效性的公开文献很少，甚至是没有。这种政策影响相关证据的匮乏部分是因为红色名录下物种类型的平均状态改善时间长达16年之久（Young等人，2014年）。但是，本指标应对那些能够推高或降低物种相关产品市场价格的经济变革或政策具有敏感性。例如，较高的市场价格会使生产商或狩猎者产生利用物种的更大动机，从而使相关物种处于更大的灭亡风险之中，而这种风险的加大将会反映在红色名录指数的降低上（Ayling，2013年）。相关证明表明，如果继续盗猎的经济动机足够强大，那么，诸如《濒危野生动植物物种国际贸易公约（CITES）》之类禁止偷猎濒危物种制作产品国际贸易禁令和法规可能会失灵（Rivalan等人，2007年；Conrad，2012年）。相反，激励社区以可持续方式管理野生动物并开展相关能力建设的政策（如捕食者项目案例研究显示的那样）则可降低物种的长期利用和需求水平（Challender和MacMillan，2014年），从而有效提高红色名录指数（利用的影响）。同样，相关建模表明，与仅仅是扩大保护区相比，更加有效的保护区管理（即保护区的设计、管理的充分性和适当性、目标的实施等；《生物多样性公约》秘书处，2018c）对红色名录指数产生的影响更大（Costelloe等人，2016年）。

其它影响

其它因素包括文化和市场趋势，如人们不再购买利用动物（毛皮、羽毛、绒毛等）制作的衣物、西方国家素食主义/绝对素食主义饮食的增加等（Newport，2012年；Saner，2016年）。这些趋势都可导致物种使用的减少和红色名录指数的上升。致力于减少受威胁物种利用的倡导团体和消费政策在市场趋势的形成中扮演着重要角色。


© Dr Nibedita Mukherjee

例如，近年来，消费者意识提升运动、进行环境可持续性认证的组织的增加、政府限制等因素共同发挥作用，急剧减少了鱼翅在中国的消费量（Fabinyi，2016年）。

注意事项

支持政策有效性的实证数据仍然很少。一项研究表明，一个地方性保护信托基金的工作成功改善了巴西、印度、马达加斯加、毛里求斯和西班牙等国境内17个受威胁脊椎动物物种的现状（Young等人，2014年）。但是，其它研究也表明，从长期看，红色名录指数具有不断变更其基线的可能性。这是因为，红色名录评估的是物种特定时间线上物种丰富度的下降程度。所以，如果物种数量保持稳定，则即便其处于非常低的水平，相关物种仍可能会被归入低风险类型（Costelloe等人，2016年；Nicholson，Fulton和Collen，2017年）。

13.3.3 指标3：生态足迹

生态足迹（或称生态足迹核算）致力于“比较人类对自然的需求与生态承载力或自然的供应能力”及再生能力（Rees和Wackernagel，1996年）。“需求是用某一人群用于生产其消费的自然资源并消纳其产生的废弃物的生物生产性面积衡量的”。生态承载力则是用地表面积衡量的（生物多样性指标伙伴倡议，2018c）。生态足迹“以生物生产性土地和水域面积或个人、群体或活动消耗的食物、纤维和可再生原料的生产所需要的生态承载力”衡量的。生态足迹

同时还考虑了吸纳二氧化碳排放所需要的物资（全球足迹网络，2018年）。生态足迹的单位是被称为全球公顷（gha）的一个面积当量单位。1全球公顷代表具有全球平均生产率的1生物生产性公顷（Galli，2015年）。生态足迹涵盖生产和消费两个方面，而其中每个方面都由农田、牧场、森林产品、碳和渔业及建筑用地组成（全球足迹网络，2018年）。随着一个人群对生物多样性压力的增加，该人群的生态足迹也会相应增加（参见13.2.5节埃德蒙顿市相关案例研究）。**图13.10**显示了1961-2013年间按组成部分（土地类型）分类核算的世界生态足迹。

政策相关性

生态足迹这一指标与爱知生物多样性目标4直接相关，同时还与可持续发展目标8和12下的若干具体目标（目标8.4和目标12.2）直接相关。

因果关系

目前，人们已就生态足迹核算及其如何为政策制定提供指导这一问题开展了许多研究（例如，全球生态足迹最近促使黑山共和国通过了国家可持续发展战略）（Galli，2015年；Galli等人，2018年），但关于政策变革是如何影响全球或国家生态足迹的这一问题的实证研究案例却很少。任何削弱或促进资源消耗、土地利用或碳排放可持续管理的政策都会减少生态足迹，而任何直接或间接推动这些参数值上升的政策都会导致生态足迹的增加。一项研究发现，经济全球化推高了消费、生产和进出口的生态足迹，而社会全球化则增加了进出口的生态足迹，同时却减少了消费和生产的生态足迹（Rudolph和Figuree，2017年）。

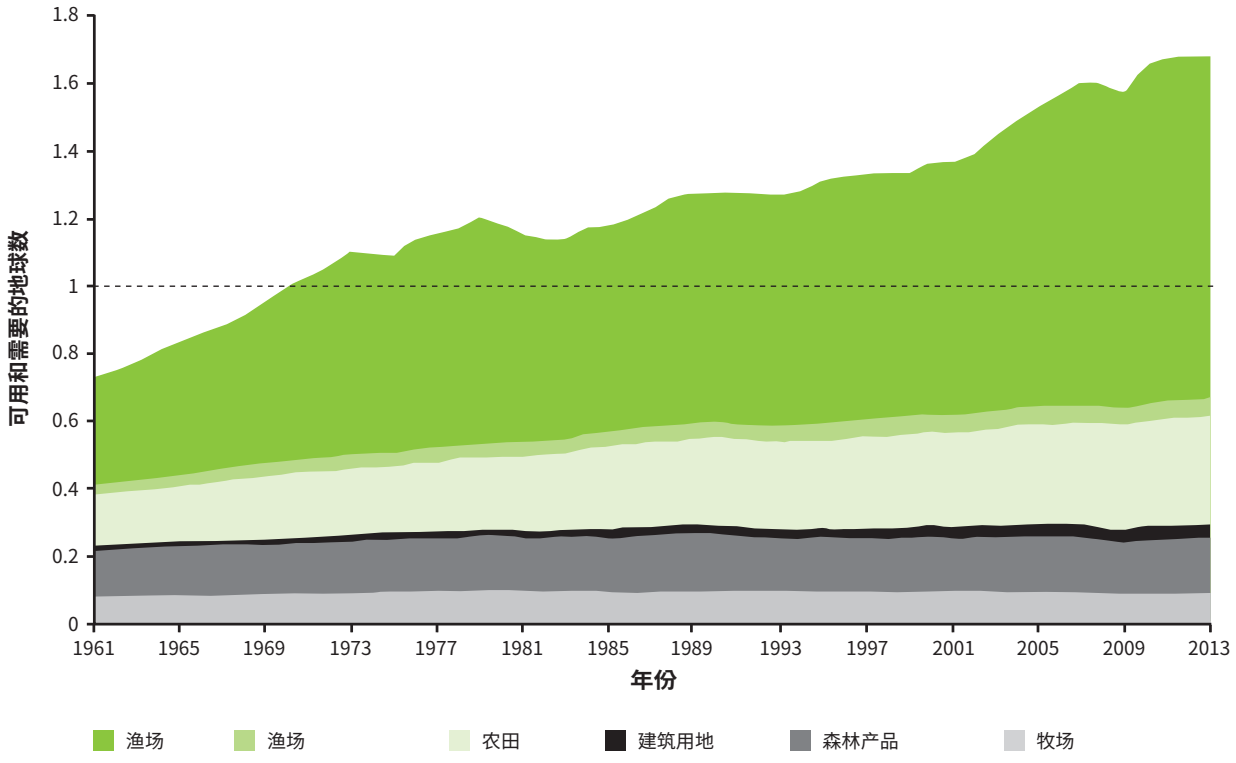
其它因素

能够影响生态足迹的其它因素包括改变一个地区生态承载力的环境事件（如使之前没有生产力的地区变成了有生产力地区的气候变化或使之前有生产力的地区变成了没有生产力地区的气候变化）、提高一个地区生态承载力的技术进步（如提高某一地区生产率的抗热基因改良作物）、增加或减少资源消耗的消费文化（如选择公共交通、步行或骑自行车，而不是机动车的文化）等。

注意事项

由于能够为政策制定者清晰描述生态系统服务的过度使用情况，生态足迹已被人们广泛使用（Galli，2015年）。但是，由于无法追踪人类诱发的自然资本存量的消耗情况，这一指标也受到了人们的批评。尽管如此，全球足迹网络正在积极改进这一方法（Mancini等人，2017年）。

图13.10：1961-2013年间按组成部分（土地类型）分类核算的世界生态足迹（以地球数计量）



资料来源：全球足迹网络（2018年）

13.4 结论

生物多样性正处于危机之中，而旨在保护生物多样性的现有政策和治理措施是不够的——这一结论是充分成立的（参见第6章《执行摘要》）。这种现状的原因可能是现有政策响应不足以抵消导致生物多样性丧失因素的增长（《生物多样性公约》秘书处，2014年）。

证据表明，国家层面经济激励的不足及以确保有效合规和法律文件得到执行为目的的投资的不足可能导致政策和治理无效（Ambalam，2014年）。对《联合国防治荒漠化公约》在非洲实施情况进行的定性研究则发现了更多挑战，其中包括荒漠化基线数据不足、监测机制薄弱、政策目标定义不善等——所有这些问题都构成了合规的障碍（Ambalam，2014年）。对芬兰国家生物多样性战略和行动计划进行的分析表明，通过引进新知识、提供更好的过程设计、建设制度网络等措施，不同政策部门均可确立不同形式（责任、问责、响应和注意）的责任制（Sarkki等人，2016年）。但是，尽管其它政策部门也产生了有利于生物多样性的成果，但部门之间的对话仍然不足，而责任并不会从环境部门自动转移渗透到其它政策部门。这一跨部门“责任鸿沟”问题的应对仍是有效环境政策的一大挑战（Mukherjee等人，2015年；Sarkki等人，2016年）。此外，国际环境协议的目标很少高于如常情景下的目标（Kellenberg和Levinson，2014年）。许多国际环境协议含糊不清的语言和定量或可衡量目标的缺失使得签约国的行动可随意解读，而对签约国开展严格绩效评估、以改善生态系统质量的努力也无法进行。

生物多样性保护政策本质上具有多面性；目前，各国政府和实务人员从“全局”角度考虑问题比以往任何时候都更加重要。将气候、健康和公平问题纳入生物多样性相关主流化努力、同时提高所有部门对政策承诺的认识是可持续发展目标总体成功的关键。本章探讨的许多政策倡议都可作为在政府提供适当、持续支持前提下将生物多样性保护工作提升到全球层面的范例。

参考文献

Allison, H. and Brown, C. (2017). A review of recent developments in ecosystem assessment and its role in policy evolution. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 29, 57-62. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.11.006.

AlbertaCanada (2017). *Opportunities in Alberta's renewable energy sector*. https://www.albertacanada.com/business/industries/re-opportunities.aspx (Accessed: 2 February 2018).

Almond, R.E.A., Butchart, S.H.M., Oldfield, T.E.E., McRae, L. and de Bie, S. (2013). Exploitation indices: Developing global and national metrics of wildlife use and trade. In *Biodiversity Monitoring and Conservation: Bridging the Gap Between Global Commitment and Local Action*. Collen, B., Pettorelli, N., Baillie, J.E.M. and Durant, S.M. (eds.). Oxford: John Wiley & Sons. chapter 8. 159-188. http://doi.org/10.1002/9781118490747.ch8

Ambalam, K. (2014). Challenges of compliance with multilateral environmental agreements: The case of the United Nations Convention to Combat Desertification in Africa. *Journal of Sustainable Development Studies* 5(2), 145-168. http://infinitypress.info/index.php/jsds/article/download/552/276.

Apostolopoulou, E. and Pantis, J.D. (2009). Conceptual gaps in the national strategy for the implementation of the European natura 2000 conservation policy in Greece. *Biological Conservation* 142(1), 221-237. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.021.

Appleton, A.F. (2013). *How New York City Used an Ecosystem Services Strategy Carried out Through an Urban-Rural Partnership to Preserve the Pristine Quality of its Drinking Water and Save Billions of Dollars*. Water Commons, Water Citizenship and Water Security: Revolutionizing Water Management and Governance for Rio + 20 and Beyond. Minneapolis, MN: Our Water Commons. http://www.ourwatercommons.org/sites/default/files/New-York-preserving-the-pristine-quality-of-its-drinking-water.pdf.

Asdal, Å. (2018). *One million seed samples deposited*. Norwegian Ministry of Agriculture and Food https://www.seedvault.no/news/one-million-seed-samples-deposited/ (Accessed: 5 October 2018).

Australia, Invasive Species Council (2015). *Strategic Plan 2016-2022*. https://invasives.org.au/wp-content/uploads/2015/02/Strategic-Plan-Report-2016-2022.pdf.

Ayling, J. (2013). What sustains wildlife crime? Rhino horn trading and the resilience of criminal networks. *Journal of International Wildlife Law & Policy* 16(1), 57-80. https://doi.org/10.1080/13880292.2013.764776.

Baillie, J.E.M., Collen, B., Amin, R., Akcakaya, H.R., Butchart, S.H.M., Brummitt, N. *et al.* (2008). Toward monitoring global biodiversity. *Conservation Letters* 1(1), 18-26. https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2008.00009.x.

Barnes, A., Ebright, M., Gaskin, E. and Strain, W. (2007). *Working for Water: Addressing Social and Environmental Problems with Payments for Ecosystem Services in South Africa*. https://rmportal.net/library/content/translinks/translinks-2007/earth-institute/WorkingForWaterSouthAfrica_CaseStudy_Translinks_2007.pdf/at_download/file.

Bellard, C., Cassey, P. and Blackburn, T.M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters* 12(2). https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623.

Bennett, N.J., Roth, R., Klain, S.C., Chan, K., Christie, P., Clark, D.A. *et al.* (2017). Conservation social science: Understanding and integrating human dimensions to improve conservation. *Biological Conservation* 205, 93-108. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.006.

Bertzky, B., Corrigan, C., Kemsey, J., Kenney, S., Ravilious, C., Besançon, C. *et al.* (2012). *Protected Planet Report 2012: Tracking Progress Towards Global Targets for Protected Areas*. Gland: International Union for Conservation of Nature and United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. https://cmsdata.iucn.org/downloads/protected_planet_report.pdf.

Biodiversity Indicators Partnership (2018a). *Legislation for prevention and control of invasive alien species (IAS), encompassing "Trends in policy responses, legislation and management plans to control and prevent spread of invasive alien species" and "Proportion of countries adopting relevant national legislation and adequately resourcing the prevention or control of invasive alien species"*. https://www.bipindicators.net/indicators/adoption-of-national-legislation-relevant-to-the-prevention-or-control-of-invasive-alien-species (Accessed: 2 January 2018).

Biodiversity Indicators Partnership (2018b). *Red list index (impacts of utilisation)*. https://www.bipindicators.net/indicators/red-list-index/red-list-index-impacts-of-utilisation (Accessed: 5 February 2018).

Biodiversity Indicators Partnership (2018c). *Ecological footprint*. [United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre https://www.bipindicators.net/indicators/ecological-footprint (Accessed: 13 February 2018).

Birdlife International (2012). *Developing and Implementing National Biodiversity Strategies and Action Plans: How to Set, Meet and Track the Aichi Biodiversity Targets*. Cambridge. http://www.birdlife.org/datazone/userfiles/file/sowb/pubs/NBSAP_booklet_Sep_2012.pdf.

Bonnardeaux, D. (2012). *Linking Biodiversity Conservation and Water, Sanitation, and Hygiene: Experiences from Sub-Saharan Africa*. https://www.conservation.org/publications/Documents/ABCG-CI_LinkingBiodiversityConservationWASH.pdf.

Börner, J., Baylis, K., Corbera, E., Ezzine-de-Blas, D., Honey-Rosés, J., Persson, U.M. *et al.* (2017). The effectiveness of payments for environmental services. *World Development* 96, 359-374. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.03.020.

Börner, J., Baylis, K., Corbera, E., Ezzine-de-Blas, D., Honey-Rosés, J., Persson, U.M. *et al.* (2017). The effectiveness of payments for environmental services. *World Development* 96, 359-374. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.03.020.

Bourguignon, D. (2015). *Safeguarding Biological Diversity - EU Policy and International Agreements*. Brussels: European Union. http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2015/554175/EPRS_IDA(2015)554175_EN.pdf.

Braat, L.C. and ten Brink, P. (2008). *The Cost of Policy Inaction: The Case of not Meeting the 2010 Biodiversity Target*. Wageningen: Alterra. http://edepot.wur.nl/152014.

Brockerhoff, E.G., Kimberley, M., Liebhold, A.M., Haack, R.A. and Cavey, J.F. (2014). Predicting how altering propagule pressure changes establishment rates of biological invaders across species pools. *Ecology* 95(3), 594-601. https://doi.org/10.1890/13-0465.1.

Brown, K. (2003). Three challenges for a real people-centred conservation. *Global Ecology and Biogeography* 12(2), 89-92. https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00327.x.

Bryan, B.A. (2010). Development and application of a model for robust, cost-effective investment in natural capital and ecosystem services. *Biological Conservation* 143(7), 1737-1750. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.022.

Bubb, P., Butchart, S.H.M., Collen, B., Dublin, H., Kapos, V., Pollock, C. *et al.* (2009). *IUCN Red List Index: Guidance for National and Regional Use. Version 1.1*. Gland. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-001.pdf.

Buch, A. and Dixon, A.B. (2009). South Africa's working for water programme: Searching for win–win outcomes for people and the environment. *Sustainable Development* 17(3), 129-141. https://doi.org/10.1002/sd.370.

Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P. *et al.* (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486(7401), 59-67. https://doi.org/10.1038/nature11148.

Carrus, G., Scopelliti, M., Lafortezza, R., Colangelo, G., Ferrini, F., Salbitano, F. *et al.* (2015). Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landscape and Urban Planning* 134, 221-228. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.022.

Challender, D.W.S. and MacMillan, D.C. (2014). Poaching is more than an enforcement problem. *Conservation Letters* 7(5), 484-494. https://doi.org/10.1111/conl.12082.

Chamier, J., Schachtschneider, K., le Maitre, D.C., Ashton, P.J. and van Wilgen, B.W. (2012). Impacts of invasive alien plants on water quality, with particular emphasis on South Africa. *Water SA* 38(2), 345-356. https://doi.org/10.4314/wsa.v38i2.19

Charron, D.F. (2012). Ecohealth research in practice. In *Ecohealth Research in Practice: Innovative Applications of an Ecosystem Approach to Health*. Charron, D.F. (ed.). New York, NY: Springer. 255-271. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0517-7_22

City of Edmonton (2009). *Natural Connections: Biodiversity Action Plan*. Edmonton. https://www.edmonton.ca/city_government/documents/PDF/Edmonton_Biodiversity_Action_Plan_Final.PDF.

Colding, J. (2007). 'Ecological land-use complementation' for building resilience in urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning* 81(1-2), 46-55. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.10.016.

Conrad, K. (2012). Trade bans: A perfect storm for poaching? *Tropical Conservation Science* 5(3), 245-254. https://doi.org/10.1177/194008291200500302.

Cooney, R., Roe, D., Dublin, H. and Booker, F. (2018). *Wild Life, Wild Livelihoods: Involving Communities in Sustainable Wildlife Management and Combatting the Illegal Wildlife Trade*. Nairobi: United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22864/WLWL_Report_web.pdf.

Convention on Biological Diversity (1992). *Convention on Biological Diversity*. https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf.

Convention on Biological Diversity (2012. XI/6. *Cooperation with other Conventions, International Organizations, and initiatives. COP 11 Decision XI/6*. https://www.cbd.int/decision/cop/?id=13167.

Convention on Biological Diversity (2016a). XIII/3. *Strategic Actions to Enhance the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Achievement of the Aichi Biodiversity Targets, including with respect to Mainstreaming and the Integration of Biodiversity within and across Sectors. Decision adopted by the Conference of Parties to the Convention on Biological Diversity*. https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-03-en.pdf.

Convention on Biological Diversity (2016b). XIII/6. Biodiversity and Human Health. *Decision adopted by the Conference of Parties to the Convention on Biological Diversity*. https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-13/cop-13-dec-06-en.pdf.

Corrigan, C. and Hay-Edie, T. (2013). *A Toolkit to Support Conservation by Indigenous Peoples and Local Communities: Building Capacity and Sharing Knowledge for Indigenous Peoples' and Community Conserved Territories and Areas (ICCAs)*. Cambridge: United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. http://www.silene.es/documentos/Toolkit_conservation_indigenous_peoples.pdf.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I. *et al.* (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.

Costelloe, B., Collen, B., Milner-Gulland, E.J., Craigie, I.D., McRae, L., Rondinini, C. *et al.* (2016). Global biodiversity indicators reflect the modeled impacts of protected area policy change. *Conservation Letters* 9(1), 14-20. https://doi.org/10.1111/conl.12163.

Cox, M. (2016). The pathology of command and control: A formal synthesis. *Ecology and Society* 21(3), 33. https://doi.org/10.5751/ES-08698-210333.

Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N. *et al.* (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002

Duffy, G.A., Coetzee, B.W.T., Latombe, G., Akerman, A.H., McGeoch, M.A. and Chown, S.L. (2017). Barriers to globally invasive species are weakening across the Antarctic. *Diversity and Distributions* 23(9), 982-996. https://doi.org/10.1111/ddi.12593.

Dulloo, M.E. (2015). Conservation and availability of plant genetic diversity: Innovative strategies and technologies. *Acta Horticulturae* 1101, 1-8. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1101.1.

Eastwood, R.J., Cody, S., Westengen, O.T. and Bothmer, R. (2015). Conservation roles of the millennium seed bank and the svalbard global seed vault. In *Crop Wild Relatives and Climate Change*. Redden, R., Yadav, S.S., Maxted, N., Dulloo, M.E., Guarino, L. and Smith, P. (eds.). John Wiley & Sons, Inc. chapter 10. 173-186. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118854396.ch10

Eklund, J. and Cabeza, M. (2017). Quality of governance and effectiveness of protected areas: Crucial concepts for conservation planning. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1399(1), 27-41. https://doi.org/10.1111/nyas.13284.

Esquinas-Alcázar, J. (2005). Protecting crop genetic diversity for food security: Political, ethical and technical challenges. *Nature Reviews Genetics* 6, 946-953. https://doi.org/10.1038/nrg1729.

European Council (1979). *Council Directive of 2 April 1979 on the Conservation of Wild Birds (79/409/EEC)*. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31979L0409:EN:PDF.

European Council (1992). *Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992L0043&from=EN

Fabinyi, M. (2016). Sustainable seafood consumption in China. *Marine Policy* 74, 85-87. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.020.

Felson, A.J. and Pickett, S.T.A. (2005). Designed experiments: New approaches to studying urban ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(10), 549-556. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2005)003[0549:DENATS]2.0.CO;2.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture.* Rome. http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/i1500e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *Integrated landscape management*. http://www.fao.org/land-water/overview/integrated-landscape-management/en/ (Accessed: 21 June 2018).

Fowler, C. (2008). The svalbard seed vault and crop security. *BioScience* 58(3), 190-191. https://doi.org/10.1641/B580302.

Friel, S. and Ford, L. (2015). Systems, food security and human health. *Food Security* 7(2), 437-451. https://doi.org/10.1007/s12571-015-0433-1.

Galli, A. (2015). On the rationale and policy usefulness of ecological footprint accounting: The case of Morocco. *Environmental Science & Policy* 48, 210-224. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.01.008.

Galli, A., Đurović, G., Hanscom, L. and Knežević, J. (2018). Think globally, act locally: Implementing the sustainable development goals in Montenegro. *Environmental Science & Policy* 84, 159-169. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.012.

Garvin, E.C., Cannuscio, C.C. and Branas, C.C. (2013). Greening vacant lots to reduce violent crime: A randomised controlled trial. *Injury Prevention* 19(3), 198. https://doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040439.

Gaworecki, M. (2017). Cash for conservation: Do payments for ecosystem services work? *Mongabay Series: Conservation Effectiveness*, Mongabay. https://news.mongabay.com/2017/10/cash-for-conservation-do-payments-for-ecosystem-services-work/.

Geldmann, J., Coad, L., Barnes, M.D., Craigie, I.D., Woodley, S., Balmford, A. *et al.* (2018). A global analysis of management capacity and ecological outcomes in terrestrial protected areas. *Conservation Letters* 11(3), e12434. https://doi.org/10.1111/conl.12434.

Global Footprint Network (2018). *Ecological footprint*. [https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/ (Accessed: 20 May 2018).

Goodrich, J., Lynam, A., Miquelle, D., Wibisono, H., Kawanishi, K., Pattanavibool, A. *et al.* (2015). *Panthera Tigris: The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T15955A50659951*. Gland: International Union for Conservation of Nature. https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T15955A50659951.en.

Govan, H. (2009). *Status and Potential of Locally-Managed Marine Areas in the Pacific Island Region: Meeting Nature Conservation and Sustainable Livelihood Targets Through Wide-Spread Implementation of LMMAs.* https://mpra.ub.uni-muenchen.de/23828/1/MPRA_paper_23828.pdf.

GreenInvest (2017). *Green Foreign Direct Investment in Developing Countries.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22280/Green_Invest_Dev_Countries.pdf?sequence=1.

Gunningham, N. and Young, M.D. (1997). Toward optimal environmental policy: The case of biodiversity conservation. *Ecology Law Quarterly* 24(2), 243-298. https://doi.org/10.15779/Z38BN7K.

Harrington, W., Morgenstern, R.D. and Sterner, T. (2004). Overview: Comparing instrument choices. In *Choosing Environmental Policy: Comparing Instruments and Outcomes in the United States and Europe.* Harrington, W., Morgensterm, R.D. and Sterner, T. (eds.). New York, NY: Routledge. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781136524943/chapters/10.4324%2F9781936331468-6

Higgins, D. and White, R. (2016). Collaboration at the front line: INTERPOL and NGOs in the same NEST. In *Environmental Crime and Collaborative State Intervention.* Pink, G. and White, R. (eds.). London: Palgrave Macmillan. chapter 6. 101-116. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-137-56257-9_6

Hobbs, R.J. (2004). The working for water programme in South Africa: The science behind the success. *Diversity and Distributions* 10(5-6), 501-503. https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00115.x.

Hodkinson, T.R., Waldren, S., Parnell, J.A.N., Kelleher, C.T., Salamin, K. and Salamin, N. (2007). DNA banking for plant breeding, biotechnology and biodiversity evaluation. *Journal of Plant Research* 120(1), 17-29. https://doi.org/10.1007/s10265-006-0059-7.

Holling, C.S. and Meffe, G.K. (1996). Command and control and the pathology of natural resource management: Comando y control y la patología del manejo de los recursos naturales. *Conservation Biology* 10(2), 328-337. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10020328.x.

Hopkin, R. (2008). Biodiversity: Frozen futures. *Nature* 452, 404-405. https://doi.org/10.1038/452404a.

Hough, R.L. (2014). Biodiversity and human health: Evidence for causality? *Biodiversity and Conservation* 23(2), 267-288. https://doi.org/10.1007/s10531-013-0614-1.

Hulme, P.E. (2009). Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46(1), 10-18. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x.

Hulme, P.E. (2015). Invasion pathways at a crossroad: Policy and research challenges for managing alien species introductions. *Journal of Applied Ecology* 52(6), 1418-1424. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12470.

Huynen, M.M., Martens, P. and De Groot, R.S. (2004). Linkages between biodiversity loss and human health: A global indicator analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(1), 13-30. https://doi.org/10.1080/09603120310001633895.

ICCA Registry (2018). *International conservation and targets*. [United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre http://www.iccaregistry.org/en/about/international-conservation-and-targets (Accessed: 23 March 2018).

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2016). *The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production.* Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. and Ngo, H.T. (eds.). Bonn. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/spm_deliverable_3a_pollination_20170222.pdf.

International Maritime Organization (2017). *International convention for the control and management of ships' ballast water and sediments (BWM)*. [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx.

International Union for Conservation of Nature (2006). *Unified Classification of Conservation Actions: Version 1.0.* Gland. http://www.conservationmeasures.org/wp-content/uploads/2010/04/IUCN-CMP_Unified_Actions_Classification_2006_06_01.pdf.

International Union for Conservation of Nature (2016). *Inclusion and Characterization of Women and Gender Equality Considerations in National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAPs).* Washington, D.C. https://www.cbd.int/gender/doc/gender-nbsaps-factsheet.pdf.

International Union for Conservation of Nature (2017). *Gender and Biodiversity: Analysis of Women and Gender Equality Considerations in National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAPs).* Environment & Gender Information. Washington DC: International Union for Conservation of Nature. https://www.cbd.int/gender/doc/gender-biodiversity-nbsaps-report-final.pdf.

International Union for Conservation of Nature (2018a). *Red list index*. https://www.iucnredlist.org/assessment/red-list-index (Accessed: 6 November 2018).

International Union for Conservation of Nature (2018b). *About: What is a protected area?* https://www.iucn.org/theme/protected-areas/about (Accessed: 6 November 2018).

International Criminal Police Organization (2015). *Protection of Asian wildlife species: Operation PAWS II (2015).* https://cites.org/sites/default/files/eng/com/sc/66/E-SC66-44-01-A3.pdf.

Jabbour, J. and Flachsland, C. (2017). 40 years of global environmental assessments: A retrospective analysis. *Environmental Science & Policy* 77, 193-202. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.001.

Jarmain, C. and Meijninger, W.M.L. (2012). Assessing the impact of invasive alien plants on South African water resources using remote sensing techniques. In *Remote Sensing and Hydrology.* Neale, C.M.U. and Cosh, M.H. (eds.). IAHS Press. 388-392. http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/508172

Juffe-Bignoli, D., Burgess, N.D., Bingham, H., Belle, E.M.S., de Lima, M.G., Deguignet, M. *et al.* (2014). *Protected Planet Report 2014: Tracking Progress Towards Global Targets for Protected Areas.* Cambridge: United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. https://www.unep-wcmc.org/system/dataset_file_fields/files/000/000/289/original/Protected_Planet_Report_2014_01122014_EN_web.pdf?1420549522.

Jupiter, S.D., Cohen, P.J., Weeks, R., Tawake, A. and Govan, H. (2014). Locally-managed marine areas: Multiple objectives and diverse strategies. *Pacific Conservation Biology* 20(2), 165-179. https://doi.org/10.1071/PC140165.

Jupiter, S.D., Epstein, G., Ban, N.C., Mangubhai, S., Fox, M. and Cox, M. (2017). A social–ecological systems approach to assessing conservation and fisheries outcomes in Fijian locally managed marine areas. *Society & Natural Resources* 30(9), 1096-1111. https://doi.org/10.1080/08941920.2017.1315654.

Kellenberg, D. and Levinson, A. (2014). Waste of effort? International environmental agreements. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 1(1/2), 135-169. https://doi.org/10.1086/676037.

Kusmanoff, A. (2017). *Framing the Conservation Conversation: An Investigation into Framing Techniques for Communicating Biodiversity Conservation.* Doctor of Philosophy (PhD), RMIT University https://researchbank.rmit.edu.au/eserv/rmit:162021/Kusmanoff.pdf

Laitos, J.G. and Wolongevicz, L.J. (2014). Why Environmental Laws Fail. *William & Mary Environmental Law and Policy Review* 39(1). https://scholarship.law.wm.edu/wmelpr/vol39/iss1/2.

Le Maitre, D.C., Gush, M.B. and Dzikiti, S. (2015). Impacts of invading alien plant species on water flows at stand and catchment scales. *AoB Plants* 7(1), 1-21. https://doi.org/10.1093/aobpla/plv043.

Levendal, M., Le Maitre, D.C., van Wilgen, B.W. and Ntshotso, P. (2008). *The Development of Protocals for the Monitoring and Evaluation of Benefits Arising from the Working for Water Programme.* Monitoring & Evaluation Frameworks. Pretoria: Council for Scientific and Industrial Research. http://www.dwaf.gov.za/wfw/docs/Levendaletal_2008.pdf.

Liebhold, A.M., Brockerhoff, E.G., Garrett, L.J., Parke, J.L. and Britton, K.O. (2012). Live plant imports: The major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(3), 135-143. https://doi.org/10.1890/110198.

Local Governments for Sustainability (2013). *Cities and Biodiversity: Exploring how Edmonton and Montreal are Mainstreaming the Urban Biodiversity Movement.* Toronto. http://www.biopolis.ca/wp-content/uploads/2013/01/Cities-and-Biodiversity-Exploring-how-Edmonton-and-Montreal-are-Mainstreaming-the-Urban-Biodiversity-Movement.pdf.

Maas, J., van Dillen, S.M.E., Verheij, R.A. and Groenewegen, P.P. (2009). Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. *Health & Place* 15(2), 586-595. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2008.09.006.

Magadlela, D. and Mdzeke, N. (2004). Social benefits in the Working for Water programme as a public works initiative: Working for water. *South African Journal of Science* 100(1-2), 94-96. https://hdl.handle.net/10520/EJC96206.

Mancini, M.S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Hanscom, L., Wackernagel, M. *et al.* (2017). Stocks and flows of natural capital: Implications for ecological footprint. *Ecological Indicators* 77, 123-128. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.033.

Marcos-Martinez, R., Bryan, B.A., Schwabe, K.A., Connor, J.D. and Law, E.A. (2018). Forest transition in developed agricultural regions needs efficient regulatory policy. *Forest Policy and Economics* 86, 67-75. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.10.021.

McConnachie, M.M., Cowling, R.M., van Wilgen, B.W. and McConnachie, D.A. (2012). Evaluating the cost-effectiveness of invasive alien plant clearing: A case study from South Africa. *Biological Conservation* 155, 128-135. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.006.

McQueen, C., Noemdoe, S. and Jezile, N. (2001). The working for water programme. *Land Use and Water Resources Research* 1(4), 1-4. https://core.ac.uk/download/pdf/6569950.pdf.

Meijninger, W.M.L. and Jarmain, C. (2014). Satellite-based annual evaporation estimates of invasive alien plant species and native vegetation in South Africa. *Water SA* 40(1), 95-107. https://doi.org/10.4314/wsa.v40i1.12.

Meyerson, L.A. and Mooney, H.A. (2007). Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(4), 199-208. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2.

Mukherjee, N., Dahdouh-Guebas, F., Koedam, N. and Shanker, K. (2015). An interdisciplinary framework to evaluate bioshield plantations: Insights from peninsular India. *Acta Oecologica* 63, 91-100. https://doi.org/10.1016/j.actao.2014.01.005.

Mukherjee, N., Dicks, L.V., Shackelford, G.E., Vira, B. and Sutherland, W.J. (2016). Comparing groups versus individuals in decision making: A systematic review protocol. *Environmental Evidence* 5(19). https://doi.org/10.1186/s13750-016-0066-7.

Mukherjee, N., Zabala, A., Huge, J., Nyumba, T.O., Adem Esmail, B. and Sutherland, W.J. (2018). Comparison of techniques for eliciting views and judgements in decision-making. *Methods in Ecology and Evolution* 9(1), 54-63. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12940.

Nellemann, C. and INTERPOL Environmental Crime (eds.) (2012). *Green Carbon, Black Trade: Illegal Logging, Tax Fraud and Laundering in the Worlds Tropical Forests. A Rapid Response Assessment.* https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/148/original/RRAlogging_english_scr.pdf?1483646716.

Nelson, A. (2017). UK named as world's largest legal ivory exporter. *The Guardian* 15 October 2017 https://www.theguardian.com/environment/2017/aug/10/uk-named-as-worlds-largest-legal-ivory-exporter.

New South Wales, Office of Environment and Heritage, (2017). *Draft Biodiversity Conservation Investment Strategy 2017-2037: A Strategy to Guide Investment in Private Land Conservation.* Sydney. http://www.environment.nsw.gov.au/resources/biodiversity/strategy/draft-biodiversity-conservation-investment-strategy-170450.pdf.

Newport, F. (2012). In U.S., 5% consider themselves vegetarians: Even smaller 2% say they are vegans. Gallup https://news.gallup.com/poll/156215/consider-themselves-vegetarians.aspx.

Nicholson, E., Fulton, E.A. and Collen, B. (2017). Linking biodiversity indicators with global conservation policy. In *Decision-Making in Conservation and Natural Resource Management: Models for Interdisciplinary Approaches.* Bunnefeld, N., Nicholson, E. and Milner-Gulland, E.J. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 9. 196-212. https://www.cambridge.org/core/books/

decisionmaking-in-conservation-and-natural-resource-management/linking-biodiversity-indicators-with-global-conservation-policy/50F2977DF871CEE99AD8E04C84086449

Niemelä, J., Saarela, S.-R., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S. *et al.* (2010). Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: A Finland case study. *Biodiversity and Conservation* 19(11), 3225-3243. https://doi.org/10.1007/s10531-010-9888-8.

Oldekop, J.A., Holmes, G., Harris, W.E. and Evans, K.L. (2015). A global assessment of the social and conservation outcomes of protected areas. *Conservation Biology* 30(1), 133-141. https://doi.org/10.1111/cobi.12568.

Oliver, T.H., Heard, M.S., Isaac, N.J.B., Roy, D.B., Procter, D., Eigenbrod, F. *et al.* (2015). Biodiversity and resilience of ecosystem functions. *Trends in Ecology & Evolution* 30(11), 673-684. https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.009.

Paavola, J., Gouldson, A. and Kluvánková Oravská, T. (2009). Interplay of actors, scales, frameworks and regimes in the governance of biodiversity. *Environmental Policy and Governance* 19(3), 148-158. https://doi.org/10.1002/eet.505.

Paloniemi, R. and Vilja, V. (2009). Changing ecological and cultural states and preferences of nature conservation policy: The case of nature values trade in South-Western Finland. *Journal of Rural Studies* 25(1), 87-97. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.06.004.

Pejchar, L. and Mooney, H.A. (2009). Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology & Evolution* 24(9), 497-504. https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.016.

Porras, I., Barton, D.N., Chacón-Cascante, A. and Miranda, M. (2013). *Learning from 20 Years of Payments for Ecosystem Services in Costa Rica*. London: International Institute for Environment and Development. http://pubs.iied.org/pdfs/16514IIED.pdf.

Primmer, E., Paloniemi, R., Mathevet, R., Apostolopoulou, E., Tzanopoulos, J., Ring, I. *et al.* (2014). An approach to analysing scale sensitivity and scale effectiveness of governance in biodiversity conservation. In *Scale sensitive Governance of the Environment.* Padt, F., Opdam, P., Polman, N. and Termeer, C. (eds.). chapter 15. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118567135.ch15

Redpath Steve, M., Linnell John, D.C., Festa Bianchet, M., Boitani, L., Bunnefeld, N., Dickman, A. *et al.* (2017). Don't forget to look down – collaborative approaches to predator conservation. *Biological Reviews* 92(4), 2157-2163. https://doi.org/10.1111/brv.12326.

Reed, M.S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141(10), 2417-2431. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014.

Rees, W. and Wackernagel, M. (1996). Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—And why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review* 16(4-6), 223-248. https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00022-4.

Rivalan, P., Delmas, V., Angulo, E., Bull, L.S., Hall, R.J., Courchamp, F. *et al.* (2007). Can bans stimulate wildlife trade? *Nature* 447, 529-530. https://doi.org/10.1038/447529a.

Roe, J.J., Thompson, W.C., Aspinall, A.P., Brewer, J.M., Duff, I.E., Miller, D. *et al.* (2013). Green space and stress: Evidence from cortisol measures in deprived urban communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10(9), 4086–4103. https://doi.org/10.3390/ijerph10094086.

Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S. and Ibrahim, S.A. (eds.) (2018). *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network.* Cambridge, MA: Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-and-cities/climate-change-and-cities-second-assessment-report-of-the-urban-climate-change-research-network/BE242A59BEA99C3DB5E663BAF5FD480F.

Rudolph, A. and Figuree, L. (2017). Determinants of ecological footprints: What is the role of globalization? *Ecological Indicators* 81, 348-361. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.060.

Sandifer, P.A., Sutton-Grier, A.E. and Ward, B.P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services* 12, 1-15. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.007.

Saner, E. (2016). Fit, macho, sexy: The reinvention of vegans. *The Guardian* 18 May 2016 https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2016/may/18/vegans-veganism-fit-macho-sexy-beyonce-ufc-fighters-wellness-bloggers.

Sansevero, J.B.B., Prieto, P.V., Sánchez-Tapia, A., Braga, J.M.A. and Rodrigues, P.J.F.P. (2017). Past land-use and ecological resilience in a lowland Brazilian Atlantic forest: Implications for passive restoration. *New Forests* 48(5), 573-586. https://doi.org/10.1007/s11056-017-9586-4.

Sarkki, S., Ficko, A., Grunewald, K. and Nijnik, M. (2016). Benefits from and threats to European treeline ecosystem services: An exploratory study of stakeholders and governance. *Regional Environmental Change* 16(7), 2019-2032. https://doi.org/10.1007/s10113-015-0812-3.

Schwartz, M., W.,, Cook, C., N.,, Pressey, R., L.,, Pullin, A., S.,, Runge, M., C.,, Salafsky, N. *et al.* (2017). Decision support frameworks and tools for conservation. *Conservation Letters* 11(2), e12385. https://doi.org/10.1111/conl.12385.

Scott-Shaw, B.C., Everson, C.S. and Clulow, A.D. (2017). Water-use dynamics of an alien-invaded riparian forest within the Mediterranean climate zone of the Western Cape, South Africa. *Hydology and Earth System Sciences* 21(9), 4551-4562. https://doi.org/10.5194/hess-21-4551-2017.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012). *Resourcing the Aichi Biodiversity Targets: A First Assessment of the Resources Required for Implementing the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020.* Montreal. https://www.cbd.int/doc/meetings/fin/hlpgar-sp-01/official/hlpgar-sp-01-01-report-en.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014). *Global Biodiversity Outlook 4: A Mid-Term Assessment of Progress Towards the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020.* Montreal. https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en-hr.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2018a). *Latest NBSAPs*. https://www.cbd.int/nbsap/about/latest/default.shtml (Accessed: 6 May 2018).

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2018b). *Background: Gender Mainstreaming in International Agreements*. https://www.cbd.int/gender/background/ (Accessed: 28 March 2018).

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2018c). *Protected Areas Management Effectiveness*. https://www.cbd.int/protected-old/PAME.shtml (Accessed: 2 May 2018).

Secretariat of the Convention on Biological Diversity and International Union for Conservation of Nature (2018). *Gender and Access and Benefit Sharing of Genetic Resources (ABS).* Gland. https://portals.iucn.org/union/sites/union/files/doc/gender_and_access_and_benefits_sharing_of_genetic_resources.pdf.

Seebens, H., Essl, F., Dawson, W., Fuentes, N., Moser, D., Pergl, J. *et al.* (2015). Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. *Global Change Biology* 21(11), 4128-4140. https://doi.org/10.1111/gcb.13021.

South Africa, Department of Environmental Affairs (2010). *Value added industries and wetlands projects*. https://www.environment.gov.za/projectsprogrammes/wfw/valueadded_industries_wetlands (Accessed: 1 October 201).

South Africa, Department of Water Affairs (2010a). *Research*. http://www.dwaf.gov.za/wfw/problem.aspx (Accessed: 1 October 2017).

South Africa, Department of Water Affairs (2010b). *Welcome to the working for water webpage*. http://www.dwaf.gov.za/wfw/ (Accessed: 1 October 2017).

South African National Biodiversity Institute (2008). *Rietvlei Rehabilitation Project Aids in Water Purification*. Cape Town.

Sterling, E.J., Betley, E., Sigouin, A., Gomez, A., Toomey, A., Cullman, G. *et al.* (2017). Assessing the evidence for stakeholder engagement in biodiversity conservation. *Biological Conservation* 209, 159-171. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.008.

Stoett, P. (2012). *Global Ecopolitics: Crisis, Governance and Justice.* Toronto: University of Toronto Press. https://books.google.ca/books?id=KvByBgAAQBAJ&dq=global+ecopolitics+crisis+governance+and+justice&lr=.

Stoner, S., Krishnasamy, K., Wittmann, T., Delean, S. and Cassey, P. (2016). *Reduced to Skin and Bones Re-Examined: Full Analysis. An Analysis of Tiger Seizures from 13 Range Countries from 2000-2015.* Selangor: TRAFFIC. http://tigers.panda.org/wp-content/uploads/Reduced-to-Skin-and-Bones-Re-examined-Full-Analysis.pdf.

Strayer, D.L. (2010). Alien species in fresh waters: Ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater Biology* 55, 152-174. https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02380.x.

Sumaila, U.R., Rodriguez, C.M., Schultz, M., Sharma, R., Tyrrell, T.D., Masundire, H. *et al.* (2017). Investments to reverse biodiversity loss are economically beneficial. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 29, 82-88. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.01.007.

Thinley, P., Rajaratnam, R., Lassoie, J.P., Morreale, S.J., Curtis, P.D., Vernes, K. *et al.* (2018). The ecological benefit of tigers (Panthera tigris) to farmers in reducing crop and livestock losses in the eastern Himalayas: Implications for conservation of large apex predators. *Biological Conservation* 219, 119-125. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.015.

Tittensor, D.P., Walpole, M., Hill, S.L.L., Boyce, D.G., Britten, G.L., Burgess, N.D. *et al.* (2014). A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science* 346(6206), 241-244. https://doi.org/10.1126/science.1257484.

Turpie, J.K., Marais, C. and Blignaut, J.N. (2008). The working for water programme: Evolution of a payments for ecosystem services mechanism that addresses both poverty and ecosystem service delivery in South Africa. *Ecological Economics* 65(4), 788-798. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.024.

United Kingdom, Department for Environmental and Rural Affairs (2014). *Protecting Plant Health: A Plant Biosecurity Strategy for Great Britain* London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/307355/pb14168-plant-health-strategy.pdf.

United Kingdom, Department for Environment Food & Rural Affairs (2018). *A Green Future: Our 25 Year Plan to Improve the Environment.* London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/693158/25-year-environment-plan.pdf.

United Nations Development Programme (2017). *Payments for ecosystem services*. http://www.undp.org/content/sdfinance/en/home/solutions/payments-for-ecosystem-services.html (Accessed: 2 October 2017).

United Nations Environment Programme (2015). *Annual Report 2015.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7544/-UNEP_2015_Annual_Report-2016UNEP-AnnualReport-2015-EN.pdf.pdf?sequence=8&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature (2016). *Protected Planet Report 2016: How Protected Areas Contribute to Achieving Global Targets for Biodiversity.* Cambridge: United Nations Environment Programme - World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature. http://wcmc.io/protectedplanetreport_2016.

United States Agency for International Development (2016). *Protecting Tigers with Project Predator.* Washington, D.C. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MFT9.pdf.

Ürge-Vorsatz, D., Rosenzweig, C., Dawson, R.J., Sanchez Rodriguez, R., Bai, X., Barau, A.S. *et al.* (2018). Locking in positive climate responses in cities. *Nature Climate Change* 8(3), 174-177. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0100-6.

van de Wouw, M., Kik, C., van Hintum, T., van Treuren, R. and Visser, B. (2010). Genetic erosion in crops: Concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources* 8(1), 1-15. https://doi.org/10.1017/S1479262109990062.

van Wilgen, B.W., Forsyth, G.G., Le Maitre, D.C., Wannenburgh, A., Kotzé, J.D.F., van den Berg, E. *et al.* (2012). An assessment of the effectiveness of a large, national-scale invasive alien plant control strategy in South Africa. *Biological Conservation* 148(1), 28-38. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.035.

Venter, I. (2005). Back to basics. *Engineering News*. 21 October 2005.

Wellsmith, M. (2011). Wildlife crime: The problems of enforcement. *European Journal on Criminal Policy and Research* 17(2), 125-148. https://doi.org/10.1007/s10610-011-9140-4.

Westengen, O.T., Jeppson, S. and Guarino, L. (2013). Global ex-situ crop diversity conservation and the svalbard global seed vault: Assessing the current status. *PLOS ONE* 8(5), e64146. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064146.

Westphal, M.I., Browne, M., MacKinnon, K. and Noble, I. (2008). The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions* 10(4), 391-398. https://doi.org/10.1007/s10530-007-9138-5.

Wilcove, D.S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A. and Losos, E. (1998). Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience* 48(8), 607-615. https://doi.org/10.2307/1313420.

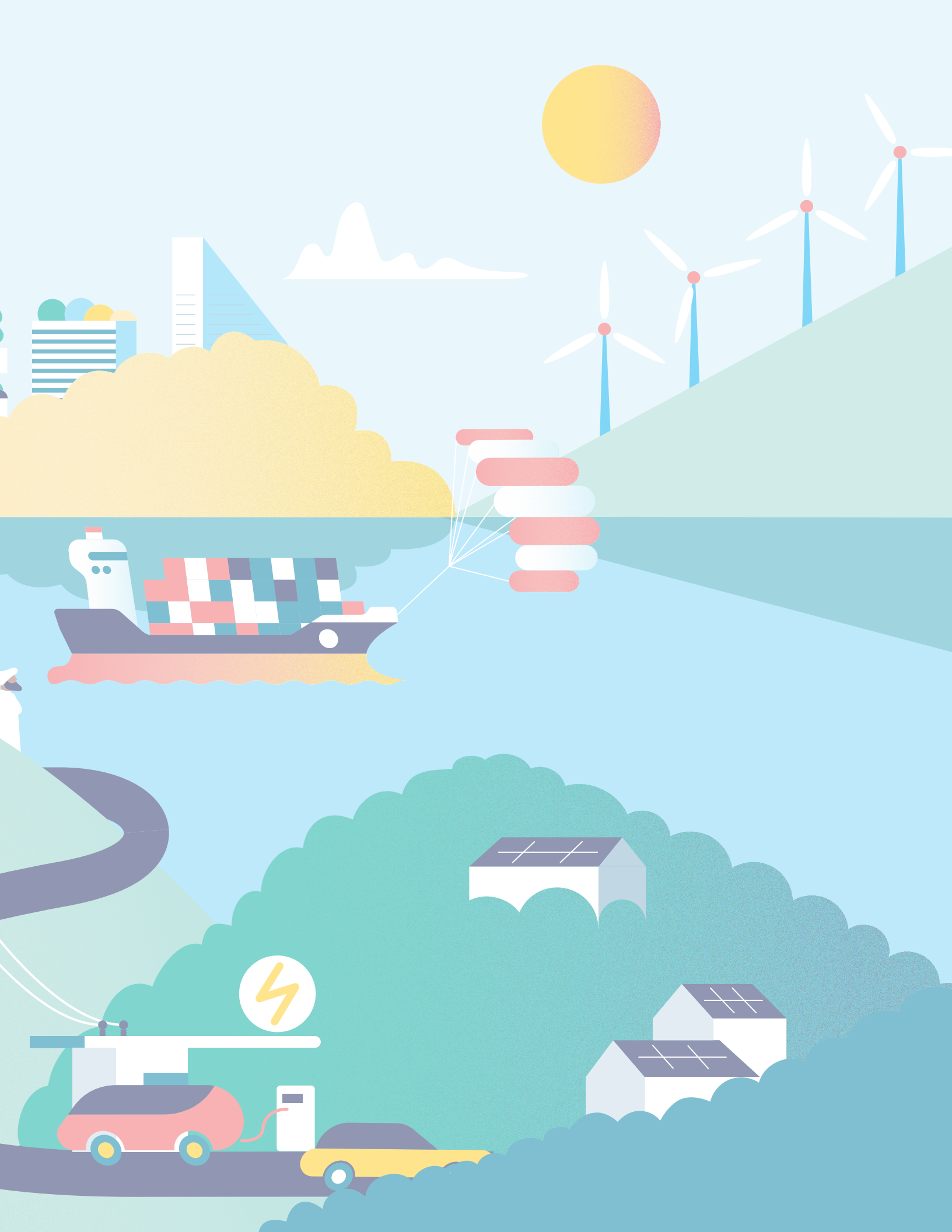
Wilcox, B.A., Aguirre, A.A. and Horwitz, P. (2012). Ecohealth: Connecting ecology, health and sustainability. In *New Directions in Conservation Medicine: Applied Cases of Ecological Health.* Aguirre, A.A., Ostfeld, R. and Daszak, P. (eds.). New York, NY: Oxford University Press. 17-32. https://ro.ecu.edu.au/ecuworks2012/48/.

Wolkovich, E.M., Davies, T.J., Schaefer, H., Cleland, E.E., Cook, B.I., Travers, S.E. *et al.* (2013). Temperature-dependent shifts in phenology contribute to the success of exotic species with climate change. *American Journal of Botany* 100(7), 1407-1421. https://doi.org/10.3732/ajb.1200478.

World Economic Forum (2018). *The Global Risks Report 2018: 13th Edition.* Geneva. http://www3.weforum.org/docs/WEF_GRR18_Report.pdf.

World Health Organization and Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2015). *Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health: A State of Knowledge Review.* Geneva. https://www.cbd.int/health/SOK-biodiversity-en.pdf.

Young, R.P., Hudson, M.A., Terry, A.M.R., Jones, C.G., Lewis, R.E., Tatayah, V. *et al.* (2014). Accounting for conservation: Using the IUCN Red List Index to evaluate the impact of a conservation organization. *Biological Conservation* 180, 84-96. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.09.039.



第14章

海洋和沿海政策

© Shutterstock/David Litman

领衔作者兼协调负责人：Diana Mangalagiu（牛津大学和诺欧商学院）

领衔作者：Elaine Baker（GRID-Arendal基金会驻悉尼大学办事处），Pedro Fidelman（昆士兰州未来政策研究中心），Leandra Regina Gonçalves（坎皮纳斯州立大学），Peter Harris（GRID-Arendal基金会），James Hollway（国际关系及发展研究院），Rakhyun E. Kim（乌德勒支大学），Jake Rice（加拿大渔业和海洋部）

《全球环境展望》研究员：AlAnoud Alkhatlan（阿拉伯海湾大学）

执行摘要

应对海洋面临的主要驱动力及压力（例如气候变化、污染和过度捕捞，见本报告第7章）需要多样化的政策工具和治理方法（充分证实）。这些工具和方法包括指挥和控制、利益攸关方合作、经济激励和主体推动等。{14.2}

在应对地方和区域威胁的累积影响以支持海洋生态系统（如珊瑚礁）适应气候变化方面，政策连贯性和一体化非常重要（无定论）。但是，鉴于海洋物种在适应海水升温能力方面有限，在没有以遏制碳排放为目的的国际政策的情况下，基于恢复力开展管理的有效性可能将非常有限（充分证实）。{14.2.1}

涉及众多活动、部门和污染源（如海洋垃圾）的问题可能需要涵盖全面、协调的措施的政策（不完全证实）。在这类问题涉及多个辖区的情况下，发动邻国参与的治理方法（如区域海洋项目）可能是适当的（不完全证实）。{14.2.2}

鉴于渔业部门相关问题发生的诸多背景，推动本部门更具可持续性的发展可能需要若干政策工具（充分证实）。渔业水域使用权（TURF）方案非常适合鱼类定栖性相对较高、排他可能性也较高且政府乐于下放成本高昂的管理和执行职能的渔场（充分证实）。在配额的设置有力、独立且科学而且监测、控制和监督也有力的情况下，个人可转让配额（ITQ）最适合价值相对较高的鱼类。在执行和合规机制有效且到位的情况下，准入和资源使用权方面的监管可能会取得成功（充分证实）。{14.2.3}

一些问题可能需要能够带动社区和利益攸关方参与的政策工具才能获得最好的解决（充分证实）。这些工具包括推动地方社区开发和采用适合其环境的措施并与私营部门结成伙伴关系（充分证实）。{14.2.3}

政策敏感指标可用于跟踪应对主要压力和驱动力方面取得的进展（充分证实）。这些指标包括基于区域的指标，如海洋保护区和脆弱海洋生态系统的覆盖范围等指标。属于国家管辖或位于公海的保护区有可能解决与海洋生物多样性相关的若干压力，包括过度捕鱼和栖息地破坏（不完全证实）。{14.3.1}

许多指标可能无法完全反映多维度的各种压力和驱动力（充分证实）。基于区域的方法本身并无法确保区域的有效管理；这类方法也无法规避气候变化或污染的影响（充分证实）。因此，开展旨在开发保护区有效性评估方法的工作至关重要（充分证实）。{14.3.2}

标准化的缺失可能会使追踪海洋保护相关进展难以进行（充分证实）。作为海洋环境中垃圾现状衡量指标的海滩垃圾就是如此。在各种自下而上的项目中所使用的方法和取得的结果之间缺乏标准化和兼容性，这使得很难对大片地理区域的海洋垃圾的状况进行全面评估。{14.3.2}

14.1 引言

人类活动对海洋的影响具有严重的社会和经济后果，而这种后果又直接或间接地影响着人类健康和福祉。正如本报告第7章所述，气候变化、污染和过度捕鱼方面的影响都值得人类高度关注。珊瑚白化也许是气候变化近年来对海洋产生的最富戏剧性和最直接的影响之一。与此同时，海洋垃圾和塑料污染日益成为环境污染的前沿问题，而过度捕鱼造成的鱼类种群的损耗也仍然非常严重。本章利用选定的政策分类和相关案例研究，探讨了应对这些问题过程中采用的主要方法和工具（**表14.1**）。此外，本章还利用案例研究对不同治理层次（次国家、区域和全球）和地理环境下的应对措施进行了说明，并凸显了政策设计和实施方面面临的挑战和机遇。

本章还利用选定的政策敏感指标——如海洋保护区的覆盖率、海滩垃圾评估和脆弱海洋生态系统在区域渔业管理组织中的代表性等——就区域和全球层面的政策有效性提出了有益见解。

14.2 主要政策和治理方法

14.2.1 基于恢复力的管理（气候变化适应政策）

由于可选方法非常有限，对珊瑚礁实施基于恢复力的管理（RBM）是在这种背景下逐步兴起的一个理念（van Oppen等人，2015年；van Oppen等人，2017年）。之所以这样说，是因为珊瑚白化的根源正是大气中二氧化碳浓度的逐步升高这一事实。基于恢复力的管理指地方和区域层面支持生态恢复力（即抵御干扰并从干扰中恢复的能力）的战略性政策干预（Anthony，2016年）。这种管理据信在一定程度上有助于抵消气候变化不断强化的影响（Anthony等人，2015年；Anthony，2016年）。

基于恢复力的管理背后的基本假设，是珊瑚礁的恢复力可通过应对地方和区域威胁（如污染、沉降和过度捕鱼）累积影响的方式得到改善（Marshall和Schuttenberg，2006年；Keller等人，2009年；Anthony等人，2015年；Anthony，2016年）。基于恢复力的管理可能会涉及一组——例如说——土地利用控制方面的政策工具和管理行动（如监管、激励和教育等）（Anthony等人，2015年，第53页），以改善进入珊瑚系统的水质及海洋保护区相关空间规划，包括禁渔区的规划（Anthony等人，2015年；Anthony，2016年）。在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（第1.6节）下，基于恢复力的管理旨在应对珊瑚面对的一系列“压力”，如附近集水区的土地利用、沿海开发和渔业等。

作为一个新兴理念，基于恢复力的管理在政策文献中仍有待于深入探讨。在其它文献中，就珊瑚礁而言，除实施这种管理的必要性及支持其实施的策略外，相关探讨并不多。

在国际上，人们对基于恢复力的珊瑚礁管理方法颇感兴趣。例如，珊瑚三角区倡议——一项涉及印度尼西亚、马来西亚、巴布亚新几内亚、菲律宾和东帝汶等国的政府间措施——就纳入了恢复力原则和多议题管理方法（珊瑚三角区倡议，2009年）。世界自然保护联盟（IUCN）也通过了一个关于珊瑚礁、气候变化和恢复力的行动议程，敦促人们制定各种政策，以支持国家和国际层面的基于恢复力的管理（Obura和Grimsditch，2009年）。

案例研究：大堡礁气候行动计划（2007-2012）

澳大利亚的大堡礁（GBR）海洋公园是世界上珊瑚礁管理领域的先驱之一（Day，2016年）。它是在多重威胁包括气候变化背景下致力于恢复和维护珊瑚礁恢复力的方法的典范（大堡礁海洋公园管理局，2009年；大堡礁海洋公园管理局，2014年）。2007年，大堡礁海洋公园管理局[1]启动了大堡礁气候变化行动计划（2007-2012年）。该计划明

表14.1：珊瑚白化、海洋垃圾和过度捕鱼相关治理方法和政策工具范例

治理方法	政策工具	案例研究
主体推动	知识生产、意识提升	大堡礁气候变化行动计划（2007-2012年）
指挥和控制及与私营部门之间的合作	具有法律约束力的措施、企业及其它利益攸关方的自愿方法	地中海海洋垃圾管理区域计划
主体推动和经济激励相结合	渔业水域使用权	智利鲍鱼传统捕捞权
经济激励	个人可转让配额	不列颠哥伦比亚底栖鱼渔场个人可转让配额
指挥和控制	准入和资源使用权监管	联合国大会关于脆弱海洋生态系统的第61/105号决议

1 大堡礁海洋公园管理局是根据《19755年大堡礁海洋公园法案》设立的一个联邦法定机构，具有制定和发布大堡礁保护和管理相关计划和政策的权力（澳大利亚联邦，1975年）。

确了依赖于珊瑚的行业和社区在改善珊瑚恢复力并支持其适应气候变化方面的策略和行动（大堡礁海洋公园管理局，2007年）。该计划曾经是澳大利亚政府委员会国家气候变化适应框架中的一个具体行动项目（澳大利亚政府委员会，2007年）。作为首个此类项目，它是作用于世纪遗产级珊瑚系统面临的气候变化威胁的适应政策集群的一个国际和国家级案例（大堡礁海洋公园管理局，2012年）。此外，该案例还是主体推动这一治理方法的典范，涉及改善人们对气候变化脆弱性和气候变化适应的理解及提高依赖于珊瑚的社区和行业的意识等方面的行动。

表14.2：澳大利亚的大堡礁

标准	描述	参考文献
成败	《大堡礁气候变化行动计划（2007-2012年）》的总体目标是最大是限度地提高大堡礁在气候变化面前的恢复力。该计划有四项具体目标：(i) 有针对性地创造科学知识；(ii) 打造有恢复力的生态系统；(iii) 改善行业和社区的适应能力；(iv) 减少气候足迹。一项对该行动计划进行的评估表明，该行动计划实施了250多单个项目或活动，生成了各种各样的知识资源（包括150多篇报告和文件），创造出了支持新型决策工具和程序的科学知识（如开发和改进了用于预测珊瑚白化和珊瑚疾病爆发风险的远程感应工具）。另一方面，《大堡礁展望报告（2014年）》也认识到，尽管区域层面气候变化及其它威胁的管理很稳健，但珊瑚的总体状况仍在恶化。	大堡礁海洋公园管理局，2012年；大堡礁海洋公园管理局，2014年
评估独立性	大堡礁海洋公园管理局曾对本行动计划的成果进行过一次评估（即自我评估）。	大堡礁海洋公园管理局，2012年
关键主体	除大堡礁海洋公园管理局外，本行动计划的实施还涉及具体的利益攸关方群体，包括传统所有者、旅游业经营机构和海产品行业。本行动计划的实施据信已在公、私、社区和研究等部门间打造了更加有力的持续合作关系。	澳大利亚联邦，2016年
基线	2007年就大堡礁脆弱性包括社会和经济维度开展的一次全面评估对气候变化之于大堡礁的威胁进行了评估。	Johnson和Marshall，2007年
时间线	本行动计划实施期间为5年，即2007-2012年。2012年，《气候变化的适用：<大堡礁气候变化行动计划（2007-2012年）>的成果》这一报告正式发布。	大堡礁海洋公园管理局，2012年
制约因素	大堡礁气候变化的应对涉及涵盖地方、州和联邦政府多个政策部门和机构的跨部门协调。其他挑战还包括多个时间和空间维度的重合、不确定性、气候和非气候驱动力之间的相互联系等（参见第2章）。更重要的是，珊瑚恢复力面临的重大威胁，如附近集水区的糟糕水质和沿海开发等，都在大堡礁海洋公园之外，因而不在大堡礁海洋公园管理局管辖范围和本行动计划适用范围之内。	Fidelman，Leitch和Nelson，2013年
促进因素	联邦政府为本行动计划的实施拨付了约900万澳元资金。此外，自20世纪70年代起，大堡礁海洋公园管理局就在大堡礁的管理方面扮演了领导角色。该机构具有发动更多专家和合作伙伴的能力。	澳大利亚联邦，2016年
成本有效性	尚无成本有效性方面的信息。	
公平性	本行动计划没有涉及重大公平问题。但是，评论家指出，就影响大堡礁的利益攸关方包括海运、港口和陆地活动责任方而言，开发用户付费制度是必要的。	Morrison和Hughes 2016年；国家气候变化适应研究实验室，2016年
共同效益	鉴于基于恢复力的珊瑚礁管理的内在性质，即涉及地方和区域威胁累积影响的应对，本行动计划具有惠及现有保护、渔业和旅游政策的潜力。	大堡礁海洋公园管理局，2012年
跨界问题	大堡礁面临的许多问题都涉及多个行政和生态领域，涵盖多个政策部门（气候变化、农业、沿海开发和捕鱼等）。这些都对基于恢复力的珊瑚礁管理造成了重大挑战。	Fidelman，Leitch和Nelson，2013年；大堡礁海洋公园管理局，2014年
潜在改进	本行动计划主要聚焦于大堡礁海洋公园范围之内的行动。但是，珊瑚恢复力面临的主要威胁，如周围集水区的糟糕水质和沿海开发等，都在海洋公园范围之外。因此，基于恢复力但作用于外部因素的珊瑚礁管理工作可能是非常有益的，但这类工作可能要求针对这些因素的现有政策具备一定程度的连贯性和一体性。	

尽管基于恢复力的珊瑚礁管理并不能防止珊瑚白化，但它可在白化事件发生后改善珊瑚恢复的前景。尽管如此，在没有致力于遏制碳排放的全球行动的情况下，基于恢复力的珊瑚礁管理本身是不可能有效的，因为珊瑚适应海水升温的能力是有限的（Anthony，2016年；Hughes等人，2017年）。

大堡礁案例说明，基于恢复力的珊瑚礁管理需要驾驭涉及多重地理和管辖范围、多级社会和行政组织、多个政策和资源部门的复杂治理环境（Fidelman，Leitch和Nelson，2013年）。因此，实施基于恢复力的珊瑚礁管理可能需要促进应对地方和区域威胁的现有政策的一体化和连贯性。在这方面，基于恢复力的珊瑚礁管理具有跨越陆海管辖界线改善总体治理的潜力。扩大基于恢复力的珊瑚礁管理的范围、使其将制度和治理维度纳入考量是至关重要的——正如在实施基于恢复力的珊瑚礁管理过程中提高社会恢复力很重要一样，因为气候变化对依赖于珊瑚的社区和行业包括他们的健康和福祉具有重大影响（Cinner等人，2016年）。

14.2.2 海洋垃圾（区域合作政策）

区域海洋项目创立于1974年，是联合国环境规划署（UNEP）应对沿海和海洋环境问题的主要工作之一。该项目很好地说明了区域合作式沿海和海洋环境管理方法。区域海洋项目的重点，是动员邻国参与区域行动计划，以解决其共享海域面临的环境问题。在许多情况下，这类计划是通过以区域公约及关于具体问题的议定书等形式出现的法律框架确立的。

目前，全球共有18个不同的区域海洋项目，涉及140多个国家。其中，地中海行动计划涉及22个缔约方（阿尔巴尼亚、阿尔及利亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、克罗地亚、塞浦路斯、埃及、法国、希腊、以色列、意大利、黎巴嫩、利比亚、马耳他、摩纳哥、黑山、摩洛哥、斯洛文尼亚、西班牙、叙利亚、突尼斯、土耳其和欧盟）。

地中海的海洋垃圾和碎片是一个公认的环境问题，其对环境、经济、健康和安全及文化等方面都存在影响（如Galgani等人，1995年；Stefatos等人，1999年；Tomás等人，2002年；Campani等人，2013年；Pasquini等人，2016年）。这一问题推动了减少污染行动计划得以通过。

案例研究：关于地中海海洋垃圾管理的区域计划

过去几十年，人口稠密的海岸线、渔场、大范围旅游和海上交通——包括河流排入的污染物——加剧了海洋垃圾的持续增长（例如：Santos，Friedrich和Barretto；Galgani等人，2014年；Rech等人，2014年；Unger和Harrison，2016年）。据《国际海岸清洁报告》（海洋保护组织，2017年），烟头是海上最为常见的垃圾（请参见Munari等人，2016年），但塑料特别是零碎消费品仍是到目前为止最大的海洋垃圾类型（Li等人，2016年）。

通过制定地中海海洋垃圾管理区域计划（以下简称“计划”），联合国环境规划署的地中海行动计划（MAP）成了首个区域海洋项目和公约，制定了具有法律约束力的措施且以预防和减少海洋垃圾对海洋和沿海环境造成负面影响为目的。地中海海洋垃圾管理区域计划于2013年通过，其生效时间正好与地中海国家更新其旨在打击陆地污染源和污染活动的国家行动计划的时间重合。

地中海海洋垃圾管理区域计划涉及控制和预防污染的一些关键原则，其中包括将海洋垃圾管理纳入固体废弃物管理以及通过倡导可持续消费和生产实践减少垃圾的作法

表14.3：地中海海洋垃圾管理区域计划

标准	描述	参考文献
成败	该计划包含42项具体任务、一份时间表、主导部门、核实指标、成本和资金来源等。2017年的目标基本上已经实现，因为许多目标的设置条件是“尽最大程度进行探索和实施”。但是，许多目标已经超过了探索阶段，而进入了实施阶段。	
评估独立性	对海洋垃圾现状、海洋垃圾对海洋和沿海环境及人类健康的影响、海洋垃圾管理的社会经济方面进行评估的责任由缔约方自行承担。这种评估将利用达成了一致的通用方法、国家监测计划和调查等方式进行。	
关键主体	该计划是由《保护地中海海洋环境和沿岸地区公约》（即《巴塞罗那公约》）缔约方共21个地中海国家和欧盟通过的。	联合国环境规划署/地中海行动计划，2013年
基线	2008年，地中海海洋垃圾现状接受过一次评估，并被用做了该计划的制定依据。欧盟成员国也根据《欧盟海洋战略框架指令（MSFD）》对海洋垃圾开展过一次基线评估（《欧盟海洋战略框架指令》，2008年）。但是，2015年的海洋垃圾评估建议对基线和目标进行更好的定义。海洋垃圾指标（海滩、海面、海床、塑料微粒、摄入垃圾等）的通用基线值应在整个地中海层面而非次区域层面提出。	欧洲议会和欧盟首脑会议（2008年）；联合国环境规划署/地中海行动计划（2016年）；联合国环境规划署/地中海行动计划（2015a）；联合国环境规划署（2016年）
时间线	该计划将在2016-2025年间实施，而大部分措施在可能的情况下均将于2020年之前实施。	
制约因素	消费行为仍是一大挑战；海洋垃圾的减少需要在公众认知、态度和行为方面做出变革。合规及检测和执法方面的改进可能仍是问题所在。由于资金缺乏和治理糟糕，一些国家的废弃物管理体系可能不够完整。此外，用于应对海洋垃圾问题的方法也缺乏一致性。具体应对措施包括区域准则及“捕捞垃圾（Fishing-for-Litter）”和“认领海滩（Adopt-a-Beach）”之类在区域层面实施的试点项目，但仍有改进空间。	联合国环境规划署/地中海行动计划（2013年）
促进因素	该计划的目标还得到了《欧盟海洋战略框架指令》及其它具有协同效应政策的支持，具体包括：《欧洲环境塑料废弃物战略》（该战略旨在应对海洋塑料垃圾并提出了减少这类垃圾的方法）；一项旨在减少塑料袋使用的指令；《港口接收设施指令》（该指令针对的是欧盟港口内船舶产生的废弃物）。该计划还得到了七国集团和二十国集团海洋垃圾行动计划的支持。此外，非政府组织（NGO）在意识提升和教育活动中也非常积极。它们在数据收集和清洁行动中做出了重大贡献，动员了数千名志愿者支持建设一个没有垃圾的地中海。该计划还就海洋垃圾各种主体和利益攸关方的有效协调和重要角色做出了强有力的规定。	
成本有效性	海洋垃圾可导致重大社会经济破坏，包括沿海社区、旅游、海运和渔业遭受的损失。但是，为满足该区域计划的要求，通过国家行动计划实施必要措施的成本也是巨大的。例如，在欧盟境内，沿岸和海滩的清洁成本据估计每年几乎高达6.3亿欧元，而捕鱼行业的成本则高达6,000万欧元。联合国环境规划署/地中海行动计划开展工作，为各国估算该区域计划及有法律约束力措施的实施成本提供了协助。此外，部分潜在新措施如“捕捞垃圾”、港口接收设施和禁止一次性使用塑料袋等措施的成本效益也接受了社会经济评估。	Ballance，Ryan和Turpie（2000年）；Williams等人（2016年）；Brouwer等人（2017）；欧盟委员会（2017）；联合国环境规划署/地中海行动计划（2015b）
公平性	人和环境都能从海洋垃圾的减少中受益。采取缓解措施都是有成本的，诸如返还押金计划（Deposit Return Scheme）、塑料袋收费和执法活动等，且这类成本在社会中的分摊是不均衡的。	
共同效益	共同效益包括固体废弃物回收利用导致的能源生产的增加、意识提升导致的塑料包装需求的减少等。海洋垃圾的减少还有利于海洋物种、生态系统和生物多样性。	
跨界问题	海洋垃圾可在许多辖区产生，然后跨境转移到其它地方。地中海的海洋垃圾甚至可通过直布罗陀海峡或苏伊士运河进入大西洋或印度洋，尽管地中海沿岸国家仍是其主要来源。海洋垃圾会在一些热点区域聚集。为明确这些区域，联合国环境规划署/地中海行动计划及其它组织和倡议目前正在区域层面开展一些前期工作。	
潜在改进	海洋垃圾相关国别数据显示，不同年份的报告以及报告制度不同的国家报告之间存在不一致性。因此，报告范围内的差异、不同的计算方法及数据验证的缺失都妨碍了相关趋势的认定。2015年的评估建议表示，各国应开发更具连贯性的监测项目，就海洋垃圾排放源收集更多数据并就微粒物开展定期监测。此外，为打击陆源和海上的海洋垃圾非法排放或倾倒行为，各国应根据国内立法引进更加有力的执法措施。	联合国环境规划署/地中海行动计划，2014年；联合国环境规划署/地中海行动计划，2016年

这一原则。该计划的一个关键组成部分是与私营部门进行合作，以减少塑料的消费。

为减少地中海的海洋垃圾，该计划规定了一整套有法律约束力的行动和时间线。其中，2017年的目标基本上已经实现，因为许多目标的设置条件是“尽最大程度进行探索和实施”。但是，许多目标已经跨越了探索阶段，而直接进入了实施阶段。

回收塑料的使用及单一用途塑料袋使用的减少方面已经取得了一些进展。一些地中海国家，如法国和摩洛哥，完全禁止了塑料袋的使用。其它国家，如克罗地亚、马耳他，还有西班牙和希腊的一些市镇和城区则实施了对单一用途塑料袋征税的作法。突尼斯则禁止大型连锁超市使用非生物降解类塑料袋（Legambiente ONLUS，2017年）。

另一方面，捕鱼行业在实施垃圾减降策略方面仍然行动迟缓。尽管垃圾减降计划相关准则已经制定且大部分地中海渔民都表示了参与计划的意愿，但国别调查仍表明，渔船上并没有储存垃圾的容器或袋子。渔民们将不需要的渔具随意丢进海里的作法仍在继续（联合国环境规划署，2016年）。其实，在这方面，人们有一系列用于标识渔具所有权的技术可用。实际上，摩洛哥和欧盟的渔业法都就渔船及其装载的渔具的标识做出了规定（联合国粮食及农业组织，2005年），而联合国粮食及农业组织已于2018年通过了渔具标识准则。

14.2.3 渔业水域使用权

对于致力于管理小规模渔场的国家而言，一项颇有吸引力的政策是赋予传统资源使用者以权利，即允许或赋予他们以集体（或在偶然情况下以个人——Hauck和Gallardo-Fernández，2013年）方式自行管理特定区域鱼类种群的独家权利。这些渔业水域使用权项目（TURF）背后的逻辑（Christy，1992年）源于公共财产理论和共同体或地方治理相关文献（Ostrom，2002年）。据信渔业水域使用权是通过激励渔民的资源管理积极性并赋予社区各种制裁机制、以便对渔民实施问责的方式缓解过度捕捞这一问题的（Castilla和Fernández 1998年；Wilen，Cancino和Uchida，2012年）。通过动员社区参与捕捞上限设置和违规制裁相关科技、经济和政治决策，人们认为，渔业水域使用权可促进公平、提高地方社区的能力并鼓励对地方社区的再投资（Villanueva-Poot等人，2017年）。

据称渔业水域使用权项目非常适合鱼类种群相对稳定且排他潜力相对较高的渔场，在治理资源相对有限的地方非常有价值（Fernández和Castilla，2005年）。但是，混合政策设计可拓展这类项目的适用范围（Barner等人，2015年）。例如，如果物种或渔民的流动性较高，人们可通过建立更加广泛的渔业水域使用权项目网络这一方式加以应对（Aceves-Bueno等人，2017年）；一些政策则将典型的渔业水域使用权项目与海洋保护区相结合（即所谓的渔业水域使用权项目保护区体系——Afflerbach等人，2014年；Oyanedel等人，2017年）。这些渔业水域使用权项目保护区体系服务于一项重大目标，即恢复同一生态系统中各竞争性物种之间的健康平衡（Loot，Aldana和Navarrete，2005年；Oyanedel等人，2017年），尽管相关研究表明，即便是经典的渔业水域使用权项目也可通过营养互动的方式改善非目标物种的丰富度（Gelcich等人，2008年；Giacaman-Smith，Neira和Arancibia，2016年）。事实上，渔业水域使用权项目也可成为私人保护主体发力的对象（Costello和Kaffine，2017年）。最后，相关文献表明，对于目标物种而言，在适当范围内设立渔业水域使用权项目非常重要。针对高度变化且受繁荣—萧条周期影响的物种，渔业水域使用权项目的地理范围要设置得足够大，以允许渔民维持其生计（Aburto，Stotz和Cundill，2014年），同时因为幼体分散或治理结构等原因还要注意个人管理区域之间的相互依赖性（Garavelli等人，2014年；Garavelli等人，2016年；Aceves-Bueno等人，2017年）。

渔业水域使用权项目在热衷于下放代价高昂的管理和执法职能的政府中非常受欢迎。但是，由于这类项目可在没有正式机构的情况下根据传统运作，因此现实中到底有多少这样的项目或这类项目是何时首先引进的仍不得而知（Christy，1992年；Afflerbach等人，2014年）。创建渔业水域使用权项目的方式有多种。在某些情况下（如日本、帕劳、巴布亚新几内亚、萨摩亚、所罗门群岛和瓦努阿图），渔业水域使用权项目是在长达几个世纪的、赋予地方渔民以近海渔场独家准入权这一传统的基础上创建的（Le Cornu等人，2017年；Nomura等人，2017年；Yoshino，2017年）。在其它情况下（如智利和南非），渔业水域使用权项目是由政府作为国家或区域共同管理框架的一部分发起或由地方社区推动但由区域或国家政府提供法律、运作或经济支持的（Charles，2002年；Hauck和Gallardo-Fernández，2013年）。

渔业水域使用权项目面临的一大挑战仍是偷猎现象的顽固存在（Andreu-Cazenave，Subida和Fernandez，2017年；Oyanedel，等人，2018年）。为此，人们经常倡导的一个应对选项是以监测和执法领域的某些政府资源及集权化的纠纷解决机制对地方社区管理进行补充（Hauck和Gallardo-Fernández，2013年）。但是，这份文献也强调，即便是这种共同管理安排也要视环境而定（Defeo等人，2016年）。正式和非正式执法机制的结合要取决于资源的生物生产力（Santis和Chávez，2015年），以及该体制得到渔民社会网络支持的力度（Rosas等人，2014年；Crona，Gelcich和Bodin，2017年）。基本社会网络之于渔业水域使用权项目成功的重要性表明，人口变化和代际迁移最终可能会破坏原本成功的渔业水域使用权项目（Tam等人，2018年）。最后，渔业水域使用权项目面临的另一挑战，是海产品市场的一体化仍在继续对渔业水

域使用权项目管理的这类小规模地方渔场施加全球性压力，而其产生的影响也是多种多样的（Crona等人，2015年；Castilla等人，2016年；Crona等人，2016年）；而且，这种影响可能只能通过沿海社区自身的转型发展才能得到化解（Saunders等人，2016年）。

案例研究：智利鲍鱼的渔业水域使用权项目

尽管与鲍鱼有一些相像，但“智利鲍鱼”是一种高价值的不同的海螺类物种，在当地被称为“loco”。在智利，这一物种作为地方饮食的组成部分至少已有6,000年历史（Reyes，1986年；Santoro等人，2017年）。在历史上，这一渔业的市场准入一直都是开放式的，但随着国际上“loco热”（Meltzoff等人，2002年）的兴起，智利鲍鱼的需求已经不可持续，于是政府开始试验一系列不同政策工具：首先是1981-1984年间实施的季节性禁渔政策，然后是1989-1995年间的彻底禁渔政策（Castilla，1995年；Castilla和Fernández，1998年；González等人，2006年；Gelcich等人，2008年；Hauck和Gallardo-Fernández，2013年）。但是，所有政策都没能阻止大范围的偷捕现象。之后，1991年颁布的一部捕鱼法勾勒了一个基于区域的权利管理计划。后来，这个计划又进一步演变成了1997年实施的第一个渔业水域使用权项目（Meltzoff等人，2002年）。此后，政府禁止了这些渔业水域使用权项目之外的loco捕捞行为，并通过一个为期4年且金额高达任何基线或后续评估额75%的税收推迟计划为这类项目的创建提供了补贴（Hauck和Gallardo-Fernández，2013年）。随后，渔业水域使用权项目拓展到了其它地区和其它物种（定栖性相对较高的无脊椎动物）（Gelcich等人，2017年），并最终覆盖了80%的智利渔获和400多个渔业水域使用权项目40%的注册渔民（Fernández和Castilla 2005年；González等人，2006年；Hauck和Gallardo-Fernández，2013年）。本案例是作为政府将治理权移交给地方社区的一项相对成功的案例而入选的，它详细说明了不同政策工具对范围和背景的依赖性这个问题。

表14.4：智利渔业

标准	描述	参考文献
成败	智利渔业部要求的是能够降低高度脆弱物种面临的不可持续发展压力、将所有捕捞市场准入权还给附近社区渔场并将广泛从事偷捕行为的非居民流动渔民排除在外的政策解决方案。	Hauck和Gallardo-Fernández，2013年
评估独立性	智利的渔业水域使用权项目已经接受多次评估，其中包括第三方和环境领域非政府组织开展的评估。	Gonzalez等人，2006年；地球正义，2015年
关键主体	地方社区开发并实施了渔业水域使用权项目。加工和营销部门提供了全程支持。大多数环境非政府组织介入较晚，但通过与个别社区的经济联系“买到了入场券”。	
基线	支持定量基线和目标的数据稀缺、薄弱且具有临时性。但是，各方均一致认为，在大多数海岸线上，loco资源已被严重损耗，且个人可转让配额（ITQ）在控制大范围非法捕鱼活动方面已经失败。	Reyes，1986年；Ruano-Chamarro，Subida和Fernández，2017年
时间线	第一个渔业水域使用权项目是在一个两年过渡期内创建和实施的，而其拓展则花费了又一个十年。但从那以后，渔业水域使用权项目的数量似乎进入了一个稳定期。	
制约因素	移民程度较高且监测和执法资源较少的社区面临着更大的挑战。	
促进因素	目标物种的定栖性和高市场价值对于渔业水域使用权项目的成功至关重要。社区管理要依赖于社区的文化和社会诚信及禁止项目外部loco捕捞活动的法律进行运作。	Liu等人，2016年
成本有效性	政府在渔业水域使用权项目领域的成本很低，因为它将监测和监督成本转嫁给了社区，而鉴于巨大的经济和政治回报及政府给予的支持，社区是乐于承担这种成本的。	Gutiérrez等人，2011年
公平性	“社区”都是自行定义的，其重叠问题比预期的更为严重。所以，第一个获得渔业水域使用权项目授权的社区可能会使后续社区被边缘化并失去权利。在适应新制度方面存在问题的社区发生的犯罪和偷捕现象更多。最后，2008年通过的一部法律赋予了土著民族以优先权，而一些人认为这不公平。	Van Holt，2012年；Hauck和Gallardo-Fernández，2013年
共同效益	智利的渔业水域使用权项目促进了地方社区的一体化和增权赋能，推动了政策试验并创造了可持续发展的生态系统服务和旅游业。	Hauck和Gallardo-Fernández，2013年；Gelcich等人，2017年；Defeo和Castilla，2005年，第275页；de Juan等人，2015年；Biggs等人，2016年
跨界问题	一旦社区就某一季节或年份制定的捕捞计划如期实现，渔业水域使用权项目将加剧非项目区域和物种面临的捕捞压力。	Van Holt，2012年
潜在改进	潜在改进领域包括为监测和执法行动提供更多稳定资助、强化地域范围的一体化、改善那些被赶出捕捞行业者的生计等。创新业务模式和市镇保护区域等方法也在探讨之列，在某些情况下还进行过试点，但现在就判断这些方法能否解决偷捕问题仍为时过早。	González等人，2006年；Gelcich和Donlan，2015年；Gelcich等人，2015年

智利鲍鱼相关渔业水域使用权项目已被人们视为一大典范（González等人，2006年；Gelcich等人，2017年）。这类项目增加了每一单位付出的渔获量，有时还大幅提高了经济回报（多达5倍）。这些成功要归因于赋予地方社区以相关能力、使其能够开发和使用适合其地理和文化的工具这一作法。但是，非法捕鱼仍在继续（Andreu-Cazenave, Subida和Fernandez, 2017年），在某些情况下，甚至是由那些遵守本渔业水域使用权项目规则但在项目范围外从事非法捕捞的渔民实施的，从而损害了生态成果（González等人，2006年；Hauck和Gallardo-Fernández, 2013年；Oyanedel等人，2018年）。而且，这项制度经济效益的可持续性还受到了其它市场和渔业产品的竞争性挑战：在一个区域内，30个渔业水域使用权项目中仅有5个在经济方面取得了成功（Zuñiga等人，2008年）。然而，尽管抱怨渔业水域使用权项目有时并没有提供巨大经济回报且监测成本一直在增加，但智利渔民们并不愿意放弃他们的渔业水域使用权，因为这类项目为他们提供了多个维度的效益，包括生态和经济赋能（Gelcich等人，2017年）。这一政策的可移植性取决于定栖性物种、稳定市场及拥有排斥非本地流动渔民能力的定居型社区的存在等因素。

14.2.4 个人可转让配额

个人可转让配额是某些政府用于管理其渔业的一种市场体系方法（Selig等人，2016年）。在通常情况下，个人可转让配额会赋予其所有人独家和可转让的权利，每一季节或每一年从某一渔场所允许的总渔获量（TAC）中获得特定部分，之后可在公开市场中进行买卖或租赁。这样做背后的逻辑在于，这些配额是个人而非集体的，因此与非许可持有人相比，渔民们在资源耗尽之前是无法通过共用总配额或总资源增加其渔获的作法实现其收益最大化的。相反，他们只能通过改善捕捞策略和进行配额营销的方式（如通过采用效率更高的捕捞实践或根据市场机会安排捕捞时间等方式）增加其收入，或通过支持鱼类种群生长、以便根据其比率获得更多渔获配额这种资源管理方式增加其收入。因此，个人可转让配额可为社会创造巨大经济回报（Hoshino等人，2017年），激励渔民降低其捕捞能力并提高经济效率（Blomquist和Waldo, 2018年），并为整个行业创造珍惜鱼类种群生长及当前渔获的经济动机。

个人可转让配额是20世纪70年代末由荷兰（Hoefnagel和de Vos, 2017年）、冰岛（Chambers和Kokorsch, 2017年；Kokorsch, 2017年）和加拿大（Rice, 2004年；Pinkerton, 2013年；Edinger和Baek, 2015年；Gibson和Sumaila, 2017年）针对个别鱼类物种引进的（Chu, 2009年）。自那以后，个人可转让配额就在一系列范围内实施过，并作为国家级渔业政策于1986年在新西兰（Mace, Sullivan和Cryer, 2014年）、1990年在冰岛（Arnason, 1993年）首次实施。此外，个人可转让配额还被建议作为欧洲渔业共同政策（Waldo和Paulrud, 2012年；van Hoof, 2013年）和国际渔业管理（Pintassilgo和Costa Duarte, 2000年；Thøgersen等人，2015年）的一个潜在改革选项，但这些层面上的共识尚未达成。2009年的一次全面评估发现，全球共有18个国家通过个人可转让配额管理着数百个不同鱼类种群（Chu, 2009年）。作为新自由主义广泛趋势的一部分，个人可转让配额是与其它公共资产的私有化同步、积极推进的（Pinkerton, 2017年），美国（Porcelli, 2017年）、澳大利亚（Steer和Besley, 2016年；Emery等人，2017年）、阿根廷（Bertolotti等人，2016年）和智利（Wiff等人，2016年）等国就是这方面的例子。挪威（Hannesson, 2013年；Hannesson, 2017年）、瑞典（Waldo, 等人，2013年；Stage, 2016年；Blomquist和Waldo, 2018年）和丹麦（Merayo等人，2018年）等国对个人可转让配额的采用更为谨慎，而其它辖区如法国（Frangoudes和Bellanger, 2017年）则对其表示明确反对。一些发展中国家也对个人可转让配额表示了兴趣，但尚未大范围采用，其原因多种多样，其中包括对经济力量介入的担忧、对“自然私有化”的反对、关于个人可转让配额的实施需要稳健的种群评估和可靠的渔获监测的认识等（见下文）。

在条件有利的地方，个人可转让配额被认为是倡导渔业经济效率的一项出色工具。但是，它们在其它地方的表现却参差不齐，从而迫使海洋政策和环境经济学文献不得不对这一政策有效性的条件进行探讨。如第7.5节所述，这些条件涉及范围、技术和能力等方面。

首先，个人可转让配额适用于价值相对较高的鱼类种群时效果最佳。尽管如此，渔民们的过度分级作法（即将价值相对较低的物种或渔获扔回大海、以实现配额价值最大化的作法）仍可产生消极生态影响，且只能靠船上监控设备进行遏制（所有基于配额的捕捞制度皆然）。通过各种间接机制，个人可转让配额可能会对生态系统产生积极影响，但最终，个人可转让配额仍是一项必须考虑周全的、针对性相对较高的政策工具。

其次，成功的个人可转让配额项目需要以有力、独立和科学方式确定允许捕捞总量（Sumaila, 2010年）；否则，科学的不确定性或政治干预可能会侵蚀配额所有人对配额是否可持续的信心，从而使竞相争捕的动机死灰复燃。例如，北欧国家在这方面就显示了强大的监测能力及渔民对公共机构的高度信任（Hannesson, 2013年；Merayo等人，2018年；Blomquist和Waldo, 2018年）。

再次，个人可转让配额的经济激励价值在搭便车式的非法、未报告和无管制（IUU）捕捞面前尤其脆弱（Costello等人，2010年）。在此，我们必须再次强调，强有力的监测、控制和监督（MCS）是必需的；否则，目标种群的现状将遭到破坏。

但是，应该承认的是，个人可转让配额是一种以倡导渔业经济效率而不一定是倡导社会公平为目的的政策工具

(Costello, Gains和Lynham, 2008年; Høst, 2015年)。在个人可转让配额的初步分配及配额的后期集中过程中,社会公平问题是可能产生的。基于历史捕捞量分配配额的作法可能会加剧现有社会不公,特别是在用作基线的时间范围有利于某一群体而不利于另一群体的情况下。新西兰政府就曾花费相当多的资金回购初期分配的个人可转让配额,以满足毛利人的要求(Dewees, 1998年)。拍卖也是一项替代措施(Bromley, 2009年),但是,如果部分参与方没有买入配额的充分资源,这种措施也具有加剧现有不公的可能性。

即便一开始是公平的,个人可转让配额的后期集中仍可能会导致捕捞收益和权力的集中(Pinkerton和Edwards, 2009年)。与其它行业一样,个人可转让配额的经济激励作用可能会促进资本化的深入发展,最终导致"坐收渔利(armchair fishing)",即与沿海社区没有任何联系的企业所有者吞并渔获利润的现象。在加工业也出现集中的情况下,小型沿海社区可能会陷入经济衰退。为避免这一现象的发生,许多配额管理制度会对每一配额所有人可拥有的最大份额进行限制。诸如许可银行(licence bank)之类的倡议可能会有遏制这种捕鱼机会集中到少数人手中的作用(Edwards和Edwards, 2017年),但它们实施的时间不够长,以致于社会、经济和生态后果方面的充分评估无法进行。

最后,通过缓解捕捞竞争,个人可转让配额据信可在相当大的程度上改善职业健康和安全。一般而言,渔业领域的职业伤害现象比其它行业更为普遍(Chauvin和Le Bouar, 2007年; Håvold, 2010年)。但是,个人可转让配额制度下的渔民可在渔季内任何时候使用其配额,因而不必在恶劣天气下冒险出海、超负荷装载渔具或为了抢时间而忽视渔船维护(Pfeiffer和Gratz, 2016年)。但是,这些健康效益仅限于配额所有人;配额承租人或合同工人可能仍不得不因为压力而冒险(Windle等人, 2008年; Emery等人, 2014年)。此外,职业安全还可影响渔民们对监管的认知。根据Håvold (2010年)这一文献,严重捕鱼事故使渔民相关监管框架具备了一定合理性,但轻微事故则破坏了这类框架在渔民中的印象。在这方面,我们还需要开展深入研究,以确定如何以最佳方式确保渔业从业人员的健康和安全(Lucas等人, 2014年)。

案例研究:不列颠哥伦比亚底栖鱼渔场的个人可转让配额

加拿大不列颠哥伦比亚省的底栖鱼渔场是一个涉及多种鱼类的复杂商业化渔场。诸如石斑鱼、鳕鱼、太平洋真鳕和青鳕之类的鱼类在海底水域生活和进食,因而需要大型拖网才能捕捞到。这种现象催生了一个高度资本化且技术先进的捕捞行业。1980-1995年间,加拿大渔业和海洋部通过对渔船牌照和鱼类数量进行限制及规定季节特定允许捕捞总量的方式对这个渔场进行了管理。但是,这种管理助长了不可持续的资本化,因为渔民们在资源耗尽之前都竞相捕捞,以便使自己在配额制度下的份额最大化(不列颠哥伦比亚大学, 2017年);若干允许捕捞总量屡次被突破(Turris, 2000年)。1995年,加拿大渔业和海洋部关闭了这个渔场,开始实施一个公众磋商程序(请同时参见Koolman等人, 2007年)。尽管捕鱼行业与渔业和海洋部之间的关系是对立的,但所有人都一致认为,这个渔场正在朝经济和环境崩溃的方面发展,因此政策上的轻微调整是不够的(Rice, 2004年)。1997年,这个渔场作为一个个人可转让配额体系重新开放了。尽管并不是加拿大渔业领域的第一个个人可转让配额管理体系(Casey等人, 1995年; Turris, 2000年),但就被管理物种数量(最终超过了24种)和对捕鱼船队的影响(一开始约涉及130艘渔船)而言,它却是范围最广泛的,而且是第一个对那些已经被过度捕捞的鱼类做出响应的个人可转让配额体系。最终,这一个人可转让配额计划被证实成功改善了该渔场的经济效益(Rice, 2004年; Branch, 2006年),从而说明了个人可转让配额在正确条件下可以很好地发挥作用这一问题。

个人可转让配额体系扭转了许多重要鱼类现状不断恶化的趋势,确保了加工行业的经济生存能力并降低了船队的捕捞规模。而且,所有四个利益攸关方最终都支持了这个项目的实施。渔业和海洋部科技司克服了自身对通过市场激励实现保护目标这一作法的不信任感,而渔业和海洋部管理司则认识到,与产业结成管理合作伙伴在一定程度上缓解了监测和执法方面的预算压力。加工行业因为这个体

© Shutterstock/Ed D. Walker

表14.5：不列颠哥伦比亚省的底栖鱼渔场

标准	描述	参考文献
成败	正式成立的底栖鱼咨询委员会（GAC）确立了两项主要政策目标，即终止许多重要鱼类数量不断减少的趋势和确保加工行业的经济活力。此外，该委员会还确立了一项次要目标，即降低船队捕捞规模，以便所有参与者都能获得收入。而且，这些目标都实现了。	Turris，2000年
评估独立性	渔业和海洋部会对所有渔场管理计划进行定期评估，而外部学术届则对个人可转让配额的若干方面进行了更加详细的评估。	加拿大渔业和海洋部，2017年；Wallace等人，2015年
关键主体	该政策本身是由底栖鱼咨询委员会下属的一个小组委员会以闭门形式制定的。这个委员会包含了所有四个利益群体，即捕捞群体、加工群体、科研群体和管理群体。	Rice，2004年
基线	基线是建立在鱼类种群生存状况的历史记录上的，而工厂运营成本和收入方面的数据甚至可追溯到至少15年前。	Richards，1994年；Ainsworth等人，2008年
时间线	个人可转让配额在一年之内顺利实施。石斑鱼价格在六个月内上涨了6倍，而这主要是因为供需之间实现了更好的匹配。此外，渔船数量也在18个月内减少了近一半。	不列颠哥伦比亚大学，2017年
制约因素	确立配额及监测和信息体系所需资金和在船队捕捞规模适应之前买断那些自愿离开渔场者的配额所需要的资金是主要制约因素。	
促进因素	一个重要推动因素是不列颠哥伦比亚省当时的经济状况；它使那些离开渔场的渔民能够找到替代工作。	
成本有效性	个人可转让配额体系的建立需要大量初始成本，特别是牌照买断所需成本。渔业和海洋部对这类成本进行了准确估算，尽管并没有开展事后成本有效性评估，因为可用于对比的另类情景只有渔场关闭或渔业资源耗尽这两种。	
公平性	该政策将特别大的渔船和规模较小的渔船都排除在了船队之外，因为前者被禁止继续经营，而后者则无法承担监测成本。尽管也有牌照回购计划，但并没有为失去牌照的渔民提供任何就业过渡支持。市场供应越稳定，切鱼工人（主要是妇女）的就业就越稳定。总体而言，尽管捕鱼季节的延长增加了行业成本，但这种成本主要是以工资形式出现的，因而也改善了社会公平。	Stainsby，1994年；Matulich，Mittelhammer和Reberte，1996年；Dolan等人，2005年
共同效益	一项主要的共同效益是工作场所安全和职业健康的改善。在之前的体制下，由于渔场正好开放，渔民们可能会冒危出海，以便在全部限额用尽之前捕捞到尽可能多的渔获，而现在，他们可以随着时间的推移自行管理自己的份额，并选择在相对安全的时候出海。	Dolan等人，2005年
跨界问题	大多数国际跨界问题（与美国有关）涉及的并不是底栖鱼，而是三文鱼、太平洋大比目鱼和狗鳕。	Ianson和Flostrand，2010年
潜在改进	尽管经济上可持续，但在21世纪最初十年的中期，环境领域的非政府组织就海洋栖息地拖网捕捞作业的生态可持续性提出了抗议。他们与渔业部门进行了接触，并向加拿大渔业和海洋部提出了对副渔获物进行限制的建议。根据他们的建议，这种对副渔获物进行的限制同样要依赖这种配额和监测体系进行实施。	Branch，2009年；Wallace等人，2015年

系享受到了更高的市场稳定性和价值，而牌照持有人（甚至包括那些最终离开了渔场的人）则认识到，这个体系之外的其它措施是站不住脚的，而市场终将因为这个体系而更加安全和稳定。正因为如此，不列颠哥伦比亚省的底栖鱼案例具有一定的启发意义，是对规模较大、涉及多物种和高度资本化的复杂渔场进行合理化的一个典范。事实上，这个案例驳斥了合作不能有过多参与方（该渔场至少有30个独立主体）或必须在本地进行（该渔场船队在不列颠哥伦比亚省的整个海岸线上运作）这些普遍看法。尽管如此，这仍是一个不适用于以生计为导向的小规模渔场的策略，其确立——如果说不是维持的话——通常需要付出巨大代价。这个案例的成功有赖于强有力的科技和管理支持、较高的产品价值和相对强大的经济体等因素。此外还应该注意的是，即便在经济上是可持续的，这项政策在生态上可能并不是可持续的——尽管这仍需要更多研究。

14.2.5 适用于公海的指挥和控制类方法

指挥和控制政策是一类将法律工具和“控制”机制相结合、以便对人类活动进行调节的规范或政策安排。其中，法律工具对规则和义务进行了详细规定，而控制机制则包括制裁、惩罚或罚款等，其目的是对主体实施威慑，使其不敢违反法律工具设定的规则。指挥和控制政策与合法化这一理念有关（Abbot等人，2000年）；它包含三个主要特征，即义务、精确和授权。其中，义务指主体（国家和非国家主体）在法律上受一套规则的约束；精确指既定规则准确无误地规定了特定主体或一群主体必须遵循的行为准则；授权则指第三方被授予了实施规则、对合规进行监测并对不合规行为实施制裁的权力。

如前所述，尽管不属于指挥和控制政策，但许多联合国公约和决议在国家层面都被转化成了指挥和控制类方

法。1982年的《联合国海洋法公约》和联合国大会（UNGA）关于脆弱海洋生态系统的第61/105号决议（联合国大会，2006年）都是这方面的例子。其中，《联合国海洋法公约》设置了一个法律框架，要求所有海洋活动都必须在这一框架下进行。

《联合国海洋法公约》就海洋空间及其中资源的使用和管理设定了一套全面的规则。具体而言，这份公约包含了以下方面的规定：

i. 海洋区域的范围和划分；
ii. 沿海国家对受其管辖海洋区域的主权、主权权利和管辖权；
iii. 船旗国的权利和义务；
iv. 海洋环境的保护和维护；
v. 海洋生物资源的保护和管理；
vi. 不在国家管辖范围内的海床、洋底和底土相关资源的法律地位及上述区域相关活动的法律地位；
vii. 海洋科学研究、海洋技术的开发和转让、纠纷的解决等。

许多鱼类资源已被过度开发，且其速度前所未有（Levin等人，2016年）——这主要是现代渔船和海洋探索技术的有效性和集约化及监测、控制和监督方面的困难导致的（联合国粮食及农业组织，2016年）。过去这些年，在复杂的海洋体制下，从地方到全球的各个层面（Bigagli，2016年）都实施过若干规则（Keohane和Nye，1977年；Keohane和Victor，2011年），以便对资源使用进行监管并为生物多样性提供保护。但是，执行机制的缺失仍然令人担忧，因为在适用于海洋的条约中只有一小部分规定了具体的执法机制（Al-Abdulrazzak等人，2017年）。

在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（第1.6节）下，指挥和控制类政策工具大多数是作用于“压力”（如捕捞、采矿和污染）的。适用于公海的指挥和控制类方法曾经在区域和部门层面实施过，其结果是多个当局对同一区域的组成部分实施重叠管理，而其它大范围区域却没有任何治理安排。此外，旨在协调各类活动、缓解冲突、应对累积影响或促进沟通的努力仍然不够（Ban等人，2014年）。对于这种情形，Al-Aabdulrazzak等人（2017年）强调的理由之一，是政府预算规模较小的国家可能无法有效参与许多不同协议。而且，这些条约之间协调的缺失可能会导致多年的政府谈判沦为没有任何实质性成果的“空洞条约”。最终，指挥和控制政策的成功还取决于各国政府的政治意志（Englender等人，2014年）。

案例研究：联合国大会关于脆弱海洋生态系统的决议

在可持续渔业背景下，联合国大会通过了第61/105号决议（联合国大会，2006年），呼吁区域渔业管理组织（RFMO）和各国将根据预防方法、生态系统方法和国际法采取并实施相应措施作为其工作重点。根据该决议第83段，拥有海底捕捞监管权的区域渔业管理组织或安排（RFMO/A）被呼吁采取并实施下列措施：

- “就公海上各海底渔场开展影响评估，以确保能够预防对脆弱海洋生态系统（VME）产生‘重大’不利影响，否则即应禁止海底捕捞；
- 在脆弱海洋生态系统已经存在或可能发生的地方，应禁止在相关公海海域实施海底捕捞，除非在上述区域进行的海底捕捞能够得到有效管控，以预防对脆弱海洋生态系统产生重大不利影响；
- 确保深海鱼类种群的长期可持续性；
- 要求海底捕捞渔船移出其与脆弱海洋生态系统发生‘不可预见’接触的公海区域”（联合国大会，2004年）。

公海的偏远和广袤对执法及广义上的智慧和控制类方法构成了真实挑战。鉴于参与公海渔业的全球主体之间社会凝聚力低下这一现实，采用这类方法的替代措施不大可能取得成功。尽管如此，联合国大会关于脆弱海洋生态系统的第61/105号决议（联合国大会，2006年）仍然启动了一个应对这一问题的进程，并动员了不同利益攸关方参与海洋生态系统的保护。这份决议引发了一系列后续行动——包括实施领域相关政策的进一步制定——及区域渔业管理组织层面的行动。目前，区域渔业管理组织设计和能力方面的缺陷和各国在执行法规方面的政治意志不足仍是主要缺点。如果充分实施，这份决议将为保护脆弱海洋生态系统不受海底捕捞造成的重大不利影响并确保深海鱼类种群的长期可持续性提供一个良好的基础。

14.6:国际合作相关决议

标准	描述	参考文献
成败	在脆弱海洋生态系统已经明确且拥有海底接触工具的渔船被有效排除在捕捞工具之外的情况下，脆弱海洋生态系统不再遭受进一步损害的结果是可能出现的。	Rogers和Gianni，2010年
评估独立性	联合国大会每年都会通过可持续渔业方面的决议。作为这一进程的组成部分，2006年第61/105号决议通过后，联合国大会2008年、2011年、2014年和2016年又分别就该决议及其后续决议的实施开展了专门评估，以应对海底捕捞对脆弱海洋生态系统的影响及深海鱼类种群的长期可持续性等问题。每次开展这类评估后，联合国大会都会通过更多决议，如联合国大会第63/112号决议、第66/68号决议、第69/109号决议、第71/123号决议等。根据计划，联合国大会2020年还将进行此类评估。2014年和2016年评估之前，联合国大会还先行召开了为期两天的多利益攸关方非正式研讨会。此外，《联合国鱼类种群协定》审议会议也对海底捕捞这一问题进行了探讨。该会议于2006年首次召开，2010年和2016年恢复召开。	
关键主体	除国家外，联合国粮食及农业组织和区域渔业管理组织/安排是第61/105号等决议实施相关主要机构。这些政府间组织的代表及环境非政府组织、渔业和学界代表都参加了关于这些决议实施问题的讨论。	
基线	该决议以鱼类种群和鱼类加工厂经营成本和收入方面的历史记录为依据。这两个来源过去15年的来源都是可靠的。	联合国粮食及农业组织，2009年；联合国粮食及农业组织，2010年
时间线	联合国粮食及农业组织花了两年时间才制定脆弱海洋生态系统的认定标准，而一些区域渔业管理组织又花了两年时间才认定其脆弱海洋生态系统。大部分区域渔业管理组织都在该决议确定的期限内认定了各自的脆弱海洋生态系统。	
制约因素	一些区域渔业管理组织（如太平洋和印度洋相关部分组织）认定脆弱海洋生态系统和开发保护措施的能力有限。	
促进因素	多年来，保护公海上的生物多样性一直都是联合国大会议程的一部分；相应地，这些大会通过了一系列初步决议（如第59/25号决议）。远洋监控技术的改进如渔船监测系统和卫星跟踪等技术的改善使得非法捕捞的发现具备了更高的可行性。视频技术的使用也实现了船上行动监测的自动化并降低了其实施成本。深海栖息地科研活动的增加及船上观察员的进驻似乎也是重要因素。	联合国大会，2004年
成本有效性	目前尚无成本有效性方面的信息。	
公平性	该决议对国家和企业利益的影响相当大，以致其在购置公海捕捞技术时不得不三思而行。但是，这份决议可能会使合规能力不一的国家不得不承受相同的负担。	
共同效益	捕捞行为的改善可能会超出脆弱海洋生态系统的范围；区域渔业管理组织与其它当局（海床采矿、海运、《生物多样性公约》等领域）之间可能会就保护工作的协调开展更加积极的协作；科技专家参与区域渔业管理组织及国家评估和咨询委员会的现象可能会增加。	
跨界问题	该决议适用于多个辖区，且与其它国际努力如《生物多样性公约》中具有重要生态或生物学意义的海洋区域相关努力重合。在这方面，《生物多样性公约》和联合国粮食及农业组织就这些努力相关成果的协调进行了合作。在美国，跨境脆弱海洋生态系统和具有重要生态或生物学意义的海洋区域（EBSA）的认定是由联邦渔业管理机构实施的；加拿大在该领域与美国开展的合作就是双边努力的例子。区域海洋公约也会认定跨境和/或公海上具有重要生态或生物学意义的海洋区域，因而也可被视为多边努力框架下的跨界问题。	
潜在改进	鉴于该决议作为国家管辖范围外区域海洋生物多样性（BBNJ）进程中进行更具意义谈判的跳板这一角色，本类政策在国家层面的传播非常重要。联合国秘书长在2016年的报告（A/71/351）中总结说，“总体而言，尽管许多行动已经付诸实施，但第64/72号和第66/68号决议在全球层面的实施仍不均衡，还需要更多努力（联合国大会，2016年）。除非所有利益攸关方都采取及时行动，否则深海物种的过度捕捞可能仍会继续，而一些脆弱海洋生态系统将会因重大不利影响而得不到充分保护”。	

14.3 指标

上文分析的案例研究洞察了应对当代海洋面临的主要威胁时在政策设计和实施方面面临的挑战和机遇。通过考察与这些威胁相关的政策敏感指标，人们或许可以获得更多这方面的洞见。

14.3.1 指标1：海洋保护区的覆盖率

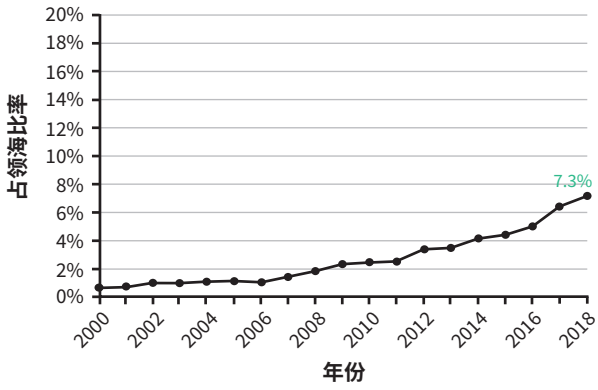
海洋保护区（MPA）指“通过法律或其它有效手段认可、划定和管理、旨在实现对自然的长期保护并使其维持相关生态系统服务和文化价值的明确地理区域”（Dudley，2008年）。利用联合国环境规划署世界保护监测中心（WCMC）和世界自然保护联盟管理的世界保护区数据库，每个国家的海洋保护区覆盖率都可计算得出。海洋保护区覆盖率以海洋保护区面积占国家管辖水域总面积的比率这一形式表示。

当前预测显示，全球海洋中有7.3%被指定为海洋保护区（联合国环境规划署世界保护监测中心和世界自然保护联盟，2018年）。Sala等人（2018年）认为，鉴于这些预测包含了没有禁止重大开采活动的区域，因此这些预测实际上被高估了。他们认为，海洋保护区当前的实际覆盖率仅为3.6%，且只有2%的海洋保护区正处于强力或充分保护之下（Sala等人，2018年）。在任何情况下，尽管海洋保护区一直都在增加（**图14.1**），但国际社会仍要进行更多努力才能实现他们达成了一致的目标。

政策相关性

通过包括《生物多样性公约》在内的国际公约和协议及诸如联合国大会年度决议和可持续发展目标[2]之类的政策工具，海洋保护区及其它基于区域的管理工具得到了有力推进。在《生物多样性公约》爱知目标5和目标12的实现方面，保护区也至关重要。这两项目标分别致力于预防栖息地和物种的丧失或降低其丧失速度。此外，在《拉姆萨公约》下，一些沿海海洋保护区还被认定为具有国际重要性的湿地。

图14.1：海洋保护区覆盖率



资料来源：联合国环境规划署世界保护监测中心和世界自然保护联盟（2018年）

因果关系

海洋保护区是一项主要保护和管理工具，特别是在生物多样性和渔业保护背景下。它是基于区域的方法如海岸带综合管理和海洋空间规划等方法的一部分。海洋保护区具有应对海洋生物多样性相关若干压力包括过度捕捞和栖息地破坏等压力的潜力。它有助于保护具有生态重要性的区域，并确保生态系统服务（如渔业、沿海保护、旅游和休闲等）的提供（经济合作与发展组织，2017年），因而对人类健康和福祉具有重要影响（Kareiva和Mavier，2012年）。而且，海洋保护区越来越被人们作为一项能够改善生态系统在气候变化面前的恢复力的策略而被推广（McLeod等人，2009年；Simard等人，2016年）。海洋保护区相关指标涉及本报告第7章明确的多个问题，特别是关于渔业和气候变化的问题。本报告第7章还建议，就珊瑚白化而言，珊瑚所有国应考虑采取断然行动（包括设立海洋保护区），以保护所有已知的珊瑚礁栖息地不因非生计相关用途而受到破坏（参见第7.5.2节）。

其它影响因素

要改善海洋保护区的设计和实施，以确保其实现预期目标，需要有国家和次国家层面的努力。相关证据表明，许多国家尚未对一些主要挑战做出响应，如：

i. 从战略层面设计海洋保护区，以实现环境和社会经济效益的最大化；
ii. 制定并实施充分的管理计划；
iii. 创建稳健的监测和报告框架；
iv. 确保合规和执行；
v. 筹集资金推动可持续发展；
vi. 将海洋保护区纳入旨在应对多重压力的政策组合（经济合作与发展组织，2017年）。

注意事项

海洋保护区因其管理目标的不同而不同，从完全专注于生物多样性保护的海洋保护区到将人类用途纳入考量的海洋保护区，不一而足（Dudley，2008年）。相应地，它们在实现海洋保护目标方面的贡献也可能不一样。此外，海洋保护区覆盖率这个指标本身并不足以说明这类区域就得到了公平、有效的管理。因此，旨在开发海洋保护区有效性评估方法的努力至关重要。保护区管理有效性跟踪工具就是这方面的例子（Stolton等人，2007年；Coad等人，2015年）。

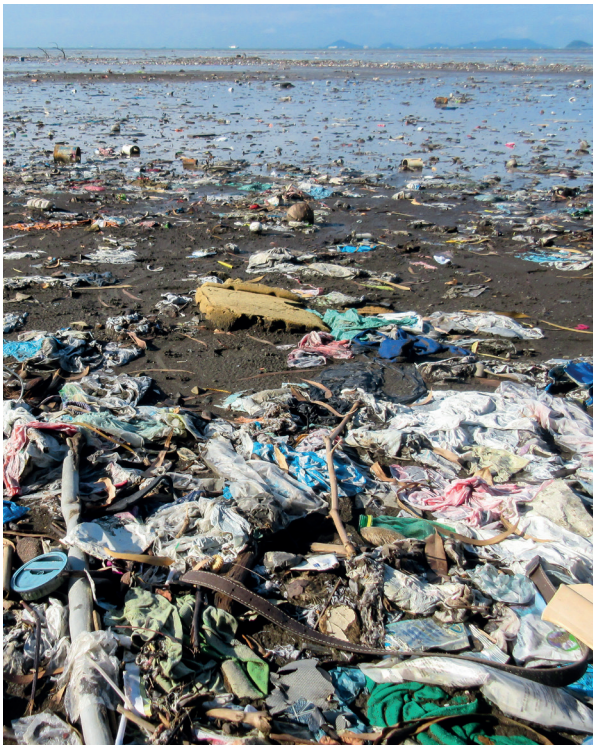
2 《生物多样性公约》爱知目标11表示，“到2020年，至少……10%的沿海和海洋区域——特别是对生物多样性和生态系统服务具有特殊重要性的区域——应通过……保护区体系得到保护……”可持续发展目标14.5表示，“到2020年，根据国际国内法律和最佳可获科技信息至少保护10%的沿海和海洋区域”。

14.3.2 指标2：海滩垃圾评估

与其它形式的海洋垃圾（参见第7.5.3节）相比，沙滩垃圾的调查相对较为简单且成本效益较高。它是一种很普通的评估方法（如Gabrielides等人，1991年；Madzena和Lasiak，1997年；Willoughby等人，1997年；Velander和Mocogni，1999年；Ballance，Ryan和Turpie，2000年；Santos，Friedrich和Barretto，2005年；Jayasiri等人，2013年；Hong等人，2014年；Munari等人，2016年；Williams等人，2016年；Botero等人，2017年；Brouwer等人，2017年；Nelms等人，2017年；Rangel-Buitrago等人，2017年；Syakti等人，2017年），其主要目的是评估被冲到岸边或沉积在海岸线上的海洋垃圾的数量、构成和时空分布。沙滩垃圾调查的范围仅限于其定义的、排除了在低潮时可能绵延数公里宽的滩涂地的沙滩（Cheshire等人，2009年）。《西北太平洋行动计划（NOWPAP）》和《东北大西洋海洋环境保护公约（OSPAR）》的遴选标准规定，这类沙滩不能紧邻河流、海湾或港口（《西北太平洋行动计划》，2008年；《东北大西洋海洋环境保护公约》，2007年）。掩埋垃圾通常不在取样范围之内，尽管这类垃圾可能也占沙滩垃圾相当大的一部分。

政策相关性

可持续发展目标14.1宣称“到2025年，预防和大幅减少各类海洋污染，特别是陆上活动造成的污染，包括海洋废弃物污染和营养盐污染”。尽管“漂浮塑料垃圾密度”被选为该目标的指标之一，但许多人认为，海滩垃圾应作为这一指标的补充。许多区域海洋公约和行动计划都同意将沙滩垃圾作为海洋垃圾的一个核心指标。



各种议定书都阐述了沙滩垃圾调查的基本结构、样本单位的分析、调查频率和时间、垃圾分类体系、后勤便利化和管理的基本框架等问题。通过这种标准化方法生成的沙滩垃圾数据可能有助于政策目标的设置和实现。

因果关系

沙滩垃圾来自各种污染源；沙滩清洁和监测项目（如“清洁澳大利亚行动”和英国海洋保护学会的行动）对“垃圾指针（item indicator）”进行了定义，以明确垃圾来源这一问题。一些沙滩可能会因为其地点的原因而比其它沙滩更容易暴露垃圾的具体来源（如偏远沙滩指向船舶垃圾、城市沙滩指向城市污染等）。许多关于地方沙滩调查和垃圾收集的研究都提供了垃圾和旅游相关信息（联合国环境规划署/地中海行动计划，2015c）。但是，季节性变化是一个普遍现象。尽管海滩使用者是夏季垃圾的主要来源，但旅游淡季的垃圾则主要是排水系统造成的。其它污染源还包括冲到岸边的漂浮垃圾、沿海城市化、靠风传播的垃圾和非法倾倒等。海洋条件（如洋流）和天气（如暴风雨）的变化也可能影响被冲到岸边的沙滩垃圾数量。

其它影响因素

将沙滩垃圾作为指标的好处之一，是将公民科学（即非职业科学家参与科学项目的现象）纳入海洋保护努力的可能性。由于沙滩垃圾调查技术相对简单，因此，志愿者可参与季节性和地点特定海滩垃圾的量化和监测工作（Rosevelt等人，2013年；van der Velde等人，2017年；Vincent等人，2017年）。此外，沙滩调查还提供了一个对公众实施教育并加深其理解和认识的机制。例如，在地中海地区，公众参与清洁行动的比率就很高。近年来，该地区各种非政府组织就沙滩上的海洋垃圾开展了全面、定期的调查，且这类调查往往长达数年之久（联合国环境规划署/地中海行动计划，2015c）。

注意事项

人们反复强调，开发和实施标准化的海洋垃圾取样程序是有必要的。标准化方法将使得通过长期、广泛、可比研究量化和理解我们海洋中的垃圾量成为可能（Cheshire等人，2009年；Besley等人，2017年）。各种自下而上项目使用的方法及获得的结果之间标准化和兼容性的缺失使得不同区域的数据难以进行对比，同时还使得整个区域海洋垃圾污染的总体评估难以进行。近年来，一些区域通过了区域性框架，如地中海海洋垃圾管理区域计划，以便对监测工作进行协调和统一。这种作法有助于提高各种调查（海滩、海面、海床等调查）中报告项目之间的兼容性，从而使其结果具有可比性。

如果各种变量包括参与沙滩清洁活动的自愿者人数每年都在变化，沙滩垃圾总体增减方面的结论是难以做出的。更重要的是，沙滩调查不一定能够反映真实的海洋污染状况；由于受天气状况的影响，滞留在海边的垃圾可能不一定是海洋垃圾总量变化的准确指针（联合国环境规划署/地中海行动计划，2015c）。

14.3.3 指标3 区域渔业管理组织认定且以禁渔或其它方式进行了保护的脆弱海洋生态系统数量(1000/934/934)

本指标评估的是被区域渔业管理组织(**图14.2**)认定为在渔业活动影响面前具有脆弱性并因此而受区域渔业管理组织保护的海洋生态系统的数量。本指标系第7章使用的鱼类种群状况相关指标(如联合国粮食及农业组织《世界渔业和水产养殖状况报告(SOFIA)》所述)的补充。它与更广泛政策文献中关于如何保护生物多样性的辩论有关。尽管一些方法倾向于部门监管,如渔业、采矿业和海运业监管,但其它方法(如本指标背后的方法)则倡导不论行业均应保护生物多样性和栖息地不受任何威胁的全方位方法。脆弱海洋生态系统是通过一个国际共识程序认定的。这个程序是《公海深海渔业管理国际准则》第42段规定的(联合国粮食及农业组织,2009年);它要求的管理措施通常都被纳入了区域渔业管理组织的管理程序中。

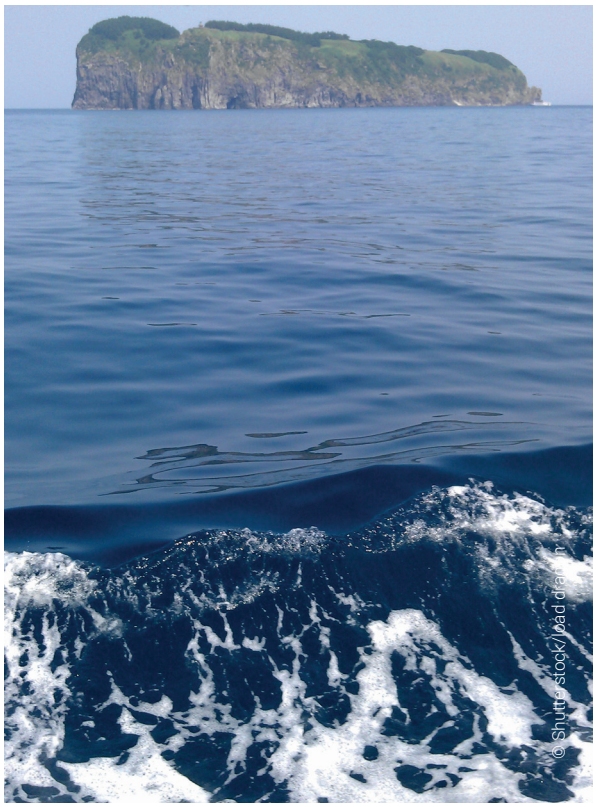
政策相关性

如第14.2.5、14.2.6节所述,脆弱海洋生态系统这一概念在联合国大会第61/105号决议通过之后发展势头更猛了。实际上,这一概念源于"里约+20"峰会对加强脆弱海洋生态系统保护行动(如影响评估)的承诺,但在关于海洋的可持续发展目标14特别是具体目标14.2和14.4中才真正确立起来。此外,脆弱海洋生态系统的保护还出现在了《生物多样性公约》爱知目标6中。

因果联系

联合国大会认定了许多具有脆弱生态系统特征的海洋栖息地(**图14.2**),其中包括沿海泻湖、红树林沼泽、入海口、湿地、海草床和珊瑚礁等,但也包括离海岸更远、有时甚至超出了国家管辖范围的区域,如产卵和哺育场、冷水珊瑚、海山、各种与极地有关的特征、海底热泉、深海海沟、海底峡谷和洋脊等(联合国大会,2004年)。在这里,我们将聚焦于区域渔业管理组织对脆弱海洋生态系统的认定和保护,通过地图显示脆弱海洋生态系统的覆盖面积,因为人们还没有其数量方面的数据。

区域渔业管理组织是从2008年起开始承担脆弱海洋生态系统保护这一重任的,联合国大会第59/25号、第61/105号和第64/72号决议规定了这方面的具体要求。脆弱海洋生态系统的保护通常包括禁止或以其它方式限制在脆弱海洋生态系统中进行海底拖网捕捞之类的作业。由渔船拖着渔网贴着海底或在海底附近进行捕捞作业就属于这种捕捞方式。由于对鱼类不加区分,导致目标鱼类之外相当多的其它鱼类被误捕,同时还因为经常在作为大多数脆弱物种栖息地及海洋栖息地的同一水层的同一部分进行,因此海底拖网捕捞被认为特别具有破坏性。人们希望区域渔业管理组织能够帮助认定通常位于国家管辖权之外的监管区域内的脆弱海洋生态系统,并保护这类生态系统不受破坏性行为的损害。



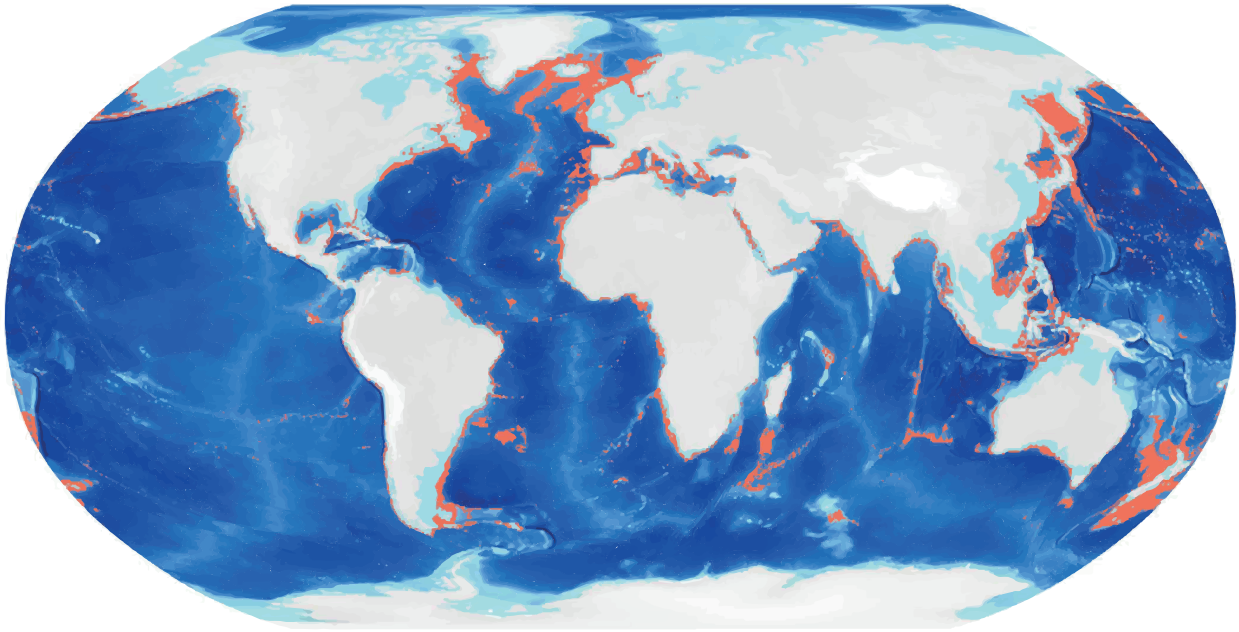
其它影响因素

尽管一些区域渔业管理组织成立较早,但它们的具体实施却存在差异。最近成立的一些区域渔业管理组织如南太平洋(SP)区域渔业管理组织和《南印度洋渔业协定(SIOFA)》利用各种监管机会将海洋区域拓展到了国家管辖范围之外,但它们并没有提供充分的鱼类种群评估,而且允许海底拖网捕捞继续在一些脆弱海洋生态系统内进行,除非环境影响评估(参见第11.3.2节)强调有必要实施进一步限制(Currie,2016年)。其它区域渔业管理组织如东北大西洋渔业委员会(NEAFC)、西北大西洋渔业组织(NAFO)和东南大西洋渔业组织(SEAFO)则关闭了大部分可能包含脆弱海洋生态系统的区域,而《南极海洋生物资源保护公约》则禁止在某些区域实施海底拖网捕捞作业。东北大西洋渔业组织将20个区域认定为海底拖网捕捞脆弱区域,并关闭了这些区域(**图14.3**)。与其它区域渔业管理组织相比,地中海渔业总委员会(GFCM)在履行这些义务方面较为落后。该委员会旨在保护脆弱海洋生态系统的措施仅限于三个渔业限制区(FRA)的实施及一项禁止在1000米水深下进行拖网捕捞作业的命令。因此,地中海的大部分脆弱海洋生态系统都没有得到任何保护(海洋保护组织,2016年)。

注意事项

禁止脆弱海洋生态系统内的破坏性捕捞行为可能不足以确保脆弱海洋生态系统得到保护。丢失的流网、海洋垃圾、海洋酸化和富营养化都可能影响脆弱海洋生态系统,即便其不受破坏性捕鱼行为的影响。此外,仅仅依靠受保护脆

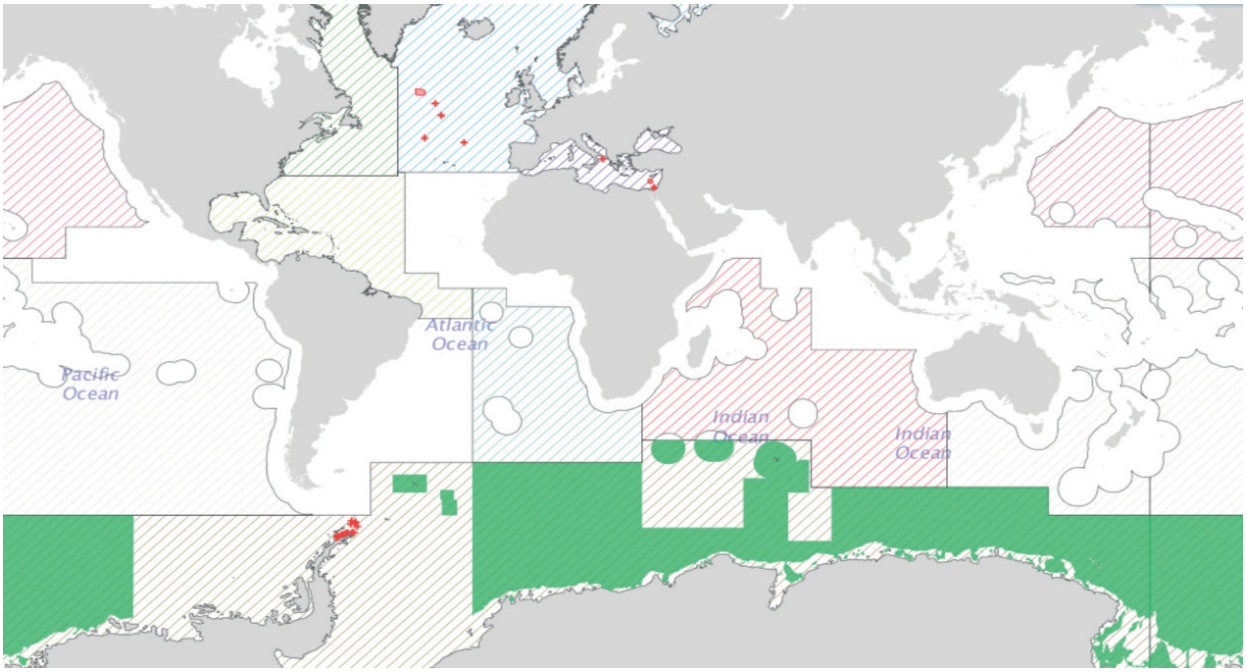
图14.2：预测的深海脆弱海洋生态系统区域



注：红色区域表示根据已出版栖息地适合性模型和二值预测分布图预测的脆弱海洋生态系统深海区域（>200m）海底拖网捕捞作业的范围。

资料来源：Pham等人，2014年

图14.3：2006-2016年间的海底拖网捕捞区域和被关闭的脆弱海洋生态系统



注：绿色填充区域为海底拖网捕捞区域，红色填充区域为被关闭的脆弱海洋生态系统区域，而斜线阴影区域则代表主要渔业监管组织的监管区域。

资料来源：联合国粮食及农业组织（2017年）

弱海洋生态系统这一指标的作法可能会导致其它不受保护但也很重要的脆弱海洋生态系统被忽视这一后果。但是，与陆地生态系统相比，海洋生物多样性方面的数据仍然有限（Martin等人，2015年）。世界自然保护联盟的生态系统红色名录（世界自然保护联盟，2017年）是第三方对最为脆弱的生态系统包括海洋生态系统进行目录编制的一项努力。它的目标是到2025年之前对所有生态系统进行评估。这一指标及其它指标的开发都有其必要性。

14.4 讨论和结论

为应对气候变化、海洋污染和过度捕捞的影响，人们使用了各种治理方法和政策工具。这些方法和工具实现了不同程度的成功。例如，尽管对珊瑚礁实施基于恢复力的管理在澳大利亚大堡礁珊瑚白化的减少方面仅产生了有限影响，但个人可转让配额却扭转了加拿大不列颠哥伦比亚省许多主要鱼类种群状况不断恶化的趋势，并确保了该地区鱼类加工业的经济活力。

本章考察的案例为政策设计和实施提供了一些有益洞见。例如，智利鲍鱼相关渔业水域使用权的成功是因为社区有效参与了一系列管理安排的制定和实施。在地中海海洋垃圾管理区域计划中，利益攸关方在减少塑料消费方面的协作是该计划的一个关键组成部分。但是，多元化利益攸关方在脆弱海洋生态系统相关进程中的参与仅仅是在联合国大会相关决议通过后才发生的。大多数案例的一个共同点，是相关利益攸关方包括资源使用者、企业、专家、环境非政府组织和政府在政策过程中不同节点的介入。

大多数案例共同存在的另一个特征是基线信息的使用。例如，就气候变化对澳大利亚大堡礁构成的威胁而开展的一项全面评估为对珊瑚礁实施基于恢复力的管理倡议提供了指导；对地中海海洋垃圾状况进行的一次评估被用作了区域计划制定的依据；鱼类种群状况及工厂运营成本和收入等方面的历史记录则为加拿大不列颠哥伦比亚省个人可转让配额的设立提供了支持。除指导政策设计外，基线还确立了评估预期目标实现相关进展的前提条件，且由于基线的存在，人们才得以实施更多干预，以改善实施情况。例如，就联合国大会关于脆弱海洋生态系统的第61/105号决议而言，当人们发现决议的实施不够迅速后，马上又通过了旨在改善实施状况的更多条款（第64/72号决议）。

尽管很重要，但基线信息并非总是可靠或可用的——尽管这并不应妨碍政策干预的实施。在智利鲍鱼相关渔业水域使用权这一案例中，现有的基线数据很薄弱且具有临时性。最终，渔业水域使用权是基于鱼类资源损耗的严重程度这方面的一般知识和利用个人可转让配额控制大范围非法捕鱼的失败努力这方面的经验确立的。

从这些案例研究中得到的另一重要洞见是，政策有效性是取决于环境的。也就是说，在存在有利条件的情况下，一项政策被证明有效的可能性就越大。领导力、专业知识、资金和利益攸关方支持都属于这类有利因素。例如，联合国大会第61/105号决议在北大西洋实施的相对成功就与现有科技支持和强大的监测和执法能力有关。反之，在太平洋和印度洋部分地区，联合国大会第61/105号决议的实施条件就有待于进一步开发。强大的治理能力是个人可转让配额成功实施的关键。此外，政策干预必须根据其适用背景进行调整。例如，智利鲍鱼相关渔业水域使用权的成功就要归功于根据地理和社区特征不断进行调整的管理安排。

最后，明确考察人类健康和福祉相关政策和指标的作法仍明显缺乏。例如，海洋保护区的设立可能会限制传统沿海人群的准入权，从而对他们的生计、粮食安全和健康产生负面影响。同样，海水日益变暖的影响可能会导致浮游植物大量繁殖现象的频繁出现，而其中一些浮游植物与贝类和鱼类中毒及有利于霍乱爆发的条件相关（Cinner等人，2016年）。如果“健康地球、健康人类”这一目标要实现的话，这些及其它健康和福祉影响就必须作为海洋政策的一部分被纳入考量范围。

参考文献

Abbott, K.W., Keohane, R.O., Moravcsik, A., Slaughter, A.M. and Snidal, D. (2000). The concept of legalization. *International organization* 54(3), 401-419. https://doi.org/10.1162/002081800551271.

Aburto, J.A., Stotz, W.B. and Cundill, G. (2014). Social-ecological collapse: TURF governance in the context of highly variable resources in Chile. *Ecology and Society* 19(1). https://doi.org/10.5751/ES-06145-190102.

Aceves-Bueno, E., Cornejo-Donoso, J., Miller, S.J. and Gaines, S.D. (2017). Are territorial use rights in fisheries (TURFs) sufficiently large? *Marine Policy* 78, 189-195. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.01.024.

Afflerbach, J.C., Lester, S.E., Dougherty, D.T. and Poon, S.E. (2014). A global survey of "TURF-reserves", Territorial use rights for fisheries coupled with marine reserves. *Global Ecology and Conservation* 2, 97-106. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.08.001.

Ainsworth, C.H., Pitcher, T.J., Heymans, J.J. and Vasconcellos, M. (2008). Reconstructing historical marine ecosystems using food web models: Northern British Columbia from pre-European contact to present. *Ecological Modelling* 216(3-4), 354-368. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.05.005.

Al-Abdulrazzak, D., Galland, G.R., McClenachan, L. and Hocevar, J. (2017). Opportunities for improving global marine conservation through multilateral treaties. *Marine Policy* 86, 247-252. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.036.

Andreu-Cazenave, M., Subida, M.D. and Fernandez, M. (2017). Correction: Exploitation rates of two benthic resources across management regimes in central Chile: Evidence of illegal fishing in artisanal fisheries operating in open access areas. *PLoS One* 13(1), e0191166. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180012.

Anthony, K., Marshall, P.A., Abdulla, A., Beeden, R., Bergh, C., Black, R. *et al.* (2015). Operationalizing resilience for adaptive coral reef management under global environmental change. *Global Change Biology* 21(1), 48-61. https://doi.org/10.1111/gcb.12700.

Anthony, K.R.N. (2016). Coral reefs under climate change and ocean acidification: challenges and opportunities for management and policy. *Annual Review of Environment and Resources* 41, 59-81. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085610.

Arnason, R. (1993). The Icelandic individual transferable quota system: A descriptive account. *Marine Resource Economics* 8(3), 201-218. https://doi.org/10.1086/mre.8.3.42629066.

Ballance, A., Ryan, P.G. and Turpie, J.K. (2000). How much is a clean beach worth? The impact of litter on beach users in the Cape Peninsula, South Africa. *South African Journal of Science* 96(5), 210-230. https://journals.co.za/content/sajsci/96/5/AJA00382353_8975.

Ban, N.C., Maxwell, S.M., Dunn, D.C., Hobday, A.J., Bax, N.J., Ardron, J. *et al.* (2014). Better integration of sectoral planning and management approaches for the interlinked ecology of the open oceans. *Marine Policy* 49, 127-136. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.11.024.

Barner, A.K., Lubchenco, J., Costello, C., Gaines, S.D., Leland, A., Jenks, B. *et al.* (2015). Solutions for recovering and sustaining the bounty of the ocean: Combining fishery reforms, rights-based fisheries management, and marine reserves. *Oceanography* 28(2), 252-263. https://doi.org/10.5670/oceanog.2015.51.

Bertolotti, M.I., Baltar, F., Gualdoni, P., Pagani, A. and Rotta, L. (2016). Individual transferable quotas in Argentina: Policy and performance. *Marine Policy* 71, 132-137. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.05.024.

Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P. and Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin* 114(1), 77-83. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055.

Bigagli, E. (2016). The international legal framework for the management of the global oceans social-ecological system. *Marine Policy* 68, 155-164. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.03.005.

Biggs, D., Amar, F., Valdebenito, A. and Gelcich, S. (2016). Potential synergies between nature-based tourism and sustainable use of marine resources: Insights from dive tourism in territorial user rights for fisheries in Chile. *PLoS One* 11(3), e0148862. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148862.

Blomquist, J. and Waldo, S. (2018). Scrapping programmes and ITQs: Labour market outcomes and spill-over effects on non-targeted fisheries in Sweden. *Marine Policy* 88, 41-47. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.004.

Botero, C.M., Anfuso, G., Milanes, C., Cabrera, A., Casas, G., Pranzini, E. *et al.* (2017). Litter assessment on 99 Cuban beaches: A baseline to identify sources of pollution and impacts for tourism and recreation. *Marine Pollution Bulletin* 118(1-2), 437-441. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.061.

Branch, T.A. (2006). Discards and revenues in multispecies groundfish trawl fisheries managed by trip limits on the US west coast and by ITQs in British Columbia. *Bulletin of Marine Science* 78(3), 669-689. https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2006/00000078/00000003/art00016#.

Branch, T.A. (2009). How do individual transferable quotas affect marine ecosystems? *Fish and Fisheries* 10(1), 39-57. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00294.x.

Bromley, D.W. (2009). Abdicating responsibility: The deceits of fisheries policy. *Fisheries* 34(6), 280-290. https://doi.org/10.1577/1548-8446-34.6.280.

Brouwer, R., Hadzhiyska, D., Ioakeimidis, C. and Ouderdorp, H. (2017). The social costs of marine litter along European coasts. *Ocean & Coastal Management* 138, 38-49. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.011.

Campani, T., Baini, M., Giannetti, M., Cancelli, F., Mancusi, C., Serena, F. *et al.* (2013). Presence of plastic debris in loggerhead turtle stranded along the Tuscany coasts of the Pelagos Sanctuary for Mediterranean marine mammals (Italy). *Marine Pollution Bulletin* 74(1), 225-230. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.053.

Casey, K.E., Dewees, C.M., Turris, B.R. and Wilen, J.E. (1995). The effects of individual vessel quotas in the British Columbia halibut fishery. *Marine Resource Economics* 10(3), 211-230. https://doi.org/10.1086/mre.10.3.42629588.

Castilla, J.C. (1995). The sustainability of natural renewable resources as viewed by an ecologist and exemplified the fishery of the Mollusc *Concholepas concholepas* in Chile. In *Defining and Measuring Sustainability: The Biogeophysical Foundations.* Munasinghe, M. and Shearer, W. (eds.). Washington, D.C: World Bank. 153-159. http://documents.worldbank.org/curated/en/328001468764998700/pdf/multi0page.pdf

Castilla, J.C., Espinosa, J., Yamashiro, C., Melo, O. and Gelcich, S. (2016). Telecoupling between catch, farming, and international trade for the gastropods Concholepas concholepas (loco) and Haliotis spp. (abalone). *Journal of Shellfish Research* 35(2), 499-506. https://doi.org/10.2983/035.035.0223.

Castilla, J.C. and Fernandez, M. (1998). Small scale benthic fisheries in Chile: On co management and sustainable use of benthic invertebrates. *Ecological Applications* 8(sp1), S124-S132. https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)8[S124:SBFICO]2.0.CO;2.

Chambers, C. and Kokorsch, M. (2017). The social dimension in icelandic fisheries governance. *Coastal Management* 45(4), 330-337. https://doi.org/10.1080/08920753.2017.1327346.

Charles, A.T. (2002). Use rights and responsible fisheries: Limiting access and harvesting through rights-based management. In *A Fishery Manager's Guidebook - Management Measures and Their Application.* Cochrane, K.L. (ed.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. chapter 6. 131-158. http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/004/y3427e/y3427e06.pdf

Chauvin, C. and Le Bouar, G. (2007). Occupational injury in the French sea fishing industry: A comparative study between the 1980s and today. *Accident Analysis & Prevention* 39(1), 79-85. https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.06.006.

Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S. *et al.* (2009). *UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/13604/rsrs186.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Christy, F.T. (1992). *Territorial Use Rights in Marine Fisheries: Definitions and Conditions.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/003/t0507e/t0507e00.htm.

Chu, C. (2009). Thirty years later: The global growth of ITQs and their influence on stock status in marine fisheries. *Fish and Fisheries* 10(2), 217-230. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00313.x.

Cinner, J.E., Pratchett, M.S., Graham, N.A.J., Messmer, V., Fuentes, M.M.P.B., Ainsworth, T. *et al.* (2016). A framework for understanding climate change impacts on coral reef social–ecological systems. *Regional Environmental Change* 16(4), 1133–1146. https://doi.org/10.1007/s10113-015-0832-z.

Coad, L., Leverington, F., Knights, K., Geldmann, J., Eassom, A., Kapos, V. *et al.* (2015). Measuring impact of protected area management interventions: Current and future use of the global database of protected area management effectiveness. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370(1681). https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0281.

Commonwealth of Australia (2016). *Climate Change Adaptation Good Practice, Case Study: The Great Barrier Reef Climate Change Action Plan 2007-2012.* Canberra. https://www.nccarf.edu.au/localgov/sites/nccarf.edu.au.localgov/files/casestudies/pdf/Case%20Study_The%20Great%20Barrier%20Reef%20Climate%20Change%20Action%20Plan%202007_2012.pdf.

Coral Triangle Initiative Secretariat (2009). *Regional Plan of Action.* Coral Triangle Initiative on Coral Reefs, Fisheries and Food Security. https://www.environment.gov.au/system/files/pages/f072279b-828c-4743-b08e-c039270aa7b2/files/cti-rpoa.pdf.

Costello, C., Gaines, S.D. and Lynham, J. (2008). Can catch shares prevent fisheries collapse? *Science* 321(5896), 1678-1681. https://doi.org/10.1126/science.1159478.

Costello, C. and Kaffine, D. (2017). Private conservation in TURF managed fisheries. *Natural Resource Modeling* 30(1), 30-51. https://doi.org/10.1111/nrm.12103.

Costello, C., Lynham, J., Lester, S.E. and Gaines, S.D. (2010). Economic incentives and global fisheries sustainability. *Annual Review of Resource Economics* 2(September), 299–318. https://doi.org/10.1146/annurev.resource.012809.103923.

Council of Australian Governments (2007). *National Climate Change Adaptation Framework.* Canberra: Council of Australian Governments. https://www.nccarf.edu.au/sites/default/files/Australian-Government-2007a.pdf.

Crona, B., Gelcich, S. and Bodin, Ö. (2017). The importance of interplay between leadership and social capital in shaping outcomes of rights-based fisheries governance. *World Development* 91, 70-83. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.10.006.

Crona, B.I., Basurto, X., Squires, D., Gelcich, S., Daw, T.M., Khan, A. *et al.* (2016). Towards a typology of interactions between small-scale fisheries and global seafood trade. *Marine Policy* 65, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.11.016.

Crona, B.I., Van Holt, T., Petersson, M., Daw, T.M. and Buchary, E. (2015). Using social–ecological syndromes to understand impacts of international seafood trade on small-scale fisheries. *Global Environmental Change* 35, 162-175. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.07.006.

Currie, D. (2016). Opportunities and challenges in further addressing the impacts of bottom fisheries on vulnerable marine ecosystems and long-term sustainability of deep-sea fish stocks. *Workshop to Discuss Implementation of Paragraphs 113, 117 and 119 to 124 of Resolution 64/72 and Paragraphs 121, 126, 129, 130 and 132 to 134 of Resolution 66/68 on Sustainable Fisheries, Addressing the Impacts of Bottom Fishing on Vulnerable Marine Ecosystems and the Long-Term Sustainability of Deep-Sea Fish Stocks.* United Nations Headquarters, 1-2 August 2016. http://www.un.org/depts/los/reference_files/Presentations/PPT/Segment5/DC.pdf

Day, J. (2016). The great barrier reef marine park: The grandfather of modern MPAs. In *Big, Bold and Blue: Lessons from Australia's Marine Protected Areas.* Fitzsimons, J. and Wescott, G. (eds.). Clayton: CSIRO Publishing. chapter 5. 65-97. https://www.researchgate.net/profile/Jon_Day/publication/304677045_The_Great_Barrier_Reef_Marine_Park_-_the_grandfather_of_modern_MPAs/links/578722ee08aec5c2e4e2fcba/The-Great-Barrier-Reef-Marine-Park-the-grandfather-of-modern-MPAs.pdf?origin=publication_detail

de Juan, S., Gelcich, S., Ospina-Alvarez, A., Perez-Matus, A. and Fernandez, M. (2015). Applying an ecosystem service approach to unravel links between ecosystems and society in the coast of central Chile. *Science of the Total Environment* 533, 122-132. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.094.

Defeo, O. and Castilla, J.C. (2005). More than one bag for the world fishery crisis and keys for co-management successes in selected artisanal Latin American shellfisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15(3), 265-283. https://doi.org/10.1007/s11160-005-4865-0.

Defeo, O., Castrejón, M., Pérez Castañeda, R., Castilla, J.C., Gutiérrez, N.L., Essington, T.E. *et al.* (2016). Co management in Latin American small scale shellfisheries: Assessment from long term case studies. *Fish and Fisheries* 17(1), 176-192. https://doi.org/10.1111/faf.12101.

Dewees, C.M. (1998). Effects of individual quota systems on New Zealand and British Columbia fisheries. *Ecological Applications* 8(sp1), 133-138. https://doi.org/10.2307/2641371.

Dolan, A.H., Taylor, M., Neis, B., Ommer, R., Eyles, J., Schneider, D. *et al.* (2005). Restructuring and health in Canadian coastal communities. *EcoHealth* 2(3), 195-208. https://doi.org/10.1007/s10393-005-6333-7.

Dudley, N. (ed.) (2008). *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories.* Gland: International Union for Conservation of Nature. https://cmsdata.iucn.org/downloads/guidelines_for_applying_protected_area_management_categories.pdf.

Earth Justice (2015). *Traditional use rights in fisheries in Chile: area-based management and conservation of benthic resources: Smithsonian ocean portal*. https://earthjustice.org/blog/2015-october/earthjustice-and-the-smithsonian-team-up-to-enhance-ocean-conservation-efforts (Accessed: 25 September.

Edinger, T. and Baek, J. (2015). The role of property rights in bycatch reduction: Evidence from the British Columbia groundfish fishery. *Fisheries Research* 168, 100-104. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.04.001.

Edwards, D.N. and Edwards, D.G. (2017). Licence Banks as a tool to mitigate corporate control of fisheries: A British Columbia groundfish example. *Marine Policy* 80, 141-146. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.006.

Emery, T.J., Gardner, C., Hartmann, K. and Cartwright, I. (2017). Incorporating economics into fisheries management frameworks in Australia *Marine Policy* 77, 136-143. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.12.018.

Emery, T.J., Hartmann, K., Green, B.S., Gardner, C. and Tisdell, J. (2014). Fishing for revenue: How leasing quota can be hazardous to your health. *ICES Journal of Marine Science* 71(7), 1854-1865. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu019.

Englender, D., Kirschey, J., Stöfen, A. and Zink, A. (2014). Cooperation and compliance control in areas beyond national jurisdiction. *Marine Policy* 49, 186-194. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.11.022.

European Commission (2017). *Our Ocean Seas and Coasts*. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/index_en.htm.

European Parliament and European Council (2008). *Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a Framework for Community Action in the Field of Marine Environmental Policy (Marine Strategy Framework Directive*). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0056&from=EN.

Fernández, M. and Castilla, J.C. (2005). Marine conservation in Chile: Historical perspective, lessons, and challenges. *Conservation Biology* 19(6), 1752-1762. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00277.x.

Fidelman, P.I.J., Leitch, A.M. and Nelson, D.R. (2013). Unpacking multilevel adaptation to climate change in the Great Barrier Reef, Australia. *Global Environmental Change* 23(4), 800-812. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.02.016.

Fisheries and Oceans Canada (2017). *Groundfish, Pacific Region 2017: Integrated Fisheries Management Plan Summary.* Ottawa: Fisheries and Oceans Canada. http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/mplans/2017/ground-fond-sm-2017-eng.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2005). *Fisheries Laws and Regulations in the Mediterranean: A Comparative Study.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-y5880e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009). *International Guidelines for the Management of Deep-Sea Fisheries in the High Seas.* Rome. http://www.fao.org/docrep/011/i0816t/i0816t00.HTM.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *Report of the FAO Workshop on the Implementation of the International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the High Seas: Challenges and Ways Forward.* Rome. http://www.fao.org/docrep/014/i2135e/i2135e00.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to Food Security and Nutrition for All.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). *Vulnerable marine ecosystems database.* http://www.fao.org/in-action/vulnerable-marine-ecosystems/vme-database/en/vme.html.

Frangoudes, K. and Bellanger, M. (2017). Fishers' opinions on marketization of property rights and the quota system in France. *Marine Policy* 80, 107-112. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.01.010.

Gabrielides, G.P., Golik, A., Loizides, L., Marino, M.G., Bingel, F. and Torregrossa, M.V. (1991). Man-made garbage pollution on the Mediterranean coastline. *Marine Pollution Bulletin* 23, 437-441. https://doi.org/10.1016/0025-326X(91)90713-3.

Galgani, F., Claro, F., Depledge, M. and Fossi, C. (2014). Monitoring the impact of litter in large vertebrates in the Mediterranean Sea within the European Marine Strategy Framework Directive (MSFD): Constraints, specificities and recommendations. *Marine Environmental Research* 100, 3-9. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.02.003.

Galgani, F., Jaunet, S., Campillo, A., Guenegen, X. and His, E. (1995). Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the north-western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 30(11), 713–717. https://doi.org/10.1016/0025-326X(95)00055-R.

Garavelli, L., Colas, F., Verley, P., Kaplan, D.M., Yannicelli, B. and Lett, C. (2016). Influence of biological factors on connectivity patterns for Concholepas concholepas (loco) in Chile. *PLoS One* 11(1), e0146418. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146418.

Garavelli, L., Kaplan, D.M., Colas, F., Stotz, W., Yannicelli, B. and Lett, C. (2014). Identifying appropriate spatial scales for marine conservation and management using a larval dispersal model: the case of Concholepas concholepas (loco) in Chile. *Progress in Oceanography* 124, 42-53. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.03.011.

Gelcich, S., Cinner, J., Donlan, C.J., Tapia-Lewin, S., Godoy, N. and Castilla, J.C. (2017). Fishers' perceptions on the Chilean coastal TURF system after two decades: Problems, benefits, and emerging needs. *Bulletin of Marine Science* 93(1), 53-67. https://doi.org/10.5343/bms.2015.1082.

Gelcich, S. and Donlan, C.J. (2015). Incentivizing biodiversity conservation in artisanal fishing communities through territorial user rights and business model innovation. *Conservation Biology* 29(4), 1076-1085. https://doi.org/10.1111/cobi.12477.

Gelcich, S., Godoy, N., Prado, L. and Castilla, J.C. (2008). Add-on conservation benefits of marine territorial user rights fishery policies in central Chile. *Ecological Applications* 18(1), 273-281. https://doi.org/10.1890/06-1896.1.

Gelcich, S., Peralta, L., Donlan, C.J., Godoy, N., Ortiz, V., Tapia-Lewin, S. *et al.* (2015). Alternative strategies for scaling up marine coastal biodiversity conservation in Chile. *Maritime Studies* 1(4), 1–13. https://doi.org/10.1186/s40152-015-0022-0.

Giacaman-Smith, J., Neira, S. and Arancibia, H. (2016). Community structure and trophic interactions in a coastal management and exploitation area for benthic resources in central Chile. *Ocean & Coastal Management* 119, 155-163. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.003.

Gibbs, M.T. (2010). Why ITQs on target species are inefficient at achieving ecosystem based fisheries management outcomes. *Marine Policy* 34(3), 708-709. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.09.005.

Gibson, D. and Sumaila, U.R. (2017). Determining the degree of 'small-scaleness' using fisheries in British Columbia as an example. *Marine Policy* 86, 121-126. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.015.

González, J., Stotz, W., Garrido, J., Orensanz, J.M., Parma, A.M., Tapia, C. *et al.* (2006). The Chilean TURF system: How is it performing in the case of the loco fishery? *Bulletin of Marine Science* 78(3), 499-527. https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2006/00000078/00000003/art00007#.

Great Barrier Reef Marine Park Authority (2007). *Great Barrier Reef Climate Change Action Plan 2007-2012.* Townsville: Great Barrier Reef Marine Park Authority. http://www.gbrmpa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0020/4493/climate-change-action-plan-2007-2012.pdf.

Great Barrier Reef Marine Park Authority (2009). *Great Barrier Reef Outlook Report 2009.* Townsville: Great Barrier Reef Marine Park Authority. http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/199/1/Great-Barrier-Reef-Outlook-Report-2009.pdf.

Great Barrier Reef Marine Park Authority (2012). *Climate Change Adaptation: Outcomes from the Great Barrier Reef Climate Change Action Plan 2007–2012.* Townsville: Great Barrier Reef Marine Park Authority. http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/1139/1/Climate%20Change%20Adaptation.pdf.

Great Barrier Reef Marine Park Authority (2014). *Great Barrier Reef Outlook Report 2014.* Townsville: Great Barrier Reef Marine Park Authority. http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/2855/1/GBR%20Outlook%20Report%202014_Web280714.pdf.

Gutiérrez, N.L., Hilborn, R. and Defeo, O. (2011). Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature* 470, 386-389. https://doi.org/10.1038/nature09689.

Hannesson, R. (2013). Norway's experience with ITQs. *Marine Policy* 37, 264-269. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.008.

Hannesson, R. (2017). Return on capital and management reforms in Norway's fisheries. *Land Economics* 93(4), 710-720. https://doi.org/10.3368/le.93.4.710.

Hauck, M. and Gallardo-Fernández, G.L. (2013). Crises in the South African abalone and Chilean loco fisheries: Shared challenges and prospects. *Maritime Studies* 12(3). https://doi.org/10.1186/2212-9790-12-3.

Håvold, J.I. (2010). Safety culture aboard fishing vessels. *Safety Science* 48(8), 1054-1061. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.11.004.

Hoefnagel, E. and de Vos, B. (2017). Social and economic consequences of 40 years of Dutch quota management. *Marine Policy* 80, 81-87. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.019.

Hong, S., Lee, J., Kang, D., Choi, H.W. and Ko, S.H. (2014). Quantities, composition, and sources of beach debris in Korea from the results of nationwide monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 84(1-2), 27-34. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.051.

Hoshino, E., Pascoe, S., Hutton, T., Kompas, T. and Yamazaki, S. (2017). Estimating maximum economic yield in multispecies fisheries: A review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 28(2), 261–276. https://doi.org/10.1007/s11160-017-9508-8.

Høst, J. (2015). *Market-Based Fisheries Management: Private Fish and Captains of Finance.* MARE Publication Series: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9783319164311.

Hughes, T.P., Kerry, J.T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J.G., Anderson, K.D., Baird, A.H. *et al.* (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature* 543(7645), 373-377. https://doi.org/10.1038/nature21707.

Ianson, D. and Flostrand, L. (2010). *Ecosystem Status and Trends Report: Coastal Waters off the West Coast of Vancouver Island, British Columbia.* Canadian Science Advisory Secretariat. http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/mpo-dfo/Fs70-5-2010-046.pdf.

International Union for Conservation of Nature (2017). *Red list of ecosystems*. https://www.iucn.org/theme/ecosystem-management/our-work/red-list-ecosystems.

Jayasiri, H.B., Purushothaman, C.S. and Vennila, A. (2013). Plastic litter accumulation on high-water strandline of urban beaches in Mumbai, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 185(9), 7709-7719. https://doi.org/10.1007/s10661-013-3129-z.

Johnson, J.E. and Marshall, P.A. (2007). *Climate Change and The Great Barrier Reef: A Vulnerability Assessment.* Great Barrier Reef Marine Park Authority. http://elibrary.gbrmpa.gov.au/jspui/bitstream/11017/3033/1/Johnson_Marshall_2007_CC_and_GBR_Vulnerability_Assessment.pdf.

Kareiva, P. and Marvier, M. (2012). What is conservation science? *BioScience* 62(11), 962–969. https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.11.5.

Keller, B.D., Gleason, D.F., McLeod, E., Woodley, C.M., Airamé, S., Causey, B.D. *et al.* (2009). Climate change, coral reef ecosystems, and management options for marine protected areas. *Environmental Management* 44(6), 1069-1088. https://doi.org/10.1007/s00267-009-9346-0.

Keohane, R.O. and Nye, J.S. (1977). *Power and Interdependence: World Politics in Transition.* Boston, MA: Little, Brown. http://www.worldcat.org/title/power-and-interdependence-world-politics-in-transition/oclc/2748258.

Keohane, R.O. and Victor, D.G. (2011). The regime complex for climate change. *Perspectives on Politics* 9(1), 7-23. https://doi.org/10.1017/S1537592710004068.

Kokorsch, M. (2017). The tides they are a changin': Resources, regulation, and resilience in an Icelandic coastal community. *Journal of Rural and Community Development* 12(2-3), 59-73. http://journals.brandonu.ca/jrcd/article/view/1400/320.

Koolman, J., Mose, B., Stanley, R.D., Trager, D., Heifetz, J., DiCosimo, J. *et al.* (2007). Developing an integrated commercial groundfish strategy for British Columbia: Insights gained about participatory management. In *Biology, assessment, and management of North Pacific rockfishes.* Heifetz, J., DiCosimo, J., Gharrett, A.J., Love, M.S., O'Connell, V.M. and Stanley, R.D. (eds.). Fairbanks: University of Alaska. 353-366. https://seagrant.uaf.edu/bookstore/ssl/checkout2.php?step=1&bypass=TRUE&id=11251.

Le Cornu, E., Doerr, A.N., Finkbeiner, E.M., Gourlie, D. and Crowder, L.B. (2017). Spatial management in small-scale fisheries: A potential approach for climate change adaptation in Pacific Islands. *Marine Policy* 88, 350-358. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.030.

Legambiente ONLUS (2017). Stop plastic bags in the Mediterranean Area. Our Oceans, Our Future: Partnering for the Implementation of Sustainable Development Goal 14. New York: United Nations. 5-9 June. https://oceanconference.un.org/commitments/?id=15599.

Levin, L.A., Mengerink, K., Gjerde, K.M., Rowden, A.A., Van Dover, C.L., Clark, M.R. *et al.* (2016). Defining "serious harm" to the marine environment in the context of deep-seabed mining. *Marine Policy* 74, 245-259. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.032.

Li, W.C., Tse, H.F. and Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment* 566, 333-349. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084.

Liu, O.R., Thomas, L.R., Clemence, M., Fujita, R., Kritzer, J.P., McDonald, G. *et al.* (2016). An evaluation of harvest control methods for fishery management. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 24(3), 244-263. https://doi.org/10.1080/23308249.2016.1161002.

Loot, G., Aldana, M. and Navarrete, S.A. (2005). Effects of human exclusion on parasitism in intertidal food webs of central Chile. *Conservation Biology* 19(1), 203-212. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00396.x.

Lucas, D.L., Kincl, L.D., Bovbjerg, V.E. and Lincoln, J.M. (2014). Application of a translational research model to assess the progress of occupational safety research in the international commercial fishing industry. *Safety Science* 64, 71-81. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.11.023.

Mace, P.M., Sullivan, K.J. and Cryer, M. (2014). The evolution of New Zealand's fisheries science and management systems under ITQs. *ICES Journal of Marine Science* 71(2), 204-215. https://doi.org/10.1093/icesjms/fst159.

Madzena, A. and Lasiak, T. (1997). Spatial and temporal variations in beach litter on the Transkei coast of South Africa. *Marine Pollution Bulletin* 34(11), 900-907. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(97)00052-0.

Marshall, P. and Schuttenberg, H. (2006). Adapting coral reef management in the face of climate change. In *Coral reefs and climate change: Science and management.* Phinney, J.T., Hoegh-Guldberg, O., Kleypas, J., Skirving, W. and Strong, A. (eds.). Washington D.C.: American Geophysical Union. chapter 12. 223-241. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/61CE13

Martin, C.S., Tolley, M.J., Farmer, E., McOwen, C.J., Geffert, J.L., Scharlemann, J.P.W. *et al.* (2015). A global map to aid the identification and screening of critical habitat for marine industries. *Marine Policy* 53, 45-53. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.11.007.

Matulich, S.C., Mittelhammer, R.C. and Reberte, C. (1996). Toward a more complete model of individual transferable fishing quotas: Implications of incorporating the processing sector. *Journal of Environmental Economics and Management* 31(1), 112-128. https://doi.org/10.1006/jeem.1996.0035.

McLeod, E., Salm, R., Green, A. and Almany, J. (2009). Designing marine protected area networks to address the impacts of climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(7), 362-370. https://doi.org/10.1890/070211.

Meltzoff, S.K., Lichtensztajn, Y.G. and Stotz, W. (2002). Competing visions for marine tenure and co-management: genesis of a marine management area system in Chile. *Coastal Management* 30(1), 85-99. https://doi.org/10.1080/08920750252692634.

Merayo, E., Nielsen, R., Hoff, A. and Nielsen, M. (2018). Are individual transferable quotas an adequate solution to overfishing and overcapacity? Evidence from Danish fisheries. *Marine Policy* 87, 167-176. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.032.

Morrison T. and Hughes T. (2016). *Policy Information Brief 1: Climate Change and the Great Barrier Reef.* Gold Coast: National Climate Change Adaptation Research Facility. https://www.nccarf.edu.au/synthesis/policy-information-brief-1-climate-change-and-great-barrier-reef.

Munari, C., Corbau, C., Simeoni, U. and Mistri, M. (2016). Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. *Waste Management* 49, 483-490. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.010.

Nelms, S.E., Coombes, C., Foster, L.C., Galloway, T.S., Godley, B.J., Lindeque, P.K. *et al.* (2017). Marine anthropogenic litter on British beaches: A 10-year nationwide assessment using citizen science data. *Science of the Total Environment* 579, 1399-1409. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.137.

Nomura, K.J., Kaplan, D.M., Beckensteiner, J. and Scheld, A.M. (2017). Comparative analysis of factors influencing spatial distributions of marine protected areas and territorial use rights for fisheries in Japan. *Marine Policy* 82, 59-67. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.005.

Northwest Pacific Action Plan (2008). *NOWPAP Regional Action Plan on Marine Litter.* Northwest Pacific Action Plan https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-03/other/mcbem-2014-03-130-en.pdf.

Obura, D. and Grimsditch, G. (2009). *Coral Reefs, Climate Change and Resilience: An Agenda for Action from the IUCN World Conservation Congress in Barcelona, Spain.* Gland: International Union for the Conservation of Nature. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-022.pdf.

Ocean Conservancy (2017). *Together for Our Ocean: International Coastal Cleanup 2017 Report.* https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/06/International-Coastal-Cleanup_2017-Report.pdf.

Oceana (2016). *VME Protection: What is Needed? 40th Session of the General Fisheries Commission for the Mediterranean.* Madrid. https://eu.oceana.org/sites/default/files/factsheet_gfcm_vme_eng.pdf.

Organization for Economic Co-operation and Development (2017). *Marine Protected Areas: Economics, Management and Effective Policy Mixes.* Paris. http://www.oecd.org/env/marine-protected-areas-9789264276208-en.htm.

OSPAR Commission (2010). *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area.* London: OSPAR Commission. https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf.

Ostrom, E. (2002). Managing resources in the global commons. *Journal of Business Administration and Policy Analysis* 30-31, 401-413. https://ostromworkshop.indiana.edu/library/node/49853.

Oyanedel, R., Keim, A., Castilla, J.C. and Gelcich, S. (2018). Illegal fishing and territorial user rights in Chile. *Conservation Biology* 32(3). https://doi.org/10.1111/cobi.13048.

Oyanedel, R., Macy Humberstone, J., Shattenkirk, K., Rodriguez Van-Dyck, S., Joye Moyer, K., Poon, S. *et al.* (2017). A decision support tool for designing TURF-reserves. *Bulletin of Marine Science* 93(1), 155-172. https://doi.org/10.5343/bms.2015.1095.

Pasquini, G., Ronchi, F., Strafella, P., Scarcella, G. and Fortibuoni, T. (2016). Seabed litter composition, distribution and sources in the Northern and Central Adriatic Sea (Mediterranean). *Waste Management* 58, 41-51. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.038.

Pfeiffer, L. and Gratz, T. (2016). The effect of rights-based fisheries management on risk taking and fishing safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(10), 2615-2620. https://doi.org/10.1073/pnas.1509456113.

Pham, C.K., Diogo, H., Menezes, G., Porteiro, F., Braga-Henriques, A., Vandeperre, F. *et al.* (2014). Deep-water longline fishing has reduced impact on vulnerable marine ecosystems. *Scientific reports* 4(4837). https://doi.org/10.1038/srep04837.

Pinkerton, E. and Edwards, D.N. (2009). The elephant in the room: The hidden costs of leasing individual transferable fishing quotas. *Marine Policy* 33(4), 707-713. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.02.004.

Pinkerton, E.W. (2013). Alternatives to ITQs in equity-efficiency-effectiveness trade-offs: How the lay-up system spread effort in the BC Halibut Fishery. *Marine Policy* 42, 5-13. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.01.010.

Pinkerton, E.W. (2017). Hegemony and resistance: Disturbing patterns and hopeful signs in the impact of neoliberal policies on small-scale fisheries around the world. *Marine Policy* 80, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.012.

Pintassilgo, P. and Duarte, C.C. (2000). The new-member problem in the cooperative management of high seas fisheries. *Marine Resource Economics* 15(4), 361-378. https://doi.org/10.1086/mre.15.4.42629331.

Porcelli, A.M. (2017). Comparing bonding capital in New England groundfish and scallop fisheries: differing effects of privatization. *Marine Policy* 84, 244-250. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.07.023.

Rangel-Buitrago, N., Williams, A., Anfuso, G., Arias, M. and Gracia, A. (2017). Magnitudes, sources, and management of beach litter along the Atlantico department coastline, Caribbean coast of Colombia. *Ocean & Coastal Management* 138, 142-157. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.021.

Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J.F., Rivadeneira, M.M., Madariaga, D.J. and Thiel, M. (2014). Rivers as a source of marine litter–a study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin* 82(1-2), 66-75. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.019.

Reyes, F.E. (1986). ¿ Que pasó con el loco? Crónica de un colapso anunciado. *Revista Chile Pesquero*, 36. http://www.cipmachile.com/web/200.75.6.169/RAD/1986/2_Reyes.pdf.

Rice, J.C. (2004). The British Columbia rockfish trawl fishery. In *Report and Documentation of the International Workshop on the Implementation of International Fisheries Instruments and Factors of Unsustainability and Overexploitation in Fisheries.* Swan, J. and Greboval, D. (eds.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 161-187. http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/007/y5242e/y5242e01c.pdf

Richards, L.J. (1994). Trip limits, catch, and effort in the British Columbia rockfish trawl fishery. *North American Journal of Fisheries Management* 14(4), 742-750. https://doi.org/10.1577/1548-8675(1994)014<0742:TLCAEI>2.3.CO;2.

Rogers, A.D. and Gianni, M. (2010). *The Implementation of UNGA Resolutions 61/105 and 64/72 in the Management of Deep-Sea Fisheries on the High Seas: A Report Prepared for the Deep-Sea Conservation Coalition* London: International Programme on the State of the Ocean. http://www.savethehighseas.org/publicdocs/61105-Implemention-finalreport.pdf.

Rosas, J., Dresdner, J., Chávez, C. and Quiroga, M. (2014). Effect of social networks on the economic performance of TURFs: The case of the artisanal fishermen organizations in Southern Chile. *Ocean & Coastal Management* 88, 43-52. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.11.012.

Rosevelt, C., Los Huertos, M., Garza, C. and Nevins, H.M. (2013). Marine debris in central California: Quantifying type and abundance of beach litter in Monterey Bay, CA. *Marine Pollution Bulletin* 71(1-2), 299-306. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.015.

Ruano-Chamorro, C., Subida, M.D. and Fernández, M. (2017). Fishers' perception: An alternative source of information to assess the data-poor benthic small-scale artisanal fisheries of central Chile. *Ocean & Coastal Management* 146, 67-76. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.06.007.

Sala, E., Lubchenco, J., Grorud-Colvert, K., Novelli, C., Roberts, C. and Sumaila, U.R. (2018). Assessing real progress towards effective ocean protection. *Marine Policy* 91(1), 11-13. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.004.

Santis, O. and Chávez, C. (2015). Quota compliance in TURFs: An experimental analysis on complementarities of formal and informal enforcement with changes in abundance. *Ecological Economics* 120, 440-450. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.11.017.

Santoro, C.M., Gayo, E.M., Carter, C., Standen, V., Castro, V., Valenzuela, D. *et al.* (2017). Loco or no loco? Holocene climatic fluctuations, human demography and community base management of coastal resources in northern Chile. *Frontiers in Earth Science* 5 (October), 474–416. https://doi.org/10.3389/feart.2017.00077.

Santos, I.R., Friedrich, A.C. and Barretto, F.P. (2005). Overseas garbage pollution on beaches of northeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 50(7), 783-786. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.044.

Saunders, F.P., Gallardo-Fernández, G.L., Van Tuyen, T., Raemaekers, S., Marciniak, B. and Plá, R.D. (2016). Transformation of small-scale fisheries—critical transdisciplinary challenges and possibilities. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 20, 26-31. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.04.005.

Selig, E.R., Kleisner, K.M., Ahoobim, O., Arocha, F., Cruz-Trinidad, A., Fujita, R. *et al.* (2016). A typology of fisheries management tools: Using experience to catalyse greater success. *Fish and Fisheries* 18(3), 543–570. https://doi.org/10.1111/faf.12192.

Simard, F., Laffoley, D. and Baxter, J.M. (eds.) (2016). *Marine Protected Areas and Climate Change: Adaptation and Mitigation Synergies, Opportunities and Challenges.* Gland: International Union for Conservation of Nature. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-067.pdf.

Stage, J., Christiernsson, A. and Söderholm, P. (2016). The economics of the Swedish individual transferable quota system: Experiences and policy implications. *Marine Policy* 66, 15-20. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.01.001.

Stainsby, J. (1994). " It's the Smell of Money": Women shoreworkers of British Columbia. *BC Studies: The British Columbian Quarterly* 103, 59-81. https://doi.org/10.14288/bcs.v0i103.931.

Steer, M. and Besley, M. (2016). The licence amalgamation scheme: Taming South Australia's complex multi-species, multi-gear marine scalefish fishery. *Fisheries Research* 183, 625–633. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.05.008.

Stefatos, A., Charalampakis, M., Papatheodorou, G. and Ferentinos, G. (1999). Marine debris on the seafloor of the Mediterranean Sea: Examples from two enclosed gulfs in Western Greece. *Marine Pollution Bulletin* 38(5), 389-393. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00141-6.

Stolton, S., Hockings, M., Dudley, N., MacKinnon, K., Whitten, T. and Leverington, F. (2007). *Management Effectiveness Tracking Tool: Reporting Progress at Protected Area Sites.* Gland: WWF International http://assets.panda.org/downloads/mett2_final_version_july_2007.pdf.

Sumaila, U.R. (2010). A cautionary note on individual transferable quotas. *Ecology and Society* 15(3). https://doi.org/10.5751/ES-03391-150336.

Syakti, A.D., Bouhroum, R., Hidayati, N.V., Koenawan, C.J., Boulkamh, A., Sulistyo, I. *et al.* (2017). Beach macro-litter monitoring and floating microplastic in a coastal area of Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 122(1-2), 217-225. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.046.

Tam, J., Chan, K.M.A., Satterfield, T., Singh, G.G. and Gelcich, S. (2018). Gone fishing? Intergenerational cultural shifts can undermine common property co-managed fisheries. *Marine Policy* 90, 1-5. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.025.

Thøgersen, T., Eigaard, O.R., Fitzpatrick, M., Mardle, S., Andersen, J.L. and Haraldsson, G. (2015). Economic gains from introducing international ITQs—The case of the Mackerel and Herring fisheries in the Northeast Atlantic. *Marine Policy* 59, 85-93. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.05.002.

Tomás, J., Guitart, R., Mateo, R. and Raga, J.A. (2002). Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, Caretta caretta, from the Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* 44(3), 211-216. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00236-3.

Turris, B.R. (2000). A comparison of British Columbia's ITQ fisheries for groundfish trawl and sablefish: Similar results from programmes with differing objectives, designs and processes. In *Use of Property Rights in Fisheries Management.* Shotton, R. (ed.). Fremantle, Western Austraria: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 254-261. http://www.fao.org/3/a-x7579e.pdf

Unger, A. and Harrison, N. (2016). Fisheries as a source of marine debris on beaches in the United Kingdom. *Marine Pollution Bulletin* 107(1), 52-58. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.024.

United Nations, General Assembly (2004). *Oceans and the Law of the Sea: Report of the Secretary-General – Addendum.* A/59/62/Add.1. http://www.un.org/Docs/journal/asp/ws.asp?m=A/59/62/Add.1.

United Nations, General Assembly (2006). *61/105. Sustainable Fisheries, including through the 1995 Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, and related instruments.* A/RES/61/105. http://undocs.org/A/RES/61/105

United Nations, General Assembly (2016). *Actions taken by States and Regional Fisheries Management* Organizations and Arrangements in response to Paragraphs 113, 117 and 119 to 124 of General Assembly Resolution 64/72 and paragraphs 121, 126, 129, 130 and 132 to 134 of General Assembly resolution 66/68 on Sustainable Fisheries, addressing the Impacts of Bottom Fishing on Vulnerable Marine Ecosystems and the Long-term Sustainability of Deep-sea Fish Stocks:

United Nations Environment Programme (2016). *Implementing the Marine Litter Regional Plan in the Mediterranean.* United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/6072/16ig22_28_22_10_eng.pdf?sequence=1.

United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre and International Union for Conservation of Nature (2018). *Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA)* https://www.protectedplanet.net/.

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (2013). *Regional Plan on Marine Litter in the Mediterranean.* Athens: United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan. https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-03/other/mcbem-2014-03-120-en.pdf.

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (2014). Mid-term evaluation of SAP/NAP implementation. *Meeting of MED POL Focal Points on LBS NAP update.* Athens, Greece, 26-28 March 2014. https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/45678/retrieve

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (2015a). 1st report of the informal online Working Group on marine litter. *Meeting of the Integrated Monitoring Correspondence Group.* Athens, Greece, 30 March - 1 April 2015. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17302/15wg411_inf10_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (2015b). Approaches to estimating the costs for the Regional Plans/ legally binding measures adopted by the Contracting Parties. *Regional Meeting on Applying Methodology for Programmes of Measures and Economic Analysis in the NAP Update.* Athens, Greece, 11-13 May 2015. http://web.unep.org/unepmap/726869

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (2015c). *Marine Litter Assessment in the Mediterranean.* https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/9739/retrieve.

United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (2016). *Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria.* Athens: United Nations Environment Programme - Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP). https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10576/IMAP_Publication_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

University of British Columbia (2017). *Canada's pacific groundfish trawl fishery: Ecosystem conflicts.* The University of British Columbia http://cases.open.ubc.ca/canada-pacific-groundfish-trawl/ (Accessed: 20 February 2018).

van der Velde, T., Milton, D.A., Lawson, T.J., Wilcox, C., Lansdell, M., Davis, G. *et al.* (2017). Comparison of marine debris data collected by researchers and citizen scientists: Is citizen science data worth the effort? *Biological conservation* 208, 127-138. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.025.

Van Holt, T. (2012). Landscape influences on fisher success: Adaptation strategies in closed and open access fisheries in southern Chile. *Ecology and Society* 17(1), 28. https://doi.org/10.5751/ES-04608-170128.

van Hoof, L. (2013). Design or pragmatic evolution: Applying ITQs in EU fisheries management. *ICES Journal of Marine Science* 70(2), 462-470. https://doi.org/10.1093/icesjms/fss189.

Van Oppen, M.J.H., Gates, R.D., Blackall, L.L., Cantin, N., Chakravarti, L.J., Chan, W.Y. *et al.* (2017). Shifting paradigms in restoration of the world's coral reefs. *Global Change Biology* 23(9), 3437-3448. https://doi.org/10.1111/gcb.13647.

van Oppen, M.J.H., Oliver, J.K., Putnam, H.M. and Gates, R.D. (2015). Building coral reef resilience through assisted evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(8), 2307-2313. https://doi.org/10.1073/pnas.1422301112.

Velander, K. and Mocogni, M. (1999). Beach litter sampling strategies: Is there a 'best' method? *Marine Pollution Bulletin* 38(12), 1134-1140. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00143-5.

Villanueva-Poot, R., Seijo, J.C., Headley, M., Arce, A.M., Sosa-Cordero, E. and Lluch-Cota, D.B. (2017). Distributional performance of a territorial use rights and co-managed small-scale fishery. *Fisheries Research* 194, 135-145. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.06.005.

Vincent, A., Drag, N., Lyandres, O., Neville, S. and Hoellein, T. (2017). Citizen science datasets reveal drivers of spatial and temporal variation for anthropogenic litter on Great Lakes beaches. *Science of the Total Environment* 577, 105-112. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.113.

Waldo, S., Berndt, K., Hammarlund, C., Lindegren, M., Nilsson, A. and Persson, A. (2013). Swedish coastal herring fisheries in the wake of an ITQ system. *Marine Policy* 38, 321-324. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.06.008.

Waldo, S. and Paulrud, A. (2012). ITQs in Swedish demersal fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 70(1), 68-77. https://doi.org/10.1093/icesjms/fss141.

Wallace, S., Turris, B., Driscoll, J., Bodtker, K., Mose, B. and Munro, G. (2015). Canada's Pacific groundfish trawl habitat agreement: A global first in an ecosystem approach to bottom trawl impacts. *Marine Policy* 60, 240-248. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.06.028.

Wiff, R., Quiroz, J.C., Neira, S., Gacitúa, S. and Barrientos, M.A. (2016). Chilean fishing law, maximum sustainable yield, and the stock recruitment relationship. *Latin American Journal of Aquatic Research* 44(2), 380-391. https://doi.org10.3856/vol44-issue2-fulltext-19.

Wilen, J.E., Cancino, J. and Uchida, H. (2012). The economics of territorial use rights fisheries, or TURFs. *Review of Environmental Economics and Policy* 6(2), 237-257. https://doi.org/10.1093/reep/res012.

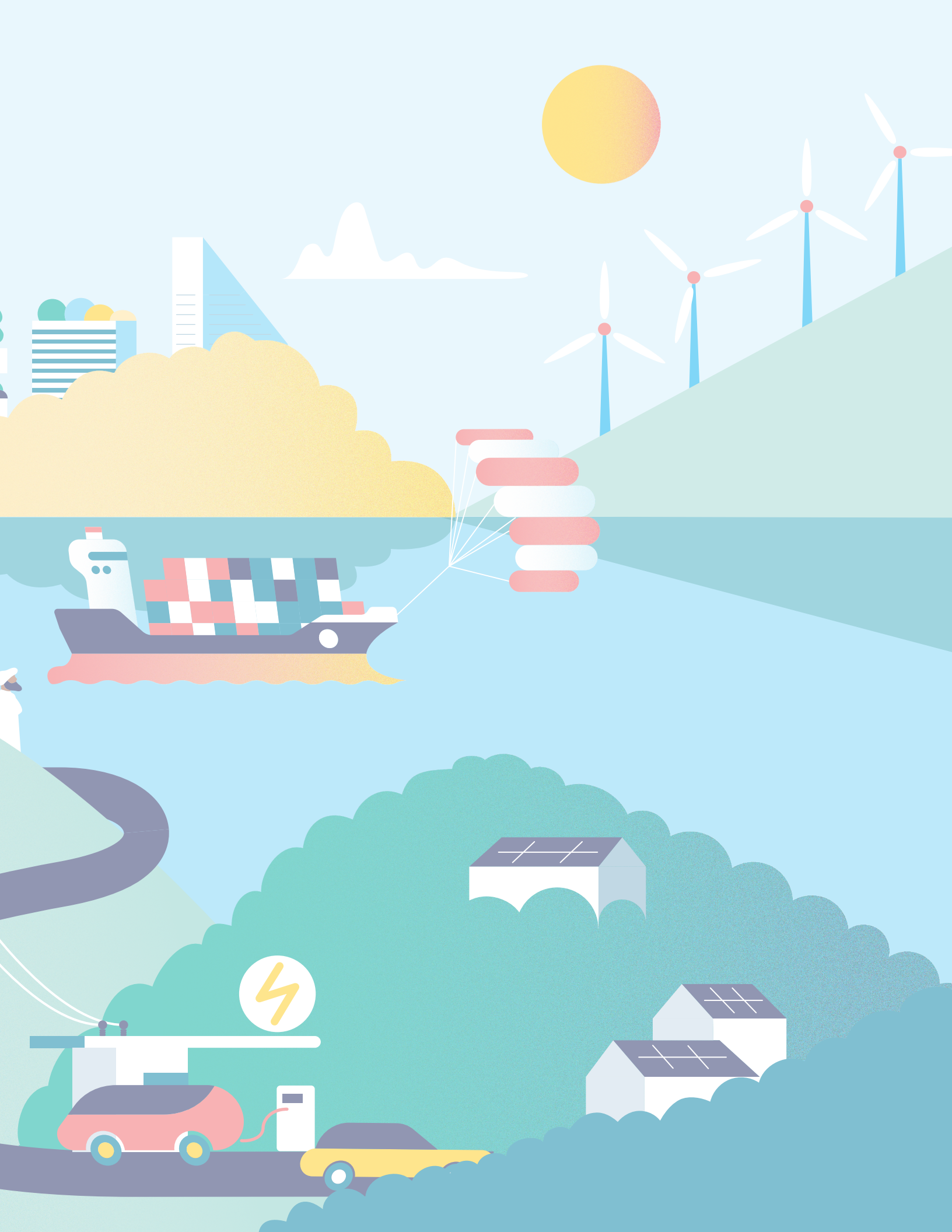
Williams, A.T., Randerson, P., Di Giacomo, C., Anfuso, G., Macias, A. and Perales, J.A. (2016). Distribution of beach litter along the coastline of Cádiz, Spain. *Marine Pollution Bulletin* 107(1), 77-87. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.015.

Willoughby, N.G., Sangkoyo, H. and Lakaseru, B.O. (1997). Beach litter: An increasing and changing problem for Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 34(6), 469-478. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00141-5.

Windle, M.J.S., Neis, B., Bornstein, S., Binkley, M. and Navarro, P. (2008). Fishing occupational health and safety: A comparison of regulatory regimes and safety outcomes in six countries. *Marine Policy* 32(4), 701-710. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.12.003.

Yoshino, K. (2017). TURFs in the post-quake recovery: Case studies in Sanriku fishing communities, Japan. *Marine Policy* 86, 47-55. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.029.

Zúñiga, S., Ramírez, P. and Valdebenito, M. (2008). Situación socioeconómica de las áreas de manejo en la región de Coquimbo, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research* 36(1), 63-81. https://doi.org/10.3856/vol36-issue1-fulltext-5.



第 15 章

土地和土壤政策

© Shutterstock/Ongtharaong

领衔作者兼**协调负责**人：Klaus Jacob（柏林自由大学），Peter King（全球环境战略研究所），Diana Mangalagiu（牛津大学和诺欧商学院）

领衔作者：Pandi Zdruli（巴里地中海农学院），Katharina Helming（莱布尼茨农业景观研究中心，Andrew Onwuemele（尼日利亚社会经济研究所），Leila Zamani（伊朗环境部）

《全球环境展望》研究员：Darshini Ravindranath（伦敦大学学院），Hung Vo（哈佛大学）

执行摘要

15

土地保护政策因地区和国家而异，从几乎不存在到高度发达，各种情况都有（不完全证实）。但是，土地保护政策的实施却存在许多缺陷。一般而言，社会经济发展方面的国家政策（如农业、生物能源和城市发展方面的经济激励政策）都会忽视土地退化产生的副作用。只要经济增长不与环境退化脱钩，土地的可持续使用和管理要求就会存在，那么政策框架就需要能够更好地实现跨部门的土地管理领域治理一体化，特别是发展中国家。本章对5个案例研究中与土地质量相关的政策和政策方法的有效性进行了分析。这些案例研究有着不同的社会经济和自然背景及管理方法。这样分析的目的是为政策制定者和决策者在利益冲突和资源稀缺背景下应对复杂土地问题的情形提供些许信息。{15.4}

只要有效的土地和土壤管理政策框架未在国家和国际层面确立，土地退化就可能继续恶化（不完全证实）。包括土地掠夺在内的全球贸易和土地收购对当地人民的生计和国际食品贸易市场有着直接影响。{15.1；15.2}

土地退化问题和相关政策行动的缺失可能使一些地区的人口迁徙加速（充分证实）。生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台指出："到2050年，估计有40亿人将生活在干旱地区；到那时，5,000万至7亿人口可能会因土地退化和气候变化而不得不进行迁徙"。这会加剧非洲、南亚、中东和北非大部分地区的困境，使其受人口迅速增长、人均GDP降低、农业扩张选择受限、水资源胁迫增加、生物多样性丧失量大等问题的影响。{15.1}

在目前有关地方的社会、经济和政治发展形势等背景下，土地退化和荒漠化问题可加以预防（充分证实）。可持续土地管理甚至可逆转严重的荒漠化进程。但是，要实施这类作法，必须要有利用公共资金或通过私营部门直接资助等公私合作方式支持地方人民参与并为其提供补偿的政策框架。然而，这类激励措施具有国家特殊性，即取决于一个国家是否有足够的财政资源。{15.2.1}

土地是生态系统功能和服务的一个主要来源。因此，土地用途的变化是生态系统服务和生物多样性丧失的一个重大直接推动因素（充分证实）。2017年，全球因土地退化导致的生态系统服务损失据估计介于6.3万亿美元至10.6万亿美元之间。这一损失估算额相当于全球GDP（2010年为63万亿美元）的10-17%，而在实施可持续土地管理政策的情况下，当前土地退化趋势的终止和逆转每年可创造1.4万亿美元的经济效益。{15.2；15.2.2}

旨在应对因土壤污染而对人类健康构成风险问题的土地政策框架，不仅零散，而且不完整（不完全证实）。"污染者付费"这一原则尚未广泛适用，且污染治理成本非常高——这使得这一原则甚至在发达国家都难以实施。知识缺失和数据鸿沟则进一步妨碍了这一原则的实施。因此，重新考虑这项原则或要求政府（地方、地区和国家各级政府）重新做出强有力的行动承诺，就保护公众健康而言这是必要的。重金属、农药、有机污染物及其它有毒物质造成的土地污染正在严重威胁人类健康，因为这些物质正被作为人类食物的植物所吸收。在缺乏经济资源和土壤污染治理技术的发展中国家，这类影响甚至更加严重。{15.2.3；15.2.4}

可持续土地管理是缓解气候变化领域的一项主要工具，因为它改善了土壤的碳封存功能（充分证实）。这正是土地和土壤政策在2015年于巴黎举行的《联合国气候变化框架公约》第23次缔约方大会（UNFCCC COP 23）相关气候变化谈判中受到国际社会日益重视的原因所在。在这次大会上，法国政府发起了"千分之四倡议"。该倡议旨在改善能够缓解气候变化的农业实践，从而推动改善土壤质量、碳封存和土壤保护。{15.3.1；15.4}

在全球范围内，特别是发达经济体，因粮食浪费而加剧的高消费生活方式及高企的人口增长率都对土地及其资源产生了负面影响（不完全证实）。食物和生物燃料需求的增加将引发农业集约化现象，以致于到2050年，生物质的生产预计将翻番。政策应通过保护性农业实践对可持续集约化提供指导，以缓解土壤健康和环境面临的消极影响。{15.2.4}

土地利用规划、土地资源的可持续利用和可持续土地管理，这三点是解决如何在生产与环境保护两者之间进行平衡这一问题的答案（充分证实）。可持续集约化作法致力于将农作物产量的增加与土壤肥力的维护及水资源使用效率的改善结合起来。每年，旨在推动可持续土地管理的全球政策可产生75.6万亿美元的收益。与其它许多可持续土地管理实践一样，包含免耕法的保护性农业为那些能够维护土地质量、改善土壤碳封存功能、缓解气候变化、保护生物多样性且维系生产力的技术提供了一个很好的例子。但是，政策、经济分析、科技和耕作激励措施等等对于这些技术的实施都是必要的，特别是就发展中国家的小规模土地所有者而言。{15.2.4}

土地管理、土地恢复和土地政策需要根据地方条件进行调整（充分证实）。相关经验表明，“一刀切”并不是在全球范围内倡导可持续土地管理相关方法的选项之一。政策实施的成功取决于许多因素。这些因素必须考虑从整体出发，与社会经济和自然特征高度契合，并有良好治理和利益相关方参与的支持。{15.2.4；15.2.5}

实施抗击土地退化并支持可持续土地管理政策的正确行动将直接影响全球范围为数百万人的生计（充分证实）。如果不立即采取行动，这一当务之急将更加艰难，且代价将更加昂贵。遗憾的是，目前消费者与为其提供赖以生存的食物及其它商品的生态系统之间仍然存在着脱钩的问题。{15.5}

土地是一种有限资源，目前正处于人类压力特别是城市扩张压力之下（不完全证实）。杂乱无章的城市扩张正在世界各地发生，且大部分都是在肥沃且有生产力的土地上进行的。到2050年，全球约80%的肥沃土壤都将面临丧失的风险，因为目前每年都有约2,000万公顷的农业用地正被转化为城市和工业开发用地。这种情形在沿海地区尤甚。因此，土地利用政策应在具有竞争性的利益之间进行适当的土地资源分配。城市在土地用途变化中扮演着重要角色，因此市镇和城市规划者应协调其与大量利益相关方包括公民团体之间的行动并创建公私合作关系，以确保城市定居点与负责任粮食体系这两者的可持续空间规划、政策连贯性、政策实施和冲突解决。{4.2.5；15.3.3}

15.1 引言

正如第8章所述，土地在“健康地球、健康人类”这一主题下扮演着重大角色，是全球实现可持续发展这一努力的基础。因此，可持续土地管理（SLM）不仅在促进和维护自然为人类所做贡献的极大多样性方面至关重要，而且在应对贫困和饥饿问题方面至关重要。

在国际层面，可持续发展目标（SDG）强调，为保护处于崩溃边缘的自然生态系统，包括应对自然灾害因气候变化而增加的问题，利益相关方实施可持续土地管理是必要的。可持续发展目标15与本报告第8章的分析直接相关。此外，可持续发展目标的子目标15.3也对土地问题进行了聚焦，要求针对土地退化采取行动并努力建立一个不再出现土地退化的世界。尽管土地管理是可持续发展目标的子目标15.3的明确目标，但粮食安全（可持续发展目标2）和气候行动（可持续发展目标13）才是其首要目标；而且，可持续发展目标的子目标15.3与可持续发展目标1、3、6、7、11、12也多有联系（**图15.1**）。

专栏15.1：土地和土壤的概念

土地和土壤并非同义词。土地指地球上没有被水永久覆盖的固态陆地部分；它为人类提供了无穷无尽的服务和功能，从生物质的生产到城市生活栖息地的提供等，不一而足。土地包含土壤、植被、其它生物群及在土地上发生的生态和水文学过程。土壤是土地表面未固结的、由矿物质颗粒、有机物、水、空气和生物在时间进程中同步互动产生的物质。土壤中的生态过程确保了生物质的生产、营养物的循环、碳封存、水的过滤和缓冲、降温效应和生物多样性赖以存在的基础等。

图15.1：与土地相关的可持续发展目标的子目标15.3与其它可持续发展目标之间的联系

1 无贫穷
- 1.1 消除极端贫困
- 1.2 减少一半贫困人口
- 1.4 确保资源权利和土地所有权方面的平等
- 1.5 发展恢复力、降低脆弱性

2 零饥饿
- 2.1 消除饥饿、确保食物获取
- 2.2 消除一切形式的营养不良
- 2.3 实现农业生产力翻倍和收入翻番
- 2.4 确保粮食生产体系的可持续性

15 陆地生物
- 15.1 确保对生态系统及其服务的保护
- 15.2 推动对森林的可持续管理
- 15.4 保护山地生态系统
- 15.5 减少自然栖息地的退化
- 15.8 减少外来入侵物种的影响
- 15.9 将生态系统和生物多样性价值观纳入政策

6 清洁饮水和卫生设施
- 6.1 实现人人享有清洁饮用水的目标
- 6.4 提高水资源使用效率
- 6.5 实施水资综合源管理
- 6.6 保护和恢复与水有关的生态系统

13 气候行动
- 13.1 增强在气候相关危害面前的恢复力
- 13.2 将气候变化措施纳入政策

12 负责任消费和生产
- 12.3 使全球人均粮食浪费减半

7 经济适用的清洁能源
- 7.2 提高可再生能源的比重

资料来源：Akhtar-Schuster等人（2017年）

人口增长、城市化、经济发展、技术和创新及气候变化对土地及其资源产生的动力和压力（参见第2章）已引发全球、区域和国家层面的应对行动。如**表15.1**所示，与可持续土地和土壤管理直接或间接相关的若干应对措施已经启动。

本章全面概述了当前的土地和土壤管理政策框架及其相关缺陷——特别是政策衔接和政策实施方面的缺陷，以及政策的总体有效性。本章后续章节就不同法律和政策工具、经济工具和激励措施及不同国家实施的政策和项目等主题提供了相应的案例研究。这些案例研究的遴选标准包括区域平衡、空间范围、政策和/或治理安排的类型、与本报告第8章详述的土地资源的现状和趋势之间的相关性等。.

© Shutterstock/pbckrena

15.2 主要政策和治理方法

表15.2概述了土地退化领域的主要政策及相应案例研究。这些案例反映了影响土地退化的各种驱动力、经济部门和进程，说明了涵盖一系列实施相关空间范围和时间框架的政策工具。尽管涉及了土地退化的重要驱动力和

表15.1：土地治理和可持续发展领域近年发生的里程碑事件

年份	里程碑事件
1981	2015年联合国粮食及农业组织《世界土壤宪章》
1988	气候变化政府间专家小组（IPCC）
1992	联合国环境和发展大会
	《里约宣言》
	21世纪议程
	全球环境基金
	《联合国防治荒漠化公约（UNCCD）》
	《联合国气候变化框架公约（UNFCCC）》
	《生物多样性公约（CBD）》
1997	《京都议定书》
2000	千年发展目标（MDG）
2005	千年生态系统评估
2008	《联合国防治荒漠化公约》的土地退化零增长和土地退化中性倡议
2011	全球土壤伙伴计划（GSP）启动（联合国粮食及农业组织/欧盟）
2012	里约+20
2015	可持续发展目标（SDG）和2015年后发展议程
	全球土壤伙伴计划的政府间土壤技术小组（ITP）
	土地和土壤问题被纳入可持续发展目标开放工作组工作范围
	全球土壤伙伴计划的区域土壤伙伴计划
	联合国大会宣布国际土壤年
	土地退化经济学
	《联合国气候变化框架公约》巴黎协定
2017	（联合国经济及社会理事会）《联合国森林战略规划（2017-2030年）》
	联合国粮食及农业组织的《可持续土壤管理自愿准则》
2018	《联合国防治荒漠化公约》的土地退化中性基金——一项以混合融资为目的的公私合作计划

表15.2：本章所述政策和治理方法的分类

治理方法	政策工具	案例研究
政策组合：指挥和控制、经济激励	资助项目并设置最佳管理实践标准	老挝人民民主共和国强化外商直接投资管理及社会和环境保障的努力
政策组合：指挥和控制、经济激励	荒漠化防治规划和补偿	中国的绿色长城项目
指挥和控制	为污染区修复政策设置门槛值	越南橙剂污染土地的修复治理
创新促进	为农业创新提供咨询和联网服务	澳大利亚的保护性农业和免耕栽培
主体推动	创建负责任的粮食体系，以创建利益相关方网络并最大限度地减少粮食浪费等	《米兰城市粮食政策公约》

相应政策方法，但这些案例并没有阐述第8章所述土地退化的其它两个重要方面，即不可靠的土地使用权制度和土地掠夺问题（第8.5.3节）这个方面和一国境内土地相关产品（食物、生物能等）的消费对其它国家土地资源损耗的遥相关和溢出效应（第8.4.1节）这个问题。实际上，这两个问题都对土地退化影响的社会维度产生了严重影响（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018a）。

15.2.1 资助项目并设置最佳管理实践标准

可持续土地管理受政策框架的影响很大，而政策框架又因国家和地区而异。在这方面，一个主要推动因素是土地用途的变化，因为这种变化会产生显著的经济和环境后果。经济收益通常要对环境退化负责，但在许多情况下，经济收益并不会惠及所有利益相关方（Castella等人，2013年）。下面的案例研究就对这些相互作用进行了考察。

案例研究：老挝人民民主共和国强化外商直接投资管理及社会和环境保障的努力

外商直接投资占老挝人民民主共和国国内生产总值（GDP）的50%以上，因此对该国的经济增长有着直接影响。但是，外商直接投资也在该国造成了严重的环境问题。自20世纪80年代起，老挝就一直在经历严重的森林损耗。1982年，该国森林覆盖率几乎高达50%（Phompila等人，2017年），而到2013年，这一比率已经下降到了41.5%。

导致森林减少的因素有很多（联合国粮食及农业组织，2010年）。但是，经济活动如将森林土地变更为农业用地主要是经济作物用地、与基础设施扩张和水电站建设相关的城市拓展等是一大主因。毁林加速的其它驱动力还包括狩猎和伐木失控、垦林放牧等（联合国开发计划署，2014年）。2000-2009年间，将森林土地转化为农业用地的经济活动使老挝境内的土地交易数增加了50倍（Schonweger等人，2012年）。到2018年3月，该国批准的外商投资项目和国内投资项目的金额已经超过了290亿美元。除39亿美元外，这些金额全部都是通过外商投资（85亿美元）或合资企业（166亿美元）的形式创造的（联合国开发计划署—联合国环境规划署贫困与环境倡议，联合国开发计划署和联合国环境规划署，2018年）。

第二大土地出让类型涉及农业投资。1990-2007年间，庄园特别是橡胶园的面积已从1,000公顷急剧增加到了20万公顷（Phimmavong等人，2009年）。截至2012年，这一数字已经超过了33万公顷。一项早期研究发现，农业土地出让投资中85%来自外国投资者，其中五大投资国分别为中国（约占50%）、泰国、越南、韩国和印度（Wellmann，2012年）。土地出让面积这一项的估计数介于33万公顷至350万公顷之间，但政府报告显示，110万公顷的数字仍是一个保守估计。这相当于老挝国土面积的5%或可耕地总面积的18%以上（全球见证，2013年）。老挝境内13%的村庄至少都有一个土地出让项目（Wellmann，2012年）。

大量没有产权证的公有土地成了致力于在老挝境内拓展土地收购的大型外国公司的目标。遗憾的是，这一进程催生了一个新的、影响当地人口生计的贫困类型；使当地人民的基本生计需求不得不完全依赖新进投资者（Messerli等人，2015年）。在一个案例中，25个村庄因为一个涉及某一越南橡胶公司的土地出让项目而被迫离开家园；因为这一项目，当地村民再也不能从被出让土地上获得他们之前赖以生存的自然资源了（联合国开发计划署和联合国环境规划署，2013年）。

为应对环境和自然资源可持续开发带来的挑战，应老挝人民民主共和国政府的邀请，联合国开发计划署和联合国环境规划署联合发起的贫困与环境倡议在2009-2015年间为老挝政府开发用于指导投资促进、筛查、批准、监测和合规执法的工具提供了支持，同时还为相关机构建设与受影响社区进行接触并对其在关键自然资源部门进行投资所产生的非预期社会和环境影响进行应对的能力提供了帮助。**表15.3**概述了老挝政府在这一倡议下采用的外国投资评估标准。

15.3：贫困与环境倡议下老挝政府外商投资评估标准概述

标准	描述	参考文献
成败	成功标准包括：源于贫困与环境倡议的效益；首个绿色、亲穷人、高质量的投资管理体系；开发选项的评估；对积极和消极投资影响的深入了解；关于投资者合规程度的意识；问责改善；“绿色增长”理念的引进等。尽管开展了培训活动和能力建设，但国家和地方层面若干主体理解和实施公平投资管理体系的能力并没有提高。虽然有能力建设活动，但政府能力分布不均仍是一大挑战。尽管如此，政府官员们仍显示出了愿对此给予投入和理解的态度。此外，投资管理领域明确责任划分的缺失问题仍未得到解决。	Tavera，2015年
评估独立性	对老挝人民民主共和国境内这一活动进行的评估是贫困与环境倡议独立中期评估的一部分。应联合国开发计划署国别办公室的请求，该倡议第一期（2009-2012年）和第二期活动（2012-2015年）已由一独立咨询公司实施评估。	
关键主体	贫困与环境倡议国别团队与老挝人民民主共和国国民大会、规划和投资部环境和社会影响评估司、自然资源和环境部投资促进司和国家经济研究所等单位进行了密切合作。	
基线	2011年项目启动之前10年内，老挝的年均GDP增长率为7.9%（老挝规划和环境部，2011年），2007年的贫困率为27%（世界银行，2010年）。2010年，老挝的人均GDP 为1101美元。	
时间线	第一期于2009-2012年间实施，第二期于2012-2015年间实施。第三期（2016-2018年）不在本案例研究范围之内。	
制约因素	为使国民大会的规范工作切实有效，提高国民大会成员的贫困和环境意识及相关能力是当务之急。尽管国民大会技术工作人员得到了合规相关培训，但贫困与环境倡议的能力建设工作仍然有限，因而需要持续和拓展。此外，部级特别是地方层面的能力也有待加强。其中，地方对于倡议的实施非常重要，且通常难以触及。部际和垂直协调（特别是与各省之间的协调）也应予以改善，以实现一体化发展和公平的投资管理。	
促进因素	政府承诺和参与是重大促进因素，特别是就国民大会而言，但投资促进司和发展相关部委亦然（规划和投资部的参与具有根本重要性）。倡议提高了作为榜样的管理人员和工作人员对贫困与环境的认识，并使公平投资管理获得了优先地位。改进后的评估和投资数据管理开始为决策提供指导，并使人们开始理解投资是否在经济上对社区有益这一问题。	
成本有效性	外商直接投资占该国GDP的份额很大，且据预测将主导该国发展。因此，外商直接投资的妥善管理是对可持续和公平经济增长的一项重大贡献。	
公平性	外商直接投资的管理直接涉及受其影响社区的公平问题。过去，不受监管的投资导致了整个村庄被迫迁徙、土地被掠夺、对当地居民生计至关重要的资源被剥夺等问题，且不一定有益于国家的发展（也不一定能够为地方创造就业岗位或为中央政府提供重大收入来源）。在贫困与环境倡议的支持下，老挝人民民主共和国得以制定了相关法律框架和安全网，将外商直接投资置于更加公平条件的约束之下。这项工作还有助于提高决策者对公平、可持续发展的意识，并使国民大会及未来的国家发展战略以这一目标为导向。实际上，倡议第一期已经实现了这一目标。在第一期实施期间，老挝的国民社会经济发展第七个五年计划（2011-2015年）就纳入了贫困与和环境问题，同时还强调了高质量发展和公平等目标。	老挝人民民主共和国规划和投资部，2011年
共同效益	投资管理公平维度的应对还会对环境方面产生积极外部影响。它推动了更加包容和可持续的土地管理，防止了自然资源的损耗和生物多样性的丧失。这些实践都使得经济效益能够在地方社区之间进行更加公平地分配。这些还说明了可持续发展三个维度（经济、社会和环境）都是如何被应对的这个问题。老挝人民民主共和国的案例还提供了一个可通过南南学习进行共享的可持续发展外商直接投资管理案例。而且，它还为贫困与环境倡议在缅甸、蒙古和菲律宾国别项目的工作特别是开采行业的投资提供了指导。	Choi和Gankhuyag，2016年
跨界问题	更具约束力的投资监管体系可能导致投资者逃离到监管框架较为松弛且合规标准较低的其它国家。为避免这种现象发生，各国应改善其投资管理表现，而与整个地区进行合作实现标准的统一。老挝人民民主共和国的经验可服务于亚洲和太平洋之外的国家，因为它与旨在倡导包容、绿色经济增长的全球努力都具有相关性。	

标准	描述	参考文献
潜在改进	❖ 实现投资促进司和财政部的投资管理财务可持续战略，使投资管理活动具有可持续性。 ❖ 改善相关部委之间的数据共享，以促进投资管理的协调。 ❖ 强化合规执法 ❖ 强化所有主体特别是地方层面的工具相关培训，提高其对工具的掌握程度。 ❖ 改善整个地区的外商直接投资管理，以避免投资者逃到监管标准较低的环境中去。 ❖ 加强社区参与	

2016年就联合国开发计划署和联合国环境规划署贫困与环境倡议这一联合项目开展的独立评估认为，这一倡议的表现“高度令人满意”。但是，公平、全面法律框架的有效性还受超出该项目范围的实施和执法等条件的约束。在执法方面，该项目面临的主要障碍是缺乏投资监测所需的制度能力、工具和资金。人们进行了旨在弥补信息鸿沟的努力，包括改善数据库管理以便对合规进行监测的努力。但是，机构之间协调水平的低下仍然使这种数据无法生成合规和执法方面的一致行动。此外，社区参与国家决策过程的机会也有限（Tavera，2015年；Tavera，Alderman和Nordin，2016年）。另一方面，公平、可持续增长的条件已经具备。在提供全面、公平的工具和程序以推动高质量投资和保护社区方面，政策努力是成功的。现在，老挝有了提高相关主体参与发展进程能力的法律框架；该国正朝着确保以社会和环境效益而不仅仅是经济效益对投资进行评判的方向迈出了一步。此外，社区参与也得到了推动（联合国开发计划署）。这些投资部门的努力还推动了决策者可持续发展意识的提高，同时还提升了可持续发展的政治优先度。

15.2.2 阻止荒漠化相关规划和补偿

任何荒漠化防治策略的成功都取决于可持续土地和水资源管理实践的实施，而可持续土地和水资源管理实践的实施又必须与地方特定生物地球物理特征和社会经济形势相适应。土壤管理得当可延缓土地退化进程，调节水循环，维护生物多样性，保护景观的多重功能并改善生态系统服务的提供（《联合国防治荒漠化公约（UNCCD）》，2017a；Zdruli和Zucca，2018年）。

在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（参见第1.6节）下，荒漠化防治领域的一般政策方法都要应对土地覆盖减少这一压力；在许多情况下，土地覆盖的减少都是旨在提高农业产量的经济动机造成的。有效政策方法通常都要将指挥和控制政策（在极端情形下甚至是强迫农民休耕的政策）与激励政 策如植树补贴政策结合起来。可持续发展目标的子目标15.3包含的且被《联合国防治荒漠化公约》和土地退化经济学倡议承认的零土地退化目标已成为减少土地资源净损失并确保土地资源可持续发展的主流战略工具（Akhtar-Schuster等人，2017年；《联合国防治荒漠化公约》，2017a）；当然，该目标还涉及气候变化问题（Sanz等人，2017年）。为支持上述目标，人们实施了一系列管理实践，包括可持续土地/土壤和水资源管理、造林和再造林、农业生态学、牧场改善和放牧控制、流域管理、径流集蓄、可持续农业实践等（Rojo等人，2012年；Schwilch，Liniger和Hurni，2014年；Teshome等人，2015年；Marques等人，2016年）。

土地恢复项目通常都是由公共资金资助的，且一般都是采用自上而下的方法（Marques等人，2016年）。这种自上而下的方法传统上都是由中央政府实施的；因此，这类工具通常被称为“指挥和控制”或监管工具（King和Mori 2007年；Weber，Driessen和 Runhaar，2014年）。在这类工具下，政府通常负责制定规则和规范，并有权在规则未得到实施的情况下实施制裁。标准、禁令、许可、分区和使用限制等都是监管工具的例子（Lambin等人，2014年；Weber Driessen和Runhaar，2014年）。“指挥和控制”方法通常在发展中国家使用得更多，这一点从下文的案例研究中可以看出。

案例研究：中国能够有效降低沙尘暴强度的绿色长城

中国的绿色长城（GGW）是荒漠化防治和沙尘暴控制领域最具雄心的项目之一，类似于从达喀尔绵延至吉布提的撒哈拉绿色长城。该项目一开始被称为三北防护林项目，是1978年启动的。今天，该项目仍然保留了这一名称，但同时也被称作中国的绿色长城。根据计划，该项目将持续到2050年。作为中国规模最大的造林项目，三北防护林这一名称在中国已经家喻户晓（Huang等人，2016年）。根据设计，该项目将覆盖410万平方公里土地（占中国国土总面积的42.7%），详见**图15.2**（Wang等人，2010年）。

图15.2：中国北部绿色长城的范围

Source: Source: O'Callaghan (2014).

表15.4：中国荒漠化和沙尘控制评估标准概述

标准	描述	参考文献
成败	中国的研究人员和政府官员表示，造林活动成功防治了荒漠化、加速了土壤碳封存并减少了碳土壤侵蚀。到2012年，据报道该项目已将项目地区的树木覆盖率从5%提高到了12.4%，而植树造林累计面积已达2,647万公顷。该政策之所以是成功的，是因为它扭转了土地退化趋势，而在此之前，许多地方的土壤碳吸存能力已开始下降。与非绿色长城地区相比，绿色长城地区的植被覆盖率得到了提高。这直接导致了中国北方地区沙尘暴强度的降低。在项目实施期间，沙漠扩张的速度被降低到了每年10平方公里的水平。此外，每年约有1,060平方公里的沙漠被改造为良好状态。 但是，批评意见认为，该项目目前可能并未实现其目标。其中的原因之一是，人们观察到的沙尘暴强度的降低可能只是气候变化的结果。其次，该项目只是在受影响地区的一小部分地方实施，甚至连作为沙尘暴来源的核心地区都没有实施。第三，由于管理不善和/或缺水，并非所有种植的树木和灌木都能在项目存续期之后继续存活。还有一项批评与在项目实施区域种植各种不适合干旱地区的植物、从而导致地下水使用过度这一问题有关。	Piao等（2007年；Wang等人（2010年）；国家林业局（2011年）；Deng，Liu和Shangguan（2014年；Sternberg，Rueff和Middleton（2015年）；Tan和Li（2015年）；Feng等人（2016年）；Jiang（2016年；Ahrends等人（2017年）
评估独立性	除上文报告的中国研究人员开展的评估外，目前尚未开展其它独立评估。	
关键主体	关键主体和投资者都是中国政府，其下属18个中央政府部门和机构及地方当局都参与了荒漠化控制相关政策制定的各个方面。国家林业局（SFA）负责协调这些部门的活动。地方居民和社区也参与了造林、草地建植及相关活动。此外，该项目还寻求与国内外非政府实体之间的积极合作，包括私营部门的广泛参与。	Lu和Wang（2003年；国家林业局（2011年；Yin和Yin（2010年）
基线	从1980年起，沙尘暴事件就根据气象局监测的能见度被分成了10级（0-9级）。所谓的沙尘暴指数等于每一级能见度的中间值。尽管每年变化都相当大，但沙尘暴指数自1985年起就开始急剧降低。此外，沙尘暴天数也减少了，并于1996年达到了较低水平。但是，由于与植被之间的复杂互动，明确描述该政策实施与沙尘暴事件减少之间的一对一因果关系是不可能的。	Tan和Li（2015年）；Xiaoming等人（2016年）
时间线	1978-2050年	

15

标准	模式	参考文献
制约因素	对于世界各地包括中国荒漠化地区有限的生态承载能力而言，人口和牲畜的过度增长都是一大挑战（Pan等人，2013年）。仅仅在过去10年中，中国就在6个主要林业项目中投入了1,000多亿美元。但是，在边远地区进行的这种大规模造林投资的回报却很低，或者说，需要很长时间才能兑现。另一项缺陷则与植树后农民们对树木管理没兴趣这一问题及森林管理知识的匮乏有关。地方政府部门监管较少和补贴规模都是限制政策影响效果的问题。总体而言，补贴较低使农民们失去了参与项目实施的强大动力，尽管中国政府为实现其雄心在生态系统补偿支付计划中投入了大量资金。	Ahrends等人（2017年）；Xu，Song和Song（2017年）
促进因素	到目前为止，大量制度和管理能力都为项目成功提供了支持。自1997年起，国家林业局就成立了几个旨在应对荒漠化问题的机构，其中包括国家荒漠化防治司、国家荒漠化监测中心、国家防治荒漠化培训中心、国家防治荒漠化中心等，以开展荒漠化问题相关研究和政策项目的实施。而且，2009年6月，国家林业局下属的中国林业科学研究院又成立了荒漠化研究所。通过拨付巨额资金，中国政府为荒漠化缓解项目提供了强大支持（前28年共投入40亿美元）。此外，中国政府还实施了几项旨在增加植被覆盖的补偿措施，包括为愿意种植树木和灌木的农民提供现金奖励的措施。	Jiang（2016年）
成本有效性	“2002-2006年间，三北防护林项目投入了41.47亿元资金（5.456亿美元），创造了28.40亿元（3.737亿美元）生态效益和80.60亿元（10.605亿美元）经济效益。”荒漠化每年的直接成本据估算为642亿元（中国人民币元）（77亿美元），而间接成本据估算为2,889亿元。最后，相关分析表明，由于土地用途变化而退化土地的恢复成本显著低于不作为将付出的代价：在30年内，每一元投资的回报都高达4.7倍。	Deng和Li（2016年）；Jiang（2016年）
公平性	荒漠化控制相关决策基本上取决于政府、专家及其他社会精英，当地人民通常都是被动参与决策过程的。比如，地方社区无权就《防沙治沙法》相关控制措施做出决定。 为强化退化区域的土地恢复工作，政府给当地人民分配了土地使用权，期限长达70年。这类政策改善了土地使用权问题，提高了当地人民的参与兴趣。此外，政府还重新安置了退化土地上的农牧民，并为那些参与恢复活动的人提供了补贴和补偿。但是，目前还没有旨在支持当地人民的系统补偿方法或土地荒漠化控制方面的适当监管措施。	Jiang，2016年
共同效益	多环芳香烃——也被称为聚芳香族碳水化合物——是仅包含碳和氢这两类物质的一种有机混合物，具有致癌风险，因此对人类健康有害。三北防护林项目的实施清楚了两种多环芳香化合物即菲和苯并a芘在大气中的存在，并导致了这两种化合物的长期减少趋势。 关于西北地区沙尘暴健康影响的一系列研究表明，尘暴事件与呼吸和心血管疾病导致的住院事件显著相关（剔除了二氧化硫和/或二氧化氮的影响）。这类事件在印度也有记录。2018年5月，尘暴事件在印度甚至导致了致命后果。根据已发表研究成果（如Tan和Li 2015年；Wang等人，2012年），尘暴事件的频率和严重程度已经由于绿色长城项目的干预而逐渐降低。根据中国国家气象信息中心的统计数据（如Tan和 Li，2015年），绿色长城项目对生活在项目地区及该地区之外的人的健康状况产生了积极影响。 该项目的其它社会经济效益还包括旅游业的发展、增加当地人民的就业机会等。	Aunan和Pan（2004）；Li和Huntsinger（2011年）；Huang等人（2016年）
跨界问题	根据沙尘暴相关全球评估报告，中国和蒙古两国沙漠地区的沙尘暴可影响远至韩国、日本、太平洋岛国和北美等地区的空气和海水质量（如https://youtu.be/jGPuCeEILeM）。而且，中国、日本、蒙古和韩国之间还有《东北亚沙尘暴防治区域总体规划》这个政府间项目。该项目旨在缓解这个地区沙尘暴在中国西北地区之外（如日本和韩国）产生的健康影响，强调的是这类事件的长程运输和跨境性质及开展区域合作的必要性。沙漠灰在地球系统中也扮演了不可或缺的角色，对空气化学和气候过程、土壤特征和水质、营养物演化及海洋和陆地环境中的生物地球化学循环产生了影响。	Goudie和Middleton（2006年）；Abiodun等人（2012年）；联合国环境规划署、世界气象组织（WMO）和《联合国防治荒漠化公约》（2016年）
潜在改进	中国黄土高原类似区域的研究数据显示，造林产生的植被与人类之间存在着争夺水资源的竞争关系。因此，旨在防治荒漠化的政府决定和政策必须同时考虑生态需求和人类的社会经济需求，不影响这两者之间的水平衡。这一目标可通过保护荒漠化土地上的本地植被及根据地方条件种植适当植被或在特定情形下不实施人工干预、让土地自行恢复的方式实现。 中国的绿色长城项目考虑多重生态系统服务及其潜在后果，而非仅仅聚焦于少数服务并忽视其它影响，堪称具有类似自然条件的其它地区的榜样。但是，中国绿色长城项目实施导致了项目地区农产品生产的减少，从而在其它地方——包括中国国内外其它地区——导致了农业生产活动的增加。到目前为止，项目区域之外农业生产活动加强对土地退化产生的潜在溢出效应仍未得到充分研究。	Xiaoming等人（2016年）；Ahrends等人（2017年）

绿色长城并非中国在造林领域的唯一项目。比如，正在中国数百万公顷耕地和草地上实施的退耕还林项目也是一个造林项目；如果耕作行为不终止，这些耕地和草地终将退化或存在高度退化风险（Shuai等人，2015年；Xiaoming等人，2016年）。京津风沙源治理工程则是另一个例子。该工程旨在对生态恢复及从放牧控制和相关限制到退耕还林还草的各类管理实践的实施进行考察（Middleton和Kang，2017年）。三北防护林项目获得的经验对于中国防治荒漠化国家行动计划（NAP）的起草至关重要。中国在这方面的第一个国家行动计划制定于1996年，与《联合国防治荒漠化公约》同龄，后来又于2003年进行了修订。它是世界上第一个制定了后续监测体系、以便对荒漠化发展趋势进行评估的国家行动计划。

公私合作模式特别是亿利资源集团有限公司的模式正被事实证明非常成功。该公司所属亿利公益基金会在中国内蒙古库布齐沙漠成功改善了10万农牧民的生活，恢复了11,000平方公里退化土地的生产力，并促进了绿色能源的生产。因此，亿利基金会于2015年被联合国防治荒漠化公约授予了声誉卓著的“土地生命奖”。

中国绿色长城项目种植的树木形成了一道阻挡沙漠风暴的屏障，有助于保持空气和土壤中的水分，从而有助于植物生长。尽管该项目实施成本非常高，但其在改善人类健康、生物多样性和生计等方面仍然具有成本效益。因此，中国政府仍计划进一步扩大该造林项目。

15.2.3 为污染土地修复政策和总体治理设置门槛值

污染是全球疾病和过早死亡的一项主要诱因（Landrigan等人，2018年）；全球范围内日益增加的土地污染正影响着土地资源的可持续性及其支持生命系统的能力（Plant等人，2001年；Ballabio等人，2018年；Rodríguez-Eugenio，McLaughlin和Pennock，2018年）。在西欧，人们发现了约34.2万个污染地块（欧洲环境局【EEA】，2014年）；在美国，土地和应急管理办公室（OLEM）正监管着54万个涉及930万公顷土地的污染地块（Pierzynski和Brajendra编辑，2017年），而环境保护署则管理着约1,400个高度污染地块（美国环境保护署，2014年）。含有对公众健康和环境具有潜在危害物质的污染土地在世界上许多地方都有发现（Tóth等人，2016年）。土地污染的原因有很多，包括采矿、工业活动、军事行动、耕作、化学品和石油泄露、垃圾处理等（Rodríguez-Eugenio，McLaughlin和Pennock，2018年）。因过度或不当灌溉导致的二次土壤盐化则是另一个有待探讨的、威胁人类健康的进程（Hamidov，Helmin和Balla，2016年）。

2004年生效的《关于持久性有机污染物（POP）的斯德哥尔摩公约》是涉及人类健康和环境保护的全球政策和条约的多边环境协议之一。它要求缔约方采取措施消除持久性有机污染物的排放（联合国开发计划署，2009年）。目前，许多国家都已批准该公约且正在根据该全球条约实施各种土地修复政策。涉及国家间危险废弃物转移和危险化学品进口的其它公约还包括《巴塞尔公约》和《鹿特丹公约》。这两项公约也得到了许多国家的批准，但其规定的义务存在重大差异（巴塞尔、鹿特丹和斯德哥尔摩公约秘书处，2018年）。

总体上，土地修复政策采用的是指挥和控制类方法，即主要遵循“污染者付费”这一原则的方法（Rodrigues等人，2009年）。尽管如此，在大多数情况下，为了公共利益，人们仍需使用公共财政资源清理已被污染的土地。在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（参见第1.6节）下，本政策方法针对的是环境现状，其目的是减少土壤中的污染物数量。一些国家的中央政府已就污染土地的修复采取了具体措施，包括设立相关政策和制度框架（Rodrigues等人，2009年；欧洲环境局，2014年）。在这方面，中国的作法就是一个很好的例子。2018年，该国政府批准了一项关于土壤污染防治的新法律并规定其于2019年1月生效（新华，2018年）。下面的案例研究对越南境内被橙剂污染土地的修复治理情况进行了考察。之所以选择越南这个案例，是因为人们有充分的数据对相关政策成果进行评估，而其它许多地方的案例则没有这类数据可用。

案例研究：越南橙剂污染土地的修复治理

越南拥有世界上污染最为严重的一些土地（Lupi和Hoa，2015年）。这些土地污染是越南（或第二次印度支那）战争（1955-1975年）期间因2,3,7,8-四氯二苯并二恶英（TCDD或橙剂）的使用而造成的。在这次战争期间（1961-1972年），美国军队对越南军事设施使用了除草剂（橙剂），最终导致了土地污染、植被和农作物的毁灭等后果。冲突结束几十年后，越南政府启动了二恶英去污染项目（即越南境内二恶英污染主要地区的环境修复项目），作为其根据《斯德哥尔摩公约》制定的国别实施方案（NIP）的一部分。该项目旨在消除污染最严重地区的污染，在30万公顷被污染土地上种植树木，为所有二恶英受害者提供帮助，为残疾人提供补助和健康保险，以及强化有害化学品影响相关研究等。**表15.5**概述了这一项目的评估标准。

在美国、联合国开发计划署和一些慈善基金会的支持下，越南实施了一项由完整法律法规框架支持的土地修复政策。总体上，该政策在实现其初步目标方面是积极而有效的，但这个进程应以长期战略规划和监测方案为依据。应该注意的是，这只是一个特殊案例；也就是说，旨在应对土地污染问题的政策必须反映地方状况及通过国际共识性公约确立的国家监管框架。在整个社区的公共健康和福祉及生态系统都存在风险的情况下，预算约束和限制不应成为不作为的理由。

表15.5：越南土地去污染项目评估标准概述

标准	描述	参考文献
成败	土地被二恶英污染后又被有效修复的案例非常少；在大多数国家，唯一可行的解决方案似乎只有土地掩埋。美国环境保护署（EPA）表示，“用于清洁被二恶英污染土壤和沉积物的修复技术仍在开发之中，许多被接受技术都依赖于热力破坏。”越南案例显示了一定程度的成功，因为在国别实施方案正确实施的情况下，TCDD在环境中的扩散程度已被降至了最低。	联合国工业发展组织（UNIDO）（2012年）；Lupi和Hoa（2015年）
评估独立性	大多数评估工作都是由联合国开发计划署、美国国际开发署和联合国工业发展组织委托开展的独立评估。	美国国际开发署（USAID）（2010年）；联合国工业发展组织（2012年）；Lupi和Hoa（2015年）
关键主体	该政策实施过程中的关键主体包括国防部、环境和自然资源部、第33号委员会办公室和卫生部等。在项目实施过程中提供了技术和财务援助的利益相关方也属于关键主体，具体包括美国国际开发署、捷克专家、比尔盖茨基金会和福特基金会等。	Lupi和Hoa（2015年）
基线	美军在约占当时南越领土面积10%的土地上洒下了约45,000立方米的橙剂。约480万越南人因此而受到了影响。由于这种污染，有超过300万越南人被暴露在健康问题面前。为应对这一问题，2007-2012年间，美国国会就受影响土地的去污染及相关保健活动做出了5,950万美元的资助承诺。在主要污染地区，释放到环境中的二恶英据估计达1,736克国际毒性当量，而边和、岘港和富吉等地被修复的土地至少分别达10万平方米、7万平方米和2,500平方米。	Lupi和Hoa（2015年）
时间线	1999年，随着第33号决定的发布及被赋予协调所有橙剂相关事务这一重任的国家指导委员会的设立，橙剂污染土地的修复治理进程正式启动。之后，越南批准了旨在逐步取消持久性有机污染物使用的《斯德哥尔摩公约》。橙剂修复活动成败评估的时间范围为5年。	
制约因素	制约因素包括规划差、二恶英污染相关稳健监管框架的缺失、二恶英污染土地相关数据的缺失、技术能力的匮乏等。其它因素还包括政府部门在修复活动协调方面能力的低下、可用资金的有限等。	联合国开发计划署（2009年）
促进因素	促进因素有多个，其中包括政府的政治意志：在政府推动下，修复活动实施和协调相关政策和制度框架才得以确立。美国政府和比尔盖茨基金会、福特基金会的慈善支持则是推动污染土地修复治理的关键促进因素。	
成本有效性	在越南国内外，关于土地修复项目成本有效性的信息都很少。但是，多米尼加共和国一个铅污染地块相关土地修复项目的成本有效性评估表明，修复活动降低了土地污染相关健康成本，使其降低到了可接受水平及符合世界卫生组织（WHO）标准的门槛值。	Ericson等人（2018年）
公平性	地方社区参与了项目所支持活动的设计和实施，从而提升了地方的参与度和主人翁感，而这又促进了政策公平。政策的另一公平维度是，修复项目实施后土地不再有害，从而提高了土地利用度。	Lupi和Hoa（2015年）
共同效益	受二恶英污染影响的人口和社区在修复活动期间可从就业机会中受益。此外，机场周边的商业活动也从中受益，因为可用土地更多了。项目为该国产生了相当大的健康效益。在不作为的情况下，二恶英污染可能会进一步扩散，从而对人类健康和环境产生严重风险。除中和二恶英污染外，该项目相当部分的活动还包括在主要被污染地区周边社区开展健康教育和风险减降活动。这对人民健康产生了积极的促进作用。	西英格兰大学科学传播小组（2013年）
跨界问题	项目实施不存在任何潜在跨界问题，尽管周边国家在越南战争期间也遭受了同样的污染。	
潜在改进	越南在土地修复政策方面给出了强有力的承诺，但到底有多少土地已被修复仍不得而知。对于去污染项目政策有效性的准确评估而言，这是一个很重要的变量。	

15.2.4 为农业创新提供咨询和联网服务

推动土地使用者和农民这两者的创新是一个通用政策类型。它使用的是诸如激励和提供教育和传播服务之类的工具。过去20年中实现了拓展的一些创新技术包括免耕法（NT）和保护性农业（CA）。实际上，这两项实践是互补的，能够实现相似目标。免耕法并非保护性农业的一个主要作法，而保护性农业则是以其它两项原则即覆盖作物的引进和作物轮作为基础的（Kassam和Friedrich，2011年）。最初，免耕法和保护性农业都是为了防治土壤侵蚀而开发的。但是，这两种方法还可优化作物产量，并通过保持土壤中的有机物和营养成分以及改善水和空气质量的方式改善土壤健康。人们认为，免耕法和保护性农业都是新型农业原则可接受的、由社区主导的发展进程。但是，它们的全球份额仍然有限。免耕法主要是在北美（占全球免耕法实施面积的32%）和南美（45%）实施的。另一方面，保护性农业覆盖了全球耕地的11%左右，且与免耕法类似，主要是在北美和南美这两个地区大范围实施的——这两个区域的保护性农业面积占全球保护性农业总面积的76.6%。在这方面，欧洲已经落在了后面。在欧洲，仅有约700万公顷土地实施了保护性农业，且主要分布在俄罗斯、法国、西班牙和意大利等国（联合国粮食及农业组织，2016年）。

免耕法和保护性农业在土壤质量改善、碳封存和环境效益等方面被认为大有前途（Reicosky，2015年；Haddaway等人，2017年），尽管与传统农业相比，它们的经济效益在头几年可能会差一些（Vastola等人，2017年）。但是，随着时间的推移，这一差距可能会逐步缩小。免耕法和保护性农业的一个劣势是，在耕作减少的同时，使用的除草剂增加。

降低采用免耕法农民的化肥税并为其提供政府补贴是这方面政策工具的例子（Lankoski，Ollikainen和Uusitalo，2004年）。在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（参见第1.6节）下，此政策方法主要是通过应用能够将土壤扰动降至最低、改善土壤保水能力并控制土壤侵蚀的新型耕作技术这一方法作用于压力的（Dumanski等人，2006年；Serraj和Sidique，2012年）。免耕法和保护性农业的长期应用主要取决于农民特别是发展中国家农民的经济生存能力（Krueger，2012年）。这两类实践基本上要依赖于政府补贴，特别是适合上述耕作方式的农业机械的购置补贴。据国际粮食政策研究所（IFPRI）预测，南亚和整个太平洋地区在采用免耕法耕作方面将实现巨大收益：与基线情景相比，采用免耕法种植的玉米和小麦的产量将分别高出32%和47%（Rosegrant等人，2014年）。

案例研究：西澳大利亚州的免耕栽培

20世纪70年代末，由于干旱和土壤结块等问题，耕作农业在西澳大利亚州受到了严重挑战。20世纪80年代至90年代初，澳大利亚农民曾试图通过实施免耕体系找到克服干旱问题消极影响的方法（Bellotti和Rochecouste，2014年）。由于能够带来貌似不错的效益，免耕法在其它农民中的采用率得到了提升，到2008年，这一比率达到了80-90%（Bellotti和Rochecouste，2014年）。**表15.6**概述了澳大利亚免耕农业项目的评估标准。

在土壤和水资源保护、病虫害和野草控制及植物营养供应等方面，澳大利亚免耕法的实施被认为是有效的。新南威尔士州的免耕项目就证明了这一点。在那里，免耕法促进了土壤肥力的改善、土壤酸性的稳定及土壤中有机碳含量的增加（Bellotti和Rochecouste，2014年）。

表15.6：澳大利亚免耕法实施项目评估标准概述

标准	描述	参考文献
成败	在澳大利亚，免耕栽培的实施深刻改善了土壤的保水功能，增加了可供作物生长和营养物吸收的土壤水分。新南威尔士州的农民甚至将免耕项目作为抑制传统耕作方式导致土壤养分长期丧失这一后果的一种策略使用。由于土壤酸性稳定了，相关地块上土壤的肥力因此而有了相当大的改善。此外，土壤有机碳含量也有了显著改善。所有这些重大积极贡献都是评估免耕法成败的关键指标。	Bellotti和Rochecouste（2014年）
评估独立性	2014年，Bellotti和Rochecouste（2014年）对澳大利亚免耕农业协会的免耕项目进行了独立评估。	Bellotti和Rochecouste（2014年）
关键主体	澳大利亚免耕项目的关键主体包括农民、西澳大利亚州免耕农民协会和澳大利亚政府。其中，澳大利亚政府为实施免耕农业的农民及农民顾问提供了税收减免等激励措施。	
基线	据国际粮食政策研究所（IFPRI）预测，南亚和太平洋地区在采用免耕栽培方面将实现巨大收益。土地退化经济学倡议则报告了塔吉克斯坦免耕技术实施方面的积极数据。尽管如此，对澳大利亚而言，考虑到其免耕技术的采用率，这些数据可能会低一些。因此，澳大利亚免耕栽培的拓展潜力被认为可忽略不计。	Rakhmon（2016年）
时间线	免耕法的引进是20世纪60年代初至1980年间进行的。人们将这一时期描述为意识培养期。之后，农民们开始大规模试验免耕技术，形成了一个快速采用和传播的局面。	
制约因素	免耕栽培需要使用更多氮肥，特别是在前两三年内；对投入不足的农民而言，这构成了一个严重约束条件。此外，除草剂的使用几乎是所有免耕体系的一项主要需求。在许多情况下，非选择性除草剂如草甘膦的使用也与免耕体系密不可分。这类除草剂的大范围使用可能会对生物多样性和人类健康产生消极影响。比如，在欧洲，未来能否将草甘膦作为农业除草剂使用这一问题目前正在接受严密审查，因为这种除草剂对生物多样性有影响，甚至可能对人类健康产生负面影响。如果其使用许可未来不被延期，则免耕体系的采用可能会减少。但是，作为一种新型耕作体系的精准农业的未来发展将大幅降低人们对除草剂的需求。通过大数据相关技术，精准农业可减少投入，从而优化收益。	Trigo等人（2009年）
促进因素	澳大利亚的免耕栽培有若干促进因素，如人们对变革需求的认知和耕作复杂性的不断变化等。这些因素促使农民们迅速了解了成功实施免耕栽培所需要的技能，并在澳大利亚免耕栽培背景下迅速对这种技能需求做出了响应。免耕体系还被人们认为是农业领域气候变化适应方面一项大有前途的工具。这种思维也推动了免耕栽培在利益相关方中间的广泛采用和支持。	Bellotti和Rochecouste（2014年）；Lal（2014年）；Rosegrant等人（2014年）
成本有效性	相关证据表明，免耕法在成本方面是有效的，具有土壤改良和农业经济等方面的优势。人们还注意到，免耕法改善了农场的经营预算。但是，这一效益因地点而异。许多地方还有一些证据显示，在管理良好的条件下，免耕法和保护性农业有效缩小了季节之间的产量差异，在降雨量不足的地方尤其如此。	Serraj和Sidique，2012年；Swella等人，2015年
公平性	只要免耕栽培需要新设备方面的大量资金投入，贫困农民就不可能用得起这项技术。但是，相关统计表明，澳大利亚各州之间实施免耕栽培的范围并没有什么差异；这说明，该耕作体系对于大多数农民（80-90%）而言是具有经济适用性的。在真正意义上，免耕农业没有任何输家。但是，农民仍是主要受益者。在免耕农业中，农民有机会尽可能提高其种植强度，因为作为一种保护性农业实践，免耕栽培不需要休耕。	Bellotti和Rochecouste（2014年）
共同效益	免耕作法降低了作物管理难度，改善了水土保持和作物产量，同时还节约了能源、成本和时间，因而总体上有利于农业的集约化。在这一背景下，农民、政府和公众都能得益于粮食产量的增加和土地资源及环境可持续性的提高——这也是免耕栽培的协同效益之一。	Giller等人（2015年）
跨界问题	全球变暖的缓解是免耕栽培的跨界问题之一。免耕法有助于耕地反照率的降低，从而在冷却地球和缓解全球变暖方面具有巨大潜力。此外，免耕法还减少了氧化亚氮这一强大温室气体的排放量：根据轮作方式的不同，其减排量在40%至70%之间。	Wallheimer（2010年）；Omonode等人（2011年）
潜在改进	免耕栽培据信可与其它技术创新相兼容。国际粮食政策研究所就2050年之前这一时期进行的预测建议人们测试下列技术组合方案的效果：(i) 免耕法+径流集蓄；(ii) 免耕法+精准农业；(iii) 免耕法+耐热技术；及 (iv) 免耕法+耐旱技术。在较为潮湿的地区，这些技术组合在一定程度上可弥补免耕栽培地区报告的产量下降问题。	Rosegrant等人（2014年）

15.2.5 创建负责任的粮食政策体系，以最大限度地减少粮食浪费并推动利益相关方网络的创建

当前的粮食体系可能正在导致土壤、水资源和生物多样性发生不可逆转即无法恢复的损耗（《联合国防治荒漠化公约》，2017a，参见第4.4.3节）。这种现象还加剧了人们在获取充分、新鲜和健康食物方面的不公，同时还加剧了营养（或营养不良）相关疾病如肥胖、糖尿病和心脏病的盛行（Rush和Yan，2017年）。

一项旨在应对这些挑战的努力催生了一些试图将粮食和浪费问题结合起来一并解决的城市粮食政策（Campoy-Muñoz，Cardenete和Delgado，2017年）；如果成功，这些项政策可进一步降低土地面临的压力。据估算，全球生产的粮食中有30%被浪费掉了（联合国粮食及农业组织，2018年）；仅在欧洲一地，每年浪费的粮食就多达8,800万（公）吨（Stenmarck等人，2016年），价值高达1,430亿欧元。在这些损失中，大部分来自人口密集的城市地区。因此，如果这种损失能够降低的话，用于环境友好型农业体系如有机农业或生态农业的土地就能够相应增加，从而减少对环境产生的破坏（Muller等人，2017年；Blakemore，2018年）。而且，在欧洲（Zdruli，2014年）和世界各地，几乎所有最大城市的扩张都是以适合作物耕种的最好土地为代价进行的（Bren d' Amour等人，2017年）。

城市粮食政策工具的正式建构主要是过去二十年中进行的。20世纪90年代初，一些先行城市开始制定粮食战略并建立粮食政策委员会。城市粮食政策代表的是城市政府应对粮食相关挑战的具体行动；这些挑战需要政府部门和政策领域进行协调并建立新颖的治理架构才能解决（国际可持续粮食体系专家小组（IPES-Food，2017a）。

专栏15.2：《联合国防治荒漠化公约》关于粮食体系的陈述

"我们的粮食体系把重点放在了短期生产和利润上，不是长期的环境可持续性上。现代农业体系大幅增加了[产量]，但在许多地方，作为全球粮食安全基础的土壤却正面临着污染、退化和侵蚀等问题，而这导致了生产力的长期下降"。

（《联合国防治荒漠化公约，2017a》）

在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（参见第1.6节）下，此政策方法针对的是一系列自然资源驱动力及快速发展的城市化，以减少资源的不可持续使用。1991年，通过设立多伦多粮食政策委员会，加拿大成为了制定城市粮食政策的先行国家之一。多伦多粮食政策委员会旨在就粮食政策问题为该市提供建议，充当社区粮食政策战略的倡导者并孕育利益相关方之间的对话。现在，一些欧洲城市如阿姆斯特丹、根特、布里斯托、爱丁堡和伦敦也在实施城市粮食政策方案。本章对《米兰城市粮食政策公约》进行了详细描述（DeCunto等人，2017年）。

案例研究：各城市就粮食相关良好实践开展的协作（《米兰城市粮食政策公约》）

缔结于2015年的《米兰城市粮食政策公约（MUFPP）》是世界各地城市就粮食相关良好实践开展协作的一个典型例子。这是世界上一些致力于改善城市地区粮食体系和农业用地可持续性的城市共同签署的一个国际性政策公约（Clinton等人，2018年）。当前的粮食体制可能是不可持续的，因为它会对自然资源产生消极甚至是不可逆转的影响，从而使自然资源处于不可恢复的境地（《联合国防治荒漠化公约》，2017a）。为推动当前粮食体制的必要变革并降低其对土地和公众健康产生的影响，变革当前的粮食生产、分配和消费模式是必要的。在这方面，城市粮食政策被认为具有推动全球粮食部门在食品安全、粮食安全和自然资源使用及管理等方面的必要变革的潜力（《米兰城市粮食政策公约》，2018年）。

© Shutterstock / Marcel Jancovic

联合国的目标是到2030年实现零饥饿（可持续发展目标2）。可持续发展目标15（陆地生物）也与零饥饿这一目标的实现相关。但是，只有在城市的支持下，这一目标才能真正实现。目前已有167个城市签署的《米兰城市粮食政策公约》要求缔约方就影响城市粮食体系的所有部门制定可持续政策、项目和倡议。这些政策、项目和倡议应涵盖6个主题集，即：(i) 建立治理框架或创建一个有利于采取行动的环境；(ii) 可持续饮食和营养；(iii) 社会和经济公平；(iv) 粮食生产，包括城市与农村之间的联系；(v) 粮食供应和分配；(vi) 粮食浪费的预防、减少和管理（Forster等人编辑，2015年）。《米兰城市粮食政策公约》的行动框架是自愿的，其目的是加速城市之间的协作，改善可持续粮食体系，同时承认城市之间在目的和目标方面的多样性（Forster等人，2015年）。所有这些目标都与环境保护和生物多样性保护密切相关（**表15.7**）。《米兰城市粮食政策公约》的一个典型成果就是下文描述的墨西哥含糖饮料税这一案例（Colchero等人，2016年）。

表15.7：《米兰城市粮食政策公约》评估标准及其在墨西哥的影响概述

标准	描述	参考文献
成败	《米兰城市粮食政策公约》强化了城市在全球粮食体系中的关键主体这一角色，同时还促进了城市之间的协作关系。该公约是在2015年以“滋养地球，生命的能源”为主题的米兰世界博览会上发起的，是联合国秘书长潘基文2015年10月16日签署的《米兰宪章》这一里程碑文件的一部分。两年后的今天，该公约正被证明是促进城市之间就粮食政策开展协作并帮助城市更好地实施土地利用规划和改善环境可持续性的一项有益工具。	欧洲肥胖研究协会（2015年）
评估独立性	尽管《米兰城市粮食政策公约》本身尚未接受过影响评估，但该公约在墨西哥的实施已经接受了独立影响评估。	Colchero等人（2016年）
关键主体	《米兰城市粮食政策公约》的关键主体包括签署该公约的城市市长及相关城市的公民组织、私营部门和研究团体。	
基线	现有数据表明，软饮在墨西哥的年人均消费量多达43加仑。此外，5-11岁之间的墨西哥学龄儿童每年要喝掉20.7%的能量饮料，其中约一半为含糖饮料。在墨西哥，大多数成年人（64%）都超重，28%的人患有肥胖症，而11%的人则患有二型糖尿病。	Flores等人（2010年）；Bronwell等人（2011年）；世界卫生组织（2015年）
时间线	该倡议由墨西哥政府于2014年1月发起，并于2016年接受了独立评估。	
制约因素	《米兰城市粮食政策公约》明确的制约因素包括：一些城市的治理体系存在政府部门和机构能力薄弱的问题；利益相关方在城市层面的参与率较低等。城市政策各不相同、从而影响了市政当局的权力或管辖权则是另一制约因素。	Forster等人编辑（2015年）
促进因素	《米兰城市粮食政策公约》以证据为依据的成果框架及资金供应是其在墨西哥实施的关键促进因素。	国际可持续粮食体系专家小组（2017b）
成本有效性	Thavorncharoensap（2017年）考察了通过饮料税预防和控制肥胖症这一政策的成本有效性。结果表明，饮料税是肥胖症防治领域一项相关且具有成本效益的措施。一些城市案例表明，某些作法或行动可催生具有成本效益的政策。这些政策包括微型花园、多方合作创业、移动应用、家庭商店、流行餐馆项目和城市农业的推广等。	Forster等人（2015年）；联合国粮食及农业组织（2017年）；Thavorncharoensap（2017年）
公平性	为改善社会和经济公平，该政策倡导了6项行动建议：(i) 使用社会保障机制，如面向弱势群体的现金和粮食转移，以增加其食物供给；(ii) 重定向学校膳食计划，以提供健康食物；(iii) 促进体面就业；(iv) 鼓励和支持社会及团结经济活动；(v) 促进网络建设，支持基层活动；(vi) 推动参与式教育、培训和研究活动。	Forster等人编辑（2015年）
共同效益	该政策的共同效益包括：地方居民在日常生活的许多方面获得了市政府的支持；绿地和生物多样性增加；地方经济的促进和就业的增加；居民之间的团结；食品质量的改善；废弃区域的升级；垃圾回收和管理；多元化休闲景观的创建等。此外，该政策还成功应对了市内的热浪和热岛等问题。	Forster等人编辑（2015年）
跨界问题	该政策创建的网络具有召集地方政府并强化其在多层次治理架构中的角色的能力，并为各利益相关方提供了一个就成功政策进行沟通和交流的平台。	Cinzia和Licomati（2017年）
潜在改进	某些关键领域还存在不足，如关键政府部门在公约实施过程中的协作水平仍有待提高、政策连贯性仍有待加强、部分关键利益相关方仍有待参与粮食政策的实施等。	Forster等人编辑（2015年）

《米兰城市粮食政策公约》对环境、经济、社会公平和城市人口的健康及其与城乡农业之间的关系产生了影响。现在，越来越多的城市开始参加这一倡议，而有望加入这一倡议的城市则更多。《米兰城市粮食政策公约》第三届年会及市长峰会已于2017年10月在西班牙瓦伦西亚召开，与会人员包括400多名市长、专家和城市代表。他们呼吁联合国机构承认他们在塑造可持续粮食体系方面的作用，并在城市内外创建更美好的生活环境。在墨西哥，当地人民对过度消费含糖软的健康后果及重拾传统粮食体系的必要性的有了更深的认识，而这无疑反映了《米兰城市粮食政策公约》相关政策的实施效率。

15.3 指标

土地管理是可持续发展目标的子目标15.3的一个明确指标，而且与其它可持续发展目标即可持续发展目标1、2、3、6、7、11、12、13等都多有联系。可持续发展目标包含244项国际社会已达成一般共识的具体指标。鉴于其数据可用性及与其土地和土壤政策之间的相关性，可持续发展目标的这些指标无疑与本章内容最为相关（**表15.8**）：

1. 退化土地面积占土地总面积的比率（指标15.3.1）；
2. 陆地保护区占陆地总面积的比率（指标15.3.2）；
3. 土地消耗率与人口增长率之比（指标13.1）

表15.8：土地政策有效性及全球环境目标实现进展评估指标

指标	入选依据	是否在A部分中探讨过：是/否?是如何探讨的?	是否在案例研究中探讨过：是/否?具体是哪些案例?	与可持续发展目标或多边环境协议的联系	数据来源	与影响该指标的政策及其它变量之间的因果链条
1. 退化土地面积占土地总面积的比率	可持续发展目标指标15.3.1：已有科学及政治共识，以及先例和协议	是。关于粮食体系的第4.4.3节；关于叙利亚危机的“专栏”即**专栏9.4：**约旦面临着难民和水资源双重危机。	是。 2.2 设置门槛值 2.3 规划和补偿 2.4 资助项目及设置最佳管理实践标准 2.4 提供咨询服务	本指标为可持续发展目标15的一项指标。《联合国防治荒漠化公约》对“土地退化”进行了定义和讨论。	请参见下列关于土地退化的数据资料来源：Gibbs和Salmon，2015年；Le，Nkonya和Mizarbaev，2016年。联合国粮食及农业组织有一个全球土地退化信息系统（GLADIS）；可持续发展解决方案网络（UNSDSN）（2014年）指出，关于土地退化的数据是“不完整”。请同时参见《联合国防治荒漠化公约》的元数据。	生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（2018a）指出，退化土地占土地总面积的比率仍在上升，而政策缺失或政策实施糟糕是其主要原因。
2. 陆地保护区占陆地总面积的比率	可持续发展目标指标15.1.2和可持续发展目标15.4.1：已有科学及政治共识，以及先例和协议	否	否	可持续发展目标指标15.1.2和指标15.4.1	联合国保护区清单（世界自然保护联盟，1994；世界自然保护联盟，1998年；Chape等人，2003年）可在网上找到。世界保护区数据库也可使用。联合国环境规划署世界保护监测中心还发布了《受保护的地球报告》。参见联合国（2018年）这一文献。	总体上，保护区政策具有积极影响，特别是就发达国家而言，但其在其它地方的成果则不是那么显著。
3. 土地消耗率与人口增长率之比	由于土地消耗是最严重且通常不可逆转的一种土地退化形式，因此土地消耗与人口增长的脱钩是土地维护的一个核心步骤，特别是就其与其它可持续发展目标的联系而言。	是。 第2.2节	是。 2.1利益相关方网络的创建	可持续发展目标指标11.3.1	联合国人居署关于所有国家的数据。纽约大学林肯研究所城市繁荣倡议和联合国人居署共同监测着300多个城市的数据。	在全球范围内，土地覆盖这一指标主要受人类直接利用这一因素的影响。一项涉及120个城市的研究表明，城市土地覆盖的增加速度比城市人口增长速度快三倍。影响这一指标的其它变量还包括土地退化和作物生产等。

政策有效性的评估及国际社会达成了共识的环境目标特别是土地和土壤相关目标的进展评估都使用了这些指标。

15.3.1 指标1:退化土地面积占土地总面积的比率

人类经济活动的扩张及土地资源相关利益之间的竞争急剧加大了土地和陆地生态系统面临的压力(**图15.3**),在某些情况下还加剧了地方层面的政治冲突(经济合作与发展组织,2017年)。全球土地退化估算表明,全球约25%的土地已经退化,36%的土地已经轻微或中度退化,而10%的土地正在改善(联合国粮食及农业组织,2011年;生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台,2018b)。本指标具体表示为退化土地面积(公顷或平方公里)与土地总面积之比(《联合国防治荒漠化公约》,2017b)。在衡量和评估下列每一次级指标时,凡是被各国当局认定将发生变化且处于消极状态的土地都被认为是退化土地:

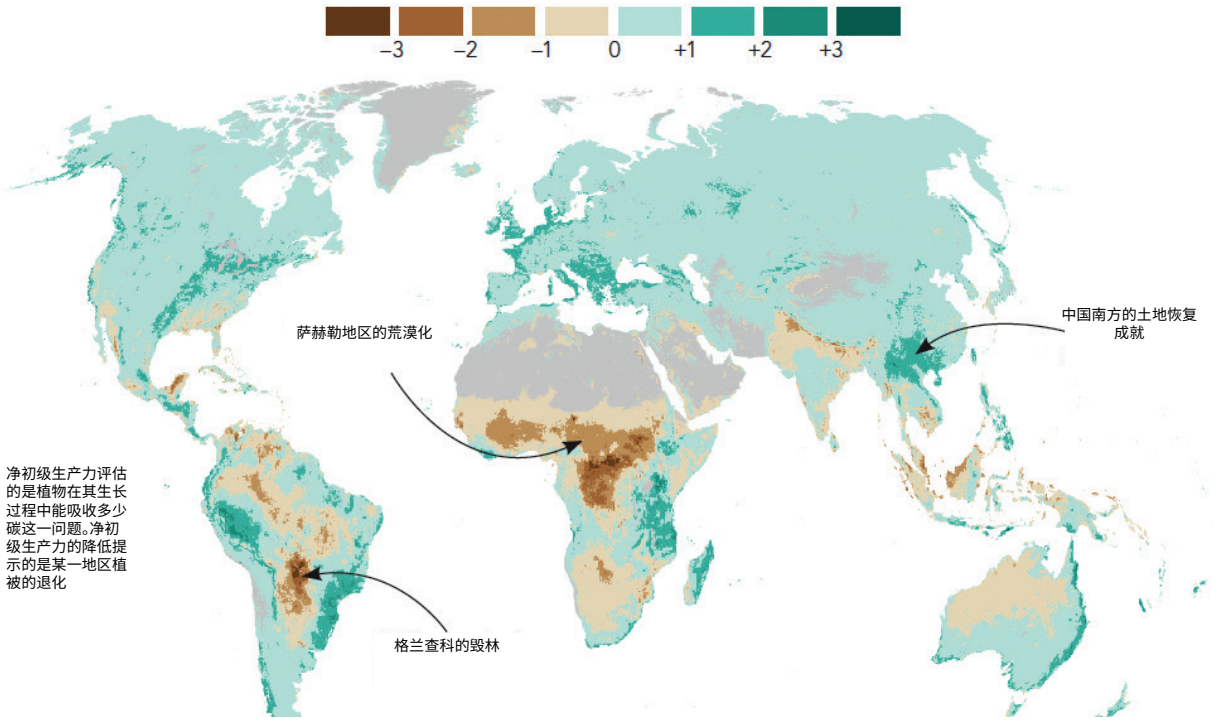
- 土地覆盖及其变化;
- 土地生产力;
- 地表和地下的碳库。

该指标与国际社会、区域组织和各国政府为终止和逆转土地退化趋势并恢复已退化土地而达成了一致的若干目标和承诺相关(生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台,2018b)。爱知生物多样性目标、波恩挑战及相关地区倡议(如20×20倡议、非洲森林景观恢复倡议,2018年)、可持续发展目标的子目标15.3等都是这些目标和承诺的例子。

该指标涉及土地退化的性质,即"土地在某一时期内为其受益人提供生态系统产品和服务能力的降低"(Nachtergaele等人,2011年;Zdruli,2014年)。土地退化对生物质净初级生产能力有直接影响,但社会经济因素(如城市化与相关土地和土壤污染之间的联系)也在其出现过程中扮演了重大角色(Prasad和Badarinth,2004年;Seto,Güneralpa和Hutyra,2012年)。在其它情况下,社会经济因素还会成为人们应对土地退化问题的障碍(Lubwama,1999年;Chasek等人,2011年)。城市蔓延、可再生能源政策倡导的太阳能面板的增加、土地利用规划清晰准则的缺失等等,都是这样的社会经济因素。其中,土地利用规划相关准则的缺失加速了土地用途变化,而其付出的代价则是本可用于粮食生产或维持土地对人类贡献的肥沃土壤(Diaz等人,2018年)。

政策在终止或逆转土地退化面积增加方面的有效性并没有产生多少成果。在全球范围内,土地退化仍是对粮食安全影响巨大、环境后果严重且威胁人类生计的最重大退化进程之一(生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台,2018b)。

图15.3:全球土地退化和恢复趋势



政策、目标和环境治理:有效性评估.

图15.3强调了土壤碳封存这一与土壤肥力和气候变化缓解直接相关的重要指标的作用。鉴于二氧化碳是气候变化的一个主要贡献因子，目前，“千分之四倡议”正在倡导以每年千分之四的速度增加全球土壤中的碳积累量、以阻止大气中的二氧化碳继续增加这一理念。该倡议希望通过实施保护性农业和农业生态原则实现其目标。图15.3显示了非洲萨赫勒地区荒漠化的扩大、拉丁美洲毁林面积的增加和中国南方土地恢复取得积极成果等现象。

15.3.2 指标2：陆地保护区面积占土地总面积的比率

自20世纪90年代中期以来，人们对环境退化问题的日益关切导致了当前人们特别强调自然在维护人类社会存续方面所扮演的重要角色（Butchart等人，2015年；Diaz等人，2018年）。由于认识到了自然角色的重要性，《生物多样性公约》193个缔约方通过了计划于2020年之前实现的20项爱知目标。爱知生物多样性目标11与本指标特别相关；它要求国际社会在2020年之前将保护区面积增加1.6%（从15.4%至少增加到17%）（《生物多样性公约》，2010年）。这些努力还有助于减少自然栖息地的丧失（子目标5）、缓解人类引发的物种减少和灭绝（子目标12）、维护全球碳库（子目标15）等。自那以后，世界各国还就2020年及之后可持续发展目标的具体指标（联合国，2015年）达成了一致，而这可能会推动未来几十年的陆地保护区相关议程（Allen等人，2016年）。可持续发展目标15特别提到了土地资源及其管理。

本指标衡量的是以百分比表示的、陆地保护区面积占陆地总面积的比重（联合国，2015年）。本指标旨在描述具有生物多样性保护、文化遗产、科学研究、休闲娱乐等生态系统价值的陆地区域在完整性和多样性方面受到妥善保护的程度，使其不受不可持续的土地利用行为的影响（联合国，2015年）。

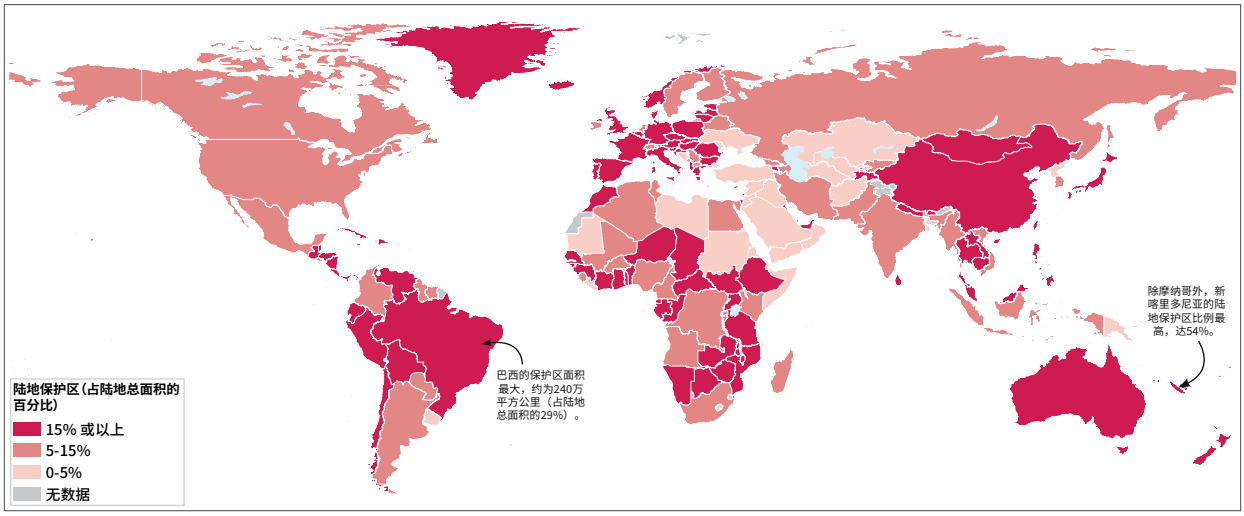
本指标是利用各国指定并记录在世界保护区数据库（WDPA）中的保护区面积进行计算的（联合国环境规划署世界保护监测中心，2018年）。世界银行（2017年）的数据显示，1990-2014年间，全球保护区的地表面积比重从8.2%增加到了14.8%，显示了国际国内相关政策实施方面的积极趋势（**图15.4**）。

保护区特别是原始森林的治理特别重要，因为相关证据表明，农业产出的价格会对保护区内外的毁林速度产生影响（Deiro和Escobar，2012年）。在关于亚马逊原始森林的一项研究中，Assunção，Gadour 和 Rocha（2015年）发现了毁林速度与农业产出价格之间的高度相关性；Deiro 和 Escobar（2012年）也指出，“1981-2010年间，总共有4,500万公顷【森林】退化或丧失，而其中几乎70%都发生在2008年之后”。但是，Deiro 和 Escobar（2012年）总结说，2004-2008年间保护政策的变化在遏制毁林速度方面做出了重大贡献。

地点是影响保护区的另一关键因素。Joppa和Pfaff（2009年）指出，“保护区的指定并不是随机的；它们通常位于无法进入或不适合农业的偏远地区，与外界没有交通联系，在地形方面颇具挑战。因此，它们不可能受土地用途变化相关开发驱动因素的影响”。

总体上，本指标领域已有科学和政治共识及先例和协议。但是，由于市场价格、管理有效性和非保护区特定因素的影响等方面的证据，人们又提出了将有助于衡量保护区状况和/或管理有效性的指标——包括管理公

图15.4：按国家分类统计的陆地保护区面积占陆地总面积的比率（1990-2014年）



资料来源：世界银行（2018年，第59页）

平性和空间覆盖的代表性指标（如森林面积占陆地面积的比率）——纳入考量的建议。

15.3.3 指标3：土地消耗率与人口增长率之比

2016年，约54.5%的全球人口居住在城市地区；联合国预测说，到2030年，60%的全球人口都将是城市人口（联合国，2016a）。2000-2020年间的城市人口增长总量据估计为14.8亿，其中13.5亿集中在较不发达地区（联合国，2012年）。由于人口增长消耗的土地越来越多，因此城市不得不扩张到远远超出其行政范围的地方；于是，城市周边到处出现了城市蔓延现象（联合国人居署，2017年）。

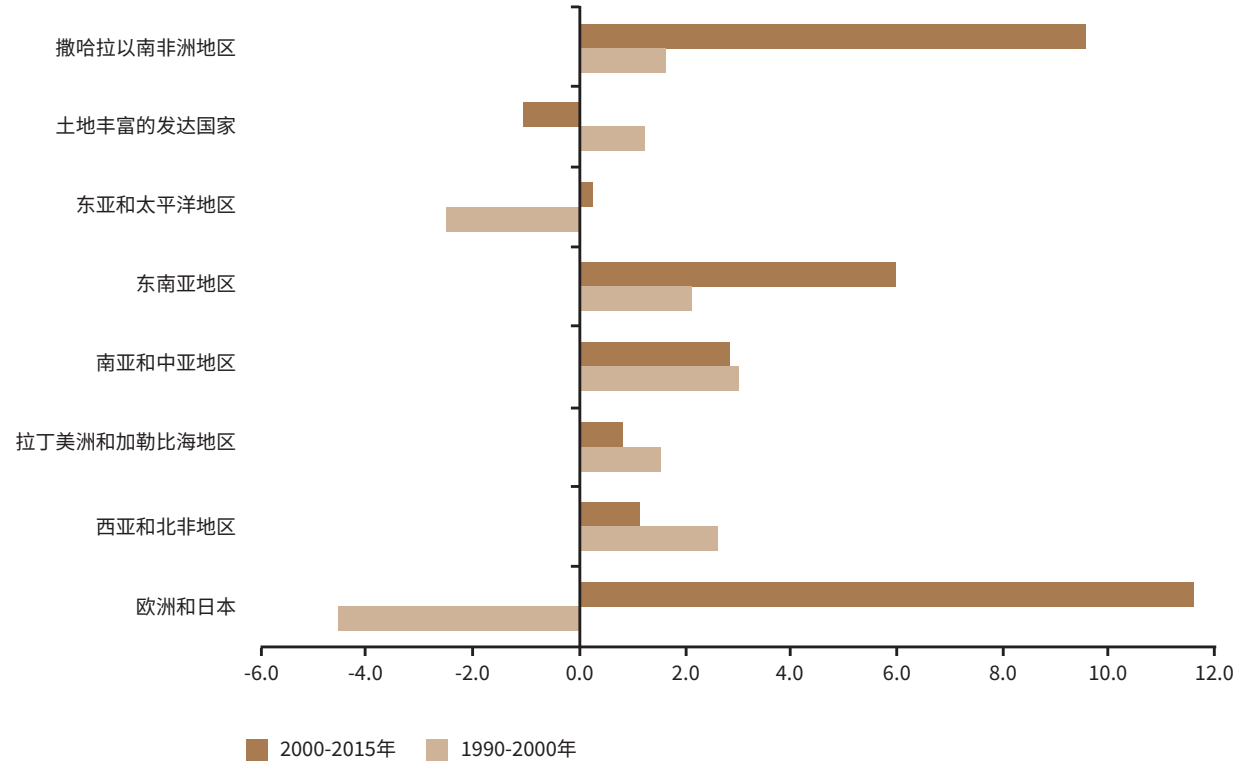
土地消耗率是下列因素的应变量："（a）可直接计量的建成区域的扩张；（b）可供农业、林业或其它经济活动利用的土地的绝对范围；及（c）用于农业和林业土地的过度集约化利用"（联合国，2015年）。人口增长率显示的是一国人口在某一时期（通常为一年）内的增长速度，通常表示为增加人口占期初人口的百分比（世界银行，2017年）。（**图15.5**）

土地消耗率与人口增长率之比是一个与多项可持续发展目标直接相关的重大指标。它与可持续发展目标11即"建设包容、安全、有恢复力和可持续的城市和人类住区"存在更为直接的联系。

土地消耗的变化主要是由交通基础设施的增加、城市和区域规划差、土地投机等因素推动的（联合国人居署，2015年）。这种变化进而会对环境产生消极影响（作用于人均资源使用量和温室气体排放量等因素）。比如，城市蔓延每增加10%，人均二氧化碳累计排放量就会增加5.7%，而人均有害污染则会增加9.6%。此外，这种变化还会加剧社会经济和空间不公。比如，2014年，30%的全球城市人口（8.8亿人）生活在贫民窟式的环境中；在撒哈拉以南非洲地区，这一比率更是高达55%（联合国，2016b）。

尽管证据表明，糟糕的空间规划是导致城市蔓延的主要原因之一，但有效的政策制定对于土地消耗的管理也至关重要（Rosni和Noor，2016年）。许多政府依赖于土地用途限制之类的政策（如城市增长界线和最小城区规划）、诸如地税（Gyourko和Molloy，2015年；Glaeser和Gyourko，2017年）之类的价格政策及由分区法令、地块细分条例和建筑法则组成的其它监管体系对城市蔓延进行管控。Feng等人（2016年）总结说，中国土地利用规划政策的实施在确保城市蔓延实际比率保持在最低水平方面扮演了重要角色。在土地规划和政策中，恢复并重新利用废弃的工业及其它用地（棕地）在缓解土地消耗方面的潜力仍未得到充分探讨（Tobias等人，2018年）。

图15.5：按地区和时期分类统计的土地消耗率与人口增长率之比（1990-2015年）



资料来源：联合国人居署（2015年）

在欧洲，每天都有275公顷农业用地和自然栖息地因城市蔓延和其它形式的用途而被占用。鉴于这种高企的土地消耗率，欧盟通过了一项到2050年使净土地征用量为零的政策，旨在减少整个欧盟境内的土地消耗，并将重点放在土地绿化和生态走廊上（西英格兰大学科学传播小组，2013年）。

Seto，Güneralpa和Hutyra（2012年）表示，由于各国的因果关系各异，因此难以在全球范围内对这一指标进行观察。空间单位的划分和行政范围的认可等方面标准程序的缺失导致了空间不一致的问题（联合国，2018年）。有鉴于此，联合国人居署建议对指标11.3.1作了一个小小的修订，使其变为“土地消耗率与人口增长率之比，包括高效土地利用”。就土地利用效率而言，如果该比率等于或小于1，则土地利用就被认为是高效的。

人们提出的其它替代指标还包括：

- “每平方公里人类住区投入的人均资源”（联合国资本发展基金）
- “拥有公民团体能够直接参与城市规划和管理的架构且该架构能够以定期、民主方式运作的城市比率”（联合国统计系统组织）
- “可比较土地消耗率与城市人口增长率之比”（联合国人口基金）。

15.4 结论

在全球范围内，尽管人们采纳并实施了不同的土地政策和倡议，但将特定主题领域的进展归结于特定政策方法是很难做到的，其原因有以下几个方面：

首先，土地及其资源的跨界性质（Sikor等人，2013年）妨碍了政策有效性的评估。许多土地资源（如森林）无法仅在国家层面实施，因为它们跨越了国境。一个国家的活动通常会对邻国的土地政策和倡议产生影响。这就使得将某一进展归因于土地及其资源可持续管理方面的某一特定政策方法变得很难（Creutzig，2017年）。此外，土地使用权也是一个制约因素；全球土地购置或“土地掠夺”多达4,200多万公顷，且大部分发生在非洲。而且，为确保粮食安全，粮食进口国已经加快了他们在全球范围内收购土地的步伐。

远程连接相关效应也与上述问题密切相关。一些地方的粮食需求会使另一些地方出现土地占用现象。比如，非洲就是欧洲粮食需求的一个净贡献者（Bergmann和Holmberg，2016年）。在这一背景下，一个国家的可持续土地管理政策可能会因另一个国家的需求而受到积极（或其它形式的）影响。这也使得特定政策方法对某一进展的贡献难以确定。此外，土地资源的再生能力也是土地政策归因问题的一大障碍。粮食、水资源、森林和野生动物等都是可再生资源。在有或没有任何政策框架的情况下，一些土地资源如森林体系仍可自行再生，从而使得特定森林保护政策效果的确定难以进行。

为此，世界银行（2016年）提出了一套原则：“在土地及资源管理政策取得了成功的地方”，一般都会存在以下现象：

1. 地方社区参与了项目的所有方面；
2. 公众支持私营部门在土壤和水资源保护方面的投资；
3. 道路得到了改善和维护；
4. 实施了不对农业和自然资源进行歧视的宏观经济管理；
5. 非政府组织及其它合作类项目在当地开展了积极的能力建设活动；
6. 相关政府至少在长达十年的期限内进行了持续努力，以提高土地生产力并增强地方对环境问题及其潜在解决方案的意识。

为此，世界银行（2016年）提出了一套原则：“在土地及资源管理政策取得了成功的地方”，一般都会存在以下现象：

在这些现象中，有些是本章案例研究探讨过的政策取得成功所需要的条件。但是，两项新兴政策方法为未来政策的成功指明了方向。其中，第一项是利用经济激励应对土地相关环境问题的方法，如中国相关案例研究（第15.2.2节）所示。

第二项是土地利用的可持续集约化和一体化资源管理（Garnett等人，2013年），尽管人们对农业集约化理念的总体效益仍有批评意见（Rasmussen等人，2018年）。这项方法的最佳描述，就是利用技术进步确保作物产量的增加。具体而言，就是实施保护性农业和免耕栽培之类的可持续土地和水资源实践——如澳大利亚案例研究（第15.2.4节）所述，以及豆谷间作、混农林业、生态农业之类的联合耕作体系（世界银行，2006年）。相关案例研究得到的一项关键经验是，对政策实施而言，稳健的制度框架非常重要。

在所有案例研究中，政策实施相关制度和管理能力的确立是大多数关键政策取得成功的基础。相关指标与可持续发展目标之类相互联系的关键国际目标相关，并提供了政策目标实现进展方面的证据。比如，指标2即陆地保护区占陆地总面积的比重这一指标与爱知生物多样性目标13、目标11和目标5都有关系，同时还与可持续发展目标15及其各具体目标相关。

这些案例研究还表明，在大多数案例中，政策有效性的评估都是由外部利益相关方委托进行的，而各国政府

似乎对政策评估并没有表现出重大兴趣，尽管它们通常都会参与政策设计。实际上，土地政策的评估是非常重要的，因为它可提供重大经验教训，从而有益于政策的优化和战略的实施。

目前，一项明显的不足是，大多数国别土地政策都与国际目标不相关。如果不相关，国别政策的实施将无法为国际目标的实现做出任何贡献或贡献很小；有鉴于此，确保国别政策与国际目标之间的联系就显得很重要，特别是从可持续发展目标的角度而言。遗憾的是，《京都议定书》甚至都没有提及土地和土壤在气候变化动态发展过程中的角色。另外，各国政府在批准国际公约时，一定要确保本国有相关政策及基线指标为这些国际公约提供支持，以便对政策目标实现方面的进展进行跟踪。

参考文献

Abiodun, B.J., Adeyewa, Z.D., Oguntunde, P.G., Salami, A.T. and Ajayi, V.O. (2012). Modeling the impacts of reforestation on future climate in West Africa. *Theoretical and applied climatology* 110(1-2), 77-96. https://doi.org/10.1007/s00704-012-0614-1.

African Forest Landscape Restoration Initiative (2018). *Afr100*. http://afr100.org/ (Accessed: 6 November 2018).

Ahrends, A., Hollingsworth, P.M., Beckschäfer, P., Chen, H., Zomer, R.J., Zhang, L. *et al.* (2017). China's fight to halt tree cover loss. *Proceedings of the Royal Society B* 284(1854). https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2559.

Akhtar Schuster, M., Stringer, L.C., Erlewein, A., Metternicht, G., Minelli, S., Safriel, U. *et al.* (2017). Unpacking the concept of land degradation neutrality and addressing its operation through the Rio conventions. *Journal of Environmental Management* 195, 4-15. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.044.

Allen, C., Metternicht, G. and Wiedmann, T. (2016). National pathways to the global Sustainable Development Goals (SDGs): A comparative review of scenario modelling tools. *Environmental Science and Policy* 66, 199 207. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.09.008.

American Museum of Natural History (2008). *China's great green wall: A dust antidote?* https://www.amnh.org/explore/science-bulletins/(watch)/bio/news/china-s-great-green-wall-a-dust-antidote (Accessed: 6 November 2018).

Assunção, J., Gandour, C. and Rocha, R. (2015). Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or policies? *Environment and Development Economics* 20(6), 697 722. https://doi.org/10.1017/S1355770X15000078.

Aunan, K. and Pan, X.-C. (2004). Exposure-response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China – a meta-analysis. *Science of the Total Environment* 329(1–3), 3-16. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.008.

Ballabio, C., Panagos, P., Lugato, E., Huang, J.-H., Orgiazzi, A., Jones, A. *et al.* (2018). Copper distribution in European topsoils: An assessment based on LUCAS soil survey. *Science of the Total Environment* 636, 282-298. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.268.

Bellotti, B. and Rochecouste, J.F. (2014). The development of conservation agriculture in Australia—Farmers as innovators. *International Soil and Water Conservation Research* 2(1), 21 34. https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30011-3.

Bergmann, L. and Holmberg, M. (2016). Land in Motion. *Annals of the Association of American Geographers* 106(4), 932-956. https://doi.org/10.1080/24694452.2016.1145537.

Blakemore, R.J. (2018). Critical decline of earthworms from organic origins under intensive, humic SOM-depleting agriculture. *Soil Systems* 2(2), 33. https://doi.org/10.3390/soilsystems2020033.

Bren d'Amour, C., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K.-H. *et al.* (2017). Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(34), 8939-8944. https://doi.org/10.1073/pnas.1606036114.

Bronwell, K., Farley, T., Willet, W.C., Popkin, B.M., Chaloupka, F., Thompson, J.W. *et al.* (2011). The public health and economic benefits of taxing sugar-sweetened beverages. *The New England Journal of Medicine* 361(16), 1599–1605 https://doi.org/10.1056/NEJMhpr0905723.

Butchart, S.H.M., Clarke, M., Smith, R.J., Sykes, R.E., Scharlemann, J.P.W., Harfoot, M. *et al.* (2015). Shortfalls and solutions for meeting national and global conservation area targets. *Conservation Letters: Journal of the Society for Conservation Biology* 8(5), 329-337. https://doi.org/10.1111/conl.12158.

Campoy-Muñoz, P., Cardenete, M.A. and Delgado, M.C. (2017). Economic impact assessment of food waste reduction on European countries through social accounting matrices. *Resources, Conservation and Recycling* 122, 202–209. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.010.

Castella, J.-C., Lestrelin, G., Hett, C., Bourgoin, J., Fitriana Y.R., Heinimann, A. *et al.* (2013). Effects of landscape segregation on livelihood vulnerability: Moving from extensive shifting cultivation to rotational agriculture and natural forests in northern Laos. *Human Ecology* 41(1), 63–76. https://doi.org/10.1007/s10745-012-9538-8.

Chape, S., Blyth, S., Fish, L., Fox, P. and Spalding, M.D. (2003). *2003 United Nations List of Protected Areas.* Gland: International Union for Conservation of Nature. https://archive.org/details/2003unitednation03chap/page/n3.

Chasek, P., Essahli, W., Akthar Schuster, M., Stringer, L.C. and Thomas, R. (2011). Integrated land degradation monitoring and assessment: Horizontal knowledge management at the national and international levels. *Land Degradation and Development* 22(2), 272 284. https://doi.org/10.1002/ldr.1096.

Choi. S. and Gankhuyag, U. (2016). Mining and sustainable development in the Asia Pacific region. *Financing for the Sustainable Development Goals: The Role of Fiscal Reforms, Revenue Management and Sovereign Wealth Funds in the Extractives Sector.* Bangkok, 7-8 December 2016. http://www.greengrowthknowledge.org/event/financing-sustainable-development-goals-sdgs-role-fiscal-reforms-revenue-management-and

Cinzia, T. and Licomati, S. (2017). The Milan urban food policy pact: The potential of food and the key role of cities in localizing SDGS. *Journal of Universities and International Development Cooperation* 1, 372 378. http://www.ojs.unito.it/index.php/junco/article/view/2173.

Clinton, N., Stuhlmacher, M., Miles, A., Uludere Aragon, N., Wagner, M., Georgescu, M. *et al.* (2018). A global geospatial ecosystem services estimate of urban agriculture. *Earth's Future* 6(1), 40-60. https://doi.org/10.1002/2017EF000536.

Colchero, M.A., Popkin, B.M., Rivera, J.A. and Ng, S.W. (2016). Beverage purchases from stores in Mexico under the excise tax on sugar sweetened beverages: Observational study. *BMJ* 352, 6704. https://doi.org/10.1136/bmj.h6704.

Convention on Biological Diversity (2010). X/2. The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets. Decision adopted by the Conference of Parties to the Convention on Biological Diversity at its Tenth Meeting. 29 October. *UNEP/CBD/COP/DEC/X/2.* https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.doc.

Creutzig, F. (2017). Govern land as a global commons. *Nature* 546(7656), 28-29. https://doi.org/10.1038/546028a.

De Cunto, A., Tegoni, C., Sonnino, R., Michel, C. and Lajili-Djalaï, F. (2017). *Food in Cities: Study on Innovation for A Sustainable and Healthy Production, Delivery, and Consumption of Food in Cities.* Brussels: European Commission. https://ec.europa.eu/research/openvision/pdf/rise/food_in_cities.pdf.

Deiro B. and Escobar, H. (2012). *Brasil perdeu um RJ de áreas protegidas*. Universidade Federal de Pernambuco http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,brasil-perdeu-um-rj-de-areas-protegidas,975519.

Deng, L., Liu, G.b. and Shangguan, Z.P. (2014). Land-use conversion and changing soil carbon stocks in China's 'Grain-for-Green' program: A synthesis. *Global Change Biology* 20(11), 3544–3556. https://doi.org/10.1111/gcb.12508.

Deng, X. and Li, Z. (2016). Economics of land degradation in China. In *Economics of Land Degradation and Improvement: A Global Assessment for Sustainable Development.* Nkonya, E., Mirzabaev, A. and von Braun, J. (eds.). chapter 13. 385-399. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-19168-3_13.pdf

Diaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z. *et al.* (2018). Assessing nature's contribution to people. *Science* 359(6373), 270-272. https://doi.org/10.1126/science.aap8826.

Dumanski, J., Peiretti, R., Benites, J., McGarry, D. and Pieri, C. (2006). The paradigm of conservation tillage. *Proceedings of World Association of Soil and Water Conservation* P1(7), 58-64. http://www.unapcaem.org/publication/ConservationAgri/ParaOfCA.pdf.

Ericson, B., Caravanos, J., Depratt, C., Santos, C., Cabral, M.G., Fuller, R. *et al.* (2018). Cost effectiveness of environmental lead risk mitigation in low- and middle-income countries. *GeoHealth* 2(2), 87-101. https://doi.org/10.1002/2017GH000109.

European Association for the Study of Obesity (2015). *Carta Di Milano: 2015 Milan Declaration: A Call to Action on Obesity.* Teddington. http://carta.milano.it/wp-content/uploads/2015/11/112.pdf.

European Environment Agency (2014). *Progress in Management of Contaminated Sites.* Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/downloads/a29faf166f9e45f78e3ae107e72d957c/1441389583/assessment.pdf.

Feng, L., Du, P., Zhu, L., Luo, J. and Adaku, E. (2016). Investigating sprawl along China's urban fringe from a spatio temporal perspective. *Applied Spatial Analysis and Policy* 9(2), 233-250. https://doi.org/10.1007/s12061-015-9149-z.

Flores, M., Macias, N., Rivera, M., Lozada, A., Barquera, S., Rivera-Dommarco, J. *et al.* (2010). Dietary patterns in Mexican adults are associated with risk of being overweight or obese. *The Journal of Nutrition* 140(10), 1869–1873. https://doi.org/10.3945/jn.110.121533.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *Global Forests Resources Assessment 2010: Country Report. Lao People's Democratic Republic.* Rome. http://www.fao.org/forestry/20366-06af02af6c37e155d6de871dafdf77bbf.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk.* Rome. http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Conservation agriculture.* http://www.fao.org/ag/ca/6c.html (Accessed: 6 November 2018).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management.* Rome. http://www.fao.org/3/a-bl813e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *Food loss and food waste.* http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/ (Accessed: 6 November 2018).

Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils (2015). *Status of the World's Soil Resources: Main Report.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf.

Forster, T., Egal, F., Escudero, A.G., Dubbeling, M. and Renting, H. (eds.) (2015). *Milan Urban Food Policy Pact. Selected Good Practices from Cities.* Milano: Fondazione Giangiacomo Feltrinelli. https://www.ruaf.org/sites/default/files/MUFPP_SelectedGoodPracticesfromCities.pdf.

Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P. *et al.* (2013). Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. *Science* 341(6141), 33-34. https://doi.org/10.1126/science.1234485.

Gibbs, H.K. and Salmon, J.M. (2015). Mapping the world's degraded land. *Applied Geography* 57, 12-21. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.024.

Giller, K.E., Andersson, J.A., Corbeels, M., Kirkegaard, J., Mortensen, D., Erenstein, O. *et al.* (2015). Beyond conservation agriculture. *Frontiers in Plant Science* 6(872). https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00870.

Glaeser, E.L. and Gyourko, J. (2017). *The Economic Implications of Housing Supply.* Cambridge, MA: National Bureau OF Economic Research. http://www.nber.org/papers/w23833.pdf.

Global Witness (2013). *Rubber Barons. How Vietnamese Companies and International Financiers are Driving a Land Grabbing Crisis in Cambodia and Laos.* https://www.globalwitness.org/documents/10525/rubber_barons_lores_0_1.pdf.

Goudie, A.S. and Middleton, N.J. (2006). *Desert Dust in the Global System.* Springer. https://www.springer.com/gp/book/9783540323549.

Gyourko, J. and Molloy, R. (2015). Regulation and housing supply. In *Handbook of Regional and Urban Economics.* Duranton, G., Henderson, J.V. and Strange, W. (eds.). Amsterdam: Elsevier Science Publishers. chapter 19. 1289 1337. https://econpapers.repec.org/bookchap/eeeregchp/5-1289.htm

Haddaway, N.R., Hedlund, K., Jackson, L.E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I.K. *et al.* (2017). How does tillage intensity affect soil organic carbon? A systematic review. *Environmental Evidence* 6(30). https://doi.org/10.1186/s13750-017-0108-9.

Hamidov, A., Helming, K. and Balla, D. (2016). Impact of agricultural land use in Central Asia: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1), 6. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0337-7.

Henríquez-Hernández, A.L., González-Antuña, A., Boada, L.D., Carranza, C., Pérez-Arellano, J.L., Almeida-González, M. *et al.* (2018). Pattern of blood concentrations of 47 elements in two populations from the same geographical area but with different geological origin and lifestyles: Canary Islands (Spain) vs. Morocco. *Science of the Total Environment* 636, 709-716. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.311.

Huang, T., Zhang, X., Ling, Z., Zhang, L., Gao, H., Tian, C. *et al.* (2016). Impacts of large-scale land-use change on the uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons in the artificial three northern regions shelter forest across northern China. *Environmental Science & Technology* 50(23), 12885 12893. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04835.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018a). *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* Fischer, M., Rounsevell, M., Torre-Marin Rando, A., Mader, A., Church, A., Elbakidze, M. *et al.* (eds.). Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_2b_eca_digital_0.pdf?file=1&type=node&id=28318.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018b). *Summary for Policymakers of the Assessment Report on Land Degradation and Restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* Scholes, R., Montanarella, L., Brainich, A., Barger, N., ten Brink, B., Cantele, M. *et al.* (eds.). Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_3bi_ldr_digital.pdf?file=1&type=node&id=28335.

International Panel of Experts on Sustainable Food Systems (2017a). *What Makes Urban Food Policy Happen? Insights from Five Case Studies: Executive Summary.* London. http://www.ipes-food.org/images/Reports/Cities_execsummary.pdf.

International Panel of Experts on Sustainable Food Systems (2017b). *What Makes Urban Food Policy Happen? Insights from Five Case Studies.* London. http://www.ipes-food.org/images/Reports/Cities_full.pdf.

International Union for Conservation of Nature (1994). *1993 United Nations List of National Parks and Protected Areas.* Gland. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22735/1993_UN_parks_protected_areas.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

International Union for Conservation of Nature (1998). *1997 United Nations List of Protected Areas.* Gland. https://archive.org/details/1997unitednation97wcmc/page/n9.

Jiang, H. (2016). Taking down the "Great Green Wall": The science and policy discourse of desertification and its control in China. In *The End of Desertification? Disputing Environmental Change in the Drylands.* Behnke, R. and Mortimore, M. (eds.). Berlin: Springer. 513-536. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-16014-1_19

Joppa, L.N. and Pfaff, A. (2009). High and far: Biases in the location of protected areas. 4(12), e8273. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008273.

Kassam, A. and Fridriech, T.H. (2011). Conservation agriculture: Principles, sustainable land management and ecosystem services. *Società Italiana de Agronomia XL Convegno Nazionale, Università degli Studi Teramo.* Rome, 7-9 September. http://www.fao.org/ag/ca/CA-Publications/CA_Teramo_Kassam_Friedrich.pdf

King, P.N. and Mori, H. (2007). Policy selection and diffusion theory. In *International Review for Environmental Strategies: Best Practice on Environmental Policy in Asia and the Pacific.* Hayama: Institute for Global Environmental Strategies. chapter 2. 17 38. https://pub.iges.or.jp/pub_file/iresvol7-117pdf/download

Krueger, S. (2012). *Conservation crusader: Paraguayan Rolf Derpsch helped expand no-till across globe.* Corn and Soy Bean Digest http://www.cornandsoybeandigest.com/conservation/conservation-crusader-paraguayan-rolf-derpsch-helped-expand-no-till-across-globe (Accessed: 6 November 2018).

Lal, R. (2014). Soil conservation and ecosystem services. *International Soil and Water Conservation Research Journal* 2(3), 36–47. https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30021-6.

Lambin, E.F., Meyfroidt, P., Rueda, X., Blackman, A., Börner, J., Cerutti, P.O. *et al.* (2014). Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Global Environmental Change* 28, 129 140. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.007.

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. *et al.* (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462-512. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.

Lankoski, J., Ollikainen, M. and Uusitalo, P. (2004). *No-Till Technology: Benefits to Farmers and the Environment?* Helsinki: University of Helsinki. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/1975/635/Discuss1.pdf?sequence=1.

Lao People's Democratic Republic, Ministry of Planning and Investment (2011). *The 7th Five-Year National Socio-Economic Development Plan (2011-2015).* Vientiane. http://www.la.undp.org/content/dam/laopdr/docs/Reports%20and%20publications/LA_7th%20NSEDP_Eng.pdf.

Le Q.B., Nkonya E. and Mirzabaev A. (2016). Biomass productivity- based mapping of global land degradation hotspots. In *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development.* Nkonya, E., Mirzabaev, A. and von Braun, J. (eds.). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19168-3_4#citeas

Li, W. and Huntsinger, L. (2011). China's grassland contract policy and its impacts on herder ability to benefit in inner Mongolia: Tragic feedbacks. *Ecology and Society* 16(2). https://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss2/art1/.

Lu, Q. and Wang, S. (2003). Dust Sand Storms in China: Disastrous effects and mitigation Strategies. *The XII World Forestry Congress.* Quebec City, 21-28 September. http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0859-B5.HTM

Lubwama, F.B. (1999). Socio economic and gender issues affecting the adoption of conservation tillage practices. In *Conservation Tillage with Animal Traction.* Kaumbutho, P.G. and Simalenga, T.E. (eds.). Kampala: Animal Traction Network for Eastern and Southern Africa. 155-162. https://pdfs.semanticscholar.org/27b8/6afc8c3669f5e4afa448bb376946714bea3b.pdf

Lupi, C. and Hoa, N.K. (2015). *GEF/UNDP project Environmental Remediation of Dioxin Contaminated Hotspots in Viet Nam Terminal Evaluation Report.* https://erc.undp.org/evaluation/documents/download/8716.

Marques, M.J., Schwilch, G., Lauterburg, N., Crittenden, S., Tesfai, M., Stolte, J. *et al.* (2016). Multifaceted impacts of sustainable land management in drylands: A review. *Sustainability* 8(2), 177. https://doi.org/10.3390/su8020177.

Messerli, P., Bader, C., Hett, C., Epprecht, M. and Heinimann, A. (2015). Towards a spatial understanding of trade-offs in sustainable development: A meso-scale analysis of the nexus between land use, poverty, and environment in the Lao PDR. *PloS one* 10(7), e0133418. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133418.

Middleton, N. and Kang, U. (2017). Sand and dust storms: Impact mitigation. *Sustainability* 9(6), 1053. https://doi.org/10.3390/su9061053

Milan Urban Food Policy Pact (2018). *Milan urban food policy pact*. https://www.milanurbanfoodpolicypact.org/ (Accessed: 6 November 2018).

Muller, A., Schader, C., El Haga Scialaba, N., Bruggemann, J., Isensee, A., Erb, K.H. *et al.* (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications* 8(1290). https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w.

Nachtergaele, F., Petri, M., Biancalani, R., van Lynden, G., van Velthuizen, H. and Bloise, M. (2011). *Global Land Degradation Information System (GLADIS). Version 1.0. An Information Database for Land Degradation Assessment at Global Level.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

O'Callaghan, J. (2014). Will China's Great GREEN Wall save the country from dust storms? 100 billion tree project could halt advancing Gobi Desert. Daily Mail, https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2874368/Will-China-s-Great-GREEN-Wall-save-country-dust-storms-100-billion-tree-project-halt-advancing-Gobi-Desert.html.

Omonode, R.A., Smith, D.R., Gál, A. and Vyn, T.J. (2011). Soil nitrous oxide emissions in corn following three decades of tillage and rotation treatments. *Soil Science Society of America Journal* 75(1), 152-163. https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0147.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2017). *The Governance of Land Use in OECD Countries: Policy Analyses and Recommendations.* Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/the-governance-of-land-use-in-oecd-countries_9789264268609-en.

Phimmavong, S., Ozarska, B., Midgley, S. and Keenan, R. (2009). Forest and plantation development in Laos: History, development and impact for rural communities. *The International Forestry Review* 11(4), 501-513. https://www.jstor.org/stable/43739828?seq=1#metadata_info_tab_contents.

Phompila, C., Lewis, M., Ostendorf, B. and Clarke, K. (2017). Forest cover changes in lao tropical forests: Physical and socio-economic factors are the most important drivers. *Land Contamination & Reclamation* 6(2), 23. https://doi.org/10.3390/land6020023.

Piao, S., Fang, J., Friedlingstein, P., Ciais, P., Viovy, N. and Demarty, J. (2007). Growing season extension and its impact on terrestrial carbon cycle in the northern hemisphere over the past 2 decades. *Global Biogeochemical Cycles* 21(3). https://doi.org/10.1029/2006GB002888

Pierzynski, G. and Brajendra (eds.) (2017). *Threats to Soils: Global Trends and Perspectives: A Contribution from the Intergovernmental Technical Panel on Soils, Global Soil Partnership Food and Agriculture Organization of the United Nations* Global Land Outlook Working Paper. Bonn: United Nations Convention to Combat Desertification. https://static1.squarespace.com/static/5694c48bd82d5e9597570999/t/5931752920099eabdb9b6a7a/1496413492935/Threats+to+Soils__Pierzynski_Brajendra.pdf.

Plant, J., Smith, D., Smith, B. and Williams, L. (2001). Environmental geochemistry at the global scale. *Applied Geochemistry* 16(11-12), 1291 –1308. https://doi.org/10.1016/S0883-2927(01)00036-1.

Prasad, V.K. and Badarinth, K.V.S. (2004). Land use changes and trends in human appropriation of above ground net primary production (HANPP) in India (1961–98). *The Geographical Journal* 170(1), 51-63. https://doi.org/10.1111/j.0016-7398.2004.05015.x

Rakhmon, S. (2016). *Tajikistan Case Study Policy Brief.* Bonn: Economics of Land Degradation Initiative. http://repo.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/5107.

Rasmussen, L.V., Coolsaet, B., Martin, A., Mertz, O., Pascual, U., Corbera, E. *et al.* (2018). Social-ecological outcomes of agricultural intensification. *Nature Sustainability* 1, 275–282. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0070-8.

Reicosky, D.C. (2015). Conservation tillage is not conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation* 70(5), 103A–108A. https://doi.org/10.2489/jswc.70.5.103A.

Rodrigues, S.M., Pereira, M.E., da Silva, F., Hursthouse, A.S. and Duarte, A.C. (2009). A review of regulatory decisions for environmental protection: Part I - challenges in the implementation of national soil policies. *Environment Internantional* 35(1), 202-213. https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.08.007.

Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. and Pennock, D. (2018). *Soil Pollution: A Hidden Reality.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/I9183EN/i9183en.pdf.

Rojo, L., Bautista, S., Orr, B.J., Vallejo, R., Cortina, J. and Derak, M. (2012). Prevention and restoration actions to combat desertification. An integrated assessment: The PRACTICE Project. *Science et Changements Planetaires - Secheresse* 23(3), 219 226. https://doi.org/10.1684/sec.2012.0351.

Rosegrant, M.W., Koo, J., Cenacchi, N., Ringler, C., Robertson, R., Fisher, M. *et al.* (2014). *Food Security in a World of Natural Resource Scarcity: The Role of Agricultural Technologies.* Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. http://ebrary.ifpri.org/utils/getdownloaditem/collection/p15738coll2/id/128022/filename/128233.pdf/mapsto/pdf/type/singleitem.

Rosni, N.A. and Noor, A.P.D.N.M. (2016). A review of literature on urban sprawl: Assessment of factors and causes. *Journal of Architecture, Planning and Construction Management* 6(1), 12-35. http://journals.iium.edu.my/kaed/index.php/japcm.

Rush, E.C. and Yan, M.R. (2017). Evolution not revolution: Nutrition and obesity. *Nutrients* 9(5), 519. https://doi.org/10.3390/nu9050519.

Sanz, M.J., de Vente, J., Chotte, J.L., Bernoux, M., Kust, G., Ruiz, I. *et al.* (2017). *Sustainable Land Management Contribution to Successful Land Based Climate Change Adaptation and Mitigation. A Report of the Science Policy Interface.* Bonn: United Nations Convention to Combat Desertification. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/UNCCD_Report_SLM.pdf.

Schonweger, O., Heiniman, A., Epprecht, M., Lu, J. and Thalongsengchanh, P. (2012). *Concessions and Leases in The Lao PDR: Taking Stock of Land Investments.* Bern: University of Bern. https://catalogue.nla.gov.au/Record/6571317.

Schwilch, G., Liniger, H.P. and Hurni, H. (2014). Sustainable land management (SLM) practices in drylands: How do they address desertification threats? *Journal of Environmental Management* 54(5), 983-1004. https://doi.org/10.1007/s00267-013-0071-3.

Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions (2018). *Synergies.* http://www.brsmeas.org/ (Accessed: 6 November 2018).

Serraj, R. and Siddique, K. (2012). Conservation agriculture in dry areas. *Field Crops Research* 132, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.03.002.

Seto, K.C., Güneralpa, B. and Hutyra, L.R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(40), 16083-16088. https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109.

Shuai, W., Fu, B., Piao, S., Lü, Y., Ciais, P., Feng, X. *et al.* (2015). Reduced sediment transport in the Yellow River due to anthropogenic changes. *Nature Geoscience* 9, 38-41. https://doi.org/10.1038/NGEO2602.

Sikor, T., Auld, G., Bebbington, A.J., Benjaminsen, T.A., Gentry, B.S., Hunsberger, C. *et al.* (2013). Global land governance: From territory to flow? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(5), 522-527. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.06.006.

State Forestry Administration (2011). *A Bulletin of Status Quo of Desertification and Sandification in China.* Beijing. https://www.documentcloud.org/documents/1237947-state-forestry-administration-desertification.html.

Stenmarck, Å., Jensen, C., Quested, T. and Moates, G. (2016). *Estimates of European Food Waste Levels.* Brussles: European Union. https://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates%20of%20European%20food%20waste%20levels.pdf.

Sternberg T., Rueff, H. and Middleton, N. (2015). Contraction of the Gobi Desert, 2000–2012. *Remote Sensing* 7(2), 1346–1358. https://doi.org/10.3390/rs70201346.

Sustainable Development Solutions Network (2014). *Indicators for Sustainable Development Goals: A Report by the Leadership Council of the Sustainable Development Solutions Network.* http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2014/05/140522-SDSN-Indicator-Report.pdf.

Swella, G.B., Ward, P.R., Siddique, K.H.M. and Flower, K.C. (2015). Combinations of tall standing and horizontal residue affect soil water dynamics in rainfed conservation agriculture systems. *Soil and Tillage Research* 147, 30-38. https://doi.org/10.1016/j.still.2014.11.004.

Tan, M. and Li, X. (2015). Does the Green Great Wall effectively decrease dust storm intensity in China? A study based on NOAA NDVI and weather station data. *Land Use Policy* 43, 42 47. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.017.

Tavera, C. (2015). *Lao PDR Country Study Report for the Independent Evaluation of the Scale-up Phase (2008-2013) of the UNDP-UNEP Poverty – Environment Initiative and Mid-term Evaluation of the Second Phase (2012–2014) of the Lao PDR PEI Country Programme.* United Nations Development Programme and United Nations Environment Programme. http://www.unpei.org/sites/default/files/dmdocuments/PEI%20Evaluation%20Final%20Report.pdf.

Tavera, C., Alderman, C. and Nordin, N. (2016). *Independent Evaluation of the Scale-up Phase (2008-2013) of the UNDP-UNEP Poverty – Environment Initiative.* http://www.unpei.org/sites/default/files/dmdocuments/PEI%20Evaluation%20Final%20Report.pdf.

Teshome, A., de Graaff, J., Ritsema, C. and Kassie, M. (2015). Farmers' perceptions about the influence of land quality, land fragmentation and tenure systems on sustainable land management in the north western Ethiopian Highlands. *Land degradation & development* 27(4), 884-898. https://doi.org/10.1002/ldr.2298.

Thavorncharoensap, M. (2017). *Effectiveness of Obesity Prevention and Control.* Tokyo: Asian Development Bank Institute. https://www.adb.org/sites/default/files/publication/226281/adbi-wp654.pdf.

Tobias, S., Conen, F., Duss, A., Wenzel, L.M., Buser, C. and Alewell, C. (2018). Soil sealing and unsealing: State of the art and examples. *Land degradation & development* 29(6), 2015-2024. https://doi.org/10.1002/ldr.2919.

Tóth, G., Hermann, T., Szatmári, G. and Pásztor, L. (2016). Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Science of Total Environment* 565, 1054 1062. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.115.

Trigo, E., Cap, E., Malach, V. and Villarreal, F. (2009). *The Case of Zero-Tillage Technology in Argentina.* IFPRI Discussion Paper. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. http://www.ifpri.org/cdmref/p15738coll2/id/29503/filename/29504.pdf.

United Nations (2012). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision.* New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/WUP2011_Report.pdf.

United Nations (2015). *17 goals to transform our world.* https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/ (Accessed: 6 November 2018).

United Nations (2016a). *The World's Cities in 2016 – Data Booklet (ST/ESA/ SER.A/392).* New York, NY. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf.

United Nations (2016b). *Sustainable development goal 11: Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable: Progress and Info (2016).* https://sustainabledevelopment.un.org/sdg11 (Accessed: 6 November 2018 2018).

United Nations (2018). *Metadata & Reference*. http://data.un.org/DataMartInfo.aspx (Accessed: 6 November).

United Nations Convention to Combat Desertification (2017a). *Global Land Outlook.* Bonn. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf.

United Nations Convention to Combat Desertification (2017b). *Proportion of land that is degraded over total land area-indicator 15.3.1.* https://knowledge.unccd.int/publications/proportion-land-degraded-over-total-land-area-indicator-1531 (Accessed: 6 November 2018).

United Nations Development Programme (2009). *Environmental remediation of dioxin contaminated hotspots in Viet Nam.* http://www.vn.undp.org/content/vietnam/en/home/operations/projects/closed-projects/environment_climate/Environmental-Remediation-of-Dioxin-Contaminated-Hotspots-in-Vietnam.html (Accessed: 6 November 2018).

United Nations Development Programme (2014). *Sustainable Forest and Land Management in the Dry Dipterocarp Forest Ecosystems of Southern Lao PDR.* New York, NY. https://www.thegef.org/project/sustainable-forest-and-land-management-dry-dipterocarp-forest-ecosystems-southern-lao-pdr.

United Nations Development Programme (2016). *Managing investment through a poverty and environment lens*. http://www.la.undp.org/content/lao_pdr/en/home/presscenter/pressreleases/2016/04/27/managing-investment-through-a-poverty-and-environment-lens/ (Accessed: 6 November 2018).

United Nations Development Programme and United Nations Environment Programme (2013). *Stories of Change from the Joint UNDP-UNEP Poverty-Environment Initiative.* Nairobi. https://europa.eu/capacity4dev/file/14433/download?token=4l8JgbBb.

United Nations Development Programme and United Nations Environment Programme (2018). *Lao PDR*. http://www.unpei.org/what-we-do/pei-countries/lao-pdr (Accessed: 6 November 2018).

United Nations Environment Programme, World Meteorological Organization and United Nations Convention to Combat Desertification (2016). *Global Assessment of Sand and Dust Storms*. Shepherd, G. (ed.). http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7681/Global_Assessment_of_sand_and_dust_storms_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Environment World Conservation Monitoring Centre (2018). *World Database on Protected Areas.* https://www.protectedplanet.net/c/world-database-on-protected-areas (Accessed: 6 November 2018).

United Nations Human Settlements Programme (2015). *11.3 Sustainable urbanization.* https://unhabitat.org/un-habitat-for-the-sustainable-development-goals/11-3-sustainable-urbanization/ (Accessed: 2018 6 November).

United Nations Human Settlements Programme (2017). *UN-Habitat Global Activities Report 2017: Strengthening Partnerships in Support of the New Urban Agenda and the Sustainable Development Goals.* Nairobi. https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2017/02/GAR2017-FINAL_web.pdf.

United Nations Industrial Development Organization (2012). *Introduction of BAT/BEP Methodology to Demonstrate Reduction or Elimination of Unintentionally Produced Persistent Organic Pollutants (UPOPs) Releases from the Industry in Vietnam.* Vienna. https://vncpc.org/en/project/ap-dung-batbep-trong-giam-phat-thai-upop-2/.

United States Agency for International Development (2010). *Environmental Remediation at Da Nang Airport Environmental Assessment in Compliance with 22 CFR 216.* http://www.agentorangerecord.com/images/uploads/modules/EA%20DNG.pdf.

United States Environmental Protection Agency (2014). *Protection & Restoring Land, Making a visible difference in communities, OSWER FY14 End of Year Accomplishments Report.* https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-03/documents/oswer_fy13_accomplishment.pdf.

University of the West of England Bristol, Science Communication Unit (2013). *Science for Environment Policy In Depth Report: Soil Contamination: Impacts on Human Health.* European Commission. http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR5_en.pdf.

Vastola, A., Zdruli, P., D'Amico, M., Pappalardo, G., Viccaro, M., Di Napoli, F. *et al.* (2017). A comparative multidimensional evaluation of conservation agriculture systems: A case study from a Mediterranean area of Southern Italy. *Land Use Policy* 68, 326–333. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.034.

Wallheimer, B. (2010). *No-till, rotation can limit greenhouse gas emissions from farm fields*. Purdue University https://www.purdue.edu/newsroom/research/2010/101220VynNitrous.html (Accessed: 6 November 2018).

Wang, X.M., Zhang, C.X., Hasi, E. and Dong, Z.B. (2010). Has the three Norths Forest Shelterbelt Program solved the desertification and dust storm problems in arid and semiarid China? *Journal of Arid Environments* 74(1), 13-22. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.08.001.

Weber, M., Driessen, P.P. and Runhaar, H.A. (2014). Evaluating environmental policy instruments mixes: A methodology illustrated by noise policy in the Netherlands. *Journal of Environmental Planning and Management* 57(9), 1381 1397. https://doi.org/10.1080/09640568.2013.808609.

Wellmann, D. (2012). *The Legal Framework of State Land Leases and Concessions in the Lao PDR.* Integrated Rural Development in Poverty Regions of Laos. http://www.laolandissues.org/wp-content/uploads/2012/03/Legal-Framework-of-Concessions-in-the-Lao-PDR-Discussion-paper-GIZ-Wellmann.pdf.

World Bank (2006). *Sustainable Land Management: Challenges, Opportunities, and Trade-offs.* Washington, D.C. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/7132/366540PAPER0Su11PUBLIC0as0of0July71.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

World Bank (2010). *Lao PDR Development Report 2010: Natural Resource Management for Sustainable Development: Hydropower and Mining.* Washington, D.C. http://siteresources.worldbank.org/LAOPRDEXTN/Resources/293683-1301084874098/LDR2010_Full_Report.pdf.

World Bank (2017). *World Development Indicators*. Washington, D.C. http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&type=metadata&series=ER.LND.PTLD.ZS

World Bank (2018). *Atlas of Sustainable Development Goals: World Development Indicators.* Washington, D.C. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29788/9781464812507.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

World Health Organization (2015). *Global health observatory data repository*. http://apps.who.int/gho/data/node.main.%20A897A?lang=en (Accessed: 6 November 2018).

World Overview of Conservation Approaches and Technologies (2016). *World overview of conservation approaches and technologies*. https://www.wocat.net/en/ (Accessed: 6 November 2018).

Xiaoming, F., Fu, B., Piao, S., Wang, S., Ciais, P., Zeng, Z. *et al.* (2016). Revegetation in China's Loess Plateau is approaching sustainable water resource limits. *Nature Climate Change* 6, 1019-1022. https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3092.

Xinhua (2018). *China focus: China adopts new law on soil pollution prevention.* http://www.xinhuanet.com/english/2018-09/01/c_137434559.htm (Accessed: 6 November 2018).

Xu, D., Song, A. and Song, X. (2017). Assessing the effect of desertification controlling projects and policies in northern Shaanxi Province, China by integrating remote sensing and farmer investigation data. *Frontiers of Earth Science* 11(4), 689 701. https://doi.org/10.1007/s11707-016-0601-4.

Yin, R. and Yin, G. (2010). China's primary programs of terrestrial ecosystem restoration: Initiation, implementation, and challenges. *Environmental management* 45(3), 429-441. https://doi.org/10.1007/s00267-009-9373-x.

Zdruli, P. (2014). Land resources of the Mediterranean: Status, pressures, trends and impacts on future regional development. *Land Degradation and Development* 25(4), 373-384. https://doi.org/10.1002/ldr.2150

Zdruli, P. and Zucca, C. (2018). Maintaining soil health in dryland areas. In *Managing Soil Health for Sustainable Agriculture.* Cambridge Burleigh and Dods Science Publishing. https://shop.bdspublishing.com/checkout/Store/bds/Detail/WorkGroup/3-190-56261

第 16 章

淡水政策

© Shutterstock/gyn9037

领衔作者兼协调负责人：Peter King（全球环境战略研究所）

领衔作者：Erica Gaddis（犹他州环境质量部），James Grellier（埃克塞特大学欧洲环境与人类健康研究中心），Anna Maria Grobicki（联合国粮食及农业组织），Rowena Hay（Umvoto），Naho Mirumachi（伦敦国王学院），Gavin Mudd（皇家墨尔本理工大学），Farhad Mukhtarov（鹿特丹伊拉斯姆斯大学），Walter Rast（德克萨斯州立大学梅多思水资源与环境研究中心）

《全球环境展望》研究员：Beatriz Rodríguez-Labajos（巴塞罗那自治大学），Jaee Sanjay Nikam（亚利桑那州立大学），Patricia Nayna Schwerdtle（莫纳什大学）

执行摘要

解决驱动力和压力问题是确保淡水政策有效的关键。通过监管类指挥和控制机制、补贴、投资支持和主体推动等方法，这些问题都可得到解决。但是，诸如实验、学习和自愿报告之类基于过程的创新方法同样也有其价值。{16.2.1；16.2.4}

政策连贯性和协同效应对于应对水、粮食、能源、健康和生态系统之间的复杂联系是必要的。为满足不同部门的需求并管理淡水政策的外部影响，人们通常会采用政策组合的方式。水质水量、农业、人类健康、生态系统和能源系统之间的复杂关系需要人们在制定淡水政策时将这种关系置于中心位置。实现政策连贯性和协同效应是这种一体化思维的重要效益，因为水政策会影响其它部门特别是农业和能源部门的政策。{16.2.1；16.2.2}

许多淡水政策都是高度依赖于环境的，但可适用于不同地方环境的淡水政策类型和治理方法也很多。治理方法和政策类型多种多样。这些政策的设计、实施和评估需要制度结构、经济资源及其它推动因素都落实到位。{16.1；16.2.3；16.2.5}

淡水政策仍需更好地考虑其对生态系统和人类健康的共同效益。通过基础设施投资和自然灾害应对等干预活动改变水质和水量的作法必须考虑其对人类健康的直接威胁，但利用潜在共同效益的作法仍未被广泛地付诸实施。{16.1；16.2.2；16.3}

政策有效性需要人们关注公民、私营部门和非政府机构的角色，特别是在参与式程序中所扮演的角色。水资源一体化管理（IWRM）就是一种基于部门间协调和非政府主体更多参与的参与式程序。为了让私营部门和非政府组织或地方政府和公民参与进来，人们需要进行协作。利益相关方的参与是一个长期过程，需要支持利益相关方关系等方面的投资。为推动这些利益相关方在决策过程中的投入，而不仅仅只是临时应付他们，人们还要设计相应的制度。水资源治理领域的放权需要支持性投资、能力建设和长期持续的意识提升努力。次国家层面的知识交流也能有效推动利益相关方参与。{16.1；16.2.1；16.2.2；16.2.5}

政策有效性评估可通过连贯透明的报告和系统性监测等方式得到改善。对于政策有效性，在政策实施之前即确定基线状况是必要的，因为这有利于政策实施前后的对比和经验教训的学习总结。可持续性报告的标准化、国家报告机制的开发、科学报告知识中心的使用等方法已被证明是有效的{16.2}。报告和监测有助于国家和国际层面可持续发展目标实现进展的跟踪，同时还有助于特定政策干预因果关系的认定。{16.3.1；16.3.2}

尽管政策方法正日益一体化和复杂化，但环境清洁这一基本问题的解决及破坏性遗留问题的扭转一直都是必要的。即便在发达经济体中，水资源使用行为的持续改善和水质恶化现象的预防也需要监管、技术和投资{16.1}。为改变水资源使用相关趋势，人们可能要进行政策修订。{16.6.1}

对社会问题特别是公平和健康问题的考量可有效推动环境和淡水政策。一国内部或发达国家与发展中国家之间存在的不公可能激发各国和国际社会解决水资源和卫生服务供应方面的问题，从而强化水资源和卫生服务方面的人权。{16.2.3；16.2.5}

惠及人类和地球两者的有效、创新性淡水政策具有变革潜力。环境流法就具有这种变革潜力，因为它是以定量方式将河流作为一个活系统来评估水需求的，同时还能够对河流的这种需求与各个经济部门的用水需求进行平衡。由于越来越多的河流开始接受这种评估，因此环境流成了河流流域管理和治理的一个基本要素，推动了整个流域水资源和景观管理的一体化。{16.2.1}

16.1 引言

联合国千年发展目标（MDG）曾经激励各国努力解决安全饮用水和基本卫生服务可持续供应等方面的问题。现在，可持续发展目标（SDG）提出了一个更加雄心勃勃的全球框架：在这个框架下，水的供应、质量、使用和治理等多维度问题都可得到解决。本报告A部分第9章明确了一套被世界各地广泛应用于应对可持续发展目标6所述子目标的政策。这些政策包括一般政策方法，如市场工具、监管项目、监测、能力建设等，以及水特定干预措施，如淡化、地表水和地下水联合使用等。

第9.9节所述政策证明了人们对较大空间范围包括河流流域之外的空间——如虚拟水贸易所示——及不限于国家层面、同时将多个制度层面纳入考量这一作法的日益关注。相应地，本章关于淡水政策有效性的分析首先聚焦的是政策范围内的各种用水方式和特定政策方法在多个部门的影响，然后又突出了作用于水、粮食、能源、气候、生态系统和健康之间相互关系的各项政策的优劣。

16.2 主要政策和治理方法

政策界迫切需要解决水、粮食和能源之间的联系，以使淡水相关政策方法对水文循环、生态系统、粮食和能源系统之间的联系方式具有敏感性。但是，旨在解决这一议题的工作却相对较新，且必须应对同时纳入时间、空间和治理等多个维度的挑战。在探讨旨在解决这一联系的政策的有效性时，对公平维度进行考察扮演着重要角色，用以规避程序和结果方面的不公。通过案例研究和可持续发展目标相关指标的分析，本章说明了这一联系概念为何对政策有效性和成本有效性很重要这一问题。

作为一个整体，这些案例研究对世界各地的国别和跨境水资源政策进行了说明。在应对下列问题方面，这些政策既取得了一定的成功，但也遭遇了实施方面的挑战：

- 提高地方水资源管理者的能力，同时维护各国和跨境水域之间保护措施的一致性；
- 妥善设计和运作水坝，将其对生态系统的影响降至最低，同时使其提供人类健康、农业和能源方面的效益，并考虑环境流和适应性管理的运用；
- 根据水资源一体化管理（IWRM）方式改革洪水风险管理政策，并赋予地方当局以更大责任；
- 向缺水地区的贫困社区提供基本水服务；以及
- 提高私营部门可持续性报告的一致性和透明度等。

此外，本章还对获取水和卫生服务以及取水方面的三个政策相关指标进行了评估。这些指标提供了对全球水资源政策进行评估的另外一种方法。

总体而言，案例研究和指标共同表明，政策工具和集群已经融合在一起，以综合方式解决了关系问题。这代表着从单一政府部门决策向通过涉及众多利益相关方的一系列规则、原则和程序进行治理的转变。

本章探讨的政策方法和案例研究（**表16.1**）与第10章的政策分类也有联系。

16.2.1 跨境水质管理相关监管框架

跨境水体由两个或多个国家共享。这些共享河流、湖泊或含水层的管理主要依赖于多边协调和制度开发。国与国之间的跨境水资源治理国际协议属于正式安排。

表16.1：政策方法和案例研究

治理方法	政策工具	案例研究
指挥和控制；主体推动；投资支持	通过两国跨境协议对水质目标进行协调	《北美五大湖水质协议》
主体推动；指挥和控制	环境流	格兰峡谷大坝的适应性管理
经济激励；指挥和控制	协作式制度设计	英国灾害风险减降项目之洪水风险管理："为水让出空间"及洪水风险管理政策
指挥和控制；经济激励；投资支持	水定价和基本用水的免费供应	南非的基本用水免费供应政策
创新促进；主体推动；消费者、雇主和利益相关方说服	可持续性报告的标准化	采矿业：可持续用水

特别是就跨境河流而言，随着时间的推移，相关协议已经更多且更全面，反映了共享河流和湖泊的一体化管理方法（Giordano等人，2014年）。到2007年，全球已有250项淡水条约，且每10年就要增加30项（Giordano 等人，2014年）。这些条约大多都以水质和环境问题为重点。但是，在这些条约中，水质方面的义务、责任和执法机制通常并没有明确定义（Giordano等人，2014年）。监管协议倾向于将直接的数据和信息交流机制排除在协议范围之外（Gerlak，Lautze和Giordano，2011年）。这些趋势总体表明，尽管水质问题被认为很重要，但特定政策干预措施却难以确立。

河流流域组织（RBO）可成为跨境水体相关条约的实施平台。一般而言，河流流域组织的主要功能包括：(i) 数据收集、监测和监管；(ii) 河流流域规划；(iii) 基础设施和机制的开发等（全球水伙伴组织（GWP），2017年）。许多河流流域组织都受水资源一体化管理原则的指导，致力于实现效率、公平和生态的可持续性，同时又解决水质和水量问题。在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（第1.6节）下，这一制度性方法旨在识别导致水质退化的压力因素、公平合理的用水方式和生态系统相关问题。

协议和框架的成功要接受详细审查，因为制度开发并不能保证水质的改善和搭便车行为的规避（Bernauer和Kuhn，2010年）；此外，合作的有效性也可能被质疑（Mirumachi，2015年）。

案例研究：《北美五大湖水质协议》

为应对五大湖流域的污染（Thornton等人，1999年），1972年，美国和加拿大在《边界水域条约》这一文件的框架下（《边界水域条约》，1909年）签署了《五大湖水质协议》（《五大湖水质协议》，2012年）。

五大湖流域拥有3,000多万人口（美国环境保护署（US EPA），2017年），大量工业、农业、林业和城市污染源向这一流域倾注了大量的点源和非点源污染物（Marvin，Painter和Rossmann，2004年）。就对生态系统和人类健康的影响而言，该流域的主要污染物包括诸如汞之类具有生物放大效应的金属和包括多氯联苯（PCB）、多环芳香烃（PAH）、多氯化萘（PCN）、有机氯杀虫剂（OCP）、多溴联苯醚（PBDE）和全氟化合物（PFC）在内的持久性有机污染物（POP）（Helm等人，2011年）。外来入侵物种、赤潮和富营养化是五大湖水域生态系统面临的其它威胁（Smith等人，2015年）。

当前协议包含了涉及五大湖一系列水质问题的附件。具体而言，这些问题包括问题区域的确定、整个湖区的管理、污染的控制、生态系统的维护和气候变化的影响等。协议涵盖了涉及联邦、州和地方等众多机构的广泛政策集群及合作行动（包括监管类和资源类）的推动。在协议下，每个国家都要通过国内项目、政策和资源为相关行动贡献力量。

根据该协议设立的国际联合委员会（IJC）是一个永久性双边纠纷解决机构。自1909年以来，该协议已赋予国际联合委员会以适用水资源利用相关治理原则的权力及解决纠纷的仲裁权力（Krantzberg和De Boer，2008年）。此外，美加两国联邦政府还会不时要求该委员会就特定边界水资源问题开展调查（Findlay和Telford，2006年；McLaughlin和Krantzberg，2012年）。因此，国际联合委员会每半年就会根据《边界水域条约》召开一次会议，就美加两国边境地区的众多水资源相关问题进行磋商（http://www.ijc.org/en_/meetings_minutes）。在《五大湖水质协议》下，国际联合委员会被赋予了五大湖相关特定职权，即向政府提供咨询和建议并报告协议实施相关进展的职能。为实现这一目的，《五大湖水质协议》的缔约方（即两国政府）每半年都会就协议的实施进行会晤（国际联合委员会，1980年；国际联合委员会，1981年；国际联合委员会，2001年；国际联合委员会，2017年）。

根据《五大湖水质协议》1987年的议定书，人们明确了五大湖水域的43个“问题区域”。这些区域都是水质和生态系统健康已经严重退化的地（其中12个在加拿大，26个在美国，还有5个为两国共享）。五大湖流域的环境退化主要是历史遗留问题；工业活动、农业、城乡径流、市政污水排放、土地利用规划和城乡土地行为等都是其成因，都导致了水质退化、河流污染和湖泊沉积，并对鱼类和野生动物种群及栖息地产生了严重影响。**表16.2**呈现的是我们对《五大湖水质协议》有效性进行的评估。

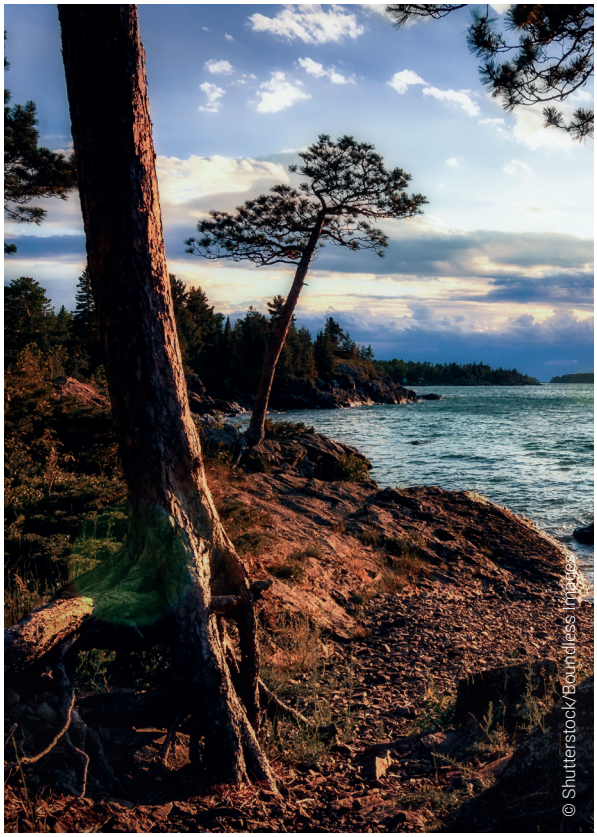

© Shutterstock/Boundless Images

表16.2:《五大湖水质协议》的有效性评估

标准	描述	参考文献
成败	目前，已有7个问题区域被撤下清单（其中3个在加拿大，4个在美国）。此外，还有一些地方被认为属于恢复区域。这些地方已经完成相关行动，预计很快就会从清单上拿掉。	美国环境保护署（2017年）
评估独立性	项目进展通常由缔约方定期报告，然后由国际联合委员会（IJC）根据两个咨询委员会（即五大湖水质委员会和科学咨询委员会）提供的意见和建议进行评估。其中，水质委员会提供的是政策咨询和评估服务，而科学咨询委员会提供的则是科技咨询和评估服务。此外，国际联合委员会还会发布三年期评估报告，对缔约方进展进行评估，同时就公众对缔约方进展报告提出的反馈进行汇总，并对项目在实现协议总体目标和特定目标方面的程度进行评估。	美国国家研究委员会（1985年）；国际联合委员会（2017年）
关键主体	美加两国政府及支持该协议实施的其它辖区是项目关键主体。在协助政府工作的过程中，国际联合委员会扮演的主要角色是评估。	国际联合委员会（2017年）
基线	缔约方在协议下通过了9项总体目标，列出了他们致力于实现的生态系统相关高级目标。此外，缔约方还确立了一套共9项生态系统健康指标，包含44项次级指标，以评估五大湖的现状及总体目标的实现是否取得了进展这一问题。	国际联合委员会（2017年）
时间线	1972年，在两国政府批准后，该协议正式开始生效。2012年，协议进行了最近一次修订。45年多来，该协议为两国致力于实现五大湖水域恢复和保护的努力提供了一个双边框架。	美国环境保护署（2017年）
制约因素	尽管公众在对缔约方进展的审查中起到了强有力的监督作用（通过关于实质性问题的双边网络公众研讨会的形式），人们仍呼吁提高相关话语的包容性并强化公民参与的作用，特别是在协议再谈判期间。此外，人们还倡导从临时问题解决式思维转向更具想象力和战略性的思维方式转变。	Krantzber（2012年）
促进因素	在落实协议目标的过程中，加拿大和美国拥有履行政策、制度、技术、财务和人员等领域重大内在义务的能力。对于问题区域，他们有一个持续制作修复行动计划的制度，且其目标是在开展修复工作的过程中建立一个以实验和学习为手段的适应体系，以实现协议的总体目标。	Hall，O’ Connor和Ranieri（2006年）
成本有效性	两国都依赖于五大湖水域的生态系统服务；仅休闲和商业捕鱼业这一项经济活动的年价值就高达70亿美元。全流域治理方法以7,000万美元的代价将鱼类物种的栖息地扩大了一倍，而仅仅治理大坝或过境公路这种一体化程度较低的治理方法则会导致惊人的低效，上述栖息地将分别减少24%和88%。	Southwick Associates（2018年）；Neeson等人（2015年）
公平性	五大湖的治理涉及约120名美洲土著、原住民和梅蒂斯人权利持有人，以及低收入和少数群体；这为湖区的集体治理提供了机遇。过去几年，加拿大斯旺莱克沼泽地原住民社区的传统知识和投入还被用于一个湿地恢复项目的实施及指导活动的规划。	Hildebrand，Pebbles和Fraser（2002）；Jetoo（2017年）
共同效益	在改善水质的过程中，该协议创造了多种形式的财富，包括休闲和商业捕鱼活动的增加（参见“成本有效性”一项）及休闲用途和旅游活动的增加等。项目的主要受益人为生活在湖泊及其流域的滨水居民、水上运动和捕鱼爱好者、旅游者和参观者。	
跨界问题	五大湖的水质退化问题——除非仅限于受控水湾或类似环境——通常都会产生跨界影响——这就是协议得以签署的原因所在。该协议还催生了五大湖地区的其它跨境治理倡议，如城市倡议（参见“潜在改进”一项）。	Jetoo（2017年）
潜在改进	2003年，五大湖及圣劳伦斯河城市倡议（“城市倡议”）正式成立了一个由130多个城市参与的、旨在恢复和保护五大湖生态系统的网络。该城市倡议主要依赖政府拨款、会员费和私人基金会资助进行运作。超国家资金的获得可以说是一大进步。此外，国际联合委员会也对进展指标给予了更多关注，以便参与保护和恢复相关资源的利益相关方都能了解项目取得的最新进展。	Jetoo（2017年）

原先确定的43个“问题区域(AOC)”在时间进程中获得解决的程度能够提示政策取得的进展(**图16.1**)。7个问题区域被摘牌这一事实说明了一定程度的成功,尽管剩余36个仍然凸显了这种修复行动的艰难。由于问题区域的生物物理学变化可能需要数十年时间才会发生,政策进展的一个更直接的衡量措施是在采取具体补救措施的地区采用和执行保护五大湖的政策的情况。

美加两国政府每三年都会通过《缔约方进展报告》及其它形式报告双方在协议下取得的进展。五大湖为两国提供了大量的生态系统服务,对这种服务的理解正是双方合作的推动因素之一。此外,两国还对五大湖有着共同的愿景、期望和依赖性。最后,与世界其它许多地方相比,两国在实现协议目标的过程中拥有履行大量内在政策、制度、技术、财务和人员义务的能力。

对五大湖水质问题进行大范围监测、分析和修复的成本是巨大的。例如,2010年发起的、旨在加速五大湖保护和恢复的五大湖恢复倡议就为倡议的未来运作提供了23亿多美元项目资金(美国环境保护署,2017年)。旨在改善鱼类栖息地的努力包括清理数百个完全或部分妨碍鱼类产卵迁徙活动的小型水坝和涵洞(Kemp和O’ Hanley,2010年)。尽管从经济上讲,水坝和涵洞的清理这只是一种小规模活动,但它却对湖区水生生物有着重大影响,同时还有助于提升湖区对湖边人群的休闲价值。另一方面,水坝和涵洞的清理有助于湖区一些最具侵略性的外来物种的产卵——当然,这是政策实施的一个副作用,需要进行科学评估。Neeson等人(2015年)使用的优化模型表明,将整个五大湖流域的水坝和过境道路都清理掉是五大湖恢复领域最具成本效益的一种方式。全流域治理方法能够以7,000多万美元的代价将鱼类物种栖息地增加一倍,而仅清理水坝或仅清理过境道路这种一体化程度较低的治理方法则会导致惊人的低效,使上述栖息地分别减少24%和88%。这些研究成果为国际联合委员会采取的全生态系统方法提供了成本有效性方面的论据。

图16.1:美国和加拿大五大湖流域问题区域的位置和现状图

资料来源:Binational.net.,2018年

16.2.2 水资源和能源部门环境流的适应性管理

引水和蓄水等人类活动导致了河流生态系统的退化，而在应对这种退化的过程中，人们对环境流的重要性形成了广泛认可（Poff等人，1997年；Arthington等人，2006年；世界银行，2018年）。所谓环境流，是指“维护淡水和河口生态系统及有赖于这些生态系统的人类生计和福祉所需要的水流的质、量和时机”（国际河流基金会，2007年）。作为水生生态系统可持续性的一个“主变量”，环境流可被纳入水资源管理相关国家级立法及河流流域规划（Poff等人，1997年；Speed等人，2013年）。例如，《南非国家水法（1998年）》就要求水库维护河流健康及基本的人类需求。环境流这一理念在考虑环境发展与人类需求之间的关系时尤其有用。

影响和保障环境流的方法之一，是以适应性方法调整水坝放水的时机和流量。这一方法试图影响水和能源（即水能）的联系，并在缺水地区农业生产需要进行灌溉的情况下影响水和粮食之间的关系。适应性管理利用的是大规模流量释放实验生成的实验数据；根据设计，这种实验旨在检验对河流、洪泛区或河口径流的物理和生态响应的假设（Konrad等人，2011年，第949页）。高流量释放实验属于复杂干预措施，会影响流量变化之外的一系列因素，可以更有效地获得广泛的生态、社会和经济效益（Olden等人，2014年，第179页）。

人们认为，与传统方法相比，适应性管理可提供更大的灵活性，因为它拥有对不确定性进行解释说明和检验的手段。以环境流为重点的适应性管理可模拟自然水文情势影响下游沉积物、水资源和栖息地状况的方法；而且，随着时间的推移可在新信息出现时进行调整（Richter等人，2006年，第299页）。但是，适应性管理通常受复杂制度环境和资金短缺等因素的约束（Kingsford，Biggs和Pollard，2011年；Allan和Watts，2017年）。此外，到目前为止，环境流实验仍仅限于美国、澳大利亚和南非的大型水坝，而建有大量水坝或正在规划更多水坝的其它地方如东南亚、南美和欧洲部分地区则鲜有这方面的报告（Olden等人，2014年，第178页）。尽管适应性管理通过公共参与之类的工具可将程序正义纳入其实施过程，但由于实验分化了社会群体，因而也存在公平和道德方面的关切（Huitema等人，2009年）。

大规模流量实验并不是没有争议；由于利益相关方视角的不同，其成败也在是人们争论的对象（Olden等人，2014年，第177页）。利用流量实验指导适应性管理的复杂性和不确定性要求人们进行反思性学习和渐进式理解（Sabatier等人，2005年）。积极的知识共享和学习相关各种证据的收集可进一步提高适应性管理过程中利用环境流的有效性（Allan和Watts，2017年）。这一特征反应了在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（第1.6节）下，应对措施可能受到哪些影响。

下文关于美国科罗拉多河格兰峡谷大坝下游河段的案例研究就是以大坝集水区之外更大空间范围及整个国家保护区为受益对象进行长期实验并实施知情适应性管理的例子。

案例研究：美国科罗拉多河格兰峡谷大坝的流量实验和适应性管理

格兰峡谷大坝建于1963年。它在格兰峡谷国家公园上游拦截了科罗拉多河长达300公里的水域，形成了鲍威尔湖。科罗拉多河河水的含沙量很大，而这些泥沙是当地动植物栖息地和生态系统不可或缺的组成部分。格兰峡谷大坝具有对河流水量进行调节的作用，而调节的结果就是将河水流量保持在适中的水平，从而缩小丰水期和枯水期之间的流量差异（Melis，2011年，第8页）。由于河流流量的改变对水生和陆生物种产生了负面影响，如滨水栖息地的丧失和鱼类物种的消亡等，因此人们引进了适应性管理这一作法（Collier，Web和Andrews，1997年）。随着内政部长基于1996年决策记录（Record of Decision）发起的一次流量实验，大坝的运营策略开始将环境流纳入考量。大坝的放水安排旨在以人为方式重新创造类似于大坝修建之前的季节性流量。这种流量实验针对水和能源之间的联系，其目的是“寻找一个替代性大坝运营方案，使得下游资源的恢复和长期可持续发展成为可能，同时又仅在实现这种恢复和长期可持续发展所必需的限度内对大坝的水电生产能力和灵活性进行限制”（美国内政部【US DOI】，1996年，第G-11页）。

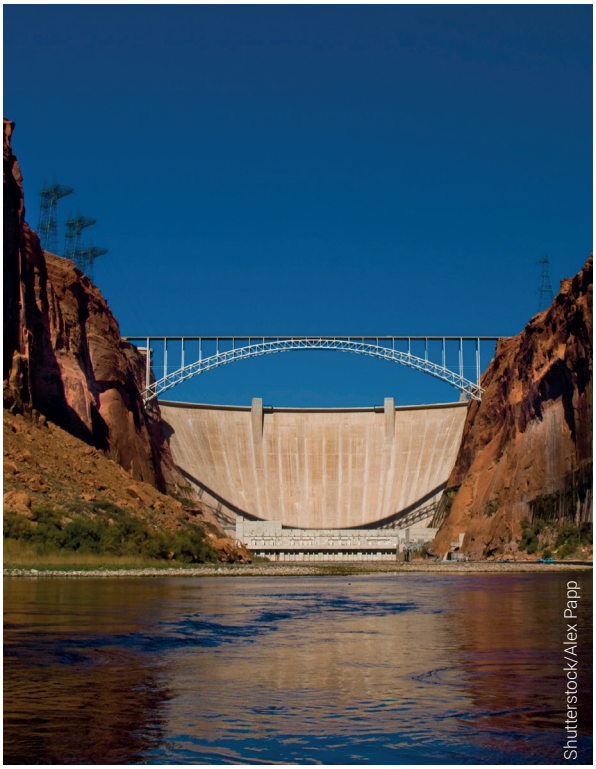

Shutterstock/Alex Papp

表16.3：格兰峡谷大坝适应性管理的有效性评估

标准	描述	参考文献
成败	第一次实验被认为取得了成功，从而为后续实验铺平了道路。作为一个例子，2016年的决策记录充分说明了人们对环境流的认识具有渐进性这个特征。	美国内政部（1996年，第G-11页）
评估独立性	这些实验和适应性管理方法已经接受美国内政部和美国地质勘探局（USGS）的评估，以及同行评审科技文献的广泛评估。	Collier，Webb和Andrews（1997年，第83页）；Webb等人（1999年）；Meretsky，Patten和Stevens（2000年）；Hazel等人（2006年）；美国内政部（2008年）；Korman，Kaplinski和Melis（2010年）；Melis（2011年）；美国内政部（2016年）
关键主体	美国垦务局和国家公园管理局主导了适应性管理计划的制定。这些机构与包括其它政府机构、河流委员会、能源用户和土著部落在内的15个利益相关方群体进行了接触。美国地质勘探局大峡谷监测研究中心在向政府机构提供技术建议并协助上述主体及公民组织之间的信息交流方面扮演了特别重要的角色。	美国内政部（2016年）
基线	实验旨在模拟大坝修建之前的状况。自然洪灾的发生频率较高，且规模较大。在自然洪灾发生期间，河流的平均流速据估计比基流大5倍。	Melis（2011年，第7页）
时间线	在20年的时间跨度里，大坝进行了多次实验。当前的《格兰峡谷大坝长期实验和管理计划》（美国内政部，2016年）旨在为大坝未来20年的运作提供指导。	美国内政部（2016年）
制约因素	大量法律、法规和条约制约了格兰峡谷大坝替代运作方案的选择；由于这些文件的存在，大坝运作必须考虑环境、文化资源、部落磋商、权力营销、水资源配送等方面的众多因素。	
促进因素	多项立法同步运作；也就是说，随着立法的演变，不同范围和部门之间的政策连贯性得到了保证。	如：美国国会（1973年）；美国内政部（1992年）；美国内政部（2018年）
成本有效性	2016年决策记录做出的适应性管理决定对7个大坝运作和流量选项进行了比较，以分别评估其成本和影响。这种比较发现，适应性管理干预的净现值大于不作为情形（状况）的净现值。	美国内政部（2016年）
公平性	以公众参与形式进行的利益相关方磋商旨在明确各利益相关方参与这一进程的不同形式。但是，人们指出，一些土著部落在表达其文化价值观方面遇到了挑战：它们的文化价值观与科学调查和评估方法并不相符，因而在参与公众磋商进程方面表现出了一些能力上的问题，同时也凸显了科学知识与传统知识之间的冲突。	Austin和Drye（2011年）
共同效益	从项目地点到下游区域，实验都体现了从文化资源到休闲体验的众多共同效益或“资源目标”。实验对人类健康的影响（无论是益处，还是害处）都被认为不大，尽管有人认为，水质退化对人类健康的消极影响可作为终止这种实验的标准之一。	Valdez等人（2000年）；Melis（2011年）；美国内政部（2016年）
跨界问题	实验必须满足美国和墨西哥之间水资源条约及《美国联邦法规》第XVIII卷“格兰峡谷的保护”第1801节所述的水量配额要求。	
潜在改进	有批评指出，在适应性管理方法内部，纠纷解决机制需要进一步加强。	Camacho，Susskind和Schenk（2010年）

首次高流量实验是1996年进行的。这次实验被认为是首次大规模国际流量实验（Collier，Webb和Andrews，1997年，第83页；Meretsky，Wegner和Stevens，2000年，第 583页）。2004年和2008年分别进行了两次后续实验（Melis，2011年，第9页），而2012年、2013年、2016年和2017年又进行了更多实验。前16年的高流量实验构成了高流量实验方案的依据（美国内政部，2011年），而这种方案又为格兰峡谷大坝的适应性管理提供了可能。这些实验的效果在《环境影响声明》和《国家环境政策法案》要求的适应性管理计划中都有分析。**表16.3**呈现的是我们对格兰峡谷大坝适应性管理进行的有效性评估。

通过这些实验，人们对适应性管理的科学理解和适应性管理相关政策方法都逐步进行了调整，以实现水电生产和生态关切之间的均衡（Gunderson，2015年）。高流量释放方案成功扩大了沙坝的规模，从而惠及了已经濒危的弓背鲑，同时还重建了滨水植被，增加了休闲项目。这个项目在现有水资源分配和供应协议下成功实现了这些改进，并实现了水资源管理与水电需求的一体化。

适应性管理是通过若干政策要素推动的。垦务局这一美国内政部所属机构的使命，是在建设水坝之前平衡水坝的环境和经济考量（美国内政部，2016年）。此外，诸如《濒危物种法案》之类的立法推动了濒危物种的保护，而1992年的《格兰峡谷保护法案》则建议对该峡谷实施适应性管理（Meretsky，Wegner和Stevens，2000年，第580页）。而且，美国下游各州的供水也要纳入考量，墨西哥的用水需求就更不用说了——两国1944年签署的水资源条约对这一问题进行了规定。因此，适应性管理并不是在制度真空中进行的，而是在跨越不同层次的、形成了相互依赖性的多重制度中进行的。因此，适应性管理需要对可能影响本政策方法的各种制度进行全面考察。

因为流量实验具有不确定性这一固有特征，因此数据运用和知识创造也非常重要（Konrad等人，2011年，第955页）。在这方面，美国地质勘探局格兰峡谷监测研究中心充当了推动实验和学习的知识中心的角色。对于确保环境流和适应性管理方法的有效性而言，这种不确定性既是推动因素，也是制约因素。持续实验和监测对于策略的变更调整至关重要（Melis，2011年，第141-142页）。

16.2.3 一种新的水资源相关灾害风险减降方法

灾害风险减降是“通过系统分析和减少灾害根源性因素的方式降低灾害风险的理念和实践”（联合国减灾办公室【UNISDR】，2017年）。鉴于自然危害本身的发生不一定会导致灾害，灾害风险减降旨在降低灾害的严重性。因此，灾害风险减降是一种预防性政策方法，其目标包括限制危害暴露程度、降低社区在财产损失损坏、流离失所、死亡及灾害的其它消极后果面前的脆弱性等，而其益处则包括：改善土地、环境和资源的管理和监测；改善灾前准备（如通过早期预警系统和疏散计划）等（联合国减灾办公室，2017年）。灾害风险减降的关键点在于，通过适当的政策选择并实施这种预防性行动，各国可降低环境灾害的规模。经过演变，灾害风险减降框架为人们以预防性方式限制灾害规模、考虑时间范围的延展（目前为2015-2030年，与其它全球框架相对应）并将重点放在实施而不是最终目标上提供了可能（机构间区域分析师网络【IARAN】，2016年，第4页）。

灾害对每一地区的影响都是独特的；它们会对灾害风险治理安排产生影响。这种影响通常会导致大量的基础设施投资，并伴以高度制度化的安排（如波兰、荷兰和新加坡等）。然而，策略的中度多元化（如比利时、法国等）或高度（如英国）多元化既来自变革的需要和意愿，也来自推动这种变革的各种力量（Wiering等人，2017年，第20-24页）。

国家灾害风险减降工作及个人灾害准备的改进通常会在重大灾害事件（如2004年印度洋海啸）之后发生（Hoffmann和Muttarak，2017年，第32页）。通过《仙台行动框架》之类的进展，灾害风险减降目前在政治议程上的地位正越来越高（UNISDR，2015年）。与此同时，通过加大妇女、儿童和老年人的参与力度，人们正在倡导一种以人为本的灾害风险减降方法。但是，发达国家与发展中国家在灾害准备方面存在着严峻的差异，而这导致了灾害应对能力及发展中国家因此而遭受生命损失等方面的严重不公平问题（Al-Nammari和Alzaghal，2015年）。

政策可通过提高有效性的方式作用于——例如——可影响饮用水供应的灾害风险减降努力。当然，这取决于地方/区域的脆弱性和准备程度。洪灾和暴风雨代表着对水质的直接影响，而旱灾则既可影响水量，又可影响水质。此外，真正有效的政策还可应对安全饮用水供应面临的威胁及受到影响并可能影响人类健康的排水系统，从而改善灾害减降应对措施。

案例研究：英格兰和威尔士的洪水风险管理政策（英国）

洪灾在英格兰和威尔士造成了巨大的经济损失和健康后果：仅2007年的洪灾就造成了32亿英镑的财产损失（Penning-Rowsell，2015年）。截至2014年，环境署（Environment Agency）认定的位于洪泛区的房屋数（仅限于英格兰和威尔士）“占所有房产的8.5%，而其中四分之一处于重大风险之中”（Penning-Rowsell和

表16.4：英格兰洪水风险管理政策的有效性评估

标准	描述	参考文献
成败	英国政府声称，其洪水风险管理体系是有效的，“自2005年以来已经取得了显著成功，包括为50多万房产提供了较好的安全保障”。但是，对于根据新的成本效益分析分配资金及目前仍然存在的、偏好洪水风险管理结构化方法的作法的公平性，人们仍然存在担忧。	英国议会（2017年）
评估独立性	2007年夏季发生大范围洪灾后，Michael Pitt爵士（2008年）开展了一次独立评估。这次评估的详细评估结果及建议发起了一系列洪水风险管理改革，并催生了英国环境、食品和农村事务部（2012年）的进展报告。根据2007年评估确定的类型，Chatterton等（2016年）对2013-2014年度的洪灾进行了成本和影响评估。英国环境、食品和农村事务部2017年的报告及英国政府对其做出的响应为政策评估提供了更多资料。	Pitt（2008年）；英国环境、食品和农村事务部（2012年）；Chatterton等人（2016年）
关键主体	利益相关方包括英国环境、食品和农村事务部、环境署、地方当局、水务公司、防汛员、国家洪灾论坛和咨询人员等。到目前为止，主要政策变革包括赋予地方当局在洪水风险管理领域以更大职权。	英国政府（2010年）；Laakso，Heiskanen和Matschoss（2016年）
基线	考虑通胀因素后，英国过去23年中的洪灾年均损失约为2.5亿英镑（Penning-Rowsell，2015年）。2007年夏季的洪灾是其中最为明显的一次。据估算，这次洪灾造成了32亿英镑的损失，从而催化了洪水风险管理改革的加速。	Penning-Rowsell（2015年）
时间线	《洪灾和水资源法案（2010年）》是以2004年启动的“为水让出空间”这一早期战略、英国政府较近时期通过的“未来水资源”战略（英国环境、食品和农村事务部，2008年）及Michael Pitt爵士制作的颇有影响力的报告（英国环境、食品和农村事务部，2008年）为依据的。	英国环境、食品和农村事务部（2004年）；英国环境、食品和农村事务部（2008年）；Pitt（2008年）；英国政府（2010年）
制约因素	新的政策框架赋予了地方当局以地表水洪灾准备和应对方面的主导地位，却没有就这些新挑战的应对真正赋予它们以必要的人、财和技术能力。在资金和资源仍然不足的情况下，地方当局不得不疲于应付，以实现人们对洪水风险管理的较高期望。	Penning-Rowsell（2015年）
促进因素	2015-2021年间，洪水风险管理领域的软、硬和自然解决方案获得的资金总额为25亿英镑，创下了历史记录。	Penning-Rowsell（2015年）
成本有效性	2013-2014年冬季的毁灭性洪灾造成的经济损失低于过去20年的年均洪灾损失（约2.5亿英镑）。这一事实也许说明，2007年通过的洪水风险管理措施是有效的（Thorne，2014年）。	Thorne（2014年）
公平性	英国某些地区与其它地区相比更容易遭受洪灾。由于英国的财产保险市场是自由化的，这就意味着保险公司可能会要求那些位于洪灾风险较高地区的房主支付更高的保险费。因此，这会使某些家庭处于不利地位，从而引发人们对洪水风险管理政策公平性的担忧（Penning-Rowsell和Pardoe 2015年；Begg，Walker和Kuhlicke 2015年）。	Begg，Walker和Kuhlicke（2015年）；Penning-Rowsell和Pardoe（2015年）
共同效益	基于土地利用规划和变更的自然洪灾管理可能有助于缓解农业用地造成的非点源污染，并减轻土壤侵蚀对湖区生态系统的影响（Dadson等人，2017年），说明了系统规模管理可以解决一个复杂的动态关系。陆生和水生动植物栖息地的恢复还可提供更多的碳储存服务（Keesstra等人，2018年）。潜在的共同效益可能还包括上游池塘和含水层保水功能的提升。土壤中保有水分的增加可为旱灾期间的稀缺水资源提供补充，并缓解热浪带来的不利生态影响。	Dadson等人（2017年）；Keesstra等人（2018年）
跨界问题	无	
潜在改进	未来改革如能实施更为严格的可持续排水监管框架，那将是一大进步。	Begg，Walker和Kuhlicke（2015年）

Pardoe，2015年，第5页）。因此，过去15年内，洪水风险管理政策发生了重大变化。其中最为明显的，是对洪灾预防、基于自然的解决方案和公民灾害准备这些“偏软”措施的强调——正如“为水让出空间”这一策略（英国环境、食品和农村事务部【DEFRA】，2004年；Mukhtarov，2009年）和《洪灾和水资源管理法案》（英国议会，2010年）所述。这与倾向于依赖基础设施的作法正好相反（如Wiering等人，2017年）。

洪水风险的另一治理方法则致力于开展多层面的利益相关方协作，并通过跨部门协调和扩大公民参与等方式实施一体化水资源管理（IWRM）（Mukhtarov，2009年）。由于英国环境、食品和农村事务部和环境署的放权作法及政策评估结果（Pitt，2008年）和上述《洪灾和水资源管理法案》，地方当局目前在地表水（如洪灾）相关规划和应对方面承担了更多责任。

此外，相关政策还鼓励灾害风险减降战略将生物多样性、人类健康和水质等方面的效益纳入考量。Pitt评估（Pitt，2007年；Pitt，2008年）还呼吁新建筑安装可持续排水系统，同时还呼吁变更城市土地用途，以减少地表径流并改善土地的保水功能。目前，可持续排水问题是通过自愿措施应对的。**表16.4**呈现的是我们对英格兰洪水风险管理政策开展的有效性评估。

英国的洪水风险管理案例是洪灾政策的一次全面改革，其中包括英格兰和威尔士地表水管理的彻底变革。时间将证明这个新系统是否将比前一系统更加有效。但是，鉴于自2005年以来已经有50万房屋得到了洪灾风险保护这一事实，这一新系统取得的重大积极成果已经很明显了（英国议会，2017年）。

新的洪水风险管理政策的持续成功及其对地表水管理的关注似乎取决于国家和区域政府与地方当局就风险缓解计划和自然洪水风险管理进行协调的能力。尽管对地方当局在洪水风险战略实施方面的成果开展更多研究的做法对于更好地理解其影响是必要的，但现在就做出以下表述似乎是合理的，即这些放权作法的成功应伴以地方当局预算和协调权力的增加，以及国家机构如环境署和英国环境、食品和农村事务部支持角色的强化。尽管所有地方当局确实都要对洪灾的准备和应对负责，但他们需要必要的人、财和技术能力才能应对这些新挑战。在资金仍然不足的情况下，全国各地的地方当局不得不疲于应付，以实现人们对洪水风险管理的较高期望（Begg，Walker和Kuhlicke，2015年；Penning-Rowsell和Johnson，2015年）。此外，政策涉及的多项主体和责任也给政策实施的协调带来了更多挑战（Begg，Walker和Kuhlicke，2015年）。

16.2.4 经济激励和免费基本供水服务补贴

水权包括个人和家庭用水的充足性、安全性、可接受性、物理可获得性和经济适用性等方面的考量（联合国大会第A/RES/64/292号决议，参见联合国大会，2010年）。2010年联合国大会第A/RES/64/292号决议通过之后，越来越多的国家正式承认了水权这一人权。据2014年的《全球卫生和饮用水分析评估报告》显示，在94个国家中，已经有70个承认了水权这一权利（世界卫生组织，2014年，第14页）。

承认水权的宪法及立法必须有针对融资和预算问题的政策工具的支持。这些工具非常重要，因为融资和预算问题被认为是实现水权和卫生的一大障碍（de Albuquerque和Roaf 2012）。各国通常面临成本回收和交易成本等问题（Obani和Gupta，2016年，第679页）。补贴是以经济激励方式实现水权的水定价努力的一部分。它经常被用于支撑水和卫生服务的经济适用性，具体包括收入补助、交叉补贴、阶梯式累进费率、返利式通用价格、基本用水免费等形式（de Albuquerque和Roaf，2012年，第54、83页）。

千年发展目标的制定推动了人权方法的应用，同时使人们得以将水作为人类共存所需要的一项经济商品看待——尽管这方面的分歧仍然存在（Obani和Gupta，2014年）。水定价——如果高效的话——能够将供水的所有经济成本纳入价格（Grafton，2017年，第30-31页），并凸显保障水权不一定就要免费供水这一观点的正确性（联合国人权事务高级专员办公室品【OHCHR】，2010年，第11-12页）。而且，水权要放在水的多种用途如确保粮食安全特别是家庭层面的粮食安全这种广泛背景下进行考量。一般而言，人类的水和卫生权利通常并没有考虑——例如——农业用水需求和以贸易形式出现的虚拟水转移活动对富裕和贫困使用者的不同影响（Obani和Gupta 2016年，第685页）。因此，水权是由地方环境决定的。推广这一权利的意义间接说明了水与粮食安全之间的关联及因地方环境差异导致的潜在不平等。

在驱动力、压力、状况、影响和响应框架（第1.6节）下，本政策方法主要是为实现安全和洁净饮用水这一目标确保了一项基本条件。定价和补贴通常是在更广泛的治理框架下运作的，而设定最低限度的水质要求及创建作为监管者的机构等都是这个框架的内容（de Albuquerque和Roaf，2012年）。南非的基本用水免费供应政策是从宪法上承认水权的一个较早案例，以二十多年的政策实践为人们提供了深刻的洞见（参见**表16.6**）。此外，这个案例还说明了在考虑地方水文和社会经济背景的前提下利用经济工具如阶梯式累进费率的必要性（von Hirschhausen等人，2017年）。

案例研究：南非的基本用水免费供应政策

2001年，南非政府发起了基本用水免费供应政策（FBWP）。这样做的目的是为了应对因缺少安全用水和卫生服务导致的公共卫生问题，同时为该国人口提供享受补贴的供水服务。这项政策主要以贫困人口为实施对象，每月为每个家庭提供6,000升（6公升）的安全饮用水（水务和林业部【DWAF】，2002年，第7页）。通过基本服务的提供，该政策甚至还致力于缓解南非这个曾经经历过社会不平等问题的国家的贫困现象。

基本用水免费供应政策要求，任何旨在限制用水量的方法都要确保基本用水的有效、免费供应。由于认识到市镇之间存在差异这一事实，基本用水免费供应政策还建议根据消费者的支付能力实施混合服务。这种服务包括手压泵、公共水龙头、受监管水井和屋顶水箱等供水服务（水务和林业部，2002年）。此外，为满足同一市镇内不同消费者的需求，政府还实施了若干经济激励措施（**参见表16.5**）。**表16.6**呈现的是我们对南非基本用水免费供应政策下相关经济激励措施的有效性进行的评估。

基本用水免费供应政策是实施人类水权的第一步和重要一步；利用一系列立法和政策工具，这项政策强化了水权这一权利的重要性。市镇必须根据《市政系统法案》第74节的规定实施一项费率体系。

这个体系反映的是“用户付费”的原则，因此超过基本供应量的水耗将被收费（水务和林业部，2003年，第29页）。计量是衡量或控制免费供应量的方法之一（水务和林业部，2002年，第29页）。但是，每个家庭每月6,000升的供水量备受争议（2007年，第5页）；水务和林业部承认，每人每天25升水的供应量对于许多家庭而言可能并不够，因而需要逐步增加。

政策实施的经济因素不可忽视，因为这个国家存在着高度的地区及社会经济差异，而这可能会对公平产生影响。就农村供水而言，成本回收率很低（供水和卫生计划【WSP】，2011年）。城市供水实现了96%的覆盖率，但资产维护并没有被赋予高优先性，因而未来有恶化的风险（水资源和卫生规划，2011年）且可能对成本有效性产生影响。

水务当局（即市政当局）的高效成本回收也伴随着公平问题。成本回收问题对供水量产生了重大影响。在德班之类的地方，最低免费供应量实际上已经演变成了最大供应量（Loftus，2006年）。对于扩大福利覆盖范围并解决成本负担的地理分布不均问题，成本回收是必要的；只有这样，基本用水免费供应政策才不会沦为那些已经拥有基础设施、因而可轻易从政策中受益地方的专享（Balfour等人，2005年，第16页）。

表16.5：基本用水免费供应政策的三个选项

	选项1 阶梯式累进费率	选项2 定向信贷	选项3 服务级别定向
描述	阶梯式累进费率适用于所有居民消费者，其中第一阶梯即0-6公升通常不收费。对于用水量低于扶贫消费限额的人不征收任何固定月费用。	对于被选为扶贫对象的所有消费者，政府都会为其个人用水账户充入足以支付其扶贫消费限额（通常为每月6公升）的金额。	（流量低于扶贫消费限额）的限流服务级别免费供应。高于扶贫消费限额的则要支付正常水费，但因历史原因服务级别较高的贫困消费者除外。
定向方法	无定向（前6公升向所有家庭免费）。但是，针对度假区的固定月费用可能是必要的。	需要一个识别扶贫对象的体系。通常，这个体系是基于贫困基准指标（如家庭收入或家庭支出）进行运作的。	定向是通过消费者（或某些情况下由当局）选择服务级别的方式进行的。
适用性	主要适用于较大规模的城市市镇。不适用于度假房产比例较高的情形，除非其有固定月费用定向补助。	可适用于大型市镇，但通常更适合中小规模、主要为城市区域的市镇。要求所有消费者都有计量系统。	最适合主要为农村地区的市镇。

资料来源：水务和林业部（2002年，第27-29页）

表16.6：南非基本用水免费供应政策经济激励的有效性评估

标准	描述	参考文献
成败	水务和林业部（DWAF）表示，在基本用水免费供应政策实施的前22个月，政策实施记录非常好，特别是在城市区域。2007年，水务和林业部进一步表示，75%的人口获得了免费基本用水，且其中大多数（69%）为贫困家庭。但是，这一成功在城市和农村地区之间并不平衡，因为偏远、农村地区的供水一直都没有跟上。而且，有报告说，2012-2014年间，饮用水供应实际上减少了8%。	水务和林业部（2002年）；Muller（2008年，第79页）；水资源和卫生规划【WSP】（2011a，第2页）；水资源和卫生部【DWS】（2014，第7页）
评估独立性	基本用水免费供应政策（FBWP）已接受水务和林业部、水资源研究委员会及其它相关政府机构的内部评估，以及同行评审的科技及灰色文献的大范围评估。	水务和林业部（2002年）；Mehta和Ntshona（2004年）；Balfour等人（2005年）；Loftus（2006年）；水务和林业部（2007年）；Loftus（2007年）；Muller（2008年）；von Schnitzler（2008年）；Dugard（2008年）；水资源和卫生规划（2011a）；Naidoo等人（2012年）；水资源和卫生部（2014年）；南非统计局（2016年）
关键主体	水务和林业部（现为水资源和卫生部【DWS】）是负责基本用水免费供应政策监管的政府机构。中央政府在这一放权过程中承担着监管者的角色。市政当局、水务委员会和私人服务供应商都参与了地方实施。	水资源和卫生规划（2011a）
基线	政策实施之前，水权并没有得到认可。报道显示，2001年基本用水免费供应政策启动时，在南非4,480万人口中，“有500万人（11%）没有获得安全供水，另有650万人（15%）没有明确的基本服务级别”（水务和林业部 2003年，第1页）。	水务和林业部（2003年，第1页）
时间线	该政策是1994年后种族隔离时代民主化政治进程这一广泛背景下发展出来的。此外，基本用水免费供应政策在2000-2015年间千年发展目标的子目标7C下也实施和监测过。	
制约因素	干旱地区水源面临的自然约束对供水构成了挑战。该政策并没有对“贫困”家庭进行定义，尽管其针对的正是这类用户。	Muller（2008年）；Naidoo等人（2012年）
促进因素	该政策的依据是是对水权进行宣示的《宪法》第27节，而1997年的《水服务法案》和1998年的《国家水资源法案》则是其具体实施依据。此外，诸如2003年《水服务战略框架》之类的监管框架也为基本用水免费供应政策的实施提供了指导，同时还得益于服务级别国家标准的补充（如水资源和卫生部，2017年）。在该政策下，各种经济工具被用于解决源于种族隔离时代的、将供水与社会不平等捆绑在一起的那些问题。该政策还是放权努力的一部分，因此可被视为广义治理变革的一部分。	Muller（2008年）；水资源和卫生部（2017年）
成本有效性	南非的人均供水投资相对较高（城市供水为人均385美元，农村供水为人均278美元）。成本效益的不均衡性还体现在以下事实中，即就所有市镇而言，交叉补贴的可行性取决于许多因素，其中包括消费者的财富水平和用户的类型和比率等。	水务和林业部（2007年）；水资源和卫生规划（2011年）
公平性	根据一项研究，在2000年的南非，可归因于不安全饮用水和卫生问题的疾病负担据估计造成了13,434人死亡，其中儿童的代表性偏高（Lewin等人，2007年）。该政策是致力于解决这些健康后果的努力的第一步。但是，为回收供水服务成本而使用预付费水表的作法也带来了一个问题，即超出基本用水最高限额的部分对于一些家庭而言过于昂贵。此外，使用家庭作为供水单位的作法也没有考虑到那些生活在非正式住区和住宅后院的人群的需求。	Bond和Dugard（2008年）；McDonal（2008年）
共同效益	基本用水免费供应政策按照设计会产生公共健康、福利和性别公平等方面的共同效益。Mehta和Ntshona（2004年，第19页）报告了这方面的一些证据。但是，这方面的已出版成果和数据在公有领域尚未发现。	水务和林业部（2002年）；Mehta和Ntshona，2004年，第 19页
跨界问题	尽管南非确有若干跨境河流和含水层，但该政策仅限于国家目标及国内实施，对其它滨水国家水权的行使似乎并没有直接或明确影响。	
潜在改进	自基本用水免费供应政策引进后，基本卫生服务免费供应政策也于2009年确立了。未来，人们可就后者实施对前者产生的共同效益进行详细分析。成本有效性评估可将健康成本纳入考量，并考虑基本卫生服务免费供应政策的效果。政策连贯性可通过一体化方法进一步改善，从而改善制度之间的相互影响。此外，更加明确地聚焦于非正式住区需求的作法能够改善政策的公平性。	

16.2.5 采矿业的水资源可持续性自愿报告

采矿需要大量用水，因而对水资源造成了相当大的长期和短期风险（Spitz和Trudinger，2008年）（请同时参见第9.5.5节）。对于同时面临大规模和小规模采矿项目的地方社区而言，采矿对水资源现有用户及其价值产生的潜在影响是一项普遍关切。这种关切源于人们对那些曾经（或将继续）对水资源造成污染或其它影响的糟糕体验（如溪流的减少、地下水位的下降、河流改道、水质的非预期变化等）。现在，政府、公司和社区都认识到了要求采矿行业有效管理水资源相关风险的根本必要性（如Norgate和Lovel，2006年；Rankin，2011年）。

可持续性报告方面的主要协议是全球报告倡议（GRI）。作为政府、社区和公司利益相关方之间的一个联合项目，这项倡议始于1997年，旨在使可持续性报告成为公司报告那样普遍和重要的报告。全球报告倡议的当前标准涵盖一系列涉及社会、经济、环境和地方社区健康等方面的广泛指标；根据设计，它不仅要能够为采矿行业所使用，而且要能够为任何公司或组织所使用。对于公平问题，它是通过就下列事项的报告——即能够影响到弱势群体的管理方法、识别和接触地方利益相关方的手段、公司应对其对地方社区产生的风险及影响的方法等事项的报告——提供指导实现的。自2002年约翰内斯堡地球峰会召开以来，全球采矿行业已通过国际采矿与金属委员会要求其公司成员发布年度可持续性报告。

案例研究：澳大利亚采矿业的水资源核算框架

对矿山报告的水数据进行的早期研究发现，可持续性报告的数据每年都在变化，且没有任何说明；不同矿山对“耗水量”和“回收利用量”之类术语的解读并不一致；水质问题基本没有得到解决等（Mudd，2008年；Northey等人，2016年）。有鉴于此，澳大利亚矿业理事会（MCA）开发了一个水资源核算框架（澳大利亚矿业理事会，2012年）。这个框架允许人们对矿山的水平衡进行量化，并通过可持续性报告对全球报告倡议要求报告的具体指标进行报告。水资源核算框架是就矿山水资源管理提供一致报告方面迈出的重大一步。澳大利亚矿业理事会的49个成员公司代表着澳大利亚85%的采矿活动和90%以上的矿物出口（澳大利亚矿业理事会，2017a）。

人们对公司责任日益增长的兴趣已成为可持续性报告的一个强劲推动因素，采矿公司投资者和利益相关方及受采矿活动影响的地方社区都就公司责任施加了压力。采矿行业水资源风险面临的主要制约因素是个别公司及其矿山的技术能力问题。

例如，某一矿山可能并没有确保进行准确、及时可持续性报告所需的监测活动、技术（特别是水平衡建模）能力和报告体系。高效的水资源利用管理及其相关成本要求对任何情形都进行监测；这意味着投资于上述体系对于矿山是有益的，它有助于降低运营成本、确保透明度并提高声誉，同时将水资源相关风险降至最低。就成本有效性而言，与不采取任何行动相比，开展可持续性报告获得的收益可能是巨大的，如积极的投资情绪、获准在地方社区营业的社会许可、水资源利用效率方面运营陈本的降低、监管机构对环境管理成功的认可等——正如澳大利亚矿业理事会在其水资源核算框架商业理由陈述中表示的那样（参见澳大利亚矿业理事会，2017b）。**表16.7**呈现的是我们对澳大利亚采矿行业水资源核算框架开展的有效性评估。

越来越多的公司采纳可持续性报告这一作法是政策倡议和方法取得了成功的一个标识。澳大利亚矿业理事会和现在的国际采矿与金属委员会都要求其成员报告用水情况这一事实也证实了政策的成功。但是，水资源核算框架和国际采矿与金属委员会的规程在以下四个方面仍然存在缺陷，即：

i. 采矿活动中所使用水资源的水质问题；
ii. 潜在受影响水资源特别是水质和水量的详细监测与全球报告倡议衡量指标之间的联系；
iii. 水资源监管要求与可持续性报告之间的联系；以及
iv. 改善水资源集水区和气候方面的数据，以便更好地解读和理解采矿活动的用水问题及其对水资源造成的风险。

此外，除少数学术研究外，可持续性报告中发布的水资源数据和信息接受的正式评估非常少。随着全球报告倡议向标准框架而非准则框架转变，现在，独立审计和保证不仅更加突出，而且对负责任投资者、监管者和相关社区利益相关方也非常重要。

政策在降低采矿行动对水资源影响方面的有效性基本上尚未接受严格评估。但是，较高比例的澳大利亚采矿公司都发布了体现水资源核算框架的可持续性报告这一事实表明，这一方法作为一项管理工具是成功的。

16.3 指标（与可持续发展目标和多边环境协定的联系）

下列关于饮用水获取、卫生和取水状况的指标对用于管理淡水资源且通过各种路径促进了人类健康改善的各种政策进行了深入考察。这些指标入选的原因，是因为它们对政策具有敏感性，同时还因为它们在当前可持续发展目标和既定多边环境协议下的重要性得到了广泛认可。本章对这些指标进行了分析，以呈现那些能够影响全球饮用水、卫生和取水趋势的政策。这些政策的多样性相当丰富，而我们的分析更凸显了政策组合在进一步实现可

表16.7：澳大利亚采矿行业水资源核算框架的有效性评估

标准	描述	参考文献
成败	越来越多的澳大利亚公司采用可持续性报告，以及澳大利亚矿业理事会（MCA）和国际采矿与金属委员会（ICMM）都要求其成员报告用水情况的事实，都预示了这一政策方法的成功扩散。	Mudd（2008年）；Northey，Haque和Mudd（2013年）
评估独立性	随着全球报告倡议向标准框架而非准则框架转变，外部审计的开展正变得越来越频繁，尽管这种审计的范围变动很大。目前，对水资源相关数据报告进行的正式评估非常少。	Mudd（2008年）；Northey等人（2016年）
关键主体	各采矿公司及其成员组成的协会、地方社区、相关利益相关方（如环境团体）、政府监管者、财务利益相关方等。	Franks等人（2014年）
基线	没有正式的基线。20世纪90年代中期之前没有水资源相关报告可能是一个隐性基线。	Mudd（2008年）
时间线	可持续性报告进程及其报告的数据已经历了20年的演变。自2016年起，全球报告倡议已成为一项正式标准，而非指导准则。	Mudd（2008年）；Northey，Haque和Mudd（2013年）；Northey等人（2016年）
制约因素	监测和记录水资源相关进程和影响的技术能力是公司和矿山面临的主要约束。	Mudd（2008年）；Northey，Haque和Mudd（2013年）；Northey等人（2016年）
促进因素	展现公司责任的兴趣越来越大、采矿公司投资者和股东及受采矿活动影响的社区施加的压力都是促进因素。	Mudd（2008年）；Franks等人（2014年）；MCA（2017a）
成本有效性	公司开展自我报告是合理的，这样可以规避项目延误的冲突、昂贵的诉讼和品牌损害等。此外，良好的可持续性报告可赋予企业在地方社区进行经营所需的社会许可。	Mudd（2008年）；Franks等人（2014年）
公平性	尽管可持续性报告在澳大利亚境内可能产生采矿公司、社区和政府之间的双赢局面，但可持续性报告将如何影响世界其它地方的公平仍不得而知。	Franks等人（2014年）
共同效益	可持续性报告可为研究人员提供数据，从而推动特定金属和矿产整个生命周期成本的量化、惠及程序可持续性的创新、以及新采矿技术对水资源影响的评估等。	澳大利亚矿业理事会（2017a）
跨界问题	标准化可持续性报告的全球采用可改善采矿业水资源相关问题的跨国管理。	国际采矿与金属委员会（2017年）
潜在改进	人们应对公司的水资源相关可持续性报告进行详细研究，以评估其范围、质量和有效性。水资源核算框架和国际采矿与金属委员会的规程都存在重大缺陷。水资源相关数据集中后构成的在线数据库可提高水资源数据的可用性并改善透明度。	Mudd（2008年）；Northey，Haque和Mudd（2013年）；Northey等人（2016年）

持续发展目标之类的全球目标及推动其在地方层面实施方面的重要性。

16.3.1 指标1：使用安全管理的饮用水服务的人口比率

可持续发展目标指标6.1.1为全球范围内使用安全管理的饮用水服务、以支持公众健康的人口比率。“安全管理”指水来自户内经改善后的水源、需要时即可获得且没有粪便和重点化学污染的现象（世界卫生组织和联合国儿童基金会【UNICEF】，2017年）。其中，“经改善后的水源”（千年发展目标的指标之一）包括雨水、利用管网输送且通过水龙头、竖立式水塔、钻孔、水井或泉眼取用或经过包装或运送的水等。“饮用水服务”涉及被家庭用于饮用、做饭、个人卫生及其它家庭用途的主要水源的可进入性、可获得性和质量（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2017年）。重点化学污染则因国而异，但砷和氟化物因其对人类健康的潜在影响而在世界范围内都被认为属于重点污染物。

范围和评估

2000-2015年间，世界卫生组织和联合国儿童基金会（WHO/UNICEF）共同发起的供水和卫生联合监测项目（JMP）采用二分法，将饮用水源分成了经改善的饮用水源和未经改善的饮用水源两类，作为其监测和评

估饮用水源的一个指标。为了对可持续发展目标的子目标6.1进行监测，该联合监测项目对该指标进行了深入开发，以便对服务级别进行进一步细分并对供水的安全管理状况进行评估（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2017年）。因此，联合监测项目饮用水服务等级进行了相应的更新，新增了“安全管理”这一最高级别（**表16.8**）。

根据联合监测项目的报告，1990-2015年间，全球共有26亿人获得了经改善的饮用水源（联合国儿童基金会和世界卫生组织，2015年）（**图16.2**）。这一成就将全球范围内能够在户内利用管道供水服务的人口比率提升到了75%左右。

政策相关性

本指标是千年发展目标指标7.8（使用经改善饮用水源的人口比率）的修改，与可持续发展目标的子目标6.1直接相关。可持续发展目标的子目标6.1致力于在2030年之前实现人人都能够普遍、公平地享有安全、经济适用的饮用水这一目标。本指标还与旨在应对水资源和人类健康问题的全球长期政策努力相关，包括1999年《关于水和健康的议定书》之类的多边环境协议。

因果关系

面向水治理的逐步转变大体上可归因于安全饮用水服务方式的变化。实体基础设施的安装是安全供水领域最初的干预措施。例如，以管道供水为目的的水务升级通常可减少微生物污染，从而提高水源地和家庭储水的水质（Shields等人，2015年）。尽管卫生部门仍在使用技术解决方案（供水和卫生计划，2011b），但参与式方法的使用正在增加，并购成了对技术解决方案的补充（请同时参见第16.2.2节）。例如，在印度，以安全供水为目的的国家水务政策就采用了社会技术方法（Khurana和Sen，2008年）。

国家层面的目标设定似乎也能推动拥有安全饮用水人口规模的扩大。在近期对97个国家供水状况进行的一项评估中，约一半国家已经将普遍供水确立为1980-2013年间应予实现的一项目标或正在为这一目标努力（Luh等人，2017年）。2012年，关于安全饮用水的联合国千年发展目标已将需要供水的人数减少了一半，从而提前3年实现了相应目标。提前实现这一目标后，一些国家在可持续发展目标这些雄心勃勃的全球目标激励下又设定了更高的国别目标。因此，拥有相应能力的国家可能有望实现更加宏伟的目标，从而使其安全供水覆盖率高于那些没有设定这类国别目标的国家（Luh等人，2017年）。

其它影响因素

普遍供水不仅受水文因素——如可能会加剧缺水程度的降雨量——及水相关危害如微生物污染的影响，而且还受经济因素的影响。在印度这样的高速发展国家，水污染和水的过度利用与工业化和农业扩张有关，而工业化和农业扩张又会进一步影响水质（Khurana和Sen，2008年）。人口增长速度也会对饮用水和卫生服务的覆盖率造成挑战，特别是在撒哈拉以南非洲地区和大洋洲地区（联合国儿童基金会和世界卫生组织，2015年）。

水质问题相关意识或理解的缺失可能会影响所有国家——包括发达国家和发展中国家——饮用水服务的安全。在孟加拉，尽管管井的使用已经增加，但水质检测并不普遍（Fischer，2017年）。这导致了人们对微生物和非微生物污染物造成的健康风险知之甚少，而这可能对公共健康产生严重影响。例如，20世纪70年代采取的、旨在减少地表水微生物疾病健康影响的措施导致了管井的广泛应用，但管井本身就是无机砷含量较高的一种水源（Flanagan，Johnston和Zheng，2012年）。利用这种水源作为饮用水的人群出现了从皮肤损害到癌症再到认知影响的严重健康后果（Abdul等人，2015年），导致了污名化及其它严重社会影响（Kabir等人，2015年）。

潜在替代指标

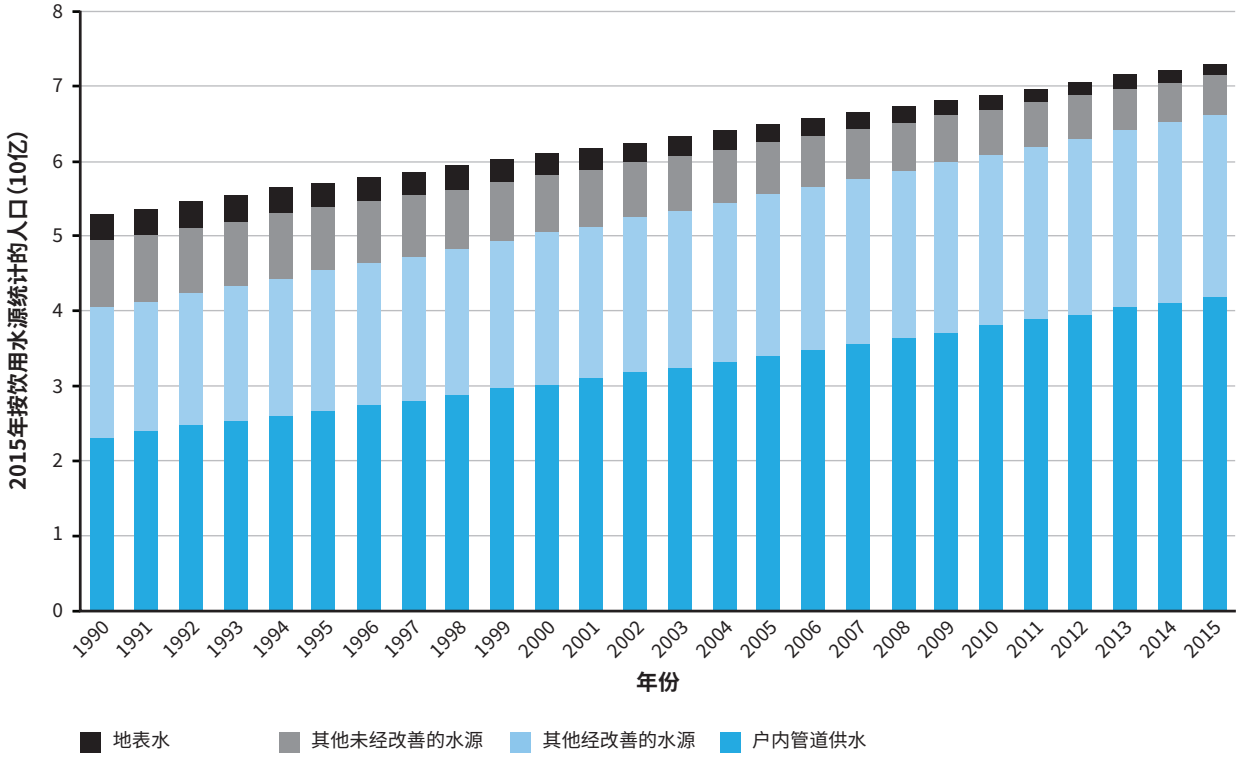
作为本指标的一个替代指标，人们可将城市人口与农村人口按财富分成五等份，然后对他们在安全饮用水方面的差异进行比较分析，以了解人群得益于安全管理饮用水服务的状况。1995-2012年间，联合监测项目已经就这一替代指标进行了跟踪研究（联合国儿童基金会和世界卫生组织，2015年），但这项研究仍可得益于全面数据的提供和严格报告的实施。

表16.8：联合监测项目饮用水服务等级

服务等级	定义
安全管理的服务	饮用水来自位于现场经改善的水源、需要时即可获得且没有粪便和重点化学污染。
基本服务	饮用水来自经改善的水源，但来回取水包括排队时间不超过30分钟。
有限服务	饮用水来自经改善的水源，但来回取水包括排队时间超过30分钟。
未经改善的服务	饮用水来自未经保护的凿井或泉水。
无服务	饮用水直接取自河流、大坝、湖泊、池塘、溪流、运河或灌溉渠道。

资料来源：根据世界卫生组织和联合国儿童基金会（2017年）这一文献改编

图16.2:1990-2015年间按饮用水源分类统计的全球人口变化情况(10亿)



资料来源:根据世界卫生组织和联合国儿童基金会(2017年)这一文献改编

16.3.2 指标2:使用安全管理的卫生服务包括使用肥皂和水洗手的设施的人口比率

可持续发展目标具体指标6.2.1指利用安全管理的卫生服务包使用肥皂和水洗手设施的人口比率。其中,"安全管理"的定义是指拥有"不与其他家庭共享且排泄物被就地安全处理或被运走异地处理的、经改善的卫生设施"的情形(世界卫生组织,2017年,第1页)。

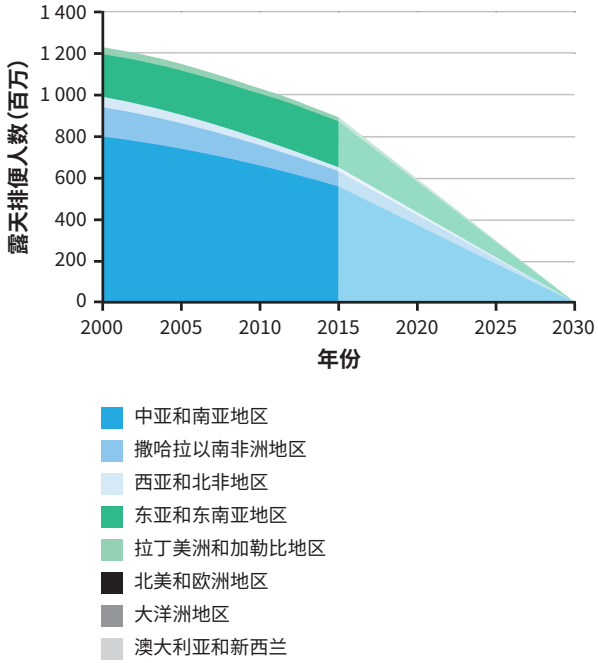
范围和评估

根据联合监测项目,卫生服务的等级分为安全管理的服务、基本服务、有限服务、未经改善的服务、无服务等级别。这些服务等级聚焦的是排泄物是否被分开且安全处理,以避免人类接触。此外,它们还聚焦于卫生设施是共享的、还是私人的这一问题(世界卫生组织,2017年)。

图示

在减少没有安全卫生服务的人口这一指标方面,全球已经取得了重大进展。如**图16.3**所示,2000-2015年间,全球范围内露天排便的人数从12.29亿减少到了8.92亿,这意味每年平均减少了2,200万。此外,除撒哈拉以南非洲地区和大洋洲地区外,其它所有地区在这一指标上也取得了进展。

图16.3:2000-2015年间按区域分类统计的露天排便人口比率的发展趋势



资料来源:世界卫生组织和联合国儿童基金会(2017年)

另一值得注意的趋势是世界各国在这一指标方面的进展速度。尽管14个国家已经显示了足以使其到2030年实现普遍基本卫生服务的充分进展，但大多数国家要么仍需加速努力，要么需要扭转尚未享受安全卫生服务人口数量在增加的消极趋势（**图16.4**）。

政策相关性

使用安全管理的卫生服务的人口比率与可持续发展目标的子体目标6.2直接相关。可持续发展目标的子目标6.2是指“到2030年，实现人人享有充分、公平的环境卫生和个人卫生服务这一目标，消除露天排便行为，并特别注意妇女和女童及弱势群体的需求”（联合国，2018年）。可持续发展目标的指标6.2.1加深了人们对这些关系的认可，推动了旨在应对水和卫生问题的全球持续努力，包括作为本项可持续发展目标前身的千年发展目标，以及世界可持续发展峰会的实施计划。

因果关系

经改善的供水和卫生服务是水、环境卫生和个人卫生（WASH）相关干预措施最重要的指标。政策干预旨在提供并维护水井、水运输和配送网络和水处理设施之类的基础设施（Hunt，2011年）。水质干预和个人卫生如洗手行为的倡导在疾病预防方面也很有效（Peletz等人，2013年）。

世界上许多地方都积极实施了社区主导的总卫生运动（CLTS），以增加使用经改善卫生服务的人数。社区主导的总卫生运动是发展中国家用于解决农村地区露天排便问题的一项主要政策（Bateman和Engel，2017年）。这项运动的发展非常迅速；自2000年以来，全球已有60个国家开展了这项运动（Crocker等人，2017年）。社区主导的总卫生运动是一项自下而上的参与式方法；社区层面的意识提升活动也是其内容之一。

社区主导的总卫生运动迅速传播的原因之一，是其看似较低的成本——尽管考察其真正成本的研究仍相对较少。（Crocker等人，2017年）。

其它影响因素

和安全饮用水服务的获取一样，卫生也是全球抱负的焦点之一，正如可持续发展目标反映的那样。但是，与其试图对全球层面的水、环境卫生和个人卫生状况及预防性健康干预措施进行评估，倒不如将相关政策权力下放，以便更好地了解那些能够在地方背景下推动水、环境卫生和个人卫生状况的因素——这样做反而更有效（Whittington等人，2012年）。

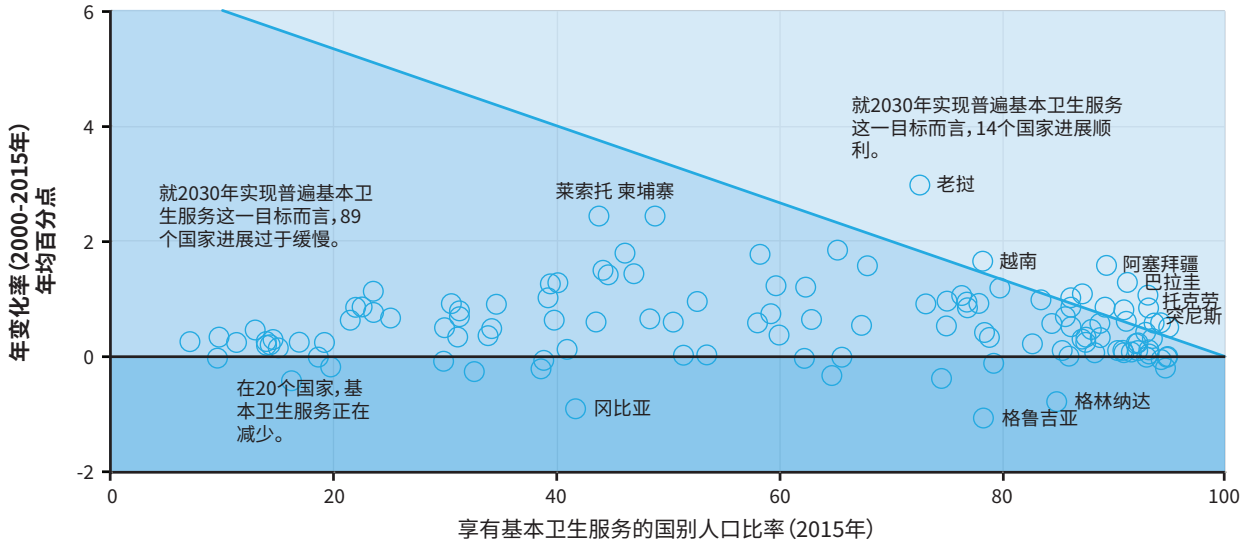
潜在替代指标

坑厕卫生措施和地下水使用的同步出现使人们越来越担心饮用水污染对人类健康产生的潜在影响。为评估卫生服务将排泄物与人类接触斩断的卫生效果，人们不仅要评估卫生服务的提供，还要对任何二次或连锁反应纳入考量。基于一体化数据识别和缓解风险的指标可能是有益的；供水和坑厕的测绘及对关键地下水污染指标进行监测据说是有效的（Back等人，2018年）。

16.3.3 指标3：水压力大小：淡水取水量占可用淡水资源的比率

可持续发展目标的指标6.4.2指水压力大小（以淡水取水量占可用淡水资源的比率衡量）。取水量可定义为从河流或含水层抽取并用于农业、工业和家庭用途的淡水资源

图16.4：2015年至少有5%人口没有基本卫生服务的国家在实现普遍基本卫生服务（2000-2015年）这一目标方面的进展



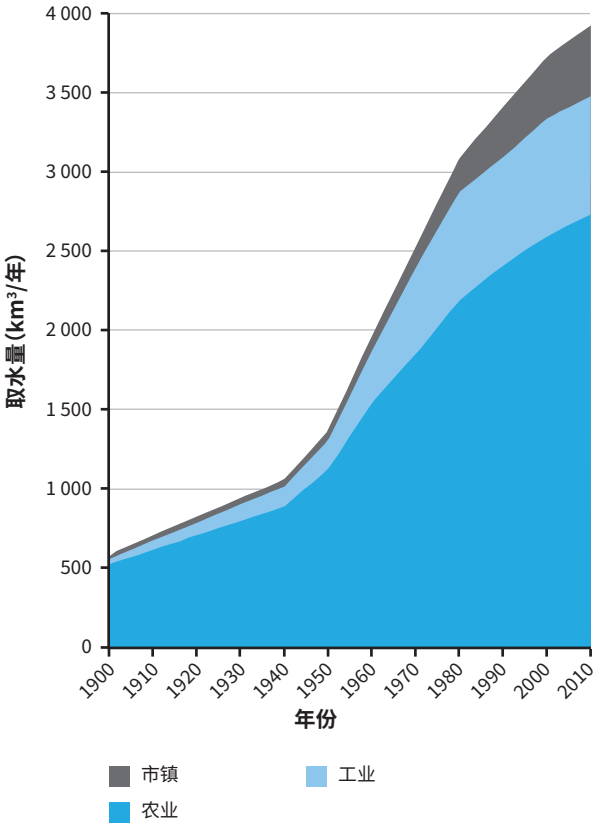
Source: WHO and UNICEF (2017).

数量（联合国粮食及农业组织，2016年）。农业用水占全球取水量的大部，从而凸显了水和粮食的关系对人类生计、营养、公共健康和福祉产生影响的一个主要方面（参见第4.4.3节和第9.8.2节）。农业取水被用于灌溉、牲畜和水产养殖等目的（联合国粮食及农业组织，2016年）。具体而言，灌溉占用了人类总取水量的大部分（67%）（联合国世界水评估计划【WWAP】，2016年）。

范围和评估

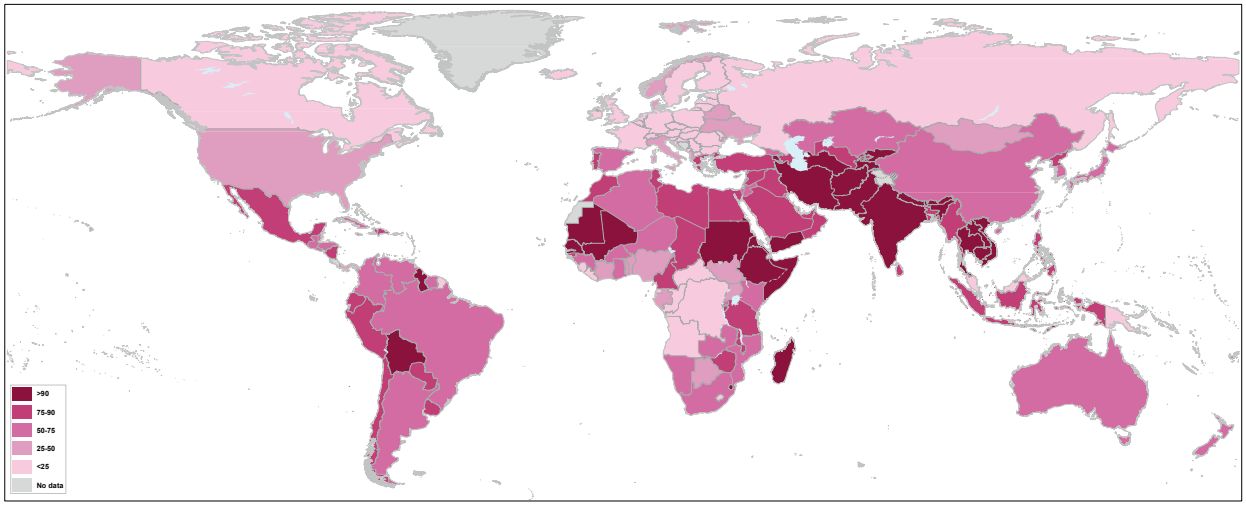
取水量发展趋势说明了人类淡水使用是如何随着时间的推移而发生变化的。在全球层面，过去一个世纪的取水量是不断增加的（**图16.5**）。取水量的变化说明了灌溉用水是如何随着时间的变化而增加的。在全球范围内，一国农业取水量占其总取水量的比率会因气候和农业活动重点之类的因素而发生变化（**图16.6**）。大坝的建设加剧了人类用水及湖泊或水库之类储存水的蒸发现象。但是，这类

图16.5：1900-2010年间按部门分类统计的全球取水量发展趋势（km^3/年）



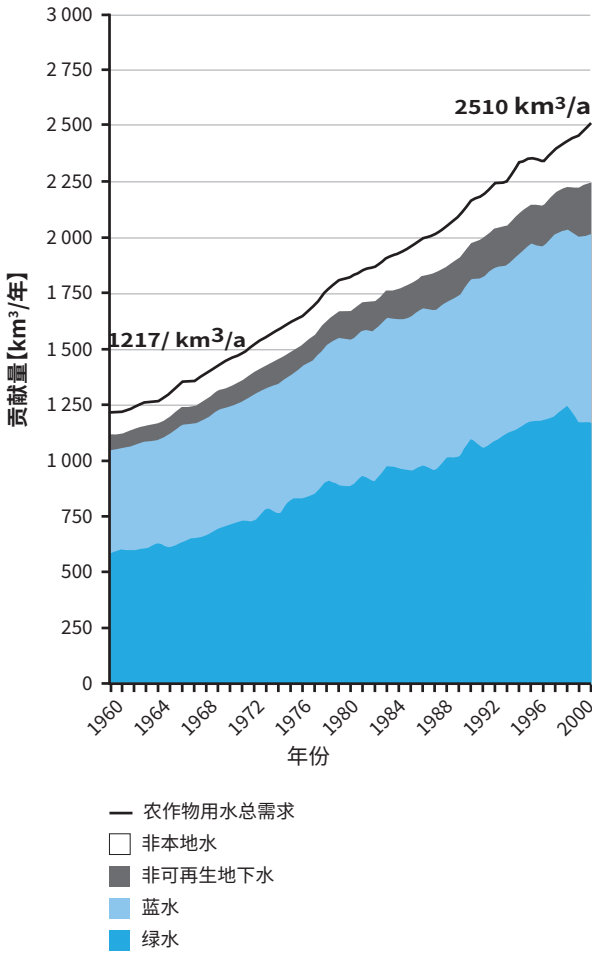
资料来源：根据联合国粮食及农业组织（2016年）这一文献改编

图16.6：农业总取水量所占的比率



资料来源：根据联合国粮食及农业组织（2015年）这一文献改编

图16.7：全球农作物用水总需求的历时变化



资料来源：Wada，van Beek和Bierkens（2012年，第14页）

取水量目前并没有反映在本节讨论的指标中（联合国粮食及农业组织，2016年）。

政策相关性

本指标与可持续发展目标的子目标6.4直接相关。可持续发展目标的子目标6.4规定，到2030年，要大幅提高所有部门的用水效率，确保取水和淡水供应的可持续性，以解决缺水问题，同时大幅减少为缺水问题所困的人数。关于水量的担忧在全球政策及众多多边环境协议中被反复提及。这些协议包括1977年的《马德普拉塔行动计划》、1992年《关于水与可持续发展问题的都柏林声明》、1997年的《国际水道非航行使用法公约》（《联合国水道公约》）、1992年的《保护和使用越境水道和国际湖泊公约》（《联合国欧洲经济委员会水资源公约》）、国际法委员会2008年的《跨界含水层法条款草案》等。此外，本指标还要求人们关注农业用水与工业、家庭和生态系统需求用水之间的平衡；旨在倡导一体化水资源管理（IWRM）的可持续发展目标的子目标6.5对这一问题提出了具体要求。

因果关系

补贴是灌溉农业扩张的一个主要贡献因素。完全的成本回收现象在发达国家极少发生。在发展中国家，人们成立了水资源用户协会，以减少补贴的使用并对用水行为进行收费。但是，这种收费并不足以收回全部成本（Toan，2016年）。因此，灌溉用水的价格破坏了供水成本，造成了对环境影响的无视。因此，有人建议“污染者付费”原则应适用于灌溉用水价格（Howarth，2009年）。

尽管灌溉领域过去进行过大规模公共投资，但这种规模的投资未来已无可能。相反，参与式灌溉管理和灌溉管理移交正在提供地方投资且被证明非常受欢迎（Turral等人，2010年）。

目前，地下水正越来越多地运用于农业目的（**图16.7**）。私人地下水井和地下水抽取已成为印度的主要灌溉方法，且在中国、巴基斯坦和泰国之类的其它发展中国家广泛使用（Turral等人，2010年）。在这方面，水和能源的联系非常明显，因为更廉价的抽水技术和更容易获得的能源推动了水的开采，且通常是在个人层面（Shah，2014年）。但是，地下水的治理特别是跨境含水层的治理尚未确立（Albrecht等人，2017年）。此外，人们还报道过旨在提高灌溉效率的努力没有减少地下水的使用、反而导致了相反结果的现象（Pfeiffer和Lin，2014年）。

其它影响因素

Molden等（2010年）表示，与旨在影响农民行为的定价方式相比，以分配为重点的供水管理能够对用水效率产生更大的影响。但是，在大规模河流体系中，通过水坝进行供水管理可能导致灌溉活动的增加：在受水坝影响的集水区，每单位水开展的经济活动是不受水坝影响集水区的26倍（Nilsson等人，2005年）。

潜在替代指标

Vörösmarty等（2010年）对全球层面人类水资源安全与生物多样性威胁之间的相互影响方式进行了考察。这些复杂因素的一个指标不仅显示了这种互动方式对取水量的影响，而且还显示了对下游和生态系统的影响，超出了满足农业产出的用水需求这一范畴。替代指标可使人们了解地方层面的缺水状况。鉴于缺水是在地方层面发生的，因此替代指标可反映国家内部缺水问题的空间变化。目前，一些新的理念和方法正在出现。例如，世界资源研究所渡槽水风险地图就为众多用户包括投

资者和公司提供了详细数据（https://www.wri.org/our-work/project/aqueduct）。

16.4 讨论和结论

各种政策方法表明，水量和水质对人类和生态系统健康都有严重影响，且这种互动是由多个部门的变革推动的。现在，治理领域越来越向非国家主体如私营部门和公民团体开放。因此，决策必须充分考虑一系列部门和主体，以确保驱动力和压力等因素（参见第2张和第9章）以一体化方式得到应对且经济、社会和环境问题也得到考量。实现政策的连贯性和协同效应是淡水与其它部门之间耦合互动的重要特征。政策干预应妥善设计，以超越纯粹的技术限制。这样做并不是要削弱建设水井、便坑和水坝之类基础设施的重要性，而是说，这些基础设施的建设应放在政策组合的复杂体系下并在牢记政策连贯性的前提下进行。在一些案例研究中，人们已经实施了公共参与和利益相关方接触。但是，政策效益和负担的分配方式应予改善，以解决公平和环境正义之类的问题。

本章考察的治理方法和政策类型并不是从非金钱价值的角度接受评估的。在进行经济评估的情况下，权衡取舍通常都会体现在金钱上，因而通常会忽略对人类健康（Grellier等人，2017年）或生态系统的影响。政策对健康的消极影响通常集中体现在自然危害或传染性疾病方面，而对于政策对人类健康的潜在共同效益，人们则往往很少加以利用。

通过利益相关方的积极参与，人们可寻求制定真正有效的政策。但是，水资源治理领域的放权不一定就会导致利益相关方参与的改善，正如英格兰和威尔士灾害风险减降政策证明的那样（参见第16.2.3节）。能力建设和长期的意识提升努力及知识运用对于推动利益相关方的有效参与也是必需的。

对门槛值和基线状况进行监测是政策实施并确保其总体有效性的一个关键组成部分。基线状况应在实施之前就予以确定并在实施之后进行监测；因果关系应予假设和检验；反事实思维应用于规避因令人困惑的各种因素导致的政策有效性的错误归因（Ferraro，2009年）。对安全饮用水和卫生服务的处理尤应如此。

本章案例研究的选择是在许多要求的指导下进行的，而案例必须是同行评审文献深入描述过的更是一个特别要求。因此，本章案例大部分都来自发达经济体。发达经济体通常拥有开展实验和创新所需的资源和架构；因此，他们的经验教训不一定适用于全球。相反，人们应以谨慎方式逐案考虑问题，特别是在问题有其特定背景的情况下（Ingram，2013年；Mukhtarov等人，2015年）。

参考文献

Abdul, K.S.M., Jayasinghe, S.S., Chandana, E.P.S., Jayasumana, C. and De Silva, P.M.C.S. (2015). Arsenic and human health effects: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 40(3), 828-846. https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.09.016.

Albrecht, T.R., Varady, R.G., Zuniga-Teran, A.A., Gerlak, A.K. and Staddon, C. (2017). Governing a shared hidden resource: A review of governance mechanisms for transboundary groundwater security. *Water Security* 2, 43-56. https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.11.002.

Allan, C. and Watts, R.J. (2017). Revealing adaptive management of environmental flows. *Environmental Management* 61(3), 520-533. https://doi.org/10.1007/s00267-017-0931-3.

Al-Nammari, F. and Alzaghal, M. (2015). Towards local disaster risk reduction in developing countries: Challenges from Jordan. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 12, 34-41. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2014.11.005.

Arthington, A.H., Bunn, S.E., Poff, N.L. and Naiman, R.J. (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological Applications* 16(4), 1311-1318. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[1311:tcopef]2.0.co;2.

Austin, D. and Drye, B. (2011). The water that cannot be stopped: Southern Paiute perspectives on the Colorado River and the operations of Glen Canyon Dam. *Policy and Society* 30(4), 285-300. https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2011.10.003.

Back, J.O., Rivett, M.O., Hinz, L.B., Mackay, N., Wanangwa, G.J., Phiri, O.L. *et al.* (2018). Risk assessment to groundwater of pit latrine rural sanitation policy in developing country settings. *Science of The Total Environment* 613-614, 592-610. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.071.

Balfour, A., Wilson, I., de Jager, J., Still, D.A. and Louw, S. (2005). *Development of Models to Facilitate the Provision of Free Basic Water in Rural Areas.* WRC ReportSouth African Water Reseach Commission and The Mvula Trust. http://www.wrc.org.za/Knowledge%20Hub%20Documents/Research%20Reports/1379-1-05.pdf.

Bateman, M. and Engel, S. (2017). To shame or not to shame that is the sanitation question. *Development Policy Review* 36(2), 155-173. https://doi.org/10.1111/dpr.12317.

Begg, C., Walker, G. and Kuhlicke, C. (2015). Localism and flood risk management in england: The creation of new inequalities? *Environment and Planning C-Government and Policy* 33(4), 685-702. https://doi.org/10.1068/c12216.

Bernauer, T. and Kuhn, P.M. (2010). Is there an environmental version of the Kantian peace? Insights from water pollution in Europe. *European Journal of International Relations* 16(1), 77-102. https://doi.org/10.1177/1354066109344662.

Binational.net (2012). *Areas of concern (annex 1).* https://binational.net/annexes/a1/.

Boundary Waters Treaty (1909). Treaty between Great Britain and the United States signed on 1 November. http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=lawwater

Bond, P. and Dugard, J. (2008). Water, human rights and social conflict: South African experiences. *Law, Social Justice & Global Development* 1, 1-21. http://go.galegroup.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA187844300&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=14670437&p=AONE&sw=w.

Camacho, A.E., Susskind, L. and Schenk, T. (2010). Collaborative planning and adaptive management in Glen Canyon: A cautionary tale. *Columbia Journal of Environmental Law* 35, 1. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1572720.

Chatterton, J., Clarke, C., Daly, E., Dawks, S., Elding, C., Fenn, T. *et al.* (2016). *Delivering Benefits Through Evidence: The Costs and Impacts of the Winter 2013 to 2014 Floods.* Bristol: Environment Agency. http://rpaltd.co.uk/uploads/report_files/the-costs-and-impacts-of-the-winter-2013-to-2014-floods-report.pdf.

Collier, M.P., Webb, R.H. and Andrews, E.D. (1997). Experimental flooding in Grand Canyon. *Scientific American* 276(1), 82-89. www.jstor.org/stable/24993568.

Crocker, J., Saywell, D., Shields, K.F., Kolsky, P. and Bartram, J. (2017). The true costs of participatory sanitation: Evidence from community-led total sanitation studies in Ghana and Ethiopia. *Science of The Total Environment* 601-602, 1075-1083. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.279.

Dadson, S., Hall, J., Murgatroyd, A., Acreman, M., Bates, P., Beven, K. *et al.* (2017). A restatement of the natural science evidence concerning catchment-based 'natural' flood management in the UK. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 473(2199). https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0706.

de Albuquerque, C. and Roaf, V. (2012). *On the Right Track: Good Practices in Realising the Rights to Water and Sanitation.* http://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/BookonGoodPractices_en.pdf.

Dugard, J. (2008). Rights, regulation and resistance: The Phiri Water Campaign. *South African Journal on Human Rights* 24(3), 593-611. https://doi.org/10.1080/19962126.2008.11864972.

Ferraro, P.J. (2009). Counterfactual thinking and impact evaluation in environmental policy. *New Directions for Evaluation* (122), 75-84. https://doi.org/10.1002/ev.297.

Findlay, R. and Telford, P. (2006). *The International Joint Commission and the Great Lakes Water Quality Agreement: Lessons for Canada-United States Regulatory Co-operation.* Toronto: Government of Canada. http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/greatlakes.pdf.

Fischer, A. (2017). *Achieving and Sustaining Safely Managed Drinking Water in Bangladesh: Findings from a Water Audit.* Policy Brief. http://reachwater.org.uk/wp-content/uploads/2017/08/17_08-Matlab-Policy-brief-1.pdf.

Flanagan, S.V., Johnston, R.B. and Zheng, Y. (2012). Arsenic in tube well water in Bangladesh: Health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. *Bulletin of the World Health Organization* 90(11), 839-846. https://doi.org/10.2471/BLT.11.101253.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). *Proportion of total water withdrawal withdrawn for agriculture.* Rome (http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/WithA.WithT_eng.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Water uses.* http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm#time (Accessed: 19 October 2018).

Franks, D.M., Davis, R., Bebbington, A.J., Ali, S.H., Kemp, D. and Scurrah, M. (2014). Conflict translates environmental and social risk into business costs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(21), 7576-7581. https://doi.org/10.1073/pnas.1405135111.

Gerlak, A.K., Lautze, J. and Giordano, M. (2011). Water resources data and information exchange in transboundary water treaties. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 11(2), 179-199. https://doi.org/10.1007/s10784-010-9144-4.

Giordano, M., Drieschova, A., Duncan, J.A., Sayama, Y., De Stefano, L. and Wolf, A.T. (2014). A review of the evolution and state of transboundary freshwater treaties. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 14(3), 245-264. https://doi.org/10.1007/s10784-013-9211-8.

Global Water Partnership (2017). *What is the IWRM toolbox?* https://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/About_IWRM_ToolBox/What_is_the_IWRM_ToolBox/ (Accessed: 18 October 2018).

Great Lakes Water Quality Agreement (2012). Protocol Amending the Agreement Between Canada and the United States of America on Great Lakes Water Quality, 1978, as Amended on October 16, 1983, and on November 18, 1987. Signed September 7, 2012. Entered into force February 12, 2013. https://binational.net//wp-content/uploads/2014/05/1094_Canada-USA-GLWQA-_e.pdf

Grafton, R.Q. (2017). Responding to the 'wicked problem' of water insecurity. *Water Resources Management* 31(10), 3023-3041. https://doi.org/10.1007/s11269-017-1606-9.

Grellier, J., White, M.P., Albin, M., Bell, S., Elliott, L.R., Gascón, M. *et al.* (2017). BlueHealth: A study programme protocol for mapping and quantifying the potential benefits to public health and well-being from Europe's blue spaces. *BMJ open* 7(6), e016188. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016188.

Gunderson, L. (2015). Lessons from adaptive management: Obstacles and outcomes. In *Adaptive Management of Social-Ecological Systems.* Allen, C.R. and Garmestani, A.S. (eds.). Dordrecht: Springer. 27-38. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-017-9682-8_3 (Downloaded: 03/12/2017)

Hall, J.D., O'Connor, K. and Ranieri, J. (2006). Progress toward delisting a great lakes area of concern: The role of integrated research and monitoring in the hamilton harbour remedial action plan. *Environmental Monitoring Assessment* 113(1-3), 227-243. https://doi.org/10.1007/s10661-005-9082-8.

Hazel, J.E., Topping, D.J., Schmidt, J.C. and Kaplinski, M. (2006). Influence of a dam on fine-sediment storage in a canyon river. *Journal of Geophysical Research-Earth Surface* 111(F1). https://doi.org/10.1029/2004jf000193.

Helm, P.A., Milne, J., Hiriart-Baer, V., Crozier, P., Kolic, T., Lega, R. *et al.* (2011). Lake-wide distribution and depositional history of current- and past-use persistent organic pollutants in Lake Simcoe, Ontario, Canada. *Journal of Great Lakes Research* 37, 132-141. https://doi.org/10.1016/j.jglr.2011.03.016.

Hildebrand, L.P., Pebbles, V. and Fraser, D.A. (2002). Cooperative ecosystem management across the Canada–US border: Approaches and experiences of transboundary programs in the Gulf of Maine, Great Lakes and Georgia Basin/Puget Sound. *Ocean & Coastal Management* 45(6), 421-457. https://doi.org/10.1016/S0964-5691(02)00078-9.

Hoffmann, R. and Muttarak, R. (2017). Learn from the past, prepare for the future: Impacts of education and experience on disaster preparedness in the philippines and Thailand. *World Development* 96, 32-51. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.02.016.

Howarth, W. (2009). Cost recovery for water services and the polluter pays principle. *ERA Forum* 10(4), 565-587. https://doi.org/10.1007/s12027-009-0134-3.

Huitema, D., Mostert, E., Egas, W., Moellenkamp, E., Pahl-Wostl, C. and Yalcin, R. (2009). Adaptive water governance: Assessing the institutional prescriptions of adaptive (co-)management from a governance perspective and defining a research agenda. *Ecology and Society* 14(1). http://www.jstor.org/stable/26268026.

Hunt, A. (2011). *Policy Interventions to Address Health Impacts Associated with Air Pollution, Unsafe Water Supply and Sanitation, and Hazardous Chemicals.* OECD Environment Working Papers. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5kg9qx8dsx43-en.pdf?expires=1533200166&id=id&accname=guest&checksum=00D5FDE049958B5C405E744BB0C5E186.

Ingram, H. (2013). No universal remedies: Design for contexts. *Water International* 38(1), 6-11. https://doi.org/10.1080/02508060.2012.739076.

Inter-Agency Regional Analysts Network (2016). *The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. A Three Year Outlook (2016-2018) at a Global Shift. Asia Report.* http://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2017/01/IARAN-Sendai-Framework-F%C3%A9v-2016.pdf.

International Council on Mining and Metals (2017). *A Practical Guide to Consistent Water Reporting.* London. https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/170315_water-reporting-guidance_en.pdf.

International Joint Commission (1980). *Pollution in the Great Lakes Basin from Land Use Activities: Summary.* https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1251&context=ijcarchive.

International Joint Commission (1981). *Supplemental Report Under the Reference on Pollution in the Great Lakes System from Land Use Activities on Phosphorus Management Strategies.* https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1250&context=ijcarchive.

International Joint Commission (2001). *Great Lakes Science and Policy Symposium, November 6-8, 2001. Discussion Papers.* https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1559&context=ijcarchive.

International Joint Commission (2017). *First Triennial Assessment of Progress on Great Lakes Water Quality.* Washington, D.C. http://ijc.org/files/tinymce/uploaded/GLWQA/TAP.pdf.

International River Foundation (2007). The Brisbane Declaration. http://riverfoundation.org.au/wp-content/uploads/2017/02/THE-BRISBANE-DECLARATION.pdf (Accessed: 3 December 2018)

Jetoo, S. (2017). The role of transnational municipal networks in transboundary water governance. *Water* 9(1), 40. https://doi.org/10.3390/w9010040.

Kabir, R., Titus Muurlink, O. and Hossain, M.A. (2015). Arsenicosis and stigmatisation. *Global Public Health* 10(8), 968-979. https://doi.org/10.1080/17441692.2015.1015435.

Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z. *et al.* (2018). The superior effect of nature-based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of The Total Environment* 610-611, 997-1009. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077.

Kemp, P.S. and O'Hanley, J. (2010). Procedures for evaluating and prioritising the removal of fish passage barriers: A synthesis. *Fisheries Management and Ecology* 17(4), 297-322. https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2010.00751.x.

Khurana, I. and Sen, R. (2008). *Drinking Water Quality in Rural India: Issues and Approaches. Background Paper.* London: WaterAid. http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/DrinkingWaterQuality_0.pdf.

Kingsford, R.T., Biggs, H.C. and Pollard, S.R. (2011). Strategic adaptive management in freshwater protected areas and their rivers. *Biological Conservation* 144(4), 1194-1203. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.022.

Konrad, C.P., Olden, J.D., Lytle, D.A., Melis, T.S., Schmidt, J.C., Bray, E.N. *et al.* (2011). Large-scale flow experiments for managing river systems. *Bioscience* 61(12), 948-959. https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.12.5.

Korman, J., Kaplinski, M. and Melis, T.S. (2010). *Effects of High-Flow Experiments From Glen Canyon Dam on Abundance, Growth, and Survival Rates of Early Life Stages of Rainbow Trout in The Lees Ferry Reach of The Colorado River.* Open–File Report. Reston, VA: United States Department of the Interior and U.S. Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/of/2010/1034/of2010-1034.pdf.

Krantzberg, G. (2012). Renegotiation of the 1987 great lakes water quality agreement: From confusion to promise. *Sustainability* 4(6), 1239-1255. https://doi.org/10.3390/su4061239.

Krantzberg, G. and De Boer, C. (2008). A valuation of ecological services in the Laurentian Great Lakes Basin with an emphasis on Canada. *American Water Works Association* 100(6), 100-111. https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2008.tb09657.x.

Laakso, S., Heiskanen, E. and Matschoss, K. (2016). *Deliverable 3.2. ENERGISE Living Labs Background Report.* http://www.energise-project.eu/sites/default/files/content/ENERGISE_D3.2_141117_FINAL_0.pdf.

Lewin, S., Norman, R., Nannan, N., Thomas, E. and Bradshaw, D. (2007). Estimating the burden of disease attributable to unsafe water and lack of sanitation and hygiene in South Africa in 2000. *South African Medical Journal* 97(8), 755-762. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17952234.

Loftus, A. (2006). Reification and the dictatorship of the water meter. *Antipode* 38(5), 1023-1045. https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.2006.00491.x.

Loftus, A. (2007). Working the socio-natural relations of the urban waterscape in South Africa. *International Journal of Urban and Regional Research* 31(1), 41-59. https://doi.org/10.1111/j.1468-2427.2007.00708.x.

Luh, J., Ojomo, E., Evans, B. and Bartram, J. (2017). National drinking water targets-trends and factors associated with target-setting. *Water Policy* 19(5), 851-866. https://doi.org/10.2166/wp.2017.108.

Marvin, C., Painter, S. and Rossmann, R. (2004). Spatial and temporal patterns in mercury contamination in sediments of the Laurentian Great Lakes. *Environmental research* 95(3), 351-362. https://doi.org/10.1016/j.envres.2003.09.007.

McDonald, D.A. (2008). *World City Syndrome: Neoliberalism and Inequality in Cape Town. 1st* edn. New York, NY: Routledge. https://www.taylorfrancis.com/books/9781135903374.

McLaughlin, C. and Krantzberg, G. (2012). An appraisal of management pathologies in the Great Lakes. *The Science of the total environment* 416, 40-47. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.015.

Mehta, L. and Ntshona, Z.M. (2004). *Dancing to Two Tunes? Rights and Market-Based Approaches in South Africa's Water Domain.* Sustainable Livelihoods in Southern Africa Research Paper. Brighton: Institute of Development Studies. https://www.ircwash.org/sites/default/files/Mehta-2004-Dancing.pdf.

Melis, T.S. (2011). *Effects of Three High-Flow Experiments on the Colorado River Ecosystem Downstream from Glen Canyon Dam, Arizona.* Circular. Reston, VA: U.S. Geological Survey. https://pubs.usgs.gov/circ/1366/c1366.pdf.

Meretsky, V.J., Wegner, D.L. and Stevens, L.E. (2000). Balancing endangered species and ecosystems: A case study of adaptive management in Grand Canyon. *Environmental Management* 25(6), 579-586. https://doi.org/10.1007/s002670010045.

Minerals Council of Australia (2012). *Water Accounting Framework for the Minerals Industry - User Guide Version 1.2.*

Minerals Council of Australia (2017a). *Annual Report 2016.* Canberra. https://www.minerals.org.au/sites/default/files/17%20732%20%20MCA%20Annual%20Report%202016%20to%20be%20released%207%20Jun%202017.pdf.

Minerals Council of Australia (2017b). *Water accounting framework for the Australian minerals industry.* https://www.minerals.org.au/water-accounting-framework-australian-minerals-industry.

Mirumachi, N. (2015). *Transboundary Water Politics in the Developing World. 1st* edn. Oxon: Routledge. https://www.routledge.com/Transboundary-Water-Politics-in-the-Developing-World/Mirumachi/p/book/9780415812955.

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A. and Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management* 97(4), 528-535. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.023.

Mudd, G.M. (2008). Sustainability reporting and water resources: A preliminary assessment of embodied water and sustainable mining. *Mine Water and the Environment* 27(3), 136-144. https://doi.org/10.1007/s10230-008-0037-5.

Mukhtarov, F. (2009). *The Hegemony of Integrated Water Resources Management: A Study of Policy Translation in England, Turkey and Kazakhstan.* Master of Science in Environmental Sciences and Policy, Central European University http://www.cps.ceu.hu/theses/2/2005/the-hegemony-of-integrated-water-resources-management-a-study-of-policy-translation-in.

Mukhtarov, F., Fox, S., Mukhamedova, N. and Wegerich, K. (2015). Interactive institutional design and contextual relevance: Water user groups in Turkey, Azerbaijan and Uzbekistan. *Environmental Science & Policy* 53, 206-214. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.10.006.

Muller, M. (2008). Free basic water - a sustainable instrument for a sustainable future in South Africa. *Environment and Urbanization* 20(1), 67-87. https://doi.org/10.1177/0956247808089149.

Naidoo, N., Longondjo, C., Rawatlal, T. and Brueton, V. (2012). *The Provision of Free Basic Water to Backyard Dwellers and/or More Than One Household Per Stand.* WRC Report. Pretoria: South African Water Research Commission. http://www.wrc.org.za/Knowledge%20Hub%20Documents/Research%20Reports/1987-1-12.pdf.

Neeson, T.M., Ferris, M.C., Diebel, M.W., Doran, P.J., O'Hanley, J.R. and McIntyre, P.B. (2015). Enhancing ecosystem restoration efficiency through spatial and temporal coordination. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(19), 6236-6241. https://doi.org/10.1073/pnas.1423812112.

Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M. and Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308(5720), 405-408. https://www.doi.org/10.1126/science.1107887.

Norgate, T.E. and Lovel, R.R. (2006). Sustainable Water Use in Minerals and Metal Production. *Green Processing 2006: Third International Conference on Sustainable Processing of Minerals and Metals.* Newcastle, 5-6 June 2006. Australasian Institute of Mining & Metallurgy 133-141 https://publications.csiro.au/rpr/pub?list=BRO&pid=procite:3994a205-8750-4e3e-b214-9699562d42af.

Northey, S., Haque, N. and Mudd, G. (2013). Using sustainability reporting to assess the environmental footprint of copper mining. *Journal of Cleaner Production* 40, 118-128. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.027.

Northey, S.A., Mudd, G.M., Saairvuori, E., Wessman-Jääskeläinen, H. and Haque, N. (2016). Water footprinting and mining: Where are the limitations and opportunities? *Journal of Cleaner Production* 135, 1098-1116. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.024.

Obani, P. and Gupta, J. (2014). Legal pluralism in the area of human rights: Water and sanitation. *A current Opinion in Environmental Sustainability* 11, 63-70. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.09.014.

Obani, P. and Gupta, J. (2016). Human right to sanitation in the legal and non-legal literature: The need for greater synergy. *WIREs Water* 3(5), 678-691. https://doi.org/10.1002/wat2.1162.

Olden, J.D., Konrad, C.P., Melis, T.S., Kennard, M.J., Freeman, M.C., Mims, M.C. *et al.* (2014). Are large-scale flow experiments informing the science and management of freshwater ecosystems? *Frontiers in Ecology and the Environment* 12(3), 176-185. https://doi.org/10.1890/130076.

Patten, D.T. and Stevens, L.E. (2001). Restoration of the Colorado river ecosystem using planned flooding. *Ecological Applications* 11(3), 633-634. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0633:ROTCRE]2.0.CO;2.

Peletz, R., Mahin, T., Elliott, M., Harris, M.S., Chan, K.S., Cohen, M.S. *et al.* (2013). Water, sanitation, and hygiene interventions to improve health among people living with HIV/AIDS: A systematic review. *AIDS* 27(16), 2593-2601. https://doi.org/10.1097/QAD.0b013e3283633a5f.

Penning-Rowsell, E. and Pardoe, J. (2015). The distributional consequences of future flood risk management in England and Wales. *Environment and Planning C-Government and Policy* 33(5), 1301-1321. https://doi.org/10.1068/c13241.

Penning-Rowsell, E.C. (2015). A realistic assessment of fluvial and coastal flood risk in England and Wales. *Transactions of the Institute of British Geographers* 40(1), 44-61. https://doi.org/10.1111/tran.12053.

Penning-Rowsell, E.C. and Johnson, C. (2015). The ebb and flow of power: British flood risk management and the politics of scale. *Geoforum* 62, 131-142. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2015.03.019.

Pfeiffer, L. and Lin, C.Y.C. (2014). Does efficient irrigation technology lead to reduced groundwater extraction? Empirical evidence. *Journal of Environmental Economics and Management* 67(2), 189-208. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2013.12.002.

Pitt, M. (2007). *Learning Lessons from the 2007 Floods. An Independent Review by Sir Michael Pitt.* London. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100702222546/http://archive.cabinetoffice.gov.uk/pittreview/_/media/assets/www.cabinetoffice.gov.uk/flooding_review/flood_report_lowres%20pdf.pdf.

Pitt, M. (2008). *The Pitt Review: Learning Lessons from the 2007 Floods. Final Report.* London. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100812084907/http://archive.cabinetoffice.gov.uk/pittreview/_/media/assets/www.cabinetoffice.gov.uk/flooding_review/pitt_review_full%20pdf.pdf.

Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegaard, K.L., Richter, B.D. *et al.* (1997). The natural flow regime. *Bioscience* 47(11), 769-784. https://doi.org/10.2307/1313099.

Rankin, W.J. (2011). *Minerals, Metals and Sustainability: Meeting Future Material Needs. 1st* edn. Melbourne: CRC Press. https://www.crcpress.com/Minerals-Metals-and-Sustainability-Meeting-Future-Material-Needs/Rankin/p/book/9780415684590.

Richter, B.D., Warner, A.T., Meyer, J.L. and Lutz, K. (2006). A collaborative and adaptive process for developing environmental flow recommendations. *River Research and Applications* 22(3), 297-318. https://doi.org/10.1002/rra.892.

Sabatier, P. (2005). Linking science and public learning: An advocacy coalition perspective. In *Adaptive Governance and Water Conflict: New Institutions for Collaborative Planning.* Scholz, J.T. and Stiftel, B. (eds.). Washington, D.C. chapter 19. 196-203. https://www.routledge.com/Adaptive-Governance-and-Water-Conflict-New-Institutions-for-Collaborative/Scholz-Stiftel/p/book/9781936331475.

Shah, T. (2014). *Groundwater Governance and Irrigated Agriculture.* TEC Background Papers. Stockholm: Global Water Partnership. https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/gwp_tec_19_web.pdf.

Shields, K.F., Bain, R.E.S., Cronk, R., Wright, J.A. and Bartram, J. (2015). Association of supply type with fecal contamination of source water and household stored drinking water in developing countries: A bivariate meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 123(12), 1222-1231. https://doi.org/10.1289/ehp.1409002.

Smith, S.D.P., McIntyre, P.B., Halpern, B.S., Cooke, R.M., Marino, A.L., Boyer, G.L. *et al.* (2015). Rating impacts in a multi-stressor world: A quantitative assessment of 50 stressors affecting the Great Lakes. *Ecological Applications* 25(3), 717-728. https://doi.org/10.1890/14-0366.1.

South Africa, Department of Water Affairs and Forestry (2002). *Free Basic Water. Implementation Strategy.* Pretoria. http://www.dwaf.gov.za/Documents/FBW/FBWImplementStrategyAug2002.pdf.

South Africa, Department of Water Affairs and Forestry (2003). *Strategic Framework for Water Services: Water is Life, Sanitation is Dignity.* Pretoria. http://www.dwaf.gov.za/Documents/Policies/Strategic%20Framework%20approved.pdf.

South Africa, Department of Water Affairs and Forestry (2007). *Free Basic Water. Implementation Strategy 2007: Consolidating and Maintaining.* Pretoria. https://www.gov.za/sites/default/files/FBW%20strategy%20-%20Version%204%20final%2020070402%20mk_0.pdf.

South Africa, Department of Water and Sanitation (2014). *Blue Drop Report.* Pretoria. https://www.green-cape.co.za/assets/Water-Sector-Desk-Content/DWS-2014-Blue-Drop-report-national-overview-part-1-of-2-2016.pdf.

South Africa, Department of Water and Sanitation (2017). *National Norms and Standards for Domestic Water and Sanitation Services. Version 3- Final.* Pretoria. https://cer.org.za/wp-content/uploads/1997/12/National-norms-and-standards-for-domenstic-water-and-sanitation-services.pdf.

Southwick Associates (2008). *Sportfishing in America: An Economic Engine and Conservation Powerhouse.* Alexandria, VA: American Sportfishing Association. http://www.southwickassociates.com/wp-content/uploads/2011/10/sportfishiginamerica_2007.pdf.

Speed, R., Yuanyuan, L., Zhiwei, Z., Le Quesne, T. and Pegram, G. (2013). *Basin Water Allocation Planning: Principles, Procedures and Approaches for Basin Allocation Planning.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://think-asia.org/bitstream/handle/11540/82/basic-water-allocation-planning.pdf?sequence=1.

Spitz, K. and Trudinger, J. (2008). *Mining and the Environment: From Ore to Metal. 1st* edn: CRC Press. https://www.crcpress.com/Mining-and-the-Environment-From-Ore-to-Metal/Spitz-Trudinger/p/book/9780415465106.

Statistics South Africa (2016). *GHS Series Volume VIII. Water and Sanitation: In-depth analysis of the General Household Survey 2002–2015 and Community Survey 2016 Data.* Pretoria: Statistics South Africa. http://www.statssa.gov.za/publications/03-18-07/03-18-072015.pdf.

Thorne, C. (2014). Geographies of UK flooding in 2013/4. *Geographical Journal* 180(4), 297-309. https://doi.org/10.1111/geoj.12122.

Thornton, J.A., Rast, W., Holland, M.M., Jolánkai, G. and Ryding, S.O. (1999). *Assessment and Control of Nonpoint Source Pollution of Aquatic Ecosystems: A Practical Approach.* MAB Series. New York, NY: Parthenon. http://unesdoc.unesco.org/Ulis/cgi-bin/ulis.pl?catno=116965&set=005A57358C_1_376&gp=&lin=1&ll=c.

Toan, T.D. (2016). Water pricing policy and subsidies to irrigation: A review. *Journal of Environmental Processes* 3(4), 1081-1098. https://doi.org/10.1007/s40710-016-0187-6.

Turral, H., Svendsen, M. and Faures, J.M. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management* 97(4), 551-560. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.07.012.

United Kingdom, Department for Environment Food and Rural Affairs (2004). *Making Space for Water: Developing a New Government Strategy for Flood and Coastal Erosion Risk Management in England.* London. http://www.look-up.org.uk/2013/wp-content/uploads/2014/02/Making-space-for-water.pdf.

United Kingdom, Department for Environment Food and Rural Affairs (2008). *Improving Surface Water Drainage: Consultation to Accompany Proposals Set Out in the Government's Water Strategy.* London. https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/6-380-6771?transitionType=Default&contextData=(sc.Default)&firstPage=true&comp=pluk&bhcp=1.

United Kingdom, Department for Environment Food and Rural Affairs (2012). *UK Climate Change Risk Assessment: Government Report.* London. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69487/pb13698-climate-risk-assessment.pdf.

United Kingdom Parliament (2010). *Flood and Water Management Act 2010.* https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2010/29/pdfs/ukpga_20100029_en.pdf.

United Kingdom Parliament (2017). *Future flood prevention: Government's response.* https://publications.parliament.uk/pa/cm201617/cmselect/cmenvfru/926/92605.htm.

United Nations, General Assembly (2010). *The Human Right to Water and Sanitation*. 3 August. A/RES/64/292. http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292

United Nations (2018). *Sustainable development goal 6: Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all*. https://sustainabledevelopment.un.org/sdg6 (Accessed: 19 October 2018).

United Nations Children's Fund and World Health Organization (2015). *Progress on Sanitation and Drinking Water: 2015 Update and MDG Assessment.* New York and Geneva. http://files.unicef.org/publications/files/Progress_on_Sanitation_and_Drinking_Water_2015_Update_.pdf.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.* Geneva. https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2017). *What is disaster risk reduction?* https://www.unisdr.org/who-we-are/what-is-drr (Accessed: 21 November 2017).

United Nations Office of the High Commissioner for Human Rights (2010). *The Right to Water: Fact Sheet No. 35.* http://www.refworld.org/docid/4ca45fed2.html

United Nations World Water Assessment Programme (2016). *The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002439/243938e.pdf.

United States, Department of the Interior (1992). *Grand Canyon Protection Act of 1992*. https://www.usbr.gov/lc/phoenix/AZ100/1990/grand_canyon_protection_act_1992.html (Accessed: 7 November 2018).

United States, Department of the Interior (1996). *Record of Decision, Operation of Glen Canyon Dam: Final Environmental Impact Statement.* Washington, D.C. http://www.usbr.gov/uc/rm/amp/pdfs/sp_appndxG_ROD.pdf.

United States, Department of the Interior (2008). *Final Environmental Assessment: Experimental Releases from Glen Canyon Dam, Arizona, 2008 Through 2012.* https://www.usbr.gov/uc/envdocs/ea/gc/2008hfe/GCD-finalEA2-29-08.pdf.

United States, Department of the Interior (2011). *Environmental Assessment: Development and Implementation of a Protocol for High-flow Experimental Releases from Glen Canyon Dam, Arizona, 2011 - 2020.* Salt Lake City, UT. https://www.usbr.gov/uc/envdocs/ea/gc/HFEProtocol/HFE-EA.pdf.

United States, Department of the Interior (2016). *Record of Decision for the Glen Canyon Dam Long-Term Experimental and Management Plan Final Environmental Impact Statement.* Salt Lake City, UT. http://ltempeis.anl.gov/documents/docs/LTEMP_ROD.pdf.

United States, Department of the Interior (2018). *Colorado river storage project*. https://www.usbr.gov/uc/rm/crsp/index.html (Accessed: 7 November 2018).

United States Congress (1973). *Endangered Species Act 1973,* https://history.house.gov/HistoricalHighlight/Detail/35155?ret=True.

United States Environmental Protection Agency (2017). *Great Lakes Restoration Initiative Report to Congress and the President: Fiscal Year 2016.* Washington, D.C. https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100UQE0.PDF?Dockey=P100UQE0.PDF.

United States National Research Council (1985). *The Great Lakes Water Quality Agreement: An Evolving Instrument for Ecosystem Management.* Washington, D.C.: National Academy press. https://doi.org/10.17226/18933.

Valdez, R.A., Carothers, S.W., House, D.A., Douglas, M.E., Douglas, M., Ryel, R.J. *et al.* (2000). *A Program of Experimental Flows for Endangered and Native Fishes of the Colorado River in Grand Canyon.* Flagstaff, AR. http://www.riversimulator.org/Resources/GCMRC/Aquatic/Valdez2000ExpFlow.pdf.

von Hirschhausen, C., Flekstad, M., Meran, G. and Sundermann, G. (2017). *Clean Drinking Water as a Sustainable Development Goal: Fair, Universal Access with Increasing Block Tariffs.* DIW Economic Bulletin. https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.561626.de/diw_econ_bull_2017-28-3.pdf.

von Schnitzler, A. (2008). Citizenship prepaid: Water, calculability, and techno-politics in South Africa*. *Journal of Southern African Studies* 34(4), 899-917. https://doi.org/10.1080/03057070802456821.

Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P. *et al.* (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555-561. https://doi.org/10.1038/nature09440.

Wada, Y., van Beek, L.P.H. and Bierkens, M.F.P. (2012). Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment. *Water Resources Research* 48(6). https://doi.org/10.1029/2011WR010562.

Water and Sanitation Program (2011a). *Water Supply and Sanitation in South Africa: Turning Finance into Services for 2015 and Beyond.* https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/17752/699230OREPLACE0LIC00CSO0SouthAfrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Water and Sanitation Program (2011b). *The Political Economy of Sanitation: How Can We Increase Investment and Improve Service for The Poor? Operational Experiences from Case Studies in Brazil, India, Indonesia, and Senegal.* Washington, D.C. https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/768-eng.pdf.

Webb, R.H., Schmidt, J.C., Marzolf, G.R. and Valdez, R.A. (1999). *The Controlled Flood in Grand Canyon.* Geophysical Monograph Series. Washington, D.C.: American Geophysical Union. http://adsabs.harvard.edu/abs/1999GMS...110.....W.

Whittington, D., Jeuland, M., Barker, K. and Yuen, Y. (2012). Setting priorities, targeting subsidies among water, sanitation, and preventive health interventions in developing countries. *World Development* 40(8), 1546-1568. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.03.004.

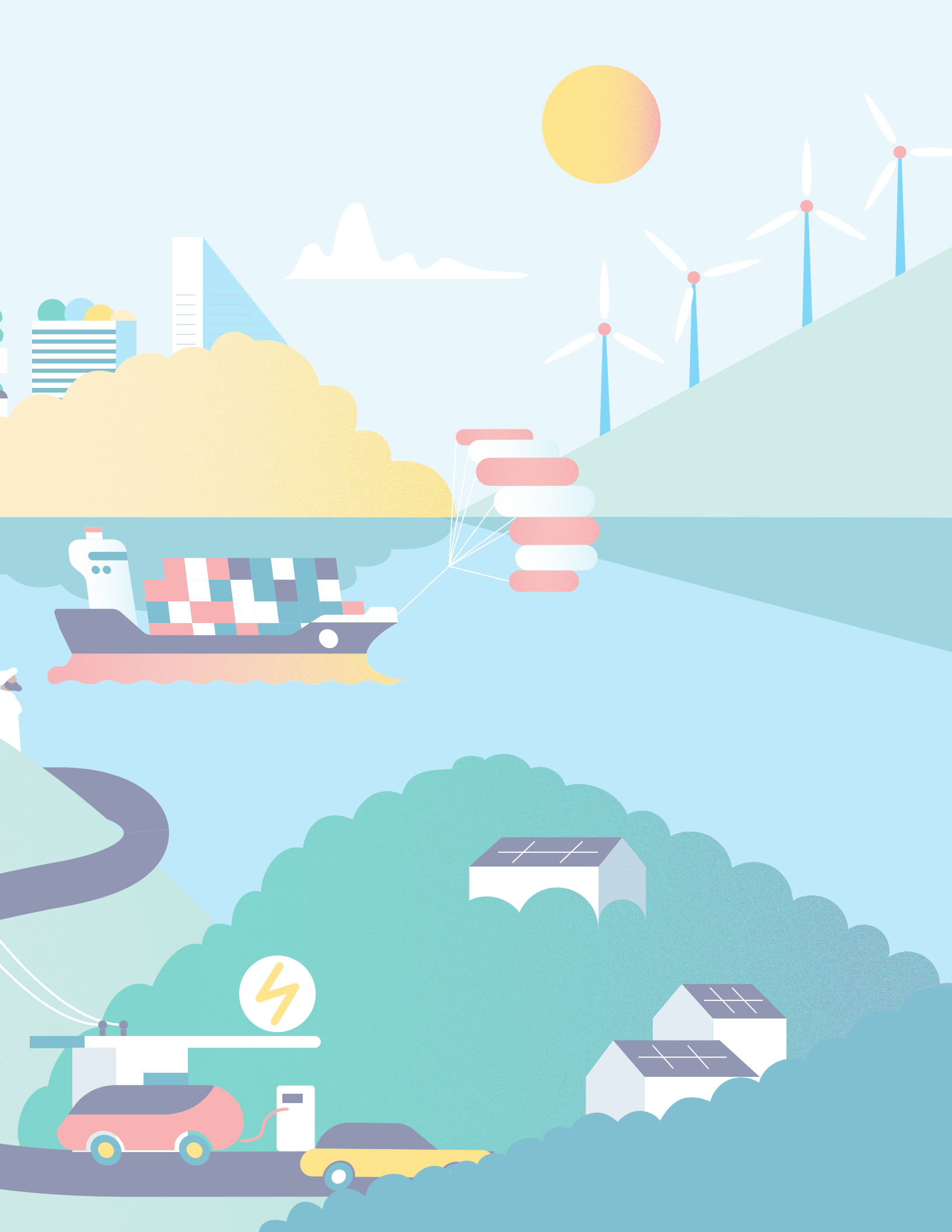
Wiering, M., Kaufmann, M., Mees, H., Schellenberger, T., Ganzevoort, W., Hegger, D.L.T. *et al.* (2017). Varieties of flood risk governance in Europe: How do countries respond to driving forces and what explains institutional change? *Global Environmental Change* 44, 15-26. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.02.006.

World Bank (2018). *Environmental Flows for Hydropower Projects: Guidance for the Private Sector in Emerging Markets.* Washington, D.C. http://documents.worldbank.org/curated/en/372731520945251027/pdf/124234-WP-Eflows-for-Hydropower-Projects-PUBLIC.pdf.

World Health Organization (2014). *Investing in Water and Sanitation: Increasing Access, Reducing Inequalities. UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water (GLAAS) 2014 Report.* Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/139735/1/9789241508087_eng.pdf.

World Health Organization (2017). *Annex 2: Safely Managed Sanitation Services.* Geneva. http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/indicator-6-2-1-safely-managed-sanitation-services-and-hygiene.pdf.

World Health Organization and United Nations Children's Fund (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines.* Geneva. https://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Drinking_Water_Sanitation_and_Hygiene_2017.pdf.



第 17 章

跨领域问题的系统性政策

© Shutterstock/aquadarkus

领衔作者兼协调负责人：John Crump（GRID-Arendal基金会），Klaus Jacob（柏林自由大学）、Peter King（全球环境战略研究所），Diana Mangalagiu（牛津大学和诺欧商学院），Caroline Zickgraf（列日大学）

领衔作者：Babatunde Joseph Abiodun（开普敦大学），Giovanna Armiento（Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l' energia e lo sviluppoeconomico sostenibile），Rob Bailey（皇家国际事务研究所），Elaine Baker（GRID-Arendal基金会驻悉尼大学办事处），Kathryn Jennifer Bowen（澳大利亚国立大学），Irene Dankelman（拉德堡德大学），Riyanti Djalante（联合国大学可持续发展高等研究所），Monica Dutta（能源与资源研究所），Fintan Hurley（职业病研究所），Maria Jesus Iraola（乌拉圭大学），Rakhyun E. Kim（乌德勒支大学），Richard King（皇家国际事务研究所），Andrei Kirilenko（佛罗里达大学），Oswaldo dos Santos Lucon（圣保罗州环境秘书处），Katrina Lyne（詹姆斯库克大学），Diego Martino（AAE Asesoramiento Ambiental Estratégico and ORT University），Ritu Mathur（能源与资源研究所），Gavin Mudd（墨尔本皇家理工大学），Sebastian Sewerin（苏黎世联邦理工学院），Tim Stephens（悉尼大学），Patricia Schwerdtle（莫纳什大学），Joni Seager（本特利大学），Laura Wellesley（皇家国际事务研究所），Caradee Y. Wright（南非医学研究理事会）

《全球环境展望》研究员：Souhir Hammami（柏林自由大学）

执行摘要

气候变化产生的物理、社会、经济和健康影响，特别是对最弱势群体的影响，迫切需要采用系统、多维和变革性质的适应性方法解决（不完全证实）。气候变化适应是一个复杂过程，需要所有地区和部门在多个时间和地理维度上都将其付诸实施。它必须将人类—环境系统中那些复杂的互动要素及该系统的反馈机制纳入考量。{17.3.1}

沿海城市和小岛屿发展中国家（SIDS）的气候适应活动通常被分为“保护”、“适应”和“退却”等类型（不完全证实）。适应活动要应对多重缓发和快发危害，如海岸侵蚀、海平面上升、热带龙卷风、洪水、旱灾等。沿海城市的气候适应能力仍然不足，未来风险可能会增加。目前，许多地势较低的小岛屿发展中国家正面临洪灾和海岸侵蚀加剧的问题；长期来看，这些地方可能会变得不适宜居住。{17.3.1}

针对气候适应所采取的变革式方法需要应对受气候变化影响而产生的不确定性和复杂性、风险驱动因素和脆弱性背后的因素，减少不平等现象，进行性别赋能，并打造韧性和适应能力（不完全证实）。{17.3.3}

农业粮食系统应对大量的环境外部效应负责，包括温室气体排放；从能源角度看，农业食品系统的效率非常低下（充分证实）。可持续发展目标的实现要求人们采取紧急行动，以减少农业食品系统的环境足迹并提高其总体效率。{17.4.1}

农业应对粮食生产相关的大部分环境后果负责（充分证实）。应对这一问题的两项广义政策方法分别为：（1）通过“污染者付费”原则将消极的环境外部效应的成本纳入市场价格；（2）通过生态系统服务付费方式激励农民将消极的环境外部效应降至最低或创造积极的环境外部效应——这一方法可视为“受益者付费”原则。{17.4.2}

如果全球的饮食趋势不改变，粮食系统的排放增长可能意味着根据《巴黎协定》提出的将地球变暖幅度控制在2°C以下的目标是不可能实现的（不完全证实）。这一领域的大多数环境政策都以解决粮食生产的可持续发展问题为导向，而对粮食浪费和消费问题的关注则相对较少。目前，一些政府已经引进了一些经济政策措施，以鼓励环境敏感性耕作行为。此外，一些新出现的迹象表明，人们正在将可持续性标准纳入饮食指南，以说服消费者调整其消费模式，从而实现营养结果的优化同时减少环境负担。{17.4.3；17.4.4}

地球的长期可持续发展要求所有能源系统的政策和技术干预措施能够为人们带来燃料方面的多重选择，并针对燃料的生产和消费方式及能源系统在每一阶段以系统方式对资源产生影响的方式发力（不完全证实）。{17.5.1；17.5.2}

应对这些挑战的机制包括碳定价（限量管制与交易系统、碳税及燃料税和各种可再生能源补贴之类的其它经济工具）、监管方法（能效标准、指挥和控制、强制关闭旧厂等）、信息宣传项目（应对行为、生活方式和文化问题）、行政或政治障碍的应对（如通过国际合作等）（不完全证实）。{17.5.3}

供给去碳化和需求效率改善是已经得到成功应用的两项关键政策要素（充分证实）。但是，这些政策要素的应用规模必须迅速放大，同时还应逐步引入新的政策。{17.5.4}

全球经济目前主要是以线性模式进行运作的，即开采资源，然后通过制造业将其转化为产品，最后对产品进行处置这一模式（充分证实）。{17.6.1}

过去20年，**自然资源的使用迅速增加**，而全球资源供应链也变得更加复杂，从而导致了环境压力和影响的日益增大（充分证实）。{17.6.1}

全球需要向以资源效率促进经济增长和人类福祉、同时又减少环境压力和影响的循环经济转变（不完全证实）。这将在温室气体减少和浪费及污染的最小化方面产生巨大的共同效益。{17.6.2}

循环经济是工业过程和经济活动的一种系统方法，它能够使资源在尽可能长的时期内维持其最高价值（充分证实）。减少并重新思考资源使用、同时追求所使用资源和产品的寿命、可再生性、可再用性、可修复性、可替代性和可升级性，是实施循环经济的主要考量。

资源效率有助于提高经济韧性，而这是通过提高初级原材料供应的安全性、利用再制造和回收方式堵塞资源漏洞、从而降低资源利用、气候变化、有毒物质在生态系统中累积和生物多样性丧失等方面的压力这一方式实现的（充分证实）。{17.6.2}

资源效率通常不会自动出现，它需要设计良好的政策进行推动。这些政策必须有利于生产和消费体系及基础设施的可持续发展（不完全证实）。{17.6.4}

能够降低资源需求并提高资源利用效率的系统、产品和服务设计是循环经济诞生的关键（无定论）。此外，旨在对消费者进行赋能的跨部门跨学科协作也是一大关键。{17.6.4}

如能同时实施资源效率、温室气体减降和浪费最小化政策，那么经济发展和人类福祉与全球环境退化和资源利用脱钩将成为可能（无定论）。{17.6.4}

17.1 跨领域政策问题和系统性变革

2030年可持续发展议程确认了各国政府“为推动世界走向可持续、有韧性发展道路而采取大胆、变革性质的步骤”的决心。但是，这一变革的实现需要人们在社会、经济和环境维度紧密交织在一起的那些跨领域可持续发展政策方面进行迫切而剧烈的变革。

本报告第4章明确了12个对政策制定者而言相当紧迫的跨领域问题，即健康、环境灾害、性别、教育、城市化、气候变化、极地地区和山脉、化学品、废弃物和废水、资源利用、能源和粮食系统问题。基于与主要经济、社会和环境系统之间的联系，本章从这12个跨领域问题中选择了四个——即气候变化、粮食、能源和资源利用问题——进行了深入分析。

本章评估了环境政策在应对全球可持续发展跨领域挑战方面的能力。为实现这一目标，本章探讨了使社会经济系统适应气候变化、创建可持续农业和粮食生产体系、实现能源系统的去碳化、创建循环经济等重大挑战。当今世界面临的迫切环境挑战是涉及多个政策领域的、根深蒂固的社会经济系统产生的结果。如果人类的需求要在地球界限内得到满足，那么这些系统的运作方式必须进行转型，如此才能减少生物物理资源的使用并实现公平的社会成果（Raworth，2012年；O’ Neill等人，2018年）。系统转型对一些团体而言可能会非常有挑战性，但也将为其提供众多效益和机会。其中，一些机会短期内即可显现，一些则要长期才能实现。为实现这种转型并获得广泛支持，人们必须对这些机会和挑战进行清晰明确的宣传，并将那些受影响团体和部门的期望纳入考量，同时为那些因变革而发生错位或遭受不利分配影响的人提供补偿、赋予新工具或授予新技能。

17.1.1 安全运作空间

推动全球系统转向可持续、有韧性的发展道路是一项重大挑战，既往政策遗留、知识体系和文化规范是其原因之一（亚太经济社会委员会【ESCAP】、亚洲开发银行【ADB】和联合国开发计划署，2018年），而政策领域涉及众多议题和主体所导致的内在复杂性也是其原因之一。比如，气候变化就被人们描述为“一个恶劣的政策问题”，因为其解决方案需要政府之间的高度合作及涉及许多经济主体的政策措施的实施（Garnaut，2008年）。

在人类纪，跨领域政策挑战必须面对地球系统的生物物理要素与社会经济要素之间密不可分的相互依赖性这一问题（Liu等人，2007；Biermann，2014年；Young，2017年）。在这个新时代，环境政策的主要挑战是如何在不超越地球界限的前提下满足人类需求，同时又使人类保持在安全运作空间内（Rockström等人，2009年）。为实现这一目标，生物物理资源的使用必须急剧减少，而物理和社会供给体系也必须进行转型，将资源利用与公平的社会进程和结果结合起来（Raworth，2012年；O’ Neill等人，2018年）。

在实施转型的过程中，政策制定必须有战略性、协调性并以实现明确愿景为目标——这点至关重要。旨在应对系统性、跨领域的可持续发展挑战，单一方面的环境政策是不可能实现将地球社会生态系统推向可持续发展道路所必需的变革的。比如，旨在减少某一产品温室气体排放的孤立政策可能会导致反向激励，使生产转向另一不受监管的产品，从而导致净减排量或整个经济体的减排量为零（Yang等人，2012年；vanden Bergh等人，2015年）。这就是在某些情况下一般性法规优于“选择胜者”的技术特定政策的原因所在。因此，人们必须以整体方式处理跨领域的环境问题，而政策干预的实施则必须以促进整个系统的转型包括变革集体行为和改变不可持续的社会实践和规范为目标。

但是，设定变革社会经济或社会技术系统这样宏伟但必要的目标并不意味着旨在实现这一目标的环境政策必需是包罗万象的。对于追求明确的总体愿景的转型政策而言，适用于宏观、中观和微观某一层面的环境政策即可使其获得实际运作效果。在某些政策背景下，能够形成创新的小规模针对性干预比泛泛的政策更为有效。从这一角度说，推动特定技术或社会创新在某些情况下是有其合理性的。有证据表明，一些社会生态系统的转型可从小范围内的变革开始，然后导致技术及其它方面的创新，最后形成更具可持续性的资源利用模式（Doyon，2018年）。尽管一个系统的小变革可能会迅速导致临界点的产生并导致整个系统的转型，但其它系统则可能更加根深蒂固和稳健，无法轻易转向可持续模式。因此，打破这种路径依赖需要涉及多个层面的一整套政策和方法。

17.2 主要参与者、政策和治理方法

全球化导致了复杂全球社会生态系统的出现；这种系统的运行方式是不可预测的，且可能导致非线性变革。这意味着，政策制定和实施是在不确定状态下进行的，而能够灵敏应对迅猛、不可预期变革的环境治理的溢价正在不断攀升（Young，2017年）。在这种背景下，政府在实现社会经济系统成功转型方面仍然扮演着主要角色。在环境问题的应对方面，政府仍有能力采取从指挥和控制类监管措施一直到市场化措施的一系列政策。许多例子表明，政府的决定性干预已经产生了重大环境效益，并促成了现有系统的转型（如臭氧消耗物质的逐步退出、海洋环境中船舶油料污染的控制等）。

但是，传统治理方法有时——包括需要发生转型变革的情形——也有其局限性。社会生态系统在其组成要素和这些

要素的互动方式等方面正变得日益复杂，因此人们有时无法事先预测政策措施将产生何种效果（Young，2017年）。因为这一原因，在应对需要全系统变革的跨领域挑战时，政府必须有从事“边做边学”这种反思和实验性质的活动包括旨在检测各种方法可行性的监管实验的意愿（如Ostrom等人，2007年；Dryzek，2014年）。

通过下列方式，这种“转型学习”过程（亚太经济社会委员会、亚洲开发银行和联合国开发计划署，2018年）可推动实验的开展，从而促进创新：

i. 为社区创造并凸显相应机会，以可持续的方式来迎接全新的愿景，以满足人类需求；
ii. 推动那些能够提供更具可持续性资源和服务的新主体参与；
iii. 以透明方式推动当前不可持续架构逐步退出。

在这一过程中，政府可扮演重要角色，但是，由于发生作用的、更广泛因素的存在，实现“没有政府的治理”是可能的（Ostrom，1990年）。围绕共享价值观和建立公正、可持续系统的愿景进行社会动员是这一过程的关键。

17.2.1 跨领域问题政策有效性的评估

基于我们对环境政策制定的理解不断加深这一事实，对作用于跨领域问题及其系统推动因素的环境政策进行有效性评估已经具备了可能性。这种评估不仅涉及政策在实现特定目标方面的即期或短期表现，而且还涉及政策推动系统转型的潜力。在这方面，评估有两项关键标准，即政策目标和转型结果。

本章针对4项跨领域、全球性可持续发展挑战（即4个系统）提出了以下问题：

i. 该系统最需要的迫切变革是什么？
ii. 该系统的哪些要素是政策致力于改变的？
iii. 到目前为止，人们已经采取了哪些措施？这些措施的效果如何？
iv. 所探讨政策方法的转型潜力如何？

在开展这种评估的过程中，我们通过具体案例研究对4项可持续性挑战进行了考察。这些案例研究说明了不同背景下的政策应对措施，并凸显了政策设计和实施方面的挑战和机遇。通过对政策敏感指标进行考察，本章还就跨领域的环境政策的有效性提出了更为广泛的深刻见解。

17.3 变革社会经济系统，以提高其应对气候变化的复原力

气候变化适应是沿海城市和小岛屿发展中国家面临的一大严重问题，这些区域正是气候变化影响造成的风险因海平面上升而显著加剧的地方。与海平面上升这一问题同时存在的，还有沿海地区人口和基础设施密集、低洼地区城市化迅猛且通常缺乏规划、生态系统丧失和环境退化、自然资源管理不可持续、当前适应能力缺失等问题。

气候变化适应需要应对自然和人类两大系统。海滩、湿地和珊瑚礁之类的自然系统需要通过维持沿海生态系统和过程、防止海岸侵蚀和洪灾等方式予以保护。人类生态系统——如居住区、工业、基础设施、农业、渔业、旅游、休闲和健康等系统——则需要予以强化，以提高其气候韧性。适应战略承认了保护最弱势群体包括土著民族、妇女、儿童、残疾人和经济弱势群体的特殊重要性。

17.3.1 该系统最需要的迫切变革是什么？

气候变化的影响因地理位置、部门和社会群体的不同而不同。它对贫困、弱势群体及受灾人群的生活、生计和心理健康影响特别大（Davis，2015年；Dankelman，2016年）。气候变化的主要影响是与气温胁迫和极端事件相关健康风险的增加——这些事件会导致伤亡增加、国内外流离失所、基础设施和经济损失及破坏等后果（Watts等人，2015年；Grimmins等人，2016年；国内流离失所监测中心【IDMC】和挪威难民委员会，2017年）。气候变化的次要健康影响是通过环境进行调节的，它包括媒介、水和食物传播的气候敏感型疾病相关风险的增加。气候变化的第三类影响是通过社会调节的，主要包括迁徙和冲突等（Watts等人，2015年）。这要求人们采取适应性应对方法，以保护、维持和促进人类健康和福祉。

该系统的哪些要素是政策致力于改变的？

沿海城市和小岛屿发展中国家海平面上升问题相关适应活动致力于应对其在下列气候变化影响面前的脆弱性：沿海侵蚀、海平面上升、洪灾和极端事件。

这些活动通常被分为“保护”“适应”或“退却”等类型：

- 通过建设更高的海堤、改善土地利用管理、制定新的建筑准则以改善居所和基础设施、减轻海岸侵蚀等方式**保护**人类及其财产；
- 通过变革当前行为以提高其在海平面上升问题面前的韧性、改善基础设施以增大水体和湿地的吸纳能力、调节水流、引进保险等方式**适应**气候变化；

- 通过放弃高风险区域、重新安置这些区域的人口等方式主动**退却**。

沿海城市的气候适应活动仍然不足，这可能导致未来风险的加大。旨在保护现有人口和基础设施的努力通常会导致高风险区域内更多开发活动的进行，而这样做的结果就是风险的累积（Hallegatte等人，2013年）。气候适应项目在应对缓慢或和快速发生的风险如洪灾、旱灾、热带龙卷风和海平面上升方面并不是很有效。气候适应活动通常是通过农业、健康和灾害管理之类的部门项目实施的，而非针对造成脆弱性的根源。这对人权产生了不利影响，因为在获取资产、机会、意见表达和参与或歧视等方面持续存在不平等现象，意味着贫困和弱势群体缺乏适应能力，因而在气候危害面前高度敏感且面临着过大的风险（联合国，2016年）。

一些地势低洼的小岛屿发展中国家出现了越来越多的洪涝灾害和显著的海岸侵蚀现象。人们预计，这些地方最终将不适宜人类居住。因此而受影响的人口将不得不流离失所，被迁徙到其它地方或国家，而随之而来的，便是迁徙对他们的健康和福祉造成的影响（Schwerdtle，Bowen和McMichael，2018年）。因此，政策应对措施必须强化健康体系，使其具有气候韧性，同时又对移民具有包容性（Schwerdtle，Bowen和McMichael，2018年）。此外，这些措施还应与其它政策如边境和劳动力市场政策及社会保障和人权保护相结合。

17.3.2 到目前为止，人们已经采取了哪些措施？这些措施的效果如何？

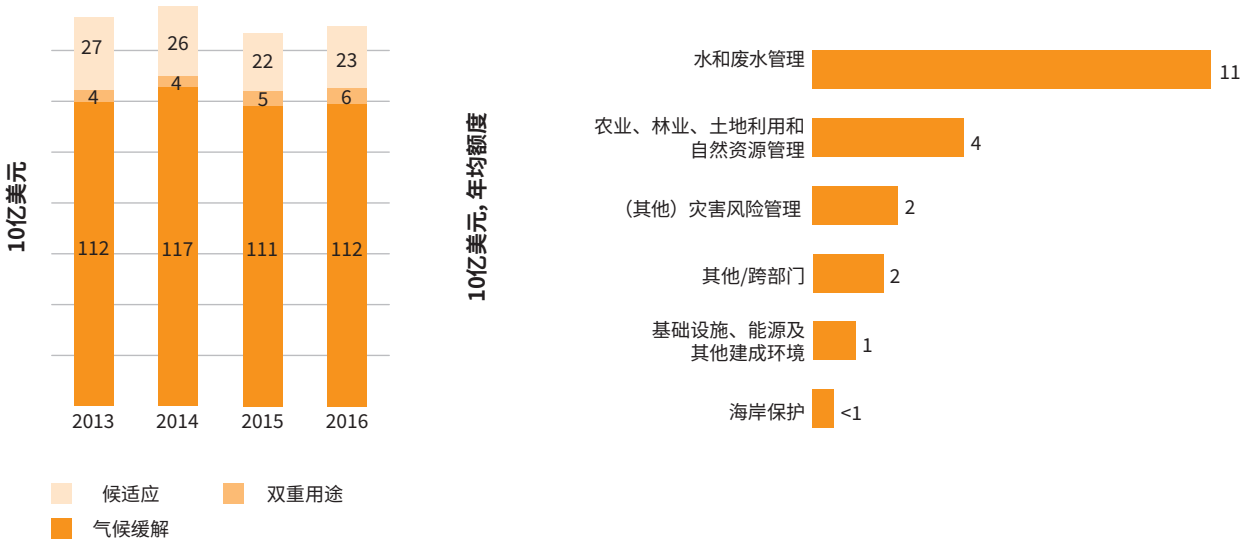
可持续发展目标13承认气候变化为重大问题，并呼吁采取提高韧性和适应能力、将气候变化问题纳入政策和规划、开展教育活动、实施能力建设等紧急行动。2015年关于气候变化的《巴黎协议》致力于强化各国应对气候变化影响的能力并为发展中国家和最脆弱国家的行动提供支持。在《巴黎协议》相关战略和机制下提供的支持包括气候适应基金、技术转让和气候保险等。

全球每年关于气候问题的融资平均为4,100亿美元（Buchner等人，2017年）。但是，这些资金中有93%被用于气候缓解，仅有不到5%（220亿美元）被用于气候适应（Buchner等人，2017年）。深入考察气候适应融资会发现，被用于海岸保护、沿海基础设施和灾害风险管理的资金不到40亿美元（Buchner等人，2017年）。如果沿海城市和小岛屿发展中国家的气候适应能力要加强的话，这些正是最需要强化的领域（**图17.1**）。

通过《仙台减少灾害风险框架》（联合国减灾办公室，2015年），联合国减灾办公室（UNISDR）承认了将灾害风险减降（DRR）和灾害适应更好地结合起来的必要性，因为气候变化加剧了灾害的严重性、强度和频率。目前，人们正根据《2030年议程》《巴黎协议》和《仙台框架》开发更加有力、更具连贯性的行动（联合国减灾办公室，2017年）。但是，这一领域的重点已从突发事件的管理和应对转为降低灾害风险并实现其在发展进程中的主流化。

通过早期预警系统的运用和灾害准备及规划的改善，人们已经大幅降低了灾害造成的死亡人数。目前的挑战在于，受灾害影响的人数及灾害造成的经济损失仍在继续增加（联合国减灾办公室，2017年）。由联合国人居署协调的新城市议程（联合国人居署，2016年）是可持续城市化领域的一个全球性框架，其宗旨为“使城市和人类住区更加包容、安全、有韧性和可持续性”。人们清楚地认识到，城市——特别是海岸线上的城市——正是一些最脆弱地

图17.1：气候适应融资



资料来源：Buchner等人，2017年

区和基础设施的所在地（世界银行，2013年）。在可持续发展教育全球行动计划（GAP）的框架下，联合国教科文组织（UNESCO）在实施可持续发展教育的同时还实施了气候变化教育（联合国教科文组织，2014年）。其中，气候变化教育的内容涉及气候变化科学、气候变化的社会和人类方面、政策应对措施和可持续生活方式等（联合国教科文组织，2010年）。相关研究表明，教育干预措施若在可持续发展和气候变化方面将重点聚焦于针对本地的、可操作性强的地方，特别是可以通过个人行为解决的方面，则其干预措施将是最有效的（Anderson，2013年）。

太平洋气候变化适应计划（PACC）是太平洋地区第一个重大气候变化适应倡议，它是14个太平洋岛国一些主要区域和国家机构及社区之间的一个伙伴计划。这个计划是由太平洋区域环境计划秘书处（SPREP）负责协调的。针对这个计划开展的一项评估呼吁人们采取更加一体化的气候变化和灾害应对方法及气候变化缓解方法，并改善相关信息和数据的管理（Hay，2009年）。与气候相关的移民及迁徙政策目前才刚刚兴起。但是，全球已经出现了致力于将迁徙与边境保护、生计、社会保障和人权保护结合起来的政策框架，如亚洲开发银行（亚洲开发银行，2012年）和南森倡议保护议程（2015年）制定的框架，但地方层面的实施仍然很少。

17.3.3 所探讨政策方法的转型潜力如何？

专栏17.1展示的政策方法和案例研究强调了需要更好地识别气候适应治理方法，以应对气候变化影响及因气候变化影响而造成的各种影响，以及根据其复杂的脆弱性因素打造韧性和适应能力的必要性。适应治理方法是指在管理相关社会、政治和行政主体的过程中形成的治理模式（Huitema等人，2016年）。成功的适应需要考虑有效性、效率、公平和合法性，以保证在不确定的未来中发展路径的可持续性（Adger，Arnell和Tompkins，2005年）。

越来越多的人认为，气候变化适应的转型方法应该是能够应对气候变化影响、具有变革当前气候适应治理方式的潜力且以提高韧性和可持续性为目的的方法。它应该是一种具有调节复杂性、不确定性和快速变革的潜力的方法。这种方法的明确特征包括：具有实施适应性管理的能力，特别是允许学习和自我组织的能力；具有对规模进行调整以提高社会与生态治理的“契合度”的能力；属于多中心治理体系，允许通过参与和协作方式出现冗余和多样性等现象（Brunner等人，2005年；Folke，2006年；Brunner和Lynch，2010年；Djalante，Holley和Thomalla，2011年；Chaffin，Gosnell和Cosens，2014年）。这种转型潜力是通过创新、实验、愿景和新主体的空间等方面体现出来的（Taylor，2017年）。行动是基于最佳现有知识而采取的，它允许人们从错误中进行学习，并允许创新发生。气候变化教育还有助于决策者的能力建设，且能够赋予人们实施适应战略的能力，比如可使人们理解问题的复杂性、认知风险并将土著知识纳入考量（Nakashima等人，2012年；Blum等人，2013年；Monroe等人，2017年；联合国教科文组织，2017年；联合国教科文组织，2018年）。总之，不同利益相关方的学习提高了转型能力。

专栏17.1：案例研究：越南的“与洪水共存”项目

本案例研究提供了旨在实现有效适应这一目标的政策方法的例子——尽管政策有效性目标的设定非常复杂（如涉及社会公平/人权、社区参与、经济变化、能力差异、多层次政策碎片化等问题）。越南的方法可视为具有变革性，因为其洪灾风险管理政策已从控制洪水转变为“与洪水共存”。但是，由于湄公河三角洲地区灾害风险的日益加大，这一方法的有效性仍然有限。

“与洪水共存”这一项目是越南到2020年国家自然灾害预防、应对和缓解战略的组成部分。该项目旨在适应而不是控制洪水，其方法是利用过水堤（semi-dyke）对洪水进行控制，允许其偶尔漫过堤坝，从而改善土壤管理。居民区也通过完整堤坝和过水堤系统得到了保护。保护区域内有永久性民居，还有基本公共服务和设施，如学校和诊所等（洪灾和暴风雨管理中央委员会【CCFSC】，2012年）。多达15万个家庭参加了这个项目。这些家庭是由湄公河三角洲地方当局直接选定的。贫困家庭有资格获得长期低息政府贷款，以购置新房，而较为富裕的家庭则可直接购买房产。这一进程的缺陷是，家庭的选择和资金的分配缺乏透明度。此外，中央政府资助的可持续性也不确定。还有，安置地点的选择也没有社区参与或磋商（Chun，2015年）。

总体而言，尽管该项目使当地社区摆脱了危害，但由于生计手段的丧失，大多数家庭的经济脆弱性也因此而加剧了。在项目实施过程中，经济和团结网络出现了错位，大多数家庭都表示其收入减少了，而还债难度也相应增加了（Chun，2015年；Entzinger和Scholten，2016年）。这种不利后果主要是因为环境目标与其它政策目标之间缺乏一体化及经济的长期可持续性缺失导致的。因此，尽管该项目包含许多积极方面和意图，但它却降低了社区韧性。

17.3.4 指标

指标在气候变化适应的监测和评估方面扮演着重大角色。可持续发展目标13即“气候行动”的指标并没有为气候变化适应的有效性提供直接衡量方法。气候变化适应行动对于促进可持续发展目标5（即实现性别平等和提高妇女和儿童的能力）和可持续发展目标10（即缩小国家内部和国家之间的不平等）实现的程度也是其成功的重要指标。

目前，人们已经开发了用于衡量脆弱性、韧性和适应能力的科学框架及相应指标（如Cutter，Boruff和Shirley，2003年；Turner等人，2003年；Wisner等人，2004年；Hinkel等人，2012年；Taylor，2017年）。认定已拥有充分（或不充分）基础设施的土地面积、降低生活在洪泛区或低海拔沿海地区的居民数、开发危机或灾害期间的联络渠道网等都是沿海城市气候适应工作有效性的指标。对于小岛屿发展中国家而言，气候适应有效性的衡量指标则包括：旨在应对淡水减少的措施（如采用抗旱植被、节水设备、设立保护集水区的缓冲区等）；不适应行为的预防和改正（如修订导致红树林破坏的政策或阻碍水资源回收利用或允许人们在脆弱地区建房的法律等）；气候变化对生物多样性和土地退化影响的应对（如采用高效耕种土地利用模式、可持续捕鱼行为及提高社区意识等）（联合国，2015年）。

为实现更具革命性的变革，同时保证适应措施的有效性，人们还可从以下方面进行思考：规模或范围（如利用全景观或全流域方法、区分短期、中期和长期战略等）；社区参与；新颖适应方法（如一些发展中国家采用的农作物保险、打造市场的气候变化韧性等方法）；旨在改造场所或实施异地安置的措施（如人工造岛和异地安置相结合的办法、旨在降低脆弱性的新制度和筹资机制等）（Kates，Travis和Wilbanks，2012年）。为确保未来开发活动能够将气候变化的影响纳入考量，脆弱性和能力评估（VCA）及气候风险筛查和评估的开展都是必要的——比如，可参考红十字会与红新月会国际联合会的脆弱性和能力评估（红十字会与红新月会国际联合会无日期）、世界银行的气候和灾害风险筛查工具（世界银行，2018年）、联合国开发计划署关于气候风险筛查工具盘点的报告（Olhoff和Schaer，2010年）。

17.4 创建可持续发展的农业粮食系统

在气候变化面前，人们有必要降低未来发展的不确定性，而农业粮食系统则是最能说明这种必要性的例子之一。下一节对这一部门实施转型的一些可能性进行了探讨。

17.4.1 该系统最需要的迫切变革是什么？

农业粮食系统应对巨大的环境影响包括温室气体排放、栖息地破坏和生物多样性丧失、空气和水资源的污染等问题负责。由于农业粮食系统的低效，这些环境成本被进一步推高了。一项研究显示，在以农作物及其它生物质形式被捕获的能量（以千卡计）中，62%的能量以粮食浪费损失、牲畜营养损失、人类过度消费等形式被浪费或损失掉了（Alexander等人，2017年）。可持续发展目标的实现要求人们立即采取行动，以减少该系统的环境足迹并提高其总体效率和韧性。为此，人们有必要采用全系统方法，包括以可持续方式提高农业集约化程度、降低整个供应链上的粮食损失和温室气体排放、应对消费者粮食浪费严重和动物产品消费过度等浪费性消费模式等行为采取行动。

对农业粮食系统起决定性作用的政策大体可分为生产性政策、加工销售政策和消费政策。农业政策通常以支持农民为重点，而不是以激励农民改善环境后果为重点。而且，改革补贴机制通常会使政府面临巨大政治挑战。只要存在鼓励农业生产且不考虑环境影响的情况，许多农业政策（如化肥、用水或能源补贴政策）都会导致环境问题的恶化。目前，很少有政府制定出旨在减少农业和土地利用部门温室气体排放的战略（但林业是一个明显的例外），且没有一个政府完全将农业纳入碳定价机制。

为避免违反世界贸易组织（WTO）关于防止政府对“类似产品”进行区别对待的规则，农产品贸易政策通常都会避免规定明确的环境标准，尽管相关法规主要与人类健康有关。旨在减少粮食浪费和损失的激励措施由于低廉且仍在下降的真实粮食价格而受到了侵蚀（Benton和Bailey，出版中）。尽管因为公众健康原因旨在塑造消费模式的政府干预正在增加（如减少糖、盐和反式脂肪的消费），但旨在鼓励可持续饮食方式的政策制定目前仍然很少（Garnet等人，2015年）。

总之，为实现可持续发展目标，农业粮食系统的转型要求人们大幅减少农业部门的环境足迹，大量减少粮食损失和浪费，同时还要求人们采用更加健康和更具可持续性的饮食方式。这要求人们进一步改变政策制定方式，以：

i. 激励农民削弱消极的环境外部效应，包括温室气体的排放等，同时创造积极的环境外部效应，如改善生物多样性或其它生态系统服务；
ii. 在整个价值链上应对粮食损失和浪费问题（**专栏17.2**）；
iii. 鼓励人们采取健康、可持续的饮食模式。

17.4.2 该系统中哪些要素是政策致力于应对的?

污染者付费原则
环境影响是旨在支持农民实现粮食产量最大化的农业政策的一个共同病症。旨在削弱这种影响的政策改革可采用不同的形式,但基本上都会致力于确保"污染者付费"这一原则得到贯彻实施。对化肥和农药使用征税(而不是补贴)、水定价机制和要求农民建设并维护动物粪便储存设施的法规等都是这方面的例子。

尽管各国通过排放交易机制和碳税等方式在将污染者付费原则运用于能源部门碳排放方面积累了相当多的经验,但农业尚未被纳入这类倡议。在农业领域,基于耕作习惯和农业生态背景,温室气体的排放通常是在全景观层面发生的,因此农业领域温室气体排放的监测、报告和核实要比能源行业复杂得多,而其成本也昂贵得多。尽管如此,这并不意味着农业部门给人们设立了一个不可逾越的障碍。比如,在新西兰,农业部门并非国家排放交易机制的一部分,但其仍在报告温室气体的排放。这表明,农业领域温室气体排放的量化和核算是可能的。

受益者付费原则:生态系统服务付费(PES)
一些政府引入了旨在鼓励环境敏感型耕作方式的经济政策措施。这样做的基本意图是激励并奖励那些采取措施将环境影响降至最低或提供非生产性产出的农业生产者(通常被称为"生态系统服务付费措施【PES】"),同时抑制和惩罚那些不这样做的农业生产者(Meyer等人,2014年;Tanentzap等人,2015年)。农业生产者参与碳交易市场并销售特定项目的抵免碳信用额、以减少碳排放的作法就是这方面的一个例子(Garnett,2012年)。在这个案例中,农民们可通过避免排放的方式获得报酬,而不是作为碳定价机制下的受监管实体因温室气体的排放而接受惩罚。

生态系统服务付费市场正在不断壮大,其年市场价值——包括非政府和私人买方支付的金额——据估算目前介于360亿美元至420亿美元之间。其中,最大的支付项目为流域管理和生物多样性付费,且大部分资金都支付给了森林项目的减排工作(Salzman等人,2018年)。尽管这绝不是一项可以忽略的金额,但与传统农业支持资金相比,这些转移支付相当温和:2017年,经济合作与发展组织(OECD)成员国的农业支持资金总额仅稍低于2,300亿美元,而中国的农业支持金额也与此相当(2,040亿美元)(经济合作与发展组织,2018年)。

消费者教育
基于可持续发展教育理念的消费者教育有助于消费者理解其个人饮食选择和习惯将如何影响社会、经济和环境发展这一问题,同时还有助于他们设想可持续饮食选择和习惯,并切实采用之(Fischer和Barth,2014年;联合国教科文组织,2017年)。比如,教育可提高肉食消费者对其消费行为不可持续性的认识(Spannring和Grusovnik,2018年)。

饮食指南
政府通常是通过发布国家指南的方式为其人民提供良好营养和健康饮食行为方面的指导的。近年来,一些政府已开始将环境考量纳入其发布的饮食指南中(参见下文讨论)。国家指南本身是不可能导致大范围饮食习惯改变的,但可为后续政策制定提供依据,从而成为采取更具协作性政策行动这一道路上的第一步和重要一步(Bailey和Harper,2015年,Garnet等人,2015年)。

标签和认证
旨在为消费者提供某一产品满足了某些环境标准,这种保证计划在发达国家市场已越来越普遍。这些倡议往往是多个利益相关方共同发起的,源于私营部门与公民组织之间的合作,而不是政策主导的。但是,在发展足够充分的地方,这类倡议可为后续政策制定提供依据。

公共采购
在许多国家,粮食公共采购可占市场需求相当大的一部分。因此,这一领域的公共采购政策要求供应商满足某些环境标准,从而具备推动粮食系统更广泛变革的潜力。

消费税
环境外部负面效应的成本还可在消费环节纳入产品价格。今天,人们已开始使用消费税应对过度消费诸如食糖之类的食品所产生的健康外部效应。但是,将排放税在消费环节适用于食品的作法可能会优于在生产环节对排放进行定价的作法。尽管后一方法也许能够更加准确地将环境影响内在化,但消费税仍是优于后者的一个选项,其原因如下:

i. 在农业领域对排放进行监测的成本很高;
ii. 降低排放密集型食品产量之外的缓解机会有限;
iii. 对消费者而言,从排放强度较高的食品转变为选择排放强度较低的食品的机会很多(Wirsenius,Hedenus和Mohlin,2011年)。

尽管如此,作为一项工具,消费税不必像采用地毯式税率的迟钝工具那样,必须无差别地适用于某一产品类型下所有产品。某一产品类型下生产和供应实践的区分(如通过分类进行的生命周期分析进行区分)可更加细微地反映外部效应,并激励人们采取更加可持续的实践方法,同时还可激励消费者转向同一类型下更具可持续性的产品甚至是转向更具可持续性的产品类型。因此,消费税的转型潜力很大。据估计,如果全球都对食品征收排放税,2020年全年即可因肉类消费的减少而削减约10亿吨二氧化碳当量的排放,并在全球层面导致净健康效益的出现,尽管这会对分配环节产生影响,因而需要政府通过补偿政策进行管理(Springmann等人,2016年)。但是,到目前为止,还

没有任何一个政府对食品征收排放税，尽管一些政府因为公共健康原因已对某些食品征收了消费税。

17.4.3 到目前为止，人们采取了哪些措施？这些措施的效果如何？

生产环节：生态系统服务的经济激励措施

生态系统服务付费有时可能与农业生产者自愿遵循的某些额外保护或可持续性实践有关，有时则可为那些收入或生产能力因现有监管要求（通常被称为“交叉合规”要求）而受到限制的农民提供经济补偿（Meyer等人，2014年）。

在欧盟（EU）共同农业政策（CAP）下，这两种情况都出现过。欧盟共同农业政策第二支柱下的农业环境措施（AEM）是处于完全自愿机制与交叉合规直接补偿两者中间地带的一种基于面积的机制。在共同农业政策和国家当局联合资助下，农业环境措施旨在鼓励农民改善土壤质量、提高水资源利用效率、减少污染投入并丰富农业领域的生物多样性。大多数农业环境措施都是基于行动实施的，为采取了行动的农民提供补偿，但最近，人们还引进了基于结果的农业环境措施。这种措施设置了更多条件，农民必须实现了预期环境成果才能获得支付补偿。这些农业环境措施对农业管理实践的要求相对较少，但更具成本效益，且能够鼓励创新（Illes等人，2017年）。一般而言，如果足够灵活，能够适应地方制度和环境背景的独特条件，在国家或国际层面实施的生态系统服务付费项目能够更好地实现这些效益的最大化（de Blas等人，2017年）。

作为共同农业政策2014-2020年改革的一部分，2015年，欧盟又引入了一种新的直接给付支持。在共同农业政策第一支柱下，欧盟启动了“绿色化给付”，以补充现有的交叉合规规则，并要求那些接受直接给付支持的农民必须满足三项生态系统服务标准。一开始，这一给付方式会提供“简单、普遍、非合约的年度给付”（欧盟委员会，2011年），从而创造气候和环境效益，并允许第二支柱下的财务资源更好地支持农业环境计划（AES）的扩大。但是，相对于原建议，现实中的绿化活动所影响的农田面积反而减小了，而因此改变耕作习惯的农民也减少了（Hart，Buckwell和Baldock，2016年）。此外，这一计划的有效性也具有不确定性，因为生态系统服务通常要在大于农业管理所允许范围的更大范围内提供，需要不同土地所有者之间的协作（Benton，2012年）。

尽管对这一项目进行项目末充分评估仍为时过早，但许多分析已经表明，鉴于其占共同农业政策总体预算比重相当大这一事实，该项目的影响是有限的，而成本效益也较差（欧盟委员会，2016年；Gocht等人，2016年；Hart，Buckwell和Baldock，2016年；Buckwell等人，2017年；经济合作与发展组织，2017年）。

消费环节：利益相关方的说服

一些早期迹象表明，为说服消费者调整其消费模式，以改善营养结果并减小环境负担，一些国家已将可持续性标准纳入其饮食指南。近期对各国饮食指南开展的一项全球研究（Fischer和Garnett，2016年）发现，到目前为止，全球只有四个国家（巴西、德国、卡塔尔和瑞典）将可持续性关切纳入了食品相关饮食指南。尽管大多数可持续性指南目前都是以健康为导向、反应了指南制定往往是由卫生部主导的这一事实，且行为变革与指南影响之间的关系难以证实，但将可持续性关切更广泛地纳入营养指南的作法可鼓励人们制定旨在变革消费需求的政策。

17.4.4 所探讨政策方法的转型潜力如何？

表17.1以“高”“中”“低”等描述显示了上文探讨的一些政策方法的转型潜力。每一方法在任一特定情形下的实施方式及实施背景基本上将决定该方法在该特定情形下的转型效果。

专栏17.2：案例研究：粮食损失和浪费——日本的多项政策方法

在日本，人们采用了多项政策方法减少粮食浪费和损失，如设立立法目标、提供信息教育利益攸关方、颁布自愿行为准则、推动新的制度安排等。这里探讨的一些方法主要涉及供应链下游部门（如加工商、零售商、招待行业、消费者等）旨在减少浪费的方法，但上游收获后损失问题的应对同样需要政策方法。2000年以来，在《食品回收法》下，日本实施了旨在控制粮食损失和浪费现象并回收食物的政策。这部法律要求食品生产、经销和餐饮企业回收其浪费的食材，并要求每年产生的食物浪费多于100吨的企业报告其浪费行为和回收活动（经济合作与发展组织，2014年）。

现在，因企业活动浪费的粮食大部分都已回收（2011年，食品生产行业浪费的粮食中有多达95%被回收，但同年餐饮行业的浪费食品回收率仅为23%【经济合作与发展组织，2014年】）。取得大体成功后，粮食浪费的减降已成为优先于再利用和回收的一大举措。目前，26个行业团体已就2014-2019年这一期间设定了旨在控制粮食浪费产生数量的目标值。在单边行动对企业而言具有挑战性的情况下，如退货和仓储过剩造成浪费的情形，日本食品行业成立了一个工作组，以变革诸如变更交货期限、最佳食用日期标准、标签方法之类的商业惯例。

过去几年，消费者的食品浪费程度基本上没有发生什么变化，而现在，这项浪费已成为日本的一项工作重点。在2013年6个政府部门协作发起的“零浪费项目”中，这项工作非常显眼。作为一项运动，“零浪费项目”旨在提高供应链所有阶段粮食损失相关公众意识并推动人们的行为变革（联合国粮农组织，2014年）。

表17.1：农业系统的组成部分、粮食生产、粮食损失和浪费及粮食消费等

农业系统的组成部分	粮食生产领域	粮食损失和浪费领域	粮食消费领域
政策方法	生态系统服务经济激励；生态系统服务付费	各种政策方法，包括食品回收法	说服利益相关方：可持续健康饮食指南
能够促进全新方法的创新，既能改善现有方法、又能满足社会需求，包括社会和制度创新？	中 生态系统服务付费可以更具创新性的方式实施，如改革现有补贴机制、开发新的市场机制等。 生态系统服务付费可为相关主体开发新方法创造动机，具体取决于设计和背景。	中高 强制性目标能够鼓励供应链上的所有企业进行创新，以满足要求。	低 在政策制定涉及范围更广泛的情况下，或许可为创新提供指导，但这不是必然的，而在孤立情况下也如此。比如，法定营养标签可鼓励食品生产者重新设计产品配方，但在没有更广泛监管或政策的情况下，指南本身是不可能促进创新的（Bailey和Harper，2015年）。
能够推动实验包括监管实验，以检测和证实替代安排的可行性？	中 共同农业政策的例子证明，生态系统服务付费可通过补贴变革推动监管实验的开展。 与基于活动的付费相比，基于成果的付费成功激励受益人开展实验的可能性更大。	中低 监管不可能推动实验的开展。不能积极推动企业进行实验，但可创造出鼓励企业进行变革的环境。	低 并非总能推动实验的开展，但可作为后续监管实验的依据。
能够推动以可持续方式服务于人类需求的另类愿景？	高 本方法可以报酬方式激励农民实施新的农业和景观愿景，但具体取决于实施情况。	高 明确了未来食品浪费较少的愿景，食品回收率预计将较高。	中 显示了愿景，但并没有为愿景的实施提供帮助。
能够创造并鼓励以更加可持续的方式为社会提供服务的新主体或新进者？	低 基本上只能作用于现有企业，而无法鼓励新企业采取行动。	中 能够推动现有企业形成新的联系并实现资源合作，但不一定能够鼓励新企业进入。	低 没有创设什么促使新人进入行业的有利条件。
能够组织现有不可持续架构逐步退出？	低 仅聚焦于现有企业的变革	中 能够减少进入垃圾填埋场的物资量并降低现有浪费链的活力，但不一定能够从根本上重组这些架构。	低 指南本身在现有架构的重组方面能做的很少——重组需要配套政策措施的实施。

17.4.5 指标

许多现有指标——如不同耕作部门的农业排放量指标——提供了粮食系统不同组成部分环境可持续性方面的宝贵信息（如可持续发展目标指标2.4.1“实施多产且可持续农业的农业土地面积比率”）；此外，许多指标目前也在开发之中。但是，这些指标通常仅聚焦于粮食系统的生产方面，而没有显示整个系统的效率或转型。为显示这种效率或转型，我们就国家饮食成果的可持续性和营养效率提出了一个国家层面的、新的政策敏感型指标，即饮食健康和可持续性这一指标。饮食健康和可持续性指标以现有年度数据序列为依据，旨在衡量国民消费模式与国家健康和可持续营养指南之间的差距。但是，正如我们已经指出的那样，目前很少有国家已就健康和可持续饮食的构成制定了国家级的指南。在没有这种指南的情况下，我们可通过EAT—柳叶刀粮食、地球和健康委员会即将推出的建议得出一些全球层面的替代指南。EAT—柳叶刀委员会的建议旨在就何谓健康和可持续饮食达成科学共识（EAT—柳叶刀粮食、地球和健康委员会，2018年；Springmann等人，2018年）。此外，该委员会的建议还可作为全球总体指标的依据。

如果没有关于消费的可靠国家数据，饮食健康和可持续性这一指标可使用联合国粮农组织粮食平衡表（FBS）的数

据作为替代。联合国粮农组织粮食平衡表包含了每一初级产品及一些可能用于人类消费的加工产品的年人均供应量的估算值。但是，联合国粮农组织的这些数据有些粗糙，其分类过于泛泛，没有开展分析所需要的细节。此外，这些数据还没有反应出所消费食物的性质，包括这些食物是否属于重度加工食品——因为这会对健康产生重大影响。鉴于这些缺点，政府应就国民消费模式收集更加准确的数据，同时制定更能反映国情的、适合其国民的健康和可持续饮食指南。

每一食物群的国民摄入或供应数据都将接受评估，以显示其超出或未达到国家指南或EAT—柳叶刀委员会建议的日常摄入量的比率，其计算公式如下：

【(实际摄入量/建议摄入量)-1】×100

表17.2：健康和可持续饮食摄入量建议

健康和可持续饮食国家（或EAT—柳叶刀委员会）建议的假想摄入量	饮食健康和可持续性指标数值（年度国别值）
水果和蔬菜每人每天X克	蔬菜摄入量：健康和可持续水平的(+/-)Y%
谷物和淀粉每人每天X千卡	谷物和淀粉摄入量：健康和可持续水平的(+/-)Y%
油和脂肪每人每天X千卡	油和脂肪的摄入量：健康和可持续水平的(+/-)Y%
肉类每人每天X克	肉类摄入量：健康和可持续水平的(+/-)Y%
奶类每人每天X克	奶类摄入量：健康和可持续水平的(+/-)Y%

计算结果如为零，表示消费量“理想”；如为负数，表示消费不足；如为正数，表示消费过度。比如，如**表17.2**所示食物群的建议摄入量为真，则饮食健康和可持续性指标将以相对方式表述相关国家的食物供应状况（**图17.2**）。

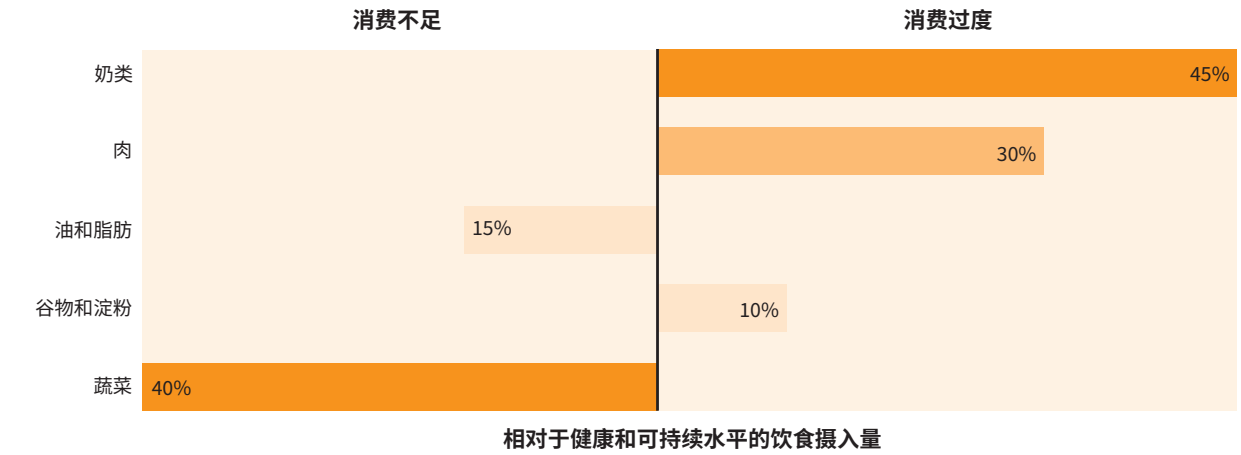
联合国粮农组织粮食平衡表的数据显示了剔除进出口、其它用途（如牲畜饲料、种子、非食物用途等）、储存和运输过程中的损失等因素之后一国人口可获得的食物供应量。因此，饮食健康和可持续性指标是整个粮食系统政策和措施——包括农业生产重定向行动、贸易措施、旨在减少进入家庭之前的浪费的行动和营养政策——具体表现的有用、高级衡量指标。它为农业粮食系统对多项可持续发展目标实现进展的贡献提供了一个一体化的衡量指标。

由于这一饮食健康和可持续性建议指标是以消费为依据的，因此无法充分反映那些属于农产品净出口大国或生产大量非粮食农产品国家的农业政策的影响。比如，一个国家的消费可能会貌似健康和可持续，但如果其消费主要依赖进口，则该指标无法反应该国农业系统的可持续性。但是，在全球层面，该饮食健康和可持续性指标可为粮食生产的可持续性提供一个总体指针。

17.5 能源系统的去碳化

前一节探讨了农业政策为何总是倾向于以支持农民为重点、而不是激励他们改善环境成果这一问题。在复杂的农业粮食系统中，能源使用的减少也可扮演重要角色。本节将对所有能源系统去碳化行动的转型潜力进行探讨。

图17.2：X国饮食摄入量的健康和可持续状况



17.5.1 该系统最需要的迫切变革是什么?

能源利用产生的温室气体排放是全球气候变化的一大主要推动因素。减少全球能源利用活动的碳足迹要求人们采用一体化方法,综合各种措施,以:

i. 减少能源利用;
ii. 降低终端部门的温室气体排放强度;
iii. 实现能源供应的去碳化;
iv. 减少净排放量并改善碳汇。

这些措施具有重大共同效益,其中包括:

i. 降低成本;
ii. 提高能源安全;
iii. 改善人类和生态系统健康。

降低短期能源需求是具有成本效益的气候缓解策略;它能够赋予能源供应部门在降低碳强度方面以更大的灵活性,抵御供应侧风险并避免碳密集型基础设施的锁定。低碳能源系统升级的推迟将使在21世纪将全球变暖限制在2°C以下的目标难以实现,同时使得人们必须采取更加大胆的行动,如更多地依赖旨在消除二氧化碳的长期努力(气候变化政府间专家小组,2014年)。

17.5.2 该系统哪些要素是政策致力于应对的?

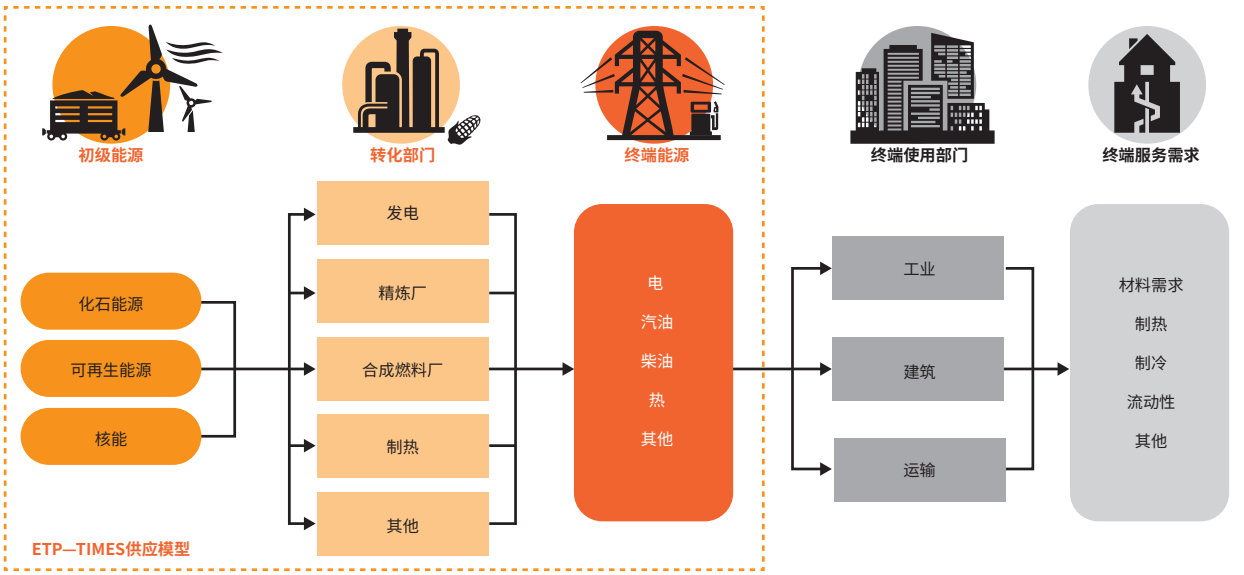
地球的长期可持续发展要求人们在政策和技术两方面进行创新,以带来燃料选择、燃料生产和消费方式及能源系统每一阶段影响资源的方式等方面的变革(**图17.3**)。

能源系统政策干预的主要领域是去碳化——它与可持续发展目标(特别是可持续发展目标7)相关。去碳化措施的目标是用清洁或可再生替代能源替代化石燃料,实施能够提供相同服务但使用较少资源的能效措施,改善其它能源形式和服务的获取,适用将能源一体化(如分布式能源、智能电网、电动汽车充电网络等)纳入考量的土地利用和城市规划、最大限度地减少当前基于化石燃料的能源系统的浪费并削弱特定技术的锁定效应等。

17.5.3 到目前为止,人们采取了哪些措施?这些措施的效果如何?

旨在应对这些挑战的机制包括碳定价(限量管制与交易系统、碳税及诸如燃料税和各种可再生能源补贴之类的其它经济工具、各种可再生能源补助等)、监管方法(能效标准、指挥和控制、强制关闭旧厂等)、信息宣传项目(应对行为、生活方式和文化问题)、行政或政治障碍的应对(包括国际合作的方式)(气候变化政府间专家小组,2014年)。此外,政策干预措施还包括研究、开发和示范(学术资助、赠与、孵化支持、研究中心、公私合作、奖项、碳信用额、凭证计划、风险资本、软贷款和可转换贷款等)、财政激励(赠与、能源生产给付、退税、税收抵免、折旧方式变化等)、公共融资(投资、担保、贷款、采购等)、法规(以质或量为导向,如可再生能源组合标准、招投标、入网费率、绿色采购和标签、净电量结算、优先入网或调配等)(Mitchell等人,2011年;国际可再生能源机构,2016年;国际科学理事会,2017年;联合国工业发展组织【UNIDO】,2017年)。

图17.3:关于能源系统的说明



资料来源:根据国际能源署【IEA】(2017年)文献改编

可再生能源政策和效率政策一起构成了全球能源体系低碳转型的基础。这些政策的扩散、渗透和一体化决定了这种转型的效果。这些政策创新的有效性取决于国家的行动能力、“先行”国家对适当方法的需求、国际政策转移过程及这种转移的有利条件、扩散过程早期是否开发了政策模式为其它国家提供指导等因素（Kern，Jorgens和Jänicke，2001年）。

17.5.4 所探讨政策方法的转型潜力如何?

趁着2015年《巴黎协议》创造的发展势头，117个国家向联合国提交了《国家自主减排贡献计划》，其中55份计划包含了增加可再生能源使用的目标，而89份计划则泛泛地提到了可再生能源（21世纪可再生能源政策网络【REN21】，2017年）。在176个国家，可再生能源目标是政府表达其承诺的主要方法。截至2016年，几乎所有国家都通过某种政策组合为可再生能源技术的开发和部署提供了直接支持。

可持续能源的另一支柱是效率。如**专栏17.4**所示，改善能源效率可以节约能源、缓解相关碳排放并鼓励人们对竞争力较强的创新型制造业进行大规模投资。

对可再生能源的政策支持大部分集中在电力生产方面（如**专栏17.3**案例所示），尽管由于财政预算的紧缩和/或技术成本的下降，这类政策的实施近年来已经放慢，而基于拍卖的采购目前已成为政府的首选政策方法。2014-2016年间，国家层面再也没有引进任何新的可再生能源组合标准或入网（费率和溢价）政策。但是，对新技术的支持仍是转型变革的一大重要推动力，而且，过去的经验教训表明，人们迫切需要对这种支持进行一次升级，以应对气候变化及其它社会生态挑战。

在需求侧，电能效率解决的是缓解环境影响及改善清洁能源获取渠道的问题。印度案例（**专栏17.4**）创造了推动制造业大规模投资、改善标准、提升消费者意识、创造就业岗位、改善教育前景及生计和健康状况等效益。

17.5.5 指标

由于对成本和地缘政治的重大影响，能源生产和消费是人们跟踪研究最多的指标之一。2015年，全球消费的能源据信多达136.5亿公吨油当量，而过去40年间，全球的能源需求也翻了一番。在这些能源中，81.4%是化石燃料（煤炭、石油和天然气）提供的，排放的二氧化碳达323亿吨（国际能源署，2017年）。

专栏17.3：德国的可再生能源支持：入网费率政策

德国2000年可再生能源法案（EEG）下的入网费率政策（FIT）是旨在推广低碳技术（LCT）的一次出色干预。这项政策的主要设计要素包括：(i) 保证低碳技术生产的电力能够接入电网（设定购买义务）；(ii) 稳定而长期的电力购买协议（电价支付期较长）；(iii) 价格反映了不同低碳技术的成本差异（费率固定，但特定技术如太阳能光伏和陆上风电技术可享受某些特别有力的激励政策）；(iv) 为特定低碳技术提供扩张通道，并限制产能增加和家庭成本——这一政策是最近才出现的。作为技术扩散的一个标志，德国可再生能源发电行业的装机容量（2016年）分别为：陆上风电45,400兆瓦；海上风电4,200兆瓦；太阳能光伏发电41,300兆瓦（国际可再生能源机构，2016年）。可再生能源法案2016年的修订将重点转向了大规模投资者，实施了基于能源来源、电厂规模和电厂位置的拍卖计划。这些设计要素已被事实证明相当稳定和灵活。固定费率政策导致了德国国内太阳能部署的激增和太阳能产业的形成。

除陆上风电开始被采用，农民和房屋所有者从可再生能源法案中受益外，这一政策还衍生出了一批强大的倡导团体。在低碳技术持续支持计划“可承受能力”相关讨论的支持下，可再生能源法案2016年进行了修订，用拍卖机制替代了之前的入网费率政策。新的拍卖机制仍然青睐特定技术，但支持的主要是现有大规模投资者，而不是之前在可再生能源法案下扮演了重大角色的小规模投资者。它推动了政策扩散和学习（通过安装和使用），最终以快于预期的速度在全球范围内降低了电力成本，堪称其它国家的典范。它的成功得益于长期支持担保和技术之间的分化、相对稳定的基本政策依据、根据不断变化的条件（如成本变化）进行调整并将暴利可能性降至最低等因素。在一个高度监管化的行业，这一政策的前身早已确立（自1991年起），从而确保了快速决策的进行、强大支持的提供和积极反馈环的建立。福岛核电灾难及其推动的逐步退出核电的承诺在低碳技术商业模式长期安全的保障方面也发挥了助益。小规模分散型项目利益攸关方得到了赋能，而围绕特定低碳技术（风电、太阳能光伏及其它）形成了集群的国内能源行业亦然。

家庭可承受能力这一问题是通过引入针对特定低碳技术的产能限制、将社会和环境成本因素纳入考量等方式进行应对的。关键主体为公用事业和行业协会、环境团体、政党和国家部委。不利因素包括能源政策复杂性、当前已锁定技术（化石燃料、能源消费等领域）和设计糟糕政策（如欧盟排放交易体系下的碳定价政策）的存在。后来，福岛核电灾难改变了能源行业的政治形势；反对者开始以成本低效为由批评政府的激励政策。但是，即便是做出以拍卖替代入网费率的最新修订后，技术针对性仍是一大设计要素。广大公众认为该政策是必要且有效的（就创造就业和价值、实现技术创新、颠覆当前体制、为低碳技术提供稳定投资环境而言），特别是在政策生效后的前几年内。

专栏17.4：案例研究：印度的需求侧管理：人人享有可承受的LED灯

印度2013年的UJALA（Unnat Jyoti by Affordable LEDs for All）项目以居民电力需求侧管理为重点。这个项目是由能效服务有限公司（EESL）在印度电力部和地方厂家的支持下负责实施的。在项目下，高效的LED灯以相当于市场三分之一的价格被销售给了印度国内消费者。在2-3年内，项目为大量消费者——较为贫困的社会阶层——承担了较高的启动成本，并取得了成功。结果，2.6亿多LED灯被售出，每年节约的电力超过了3,000万度，每年减排的二氧化碳在300万吨左右，印度也因此而成为了世界上LED灯零售市场价格降速最快的地方之一（2012-2016年间，每个灯泡的价格从12.28美元降到了3.07美元）。

新型电器的销售节约了能源，改善了现代能源服务的获取，促进了国内制造业面向具有国际竞争力产业的成长，改善了能效标准，促进了经认证检测实验室的发展和消费者意识的提高。它是低碳技术部署的一个典范：项目利用大宗采购模式创造了一个大规模市场（LED灯泡已成为首选照明工具），通过鼓励有助于快速实现低碳排放目标的商业模式促进了技术进步。因为项目的实施，印度国内的制造业壮大了，能效标准提高了，而市场对产品的信心也增强了。此外，经认证的检测实验室也增加了，消费者意识也提高了。

被赋能后的家庭不仅节约了大量资金（每年超过2.5亿美元，家庭电费减少了15%），而且还节约了资源，减少了排放（每年约减排300万吨二氧化碳），从而促进了生产力和地方繁荣，并扩大了能源供给。这种大宗采购模式推动了大规模技术进步。UJALA项目是世界第二大LED灯具市场（市场规模每年达3.3亿美元且仍在增长）国际需求侧管理的一个典范，最近还被复制到了马来西亚，且正试图将更多电器、部门、公司和地区纳入（Chunekar，Mulay和Kelkar，2014年；ET Energy World，2017年；能效服务有限公司和国际能源署，2016年；Sundaramoorthy和Walia，2017年；印度电力部，2018a；印度电力部，2018b）。

尽管趋势正在放缓，但国际能源署（国际能源署，2018年）表示，全球能源需求在2017-2040年间或许仍将增加30%。这一增量相当于在目前全球能源需求的基础上再增加一个中国和印度。与此同时，电力的普及仍是一大挑战。全球能源系统的大规模变化要归因于清洁能源技术的快速部署和成本下降（主要是可再生能源，但也包括天然气）、能源电气化的发展及向服务导向型经济的转变。可再生能源有望满足初级能源新增需求的40%，而随着成本的下降，在2040年之前将占全球电厂投资的三分之二，从而推动政策继续为其提供支持。与此同时，由于数百万电力终端用户直接投资于分布式太阳能光伏发电设备，电力行业的转型被进一步放大了，智能连接设备及其它数字技术的市场份额也增加了。电气化交通将进一步发展，到2040年，全球电动汽车规模将从当前的200万量增加到2.8亿辆。全球电力投资已经超过石油和天然气投资，但全球电力供应的去碳化挑战仍然存在。天然气在石油和煤炭的替代方面扮演了重要角色；全球天然气需求80%的预期增长将发生在发展中经济体；而且，这一市场将向灵活性、流动性和全球性更高的市场转变（国际能源署，2018年）。

17.6 迈向循环经济

本章前三节说明了线性经济系统对全球环境产生的某些影响。在本节中，我们将对当前占支配地位的经济系统从开采到浪费全价值链上的材料/资源使用情况进行分析，并对发展循环经济的方式方法进行考察。

17.6.1 该系统最需要的迫切变革是什么？

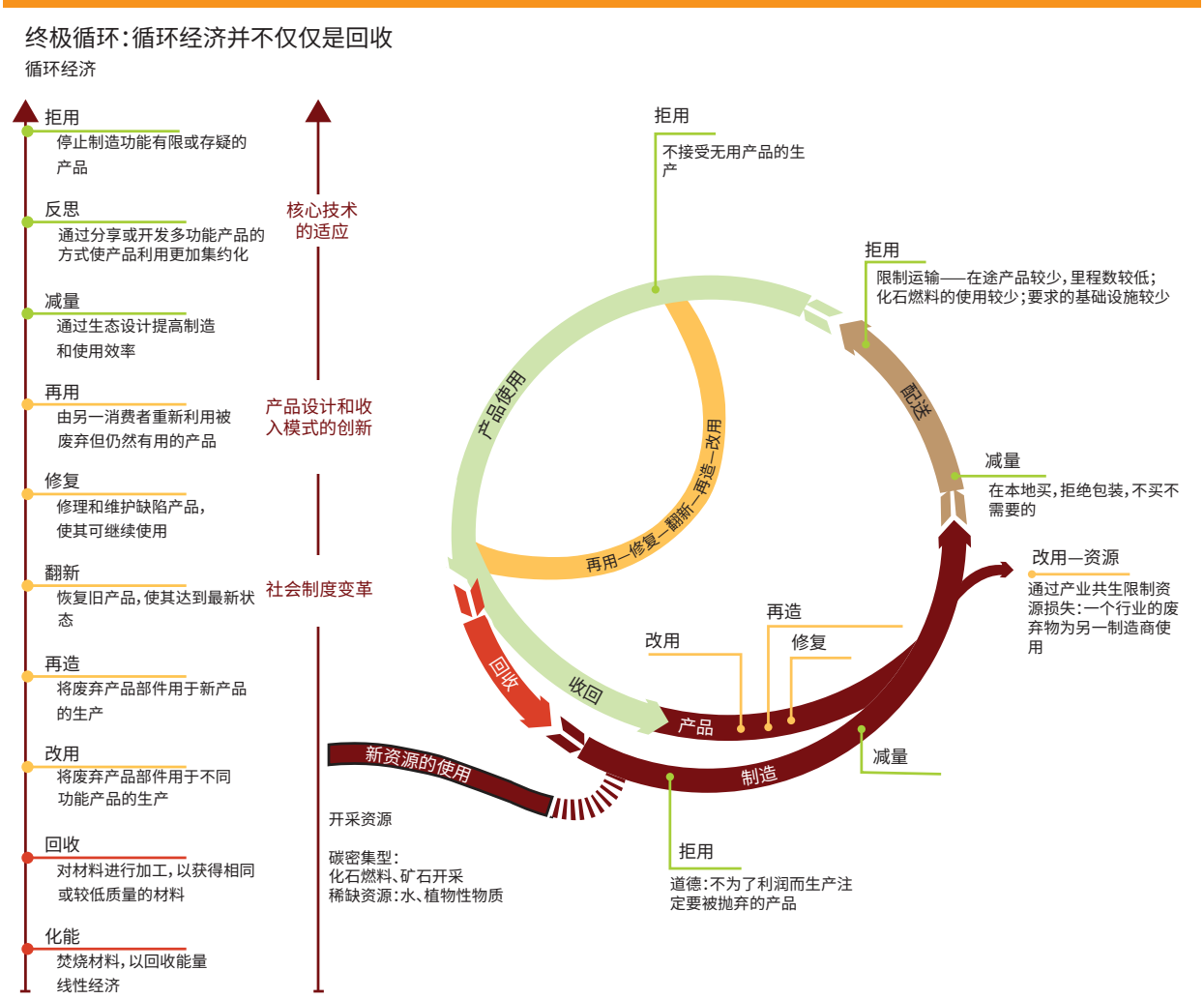
几个世纪以来，大多数社会都在追求基于线性经济模式的发展。在这种发展模式下，大部分资源被开采、加工、转化为产品（其中一些使用寿命很短），然后在使用后被处理掉（通常被称为“掠夺—生产—浪费”过程）。在这一经济模式内部，只有一小部分材料被重新利用或回收（铁和金之类的商品属于例外）。在使用寿命末期，大部分产品都被视为废弃物，而处置这些废弃物的成本通常都较高，无论是从经济、社会还是环境角度而言。

这种线性经济想当然地认为，原材料的供应永远都是丰富的，而自然环境处置废弃物的能力也永远是无限的。但是，正如本报告A部分所示，如果要满足不断增长的人口的需求、保护地球健康并确保子孙后代也能够繁荣发展的话，人类社会再也不能以这种方式进行运作了。继续用这种模式开采矿产之类的自然资源意味着环境影响的不断增大和矿石等级的不断降低。化石燃料资源的例子表明，生态系统吸收排放的能力是有限的。在这一可持续性框架内，一些资源是有限的，而当前的消费水平是无法与可持续发展目标的实现兼容的。这种模式的一个替代是建设可持续经济体，通过“循环经济”认可自然资源的价值（**图17.4**）。

循环经济模式的构成和策略是在20世纪80年代初首先提出的，并在接下来的几十年里得到了细化（Stahel和Reday-Mulvey，1981年；Ayres，1994年）。早期的循环经济模型仅涉及废弃物管理，即废弃物的收集、分类、回收、再利用等。今天，个人、企业和政府采用的循环经济策略有很多。这些策 略可能会超出废弃物处理的范畴，而将产品设计的改善、消费的减少和材料管理的可持续性等内容纳入。但是，他们的共同目标都是以最高效的方式并在尽可能长的时间内使用资源。在循环经济模式下，资源是在各种进程中流通的，它们被再利用、修复、再设计或再制造，而这就降低了新增原材料的需求并将废弃物的产生降至了最低限度（**图17.4**）。在面临持续环境问题如气候变化、资源稀缺和生物多样性丧失的情况下，资源循环方式的采用当然是有其意义的。但是，人类社会在采用这一模型方面进展缓慢，或者干脆就没有采取大规模变革所需要的行动。

加速循环经济转型涉及商业和消费思维的大规模转变，需要人们采用可持续的生产和消费过程。Fuenfschilling和Truffner（2014年）认为，打破长期僵硬且相互依赖的系统结构是这种变革的主要障碍。在这方面，困难主要是必须启动大规模社会制度变革，而这可能需要人们采用激进的新型思维方式并调整传统习俗和信仰（Potting等人，2017年）。摒弃根深蒂固的思维方式需要制定新的法

图17.4：循环经济的建设



资料来源：以Stahel（2016年）和Potting等人（2017年）这两篇文献为依据

律和政策，需要修订、重新设计或开发新的能够推动产业一体化并将长期视角纳入的商业模式，需要实现资源开采、生产和处置活动环境和社会成本的内在化，需要创新技术和消费模式的变革等。荷兰政府（2016年）列述了可加速循环经济转型的行动，其中包括：

- 提高供应链的原材料使用效率，从而减少原材料需求。
- 在确实需要原材料的情况下，用以可持续方式生产的、可再生且现成的原材料替代基于化石的、稀缺的且非以可再生方式生产的原材料。
- 开发新的创新型低碳生产方法及智能产品设计。
- 倡导严肃消费（如再用、智能设计、通过设计和修复方式延长产品寿命、使用二次和回收材料、共享经济等）。

德国、芬兰、丹麦和斯洛文尼亚也制定了自己的循环经济战略。此外，法国、意大利和西班牙也制定了循环经济路线图。

循环经济倡导尽量将复原和再生理念纳入生产和消费的模式（Ellen MacArthur Foundation，2015年；Smol，Kulczycka和Avdiushchenko，2017年）。它确保的是在尽可能长的时间内将产品、材料、化学品和资源在经济体中的效用和价值保持在最高水平（欧盟委员会，2015年；Stahel，2016年）。因此，循环经济意味着减少生产过程中的废弃物，确保资产回收包括废弃物的利用，并通过可持续材料管理在产品和城市系统的设计过程中开发防止过时的路径（**专栏17.5**）。它也意味着以可再生能源和材料确保产品和服务的提供，同时变革实现这些目标的商业模式（Ghisellini，Cialani和Ulgiati，2015年；Rizos，Tuokko和Behrens，2017年）。

循环经济保护了原材料，从而实现了经济增长与资源利用及其相关环境外部效应（包括碳排放）之间的脱钩。但是，在某些情况下，某一部门或地区的增长脱钩可能会掩盖其它地方继续存在的环境和社会影响（详情参见：Ward等人，2017年）。在这方面，Ward等人（2017年）提到了用一种不可再生能源替代另一种不可再生能源（如替换化石燃料的较清洁能源系统仍需使用不可再生能源的情形）和将成本转移至别处（如从发展中国家进口资源密集型消费品的情形）的例子。

17.6.2 该系统哪些要素是政策致力于应对的？

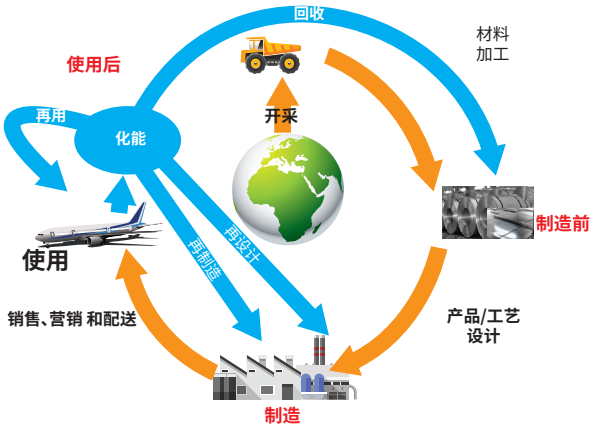
目前，许多地方正在开发和实施旨在支持向循环经济转型的政策。这类政策涉及一系列不同方法。德国1996年为回收市政和生产垃圾而引入的《物质封闭循环与废弃物管理法案》（德国联邦环境、自然保护和核安全部【BMU】，2000年）和日本的《循环型社会形成推进基本法》（日本环境省，2000年）都是这方面的早期例子。这些行动是目前所谓3R（即Reduce 减量、Reuse 再用和Recycle 回收）努力的例子，它们构成了绿色制造和消费的基础（Jawahir和Bradley，2016年）。但是，过去十年，人们的焦点已从“绿色”拓展到了可持续制造，如制造业的6R行动，即在上述3R的基础上，又增加了Recover（化能，用于下一生命周期）、Redesign（再设计，推出下一代产品）和Remanufacture（再造，恢复至“如新”状态）的努力（Jawahir和Bradley，2016年；**图17.5**）。

专栏17.5：可持续材料管理

可持续材料管理（SMM）是一种政策方法。它扩大了废弃物管理的重点，使其涵盖了材料从开采到寿命终结的整个生命周期。这种方法致力于保护宝贵资源并使其无限期流通，从而维持产品和服务的供应。这一全面管理方法的关键目标之一，是减少资源在其整个生命周期中的环境影响。生产者和制造商要在整个价值链上拓展可持续性，而这需要确保所有供应商的可持续性标准、将可持续性理念纳入设计过程，并识别和应对任何消极社会和环境影响。

减少废弃物数量并增加材料的回收是可持续材料管理的关键要素（美国环境保护署【US EPA】，2015年）。可持续材料管理倡导的是资源效率，包括最大限度地降低生产过程的经济、环境和社会成本并提高资源的生产率，即自然资源利用的有效性（经济合作与发展组织，2012年）。

图17.5：6R物质闭环流程图及生命周期的四个阶段



资料来源：Jawahir和Bradley（2016年）

表17.3：旨在实现循环经济关键要素的政策聚焦的实例

循环经济关键要素	政策实例	成果实例
面向未来的设计	欧盟生态设计指令——通过设定最低能效要求确保产品（如家电）的能源效率（欧盟委员会，2009年）	据估算，与2010年的初级能源消费量相比，35个产品组的初级能源消费将因生态设计指令而降低16%。比如，在生态设计情景下，到2030年，据预测电视机的能效将提高25倍（在1990年能效的基础上）（欧盟委员会，2017年）。
市场化工具：绿色税收	16个欧盟成员国已经引入了针对建筑行业原生材料如沙砾和石头的税收政策。	2002年，英国启动了面向集料的税收政策。自该项税收实施之日起，英国每单位建筑面积使用的初级集料减少了约40%（Ettlinger，2017年）。
将数字技术纳入	韩国拥有世界上最快的互联网网速之一；该国90%以上的人口都能接入这种高速互联网。韩国政府为宽带基础设施建设提供了经济支持，为确保互联网接入提供了补贴，同时实施了旨在提高国民信息技术素养的措施（Falch和Henten，2018年）。	流媒体音乐减少了资源的使用，与唱片（CD）的生产和经销成本相比，其成本降低了80%（Lacy，2015年）。2017年，韩国是世界上第六大音乐市场，拥有世界上数量最多的付费音乐用户（国际唱片业协会【IFPI】，2018年）。
协作	在澳大利亚悉尼市，市政厅引入了旨在推动拼车出行的政策，包括为拼车者提供指定停车空间、在网上公布参与同行拼车计划的私人车辆的政策（悉尼市，2016年）。	GoGet是澳大利亚一个在大城市经营的拼车公司。该公司会员可使用各种车辆，包括小汽车和面包车等（GoGet公司网址：https://www.goget.com.au）。
将废弃物作为资源使用	1997年，丹麦引入了一部旨在禁止将能够回收或焚烧的垃圾运往垃圾填埋场的法律。2015年，该国又以法律形式实施了一个新项目，即环境技术开发和示范项目（MUDP）。这个项目包括补贴计划、创新伙伴项目、旨在为环境问题寻找资源高效解决方案的国际合作活动等（丹麦环境和食品部，无日期）。	丹麦的Kalundborg Symbiosis是该国第一个致力于充分发展产业共生关系的企业网络。该网络开展的协作涉及煤电厂、养鱼、化肥生产和一系列其它制造和工业行动（Kalundborg Symbiosis，2018年）。
反思商业模式	旨在利用技术的新型商业模式（如区块链）正在兴起。比如，爱沙尼亚创建了一个电子公民计划，以鼓励创业。这个电子公民计划能够为任何人提供一个数字ID，使其能够在世界上任何地方享受爱沙尼亚的网络商业开发和管理在线服务。	中国建设银行（CCB）正在使用IBM的区块链平台改善其保险产品的销售程序。
维持和拓展现有产品	修理权：欧盟正在制定要求公司必须提供零部件和诊断工具、从而降低消费者产品修理成本和难度的法律（欧洲议会内部市场和消费者保护委员会，2017年）。	瑞典公司Inrego正在从事手提电脑、个人电脑、监视器和电话之类电子设备的翻新业务（欧洲再制造网络，2018年）。
以再生资源为重点	挪威支持电池式电动交通工具（BEV）的政策：免征年度道路使用税（2018年）；免征40%的公司车辆税（2018年）；提供50%的渡轮价格减让（2018年）；零排放二手汽车免征再登记税（2018年）；在许多城市的市政停车场免费停车（Norsk elbilforening，2018年）。	在挪威，旨在鼓励人们使用电池式电动交通工具的激励项目始于20世纪90年代初。目前，电池式电动交通工具在挪威的市场份额高达21%，傲视全球（可与澳大利亚进行比较：澳大利亚在这方面的激励政策有限，因此电池式电动交通工具的市场份额仅为0.2%（ClimateWorks Australia，2018年））。

2002年，中国通过了循环经济发展战略；2009年，通过《循环经济促进法》（中国全国人民代表大会，2008年），这一战略正式具备了法律效力。2011年，欧盟委员会发布了《资源高效欧洲路线图》；2015年，这份路线图又被《创建闭环：欧盟循环经济行动计划》（McDowall等人，2017年）替代了。在推动循环经济发展的过程中，中国和欧盟都借鉴了美国、日本和欧洲以废弃物管理为重点的早期研究和政策成果。

专栏17.6:案例研究:艾伦·麦克阿瑟基金会——政策制定者实施循环经济的工具箱

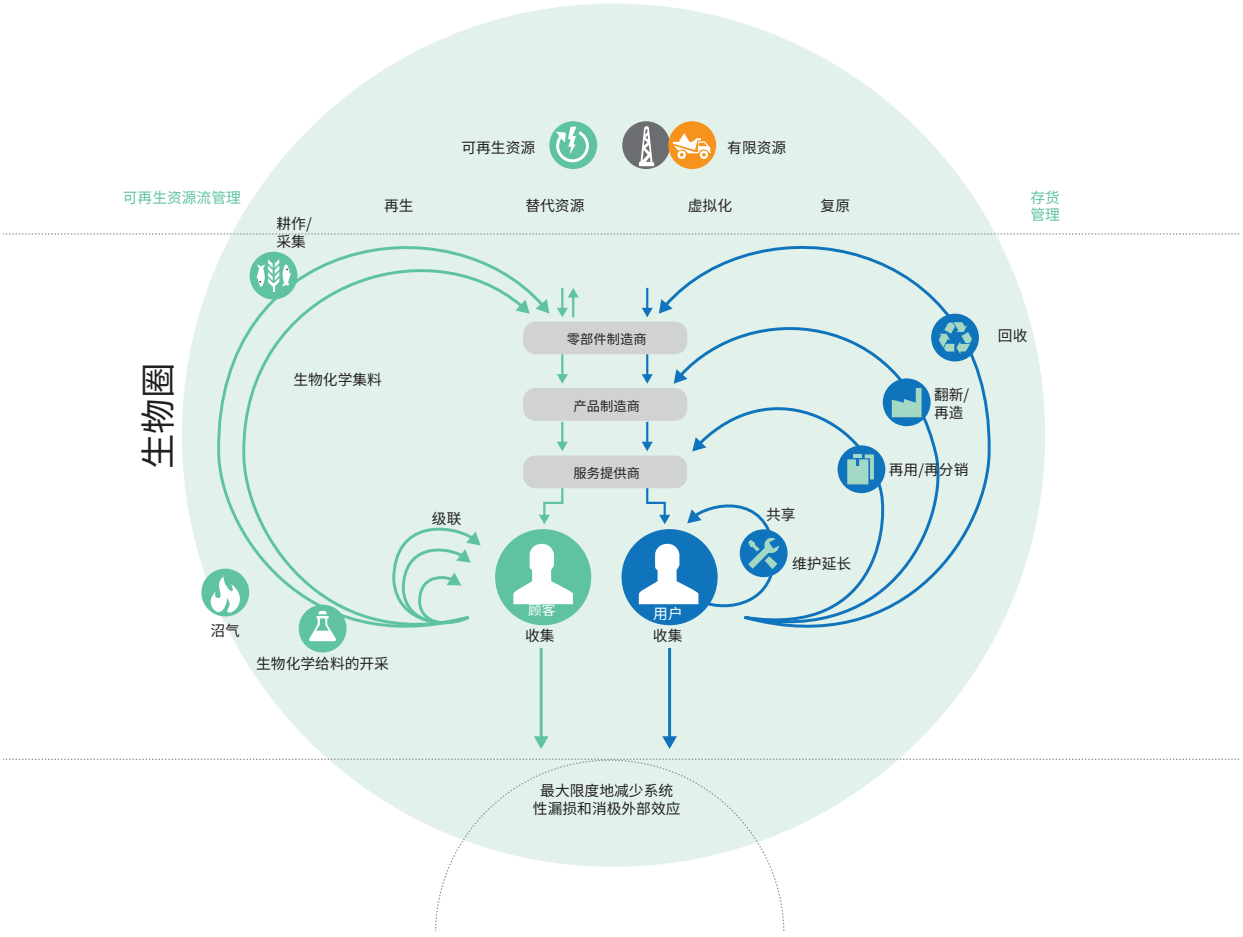
艾伦·麦克阿瑟基金会——英国的一家非政府组织——是循环经济的主要倡导者,为循环经济相关研究和教育项目提供了广泛资助。2015年,该基金会与丹麦商务局合作,共同为政策制定者开发了一个循环经济实施工具箱(艾伦·麦克阿瑟基金会,2015年)。在开发这个工具箱及后续政策研究成果的过程中,作者们洞察出了七项关键证据,证明了转向循环经济的潜在经济、环境和社会效益。这些证据包括:

- 循环经济可孕育更多的创新、更大的韧性和更高的生产力,从而增加GDP和就业,同时减少温室气体排放和不可再生原生资源的消费。
- 政策制定者可打破那些对循环经济构成挑战的非经济障碍。
- 没有能够刺激循环经济发展的、包罗万象的解决方案——人们必须对每一部门进行分析,并实施量身定制的政策。
- 对金融体系及经济表现评估方式(即排除环境破坏和社会错位之类外部效应的当前作法)的大改有助于凸显向循环经济过渡的真正价值及传统作法的真实成本。
- 企业必须在发现循环经济发展机遇方面扮演领导角色。
- 即便是正在向循环经济转变的发达国家也可通过扩大规模、在所有部门孕育有利条件等方式加快变革速度。

由于价值链跨越了国界,因此国家之间必须进行政策协调。

政策环境正在拓展,国家及诸如艾伦·麦克阿瑟基金会之类的其它利益攸关方在推动企业和行业向循环经济转型的过程中正扮演着重大角色(参见**图17.6**)。

图17.6:循环经济概览



资料来源:根据Cirular Norway(无日期)文献改编

17.6.3 到目前为止，人们采取了哪些措施?这些措施的效果如何?

许多政府都引入了旨在应对循环经济某些方面的政策和法规。循环经济支持政策可聚焦于“掠夺—生产—浪费”这一过程的一项或多项要素。尽管许多政策倾向于通过回收利用和资源回收的方式应对废弃物这一问题，但实际上，产品设计和制造最初阶段的努力也可产生重大收益。比如，一开始，人们即可利用生态设计原则进行产品设计，以减少材料的使用并延长产品的寿命。此外，产品还可以进行翻新或修复，并用易于回收利用的非毒性材料进行制造。

旨在鼓励生态设计的政策还需考虑计划不周政策对健康、性别和发展所带来的潜在不利影响（如回收电子废弃物这一活动对妇女和儿童带来的中毒风险）。目前，全球约有1,500万人从事塑料、玻璃、金属和废纸等废弃物的回收这一非正式工作，而这些活动对环境和从事这些活动的人而言都是一大风险（Yang等人，2018年）。从事资源回收工作的人——特别是发展中国家电子废弃物的捡拾者——都面临着相当大的职业和环境健康威胁（Velis，2017年）。在这一非正式部门中，妇女和儿童都是暴露在危险化学品和重金属等风险面前的弱势群体（Heacock等人，2016年），而相关预防或治疗措施则很少，或者根本就没有（Han等人，2018年）。

通过聚焦于行为变革，政策还可支持人们从废弃物的管理向更具环境可持续性的成果转变。这些政策通常源于基层倡议，其目的是限制废弃物的数量并增加材料的回收（Silva等人，2017年）。

欧洲已经确立了实施循环经济的政策，而在其它地区，循环经济是在国家或次国家层面发生的。一些国际政策倡议（如《巴塞尔公约》和《斯德哥尔摩公约》）也与循环经济方法相符或致力于倡导循环经济方法，特别是就废弃物最少化这一领域而言。新的绿色（或可持续）化学方法正在开发另类解决方案，以减少或至少是大幅减少危险化学品及其最终在环境中的存在（Weber，Lissner和Fantke，2016年）。与化学品及循环经济相关的一大挑战，是如何增加回收和再利用量，同时确保消费者不会因暴露于问题物质而遭受风险，其可能存在于产品中并可通过废弃物转移给消费者（欧盟委员会，2015年）。对于某些化学品及有毒金属，如持久性有机污染物（POP）和汞，最终处置可能是优于回收和再利用的一个选项。

17.6.4 所探讨政策方法的转型潜力如何?

为实现可持续发展目标，面向循环经济的转型是必要的。基于线性经济模式，地球上的自然资源是不足以维系全球经济持续扩张的。循环经济不仅为解决具有根本性的资源约束问题提供了机遇，而且还为创建一个更加公正和包容的经济体系提供了机遇（Raworth，2012年）。因此，循环经济政策在应对交叉性政策挑战方面具有重大转型潜力。

17.6.5 指标

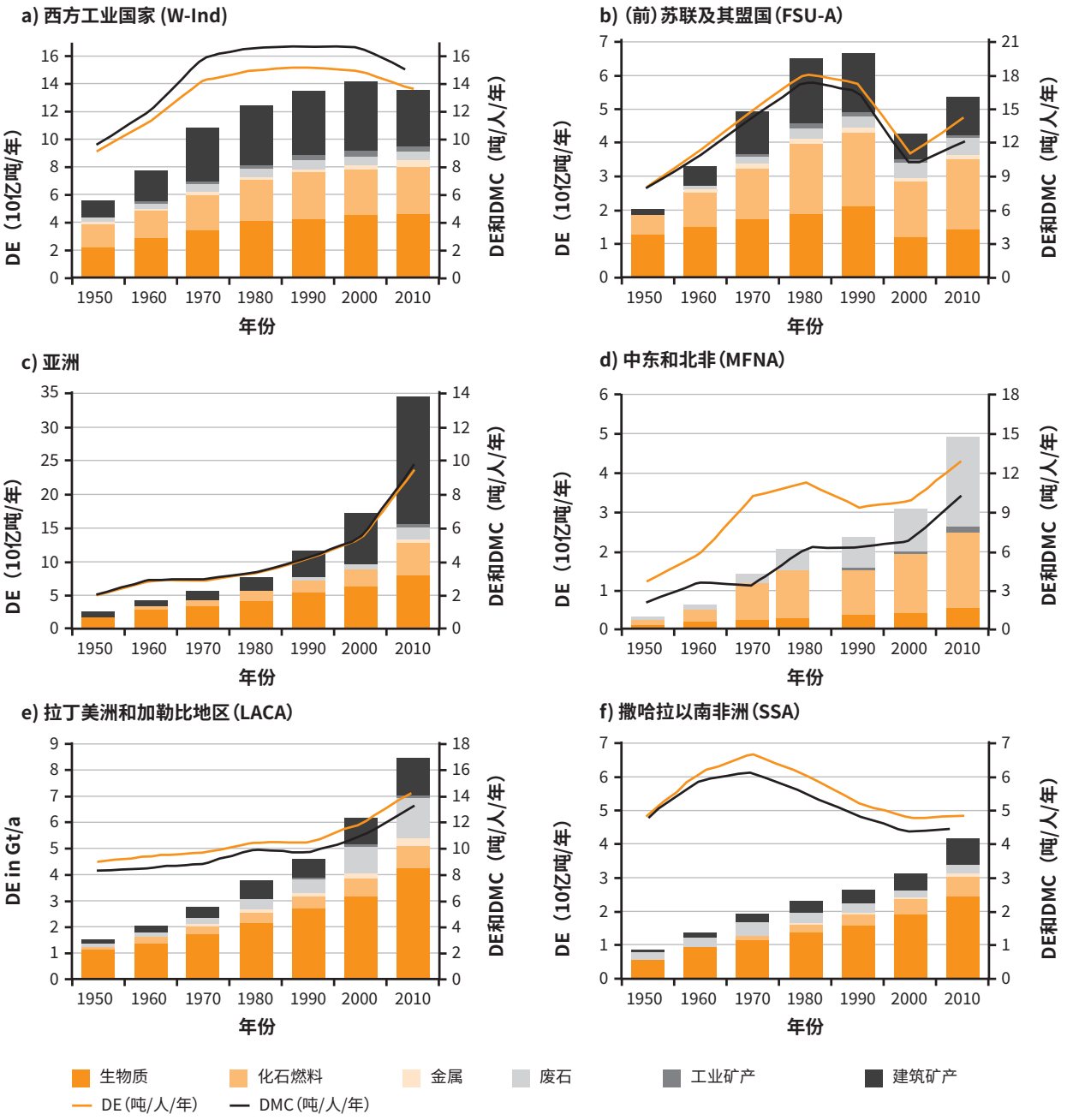
任何指标都无法充当循环经济进展的唯一衡量指标。但是，直接或间接助力可持续经济体系建立的领域目前已有若干绩效指标。可持续资源管理、社会行为、企业运作、物质流核算或分析都是人们提出的一些衡量指标（Geng等人，2012年；Wiedmann等人，2015年；联合国环境规划署，2016年）。考虑到与可持续发展目标之间的联系，我们提出了循环程度的两项政策相关指标。

指标1：国内物质消耗（DMC）（可持续发展目标指标8.4.1、8.4.2和12.2.2）

国内物质消耗衡量的是经济体中初级原料的属地消耗量——无论所消耗原料源于国内还是从国外进口的。该指标可对区域和国家的历时人均物质消耗进行比较。此外，国内物质消耗还可用于估算特定区域可能产生的废弃物数量。国内开采量（DE）是指特定地区开采的原料数量。国内物质消耗在净原料进口国高于国内开采量，而在净原料出口国则低于国内开采量（**图17.7**）。

© Shutterstock/Wanna Thongdao

图17.7：国内开采量和国内物质消耗



该图显示了全球六个地区原料开采、贸易和明显消耗的数据，具体分为年消耗总量（10亿吨/年）和年人均消耗量（吨/人/年）。其中，DE表示国内开采量，DMC表示国内物质消耗。

资料来源：Schaffartzik等人（2014年）。

指标2：社会行为（可持续发展目标12.2.1和12.2.2）

此外，循环经济的发展还要求人们改变其消费行为并选择能够保护资源的产品和服务。资源共享——许多生存性经济体采取的一个普遍策略——正在世界各地日益扩散和采纳。昂贵或不常使用的产品如汽车、自行车、度假屋、帐篷或其它休闲设备的共享可作为正式机制或非正式协议在社区内组织实施（**图17.8**）。

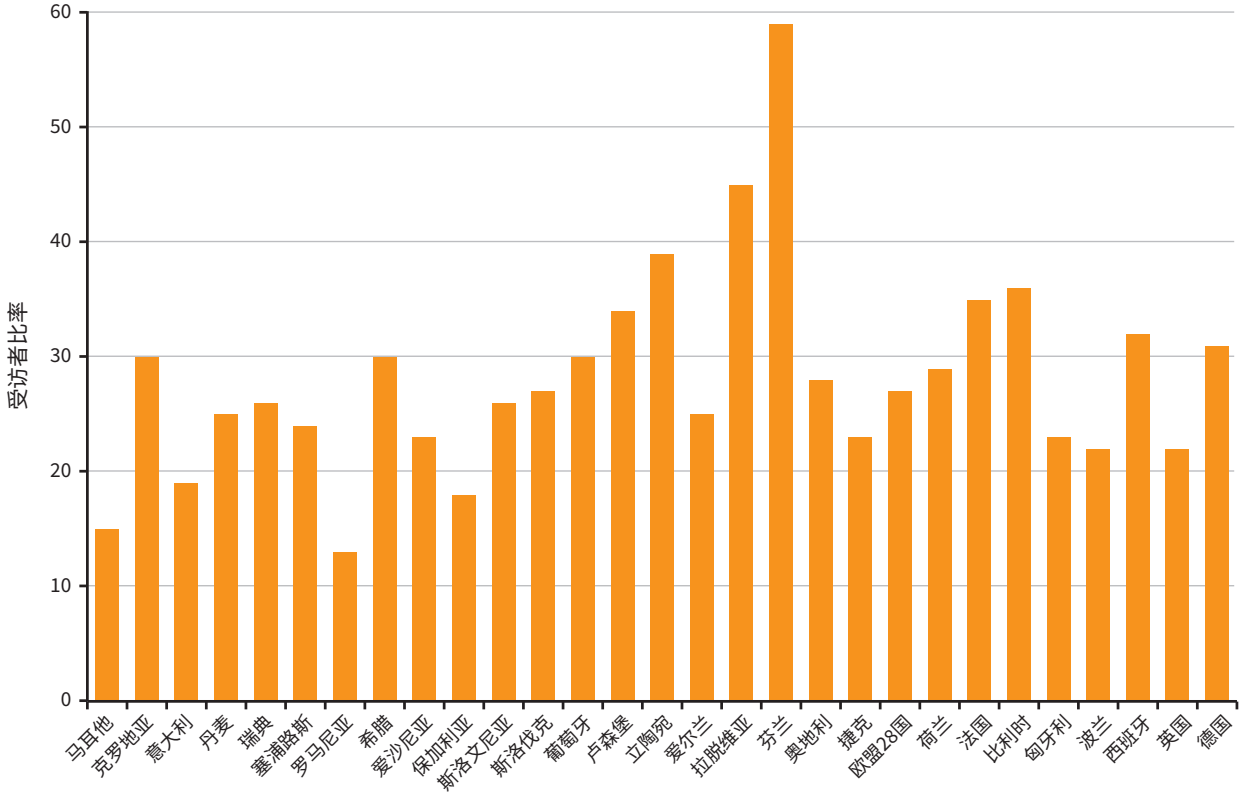
17.7 结论

可持续发展目标之间的互动充分说明了可持续性问题的交叉性质（Nilsson，Griggs和Visbeck，2016年；Biermann，Kanie和Kim，2017年；国际科学理事会，2017年）。一项目标或指标的实现并不能保证其它可持续发展目标的实现，正如某些千年发展目标（MDG）在一些地方实现了，但在其它地方却没有实现一样（Boas，Biermann和Kanie，2016年；Kim，2016年；Underdal和Kim，2017年；Young，2017年）。这个教训并不是什么新鲜事物，但面向系统性政策方法的转变——尽管是迟来的——正在开始发生。一些人甚至声称，“最重大的‘环境’问题，就是我们执着于识别唯一最重大问题这一错误作法”（Diamond，2005年）。本章探讨的环境政策制定和实施的系统方法可作用于多项全球目标；它已不再是一个选项，而是推动社会转型并实现全球可持续发展的唯一出路。

本章凸显了可持续性议题与其生成挑战和机遇的方式方法之间的复杂联系。这些议题之所以被称为挑战，是因为作为跨领域问题，它们难以通过渐进式方法并在相互孤立的情况下单独予以解决。正如B部分基于各议题的章节（第12-16章）所总结的那样，许多用意良好的环境政策和措施仅取得了有限的成功。政策改进是看得到摸得着的，但其成功速度或规模仍然不够。此外，更新的、复杂性更高的可持续性议题已经出现，而这往往是因为人们没有预见到的、现有问题相互影响的方式导致的。全球驱动因素之间的互动还产生了一些人们不希望看到的后果，且这些后果又进一步推动了次优结果的出现（Walker等人，2009年）。

但是，正如本章分析所示，具有转型潜力的系统政策方法确实存在。如果能够识别一个系统的关键杠杆点并做出正确的政策干预（Meadows，2008年），导致创新的转型变革将产生净积极效应。即便是小规模干预也能种下较大规模系统变革的种子，而这正是实现可持续发展目标所需要的。本章选取了四个社会经济系统来说明系统性环境政策干预方法的转型潜力。

图17.8：公民参与共享经济的情况：2013年调查受访者在之前12个月内参与正式或非正式共享计划的比率



资料来源：Flash Eurobarometer，388（2013年）

人们必须在认可环境、社会和经济系统复杂性的前提下方可对其进行理解和分析。对系统达成的一定程度的理解是发现系统杠杆点即“可播种种子”的地方的前提。只有承认没有灵丹妙药那样的政策（Ostrom，2007年），人们才可能会去部署各种政策集群，而一定程度的政策冗余作为政策安全网甚至是有益的（Low等人，2003年）。一项政策是否能够在不产生重大不当或非预期后果的情况下有效解决跨领域问题是很难预测的。关注跨领域问题的一个要素可能会导致环境问题的迁移——包括跨境迁移和跨部门迁移——取舍问题和溢出效应（Kim和van Asselt，2016年）。因此，利用实验方法（Hoffmann，2011年）积累经验教训，而不是“另起炉灶”的适应性治理或管理方法是有其必要性的。

跨领域性环境政策挑战的有效应对需要所有问题、部门、层面和辖区相关众多主体和机构之间的合作和协同。为在本世纪实现人类尊严和环境可持续性而采取的转型路径需要人们采用能够加速技术创新和经济文化范式转移的全系统方法。

参考文献

Adger, W.N., Arnell, N.W. and Tompkins, E.L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* 15(2), 77-86. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005.

Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D. and Rounsevell, M. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems* 153, 190-200. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.014.

Anderson, A. (2013). *Learning to Be Resilient Global Citizens for a Sustainable World*. Paper Commissioned for the EFA Global Monitoring Report 2013/4, Teaching and Learning: Achieving Quality for All. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002259/225940e.pdf

Ayres, R.U. (1994). Industrial metabolism: theory and policy. In *The Greening of Industrial Ecosystems*. Allenby, B.R. and Richards, D.J. (eds.). Washington, DC: National Academy Press. 22-37. https://www.nap.edu/read/2129/chapter/4.

Asian Development Bank (2012). *Addressing Climate Change and Migration in Asia and the Pacific*. Manila. https://www.adb.org/sites/default/files/publication/29662/addressing-climate-change-migration.pdf

Bailey, R. and Harper, R. (2015). *Reviewing Interventions for Healthy and Sustainable Diets*. London: The Royal Institute of International Affairs. https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/field/field_document/20150529HealthySustainableDietsBaileyHarperFinal.pdf

Benton, T.G. (2012). Managing agricultural landscapes for production of multiple services: the policy challenge. *Politica Agricola Internazionale [International Agricultural Policy]* 1, 7-17. http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/130373/2/Benton.pdf

Benton, T.G. and Bailey, R. (forthcoming). The paradox of efficiency: agricultural efficiency promotes food system inefficiency. *Global Sustainability*.

Biermann, F. (2014). *Earth System Governance: World Politics in the Anthropocene*. Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/earth-system-governance

Biermann, F., Kanie, N. and Kim, R.E. (2017). Global governance by goal-setting: the novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 26-31. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.01.010

Boas, I., Biermann, F. and Kanie, N. (2016). Cross-sectoral strategies in global sustainability governance: Towards a nexus approach. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 16(3), 449–464. https://doi.org/10.1007/s10784-016-9321-1

Blum, N., Nazir, J., Breiting, S., Goh, K.C. and Pedretti, E. (2013). Balancing the tensions and meeting the conceptual challenges of education for sustainable development and climate change. *Environmental Education Research* 19(2), 206-217. https://doi.org/10.1080/13504622.2013.780588

Brunner, R.D. and Lynch, A.H. (2010). *Adaptive Governance and Climate Change*. Chicago, IL: University of Chicago Press. https://www.press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/A/bo8917780.html

Brunner, R.D., Steelman, T.A., Coe-Juell, L., Cromley, C., M., Edwards, C.M. and Tucker, D.W. (2005). *Adaptive Governance: Integrating Science, Policy, and Decision-Making*. New York, NY: Columbia University Press. https://cup.columbia.edu/book/adaptive-governance/9780231136259

Buchner, B.K., Oliver, P., Wang, X., Carswell, C., Meattle, C. and Mazza, F. (2017). *Global Landscape of Climate Finance 2017*. Climate Policy Initiative. https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2017/10/2017-Global-Landscape-of-Climate-Finance.pdf

Buckwell, A., Matthews, A., Baldock, D. and Mathijs, E. (2017). *Cap: Thinking Out of the Box: Further Modernisation of the Cap – Why, What and How?* RISE Foundation. http://www.risefoundation.eu/images/files/2017/2017_RISE_CAP_Full_Report.pdf

Burch, S., Mitchell, C., Berbes-Blazquez, M. and Wandel, J. (2017). Tipping toward transformation: progress, patterns and potential for climate change adaptation in the global south. *Journal of Extreme Events* 4(1). https://doi.org/10.1142/S2345737617500038

Chaffin, B.C., Gosnell, H. and Cosens, B.A. (2014). A decade of adaptive governance scholarship: Synthesis and future directions. *Ecology and Society* 19(3). http://dx.doi.org/10.5751/ES-06824-190356

China, National People's Congress (2008). *Circular Economy Promotion Law of the People's Republic of China*. Adopted at the 4th Meeting of the Standing Committee of the 11th National People's Congress. Beijing. http://www.fdi.gov.cn/1800000121_39_597_0_7.html

Chun, J.M. (2015). *Planned Relocations in the Mekong Delta, Vietnam: A Successful Model for Climate Change Adaptation, A Cautionary Tale, or Both?* Washington, DC: Brookings Institution. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/Brookings-Planned-Relocations-Case-Study-Jane-Chun-Vietnam-case-study-June-2015.pdf

Chunekar, A., Mulary, S. and Kelkar, M. (2014). *Understanding the Impacts of India's LED Bulb Programme, "UJALA"*. Kothrud: Prayas Energy Group. http://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2014/02/02-PEG-Report-on-impacts-of-UJALA.pdf

Circular Norway (n.d). Outlines of a circular economy. https://www.circularnorway.no/modeller/outlines-of-a-circular-economy (Accessed 19 October 2018).

City of Sydney (2016). *Car Sharing Policy*. http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0010/109099/2016-631840-Car-Sharing-Policy-2016-accessible.pdf

ClimateWorks Australia (2018). *Australia's Electric Vehicle Industry Gains Momentum: Report*. Sydney, Australia: Electric Vehicle Council. http://electricvehiclecouncil.com.au/australias-electric-vehicle-industry-gains-momentum-report/

Central Committee for Flood and Storm Control (2012). *Living with Floods Program*. Hanoi: Central Committe for Flood and Storm Control.

Cutter, S.L., Boruff, B.J. and Shirley, W.L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly* 84(2), 242-261. https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002

Dankelman, I. (2016). *Action Not Words: Confronting Gender Inequality through Climate Change Action and Disaster Risk Reduction in Asia*. Aipira, C., Kidd, A., Reggers, A., Fordham, M., Shreve, C. and Burnett, A. (eds.). Bangkok: UN Women. http://www2.unwomen.org/-/media/field%20office%20eseasia/docs/publications/2017/04/ccdrr_130317-s.pdf

Davis, I. (2015). *Disaster Risk Management in Asia and the Pacific*. New York (NY): Routledge. https://www.adb.org/sites/default/files/publication/159311/adbi-disaster-risk-management-asia-pacific.pdf.

de Blas, E., Kettunen, M., Russi, D., Illes, A., Lara-Pulido, J.A., Arias, C. and Guevara, A. (2017). Innovative mechanisms for financing biodiversity conservation: a comparative summary of experiences from Mexico and Europe. Paris: La Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/76fa5531-8333-4464-83bc-fef6b0317c77/IFMs_for_biodiversity_SYNTHESIS_Ezzine_de_Blas_et_al_2017_.pdf.

Denmark, Ministry of Environment and Food (n.d.). Danish lesson – waste management. http://eng.ecoinnovation.dk/the-danish-eco-innovation-program/results-and-cases/danish-lessons/waste-management/. (Accessed 21 October 2018).

Diamond, J. (2005). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York, NY: Penguin Group. https://pdfs.semanticscholar.org/8f2e/4df7d90c9744cef12c967a8755f89673d088.pdf.

Djalante, R., Holley, C. and Thomalla, F. (2011). Adaptive governance and managing resilience to natural hazards. *International Journal of Disaster Risk Science* 2(4), 1-14. https://doi.org/10.1007/s13753-011-0015-6.

Doyon, A. (2018). Niches: small scale interventions or radical innovations to build up internal momentum. In *Enabling Eco-Cities*. Hes, D. and Bush J. (eds.). Singapore: Palgrave Pivot. Chapter 10. 65-87. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-7320-5_5.

Dryzek, J.S. (2014). Institutions for the anthropocene: governance in a changing earth system. *British Journal of Political Science* 46(4), 937–956. https://doi.org/10.1017/S0007123414000453.

Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Asian Development Bank and United Nations Development Programme (2018). *Transformation Towards Sustainable and Resilient Societies in Asia and the Pacific*. Bangkok. https://www.unescap.org/sites/default/files/publications/SDG_Resilience_Report.pdf.

Ellen MacArthur Foundation (2015). *Delivering the Circular Economy: A Toolkit for Policymakers*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/delivering-the-circular-economy-a-toolkit-for-policymakers.

Entzinger, H. and Scholten, P. (2016). *Adapting to Climate Change through Migration: A Case Study of the Vietnamese Mekong River Delta*. Geneva: International Organization for Migration. https://publications.iom.int/system/files/vietnam_survey_report_0.pdf.

Environment Agency Japan (2000). *The Basic Law for Establishing the Recycling-based Society*. http://www.env.go.jp/recycle/low-e.html. (Accessed 21 October 2018).

EAT-Lancet Commission for Food, Planet and Health (2018). The Report. https://foodplanethealth.org/the-report. (Forthcoming – late 2018).

Energy Efficiency Services Limited and International Energy Agency (2016). *India's UJALA Story – Energy Efficient Prosperity*. Noida, Uttar Pradesh and New Delhi: EESL. https://www.eeslindia.org/DMS/UJALA%20Case%20Studies.pdf.

Ettlinger, S. (2017). *Aggregates Levy in the United Kingdom*. Institute for European Environmental Policy. https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/5337d500-9960-473f-8a90-3c59c5c81917/UK%20Aggregates%20Levy%20final.pdf?v=63680923242.

ET Energy World (2017). Eveready Industries turns to Ujala for its LED vertical, 14 August. https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/power/eveready-industries-turns-to-ujala-for-its-led-vertical/60060082. (Accessed 19 October 2018).

European Commission (2011). *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing Rules for Direct Payments to Farmers under Support Schemes within the Framework of the Common Agricultural Policy*, 19 October. Brussels. https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/cap-post-2013/legal-proposals/com625/625_en.pdf.

European Commission (2013). Societal behaviours. In *Environment: Eco-Innovation Action Plan* [website]. https://ec.europa.eu/environment/ecoap/indicators/societal-behaviours_en. (Accessed 19 October 2018).

European Commission (2015). *Closing the Loop – An EU Action Plan for the Circular Economy*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2015) 614 Final. Brussels. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614.

European Commission (2016). *Review of Greening After One Year – Part 1/6*. Brussels. https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/direct-support/pdf/2016-staff-working-document-greening_en.pdf.

European Commission (2017). *Ecodesign Impact Accounting. Status Report 2017*. Prepared by Van Holsteijn en Kemna B.V. (VHK) for the European Commission. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eia_status_report_2017_-_v20171222.pdf.

European Parliament, Committee on the Internal Market and Consumer Protection (2017). *Report on a Longer Lifetime for Products: Benefits for Consumers and Companies* (2016/2272(INI)). http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A8-2017-0214+0+DOC+XML+V0//EN.

European Remanufacturing Network (2018). *Business Model Case Study Description – Inrego Computers and Smart Phones*. Aylesbury, UK. http://www.remanufacturing.eu/studies/f6a18b15473d6fa8400e.pdf

European Union (2009). Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products. *Official Journal of the European Union* L 285, 10-35. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0125. Accessed 19 October 2018.

Falch, M. and Henten, A. (2018). Dimensions of broadband policies and developments. *Telecommunications Policy* 42(9), 715-725. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.11.004.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16(3), 253-267. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378006000379.

Fischer, C.G. and Garnett, T. (2016). *Plates, Pyramids, Planet: Developments in National Healthy and Sustainable Dietary Guidelines: A State of Play Assessment*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-i5640e.pdf.

Fischer, D. and Barth, M. (2014). Key competencies for and beyond sustainable consumption: an educational contribution to the debate. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society* 23(1), 193-200. https://doi.org/10.14512/gaia.23.S1.7.

Flash Eurobarometer 388 (2013). Attitudes of Europeans towards Waste Management and Resource Efficiency. http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/flash/fl_388_en.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014). The No-Foodloss Project in Japan. http://www.fao.org/save-food/news-and-multimedia/news/news-details/en/c/242644/.

Fuenfschilling, L. and Truffer, B. (2014). The structuration of socio-technical regimes – Conceptual foundations from institutional theory. *Research Policy* 43(4), 772-791. https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.010

Garnaut, R. (2008). *The Garnaut Climate Change Review: Final Report*. Cambridge: Cambridge University Press. https://trove.nla.gov.au/work/3576521?selectedversion=NBD43604049

Garnett, T. (2012). *Climate Change and Agriculture: Can Market Governance Mechanisms Reduce Emissions from the Food System Fairly and Effectively?* London: International Institute for Environment and Development. http://pubs.iied.org/pdfs/16512IIED.pdf

Garnett, T., Mathewson, S., Angelides, P. and Borthwick, F. (2015). *Policies and Actions to Shift Eating Patterns: What Works? A Review of The Evidence of the Effectiveness of Interventions Aimed at Shifting Diets in More Sustainable and Healthy Directions.* Oxford: Food Climate Research Network. https://www.fcrn.org.uk/sites/default/files/fcrn_chatham_house_0.pdf

Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J. and Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production* 23(1), 216–224. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.005

Germany, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) (2011). *Closed-loop Waste Management: Recovering Wastes – Conserving Resources.* Friederich, R., Jaron, A. and Schulz, J. (eds.). Berlin : BMU Public Relations Division. https://gnse.files.wordpress.com/2012/10/waste-management.pdf

Ghisellini P., Cialani, C. and Ulgiati, C. (2015). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114, 11-32. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007

Gocht, A., Ciaian, P., Bielza, M., Terres, J.-M., Röder, N., Himics, M. *et al.* (2016). *Economic and Environmental Impacts of CAP Greening: CAPRI Simulation Results.* Brussels: European Commission. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC102519/jrc%20report_cap%20greening-capri%20v12.pdf

Government of the Netherlands (2016). *A Circular Economy in the Netherlands by 2050:* Government-wide Programme for a Circular Economy. https://www.government.nl/binaries/government/documents/policy-notes/2016/09/14/a-circular-economy-in-the-netherlands-by-2050/17037+Circulaire+Economie_EN.PDF

Grimmins, A., Balbus, J., Gamble, J.L., Beard, C.B., Bell, J.E., Dodgen, D. *et al.* (2016). *The Impacts of Climate Change on Human Health in The United States: A Scientific Assessment*. Washington, D.C.: Global Change Research Program. https://s3.amazonaws.com/climatehealth2016/high/ClimateHealth2016_FullReport.pdf

Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R.J. and Corfee-Morlot, J. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change* 3, 802. https://doi.org/10.1038/nclimate1979

Han, W., Gao, G., Geng, J., Li, Y. and Wang, Y. (2018). Ecological and health risks assessment and spatial distribution of residual heavy metals in the soil of an e-waste circular economy park in Tianjin, China. *Chemosphere* 197, 325-335. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.043.

Hart, K., Buckwell, A. and Baldock, D. (2016). *Learning the Lessons of the Greening of the Cap*. Brussels: Institute for European Environmental Policy. https://www.nature.scot/sites/default/files/2017-06/A1943384.pdf.

Hay, J.E. (2009). *Assessment of Implementation of the Pacific Islands Framework for Action on Climate Change (PIFACC).* Apia: Secretariat of the Pacific Regional Environment. https://www.sprep.org/climate_change/PYCC/documents/HayReport_to_PCCR_2009.pdf.

Heacock, M., Kelly, C.B., Asante, K.A., Birnbaum, L.S., Bergman, Å.L., Bruné, M.N. *et al.* (2015). E-waste and harm to vulnerable populations: a growing global problem. *Environmental Health Perspectives* 124(5), 550-555. http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1509699.

Hinkel, J., Brown, S., Exner, L., Nicholls, R.J., Vafeidis, A.T. and Kebede, A.S. (2012). Sea-level rise impacts on Africa and the effects of mitigation and adaptation: An application of DIVA. *Regional Environmental Change* 12(1), 207-224. https://doi.org/10.1007/s10113-011-0249-2.

Hoffmann, M.J. (2011). *Climate Governance at the Crossroads: Experimenting with a Global Response after Kyoto.* Oxford: Oxford University Press. https://doi.org/10.1080/09644016.2013.769805.

Huitema, D., Adger, W.N., Berkhout, F., Massey, E., Mazmanian, D., Munaretto, S. *et al.* (2016). The governance of adaptation: Choices, reasons, and effects. Introduction to the Special Feature. *Ecology and Society* 21(3). http://dx.doi.org/10.5751/ES-08797-210337.

Illes, A., Russi, D., Kettunen, M. and Robertson M. (2017). *Innovative Mechanisms for Financing Biodiversity Conservation: Experiences from Europe.* Final Report in the Context of the Project "Innovative Financing Mechanisms for Biodiversity in Mexico/ N°2015/368378". Brussels, Belgium. London: Institute for European Environmental Policy (IEEP). https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/dcc74b53-6750-4ccd-99b9-dc9e9d659dd4/IFMs_for_biodiversity_EUROPE_Illes_et_al_2017.pdf.

India, Ministry of Power (2018a). *Energy Efficiency*. https://powermin.nic.in/en/content/energy-efficiency. (Accessed 19 October 2018).

India, Ministry of Power (2018b). *National UJALA Dashboard*. http://www.ujala.gov.in/. (Accessed 19 October 2018).

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pachauri, R.K. and Meyer, L.A. (eds.). Geneva. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf.

Internal Displacement Monitoring Centre and Norwegian Refugee Council (2017). *Global Report on Internal Displacement*. Geneva. http://www.internal-displacement.org/global-report/grid2017/pdfs/2017-GRID.pdf

International Council for Science (2017). *A Guide to SDG Interactions: From Science to Implementation.* Paris. https://council.science/cms/2017/05/SDGs-Guide-to-Interactions.pdf.

International Energy Agency (2017). *Energy Technology Perspectives 2017*. Paris. http://www.iea.org/etp/.

International Energy Agency (2018). *United Kingdom: Indicators for 2015*. Paris. https://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?product=Indicators&country=UK.

International Federation of Phonographic Industry (2018). *Global Music Report 2018: Annual State of the Industry.* London. https://www.ifpi.org/downloads/GMR2018.pdf.

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (n.d.) Vulnerability and capacity assessment (VCA), [no date]. https://www.ifrc.org/vca. (Accessed 22 October 2018).

International Renewable Energy Agency (2016). Renewable Energy and the UN Sustainable Development Goals (SDGs). IRENA Twelfth meeting of the Council. Abu Dhabi. http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/About-IRENA/Council/Twelth-Council/C_12_DN_4_RE-and-SDGs.pdf.

Jawahir, I.S. and Bradley, R. (2016). Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. *Procedia CIRP* 40, 103-108. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.067.

Kalundborg Symbiosis (2018). Kalundborg Symbiosis [website]. Kalundborg: SymbiosisCenter Denmark. http://www.symbiosis.dk/en/. (Accessed 19 October 2018).

Kates, R., Travis, W.R.T. and Wilbanks, T. (2012). Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(19), 7156-7161. https://doi.org/10.1073/pnas.1115521109.

Kern, K., Jorgens, H. and Jänicke, M. (2001). *The Diffusion of Environmental Policy Innovations: A Contribution to the Globalisation of Environmental Policy.* Berlin: Social Science Research Center. https://www.econstor.eu/obitstream/10419/48976/1/329601059.pdf.

Kim, R.E. (2016). The nexus between international law and the Sustainable Development Goals. *Review of European, Comparative & International Environmental Law* 25, 15–26. https://doi.org/10.1111/reel.12148.

Kim, R.E. and Bosselmann, K. (2013). International environmental law in the Anthropocene: Towards a purposive system of multilateral environmental agreements. *Transnational Environmental Law* 2, 285–309. https://doi.org/10.1017/S2047102513000149.

Kim, R.E. and van Asselt, H. (2016). International governance: dealing with problem shifting in the Anthropocene – the limits of international law. In *Research Handbook on International Law and Natural Resources.* Morgera, E. and Kulovesi, K. (eds.). Cheltenham: Edward Elgar. https://www.elgaronline.com/view/9781783478323.00039.xml.

Lacy P. 2015. Why the circular economy is a digital revolution, 17 August. *World Economic Forum.* https://www.weforum.org/agenda/2015/08/why-the-circular-economy-is-a-digital-revolution/. (Accessed 19 October 2018).

Low, B., Ostrom, E., Simon, C. and Wilson, J. (2003). Redundancy and diversity: do they influence optimal management? In *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change.* Berkes, F., Colding, J. and Folke, C. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. Chapter 4. 53-83. http://assets.cambridge.org/052181/5924/sample/0521815924ws.pdf.

Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S.R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E. *et al.* (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science* 317(5844), 1513–1516. https://doi.org/10.1126/science.1144004.

McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S. *et al.* (2017). Circular economy policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology* 21(3), 651-661. https://doi.org/10.1111/jiec.12597.

Meadows, D.H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer.* Wright, D. (ed.): Chelsea Green Publishing. https://www.chelseagreen.com/product/thinking-in-systems/.

Meyer, C., Matzdorf, B., Muller, K. and Schleyer, C. (2014). Cross compliance as payment for public goods? Understanding EU and US agricultural policies. *Ecological Economics* 107, 185-194. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.010.

Mitchell, C., Sawin, J.L., Pokharel, G.R., Kammen, D., Wang, Z., Fifita, S. *et al.* (2011). Policy, financing and implementation. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S. *et al.* (eds.). Cambridge: Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 11. https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/drafts/SRREN-FOD-Ch11.pdf.

Monroe, M.C., Plate, R.R., Oxarart, A., Bowers, A. and Chaves., A. (2017). Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. *Environmental Education Research.* https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842.

Nakashima, D.J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H.D., Ramos Castillo, A. and Rubis, J.T. (2012). *Weathering Uncertainty Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and United Nations University. http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002166/216613e.pdf.

Nansen Initiative (2015) *Agenda for the Protection of Cross-Border Displaced Persons in the Context of Disasters and Climate Change Volume I*. The Nansen Initiative. https://nanseninitiative.org/wp-content/uploads/2015/02/PROTECTION-AGENDA-VOLUME-1.pdf.

Nilsson, M., Griggs, D. and Visbeck, M. (2016). Policy: map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature* 534(7607), 320–322. https://doi.org/10.1038/534320a.

Norsk elbilforening (2018). *Norwegian Electric Vehicle Association*. https://elbil.no. (Accessed 19 October 2018.)

Olhoff, A. and C. Schaer (2010). *Screening Tools and Guidelines to Support the Mainstreaming of Climate Change Adaptation into Development Assistance – A Stocktaking Report.* New York, NY: United Nations Development Programme. http://content-ext.undp.org/aplaws_publications/2386693/UNDP%20Stocktaking%20Report%20CC%20mainstreaming%20tools.pdf.

O'Neill, D.W., Fanning, A.L., Lamb, W.F. and Steinberger, J.K. (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability* 1, 88-95. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2012). *Sustainable Materials Management: Making Better Use of Resources*. Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264174269-en.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2014). *Preventing Food Waste: Case Studies of Japan and the United Kingdom*. Trade and Agriculture Directorate, Committee for Agriculture, Working Party on Agricultural Policies and Markets. http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP(2014)25/FINAL&docLanguage=En.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2017). *Working Party on Agricultural Policies and Markets: Evaluation of the EU Common Agricultural Policy (CAP) 2014-20*. Paris. https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/direct-support/pdf/2016-staff-working-document-greening_en.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2018). Producer and Consumer Support Estimates database. http://www.oecd.org/agriculture/pse. Accessed 21 October 2018.

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action.* Cambridge: Cambridge University Press. http://www.cambridge.org/core_title/gb/478715.

Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(39), 15181–15187. https://doi.org/10.1073/pnas.0702288104.

Ostrom, E., Janssen, M.A. and Anderies, J.M. (2007). Going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 15176–15178. https://doi.org/10.1073/pnas.0701886104.

Potting, J., Hekkert, M.P., Worrell, E. and Hanemaaijer, A. (2017). *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf.

Raworth, K. (2012). *A Safe and Just Space for Humanity: Can We Live Within the Doughnut?* Oxford: Oxfam. https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en.pdf.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. Paris. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf.

Rizos, V., Tuokko, K. and Behrens, A. (2017). *The Circular Economy: A Review of Definitions, Processes and Impacts.* Brussels: Centre for European Policy Studies. https://www.ceps.eu/publications/circular-economy-review-definitions-processes-and-impacts#.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S. IIIrd, Lambin, E. *et al.* (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2), 32. https://www.jstor.org/stable/26268316.

Salzman, J., Bennett, G., Carroll, N., Goldstein, A. and Jenkins, M. (2018). The global status and trends of payments for ecosystem services. *Nature Sustainability* 1, 136–144. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0033-0.

Schwerdtle, P., Bowen, K. and McMichael, C. (2018). The health impacts of climate-related migration. *BMC Medicine* 16(1), 1. https://doi.org/10.1186/s12916-017-0981-7.

Schaffartzik A., Mayer, A., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Loy, C. and Krausmann, F. (2014). The global metabolic transition: regional patterns and trends of global material flows, 1950–2010. *Global Environmental Change* 26, 87–97. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.013.

Silva, A., Rosano, M., Stocker, L. and Gorissen, L. (2017). From waste to sustainable materials management: three case studies of the transition journey. *Waste Management* 61, 547-557. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.038.

Smol, M., Kulczycka, J. and Avdiushchenko, A. (2017). Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. *Clean Technologies and Environmental Policy* 19(3), 669-678. https://doi.org/10.1007/s10098-016-1323-8.

Spannring, R. and Grušovnik, T. (2018). Leaving the Meatrix? Transformative learning and denialism in the case of meat consumption. *Environmental Education Research*. https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1455076.

Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., *et al.* (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. Nature. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0.

Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Wiebe, K., Godfray, H., Rayner, M. and Scarborough, P. (2016). Mitigation potential and global health impacts from emissions pricing of food commodities. *Nature Climate Change* 7(1), 69-74. https://doi.org/10.1038/nclimate3155.

Stahel, W.R. and Reday-Mulvey, G. (1981). *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy.* New York, NY: Vantage Press. https://searchworks.stanford.edu/view/9965259.

Stahel, W.R. (2016). The circular economy. *Nature* 531(7595), 435. https://doi.org/10.1038/531435a.

Sundaramoorthy, S. and Walia, A. (2017). India's experience in implementing strategic schemes to enhance appliance energy efficiency & futuristic integrated policy approaches to adopt most efficient technologies. New Delhi: CLASP. http://www.ieppec.org/wp-content/uploads/2017/10/walia_paper.pdf.

Tanentzap, A.J., Lamb, A., Walker, S. and Farmer, A. (2015). Resolving conflicts between agriculture and the natural environment. *PLoS Biology* 13(9). https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002242.

Taylor, E.W. (2017). Transformative learning theory. In *Transformative Learning Meets Bildung.* Laros, A., Fuhr, T. and Taylor, E.W. (eds.). Rotterdam: SensePublishers. chapter 2. 17-29. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-6300-797-9_2.

Turner, B.L., Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen, L. *et al.* (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(14), 8074. https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100.

Underdal, A. and Kim, R.E. (2017). The sustainable development goals and multilateral agreements. In *Governing Through Goals: Sustainable Development Goals as Governance Innovation.* Kanie, N. and Biermann, F. (eds.). Cambridge, MA: The MIT Press. Chapter 10. http://mitpress.universitypressscholarship.com/view/10.7551/mitpress/9780262035620.001.0001/upso-9780262035620-chapter-010.

United Nations (2015). *Small Island Developing States in Numbers: Climate Change edition*. New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2189SIDS-IN-NUMBERS-CLIMATE-CHANGE-EDITION_2015.pdf.

United Nations (2016) *World Economic and Social Survey 2016, Climate Change Resilience: An Opportunity for Reducing Inequalities*. New York. https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/WESS_2016_Report.pdf

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2010). *Climate Change Education for Sustainable Development.* Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001901/190101E.pdf.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2014). *Shaping the Future We Want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014). Final Report*. Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002301/230171e.pdf.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2018). *Issues and Trends in Education for Sustainable Development.* Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261445E.pdf.

United Nations Environment Programme (2016). *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel.* Schandl, H., Fischer-Kowalski.M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., Eisenmenger, N. *et al.* (eds.). Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21557/global_material_flows_full_report_english.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Human Settlements Programme (2016). *New Urban Agenda adopted at Habitat III*. https://unhabitat.org/new-urban-agenda-adopted-at-habitat-iii/.

United Nations Industrial Development Organization (2017). *Vienna Energy Forum 2017*. Vienna. https://www.unido.org/sites/default/files/2017-08/VEF_REPORT_0.pdf.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2017). *Disaster-related Data for Sustainable Development. Sendai Framework Data Readiness Review 2017: Global Summary Report*. https://www.unisdr.org/files/53080_entrybgpaperglobalsummaryreportdisa.pdf.

United States Environmental Protection Agency (2015). *Fiscal Year 2017-2022: U.S. EPA Sustainable Materials Management Program Strategic Plan*. Washington, DC. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/smm_strategic_plan_october_2015.pdf.

van den Bergh, J., Folke, C., Polasky, S., Scheffer, M. and Steffen, W. (2015). What if solar energy becomes really cheap? A thought experiment on environmental problem shifting. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 170-179. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.007.

Velis, C. (2017). Waste pickers in Global South: informal recycling sector in a circular economy era. *Waste Management & Research* 35(4), 329–331. https://doi.org/10.1177/0734242X17702024.

Walker, B., Barrett, S., Polasky, S., Galaz, V., Folke, C., Engström, G. *et al.* (2009). Looming global-scale failures and missing institutions. *Science* 325(5946), 1345–1346. https://doi.org/10.1126/science.1175325.

Ward, J., Chiveralls, K., Fioramonti, L., Sutton, P. and Costanza, R. (2017). The decoupling delusion: rethinking growth and sustainability, 12 March. *The Conversation*. http://theconversation.com/the-decoupling-delusion-rethinking-growth-and-sustainability-71996. (Accessed 19 October 2018).

Watts, N., Adger, W.N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W. *et al.* (2015). Health and climate change: Policy responses to protect public health. *Lancet* 386(10006), 1861-1914. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6.

Weber, R., Lissner, L., and Fantke, P. (2016). The substitution of hazardous chemicals in the international context - Opportunity for promoting sustainable chemistry. *Abstract from 1st Green and Sustainable Chemistry Conference, Berlin, Germany*. http://orbit.dtu.dk/files/126997510/Weber_2016a.pdf.

Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J. and Kanemoto, K. (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20), 6271-6276. https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110

Wirsenius, S., Hedenus, F. and Mohlin, K. (2011). Greenhouse gas taxes on animal food products: rationale, tax scheme and climate mitigation effects. *Climatic Change* 108(1-2), 159-184. https://doi.org/10.1007/s10584-010-9971-x

Wise, R.M., Fazey, I., Smith, M.S., Park, S.E., Eakin, H.C., Van Garderen, E.A. and Campbell, B. (2014). Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. *Global Environmental Change* 28, 325-336. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.002

Wisner, B., Blaikie, P.M., Cannon, T. and Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. 2nd edn. London: Routledge. https://trove.nla.gov.au/work/23504995?selectedversion=NBD24609117

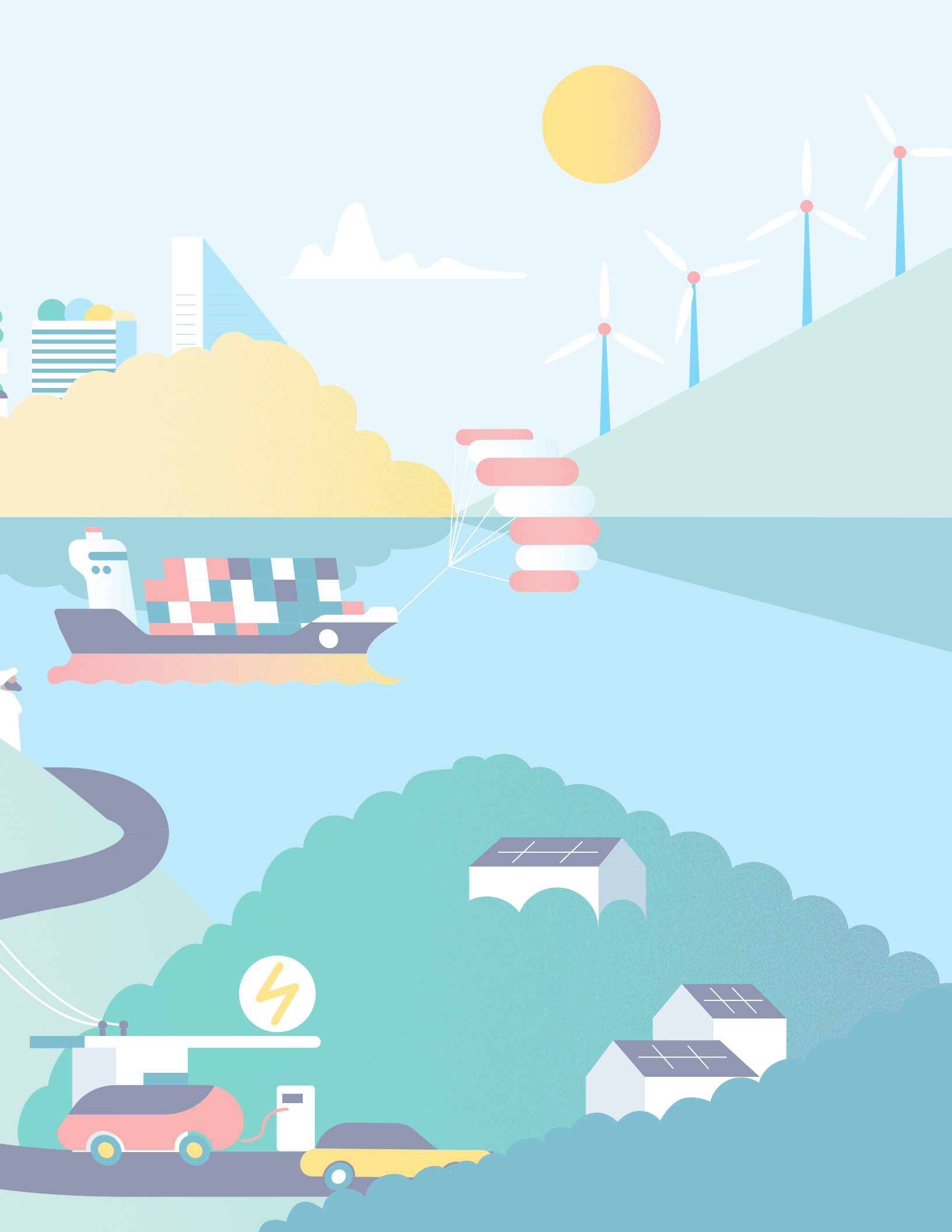
World Bank (2013). Which coastal cities are at highest risk of damaging floods? New study crunches the numbers. http://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/08/19/coastal-cities-at-highest-risk-floods

World Bank (2018) Climate & disaster risk screening tools. https://climatescreeningtools.worldbank.org/. (Accessed 22 October 2018).

Yang, Y., Bae, J., Kim, J. and Suh, S. (2012). Replacing gasoline with corn ethanol results in significant environmental problem-shifting. *Environmental Science & Technology* 46(7), 3671–3678. https://www.doi.org/10.1021/es203641p.

Yang, H., Ma, M., Thompson, J.R. and Flower, R.J. (2018). Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health. *Journal of Epidemiology & Community Health* 72(3), 237-243. http://dx.doi.org/10.1136/jech-2016-208597.

Young, O.R. (2017). *Governing Complex Systems: Social Capital for the Anthropocene*. Cambridge, MA: MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/governing-complex-systems.



第 18 章

政策有效性相关结论

© Shutterstock/PopTika

领衔作者兼协调负责人：Klaus Jacob（柏林自由大学），Peter King（全球环境战略研究所），Diana Mangalagiu（牛津大学和诺欧商学院）

贡献作者：Beatriz Rodríguez-Labajos（巴塞罗那自治大学）

18.1 成果概述

本章呈现的是《全球环境展望6》B部分得出的一系列结论。这些结论是根据政策有效性相关前述章节（第10-17章）的发现而做出的。它为政策制定者们总结了那些据信最为有效的政策措施及其原因，其中包括对目前在有关政策有效性证据局限性方面所作的综合性讨论。在本章中，我们还提到了C部分（展望）。这部分将对正在兴起的、颇有前景的未来政策进行考察。

在《全球环境展望6》（第12-17章）涵盖的所有环境议题领域，政策方法和工具都出现了相当多的创新。在世界各地，人们都开发并引入了新的制度、政策和政策工具。环境政策创新不仅正在西方工业化国家发生，而且也在新兴发展中经济体发生。人们制定的政策不再局限于技术领域，而是越来越多地强调社会和经济实践。

环境政策创新还致力于同时解决公平和环境保护这两大问题。智利的属地捕鱼权和南非的基本用水免费供应政策都是这样的例子。这两个案例采用的都是在保障低收入群体使用自然资源权利的同时又推动可持续管理的措施。

环境政策旨在通过鼓励行为变革或限制消费者、企业和社区选择的方式来减少排放和资源消耗。目前，人们正在使用的干预模式包括：劝说模式、经济激励模式和监管模式。

复杂的环境问题没有单一解决工具；将具有相互强化效应的不同治理模式结合起来的政策组合（通常被称为“混合治理”）往往更为有效。将需求侧措施——如对环境损害型消费进行征税和标注的措施——与生产侧措施——如限制排放措施——相结合的作法就是这样的例子。这样的结合不仅可相互强化环境创新，而且还可创造出相应的市场。

环境政策还在塑造推动和鼓励不同主体对其环境表现进行反思的进程，如环境影响评价、规划程序和环境管理体系等等。

第12-17章还表明，政府内外的环境主体正在确立或由于许多环境政策的作用而得到了强化，且正在对环境表现产生影响。环境政策和制度本身并不能决定资源利用和排放，其它部门的政策——如住房、基础设施、农业、工业、能源等领域的政策——也在发挥其作用。提升环境政策效果的另一个机制——尽管难以实现——是将环境关切纳入其它部门政策。

尽管政策一体化确实可以解决环境目标与其它目标之间的冲突（Nilsson等人，2012年；Runhaar，Driessen和Uittenbroek，2014年；Mullally和Dunphy，2015年），但前面章节的分析表明，这种一体化在实践中极少实现。就农业、交通运输、城市规划和水资源管理等部门到底是如何将环境标准纳入、从而预防、减少或缓解负面环境影响的这个问题而言，目前仍缺乏系统化证据。政策组合的变化通常是由在某一资源、环境资产或生态系统服务方面具有相反利害关系的不同群体和部门所施加的压力推动的。

许多国家（及一些国际组织）已开始采用一体化方法或工具评估某一立法建议对利益相关方及其福祉、经济部门和环境的潜在影响（Radaelli，2009年；Jacob等人，2011年；Adelle和Weiland，2012年；Adelle等人，2016年；欧洲环境局，2017年）。这种一体化政策有助于以成本高效的方式实现更广泛的可持续发展目标，并克服现有障碍和妥协情形。

环境政策一体化工具包括监管影响评估、环境和健康影响评估、战略环境影响评估等。这些基于证据的政策制定工具正越来越多地为人们所采用，从而证明了改善环境政策的必要性。在这些工具的运用方面，人们已经积累了相当多的经验，特别是在欧盟境内。

但是，到目前为止，能够用于衡量政策一体化程度或各项工具实际运用成果的证据还很少。欧洲环境研究伙伴倡议是这方面的少数几个例外之一（Mickwitz等人，2009年）。这个项目在多重范围内对欧洲气候政策的一体化情况进行了评估。它得出的一个关键结论是，城市和市镇已开始将气候目标纳入其战略和计划，且这些当局的目标有时比中央政府的还要宏大。

支持环境政策一体化的一个重要论据，是实施环境政策在经济和社会领域带来的预期共同效益。这些共同效益包括创新推动的额外经济增长、自然资源保护导致的节余、成功规避的环境破坏成本等。据联合国环境规划署估计，如将全球GDP的2%用于绿色投资，人类将在最大限度地减少气候变化、水资源稀缺和生态系统服务丧失所产生的负面影响的同时推动经济的长期增长（联合国环境规划署，2011年）。

《全球环境展望6》关于环境政策及其一体化的分析证明了政策制定赖以进行的制度和文化框架的多样性。法律、价值观、管理能力、社会经济条件等对于政策有效性都非常重要。此外，反映这些条件的政策的设计也非常重要。

目前，人们无法对数千项政策创新的有效性进行全面评估，这些创新的评估必须逐案进行。由于多项市场失灵的存在，其中包括价格信号的缺失、信息的匮乏和网络效应等因素，不同政策工具的有效性也无法进行比较。比如，我们没有可用于支持市场化工具总体上优于监管类或劝说类工具这一主张的证据。但是，《全球环境展望6》的分析确实证明了将不同政策结合起来、以创建具有

互补效应的政策组合的必要性。尽管人们承认连贯一致的政策组合通常比独立政策更为有效，但除了“一些政策工具类型不一定能够与其它工具进行很好的配合”这一泛泛认识外，政策组合内部各项工具之间的互动仍不得而知。

雄心勃勃的有效环境政策往往会面临受影响部门的质疑。在环境政策制定过程中，其设计及抱负程度往往是谈判的主题，而环境主体通常会在其中寻求妥协。次优环境政策往往是最终结果。就许多议题和许多国家而言，环境政策并没有利用好价格信号与硬监管措施这一本来很强大的政策组合。相反，人们实施的往往是劝说、自我监管或补贴之类的机制。第12-17章还发现，环境政策通常并不会触及既得利益和权利，而是仅聚焦于新产品或新地点，比如，允许开发项目实施纵容式程序。

环境政策一旦成功确立，它们的升级就指日可待了。并且，一旦其展现出技术、社会和经济上的可行性，同时环境友好项目的市场得以成功创建，那么推动政策发展并加强政策力度的新机遇和新能力就会出现。在一些案例中，这些机遇从一开始就被融入了政策设计。通过关于气候变化的《巴黎协议》规定的所谓棘轮机制，各国就持续改善政策进行承诺的行为可能会比今天更加频繁（联合国气候变化框架公约，2015年）。

鉴于上述挑战，人们正在形成一个共识，即对于各项政策和政策组合的有效性而言，政策工具的设计至少是与政策工具的选择同样重要的（Yin和Powers，2010年；Flanagan，Uyarra和Laranja，2011年；Kemp和Pontoglio，2011年）。政策变革的时间因素、特定政策合拍（或不合拍）的方式及其原因、政策选择在日益复杂的政策组合中的互动方式等等，都是人们需要加深理解的问题。随着时间的推移和这些经验教训的获取，政策实施的力度有望加大，特别是——如《全球环境展望6》发现的那样——在环境政策被证明有经济和社会共同效益的情况下。

环境政策在各国内部的推广升级正在进行；与此同时，它们还在全球不同辖区之间进行扩散。其它国家、地区或社区正在采纳并根据自身条件调整先行国家的范例。一些可从公开渠道获取的数据集旨在为这一扩散进程的描述提供帮助，特别是就气候变化和可再生能源相关政策而言。比如，伦敦政经学院的世界气候变化法数据库（格兰瑟姆气候变化与环境研究所，2017年）就编撰了国家层面从交通运输政策到气候适应和缓解等各方面的气候政策相关信息。同样，21世纪可再生能源政策网络的《全球状况报告》（21世纪可再生能源政策网络【REN21】，2018年）描述了大量国家级和次国家级辖区样本的可再生能源政策运用情况。最后还有InforMEA这个联合国为提供多边环境协议相关信息而设立的门户网站（联合国环境规划署、联合国粮食及农业组织和联合国教科文组织，2018年）。

人们尽管对环境政策空间扩散的兴趣持续不褪，也尽管努力提供了环境政策空间扩散相关系统化信息，但关于政策制定这一特定维度的知识仍然有限，特别是在可再生能源这一特定政策领域之外。对于地方背景对外来政策有效性的影响这一问题，相关研究也很少。一些证据表明，与跨辖区政策相比，目标不够远大的政策往往更经常成为政策扩散的对象（比如，分配政策比再分配政策的扩散更为频繁）——尽管政策扩散被人们视为不同辖区之间的一项积极学习机制，且经常是由国际体制和多边治理推动的。

《全球环境展望6》的分析发现，为提高环境政策的有效性，良好政策设计的重要性再怎么强调也是不为过的。Mickwitz（2009年，第12页）列举了良好设计的一些共同要素，具体如下：

- 设置长期愿景，通过包容、参与式设计过程避免危机模式的政策决策；
- 确立基线、量化目标和里程碑；
- 开展事前（实施前）和事后（实施后）成本效益或成本有效性分析，以确保公共资金的最佳运用；
- 在实施过程中嵌入监测机制，且最好将受影响利益相关方纳入；
- 对政策成果和影响进行评估，以形成一个闭环并改善未来政策设计。

尽管上面列出的要素很全面，但根据基线对政策有效性进行的事前和事后评估仍然很少，即便是设计周全的政策也如此。我们的分析发现，政策评估工具极少被真正使用。因此，旨在衡量政策有效性的证据库很匮乏；在许多情况下，我们难以将某一效果归因于某一环境政策，也难以判定这些效果在没有实施相关政策的情况下是否也会发生。影响评价和政策评估没有以系统方式进行。因此，虽然指标和目标差距分析能够表明各国环境政策在实现可持续发展方面仍不够有效，但仍然无法揭示哪些政策或政策工具比其它政策或政策工具更为有效或高效。

目前，人们还没有找到能够显示所采用政策与其效果之间因果关系的公认方法；遗憾的是，人们也无法就政策有效性提供明确答案。在环境领域，为揭示反事实情景即在不实施政策的情况下会发生什么这一假设情景而开展政策实验的作法极少是可行的，或者说是不道德的。

此外，相关文献还显示了各种制约和促进因素的重要性，如制度能力和政治意志。政策极少是单独实施的；如前所述，人们还强调了具有协同效应的连贯政策或政策组合的重要性。而且，认可共同效益和非预期副作用也非常重要。最后，溢出效应也要得到认可，特别是在涉及跨界问题的情况下。

而通过自下而上的视角——即双轨中的第二轨——则明确了政策敏感指标。这意味着，人们应能够根据文献就每一指标为何因某一政策或政策组合的实施似乎正在改善这一论断构建一个貌似合理的解释。因此，在第12-17章中，关于指标的章节都涉及了以下内容：

- 指标的描述及其与可持续发展目标或其它多边环境协议的关系；
- 每一指标相关数据的收集方式；
- 就每一指标在多国观测到的改善为何可归因于——至少是部分归因于——一项或多项政策这一问题进行的貌似合理的论证；
- 可解释这种改善的其它因素；
- 可认定政策作用的其它替代指标。

在本报告中，文字表述中点缀着各种资讯图表。根据文献中数据的多寡，这些图表有助于显示以下内容：各国采用某些政策的行为与相关指标的改善之间的因果关系；揭示相关指标改善情况的趋势；就相关指标进行报告的国家数量等。

从《全球环境展望6》探讨的少量案例研究可以看出，在政策周期的所有阶段——即设计、实施和事后评估阶段——都将有效性标准全面纳入考量的案例非常少——这点是很明显的。在许多案例中，人们并没有确立可以量化的基线，从而难以就某一政策正在如期改善环境结果这一问题提供定量证据。尽管共同效益经常都能得到明确——大多数情况下都属于后见之明，但并没有证据显示，各国为确保政策连贯性和协同效应特意采取了前瞻性措施。尽管规定了时限的大多数政策都是在规定期限内实施的，但令人惊讶的是，许多案例研究似乎是开放性的，没有特定的结束、评估或更新时限。许多案例研究都与全球进程和协议有关。这意味着，诸如《巴黎协议》和可持续发展目标之类的全面环境协议确实提供了一个全面政策框架，为各国政策进程提供了指导。

《全球环境展望6》关于政策有效性评估的发现，以及对所采用评估方法进行评估后的发现，都可作为未来研究和全球评估的基线。在政策评估方面的持续努力还有助于填补这些方面的数据鸿沟。

18.2 与未来政策的联系

上文的政策有效性分析不可避免地都是在一定的时滞后进行的，因为政策制定者必须等到政策实施数年后才可能知道政策是否有效，特别是在部分有效性指标涉及多个国家的情况下。这就意味着，本报告B部分并没有展示新的、正在兴起且颇有前途的政策方法——这应该是本报告第24章（未来之路）的任务。《全球环境展望》的未来版本必须对这些政策方法在实施后产生的最终效果进行评估。目前，政策制定者们可对《全球环境展望6》选择的有效性标准进行考察，并在设计新一代政策及计划对其进行评估时运用这些标准。

改进后的政策和治理安排将构成可持续发展路径设计的重要组成部分。本报告C部分（展望）探讨的、颇有前途的新兴政策是可能成为这一路径的一部分的，因为鉴于迫切性，当前的政策方法是不可能实现可持续发展目标、《巴黎协议》及其它多边环境协议的。必须开发新型创新政策的一个证据是，国家标准的制定——作为污染防控领域指挥和控制类正常政策方法的一部分——目前仍过于缓慢和笨拙，无法应对每天都在进入环境的数千种新化学品、材料、转基因生物和纳米物质。

18.3 知识差距

《全球环境展望6》开展的政策有效性分析为联合国环境规划署开拓了一个新的前进方向。政策制定者们希望了解哪些政策是有效的及其之所以有效的原因，但政策有效性评估不应离题太远，而变成政策倡导。对政策实施过程中不作为和过度延误的成本及政策行动的有效性也要进行研究。令本报告许多作者感到惊讶的是，政策有效性评估的一个主要不足竟然是所选择案例研究评估文献的稀缺——这些案例研究原本就是为了说明科学与政策相结合的重要性的。现实似乎是，在大多数国家，事后政策评估要么并不是既定实践，要么是开展了，但评估结果却没有公开。

我们建议联合国环境规划署与成员国开展合作，搜集当前还没有进入公有领域的那些政策评估结果，并在联合国环境规划署的在线数据门户网站“Environment Live”创建一个专门的政策有效性专栏。此外，人们还应鼓励研究人员和政策智库开展政策有效性研究，以提供当前似乎仍然不足的独立研究成果。

开展政策有效性评估的公认方法则是另一项关键不足。研究人员和政策智库面临的挑战，是如何定期开展这种研究，而政策制定者们面临的挑战，则是如何在推动政策制定的过程中运用这种研究成果。

开展政策有效性评估的公认方法则是另一项关键不足。研究人员和政策智库面临的挑战，是如何定期开展这种研究，而政策制定者们面临的挑战，则是如何在推动政策制定的过程中运用这种研究成果。

知识领域的另一项不足涉及指标的政策敏感性。在为可持续发展目标选定的数百项指标中，哪些具有政策敏感性？就具有政策敏感性的指标而言，它们显现出敏感的政策都是哪些？哪些指标是各国政府应该考虑加

速其进展的?在联合国环境规划署负责的可持续发展目标具体目标中,哪些具有政策敏感性?哪些应由联合国环境规划署负责追踪并分析相关政策的有效性?

最后,社会和经济政策如部门政策的分析也存在不足。实际上,这些政策对环境状况也会产生重大影响。因此,仅仅分析环境政策是不够的。诸如环境影响评价(EIA)和战略环境评价(SEA)之类的工具也可用于考察项目、政策、计划和方案的环境影响。但更重要的是,部门机构应主动与环境专家合作,就如何规避部门政策对部门规划活动产生的不利环境影响寻求后者的帮助。

18.4 分析得出的主要经验教训

在设计阶段即考虑政策有效性:环境政策方法中的大部分缺陷都源于设计阶段分析不足这一问题。《全球环境展望6》的经验式分析表明,环境政策决定往往是对环境危机做出的条件反射式的应对,而不是为避免环境损害而特意选择和设计政策的长期过程的一部分。

设立可核实的定量基线。基于科学的、可核实的且有坚定目标的定量基线是有效政策的关键要素。对于需要长时间才能产生结果的政策而言,定量式里程碑还有助于确保政策实施始终在正确的轨道上进行。

在政策设计阶段开展成本效益或成本有效性分析。对大多数环境问题而言,实现预期成果的政策选择都是多样的。以水污染为例,旨在改变生产工艺的法律法规、设立环境或排放标准、征收排放费用、通过上游水库进行稀释或这些方法的某些组合都可对这一问题进行管控。因此,在政策设计阶段,人们即须就公私资金最有效的利用方式进行考察。之后,人们还必须对其选择的政策进行审查,以确保其选择的政策是正确的。

确保政策连贯性和协同效应。数字是有力量的。一般而言,单项、独立政策不如作用于同一政策目标的多项政策的组合那么有效。但是,就那些可能对政策目标产生消极影响或与政策目标相冲突的政策进行考察也同样重要。比如,旨在推广可再生能源的政策可能会因对火电厂提供的持续补贴而受到破坏。

开展独立评估后研究。为撰写本报告而考察的文献表明,对政策开展的独立评估后研究很少。政府评估确实很重要且很有必要,但公众对评估结论的信心可能要通过独立、公正的研究才能得到强化。因此,资助机构的一个关键角色,就是为这类研究特别是发展中国家的这类研究提供必要资源,因为在发展中国家,良好的政策评估仍然极为稀缺。

在政策周期的所有方面均援引关键主体参与。案例研究揭示了一个需要参与政策周期每一阶段的复杂利益相关方网络。这意味着,政策过程必须透明。包容性政策过程通常都比那些将某些主体排除在外的政策过程更为有效。包容可能意味着成本和时间约束的增加,但这些不利因素往往会在政策实施过程中得到弥补,而抗议或法律挑战则可能延误实施计划。

识别具有政策敏感性且能够证实因果联系的指标。确立可持续发展目标及其它多边环境协议相关指标与已知有效政策之间的明确联系。案例研究表明,空气、生物多样性、海洋、陆地、淡水(地表水和地下水)等领域及若干交叉领域的多边协议非常重要。尽管这些协议在国际层面往往是没有强制力的,但它们确实有道德影响力,且能够对各国政府造成同行压力,迫使其将国际社会取得了共识的方法纳入其国家和次国家政策、计划和项目中。但是,到目前为止,各项指标与有效政策之间仅建立了微弱的联系。因此,这类联系的建立还需要开展更多工作。

开展更多的政策有效性研究。在评估结束时,研究人员往往会呼吁人们开展更多研究。就本报告而言,这样做无疑是有道理的。这是因为,在政策决定做出后的整个政策周期中,即从政策设计到政策后评估的整个过程中,就政策有效性开展的、有详尽记录的案例研究非常少。未来,联合国环境规划署的工作要强化政策与环境成果之间的联系,特别是在可持续发展目标相关指标正在国家层面接受监测并在全球层面进行报告的情况下。对于支撑、推动或限制环境和可持续发展相关政策的形成和发展的政治生态和利益相关方动态,人们也要开展深入研究。

参考文献

Adelle, C. and Weiland, S. (2012). Policy assessment: The state of the art. *Impact assessment and project appraisal* 30(1), 25-33. https://doi.org/10.1080/14615517.2012.663256

Adelle, C., Weiland, S., Dick, J., González Olivo, D., Marquardt, J., Rots, G. *et al.* (2016). Regulatory impact assessment: A survey of selected developing and emerging economies. *Public money & management* 36(2), 89-96. https://doi.org/10.1080/09540962.2016.1118930

European Environment Agency (2017). *Perspectives on Transitions to Sustainability.* Copenhagen. https://www.eea.europa.eu/publications/perspectives-on-transitions-to-sustainability/at_download/file.

Flanagan, K., Uyarra, E. and Laranja, M. (2011). Reconceptualising the 'policy mix' for innovation. *Research policy* 40(5), 702-713. https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.02.005.

Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment (2018). *Climate change laws of the world.* [London School of Economics http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/climate-change-laws-of-the-world.

Jacob, K., Weiland, S., Ferretti, J., Wascher, D. and Chodorowska, D. (2011). *Integrating the Environment in Regulatory Impact Assessments.* Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/Integrating%20RIA%20in%20Decision%20Making.pdf.

Kemp, R. and Pontoglio, S. (2011). The innovation effects of environmental policy instruments—A typical case of the blind men and the elephant? *Ecological Economics* 72, 28-36. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.014.

Mickwitz, P., Aix, F., Beck, S., Carss, D., Ferrand, N., Görg, C. *et al.* (2009). *Climate Policy Integration, Coherence and Governance.* PEER Report. Helsinki: Partnership for European Environmental Research. http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/3987.

Mullally, G. and Dunphy, N. (2015). *State of Play: Review of Environmental Policy Integration Literature.* Research Series Paper. Dublin: National Economic and Social Council. https://cora.ucc.ie/handle/10468/3029.

Nilsson, M., Zamparutti, T., Petersen, J.E., Nykvist, B., Rudberg, P. and McGuinn, J. (2012). Understanding policy coherence: Analytical framework and examples of sector–environment policy interactions in the EU. *Environmental Policy and Governance* 22(6), 395-423. https://doi.org/10.1002/eet.1589

Radaelli, C.M. (2009). Measuring policy learning: Regulatory impact assessment in Europe. *Journal of European Public Policy* 16(8), 1145-1164. https://doi.org/10.1080/13501760903332647.

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2018). *Renewables 2018 Global Status Report. A Comprehensive Annual Overview of the State of Renewable Energy.* Paris. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf.

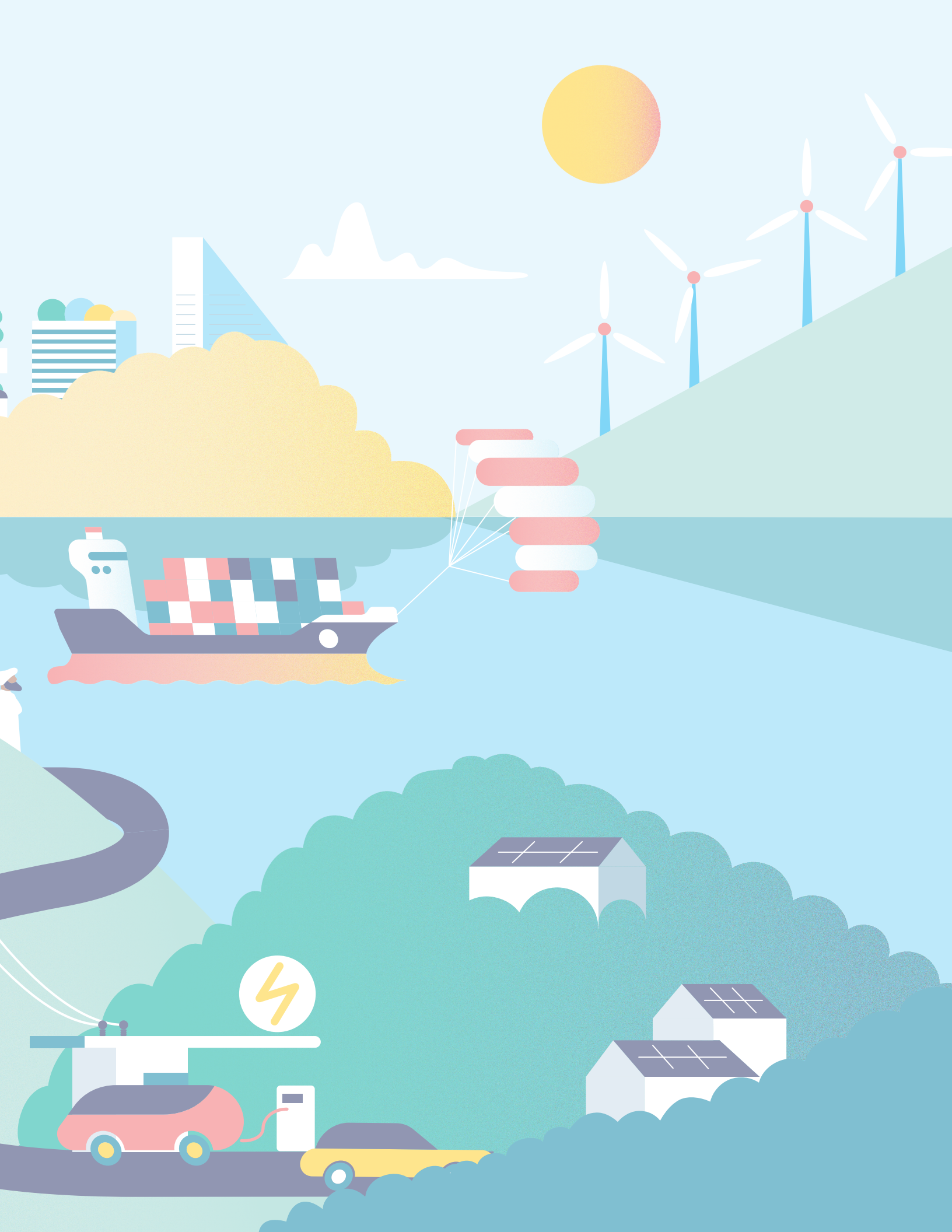
Runhaar, H., Driessen, P. and Uittenbroek, C. (2014). Towards a systematic framework for the analysis of environmental policy integration. *Environmental Policy and Governance* 24(4), 233-246. https://doi.org/10.1002/eet.1647.

United Nations Environment Programme (2011). Supporting the transition to a global green economy. In *Towards A Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.* Nairobi. chapter Part III. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22025/green_economyreport_final_dec2011.pdf?sequence=1&isAllowed=

United Nations Environment Programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2018). *Access information on multilateral environmental agreements.* https://www.informea.org/ (Accessed: 17 October 2018.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *Paris Agreement.* Paris. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf.

Yin, H. and Powers, N. (2010). Do state renewable portfolio standards promote in-state renewable generation? *Energy Policy* 38(2), 1140-1149. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.067.



C部分

“地球健康，人类健康”未来展望与实现路径

19. 《全球环境展望6》的展望

20. 2050年长期愿景

21. 无针对性政策情景下的未来发展

22. 实现可持续发展的路径

23. 关于展望的自下而上举措和参与式方法

24. 未来之路

第 19 章

《全球环境展望6》的展望

© Shutterstock/Rawpixel.com

领衔作者兼协调负责人：Ghassem R. Asrar（美国西北太平洋国家实验室）

领衔作者：Paul Lucas（荷兰环境评估署），Detlef van Vuuren（荷兰环境评估署），Laura Pereira（斯泰伦博斯大学复杂转型系统研究中心），Joost Vervoort（乌德勒支大学）

贡献作者：Rohan Bhargava（乌德勒支大学）

《全球环境展望》研究员：Semie Sama（国际治理创新中心）

执行摘要

如果环境评估要对政策制定者有用，应在提出的政策选择和科学和技术解决办法中考虑到人地系统的相互作用、相互依赖和共同进化途径，包括直接影响和共同利益和/或折衷办法（不完全证实）。全球环境评估通常以基于模型的定量情景为依据。尽管这些模型涵盖了许多重要联系，但社会维度并没有得到很好的体现。而且，在全球评估中，人们很难捕捉与地方决策有关的重要细节。因此，基于科学的环境评估和未来展望必须采用系统的、一体化的方法，以支持政策和投资决策，并反映人地系统变化评估过程中那些高度复杂、相互依赖且持续变化的因素。{19.1}

全球评估必须把重点从当前发生的事件及应对措施转变为如何改变发展趋势及轨迹（充分证实）。《全球环境展望6》C部分即“地球健康，人类健康”展望和路径部分采用了自上而下和自下而上的方法，其目的是为这一展望情景的实现提供基于科学的信息。定量情景和参与式方法的结合还为提高灵敏性、以满足政策制定者对部门和地区特定信息的需求提供了巨大潜力。因此，《全球环境展望6》的展望分析/评估：(1) 采用了基于模型的情景分析方法（通常被称为自上而下的方法）；(2) 使用了当前和既往倡议、机会和趋势相关信息和知识（即变革种子）；且 (3) 使用了通常在从地方到区域层面开展的一体化决策和参与式活动生成的信息（通常被称为自下而上的方法）。这样能确保利益相关方在知识开发和传播过程中更多地参与，并确保及时实施这一过程生成的政策和实践，从而取得更大的成功。{19.2；19.3}

19.1 引言

《全球环境展望6》的A部分和B部分表明，当前的全球发展趋势及其未来发展轨迹是不可持续的。与此同时，世界各国已就一套雄心勃勃的目标达成了共识，并将其纳入了联合国2030年可持续发展议程。这些目标包括可持续发展目标（SDG）、一系列广泛的多边环境协议及其它框架。作为一个整体，这些目标旨在终止环境恶化，并改善能够惠及人类及支持人类福祉的生态系统的发展路径。

现在的关键问题是未来趋势能否推动这些宏伟目标的实现、从而创造一个更具可持续性的未来，以及在答案为否的情况下人们需要在政策和实践方面做些什么、以迫使当前的发展趋势转向积极、可持续的发展路径。因此，《全球环境展望6》的C部分旨在以全面、一体化的方式提供回答这些问题所需要的科学信息。它提出了为决策者开发科学信息的新方法，即将基于情景的定量预测（这里被称为自上而下的方法）与基层参与式方法（自下而上的方法）相结合的方法。

19.2 以未来为导向的环境展望的重要要素

人地系统的变化及其级联效应超出了一系列时间（季、年、十年及更长）和空间（地方、国家、区域、全球）范围，且在不同部门（农业和粮食、水资源、能源系统、渔业等）之间存在着显著差异。在环境评估和展望的设计、开发和实施过程中，这种复杂性都需要通过利益相关方及决策者的积极参与予以考量。这是因为如下因素（仅例举）之间存在着一种相互关系：

i. 为应对历史遗留问题和当前压力（如粮食—水—能源安全）而面临的选择；
ii. 对不断变化的环境高度灵敏的管理方法（如可持续发展目标及其它目标）的开发；以及
iii. 新兴问题及未来压力的预测和准备程度。

环境评估和展望还应考虑拟定计划、政策和实践的潜在影响，以及改善政策制定者与公众之间沟通的必要性。这要求人们在评估过程的早期即考虑决策者的需求。公私部门及非政府组织在评估过程中不断壮大的角色使得环境可持续性与社会公平之间具有了一种内在联系，而这种联系又推动了可持续性目标的倡导（Simson，2012年；Ho等人，2013年）。环境评估过程经常会遇到难以考量发展活动及生物多样性、人权和文化规范相关问题的社会经济影响这一问题。过去，这些问题往往没有被纳入考量（Mahboubi，Parkes和Chan，2015年；Reid和Mooney，2016年；Kok等人，2017年）。环境评价有效性的评估应放在相关主体提升利益相关方认为重要的环境价值观（如环境管理、服务和社会经济因素等）的能力这一背景下进行（Arts等人，2012年）。此外，有效性的调查还应探讨评估过程和结果是否改善了决策并推动了预期成果的实现这一问题（Fischer和He，2009年）。

近期协议和框架——包括《2030年可持续发展议程》和《巴黎气候协议》——都认识到了变革当前趋势和方向的必要性，以及推动以系统化、一体化方式评估支撑这些趋势的高度复杂、相互依赖且不断变化的各种因素（包括人地系统现状和动态）的必要性。例如，为实现生物多样性相关目标，人们还要将粮食生产、水资源可获性、气候变化和空气污染相关目标纳入考量。如果未来展望能够涵盖当前应对措施的直接影响、共同效益和后果等内容，那么，决策者就可受益于这种科学评估，从而避免不可持续、风险重重的发展路径（Kowarsch等人，2017年）。因此，正在兴起的全球可持续发展及治理框架要求环境展望将人地系统的复杂性和相互联系纳入考量，从而制定出多样化的政策和务实的解决方案。

可持续发展目标为这种全面方法提供了一个框架，使人们能够识别创新方式和手段，以推动人类健康和福祉及环境管理（Dye，2018年）。这个框架要求人们将跨学科及多学科科学研究和评估作为规范，而由于在资源规划和分配过程中平衡短期需求和行动与长期风险的迫切性，同时也为了推广更具协调性和参与性的方法，这个框架还要求人们促使政府、企业和公民重新考虑其在多边环境协议实施过程中的角色、责任和贡献（Simson，2012年；Ho等人，2013年）。例如，利益相关方参与可成为业务开发不可分割的组成部分，以便将可持续性的三个维度（环境、社会和经济）置于社会价值创造的核心地位。

具体而言，环境评估和展望应识别根据所宣示目标/指标（如可持续发展目标）实现可持续发展的路径所需要的转型干预，以确保“地球健康，人类健康”这一目标的实现。这种转型必须考虑人类以社会经济发展形式扮演的角色、自然系统和人造系统（如基础设施）扰动的角色，以及这些角色之间的互动和相互影响。

19.3 一个将自上而下和自下而上分析方法相结合的新框架

过去几十年，人们已经开发了各种用于开展环境评估和展望的方法，以支持决策。例如，基于模型的情景分析就被用于描述相对于社会经济、技术、环境和政策当前状况和趋势的、是似而非的未来景象（van Vuuren等人，2012年）。在这种方法下，人们预测的情景是对未来状态进行的一种貌似合理但通常非常简化的描述；这种描述是基于人们就关键驱动力及其关系所作的一套连贯的、具有内在一致性的假设进行的（千年生态系统评估，2005年）。因此，这些情景是一种强大的工具，可以帮助人们概念化未来可能发生的变化。通过考量不同子系统（如能源、农业、城市等）和社会关切（健康、经济、气候、空气、淡水、生物多样性等）之间的许多相互关系，从而具体处理不同进展和目标之间的协同效应和取舍，为可持续发展的替代路径将把我们引向何方这个问题提供了见解。鉴于未来的内在不确定性，情景及相关分析还有助于人们对不同问题的未来影响进行评估并激发决策制定的叙述（但需适当注意人们对其确定性及其成功几率的信心程度）。这种方法也被称为自上而下的方法。它通常始于特定政策的考察，然后追踪其因果链条（参见第21章和第22章）。通过评估所涉及各系统的定量代表性、各系统之间的相互联系及用于呈现这些复杂系统的创造性等因素，它为评估所考察政策的潜在有效性提供了可能。

相反，当前正日益突出的参与式方法——也被称为自下而上的方法——是从所观察到的成果开始，然后根据因果关系反向追踪政策干预的（参见第23章）。大多数这类方法都建立在利益相关方和公民的积极参与上，而参与方式则是旨在识别创新理念、实践和解决方案的研讨会、群智和竞赛等活动。参与式方法识别的需求通常具有部门和区域特定性；因此，过去几十年中，这种方法的演变呈现出了多样性。自下而上方法的最大优势体现在三个方面：

i. 它们聚焦于具体地方和区域的发展挑战；
ii. 它们让利益相关方与用户参与到预期分析的规划，及从分析的设计、开发和实施得出知识的过程；
iii. 它们提供了开发特定分析及信息的能力，用于特定部门和/或区域。

自下而上的方法确实存在一些局限性。例如，它们拓展至较大规模的能力是有限的；它们在时间进程中的可持续性也是有限的。尽管如此，鉴于决策者对地方和次国家层面信息需求的迅速增加及将利益相关方积极纳入知识开发过程的愿望，这种方法仍然提供了巨大潜力（Jabbour和Flachsland，2017年；Kowarsch等人，2017年）。

因此，《全球环境展望6》采用了自上而下和自下而上的方法描述以目标为导向的未来情景。这种描述参考了《全球环境展望》之前版本中的评估结论及可持续发展目标确立之前的路径分析，是建立在定量情景分析（van Vuuren等人，2015年；同时请参见第21章和第22章）和通过利益相关方研讨会和群智等方法开展的基层参与式分析的基础上的（参见第23章）。这种将不同方法的可取特征结合起来的做法为环境评估和展望体现人地系统不断增加的复杂性及其相互联系提供了巨大潜力，同时也为响应决策者对部门和区域特定信息的需求提供了巨大潜力。《全球环境展望6》进行的展望分析具有一些新特征，具体如下：

- 将自上而下的方法（如路径和轨迹）与自下而上（或参与式）的方法（如改变游戏规则的做法、有效种子和群智）相结合，以确保结果分析的效能和有效性。
- 在一体化情景分析中明确探讨以目标为导向的情景，并将其与文献中的路径演变联系起来，同时特别关注在实现人类福祉和环境等目标方面的协同效应和取舍问题，从而聚焦于“如何”这一问题。
- 通过区域和部门利益相关方研讨会和群智平台将利益相关方纳入知识开发、实施和传播过程，从而为成果的分析、检验和改进提供投入物。
- 在知识开发全过程中——不仅仅是就最终产品——与决策者（如政策专家）进行沟通，并利用创新手段传播评估成果，从而提高其在政策和实际决策中的采用率。

《全球环境展望6》考察的、自上而下的全球路径是建立在对现有成果进行回顾的基础上的。作为可推动变革的潜在路径，它们可分为三类（荷兰环境评估署，2012年；van Vuuren等人，2012年），即：

i. 可作为变革主要原因的技术创新；
ii. 消费选择和行为的变化；
iii. 倾向于地方化和社区级活动的放权式创新。

《全球环境展望6》中评估的自下而上的方法体现了全球理想未来相关实践、理念和愿景的丰富性。麻省理工学院集体智慧研究中心的气候共同实验室平台（Malone等人，2017年）、被称为“美好人类纪种子（Seeds of Good Anthropocenes）”的系列倡议（Bennett等人，2016年）、欧盟委员会第七框架项目

资助的路径项目（Kok等人，2015年；请参见第23章）等都是这种丰富性的例子。作为一个整体，这些方法为可持续发展目标及其它多边环境协议成功实施所需要的科学分析的开展提供了可能（欧盟委员会，2016年；Patterson等人，2017年）。

19.4 层级的角色

层级在环境评价中扮演着关键角色（Gibson，Ostrom和Ahn，2000年；Cash等人，2006年；Vervoort等人，2012年），因为大多数环境问题都同时涉及多个层面（即地方、国家、区域和全球等）。宏观层面的社会转型理念可为微观层面非主流、激进实践和技术创造机会，使其能替代体制层面的旧有社会和技术实践（即社会与技术活动特定领域的现状）（Geel和Schot，2007年）。适用于社会生态系统的其它许多转型理论都包含以下普遍观点，即微观实践导致的自下而上的变革与宏观社会转型和政策及经济活动变化导致的自上而下的变革之间的某种互动可推动转型的发生（Feola，2015年；Patterson等人，2017年）。

气候变化及其影响可以说明这个问题。首先，生物物理过程发生在全球（二氧化碳浓度）、大洲（天气模式）和地方（土地—气候之间的互动）等不同层面。其次，层级在解决方案中也扮演着关键角色。例如，尽管国际气候政策是在全球层面谈判确定的，但它仍需在国家和地方层面进行实施。因此，层级之间的联系应成为环境评估和展望以及政策和行动建议的一个重大考量（Zurek和Henrichs，2007年）。人造系统与自然系统各个层级之间的错配可导致消极环境影响的产生。例如，一条江河的整个流域都可能会因为不同国家之间的竞争而崩溃（Cumming，Cumming和Redman，2006年）。

不同层级之间的一体化在识别具有共同效益的有效政策和行动方面扮演着重大角色（Palazzo等人，2017年）。例如，具体政策建议的识别应考虑（政府、私营部门、公民社会及其它）需要创建什么样的政策环境这个问题，从而使自下而上的创新性进程能够通过升级到较高级别并深刻纳入未来评估的方式得以发展壮大（Moore，Riddell和Vocisano，2015年；Mason-D' Croz等人，2016年）。这意味着，不同部门的决策者要就政策、战略和投资的规划获取有用信息，从而推动其部门和相关领域的转型变革。

本报告C部分采用的自上而下和自下而上方法的互补特征使得在情景和战略的评估中考虑层级及其互动成为了可能。这种互补可以将协同效应最大化，同时将取舍情形最少化，以找出实现可持续发展目标及其它多边环境协议的潜在路径。

19.5 《全球环境展望6》C部分的路线图

在之前的评估特别是《全球环境展望5》（联合国环境规划署，2012年）的基础上，《全球环境展望6》的焦点已经转移到了“什么”和“如何”这两个问题的组合及相关方法上，以评估全球目标和指标相关挑战和机遇方面的科学知识现状。目前，人们已经有了一个普遍的、变革性的、一体化的可持续发展目标，即《2030年可持续发展议程》（但其并未明示这一点），从而能够以更加连贯的方式将一系列范围广泛的多边框架和协议的目标结合在一起。本报告C部分旨在探讨实现这些框架和协议（如可持续发展目标、国家自主减排贡献计划、爱知生物多样性目标等）多重目标和指标过程中的协同效应（共同效益）和取舍问题（对立方面），而不是分析如何单独实现个别指标这种问题。在这一探讨过程中，以下两个问题具有指导意义，即：

- 如何才能实现可持续发展目标及相关多边环境协议中的环境方面的目标？
- 长期可持续性的实现需要什么样的中长期战略？

《全球环境展望6》的展望章节（即本报告C部分）旨在通过将自上而下的、基于模型的情景分析与自下而上的参与式倡议生成的信息相结合的方式回答这两个问题（参见第19.2节）。这样做的目的是说明如何才能将这两种方法结合起来满足国家和次国家及区域和全球层面决策者的信息需求这一问题。

后续章节探讨了下列关键要素：

- 制定定量型2050年长期愿景——该愿景应包含可持续发展目标及相关多边环境协议的关键环境目标（第20章）；
- 评估长期趋势并探讨潜在实施差距（第21章）；
- 识别实现上述长期愿景的潜在路径，同时特别关注所评估广泛目标之间的许多相互联系上（第22章）；
- 在未来路径的背景下评估创新型倡议和改变游戏规则的做法（第23章）；
- 探讨实现《全球环境展望6》主题即“地球健康，人类健康”的出路（第24章）。

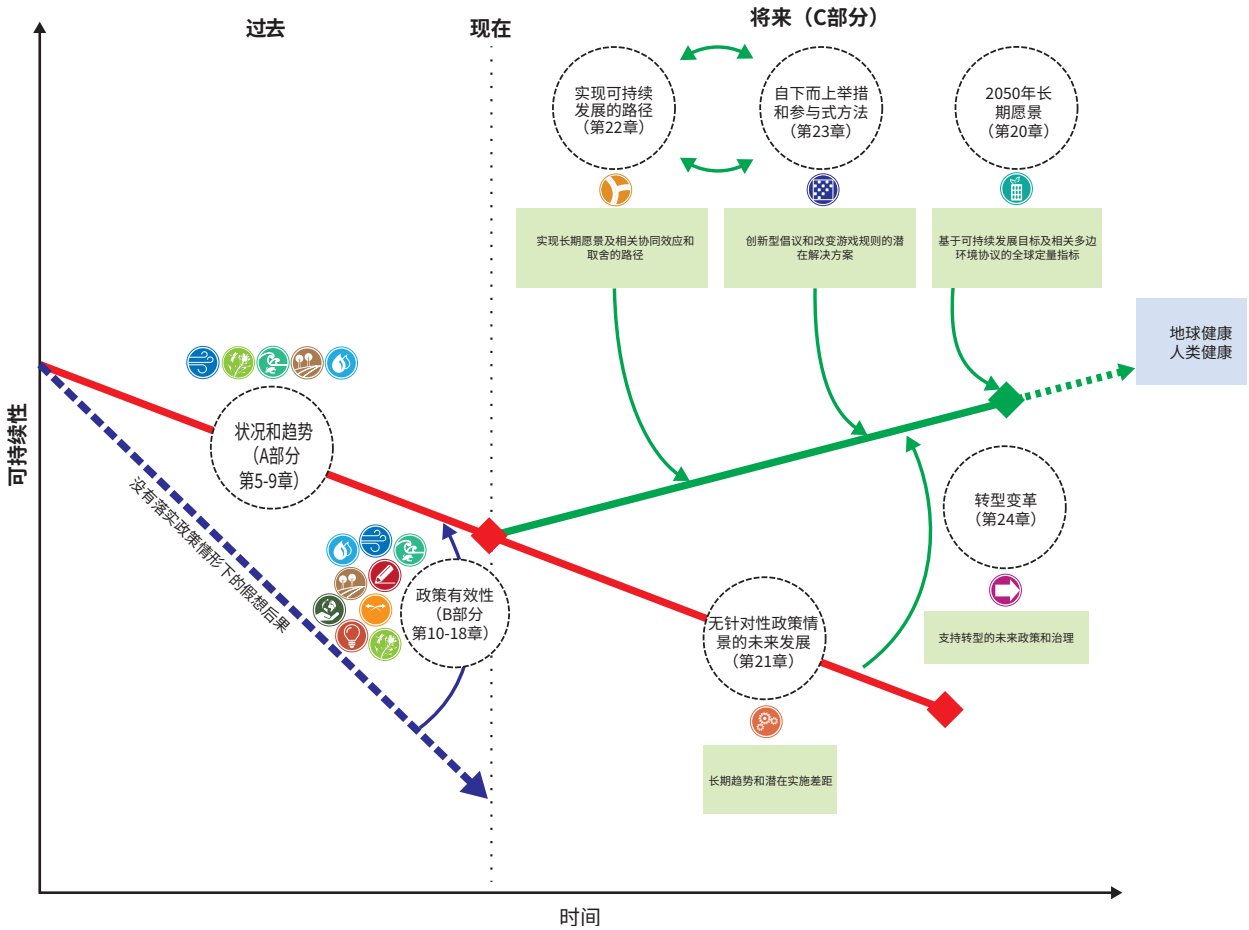
第20章将可持续发展目标及相关多边环境协议的中长期愿景转化成了更加简洁、更具量化性质的具体目标，并将重点放在了粮食—水—能源的关联上。为此，该章

从这些框架和协议中提取了现有信息，选择了一些“地球健康，人类健康”相关的关键环境优先事项，并明确了用于追踪进展的指标和量化目标水平。第21章和第22章对基于模型的情景相关文献（即自上而下的方法）进行了评估，以探讨人地系统的当前趋势，及实现长期愿景需要选择的路径。作者们没有开发新的情景，而分析和评估也都是基于现有情景（如共享式社会经济路径）进行的。在第21章中，情景分析对当前趋势进行了聚焦，并明确了这些趋势与第20章确定的目标之间的潜在实施差距。相比之下，第22章则明确了可通过互补、全面的方式实现系列目标的路径。作为一个整体，这三章提供了一个基于解决方案的视角，包括已明确的路径之间的潜在取舍和协同效应等内容。

第23章聚焦于当前趋势与建立在基层参与式方法之上的可持续路径（即自下而上的方法）之间的差距。与基于模型的情景类似，该章明确了当前和未来倡议及最佳实践的一个组合，以实现单个或多个可持续发展目标及其指标。这种方法的一大优势，是其考虑了不同主体的角色。为开展这种差距分析，人们可利用自上而下的情景对自下而上的倡议进行规划。这种规划有助于克服与所谓的改变游戏规则的、自下而上的战略有关的重大挑战。由于这类战略通常具有地域和/或部分特异性，因此，这种规划有助于评估其在全球层面的可行性和效益。

最后，第24章呈现了整个C部分提出并考察的一体化全面方法得出的信息。这种信息有助于开发并实施有效政策和实践，以便协同实现可持续发展目标及多边环境协议。简而言之，该章探讨的是上述方法将如何助力转型发展路径以实现“地球健康，人类健康”。

图19.1：关于《全球环境展望6》C部分各章内容及其相互关系和推动人地系统全面分析评估以识别转型发展路径方式的概念构建



资料来源：根据van Vuuren等人（2015年）这一文献改编

参考文献

Arts, J., Runhaar, H.A.C., Fischer, T.B., Jha-Thakur, U., Laerhoven, F.V., Driessen, P.P.J. *et al.* (2012). The effectiveness of EIA as an instrument for environmental governance reflecting on 25 years of EIA practice in the Netherlands and the UK. *Journal of Environmental Assessment, Policy and Management* 14(4). https://doi.org/10.1142/S1464333212500251

Bennett, E.M., Solan, M., Biggs, R., McPhearson, T., Norström, A.V., Olsson, P. *et al.* (2016). Bright spots: Seeds of a good Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(8), 441-448. https://doi.org/10.1002/fee.1309.

Cash, D.W., Adger, W.N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P. *et al.* (2006). Scale and cross-scale dynamics: Governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society* 11(2). http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art8/.

Cumming, G.S., Cumming, D.H.M. and Redman, C.L. (2006). Scale mismatches in social-ecological systems: Causes, consequences, and solutions. *Ecology and Society* 11(1), 14. http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art14/.

Dye, C. (2018). Expanded health system for sustainable development: Advance transformative research for 2030 agenda. *Science* 359(6382), 1337-1339. https://doi.org/10.1126/science.aaq1081.

European Commission (2016). *Exploring Transition Pathways to Sustainable, Low Carbon Societies.* https://cordis.europa.eu/project/rcn/111082_en.pdf.

Feola, G. (2015). Societal transformation in response to global environmental change: A review of emerging concepts. *Ambio: A Journal of the Human Environment* 44(5), 376-390. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0582-z.

Fischer, T.B. and He, X. (2009). Differences in perceptions of effective sea in the UK and China. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 11(4), 471-485. https://doi.org/10.1142/S1464333209003452.

Geels, F.W. and Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36(3), 399-417. https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003.

Gibson, C.C., Ostrom, E. and Ahn, T.K. (2000). The concept of scale and the human dimensions of global change: A survey. *Ecological Economics* 32(2), 217-239. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00092-0.

Ho, C.S., Matsuyoka, Y., Chau, L.W., Teh, B.T., Simson, J.J. and Gomi, K. (2013). Blueprint for the development of low carbon society scenarios for Asian regions- case study of Iskandar Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 16(012125). https://doi.org/10.1088/1755-1315/16/1/012125.

Jabbour, J. and Flachsland, C. (2017). 40 years of global environmental assessments: A retrospective analysis. *Environmental Science and Policy* 77 (193-202). https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.001.

Kok, K., Pedde, S., Jäger, J. and Harrison, P. (2015). *European Shared Socioeconomic Pathways.* http://impressions-project.eu/getatt.php?filename=IMPRESSIONSReport_EuropeanSSPs_13773.pdf.

Kok, M.T.J., Kok, K., Peterson, G.D., Hill, R., Agard, J. and Carpenter, S.R. (2017). Biodiversity and ecosystem services require IPBES to take novel approach to scenarios. *Sustainability Science* 12(1), 177-181. https://doi.org/10.1007/s11625-016-0354-8.

Kowarsch, M., Jabbour, J., Flachsland, C., Kok, M.T.J., Watson, S.R., Haas, P.M. *et al.* (2017). A road map for global environmental assessments. *Nature Climate Change* 7(6), 379-382. https://doi.org/10.1038/nclimate3307

Mahboubi, P., Parkes, M.W. and Chan, H.M. (2015). Challenges and opportunities of integrating human health into the environmental assessment process: The Canadian experience contextualized in international efforts. *Journal of Environmental Assessment, Policy and Management* 17(4). https://doi.org/10.1142/S1464333215500349.

Malone, T.W., Nickerson, J.V., Laubacher, R.J., Fisher, L.H., de Boer, P., Han, Y. *et al.* (2017). Putting the pieces back together again: Contest webs for large-scale problem solving. *ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing*. Portland, OR, 25 February-1 March 2017 http://mitsloan.mit.edu/shared/ods/documents/?DocumentID=2711

Mason-D'Croza, D., Vervoort, J., Palazzo, A., Islam, S., Lord, S., Helfgott, A. *et al.* (2016). Multi-factor, multi-state, multi-model scenarios: Exploring food and climate futures for Southeast Asia. *Environmental Modelling and Software* 83, 255-270. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.008.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis.* Washington D.C.: Island Press. https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf.

Moore, M., Riddell, D. and Vocisano, D. (2015). Scaling out, scaling up, scaling deep: Strategies of non-profits in advancing systemic social innovation. *Journal of Corporate Citizenship* (58), 67-84. https://www.ingentaconnect.com/contentone/glbj/jcc/2015/00002015/00000058/art00009.

Palazzo, A., Vervoort, J.M., Mason-D'Croz, D., Rutting, L., Havlík, P., Islam, S. *et al.* (2017). Linking regional stakeholder scenarios and shared socioeconomic pathways: Quantified West African food and climate futures in a global context. *Global Environmental Change* 45, 227-242. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.12.002.

Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., van der Hel, S., Widerberg, O., Adler, C. *et al.* (2017). Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 24, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.09.001.

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2012). *Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals By 2050.* The Hague. https://goo.gl/1vX3FC.

Reid, W.V. and Mooney, H.A. (2016). The millennium ecosystem assessment: Testing the limits of interdisciplinary and multi-scale science. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 19, 40-46. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.11.009.

Simson, J.J. (2012). *Study on Sustainable Low Carbon Society in Malaysian Regional Development.* Kyoto University https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/157521/2/D_SIMSON_Janice%20Jeevamalar.pdf

United Nations Environment Programme (2012). *Global Environment Outlook 5: Environment for the Future We Want.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

van Vuuren, D.P., Kok, M., Lucas, P.L., Prins, A.G., Alkemade, R., van den Berg, M. *et al.* (2015). Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: Explorations using the IMAGE integrated assessment model. *Technological Forecasting and Social Change* 98, 303-323. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.005.

van Vuuren, D.P., Kok, M.T.J., Girod, B., Lucas, P.L. and de Vries, B. (2012). Scenarios in global environmental assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* 22(4), 884-895. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001.

Vervoort, J.M., Rutting, L., Kok, K., Hermans, F.L.P., Veldkamp, T., Bregt, A.K. *et al.* (2012). Exploring dimensions, scales, and cross-scale dynamics from the perspectives of change agents in social–ecological systems. *Ecology and Society* 17(4), 24. https://doi.org/10.5751/ES-05098-170424.

Zurek, M.B. and Henrichs, T. (2007). Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technological Forecasting and Social Change* 74(8), 1282-1295. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.11.005.

第 20 章

2050年长期愿景

©Unsplash/Casey Horner

领衔作者兼协调负责人：Paul Lucas（荷兰环境评估署）

领衔作者：Mark Elder（全球环境战略研究所），Detlef van Vuuren（荷兰环境评估署）

贡献作者：Fintan Hurley（职业病研究所）

执行摘要

为评估可持续发展目标（SDG）及相关多边环境协议（MEA）未来的实现进展，人们必须将基本目标转化为更加简洁、更具量化性质的一整套目标（充分证实）。可持续发展目标涵盖了范围广泛的众多议题，而其中大部分目标包括非环境目标都涉及环境问题。对可持续发展目标及相关多边环境协议的目标进行解读、以便未来开展进展评估时，人们会面临一系列挑战。首先，要使评估有针对性，人们必须明确一系列子目标。其次，这些子目标要能够利用明确指标进行量化，且指标要有明确的目标值。{20.2；20.3}

根据其应对人类福祉、可持续生产和消费及自然资源的方式，可持续发展目标可被归入不同组群（不完全证实）。2030年可持续发展议程强调，总体目标和子目标是一体的，不可分割的，其目的都是为了创建连贯一致的可持续性政策。可持续发展目标如何才能以协同方式得到实施在2030年议程中并不明显。为揭示同时实施多个可持续发展目标情况下可能出现的取舍问题和协同效应，同时也为了指出这些相互联系的治理方式，我们可将可持续发展目标分为聚焦于社会目标或广义上的人类福祉的目标、涉及资源获取和利用的可持续生产和消费方面的目标和应对自然资源保护和管理的目标。这些目标都是双向联系的，因为环境提供了自然资源，而自然资源又是人类发展和福祉最终赖以存在的依据。不可持续的资源利用可对人类和地球两者都产生不利影响，从而要求人们制定专注于可持续生产和消费及自然资源及其效益的公平分配的政策。因此，人类健康方面的效益取决于可持续发展目标整体，而不仅仅是那些与健康或福祉明确相关的目标。{20.3}

可持续发展目标环境方面的具体指标可根据国际社会在多边环境协议中达成了一致的目标和科学文献进一步量化（不完全证实）。尽管可持续发展目标下的许多具体指标已经明确且量化，但对许多环境相关子目标而言，情形远非如此——无论是就定量还是定性而言。对于许多问题，如气候变化和生物多样性的丧失，多边环境协议中的目标更为具体。因此，可持续发展目标的子目标的量化可建立在多边环境协议之上。在国际社会达成了一致的环境目标缺失的情况下，人们可用所谓的基于科学的目标替代。这种目标是建立在科学文献确立的生物物理极限之上的。{20.4}

《全球环境展望6》的情景评估是围绕着粮食—水—能源的联系进行的，它与该报告中的五大环境议题及相关多维度贫困和健康问题相关。《全球环境展望6》情景评估对象即目标的选择以自然资源的使用为中心，并以粮食和农业（可持续发展目标2）、水资源（可持续发展目标6）和能源（可持续发展目标7）等领域可持续发展目标致力于解决的并与这些目标相关的挑战为重点。一方面，自然资源的使用与人民获得食物、水和能源的社会目标相关，进而又与相关健康影响相关（可持续发展目标3）；另一方面，自然资源的使用又与这种使用需要并受这种使用影响的自然资源的数量和质量相关（可持续发展目标13、14和15）。这种聚焦和进一步的量化为可持续发展目标及相关协议的环境维度提供了一个一体化视角。从这种视角得出的、作为情景评估对象的一整套目标并非全球共识目标的替代物，而是它的一个子集抑或代表，是后续章节的分析对象。{20.4}

20.1 引言

可持续发展路径的分析需要长期愿景。在理想状态下，这种愿景可以总结为一套作为全球共识的关键定量目标或指标。2015年通过的《2030年可持续发展议程》通过17项可持续发展目标勾勒出了可持续发展的概念，同时通过169项子目标和232项指标提出了可持续发展的具体操作方法（联合国，2015a；参见附件4-1）。这个议程规划了一个雄心勃勃的、具有转型性质的2030年愿景。可持续发展目标致力于解决范围广泛的一系列问题，其中包括消除贫困，面向可持续、有韧性社会的转型、保护和管理自然资源等。此外，可持续发展目标及其子目标还与若干多边环境协议（MEA）相关。作为一个整体，可持续发展目标及其相关多边环境协议提供了一套全球共识目标，为面向长期可持续发展的转型提供了指导。

在本章中，我们为《全球环境展望6》的情景分析定义了一个长期愿景，即2030年之后的愿景。这个愿景以可持续发展目标这套一体化全面目标为起点，遴选了一些关键的环境相关目标，并在相关情形下利用多边环境协议或科学文献中的目标对这些目标进行了量化。这一长期愿景聚焦于与本报告A部分（全球环境状况）所述五大议题相关的全球环境目标及相关多维度贫困和健康目标，从而与《全球环境展望6》的主题即“地球健康，人类健康”形成了对应。第21章和第22章对现有情景文献进行了评估，以探讨这些目标及实现这些目标的路径的未来发展情况。

20.2 可持续发展目标的环境维度

1972年，作为联合国人类环境会议的一部分，世界各国一致认为，自然资源应得到保护，而污染则不应超过环境的自我清洁能力（联合国，1972年）。自1972年起，联合国会议、峰会和国际协议的激增导致了环境保护和可持续人类发展相关目标的设定（Jabbour等人，2012年）。2015年和2016年是环境多边主义发展的里程碑节点，这很大程度上要归功于五大全球框架包括《巴黎协议》（《联合国气候变化框架公约》，2015年）和《2030年可持续发展议程》（联合国，2015a）的制定和通过。

《2030年可持续发展议程》明确宣示了其总体目标和子目标一体化的性质。可持续发展目标涵盖了范围广泛的一系列环境议题（参见第1.5节），而其中大部分（经济合作与发展组织，2015年；联合国环境规划署，2015年；Lucas等人，2016年；Reid等人，2017年）包括非环境目标（Elder和Olsen，2019年）都涉及了环境问题。

一半以上的可持续发展目标都有环境这个焦点和/或涉及自然资源利用的可持续性，而大多数可持续发展目标至少都包含一项涉及环境可持续性的子目标（联合国环境规划署联合国环境大会，2016年）。这些子目标都直接（即空气、气候生物多样性、海洋、土地和淡水）或间接（如通过健康、教育、农业、饮用水和卫生、能源、治理和制度等）与实体环境的质量有关。12项可持续发展目标是通过自然资源的可持续利用促进人类福祉的，10项只有在自然资源使用效率以可持续方式得到改善的情况下才可能实现（联合国环境规划署，2015年）。但是，尽管可持续发展目标的许多子目标已经明确并量化，但许多环境相关子目标却没有（Gupta和Vegelin，2016年；Elder和Olsen，2018年）。这使得确定一套环境相关子目标并在定量情景分析中对其进行评估的努力变得更加困难了。

20.3 可持续发展目标的一体化视角

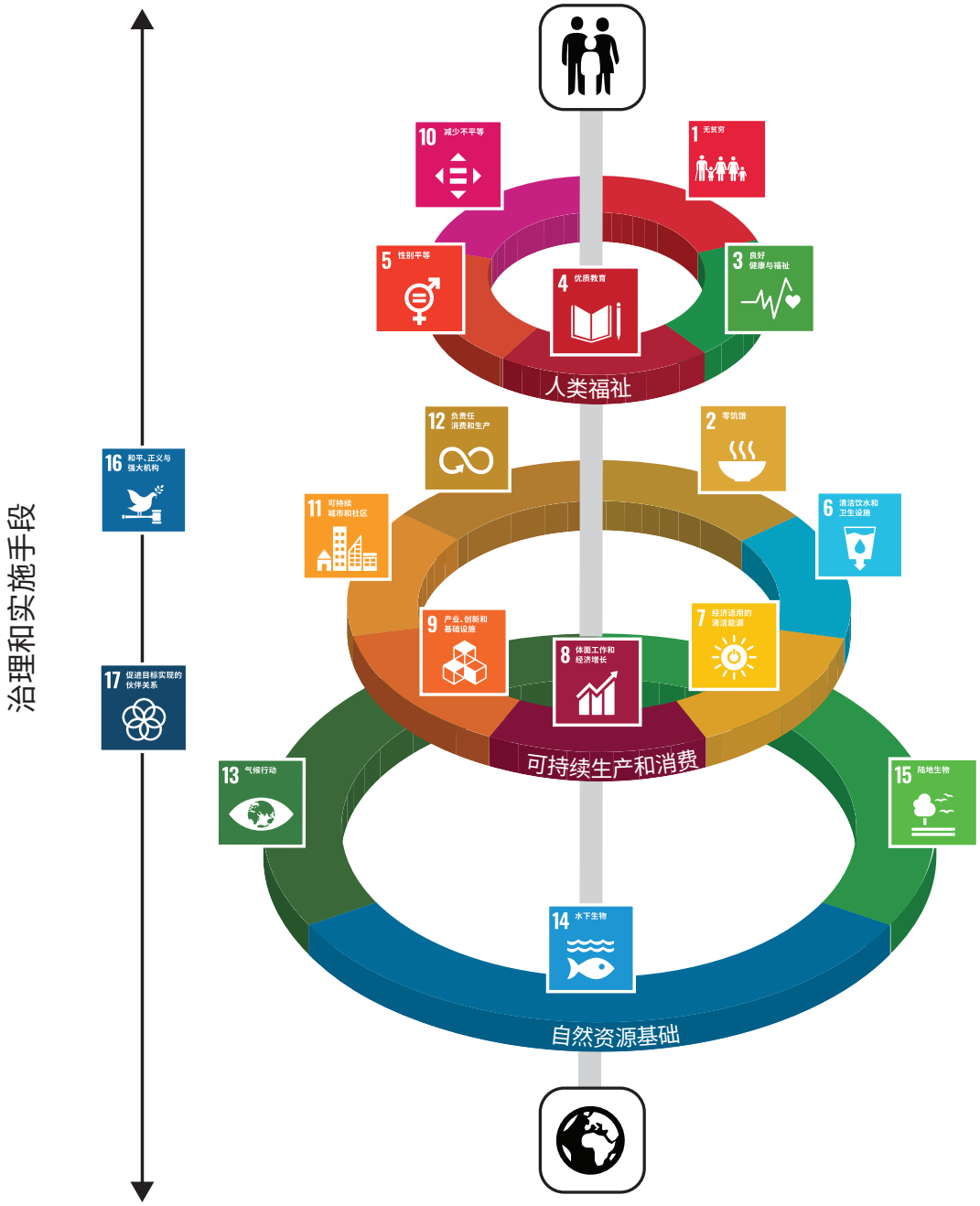
《2030年可持续发展议程》强调，可持续发展目标下的总体目标和子目标是一体的，不可分割的，其目的都是为了提高可持续性目标的连贯性（联合国，2015a）——这意味着，它们是以不同方式相互依存的（Nilsson，Griggs和Visbeck，2016年）。刻意强调可持续发展目标之间的相互联系和协同效应可提高可持续发展目标实施的有效性，并降低实现单个总体目标和子目标的总体负担和成本（Elder，Bengtsson和Akenji，2016年；联合国环境规划署，2016年）。但是，尽管可持续发展目标及其子目标相当直白，但如何实现其一体化在《2030年可持续发展议程》中并不明显（国际科学理事会和国际社会科学理事会，2015年）。此外，人们对一体化全面方法的系统属性也知之甚少（Weitz等人，2017年）。尽管如此，整个科学界都已呼吁在可持续发展目标的实施过程中采用一体化方法（Weitz，Nilsson和Davis，2014年；联合国，2015b；Boas，Biermann和Kanie，2016年；Lucas等人，2016年；Yillia，2016年；Stafford-Smith等人，2017年）。为此，人们还提出了一些允许对可持续发展总体目标和子目标之间的互动进行描述和评分的框架（Nilsson等人，2016年；Nilsson，Griggs和Visbeck，2016年；国际科学理事会，2017年；Weitz等人，2017年；Zhou，Moinuddin和Xu，2017年；Singh等人，2018年）。

各项研究都已从不同视角并利用不同方法对总目标和子目标之间的相互联系进行了分析。例如，将总目标和子目标视为一个网络，在这个网络中，总目标之间的联系是通过同时涉及多项子目标并建立在定量模型上来实现的（联合国，2015b；van Vuuren等人2015年；Collste，Pedercini和Cornell，2017年）的子目标联系起来的（国际科学理事会和国际社会科学理事会，2015；Le Blanc，2015年；联合国环境规划署，2015年；Zhou和Moinuddin，2017年）。此外，研究人员还开发了各种框架，以创建总体目标的结构化体系，揭示潜在取舍问题和协同效应，并指出管理总体目标之间互动的方法（Griggs等人，2013；Nilsson，Lucas和Yoshida，2013年；Lucas等人，2014年；Waage等人，2015a；Waage等人，2015b；Elder，Bengtsson和Akenji，2016年；Folke等人，2016年；Gupta和Vegelin，2016年；Reid等人，2017年）。

总之，这些框架揭示了可持续发展目标的一个嵌套结构（**图20.1**）。一些可持续发展目标聚焦于生活和生计或人类福祉方面的社会目标（可持续发展目标1、3、4、5、10）；一些则从资源利用或安全视角或更广泛的视野如工业或城市视野（可持续发展目标8、9、11、12）探讨了可持续生产和消费（可持续发展目标2、6、7）；还有一些则从环境或自然资源基础的角度探讨全球公共产品问题（可持续发展目标13、14、15）。最后，这些目标都得益于一项治理目标（可持续发展目标16）和一项旨在解决实施手段问题的目标（可持续发展目标17）的支持。

可持续发展目标的结构化方式与《全球环境展望6》的主题相关："人类健康"相关目标处于最顶端（人类福祉的一部分），而"地球健康"相关目标则处于最底端（自然资源基础）。可持续发展目标的群组是双向联系的，因为健康地球是经济、人类发展和人类终极福祉包括健康的基础。不可

20.1：可持续发展目标分类和分组框架



资料来源：荷兰环境评估署（2017年）

持续的资源利用、废弃物和污染等问题均可对自然资源基础和人类福祉产生负面影响。因此，中间目标即涉及可持续生产和消费及产品和服务公平分配的目标扮演着一个关键角色。

图20.1中的结构大体上对应着《2030年可持续发展议程》前言部分提及的、具有重大意义的五个领域，即人类、地球、繁荣、和平和伙伴关系这五个领域（联合国，2015a）。这个结构还呈现出了与Raworth（2012年；2017年）提出的面包圈模型的相似性：在社会基础（人类福祉）与环境边界（自然资源基础）之间，是一个面包圈形状的领域。这个面包圈模型凸显了人类福祉对健康环境的依赖性，同时还强调了改善收入和资源利用公平及提高后者效率的必要性（Raworth，2017年）。最后，这个结构还与Herman Daly最初提出的三角形或金字塔模型有关。Daly的这个模型的底部是终极手段，顶部是终极目的，将人类福祉、经济发展和自然资源现状纳入了一个全面框架（Daly，1973年；Meadows，1998年；Pinter等人，2014年）。在这个框架下，终极手段指底部的自然资源基础和地球的生命支持系统（相当于**图20.1**底部的环形，即自然资源基础），中间手段指物质经济（相当于**图20.1**的中间一环，即可持续生产和消费），中间目的代表个人能力和机构的条件和运作（相当于**图20.1**顶部的一环，即人类福祉），而终极目的则是人类福祉或幸福（Pinter等人，2014年）。

应该指出的是，大多数可持续发展目标都可归入不同的群组，因为每一可持续发展目标都是通过多项子目标实施的。例如，可持续发展目标2就包括涉及人类福祉（如减少饥饿和营养不良）、可持续资源使用（如倡导可持续农业）和自然资源基础（如维护农业生物多样性）等方面的子目标。**图20.1**中可持续发展目标的结构是根据环境视角下的解读创建的。在这一视角下，可持续发展目标2应该实现可持续农业这一目标。

尽管并没有明示，但《2030年可持续发展议程》及可持续发展目标在强调消除贫困这一目标的同时都暗示可持续发展为全局性目标（Elder，Bengtsson和Akenji，2016年）。因此，许多可持续发展目标都是实现消除贫困这一目标（即人类健康、福祉和安全）的手段或中间步骤。也就是说，最顶上的一环包含了旨在通过改善健康和教育创造个人和集体福祉的社会目标或以人为本的目标，从而确保了个人和国家之间及内部的公平分配（Waage等人，2015a）。这些目标可视为人类福祉的最低标准，但教育、健康和性别平等（仅例举）等目标的实施也有产生协同效应的机会。这些以人为本目标的实现严重依赖于可持续生产和消费及产品和服务公平分配等相关目标的实现，而在广义上，则依赖于经济、基础设施、城市和工业等相关目标的实现。

粮食、水和能源的安全是实现诸如消除贫困和改善健康之类社会目标所需要的重要资源。作用于这些资源的目标必须涵盖资源的两个显著方面，即：(i) 资源的获取——这涉及贫困的消除；(ii) 资源的可持续使用——这涉及资源供应的长期保障。与此同时，粮食、水和能源的生产是高度相互联系的。例如说，水是粮食和能源生产所必需的，而能源又是水和粮食生产所必需的。这就是所谓的粮食—水—能源的联系（Hoff，2011年；联合国粮农组织，2014年）。这些资源目标与作用于产品和服务生产的、以实现社会目标为目的的、聚焦于经济的目标是相伴相生的。这些经济目标专注于经济系统（经济增长和就业）、基础设施和可持续工业化、人类住区及广义上的可持续生产和消费。从环境的角度看，这些目标是为了实现旨在改善人类福祉的努力与这种努力在不同背景下对自然资源产生的消极影响的脱钩。

这些二级资源和经济目标的实现取决于生物物理系统或自然资源基础包括气候、海洋、土地和生物多样性的状态（可持续发展目标关于淡水的部分在这里也适用）。这些目标涉及地球系统关键组成部分的保护、节约、恢复和可持续利用。它们与为确保环境的长期可持续性或地球边界而面临的生物物理限制直接相关（Rockström等人，2009年；Steffen等人，2015年）。

中间一环的目标将环境议题（如生物多样性的丧失、气候变化和海洋酸化）和社会主题（如健康、公平机会和劳动条件）与经济活动、产品和市场联系起来了。这些目标面临的挑战是如何在旨在消除贫困和改善人类福祉的目标与旨在作用于自然资源基础的目标之间实现协同效应，并减少潜在的取舍问题。换句话说，人类福祉的改善不应以自然资源基础为代价，而地球的保护则应惠及所有人，不应干扰减贫。此外，中间的这些目标还面临着服务于多重目标（如土地、水和能源资源相关目标）所需要的资源的竞争。为解决这些挑战，面向更具可持续性生产和消费的转型是必要的。从生产的角度看，这要求经济增长与环境退化的脱钩，包括生产工艺的清洁化、资源效率和企业责任的改善等。从消费的角度看，这要求生活方式、消费喜好和消费者行为的变革（Bizikova等人，2015年）。

20.4 长期愿景：选取的目标和指标

在解读可持续发展目标的子目标及其相关指标的具体数值时，人们会面临一系列挑战。由于数据和时间的限制，评估可持续发展目标下所有子目标的未来发展及潜在实现路径是不可能的。此外，这种分析还因现有情景文献的范围和这些研究赖以进行的一体化评估模型而受到了限制（参见第21章）。因此，有必要从这些子目标中选取一些进行评估。除子目标选取这一挑战外，可持续发展目标下的许多环境相关子目标不仅定义宽泛，而且/抑或是用非定量方式表述的（Lucas等人，2016年）。为评估可持续发展目标环境维度的实现路径，所选取的子目标必须是定量的，要求有明确的指标及目标值。

可持续发展目标下这种子目标的选取和组织利用了**图20.1**所示的可持续发展目标分组方法。在相关的情况下，我们还用多边环境协议和科学文献（基于科学的子目标）中的定量目标对这些子目标进行了量化。子目标的选取是围绕着粮食—水—能源的关联进行的，并将重点放在了粮食和农业（可持续发展目标2）、水资源（可持续发展目标6）和能源（可持续发展目标7）等领域可持续发展目标致力于解决的且与这些可持续发展目标相关的挑战上。这种选取将自然资源利用放在了中心位置（可持续生产和消费），同时涵盖了人类资源获取及相关健康影响相关的社会目标（人类福祉）和人类使用需要的且受人类使用影响的环境资源的数量和质量方面的环境目标上（自然资源基础）。其中，人类福祉（**表20.1**）和自然资源基础（**表20.2**）方面选取的子目标属于终端目标，服务于“地球健康，人类健康”这一总体目标。另一方面，可持续生产和消费方面选取的子目标（**表20.3**）属于努力或活动相关目标，与终端目标的实现相关。

围绕自然资源基础选取的子目标与《全球环境展望6》A部分所述五大环境主题（即空气、生物多样性、海洋、土地和淡水）及气候变化相关。此外，这些子目标还涉及《全球环境展望6》中的一系列跨领域问题（参见第4章），健康、气候变化、能源和粮食系统是其中最为明显的代表。化学品和废弃物及废水是《全球环境展望6》中探讨的其它两大跨领域新问题：它们是全球都关注的问题，也是多个可持续发展目标致力于解决的问题。但是，科学文献中普遍缺乏关于化学品和废弃物流未来发展的研究和情景假设（参见**专栏21.1**）。因此，化学品和废弃物及废水并没有作为单独问题在本章中阐述。这两大问题在可持续发展目标背景下的深入探讨可参见联合国环境规划署2019年即将发布的第二期《全球化学品展望》和《全球废弃物管理展望》这两份文献。

对于每一被选取子目标，我们都选择了一项（在相关的情况下为两项）用于追踪这一子目标实现进展的指标。针对可持续发展目标，联合国大会通过了一个包含232项指标的可持续发展目标指标框架（联合国，2017年）。目前，所有被选取指标都在开发当中，以提供每一指标从目前至少到2030年之前这一期间的可靠、（可持续发展目标6）、可持续生产和消费（可持续发展目标12）、海洋资源的保护和可持续利用（可持续发展目标14）和陆地生态系统的保护和可持续利用（可持续发展目标15）的若干指标的管理机构（联合国，2018年）。除充当可持续发展目标这些指标的管理机构外，联合国环境规划署还涉及具有环境维度的其它大多数可持续发展目标具体指标的管理。本章所选择的指标都尽可能多地与这些全球共识指标建立了联系。

应该注意的是，所选取指标旨在追踪全球层面的进展；因此，它们并非总是与国家或次国家层面的状况相关。而且，许多指标——特别是涉及可持续生产和消费和自然资源基础的那些——仅涵盖了可持续发展总体目标和子目标致力于实现的部分内容。以城市空气质量为例，拟定指标仅追踪了空气污染物中的一种（直径小于2.5微米和10微米的细微颗粒物，即$PM_{2.5}$和PM_{10}），而实际上，空气污染物还有其它许多种，其中一些还会相互影响（如臭氧、挥发性有机化合物、二氧化硫等）。就健康而言，我们仅选择了一项指标（即5岁以下儿童的死亡率）；这项指标仅反映了可持续发展目标和《全球环境展望6》致力于呈现的、地球、社会和人类健康相互联系的一部分。因此，专注于一项指标对这些子目标的进展进行跟踪的做法应谨慎使用。但是，为了使分析不至于过于宽泛，我们仍选择了有限的子目标进行分析，以尽可能多地反映粮食—水—能源的联系。尽管如此，这些选定的指标大多数都是以官方确定的可持续发展目标指标集为依据的。

除**表20.1**、**表20.2**和**表20.3**呈现的指标和目标值外，第21章和第22章还使用更多指标探讨了多个可持续发展目标的子目标的未来发展情况，包括相关基本进展，同时还探讨了特定指标的潜力及涉及这些指标和所选子目标的重大协同效应和取舍问题。

20.4.1 人类福祉

在人类福祉方面，我们选择了可持续发展目标的五项子目标（**表20.1**）进行评估。总体而言，可持续发展目标就消除贫困和改善人类福祉表达了强有力的定量和定性承诺。它们致力于终结所有形式的贫困，包括饥饿，并致力于实现人人享有清洁饮用水、充足的卫生设施、现代能源服务、医疗保健、教育、工作和住房的目标。

尽管人类健康是《全球环境展望6》“地球健康，人类健康”这一主题的核心，但我们仍仅选择了一项子目标（3.2）和一项指标（3.2.1 五岁以下儿童的死亡率）进行情景分析。五岁以下儿童的死亡率通常被视为生活质量的一个优良

表20.1：人类福祉方面选定的子目标和指标

可持续发展目标的子目标	《全球环境展望6》子目标	相关MEA	指标 *	子目标值	依据	在第21章和第22章中所属的目标集群
2.1到2030年，消除饥饿，确保所有人，特别是穷人和弱势群体，包括婴儿，全年都有安全、营养和充足的食物	消除饥饿	–	2.1.1 营养不良率	2030年为0	可持续发展目标	农业、粮食、土地和生物多样性
3.2 到2030年，消除新生儿和5岁以下儿童可预防的死亡，各国争取将新生儿每1,000例活产的死亡率至少降至12例，5岁以下儿童每1,000例活产的死亡率至少降至25例	消灭五岁以下儿童的可预防死亡案例	–	3.2.1 五岁以下儿童的死亡率	2030年低于25	可持续发展目标	人类健康
6.1到2030年，人人普遍和公平获得安全和负担得起的饮用水	实现人人享有安全饮用水和充足卫生设施的目标	–	6.1.1 使用安全管理的饮用水服务的人口比率	2030年达100%	可持续发展目标	淡水
6.2到2030年，人人享有适当和公平的环境卫生和个人卫生，杜绝露天排便，特别注意满足妇女、女童和弱势群体在此方面的需求		–	使用安全管理的卫生服务的人口比率（6.2.1）	2030年达100%	可持续发展目标	淡水
7.1到2030年，确保人人都能获得负担得起的、可靠的现代能源服务	实现人人享有现代能源服务的目标	–	7.1.1 能够用得上电的人口比率	2030年达100%	可持续发展目标	能源、空气和气候
		–	7.1.2 主要依赖清洁燃料和技术的人口比率	2030年达100%	可持续发展目标	能源、空气和气候

*与可持续发展目标官方指标不同的指标是以斜体显示的，而相关的可持续发展目标官方指标则是在括号中显示的。
MEA =多边环境协议

指标，它受各种环境决定因素的影响，同时还与人类福祉其它子目标密切相关。可持续发展目标设定了2030年之前的具体定量目标。在科学文献中，将五岁以下儿童死亡率未来发展情况与环境风险因素联系起来的情景预测虽然有，但很有限（参见21.3.6节）。但是，五岁以下儿童死亡率也有其局限性。例如，它没有将患病率包括儿童健康的社会心理方面（如安全感和被爱感）及未来可能影响健康和存活的儿童健康的其它方面（参见第4.2.1节）纳入考量。但是，后面提到的这些数据无法在全球范围内经常、可靠地收集到，更不用说将其纳入情景分析背景了。最后，由于其年龄限制，五岁以下儿童的死亡率并没有将其它弱势群体（如老年人和孕妇）纳入考量。因此，儿童死亡率仅仅部分反映了许多不同的政策和措施对人类健康的影响，无论这些政策和措施是一如既往的还是具有变革性的，这些政策和措施将在下面的章节中讨论。

可持续发展目标下的子目标3.9对环境相关特定健康风险因素的表述更为具体；它针对的是危险化学品以及空气、水和土壤污染导致的死亡和患病人数的减少这一问题。与这一子目标相关的具体指标包括可归因于家庭和环境空气污染的死亡率、因不安全用水、环境卫生和个人卫生导致的死亡人数、意外中毒导致的死亡人数等。这些比率基本上都是污染程度本身的反映。实际上，死亡率的控制意味着污染本身的控制，而污染控制则是本章中好几项子目标的焦点，同时还是我们就自然资源基础而选取的若干可持续发展子目标的焦点。因此，所有这些子目标的实现都是《全球环境展望6》“地球健康，人类健康”这一愿景的重要组成部分。

20.4.2 自然资源基础

在自然资源基础方面，我们选择了9项涉及环境资源（即空气、气候、生物多样性、海洋、土地和淡水）数量和质量的可持续发展子目标（**表20.2**）。与人类福祉相比，这些子目标中没有一项有明确的、可用于情景分析的定量目标。每一子目标都致力于“终止”或“减缓”特定类型的环境退化并尽可能多地“恢复”自然系统。

自然资源方面的一些子目标与特定多边环境协议有着明确或隐含的联系，而这些多边环境协议拥有更为明确的定量目标，且/或采用了2030年之后的长期视角。对于这些子目标，其目标值可基于相关多边环境协议的定量指标来确定。关于气候变化的可持续发展目标13仅包含基于过程或活动的子目标，但其明确将《联合国气候变化框架协议（UNFCCC）》作为磋商气候变化全球应对措施的主要国际政府间平台。因此，气候变化方面的子目标可基于《巴黎协议》所述的全球共识目标确立，即“将全球平均气温上升幅度控制在前工业化时期水平之上2°C以内，并努力将全球气温上升控制在前工业化时期水平之上1.5°C以内”（《联合国气候变化框架协议》，2015年）。世界卫生组织（WHO）确立了将$PM_{2.5}$年均浓度控制在10 μg/m^{3}这一水平的空气质量准则（世界卫生组织，2006年），但同时还确立了15 μg/m^3、25 μg/m^{3}和35 μg/m^{3}的中期目标。在这里，我们关注的焦点是$PM_{2.5}$的长期影响，因此使用了暴露于$PM_{2.5}$最低中期控制目标即年均浓度35 μg/m^{3}这一水平下的人口的比率作为空气质量这一子目标的指标。在生物多样性丧失方面，可持续发展目标下的子目标并没有提及终止生物多样性丧失的子目标年份。因此，我们根据《生物多样性公约》生物多样性战略计划（2011-2020年）及爱知生物多样性目标确定了生物多样性丧失方面的目标，即“到2020年，所有自然栖息地包括森林的丧失速度均至少降低一半，并在可行情况下降至零……”（《生物多样性公约》，2010年）。这一目标被Kok等人（2018年，第138页）解读为“发达国家在2020年之前、而发展中国家则自2030年起【终止】生物多样性的丧失”。Kok等人（2018年）使用了平均物种丰富度作为生物多样性影响方面的指标，以追踪这一目标的进展（Alkemade等人，2009年）。平均物种丰富度是衡量生态系统相对于其未干扰状态的完整度的一个指标。具体而言，它是指原始、未干扰状态下物种丰富度的平均变化情况。尽管不同于地球生命指数（Living Planet Index）（可持续发展目标的子目标15.5对应指标），但其在概念上与地球生命指数具有某些重要的相似性。

在没有相关多边环境协议或这类协议缺乏定量目标值的情况下，所选择子目标的目标值仍可基于科学文献确定。地球边界框架就是这种科学文献的一个例子（Hoff和Alva，2017年；Lucas和Wilting，2018年）。这个框架就地球系统九个关键进程承受人类干扰的极限做出了定量描述（Rockström等人，2009年；Steffen等人，2015年）。在全球层面，超越上述任一极限的行为都会增加大规模环境破坏的风险，甚至是引发突然或不可逆转破坏的风险。因此，地球边界框架基于地球系统科学提供了全球环境变化的一个量化安全范围。

淡水质量（de Vries等人，2013年；Steffen等人2015年）和海洋酸化（Steffen等人，2015年）方面的子目标采用了基于地球边界文献得出的地球极限值作为其衡量指标。正如前文所指出的，化学品和废弃物流相关研究和情景在科学文献中基本上是缺失的。因此，淡水质量和海洋污染方面选择的子目标是以营养物（氮和磷）流失为衡量标准的，因为营养物流失方面的情景文献虽然不多，但仍可找到。径流和侵蚀导致的营养物流失可导致淡水和沿海生态系统的富营养化（de Vries等人，2013年；Steffen等人，2015年）。尽管承认了区域分布对影响的重要性，但淡水质量的两项目标仍使用了全球平均值作为其衡量指标。这些目标值的使用仍有一些其它局限性。例如，它们没有将营养物利用效率的未来发展趋势纳入考量，也没有包含其它相关污染源（主要是未经处理的污水）。海洋酸化降低了文石（碳酸钙的一种）的饱和度，增加了海洋生物形成外壳和骨架的难度，而这些外壳和骨架还因酸化而面临着分解的风险。在考虑地理差异的情况下，全球海洋表面文石平均饱和度最终被确定为海洋酸化全球目标的衡量指标（Steffen等人，2015年）。

应该强调的是，地球边界并不是出于政治目的而通过的，它们会因为持续进行的科学辩论而变化。但是，全球环境变化安全范围的确定及共识的达成却是一个政治过程，涉及诸如风险接受、团结和警惕性之类的主观因素（Lucas和Wilting，2018年）。在本章中，地球边界框架确定的地球极限被当作一套基于科学的、应予坚守的目标。还应进一步注意的是，地球系统各项进程的背后还存在着巨大的地理差异，而这也是需要进行监测的。

对于缺水、海洋营养物污染、海洋资源和土地退化方面选取的子目标，目前还没有达成全球共识的指标值或科学、定量的指标值。因此，这些子目标没有设定定量指标值。在可持续发展目标下，缺水的衡量指标为淡水取水量占可用淡水资源总量的比率（可持续发展目标指标6.4.2）。由于这一指标仅涉及地方层面，因此生活在缺水地区的全球人口数被本章用作缺水的一个衡量指标。对于海洋营养物污染这一问题，可持续发展目标下的官方指标为沿海富营养化指数（ICEP）和漂浮塑料垃圾密度。目前，该指标仍在开发之中。在本章中，由于关注的焦点是沿海富营养化问题，因此我们利用了通过径流流入海洋的营养物（氮和磷）作为追踪这一问题进展的一个指标。对于海洋资源的可持续管理这一子目标，利用可持续发展目标下的官方指标中生态可持续限度内的鱼类种群比率的发展趋势这一指标追踪进展情况。可持续发展目标下土地退化的指标为退化土地占土地总面积的比率。这一指标又进一步分成了三个次级指标，即土地覆盖发展趋势、土地生产力和碳储量（《联

表20.2：自然资源基础方面选取的子目标和指标

6.3到2030年，通过以下方式改善水质：减少污染，消除倾倒废物现象，把危险化学品和材料的排放减少到最低限度，将未经处理废水比例减半，大幅增加全球废物回收和安全再利用	改善水质	–	**氮肥使用和生物固氮**	**6200万吨氮/年**	**（de Vries等人，2013年）**	**淡水**
			含磷肥料的使用	620万吨磷/年	（Steffen等人，2015年）	淡水
6.4到2030年，所有行业大幅提高用水效率，确保可持续取用和供应淡水，以解决缺水问题，大幅减少缺水人数	降低缺水程度	–	生活在缺水地区的人口（6.4.2）	未量化	-	淡水
11.6到2030年，减少城市的人均负面环境影响，包括特别关注空气质量，以及城市废物管理等	改善城市空气质量	世界卫生组织准则	暴露在PM2.5年均浓度超过35 µg/m3环境中的人口比率（11.6.2）	2050年为0	（世界卫生组织，2006年）	能源、空气和气候
可持续发展目标13：采取紧急行动应对气候变化及其影响	遏制全球变暖	《巴黎协议》	全球平均温升	2100年温升控制在2.0/1.5°C以内	（《联合国气候变化框架公约》，2015年）	能源、空气和气候
14.1到2025年，预防和大幅减少各类海洋污染，特别是陆上活动造成的污染，包括海洋废弃物污染和营养盐污染	减少海洋营养物污染	爱知生物多样性目标	从淡水系统进入海洋的氮和磷数量（14.1.1）	未量化	-	海洋
14.3通过在各层级加强科学合作等方式，减少和应对海洋酸化的影响	削弱海洋酸化	–	全球海洋表面文石的平均饱和度（14.3.1）	维持在超过2.75Ωarg的水平上	（Steffen等人，2015年）	海洋
14.4到2020年，有效规范捕捞活动，终止过度捕捞、非法、未报告和无管制的捕捞活动以及破坏性捕捞做法，执行科学的管理计划，以便在尽可能短的时间内使鱼群量至少恢复到其生态特征允许的能产生最高可持续产量的水平	可持续管理海洋资源	爱知生物多样性目标	在生态可持续限度内的鱼类种群的比率（14.4.1）	未量化	–	海洋
15.3到2030年，防治荒漠化，恢复退化的土地和土壤，包括受荒漠化、干旱和洪涝影响的土地，努力建立一个不再出现土地退化的世界	实现土地退化的中性	《联合国防治荒漠化公约》和爱知生物多样性目标	土壤有机碳的丧失（15.3.1）	未量化	–	农业、粮食、土地和生物多样性
15.5采取紧急重大行动减少自然栖息地的退化，遏制生物多样性的丧失，到2020年，保护受威胁物种，防止其灭绝	终止生物多样性的丧失	爱知生物多样性目标	平均物种丰富度（MSA）的丧失（15.5.1）	从2030年起低于36%	（Kok等人，2018年）	农业、粮食、土地和生物多样性

*与可持续发展目标官方指标不同的指标是以斜体显示的，而相关的可持续发展目标官方指标则是在括号中显示的。
MEA =多边环境协议

合国防治荒漠化公约，2017年》；van der Esch等人，2017年）。目前，这一指标也仍处于开发过程中。由于认可了这三个次级指标在评估土地退化方面都非常重要这一事实，我们选取了土壤有机碳储量发展趋势这一指标来追踪土地退化相关目标的进展。

20.4.3 可持续生产和消费

在可持续生产和消费方面，我们选取了可持续发展目标的五个子目标进行分析评估。这些子目标都涉及经济增长与环境退化之间的脱钩（参见**表20.3**：可持续生产和消费方面选取的子目标和指标）。这些子目标基本都没有量化，但都致力于在没有确定特定目标值的情况下实现效率的大幅提升。它们都作用于有助于实现终端目标的努力或活动。这些子目标的绝对值取决于特定总括性目标的实现情况。例如，产量提高对于实现饥饿和生物多样性方面的目标（可持续发展目标的子目标2.1和15.5）非常重要。用水效率的改善对于实现水资源压力相关目标（可持续发展目标的子目标6.4）非常重要。能源效率的改善和可再生能源比重的增加对于气候变化相关目标（可持续发展目标13）的实现非常重要。因此，所需要的脱钩程度取决于这些终端目标的实现情况。正因为如此，可持续生产和消费方面选取的子目标并没有设置定量目标值。可持续发展目标的子目标7.3即“全球能效改善率提高一倍”这一目标也没有量化目标值。但是，对于这些人类福祉和自然资源基础方面的子目标，第22章的路径分析提供了实现这些子目标所需努力程度的范围，同时还考虑了这些努力之间的相互依赖性。

表20.3：可持续生产和消费方面选取的子目标和指标

可持续发展目标的子目标	《全球环境展望6》目标	相关MEA	指标*	子目标值	依据	在第21章和第22章中所属的目标集群
2.3到2030年，实现农业生产力翻倍和小规模粮食生产者，特别是妇女、土著居民、农户、牧民和渔民的收入翻番，具体做法包括确保平等获得土地、其他生产资源和要素、知识、金融服务、市场以及增值和非农就业机会	提高农业生产率	–	产量提升	所需努力取决于第22章的路径分析		农业、粮食、土地和生物多样性
2.4到2030年，确保建立可持续粮食生产体系并执行具有抗灾能力的农作方法，以提高生产力和产量，帮助维护生态系统，加强适应气候变化、极端天气、干旱、洪涝和其他灾害的能力，逐步改善土地和土壤质量	提高营养物的利用效率	–	氮素总投入与作物氮素产出之比（2.4.1）	所需努力取决于第22章的路径分析		农业、粮食、土地和生物多样性
6.4到2030年，所有行业大幅提高用水效率，确保可持续取用和供应淡水，以解决缺水问题，大幅减少缺水人数	提高用水效率	–	6.4.1 水资源利用效率的历时变化	所需努力取决于第22章的路径分析		淡水
7.2到2030年，大幅增加可再生能源在全球能源结构中的比例	提高可再生能源的比重	–	7.2.1 可再生能源占终端能源消费总量的比重	所需努力取决于第22章的路径分析		能源、空气和气候
7.3到2030年，全球能效改善率提高一倍	提高能源效率	–	7.3.1 以初级能源和GDP衡量的能源强度	所需努力取决于第22章的路径分析		能源、空气和气候

*与可持续发展目标官方指标不同的指标是以斜体显示的，而相关的可持续发展目标官方指标则是在括号中显示的。
MEA =多边环境协议

20.5 结论

可持续发展目标及相关的多边环境协议提供了一个影响全球、地区、国家和地方政策的可持续发展长期愿景。为评估这一愿景，本章选取了一些可持续发展目标的子目标，并在相关的情况下将这些子目标与相关多边环境协议中的目标和科学文献中的目标（基于科学的子目标）联系起来了，同时还提供了这些子目标在全球层面的明确指标和定量目标值。如此得到的一个子目标集为可持续发展目标的环境维度提供了一个一体化视角，并将重点放在了《全球环境展望6》A部分所述的环境主题（空气、生物多样性、海洋、土地和淡水）及相关多维度贫困问题（粮食、水和能源的获取、五岁以下儿童的死亡率）上。与可持续发展目标及相关多边环境协议不同，在没有全球共识定量目标的情况下选择的、基于科学的目标并不是出于政治目的选择并通过的。它们为可持续发展目标的相关子目标提供了一个替代物。最后，一些子目标目前既没有全球共识定量目标、也没有基于科学的目标可用。

后续章节对我们选取的这一系列子目标进行了深入分析：第21章探讨了在没有新政策制定情况下的实施差距问题，第22章探讨了实现这些子目标的路径，包括不同措施和子目标之间的相互联系（协同效应和取舍）。这两章并没有涉及区域、国家和地方在这些子目标发展动态方面的差异及为实现这些子目标而采取的措施在实施方面的差异。第23章从自下而上的视角探讨了实施问题，从而明确将地方形势、不同主体和文化视角纳入了考量。

参考文献

Alkemade, R., van Oorschot, M., Miles, L., Nellemann, C., Bakkenes, M. and ten Brink, B. (2009). GLOBIO3: A framework to investigate options for reducing global terrestrial biodiversity loss. *Ecosystems* 12(3), 374-390. https://doi.org/10.1007/s10021-009-9229-5.

Bizikova, L., Pinter, L., Huppé, G.A., Schandl, H., Arden-Clarke, C. and Averous, S. (2015). *Sustainable Consumption and Production Indicators for the Future SDGs.* Nairobi: United Nations Environment Programme. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8966/-Sustainable_consumption_and_production_indicators_for_the_future_SDGs_UNEP_discussion_paper%2c_March_2015-2015Sustainable-consumption-and-production-.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Boas, I., Biermann, F. and Kanie, N. (2016). Cross-sectoral strategies in global sustainability governance: Towards a nexus approach. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 16(3), 449-464. https://doi.org/10.1007/s10784-016-9321-1.

Collste, D., Pedercini, M. and Cornell, S.E. (2017). Policy coherence to achieve the SDGs: Using integrated simulation models to assess effective policies. *Sustainability Science* 12(6), 921-931. https://doi.org/10.1007/s11625-017-0457-x.

Convention on Biological Diversity (2010). *Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its tenth meeting X/2. The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets*. 29 October. UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. 18. https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf

Daly, H.E. (1973). *Toward a Steady-State Economy.* San Francisco, CA: W.H. Freeman and Co Ltd. http://www.worldcat.org/title/toward-a-steady-state-economy/oclc/524050.

de Vries, W., Kros, J., Kroeze, C. and Seitzinger, S.P. (2013). Assessing planetary and regional nitrogen boundaries related to food security and adverse environmental impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(3-4), 392-402. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.004.

Elder, M., Bengtsson, M. and Akenji, L. (2016). An optimistic analysis of the means of implementation for sustainable development goals: Thinking about goals as means. *Sustainability* 8(9), 962. https://doi.org/10.3390/su8090962.

Elder M. and Olsen S.H. (2019). The Design of Environmental Priorities in the SDGs. *Global Policy*.

Folke, C., Biggs, R., Norström, A.V., Reyers, B. and Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society* 21(3), 41. http://dx.doi.org/10.5751/ES-08748-210341.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014). *The Water Energy Food Nexus: A New Approach in Support of Food Security and Sustainable Agriculture.* Rome. http://www.fao.org/3/a-bl496e.pdf.

Gerten, D., Hoff, H., Rockström, J., Jägermeyr, J., Kummu, M. and Pastor, A. (2013). Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: Role of environmental flow requirements. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5(6), 551-558. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.001.

Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M.C., Shyamsundar, P. *et al.* (2013). Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495, 305-307. http://dx.doi.org/10.1038/495305a.

Gupta, J. and Vegelin, C. (2016). Sustainable development goals and inclusive development. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 16(3), 433-448. http://dx.doi.org/10.1007/s10784-016-9323-z.

Hoff, H. (2011). Understanding the nexus: Background paper for the Bonn 2011 Nexus Conference. *Bonn 2011 Conference the Water, Energy and Food Security Nexus: Solutions for the Green Economy*. Bonn, 16-18 November 2011. Stockholm Environment Institute http://wef-conference.gwsp.org/fileadmin/documents_news/understanding_the_nexus.pdf

Hoff, H. and Alva, I.L. (2017). *How the Planetary Boundaries Framework Can Support National Implementation of the 2030 Agenda.* SEI Policy Brief. Stockholm: Stockholm Environment Institute. https://www.sei.org/mediamanager/documents/Publications/SEI-2017-PB-Hoff-HowthePlanetary.pdf.

International Council for Science (2017). *A Guide to SDG Interactions: From Science to Implementation.* Griggs, D.J., Nilsson, M. and Stevance, A. (eds.). Paris: International Council for Science. https://www.icsu.org/cms/2017/05/SDGs-Guide-to-Interactions.pdf.

International Council for Science and International Social Science Council (2015). *Review of Targets for the Sustainable Development Goals: The Science Perspective.* Paris: International Council for Science. https://www.icsu.org/cms/2017/05/SDG-Report.pdf.

Jabbour, J., Keita-Ouane, F., Hunsberger, C., Sanchez-Rodrıguez, R., Gilruth, P., Levy, M.A. *et al.* (2012). Internationally agreed environmental goals: A critical evaluation of progress. *Environmental Development* 3, 5-24. http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2012.05.002.

Kok, M.T.J., Alkemade, R., Bakkenes, M., van Eerdt, M., Janse, J., Mandryk, M. *et al.* (2018). Pathways for agriculture and forestry to contribute to terrestrial biodiversity conservation: A global scenario-study. *Biological Conservation* 221, 137-150. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.003.

Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets. *Sustainable Development* 23(3), 176-187. https://doi.org/10.1002/sd.1582.

Lucas, P., Ludwig, K., Kok, M. and Kruitwagen, S. (2016). *Sustainable Development Goals in the Netherlands: Building Blocks for Environmental Policy for 2030.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-sustainable-development-in-the-Netherlands_1966.pdf.

Lucas P. L. and Wilting H. (2018). *Using Planetary Boundaries to Support National Implementation of Environment-Related Sustainable Development Goals.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/Using%20planetary%20boundaries%20to%20support%20national%20implementation%20of%20environment-related%20Sustainable%20Development%20Goals%20-%202748.pdf.

Lucas, P.L., Marcel, T., Kok, J., Nilsson, M. and Alkemade, R. (2014). Integrating biodiversity and ecosystem services in the post-2015 development agenda: Goal structure, target areas and means of implementation. *Sustainability* 6(1), 193-216. http://dx.doi.org/10.3390/su6010193.

Meadows, D.H. (1998). *Indicators and Information Systems for Sustainable Development.* Hartland, VT: The Sustainability Institute. http://donellameadows.org/wp-content/userfiles/IndicatorsInformation.pdf.

Nilsson, M., Griggs, D. and Visbeck, M. (2016). Policy: Map the interactions between sustainable development goals. *Nature* 534(7607). http://dx.doi.org/10.1038/534320a.

Nilsson, M., Lucas, P. and Yoshida, T. (2013). Towards an integrated framework for SDGs: Ultimate and enabling goals for the case of energy. *Sustainability* 5(10), 4124-4151. http://dx.doi.org/10.3390/su5104124.

Nilsson, M., Griggs, D., Visbeck, M. and Ringler, C. (2016). *A Draft Framework for Understanding SDG Interactions.* Paris: International Council for Science. https://www.icsu.org/cms/2017/05/SDG-interactions-working-paper.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2015). *Better Policies for Development 2015: Policy Coherence and Green Growth.* Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/better-policies-for-development-2015_5js0bt7443lr.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264236813-en&mimeType=pdf.

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2017). *People and the Earth: International Cooperation for the Sustainable Development Goals in 23 infographics*. Kok, M., Sewell, A., de Blois, F., Warrink, A., Lucas, P. and van Oorschot, M. (eds.). The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/People_and_the_Earth_WEB.pdf.

Pinter, L., Almassy, D., Antonio, E., Hatakeyama, S., Niestroy, I., Olsen, S. *et al.* (2014). *Sustainable Development Goals and Indicators for a Small Planet. Part I: Methodology and Goal Framework.* Singapore: Asia-Europe Foundation. https://www.asef.org/images/stories/publications/ebooks/ASEF_Report_Sustainable-Development-Goals-Indicators_01.pdf.

Raworth, K. (2012). *A Safe and Just Space for Humanity: Can we Live Within the Doughnut.* Oxfam Policy and Practice: Climate Change and Resilience. https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en.pdf.

Raworth, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist.* Chelsea Green Publishing. https://www.chelseagreen.com/product/doughnut-economics/.

Reid, A.J., Brooks, J.L., Dolgova, L., Laurich, B., Sullivan, B.G., Szekeres, P. *et al.* (2017). Post-2015 sustainable development goals still neglecting their environmental roots in the Anthropocene. *Environmental Science and Policy* 77, 179-184. http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.006.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F. *et al.* (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263), 472-475. http://dx.doi.org/10.1038/461472a.

Singh, G.G., Cisneros-Montemayor, A.M., Swartz, W., Cheung, W., Guy, J.A., Kenny, T.A. *et al.* (2018). A rapid assessment of co-benefits and trade-offs among Sustainable Development Goals. *Marine Policy* 93, 223-231. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.030.

Stafford-Smith, M., Griggs, D., Gaffney, O., Ullah, F., Reyers, B., Kanie, N. *et al.* (2017). Integration: The key to implementing the sustainable development goals. *Sustainability Science* 12(6), 911-919. http://dx.doi.org/10.1007/s11625-016-0383-3.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. *et al.* (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855. http://dx.doi.org/10.1126/science.1259855.

United Nations (1972). *Report of the United Nations Conference on the Human Environment.* A/CONF.48/14/Rev.1. http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf

United Nations (2015a). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.* New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf.

United Nations (2015b). *Global Sustainable Development Report - 2015 Edition Advance Unedited Version.* New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1758GSDR%202015%20Advance%20Unedited%20Version.pdf.

United Nations (2017). *Global Indicator Framework for the Sustainable Development Goals and Targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development.* A/RES/71/313. E/CN.3/2018/2. New York https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%20refinement_Eng.pdf

United Nations (2018). *Tier Classification for Global SDG Indicators.* https://unstats.un.org/sdgs/files/Tier%20Classification%20of%20SDG%20Indicators_15%20October%202018_web.pdf

United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook.* Bonn. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf.

United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme (2016). *Delivering on the Environmental Dimension of the 2030 Agenda for Sustainable Development: A Concept Note - Information Note by the Executive Director.* UNEP/EA.1/INF/18. http://sdgtoolkit.org/wp-content/uploads/2017/02/Delivering-on-the-Environmental-Dimension-of-the-2030-Agenda-for-Sustainable-Development-%E2%80%93-a-concept-note.pdf

United Nations Environment Programme (2015). *Policy Coherence of the Sustainable Development Goals: A Natural Resource Perspective.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9720/-Policy_Coherence_of_the_Sustainable_Development_Goals_A_Natural_Resource_Perspective-2015Policy_Coherence_of_the_Sustainable_Development_Goals_-_A_N.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *Adoption of the Paris Agreement.* FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. 12 December. https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf

van der Esch, S., ten Brink, B., Stehfest, E., Bakkenes, M., Sewell, A., Bouwman, A. *et al.* (2017). *Exploring Future Changes in Land Use and Land Condition and the Impacts on Food, Water, Climate Change and Biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-exploring-future-changes-in-land-use-and-land-condition-2076b.pdf.

van Vuuren, D.P., Kok, M., Lucas, P.L., Prins, A.G., Alkemade, R., van den Berg, M. *et al.* (2015). Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: Explorations using the IMAGE integrated assessment model. *Technological Forecasting and Social Change* 98, 303-323. http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.005.

Waage, J., Yap, C., Bel, S., Levy, C., Mace, G., Pegram, T. *et al.* (2015a). Governing the sustainable development goals: Interactions, infrastuctures, and institutions. *The Lancet global health* 3(5), e251–e252. http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(15)70112-9.

Waage, J., Yap, C., Bell, S.J., Levy, C., Mace, G., Pegram, T. *et al.* (2015b). Governing sustainable development goals: Interactions, infrastructures and institutions. In *Thinking Beyond Sectors for Sustainable Development.* Waage, J. and Yap, C. (eds.). London: Ubiquity Press. 79-88. http://discovery.ucl.ac.uk/1505333/1/Waage_governing-sustainable-development-goals-interactio.pdf

Weitz, N., Carlsen, H., Nilsson, M. and Skånberg, K. (2017). Towards systemic and contextual priority setting for implementing the 2030 Agenda. *Sustainability Science* 13(2), 531-548. http://dx.doi.org/10.1007/s11625-017-0470-0.

Weitz, N., Nilsson, M. and Davis, M. (2014). A nexus approach to the post-2015 agenda: Formulating integrated water, energy, and food SDGs. *SAIS Review of International Affairs* 34(2), 37-50. http://dx.doi.org/10.1353/sais.2014.0022.

World Health Organization (2006). *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide: Global Update 2005. Summary of Risk Assessment.* Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=F232D7F7BDD6730905B2309F58CAA8?sequence=1.

Yillia, P.T. (2016). Water-Energy-Food nexus: Framing the opportunities, challenges and synergies for implementing the SDGs. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 68(3-4), 86-98. http://dx.doi.org/10.1007/s00506-016-0297-4.

Zhou, X. and Moinuddin, M. (2017). *Sustainable Development Goals Interlinkages and Network Analysis: A Practical Tool for SDG Integration and Policy Coherence.* Hayama: Institute for Global Environmental Strategies. https://pub.iges.or.jp/pub_file/igesresearch-reportsdg/download.

第 21 章

无针对性政策情景下的未来发展

© Shutterstock/kwest

领衔作者兼协调负责人：Paul Lucas（荷兰环境评估署（PBL）），Steve Hedden（丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心），Detlef van Vuuren（荷兰环境评估署）

领衔作者：Katherine V. Calvin（西北太平洋国家实验室（PNNL）联合全球变化研究中心），Mike Harfoot（联合国环境规划署世界保护监测中心（WCMC）），Alexandre C. Köberle（里约热内卢联邦大学），Jonathan D. Moyer（丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心），Yoshihide Wada（奥地利国际应用系统分析研究所）

作者：Barry B. Hughes（丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心），Fintan Hurley（英国职业医学研究所），Terry Keating（美国环境保护署）

《全球环境展望》研究员：Katrina Lyne（詹姆斯库克大学）

执行摘要

在结合其他工具一起使用时，基于模型的情景分析为探索可持续发展目标（SDG）和相关多边环境协定（MEA）的环境相关子目标能否实现提供了有用方法（充分证实）。评估当前趋势是否能够引导实现第20章中概述的选定子目标是复杂的，因为这需要洞察不同趋势和系统、惯性和跨尺度关系之间的相互作用。定性情景和定量情景工具的组合有助于探索可能的未来趋势，同时考虑到许多的复杂性。情景永远无法预测未来，因为意外可能会发生，但它们可以向决策者揭示当前趋势的可能影响。{21.2}

对情景文献的评估表明，当前趋势的延续可能不会引导实现可持续发展目标和相关多边环境协定的环境相关子目标（充分证实）。**虽然与人类发展相关的具体指标方面预计将取得进展，但进展速度并未快到可以实现子目标，而与自然资源基础有关的具体指标方面预计将朝着错误的方向进一步发展**（不完全证实）。人口的预期持续增长和经济发展意味着对食物、水和能源的需求到2050年将大幅增加。与此同时，“一切照旧”情景表明，随着时间的推移，在减少饥饿、改善安全饮用水和适当卫生设施供应、改善现代能源服务供应方面将有明显改善，但发展速度并未快到可实现2030年可持续发展目标的相关子目标。此外，虽然资源效率（农业产量、养分利用效率、水资源利用效率和能源效率）预期将全面提高，这将在一定程度上限制资源利用对环境的影响，但这些改善不足以缓解已经备受影响的环境系统承受的压力。因此，环境退化趋势预计将持续快速发展。相关子目标没有实现。{21.4}

在目前的趋势下，与农业和粮食系统有关的环境压力将进一步增加（充分证实）。随着全球人口和人均收入预计增长，食物的人均消费量和消费总量预计也将增加。与此同时，预计到2030年营养不足人口数量将下降至3-6.5亿，这一数字仍远远超过消除饥饿子目标。此外，粮食生产和土地使用与许多环境问题直接相关。预计全球农业需求将增加50-60%。在过去的几十年中，粮食需求增加的约五分之四通过农业集约化来实现，而五分之一通过扩大农业区域来实现。预计这种趋势会或多或少地持续下去。综合来看，粮食生产体系将继续促进土地扩张、扩大用水需求和养分径流、加剧生物多样性丧失和土地退化。致使相关子目标无法实现。{21.3.2}

没有新的政策，《巴黎协定》的目标就不会实现（充分证实）。一次能源供应量预计在2010年至2050年期间将增加50%至70%。此外，预计化石燃料在世界能源体系中仍将占据主导地位。因此，能源使用可能将继续成为温室气体（GHG）排放的主要原因。此外，农业系统和土地使用将继续加剧温室气体的排放。不同国家（或地区）根据《联合国气候变化框架公约》下《巴黎协定》制定的现行和规划的气候政策预计最多只会促使排放趋于稳定。这远不足以实现《巴黎协定》下的目标，即，将全球变暖控制在2°C以下，且在可能的情况下，控制在1.5°C以下。实现这些目标几乎要求能源体系全面脱碳。{21.3.3}

预计未来几十年环境空气污染将继续导致数百万人过早死亡（不完全证实）。城市和区域空气污染的形式多样。据估计，暴露于环境中的细微颗粒物（PM2.5）在2016年导致大约400万人过早死亡，且该数据可以作为环境空气污染对健康不利影响的一项指标。如果不实施严格的空气污染控制政策，预计环境中的PM2.5浓度会增加。大多数趋势情景认为，以往在收入增加时会出台更为严格的空气污染政策，这一趋势将在未来持续下去，也就是说，随着收入增加，发展中国家会采用更严格的空气污染政策，预计PM2.5 及其前体物在全球大多数区域的排放量会缓慢减少。然而，这种趋势仍然不足以将亚洲、中东和非洲大部分地区的PM2.5 浓度降低到世界卫生组织（WHO）确定的最低空气质量目标，到本世纪中叶在全球会造成450至700万人过早死亡{21.3.3}

预计全球水资源短缺程度及其影响人口将继续增加（不完全证实）。预计全球人类用水需求在本世纪将增加25%至40%。这一增长主要是由于发展中国家人口的迅速增长和工业活动的增加（电力和能源使用增加）。预计灌溉面积和灌溉强度也会增加，但在经济发展强劲的地区，其影响可能会由于灌溉效率的提高而得到补偿。不断变化的降雨模式将对区域供水造成额外压力。到2050年，居住在水资源严重紧张地区的亚洲人口与2010年相比，预计将增加约50%，这给不可再生的地下水储备带来了严重压力。{21.3.4}

预计海洋将继续受到污染且被过度开发（不完全证实）。养分（氮和磷）从淡水流入全球海洋，且超出了可持续水平，因此，预计沿海地区出现“死亡地带”和有毒藻华的风险会增加。这在很大程度上与农业生产中肥料使用量的增加和废水处理落后于卫生设施的改善有关。由于二氧化碳（CO_2）浓度的增加，预计海水会进一步酸化，这会对海洋生物的骨架及壳体生长产生负面影响，甚至会导致它们分解。预计海水酸化在极地地区的加剧将最为显著。最后，根据目前的捕捞战略，预计鱼类需求的增加将降低仍处于生物可持续水平的鱼类种群的比例。{21.3.5}

预计2030年可预防的环境健康风险仍然很突出，这会对儿童死亡率产生相关的负面影响（不完全证实）。2012年全球死亡人数中近四分之一可归因于环境因素，其中较大部分来自弱势群体（儿童和老年人）和发展中国家。突出的环境风险因素（即暴露于环境空气污染以及无法获得清洁用水、适当的卫生设施或现代能源服务）以及全球饥饿问题预计到2030年将有所改善，但其改善速度不足以在所有国家（或地区）实现相关目标。预计相关的全球儿童死亡率将下降，但仍不足以在许多发展中国家实现可持续发展目标的子目标。特别是在撒哈拉以南非洲地区，儿童死亡率仍居高不下，这种情况持续与可预防的环境风险因素相关，尽管相关程度有所缓解。{21.3.6}

21.1 引言

第20章基于可持续发展目标和一系列多边环境协定，概述了国际社会承诺会支持实现的环境相关子目标。本章评估了国际情景文献，以分析当前和长期趋势在多大程度上可趋于实现这些子目标，以及理解和强调潜在的实施差距。

21.2 全球环境情景

环境和可持续发展子目标通常是针对未来的一段时间制定的。为了使决策者了解全球环境和可持续性挑战，全球环境评估（GEA）旨在探索潜在的未来状况，特别关注调查当前趋势的后果，以及评估承诺的子目标和指标是否会实现（Clark，Mitchell和Cash，2006年；van Vuuren等人，2012年）。这项工作并不简单：很明显，没有人知道我们的世界在未来40年将走上哪条道路，而且世界观影响着我们对这条道路的期望。环境评估会以不同的方式处理展望部分和不确定性。有些评估会使用能够确定潜在未来状态的参考情景，有些评估则会使用反映不同情节的多个情景。在所有情况下，情景都是“基于一套围绕关键关系和驱动力（即技术、经济、环境相互作用）展开的连贯且内部一致的假设（‘情景逻辑’）而做出的关于未来状况将如何发展的合理描述”（Nakicenovic等人，2000年）。情节通常会在模型中量化。虽然基于模型的量化可以帮助考察跨尺度、跨区域、跨时间、跨部门，以及各种环境问题之间存在的许多关系，情节要素有助于确保更难以量化的其他要素的一致性。这种情景方法的主要目的是尽可能做到科学严谨，同时提供政策相关信息（van Vuuren等人，2012年）。

过去几年中，业界出版了大量环境评估报告。多数重点关注特定环境问题，如气候变化（联合国政府间气候变化专门委员会，2014年a）、生物多样性丧失（《生物多样性公约》秘书处，2014年）和土地资源的管理和恢复（《联合国防治荒漠化公约》，2017年）。这些报告提供的科学信息可以指导三项里约公约的决策过程，即《联合国气候变化框架公约》《生物多样性公约》和《联合国防治荒漠化公约》。其他环境评估并没有那么明确地关注具体的决策过程。更多领域的环境评估主要涉及环境变化的关键驱动因素，例如，全球能源体系（全球环境评估，2012年；国际能源署，2017年a）和全球农业系统（经合组织和联合国粮食及农业组织，2017年）。最后，还有一些环境评估更密切地关注环境问题与人类发展之间的相互关系，例如千年生态系统评估（千年生态系统评估项目，2005年）和联合国环境规划署的《全球环境展望》报告（联合国环境规划署，2012年）。

有趣的是，在这些评估中再次出现的关键原型情景或情景系列的数量有限（van Vuuren等人，2012年）。术语“情景系列”是指文献中的一组情景，它们具有相似的情节或逻辑，因此会导致类似的量化。基于这些关键要素，van Vuuren等人（2012年）确定了六种情景系列：

i. 经济技术乐观主义/传统市场情景；
ii. 变革后的市场情景；
iii. 全球可持续性情景；
iv. 区域竞争/区域市场情景；
v. 区域可持续发展情景；
vi. “一切照旧”或趋势情景。

这些情景都不是对未来的预测或预计。它们只是为了探索合理的未来发展路径。

本章重点介绍“一切照旧”或趋势情景。这种情景假设，基本的社会经济机制继续像过去一样运作，且没有制定明确的新政策来实现特定的政策目标。我们评估了情景文献，以分析当前和长期趋势在多大程度上可推动实现可持续发展目标和相关多边环境协定的环境相关子目标（参见第20章中的选定子目标），以及理解和强调潜在的实施差距。情景评估被用作基准，对照此基准，可对旨在同时实现选定子目标的未来发展路径选项进行评估（参见第22章）。

专栏21.1：废弃物是环境恶化的重要原因

《全球环境展望6》报告的A部分确定了一系列引发全球关注的废弃物管理问题，特别是食物浪费和海洋垃圾。这部分还指出各地区之间的差距越来越大。发达地区产生的食物垃圾约占56%，而发展中地区则为44%。此外，虽然发达地区在循环经济举措方面的投入不断加大，但仍有约30亿人无法使用受控废弃物处理设施，这样不仅会带来健康风险，也会产生环境影响。塑料废弃物尤其令人担忧。然而，目前普遍缺乏关于未来废弃物流的研究，而且文献中大多也没有涉及这种情景。因此，第21章和第22章未将废弃物作为一个单独议题加以讨论。尽管如此，废弃物管理的问题对于实现若干可持续发展目标至关重要，而且解决日益严重的废弃物问题的政策需要仔细考虑且兼顾需求减少和供给侧改革两个方面。

专栏21.2：共享的社会经济路径

共享的社会经济路径（SSP）是五种不同的全球路径，描述了社会关键方面的未来演变，每种路径都预示了减缓和适应气候变化方面的一系列挑战（O' Neill等人，2017年；Riahi等人，2017年）。每种路径根据情景和各种其他方法，发展成了关于一系列问题（包括能源和土地利用、相关的温室气体排放）的情节和量化措施。这些路径在制定时涵盖的范围相对宽泛，覆盖各种潜在的未来发展，因此也被广泛用于其他环境研究和评估领域。五种SSP是：

i. 可持续发展路径（SSP1）；
ii. 中度发展路径（SSP2）；
iii. 局部或不一致的发展路径（SSP3）；
iv. 不均衡发展路径（SSP4）；
v. 传统化石燃料为主的发展路径（SSP5）。

SSP并非无关政策，事实上它们包括对政策的各种假设。然而，由于它们是专门为支持气候变化研究和评估而制定的，因此，SSP的参考情景版本在基准年之后不引入气候政策。

SSP当然不能离开环境和可持续发展政策。事实上，例如，SSP1的关键要素是低人口增长、经济融合、环保技术的快速开发、环境政策的引入。相比之下，在SSP3中，局部或不一致的发展会导致人口增长加速、经济发展缓慢，安全问题会成为关注焦点；因此，不会优先考虑环境问题。

专栏21.3：环境评估之间需要协调

目前有多项评估包括对未来的展望侧重于具体的可持续发展目标。其中包括《全球生物多样性展望》报告、《全球土地展望》报告、生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台以及《全球环境展望》报告。正如《2030年可持续发展议程》所强调的那样，很明显，如果不考虑这些目标之间的重要协同作用和权衡取舍，就无法实现可持续发展目标（另参见第22.4.2节）。因此，协调各项评估工作以及审查主要研究结果是否是针对可持续发展目标议程这一整体将就变得越来越重要。

并非所有相关问题都在情景文献中得到了同等关注。例如，有很多情景文献是关于气候变化问题，而只有少数情景文献关注水污染问题。其他全球关注的问题，如化学品和废弃物，在情景文献中几乎没有涉及（参见**专栏21.1**）。现有文献因而限制了分析的范围。因此，第21章和第22章的分析中并没有涵盖《全球环境展望6》报告A部分讨论的所有相关问题，如化学品和废弃物。

一组广泛使用的情景是SSP（SSP；参见**专栏21.2**）。SSP主要是为了支持气候研究而开发的（van Vuuren等人，2014年；Riahi等人，2017年），但也广泛应用于环境研究和评估的其他领域。这些路径旨在探索各种可能的未来。在该系列中，SSP2代表了“中度发展路径”情景，其中，人口、经济增长和技术发展等关键驱动因素的发展处于中间位置。我们的评估侧重于“一切照旧”或趋势情景，将SSP2“中度发展路径”情景作为讨论不同问题的共同思路。其他趋势情景会在相关时使用到。此外，在可能的情况下，将使用SSP3的情景结果来指示人口较快增长的风险。

© Shutterstock/Wanna Thongpao

21.3 在趋势情景中实现可持续发展目标及相关多边环境协定

如第21.2节所讨论，“一切照旧”或趋势情景用于评估当前和长期趋势在多大程度上可趋于实现选定的可持续发展目标的子目标（**参见表20.1和表20.2**）。选定子目标的实现按由密切相关的环境专题组成的五个不同群组进行评估（**参见图21.1**）。虽然这些群组之间存在交叉关联，但按这五个群组进行分类可以进行更集中的讨论。在这五个群组中，其中四个群组与A部分讨论的五个环境专题（空气、生物多样性、海洋、土地和淡水）密切相关。生物多样性和土地被放在一个群组中，因为它们与农业发展密切相关。此外，人类健康作为一个单独的群组进行讨论。

21.3.1 驱动因素

全球环境变化有几个关键驱动因素。在本报告中，我们重点分析人口、城市化和经济发展这三个驱动因素。虽然气候变化在第2章中作为驱动因素被讨论，但鉴于它在短期内不会受到影响，在此将其视为一项全球环境挑战，在“能源、气候和空气”群组中进行分析。技术的作用也在不同的群组中进行讨论，主要是在资源利用效率的背景下。应该指出的是，（不）可持续消费和生产实践也起着关键作用（参见第2.5节）。

人口

联合国的《世界人口展望》报告（联合国，2017年）和共享社会经济路径的基本人口情景（Samir和Lutz，2017年）是文献中最常使用到的情景（参见第2.2节）。这些情景具有重要特征：它们预测人口增长将持续下去，并在2030年左右达到约85亿的水平，到2050年达到90-100亿的水平（**参见图21.2**）。高人口增长情景，如SSP3，通常与人类发展的缓慢改善有关。低人口预测是由于生育率相对快速下降造成的。在预计人口增长中，有一半以上来自非洲，约30%来自亚洲（主要是南亚）。在2050年之后，预计非洲将是唯一一个人口大幅增长的地区。

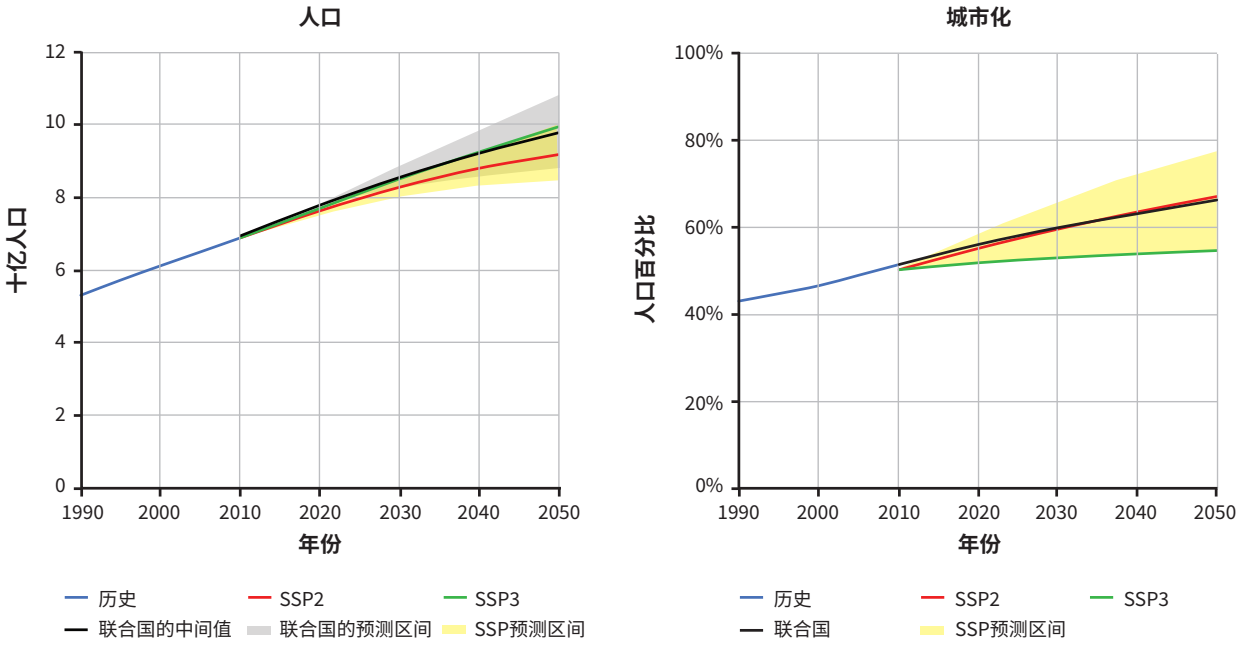
城市化

目前，在全球范围内，城市人口比农村人口多（参见第2.3节）。世界各地区的城市化水平差异显著，拉丁美洲和加勒比海地区的城市人口超过80%，而非洲只有约40%。根据联合国的《世界城市化展望》报告和SSP2，预计所有地区的城市化水平都将提高，平均城市化水平将在2030年增长到60%，到2050年将增长到67%（联合国，2014年；Jiang和O’ Neill，2017年）（**参见图21.2**）。随着总体人口的增加，全球城市人口预计将在目前到2050年期间增长超过三分之二，非洲和亚洲将增长近90%（联合国，2014年）。

图21.1：本章探讨的选定子目标及其相关群组

	农业、粮食、土地和生物多样性	能源、空气和气候	淡水	海洋	人类健康
人类福祉	• 消除饥饿	• 普遍获得现代能源服务	• 普遍获得安全饮用水和适当的卫生设施	• 消除饥饿	• 终结五岁以下儿童的可预防性死亡
可持续消费和生产	• 提高农业生产力 • 提高养分利用效率	• 提高能源效率 • 增加可再生能源的比例	• 提高用水效率	• 提高农业生产力 • 提高养分利用效率	
自然资源基础	• 实现土地退化零增长 • 遏制生物多样性的丧失	• 抑制全球变暖 • 改善城市空气质量	• 减少水资源短缺 • 改善水质	• 可持续地管理海洋资源 • 尽量减少海洋酸化 • 减少海洋营养盐污染	

图21.2：对全球人口（左）和城市化（右）的未来预测



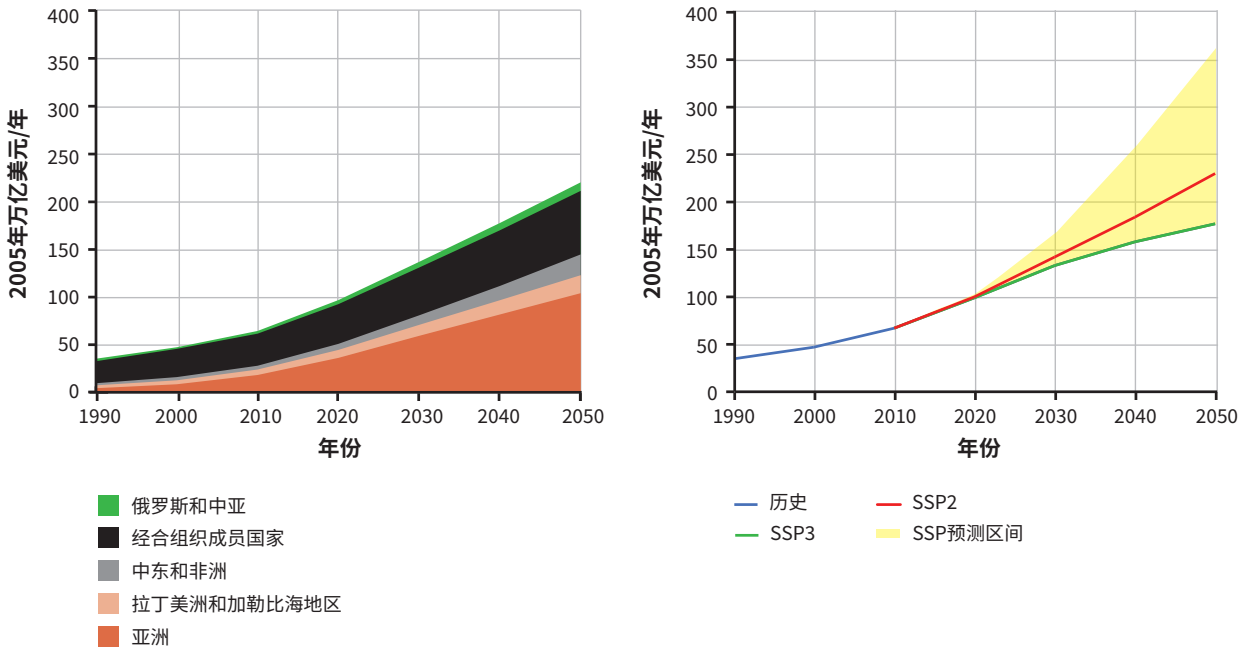
资料来源：SSP预测（Jiang和O' Neill，2017年；Samir和Lutz，2017年）；联合国预测（联合国，2014年；联合国，2017年）。

根据SSP3，对缓慢的经济发展的假设会伴随着较低的城市化率。尽管如此，随着总人口增长率的提高，预计城市人口将大幅增加。

经济发展

在过去30年中，世界经济平均每年增长3.5%，这一增长率得益于亚洲新兴经济体强劲的经济增长（参见第2.4节）。大多数经济机构仅公布未来十年或更短时间内的经济预测。事实上，大多数长期经济预测都是环境评估的一

图21.3：对SSP2（左）下的各区域的国内总产值总量和SSP2和SSP3（右）下的全球国内总产值的未来预测



资料来源：Dellink等人。（2017年）。

部分。SSP情景预测历史性增长将继续，在SSP2下，年均经济增长约3.1%，在SSP3下，年均经济增长约2.5%（Dellink等人，2017年）。对经合组织国家而言，预计的经济增长率略低于历史速率（SSP2下为1.7%），由于人口老龄化，年度增长率会随着时间的推移而下降。相比之下，预计低收入国家（或地区）年度经济增长率将达3-5%左右。由于目前资金流入稀少且资本投资回报率高，劳动力和资本生产率增长的潜力强劲。对于亚洲国家（或地区），预计增长率略低于快速历史速率，且由于经济日趋成熟，增长率会随着时间的推移进一步下降，生产力水平接近经合组织成员国家。相比之下，拉丁美洲和加勒比海地区以及中东和北非的经济增长率更高。虽然这意味着相对而言，世界不同地区之间存在一些趋同，但差距仍然很大。就相对经济份额而言，这些预测意味着将出现强烈的经济转变。例如，在SSP2下，经合组织成员国家目前的全球经济份额预计将降至不到三分之一（目前约为一半），而亚洲国家的经济份额预计将增长到近50%。

经济预测也对贫困产生影响。从历史上看，绝对贫困人口，即每天生活费不足1.90美元的人口，将从1990年的18.5亿下降到2013年的不到8亿（世界银行，2016年a）。到2030年的预测区间介于1亿到超过10亿之间，大多数研究表明将达到4至6亿的人口水平（Chandy，Ledlie和Penciakova，2013年；Burt，Hughes和Milante，2014年）。情景差异是由于对家庭消费增长和收入分配变化的假设存在巨大差异。

21.3.2 农业、粮食、土地和生物多样性

粮食生产和土地使用与一系列环境问题直接相关（参见第8章）。随着人口和收入预计增长，食物的人均消费量和消费总量预计也将增加（Bijl等人，2017年；Popp等人，2017年）。到2050年，估计的总作物产量（粮食、饲料和生物燃料）将介于每年58亿吨到每年83亿吨之间，将在2010年的水平上增加50%至130%左右（Tilman等人，2011年；Popp等人，2017年），尽管大多数预测表明将增加50%至60%左右。

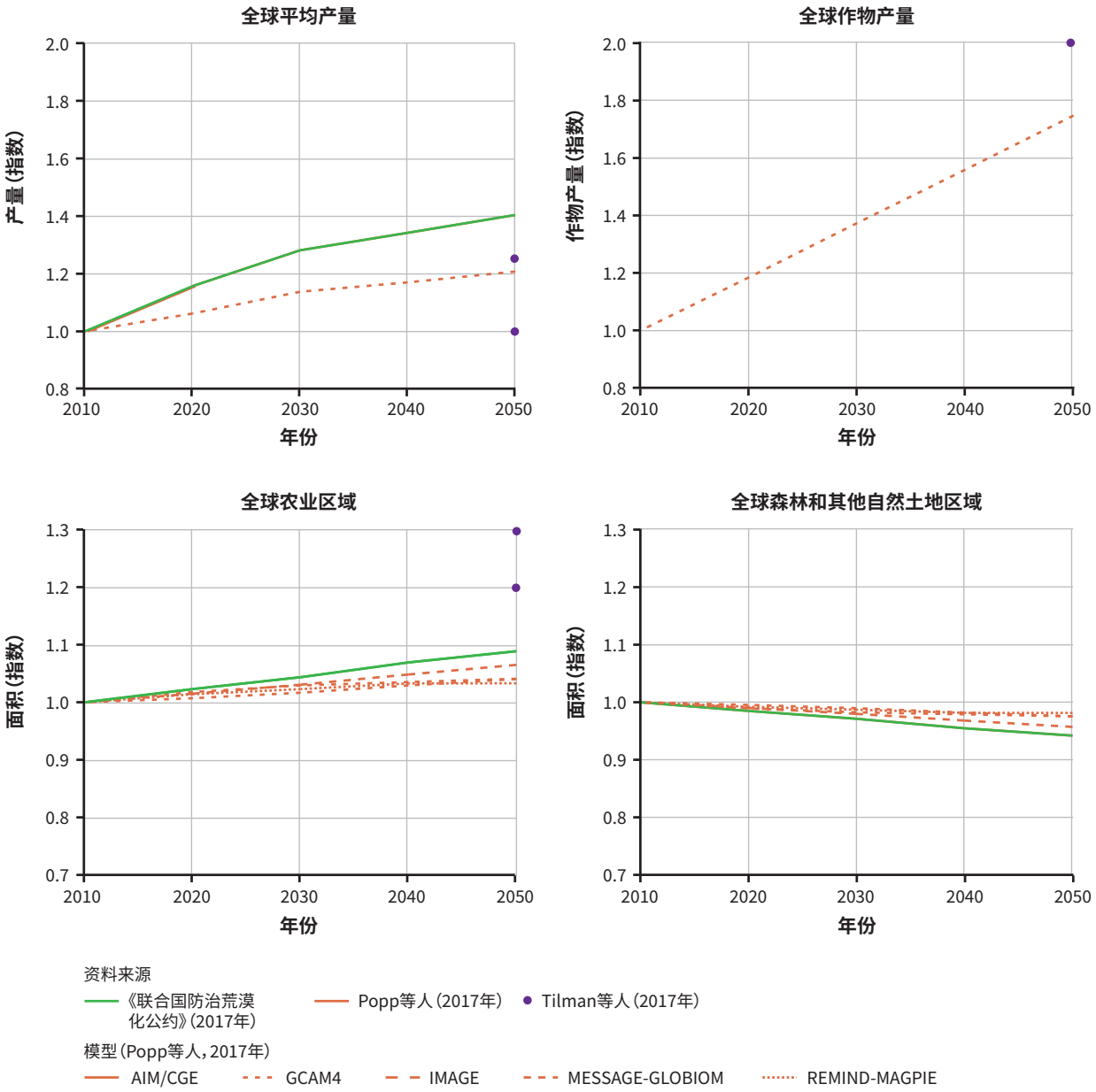
在过去几十年中，全球粮食需求增长有80%左右通过农业集约化（农作物产量增加，且畜牧业系统日益加强）得到满足，而20%通过扩大农业区域得到满足（Smith等人，2010年）。预计这些比例会或多或少地持续下去。最终结果是，到2050年，农业总面积（农田和牧场）将增加3%至9%（Popp等人，2017年）。鉴于此，在许多地区，由于生产力最高的土地已被投入使用，土地扩张会在生产力较低的土地上进行，每吨产量则将需要更多的土地面积（van der Esch等人，2017年）。总体而言，土地扩张是以牺牲森林和稀树草原为代价的，森林和热带草原是重要的生物多样性热点、碳汇和其他生态系统服务的所在地（《生物多样性公约》，2014年）。

总体而言，2010年至2050年间，谷物产量预计每年将增加0.4%至0.9%（Alexandratos和Bruinsma，2012年；Popp等人，2017年），较1961年至2007年期间每年1.9%的水平有所下降（Alexandratos和Bruinsma，2012年）。未来的产量增加将通过肥料施用、灌溉和其他手段（例如，机械化、育种）等的组合变化来实现，这可能会增加环境压力。

专栏21.4：气候变化对农业的影响

在“一切照旧”情景中，全球平均温度预计将到2050年增加2°C以上，到2100年增加2.5°C-6°C（政府间气候变化专门委员会，2014年b）。对于农业而言，预计这种气候变化将带来重大风险，具体表现为将改变季节性降雨模式、增加峰值温度、增加干旱的频率和严重程度、增加灾难性事件（风暴）和扰乱农业生态系统服务的风险。这显然会对农业系统在饥饿、可持续农业和生物多样性保护方面实现可持续发展目标的能力造成负面影响。预计的影响因作物和地区而异，并也因不同的适应情景而异。总的来说，预计热带地区将面临比温带地区更严重的负面影响——而且将处于较低的变暖水平下（根据政府间气候变化专门委员会的报告，在历史时期，温带地区受到的影响更大）。如果实施适应气候变化措施，由于气候变化和二氧化碳施肥效应的综合影响，产量可能会增加，特别是在温带地区。根据政府间气候变化专门委员会的评估，2050年后遭受严重影响的风险更大。食品需求的增长和温度的预测上升（上限估计）表明，粮食安全在全球和区域层面都将面临重大风险。

图21.4：对全球平均产量（左上）、全球作物产量（右上）、农业区域（左下）、森林和其他自然土地区域（右下）的未来预测

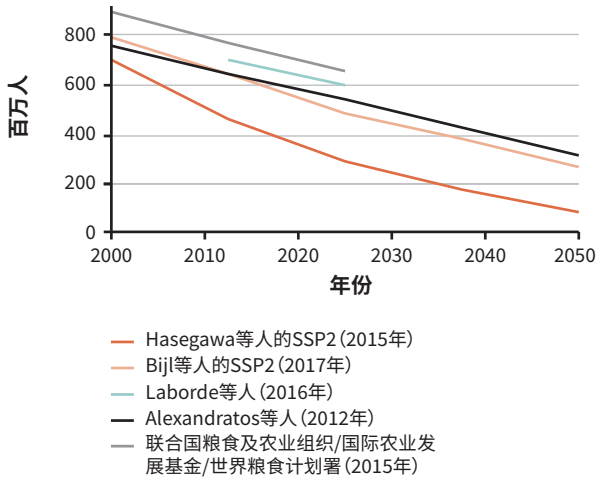


资料来源：Tilman等人，2011年；Popp等人，2017年；《联合国防治荒漠化公约》，2017年。对于Popp等人，（2017年），仅示出了SSP2情景下的结果。对于Tilman等人，（2011年），仅示出了“当前技术”情景下肥料使用大于或等于当前水平的数值。

全球饥饿的趋势

该群组面临的一项关键挑战是到2030年消除饥饿（可持续发展目标的子目标2.1）。2005年至2014年间，全球饥饿有所缓解，无论是绝对饥饿还是相对饥饿。然而，自2014年以来，饥饿人数一直呈上升趋势，2016年有8.15亿人营养不足（联合国粮食及农业组织等，2017年）。全球模型预测，营养不足人口将在2030年减少，主要是由于当前低收入地区的预期收入增长（Alexandraos和Bruinsma，2012年；Hasegawa等人，2015年；Laborde等人，2016年；Bijl等人，2017年；联合国粮食及农业组织等，2017年）。这些预测通常基于2014年之前的数据，因此未考虑饥饿水平的近期上升。历史饥饿水平的差异通常与模型从历史数据转换为模型预测的年份（此处主要是2005年或2010年）有关。预计不同研究中的营养不足人数在2030年将达到3亿至6.5亿，而在2050年将达到约1亿至3亿（**图21.5**）。虽然这些数据与当前数据相比有所改善，但这些水平明显超过了到2030年消除饥饿的子目标。

图21.5：对全球食物不足人口的未来预测



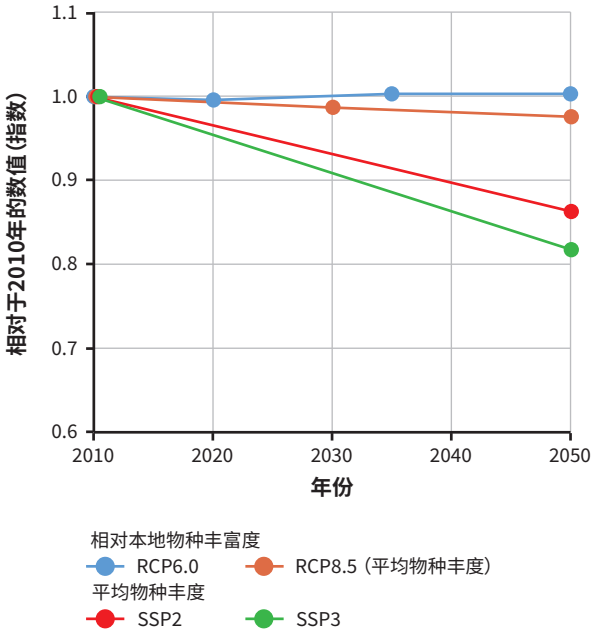
资料来源：Alexandratos和Bruinsma，2012年；联合国粮食及农业组织、国际农业发展基金和世界粮食计划署，2015年；Hasegawa等人，2015年；Laborde等人，2016年；Bijl等人，2017年。

生物多样性丧失的趋势

如第6章所述，生物多样性丧失有许多原因（可持续发展目标的子目标15.5）。大多数情景研究已经确定，自然栖息地丧失一直是且仍然是造成生物多样性丧失的最重要因素（千年生态系统评估项目，2005年；Newbold等人，2015年）。然而，水资源短缺、气候变化、污染和干扰的趋势都推动了生物多样性的进一步恶化，而“一切照旧”情景表明，这些因素中有多项因素未来可能会恶化将成为生物多样性丧失的主要原因，物种受到一系列因素的影响，包括：温度升高、降水模式改变和海平面上升。预计气候变化将在下个世纪改变生物群落的分布，只有十分之一到二分之一的全球土地在气候变化下极易受到生物群落分布变化的影响（Gonzalez等人，2010年）。北方针叶林尤其可能会受到影响（Gonzalez等人，2010年；Gauthier等人，2015年），但预测还显示，到本世纪末，拉丁美洲地区有5-6%的土地可能因气候变化而发生生物群落的分布变化（Boit等人，2016年）。人为驱动因素的组合作用可能推动一些区域性社会生态系统超越其临界点，将其转变为生物多样性和生态系统服务严重削弱的状态（Leadley等人，2014年）。

在《全球生物多样性展望4》报告之后发布的研究结果进一步加深了有关共识，即在“一切照旧”的情景下，生物多样性将持续下降。模型预测揭示了在生物多样性的许多不同层面的变化。《全球土地展望》报告提供了关于平均物种丰度（MSA）的预测，平均物种丰度是一种衡量生态系统的完整性的指标，且预测表明，平均物种丰度丧失将进一步恶化：从2010年的34%增加到2050年的43%（基于SSP2）和46%（基于SSP3）（van der Esch等人，2017年；**图21.6**）。基于土地利用变化趋势与政府间气候变化专门委员会的代表性浓度路径（RCP）8.5一致的情景，Newbold等人（2015年）预测，到2100年，本地物种丰富度将下降3.4%（**参见图21.6**）。预计，在同一RCP情景下，气候变化与土地利用变化的组合作用将导致脊椎动物群落中38%物种的累积丧失（Newbold，2018年）。许多影响集中在生物种群多样但经济上处于劣势的国家（或地区）（Newbold等人，2015年）以及热带草原和稀树草原（Newbold，2018年）。此外，对地球生命力指数（LPI）（一种衡量陆地、海洋和淡水脊椎动物种群数量变化的指标）的推算表明，与1970年的种群数量规模相“比，到2020

图21.6：对一系列气候稳定情景下的相对本地物种丰富度和SSP2和SSP3的土地利用情景下的平均物种丰度（MSA）的未来预测



资料来源：相对物种丰富度数据来自Newbold等人，2015年；平均物种丰度数据来自van der Esch等人，2017年

年，种群数量平均将下降67%（世界自然基金会，2016年）。在未来的土地利用和气候变化情景下，预计哺乳食肉动物和有蹄类动物的数量规模也会下降（Visconti等人，2016年）。基于物种扩散能力，在类似于地球生命力指数的指数情景中预测，到2050年，种群数量将下降18%至35%。这些丰度下降趋势会导致濒临灭绝风险增加8-23%（Visconti等人，2016年）。

土地退化的趋势

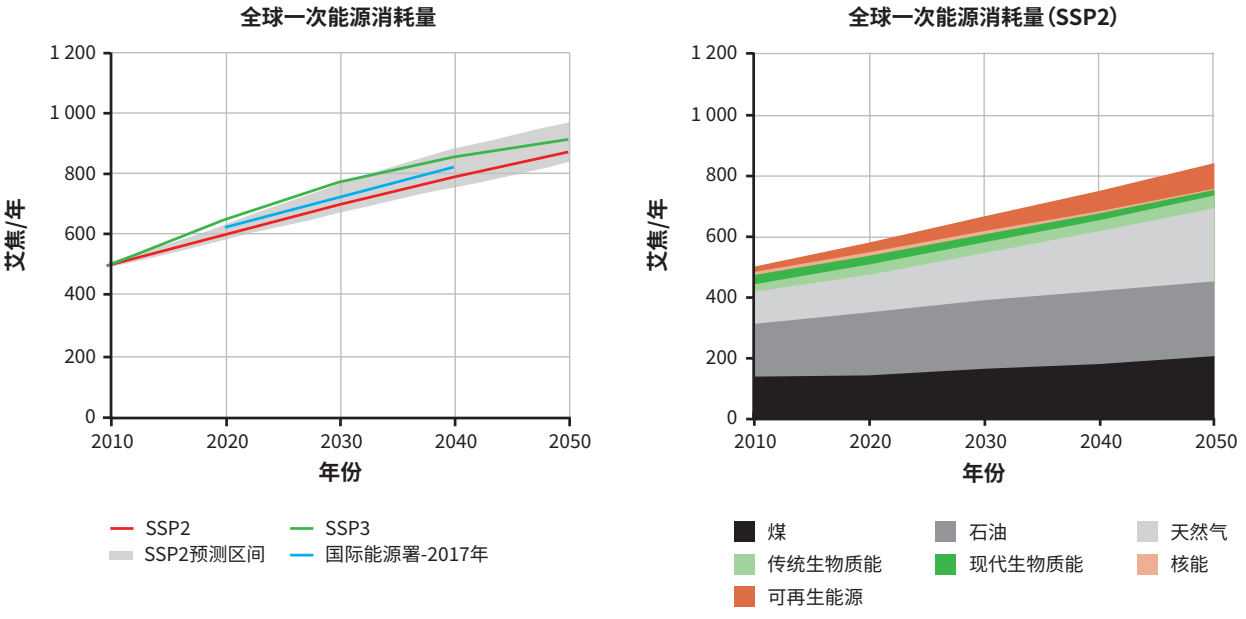
土地退化（可持续发展目标的子目标15.3）是世界范围内的一个主要问题，与粮食不安全、对气候变化和贫困的脆弱性以及减缓温室气体排放有关（《联合国防治荒漠化公约》，2017年；van der Esch等人，2017年）。对土地退化影响人数的估计有所不同，较低者介于13-15亿之间（Bai等人，2008年；Barbier和Hochard，2016年；参见第8章），较高者预计达32亿（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018年）。尽管受影响群体很大一部分是生活在边缘土地上的贫困农村居民，但由于管理不善和/或过度放牧，主要的农业用地也存在土地退化现象。例如，在巴西，超过一半的牧场处于严重退化状态，这带来了显著的生产力下降问题（Strassburg等人，2014年；Assad等人，2015年）。事实上，农业和畜牧业生产中的扩张和不可持续的实践是土地退化的最重要的直接驱动因素（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018年）。

在全球范围内，1982年至2010年期间，在调整气候影响的过程中，约12%的农业用地和约5%的自然土地的净初级生产力（净初级生产力）被发现存在下降趋势（Schut等人，2015年；van der Esch等人，2017年）。从地区来看，在俄罗斯/中亚和撒哈拉以南非洲地区，净初级生产力下降的农业用地份额增加了一倍（Schut等人，2015年；van der Esch等人，2017年）。与未受干扰的状态相比，全球陆地面积中有2800万平方公里或23%的土地的净初级生产力预计将显著低于目前的水平，因此，全球净初级生产力预计将下降5%（Smith等人，2016年；van der Esch等人，2017年）。除其他外，土壤退化涉及土壤侵蚀和土壤有机碳的丧失。从历史上看，约1760亿吨的土壤有机碳（8%）已经因土地利用变化（包括自然土地转换为农业用地、草原的过度放牧）而丧失（Stoorvogel等人，2017年a；Stoorvogel等人，2017年b）。由于持续的土地转换和不可持续的土地管理，预计2010年至2050年期间，还有270亿吨的土壤有机碳将会丧失，继而导致持水能力下降和营养物质流失，因此会影响农业产量（van der Esch等人，2017年）。此外，土壤有机碳的丧失将对生物多样性、水文和碳排放产生更广泛的影响。预计土地利用趋势（参见**图21.4**）、气候变化和不断增加的土地和水资源胁迫将导致进一步的土地退化。土地退化问题在干旱地区尤其令人担忧，到2050年，在SSP2情景下，人口预计将增加40%至50%，这远远超过非干旱地区预计的25%的增长率（van der Esch等人，2017年）。总的来说，这些趋势表明，在没有针对性政策的情况下，土地退化零增长的目标将不会实现。

21.3.3 能源、空气和气候

能源体系在实现可持续发展方面发挥着至关重要的作用。能源的使用是人类福祉的先决条件。与此同时，当前的能源消耗和生产模式对气候变化和空气污染有很大的

图21.7：对全球一次能源消耗量（左图）和SSP2情景下的各能源载体的消耗量的未来预测（右图）



资料来源：SSP公共数据库，2016年；国际能源署，2017年a；Riahi等人，2017年

驱动作用。在未来几十年，能源需求预计将进一步增加，这主要是由于人口增长和相关的人类活动。总体而言，大多数情景预测，在2015至2050年期间，一次能源需求将增加50-70%，尽管预计能源强度每年将会下降约1-2.5%，与历史上实现的水平相似（例如，van Vuuren等人，2016年；Riahi等人，2017年）。虽然可再生能源是迄今为止增长最快的能源形式，但在没有新政策的情景下，化石燃料仍在总能源供应中占据最大份额。在大多数“一切照旧”情景中，可再生能源的比例从2015年的15%增加到2050年的约20-30%（全区间，10-30%）（van Vuuren等人，2016年）。可再生能源自2015年在能源结构中占一小部分开始，已经在电力部门成功地取代了化石燃料，这在能源消耗总量中占据重要但有限的部分。情景研究专门审查了各国制定的政策的影响，这些政策作为各缔约国根据《巴黎协定》做出的承诺的一部分，往往表示要降低能源需求，增加非化石能源的比例，但最多只会使得化石燃料的需求趋于稳定。

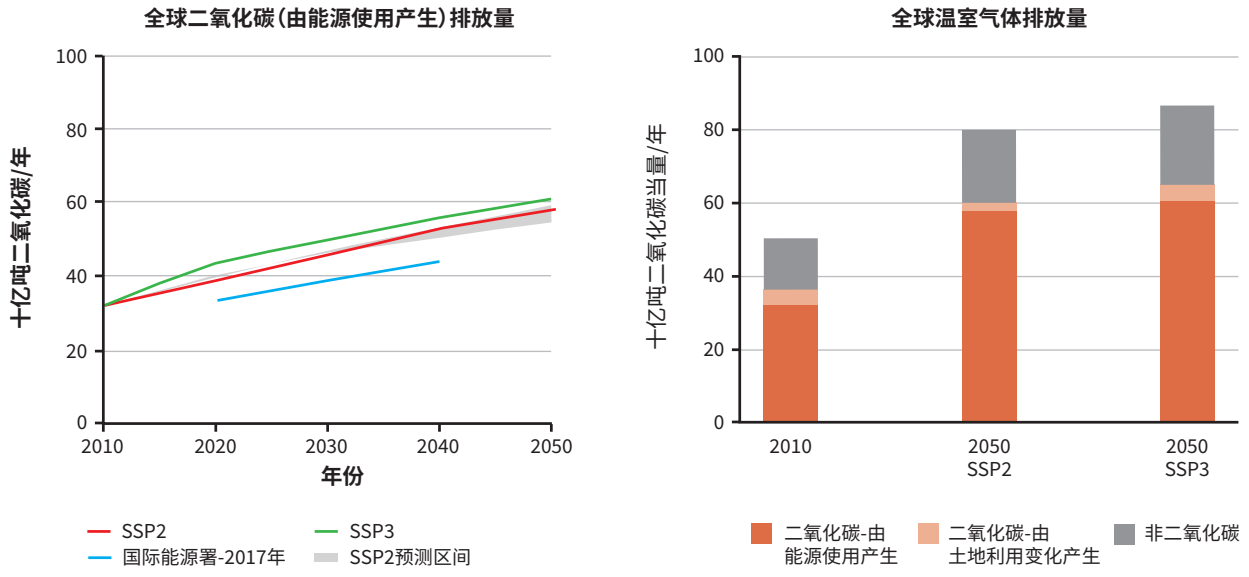
现代能源服务供应的趋势

获取现代能源服务（可持续发展目标的子目标7.1）是人类发展的重要先决条件（国际能源署，2017年b）。目前，全球约有28亿人依赖于传统生物质能，即煤油和煤炭等被认为是不清洁的燃料，而有11亿人无法获得电力（国际能源署，2017年b）。在明火或传统炉灶中使用传统生物质能而导致的家庭空气污染，可导致儿童和成人的死亡和发病。总体而言，2015年，家庭空气污染导致全球近300万人死亡，其中包括250,000名儿童死亡（全球疾病负担研究，2016年；可持续发展目标协作研究，2017年）。自2000年以来，能源供应在所有地区均取得了进展，特别是在亚洲，而在撒哈拉以南非洲，人口增长的速度大大超过了取得进展的速度。预计这些趋势将持续到2030年（Lucas等人，2015年；Dagnachew等人，2017年；国际能源署，2017年b；Lucas, Dagnachew和Hof, 2017年）。总体而言，到2030年，无法获得清洁烹饪燃料的人口预计将减少至约23亿，城市地区的改善程度将大于农村地区（国际能源署，2017年b）。根据SSP2假设情景，到2030年，每年约有140,000名五岁以下儿童因家庭空气污染而死亡（Lucas等人，2018年）。模型预测还显示，到2030年，无法获得电力服务的人口将减少到大约7亿，其中大多数地区（撒哈拉以南非洲地区除外）将达到接近普遍获取水平（国际能源署，2017年b）。虽然在2010年至2030年期间，预计撒哈拉以南非洲地区将新增超过5.5亿人可以获得电力服务，但到2030年仍有5亿人无法获得电力服务，其中大多数人生活在农村地区（Dagnachew等人，2017年）。

气候变化的趋势

不断增加的化石燃料使用意味着温室气体排放和相关的全球平均温度将增加（可持续发展目标的子目标13）。在2010-2050年期间，温室气体排放量预计将增加30-70%（Riahi等人，2017年；国际能源署，2017年a；**图21.8**）。预计这一增长的大部分将来自低收入国家（或地区）。尽管如此，经合组织成员国家的人均排放量仍然最高。温室气体排放量的预计增加不仅与能源相关趋势有关，而其他活动也会产生驱动作用。这些包括土地利用变化（LUC）带来的二氧化碳排放（随时间缓慢下降），以及与能源和农业相关的非二氧化碳排放。预计非二氧化碳排放量的总和将随时间进一步增加，主要受农业趋势的推动。

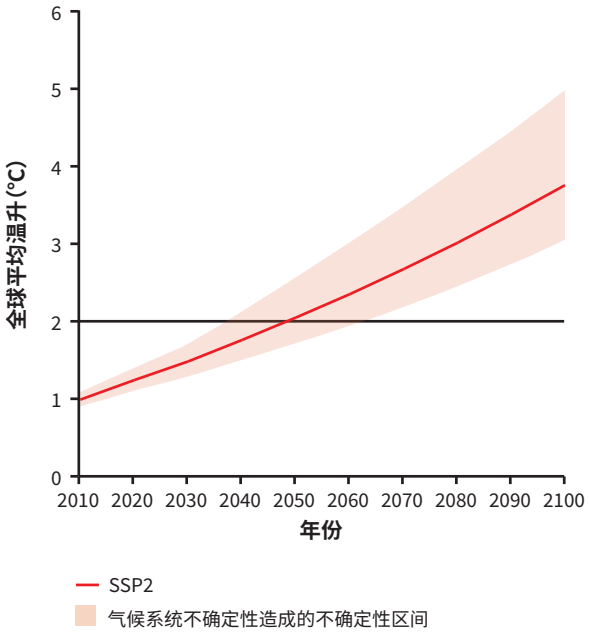
图21.8：对全球二氧化碳排放量（左）和温室气体排放总量（右）的增长预测



资料来源：示出了SSP2（该情景中不同模型的平均值以及区间内的最大值和最小值，Riahi等人，2017年）、SSP3（模型平均值；Riahi等人，2017年）以及国际能源署情景（国际能源署，2017年a，参考案例）下的结果。

由于全球排放量增加，根据SSP2情景，全球气温预计将2016年比工业化前水平高出1°C左右（Visser等人，2018年）增加至到2100年高出约4°C左右，很有可能在2050年之前超过《巴黎协定》确定的2°C子目标（政府间气候变化专门委员会，2014年b；参见图21.9）。世界不同地区的温度升高存在很大差异。通常，在高纬度地区，如温带和极地地区，温度升高幅度较大。除了气温变化外，预计会出现相当大的降水变化，一些地区变得更加干燥，而另一些地区变得更加潮湿。然而，气候变化变量中的具体模式仍然存在很高的不确定性。在许多地方，预计变暖将超过全球平均温度升高（定义为全球陆地与海洋的平均温度上升）。基于预测的温度变化，政府间气候变化专门委员会评估了与气候变化相关的影响（政府间气候变化专门委员会，2014年b）。对于在此处预测的“一切照旧”情景中的变暖，评估认为其在所有类别上都有显著影响，这包括海平面上升、对全球农业的负面影响（**参见专栏21.4**）、对生物多样性的负面影响以及整个气候系统发生不可逆转变化的风险。

图21.9：全球平均温度升高



资料来源：SSP2数据库，预测区间取自政府间气候变化专门委员会（2014年b）的基线情景。

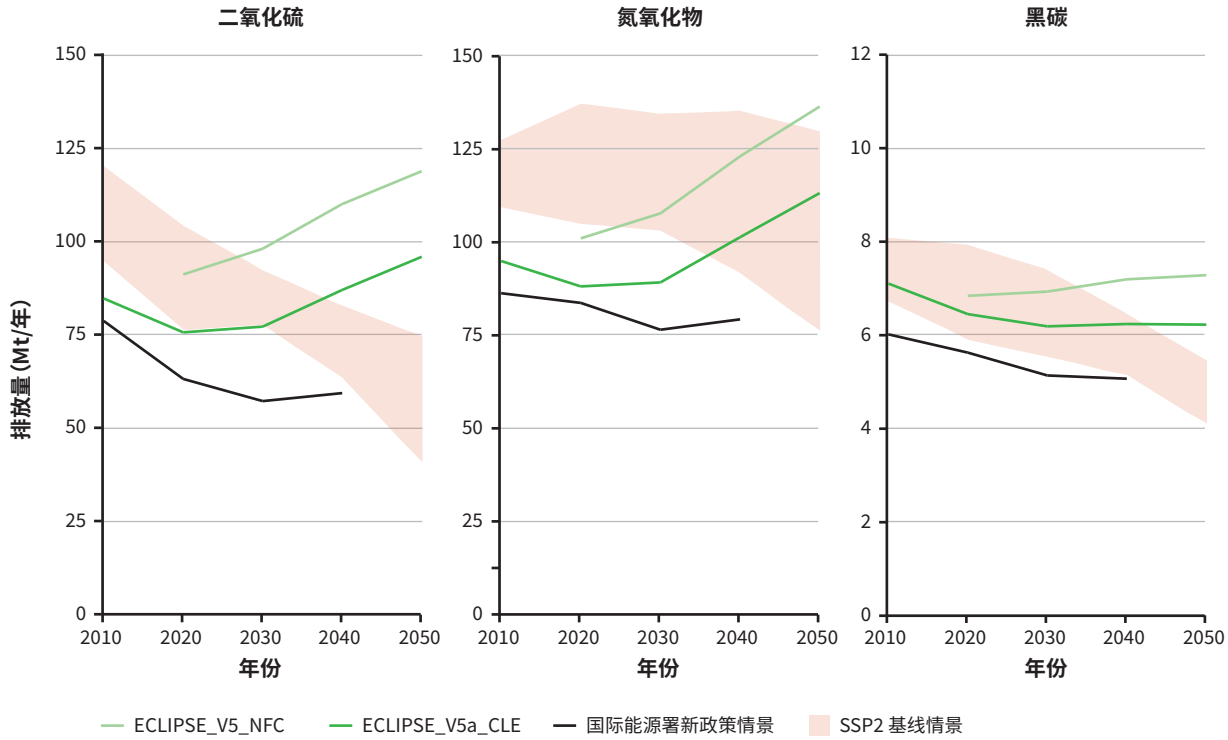
空气污染的趋势

从公共卫生的角度来看，空气中的颗粒物和地面臭氧是最重要的空气污染物（可持续发展目标的子目标11.6），其中，暴露于PM2.5是过早死亡的最主要原因（参见第5章）。全球疾病负担研究表明，在2015年，暴露于PM2.5环境中是第五大死亡风险因素，其造成约400万人死亡，1.03亿年健康生命年损失（Cohen等人，2017年）。

过去几年中，对未来空气污染进行了多次预测（Stohl等人，2015年；国际能源署，2016年；经合组织，2016年；Klimont等人，2017年；Rao等人，2017年；联合国环境规划署，2017年）。许多预测使用了温室气体—空气污染相互作用和协同效应模型（GAINS）的后续版本确定的排放因子（Amann等人，2011年；Klimont等人，2017年）。除了这些基本排放因子的演变之外，未来预测在对能源供需以及未来实施空气污染控制政策的程度的假设上也存在差异。

最悲观的情景分析了没有实施额外空气污染控制政策的情况。一个例子是经合组织（2016年）的研究，预计到2060年，由于经济活动和能源需求的增加，空气污染排放量将大幅增加。更现实的情景侧重于空气污染立法方面的预期改善。例如，国际能源署的“新政策”情景（国际能源署，2016年）预测了一个更乐观的未来，在该情景中，由于实施了最近宣布政策（包括《巴黎协定》确定的国家自主贡献（NDC）），将推动排放控制技术的利用，以及向更清洁能源结构的转变。得益于这些新政策，到2040年，全球大气污染物排放量将缓慢下降，尽管快速发展地区的空气污染排放可能会持续加剧（国际能源署，2016年；联合国环境规划署，2017年）。在高收入国家，由于发电厂和车辆方面的空气污染物排放标准越来越严格、发电转向使用低碳资源且能源效率不断提高，预计排放量将减少。在发展中地区，预计在收入水平达到一定程度之前，经济活动和能源需求的增长速度将超出污染防控的速度。然而，PM2.5排放量（主要是有机碳（OC）和黑碳（BC））和暴露风险可能会下降，主要得益于烹饪、取暖和照明方面的清洁能源供应（国际能源署，2016年）。ECLIPSE项目（Stohl等人，2015年；Klimont等人，2017年）已在大气研究中广泛使用，包括2017年《排放差距报告》（联合国环境规划署，2017年）。该项目包括一个介于经合组织和国际能源署提出的路径情景之间的“当前立法下的减排”（CLE）情景。基于与整体情景情节一致的未来空气污染排放控制政策的严格性和实施情况的一系列假设，针对每一种SSP开发了空气污染排放情景（Rao等人，2017年）。这些情景也使用了温室气体—空气污染相互作用和协同效应模型的排放因子。到2040年，SSP下的空气污染物排放情景的预测区间覆盖了在没有其他政策的情况下持续增长的更为悲观的情景（经合组织，2016年），和更加乐观的“新政策”情景（国际能源署，2016年）。

图21.10：对空气污染物（二氧化硫、氮氧化物、黑碳）排放量的未来预测



资料来源：ECLIPSE_V5_NFC和ECLIPSE_V5a_CLE分别表示ECLIPSE项目的“无进一步控制”和“当前立法下的减排”情景（Stohl等人，2015年；Klimont等人，2017年）。国际能源署“新政策”情景代表国际能源署的“新政策”情景，其中包括《巴黎协定》下确定的国家自主贡献（国际能源署，2016年）。对于SSP2情景，阴影部分表示所有模型的区间（Rao等人，2017年）。

总体而言，在没有新政策的情景下，空气污染物排放量会略有下降或增加。基于来自全球疾病负担研究的数据（全球疾病负担研究，2016年；风险因素协作组研究，2017年），2016年，分别有95%和58%左右的世界人口生活在年平均PM2.5 浓度超过指导值（10μg/m^3）和最宽松的过渡子目标值（35μg/m^3）的地区，造成约400万人过早死亡（美国健康影响研究所，2018年）。通过将排放数据作为输入，TM5-FASST源解析受体模型（van Dingenen等人，2018年）可用于估算年PM2.5浓度，其可以映射到未来的人口预测中，以估计暴露于特定水平的PM2.5 的人群数量和过早死亡人数。到2050年，在SSP2标记情景下，暴露于10μg/m^{3}和35μg/m^{3}以上PM2.5浓度的人口比例将分别达到63%和9%（Rao等人，2017年），在ECLIPSE V5a“当前立法下的减排”情景下，暴露于10μg/m^{3}和35μg/m^{3}以上$PM_{2.5}$浓度的人口比例将分别达到81%和40%（Stohl等人，2015年；Klimont等人，2017年）。这意味着空气污染将继续每年导致数百万人过早死亡，国际能源署的“新政策”情景估计，到2040年，将有450万人过早死亡（国际能源署，2016年），ECLIPSE V5a情景估计，到2050年，将有700万人过早死亡（Stohl等人，2015年；Klimont等人，2017年），其跨越了文献中给出的范围。到2060年，由于劳动生产力下降、医疗保健成本增高以及作物产量下降导致的全球经济损失将占全球国内生产总值的1%（经合组织，2016年）。各地区之间存在巨大差异，其中一些地区的经济损失将高达国内生产总值的3%（经合组织，2016年）。

21.3.4 淡水

与淡水有关的环境问题与“农业、粮食、土地和生物多样性”群组（参见第21.3.2节）和“能源、空气和气候”群组（参见第21.3.3节）的发展密切相关，因为淡水既是一种自然资源，也是污染的吸收汇。淡水对人类健康（饮用水和卫生设施）以及农业和能源生产至关重要，而淡水供应和需求的不平衡可能导致严重的水资源短缺。此外，通过径流和侵蚀将过量养分（氮和磷）流失到水生生态系统可能导致湖泊和河流的富营养化。

饮用水和卫生设施的趋势

2015年，近21亿人无法获得安全管理的饮用水服务（可持续发展目标的子目标6.1），其中有8亿人甚至无法获得改善的水源（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2017年）。此外，45亿人无法获得安全管理的卫生设施服务（可持续发展目标的子目标6.2），其中23亿人甚至无法获得基本的卫生服务（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2017年）。总体而言，不安全的水、环境卫生和个人卫生（WASH）造成了大约150万人死亡，其中包括410,000名儿童死亡，主要原因是卫生问题引起的腹泻病（全球疾病负担研

究，2016年；可持续发展目标协作研究，2017年）。Lucas等人（2018年）预计，根据SSP2的假设，到2030年，将有超过3000万名儿童无法获得改善的饮用水服务，约有1.5亿儿童无法获得改善的卫生设施服务。这意味着将有4亿人无法获得改善的饮用水服务，约有20亿人无法获得改善的卫生设施服务。基础卫生设施挑战尤其紧迫。2015年到2030年期间，约有56亿人需要安全管理的卫生设施，大约13亿人需要从露天排便转为定点排便（Mara和Evans，2018年）。改善对安全管理的水、环境卫生和个人卫生服务的供应可显著降低患有相关疾病的儿童数量。然而，根据SSP2的假设，到2030年，由于饮用水和卫生设施不足，预计约有220,000名五岁以下儿童死亡（Lucas等人，2018年）。

水质趋势

淡水污染不仅可归因于不同类型的化学品，也可能是由于径流和侵蚀而导致的水生生态系统的养分负荷（氮和磷）过多，以及水体硅浓度下降。由于科学文献中很少提到与化学品有关的情景研究（**参见专栏21.3**），因此，该子目标方面的趋势分析将侧重于营养盐污染。

氮（N）和磷（P）肥料在粮食生产中发挥了重要作用，但它们也进入了全球几乎所有水体，导致河流、湖泊和水库的富营养化（可持续发展目标的子目标6.3）。淡水生态系统中最重要的人为氮源是与农业有关的固氮（氮肥的使用、生物作物的固氮作用）。在磷方面，主要的人为磷源是磷肥的使用和废水。目前的农业固氮量估计为116-127 TgN/年（Bouwman等人，2017年）。Alexandratos和Bruinsma（2012年）预测，到2050年，合成氮的使用量将增加到138 TgN/年，而Mogollón等人（2018年a）预测，在SSP2和SSP3情景下，到2050年，合成氮的使用量将分别增加到185和260 TgN/年，说明未来预测存在不确定性。在SSP2和SSP3情景下，预计全球对农田的磷输入量将从2010年的14.5 TgP/年（Bouwman等人，2017年）分别增加到2050年的26 TgP/年和27 TgP/年（Mogollón等人，2018年b）。

对氮肥使用的未来预测很大程度上取决于氮肥利用效率（NUE）的发展，其从1970年的0.42下降到20年代80年代的0.35，然后再次提高到2010年的0.42（Bouwman等人，2017年）。20世纪80年代的下降趋势是由于低投入国家的肥料使用量增加，最初导致了氮肥利用效率明显下降，而后期提高主要是发达地区在农业实践和环境立法方面有所改善的结果（Bouwman等人，2017年；Rao等人，2017年）。预计这些趋势将在未来持续下去，在SSP2情景下，预计到2050年，氮肥利用效率将提高至0.55（Mogollón等人，2018年a）。磷肥利用效率（PUE）从1970年的0.51下降到20世纪80年代的稍低值，然后提高到2010年的0.6（Mogollón等人，2018年b）。未来的磷肥利用效率值主要取决于残余土壤库中的磷积累（低效率值）或其消耗（高效率值），这可被视为对未来生产的贡献。很明显，氮和磷在农业中的当前和预测使用量显著超过了62 TgN/年和6.2 TgP/年的子目标水平。与此同时，为了蓄水和水力发电而建造的大坝和水库对硅的拦截效应会加重水体硅缺乏（例如，Mavaara、Dürr和van Cappellen，2014年；Ran等人，2018年）。营养物质化学比例的扭曲（增加的氮磷比、增加的氮硅比）可能导致大量有害藻华的广泛性增加。目前，全球性的有害藻类问题导致藻华发生的频率增加，覆盖范围越来越广，严重程度越来越高，还产生了越来越多的藻毒素（Glibert，2017年）。

废水是淡水系统中营养盐的另一个重要来源。改善的卫生设施的重点是健康方面，且卫生系统旨在卫生地将人类与自己的排泄物隔离开来。然而，在没有废水处理的情况下，污水系统会将营养盐和有机废弃物直接排放到地表水中（van Puijenbroek等人，2015年）。虽然预计卫生设施的使用将会增加，但在发展中国家，废水处理的改善将赶不上人口增长和城市化趋势（van Puijenbroek，Beusen和Bouwman，2019年）。因此，根据SSP2的假设，未经处理的污水导致的全球营养盐排放量在氮方面，预计将从2010年的10 TgN/年增加到2050年的17 TgN/年，在磷方面，预计将从2010年的1.5 TgP/年增加到2050年的2.4 TgP/年（van Puijenbroek，Beusen和Bouwman，2019年）。

水资源短缺的趋势

目前，全球有超过20亿人生活在水资源严重短缺的河流流域（可持续发展目标的子目标6.4），即淡水抽取总量与可再生淡水资源总量之比超过40%的阈值（Oki和Kanae，2006年；Veldkamp等人，2015年；Liu等人，2017年）。在非洲和亚洲的一些国家，这一比例超过70%（联合国经济及社会理事会，2017年）。

在所有趋势情景下，预计全球人类用水需求（即取水量）将增加。一些情景显示出相当大的增幅，在SSP2情景下，将从目前的约4,000 km^3 yr^{-1} 增加到2050年的5,500 km^3 yr^{-1}（38%）（Wada等人，2016年；Satoh等人，2017年）。其他情景显示出较小的增幅，主要由于预期的效率改善。例如，Bijl 等人（2018年）预测，在SSP2情景下，到2050年，总需水量将增加26%。对于高需求情景，在SSP2情景下，水的消耗性使用量预计将从目前的2,000 km^3 yr^{-1} 增加到2050年的2,500km^3 yr^{-1}（25%）（Wada和Bierkens，2014年）。在SSP3情景下，预计用水量还将另外增加10%（Wada等人，2016年）。

不同部门（农业、工业和家庭）的用水效率改善预计会有所不同，在SSP情景下，每年的使用效率在0.3%至1.0%不等，主要遵循历史发展趋势（Flörke等人，2013年；Wada等人，2016年）。此外，预计不同地区的效率改善程度也会有很大差异，主要取决于可用的基础设施和经济投资。最大增幅的总需水量预计来自非洲、亚洲许多地区、美国西部、墨西哥和拉丁美洲（Hanasaki等人，2013年a；Hanasaki等人，2013年b；Wada等人，2016年），且在

很大程度上是由于当前发展中国家的人口快速增长和工业活动增加（电力和能源使用增加）（Hanasaki等人，2013年a；Hanasaki等人，2013年b；Bijl等人，2016年；Wada等人，2016年；Satoh等人，2017年）。

未来农业用水需求的增加主要是由于灌溉面积的扩大和预计的气候变化，后者加剧了灌溉作物的灌溉水蒸发（Hanasaki等人，2013年a；Hanasaki等人，2013年b；Wada和Bierkens，2014年；Mouratiadou等人，2016年）。

与家庭和工业部门相比，到本世纪末，灌溉用水需求的预计增长率要低得多，即20%至30%（Elliot等人，2014年），虽然有些研究预测在2010年和2050年之间的灌溉取水量将增加一倍（Chaturvedi等人，2015年）。虽然预测全球平均灌溉效率将出现细微变化（Hanasaki等人，2013年a；Hanasaki等人，2013年b），这有可能会对灌溉面积和灌溉强度的增加起到补偿作用（Wada等人，2013年），但各地区的灌溉效率存在显著差异（Chaturvedi等人，2015年）。应该注意到，大气二氧化碳浓度的增加可以改善作物生长，减少作物蒸腾，而同时，生物质能的增加使用可能会抵消作物蒸腾方面的改善（Wada等人，2013年）。

中度用水需求情景（SSP2）和高度用水需求情景（SSP3）下的趋势表明，水资源短缺问题预计会加剧。例如，研究表明，在不同的SSP情景下，亚洲地区约74%至86%面积的水资源短缺问题将大幅加剧，且到2050年，亚洲地区至少20%的面积可能会面临严重的用水压力（Wada和Bierkens，2014年；Satoh等人，2017年）。值得注意的是，由于气候变化，预计干旱和半干旱地区许多地方的水资源将严重减少（Schewe等人，2014年）。目前，亚洲超过10亿人生活在水资源严重紧缺的地区，占亚洲人口的近三分之一（Liu等人，2017年）。到2050年，面临严重缺水状况的亚洲人口预计将增加42%至75%，具体取决于采用何种情景（SSP1-3），且在SSP3的高度用水需求情景下，面临严重缺水压力的人口数量将增至20亿（Satoh等人，2017年）。在全球范围内，生活在严重缺水地区的人口数量呈现类似趋势，在SSP2和SSP3情景下，将从目前的20亿人分别增加至到2030年的28亿和34亿人（Hanasaki等人，2013年a；Hanasaki等人，2013年b）。水资源短缺的加剧会破坏可再生淡水资源，使其无法维持人类活动且发挥其生态功能（Satoh等人，2017年；Greve等人，2018年）。水资源短缺的后果也会影响农业、健康和收入。研究表明，到2050年，水资源短缺可导致中亚和东亚地区的国内生产总值减少7-10%（世界银行，2016年b；Satoh等人，2017年）。

与此同时，在SSP2和SSP3情景下，几乎所有的主要地下水用户的不可再生地下水抽取量预计将增加一倍。不可再生地下水占地下水抽取总量的比例预计将从30%增至40%，表明人类用水越来越依赖于不可再生的地下水资源（Elliot等人，2014；Wada和Bierkens，2014年）。在一些地区，地下水位可能会大幅下降，或含水层或河流可能会干掉，从而引发对粮食安全、能源、城市和生态系统的更多关注（Vanham等人，2018年）。

21.3.5 海洋

与海洋有关的环境问题与“农业、粮食、土地和生物多样性”群组（参见第21.3.2节）和“能源、空气和气候”群组（参见第21.3.3节）的发展密切相关，因为海洋既是一种自然资源，也是污染的吸收汇。海洋是数十亿人口的重要食物和营养来源，且在海上风电场和潮汐能等可再生能源方面也发挥着重要作用，虽然本节没有讨论到。在污染方面，与人为活动（包括农业和污水）相关的过量氮和磷负荷，可导致内陆和沿海水域的“死亡地带”和有毒藻类大量繁殖，而主要来自于能源体系的二氧化碳排放量的增加，加剧了海洋酸化。

海洋营养盐污染的趋势

营养盐富集和营养盐比例的变化主要会导致内陆和沿海水域出现“死亡地带”和有毒藻类大量繁殖。在过去的一个世纪里，河流中的硅氮比和硅磷比逐渐下降（Billen，Lancelot和Meybeck，1991年）。这是由于人为活动导致氮和磷负荷升高（Beusen等人，2016年），而河流输送的溶解硅（主要来自岩石风化）由于水库不断增强的拦截作用而减少（Conley，2002年）。因此，群落结构发生变化，因为硅藻生长需要平衡的硅氮比和硅磷比（硅氮比≈1；硅磷比≈16）。当氮和磷相对于硅过量存在时，浮游植物群落以非硅藻为主，且通常有毒藻类和蓝藻细菌大量繁殖，则会发生海洋营养盐污染事件（可持续发展目标的子目标14.1）（Anderson，Glibert和Burkholder，2002年）。

2000年，全球河流的氮输出量估计介于37 Tg N/年（Beusen等人，2016年）至43 Tg N/年之间（Seitzinger等人，2010年）。全球河流的磷输出量估计介于4 TgN/年（Beusen等人，2016年）至9 TgN/年之间（Seitzinger等人，2010年）。在SSP2情景下（Ligtvoet等人，2018年），由于来自农业和废水的投入预计增加，导致全球河流的氮输出量将从2006年的40 Tg N/年增加到2050年的47 Tg N/年，而磷输出量预计将从2006年的4 Tg P/年（基于Beusen等人，2016年）增加到2050年的5 Tg P/年。虽然对淡水系统向海洋输送的磷的历史估计存在相当大的不确定性，但未来的趋势正在向错误的方向发展。

海洋酸化的趋势

二氧化碳浓度的增加导致海洋酸度增加（可持续发展目标的子目标14.3）以及海洋生产力下降。在高排放情景下（RCP 8.5），与20世纪90年代相比，全球平均海洋酸度水平（pH）预计到2060年将下降约0.2（Palter等人，2018年），到2090年将下降约0.33（Bopp等人，2013年）。较低的pH值（较高的酸度）会降低碳酸根离子的浓度，但是海洋生物构建外壳和骨骼需要碳酸根离子。较高的酸度表明，

全球海水的上部水柱中的平均碳酸钙（$CaCO_3$）饱和度就文石而言（一种由海洋有机体生产的碳酸钙，其饱和度表示为：Ωarg）将下降到显著低于2.75Ωarg的选定子目标水平——从2010年的2.94Ωarg下降到2100年的1.8Ωarg左右（Zheng和Cao，2014年）。碳酸盐饱和度下降使海洋生物更难以形成外壳和骨骼，导致海洋生物分解，并可能增加自然死亡率，或降低体细胞生长率和卵生存力（Cattano等人，2018年）。从区域来看，预计极地地区的酸化速度将最为显著，北冰洋的碳酸根离子浓度预计自2048年起将降至文石饱和度以下，而南大洋预计在2067年左右将出现这种情况（Bopp等人，2013年；Ciais等人，2013年）。应该指出的是，从农业和工业来源流入海洋的氮和磷会导致海洋酸化的局部增强（Billé等人，2013年）。

海洋资源的趋势

保护海洋资源（可持续发展目标的子目标14.4）至关重要，因为海洋是数十亿人的食物和营养来源，特别是在低收入的沿海地区，这些地区的营养和收入的大部分都来自渔业。除了作为人类食物的直接来源之外，当鱼类在水产养殖和牲畜饲料中被加工成鱼粉时，鱼类也间接地促进了人类营养。从历史上看，人均鱼类需求量已从1950年的6kg/年显著上升到2016年的20.3kg/年（联合国粮食及农业组织，2018年），其他估计介于2011年的18.8-21.4kg/年范围内（Troell等人，2014年；Béné等人，2015年）。与此同时，鱼类养殖的趋势也在增加。自2014年以来，人类消耗的养殖鱼类多于野生鱼类（联合国粮食及农业组织，2016年）。联合国粮食及农业组织的预测表明，人类对鱼类的需求将在未来继续增长（联合国粮食及农业组织，2018年）。然而，研究表明，根据目前的捕捞战略，实现野生渔获量的可持续增加存在困难（Garcia，Rice和Charles，2016年；联合国粮食及农业组织，2018年）。一个重要的问题是，在RCP 8.5情景下，支持所有海洋渔业且最终支持所有海洋生物的海洋初级生产力预计到2100年持续下降（Bopp等人，2013年；Fu，Randerson和Moore，2016年），尽管存在相当大的不确定性（Laufkötter等人，2015年）。在现有文献中没有找到关于“在生物可持续产量水平范围内的鱼类种群的比例”——官方可持续发展目标的具体指标——的预测。作为替代，在无气候变化和当前管理情景下，对全球渔业情况的预测表明，等于或低于可恢复的子目标生物量的鱼类种群的比例将从目前的53%增高到2050年的88%（Costello等人，2016年）。但是，已经采取了一系列改进的管理措施。在科学和管理上有充分投入的大多数国家（或地区）（Melnychuk等人，2017年），可持续性前景有显著改善（Costello等人，2016年）。到2050年，捕捞潜力预计平均下降7.7%，而同期的收入可能会下降10.4%（Lam等人，2016年）。

21.3.6 人类健康

2012年，全球23%的死亡是由于可修改环境因素——“根据当前的知识和技术、资源和社会可接受性，可合理地管理或改变的因素”（Prüss-Üstün等人，2016年）——其中大部分发生于脆弱群体（儿童和老年人）和发展中国家（Prüss-Üstün等人，2016年）。环境影响人类健康，涵盖家庭（例如，不安全的水、环境卫生和个人卫生，以及室内空气污染）、社区（例如，室外空气污染）和全球范围（例如，气候变化）（Smith和Ezzati，2005年；Hughes等人，2011年）。

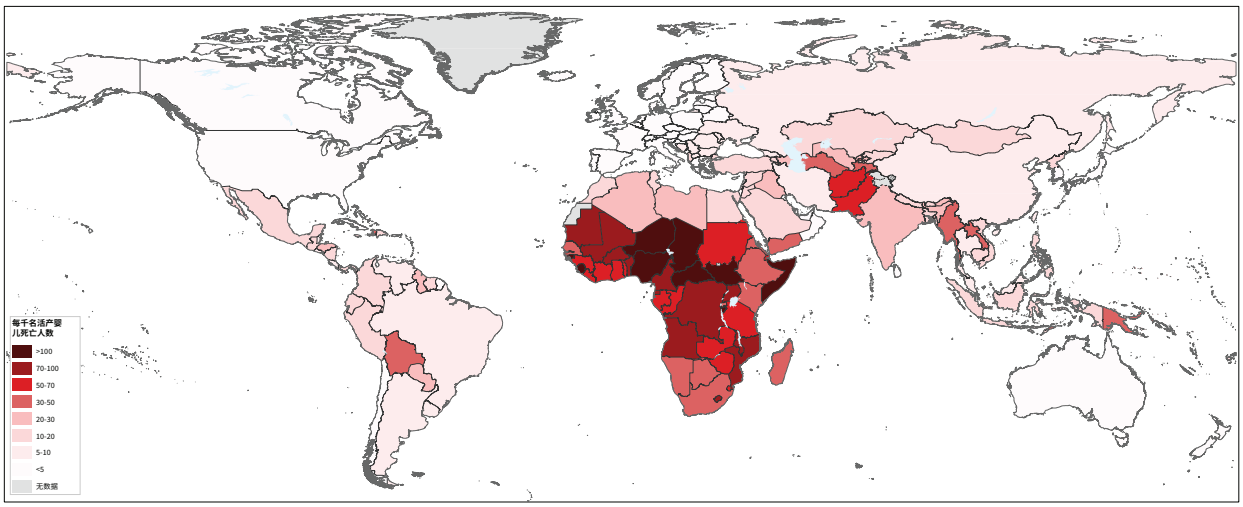
获得安全的水、环境卫生和个人卫生设施以及清洁炉灶设施的人口比例一直在显著增加，这减少了与传染性疾病有关的健康影响。预计这些趋势将持续到2050年（参见第21.3.3节和第21.3.4节）。例如，因使用固体燃料产生的家庭空气污染而导致的健康状况不佳或过早死亡造成的全球伤残调整寿命年（DALY），即寿命年损失年数，从1990年占总伤残调整寿命年的9.2%下降至2016年的6.8%（健康指标和评估研究所，2016年），预计到2024年将进一步下降至3%以下（Kuhn等人，2016年）。Hughes等人（2011年）也预测，传染性疾病死亡率将显著下降，这主要与经济发展强劲有关。然而，预计到2030年仍有很多人无法获得改善的饮用水和卫生设施以及清洁的炉灶设施，并且这些风险因素的改善程度因地区而异。此外，与室外空气污染和气候变化相关的健康风险也在增加（世界卫生组织，2014年；Forouzanfar等人，2015年；Cohen等人，2017年）。在未来几十年中，环境颗粒物污染将继续导致每年数百万人过早死亡（参见第21.3.3节）。同样，预计气候变化将在未来几十年内对健康造成严重的负面影响，其中包括热暴露、沿海洪水、腹泻、疟疾和营养不足（Hughes等人，2011年；世界卫生组织，2014年）。

自1990年以来，家庭层面的环境风险因素一直在下降，而社区和全球层面的风险因素一直在增加。全球健康风险已经从环境风险转向行为风险（例如，吸烟、儿童营养不足、酗酒）和代谢风险（例如，高血压和高体重指数）（世界卫生组织，2009年；Forouzanfar等人，2015年）。风险因素的这种转变是过去两个世纪中在全球范围内发生的更大的流行病学转变的一部分——死亡率一直在下降，且风险因素转为影响人类之后的生活（Murray等人，2015年）。

儿童死亡率的趋势

五岁以下儿童死亡率通常被视为生活质量的敏感指标（参见第20.4.1节）。全球儿童死亡率（可持续发展目标的子目标3.2）从1990年的每千名活产婴儿91例急剧下降到2015年的每千名活产婴儿43例，这是千年发展目标期间最伟大的成就之一（You等人，2015年）。然而，2016年，有超过500万儿童在五岁之前死亡，其中26%是由于我们控制范围内的环境因素（Prüss-Üstün等人，2016年）。五大主要的环境风险因素（按健康影响排序）是：家庭空气污染、不安全的饮用水、环境颗粒物、不安全的卫生设施以及洗手设施不足（世界卫生组织，2009年；Forouzanfar等人，2015年）。此外，营养不足（包括胎儿生长受限、儿童发育迟缓和消瘦、微量营养素缺乏和不良母乳喂养）是

图21.11:预计到2030年的五岁以下儿童死亡率



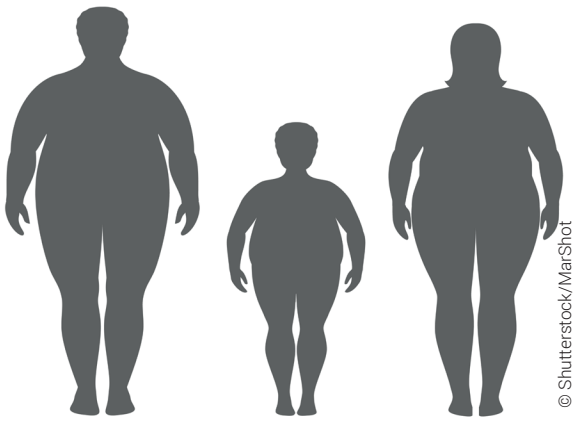
资料来源:Moyer和Hedden(2018年)。

重要的健康风险因素,与2011年约45%的儿童死亡有关(Black等人,2013年)。1990年,这五大主要的环境风险因素导致的五岁以下儿童死亡人数近280万(占五岁以下儿童死亡总数的30%),2016年减少至80多万人(占五岁以下儿童死亡总数的24%)。目前,有79个国家(或地区)的五岁以下儿童死亡率高于可持续发展目标的子目标规定的每千名活产婴儿25例的目标——部分原因是低收入和中等收入国家的环境风险因素持续存在,有时甚至更高(全球疾病负担研究,2015年;可持续发展目标协作研究,2016年)。

到2030年,全球儿童死亡率预计将进一步下降到每千名活产婴儿23-39例,这远远不足以实现可持续发展目标的子目标(Hughes等人,2011年;Liu等人,2015年;You等人,2015年;全球疾病负担研究,2016年;可持续发展目标协作研究,2017年)。这意味着到2030年,估计有47个国家无法实现子目标,主要集中在撒哈拉以南非洲(You等人,2015年)。由于儿童死亡率下降,到2050年,全球婴儿出生时预期寿命预计将增加至超过77岁,而2015年为71岁(Samir和Lutz,2017年;联合国,2017年)。应该指出的是,这些平均数据掩盖了预期寿命的巨大差异,特别是与国家内部和之间的贫困差异有关的预期寿命。

儿童死亡率,特别是腹泻和肺炎导致的死亡率,预计会显著减少,这主要是由于饥饿水平的预期改善(参见第21.3.2节)、对现代能源资源的改善获取(参见第21.3.3节)、对清洁饮用水和卫生设施的改善获取(参见第21.3.4节),以及整体发展水平的提高(Lucas等人,2018年)。然而,到2030年,五大主要的环境风险因素,以及儿童体重不足和疟疾,预计仍将导致15%左右的儿童死亡,主要发生在撒哈拉以南非洲地区(Lucas等人,2018年)。这些健康影响在很大程度上是可以预防的,但需要采取干预措施,以确保更清洁和可持续地获取粮食、水和能源服务。此外,气候变化可能会加剧儿童死亡风险,例如,通过影响粮食安全和随之而来的儿童体重不足。通过将气候变化对儿童体重不足的影响纳入基本情景预测中,Hughes等人(2011年)预测,到2050年,还会增加70,000名儿童死亡,主要分布在南亚和撒哈拉以南非洲。

应该指出的是,家庭、社区和全球环境因素影响了儿童死亡率以外的许多人类发展指标,反过来,儿童死亡率受到可修改环境因素以外的诸多因素的影响。如上所述,流行病学转变表明,可归因于环境的风险因素的平衡发生变化,例如,从与水有关的传染性疾病,到与环境空气污染等有关的非传染性疾病。在改善五岁以下儿童死亡率方面,成功应对前者将比应对后者有更显著的效益。此外,其他影响五岁以下儿童健康的环境健康风险因素(如营养不良和肥胖——可能会增加成年后的健康风险和死亡率,而非(或非仅)五岁以下儿童的死亡率。



© Shutterstock/MarShot

专栏21.5：选定的可持续发展目标的子目标在国家层面取得的进展

《2030年可持续发展议程》是一项全球议程，将在国家层面实施。本章明确评估了全球范围内与环境相关的可持续发展目标的子目标的未来发展。分析结论认为，如果没有更有力的政策，这些子目标就不太可能实现。但是，各国的进展程度差异很大。Moyer和Hedden（2018年）在SSP2情景下，探讨了在八项可持续发展目标的子目标和九项相关具体指标方面，未来在国家层面将取得的进展。这些子目标与“人类福祉”群组下的选定可持续发展目标的子目标相关联，并由消除贫困和教育问题方面的可持续发展目标的子目标作为补充。九项具体指标虽然不全面，但却代表了人类发展的多个方面。

根据本章的结论（**参见表21.2**），该研究得出结论，在2015年至2030年之间，全球在实现九项可持续发展目标的具体指标方面进展甚微。对于探讨的全部国家指标组合（186个国家的九项指标=每年1674个指标值），43%已在2015年达到子目标值，预计到2030年将增加到53%。预计到2030年，只有17%的国家能够实现全部选定的可持续发展目标的子目标，而15%的国家不会实现任何一项选定的可持续发展目标的子目标。后者主要集中在撒哈拉以南非洲。分析强调，在供应卫生设施、普及初中教育和降低体重不足儿童的流行率上达到子目标值存在困难，这些是一直存在的发展问题。预计到2030年，67%的国家将实现儿童死亡率可持续发展目标的子目标，而在撒哈拉以南非洲地区，只有8%的国家将实现这一子目标。

表21.1：预计到2030年按区域划分的国家实现选定的可持续发展目标的子目标百分比

	欧洲和俄罗斯	拉丁美洲和加勒比海地区	中东和北非	非经合组织亚太	北美	经合组织亚太	南亚	撒哈拉以南非洲	全球
极端贫困	100	68	85	70	100	100	79	21	67
饥饿	95	32	70	26	100	100	43	10	48
体重不足儿童	82	48	30	26	100	100	14	0	37
儿童死亡率	98	90	90	74	100	50	71	6	67
小学毕业率	100	94	85	78	100	100	86	33	77
初中	89	35	40	48	100	100	50	4	45
获取安全的饮用水	98	94	95	70	100	100	93	17	72
改善的卫生设施	80	29	65	43	100	100	43	4	44
获取电力	100	68	90	48	100	100	71	2	60

资料来源：Moyer和Hedden（2018年）。

21.4 我们是否实现了子目标?

情景评估的结论按选定的可持续发展目标的子目标和具体指标(参见第20章)概述在**表21.2**中。在"一切照旧"情景中,评估的这些子目标均未能实现,但存在明显的差异。

对于"人类福祉"群组下的子目标,预测趋势表明,随着时间的推移情况会有所改善,但不足以到2030年实现这些子目标。但是,预计有几个子目标长期来看会实现,或至少相对接近于实现;例如,预计到2050年,食物不足发生率将减少三分之二或更多。虽然进展足够快到可以弥补不断增长的世界人口,但许多人仍将无法获得食物、现代能源服务或充足的饮用水和卫生设施。与此相关的是,与环境有关的人类健康影响正在显著下降,但远远不足以实现五岁以下儿童死亡率方面的可持续发展目标的子目标。在撒哈拉以南非洲,环境健康风险因素仍然很突出。

表21.2:与选定子目标相关的过去和未来趋势(参见第20.4节)

群组	《全球环境展望6》选定子目标	具体指标	2010年的水平	子目标值	预测值1	趋势
人类福祉	消除饥饿	食物不足发生率	8-9亿人	0,2030年	3-5亿人,2030年	↘
	普遍提供现代能源服务	无法获得电力的人口和无法获得清洁烹饪燃料的人口	28亿和11亿	0,2030年	23亿和7亿,2030年	↘
	普遍提供安全饮用水和适当的卫生设施	无法获得改善的饮用水的人口和无法获得改善的卫生设施的人口	8亿和23亿	0,2030年	4亿和20亿,2030年	↘
	终结五岁以下儿童的可预防性死亡	五岁以下儿童死亡率	52例每千名活产婴儿	<25例每千名活产婴儿,2030年	23-39例每千名活产婴儿,2030年	↘
自然资源基础	改善水质	氮肥的使用和生物固氮	120 TgN/年	< 62 TgN/年	185 TgN/年,2050年	↗
		磷肥的使用	14.5 TgP/年	< 6.2 TgP/年	26 TgP/年,2050年	↗
	减少水资源短缺	生活在水资源短缺地区的人口	20亿	-	28亿,2030年	↗
	改善城市空气质量	暴露于PM2.5 浓度高于35μg/m3的人口百分比	58%	0%,到2050年	9-40%,2050年	↘
	抑制全球变暖	全球平均温度升高	1°C,2016年	< 2.0 / 1.5°C,2100年	4°C,2100年	↗
	减少海洋营养盐污染	淡水到海洋的磷输出量	4 TgP/年,2006年	-	5 TgP/年,2050年	↗
	尽量减少海洋酸化	全球海洋表面平均文石饱和度	2.94Ωarg	> 2.75Ωarg	1.8Ωarg,2100年	↗
	海洋资源的可持续管理	等于或低于可恢复的子目标生物量的鱼类种群的比例	53%	-	88%,2050年	↗
	实现土地退化零增长	土壤有机碳丧失	176Gt,历史上	-	27GtC,2010年至2050年	↗
	遏制生物多样性的丧失	平均物种丰度的丧失	34%	<36%,自2030年起	43%,2050年	↗

↗ 预计子目标无法实现;趋势向相反方向发展或没有显著改善;
↘ 预计子目标无法实现;趋势向正确方向发展;
↓ 预计将实现子目标(无)。

资料来源:所有值均基于第21.3节。1 预测值主要基于SSP2情景,但能源获取、五岁以下儿童死亡率、海洋酸化和高于子目标生物量的鱼类种群除外。在空气污染方面,由于不确定性范围很大,ECLIPSE情景的结果也包括在内。

对于“自然资源基础”群组下的子目标，差距仍然相对较大，对于大多数子目标，差距甚至变得更大。虽然资源利用效率（在产量和养分使用、水和能源效率方面）预计会提高，但大多与历史趋势一致（**参见表21.3**），气候变化、生物多样性丧失、水资源短缺、营养盐污染和土地退化预计将继续向错误的方向发展。只有暴露于$PM_{2.5}$浓度高于35μg/m³的环境中的人口比例预计将下降。不过，在SSP2情景下，到2050年，预计将有63%的人口暴露于PM2.5浓度高于10μg/m³的环境中，表明在未来几十年中，环境空气污染将继续导致数百万人过早死亡。

总体而言，情景分析表明，全球并没有朝着实现可持续发展目标和相关多边环境协定的环境相关子目标的方向上发展。这要求我们在降低儿童死亡率、防控空气污染、消除饥饿和获得清洁的饮用水、卫生设施和现代能源方面加速取得更大进展。此外，要实现自然资源基础方面的子目标，包括气候变化、生物多样性丧失、土地退化、水资源短缺、淡水和海洋污染，需要与当前趋势划清界限，将人类发展与环境退化完全脱钩。

表21.3：可持续消费和生产方面的资源利用效率的历史和常规趋势

《全球环境展望6》的选定子目标	具体指标	历史发展	“一切照旧”情景中的趋势
提高农业生产力（第21.3.2节）	按时间列出的产量提高率（谷物）	1.9%/年（1970年至2010年）	0.4-0.9%/年（2010年至2050年）
提高养分利用效率（第21.3.2节）	作物生长氮吸收总量与氮素的总投入量的比例	0.42，2010年	0.55，2050年
提高用水效率（第21.3.4节）	按时间列出的用水效率变化	0.2-1%/年（1970年至2010年）	0.3-1%/年（2010年至2050年）
增加可再生能源的比例（第21.3.3节）	可再生能源在终端能源消费中的比例	15%，2010年	20-30%，2050年
提高能源效率（第21.3.3节）	按时间列出的能源强度的降低（以一次能源和国内生产总值计量）	1-2%/年（1970年至2010年）	1-2.5%/年（2010年至2050年）

参考文献

Alexandratos, N. and Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf.

Amann, M., Bertok, I., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Höglund-Isaksson, L. *et al.* (2011). Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications. *Environmental Modelling and Software* 26(12), 1489-1501. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.07.012.

Anderson, D.M., Glibert, P.M. and Burkholder, J.M. (2002). Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries* 25(4), 704-726. https://doi.org/10.1007/BF02804901.

Assad, E., Pavão, E., Jesus, M.d. and Martins, S.C. (2015). *Invertendo o sinal de carbono da agropecuária brasileira: uma estimativa do potencial de mitigação de tecnologias do Plano ABC de 2012 a 2023.* São Paulo: Observtório ABC. http://medias.canalrural.com.br/resources/pdf/1/5/1435789855051.pdf

Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L. and Schaepman, M.E. (2008). Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management* 24(3), 223-234. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00169.x.

Barbier, E.B. and Hochard, J.P. (2016). Does land degradation increase poverty in developing countries? *PLoS One* 11(5), e0152973. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152973.

Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrup-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G.I. *et al.* (2015). Feeding 9 billion by 2050 – putting fish back on the menu. *Food Security* 7(2), 261-274. https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z.

Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F., Van Beek, L.P.H., Mogollón, J.M. and Middelburg, J.J. (2016). Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences* 13, 2441-2451. https://doi.org/10.5194/bg-13-2441-2016.

Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Kram, T., de Vries, B.J.M. and van Vuuren, D.P. (2016). Long-term water demand for electricity, industry and households. *Environmental Science and Policy* 55, 75-86. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.005.

Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Stehfest, E., de Vries, B.J.M. and van Vuuren, D.P. (2017). A physically-based model of long-term food demand. *Global Environmental Change* 45, 47-62. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.003.

Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C. and van Vuuren, D.P. (2018). Unpacking the nexus: Different spatial scales for water, food and energy. *Global Environmental Change* 48, 22-31. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.005.

Billé, R., Kelly, R., Biastoch, A., Harrould-Kolieb, E., Herr, D., Joos, F. *et al.* (2013). Taking action against ocean acidification: A review of management and policy options. *Environmental Management* 52(4), 761-779. https://doi.org/10.1007/s00267-013-0132-7.

Billen, G., Lancelot, C. and Meybeck, M. (1991). N, P, and Si retention along the aquatic continuum from land to ocean. In *Ocean Margin Processes in Global Change.* Mantoura, R.F.C., Martin, J.M. and Wollast, R. (eds.). New York, NY: John Wiley and Sons. 19-44.

Black, R.E., Victora, C.G., Walker, S.P., Bhutta, Z.A., Christian, P., de Onis, M. *et al.* (2013). Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The Lancet* 382(9890), 427-451. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60937-X.

Boit, A., Sakschewski, B., Boysen, L., Cano-Crespo, A., Clement, J., Garcia-alaniz, N. *et al.* (2016). Large-scale impact of climate change vs. land-use change on future biome shifts in Latin America. *Global Change Biology* 22(11), 3689-3701. https://doi.org/10.1111/gcb.13355.

Bopp, L., Resplandy, L., Orr, J.C., Doney, S.C., Dunne, J.P., Gehlen, M. *et al.* (2013). Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models. *Biogeosciences* 10(10), 6225-6245. https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013.

Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Lassaletta, L., van Apeldoorn, D.F., van Grinsven, H.J.M., Zhang, J. *et al.* (2017). Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. *Scientific Reports* 7(40366). https://doi.org/10.1038/srep40366.

Burt, A., Hughes, B. and Milante, G. (2014). *Eradicating Poverty in Fragile States: Prospects of Reaching the "High-Hanging" Fruit by 2030.* Policy Research Working Paper7002. Washington, D.C.: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/909761468170347362/pdf/WPS7002.pdf

Cattano, C., Claudet, J., Domenici, P. and Milazzo, M. (2018). Living in a high CO_2 world: A global meta-analysis shows multiple trait-mediated fish responses to ocean acidification. *Ecological Monographs* 88(3), 320-335. https://doi.org/10.1002/ecm.1297.

Chandy, L., Ledlie, N. and Penciakova, V. (2013). *The Final Countdown: Prospects for Ending Extreme Poverty by 2030* Policy Paper 2013-04. Washington, D.C.:The Brookings Institution. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/The_Final_Countdown.pdf.

Chaturvedi, V., Mohamad Hejazi, M., Edmonds, J., Clarke, L., Kyle, P., Davies, E. *et al.* (2015). Climate mitigation policy implications for global irrigation water demand. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 20(3), 389-407. https://doi.org/10.1007/s11027-013-9497-4.

Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J. *et al.* (2013). Carbon and other biogeochemical cycles. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 6. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf

Clark, W.C., Mitchell, R.B. and Cash, D.W. (2006). Evaluating the influence of global environmental assessments. In *Global Environmental Assessments: Information and Influence.* Mitchell, R.B., Clark, W.C., Cash, D.W. and Dickson, N.M. (eds.). Cambridge: MIT Press, chapter 1. https://sites.hks.harvard.edu/gea/pubs/geavol_info_chap_1.pdf.

Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. *et al.* (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the global burden of diseases study 2015. *The Lancet* 389(10082), 1907-1918. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6.

Conley, D. (2002). Terrestrial ecosystems and the global biogeochemical silica cycle. *Global Biogeochemical Cycles* 16(4), 68-61-68-68. https://doi.org/10.1029/2002GB001894

Costello, C., Ovando, D., Clavelle, T., Strauss, C.K., Hilborn, R., Melnychuk, M.C. *et al.* (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(18), 5125-5129. https://doi.org/10.1073/pnas.1520420113.

Dagnachew, A.G., Lucas, P.L., Hof, A.F., Gernaat, D.E.H.J., de Boer, H.-S. and van Vuuren, D.P. (2017). The role of decentralized systems in providing universal electricity access in Sub-Saharan Africa – A model-based approach. *Energy* 139, 184-195. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.144.

Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E. and Magné, B. (2017). Long-term economic growth projections in the shared socioeconomic pathways. *Global Environmental Change* 42, 200-214. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004.

Economic and Social Council (2017). *Progress towards the Sustainable Development Goals: Report of the Secretary-General. E/2018/64.* https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/secretary-general-sdg-report-2018--EN.pdf.

Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzmann, M., Gerten, D. *et al.* (2014). Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9), 3239-3244. https://doi.org/10.1073/pnas.1222474110.

Flörke, M., Kynast, E., Bärlund, I., Eisner, S., Wimmer, F. and Alcamo, J. (2013). Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. *Global Environmental Change* 23(1), 144-156. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.018.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to Food Security and Nutrition for All.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the Sustainable Development Goals.* Rome. http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development and World Food Programme (2015). *The State of Food Insecurity in the World: Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress.* Rome. http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World Food Programme and World Health Organization (2017). *The State of Food Insecurity in the World 2017. Building Resilience for Peace and Food Security.* Rome. http://www.fao.org/3/a-I7695e.pdf

Forouzanfar, M.H., Alexander, L., Anderson, H.R., Bachman, V.F., Biryukov, S., Brauer, M. *et al.* (2015). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet* 386(10010), 2287-2323. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00128-2.

Fritsche, U.R., Eppler, U., Iriarte, L., Laaks, S., Wunder, S., Kaphengst, T. *et al.* (2015). *Resource-Efficient Land Use – Towards a Global Sustainable Land Use Standard (GLOBALANDS).* Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_82_2015_resource_efficient_land_use.pdf.

Fu, W., Randerson, J.T. and Moore, J.K. (2016). Climate change impacts on net primary production (NPP) and export production (EP) regulated by increasing stratification and phytoplankton community structure in the CMIP5 models. *Biogeosciences* 13, 5151-5170. https://doi.org/10.5194/bg-13-5151-2016.

Garcia, S.M., Rice, J. and Charles, A. (2016). Bridging fisheries management and biodiversity conservation norms: Potential and challenges of balancing harvest in ecosystem-based frameworks. *ICES Journal of Marine Science* 73(6), 1659-1667. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv230.

Gauthier, S., Bernier, P., Kuuluvainen, T., Shvidenko, A.Z. and Schepaschenko, D.G. (2015). Boreal forest health and global change. *Science* 349(6250), 819-822. https://doi.org/10.1126/science.aaa9092.

GBD 2015 SDG Collaborators (2016). Measuring the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: A baseline analysis from the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet* 388(10053), 1813-1850. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31467-2.

GBD 2016 Risk Factors Collaborators (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* 390(10100), 1345-1422. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)32366-8.

GBD 2016 SDG Collaborators (2017). Measuring progress and projecting attainment on the basis of past trends of the health-related Sustainable Development Goals in 188 countries: An analysis from the global burden of disease study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1423-1459. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32336-X.

Glibert, P.M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity — Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine Pollution Bulletin* 124(2), 591-606. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.027.

Global Energy Assessment (2012). *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future.* Cambridge: International Institute for Applied Systems Analysis. http://www.cambridge.org/gb/knowledge/isbn/item6852590/?site_locale=en_GB.

Gonzalez, P., Neilson, R.P., Lenihan, J.M. and Drapek, R.J. (2010). Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change. *Global Ecology and Biogeography* 19(6), 755-768. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00558.x.

Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y. *et al.* (2013a). A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways – Part 1: Water use. *Hydrology and Earth System Sciences* 17, 2375-2391. https://doi.org/10.5194/hess-17-2375-2013.

Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y. *et al.* (2013b). A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways – Part 2: Water availability and scarcity. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(2393-2413). https://doi.org/10.5194/hess-17-2393-2013.

Hasegawa, T., Fujimori, S., Takahashi, K. and Masui, T. (2015). Scenarios for the risk of hunger in the twenty-first century using shared socioeconomic pathways. *Environmental Research Letters* 10(1), 014010. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/014010.

Health Effects Institute (2018). *State of Global Air 2018: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden.* Boston, MA. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soga-2018-report.pdf.

Hughes, B.B., Kuhn, R., Peterson, C.M., Rothman, D.S., Solórzano, J.R., Mathers, C.D. *et al.* (2011). Projections of global health outcomes from 2005 to 2060 using the International Futures integrated forecasting model. *Bulletin of the World Health Organization* 89(7), 478-486. https://doi.org/10.2471/blt.10.083766.

Institute for Health Metrics and Evaluation (2016). *GBD Compare Data Visualization.* https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014a). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Pachauri, R.K. and Meyer, L.A. (eds.). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014b). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for policymakers.* Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018). *Land Degradation and Restoration Assessment.* Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_1_rev.1_2.pdf?file=1&type=node&id=16514.

International Energy Agency (2016). *World Energy Outlook 2016.* Paris. https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2016.

International Energy Agency (2017a). *World Energy Outlook 2017.* Paris. https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2017.

International Energy Agency (2017b). *Energy Access Outlook 2017: From Poverty to Prosperity.* Paris. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf.

Jiang, L. and O'Neill, B.C. (2017). Global urbanization projections for the shared socioeconomic pathways. *Global Environmental Change* 42, 193-199. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.008.

Klimont, Z., Kupiainen, K., Heyes, C., Purohit, P., Cofala, J., Rafaj, P. *et al.* (2017). Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics* 17(14), 8681-8723. https://doi.org/10.5194/acp-17-8681-2017.

Kok, M.T.J., Alkemade, R., Bakkenes, M., van Eerdt, M., Janse, J., Mandryk, M. *et al.* (2018). Pathways for agriculture and forestry to contribute to terrestrial biodiversity conservation: A global scenario-study. *Biological Conservation* 221, 137-150. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.003.

Kuhn, R., Rothman, D.S., Turner, S., Solórzano, J. and Hughes, B.B. (2016). Beyond attributable burden: Estimating the avoidable burden of disease associated with household air pollution. *PLoS One* 11(3), e0149669. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149669.

Laborde, D., Bizikova, L., Lallemant, T. and Smaller, C. (2016). *Ending Hunger: What Would It Cost?* International Institute for Sustainable Development. http://www.iisd.org/sites/default/files/publications/ending-hunger-what-would-it-cost.pdf.

Lam, V.W.Y., Cheung, W.W.L., Reygondeau, G. and Sumaila, U.R. (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports* 6, 32607. https://doi.org/10.1038/srep32607.

Laufkötter, C., Vogt, M., Gruber, N., Aita-Noguchi, M., Aumont, O., Bopp, L. *et al.* (2015). Drivers and uncertainties of future global marine primary production in marine ecosystem models. *Biogeosciences* 12, 6955-6984. https://doi.org/10.5194/bg-12-6955-2015.

Leadley, P.W., Krug, C.B., Alkemade, R., Pereira, H.M., Sumaila U.R., Walpole, M. *et al.* (2014). *Progress Towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions.* CBD Technical Series. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-78-en.pdf.

Ligtvoet, W., Bouwman, A., Knoop, J., de Bruin, S., Nabielek, K., Huitzing, H. *et al.* (2018). *The Geography of Future Water Challenges.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-the-geography-of-future-water-challenges-2920.pdf.

Liu, L., Oza, S., Hogan, D., Perin, J., Rudan, I., Lawn, J.E. *et al.* (2015). Global, regional, and national causes of child mortality in 2000–13, with projections to inform post-2015 priorities: An updated systematic analysis. *The Lancet* 385(9966), 430-440. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61698-6.

Liu, J., Yang, H., Gosling, S.N., Kummu, M., Flörke, M., Pfister, S. *et al.* (2017). Water scarcity assessments in the past, present, and future. *Earth's Future* 5(6), 545-559. https://doi.org/10.1002/2016EF000518.

Lucas, P.L., Dagnachew, A.G. and Hof, A.F. (2017). *Towards Universal Electricity Access in Sub-Saharan Africa: A Quantitative Analysis of Technology and Investment Requirements.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-towards-universal-electricity-access-in-sub-saharan-africa-1952.pdf.

Lucas, P.L., Hilderink, H.B.M., Janssen, P., Samir, K.C., Niessen, L.W. and van Vuuren, D.P. (2018). *Future Impacts of Environmental Factors on Achieving The SDG Target On Child Mortality – A Synergistic Assessment.* PBL Working Paper 24. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-future-impacts-of-environmental-factors-on-achieving-the-sdg-target-on-child-mortality.pdf.

Lucas, P.L., Nielsen, J., Calvin, K., McCollum, D., Marangoni, G., Strefler, J. *et al.* (2015). Future energy system challenges for Africa: Insights from integrated assessment models. *Energy Policy* 86, 705–717. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.017.

Lucas, P.L., Dagnachew, A.G. and Hof, A.F. (2017). *Towards Universal Electricity Access in Sub-Saharan Africa: A Quantitative Analysis of Technology and Investment Requirements.* http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-towards-universal-electricity-access-in-sub-saharan-africa-1952.pdf

Mara, D. and Evans, B. (2018). The sanitation and hygiene targets of the sustainable development goals: Scope and challenges. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* 8(1), 1-16. https://doi.org/10.2166/washdev.2017.048.

Maavara, T., Dürr, H.H. and Van Cappellen, P. (2014). Worldwide retention of nutrient silicon by river damming: From sparse data set to global estimate. *Global Biogeochemical Cycles* 28(8), 842-855. https://doi.org/10.1002/2014GB004875.

Melnychuk, M.C., Peterson, E., Elliott, M. and Hilborn, R. (2017). Fisheries management impacts on target species status. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(1), 178-183. https://doi.org/10.1073/pnas.1609915114.

Meybeck, M. (1982). Carbon, nitrogen and phosphorous transport by world rivers. *American Journal of Science* 282, 401-450.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington, D.C: Island Press. https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf.

Mogollón, J.M., Lassaletta, L., Beusen, A.H.W., van Grinsven, H.J.M., Westhoek, H. and Bouwman, A.F. (2018a). Assessing future reactive nitrogen inputs into global croplands based on the shared socioeconomic pathways. *Environmental Research Letters* 13(4). https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab212.

Mogollón, J.M., Beusen, A.H.W., van Grinsven, H.J.M., Westhoek, H. and Bouwman, A.F. (2018b). Future agricultural phosphorus demand according to the shared socioeconomic pathways. *Global Environmental Change* 50, 149-163. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.03.007.

Mouratiadou, I., Biewald, A., Pehl, M., Bonsch, M., Baumstark, L., Klein, D. *et al.* (2016). The impact of climate change mitigation on water demand for energy and food: An integrated analysis based on the shared Socioeconomic Pathways. *Environmental Science and Policy* 64, 48-58. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.007.

Moyer, J.D. and Hedden, S. (2018). How achievable are human development SDGs on our current path of development?. [in preparation].

Murray, C.J.L., Barber, R.M., Foreman, K.J., Ozgoren, A.A., Abd-Allah, F., Abera, S.F. *et al.* (2015). Global, regional, and national disability-adjusted life years (DALYs) for 306 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 188 countries, 1990-2013: Quantifying the epidemiological transition. *The Lancet* 386(10009), 2145-2191. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61340-X.

Nakicenovic, N., Alcamo, J., Grubler, A., Riahi, K., Roehrl, R.A., Roger, H.-H. *et al.* (2000). *Special Report on Emissions Scenarios (SRES), A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press. http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/6101/1/emissions_scenarios.pdf.

Newbold, T., Hudson, L.N., Hil, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A. *et al.* (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520, 45-50. https://doi.org/10.1038/nature14324.

Newbold, T. (2018). Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285(1881). https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0792.

Oki, T. and Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science* 313(5790), 1068-1072. https://doi.org/10.1126/science.1128845.

O'Neill, B.C., Kriegler, E., Ebi, K.L., Kemp-Benedict, E., Riahi, K., Rothman, D.S. *et al.* (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change* 42, 169-180. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2016). *The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution.* Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/the-economic-consequences-of-outdoor-air-pollution_5jlzg2tj7mvf.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264257474-en&mimeType=pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026. Special Focus: Southeast Asia.* Paris. https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2017-2026_agr_outlook-2017-en;jsessionid=q8WsoLO97ujTtcppyvzESJNM.ip-10-240-5-90

Palter, J.B., Frölicher, T.L., Paynter, D. and John, J.G. (2018). Climate, ocean circulation, and sea level changes under stabilization and overshoot pathways to 1.5 K warming. *Earth System Dynamics* 9(2), 817-828. https://doi.org/10.5194/esd-9-817-2018.

Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E. *et al.* (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change* 42, 331-345. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.10.002.

Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. and Neira, M. (2016). *Preventing Disease Through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks.* Geneva: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf?sequence=1.

Ran, X., Bouwman, A.F., Yu, Z. and Liu, J. (2018). Implications of eutrophication for biogeochemical processes in the Three Gorges Reservoir, China. *Regional Environmental Change*, 1-9. https://doi.org/10.1007/s10113-018-1382-y.

Rao, S., Klimont, Z., Smith, S.J., Van Dingenen, R., Dentener, F., Bouwman, L. *et al.* (2017). Future air pollution in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change* 42, 346-358. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.012.

Riahi, K., van Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B.C., Fujimori, S. *et al.* (2017). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change* 42, 153-168. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009.

Samir, K.C. and Lutz, W. (2017). The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. *Global Environmental Change* 42, 181-192. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.004.

Satoh, Y., Kahil, T., Byers, E., Burek, P., Fischer, G., Tramberend, S. *et al.* (2017). Multi model and multi scenario assessments of Asian water futures: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative. *Earth's Future* 5(7), 823-852. https://doi.org/10.1002/2016EF000503.

Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N.W., Clark, D.B. *et al.* (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9), 3245-3250. https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110.

Schut, A.G.T., Ivits, E., Conijn, J.G., ten Brink, B. and Fensholt, R. (2015). Trends in global vegetation activity and climatic drivers indicate a decoupled response to climate change. *PLoS One* 10(10), e0138013. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138013.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014). *Global Biodiversity Outlook 4.* Montréal. https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en-hr.pdf.

Seitzinger, S.P., Mayorga, E., Bouwman, A.F., Kroeze, C., Beusen, A.H.W., Billen, G. *et al.* (2010). Global river nutrient export: A scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles* 24(4). https://doi.org/10.1029/2009GB003587.

Smith, K.R. and Ezzati, M. (2005). How environmental health risks change with development: The epidemiologic and environmental risk transitions revisited. *Annual Review of Environment and Resources* 30(1), 291-333. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144424.

Smith, P., Gregory, P.J., van Vuuren, D., Obersteiner, M., Havlík, P., Rounsevell, M. *et al.* (2010). Competition for land. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554), 2941-2957. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0127.

Smith, P., House, J.I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G. *et al.* (2016). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology* 22(3), 1008-1028. https://doi.org/10.1111/gcb.13068.

SSP Public Database (2016). *SSP Database (Shared Socioeconomic Pathways) - Version 1.1.* https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb/dsd?Action=htmlpage&page=about2018.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. *et al.* (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. 347(6223). https://doi.org/10.1126/science.1259855 doi: 10.1126/science.1259855.

Stohl, A., Aamaas, B., Amann, M., Baker, L.H., Bellouin, N., Berntsen, T.K. *et al.* (2015). Evaluating the climate and air quality impacts of short-lived pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15(18), 10529-10566. https://doi.org/10.5194/acp-15-10529-2015.

Stoorvogel, J.J., Bakkenes, M., Temme, A.J., Batjes, N.H. and Ten Brink, B.J. (2017a). S-world: A global soil map for environmental modelling. *Land Degradation and Development* 28(1), 22-33. https://doi.org/10.1002/ldr.2656.

Stoorvogel, J.J., Bakkenes, M., Ten Brink, B.J. and Temme, A.J. (2017b). To what extent did we change our soils? A global comparison of natural and current conditions *Land Degradation and Development* 28(7), 1982-1991. https://doi.org/10.1002/ldr.2721.

Strassburg, B.B.N., Latawiec, A.E., Barioni, L.G., Nobre, C.A., da Silva, V.P., Valentim, J.F. *et al.* (2014). When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change* 28, 84-97. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. and Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108.

Troell, M., Naylor, R.L., Metian, M., Beveridge, M., Tyedmers, P.H., Folke, C. *et al.* (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(37), 13257-13263. https://doi.org/10.1073/pnas.1404067111.

United Nations (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision (ST/ESA/SER.A/366).* New York, NY. https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf.

United Nations (2017). *World Population Prospects: Key Findings and Advance Tables. The 2017 Revision.* New York, NY. https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf.

United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook.* Bonn. https://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res.pdf.

United Nations Environment Programme (2012). *Global Environment Outlook 5: Environment for the Future We Want.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

United Nations Environment Programme (2017). *The Emissions Gap Report 2017: A UN Environment Synthesis Report.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

van der Esch, S., ten Brink, B., Stehfest, E., Bakkenes, M., Sewell, A., Bouwman, A. *et al.* (2017). *Exploring Future Changes in Land Use and Land Condition and the Impacts on Food, Water, Climate Change and Biodiversity: Scenarios for The UNCCD Global Land Outlook.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-exploring-future-changes-in-land-use-and-land-condition-2076b.pdf.

van Dingenen, R., Dentener, F., Crippa, M., Leitao, J., Marmer, E., Rao, S. *et al.* (2018). TM5-FASST: A global atmospheric source-receptor model for rapid impact analysis of emission changes on air quality and short-lived climate pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics.* https://doi.org/10.5194/acp-2018-112.

van Puijenbroek, P.J., Bouwman, A.F., Beusen, A.H. and Lucas, P.L. (2015). Global implementation of two shared socioeconomic pathways for future sanitation and wastewater flows. *Water Science and Technology* 71(2), 227-233. https://doi.org/10.2166/wst.2014.498.

van Puijenbroek, P.J.T.M., Beusen, A.H.W. and Bouwman, A.F. (2019). Global nitrogen and phosphate in urban waste water based on the Shared Socio-economic Pathways. *Journal of Environmental Management* 231, 446-456. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.048.

van Vuuren, D.P., Kok, M.T.J., Girod, B., Lucas, P.L. and de Vries, B. (2012). Scenarios in global environmental assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* 22(4), 884-895. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001.

van Vuuren, D.P., Kriegler, E., O'Neill, B.C., Ebi, K.L., Riahi, K., Carter, T.R. *et al.* (2014). A new scenario framework for climate change research: Scenario matrix architecture. *Climatic Change* 122(3), 373-386. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0906-1.

van Vuuren, D.P., Heleen van, S., Keywan, R., Leon, C., Volker, K., Elmar, K. *et al.* (2016). Carbon budgets and energy transition pathways. *Environmental Research Letters* 11(7), 075002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/075002.

Vanham, D., Hoekstra, A.Y., Wada, Y., Bouraoui, F., de Roo, A., Mekonnen, M.M. *et al.* (2018). Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of indicator 6.4.2 "Level of water stress". *Science of the Total Environment* 613-614, 218-232. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.056.

Veldkamp, T.I.E., Wada, Y., de Moel, H., Kummu, M., Eisner, S., Aerts, J.C.J.H. *et al.* (2015). Changing mechanism of global water scarcity events: Impacts of socioeconomic changes and inter-annual hydro-climatic variability. *Global Environmental Change* 32, 18-29. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.011.

Visconti, P., Bakkenes, M., Baisero, D., Brooks, T., Butchart, S.H.M., Joppa, L. *et al.* (2016). Projecting global biodiversity indicators under future development scenarios. *Conservation Letters* 9(1), 5-13. https://doi.org/10.1111/conl.12159.

Visser, H., Dangendorf, S., van Vuuren, D.P., Bregman, B. and Petersen, A.C. (2018). Signal detection in global mean temperatures after "Paris": An uncertainty and sensitivity analysis. *Climate of the Past* 14(139-155). https://doi.org/10.5194/cp-14-139-2018.

Wada, Y. and Bierkens, M.F.P. (2014). Sustainability of global water use: Past reconstruction and future projections. *Environmental Research Letters* 9(10). https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104003.

Wada, Y., Wisser, D., Eisner, S., Flörke, M., Gerten, D., Haddeland, I. *et al.* (2013). Multimodel projections and uncertainties of irrigation water demand under climate change. *Geophysical Research Letters* 40(17), 4626-4632. https://doi.org/10.1002/grl.50686.

Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S. *et al.* (2016). Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development* 9(1), 175-222. https://doi.org/10.5194/gmd-9-175-2016.

World Bank (2016a). *Poverty and Shared Prosperity 2016: Taking on Inequality.* Washington, D.C. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25078/9781464809583.pdf.

World Bank (2016b). *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy.* Washington, D.C. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23665/K8517.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

World Health Organization (2009). *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks.* Geneva: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44203/9789241563871_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

World Health Organization (2014). *Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s.* Hales, S., Kovats, S., Lloyd, S. and Campbell-Lendrum, D. (eds.). Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/134014/9789241507691_eng.pdf?sequence=1.

World Health Organization and United Nations Children's Fund (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines.* Geneva. https://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Drinking_Water_Sanitation_and_Hygiene_2017.pdf.

World Wide Fund for Nature (2016). *Living Planet Report 2016: Risk and Resilience in A New Era.* Gland. http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2016.pdf.

You, D., Hug, L., Ejdemyr, S., Idele, P., Hogan, D., Mathers, C. *et al.* (2015). Global, regional, and national levels and trends in under-5 mortality between 1990 and 2015, with scenario-based projections to 2030: A systematic analysis by the UN inter-agency group for child mortality estimation. *The Lancet* 386(10010), 2275-2286. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00120-8.

Zheng, M.-D. and Cao, L. (2014). Simulation of global ocean acidification and chemical habitats of shallow- and cold-water coral reefs. *Advances in Climate Change Research* 5(4), 189-196. https://doi.org/10.1016/j.accre.2015.05.002.

第 22 章

实现可持续发展的路径

© Shutterstock/Andrew Mayovskyy

领衔作者兼协调负责人：Detlef van Vuuren（荷兰环境评估署【PBL】），Paul Lucas（荷兰环境评估署）

领衔作者：Katherine V. Calvin（西北太平洋国家实验室【PNNL】联合全球变化研究中心），Serena H. Chung（美国环境保护署），Mike Harfoot（联合国环境规划署世界保护监测中心），Steve Hedden（丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心），Alexandre C. Köberle（里约热内卢联邦大学），Yoshihide Wada（奥地利国际应用系统分析研究所）

贡献作者：Lex Bouwman（荷兰环境评估署），Chenmin He（北京大学），Barry B. Hughes（丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心），Fintan Hurley（英国职业医学研究所），Terry Keating（美国环境保护署），Jonathan D. Moyer（丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心），Marco Rieckmann（费希塔大学）

《全球环境展望》研究员：Beatriz Rodríguez-Labajos（巴塞罗那自治大学）

执行摘要

基于模型的情景分析有助于确定实现可持续发展目标（SDGs）和相关多边环境协定（MEAs）的环境子目标的方法（充分证实）。寻求实现子目标的情景可以帮助我们深入了解所需的工作量、有希望的措施以及这些措施与一系列子目标之间可能的协同作用和权衡取舍。情景设置在气候政策文献中的成功使用说明这些情景具有实用性。情景设置可用于探索实现长期子目标的不同路径，且有助于了解这些路径的成本和效益。实现各项可持续发展目标与相关的多边环境协定之间存在重要的相互关系（协同作用和权衡取舍）。这意味着旨在实现一系列子目标的战略必须考虑到这些相互关系。目前，大多数情况下缺乏探索同时实现一系列可持续发展目标的情景。因此，可能路径的评估必须依赖于文献中范围较为狭隘的情景。这样确实会导致更高水平的不确定性和一些明显的知识差距。{22.2}

总体而言，现有的情景文献表明，实现子目标的不同路径是存在的，但这些路径需要转型变革（不完全证实）。为了实现第20章中确定的子目标，需要对路径实施变革，这表明逐步引入环境政策是不够的，而是需要显著提高土地、水和能源方面的资源效率。这包括在农业上取得高产收益、显著改善养分利用和用水效率、能效提高速度翻一倍，以及加快引入“无碳”能源选择。同样，实现粮食、水和能源的普遍获取将需要与当前趋势划清界限。{22.3；22.4.1}

实现可持续发展目标需要组合利用一系列措施，包括技术改进、生活方式变革和本地化解决方案（不完全证实）。这些路径强调了与实现能源、粮食和水的可持续消费和生产模式相关的若干关键转型，以便确保这些资源的普遍获取，同时防止气候变化、空气污染、土地退化、生物多样性丧失、水资源短缺、过度开发和海洋污染。这些转型包括，一方面要改变生活方式、消费偏好和消费者行为，另一方面，要实现清洁生产流程、提高资源效率、使经济增长与环境退化脱钩，以及践行企业责任。{22.3}

将与消费、生产和粮食供应有关的措施与自然保护政策相结合，可以同时实现消除饥饿、遏制生物多样性丧失和抑制土地退化（充分证实）。已经确定有几项措施同时实施有助于最大限度地减少相关的权衡取舍，包括可持续农业集约化（例如，提高水和养分利用效率）、倡导低肉类摄入的饮食模式、降低粮食损耗和浪费、改善粮食和营养管理服务的提供、景观管理，以及扩大保护区。{22.3.1}

生物多样性丧失与土地利用之间的密切联系意味着需要采取更加协调的国际行动（不完全证实）。情景文献明确地指出，如果土地利用遵循预期的“一切照旧”轨迹，那么遏制生物多样性丧失这一子目标将不会实现。此外，迫切需要提出与传统自然保护政策不同的其他政策来保护生物多样性，例如，与基础设施发展和气候变化有关的政策。因此，确保在各个层面——国家政府内部，甚至是国际上——实施更加协调的政策行动具有重要意义，特别是在土地利用规划和生物多样性保护这二者的关系上。{22.3.1}

有多种路径可以将温室气体排放量降低到符合《巴黎协定》规定的子目标水平。然而，每一项路径都需要转型变革，且迅速实施（充分证实）。减少温室气体排放的措施包括：变革生活方式（例如，倡导低肉类摄入的饮食模式、更多地使用公共交通）、能效提高速度翻一倍、加快实施低碳和零碳技术（包括水电、太阳能、风能、碳捕获和储存）、减少非二氧化碳温室气体的排放、落实基于土地的减缓方案（例如，再造林和生物能源）。减排措施需要加速实施，因为要达到《巴黎协定》中的气温子目标，碳预算非常紧张。作为一项广泛的指导方针，二氧化碳排放量与国内生产总值的脱钩率需要从每年1%-2%的历史速率提高到每年4%-6%，只有这样才能实现《巴黎协定》中的子目标。{22.3.2}

空气污染排放量的大幅降低可以实现，但目前尚没有可以促进达到最严格的空气质量指引要求的路径（不完全证实）。仅仅通过引入空气污染政策往往不足以达到严格的空气质量标准。然而，减缓气候变化（例如，逐步淘汰化石燃料）也大大降低了空气污染物的排放。因此，将气候政策与严格的空气污染政策相结合的情景表明，大幅降低直径小于2.5μm（$PM_{2.5}$）的颗粒物的排放，可显著改善所有地区的空气质量。在最好的情况下，预计有不到5%的人口将暴露于$PM_{2.5}$浓度高于世界卫生组织规定的最宽松的过渡期标准35μg/m^{3}的环境内，而预计有超过一半的人口仍然将暴露于$PM_{2.5}$浓度高于指导值10μg/m^{3}的环境内。{22.3.2}

缓解全球水资源胁迫，包括地下水枯竭，需要提高用水效率、增加水储存以及在废水再利用和海水淡化能力方面进行投资（不完全证实）。为了将2050年及以后面临水资源胁迫的全球人口数量维持在当前水平甚至是有所减少，全球用水效率需要提高20%至50%。这包括提高农业用水生产率、灌溉效率以及家庭和工业部门的用水效率。废水再利用和海水淡化战略需要大量的经济投资，且需要对现有基础设施进行现代化改造，这对许多发展中国家来说可行性不是很高。此外，以自然为本的解决方案可以通过减缓水污染同时限制经济投资，来改善和/或规范供水。{22.3.3}

实现与海洋有关的环境子目标需要在其他部门制定一致的政策（充分证实）。抑制海洋酸化在很大程度上取决于减缓气候变化（即降低二氧化碳排放量）。减少海洋营养盐污

染，以及相关的缺氧和有害藻华，需要显著改善养分流失，主要是肥料使用和未经处理的废水的养分输入。{22.3.4}

终结五岁以下儿童的可预防性死亡需要持续努力减少环境风险因素，但也需要更加重视消除贫穷、妇女和女童教育以及儿童和孕产妇保健（不完全证实）。消除饥饿并实现安全的饮用水、适当的卫生设施和现代能源服务的普遍获取可以显著改善健康水平——特别是对于五岁以下儿童。然而，即使到2030年能够实现所有与环境有关的可持续发展目标的子目标，五岁以下儿童死亡率也不会达到子目标水平。实现地球健康的目标还不足以实现人类健康。实现儿童死亡率方面的可持续发展目标还需要解决非环境风险因素，包括减轻贫困、妇女和女童的教育以及儿童和孕产妇保健。{22.3.5}

了解措施和子目标之间的相互关系对于协同实施和政策连贯性至关重要（充分证实）。如果措施通常旨在实现特定子目标或一系列子目标，它们也可以影响其他子目标。需要采用综合方法来产生协同效应并处理潜在的权衡取舍，以同时实现不同的环境子目标。{22.3；22.4.2}

总的来说，现有文献表明，可持续发展目标及其子目标内部和之间的协同效应大于权衡取舍（不完全证实）。可以利用人类福祉和自然资源子目标之间的显著协同作用。例如，通过改变膳食模式减少肉类摄入量来降低农业需求，以及降低粮食损耗和浪费，可以缓解对土地和水资源的压力，从而减少生物多样性的丧失，并有助于减缓气候变化。本章讨论的其他例子包括教育和减少空气污染。逐步淘汰化石燃料的持续使用可以在实现气候和空气质量子目标方面收获重要的共同惠益，后者与改善人类健康、增加农业生产和减少生物多样性丧失具有协同作用。{22.4.2} 本章还指出了几种权衡取舍。这可能意味着这些措施的吸引力不大，或者需要采取额外的政策来减轻这种权衡。{22.3}

产量提高和生物能源分别是应对生物多样性丧失和气候变化的重要措施，但它们可能与实现其他子目标相冲突（充分证实）。虽然几乎所有符合《巴黎协定》的情景都依赖于基于土地的减缓措施，但它们的使用增加了对土地的需求，并产生了相关的生物多样性影响，且可能导致粮食价格上涨。提高农业产量可以改善整体粮食供应并减少对自然土地的压力，但在此过程中，也可能由于更多的水、农药和化肥的使用和机械化，导致土地退化、水资源短缺、缺氧和有害藻华以及生物多样性丧失。{22.4.2}

需要进一步开展模型开发和路径分析，以涵盖可持续发展目标之间更广泛的联系（充分证实）。在实现一系列子目标方面，情景文献仍然不完善。现有情景文献有很多涉及气候变化和土地利用的问题，但针对土地退化和海洋相关的诸多挑战，以及化学品和废弃物的资料大多缺乏。此外，文献中讨论了许多协同作用和权衡取舍，但除了专题研究之外，还缺乏对所有相关关联性的全面综述。需要进行更具针对性的分析，包括对现有文献的系统审查和专门的综合评估建模，特别关注目前尚未探索的相互关系。{22.5.1}

22.1 引言

在当前趋势下，第20章中确定的可持续发展目标和相关多边环境协定的环境相关子目标将不会实现（第21章）。本章对情景文献进行了审查，以找到实现这些子目标的可能路径，从而缩小实施差距（**表21.2**）。重点考察的问题是实现这些子目标需要什么——以及不同措施和这些子目标之间的重要协同作用和权衡取舍有哪些。本章不讨论这些路径的社会或政治可行性，重点将聚焦于措施（例如，提高能源效率或产量变化），而不是实施这些措施的政策（例如，税收或监管）。后者将在第24章进一步讨论。

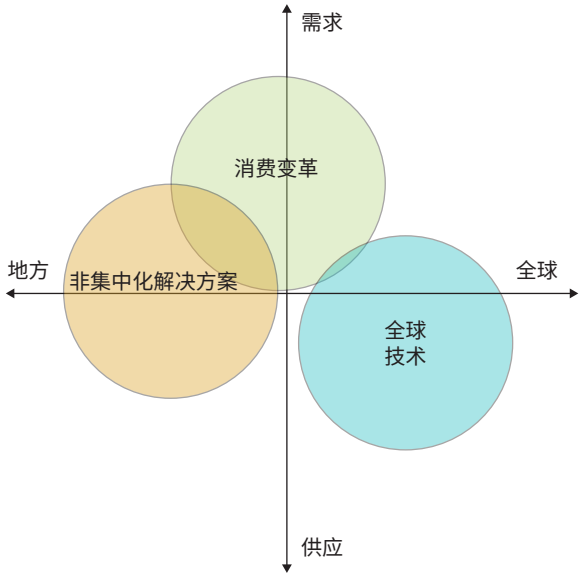
在文献中可以找到一系列分析如何实现特定子目标的情景，如与气候变化或土地利用变化相关的子目标（例如，全球能源评估项目，2012年；Clarke等人，2014年；Obersteiner等人，2016年）。致力于同时实现多个环境和/或发展子目标的情景更加缺乏，只有少数例外情况（例如，van Vuuren等人，2015年；《2050年的世界》倡议【TWI2050】，2018年）。此外，尚不存在探讨一系列措施与可持续发展目标之间的所有重要相互关系的综合性研究。此类研究具有重要意义，因为可持续发展目标的子目标和与多边环境协定有关的子目标以不同方式相互依赖，导致在应对战略上会产生协同作用和权衡取舍（Nilsson，Griggs和Visbeck，2016年）。文献方面存在这种差距表明，在我们的评估中，所需的措施和不同子目标之间的相互关系需要基于对当前工作的解释。

22.2 路径的定义

目前，存在一系列描述可持续发展趋势的不同情景（参见van Vuuren等人2012年对不同情景类型的概述）。一些情景探讨了引入关于关键驱动因素（例如，人口、经济发展和技术）的一系列假设的后果，与强调实现可持续发展目标保持一致。随后，这些情景会考察对人类发展和环境的影响。例子包括：SSP1（可持续发展）情景（Riahi等人，2017年；van Vuuren等人，2017a；**专栏21.2**），千年生态系统评估的“技术乐园”情景（千年生态系统评估项目，2005年），全球情景分析工作组的“大转型”情景（Raskin等人，2002年）。这些情景都会导致在环境问题上朝相对积极的方向发展，尽管它们通常无法实现第20章中的所有选定子目标。其他情景适用一种“倒序方法”——指示了实现可持续发展目标的路径（例如，“‘里约+20峰会’指引的道路”情景；参见**专栏22.1**）。最近的两个情景特别关注生活方式变革的作用以及减缓气候变化的可能影响（Grubler等人，2018年；van Vuuren等人，2018年）。可持续发展情景在许多方面与当前趋势情景（参见第21章）不同——包括经济活动的性质和个人生活方式、技术的可用性和效益，以及所采用的干预措施、法规和政策——导致在实现可持续发展所需的相关工作量以及协同作用和权衡上存在差异（荷兰环境评估署，2012年）。

本章旨在评估文献中的现有情景，并没有开发新的情景。本章介绍的情景应被视为可持续发展的可能路径，而不是明确的蓝图。在可能的情况下，采用基于SSP的情景（参见**专栏21.2**）。此外，“‘里约+20峰会’指引的道路”研究中的情景表明，有不同的方法来加强和引导或重新引导技术、偏好和激励措施以实现社会的可持续发展（van Vuuren等人，2015年；**专栏22.1**）。因此，“‘里约+20峰会’指引的道路”情景中的基本维度也可用于确定本章中分析的措施。第一个维度区分了依赖于全球合作的方案和专门关注地方情况的方案（主要与确保异质性和地方治理有关）。第二个维度区分了侧重于引入更可持续的生产模式的方案和侧重于引入更可持续的消费模式的方案。“‘里约+20峰会’指引的道路”情景也可以映射到这些维度上（**图22.1**）。应该指出的是，到目前为止，在基于模型的情景分析中，基于使生产模式更具可持续性的战略比侧重于变革消费模式的战略受到的关注更多。

图22.1：“‘里约+20峰会’指引的道路”研究中的情景



这些情景基于不同的侧重点，围绕全球或地方干预、生产或消费导向这两个对比维度展开。本章使用这些情景来说明，有不同的战略可推动实现可持续发展目标。

22.3 实现子目标的路径

图22.2中列出了为实现选定子目标（参见第20章）而确定的一系列措施。这些措施与被分类为五个群组的密切相关的环境问题和三组可持续发展目标有关联，与**图22.1**中的框架相对应。请注意，根据第21章，与生产和消费相关的子目标，如提高产量或改善能源强度，将作为实现预期情况的手段进行讨论。它们在不同的群组中予以讨论，并在本章末尾的概述中进行了总结。

专栏22.1:“‘里约+20峰会’指引的道路”研究项目

“‘里约+20峰会’指引的道路”研究项目考察了基于模型的路径,有助于同时实现一系列长期环境和发展子目标(van Vuuren等人,2015年)。这些路径使用IMAGE综合评估模型开发而成。这些子目标基于2012年之前的现有国际协定(可持续发展目标提出之前)。该研究主要关注两组相关的挑战:

1. 消除饥饿和遏制生物多样性的丧失;
2. 普遍提供现代能源和减缓气候变化。

该研究进一步解决了水、营养和健康方面的权衡问题。该研究介绍了实现可持续发展子目标的三种可能路径:(1)全球技术;(2)非集中化解决方案;(3)生活方式变革。替代情景的不同轨迹可以通过紧迫性、经济和制度有效性以及可行的生活方式变革速度之间的差异做出解释。这些情景的特征如下:

- 全球技术:在全球技术路径中,国际和国家决策者感到迫切需要处理全球可持续性问题,并设法动员大多数公民采用大规模的全球解决方案来解决这些问题。这些问题和解决方案的确认和解决主要是在大规模的全球范围内进行的。
- 非集中化解决方案:相较于长期问题可能产生的影响,只有在地方或区域层面才能实现可持续的生活质量这一观念占据较优先地位。因此,可持续性问题主要以小规模分散化的技术和组织工作的形式得到确认和解决。地方“智能”解决方案也可能归属于这一战略。这是一个“自下而上”不断发展的世界。
- 消费变革:部分原因是人们越来越意识到可持续性问题,生活方式开始发生重大变化,促进了向较少的物质和能源密集型活动的转型。尚未实现的子目标可以通过其他现有技术加以弥补。

图22.2:本章探讨的选定措施及其相关群组

	农业、粮食、土地和生物多样性	能源、空气和气候	淡水	海洋	人类健康
人类福祉	• 营养管理 • 改善粮食供应	• 改善能源获取	• 改善水、环境卫生和个人卫生设施的获取		• 减轻贫困 • 儿童和孕产妇保健 • 教育
可持续消费和生产	• 减少粮食损耗和浪费 • 提高产量 • 提高养分利用效率 • 饮食变化 • 土地所有权	• 行为变革 • 最终用途的电气化 • 低排放到零排放技术 • 生物能源 • 提高能源效率 • 空气污染控制 • 非二氧化碳排放控制	• 提高用水效率		
自然资源基础	• 管理土壤有机碳 • 陆地生态系统保护 • 森林管理 • 土地利用规划 • 尽量减少土地损害	• 负排放技术	• 废水处理 • 水质标准 • 海水淡化 • 水资源综合管理	• 海洋生态系统保护 • 可持续渔业 • 海洋监管	

以下各节回顾了关于每一群组内子目标的实现路径的情景文献，讨论了实现子目标所需的措施，以及每一群组内不同措施和子目标之间的潜在协同作用和权衡。

在A部分，化学品和废弃物以及废水也被确定为一类主要的全球环境问题。正如**专栏21.1**中所解释的那样，关于这些问题的文献并不多。我们在“农业、粮食、土地和生物多样性”群组下讨论了减少粮食损耗和浪费问题。在“能源、空气和气候”和“淡水”群组下，我们侧重于效率提高问题——解决能源和水资源浪费以及废水处理的问题。

22.3.1 农业、粮食、土地和生物多样性

“农业、粮食、土地和生物多样性”群组下的选定子目标可归纳为消除全球饥饿，同时遏制生物多样性的丧失并实现土地退化零增长（参见第20章）。有助于实现这些最终子目标的选定子目标包括提高农业生产力和提高养分利用效率。

如果没有其他措施，预计这三个子目标都不会实现（第21章）。虽然预计到2050年仍有数亿人口营养不良，但预计2010年至2050年期间，农业面积将增加1.5至4.25亿公顷，导致自然区域（包括森林）减少。生物多样性预测表明，物种丰富度和丰度将进一步下降，预计土地退化将持续下去。实现子目标需要对粮食生产系统进行重大改造，因为粮食生产系统是人类活动导致的土地利用变化的主要驱动力。

关于消除饥饿问题，本报告中使用了联合国粮食及农业组织对“粮食安全”的定义：“任何人在任何时候均能实质且有效的获得充分、安全且营养之粮食，以迎合其饮食及粮食偏好的活力健康生活”（联合国粮食及农业组织，1996年）。实际上，并非所有情景都包含足够的信息来评估此定义的所有方面。因此，我们对情景进行了定性描述，以评估此子目标方面的要求是否得到满足。对于生物多样性，选定子目标是基于《生物多样性公约》下通过的《2011-2020年生物多样性战略计划》（《生物多样性公约》，2010年），换言之，发达国家最迟于2020年阻止生物多样性的丧失，发展中国家最迟于2030年阻止生物多样性的丧失（Kok等人，2018年）。因此，遏制生物多样性的丧失意味着要阻止物种内、物种间和生态系统内的多样性进一步下降，以及这些生物的丰度和覆盖范围的进一步下降。对于实现土地退化零增长，目前尚没有定量分析。

该群组与其他群组下子目标之间存在重要关联。例如，应对气候变化可能需要大量的生物能源和用于其生产的土地投入。专门用于生物能源生产的土地总面积是未来情景中的主要不确定因素，尤其是那些具有严格减排子目标的情景（Popp等人，2014年）。此外，农业生产的增加可能需要增加淡水、氮和磷的投入。

为了在消除饥饿的同时遏制生物多样性的丧失和进一步的土地退化，需要生产足够的粮食，以便在2050年之前养活全球90至100亿人口，且不得扩大农业用地（至少在全球范围内）。同时，还有其他土地需求，如用于能源的生物质生产、木材生产。减少饥饿不仅需要充足的生产，而且更重要的是，需要解决粮食获取（经济和物质）问题，以确保所有人获得充足的食物。此外，在这一过程中要最小化污染（氮、磷或其他）。可能需要进一步的土地保护和土地恢复措施，以遏制生物多样性的丧失，避免或扭转土地退化。

文献中有几种以综合方式实现这些子目标的情景。这些研究表明，有多种路径可以实现这些子目标，例如，通过更加以技术为中心的路线、变革需求或更多地关注治理结构、土地保有和市场创造（Tilman等人，2011年；Bajzelj等人，2014年；van Vuuren等人，2015年；Obersteiner等人，2016年）。最近围绕SSP的文献讨论了多种路径可促进到2050年实现零饥饿子目标（Hasegawa等人，2015年），其中一些路径可以在不扩大农业面积的前提下实现此子目标（Popp等人，2017年）。然而，值得注意的是，粮食安全不仅涉及供应安全，还涉及诸如食物获取等需求因素，包括负担能力和分配问题（Qureshi，Dixon和Wood，2015年）及其营养价值。然而，获取、分配和营养价值的问题在很大程度上被排除在情景文献之外，因此本章不再对其深入讨论。

大多数关于预防生物多样性丧失的情景研究都假设同时采取一系列与土地、农业和生物多样性相关的措施，包括提高农业生产力，减少肉类、奶制品和蛋类的消费，减少粮食损耗和浪费，避免保护区的细碎化和扩大。这些措施可以减少生物多样性的丧失（van Vuuren等人，2015年）以及鸟类和哺乳动物的灭绝风险（Tilman等人，2017年）。

总体而言，文献中讨论了一系列措施，包括与农业生产有关的措施、农业需求侧措施以及旨在保护陆地生态系统的措施。

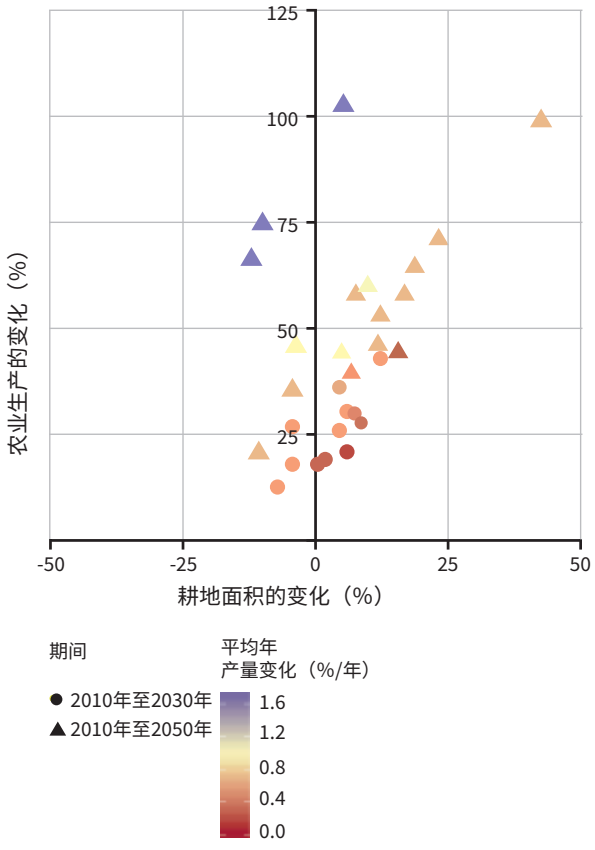
与农业生产有关的措施

实现“农业、粮食、土地和生物多样性”群组下子目标的一个方案是改变农业生产模式。这包括提高产量（以避免进一步扩大农业用地），以及其他增效措施，如养分和水的使用效率，以减少农业对环境的压力。

提高产量

在基于SSP2基线情景下（Fricko等人，2017年），2010年至2050年期间，人均对粮食、饲料和能源作物的需求将增加60%。在同一时期，全球平均粮食、饲料和能源作物的合计产量（每公顷农产品平均吨数）也在增加（每年增加1.0%）。因此，SSP2情景的净效应是到2050年，耕地面积增加约15%（2.3亿公顷）（**图22.3**）。这符合联合国粮食及农业组织对到2050年产量改善和农业面积扩张的预测（Alexandratos和Bruinsma，2012年）。为了限制农田扩张，产量增长需要从每年1.0%增加到1.4%。因此，研究关于未来是否可能实现快速产量改善这一问题的证据是有用的。首先，历史上已经取得了类似的产量提高率（Alexandratos和Bruinsma，2012年）。此外，几种情景确实表明未来会出现大幅的产量提高（**图22.3**）。生产率最高和生产率最低的地区之间也存在较大的产量差距（《全球产量差距和水资源生产力地图》，2018年），此外，由领导者向落后者传授最佳实践经验可能有助于提高全球平均产量（Neumann等人，2010年；Foley等人，2011年）。最后，新的产量提高方法还可能带来进一步的潜力（包括转基因生物【GMO】）。另一方面，单纯轻松的产量增长可能已经实现（Slade，Bauen和Gross，2014年）。此外，在过去的几十年中，产量的增加往往会伴随着环境压力的显著增加，例如，氮肥使用造成的氮污染（Lassaletta等人，2016年）。对未来化肥使用的预测尚不确定，但很明显，全球生产水平的提高需要更多的肥料使用（Alexandratos和Bruinsma，2012年）。例如，产量增加可能导致向环境中流失的氮量增加 15-70%，从而导致水和土壤的进一步污染（Sutton和Bleeker，2013年；Lassaletta等人，2016年）。持续的产量改善也可能依赖于灌溉用水的增加，从而对水资源产生影响（Neumann等人，2010年）。在未来，通过发展有机农业，再配合食物浪费的减少和饮食结构的变化，也可能大大减少农业的环境足迹（Muller等人，2017年）。然而，人们可能会质疑这些措施是否会带来与传统农业相似的产量水平（Leifeld，2016年），或者现有经验在替代生产和减少食物浪费方法上的可扩展性（Schneider等人，2014年）。对于牧场区域，畜牧业的集约化可能会限制牧场面积的增加甚至导致其面积减少。

图22.3：2010年至2030年和2010年至2050年期间非能源作物产量的变化百分比与非能源作物耕地面积的变化百分比



每个标记都是模型—情景—年份的组合。颜色表示同一时期的年产量变化百分比。黄色表示接近历史趋势（从1960年到当前，每年大约1%，Alexandraos和Bruinsma，2012年）；蓝色表示产量增长快于历史趋势；红色表示产量增长慢于历史趋势。在SSP情景下，产量是谷类作物的全球平均产量。在Bajzelj等人（2014年）提出的情景下，产量是小麦的全球平均产量，数据参考2009年。

资料来源：SSP（Popp等人，2017年）和Bajzelj等人，（2014年）。

减少与农业相关的环境压力

如前一节所述，高产量的农业系统通常与高水平的氮流失有关。然而，有证据表明，通过提高氮利用效率可以限制高产量的农业对氮流失的负面影响（Lassaletta等人，2016年；Bouwman等人，2017年）。从施用量的巨大差异上可以看出这一点，一些地区的过度施用导致了重大的环境影响，尤其是在中国（Zhang等人，2016年；Cui等人，2018年）。事实上，全球氮利用效率从目前的40%迅速提高到接近70%，可能促使过量氮素急剧下降到50 Tg N/年，且可能促进全球作物生产中总氮投入的稳定化（Zhang等人，2015年）。Mogollon等人（2018年）提出了类似的研究发现，但强调这种情况只可能在乐观的可持续性情景（有限的需求增长、高效率）下发生。作物产量与施氮量之间的关系表明，在施肥量高的地区，过高的施氮量会导致农业效益逐渐下降，而在施肥量低的地区，产量增加的可能性更大。这意味着全球范围内存在优化氮素施用的空间。这种情况下的权衡方法将会是增加农产品的国际贸易。

减少其他环境压力也很重要——例如，高水平的水资源消耗量（参见第22.3.3节）、除草剂和杀虫剂使用带来的负面影响，以及由于粮食生产中的过量养分利用和污水排放导致内陆和沿海水域富营养化。科学证据表明，保持农业的可持续性非常重要，这样才能保障自然害虫控制、授粉和繁殖等服务（Oerke，2006年；de Vries等人，2013年；Garibaldi等人，2017年）。例如，除谷物（未经昆虫授粉）外，许多重要的全球粮食作物至少会部分依赖于动物传粉媒介（通常是昆虫）来保证产量和/或质量，且依赖传粉媒介的作物占全球作物产量的35%（Klein等人，2007年）。在高产量的农

业系统中，可以在一定程度上减少负面影响。有证据表明，与传统农业相比，有机农业可以成为一种替代农业方式，因为其可以促进更大的当地物种丰富度和更高的天然生物密度（Bengtsson，Ahnström和Weibull，2005年；Tuck等人，2014年）。然而，有机农业也可能导致产量下降，从而增加土地利用（Clark和Tilman，2017年）。本章无法真正地去评估有机农业的作用，因为现有的情景研究中很少涉及有机农业问题。事实上，在保持充分的遗传多样性的策略上也是这种情况。虽然有证据表明，保持多样性对于缓解各类环境变化有重要意义，但情景研究中并没有真正解决这个问题。这种多样性的保持可以通过轮作作物、间作套种和多样化作物品种来实现。

防止土地退化

土壤有机碳的减少和其他形式的土壤退化会严重影响作物产量和产出的食物的营养价值（Godfray等人，2010年；Lal，2015年；Rojas等人，2016年）。因此，通过管理土壤有机碳和防止土地退化来维持土壤健康具有重要意义。最近出版的《全球土地展望》是少数几个在不同情景下讨论土地退化问题的研究之一，但该报告只讨论了趋势情景，而没有探讨实现土地退化零增长子目标的路径（《联合国防治荒漠化公约》，2017年；vander Esch等人，2017年）。与2000年相比，土地恢复和保护子目标预计到2050年将增加400万平方公里的树木覆盖面积，并在同一时期内增加50Gt的森林碳储量（Wolff等人，2018年）。但是，由于文献情景有限，很难评估防止土地退化在实现可持续发展目标方面发挥的作用。

农业需求侧措施

为了限制农田扩张，还可以减少基线预测中可能出现的粮食需求。减少需求可以通过减少粮食消费、减少浪费或减少作物饲料/燃料的使用来实现。

饮食变化

饮食方面的变化被认为是降低农业土地利用影响的有效措施。减少肉类消费的饮食变化会减少作为动物饲料的作物用量，从而减少对土地的需求，因为供人类消费的作物需要的土地要少得多（Stehfest等人，2009年）。特别是，减少牛肉消费将对环境指标产生最直接的积极影响，因为在所有牲畜中，反刍动物的饲料和蛋白质转化率最低（Béné等人，2015年）。这表明，将肉类消费量降低到符合高收入国家建议的健康水平可能会对减少农业用地和改善人类健康产生积极影响（Stehfest等人，2009年），因为目前的平均牛肉消费量高于这个水平。Foley等人（2011年）和Stehfest等人（2009年）指出，如果更多地转向植物性饮食，粮食生产使用的土地面积将大幅减少。根据这些研究，这种转变也会带来健康益处。摄入不同的肉类也可以获得土地效益。食用非反刍牲畜（例如，猪）的肉比食用牛肉对环境的影响要低，且通过转向更有效（更高产）的饲料作物，可以改善饲料投入的土地足迹（Béné等人，2015年；van Zanten等人，2018年）。因此，在饮食结构中降低反刍牲畜的消费比例可以减少土地需求。在双壳贝类方面，水产养殖甚至可以通过过滤手段避免营养物流入河口，这是一种潜在的协同作用。

文献中最近提出的情景也集中在饮食变化上，包括共享的社会经济路径模式1情景（参见Popp等人，2017年）和“‘里约+20峰会’指引的道路”情景下的“消费变革”路径（van Vuuren等人，2015年；van Vuuren等人，2018年）以及其他情景（Bajzelj等人，2014年；Tilman和Clark，2014年）。饮食变化程度依次为适度变化到不摄入非反刍动物肉品（社会经济路径模式1情景）再到完全停止肉类摄入（Tilman和Clark的“素食”情景）。其中一些情景限制了耕地面积的扩大，但同时提出了产量提高方案，这表明，考虑到人口不断增长，饮食变化不足以限制农田扩张。应该注意的是，除了产量和饮食的变化之外，这些情景还限制了生物能源作物用地的扩张（在基于IMAGE和GCAM模型的SSP1情景下，到2050年的能源作物用地将分别达到0.6亿公顷和1.4亿公顷）。最后，这意味着产量改善、饮食改变和能源作物用地扩张控制的组合运用才最有可能避免农业区域的扩大。

减少损耗和浪费

2010年，全球农业产量（每人每天约3,900千卡的粮食作物）足以养活全世界人口，但仍有超过8亿人营养不良（Alexandratos和Bruinsma，2012年；Kummu等人，2012年）。其中一个原因是，有25%-40%的粮食被浪费掉，无论是由于供应链浪费或最终消费浪费（Godfray等人，2010年；Kummu等人，2012年）。减少食物损耗和浪费是减少饥饿的一种方式，同时也有助于限制农田的扩张。当前浪费的食物量足以供数亿人食用一年（West等人，2014年），一些研究表明，如果将这些浪费掉的食物中的一半重新分配给消费者，就可以为数十亿人提供食物（Kummu等人，2012年）。同样地，Bajzelj等人（2014年）指出，将食物浪费减少一半，耕地面积将减少14%。Muller等人（2017年）指出，除了减少土地需求，饮食变化和减少浪费可以减少肥料和水的使用。Bijl等人（2017年）指出，尽管通过产量增加可以显著改善现状，但改善程度低于预期——主要是因为，平均而言，肉类的浪费比其他农产品要低。基于减少浪费的若干情景也指出，减少浪费可以限制农田扩张（“消费变革”情景，van Vuuren等人，2015年；其他情景，Bajzelj等人，2014年）。这些情景都假设产量将增加，且得出的结论是，鉴于人口增加，仅减少浪费不足以限制农田扩张。

粮食分配的变化

饥饿问题在某种程度上取决于粮食供应量，但更重要的是粮食的分配。收入分配在粮食分配中起着关键作用（Wanner等人，2014年；Hasegawa等人，2015年）。在他们的分析中，Hasegawa等人（2015年）得出结论认为，全球饥饿的未来发展主要取决于人口增长、粮食分配不平等和人均国内粮食生产。改善最贫困家庭对粮食的获取，可以大大减少到2050年满足全球人口需求而需要的粮食生产增加量（van Vuuren等人，2015年）。同时避免食物浪费减少了对农田的需求，且仍然可以允许肉类消费，尽管速度要低于当前趋势的预测（Röös等人，2017年）。

在基线情景中，儿童发育迟缓和消瘦问题也预计会缓解，但不足以实现到2030年消除儿童发育迟缓和消瘦的可持续发展目标（全球疾病负担研究，2015年；可持续发展目标协作研究，2016年；全球疾病负担研究，2016年；可持续发展目标协作研究，2017年）。同时，儿童超重的流行率过去15年来一直在增加（全球疾病负担研究，2015年；可持续发展目标协作研究，2016年）：预计不到5%的国家将实现儿童超重方面的可持续发展目标（全球疾病负担研究，2016年；可持续发展目标协作研究，2017年）。因此，实现这些目标需要在营养问题，以及导致健康状况不佳的更远端因素——贫困、低水平的教育和卫生支出、冲突方面加快行动（全球疾病负担研究，2016年；可持续发展目标协作研究，2017年；另参见第22.3.5节）。

保持陆地生物多样性

第21章涉及的基线情景表明生物多样性将进一步下降。一些已经出版的情景研究重点关注如何遏制生物多样性的丧失（例如，van Vuuren等人，2015年；Obersteiner等人，2016年；Kok等人，2018年；Leclere等人，2018年）。这些情景表明，除了维持保护区内的陆地生物的多样性外，减少导致生物多样性丧失的外部驱动因素至少具有同等的重要性，这些外部因素包括扩大土地利用、气候变化和扩大基础设施。我们将在以下内容中简要讨论其中一些要素。总而言之，情景文献表明存在遏制生物多样性丧失的路径——但这种情景难以实施。

陆地生态系统保护

保护区是一个重要的土地管理保护工具。综合表明，与其他地区相比，保护区内的物种多样性往往要高10%，物种丰度也要高15%（Coetzee，Gaston和Chown，2014年；Gray等人，2016年）。此外，保护区内的栖息地转换率要低7%（Geldmann等人，2013年）。尽管《生物多样性公约》的爱知生物多样性目标11提出了17%的保护区面积覆盖率子目标，但2016年，保护区面积只占陆地面积的14.6%。如第21章所示，目前的趋势将导致生物多样性的急剧下降。因此，迫切需要采取协调一致的国际行动，来平衡土地利用决策和生物多样性保护。以良好设计的方式将保护区面积扩大5%，可以大大改善对生物多样性的保护（Pollock，Thuiller和Jetz，2017年）。文献中的许多情景都对保护区发展趋势有明确的假设。但是，保护区扩张不应该是唯一的考虑因素，且不应该以牺牲对当前保护区的有效管理为代价（Barnes等人，2018年）。此外，除常规保护区网络以外的环境政策也至关重要。

土地所有权

土地所有权对土地管理具有影响，且因此可能对栖息在土地上的生物多样性产生影响。例如，私有土地与公有土地上的鸟类种群组成不一样（Maslo，Lockwood和Leu，2015年），私有温带森林中微生境的多样性和密度更高，这有助于促进更大的生物多样性（Johann和Schaich，2016年）。整个陆地面积的四分之一以上由土著群体管理或保有，且这片土地与大约40%的保护区和生态完整的景观纵横交织（Garnett等人，2018年）。因此，除了公有和私有土地所有权，地方委员会和土著人民的土地权利以及他们管理土地的方式可能对实现地方和全球土地保护子目标至关重要。由于土地所有权问题很少被明确地纳入情景分析中，因此在超出这一范围的可持续发展路径中评估土地所有权的作用是很困难的。

土地利用规划

土地利用规划涉及对土地潜在用途的环境、经济和社会影响的系统评估，以确定土地利用的最佳模式。土地利用规划和系统保护规划很少在全球情景中作为一项工具被具体讨论。最值得注意的例外是Leclere等人（2018年）最近提出的情景研究，该情景使用土地面积的生物多样性价值来确定最佳土地利用方式，并且可以用来指导未来的《全球环境展望》评估。他们指出，在土地利用规划方面使用这种方法确实有助于确定旨在减少生物多样性丧失的战略。

森林管理

荟萃分析表明，不同类别的森林管理类型对生物多样性丧失有不同的影响，选择和保留系统对物种多样性的影响最小，而木材和薪材种植园的影响最大（Chaudhary等人，2016年）。虽然情景模拟中并不一定会对森林管理实践做出分析，但研究表明，与以最佳组合形式实施管理制度相比，任何单一管理制度的持续实施在生物多样性问题上不会达到最佳效果（Monkkonen等人，2014年）。

各子目标之间的重大权衡

该群组内具体措施和各子目标之间存在一系列权衡取舍。三个重要方面如下：

- 增加耕地面积可以通过增加粮食产量来帮助减少饥饿。现有文献中的许多情景提到了这种土地扩张（例如，Tilman等人，2011年；Bajzelj等人，2014年；Tilman和Clark，2014年；Popp等人，2017年）。然而，耕地面积的扩大可能导致自然土地得到修整，而土地利用的变化可能导致排放增加，从而对生物多样性、土地退化和气候变化产生影响。应该注意的是，限制农田面积的扩大也会对作物产量、肥料使用和能源作物

产量产生影响（参见第5章和第22.3.2节）。此外，限制农田扩张可能对发展产生影响（Sandker, Ruiz-Perez和Campbell, 2012年）。

- 增加施肥量可能有助于提高一直存在产量差距的地区的农业产量，但也可能对淡水和沿海海洋富营养化以及气候变化造成严重后果，因为过量的氮和磷流失可能会影响水质（Beusen等人，2016年；Bouwman等人，2017年）。另一方面，可持续的农业集约化（例如，精准农业）可以帮助提高产量，同时维持生态系统服务并减少对环境的影响（Foley等人，2011年；Garnett等人，2013年；Garbach等人，2017年）。提高全球氮利用效率可以减少氮素向环境流失（参见第8章）。
- 快速生长的外来树种的单一栽培种植方式已被用于最大化碳截存（Chazdon, 2008年；Hunt, 2008年），这会对当地生物多样性产生负面影响。然而，多种本地物种的栽培种植可能是一种有效的替代方式（Hulvey等人，2013年；Cunningham等人，2015年），同时也会为生物多样性带来更大的惠益（Bradshaw等人，2013年）。此外，自然再生是栽培种植的替代手段，且在热带森林中已被证明更具生态效益、成本效益和弹性（Crouzeilles等人，2017年）。

23.3.2 能源、气候和空气

“能源、气候和空气”群组下的选定子目标可归纳为在实现现代能源服务的普遍获取的同时，应对气候变化并改善空气质量（参见第20章）。有助于实现这些最终子目标的选定子目标包括提高能源效率和增加可再生能源在能源结构中的比例。

在当前趋势下，预计这三个子目标都不会实现（第21章）。到2030年，预计超过20亿人将仍然使用开放式生物质炉灶或在明火上做饭，且约有7亿人无法获得电力。预测全球平均气温进一步增加，且全球人口中很大一部分仍然将暴露在直径小于2.5μm的颗粒物（$PM_{2.5}$）浓度高于35μg/m^3的环境中。实现这些子目标需要对能源系统进行重大改革。

现代能源服务包括用于烹饪、取暖和照明的电力和清洁燃料，其中，世界卫生组织的《室内空气质量指南》提出的目标排放率和具体燃料建议（即与未加工的煤和煤油相比）对“清洁”一词作出了定义（世界卫生组织，2014年）。应对气候变化意味着要将全球平均温度变化控制在2°C以内，如有可能，控制在1.5°C以内（《联合国气候变化框架公约》，2015年）。改善空气质量意味着从长远来看，空气污染水平应该达到世界卫生组织的指导值——即到2030年，$PM_{2.5}$年度平均浓度应当低于35 μg/m^3。（世界卫生组织，2006年）。

该群组与其他群组子目标之间存在重要关联。例如，大多数将全球平均温度变化限制在2°C（或1.5°C）以内的低碳路径都提出使用大量的生物能源。基于土地的生态系统（无论是自然的或管理的）对于实现净零排放和净负排放可以发挥至关重要的作用。

有大量的情景文献探讨了如何实现雄心勃勃的气候子目标（关于此类内容的概述，请参见Clarke等人，2014年；最近的研究包括：Riahi等人，2017年；Rogelj等人，2018年；van Vuuren等人，2018年）。较少有文献探讨了如何在全球范围内实现雄心勃勃的能源获取子目标（例如，Pachauri等人，2013年；国际能源署，2017年）或空气污染防治子目标（例如，Rao等人，2017年）。文献中讨论了一系列措施，包括改善能源获取（电力和清洁烹饪燃料）、通过解决能源需求和生产来减少温室气体排放、空气污染控制。

改善能源获取

在基线情景下，到2030年，现代能源服务的普遍获取子目标不会实现，特别是在撒哈拉以南非洲（电力、清洁燃料和技术）以及亚洲（主要是清洁燃料和技术）（参见第21章）。实现电力的普遍供应需要进一步扩大发电容量和输配电网络，以及确保获取更有效和更经济的电器设备，特别关注贫困的偏远地区（全球能源评估项目，2012年；国际能源署，2017年；Lucas、Dagnachew和Hof，2017年）。为了实现清洁燃料和技术的普遍可及，应改善烹饪、取暖和照明燃料和做法的可负担性、可获得性和安全性（Modi等人，2006年）。改善燃料包括城市地区的液化石油气（LPG）、天然气和电力，以及农村地区的一系列技术（包括沼气和先进生物质燃料炉灶的使用）（全球能源评估项目，2017年）。模型研究表明，有多种路径可促进实现现代能源服务的普遍获取（Pachauri等人，2013年；Dagnachew等人，2017年）。

电气化系统的选择——基于电网、微网或离网——取决于一系列主要的地方因素，包括家庭用电需求水平、到现有电网的距离和当地资源可用性（Dagnachew等人，2017年）。基于电网的电气化适用于用电需求很大和/或位于现有高压电力线的合理距离内的人口稠密地区，而分散式电气化系统适用于低消耗密度的半城市化地区和偏远的农村地区（Dagnachew等人，2017年；全球能源评估项目，2017年；Lucas, Dagnachew和Hof，2017年）。全球普遍获取的年度总投资估计达520亿美元（全球能源评估项目，2017年），仅撒哈拉以南非洲地区达240-490亿美元（Dagnachew等人，2017年；Lucas, Dagnachew和Hof，2017年），主要取决于家庭总电力需求和高压输配电成本。

推动向烹饪、取暖和照明方面的清洁燃料和技术过渡的激励型政策包括燃料补贴和补助，或方便获得贷款的小额贷款设施，或更低的家庭借贷成本（Riahi等人，2012年）。事实上，使用改进的或先进的生物质燃料炉灶与支出成本相比可以带来更大经济效益，因为这方面的投资可以通过减少薪柴支出来抵消（van Ruijven，2008年）。实现烹饪、取暖和照明方面清洁燃料的普遍供应所需总投资预计不到实现电力的普遍供应所需总投资的10%（Pachauri等人，2013年；国际能源署，2017年）。改善清洁燃料的供应可以显著改善健康状况（Pachauri等人，2013年；Landrigan等人，2018年）。气候政策可以促进节能，减少实现普遍获取所需的总投资（Dagnachew等人，2018年）。

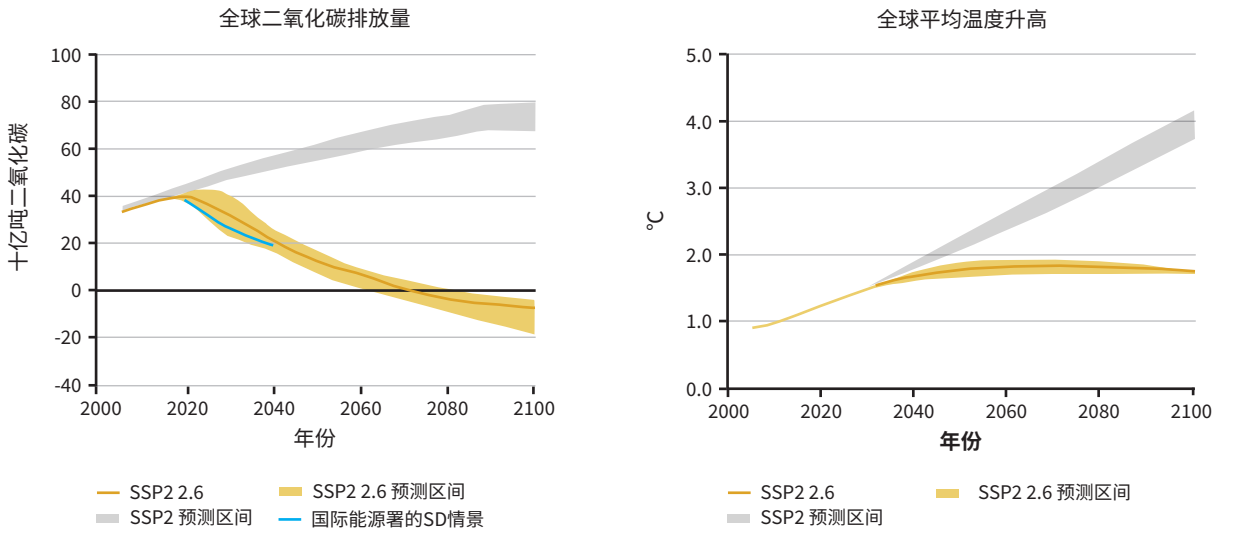
减少温室气体的排放

《巴黎协定》设定的气候子目标为未来能源系统的发展提出了非常严格的限制。尽管最近的一些出版物指出碳预算存在相当大的不确定性（政府间气候变化专门委员会，2018年；Rogelj等人，2016年；Millar等人，2017年），但要传达的主要信息是当前排放高于预算。为了达到《巴黎协定》设定的气候子目标，从现在开始累积的二氧化碳排放量应不高于10000-16000亿吨（2°C），甚至不高于3000-9000亿吨（1.5°C）。目前的二氧化碳排放量为400-420亿吨/年（LeQuéré等人，2016年；政府间气候变化专门委员会，2018年）。假设排放量呈线性下降趋势且没有负排放，需要在本世纪中叶的某个时期逐步淘汰没有得到缓解的化石燃料使用（van Vuuren等人，2017a）。这需要立即停止对二氧化碳排放技术的投资，甚至需要更快地淘汰现有的化石燃料基础设施（Johnson等人，2015年；Gambhir等人，2017年）。

然而，也存在主动从大气中去除二氧化碳的路径，例如，造林和生物能源，再结合碳捕获和储存、直接空气捕获、增强风化和增加土壤碳汇（政府间气候变化专门委员会，2018年）。然而，通过这种方式从大气中去除的二氧化碳量是有限的：造林/再造林和生物能源均受到可用土地量的限制，且可能对生物多样性和粮食生产产生影响（Smith等人，2016年）。此外，对二氧化碳的储存潜力有限（Koelbl等人，2013年）。在已经评估的多项二氧化碳去除方案中，根据现有技术，只有二氧化碳地质封存这种方式被认为具有在十亿吨级别上存储二氧化碳的能力和持久性，只有在这种级别上才能显著减少二氧化碳的排放量（Benson等人，2012年）。虽然估计的储存容量足以达到减排子目标，但预测并没有考虑到与永久储存相关的风险（例如，泄漏、地震活动造成的环境污染）（de Coninck和Benson，2014年；Bui等人，2018年）。因此，无论负排放技术的可用性如何，短期内都需要快速减排（van Vuuren等人，2017a）。**图22.4**示出了SSP数据库中符合温升不高于2°C的《巴黎协定》气候子目标的SSP2的基线和衍生情景下的情景区间（Riahi等人，2017年；Rogelj等人，2018年）。这里描述的情景基于低成本路径，假设会立即做出响应。文献中有几篇论文指出，延迟响应需要付出更多代价，甚至会导致无法达到严格的子目标（Riahi等人，2015年；Rogelj等人，2018年）。例如，如果各国决定遵循目前制定的气候政策，而是在2030年之后加速实施气候政策，则就会出现这种延迟响应情况。

在全球范围内，到本世纪中叶，与能源有关的二氧化碳排放量需要减少约60-70%才能达到《巴黎协定》气候子目标，即使是在考虑了负排放的情况下（**参见图22.5**）。有多种方法可以实现这些子目标。

图22.4：温升不高于2°C的《巴黎协定》气候子目标的SSP2的基线和衍生情景下的全球二氧化碳排放量及相关的全球平均温度升高状况

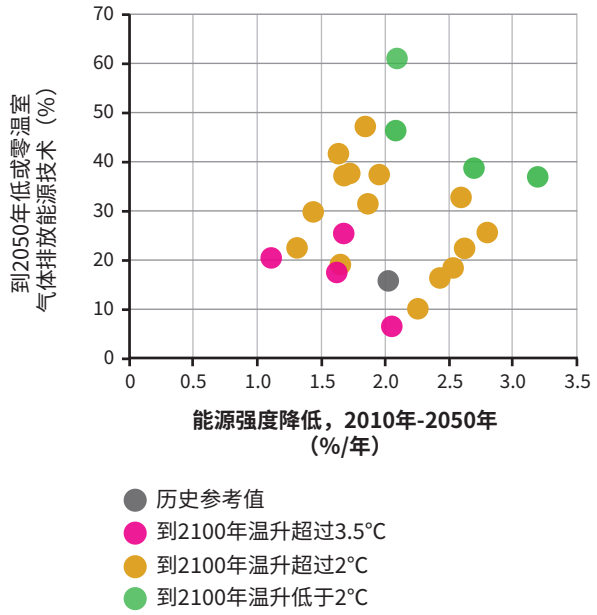


资料来源：国际能源署（2017年）；Riahi等人，（2017年）；Rogelj等人，（2018年）。

需求侧措施主要是降低能源强度，供给侧措施将增加低碳选择的比例。这两个指标有助于了解这种降低所带来的挑战。

许多国家的最终能源强度（能源消耗除以国内生产总值）下降率自1970年以来通常约每年1-2%。这是由能源效率提高 和行业变化所驱动的。在1973年和2005年的石油危机期间，为了应对经合组织国家旨在节约能源的价格和政

图22.5：在SSP数据库中情景下的2010-2020年能源强度降低率和到2050年低温室气体排放能源技术在能源结构中的比例



圆点的颜色表示到2100年的预计温度变化。

资料来源：Riahi等人，（2017年）；Rogelj等人，（2018年）。

府政策，出现了相对较高的能源强度降低率（Schippers和Meyers，1992年；Sweeney，2016年）。低温室气体排放能源技术的比例目前约为20%，主要包括传统的生物质能、水电和核能。为达到2°C的气候子目标，能源强度的降低率和低温室气体排放能源技术比例的增加率（二者结合）需要显著大于历史值。如**图22.5**所示，在减少能源需求（通过提高能源效率和/或不同和较低的活动水平）的同时，对能源供应进行脱碳（可再生能源、碳捕获和储存、核能、燃料替代），可实现此类必要的大规模转型。然而，能源效率的提高至少需要达到每年2%-3.5%的水平。此外，非二氧化碳排放能源供应措施的比例需要从当前的15%左右增至到2050年的至少40-60%（对于**图22.5**中的情景），且在一系列其他文献中的最严格情景下，甚至高达50%至100%（van Vuuren等人，2016年；政府间气候变化专门委员会，2018年）。

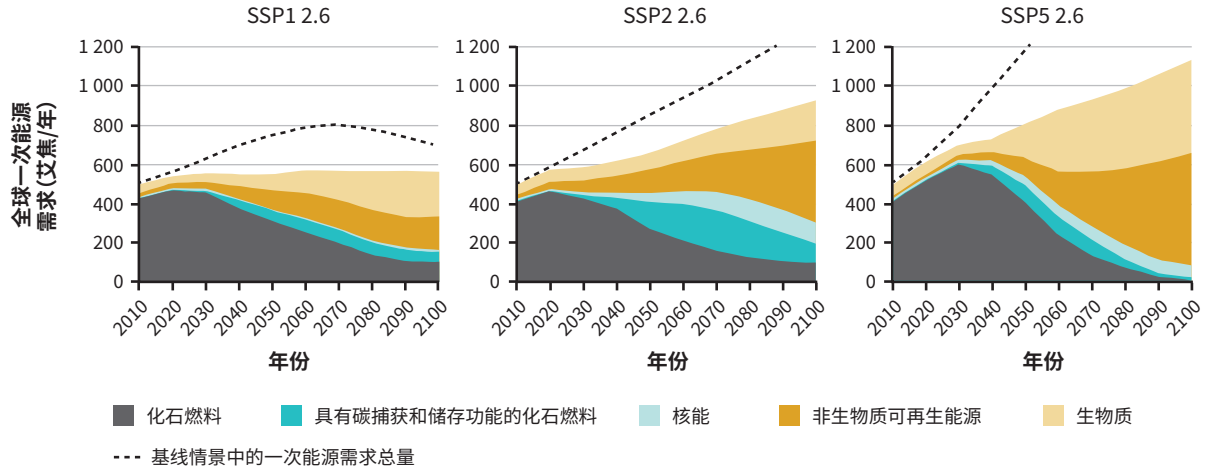
如果能源需求可同期快速下降，40%的低区间值也就足够了。如果希望将温度变化控制在2°C以内，则可再生能源在能源结构中的比例应达到30-40%或高达60%（全区间）（**图22.5**）（van Vuuren等人，2016年），且如果希望将温度变化控制在1.5°C以内，则可再生能源在能源结构中的比例应达到70-85%（政府间气候变化专门委员会，2018年）。应该指出的是，可再生能源的区间在很大程度上与二氧化碳零排放能源生产总量的区间重叠，因为不同的方案很容易相互替代。总而言之，全球经济碳强度的下降率（二氧化碳占国内生产总值比率的变化率）需要从历史上的每年1-2%增至到2050年的每年4-6%左右；在最严格的情景下，文献中也提到了高达8%的下降率（van Vuuren等人，2016年）。

通过与降低能源需求和能源供应的脱碳相关的措施可以减少温室气体的排放。此外，可以减少来自农业和能源系统的所谓非二氧化碳排放。换言之，如果要达到《巴黎协定》设定的气候子目标，需要对能源、土地、城市基础设施（包括交通运输和建筑）和工业系统进行深远变革（政府间气候变化专门委员会，2018年）。这些措施的作用将在后续段落中更详细地讨论到。**专栏22.2**更详细地讨论了基于土地的减缓措施的作用。

减少能源需求

图22.6示出了符合温升不高于2°C的气候子目标的三种不同路径下的总能源使用情况。与趋势情景相比，这些路径中的能源需求的总减少量约为25%（另参见Edelenbosch，2018年）。围绕能效潜力的研究提出了更高的效率提升率（Cullen，Allwood和Borgstein，2011年；Graus，Blomen和Worrell，2011年）。最终的能源需求主要来自工业、交通和住宅行业。因此，为了实现可持续发展目标，需要减少所有三个部门的能源消耗。交通运输是一个关键部门，因为该部门导致的排放量增长最快，这是由于汽车出行、公路货运、海运和航空旅行产生的排放增加所致。存在不同的应对措施可实现交通部门的脱碳。例如，一个重要的措施是实现大多数交通方式的几乎纯电气化。这将需要对基础设施进行相应转型，且其减排效率将取决于发电的碳强度。还应该指出的是，对于世界上许多地方而言，这种转型需要耗费大量时间，与此同时，通过提高汽车效率来减少排放也很重要（Bae和Kim，2017年）。对于无法实现电气化的交通方式，天然气（短期内）、具有碳捕获和储存功能的化石燃料、氢气和生物能源可发挥作用。早些时候，许多研究指出，对于大多数交通方式，生物能源的使用是有效应对策略。然而，由于生物能源可能对其他子目标产生负面影响，因此生物能源的使用在此被认为受到限制，将其限制在那些难以实现减排或可能产生负排放的部门。这意味着实现交通减排的有效措施包括电气化、快速提高燃料效率、开发新燃料（氢气、合成燃料）。或者，在更多地关注生活方式变革的情景（例如，“消费变革”情景）中，减排子目标主要是通过从使用飞机和私家车过渡到地方电动公共交通和快速列车而实现的。

22.6:实现全球平均温度升高远低于2°C的不同路径



资料来源:Bauer等人,(2017年);Riahi等人,(2017年)。

能源供应的脱碳

减排的很大一部分需要依靠供给侧变革(参见**图22.6**)。化石燃料目前约占一次能源总使用量的80%。化石燃料的比例到2050年需要减少到20%至30%(最多),这取决于负排放技术的使用(2050年之后)和气候子目标的严格程度(Bauer等人,2017年;van Vuuren等人,2017b)。化石燃料需要被低排放及零排放能源技术所取代,例如,生物能源、其他可再生能源和核能,以及具有碳捕获和储存功能的化石燃料能源。

引入刺激可再生能源进一步渗透的新政策将非常重要。文献还表明,技术选择存在一定程度的灵活性。例如,可再生能源、核能和碳捕获和储存技术可能发挥不同的作用,主要取决于社会选择和技术发展。然而,应该指出的是,整体变革的规模——从绝对意义上和其应维持的期间来看——没有历史先例(van der Zwaan等人,2013年;van Sluisveld等人,2015年)。事实上,它远远超出了过去的变革速率,表明实现2°C的气候子目标面临巨大挑战(Napp等人,2017年)。从相对意义上来看(例如,新技术投资的比例),过去有几个类似的快速变革的例子。

在未来的情景中,有许多方法可以实现能源供应的脱碳(Clarke等人,2014年;Kriegler等人,2018年;Rogelj等人,2018年)。一种方法是将化石燃料能源与碳捕获和储存技术相结合。大多数情景严重依赖于这种手段。虽然这种措施的优势在于需要对能源供给侧进行相对较深远的变革,但其储存潜力有限,而且最重要的是,社会支持相对较少。可再生能源,如风能和太阳能,是重要的替代措施。在过去几年中,这些措施的成本迅速下降,使得这些技术成为化石燃料的合理替代选择,即使在没有严格的气候政策的情况下也是如此。但是,如果要实现更高的渗透率,这些措施会由于存在间歇性问题而产生相关的额外成本。这意味着推广可再生能源将需要对基础设施进行投资,以解决间歇性问题(例如,通过扩大电网连接和提供存储方案)。

向可再生能源的过渡也将导致对材料需求(用以建造太阳能和风力发电厂)的变化。大多数评估发现后者不具有限制性(Arvesen等人,2018年)。最后,向可再生能源的过渡也需要不同的电力系统运行方式。生物能源作为燃料供应手段也具有吸引力,且在与碳储存技术相结合后,可成为实现负排放的路径。由于生物能源需要大量土地,因此其将与前一个群组下的子目标存在冲突。这将在第22.4.2节中进一步讨论。如果要减少对负排放技术的依赖程度,替代路径可以是对生活方式进行更深远的变革(van Vuuren等人,2018年)。最后,核电也可以提供零排放能源。然而,这项技术既带来了安全和浪费的风险,而且在许多国家也缺乏社会支持。

专栏22.2:基于土地利用的减缓措施对气候政策的贡献

大约20%至30%的温室气体排放与农业活动有关(Smith等人,2014年)。在气候政策方面,土地利用部门发挥了非常重要的作用。首先,达到严格的子目标需要减少与土地利用有关的排放。此外,还可以通过所谓的基于土地利用的减缓措施来减少排放。这包括(例如)再造林和使用生物能源。实际上,《巴黎协定》的缔约国家中有超过80%计划通过与土地利用有关的减缓措施来履行其国家自主贡献(NDC)。分析表明,在几乎所有情景中,造林和生物能源的使用,再结合碳捕获和储存技术,是具有成本效益的。因此,在某些情景下,到2050年,用于气候变化减缓目的的土地可能占耕地总面积的25%至30%(即占农业总面积的10%)。然而,一个重要的挑战是,由于对土地的竞争,使用基于土地利用的减缓措施可能导致与消除饥饿和保护生物多样性的子目标之间的重大权衡(参见第22.3.1节)。

减少非二氧化碳的排放

虽然二氧化碳占温室气体排放的最大份额，但非二氧化碳温室气体，如甲烷、氧化亚氮和氟化温室气体，也对气候变化产生了重大影响。因此，在符合《巴黎协定》气候子目标的情景中，非二氧化碳的排放量也大幅削减（政府间气候变化专门委员会，2018年）。一些非二氧化碳的排放相对容易减少，例如，与能源系统损失相关的排放。此外，这些减少往往具有很高的共同效益，包括减少甲烷（也导致臭氧污染）和烟尘（导致气候变化和健康影响）。相反，其他排放源相对难以减少。例如，很难想象如何将放牧牛群的甲烷排放量减少至零。因此，在大多数将温度变化控制在2°C以内的情景中，与当前排放水平相比，与土地利用相关的排放量减少了约50%。进一步减排通常需要减少肉类消耗（参见第22.3.1节）。

控制空气污染

未来的空气污染排放源于人类活动，能源部门发挥了主要作用，因此，需要采取具体措施来减少空气污染物排放。许多减少温室气体排放的战略，如提高能源效率、改变燃料类型和变革生活方式，也降低了其他空气污染物的排放，从而产生了共同的健康效益（Markandya等人，2018年）。同样地，空气污染政策也会产生气候影响，例如，影响了黑碳等短期气候强迫物质的排放。

为了探讨引入空气污染控制措施对可以带来的空气污染排放减少存在的限制，Stohl等人（2015年）通过应用基于已知技术的最低排放率，且不考虑其成本，确定了“技术可行范围内最大化减排”（MTFR）情景。其他情景考虑了成本和当地情况，例如，国际能源署的“新政策”和“清洁空气”情景（国际能源署，2016年）。“新政策”情景考虑了已按预期采用或宣布的政策和措施（截至2015年），“清洁空气”情景包括了可显著减少空气污染物排放的其他措施。相对于“新政策”情景，“清洁空气”情景需要在先进的空气污染控制技术上额外投资2.3万亿，且也需要在加速向清洁和可再生能源过渡方面投资相当的资金（2.5万亿美元）。这些措施将促使二氧化硫和氮氧化物排放量减少近50%，环境空气污染减缓可避免170万人死亡，家庭空气污染减缓可避免160万人死亡（国际能源署，2016年）。

气候减缓对大气污染排放的重要性也可以通过SSP的情景结果来说明（Rao等人，2017年）：越来越严格的气候政策也减少了空气污染物的排放。电力生产和制造中的煤炭使用程度对二氧化碳排放有很大影响，并在很大程度上决定了二氧化硫排放的路径。对于交通部门的排放水平，电气化水平具有重要意义。电气化，再结合自动驾驶汽车和共享移动服务，可能促使排放量和相关污染物暴露程度的显著下降（Fulton，Mason和Meroux，2017年）。柴油发动机和传统生物质燃料的家庭消耗导致的黑碳排放量与化石燃料的使用（换言之，与气候政策的引入）的相关性要小得多，但更多的是与传统能源的使用（换言之，与现代能源服务的获取）有关；这反映在基线情景中的不同黑碳排放水平上，也反映在对气候政策的较低的响应程度上（Rao等人，2017年）。

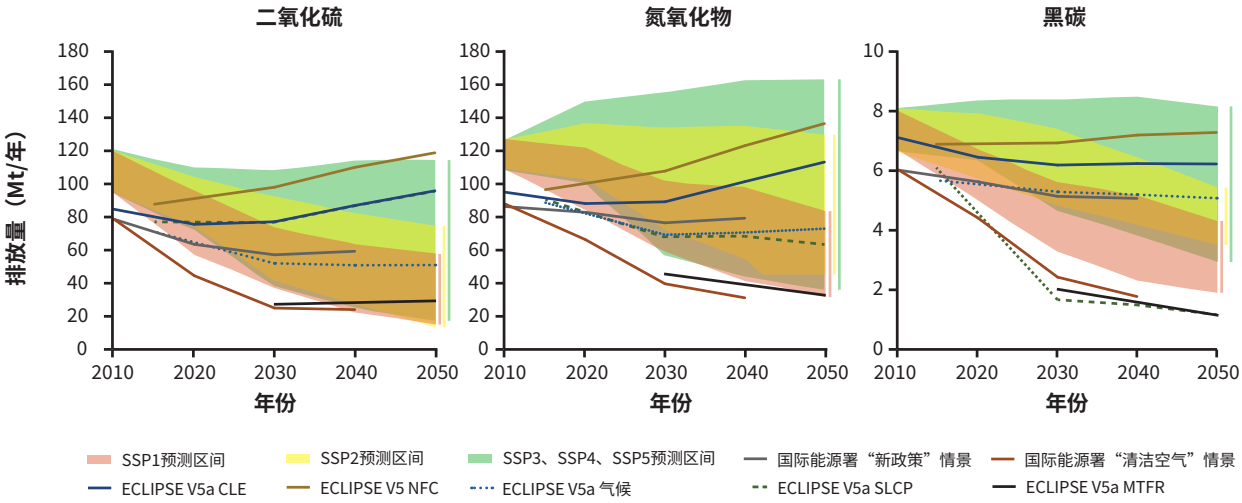
短期气候污染物（SLCP）导致大气变暖，包括黑碳、对流层臭氧、甲烷和氢氟碳化物。在短期气候污染物中，黑碳、甲烷和对流层臭氧可导致空气污染。减少短期气候污染物的排放可以带来短期气候效益（Shindell等人，2017年；Xu和Ramanathan，2017年；Haines等人，2018年）。在黑碳方面，有关措施可降低来自柴油发动机、生物质烹饪燃料、煤油照明以及家庭和小型工业用煤的排放量。也有机会减少与煤、石油和天然气的开采，废弃物处理，牲畜肠道发酵和粪便管理以及水稻种植相关的甲烷排放量。与参考情景相比，达到《基加利修正案》（联合国，2016年）的要求可在2018年至2050年期间，将氢氟碳化物排放量减少61%，但可以提前实施替换措施，技术上可以将排放量减少98%（Höglund-Isaksson等人，2017年）。实施这些已证明有效的技术措施来应对短期气候污染物可以缓解全球平均变暖，尽管不同研究预测的确切水平有所不同（联合国环境规划署，2017年）（另参见专栏**22.3**）。

© Shutterstock/Toa55

栏22.3:气候和清洁空气联盟

在改善空气质量的同时应对短期气候污染物(SLCP)的气候影响的举措包括建立气候和清洁空气联盟(气候和清洁空气联盟;http://www.ccacoalition.org),该联盟于2012年成立,并且是政府、政府间组织、企业、科学机构和公民社会组织的自愿伙伴关系,致力于通过减少短期气候污染物来改善空气质量和减缓气候变化。减少黑碳排放的方法包括:清洁高效的家庭烹饪、照明和取暖技术;现代砖窑生产技术;以及重型柴油车辆和发动机的清洁燃料。减少甲烷排放量的重点包括:减少气体分配系统的气体泄漏、改善粪便管理、使用替代水稻种植做法、减少牲畜肠道发酵的甲烷排放策略。截至2017年7月,约有178个、100个、4个国家分别将甲烷、氢氟碳化物和黑碳纳入他们的国家自主贡献或预期国家自主贡献的报告范围,以期实现《巴黎协定》规定的气候子目标。预计一些国家将更新其国家自主贡献的报告范围,以进一步将短期气候污染物纳入其中。值得注意的是,作为减少温室气体排放的补充,减少短期气候污染物的排放有助于限制短期气候变暖,但不能作为减少长期温室气体以减缓长期气候变化的替代手段。

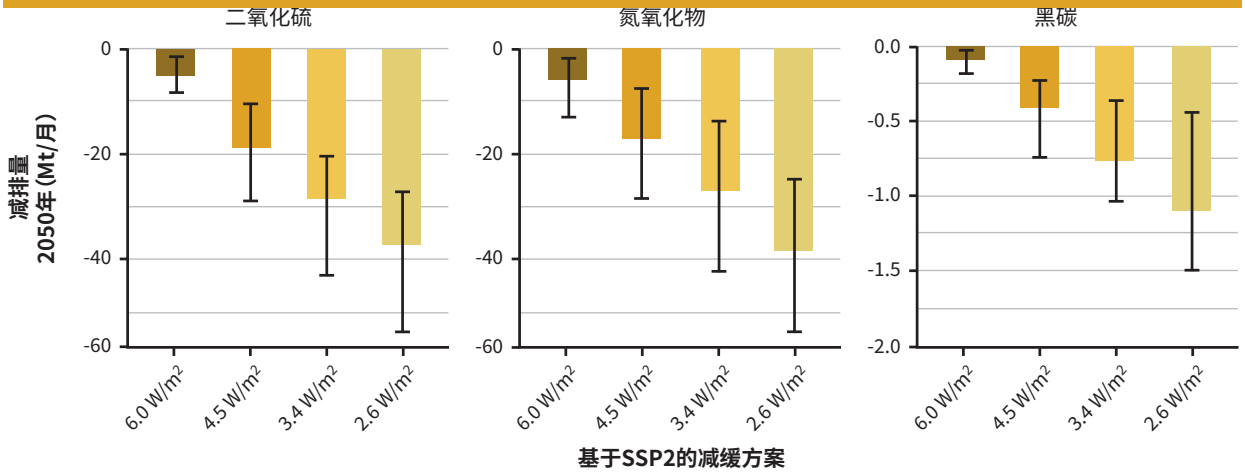
图22.7a:在不同的气候和空气污染政策下的二氧化硫、氮氧化物和黑碳的预计全球排放量



对于SSP基线情景,阴影表示Rao等人研究的所有综合评估模型(IAM)的区间。(2017年)。

资料来源:SSP(Rao等人,2017年);ECLIPSE(Stohl等人,2015年;Klimont等人,2017年);国际能源署(国际能源署,2016年)。

图22.7b:各种气候减缓情景与SSP2基线情景之间的空气污染排放差异



误差棒表示Rao等人研究的所有综合评估模型(IAM)的区间。(2017年)。

资料来源:Rao等人,(2017年)。

虽然在所有SSP标记情景中，气候政策的实施推动了空气污染显著减少，但这些减少不足以达到世界卫生组织提出的到2050年年平均PM2.5 浓度为10 μg/m^3 的指导值目标（**图22.8**）。在所有情景中，不提出气候减缓措施的ECLIPSE“技术可行范围内最大化减排”（MTFR）情景具有最低的空气污染物排放量（**图22.7**），也不足以达到世界卫生组织提出指导值目标。全球范围内，在最佳情况下的空气污染情景（SSP1或SSP5，2.6 W/m^2 的气候缓解目标，或ECLIPSE MTFR情景）中，预计60%的人口将暴露在高于标准的污染水平下。预计亚洲、中东和非洲地区的风险最大。然而，如果实施气候减缓措施，在SSP2和SSP5情景下，到2050年，预计不到5%的人口将暴露在$PM_{2.5}$浓度达35 μg/m^{3}的最宽松的过渡目标环境内。这些结果表明，强有力的空气污染控制措施具有空气质量效益，同时也有助于减缓气候变化，且在ECLIPSE MTFR情景中，还表明了当前空气污染控制技术下可实现的最大空气质量效益。

措施和子目标之间的重大协同作用和权衡取舍

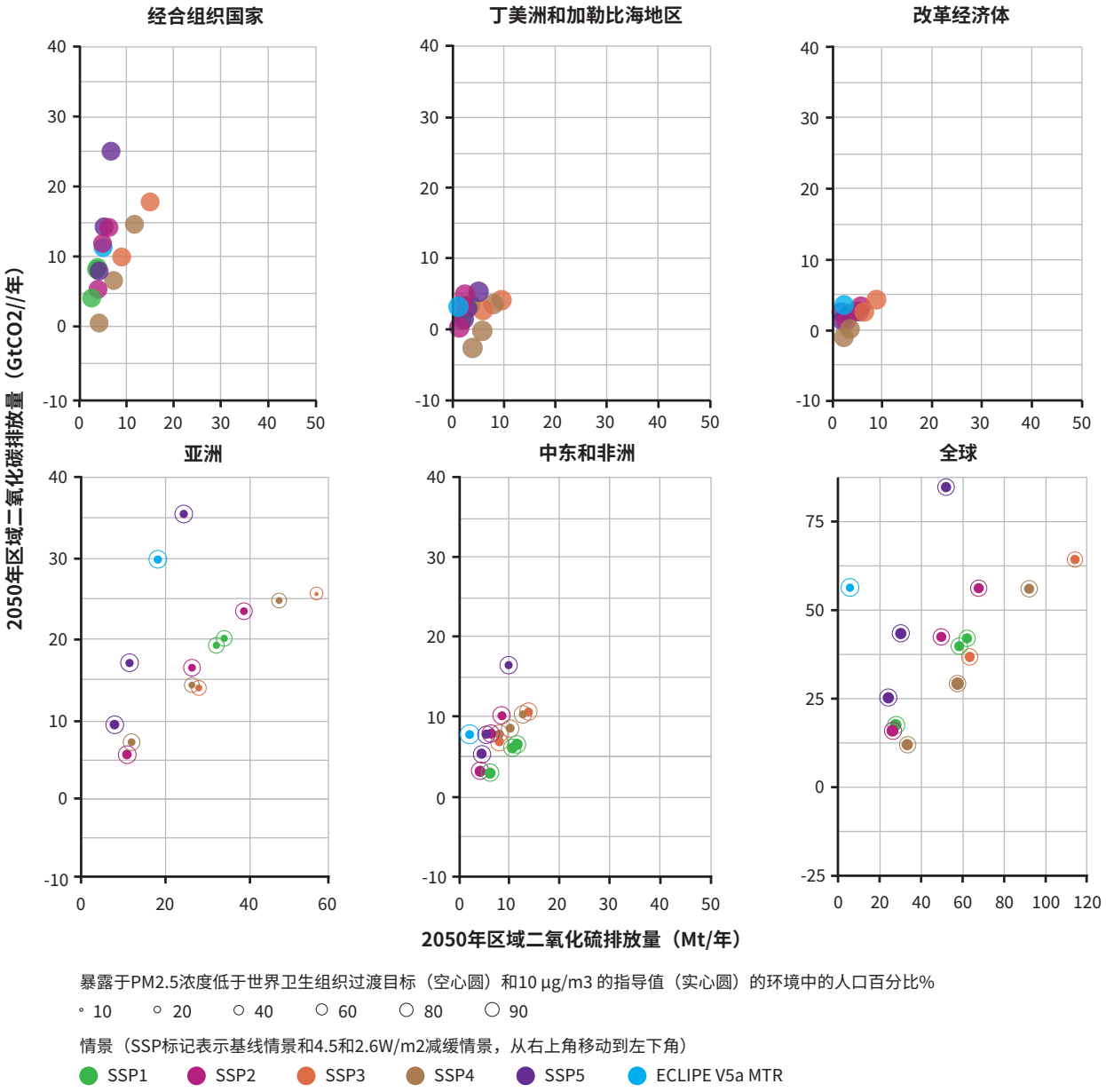
为了实现现代能源服务的普遍供应、应对气候变化或改善城市空气质量而采取的措施可以产生重要的协同作用和权衡取舍（例如，McCollum等人，2018年）。

- 大多数气候政策导致能源系统成本增加，因此可能导致能源价格上涨。更高的能源价格，特别是用于烹饪的清洁燃料（例如，电力、液化石油气、天然气），使得更难以实现能源的普遍供应，或者普遍提供负担得起的能源（Daioglou，van Ruijven和van Vuuren，2012年；Cameron等人，2016年）。然而，有各种方法可以弥补这一点，包括针对性补贴或碳税的再分配（Cameron等人，2016年）。
- 旨在改善能源获取的政策可能导致能源消耗增加，从而影响气候变化和空气污染。然而，这些影响相对较小（van Vuuren等人，2012年），并且如果需要，可以通过确保低温室气体能源供应系统实现能源获取来减轻这种影响。据估计，实现普遍的电力供应对全球温室气体排放的影响非常小（Pachauri等人，2013年；van Vuuren等人，2015年；Dagnachew等人，2018年）。此外，普遍获得用于烹饪的清洁燃料可以减少总空气污染物和温室气体的排放，这是由于传统生物质能源使用量下降，生物质能源使用效率提高，且促进实现生物质能源的可持续开发（Pachauri，等人，2013；van Vuuren等人，2015年）。空气污染与气候政策之间还存在协同效应和权衡取舍。可能的权衡取舍的一个例子是，如果不实施适当的空气质量管理措施，燃烧作为低碳能源的生物质能源会导致更多的空气污染（Giuntoli等人，2015年）。另一个例子是，柴油汽车比汽油汽车排放的二氧化碳要少，但排放的颗粒物更多（Mazzi和Dowlatabadi，2007年；Tanaka等人，2012年；O’ Driscoll等人，2018年）。此外，使用末端排放控制可以减少乘用车的颗粒物排放，但需以降低燃料效率为代价。对于汽油车辆，汽油缸内直喷技术取代端口燃油喷射通常会提高燃油效率，可以减少二氧化碳的排放，但会增加颗粒物和黑碳的排放（Zhu等人，2016年；Zimmerman等人，2016年；Saliba等人，2017年）。
- 然而，在大多数情况下，气候政策通过对颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放产生影响来减少空气污染。如果设计得当，空气污染控制措施也可以限制气候变化。这表明，特别是对于当前处于高空气污染水平的国家而言，设计同时应对空气污染和气候变化问题的战略非常具有吸引力（参见**专栏22.4**）。
- 地质工程（例如，直接空气捕获）通常需要额外的能源消耗，从而可能与空气污染或能源获取存在权衡取舍。

专栏22.4：减缓气候变化与减少空气污染之间可能的协同作用（以中国为例）

为应对公众对空气污染的强烈关注，中国国务院于2013年推出了“大气污染防治行动计划”。该行动计划为空气污染设定了具体目标。其中，2017年直径小于10μm的颗粒物浓度（PM 10）与2012年的浓度相比，应至少下降10%。然而，对于某些地区，制定了更严格的目标。该计划表明，实现这些目标的一种方法是促进清洁能源，包括可再生能源、核电、天然气，再结合能源系统的转型、节能举措和控制煤炭的使用。这完全符合中国的低碳发展道路。自那时起，在经济和结构变化以及空气污染控制措施的共同作用下，2013/2014年煤炭产量达到顶峰。这也导致二氧化碳排放减少。从2015年到2017年，风能、太阳能、水力发电以及核电迅速扩张。如果将来的能源需求增长相对缓慢，任何能源扩张都可以通过可再生能源、核能和天然气的增加来填补，从而持续降低煤炭产能。在这种情况下，二氧化碳排放量可能会进一步下降。与此同时，可持续发展是中国的一项基本长期国家战略。中国已开始在“十一五”规划中加强能效政策，预计将在以后的五年规划中继续落实。这些政策的重点依然是持续提高工业部门的能源效率，但新的政策也关注国内能源消耗。在此基础上，目标是将煤炭在能源结构中的比例从2015年的64%降至2020年的58%。根据中国国家发展和改革委员会（国家发改委等，2014年）印发的《重点地区煤炭消费减量替代管理暂行办法》公告，将要求重点地区的8个省市，包括京津冀鲁、长三角、珠三角等重点地区，制定煤炭消费减量目标。这些政策旨在减少空气污染物。总而言之，这表明中国目前的空气质量改善政策可以为公共卫生带来巨大利益，同时也有助于减少二氧化碳排放。

图22.8：暴露于直径小于2.5μm（PM 2.5）颗粒物浓度低于世界卫生组织指导值和2050年过渡目标的环境中的人口百分比



资料来源：Rao等人（2017）；暴露人口基于通过TM5-FASST源解析受体模型确定的PM2.5 浓度（van Dingenen等人，2018年），来标记SSP排放情景和相关的4.5 W/ m2和2.6 W/ m2气候减缓情景。

22.3.3 淡水

“淡水”群组下的选定子目标可归纳为减少水资源短缺和确保水质，同时普遍供应安全的饮用水和适当的卫生设施（第20章）。当前全球并没有朝着实现这些目标的方向发展（参见第21章）。预计到2030年，全球仍有超过4亿人无法获得至少可满足基本需求的供水设施，且约20亿人仍然无法获得至少可满足基本需求的卫生设施。此外，预计到本世纪末，生活在缺水地区的人口占全球人口的比例将增加到约50%，主要是受人口增长的推动。

该群组与其他群组之间存在重要关联，尤其是“农业、粮食、土地和生物多样性”群组和“能源、空气和气候”群组。在全球范围内，对水资源的最大需求来自农业部门（超过70%）。此外，许多淡水和海洋污染物来自农业，且农业是全球流域中的氮和磷的主要来源（参见第21章）。

有多个关于水资源短缺的情景研究。但是，其中大多数情景研究都侧重于对未来的预测，而不是以目标为导向。相比之下，Wada、Gleeson和Esnault（2014年）提出了六种策略，即“水压力楔模型”，这些策略的共同实施可促使到

2050年减少面临水资源胁迫的人口数量。Bijl等人（2018年）讨论了一些可以缓解水资源短缺的策略，包括提高效率、实施其他分配策略、通过改变饮食和减少食物浪费来降低农业用水需求。在这部分，我们讨论主要与具体子目标相关的不同措施，即日益改善对水、环境卫生和个人卫生服务（WASH）的获取、降低用水需求、增加供水和减少水污染。

在水、环境卫生和个人卫生设施方面进行投资

要改善饮用水和卫生设施的供应，就需要加大对基础设施（特别是卫生设施）的投资（联合国贸易和发展会议，2014年；Hutton和Varughese，2016年）。由于人口增长，到2030年，将新增34亿人需要获取卫生设施服务，即每天62万人，是2001-2015年期间服务人数的2.5倍（Mara和Evans，2018年）。目前的投资水平可以覆盖到2030年实现基本提供水、环境卫生和个人卫生服务的资本成本，但不足以达到安全管理的服务提供水平。为了实现对安全管理的水、环境卫生和个人卫生服务的普遍提供，投资水平需要增加三倍（Hutton和Varughese，2016年）。实现安全的饮用水和适当的卫生设施的普遍获取不仅关乎行为变革，也关乎基础设施变革。这需要更好的宣传、沟通和社区主导的卫生设施（饮用水和卫生设施计划，2004年；Kar和Chambers，2008年；Devine和Kullmann，2011年）。

提高用水效率

包括地下水在内的水资源短缺通常需要在流域或含水层一级得到管理（Scott等人，2014年）。这些可以在一个国家（或地区）内部进行，但通常涉及多个国家（或地区）。在这些情况下，需要制定一个国际框架，来评估有助于降低水资源胁迫和实现最大化减缓的战略（Wada，Gleeson和Esnault，2014年）。Wada、Gleeson和Esnault（2014年）得出结论认为，需要采取四项需求侧措施：提高农业用水生产率（指单位耗水生产出的粮食产量）、提高灌溉效率（减少水渗漏损失）、提高家庭和工业部门的用水效率（包括减少水泄漏和改善回收）、限制人口增长。为了将2050年及以后面临水资源胁迫的全球人口数量维持在当前水平甚至是有所减少，这些需求侧措施的用水效率需要提高20-50%（每年提高0.5-1.2%）。此外，有必要实施流域一级的水管理战略，以处理农业生产、工业活动、家庭用水和生态服务的竞争性用水需求。具体的一系列措施取决于经济、社会、法律和政治问题，如国际或地方的水条约、权利或争议（Wada，Gleeson和Esnault，2014年）。各种情景表明，提高农业、家庭和工业用水效率对缓解水资源短缺将产生重大影响（例如，Bijl等人，2017年）。

增加供水

增加供水可以采用更常规的措施，例如，建造更多的水库或水坝、在沿海地区的海水淡化能力上加大投资（Wada，Gleeson和Esnault，2014年）或废水再利用。此外，遍布全球的地下水资源可以在干旱或严重缺水期间起到缓冲作用。

越来越多的国家开始实施海水淡化战略——包括中东、北非和美国（例如，加利福尼亚州）（世界水资源评估计划，2003年；Hanasaki等人，2016年）。自20世纪90年代以来，全球淡化水的使用量迅速增加，目前估计每年超过10 km^3（联合国粮食及农业组织，2018年）。虽然这一数量对于沿海地区有重要意义，但目前全球淡化水总使用量在全球取水量（4,000 km^3）中所占比例远低于1%。Hanasaki等人（2016年）预测，在不同的SSP情景（SSP1-3）下，淡化水的使用量在2011-2040年将比现在增加1.4至2.1倍，在2041-2070年将增加6.7至17.3倍。相关成本约为20亿至2,000亿美元。这些预测中的较大范围主要归因于SSP情景中的大量社会经济变量。为了增强沿海缺水盆地的海水淡化，预计海水淡化规模需要增加10至50倍；然而，这意味着将需要显著的资本和能源成本，并且会产生需要安全处置的废水（Wada，Gleeson和Esnault，2014年；Hanasaki等人，2016年）。

废水再利用可以将来自家庭和工业的不达标水质改善到可满足不同需求的适当质量。在全球范围内，废水再利用或循环不断加强，特别是在农业方面，因为发展中国家的城市和城郊地区的小规模农民主要依靠废水或污水污染的水源来灌溉投放市场的高价值作物（Qadir等人，2010年）。然而，饮用水对水质要求更高，且废水再利用指南的制定具有重要意义（Bixio等人，2006年；Bixio等人，2008年）。正在进行中的技术创新，例如，滤膜的使用和针对性的经济手段，预计将进一步加强地表和地下水资源紧张地区的废水再利用。为了缓解城市地区或特大城市的水资源胁迫，未来需要以类似的规模扩大废水再利用，同时实施海水淡化战略（Wada，Gleeson和Esnault，2014年）。

然而，应该指出的是，这两种供给侧措施需要大量的经济投资，且需要对现有基础设施进行现代化改造，这对许多发展中国家来说可能是不可行的（Neverre，Dumas和Nassopoulos，2016年）。此外，以自然为本的措施可能具有通过减缓水质退化同时限制经济投资来改善和/或规范供水的巨大潜力（Vörösmarty等人，2010年）。多种生态系统服务或可持续基础设施可以减轻水污染，增加人类和生态系统所需的供水（Reddy等人，2015年；Liquete等人，2016年）。这些例子突显了开发和部署节水技术和实践在实现与水有关的可持续发展目标方面的重要作用（Hejazi等人，2014年）。

减少水污染

发达国家的经验表明，减少水污染是可能的。遗憾的是，很少有情景文献研究水污染问题以及实现未来可持续发展目标的方法。但是，有一些文献探讨了减少营养盐污染，

例如，通过废水处理。要在全球范围内降低营养盐的排放水平，发展中国家的污水处理厂至少要达到三级处理标准，发达国家的污水处理厂要达到深度处理标准。单独的尿液收集系统可以将营养盐排放量减少15 TgN/年和1.2 TgP/年（van Puijenbroek，Beusen和Bouwman，2019年）。当污水系统中的所有污水都接受三级处理后，全球营养盐排放量预计将降至1990年的水平（Ligtvoet等人，2018年）。在磷排放方面，当所有洗衣和洗碗机洗涤剂都不含磷时，可以进一步降低排放。现在，这在欧盟、美国、日本和其他一些国家（或地区）是强制性标准。

提高作物产量和肥料利用效率将直接影响溪流和河流中的营养盐负荷。然而，从低作物产量和最少的养分投入情况开始，在向工业化国家普遍流行的粮食生产系统转变的情景中，流域的营养盐负荷可能也会随之增加。由于流域对氮和磷有固存作用，因此可能存在过去管理的遗留问题。因此，当粮食生产中的氮利用效率提高时，许多河流中的氮浓度的响应速度缓慢。例如，由于这些遗留问题，欧洲水质存在氮磷含量迅速升高的威胁（例如，Romero等人，2013年）。要解决这些问题，发展中国家需要兼顾氮磷管理，同时考虑残留的土壤磷，避免高收入国家过去由于管理不善存在的遗留问题。

措施和子目标之间的重大协同作用和权衡取舍

该群组内具体措施和各子目标之间存在一系列协同作用和权衡取舍。一些重要方面如下：

- 推广和使用经改善且安全管理的水、环境卫生和个人卫生设施具有直接的健康益处，并且还可以改善整体生活质量。发展中国家的妇女往往需要长途跋涉才能获取供水和卫生设施服务，甚至比男性面临更多阻碍，因为家庭事务往往落在妇女身上，同时存在对生理期卫生设施的需求（Pommells等人，2018年）。这不仅使妇女因接触不安全的卫生设施而更容易遭受健康风险，而且越来越多的文献报道，妇女在获取卫生服务途中遭受的攻击和强奸呈流行趋势，且缺乏此类经历的证明文件（Sorenson，Morssink和Campos，2011年；Watt和Chamberlain，2011年；Sahoo等人，2015年；Sommer等人2015年；南亚淡水行动网络、供水和环卫合作理事会，2016年；Pommells等人，2018年）。
- 提高可至少满足基本需求的安全饮用水和适当卫生设施的供应可能会增加家庭用水需求，将进一步加剧水资源胁迫（Hanasaki等人，2013a；Hanasaki等人，2013b；Wada等人，2016年）。
- 水资源短缺对农业和生物多样性以及能源供应产生了负面影响。事实上，世界经济论坛指出，水资源短缺是全球最受关注的五大风险之一（Wada，Gleeson和Esnault，2014年）。
- 农业是全球流域中营养物质的主要来源，导致富营养化，也导致许多内陆和沿海地区出现缺氧问题。存在氮磷含量增加和水体硅含量减少的趋势；营养盐比例的这种扭曲导致全球流域和海洋沿海地区的有害藻华现象增多。
- 由于缺乏废水处理，或仅进行过一级废水处理的卫生设施产生的氮和磷的排放，是淡水的主要污染源（van Puijenbroek等人，2015年）。
- 海水淡化虽然是一些缺水地区的唯一选择，但它非常耗能，可能会削弱旨在降低工业用水需求的干预措施（Pinto和Marques，2017年）。

22.3.4 海洋

“海洋”群组下的选定子目标可归纳为抑制海洋酸化、减少营养盐污染和可持续管理海洋资源（参见第20章）。在所有三个子目标方面，预计全球将朝着错误的方向发展（参见第21章）。有力的证据表明，目前鱼类种群减少和物种丰富度下降的趋势损害了海洋的生态功能，包括海洋的食物提供功能（Worm等人，2006年）。用于提高农业产量的肥料中的营养物质也进入了全球几乎每条河流，并且刺激了水生植物的生长。因此，缺氧成为了一个日益严重的全球性问题，有机物质分解消耗氧气的速度快于氧气通过富氧表面的扩散作用溶解于水体的速度。此外，有害藻华这一全球性问题正在越来越频繁地发生，覆盖范围越来越广，严重程度越来越高，还产生了越来越多的藻毒素（Glibert，2017年）。

该群组中的路径主要与其他群组的发展有关。关于海洋酸化，情景文献涉及气候变化（即减少二氧化碳排放；第22.3.2节）、海洋营养盐污染与农业生产措施（第22.3.1节）、淡水污染（第22.3.3节）。在这部分，我们讨论主要与子目标相关的不同措施，即抑制海洋酸化措施和可持续海洋管理。没有发现有情景文献专门研究如何减少海洋营养盐污染，以抑制相关的缺氧和有害藻华问题。

抑制海洋酸化的措施

海洋酸化是海洋中二氧化碳吸收增加的结果，而这又是由于全球大气中二氧化碳浓度增加。Billé等人（2013年）确定了三种方法来抑制海洋酸化：

i. 降低二氧化碳的浓度，通过降低排放或从大气中去二氧化碳，例如，通过海床下的碳捕获和储存（参见第22.3.2节）；
ii. 抑制海洋变暖；
iii. 减少营养物流入海洋。

此外，他们确定了在酸化后逆转酸化的方法，包括添加剂（例如，碱化）和生态恢复。

减少二氧化碳的排放可直接抑制海洋酸化，而其他气候政策措施可通过降低海面温度产生间接影响。例如，Mora等人（2013年）发现，相较于RCP 8.5情景，RCP 4.5情景下的海洋pH值和海洋生产力降低要低一些。同样地，Bopp等人

(2013年)发现:在严格的气候政策情景下,海洋pH值仅下降0.07,海面温度仅升高0.71°C,而在高排放情景下,海洋pH值下降0.33,海水温度上升2.73°C。事实上,在严格的气候政策情景下,任何海洋中的碳酸根离子浓度不会低于饱和水平(Bopp等人,2013年)。浓度低于饱和水平会导致海洋生物的外壳和骨骼溶解。

可持续海洋管理

目前,全球渔业因过度捕捞而严重退化。几种情景研究都探讨了严格的渔业管理(包括减少捕获量)产生的影响,发现接近恢复目标生物量的捕获鱼类种群的比例将下降。从长远来看,这也意味着全球渔业总利润相对于趋势情景甚至当前水平都有所增加。Costello等人(2016年)分析了占全球捕捞量78%但不包括小规模和手工渔业的数据,并发现通过基于权利的渔业管理,应用管理政策将渔获量恢复到可持续产量最大化甚至利润最大化的水平,预计这相对于"一切照旧"管理情景,可以改善捕捞利润和鱼类生物量。到2050年,在严格的渔业管理下,大约98%的鱼类种群可以具有生物健康性(Costello等人,2016年)。

同样,在低温室气体排放情景下,Lam等人(2016年)预测捕捞潜力下降幅度较小(4%,趋势情景下为7%),这表明气候政策可以限制气候变化对全球渔业的影响。此外,Cheung, Reygondeau和Frölicher(2016年)估计,实现《巴黎协定》中将全球温升控制在1.5°C以内对全球渔业有益处:如果全球温升高于此水平,则每高一度将导致潜在捕捞量预计减少300万吨。

促进更可持续渔业和保护生物多样性的另一种方法是实施保护区战略(Agardy, 2000年)。海洋保护区有助于增加鱼类生物量(Gill等人,2017年),但对海洋保护区维持生物多样性的有效性存在争议(Worm等人,2006年;Edgar等人,2014年)。保护区模式的有效性在很大程度上取决于其管理和执法(Edgar等人,2014年;Gill等人,2017年)。此外,通过引入更好的保护区选择策略,可以显著提高其影响(Davis等人,2017年)。然而,与陆地生物多样性的保护类似,很明显,为了遏制生物多样性的丧失,增加保护区是不够的(Mora和Sale, 2011年)。

措施和子目标之间的重大协同作用和权衡取舍

该群组内具体措施和各子目标之间存在一系列协同作用和权衡取舍。一些重要方面如下:

- 恢复目前的鱼类种群将需要在一段时间内减少捕捞量,因此可能降低鱼类资源在减少饥饿方面的贡献。但是,如前文所述,从长远来看,这将带来更高的可持续产量。
- 减少海洋营养盐污染可以使珊瑚礁不易受到海洋酸化的影响,并减缓从净堆积到净侵蚀的预期转变(Silbiger等人,2018年)。
- 通过限制二氧化碳排放来减少海洋酸化具有重要意义,有助于保护海洋生物多样性,确保鱼类资源的可用性,以缓解全球饥饿问题。

22.3.5 人类发展

"人类发展"群组下的选定子目标可归纳为终结五岁以下儿童的可预防性死亡(参见第20章),并承认其他环境健康影响和年龄组也与人类健康有关(另参见第20.3.1节)。例如,在2015年,暴露于PM2.5环境中是第五大死亡风险因素(Cohen等人,2017年;第5章),而且是环境风险因素中最致命的。在50岁以上的过早死亡中,有超过一半因环境空气污染所致,而家庭空气污染是第二大环境风险因素,主要影响儿童和妇女(全球疾病负担研究,2016年;风险因素协作研究,2017年;另参见第5.3.1节)。对未来的预测表明,全球儿童死亡率呈下降趋势,但不足以达到子目标水平,而预计空气污染每年将导致数百万人过早死亡(第21章)。

儿童死亡率子目标与本章讨论的若干其他子目标之间存在密切关联。影响五岁以下儿童死亡率的重要健康风险因素包括:营养不良(与饥饿密切相关)、无法获得安全的饮用水和适当的环境卫生和个人卫生设施(WASH)、室内空气污染、(更间接地)气候变化。

很少有研究探讨降低与一系列环境风险因素相关的儿童死亡率(例如,Hughes等人,2011年;Lucas等人,2018年)。大多数研究侧重于个人风险,最突出的是营养不良(即粮食不足发生率)和环境空气污染。终结五岁以下儿童的可预防性死亡,特别是在环境健康风险方面,在很大程度上取决于实现本章中针对其他群组讨论的子目标。然而,路径研究表明,实现地球健康还不足以实现人类健康(Hughes等人,2011年;van Vuuren等人,2015年;Lucas等人,2018年;Moyer和Bohl, 2018年)。不同路径在降低儿童死亡率方面的成功性取决于它们在多大程度上还同时解决了非环境风险因素,即减少财富不平等和社会不平等问题。在这部分,我们讨论了四类措施——减少接触环境风险因素、减轻贫困、妇女和女童教育,以及儿童和孕产妇保健。

减少接触环境风险因素

五岁以下儿童的可预防性风险包括:营养不良(例如,儿童体重不足),接触导致肺炎的细颗粒物排放,以及可传播腹泻和疟疾等传染病的微小病原体和载体。气候变化可能会对其中一些风险因素产生负面影响,包括儿童体重不足(Hughes等人,2011年)和疟疾(Craig, Snow和Le Sueur, 1999年)。减少接触相关风险因素的措施在第22.3.1至22.3.3节中详细讨论过。在这部分,我们将重复说明其中一些措施,并讨论其对儿童死亡率的总体影响。

为了解决营养不良问题(可持续发展目标的子目标2.1),干预措施包括:通过(例如)提高产量、改变饮食和减少浪

费来增加粮食供应，以及改善穷人获得粮食和营养管理的机会（第22.3.1节）。减少高收入国家的消费不一定会改善贫困社区的粮食可获得性和对粮食的获取，对减少营养不良和相关儿童死亡率的影响很小（Moyer和Bohl，2018年）。因此需要将改善粮食可获得性的措施和改善粮食获取的措施结合起来。为了减少空气污染（可持续发展目标的子目标11.6），干预措施包括：引入有效的空气污染控制措施，推广更清洁的车辆、更便利的公共交通，提倡利用易于通达的人行道和自行车道的主动出行方式，以及最终通过改善清洁燃料和炉灶的使用来减少家庭空气污染（可持续发展目标的子目标7.1）（第22.3.2节）。对于五岁以下的儿童，通过淘汰使用传统生物质燃料的明火烹饪或传统炉灶，改善室内空气污染，可以带来显著的健康益处。最后，减少接触微生物病原体的干预措施包括：改善对安全的饮用水、安全管理的环境卫生和个人卫生设施的获取和认识（可持续发展目标的子目标6.1和6.2）（Landrigan等人，2018年，第40页）（第22.3.3节）。

通过对所有三个风险因素的干预，可降低五岁以下儿童死亡率的环境风险，从而降低营养不良、腹泻、肺炎和其他常见传染病（如疟疾）导致的死亡。然而，即使到2030年能够实现所有与环境有关的可持续发展目标，五岁以下儿童死亡率也不会达到子目标水平（Hughes等人，2011年；van Vuuren等人，2015年；Lucas等人，2018年；Moyer和Bohl，2018年）。Lucas等人（2018年）指出，如果能够实现与儿童营养、改善获取饮用水和卫生设施以及改善获取现代能源服务有关的健康相关可持续发展目标，到2030年，可以避免全球约有440,000名儿童死亡，且到2030年预计的全球五岁以下儿童死亡率将降低8%左右。Hughes等人（2011年）得出结论认为，在2005年至2060年期间，累计约1.316亿（占总死亡人数的23%）的儿童死亡可以通过逐步改善儿童体重不足、不安全的饮用水、不良的环境卫生和个人卫生条件、室内空气污染和全球气候变化得以避免。

减轻贫困

健康状况不佳与贫困之间存在相当大的重叠之处（Aber等人，1997年；Yoshikawa，Aber和Beardslee，2012年）。事实上，虽然贫困通常被视为收入的衡量标准，但也可以通过一系列能力方面的“相对性贫困”来定义，包括良好的健康状况，以及更高的教育水平（Hulme和Shepherd，2003年；Alkire，2007年）。通过“低收入”定义的贫困会对健康和教育方面的结果产生负面影响，导致进一步的权利剥夺（Hulme和Shepherd，2003年）。相反，消除极端贫困（可持续发展目标的子目标1.1），从而改善贫困家庭的收入状况，可以改善健康状况，特别是五岁以下儿童的健康状况。

妇女和女童教育

包容和公平的优质教育（可持续发展目标的子目标4），尤其是对妇女的教育，与降低儿童死亡率密切相关。此外，更高的教育水平可促进更好的整体健康、更低的生育率、更快的经济增长、更低的贫困水平和更高程度的民主（Dickson，Hughes和Irfan，2010年；Lutz和Samir，2013年；Dickson，Irfan和Hughes，2016年）。1970年至2009年期间儿童死亡率下降的一半以上可归因于育龄妇女受教育程度的提高（Gakidou等人，2010年）。Lucas等人（2018年）指出，通过包括普及妇女教育、管道饮用水、逐步淘汰用于烹饪的生物质燃料、强化疟疾控制等综合战略，到2030年可以避免777,000名儿童死亡，且将到2030年预计的全球儿童死亡率降低13%左右。预计撒哈拉以南非洲将获得最大的健康惠益。

儿童和孕产妇保健

降低儿童死亡率与降低孕产妇死亡率密不可分——健康的生命始于健康的母亲和健康的宝宝。因此，降低儿童死亡率还需要实现其他可持续发展目标的子目标，包括降低孕产妇死亡率（可持续发展目标的子目标3.1）、增加获得计划生育服务的机会和降低青少年生育率（可持续发展目标的子目标3.7）、实现基本保健服务的全民覆盖（可持续发展目标的子目标3.8）、提供法律身份，包括出生登记（可持续发展目标的子目标16.9）（联合国儿童基金会，2015年；世界卫生组织和联合国儿童基金会，2017年）。发展中国家避孕药具使用量的增加减少了意外怀孕，使产妇死亡率在过去十年中下降了26%，如果将尚未满足的需求量达成，产妇死亡率还可再下降30%（Cleland等人，2012年）。此外，现代避孕药具的普及可直接降低儿童死亡率，因为增加生育间隔可降低早产和低出生体重的可能性，而兄弟姐妹不到两岁的婴儿的死亡率更高（Cleland等人，2012年）。

措施与社会经济发展之间的协同作用和权衡取舍

除了全球公民生活质量的明显改善之外，改善健康状况也会对人口状况（Lee，2003年；Hughes等人，2011年）和经济发展（van Zon和Muysken，2003年；Bloom、Canning和Sevilla，2004年；Ashraf、Lester和Weil，2008年；Suri等人，2011年）产生重大影响。

- 儿童死亡率的降低通常会在生育率降低之后发生，滞后约十年（Angeles，2010年；Bohl，Hughes和Johnson，2016年）。这对于撒哈拉以南、非洲和南亚等地区的人口结构具有变革性影响（即工作适龄人口增多，然后逐渐呈现人口老龄化），这些地区目前的五岁以下儿童死亡率和生育率均相对较高（Bohl，Hughes和Johnson，2016年）。当工作适龄人口增长率超过青年人口增长率时，不断增长的劳动力也创造了经济机会，称为“人口红利”（Bloom等人，2009年；Lee和Mason，2011年；参见第2章）。在此期间，与向青年（和老年人）提供服务相关的财政负担达到最小化水平，而总体经济生产力呈上升趋势（Lee和Mason，2011年）。然而，不断增长的老年人口可能会在健康和社会服务方面带来新的

预算限制和更大的压力（Tabata，2005年；Lee和Mason，2011年；Bohl，Hughes和Johnson，2016年；Burrows，Bohl和Moyer，2017年）。

- 降低死亡率通常会促使工作适龄人口的传染病发病率下降（Hughes等人，2011年），因而减少了劳动力市场的不确定性，可进一步提高总体经济生产力，并吸引外国投资进入经济体（Jamison等人，2006年；Hughes等人，2011年）。改善健康状况还可以提高学生的入学率、提高认知技能以及改善学生的受教育水平（Baldacci等人，2004年；Soares，2006年；Ashraf，Lester和Weil，2008年），且当这些儿童加入工作适龄人口后，可以改善人力资本，提高生产力，形成更健康的经济体系（Hughes等人，2011年）。
- 降低儿童死亡率，特别是与改善妇女接受教育的机会和获取现代避孕措施相结合，可能从长期来看会促使生育率降低，抑制人口增长，而人口增长是环境退化的主要驱动因素之一（Angeles，2010年；Gakidou等人，2010年）。

22.4 综合方法

在前面的章节中，我们讨论了如何实现一系列与环境相关的可持续发展目标的子目标（关于选定子目标，参见第20章），并指出在许多子目标方面，确定的路径可促使到2030年或2050年达到子目标，或至少带来重大改善。在这部分，我们将讨论从研究分析中获得的一些总体结果，且更深入地分析不同群组之间的关键协同作用和权衡取舍。

22.4.1 转型变革

分析表明，在所有领域，轻微改善是不够的；要实现不同的子目标，需要进行大规模的转型变革，包括产量、水、能源和氮肥利用效率方面的重大资源效率提升（**参见表22.1**）。例如，要达到与能源获取、气候变化和空气污染相关的子目标，需要在未来三十年间，以每年4-6%的速率将二氧化碳排放与经济增长脱钩。比较而言，同样的比率在历史上每年仅下降1-2%，因此需要将历史速率增加三倍。此外，如果不实施需求侧措施，农业生产率需要平均每年增加1.4%，才足够消除全球饥饿，同时限制生物多样性的丧失。虽然这里所要求的效率改善与历史改善率相当，但很明显的是，鉴于在大多数情况下，轻松有效的措施早已实施，且也要求农业生产变得更加可持续，包括减少水资源和养分的使用，在未来实现这些改善子目标将面临困难。

早些时候，我们指出可以采用技术变革、生活方式变革和多尺度方法。本章讨论的措施是这些方法的一部分。但是，考虑到所需变革的规模，这些战略似乎更有可能必须结合起来才能达到所需的变革水平。还可以得出结论的是，到目前为止，用于挖掘任何这些方法所具备的可利用潜力的措施并不是非常成功。现有的多边环境协定并没有促使现状相较以往有任何突破（A部分和第21章）。因此，重要的是要确保行为者有足够的兴趣来实施一系列不同的战略。除了其他影响因素之外，这种兴趣与不同措施的不同权衡取舍和协同作用有关。

22.4.2 协同效应和权衡取舍

第22.3.1-22.3.5节讨论了五个群组内措施和子目标之间的相互关系。但是，这些群组之间也存在许多协同作用和权衡取舍。可持续发展目标和相关子目标构成了一个相互关联的复杂网络，这些相互关系在子目标制定中并未明确指出来（国际科学理事会和国际社会科学理事会，2015年；Le Blanc，2015年）。

理解本报告中阐述的群组之外的相互关系对于协同实施和政策连贯性至关重要（Nilsson，Griggs和Visbeck，2016

表22.1：资源利用效率趋势：基线情景（第21章）与子目标实现路径（本章）的比较

子目标	指标	基线（第21章）	更可持续的路径[a]（第22章）
提高农业生产力（第22.3.1节）	按时间列出的产量提高率（总计）	1%/年（2010年至2050年）	1.4%/年，（2010年至2050年）
提高养分利用效率（第22.3.1节）	作物生长氮（N）吸收总量与氮素的总投入量的比例	0.55，2050年	0.67，2050年
提高用水效率（第22.3.3节）	按时间列出的用水效率变化	0.3-1%（2010年至2050年）	0.5-1.2%（2010年至2050年）
增加可再生能源的比例（第22.3.2节）	可再生能源在终端能源消费中的比例	20-30%，2050年	30-60%[b]，2050年
提高能源效率（第22.3.2节）	按时间列出的能源强度的降低（以一次能源和国内生产总值计量）	1-2.5%（2010年至2050年）	2.2-3.5%（2010年至2050年）

N：氮。

[a]并不适用于所有主题，文献中发现的且在本章中讨论的路径能够满足第20章中所述的选定子目标（参见第22.3.1至22.3.5节）。

[b]可再生能源包括所有可再生能源，减缓情景中的非二氧化碳减排量基于SSP情景（参见第3.2.2节）。

年;《2050年的世界》倡议,2018年)。掌握相互关系有助于提高实施的有效性,且在某种程度上,也减少了实现单独子目标的总体负担和成本(Elder, Bengtsson和Akenji, 2016年)。此外,也有助于确定相关的群组,以便共同促进子目标的实现(Weitz等人,2018年)。

自2015年正式通过可持续发展目标以来,分析可持续发展目标的综合性质一直是一个研究领域。然而,到目前为止,只有少数研究分析了所有可持续发展目标之间相互关系(例如,Prahdan等人,2017年;Zhou和Moinuddin, 2017年)。这些研究的困难在于,它们通常不会考虑具体的措施,不考虑未来的发展,只能得出目标之间的相关性,而不是因果关系。在分析中考虑到这些因素的研究一般侧重于可持续发展目标的一部分(国际科学理事会,2017年;van Vuuren等人,2015年)或特定主题,如能源(McCollum等人,2018年;Nerini等人,2018年)、气候减缓(von Stechow等人,2016年)、空气污染(Elder和Zusman, 2016年)、土地利用和粮食安全(Obersteiner等人,2016年;Conijn等人,2018年)、海洋(Singh等人,2017年)和生态系统服务(Wood等人,2018年)。这些研究要么基于现有文献(如本章),或基于专门的建模。

总体而言,这些研究表明可持续发展目标及其子目标内部和之间的协同效应大于权衡取舍。然而,许多相互关系主要取决于具体背景(Nilsson, Griggs和Visbeck, 2016年;Weitz等人,2018年)。两个子目标之间有多种关联,可能存在不同且有时相互冲突的关系。此外,产出成果取决于治理方式和地理环境,以及所采用的时间跨度(Nilsson等人,2018年)。若对本章中讨论的各项措施和子目标之间的所有相互关系进行全面分析,则需要进行专门的、基于地点的研究,这超出了《全球环境展望6》的范围。因此,在本节中,我们进一步阐述了不同群组之间的措施和子目标之间的一些相互关系,且情景文献也指出存在此类重要的相互关系。

表22.2根据第22.3.1至22.3.5节中的情景评估,对在各子目标之间具有强大协同效应的措施和在各子目标之间具有强有力的权衡取舍的措施进行了概述,且**专栏22.5**也进行了概括。据此选出了具有强有力的协同作用和权衡取舍的关键措施,且对其进行了更深入的讨论。

表22.2:在选定子目标之间具有显著协同作用或权衡取舍的措施

	协同效应	权衡取舍
本节讨论到的	(妇女)教育 通过减少粮食损耗和浪费、改变饮食习惯和营养管理减少农业需求 减少空气污染	基于土地的减缓措施,包括大规模的生物能源部署 农业集约化 环境政策(可能与消除贫困相冲突)
其他例子	提高能源、土地和水资源的利用效率(尽管存在反弹效应的风险)向非生物质可再生能源过渡(例如,风能和太阳能) 生态系统恢复 水资源综合管理	对稀缺资源的竞争 经济发展(可能导致对资源的进一步需求) 海水淡化

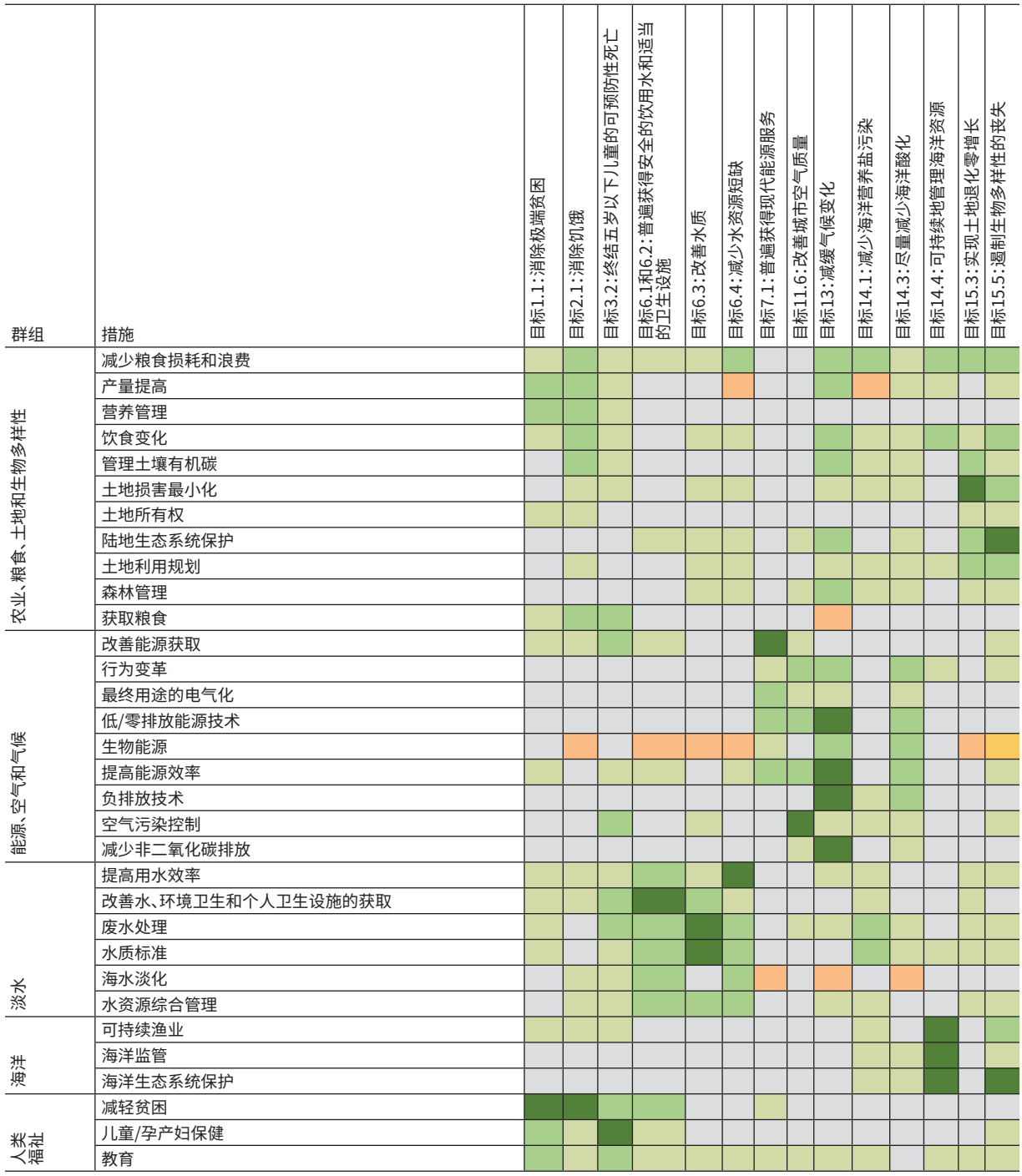
专栏22.5:选定措施与目标之间相互关系的概述

为了概述本章讨论的选定措施和子目标之间的诸多相互关系,本章作者已经进行了专家评估。该专家评估与文献以及《全球环境展望6》A部分作者的意见进行了比较。专家被要求使用Nilsson、Griggs和Visbeck(2016年)的"7分制"方法来对相互关系进行评分。对相互关系的评分介于最积极得分(该措施对于实现子目标是必不可少的)和最消极得分(该措施可导致子目标无法实现)之间。结果(不同专家评分的平均分)示于**图22.9**。

分析结果表现出一些明显的模式。大多数相互关系集中在与气候变化和生物多样性丧失有关的不同措施和子目标之间。此外,与早期的相互关系研究得出的结论一致,协同作用要大于权衡取舍。最强的协同作用出现在同一群组内的措施和子目标之间(参见第22.3节中关于每一群组内的协同作用和权衡取舍的讨论)。最后,产量提高、生物能源利用和海水淡化措施与一系列子目标之间存在明显的权衡取舍。然而,由于没有给出最消极得分,专家建议,可以通过额外的缓解措施来解决这些权衡问题。

分析还得出结论,相互关系的程度并不总是一目了然的。对于许多相互关系,专家们存在一定的分歧。部分原因是对实施措施的总体背景有不同的假设,但也因为一些措施同时产生协同作用和权衡取舍,需要对其强度进行某种程度的评估。基于文献中关注健康、能源和海洋方面的可持续发展目标的类似评估,可以得出结论,相互作用取决于关键因素,如地理背景、资源禀赋、时间跨度和治理(Nilsson等人,2018年)。因此,**图22.9**仅呈现了所涉及的关键相互关系的初步概述或概览。要得出政策性结论,需要进行更有针对性的分析。这包括基于特定相互作用对现有文献进行系统审查和分类、综合评估建模,后者分析了比当前研究更广泛的一系列子系统内部和之间的相互关系(另参见Nilsson等人,2018年)。

图22.9：选定措施和子目标之间的协同作用和权衡取舍一览表



Nilsson评分方法

- 与实现子目标紧密相关
- 有助于实现子目标
- 创造了进一步实现子目标的条件
- 没有显著的相互关联
- 限制了子目标的实现方法
- 与子目标冲突
- 导致无法达到子目标

资料来源：评分基于专家意见，使用了Nilsson、Griggs和Visbeck（2016年）的“7分制”方法。

在选定子目标之间具有显著协同作用的选定措施

教育

教育是一项基本人权(《世界人权宣言》第26条),其本身也是一项可持续发展目标(可持续发展目标的子目标4)。与健康一样,教育是衡量人类发展的标准(联合国开发计划署,2016年)。改善教育对人类福祉和与环境有关的子目标具有相当大的协同效应(联合国教育、科学与文化组织,2017年)。教育,特别是对妇女的教育,与改善健康状况具有特别强烈的联系。教育可以通过减少营养不良和改善个人卫生对儿童健康(Smith和Haddad,2000年;Marmot,Allen和Goldblatt,2010年)造成显著影响。1970年至2009年期间儿童死亡率下降的一半以上可归因于育龄妇女受教育程度的提高(Gakidou等人,2010年)。此外,更高的教育水平可促进更低的生育率、更快的经济增长、更低的贫困水平和更高程度的民主(Dickson,Hughes和Irfan,2010年;Lutz和Samir,2013年;Dickson,Irfan和Hughes,2016年)。已经确定改善教育与经济增长和减轻贫困之间存在联系(Hulme和Shepherd,2003年;Verner,2004年;Awan等人,2011年;Cremin和Nakabugo,2012年;联合国开发计划署,2016年)。改善教育也有助于应对气候变化,以及应对自然灾害的发生频率和严重程度的增加(Cordero,Todd和Abellera,2008年;Kagawa和Selby,2012年;Chang,2015年)。气候变化教育可加强决策者的能力建设,同时也使人们能够实施自己的适应战略,其中包括让人们了解复杂性并感知风险(Mochizuki和Bryan,2015年)。改善对安全的水、环境卫生和个人卫生设施的获取,以及淡水生态系统的健全管理也可以从教育中获益(Çoban等人,2011年;Michelsen和Rieckmann,2015年;Karthe等人,2016年)。

饮食变化

饮食变化,特别是减少反刍动物消费,与实现多个环境子目标具有协同作用。此外,饮食变化可以帮助消除饥饿和改善人类健康,对土地退化和生物多样性的影响最小。特别是,饮食变化可以减少农田扩张(Stehfest等人,2009年;Tilman和Clark,2014年),同时增加粮食供给(Foley等人,2011年)。此外,还可以减少温室气体排放、减少污染、减少用水量并改善健康状况。饮食变化可以通过减少牲畜消耗来降低甲烷的排放,通过减少肥料施用来减少氧化亚氮和氨的产生,以及通过减少农田转化来降低二氧化碳的排放(Stehfest等人,2009年;van Vuuren等人,2017a)。减少温室气体排放与饮食变化的相关性很大,温室气体的减排量可能高达70-80%(Aleksandrowicz等人,2016年)。减少甲烷排放也可以对空气质量产生积极影响,因为它是臭氧污染的前体物。通过饮食变化减少氮肥使用,从而减少氨的排放和随后形成的细颗粒物质,可以改善空气质量和健康(Zhao等人,2017年;Giannadaki等人,2018年)。通过饮食变化减少氮肥使用也会对水质产生积极影响。用水量减少可达50%(Aleksandrowicz等人,2016年;Jalava等人,2016年;Bijl等人,2017年;van Vuuren等人,2017a)。总之,减少畜牧产品消费的饮食转变在全因死亡率上有益处(Milner等人,2015年;Aleksandrowicz等人,2016年;Springmann等人,2018年)。值得注意的是,一些研究人员发现,贫困地区的粮食供应和获取并没有因为高收入国家的肉类消费量减少而显著改善(Moyer和Bohl,2018年)。为了提高效率,转变饮食习惯的措施需要考虑到区域和发展背景(世界经济论坛,2017年)。

空气污染控制

减少空气污染对人类健康有明显的积极影响。但是,农业生产、生物多样性和气候变化也存在协同作用。臭氧是一种强氧化剂,可经由叶子进入植物,通过影响光合作用和其他生理功能而破坏植被。一些研究已经分析了臭氧浓度、森林生产力和农业产量之间的关联(例如,Ainsworth等人,2012年;Talhelm等人,2014年)。预计在2010-2012年期间,臭氧会导致北半球的小麦产量平均降低9.9%,导致南半球的小麦产量平均降低6.2%(Mills等人,2018年)。Shindell等人(2012年)对减少黑碳和甲烷的措施如何促进减少臭氧并因此改善农业产量、生产和价值进行了量化分析。他们发现,减少甲烷和黑碳的措施可分别将农业产量提高约2700万吨和2400万吨。Avnery、Mauzerall和Fiore(2013年)指出,到2030年,甲烷排放控制可以将北美的小麦、玉米和大豆产量提高高达370万吨。Capps等人(2016年)指出,美国燃煤电厂的二氧化碳排放限制同时促进了氮氧化物的排放减少,有助于将个别作物和树种由于暴露在臭氧环境中而导致的潜在生产力损失分别降低高达16%和13%。减少二氧化硫和氮氧化物排放可减少酸和氮的沉积,以及减轻之后对生态系统的影响,例如,富营养化(Greaver等人,2012年)。

在选定子目标之间具有重大权衡取舍的选定措施

基于土地的减缓

几乎所有符合《巴黎协定》的气候情景都大量利用基于土地的减缓措施(另参见**专栏22.2**)。这包括使用生物能源、杜绝毁林、造林/再造林。一个特殊情况是负排放(生物能源,再结合碳捕获和储存以及造林)的作用,负排放似乎是严格的气候子目标的必要条件——当然是那些对短期排放较宽松的目标(Fuss等人,2014年;van Vuuren等人,2017a)。基于土地的减缓措施可能对其他可持续性目标(特别是粮食安全和保护陆地生物多样性)具有重要意义(Wicke,2011年;Reilly等人,2012年;Calvin等人,2014年;Popp等人,2014年;Smith等人,2016年;Heck等人,2018年)。例如,生物能源利用率高的路径会对土地退化和生物多样性产生负面影响,因为这些路径通常会导致粮食价格上涨、森林覆盖率下降、自然土地面积减少。虽然大规模造林路径可能会对减少生物多样性丧失产生协同作用,但它们仍可能导致对土地的竞争加剧,从而可能导致粮食价格上涨。生物能源的使用也可能导致更高的用水需求和更多的肥料施用,后者会加剧氮和磷流失,增加富营养化的风险(例如,Gerben-Leenes,Hoekstra和van

der Meer，2009年；Hejazi等人，2015年；Mouratiadou等人，2016年。

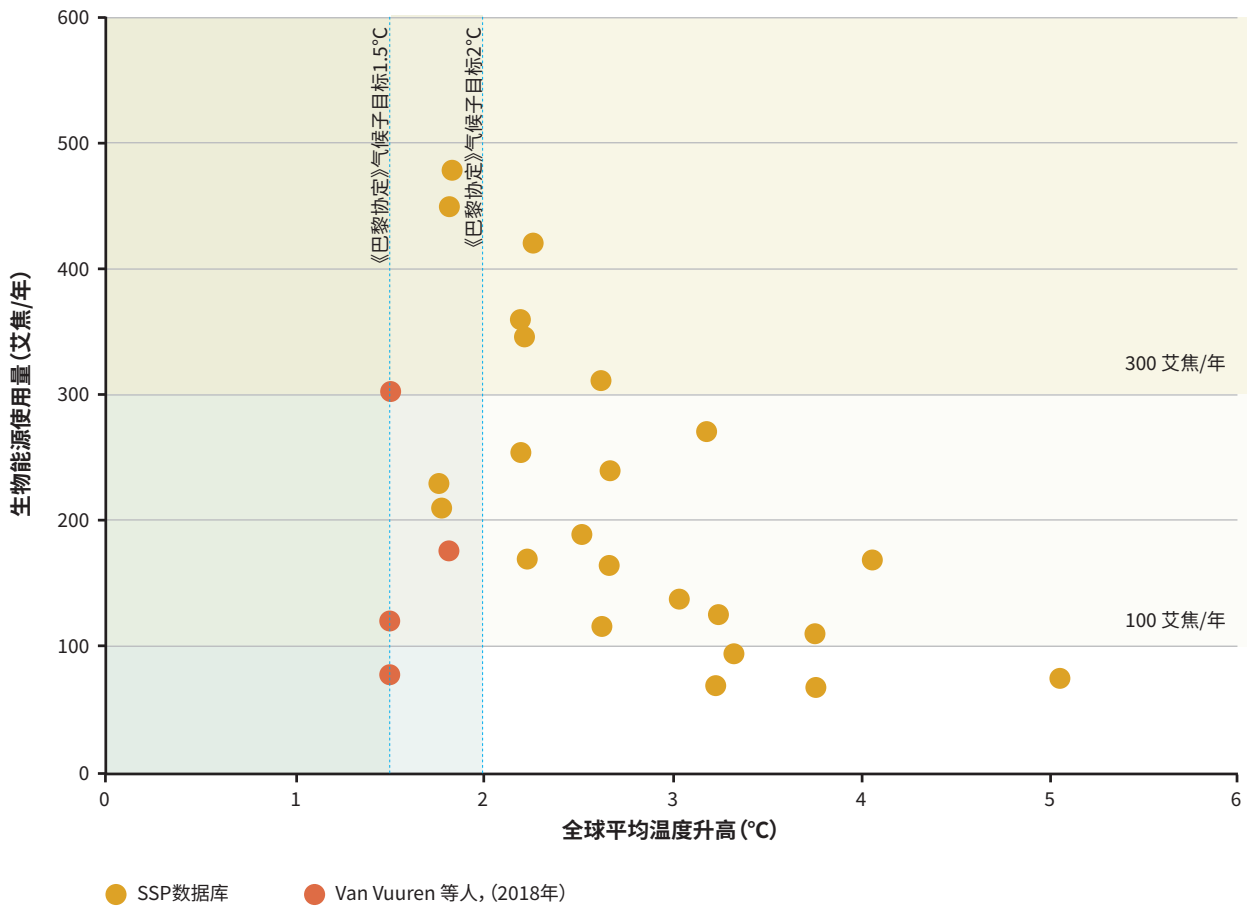
虽然生物能源是未来能源体系的几个重要选择之一，但随着生物能源的全球贸易和消耗的增加，人们越来越关注现代生物能源生产的环境、生态和社会影响（Wicke，2011年）。例如，生物能源与粮食安全之间的权衡，以及生物量对减轻贫困的影响与对环境的影响之间的权衡已被广泛报道（Wicke，2011年；Smith等人，2016年）。Yamagata等人（2018年）报道了全球二氧化碳负排放情景中的“水—粮食—生态系统”权衡。他们指出了三个重要的冲突：

- 粮食作物耕地大量转变为雨水灌溉的生物能源作物用地，会造成相当大的粮食减产；
- 当灌溉应用于生物能源作物生产时，生物能源作物的生产力得到提高——这可将生物作物生产所需的面积减少一半，但水资源消耗增加一倍，加剧了水资源短缺和地下水枯竭；
- 如果许可将林地转变为生物能源作物用地，大面积的热带森林将被用于生物能源作物生产，这可能导致碳储量和相关生态系统服务大面积严重受损，从而增加了土地利用变化导致的二氧化碳排放量。

需要更加关注生物多样性保护和气候变化减缓活动的共同效益，以优化各种可持续性效益。

图22.10显示，在大多数情景中，气候子目标越严格，生物能源的使用量越高。事实上，在SSP情景数据库中，所有符合《巴黎协定》气候子目标的情景对生物能源的需求到2050年超过200艾焦/年。早些时候，政府间气候变化专门委员会对不同的可持续性限制下的2050年的生物能源供应进行了评估。得出的结论是，在这些限制条件下，供应量至少可以达到100艾焦/年。还得出的结论是，供应量有可能达到300艾焦/ 年（但具有更高的不确定性）。

图22.10：2100年的全球平均温度升高与各种SSP参考情景和衍生减缓情景中的生物能源使用量



不同的背景颜色表示《巴黎协定》气候子目标（垂直线，从1.5°C和2°C开始）与政府间气候变化专门委员会提出的可持续生物能源供应量区间（政府间气候变化专门委员会指出，生物能源的供应量最有可能达到100艾焦/年；且有可能达到300艾焦/年）。

资料来源：Riahi等人，2017年；Vuuren等人（2018年）。

研究表明，人们对100艾焦/年左右的生物能源潜力对维持生物能源供应的可持续性的认可度较高，而对高于该阈值的供应量对维持生物能源供应的可持续性的认可度较低（Creutzig等人，2015年）。这表明，数据库中的任何情景实际上都不符合对《巴黎协定》气候子目标和生物能源可持续性限制的严格解释。Van Vuuren等人（2018年）探索了不同的替代路径，以达到雄心勃勃的气候子目标，且有可能减少对负排放（以及生物能源）的需求。这些情景假设（例如）饮食结构向符合健康建议的低肉类消费转变、大力度地实施非二氧化碳减排，或通过生产“人造肉”作为替代。这样的假设可能会导致对负排放技术的需求大幅下降，从而也减少了对生物能源（结合碳捕获和储存技术）的需求。最近，一项模型对比研究考察了生物能源供应有限的严格气候政策情景（Bauer等人，2018年）。在这方面，一些模型确实找到了低生物能源路径，但需要对生物能源的使用进行审慎优化（例如，生物能源（结合碳捕获和储存技术）仅用于生产运输燃料）。

农业集约化

提高农业产量被视为生产足够的粮食和生物能源以满足未来需求，同时最大限度地减少或完全消除对农业土地的扩张需求的先决条件。肥料的使用可能会增加产量，但也会对淡水和海洋水质、相关生态系统以及气候变化产生严重后果（Bouwman等人，2017年）。对生物多样性的影响主要取决于通过何种方式实现更高的产量。

提高产量可以改善粮食的总体供应量，特别是在当前营养不良发生率高的低产国家和地区实现增产。与此同时，如果高产作物的微量营养素含量低于平均膳食需求，则可能会对营养产生负面影响（DeFries等人，2015年；Rao等人，2018年）。此外，当产量增加后没有专门考虑分配问题时，增加的产量不一定会供应到最需要的人手中。与此同时，高收入和中等收入国家的肥胖率可能会因食品价格整体下降而上升（van Vuuren等人，2015年）。最后，当产量增加伴随着规模扩大时，小农户可能会被迫迁移到城市，这并不一定会改善他们的收入状况。

提高农业产量可减少对种植作物的土地需求，减少对现有自然土地的压力，从而可能缓解森林砍伐和生物多样性的丧失。另一方面，提高产量通常需要更高水平的肥料、农药和灌溉用水，从而对水质和水资源短缺产生负面影响。使用氮肥也会导致更高的氧化亚氮排放，这意味着与减缓气候变化之间存在权衡。与过去产量增加相关的机械化和单一栽培种植导致土壤侵蚀、土壤压实和土壤有机碳流失，增加了土地退化的可能性。长期灌溉导致的土地淋溶和盐化可能会进一步加剧这种情况。所有这些因素都对生物多样性产生了负面影响。

减轻贫困和环境保护

收入增加、饥饿减少以及水和能源的改善获取预计将推高对粮食、水和能源的需求，从而增加环境压力。然而，实际上，协同作用和权衡取舍同时存在——虽然有些影响较为重大，需要纳入考虑，但其他影响相对较小。情景分析表明，消除饥饿和普遍提供现代能源服务（超出人口和经济增长带来的产量增加）不一定会对全球生物多样性或气候变化产生负面影响（例如，Riahi等人，2012年；van Vuuren等人，2015年；Dagnachew等人，2018年）。虽然大多数关于获取现代能源服务的研究表明，生物质燃料的使用减少通常伴随着化石燃料产品（例如，液化石油气、天然气、电力）的使用增加，全球二氧化碳排放量的增加通常很小（Dagnachew等人，2018年）。此外，二氧化碳排放量的增加由于毁林和黑碳导致的排放量降低部分得到补偿。同样，消除饥饿导致的对粮食的额外需求估计相对较小，特别是与目前的生产水平以及为了满足不断增长且越来越富裕的全球人口所需的增长需求相比（van Vuuren等人，2015年）。如果通过对当前消费水平的重新分配来促进消除饥饿，那么所需的产量增长将更少（van Vuuren等人，2015年）。不过显然，超出最低水平的进一步发展可能会伴随着进一步的环境压力。因此，重要的是要将可持续性考虑因素纳入旨在实现更高水平经济发展的政策中，以避免这种权衡。

一些研究已经突出强调了在实现环境子目标与确保获得基本资源和服务之间的另一个潜在的权衡。这是因为，在许多情况下，实现环境子目标的政策可能导致成本增加。虽然这种成本增加对于高收入人群来说可能不那么重要，但它们可能会对穷人产生巨大影响。已经证明，如果在没有额外补偿措施的情况下实施气候政策，则可能会对获取电力（Dagnachew等人，2017年）、获取清洁的烹饪燃料（Cameron等人，2016年）和粮食安全（Hasegawa等人，2018年）产生负面影响。

22.5 结论和建议

我们对情景文献进行了评估，以分析与实现可持续发展目标和相关多边环境协定的选定环境子目标相关的一系列措施，且特别关注它们之间存在的协同作用和权衡取舍。总的来说，情景文献为实现这些子目标提供了一系列方案，但由于缺乏具体的路径，这些方案受到阻碍。

22.5.1 知识差距

本章的讨论表明，基于模型的情景分析是一项有效工具，有助于将知识整合到实现可持续发展目标和相关多边环境协定的环境子目标的工作中，且突出跨时间、规模和问题的关联。

然而，从文献评估中可以得出结论，情景文献在探讨实现可持续发展目标的可能路径方面依然不充分。现有的充分整合的情景研究尚不存在。此外，文献在某些领域很先进，而对于其他领域，存在有效信息极度缺乏的现象。因此，仍然难以估计具体措施的不同优缺点的确切程度。有大量文

献讨论了实现“能源、空气和气候”群组下的选定子目标的路径，也有文献涉及“农业、粮食、土地和生物多样性”群组下的子目标，但总体研究不够深入。对于后者，这些研究主要讨论饥饿和生物多样性问题，旨在实现子目标的情景研究相对较少，且实际上没有情景研究讨论如何实现土地退化零增长。现有文献对海洋酸化问题进行了充分讨论，主要与实现气候子目标的情景有关。

对于“淡水”“海洋”和“人类福祉（健康）”群组而言，寻求实现子目标的情景在文献中并不常见。对于“淡水”群组，情景主要考察水资源短缺问题，而关于水、环境卫生和个人卫生以及水质问题的情景较少。对于健康（例如，儿童死亡率）问题，文献中极少提到寻求实现子目标的情景。最后，正如第21章已经总结的那样，关于化学品、废弃物和废水的定量情景研究几乎不存在。

虽然文献中讨论了许多协同作用和权衡取舍，但除了主题研究（主要基于现有情景文献）之外，关于本章中讨论的措施和子目标之间所有相关相互关系的全面概述仍然缺乏。部分原因是情景文献中仍有一些附带条件，且由于这些相互关系高度依赖于特定背景，因此难以做出明确的评估。针对特定部门的研究在分析相互关系时，往往侧重于该部门在实现总体子目标方面的关键作用，为衡量优先次序提供的空间很少。因此，目前对不同部门或主题之间的相互关系的理解存在巨大差距。

应该指出的是，间接的相互关系也经常存在，而且在许多情况下，相互关系可能导致协同作用和权衡取舍。例如，肥料施用可以提高产量，减少土地需求，从而遏制生物多样性的丧失和可能的土地扩张，但同时还会增加氮和磷的径流，导致淡水和海洋营养盐污染，造成缺氧和有害藻华，以及相关的生物多样性的丧失。这些复杂的相互关系以及这种关系研究的缺乏表明，需要进行更具针对性的分析，包括对现有文献的系统审查和专门的综合评估建模，特别关注目前尚未探索的相互关系。

22.5.2 政策建议

情景分析得出的结论是，存在实现可持续发展目标和相关多边环境协定的一系列环境子目标的路径，但要求与当前趋势脱钩（转型变革）。轻微改善是不够的，要实现不同的子目标，需要进行大规模的转型变革。需要在土地、水和能源方面显著提高资源效率，包括与目前的趋势相比，农业产量增加近50%，能效提高速度翻一倍。

实现子目标需要组合利用一系列措施，包括技术改进、生活方式改变和本地化解决方案的组合。许多不同的挑战需要采取专门的应对措施，改善对食物、水和能源的获取，同时减少对环境资源和生态系统的压力。对资源的重新分配可能发挥重要的推动作用。从生产角度来看，这些变革要素包括实现更清洁的生产流程、资源消耗与经济发展脱钩等。还应考虑需求侧效率和消费者行为方面的变革。后者可能包括减少反刍动物消费的饮食变化，但也包括向能源密集度较低的出行模式过渡的交通方式的变化。

了解措施和子目标之间的相互关系对于协同实施和政策连贯性至关重要。如果措施通常旨在实现特定子目标或一系列子目标，则分析表明在这些措施和其他领域的子目标之间存在明显的协同作用。例子包括教育、饮食改变和空气污染控制，这三者对实现地球健康，人类健康都有积极影响。本章还强调了重要的潜在权衡，例如，气候政策对能源成本和后续的能源获取的影响。在许多情况下，还可以通过采取缓解措施来解决这些权衡问题（在上面的例子中，支持穷人获取能源的具体政策可以避免特定的权衡）。

实现第20章中目标所需的经济和技术潜力是存在的。但是，也需要充分考虑社会可行性。变革流程的可行性只能在当前趋势和全球公民和企业的持续创新背景下加以讨论。第23章将对此进行说明。最后，在第24章中，我们将讨论政策措施如何能够促成这里提出的变革。在许多情况下，通过确保适当考虑潜在的协同作用和权衡取舍，可以提高社会可行性。

参考文献

Aber, J.L., Bennett, N.G., Conley, D.C. and Li, J. (1997). The effects of poverty on child health and development. *Annual Review of Public Health* 18(1), 463-483. https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.18.1.463.

Agardy, T. (2000). Effects of fisheries on marine ecosystems: A conservationist's perspective. *ICES Journal of Marine Science* 57(3), 761-765. https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0721.

Ainsworth, E.A., Yendrek, C.R., Sitch, S., Collins, W.J. and Emberson, L.D. (2012). The effects of tropospheric ozone on net primary productivity and implications for climate change. *Annual Review of Plant Biology* 63, 637-661. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103829.

Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E.J.M., Smith, P. and Haines, A. (2016). The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: A systematic review. *PLoS ONE* 11(11), e0165797. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165797.

Alexandratos, N. and Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision.* ESA Working paper. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf.

Alkire, S. (2007). The missing dimensions of poverty data: Introduction to the special issue. *Oxford Development Studies* 35(4), 347-359. https://doi.org/10.1080/13600810701701863.

Angeles, L. (2010). Demographic transitions: Analyzing the effects of mortality on fertility. *Journal of Population Economics* 23(1), 99-120. https://doi.org/10.1007/s00148-009-0255-6.

Arvesen, A., Luderer, G., Pehl, M., Bodirsky, B.L. and Hertwich, E.G. (2018). Deriving life cycle assessment coefficients for application in integrated assessment modelling. *Environmental Modelling and Software* 99, 111-125. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.09.010.

Ashraf, Q.H., Lester, A. and Weil, D.N. (2008). *When Does Improving Health Raise GDP?* National Bureau of Economic Research Working Papers. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. http://www.nber.org/papers/w14449.pdf.

Avnery, S., Mauzerall, D.L. and Fiore, A.M. (2013). Increasing global agricultural production by reducing ozone damages via methane emission controls and ozone-resistant cultivar selection. *Global Change Biology* 19(4), 1285–1299. https://doi.org/10.1111/gcb.12118.

Awan, M.S., Malik, N., Sarwar, H. and Waqas, M. (2011). Impact of education on poverty reduction. *International Journal of Academic Research* 3(1), 659-664. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/31826/.

Bae, C. and Kim, J. (2017). Alternative fuels for internal combustion engines. *Proceedings of the Combustion Institute* 36(3), 3389-3413. https://doi.org/10.1016/j.proci.2016.09.009.

Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E. *et al.* (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change* 4, 924-929. https://doi.org/10.1038/nclimate2353.

Baldacci, E., Cui, Q., Clements, M.B.J., Gupta, S. and Cui, Q. (2004). *Social Spending, Human Capital, and Growth in Developing Countries: Implications for Achieving the MDGs.* IMF Working Papers: International Monetary Fund. https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2004/wp04217.pdf.

Barnes, M.D., Glew, L., Wyborn, C. and Craigie, I.D. (2018). Prevent perverse outcomes from global protected area policy. *Nature Ecology and Evolution* 2, 759–762. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0501-y.

Bauer, N., Calvin, K., Emmerling, J., Fricko, O., Fujimori, S., Hilaire, J. *et al.* (2017). Shared socio-economic pathways of the energy sector – quantifying the narratives. *Global Environmental Change* 42, 316-330. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.07.006.

Bauer, N., K. Rose, S., Fujimori, S., Vuuren, D., Weyant, J., Wise, M. *et al.* (2018). Global energy sector emission reductions and bioenergy use: Overview of the bioenergy demand phase of the EMF-33 model comparison. *Climatic Change*. https://doi.org/10.1007/s10584-018-2226-y.

Bauer, N., Rose, S.K., Fujimori, S., van Vuuren, D.P., Weyant, J., Wise, M. *et al.* (2018). Global energy sector emission reductions and bioenergy use: Overview of the bioenergy demand phase of the EMF 33 model comparison. *Climatic Change*. https://doi.org/10.1007/s10584-018-2226-y.

Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrup-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G.I. *et al.* (2015). Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security* 7(2), 261-274. https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z.

Bengtsson, J., Ahnström, J. and Weibull, A.-C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta analysis. *Journal of applied ecology* 42(2), 261-269. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x.

Benson, S.M., Bennaceur, K., Cook, P., Davison, J., de Coninck, H., Farhat, K. *et al.* (2012). Carbon capture and storage. In *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future.* Gomez-Echeverri, L. and Johansson, T.B. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 13. 993-1068. http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA_Chapter13_CCS_lowres.pdf.

Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F., van Beek, L.P.H., Mogollón, J.M. and Middelburg, J.J. (2016). Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences* 13, 2441-2451. https://doi.org/10.5194/bg-13-2441-2016.

Bijl, D.L., Biemans, H., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Doelman, J.C., Stehfest, E. *et al.* (2018). A global analysis of future water deficit based on different allocation mechanisms. *Water Resources Research* 54(8), 5803-5824. https://doi.org/10.1029/2017WR021688.

Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Stehfest, E., de Vries, B.J.M. and van Vuuren, D.P. (2017). A physically-based model of long-term food demand. *Global Environmental Change* 45, 47-62. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.04.003.

Billé, R., Kelly, R., Biastoch, A., Harrould-Kolieb, E., Herr, D., Joos, F. *et al.* (2013). Taking action against ocean acidification: A review of management and policy options. *Environmental Management* 52(4), 761-779. https://doi.org/10.1007/s00267-013-0132-7.

Bixio, D., Thoeye, C., De Koning, J., Joksimovic, D., Savic, D., Wintgens, T. *et al.* (2006). Wastewater reuse in Europe. *Desalination* 187(1-3), 89-101. https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.070.

Bixio, D., Thoeye, C., Wintgens, T., Ravazzini, A., Miska, V., Muston, M. *et al.* (2008). Water reclamation and reuse: Implementation and management issues. *Desalination* 218(1), 13-23. https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.10.039.

Bloom, D.E., Canning, D., Fink, G. and Finlay, J.E. (2009). Fertility, female labor force participation, and the demographic dividend. *Journal of Economic Growth* 14(2), 79-101. https://doi.org/10.1007/s10887-009-9039-9.

Bloom, D.E., Canning, D. and Sevilla, J. (2004). The effect of health on economic growth: A production function approach. *World development* 32(1), 1-13. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.07.002.

Bohl, D.K., Hughes, B.B. and Johnson, S. (2016). *Understanding and Forecasting Demographic Risk and Benefits.* Denver, CO: University of Denver. http://pardee.du.edu/sites/default/files/Demographic%20Risk%20Report%20v44%20%28Final%29.pdf.

Bopp, L., Resplandy, L., Orr, J.C., Doney, S.C., Dunne, J.P., Gehlen, M. *et al.* (2013). Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models. *Biogeosciences* 10, 6225-6245. https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013.

Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W., Lassaletta, L., van Apeldoorn, D.F., van Grinsven, H.J.M., Zhang, J. *et al.* (2017). Lessons from temporal and spatial patterns in global use of N and P fertilizer on cropland. *Scientific Reports* 7(40366), 40366-40366. https://doi.org/10.1038/srep40366.

Bradshaw, C.J.A., Bowman, D.M.J.S., Bond, N.R., Murphy, B.P., Moore, A.D., Fordham, D.A. *et al.* (2013). Brave new green world – Consequences of a carbon economy for the conservation of Australian biodiversity. *Biological Conservation* 161, 71-90. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.012.

Bui, M., Adjiman, C.S., Bardow, A., Anthony, E.J., Boston, A., Brown, S. *et al.* (2018). Carbon capture and storage (CCS): The way forward. *Energy and Environmental Science* 11(5), 1062-1176. https://doi.org/10.1039/C7EE02342A.

Burrows, M., Bohl, D.K. and Moyer, J.D. (2017). *Our World Transformed: Geopolitical Shocks and Risks.* Zurich Insurance Group, Atlantic Council and University of Denver Pardee Center for International Futures http://www.atlanticcouncil.org/images/publications/Our_World_Transformed_web_0421.pdf.

Calvin, K., Wise, M., Kyle, P., Patel, P., Clarke, L. and Edmonds, J. (2014). Trade-offs of different land and bioenergy policies on the path to achieving climate targets. *Climatic Change* 123(3-4), 691-704. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0897-y.

Cameron, C., Pachauri, S., Rao, N.D., McCollum, D., Rogelj, J. and Riahi, K. (2016). Policy trade-offs between climate mitigation and clean cook-stove access in South Asia. *Nature Energy* 1(15010). https://doi.org/10.1038/nenergy.2015.10.

Capps, S.L., Driscoll, C.T., Fakhraei, H., Templer, P.H., Craig, K.J., Milford, J.B. *et al.* (2016). Estimating potential productivity cobenefits for crops and trees from reduced ozone with U.S. coal power plant carbon standards. *Journal of Geophysical Research* 121(24), 14,679-614,690. https://doi.org/10.1002/2016JD025141.

Chang, C.-H. (2015). Teaching climate change – a fad or a necessity? *International Research in Geographical and Environmental Education* 24(3), 181-183. https://doi.org/10.1080/10382046.2015.1043763.

Chaudhary, A., Burivalova, Z., Koh, L.P. and Hellweg, S. (2016). Impact of forest management on species richness: Global meta-analysis and economic trade-offs. *Scientific Reports* 6, 23954. https://doi.org/10.1038/srep23954.

Chazdon, R.L. (2008). Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320(5882), 1458-1460. https://doi.org/10.1126/science.1155365.

Cheung, W.W.L., Reygondeau, G. and Frölicher, T.L. (2016). Large benefits to marine fisheries of meeting the 1.5°C global warming target. *Science* 354(6319), 1591-1594. https://doi.org/10.1126/science.aag2331.

China National Development and Reform Commission, China, Ministry of Industry and Information Technology, China, Ministry of Finance, China, Ministry of Environmental Protection, National Bureau of Statistics and China National Energy Administration (2014). Interim measures of the replacement coal consumption in key areas. http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201501/t20150114_660128.html.

Clark, M. and Tilman, D. (2017). Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters* 12(6), 064016. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6cd5.

Clarke, L., Jiang, K., Akimoto, K., Babiker, M., Blanford, G., Fisher-Vanden, K. *et al.* (2014). Assessing transformation pathways In *Climate Change 2013: Mitigation of Climate Change Contribution of Working Group 3rd to the 5th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 6. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter6.pdf.

Cleland, J., Conde-Agudelo, A., Peterson, H., Ross, J. and Tsui, A. (2012). Contraception and health. *The Lancet* 380(9837), 149-156. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60609-6.

Çoban, G.Ü., Akpınar, E., Küçükcankurtaran, E., Yıldız, E. and Ergin, Ö. (2011). Elementary school students' water awareness. *International Research in Geographical and Environmental Education* 20(1), 65-83. https://doi.org/10.1080/10382046.2011.540103.

Coetzee, B.W.T., Gaston, K.J. and Chown, S.L. (2014). Local scale comparisons of biodiversity as a test for global protected area ecological performance: A meta-analysis. *PLoS ONE* 9(8), e105824. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105824.

Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. *et al.* (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the global burden of diseases study 2015. *The Lancet* 389(10082), 1907-1918. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6.

Conijn, J.G., Bindraban, P.S., Schröder, J.J. and Jongschaap, R.E.E. (2018). Can our global food system meet food demand within planetary boundaries? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 251, 244-256. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.001.

Convention on Biological Diversity (2010). *Decision Adopted by the Conference of The Parties to the Convention on Biological Diversity at its Tenth Meeting. UNEP/CBD/COP/DEC/X/2.* https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf.

Cordero, E.C., Todd, A.M. and Abellera, D. (2008). Climate change education and the ecological footprint. *Bulletin of the American Meteorological Society* 89(6), 865-872. https://doi.org/10.1175/2007bams2432.1.

Costello, C., Ovando, D., Clavelle, T., Strauss, C.K., Hilborn, R., Melnychuk, M.C. *et al.* (2016). Global fishery prospects under contrasting management regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(18), 5125-5129. https://doi.org/10.1073/pnas.1520420113.

Craig, M.H., Snow, R.W. and le Sueur, D. (1999). A climate-based distribution model of malaria transmission in Sub-Saharan Africa. *Parasitology Today* 15(3), 105-111. https://doi.org/10.1016/S0169-4758(99)01396-4.

Cremin, P. and Nakabugo, M.G. (2012). Education, development and poverty reduction: A literature critique. *International Journal of Educational Development* 32(4), 499-506. https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2012.02.015.

Creutzig, F., Ravindranath, N.H., Berndes, G., Bolwig, S., Bright, R., Cherubini, F. *et al.* (2015). Bioenergy and climate change mitigation: An assessment. *Global Change Biology: Bioenergy* 7(5), 916-944. https://doi.org/10.1111/gcbb.12205.

Crouzeilles, R., Ferreira, M.S., Chazdon, R.L., Lindenmayer, D.B., Sansevero, J.B.B., Monteiro, L. *et al.* (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances* 3(11), e1701345. https://doi.org/10.1126/sciadv.1701345.

Cui, Z., Zhang, H., Chen, X., Zhang, C., Ma, W., Huang, C. *et al.* (2018). Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers. *Nature* 555, 363-366. https://doi.org/10.1038/nature25785.

Cullen, J.M., Allwood, J.M. and Borgstein, E.H. (2011). Reducing energy demand: What are the practical limits? *Environmental science and technology* 45(4), 1711-1718. https://doi.org/10.1021/es102641n.

Cunningham, S.C., Cavagnaro, T.R., Mac Nally, R., Keryn, P., Baker, P.J., Beringer, J. *et al.* (2015). Reforestation with native mixed species plantings in a temperate continental climate effectively sequesters and stabilizes carbon within decades. *Global Change Biology* 21(4), 1552-1566. https://doi.org/10.1111/gcb.12746.

Dagnachew, A.G., Lucas, P.L., Hof, A.F., Gernaat, D.E.H.J., de Boer, H.-S. and van Vuuren, D.P. (2017). The role of decentralized systems in providing universal electricity access in Sub-Saharan Africa – A model-based approach. *Energy* 139, 184-195. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.144.

Dagnachew, A.G., Lucas, P.L., Hof, A.F. and van Vuuren, D.P. (2018). Trade-offs and synergies between universal electricity access and climate change mitigation in Sub-Saharan Africa. *Energy Policy* 114, 355-366. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.023.

Daioglou, V., van Ruijven, B.J. and van Vuuren, D.P. (2012). Model projections for household energy use in developing countries. *Energy* 37(1), 601-615. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.044.

Davis, K.F., Rulli, M.C., Seveso, A. and D'Odorico, P. (2017). Increased food production and reduced water use through optimized crop distribution. *Nature Geoscience* 10(12), 919–924. https://doi.org/10.1038/s41561-017-0004-5.

de Coninck, H. and Benson, S.M. (2014). Carbon dioxide capture and storage: Issues and prospects. *Annual Review of Environment and Resources* 39, 243-270. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-032112-095222.

de Vries, F.T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M.A., Bjørnlund, L. *et al.* (2013). Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(35), 14296-14301. https://doi.org/10.1073/pnas.1305198110.

DeFries, R., Fanzo, J., Remans, R., Palm, C., Wood, S. and Anderman, T.L. (2015). Metrics for land-scarce agriculture. *Science* 349(6245), 238-240. https://doi.org/10.1126/science.aaa5766.

Devine, J. and Kullmann, C. (2011). *Introductory Guide to Sanitation Marketing.* Water and Sanitation Program. http://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/WSP-Introductory-Guide-Sanitation-Marketing.pdf.

Dickson, J.R., Hughes, B. and Irfan, M.T. (2010). *Advancing Global Education: Patterns of Potential Human Progress.* Denver, BO: Routledge. https://pardee.du.edu/patterns-potential-human-progress.

Dickson, J.R., Irfan, M.T. and Hughes, B.B. (2016). *Use 2030: Exploring Impacts, Costs, and Financing.* Background Paper for the International Commission on Financing Global Education Opportunity. Denver, BO. https://pardee.du.edu/sites/default/files/Pardee%20for%20Intl%20Com%20Fin%20Ed%20Background%20Final%255b7%255d.pdf.

Edelenbosch, O.Y., van Vuuren, D.P., Blok, K., Calvin, K. and Fujimori, S. (2018). Mitigating energy demand emissions: The integrated modelling perspective. *The 37th Edition of International Energy Workshop*. Gothenburg. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency Submitted https://iew2018.org/wp-content/uploads/2018/07/5D_Edelenbosch.pdf.

Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kininmonth, S., Baker, S.C., Banks, S. *et al.* (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506, 216-220. https://doi.org/10.1038/nature13022.

Elder, M., Bengtsson, M. and Akenji, L. (2016). An optimistic analysis of the means of implementation for sustainable development goals: Thinking about goals as means. *Sustainability* 8(9), 962. https://doi.org/10.3390/su8090962.

Elder, M. and Zusman, E. (2016). *Strengthening the Linkages Between Air Pollution and the Sustainable Development Goals.* IGES Policy Briefs. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies. https://pub.iges.or.jp/system/files/publication_documents/pub/policy/5528/PB_35_0707_2.pdf.

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M. *et al.* (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337–342. https://doi.org/10.1038/nature10452.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1996). Rome declaration on world food security. *World Food Summit*. Rome, 13-17 November. http://www.fao.org/docrep/003/w3613e/w3613e00.HTM (Accessed: 11/06/2018)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *AQUASTAT database.* http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm.

Freshwater Action Network South Asia and Water Supply and Sanitation Collaborative Council (2016). *Leave No One Behind: Voices of Women, Adolescent Girls, Elderly and Disabled People, and Sanitation Workers.* Hyderabad. https://www.wsscc.org/wp-content/uploads/2016/03/Leave-No-One-Behind-Report-by-WSSCC-and-FANSA-2016.pdf.

Fricko, O., Havlik, P., Rogelj, J., Klimont, Z., Gusti, M., Johnson, N. *et al.* (2017). The marker quantification of the shared socioeconomic pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century. *Global Environmental Change* 42, 251-267. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.004.

Fulton, L., Mason, J. and Meroux, D. (2017). *Three Revolutions in Urban Transportation.* Institute of Transportation Studies. https://steps.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2017/05/STEPS_ITDP-3R-Report-5-10-2017-2.pdf.

Fuss, S., Canadell, J.G., Peters, G.P., Tavoni, M., Andrew, R.M., Ciais, P. *et al.* (2014). Betting on negative emissions. *Nature Climate Change* 4, 850-853. https://doi.org/10.1038/nclimate2392.

Gakidou, E., Cowling, K., Lozano, R. and Murray, C.J.L. (2010). Increased educational attainment and its effect on child mortality in 175 countries between 1970 and 2009: A systematic analysis. *The Lancet* 376(9745), 959-974. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61257-3.

Gambhir, A., Drouet, L., McCollum, D., Napp, T., Bernie, D., Hawkes, A. *et al.* (2017). Assessing the feasibility of global long-term mitigation scenarios. *Energies* 10(1), 89. https://doi.org/10.3390/en10010089.

Garbach, K., Milder, J.C., DeClerck, F.A.J., Montenegro de Wit, M., Driscoll, L. and Gemmill-Herren, B. (2017). Examining multi-functionality for crop yield and ecosystem services in five systems of agroecological intensification. *International Journal of Agricultural Sustainability* 15(1), 11-28. https://doi.org/10.1080/14735903.2016.1174810.

Garibaldi, L.A., Gemmill-Herren, B., D'Annolfo, R., Graeub, B.E., Cunningham, S.A. and Breeze, T.D. (2017). Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends in Ecology and Evolution* 32(1), 68-80. https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.10.001.

Garnett, S.T., Burgess, N.D., Fa, J.E., Fernández-Llamazares, Á., Molnár, Z., Robinson, C.J. *et al.* (2018). A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability* 1(7), 369-374. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0100-6.

Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P. *et al.* (2013). Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. *Science* 341(6141), 33-34. https://doi.org/10.1126/science.1234485.

Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M. and Burgess, N.D. (2013). Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation* 161, 230-238. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.018.

Gerbens-Leenes, W., Hoekstra, A.Y. and van der Meer, T.H. (2009). The water footprint of bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(25), 10219-10223. https://doi.org/10.1073/pnas.0812619106.

Giannadaki, D., Giannakis, E., Pozzer, A. and Lelieveld, J. (2018). Estimating health and economic benefits of reductions in air pollution from agriculture. *Science of the total environment* 622-623, 1304-1316. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.064.

Gill, D.A., Mascia, M.B., Ahmadia, G.N., Glew, L., Lester, S.E., Barnes, M. *et al.* (2017). Capacity shortfalls hinder the performance of marine protected areas globally. *Nature* 543, 665-669. https://doi.org/10.1038/nature21708.

Giuntoli, J., Caserini, S., Marelli, L., Baxter, D. and Agostini, A. (2015). Domestic heating from forest logging residues: Environmental risks and benefits. *Journal of Cleaner Production* 99, 206-216. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.025.

Glibert, P.M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity — Challenging paradigms in a world of complex nutrient changes. *Marine Pollution Bulletin* 124(2), 591-606. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.027.

Global Burden of Disease 2015 SDG Collaborators (2016). Measuring the health-related sustainable development goals in 188 countries: A baseline analysis from the global burden of disease study 2015. *Lancet* 388(10053), 1813-1850. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31467-2.

Global Burden of Disease 2016 Risk Factors Collaborators (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1345-1422. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32366-8.

Global Burden of Disease 2016 SDG Collaborators (2017). Measuring progress and projecting attainment on the basis of past trends of the health-related sustainable development goals in 188 countries: An analysis from the global burden of disease study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1423-1459. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32336-X.

Global Energy Assessment (2012). *Global Energy Assessment: Towards a Sustainable Future.* Cambridge: International Institute of Applied Systems Analysis. http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA-Summary-web.pdf.

Global Yield Gap and Water Productivity Atlas (2018). *Food security analysis: From local to global.* http://www.yieldgap.org/ (Accessed: 12 November 2018).

Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F. *et al.* (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327(5967), 812-818. https://doi.org/10.1126/science.1185383.

Graus, W., Blomen, E. and Worrell, E. (2011). Global energy efficiency improvement in the long term: A demand-and supply-side perspective. *Energy efficiency* 4(3), 435-463. https://doi.org/10.1007/s12053-010-9097-z.

Gray, C.L., Hill, S.L., Newbold, T., Hudson, L.N., Börger, L., Contu, S. *et al.* (2016). Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications* 7(12306). https://doi.org/10.1038/ncomms12306.

Greaver, T.L., Sullivan, T.J., Herrick, J.D., Barber, M.C., Baron, J.S., Cosby, B.J. *et al.* (2012). Ecological effects of nitrogen and sulfur air pollution in the US: What do we know? *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(7), 365-372. https://doi.org/10.1890/110049.

Grubler, A., Wilson, C., Bento, N., Boza-Kiss, B., Krey, V., McCollum, D.L. *et al.* (2018). A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies. *Nature Energy* 3(6), 515-527. https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6.

Haines, A., Amann, M., Borgford-Parnell, N., Leonard, S., Kuylenstierna, J. and Shindell, D. (2018). Short-lived climate pollutant mitigation and the sustainable development goals. *Nature Climate Change* 7(12), 863-869. https://doi.org/10.1038/s41558-017-0012-x.

Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y. *et al.* (2013b). A global water scarcity assessment under shared socio-economic pathways – Part 2: Water availability and scarcity. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(7), 2393-2413. https://doi.org/10.5194/hess-17-2393-2013.

Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y. *et al.* (2013a). A global water scarcity assessment under shared socio-economic pathways – part 1: Water use. *Hydrology and Earth System Sciences* 17(7), 2375–2391. https://doi.org/10.5194/hess-17-2375-2013.

Hanasaki, N., Yoshikawa, S., Kakinuma, K. and Kanae, S. (2016). A seawater desalination scheme for global hydrological models. *Hydrology and Earth System Sciences* 20(10), 4143-4157. https://doi.org/10.5194/hess-20-4143-2016.

Hasegawa, T., Fujimori, S., Havlík, P., Valin, H., Bodirsky, B.L., Doelman, J.C. *et al.* (2018). Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change* 8, 699-703. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x.

Hasegawa, T., Fujimori, S., Takahashi, K. and Masui, T. (2015). Scenarios for the risk of hunger in the twenty-first century using shared socioeconomic pathways. *Environmental Research Letters* 10(1), 014010. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/014010.

Heck, V., Gerten, D., Lucht, W. and Popp, A. (2018). Biomass-based negative emissions difficult to reconcile with planetary boundaries. *Nature Climate Change* 8, 151-155. https://doi.org/10.1038/s41558-017-0064-y.

Hejazi, M., Edmonds, J., Clarke, L., Kyle, P., Davies, E., Chaturvedi, V. *et al.* (2014). Long-term global water projections using six socioeconomic scenarios in an integrated assessment modeling framework. *Technological Forecasting and Social Change* 81(1), 205-226. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.05.006.

Hejazi, M.I., Voisin, N., Liu, L., Bramer, L.M., Fortin, D.C., Hathaway, J.E. *et al.* (2015). 21st century United States emissions mitigation could increase water stress more than the climate change it is mitigating. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(34), 10635-10640. https://doi.org/10.1073/pnas.1421675112.

Höglund-Isaksson, L., Purohit, P., Amann, M., Bertok, I., Rafaj, P., Schöpp, W. *et al.* (2017). Cost estimates of the Kigali Amendment to phase-down hydrofluorocarbons. *Environmental Science and Policy* 75, 138-147. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.006.

Hughes, B.B., Kuhn, R., Peterson, C.M., Rothman, D.S., Solorzano, J.R. and Dickson, J. (2011). *Improving Global Health: Patterns in Potential Human Progress.* Boulder, CO: Paradigm Publishers. http://pardee.du.edu/sites/default/files/PPHP3_Full_Volume.pdf.

Hulme, D. and Shepherd, A. (2003). Conceptualizing chronic poverty. *World development* 31(3), 403-423. https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00222-X.

Hulvey, K.B., Hobbs, R.J., Standish, R.J., Lindenmayer, D.B., Lach, L. and Perring, M.P. (2013). Benefits of tree mixes in carbon plantings. *Nature Climate Change* 3, 869-874. https://doi.org/10.1038/nclimate1862.

Hunt, C. (2008). Economy and ecology of emerging markets and credits for bio-sequestered carbon on private land in tropical Australia. *Ecological Economics* 66(2-3), 309-318. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.012.

Hutton, G. and Varughese, M. (2016). *The Costs of Meeting the 2030 Sustainable Development Goal Targets on Drinking Water, Sanitation, and Hygiene.* Water and Sanitation Program: Technical Paper 103171. Washington, D.C: World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/415441467988938343/pdf/103171-PUB-Box394556B-PUBLIC-EPI-K8543-ADD-SERIES.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming Of 1.5 °C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty.* Geneva. http://www.ipcc.ch/report/sr15/.

International Council for Science (2017). *A Guide to SDG Interactions: From Science to Implementation.* Griggs, D.J., Nilsson, M., Stevance, A. and McCollum, D. (eds.). Paris: International Council for Science. http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/14591/1/SDGs-Guide-to-Interactions.pdf.

International Council for Science and International Social Science Council (2015). *Review of Targets for the Sustainable Development Goals: The Science Perspective.* Paris: International Council for Science. https://council.science/cms/2017/05/SDG-Report.pdf.

International Energy Agency (2016). *World Energy Outlook 2016. Special Report: Energy and Air Pollution.* Paris. https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2016.

International Energy Agency (2017). *Energy Access Outlook 2017: From Poverty to Prosperity.* Paris. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf.

International Institute for Applied Systems Analysis (2015). *ECLIPSE V5a global emission fields (July 2015).* http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/ECLIPSEv5a.html (Accessed: 16 November 2018).

Jalava, M., Guillaume, J.H.A., Kummu, M., Porkka, M., Siebert, S. and Varis, O. (2016). Diet change and food loss reduction: What is their combined impact on global water use and scarcity? *Earth's Future* 4(3), 62-78. https://doi.org/10.1002/2015EF000327.

Jamison, D.T., Breman, J.G., Measham, A.R., Alleyne, G., Claeson, M., Evans, D.B. *et al.* (eds.) (2006). *Disease Control Priorities in Developing Countries.* Washington, D.C: World Bank. https://www.who.int/management/referralhospitals.pdf.

Johann, F. and Schaich, H. (2016). Land ownership affects diversity and abundance of tree microhabitats in deciduous temperate forests. *Forest Ecology and Management* 380, 70-81. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.037.

Johnson, N., Krey, V., McCollum, D.L., Rao, S., Riahi, K. and Rogelj, J. (2015). Stranded on a low-carbon planet: Implications of climate policy for the phase-out of coal-based power plants. *Technological Forecasting and Social Change* 90, 89-102. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.02.028.

Kagawa, F. and Selby, D. (2012). Ready for the storm: Education for disaster risk reduction and climate change adaptation and mitigation. *Journal of Education for Sustainable Development* 6(2), 207-217. https://doi.org/10.1177/0973408212475200.

Kar, K. and Chambers, R. (2008). *Handbook on Community-Led Total Sanitation.* London: Plan UK and Institute of Development Studies at the University of Suxxex. http://www.communityledtotalsanitation.org/sites/communityledtotalsanitation.org/files/cltshandbook.pdf.

Karthe, D., Reeh, T., Walther, M., Niemann, S. and Siegmund, A. (2016). School-based environmental education in the context of a research and development project on integrated water resources management: experiences from Mongolia. *Environmental Earth Sciences* 75(18), 1286. https://doi.org/10.1007/s12665-016-6036-0.

Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. *et al.* (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 274(1608), 303-313. https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721.

Klimont, Z., Kupiainen, K., Heyes, C., Purohit, P., Cofala, J., Rafaj, P. *et al.* (2017). Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics* 17, 8681-8723. https://doi.org/10.5194/acp-17-8681-2017.

Koelbl, B.S., van den Broek, M., van Ruijven, B., van Vuuren, D.P. and Faaij, A.P.C. (2013). A Sensitivity analysis of the global deployment of CCS to the cost of storage and storage capacity estimates. *Energy Procedia* 37, 7537-7544. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.697.

Kok, M.T.J., Alkemade, R., Bakkenes, M., van Eerdt, M., Janse, J., Mandryk, M. *et al.* (2018). Pathways for agriculture and forestry to contribute to terrestrial biodiversity conservation: A global scenario-study. *Biological Conservation* 221, 137-150. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.003.

Kriegler, E., Luderer, G., Bauer, N., Baumstark, L., Fujimori, S., Popp, A. *et al.* (2018). Pathways limiting warming to 1.5°C. A tale of turning around in no time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 376(2119). https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0457.

Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O. and Ward, P.J. (2012). Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the total environment* 438, 477-489. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092.

Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability* 7(5), 5875-5895. https://doi.org/10.3390/su7055875.

Lam, V.W.Y., Cheung, W.W.L., Reygondeau, G. and Sumaila, U.R. (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports* 6, 32607. https://doi.org/10.1038/srep32607.

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N. *et al.* (2018). The lancet commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 462–512. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.

Lassaletta, L., Billen, G., Garnier, J., Bouwman, L., Velazquez, E., Mueller, N.D. *et al.* (2016). Nitrogen use in the global food system: Past trends and future trajectories of agronomic performance, pollution, trade, and dietary demand. *Environmental Research Letters* 11(9), 095007. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/095007.

Le Blanc, D. (2015). Towards integration at last? The sustainable development goals as a network of targets. *Sustainable Development* 23(3), 176-187. https://doi.org/10.1002/sd.1582.

Le Quéré, C., Andrew, R.M., Canadell, J.G., Sitch, S., Ivar Korsbakken, J., Peters, G.P. *et al.* (2016). Global carbon budget 2016 data. *Earth System Science Data* 8, 605-649. https://doi.org/10.5194/essd-8-605-2016.

Leclere, D., Obersteiner, M., Alkemade, R., Almond, R., Barrett, M., Bunting, G. *et al.* (2018). *Towards Pathways Bending The Curve Terrestrial Biodiversity Trends Within The 21st Century.* International Institute for Applied Systems Analysis. http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15241/1/Leclere_et_al_IIASA_2018_TowardsPathwaysBendingTheCurveOfTerrestrialBiodiversityTrendsWithinThe21stCentury.pdf.

Lee, R. (2003). The demographic transition: Three centuries of fundamental change. *Journal of economic perspectives* 17(4), 167-190. https://doi.org/10.1257/089533003772034943.

Lee, R.D. and Mason, A. (2011). *Population Aging and the Generational Economy: A Global Perspective.* Cheltenham: Edward Elgar Publishing. https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/47092/IDL-47092.pdf.

Leifeld, J. (2016). Current approaches neglect possible agricultural cutback under large-scale organic farming. A comment to Ponisio *et al. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1824). https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1623.

Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B. and Masi, F. (2016). Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services* 22(Part B), 392-401. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.09.011.

Lucas, P.L., Dagnachew, A.G. and Hof, A.F. (2017). *Towards Universal Electricity Access in Sub-Saharan Africa: A Quantitative Analysis of Technology and Investment Requirements.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-towards-universal-electricity-access-in-sub-saharan-africa-1952.pdf.

Lucas, P.L., Hilderink, H.B.M., Janssen, P., Samir, K.C., van Vuuren, D.P. and Niessen, L.W. (2018). *Future Impacts of Environmental Factors on Achieving the SDG Target on Child Mortality – A Synergistic Assessment.* Environmental Health Perspectives. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-future-impacts-of-environmental-factors-on-achieving-the-sdg-target-on-child-mortality.pdf.

Lutz, W. and Samir, K.C. (2011). Global human capital: Integrating education and population. *Science* 333(6042), 587-592. https://doi.org/10.1126/science.1206964.

Mara, D. and Evans, B. (2018). The sanitation and hygiene targets of the sustainable development goals: Scope and challenges. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development* 8(1), 1-16. https://doi.org/10.2166/washdev.2017.048.

Markandya, A., Sampedro, J., Smith, S.J., Van Dingenen, R., Pizarro-Irizar, C., Arto, I. *et al.* (2018). Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris Agreement: A modelling study. *The Lancet Planetary Health* 2(3), e126-e133. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30029-9.

Marmot, M., Allen, J. and Goldblatt, P. (2010). A social movement, based on evidence, to reduce inequalities in health. *Social Science and Medicine* 71(7), 1254-1258. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.07.011.

Maslo, B., Lockwood, J.L. and Leu, K. (2015). Land ownership patterns associated with declining forest birds: Targeting the right policy and management for the right birds. *Environmental Conservation* 42(3), 216-226. https://doi.org/10.1017/S0376892915000041.

Mazzi, E.A. and Dowlatabadi, H. (2007). Air quality impacts of climate mitigation: UK policy and passenger vehicle choice. *Environmental science and technology* 41(2), 387-392. https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es060517w.

McCollum, D.L., Gomez Echeverri, L., Busch, S., Pachauri, S., Parkinson, S., Rogelj, J. *et al.* (2018). Connecting the sustainable development goals by their energy inter-linkages. *Environmental Research Letters* 13(3), 033006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaafe3.

Michelsen, G. and Rieckmann, M. (2015). The contribution of education for sustainable development in promoting sustainable water use. In *Sustainable Water Use and Management: Examples of New Approaches and Perspectives.* Leal Filho, W. and Sümer, V. (eds.). Cham: Springer International Publishing. 103-117. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12394-3_6.

Millar, R.J., Fuglestvedt, J.S., Friedlingstein, P., Rogelj, J., Grubb, M.J., Matthews, H.D. *et al.* (2017). Emission budgets and pathways consistent with limiting warming to 1.5 C. *Nature Geoscience* 10, 741-747. https://doi.org/10.1038/ngeo3031.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Millennium Ecosystem Assessment: Scenarios Assessment.* Washington, D.C: Island Press. https://www.millenniumassessment.org/en/Scenarios.html.

Mills, G., Sharps, K., Simpson, D., Pleijel, H., Broberg, M., Uddling, J. *et al.* (2018). Ozone pollution will compromise efforts to increase global wheat production. *Global Change Biology* 24(8), 3560-3574. https://doi.org/10.1111/gcb.14157.

Milner, J., Green, R., Dangour, A.D., Haines, A., Chalabi, Z., Spadaro, J. *et al.* (2015). Health effects of adopting low greenhouse gas emission diets in the UK. *BMJ open* 5(4), e007364. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-007364.

Mochizuki, Y. and Bryan, A. (2015). Climate change education in the context of education for sustainable development: Rationale and principles. *Journal of Education for Sustainable Development* 9(1), 4-26. https://doi.org/10.1177/0973408215569109.

Modi, V., McDade, S., Lallement, D. and Saghir, J. (2006). *Energy Services for the Millenium Development Goals: Achieving the Millennium Development Goals.* New York, NY. http://lutw.org/wp-content/uploads/Energy-services-for-the-millennium-development-goals.pdf.

Mogollón, J.M., Lassaletta, L., Beusen, A.H.W., van Grinsven, H.J.M., Westhoek, H. and Bouwman, A.F. (2018). Assessing future reactive nitrogen inputs into global croplands based on the shared socioeconomic pathways. *Environmental Research Letters* 13(4). https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab212.

Mönkkönen, M., Juutinen, A., Mazziotta, A., Miettinen, K., Podkopaev, D., Reunanen, P. *et al.* (2014). Spatially dynamic forest management to sustain biodiversity and economic returns. *Journal of Environmental Management* 134, 80-89. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.021.

Mora, C. and Sale, P.F. (2011). Ongoing global biodiversity loss and the need to move beyond protected areas: A review of the technical and practical shortcomings of protected areas on land and sea. *Marine Ecology Progress Series* 434, 251-266. https://doi.org/10.3354/meps09214.

Mora, C., Wei, C.-L., Rollo, A., Amaro, T., Baco, A.R., Billett, D. *et al.* (2013). Biotic and human vulnerability to projected changes in ocean biogeochemistry over the 21st century. *PLoS Biology* 11(10), e1001682. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001682.t001.

Mouratiadou, I., Biewald, A., Pehl, M., Bonsch, M., Baumstark, L., Klein, D. *et al.* (2016). The impact of climate change mitigation on water demand for energy and food: An integrated analysis based on the shared socioeconomic pathways. *Environmental Science and Policy* 64, 48-58. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.007.

Moyer, J.D. and Bohl, D. (2018). Alternative pathways to human development: Assessing trade-offs and synergies in achieving the Sustainable Development Goals. *Futures.* https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.10.007.

Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.H. *et al.* (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications* 8(1290). https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w.

Napp, T., Bernie, D., Thomas, R., Lowe, J., Hawkes, A. and Gambhir, A. (2017). Exploring the feasibility of low-carbon scenarios using historical energy transitions analysis. *Energies* 10(1), 116. https://doi.org/10.3390/en10010116.

Nerini, F.F., Tomei, J., To, L.S., Bisaga, I., Parikh, P., Black, M. *et al.* (2018). Mapping synergies and trade-offs between energy and the sustainable development goals. *Nature Energy* 3(1), 10-15. https://doi.org/10.1038/s41560-017-0036-5.

Neumann, K., Verburg, P.H., Stehfest, E. and Müller, C. (2010). The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural Systems* 103(5), 316-326. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.02.004.

Neverre, N., Dumas, P. and Nassopoulos, H. (2016). Large-scale water scarcity assessment under global changes: Insights from a hydroeconomic framework. *Hydrology and Earth System Sciences.* https://doi.org/10.5194/hess-2015-502.

Nilsson, M., Chisholm, E., Griggs, D., Howden-Chapman, P., McCollum, D., Messerli, P. *et al.* (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: Lessons learned and ways forward. *Sustainability Science*. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0604-z.

Nilsson, M., Griggs, D. and Visbeck, M. (2016). Policy: Map the interactions between sustainable development goals. *Nature* 534(7607), 320-322. https://doi.org/10.1038/534320a.

Obersteiner, M., Walsh, B., Frank, S., Havlík, P., Cantele, M., Liu, J. *et al.* (2016). Assessing the land resource–food price nexus of the sustainable development goals. *Science Advances* 2(9), e1501499. https://doi.org/10.1126/sciadv.1501499.

O'Driscoll, R., Stettler, M.E.J., Molden, N., Oxley, T. and ApSimon, H.M. (2018). Real world CO_2 and NOx emissions from 149 Euro 5 and 6 diesel, gasoline and hybrid passenger cars. *Science of the total environment* 621, 282-290. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.271.

Oerke, E.C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science* 144(1), 31-43. https://doi.org/10.1017/S0021859605005708.

Pachauri, S., van Ruijven, B.J., Nagai, Y., Riahi, K., van Vuuren, D.P., Brew-Hammond, A. *et al.* (2013). Pathways to achieve universal household access to modern energy by 2030. *Environmental Research Letters* 8(2), 024015. https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024015.

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2012). *Roads from Rio+20: Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050.* The Hague. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2012-roads-from-rio-pathways-to-achieve-global-sustainability-goals-by-2050.pdf.

Pinto, F.S. and Marques, R.C. (2017). Desalination projects economic feasibility: A standardization of cost determinants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78, 904-915. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.024.

Pollock, L.J., Thuiller, W. and Jetz, W. (2017). Large conservation gains possible for global biodiversity facets. *Nature* 546, 141-144. https://doi.org/10.1038/nature22368.

Pommells, M., Schuster-Wallace, C., Watt, S. and Mulawa, Z. (2018). Gender violence as a water, sanitation, and hygiene risk: Uncovering violence against women and girls as it pertains to poor WaSH access. *Violence Against Women*. https://doi.org/10.1177/1077801218754410.

Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E. *et al.* (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change* 42, 331-345. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.10.002.

Popp, A., Rose, S.K., Calvin, K., Van Vuuren, D.P., Dietrich, J.P., Wise, M. *et al.* (2014). Land-use transition for bioenergy and climate stabilization: Model comparison of drivers, impacts and interactions with other land use based mitigation options. *Climatic Change* 123(3-4), 495-509. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0926-x.

Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W. and Kropp, J.P. (2017). A systematic study of Sustainable Development Goal (SDG) interactions. *Earth's Future* 5(11), 1169-1179. https://doi.org/10.1002/2017EF000632.

Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P.G., Drechsel, P., Bahri, A. *et al.* (2010). The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management* 97(4), 561-568. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.11.004.

Qureshi, M.E., Dixon, J. and Wood, M. (2015). Public policies for improving food and nutrition security at different scales. *Food Security* 7(2), 393-403. https://doi.org/10.1007/s12571-015-0443-z.

Rao, N.D., Min, J., DeFries, R., Ghosh-Jerath, S., Valin, H. and Fanzo, J. (2018). Healthy, affordable and climate-friendly diets in India. *Global Environmental Change* 49, 154-165. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.02.013.

Rao, S., Klimont, Z., Smith, S.J., Van Dingenen, R., Dentener, F., Bouwman, L. *et al.* (2017). Future air pollution in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change* 42, 346-358. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.012.

Raskin, P., Banuri, T., Gallopin, G., Gutman, P., Hammond, A., Kates, R. *et al.* (2002). *Great Transition: The Promise and Lure of the Times Ahead. A Report of the Global Scenario Group.* Stockholm Environment Institute http://rwkates.org/pdfs/b2002.01.pdf.

Reddy, S.M.W., McDonald, R.I., Maas, A.S., Rogers, A., Girvetz, E.H., North, J. *et al.* (2015). Finding solutions to water scarcity: Incorporating ecosystem service values into business planning at The Dow Chemical Company's Freeport, TX facility. *Ecosystem Services* 12, 94-107. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.001.

Reilly, J., Melillo, J., Cai, Y., Kicklighter, D., Gurgel, A., Paltsev, S. *et al.* (2012). Using land to mitigate climate change: Hitting the target, recognizing the trade-offs. *Environmental science and technology* 46(11), 5672-5679. https://doi.org/10.1021/es2034729.

Riahi, K., Dentener, F., Gielen, D., Grubler, A., Jewell, J., Klimont, Z. *et al.* (2012). Energy pathways for sustainable development. In *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future.* Cambridge: Cambridge University Press and the International Institute for Applied Systems Analysis. chapter 17. 1203-1306. http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA_Chapter17_pathways_lowres.pdf.

Riahi, K., Kriegler, E., Johnson, N., Bertram, C., den Elzen, M., Eom, J. *et al.* (2015). Locked into Copenhagen pledges — Implications of short-term emission targets for the cost and feasibility of long-term climate goals. *Technological Forecasting and Social Change* 90, 8-23. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.016.

Riahi, K., Van Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'neill, B.C., Fujimori, S. *et al.* (2017). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change* 42, 153-168. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009.

Rogelj, J., Popp, A., Calvin, K.V., Luderer, G., Emmerling, J., Gernaat, D. *et al.* (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5° C. *Nature Climate Change* 8, 325–332 https://doi.org/10.1038/s41558-018-0091-3.

Rogelj, J., Schaeffer, M., Friedlingstein, P., Gillett, N.P., Van Vuuren, D.P., Riahi, K. *et al.* (2016). Differences between carbon budget estimates unravelled. *Nature Climate Change* 6(3), 245. https://doi.org/10.1038/nclimate2868.

Rojas, R.V., Achouri, M., Maroulis, J. and Caon, L. (2016). Healthy soils: A prerequisite for sustainable food security. *Environmental Earth Sciences* 75(3), 180. https://doi.org/10.1007/s12665-015-5099-7.

Romero, E., Garnier, J., Lassaletta, L., Billen, G., Le Gendre, R., Riou, P. *et al.* (2013). Large-scale patterns of river inputs in southwestern Europe: Seasonal and interannual variations and potential eutrophication effects at the coastal zone. *Biogeochemistry* 113(1-3), 481-505. https://doi.org/10.1007/s10533-012-9778-0.

Röös, E., Bajželj, B., Smith, P., Patel, M., Little, D. and Garnett, T. (2017). Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change* 47, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.001.

Sahoo, K.C., Hulland, K.R.S., Caruso, B.A., Swain, R., Freeman, M.C., Panigrahi, P. *et al.* (2015). Sanitation-related psychosocial stress: A grounded theory study of women across the life-course in Odisha, India. *Social Science and Medicine* 139, 80-89. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.06.031.

Saliba, G., Saleh, R., Zhao, Y., Presto, A.A., Lambe, A.T., Frodin, B. *et al.* (2017). Comparison of gasoline Direct-injection (GDI) and port fuel injection (PFI) vehicle emissions: Emission certification standards, cold-start, secondary organic aerosol formation potential, and potential climate impacts. *Environmental Science and Technology* 51(11), 6542-6552. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06509.

Sandker, M., Ruiz-Perez, M. and Campbell, B.M. (2012). Trade-offs between biodiversity conservation and economic development in five tropical forest landscapes. *Environmental management* 50(4), 633-644. https://doi.org/10.1007/s00267-012-9888-4.

Schipper, L. and Meyers, S. (1992). *Energy Efficiency and Human Activity: Past Trends, Future Prospects.* Cambridge: Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/vi/academic/subjects/engineering/energy-technology/energy-efficiency-and-human-activity-past-trends-future-prospects?format=PB.

Schneider, M.K., Lüscher, G., Jeanneret, P., Arndorfer, M., Ammari, Y., Bailey, D. *et al.* (2014). Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level. *Nature Communications* 5, 4151. https://doi.org/10.1038/ncomms5151.

Scott, C.A., Vicuña, S., Blanco-Gutiérrez, I., Meza, F. and Varela-Ortega, C. (2014). Irrigation efficiency and water-policy implications for river basin resilience. *Hydrology and Earth System Science* 18, 1339-1348. https://doi.org/10.5194/hess-18-1339-2014.

Shindell, D., Borgford-Parnell, N., Brauer, M., Haines, A., Kuylenstierna, J.C.I., Leonard, S.A. *et al.* (2017). A climate policy pathway for near- and long-term benefits. *Science* 356(6337), 493-494. https://doi.org/10.1126/science.aak9521.

Shindell, D., Kuylenstierna, J.C.I., Vignati, E., van Dingenen, R., Amann, M., Klimont, Z. *et al.* (2012). Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security. *Science* 335(6065), 183-189. https://doi.org/10.1126/science.1210026.

Silbiger, N.J., Nelson, C.E., Remple, K., Sevilla, J.K., Quinlan, Z.A., Putnam, H.M. *et al.* (2018). Nutrient pollution disrupts key ecosystem functions on coral reefs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285(1880). https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2718.

Singh, G.G., Cisneros-Montemayor, A.M., Swartz, W., Cheung, W., Guy, J.A., Kenny, T.-A. *et al.* (2017). A rapid assessment of co-benefits and trade-offs among Sustainable Development Goals. *Marine Policy* 93, 223-231. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.030.

Slade, R., Bauen, A. and Gross, R. (2014). Global bioenergy resources. *Nature Climate Change* 4(2), 99-105. https://doi.org/10.1038/nclimate2097.

Smith, L.C. and Haddad, L.J. (2000). *Explaining Child Malnutrition in Developing Countries: A Cross-Country Analysis.* Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/94515/2/explaining%20child%20malnutrition%20in%20developing%20countries.pdf.

Smith, P., Davis, S.J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B. *et al.* (2016). Biophysical and economic limits to negative CO_2 emissions. *Nature Climate Change* 6(1), 42-50. https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2870.

Smith, P., M. Bustamante., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A. *et al.* (2014). Agriculture, forestry and other land use. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 11. 811-922. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf.

Soares, R.R. (2006). The effect of longevity on schooling and fertility: Evidence from the Brazilian demographic and health survey. *Journal of Population Economics* 19(1), 71-97. https://doi.org/10.1007/s00148-005-0018-y.

Sommer, M., Ferron, S., Cavill, S. and House, S. (2015). Violence, gender and WASH: Spurring action on a complex, under-documented and sensitive topic. *Environment and Urbanization* 27(1), 105-116. https://doi.org/10.1177/0956247814564528.

Sorenson, S.B., Morssink, C. and Campos, P.A. (2011). Safe access to safe water in low income countries: Water fetching in current times. *Social Science and Medicine* 72(9), 1522-1526. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2011.03.010.

Springmann, M., Wiebe, K., Mason-D'Croz, D., Sulser, T.B., Rayner, M. and Scarborough, P. (2018). Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: A global modelling analysis with country-level detail. *The Lancet Planetary Health* 2(10), e451-e461. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30206-7.

Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D., den Elzen, M., Eickhout, B. and Kabat, P. (2009). Climate benefits of changing diet. *Climatic Change* 95(1-2), 83-102. https://doi.org/10.1007/s10584-008-9534-6.

Stohl, A., Aamaas, B., Amann, M., Baker, L.H., Bellouin, N., Berntsen, T.K. *et al.* (2015). Evaluating the climate and air quality impacts of short-lived pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, 10529-10566. https://doi.org/10.5194/acp-15-10529-2015.

Suri, T., Boozer, M.A., Ranis, G. and Stewart, F. (2011). Paths to success: The relationship between human development and economic growth. *World development* 39(4), 506-522. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.08.020.

Sutton, M.A. and Bleeker, A. (2013). The shape of nitrogen to come. *Nature* 494(7438), 435-437. https://doi.org/10.1038/nature11954.

Sweeney, J. (2016). *Energy Efficiency: Building A Clean, Secure Economy.* Hoover Institution Press. http://www.hooverpress.org/Energy-Efficiency-P626.aspx.

Tabata, K. (2005). Population aging, the costs of health care for the elderly and growth. *Journal of Macroeconomics* 27(3), 472-493. https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2004.02.008.

Talhelm, A.F., Pregitzer, K.S., Kubiske, M.E., Zak, D.R., Campany, C.E., Burton, A.J. *et al.* (2014). Elevated carbon dioxide and ozone alter productivity and ecosystem carbon content in northern temperate forests. *Global Change Biology* 20(8), 2492-2504. https://doi.org/10.1111/gcb.12564.

Tanaka, K., Berntsen, T., Fuglestvedt, J.S. and Rypdal, K. (2012). Climate effects of emission standards: The case for gasoline and diesel cars. *Environmental science and technology* 46(9), 5205-5213. https://doi.org/10.1021/es204190w.

The World in 2050 Initiative (2018). *Transformations to Achieve the Sustainable Development Goals: Report Prepared by the World in 2050 Initiative.* Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis. http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15347/1/TWI2050_Report_web-071718.pdf.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. and Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(50), 20260-20264. https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108.

Tilman, D. and Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 515, 518-522. https://doi.org/10.1038/nature13959.

Tilman, D., Clark, M., Williams, D.R., Kimmel, K., Polasky, S. and Packer, C. (2017). Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature* 546(7656), 73-81. https://doi.org/10.1038/nature22900.

Tuck, S.L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L.A. and Bengtsson, J. (2014). Land use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: A hierarchical meta analysis. *Journal of applied ecology* 51(3), 746-755. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12219.

United Nations (2016). *Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, Kigali, 5 October 2016.* https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2016/CN.872.2016-Eng.pdf.

United Nations Children's Fund (2015). *Committing to Child Survival: A Promise Renewed Progress Report 2015.* New York, NY. https://www.unicef.org/publications/files/APR_2015_9_Sep_15.pdf.

United Nations Conference on Trade and Development (2014). *World Investment Report 2014: Investing in the SDGs - An Action Plan.* Geneva. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2014_en.pdf.

United Nations Convention to Combat Desertification (2017). *Global Land Outlook.* Bonn. https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20English_Full_Report_rev1.pdf.

United Nations Development Programme (2016). *Human Development Report 2016. Human Development for Everyone.* New York, NY. http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2017). *Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives.* Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf.

United Nations Environment Programme (2017). *The Emissions Gap Report 2017. A UN Environment Synthesis Report.* Nairobi. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *Adoption of the Paris Agreement. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1.* Paris. https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf.

van der Esch, S., ten Brink, B., Stehfest, E., Bakkenes, M., Sewell, A., Bouwman, A. *et al.* (2017). *Exploring Future Changes in Land Use and Land Condition and the Impacts on Food, Water, Climate Change and Biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook.* The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-exploring-future-changes-in-land-use-and-land-condition-2076b.pdf.

van der Zwaan, B.C.C., Rösler, H., Kober, T., Aboumahboub, T., Calvin, K.V., Gernaat, D.E.H.J. *et al.* (2013). A cross-model comparison of global long-term technology diffusion under a 2°c climate change control target. *Climate Change Economics* 4(4), 1-24. https://doi.org/10.1142/S2010007813400137.

van Dingenen, R., Dentener, F., Crippa, M., Leitao, J., Marmer, E., Rao, S. *et al.* (2018). TM5-FASST: A global atmospheric source-receptor model for rapid impact analysis of emission changes on air quality and short-lived climate pollutants. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 18, 16173-16211. https://doi.org/10.5194/acp-18-16173-2018.

van Puijenbroek, P.J.T.M., Beusen, A.H.W. and Bouwman, A.F. (2019). Global nitrogen and phosphorus in urban waste water based on the shared socio-economic pathways. *Journal of Environmental Management* 231, 446-456. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.048.

van Puijenbroek, P.J.T.M., Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W. and Lucas, P.L. (2015). Global implementation of two shared socioeconomic pathways for future sanitation and wastewater flows. *Water Science and Technology* 71(2), 227-233. https://doi.org/10.2166/wst.2014.498.

van Ruijven, B.J. (2008). *Energy and Development - A Modelling Approach.* PhD Thesis, Utrecht University https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/31562/ruijven.pdf?sequence=2.

van Sluisveld, M.A.E., Harmsen, J.H.M., Bauer, N., McCollum, D.L., Riahi, K., Tavoni, M. *et al.* (2015). Comparing future patterns of energy system change in 2 °C scenarios with historically observed rates of change. *Global Environmental Change* 35, 436-449. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.09.019.

van Vuuren, D.P., Kok, M.T.J., Girod, B., Lucas, P.L. and de Vries, B. (2012). Scenarios in global environmental assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* 22(4), 884-895. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001.

van Vuuren, D.P., Kok, M., Lucas, P.L., Prins, A.G., Alkemade, R., van den Berg, M. *et al.* (2015). Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: Explorations using the IMAGE integrated assessment model. *Technological Forecasting and Social Change* 98, 303-323. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.005.

van Vuuren, D.P., Stehfest, E., Gernaat, D., Doelman, J.C., Van den Berg, M., Harmsen, M. *et al.* (2017a). Energy, land-use and greenhouse gas emissions trajectories under a green growth paradigm. *Global Environmental Change* 42(1), 237-250. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.008.

van Vuuren, D.P., Hof, A.F., van Sluisveld, M.A.E. and Riahi, K. (2017b). Open discussion of negative emissions is urgently needed. *Nature Energy* 2(12), 902-904. https://doi.org/10.1038/s41560-017-0055-2.

van Vuuren, D.P., Stehfest, E., Gernaat, D.E.H.J., van den Berg, M., Bijl, D.L., de Boer, H.S. *et al.* (2018). Alternative pathways towards the 1.5 degree target focusing on the need of negative emission technologies. *Nature Climate Change* 8(5), 391–397. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0119-8.

van Vuuren, D.P., van Soest, H., Riahi, K., Clarke, L., Krey, V., Kriegler, E. *et al.* (2016). Carbon budgets and energy transition pathways. *Environmental Research Letters* 11(7). https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/075002.

van Zanten, H.H.E., Bikker, P., Meerburg, B.G. and de Boer, I.J.M. (2018). Attributional versus consequential life cycle assessment and feed optimization: Alternative protein sources in pig diets. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23(1), 1-11. https://doi.org/10.1007/s11367-017-1299-6.

van Zon, A. and Muysken, J. (2003). *Health as a Principal Determinant of Economic Growth.* Maastricht Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology,Maastricht University. http://collections.unu.edu/eserv/UNU:1144/rm2003-021.pdf.

Verner, D. (2004). *Education and Its Poverty-Reducing Effects: The Case Of Paraiba, Brazil.* World Bank Policy Research Working Paper. Washington, D.C: World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/14083/wps3321.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

von Stechow, C., Minx, J.C., Riahi, K., Jewell, J., McCollum, D.L., Callaghan, M.W. *et al.* (2016). 2 °C and SDGs: United they stand, divided they fall? *Environmental Research Letters* 11(3). https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/034022.

Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P. *et al.* (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467(7315), 555-561. https://doi.org/10.1038/nature09440.

Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., Eisner, S., Fischer, G., Tramberend, S. *et al.* (2016). Modeling global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development* 9(1), 175. https://doi.org/10.5194/gmd-9-175-2016.

Wada, Y., Gleeson, T. and Esnault, L. (2014). Wedge approach to water stress. *Nature Geoscience* 7(9), 615. https://doi.org/10.1038/ngeo2241.

Wanner, N., Cafiero, C., Troubat, N. and Conforti, P. (2014). *Refinements to the FAO Methodology for Estimating the Prevalence of Undernourishment Indicator.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/3/a-i4046e.pdf.

Water and Sanitation Program (2004). *The Case for Marketing Sanitation.* http://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/af_marketing.pdf.

Watt, S. and Chamberlain, J. (2011). Water, climate change, and maternal and newborn health. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3(6), 491-496. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.10.008.

Weitz, N., Carlsen, H., Nilsson, M. and Skånberg, K. (2018). Towards systemic and contextual priority setting for implementing the 2030 Agenda. *Sustainability Science* 13(2), 531-548. https://doi.org/10.1007/s11625-017-0470-0.

West, P.C., Gerber, J.S., Engstrom, P.M., Mueller, N.D., Brauman, K.A., Carlson, K.M. *et al.* (2014). Leverage points for improving global food security and the environment. *Science* 345(6194), 325-328. https://doi.org/10.1126/science.1246067.

Wicke, B. (2011). *Bioenergy Production on Degraded and Marginal Land: Assessing its Potentials, Economic Performance, and Environmental Impacts for Different Settings and Geographical Scales.* Utrecht University https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/203772/wicke.pdf

Wolff, S., Schrammeijer, E.A., Schulp, C.J.E. and Verburg, P.H. (2018). Meeting global land restoration and protection targets: What would the world look like in 2050? *Global Environmental Change* 52, 259-272. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.08.002.

Wood, S.L.R., Jones, S.K., Johnson, J.A., Brauman, K.A., Chaplin-Kramer, R., Fremier, A. *et al.* (2018). Distilling the role of ecosystem services in the sustainable development goals. *Ecosystem Services* 29, 70-82. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.010.

World Economic Forum (2017). *Shaping the Future of Global Good Systems: A Scenarios Analysis* Geneva: World Economic Forum. http://www3.weforum.org/docs/IP/2016/NVA/WEF_FSA_FutureofGlobalFoodSystems.pdf.

World Health Organization (2006). *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide: Global Update 2005. Summary of Risk Assessment.* Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=F232D7F7BDD673090F5BB2309F58CAA8?sequence=1.

World Health Organization (2014). *Who Guidelines for Indoor Air Quality: Household Fuel Combustion.* Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/141496/9789241548885_eng.pdf?sequence=1.

World Health Organization and United Nations Children's Fund (2017). *Reacing the Every Newborn National 2020 Milestones Country Progress, Plans and Moving Forward.* Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255719/9789241512619-eng.pdf?sequence=1.

World Water Assessment Programme (2003). *Water for People: Water for Life, The United Nations World Water Development Report.* Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001297/129726e.pdf.

Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S. *et al.* (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314(5800), 787-790. https://doi.org/10.1126/science.1132294.

Xu, Y. and Ramanathan, V. (2017). Well below 2 °C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(39), 10315-10323. https://doi.org/10.1073/pnas.1618481114.

Yamagata, Y., Hanasaki, N., Ito, A., Kinoshita, T., Murakami, D. and Zhou, Q. (2018). Estimating water–food–ecosystem trade-offs for the global negative emission scenario (IPCC-RCP2.6). *Sustainability Science* 13(2), 301-313. https://doi.org/10.1007/s11625-017-0522-5.

Yoshikawa, H., Aber, J.L. and Beardslee, W.R. (2012). The effects of poverty on the mental, emotional, and behavioral health of children and youth: Implications for prevention. *American Psychologist* 67(4), 272-284. https://doi.org/10.1037/a0028015.

Zhang, W., Cao, G., Li, X., Zhang, H., Wang, C., Liu, Q. *et al.* (2016). Closing yield gaps in China by empowering smallholder farmers. *Nature* 537(7622), 671-674. https://doi.org/10.1038/nature19368.

Zhang, X., Davidson, E.A., Mauzerall, D.L., Searchinger, T.D., Dumas, P. and Shen, Y. (2015). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature* 528, 51-59. https://doi.org/10.1038/nature15743.

Zhao, Z.Q., Bai, Z.H., Winiwarter, W., Kiesewetter, G., Heyes, C. and Ma, L. (2017). Mitigating ammonia emission from agriculture reduces PM2.5 pollution in the Hai River Basin in China. *Science of the total environment* 609, 1152-1160. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.240.

Zhou, X. and Moinuddin, M. (2017). *Sustainable Development Goals Interlinkages and Network Analysis: A Practical Tool for SDG Integration and Policy Coherence.* Institute for Global Environmental Strategies. Hayama. https://pub.iges.or.jp/pub_file/igesresearch-reportsdg/download.

Zhu, R., Hu, J., Bao, X., He, L., Lai, Y., Zu, L. *et al.* (2016). Tailpipe emissions from gasoline direct injection (GDI) and port fuel injection (PFI) vehicles at both low and high ambient temperatures. *Environmental Pollution* 216, 223-234. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.066.

Zimmerman, N., Wang, J.M., Jeong, C.-H., Wallace, J.S. and Evans, G.J. (2016). Assessing the climate trade-offs of gasoline direct injection engines. *Environmental science and technology* 50(15), 8385-8392. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01800.

第 23 章

自下而上的举措和参与式方法

© Shutterstock/ StevenK

领衔作者兼协调负责人：Laura Pereira（斯泰伦博斯大学转型中复杂系统中心）

领衔作者：Ghassem Asrar（西北太平洋国家实验室），Laur Hesse Fisher（麻省理工学院），Angel Hsu（耶鲁大学），Jeanne Nel（阿姆斯特丹自由大学），Nadia Sitas（南非科学与工业研究理事会），James Ward（南澳大学），Joost Vervoort（乌得勒支大学）

贡献作者：Odirilwe Selomane（斯德哥尔摩大学斯德哥尔摩恢复力研究中心），Christopher Trisos（美国马里兰大学国家社会环境综合中心），Thomas Malone（麻省理工学院），Yaolin Zhang（耶鲁-新加坡国立大学学院）

《全球环境展望》研究员：Rohan Bhargava（乌得勒支大学），Mandy Angèl van den Ende（乌得勒支大学），Amy Weinfurter（耶鲁大学）

执行摘要

可持续发展带来的挑战为在环境评估和展望中更有效地整合全球和地方情景方法提供了机会，以支持各级（即地方、国家、区域和全球）做出全部17项可持续发展目标（SDG）方面的决策（不完全证实）。基于当地情景和实践，采用对于未来的自下而上的视角，为探索可替代的未来发展之路带来了潜在好处，且这样的未来发展将着眼于当地具体情况，并从可适当调整规模的现有行动开始。将自上而下和自下而上的方法与多层次情景开发联系起来，有利于通过全球流程来指导当地行动，并将当地行动纳入全球协议。与不同利益相关方联合制定方法，有助于克服目前在扩大、实施和深化创新方面的局限性，以及将有价值的经验教训和成果从地方推广到区域和全球各级，反之亦然{23.1}。

自下而上的方法涉及一系列以科学和行动为导向的知识、观念和意见，其探讨的是未来理想世界以及其实现路径，包括实现长期可持续性目标（如可持续发展目标）的路径（不完全证实）。由于实现可持续发展不只有一条路可走，持有多种观点对于定义不同的理想未来至关重要。通过将众包平台、世界各地组织的参与式研讨会、现有可持续性解决方案的分析、区域展望评估进行整合汇总，可以找到新的方法来构建全球模型的一般成果与地方层面的补充信息和洞察之间的关联。这种创新框架的实施成果为决策者和从业人员提供了有用且相关的信息和知识，以便就如何实现可持续的未来做出更明智的决定{23.4，23.6}。

目前正在开展一系列自下而上的工作，以促进实现可持续发展目标和其他多边环境协定，同时也在努力支持和促进它们之间的合作（不完全证实）。通过审查那些汇集了自下而上举措的平台，可以初步了解帮助实现可持续发展目标的理念、行动及计划的广度和深度。绝大多数平台覆盖范围遍及全球，借鉴具体实例，鼓励搭建全球间的联系，平台主要通过两种方式促进知识的共享和解决方案的确定。其一，通过收集实例、解决方案和最佳实践（如《联合国气候变化框架公约》——“变革的动力”灯塔倡议、PANORAMA——“健康地球解决方案”、世界水土保持方法和技术纵览组织确定的方法，参见附件23-1）；其二，通过组织论坛，分享实地活动所需的技术或区域工具和技术诀窍（如Biofin知识平台、ClimateTechWiki）。其他平台会通过组织竞赛或众包等形式寻找针对挑战性问题的解决方案（如VertMTL、麻省理工学院气候研究联合实验室（MIT Climate Co-Lab））。这些平台强调了让更多人参与政府政策和举措的重要性{23.9}。

《全球环境展望》区域评估强调了在未来具有重大影响的全球环境压力，但也强调了在决策过程中至关重要的区域优先事项和解决方案（充分证实）。关于非洲的环境展望专注于所谓的跨越式发展，并强调低碳、有韧性的基础设施，以满足食物、能源、水和住房需求，同时维护非洲大陆的生态资产。亚洲及太平洋地区有不同的优先事项，其中包括减少灾害风险，同时考虑到人口和城市化增长趋势，智慧城市被视为潜在的解决方案。拉丁美洲和加勒比海地区的重点是，通过可持续管理和构建基于生态系统的恢复力，将经济增长与自然资源的使用脱钩。欧洲方面，需要变革生活方式和消费，以实现可持续发展目标。北美则进行了了情景分析，强调技术创新和数据革命是实现可持续发展的路径。西亚重点关注和平与安全问题，且指出综合资源管理对管理水等有限自然资源有重要意义。气候变化是所有地区的一个共同的推动因素，因此在框架内提出了适应和减缓路径{23.10}。

自下而上的分析方法存在数据和知识差距，强调需要扩大跨规模的参与式方法（未解决）。与自下而上分析流程相关的差距可以分为四大类：(1) 与跨区域互连有关的差距：大多数区域评估报告中都没有突出各区域之间的联系和相互依赖关系。(2) 与性别、公平和不平等等跨领域问题有关的差距，除了非洲地区、拉丁美洲和加勒比海地区的评估外，其他地区的区域评估都没有涉及到这些问题。这些问题往往更有可能通过自下而上的方法得到解决。(3) 与特定资源有关的差距：淡水和海洋干预措施在自下而上的举措中最少涉及。气候研究联合实验室的提案和举措主要关注的是水、环境卫生和个人卫生（WASH）方面的淡水干预措施，但没有哪些自下而上的举措涉及海水淡化或海洋法规。(4) 与人类福祉有关的差距：这些包括主要侧重于减轻贫困的解决方案，而气候研究联合实验室的全部提案中，只有一项提案涉及儿童和孕产妇保健。这表明有必要针对这些特定领域提出政府干预措施{23.9}。

参与式方法可用于确定和评估推动变革性的解决方案和设想路径，以实现更大的可持续发展目标，因此能为决策者提供一系列建设性的举措和具体的协同解决方案（不完全证实）。在《全球环境展望6》的进程中，通过全球研讨会和气候研究联合实验室，与利益相关方展开合作，可以收集到许多不同的解决方案和愿景，这些解决方案和愿景可以补充并有可能用作综合评估模型中的定量信息。这些参与式方法有助于将展望工作的重点从“是什么”层面过渡到“怎么做”层面。例如特别强调将粮食系统视为实现地球健康，人类健康的关键干预措施。

第22章确定了产量改善目标和一般解决方案，如改变饮食和减少农药使用等。相关信息来自于全球研讨会和气候研究联合实验室的倡议，这些倡议介绍了一些当前正在开展中的具体项目，提供了如何促进饮食变化的具体示例，以及实现更高产的可持续农业的创新手段，例如：促进共

享经济以减少城市食物浪费的应用程序；都市农业；水产养殖；土著和地方知识交流{23.12}。

可持续性变革需要社会和技术创新以及有利的政策环境，只有这样才能适当地去推广理念和解决方案（不完全证实）。可持续性变革是指从“一切照旧”的轨迹转向更可持续的未来所需的系统性变革。变革过程通常被分解为多个阶段，其时间段与现有问题相关，包括准备阶段，在此阶段会进行创新举措的开发；实施/加速阶段，在此阶段，创新举措会经历发展，并成为新体系的一部分；以及制度化阶段，在此阶段会形成一个将在长期内可持续发展的更理想的体系。每一阶段都需要强有力的治理条件，才能保障变革成功。这些有利条件最好分为以下类型：

- 适当扩大创新的支持条件（建立和支持创新市场；支持创新实验和学习；调动财政资源；动员人力资源）；
- 瓦解现有的、有问题的结构的削弱条件（控制政策；制度改革；削弱现有的体制支持；变革网络和主要行为者关系）{23.12}。

对有助于实现“地球健康，人类健康”的自下而上的区域解决方案进行的综合分析，强调了要考虑到各种行为者，以实现分配正义，并公平地确定需要在哪些领域采取行动（不完全证实）。许多解决方案可以引领发展中国家走向更加可持续的公平发展之路。信息和通信技术（ICT）的使用发挥着重要作用，可以作为推动变革的工具。此外，在自下而上的路径中，不同社会行为者的作用得到了确定。举例来说，在本报告评估的许多举措中，城市层面的政府行为者将发挥重要作用，且全球性网络（如可持续城市或能源合作社）也将发挥重要作用。《全球环境展望6》的经验指出，通过与不同背景的利益相关方进行全球合作，重点关注与政策相关的数据收集，如行为者的角色和变革障碍，以及进一步完善变革流程和拟议干预措施的公平性，未来的参与式工作将得到加强{23.13}。

23.1 引言

人类世以来，大范围的社会和环境高速演变，其中人类活动在地球的大部分进程中占主导地位（Crutzen，2006年；Leach等人，2013年；Steffen等人，2015年），这些演变正在改变我们的评估方式。全球环境评估（包括《全球环境展望6》）正在将评估重点从当前趋势（例如，生物多样性的当前状态是怎样的？）转向为创造一个更可持续的未来而所必需的转型和实现转型的路径（例如，需要采取哪些干预措施才能将全球气温上升幅度控制在1.5°C以下？）（Kowarsch等人，2017年；Minx等人，2017年）。决策者、学者和从业人员要求更深入、更明确地关注应对方案和政策分析（Jabbour和Flachsland，2017年）。这种意向和方向的转变在可持续发展目标（SDG）的背景下显得尤为凸出，因为各国制定了到2030年实现一系列全球公认的综合性社会、经济和环境目标的宏伟计划。然而，未来情况的不确定性导致了中长期决策的复杂化，而且如何转变现有政策和实践以实现预期的未来结果往往是不清楚的（Miller，2013年；Miller，Poli和Rossel，2013年；Bennett等人，2016年）。

全球环境评估以与决策者相关的方式提炼、综合和解析现有信息，这样有助于各国政府在对复杂的国际协定和协议谈判时达成共识（例如，《巴黎协定》和联合国《2030年可持续发展议程》）（Jabbour和Flachsland，2017年）。然而，尽管全球环境评估通常依赖于全球规模的定量情景来评估未来可能发生的情况并把握不确定性（van Vuuren等人，2012年），但这些评估工作仍在努力整合能够在地方、区域和全球各级建立联系的动态情报（Bennett等人，2003年）。此外，综合评估模型——类似于第22章中用于构建全球定量情景的模型——很难模拟出涉及多个司法层面以及不同行为者的决策，因此无法洞察次全球层面的变化趋势的影响。因此，虽然这些情景模型可以预示典型的、全球统一的未来面貌，但决策者始终不太清楚国家政策应该如何利用这些情景来指导当地决策和行动（Biggs等人，2015年；Pereira等人，2018a）。

变革路径的成功实施需要了解：

i. 地方、国家、区域和全球各级如何发生转型变革；
ii. 由哪些行为者和哪些颠覆性技术（即那些取代现有技术创造新市场的技术）推动这种变革；
iii. 变革行动会对跨领域联系带来什么影响（Cash等人，2006年；Feola，2015年；Patterson等人，2017年）。

这些是自上而下情景和自下而上分析相结合的关键所在。

本章评估了寻求未来转型的参与式过程和当地实践，并将第22章中提出的干预措施与现有实例进行对比。以下各节提供了次全球评估中有关跨层次互动的背景信息，并汇集了推动实现可持续发展目标的当地做法的现有研究。后面的部分介绍了《全球环境展望6》自下而上分析中使用的方法，其次是从分析工作中获得的评估结果和见解。

23.2 整合全球评估以及自下而上的分析

变革路径的评估可以按从全球到地方，也可按以从地方到全球的模式进行。例如，第21章和第22章介绍了全球情景和路径分析，但这种分析也可以在地方和区域层面进行。此外，可以将现有的、潜在的变革性举措作为基点，自下而上地去探索变革路径（Pereira等人，2018b）。如第22章所述，全球情景整合了全球范围内的模型和数据，以预测可能的未来路径和结果。这些方法被用于探索各种可能的未来（探索性情景），以及确定拟议解决方案或政策选项的影响（寻求实现目标的情景）（van Vuuren等人，2012年；生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年）。大多数全球方法和综合评估模型不能有效地涉及：（1）特定行为者的角色和行为，以及支持变革的多层次政治机制；（2）颠覆性的技术；以及（3）地理空间细分。

相反地，参与式的地方情景方法可以借助现有的实例和举措来预想和考察行为者的行为、构思颠覆性变革以及确定未来路径，同时兼顾当地实际情况和对当地的适用性（Merrie等人，2018年）。然而，这些地方情景面临着一些挑战，需要完成从地方向区域和全球的推广，且需要将从个体案例中积累的知识和成果传播出去。此外，地方方法缺乏基于模型的方法所具备的特异性，因为地方方法通常只是局部量化或汇总的，这限制其在更高层次的适用性。

基于这些可替代基点，可以沿两个方向开发多级方案。全球情景可以自上而下地缩小规模予以实施，以便在区域和地方一级落实；而地方情景可以自下而上地整合，通过兼顾地方实情，化解偏见和不确定性，从而补充全球情景。在全球情景的缩小规模实施方面已有很多研究，也有很多这方面的公开文献（Zurek和Henrichs，2007；Mason-D' Croz等人，2016年；Palazzo等人，2017年）。相比之下，通过自下而上地汇总地方情景，或通过以其他创新方法推广地方情景来创建全球情景却很少被研究。这一领域的研究具有很多好处，有助于在全球环境评估中跨尺度地整合更具想象力的未来情景，为政策和决策制定提供更有用的信息（Bennett等人，2016年）。

23.3 多层级背景下的次全球评估

基于自上而下情景的区域或次全球评估提供了有益见解和经验，有助于掌握多尺度和跨尺度动态变化。跨尺度和多层级的情景创建和关联面临巨大挑战，但是为提高政策相关性带来了重要机会。现有文献大多提出这样的假

设，即更高层级（全球）情景可以作为较低层级（区域、国家或地方）情景的框架，具体体现在五个方面（Zurek和Henrichs，2007年；表1，第1292页）：

i. 如果在全球范围内认定的事实在地方层面被同样接受，则不同层级之间的情景被视为在所有方面都是等同的；
ii. 当构建全球情景使用的所有关键假设可用于约束地方层级的情景时，则这些情景是一致的。这就是《全球环境展望6》报告编制之前开展区域《全球环境展望》评估（即本章讨论的区域评估）的方式；
iii. 如果不同情景在各层级对未来情况的基本假设有一些（但不是全部）共性，而其他假设通常特定于每一层级，则该情景被认为是相关的。一个例子是考虑到西非政策问题而制定的一系列区域情景，但这些情景关联了政府间气候变化专门委员会（IPCC）社区制定的全球情景中的一些关键假设（参见Palazzo等人，2017年）；
iv. 可比的情景集合考察的主题和问题的范围相同，但在对未来情况的关键假设方面没有关联。生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（IPBES）的区域评估在一定程度上遵循这一过程，将情景原型作为跨区域的对比工具（Sitas和Harmácková等人，待出版）；
v. 独立情景可以基于不同的关注点和焦点进一步扩展。

科学文献介绍了如何将更高层级的情景与更多地方情景集合进行整合——其中的情景纽带可能是不同情景之间的近似等同性（Kok等人，2015年），也可能是不同情景之间的可比性（Mason-D' Croz等人，2016年）。然而，现有研究很少涉及通过自下而上的办法使用地方和区域层级的情景来指导全球层级的情景，这方面存在巨大差距。这是《全球环境展望6》对于未来展望的新的关注点。

《全球环境展望》和生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台都对自下而上的未来情景感兴趣（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年；Rosa等人，2017年；Lundquist等人，2017年）。生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台的区域评估提供了一个重要的比较基础，包括对次全球情景和路径进行广泛审查——（**参见专栏23.1**）。在使用区域路径和情景方面，另一个高度相关的示例是国际农业研究磋商组织的"气候变化、农业和粮食安全研究计划"（Vervoort等人，2014年）。这有助于理解路径发展如何与不同次全球区域的政策制定直接相关。

专栏23.1：生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台以及自下而上的情景流程

生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台关于情景和模型的方法评估探讨了如何将情景用作决策工具的基础（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年）。与《全球环境展望》一样，生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台旨在通过区域评估将科学与各层级的政策联系起来，为政策制定提供科学知识基础。一般来说，生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台基于人类与非人类世界之间的相互作用，考察与生物多样性、生态系统和自然对人类的贡献相关的地球状况（Pascual等人，2017年）。区域评估的结果表明，生态系统及其服务不断退化，因此很有必要通过制定政策来应对这一挑战，且相应地需要从地方到全球开展调查（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2016年）。生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台正在全球层面（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台全球报告正在编制中）和区域层面（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018a；2018b；2018c；2018d）进行情景审查，以便更加具体地了解自下而上的未来情景如何能够促进构建全球情景，且帮助更好地了解如何实现更理想的未来，同时促进人与自然系统的可持续发展（Lundquist等人，2017年）。

越来越多的文献提到这样一种共识，在特定的全球情景范围内，一致性地且创造性地开发有更多利益相关方参与的自下而上的多样化多尺度情景，可以使情景变得更加有效，特别是在生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台进程中（Kok等人，2016年；Rosa等人，2017年）。这一点在有关研究结果中得到印证，研究指出需要进行能力建设才能让情景构建在决策制定上发挥作用——这是生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台在一些区域评估中的重要发现（参见生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018a；2018b）。对此，生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台的情景和建模专家组（交付品（3c））确定了工作方向，着手填补情景实践方面的空白（Rosa等人，2017年）。

专家组认识到：

1. 情景未纳入与自然保护和社会生态反馈相关的政策目标；
2. 情景通常仅与特定空间层级相关；
3. 自然及其对人类的贡献被视为人类决策的结果，而不是分析的核心（Lundquist等人，2017年）。

为了解决这些问题，专家组开始基于人与自然关系的积极愿景，开发一套关于未来自然的多尺度情景。这一过程的第一步是与多部门利益相关方和专家召开愿景研讨会（2017年9月4日至8日，在新西兰奥克兰；参见Lundquist等人，2017年）。研讨会借鉴并改良了Pereira等人提出的Mānoa mash-up方法（2018a），通过使用自下而上的情景方法得出了7项关于自然的积极愿景，且该情景方法将在专家组的工作计划中得到进一步发展。将愿景整合到具有可用于建模以及填补空白的定量要素的情景中将需要一个涉及愿景构建、利益相关方协商和建模的迭代循环，具体将通过召开各类论坛的形式进行（Lundquist等人，2017年）。

23.4 基于现有地方实践的自下而上的未来情景

全球评估已认识到需考虑自下而上举措具有的优势。这彰显了对自下而上地实施举措和推进实现环境目标（例如，到2050年实现“脱碳”）的政治承诺。在政府间气候变化专门委员会的《第五次评估报告》中，“第12章：人类住区、基础设施和空间规划”承认地方行为者在全球气候减缓中的作用（Seto等人，2014年）。联合国环境规划署2016年《排放差距报告》综合报告首次对多项研究进行了评估，这些研究量化了当地行为者对全球气候减缓的额外贡献（联合国环境规划署，2016年）。该分析指出，到2020年，地方和非国家行为者可以减少相当于4-100亿吨的二氧化碳排放量。这些减排贡献将有助于缩小国家政府减排力度与全球情景中指出的2°C全球温升目标之间到2030年存在的120-140亿吨减排缺口，尽管如此，政府间气候变化专门委员会的最新报告强调了仍需要采取全球行动将温升控制在1.5°C之内的目标（政府间气候变化专门委员会，2018年）。2018年9月，加利福尼亚州州长杰里·布朗（JerryBrown）和纽约市前市长迈克尔·布隆伯格（Michael Bloomberg）主持召开了全球气候行动峰会，强调在减缓气候变化方面，高校、公民社会组织、企业和地方政府等多元化行为者可以通过自下而上和参与式办法发挥作用（2018年全球气候行动峰会）。城市气候变化研究网络在其一份报告中也指出，城市在气候适应和减缓方面可以发挥关键作用，且该报告确定了可持续城市转型的路径（Rosenzweig等人，2018年）。

自下而上地构建未来情景的几种方法确定了在不同地域和不同部门开展的地方实践和小规模可持续性举措。在全球层面，“美好人类世种子”（Seeds of Good Anthropocenes）项目和气候研究联合实验室（Climate CoLab）项目是此类举措的两个例子。“美好人类世种子”项目正在开发一系列地方、社会、技术、经济、生态和社会生态倡议，以帮助设想积极的环境未来（Bennett等人，2016年）。气候研究联合实验室是一个在线平台，任何人都可以向该平台提交和讨论气候变化解决方案（Malone等人，2017年）。“美好人类纪种子”项目侧重于识别和调查地方举措的实践过程，而气候研究联合实验室主要侧重于通过众包机制去识别、开发和评估相应措施的过程。特定于部门的全球数据库的一个例子是世界水土保持方法和技术纵览组织（WOCAT）。世界水土保持方法和技术纵览组织网络成立于1992年，致力于汇编、记录、评估、分享、传播和应用可持续土地管理的知识（世界水土保持方法和技术纵览组织，2018年）。该组织发挥了引领作用，其率先认识到可持续土地管理的重要性和相应的知识管理的迫切性。2014年初，《联合国防治荒漠化公约》（UNCCD）正式承认，世界水土保持方法和技术纵览组织的数据库是可持续土地管理最佳做法方面的主要推荐数据库。

在区域层面，三个欧盟项目，即TESS、TRANSMANGO和PATHWAYS，也收录了各类环境议题方面的地方举措。TESS项目开发了一个数据库，专门收录欧洲范围内针对气候变化实施的小规模社会创新举措（TESS项目，2018年），TRANSMANGO项目专注于粮食可持续发展（TRANSMANGO项目，2018年），PATHWAYS项目开发了一个数据库，专门收录有助于欧洲走上可持续低碳之路的地方和区域转型举措（PATHWAYS项目，2018年）。

“美好人类世种子”倡议呼吁采用“基于种子理念”的情景，其中收录的自下而上的举措需要得到推广深化落实（Bennett等人，2016年），首批活动于近期完成（Lundquist等人，2017年；Pereira等人，2018b）。气候研究联合实验室和TESS项目没有明确地提出要通过情景模式去探索举措，但气候研究联合实验室已经推出了实验项目，邀请公众整合当地提案以制定国家层面的气候行动计划，服务于世界上多个国家和地区（Malone等人，2017年）。同时TRANSMANGO项目和PATHWAYS项目也建立了自下而上的情景。TRANSMANGO项目以18个案例研究为基础，探索地方可持续粮食系统的未来发展路径。相比之下，PATHWAYS项目将其数据库中的知识整合到其转型路径的开发和分析中，但并未将这些路径建立在各项举措的基础之上。虽然在建立自下而上或基于种子理念的情景方面有大量自下而上的举措数据库可供使用，但并没有与环境变化的各个层面相关的全球情景是特别基于这些种子理念而构建的。“美好人类世种子”倡议和TRANSMANGO项目的（Hebinck等人，2016年；Hebinck等人，2018年；Pereira等人，2018a）方法论为构建这种自下而上的全球情景提供了一个基点。关于自下而上的规划和决策（Fraser等人，2006年；Reed、Fraser和Dougill，2006年；Reed，2008年；Kuramochi，Wakiyama和Kuriyama，2016年；Nemoto和Biazoti，2017年）和众包（Wiggins和Crowston，2011年；Gellers，2015年；Vasileiadou，Huijben和Raven，2016年）的相关文献为本章使用的方法提供了有用的指导。

23.5 方法论原理及方法

本章的部分概念基础是全球综合评估和借鉴创新实践的自下而上的过程二者优势的相互补充，且二者之间的联系提供了独特的见解（**表23.1**）。如第22章所述，对可持续发展目标的实现路径进行全球性定量模拟存在益处，这样有助于定量了解实现这些目标所需的全球变革以及进行这些变革可能带来的正面和负面的意外影响。这样的全球路径也有助于构建有利背景，在这样的背景下可以考虑全球变革的驱动因素——如第21章阐述的无干预情景下确定的驱动因素。作为这些全球评估的补充方法，本章评估了三种互补的分析模式：

i. 评估以自下而上的可持续性举措为特征的现有平台；
ii. 通过众包和参与式方法的说明性实例评估当地实践；

iii. 分析推动向更可持续的未来转型的次全球干预措施，正如次全球/区域评估中所强调的那样（**图23.1**）。

对地方举措的分析可以支持全球路径在具体实例和机制中推动变革，特别是基于已经实施的举措，即使是采用试点或个别化形式。次全球评估具有区域特异性，但仍为国家和地方路径提供了广泛适用的“中观”层背景。

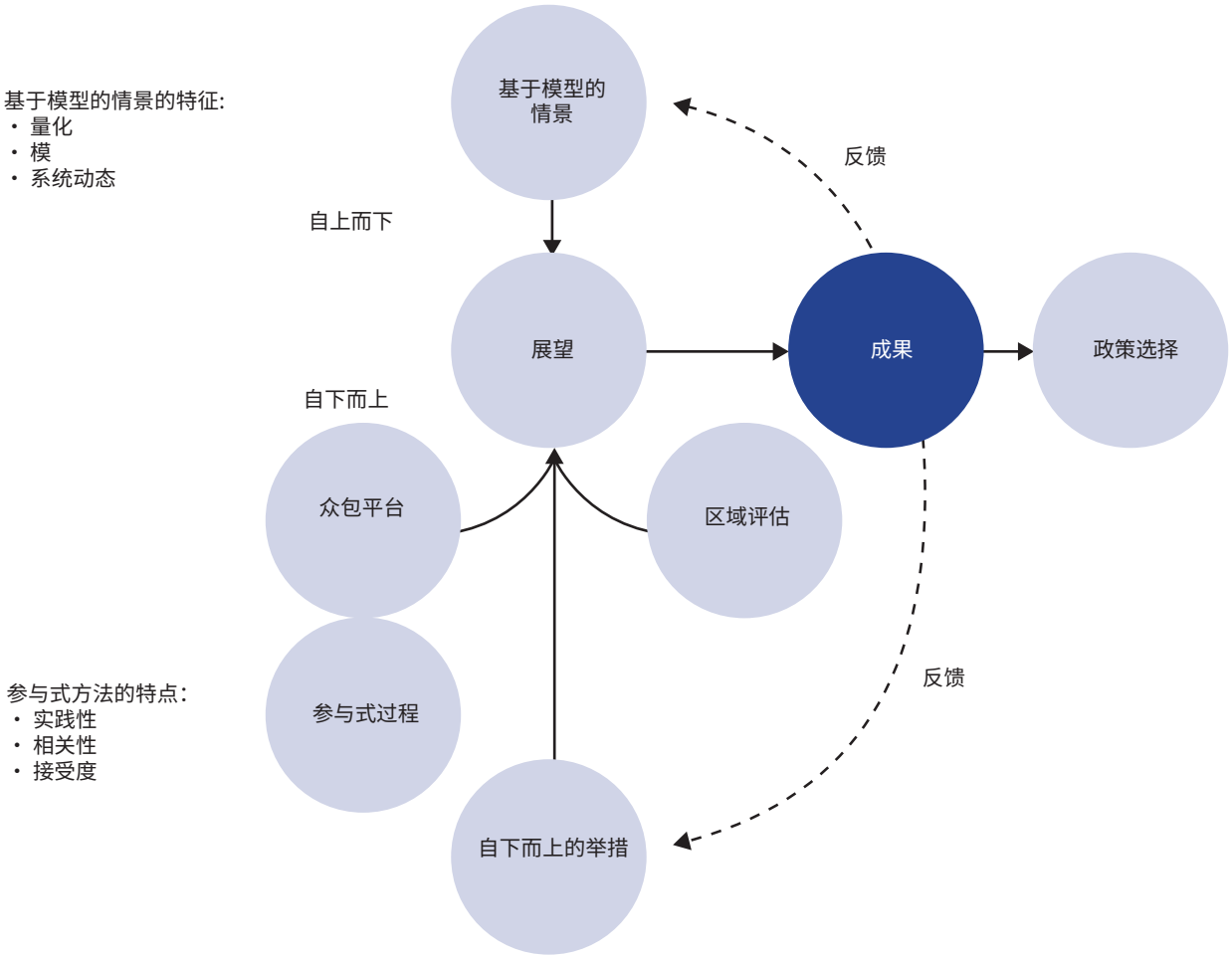
23.6 探索自下而上举措的广阔范围

在参与过程中未能覆盖到的自下而上举措的广泛前景是多样的，但考虑到数据的可获得性，探索此多样性的方法是有限的。通过在线搜索和标记，已经确定了一系列专门汇总与环境和可持续发展相关的自下而上举措的平台。虽然未能全部涵盖，但附件23-1提供了大约20个自下而上

表23.1：不同类型的评估模型

全球综合评估模型	❖ 全球背景 ❖ 整合多方面的变化 ❖ 模拟全球性干预的影响量化挑战的程度
次全球评估模型	❖ 在物质、经济、政治和文化条件、挑战和机遇方面对干预措施进行区域背景化
地方实践的综合	❖ 通过确定“由谁做和怎么做”——促使全球和区域路径具备可行性的众多行为者和创新举措——去填充宏观层面的干预措施

图23.1：概述本章的自下而上的方法如何补充第21章和第22章的自上而下的研究发现以及它们如何共同为第24章提供政策见解



举措平台的示例。这些平台是使用包括“可持续发展平台”和“自下而上的环境举措”等关键词进行互联网搜索后确定的，其中有些举措是事先已知的。这些平台由一系列非政府和政府行为者领导，基于它们可初步了解寻求实施和帮助实现可持续发展目标的思想、行动和计划的广度和范围。

23.7 《全球环境展望6》的参与式倡议

本报告编制进程中组织了两个参与式过程，旨在探索以具体的系统变革为重点的自下而上路径。探索这些路径是为了补充全球综合评估模型，这些路径是以一系列潜在的变革性实地实践和知识为基础的。这些路径也有助于构建《全球环境展望6》与全球利益相关方之间的联系。第一个参与式过程是在曼谷、广州、内罗毕和新加坡举办的一系列研讨会，邀请地方利益相关方着眼于地方实践，基于《“里约+20峰会”指明的道路》（Roads from Rio+20）报告（荷兰环境评估署（PBL），2012年）中确定的三条路径（非集中化解决方案、生活方式变革、全球技术）框架，设想具体的变革路径（联合国环境规划署，2017a；2017b；2017c；2018年）。第二个参与式过程是与气候研究联合实验室平台联合举办的在线竞赛（参见**图21.9：全球平均气温升高**；气候研究联合实验室，2018年）。该竞赛要求参赛者组合气候研究联合实验室平台内的现有提案，建立能够在减缓气候变化的同时促进实现其他可持续发展目标的创新行动组合。

作为《全球环境展望6》的创新点，本章和参与式倡议完成了一项说明性评估，即评估如何通过参与式倡议将利益相关方的观点和实地知识整合到综合评估模型中。因此，该分析有两个目标：（1）帮助将有关变革性系统转型的自下而上视角与自上而下视角联系起来，服务于未来的《全球环境展望》报告；（2）提供对可能有影响的现有实践的洞察，这些实践有助于实现走向可持续发展之路的转型变革。

通过四组研讨会和气候研究联合实验室竞赛，共收集了三种不同类型的数据：创新实践和概念（称为“种子理念”）、种子理念与专注于具体系统变革的较大型提案的组合成果、气候研究联合实验室的提案（这些提案以新颖且创新的方式将平台内的现有理念结合起来）。“种子理念”是指现有但尚未推广实施的社会倡议、新技术、经济工具或社会生态项目，或组织、运动或新的行动方式，这些技术或组织可以为创造一个公正、繁荣和可持续的未来社会做出实质贡献（Pereira等人，2018a）。研讨会收集了种子理念，并要求参与者提出提案，阐明如何通过将这些种子理念相互结合来实现尽可能多的可持续发展目标，同时探讨了这些种子理念如何相互作用（联合国环境规划署，2017a；联合国环境规划署，2017b；联合国环境规划署，2017c；联合国环境规划署，2018年）。种子理念和组合提案都围绕着上文提到的《“里约+20峰会”指明的道路》报告中确定的三条路径中的一条展开（参见荷兰环境评估署，2012年；第22章）。在四个城市召开的研讨会共收集了156个种子理念，24份推动具体系统变革的提案；气候研究联合实验室竞赛共计收到了70份提案，评委在其中选出了34份半决赛入围提案、12份决赛入围提案和2份获奖提案（一份获奖提案由公众投票选出，另一份由评委选出，参见**图21.9：全球平均气温升高**；以及**专栏23.4**）。

为了评估参与式过程的成果，种子理念和气候研究联合实验室半决赛入围提案按**表23.2**中总结的五个维度进行标记。这些选定维度可以最有效地确认成果的多样性，并将这些成果与第22章结合起来。作为一个迭代和参与式过程，种子理念和提案会根据提交数据的可用性和质量予以标记，因此并非所有成果都可以在所有维度上被标记。还要注意的是，某些维度由参与者自行确定，而其他维度则由《全球环境展望》的作者团队专门标记。

专栏23.2：气候研究联合实验室（Climate CoLab）

气候研究联合实验室是一个由麻省理工学院（MIT）集体智慧研究中心运营的在线竞赛平台和社区，其目标是汇集全世界数以万计个体的集体智慧来解决全球气候变化问题。人们在平台上通过相互之间的合作，以及与800多名气候变化和相关主题专家的合作，创建、分析和选定提案，确定如何应对气候变化问题的不同方面。气候研究联合实验室网站拥有超过10万名注册会员，已收到超过2,500份提案。

这项名为“探索促进可持续发展的协同解决方案”竞赛于2017年11月1日开始征集文案，任何人都可就“气候研究联合实验室现有提案的哪些组合有助于实现多个可持续发展目标？”这一问题提交提案。

广泛的网络渠道拓宽了竞赛的宣传，其中包括联合国环境规划署、麻省理工学院和世界各地的其他合作组织，并且也在气候研究联合实验室社区内部进行了宣传。评委们选出了12份决赛入围提案，并从中选出了一份获奖提案。同时，还邀请全球公众通过投票从这12份决赛入围提案中选出一份获奖提案。获奖提案名单于2018年3月15日宣布（参见**专栏23.4**）。

竞赛数据统计：

- 共收到了73份提案
- 共有112名提案作者（个人或作为团队成员）
- 共收到了188份专家、作者和其他成员的提案意见
- 共有3,064张有效投票

参见竞赛网页：http://www.climatecolab.org/contests/2017/exploring-synergistic-solutions-for-sustainable-development

资料来源：气候研究联合实验室（2018年）。

表23.2：标记维度

维度	分类	说明
举措惠益	**17项可持续发展目标**	按可持续发展目标标记，可以了解每一种子理念和提案带来的惠益的范围。结果可以确定成果的多样性和推动实现可持续发展目标的潜在协同作用。
全球措施类别	41项全球“措施”或“干预措施”（指本章中提述的具体举措）分为五个以系统为中心的群组	成果根据第22章中确定的32项措施和标记过程中确定的9项补充干预措施予以分类，这些补充干预措施与任何现有的32项措施不完全匹配。由于在结果中的代表性较低，“淡水”和“海洋”群组被归为一组。
变革理论	❖ 新技术 ❖ 非集中化 ❖ 设计/基础设施 ❖ 监测和报告 ❖ 生产实践的变化 ❖ 生活方式变革 ❖ 新的组织/业务 ❖ 知识/数据平台 ❖ 政策变化 ❖ 融资/奖励/补贴 ❖ 意识、知识、技能发展	变革理论确定了变革的类型或倡议的解决方案。这些类别基于对结果的迭代标记过程，以最有效地确定多样性，同时最小化重叠类别。
行为者	❖ 国际组织 ❖ 政府（地方、区域、国家） ❖ 私营部门/企业 ❖ 公民社会 ❖ 学术和研究机构 ❖ 家庭/个人	行为者的类型侧重于考察行为者在每一举措中的参与情况。
地理（仅限气候研究联合实验室半决赛入围提案）	❖ 按国家（或地区）	举措实施所在的国家（或地区）或作者所在的国家（或地区）。

23.8 《全球环境展望6》区域评估

2016年完成了六项《全球环境展望》区域评估，分别针对非洲、亚洲及太平洋、欧洲、拉丁美洲和加勒比海地区、北美、西亚。这些评估工作可被视为介于全球和地方评估之间的中间评估。每项区域评估都强调了特定于区域的环境挑战以及解决这些挑战的关键干预措施。综合来看，这些评估概述了一系列全球性的重要挑战和对策，以期实现更加可持续的未来，同时仍保留若干区域优先事项。在本章中，我们将六个区域中确定的关键干预措施与情景文献（第22章）和自下而上流程（**图23.15**）中确定的干预措施进行了比较。这样做的目的是，确定在所有三个评估层面（全球、区域和地方）考虑的干预措施之间的潜在差距，并了解如何改进决策者可用的干预措施和政策选择的范围。

与参与式举措类似，根据通过审查情景文献确定的干预措施（第22章，**表22.1**），对在《全球环境展望》区域评估的“展望”章节中确定关键干预措施进行标记。情景文献审查中预先确定的清单上没有列出的干预措施被补充了进来，从而得到一个更新的干预措施清单。

23.9 通过自下而上方法获得的研究结果

23.9.1 变革需要更广泛的自下而上平台和各类行为者的参与

世界各国政府已开始认识到，良好的气候情景建模和评估需要自下而上的资源（Hsu等人，正在评论中的文章）。基于自上而下的综合评估模型的全球排放轨迹（van Vuuren等人，2011年）未能确切地整合自下而上举措的信息，以及地方政府、企业和公民社会组织的个体贡献。自上而下的排放路径假设，这些减缓措施已被纳入国家政府的承诺范畴，但是自下而上的行为者做出的气候承诺可以被视为是对国家气候工作的补充或在其范围之外，这使得气候减缓情景的评估变得复杂（Hsu等人，2015年；Jordan等人，2015年）。个体行为者通常会构建联盟，一般是与国家政府合作，建立跨国气候治理网络，从而加剧了这种复杂性。这些伙伴关系证明，当行为者在目标和行动上协同时，个体层面的自下而上气候行动具有潜在的累加效应（Andonova，Betsill和Bulkeley，2009年）。

2014年12月，《联合国气候变化框架公约》启动了全球气候行动门户网站（也称“NAZCA”，源自其曾用名“非国家行为者气候行动区域”），旨在了解和追踪多样性的自下而上的行为者和承诺，覆盖气候变化减缓、适应、融资、能力建设方面的承诺和应对气候变化的其他行动（《联合国气候变化框架公约》，2018年；参见**专栏23.3**）。最初开发全球气候行动门户网站的目的是提出在气候治理方面的一种“全体行动”方法（Hale，2016年），且科学和分析界现在正在逐渐转为采用一种一致的方法，以量化自下而上行为者在全球气候减缓情景中的贡献（气候行动透明度倡议【ICAT】，2018年；Hsu等人，正在评论中的文章）。这项工作旨在实现多个目标：

i. 量化在全球范围内整合的自下而上的气候行动及其对现有气候情景的额外影响，可以更准确地评估现有的排放路径和差距。
ii. 了解自下而上的气候行动的减缓作用将为各国政府提供更多信息，有助于在审查周期中在《巴黎协定》下确定更加雄心勃勃的国家自主贡献目标（《联合国气候变化框架公约》，2015年）。了解这种非集中化的影响也可以促使政府更好地支持和扩大相关活动。
iii. 将自下而上举措纳入全球气候情景可使对促进低碳发展至关重要但是难以量化的小规模举措或定性贡献（例如，能力建设）得到认可（Chan，Brandi和Bauer，2016年）。

对自下而上平台的分析结果

已确定的单独的自下而上的倡议行动超过50,000个，但它们不同的结构和目标令其相互间的比较具有挑战性。对平台而非个体承诺进行评估有助于促进不同类型的自下而上行动之间的比较，并了解其现有结构，从而促进和支持这些举措的持续增长和发展。通过在线搜索确定的平台包括：亚马逊愿景协调和信息平台（CIP），其总部位于哥伦比亚，收录了200多项支持实施温室气体减排的举措；Sustainia 100平台，追踪了188家企业正在部署的超过4,500种可持续解决方案。这些平台目标各不相同，有些旨在提供上市小额融资项目的众包解决方案，有些旨在发布与利益相关方相关的信息（**图23.2**）。这些平台通常寻求支持或展示由不同类型的行为者实施的举措，而其他一些平台侧重于特定类型的行为者，如商业。在从全球搜集的平台示例中，只有五个没有达到全球覆盖水平。这五个非全球举措平台侧重于城市（MTLGreen）、区域（亚马逊愿景协调和信息平台、太平洋岛国海洋和沿海生物多样性管理项目（MACBIO——太平洋））和国家（例如，WorthWild，GreenCrowd）问题。

对于这些评估的平台，大多通过两种方式促进知识的共享和解决方案的确定。其一，通过收集实例、解决方案和最佳实践（例如，《联合国气候变化框架公约》——“变革的动力”灯塔倡议、PANORAMA——“健康地球解决方案”）；其二，通过组织论坛，分享技术或区域工具和技术诀窍，支持一系列实地活动（例如，Biofin知识平台、ClimateTechWiki）。其他平台通过组织竞赛或众包来生成和获得针对挑战性问题的解决方案（例如，VertMTL、麻省理工学院气候研究联合实验室（MIT Climate Co-Lab））。较少有平台侧重于追踪活动的进展或影响（例如，REDDX），或通过将项目与资金或其他形式的技术或能力支持进行对接来促进项目落地（例如，WorthWild倡议、Greencrowd倡议、Divvy倡议、生活网络倡议（LifeWeb））。

标记分析显示，有来自各个层面的各类行为者在促进实现可持续发展目标（**图23.3**）。我们确定的这些平台大多是由非政府和政府行为者召集、策划或领导，目的是促进不同的自下而上举措之间的知识共享和解决方案的确定。这些平台可以为解决方案的扩大部署提供重要路径，并可通过收集和提取最佳实践和创新解决方案，为解决方案的扩大部署奠定基础。创建协作和交流论坛也可能有助于解决协调松散问题，以及不同行为者之间的互利分工。Abbott（2012年）对跨国项目的研究发现，在一些活动的实施上，相较于各国政府，许多联盟可能是更合适的实施者，例如在信息共享和能力建设方面。

专栏23.3：全球气候行动门户网站

全球气候行动门户网站，也称为“NAZCA”，是一个在线平台，目前收录了地方政府、企业、公民社会组织、高等教育机构和投资者在气候变化行动方面做出的12,000多项承诺。参与者包括通过实行内部碳价来限制碳排放增长的个体企业，以及承诺实现碳排放零增长的城市政府。全球气候行动门户网站还收录了一些举措，包括世界粮食计划署的农村恢复力倡议（R4倡议）（世界粮食计划署，2018年），旨在通过覆盖10万农民的综合风险管理系统，提高对气候变化的抵御能力。

到目前为止，该门户中最高数量的一类自下而上的行为者是地方和当地政府，平台中有近四分之三的城市位于欧洲（Hsu等人，2016年）。由于报告数据的缺乏，发达国家的自下而上行为者的地理代表性过高，这是了解气候行动范围的主要局限之一。绝大多数气候承诺都侧重于实现减排目标，其中，85%的地方行动和近40%的企业行动致力于减缓气候变化。全球气候行动门户网站中的大多数举措都认为，地方行动有助于促进清洁能源生产以及变革造成全球气候变化的消费系统。

图23.2：聚焦自下而上的可持续性举措的一组样本平台所涵盖的举措数量（有关这些平台的简要说明，请参见附件23-1）

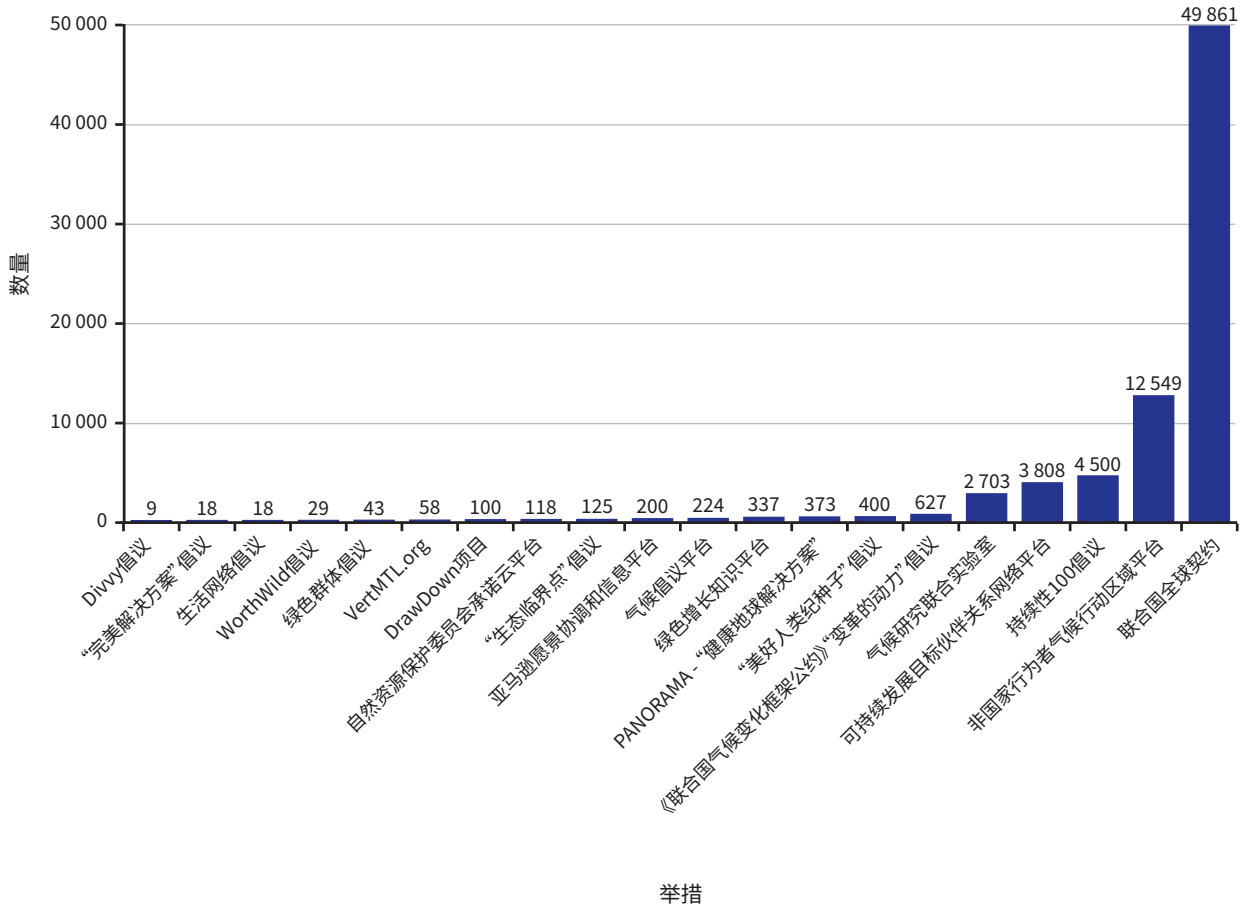
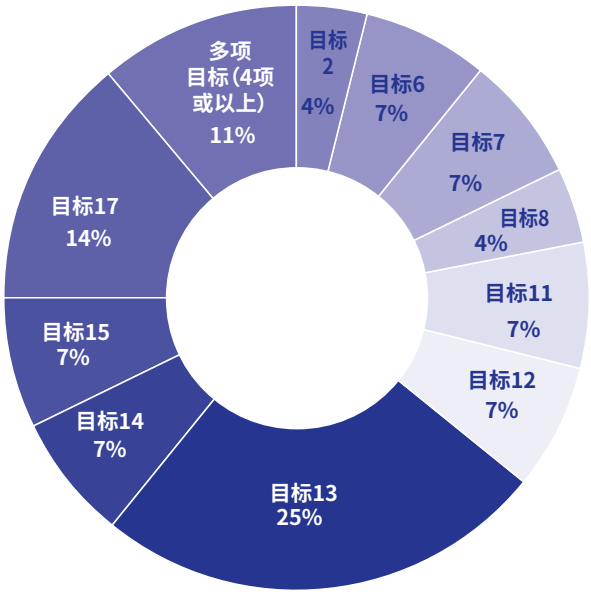


图23.3：可持续发展目标按比例在选定的自下而上的可持续性举措平台中有些领域的涵盖范围较窄，有些只涉及一两项或两三项可持续发展目标，而部分举措的范围较广，且涉及多项可持续发展目标（四项或以上）（有关这些平台的简要说明，请参见附件23-1）



23.9.2 参与式过程

第23.10节概述了一系列已经收集的有助于实现《2030年可持续发展议程》的举措平台，本节将概述参与式研讨会和气候研究联合实验室众包模式的结果，进一步揭示在全球范围内确定的解决方案的多样性。这些举措是第22章中概述的措施类别对应的典型解决方案的具体示例。

这些举措也质疑自上而下的模型中关于如何推动变革的假设，并强调可持续发展目标之间的相互关联、它们的潜在协同作用，以及不同行为者在实现《2030年议程》方面的作用——而自上而下的模型有助于关注权衡问题。本节首先概述所有研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案呈现出的趋势，然后按第22章中的四个群组将结果进行分类。此外，还根据在自下而上的工作中确定的解决方案创建了第五个措施/干预类别群组，因为该类别下的措施/干预不完全匹配现有的四个群组——这些将在第23.10节中更全面地讨论。评估表明自下而上的举措有助于决策者的决策制定和自上而下的分析，但由于样本量有限，并不能提供关于全球所有实地解决方案的全面分析。

举措的一般概况

可持续发展目标

研讨会的种子理念和气候研究联合实验室的提案在不同程度上涉及了全部17项可持续发展目标。**图23.4**突出显示了分析中确定的各项可持续发展目标在这些理念和提案中的分布比例。在研讨会的种子理念方面，目标12（负责任消费和生产）和目标11（可持续城市和社区）的代表性最高。至于气候研究联合实验室的提案，目标13（气候行动）在超过80%的提案中涉及，其次是目标3（良好健康与福祉）。

行为者

研讨会的种子理念主要侧重于政府行为者、私营部门/企业和家庭/个人（**图23.5**）。超过60%的研讨会种子理念强调了政府的作用，地方政府被提到的次数最多，其次是国家政府。同样地，气候研究联合实验室提案也强调了政府的作用，国家政府被提到的次数最多。第23.11节进一步阐述了对不同行为者进行评估的重要性。

地理代表性

在向气候研究联合实验室平台提交提案时，参与者被要求确定其提案可适用的最多五个国家（**图23.6a**）。

在气候研究联合实验室的34份半决赛入围提案中，被涉及最多的单一国家是肯尼亚（11份提案涉及）、印度（8份提案涉及）和坦桑尼亚（7份提案涉及）。作为一个开放的全球解决方案众包平台，对发展中国家的重视表明，在哪些地区需要变革这一问题上存在地理不公平性，并强调需要以更加公平的方式在所有地区实施变革（关于分配正义和公平变革的讨论，请参见第23.14节）。将一些来自发达国家的解决方案应用在发展中国家就更加凸显公平问题。虽然不是故意为之，但这种趋势可以看作是强化了这样一种说法，即发达国家可以继续按“一切照旧”的模式发展，而发展中国家却将更可持续地发展，这也忽略了对可持续性的解释以及其实现路径存在一些背景上的细微差别（参见Vercoe和Brinkman，2009年）。然而，发展中国家的参与者提出了大量建议（**图23.6b**）也表明，发展中国家正在进

图23.4：研讨会提出的种子理念和气候研究联合实验室提案中涵盖的可持续发展目标

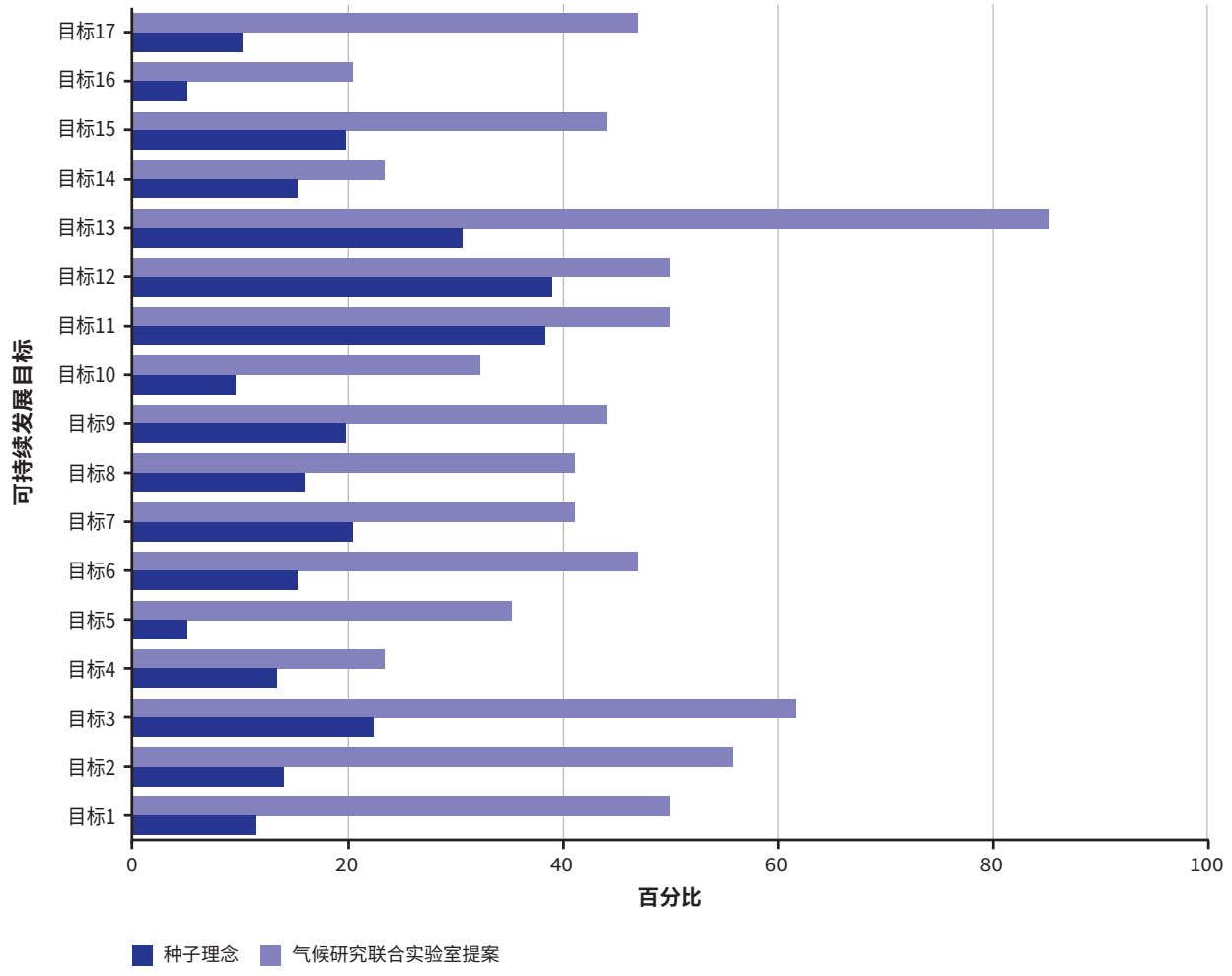


图23.5：研讨会提出的种子理念和气候研究联合实验室提案中涵盖的行为者类型

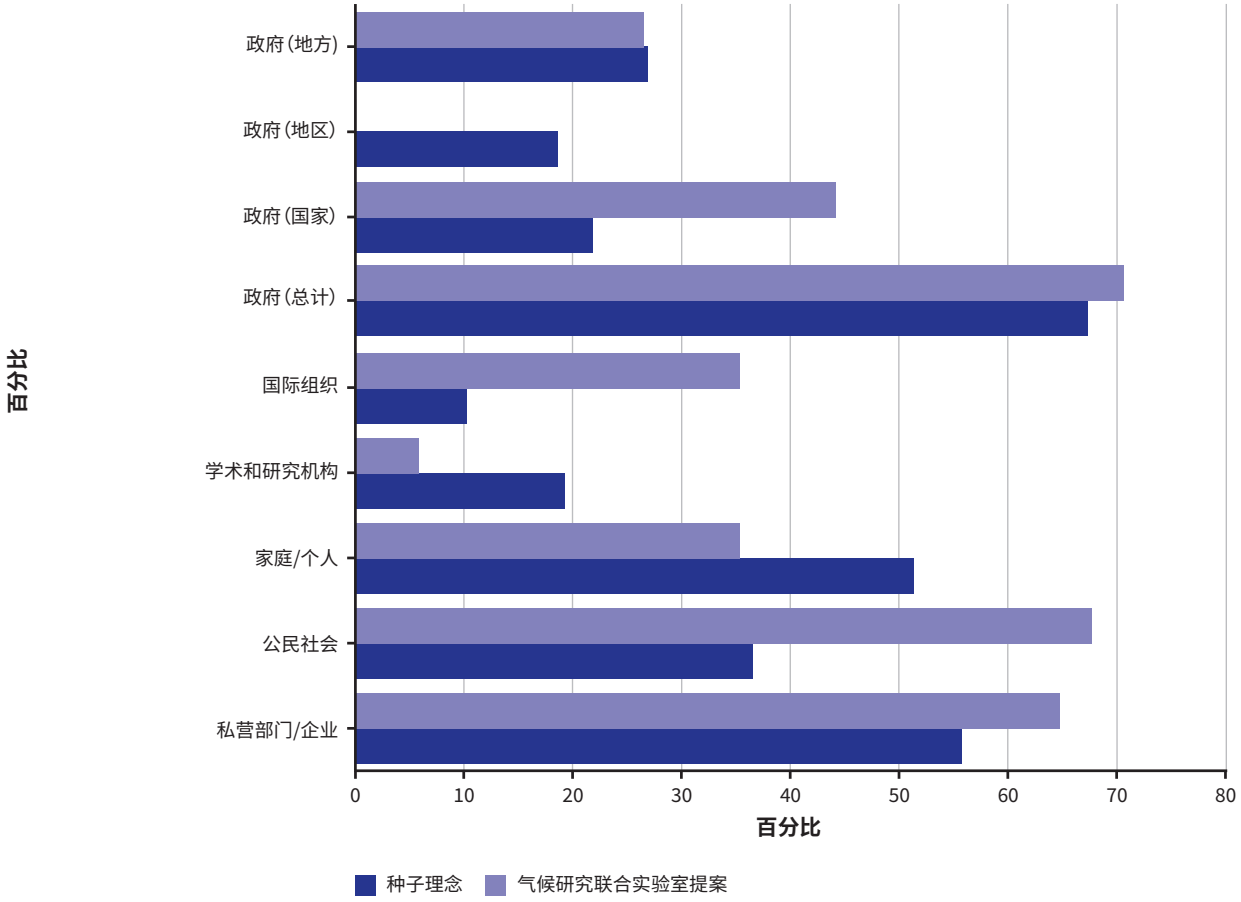


图23.6a：气候研究联合实验室提案涵盖的地区

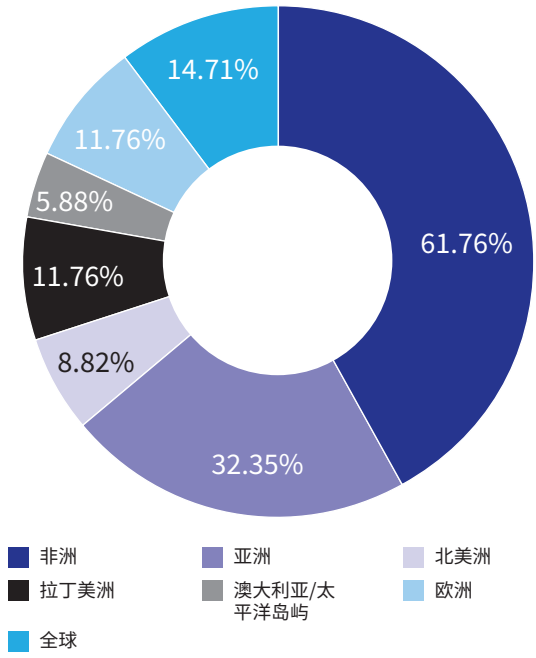
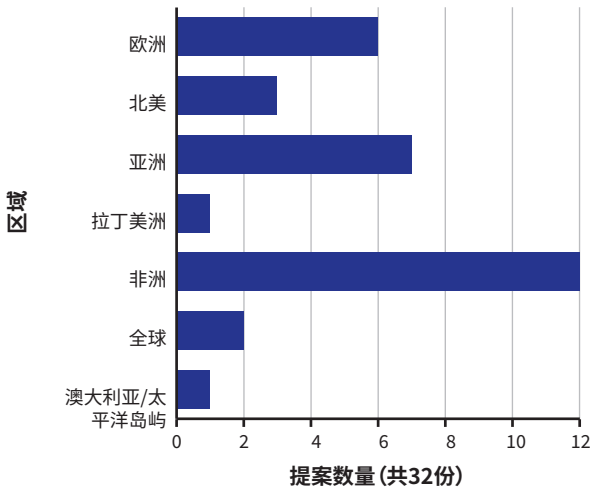


图23.6b：气候研究联合实验室提案涵盖的地区的细分



行创新思考，该区域采取行动以实现《2030年议程》的紧迫性更高（Nagendra，2018年）。通过动员全球范围内的参与者，《全球环境展望6》的参与式过程收获了一系列可推动实现可持续发展的、适用于特定背景的解决方案。

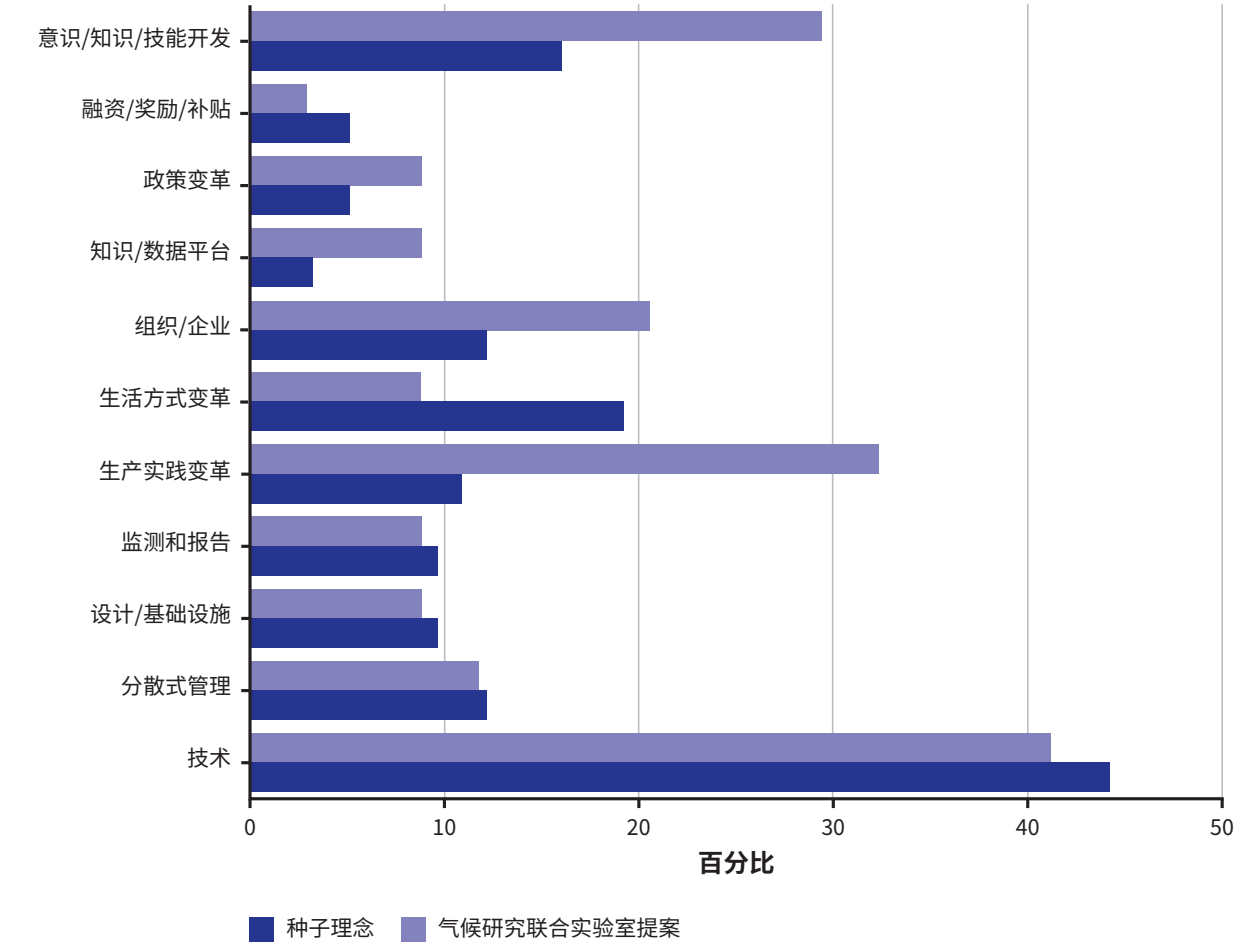
变革理论

种子理念和气候研究联合实验室提案主要关注通过新技术实现预期目标（**图23.7**）。气候研究联合实验室提案还主要强调要变革生产实践，从而使生产者对可持续性干预更负责任。种子理念更注重生活方式变革，将责任放在消费者而不是生产者身上。在“新技术”类别中，还特别强调基于应用程序的解决方案。11个种子理念和1份气候研究联合实验室提案提出了基于应用程序的解决方案，主要是为了让使用者能够监控和报告可持续性问题，并与其他人进行这些问题方面的沟通。其中，在气候研究联合实验室提案方面，提到了借助应用程序让城市居民能够报告环境质量问题（C’ SQUARE应用程序）；在种子理念方面，提到了塑料废弃物足迹计算器应用程序，或向有关当局报告水污染、监测能源消耗、帮助报告和识别工厂的应用程序，以及与拼车、废弃物交换和向社区借用物品相关的几款共享经济应用程序。获奖的气候研究联合实验室提案的核心是技术创新：ClimateCoop项目以区块链技术为基础，“以社区为基础的可持续发展框架”整合了现有技术，以全面满足多种可持续性需求（示例请参见**专栏23.4**）。

研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案的群组

研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案根据第22章**图22.9**中列出的类别，按干预类型和广泛的群组进行标记。通过群组标记，自下而上的举措可以对自上而下的分析起到补充和加强作用。由于自下而上的方法是首次应用于《全球环境展望6》，下面的讨论旨在说明这些补充方法提供的可能性。在未来的评估中，可以收集更大范围的数据集，且结果将与自上而下的工作之间有更明确的联系，反过来，自上而下的分析将通过整合自下而上的分析的调查结果得到强化。标记工作是基于为每一种子理念或气候研究联合实验室提案给出的说明，通过主观地为每一理念和提案分配尽可能多的干预类型来完成的；因此，一个给定提案关联了跨多个群组的多个干预类型是常见的。由

图23.7：各变革理论在研讨会提出的种子理念和气候研究联合实验室提案中的代表情况



栏23.4:气候研究联合实验室获奖提案

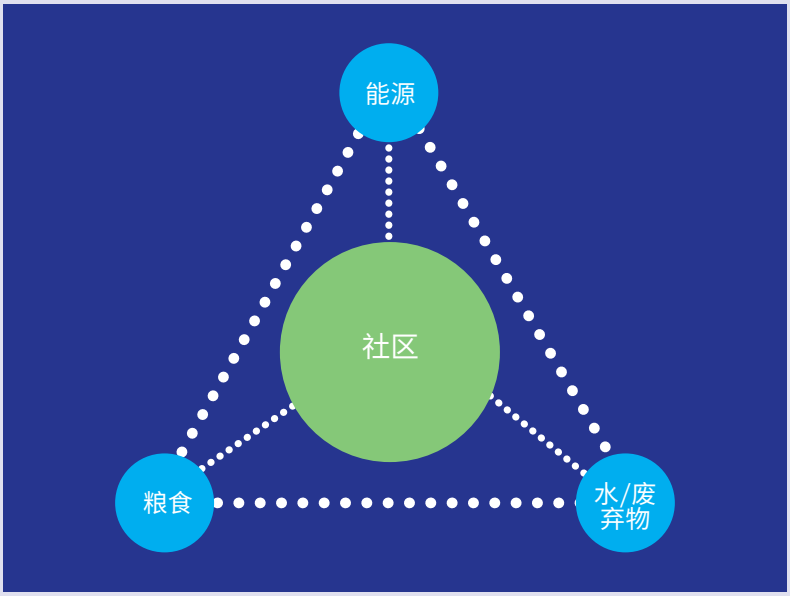
ClimateCoop ——气候联盟区块链(评委选出的获奖提案)

ClimateCoop是一个基于区块链的平台,旨在通过开展分散式、本地化且透明的行动,实现可持续发展目标。这个分散式平台汇集了各利益相关方(例如,个人、研究人员、捐助方、国际组织、政府、企业),且鼓励通过合作产生新的理念和计划。在该平台上,计划提出者可以更新举措方面的进展,而获得认可的成员可以审查和批准未来的计划。该平台的开发者认为,他们的创新模式充分利用了分布式数字技术、现代社会模式、分散式矩阵治理和颠覆性经济模型(例如,众包),以有效地支持自下而上的气候和可持续发展行动。他们的平台为个人和机构创造了合作和协作的空间。

资料来源:ClimateCoop(2018年)

"以社区为基础的可持续发展框架"(公众选出的获奖提案)

"以社区为基础的可持续发展框架"为社区实现可持续发展制定了全面、综合的路线图。该综合路线图围绕能源、水/废弃物和粮食领域,为社区可持续发展创造了一种整体方法。通过强调基础设施和社会的协同作用,该路线图有助于在未来发展过程中考虑可持续性中的"人为因素",确保实现具有社区包容性的环境可持续发展。该框架的独立组成部分,如沼气技术开发、垂直水培农场和雨水收集,旨在适应不同的地方背景。



资料来源:Wright, Yang和Ma(2018年)。

于“淡水”和“海洋”这两个群组在结果中的代表性较低，在本章中，基于第22章中的原始群组，这两个群组被归为一组，以便进行基于群组的分析。但是，建议在未来的评估中将“淡水”和“海洋”分开研究。

图23.8显示，在研讨会提出的种子理念方面，“能源、空气和气候”群组有很强的代表性，特别是与可持续发展目标的目标7、目标11和目标13相关联。下面详细介绍了该群组下的具体干预措施，较常见的干预措施包括“低/零排放”“行为变革”“能源效率”和（程度较低）“能源获取”。此外，对种子理念的标记还显示，因囊括各类别而被统称为“其他”的群组（不是第22章中确定的主要群组细分的一部分）也有很强的代表性，特别是在“意识培养和技能建设”“监测和报告”“减少塑料和消费者废弃物”“循环经济”方面，关联度最高的可持续发展目标包括目标11和目标12，其次是目标3和目标13。这些理念对“农业、粮食、土地和生物多样性”群组的兴趣不大，代表性最高的干预措施是“饮食变化”和“陆地生态系统保护”。由于参与式研讨会是在城市地区举办，这些种子理念主要关注的是如何在城市环境中实现可持续发展目标——**专栏23.5**提供了在参与式过程中确定的干预措施方面获得的一些主要成果。

© Shutterstock/Sopotnicki

专栏23.5：城市系统

《全球环境展望6》将城市化确定为环境变化的五个关键驱动因素之一，认为其会驱动自然和社会系统发生根本性变化，并将城市化视为12个跨领域问题之一，指出需要做出紧急统性响应（参见第2章和第4章）。城市中60%左右的地区有待开发，这样才能满足2050年的城市人口需求，因此确保当前设计的城市系统尽可能具有可持续性具有重要意义。

参与式过程的结果在很大程度上侧重于改善城市环境，可持续发展目标的目标11（可持续城市和社区）经常被提到，其中，38%的研讨会的种子理念，以及一半的气候研究联合实验室提案提到了该目标。对这些结果的分析也表明，各种可持续发展目标之间存在协同作用，再次强调城市化的概念是一个跨领域问题，其解决方案可以产生多种共同效益。针对目标11的种子理念在解决目标3、目标9、目标12和目标13方面具有很大的协同作用。气候研究联合实验室提案还表明了与目标11相关的若干协同作用，涵盖目标3、目标12、目标13和目标17。这些标记结果进一步反映在对相关种子理念和提案的说明中，因为许多都谈到了基于城市的解决方案的各种共同效益。

与城市有关的种子理念通常侧重于使用在线平台和智能手机应用程序来赋予公民权力。一些应用程序专门供用户监控和报告其能源使用、空气和水污染，识别植物物种（生物多样性）等。这些应用程序的核心理念是，除了教育用户之外还支持基于数据的行动。一款用于监控能源消费的应用程序整合了货币激励措施，旨在鼓励改变用电习惯，此外，一款用于监控水质的应用程序提供直接与相关市政供水机构沟通的渠道。城市种子理念也侧重于基础设施，特别是通过绿色屋顶、社区花园和更普遍的绿色建筑标准来开发绿色基础设施。

在四个城市召开的所有研讨会中，以种子理念为基础的愿景经常关注可持续城市或社区。理想的城市社区中的建筑物配有太阳能电池板和/或绿色屋顶，采用可持续材料建造而成，并通过智能技术最小化能源消耗。通往可持续未来的路径通常要求预留出空间，且提供基础设施保障城市农业发展，要求其产品可作为食品，而且也可制作可持续消费品，例如，可生物降解或可食用的餐具。其中一条路径专注于打造国际城市平台，在国际层面集合环境数据和行动，供公民学习以及参与可持续的社区行动。

图23.8：研讨会种子理念的热图，显示特定措施/干预与可持续发展目标的配对

群组	措施类别	无贫穷（目标1）	零饥饿（目标2）	良好健康与福祉（目标3）	优质教育（目标4）	性别平等（目标5）	清洁饮水和卫生设施（目标6）	经济适用的清洁能源（目标7）	体面工作和经济增长（目标8）	产业、创新和基础设施（目标9）	减少不平等（目标10）	可持续城市和社区（目标11）	负责任消费和生产（目标12）	气候行动（目标13）	水下生物（目标14）	陆地生物（目标15）	和平、正义与强大机构（目标16）	促进目标实现的伙伴关系（目标17）
能源、气候和空气	能源获取	1	0	0	1	0	0	9	4	3	1	4	1	4	0	0	1	1
	行为变革（交通和家庭能源）	1	0	5	1	0	2	6	4	5	1	10	6	10	1	1	0	1
	最终用途的电气化	0	0	0	0	0	0	5	1	3	0	2	0	4	0	0	0	0
	低/零排放能源技术（非生物质燃料）	1	0	5	1	0	2	18	6	7	1	8	5	10	1	1	0	2
	生物能源（具有或不具有碳捕获和储存功能）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	提高能源效率	0	1	4	0	0	2	5	4	7	0	7	4	7	0	1	0	0
	负排放技术	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	空气污染控制	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	减少非二氧化碳排放	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0
农业、粮食、土地和生物多样性	减少食物浪费	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0
	产量提高	3	4	2	0	1	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0
	营养管理	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
	食物获取	2	5	3	0	1	0	1	2	1	1	2	1	0	0	1	0	1
	饮食变化	0	2	4	1	0	1	1	0	1	0	4	4	3	3	4	0	1
	管理土壤碳损失	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	土地损害最小化	1	2	1	0	0	2	2	2	0	0	0	0	1	0	2	0	2
	土地所有权	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陆地生态系统保护	2	2	1	0	0	3	2	3	3	0	3	1	4	2	6	0	1
	土地利用规划	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	0	1	0	0
	森林管理	1	3	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	3	0	4	0	0
人类福祉	减轻贫困	2	1	2	1	1	0	3	4	3	3	3	3	2	0	1	1	1
	儿童/孕产妇保健	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	教育	2	1	2	6	0	1	0	3	0	3	1	0	0	0	1	1	2
淡水和海洋	提高用水效率	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
	蓝碳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	水、环境卫生和个人卫生	0	1	2	0	0	7	1	0	2	1	3	0	0	1	1	0	0
	废水处理	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	水质标准	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	海水淡化	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	水资源综合管理	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0
	可持续渔业	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
	海洋监管	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	海洋生态系统保护	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0
其他	监测和报告	3	3	10	3	1	3	3	4	6	3	8	5	3	3	5	2	3
	循环经济	1	0	1	1	0	2	1	2	4	1	6	14	1	2	1	0	1
	共享经济	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4	6	1	2	2	0	1
	减少塑料和消费者废弃物	1	2	3	1	0	2	1	1	2	0	6	16	8	5	5	0	1
	意识和技能建设	3	4	8	10	4	5	5	6	6	5	12	12	10	8	7	3	6
	性别平等	0	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
	可持续发展的智慧城市	1	0	2	0	0	1	1	2	1	0	6	3	5	1	1	0	0
	生态系统恢复	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	有效治理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

数字表示使用干预措施（行）和可持续发展目标（列）的特定配对进行标记的提案的数量。“其他”群组会在第23.11节中更详细地介绍。

图23.9：气候研究联合实验室提案的热图，显示特定措施/干预与可持续发展目标的配对

群组	措施类别	无贫穷（目标1）	零饥饿（目标2）	良好健康与福祉（目标3）	优质教育（目标4）	性别平等（目标5）	清洁饮水和卫生设施（目标6）	经济适用的清洁能源（目标7）	体面工作和经济增长（目标8）	产业、创新和基础设施（目标9）	减少不平等（目标10）	可持续城市和社区（目标11）	负责任消费和生产（目标12）	气候行动（目标13）	水下生物（目标14）	陆地生物（目标15）	和平、正义与强大机构（目标16）	促进目标实现的伙伴关系（目标17）
能源、气候和空气	能源获取	2	2	2	1	1	2	4	2	2	1	0	1	4	1	1	0	2
	行为变革（交通和家庭能源）	3	3	3	1	2	2	4	3	3	2	3	3	5	3	3	2	4
	最终用途的电气化	1	1	1	0	0	2	2	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
	低/零排放能源技术（非生物质燃料）	3	4	4	1	2	3	5	4	2	2	2	0	5	1	2	1	3
	生物能源（具有或不具有碳捕获和储存功能）	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	提高能源效率	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	0	3	1	1	0	1
	负排放技术	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	空气污染控制	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	减少非二氧化碳排放	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
农业、粮食、土地和生物多样性	减少食物浪费	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2
	产量提高	3	3	2	0	2	1	0	1	1	1	1	1	3	0	1	0	2
	营养管理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	食物获取	7	10	10	4	6	4	6	8	3	5	4	6	10	3	6	2	8
	饮食变化	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
	管理土壤碳损失	3	3	2	1	2	3	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1	2
	土地损害最小化	5	8	8	3	6	7	6	7	5	5	4	6	10	4	7	3	6
	土地所有权	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	陆地生态系统保护	3	5	5	2	3	5	4	4	3	2	3	5	6	3	5	1	3
	土地利用规划	1	2	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0	1
	森林管理	2	3	2	1	1	4	3	2	1	0	1	3	4	2	3	0	1
人类福祉	减轻贫困	8	9	9	3	3	5	5	7	4	4	3	5	10	3	5	1	5
	儿童/孕产妇保健	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	教育	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
淡水和海洋	提高用水效率	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	蓝碳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	水、环境卫生和个人卫生	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	废水处理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	水质标准	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	海水淡化	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	水资源综合管理	1	3	3	2	3	2	2	3	0	2	2	0	3	0	1	1	3
	可持续渔业	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	海洋监管	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	海洋生态系统保护	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
其他	监测和报告	1	1	2	1	0	2	1	1	2	1	1	1	2	0	1	2	2
	循环经济	3	3	5	1	3	1	1	1	2	2	4	4	4	1	2	1	2
	共享经济	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2
	减少塑料和消费者废弃物	2	1	3	0	2	1	0	0	1	1	4	4	4	1	3	0	2
	意识和技能建设	7	8	8	5	7	7	7	8	5	7	9	7	13	5	7	5	6
	性别平等	5	6	7	2	7	3	3	5	1	5	6	3	7	1	4	2	6
	可持续发展的智慧城市	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	生态系统恢复	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	有效治理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1

数字表示使用干预措施（行）和可持续发展目标（列）的特定配对进行标记的提案的数量。“其他”群组会在第23.11节中更详细地介绍。

种子理念和气候研究联合实验室提案在群组标记结果上差异很大。对于气候研究联合实验室提案，“农业、粮食、土地和生物多样性”群组是代表性非常高的一个群组，远远超过其在种子理念下的代表性，许多气候研究联合实验室提案针对“粮食获取”和“土地损害最小化”（**图23.9**）。气候研究联合实验室提案也非常重视“减轻贫困”。在增加的干预类型方面，“意识和技能建设”在种子理念和气候研究联合实验室提案中都有很强的代表性。可持续发展目标的目标1、目标2、目标3和目标13与许多提案密切相关。比较而言，气候研究联合实验室提案较少提出与“能源、空气和气候”群组有关的干预措施，虽然可持续发展目标的目标13（气候行动）具有很强的代表性。在气候研究联合实验室提案中，“性别平等”是常见的干预措施，比在种子理念中的代表性高，但其与任何其他可持续发展目标没有密切关系。种子理念和气候研究联合实验室提案都没有对“淡水和海洋”合并群组给予任何实质性的关注，尽管在区域评估的分析中部分地解决了这一差距。

图23.10显示了跨多个群组的种子理念/提案的数量。气候研究联合实验室提案倾向于与多个群组相关，而种子理念往往专注于一个群组。这是有道理的，因为种子理念通常是单一的举措，而不是将干预措施组合成一个提案。种

图23.10：种子理念和气候研究联合实验室提案的群组间配对

讨会种子理念

群组	农业、粮食、土地和生物多样性	能源、气候和空气	淡水和海洋	人类福祉	其他
农业、粮食、土地和生物多样性	30	4	4	5	6
能源、气候和空气	4	43	5	4	13
淡水和海洋	4	5	17	0	3
人类福祉	5	4	0	16	4
其他	6	13	3	4	84

气候研究联合实验室提案

群组	农业、粮食、土地和生物多样性	能源、气候和空气	淡水和海洋	人类福祉	其他
农业、粮食、土地和生物多样性	18	6	5	9	12
能源、气候和空气	6	12	2	7	6
淡水和海洋	5	2	5	2	4
人类福祉	9	7	2	14	9
其他	12	6	4	9	23

数字表示有至少一项干预措施对应于每一交叉群组的种子理念/提案的数量

子理念有将“能源、空气和气候”群组与“其他”群组配对的趋势，而在气候研究联合实验室提案中，这是最不常见的配对之一。气候研究联合实验室提案更倾向于各群组与“人类福祉”群组之间的配对，因为“减轻贫困”措施在气候研究联合实验室提案中的代表性很强。从该图中得出的主要结论是，在现实情况下，干预措施可能发挥跨群组的作用。因此，也可能给出具体例子来阐述如何实现第22章所述的协同作用。

农业、粮食、土地和生物多样性

在与“农业、粮食、土地和生物多样性”群组有关的种子理念和气候研究联合实验提案中，“粮食获取”“陆地生态系统保护”和“土地损害最小化”的代表性最高（**图23.11**）。没有针对“土地所有权”的解决方案，且只有两个解决方案涉及“营养管理”。

该群组表现出的一些主要趋势是粮食生产的非集中化和本地化（例如，社区支持的农业、城市农业创新），以改善粮食获取、减少土地损害且可能提高产量。这些类型的解决方案有可能解决第22章中确定的产量改善权衡问题例如，与应对气候变化和水资源短缺问题的冲突。

能源、气候和空气

在与“能源、气候和空气”群组有关的种子理念和气候研究联合实验提案中，“低/零排放能源技术”“行为变革（交通和家庭能源的使用）”“能源获取”和“提高能源效率”的代表性最高（**图23.12**）。涉及“生物能源”、“负排放技术”和“空气污染控制”的解决方案非常少。气候研究联合实验室提案之一“利用土著方法解决气候变化适应和减缓问题”明确了不要仅仅依赖于技术修复的重要性，也认识到了利用各种知识来源的地方创新的相关性。

淡水和海洋

为了方便分析而合并的“淡水”和“海洋”群组是最少涉及的群组之一，特别是在气候研究联合实验室提案中（**图23.13**）。与这个合并群组相关的种子理念最关注“水、环境卫生和个人卫生”问题，而没有种子理念或提案涉及“海水淡化”或“海洋监管”问题。

图23.11：研讨会提出的种子理念和气候研究联合实验室提案中涉及“农业、粮食、土地和生物多样性”群组下各项干预措施的种子理念和提案的数量（当种子理念和提案与多项措施对应时会重复计算）

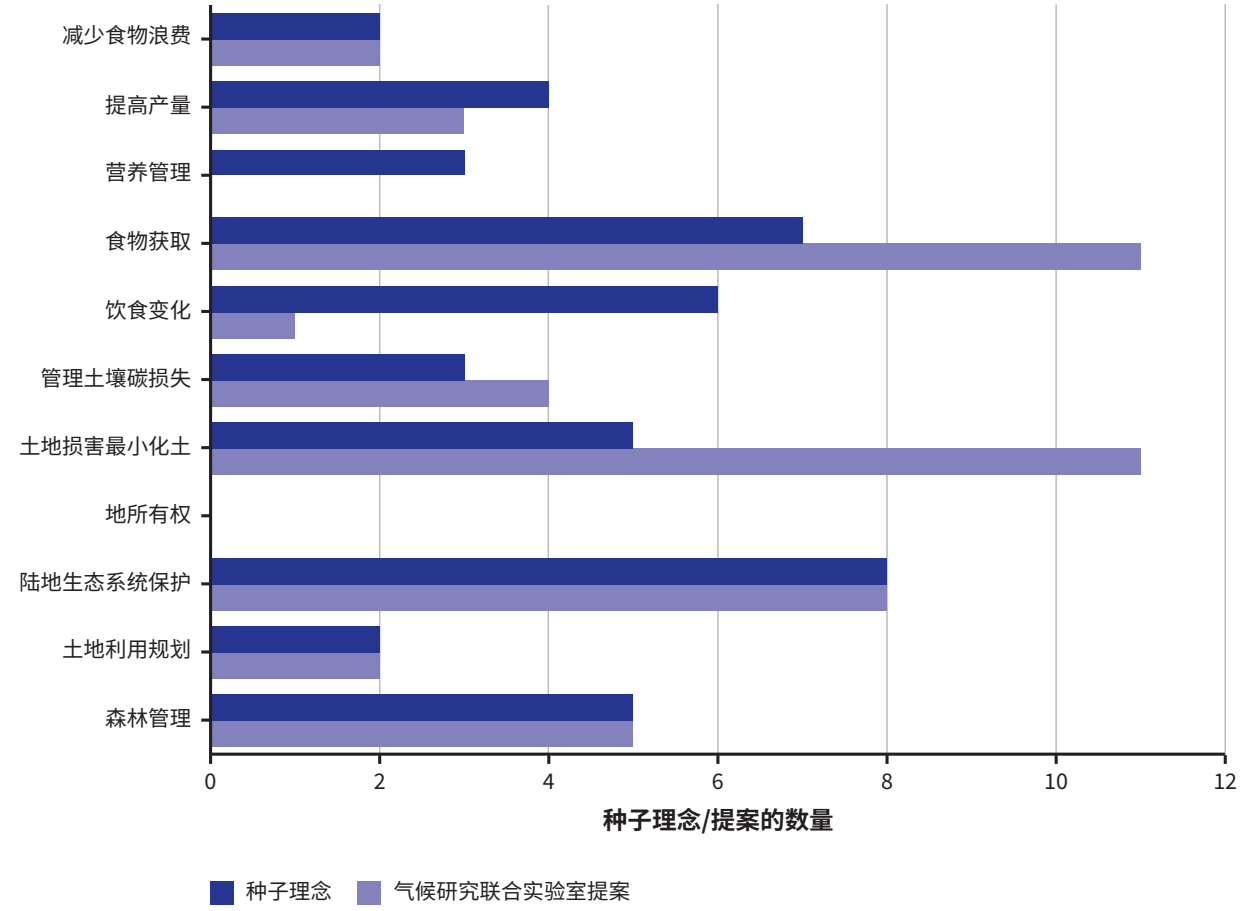


图23.12：研讨会提出的种子理念和气候研究联合实验室提案中涉及“能源、空气和气候”群组下各项干预措施的种子理念和提案的数量（当种子理念和提案与多项措施对应时会重复计算）

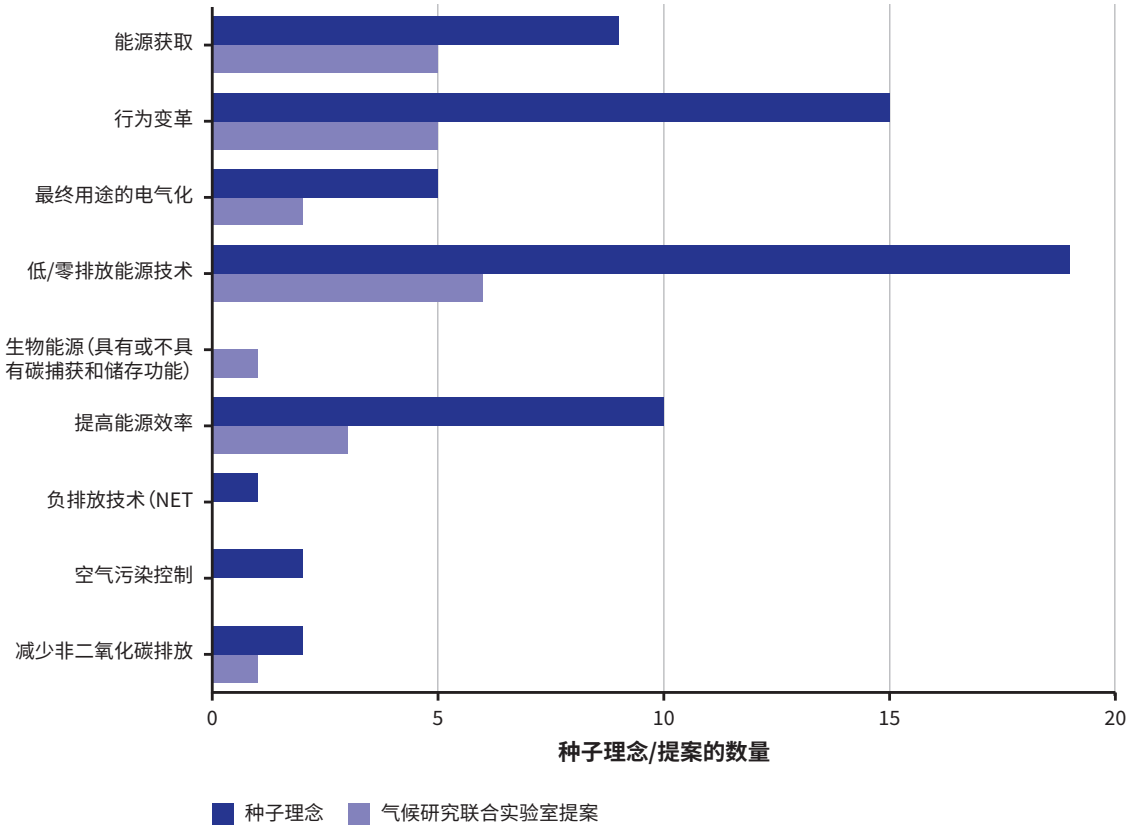
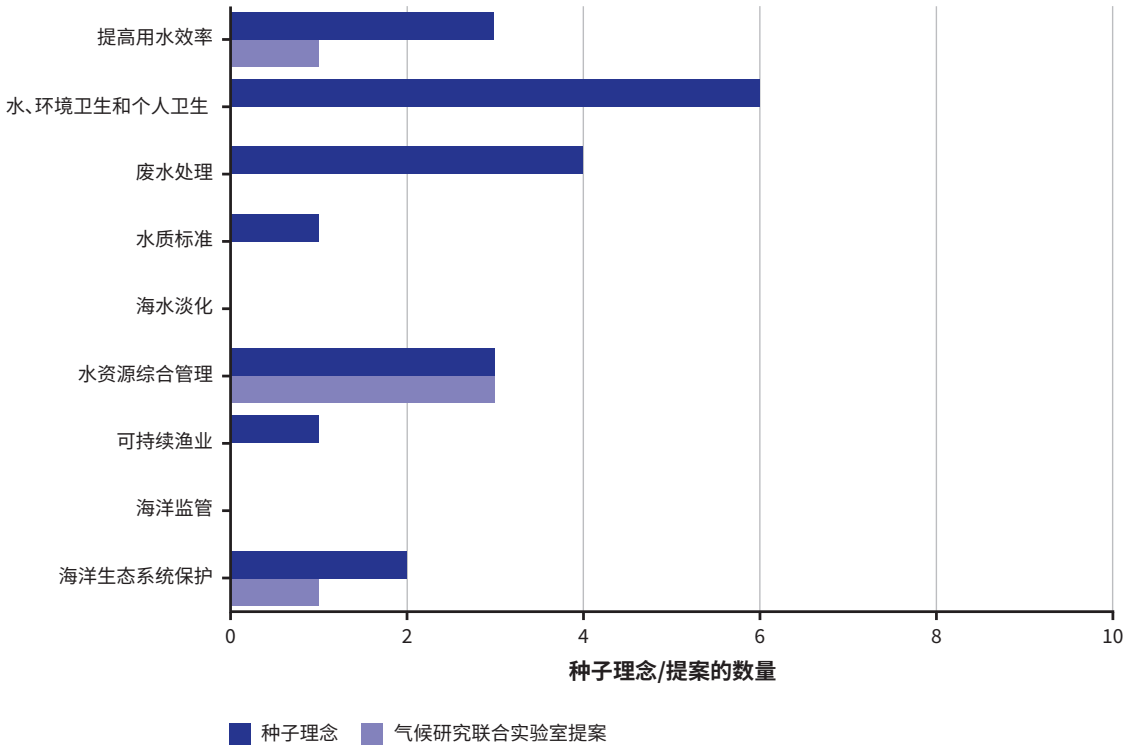


图23.13：研讨会提出的种子理念和气候研究联合实验室提案中涉及“淡水和海洋”合并群组下各项干预措施的种子理念和提案的数量（当种子理念和提案与多项措施对应时会重复计算）



人类福祉

与“人类福祉”群组有关的解决方案主要侧重于“减轻贫困”，而“儿童和孕产妇保健”只在一项气候研究联合实验室提案中涉及（**图23.14**）。这可能凸显出政府干预的一个重要领域，需要专门针对这些领域开展工作。

23.10 《全球环境展望》区域评估综述

下文介绍了《全球环境展望6》区域评估中强调的其他干预措施，随后概述了不同干预措施群组的区域重点，以及与常见的自上而下和自下而上的干预措施之间的比较。

23.10.1 其他干预措施与不同地区的相关性

区域评估中另外还提出了九项干预措施（更详细的讨论，请参见第23.11节）。其中两项干预措施——“有效治理”和“意识提升和技能建设”——在所有六个区域评估中都被认为是重要的干预措施。区域评估表明，需要鼓励各类行为者参与寻求变革性解决方案以实现可持续发展，且所有区域评估都强调要加强企业、政府和公民社会之间的新的合作发展。除了这些共性之外，评估还反映出了特定于区域的问题，强调需要考虑采取自下而上的举措。在北美地区的评估中，确定的治理和能力建设需求侧重于综合前瞻性方法，这些方法利用新技术和公民科学进行监测和报告，最终将环境成本内部化到经济成本中。非洲地区、拉丁美洲和加勒比海地区的评估强调，要实现有效实施和监管，防止进一步的栖息地丧失和土地退化，其重点是有助于加强公平土地所有权和自然资源可持续利用的政策。欧洲地区、亚洲及太平洋地区的评估着重强调区域政策一体化和合作，尽管欧洲展望的重点是鼓励可持续生活方式的政策协调，而亚洲及太平洋展望的重点是减少灾害风险的适应性响应。

在西亚地区的评估中，最重要的治理问题是和平与安全。只有三项区域评估（非洲地区、欧洲地区、拉丁美洲和加勒比海地区）强调了针对远程耦合（tele-coupling）问题强化全球治理的必要性，指出这一问题将生产和消费影响转移到了其他地区。这种对区域间影响的考虑不足，特别是关于来自北美、亚洲及太平洋部分地区等主要消费地区的影响，是一个令人关注的问题，应该被纳入作为未来区域评估中的一项明确标准。

“监测和报告”“减少塑料和消费者废弃物”以及“生态系统恢复”也是普遍的区域干预措施，最初对情景文献进行审查时，并没有发现这些干预措施被重点提出。除欧洲外，所有其他地区都强调“监测和报告”的重要性，且重点是利用新技术和公民科学来监测未来趋势和报告可持续发展情况。除了非洲、拉丁美洲和加勒比海地区外，大多数地区都强调要“减少塑料和消费者废弃物”，并主要侧重于用于固体废弃物管理的垃圾填埋场的解决方案。欧洲、北美和西亚都强调了要进行“生态系统恢复”，但每个地区的侧重点不同。在北美，恢复生态系统被认为对改善水质管理具有重要意义，而在西亚，恢复生态系统主要集中在恢复沿海海洋生态系统，以此作为减少灾害风险的战略。在欧洲，恢复生态系统是实现生物多样性保护、弃耕农田的重整、减少氮和温室气体排放、恢复蓝绿基础设施以促进身心健康等多个目标的综合路径。

只有一些区域评估指出要将“循环经济”和“可持续发展的智慧城市”作为干预措施（**图23.15**），然而，至少有两个区域将其视为优先干预措施，且从自下而上的举措中可以看出，这些干预措施代表了新兴的机会，可以作为实现可持续未来的综合和协同方法。

图23.14：研讨会提出的种子理念和气候研究联合实验室提案中涉及“人类福祉”群组下各项干预措施的种子理念和提案的数量（当种子理念和提案与多项措施对应时会重复计算）

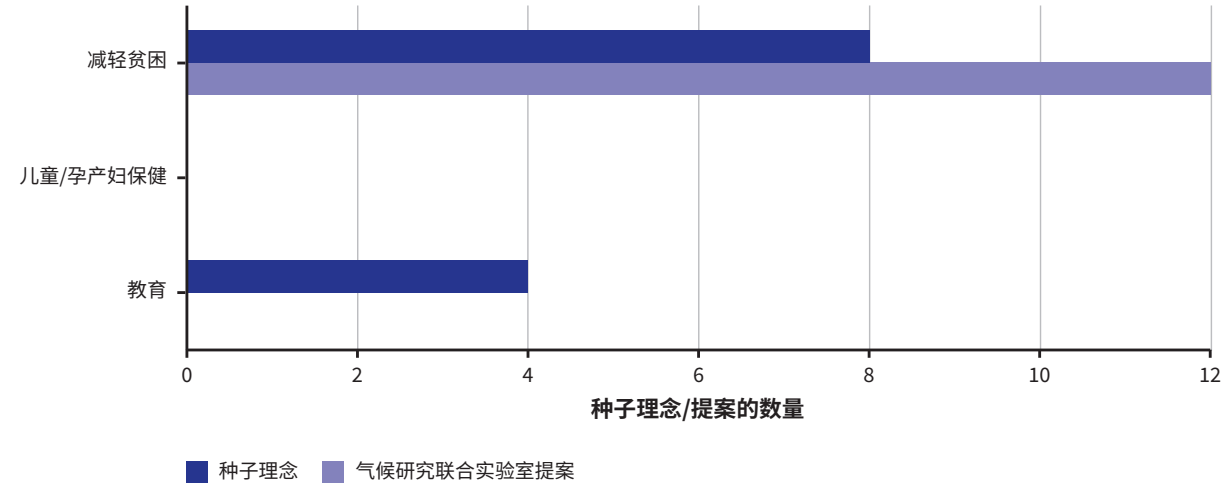


图23.15:《全球环境展望》区域评估的展望章节强调的干预措施

群组	措施类别	北美	拉丁美洲和加勒比海地区	非洲	欧洲	亚太地区	西亚
能源、空气和气候	能源获取			■			
	行为变革(交通和家庭能源)	■		■	■	■	
	最终用途的电气化						
	低/零排放能源技术(非生物质燃料)	■	■	■	■	■	■
	生物能源(具有或不具有碳捕获和储存功能)	■	■		■		
	提高能源效率	■			■		■
	负排放技术				■		
	空气污染控制			■	■		
	减少非二氧化碳排放				■		
农业、粮食、土地和生物多样性	减少食物浪费	■			■		■
	产量提高	■		■	■		
	营养管理						
	食物获取			■			
	饮食变化						
	管理土壤碳损失	■		■			
	土地损害最小化	■	■	■			
	土地所有权			■			
	陆地生态系统保护	■	■	■	■		■
	土地利用规划		■	■	■		
	森林管理		■	■	■		
	提高用水效率	■		■		■	
淡水和海洋	蓝碳						
	水、环境卫生和个人卫生			■		■	■
	废水处理	■					
	水质标准	■					■
	海水淡化						
	水资源综合管理	■		■			■
	可持续渔业			■			■
	海洋监管					■	
	海洋生态系统保护			■		■	
人类福祉	减轻贫困						
	儿童/孕产妇保健					■	
	教育		■				
其他区域性和自下而上的干预措施	有效治理	■	■	■	■	■	■
	意识提升和技能建设	■	■	■	■	■	■
	监测和报告	■	■	■		■	■
	减少塑料和消费者废弃物	■			■	■	■
	生态系统恢复	■			■		■
	可持续发展的智慧城市	■				■	
	循环经济				■	■	■
	共享经济						
	性别平等						

蓝色表示相关的区域评估中突出强调要通过此干预措施实现更可持续的未来发展;白色表示没有提到此干预措施。此处的干预措施与第22章中使用的分组类似。情景文献审查中预先确定的清单上没有列出的干预措施被补充了进来(标记为“其他区域性和自下而上的干预措施”),从而得到一个更新的干预措施清单(参见第23.8节)。

23.10.2 不同干预措施群组的区域重点

各区域最常见的干预措施是“低/零排放能源技术”“陆地生态系统保护”“有效治理”“意识和技能建设”以及“监测和报告”。区域评估表明，“能源、空气和气候”群组和“农业、粮食、土地和生物多样性”群组下的干预措施在各地区的普遍程度大致相似，而“淡水和海洋”合并群组下的干预措施的普遍程度较低（**图23.16**）。直接与“人类福祉”群组相关的干预措施存在标记空白（此情况与气候研究联合实验室提案不同，该群组下的干预措施在这些提案中得到了最高程度的重视）。下文就第22章中确定的群组下的干预措施的区域重点进行了讨论。

能源、气候和空气

有一个积极发现是，可再生能源是所有地区的优先发展事项，第22章中也这样强调。所有六项评估——无论是主要由发达经济体还是发展中经济体组成——都在其关键干预措施中重点提到了可再生能源。在非洲，可再生能源不仅被视为改善空气质量和温室气体排放的一种方式，而且也被视为改善基本服务的一种手段，需要在农村地区部署离网基础设施。在西亚，可再生能源被视为解决食品和水安全的基本考虑因素。尽管拉丁美洲和加勒比海地区的温室气体排放水平目前是全球最低的，但该地区非常重视可再生能源发展，将其作为减缓当前排放趋势的一种手段，因为在对低碳排放发展不进行投资的情景下，这种排放水平预计会大幅提高。

虽然可再生能源是所有地区的优先发展事项，但各地区在减排问题方面的干预措施上存在明显差距，欧洲是唯一强调要全方位实施“能源、空气和气候”干预措施的地区。各地区缺乏对气候减缓的直接行动令人担忧。在解决适应气候变化问题上，存在一定的区域性差异：非洲地区和北美地区都强调食物和水安全；亚洲及太平洋地区和西亚地区强调减少灾害风险；欧洲地区强调空气质量和健康；拉丁美洲和加勒比海地区强调基于生态系统的恢复力，并指出需要系统地考虑通过借鉴土著和地方知识来制定替代性可持续性框架。

农业、粮食、土地和生物多样性

这一组干预措施反映了对土地系统的管理，且土地系统通常体现在生态和生物物理学层面。虽然陆地生态系统保护在这一组干预措施中仍然占主导地位，但有迹象表明，传统方法的范围正在扩大，以涵盖更加综合的社会生态举措，例如，减少食物浪费、产量提高、农业生物多样性以及森林和土地管理（**图23.16**）。在非洲地区、拉丁美洲和加勒比海地区，保护性方法已逐渐转为更加可持续的土地管理，这一点体现于对生态系统基础设施理念以及其对建筑基础设施的补充效益的重视上。所有区域都对营养管理和饮食变化缺乏关注，这是区域评估中强调的显著干预差距，表明社会生态层面的更多行为要素在各区域尚未完全融入这一群组下的干预中。社会经济干预层面的类似差距在“人类福祉”群组中也普遍存在。

该群组下的干预措施也反映出了特定于区域的环境问题。非洲地区、拉丁美洲和加勒比海地区非常重视保护陆地生态系统和可持续土地管理，表明有必要缓解这些地区在满足农业发展需求进行大规模土地转换方面面临的巨大压力。为了实现跨越式的可持续发展，非洲地区也强调了在农业集约化投资上的潜力，以期在提高效率的同时提高农业产量，从而减少进一步的栖息地丧失。欧洲地区和北美地区非常重视提高产量和减少食物浪费，且欧洲也将注意力集中在土地弃耕和重整上。粮食获取是该群组中强调的另一项社会干预措施，且有助于为非洲和西亚的小农提供更好的发展机会。

淡水和海洋

与研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案一样，相较于本节前述两个群组，区域评估对“淡水和海洋”群组下的干预措施同样较少关注。欧洲地区、拉丁美洲和加勒比海地区的区域展望部分尤其忽略了这一群组下的干预措施。这两个地区在应对主要的淡水挑战（欧洲的水质改善、拉丁美洲和加勒比海地区的供水和卫生设施条件改善）方面有改善迹象，因此可能将焦点放在了更重要的区域挑战上，例如，欧洲的生产和消费变革，以及拉丁美洲和加勒比海地区的可持续土地管理。

强调得最多的淡水干预措施是水资源综合管理、改善用水效率、改善饮用水和卫生设施的获取。前两项干预通常捆绑在一起，主要的叙述是围绕水资源综合管理，以解决水资源短缺和水资源分配问题。非洲、亚洲及太平洋、北美都强调了要进行水资源综合管理并改善用水效率（北美是近期发生干旱后在气候变化预测中这样指出）。有趣的是，西亚本身没有强调水资源短缺问题，而是提出要在地下水取水和海水淡化方面进行投资，以满足快速扩张的城市地区的供水和卫生设施需求。这表明至少有一个区域明确提到水资源多样化是应对供水挑战的一种可行手段。水质问题——同时指安全的废水处理和供水质量——与水资源综合管理独立开来加以处理。北美和西亚的区域展望中都强调了水质干预措施，两个地区均非常关注废水处理和化学品染物问题。

只有非洲和亚洲及太平洋的区域展望强调了海洋干预。对于非洲而言，这主要是围绕保护海洋生态系统以实现可持续渔业。在亚洲及太平洋地区，保护海洋生态系统被视为一项战略，有助于实现可持续渔业管理和减少灾害风险，特别是红树林的保护和恢复。

图23.16:重点强调第22章中确定的群组下的干预措施的区域的数量

		0	1	2	3	4	5	6	7
能源、空气和气候	能源获取	■							
	行为变革(交通和家庭能源)	■	■	■	■				
	最终用途的电气化								
	低/零排放能源技术(非生物质燃料)	■	■	■	■	■	■		
	生物能源(具有或不具有碳捕获和储存功能)	■	■	■					
	提高能源效率	■	■	■					
	负排放技术	■							
	空气污染控制	■	■						
	减少非二氧化碳排放	■							
农业、粮食、土地和生物多样性	减少食物浪费	■	■	■					
	产量提高	■	■	■					
	营养管理								
	食物获取	■	■						
	饮食变化								
	管理土壤碳损失	■	■						
	土地损害最小化	■	■	■					
	土地所有权	■							
	陆地生态系统保护	■	■	■	■	■			
	土地利用规划	■	■	■					
	森林管理	■	■	■					
人类福祉	减轻贫困								
	儿童/孕产妇保健	■							
	教育	■							
淡水和海洋	提高用水效率	■	■	■					
	蓝碳								
	水、环境卫生和个人卫生	■	■	■					
	废水处理	■							
	水质标准	■	■						
	海水淡化	■							
	水资源综合管理	■	■	■					
	可持续渔业	■	■						
	海洋监管	■							
	海洋生态系统保护	■	■						
其他	监测和报告	■	■	■	■	■			
	循环经济	■	■	■					
	共享经济								
	减少塑料和消费者废弃物	■	■	■	■				
	意识和技能建设	■	■	■	■	■	■		
	性别平等								
	可持续发展的智慧城市	■	■						
	生态系统恢复	■	■	■					
	有效治理	■	■	■	■	■	■		

第22章中确定的群组(0 =无区域,6 =全部区域)

人类福祉

各地区对“人类福祉”群组下的干预措施明显缺乏重视。只有一个区域展望（拉丁美洲和加勒比海地区）将其中一项干预措施（“教育”）视为实现可持续未来的关键举措。其他群组中以社会为导向的干预措施要么得不到重视（例如，“能源获取”“粮食获取”“可持续发展的智慧城市”），要么根本没有提及（例如“营养管理”“饮食改变”“减轻贫困”“共享经济”“性别平等”）。“人类福祉”下的干预措施在整个区域评估中甚至在区域展望章节中被忽略就不足为奇了。实际上，在许多情况下，与人类福祉可持续发展目标的协同作用是讨论到的，并在一些情况下进行了详细讨论（例如，非洲、拉丁美洲和加勒比海地区）。然而，其本身并没有作为干预措施被提出来。相反，区域评估认为，该群组下的干预措施是前三个群组得到有效管理后的衍生成果，而不是需要进行明确规划以便协同实现。未来的区域评估可以通过明确考虑和规划这一群组下的干预措施来制定更加综合性的战略。

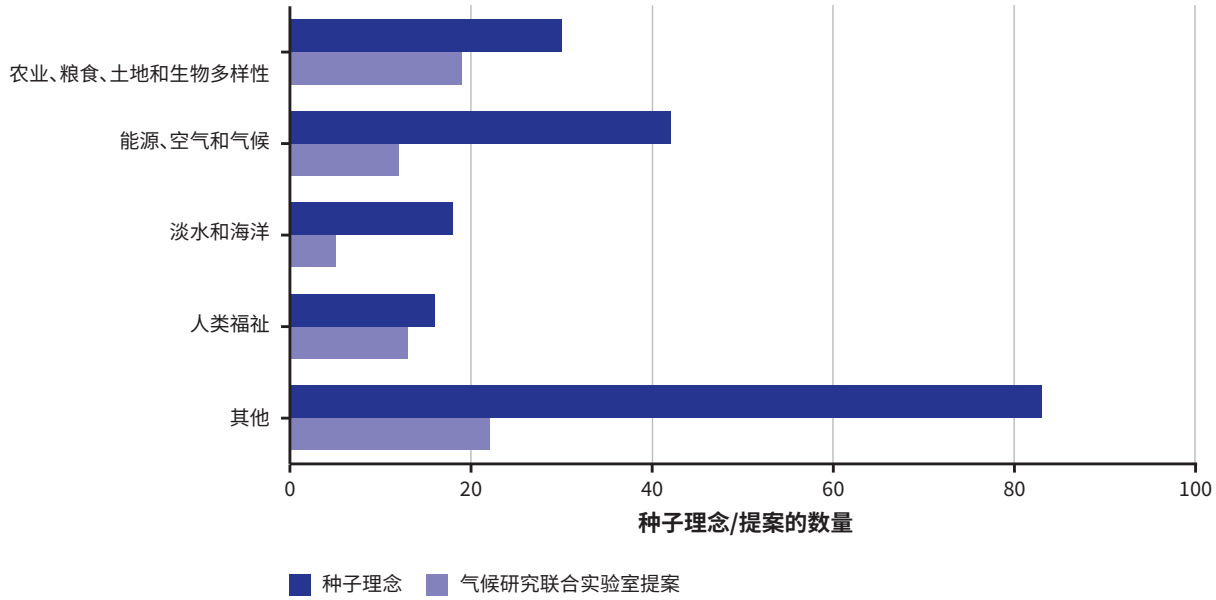
23.11 区域展望干预措施和自下而上的举措

23.11.1 其他类别的干预措施

在对种子理念和提案进行收集和评估，以及对重点强调的区域干预措施进行审查的过程中，分析发现很大一部分解决方案不能与第22章中确定的任何类别的措施完全匹配（参见**图23.15**和**图23.16**中的“其他”）。因此九个新类别被标记提出并纳入分析：

- **监测和报告：**改善对环境条件的监测和报告的创新手段，包括公民科学举措。
- **循环经济：**旨在提高资源利用效率的创新手段，特别是通过实施新的商业模式，更好地处理来自其他生产过程的废弃物（参见Ghisellini，Cialani和Ulgiati，2016年）。
- **共享经济：**与点对点的商品和服务共享相关的创新手段，主要借助信息和通信技术平台（参见Hamari，Sköklint和Ukkonen，2016年）。
- **减少塑料和固体废弃物：**有助于减少塑料和固体废弃物的创新手段。
- **意识提升和技能建设：**与可持续发展和环境问题有关的教育，以提高公众意识和培养相关技能。
- **性别平等：**促进所有性别得到公平对待的解决方案，包括赋予女性权力和考量性别平等问题。
- **可持续发展的智慧城市：**利用现代数字技术的智慧城市，例如，手机应用程序，动员公民参与解决他们面临的关键可持续性挑战，例如，城市交通、消费模式、能源、营养、水和废弃物。
- **生态系统恢复：**协助恢复已退化、损害或毁坏的生态系统的过程。虽然这个类别很适合划分在“农业、粮食、土地和生物多样性”群组下，由于在本报告中强调了这种干预，因此它被视为一个单独的类别。在未来的评估中，可以将其调整为指代以自然为本的解决方案，涵盖利用本土知识和生态基础设施的相关创新。
- **有效治理：**旨在改善区域合作和跨尺度协调的解决方案，包括改善对系统间相互联系和远程耦合的管理，以减少区域间的不平等。

图23.17：按群组分类的种子理念和提案



157个研讨会的种子理念中有60个，且34份气候研究联合实验室提案中有7份是针对被归为“其他”群组的新干预类别进行标记（**图23.18**）。种子理念和提案中有的措施可同时针对“其他”和其他四个群组中至少一个进行标记，且显现出一些初步模式，即使样本量很小。在种子理念方面，最常与“其他”干预措施配对的群组是“能源、空气和气候”群组，种子理念将这一群组与“监测和报告”“智慧城市”以及“意识和技能建设”联系起来。“性别平等”只在两个种子理念中被提到，而且都没有针对四个主要群组中的任何一个进行标记。相比之下，在气候研究联合实验室提案方面，“性别平等”和“意识和技能建设”是最强的干预类别，且出现在了许多提案中，并与所有四个主要群组配对。这些提案中的建议包括：针对妇女的指导网络，甚至是通过养蜂等活动进行女性经济赋权。“农业、粮食、土地和生物多样性”群组是与各种“其他”干预措施配对最明显的群组。虽然“监测和报告”是种子理念中具有强烈代表性的衡量指标，但其在气候研究联合实验室提案中却不那么常见。

自下而上的举措平台中强调了在全球区域评估中未涵盖的两项干预措施：“共享经济”和“循环经济”。这些表明创新有助于促进“能源”群组，并解决“农业、粮食、土

© Shutterstock/Kalong Wangchao

图23.18：“其他”干预措施与主要群组中至少一项干预措施的配对数量

研讨会种子理念

“其他”类别	农业、粮食、土地和生物多样性	能源、气候和空气	淡水和海洋	人类福祉
监测和报告	0	0	0	1
循环经济	3	0	1	2
共享经济	2	1	0	1
减少塑料和消费者废弃物	2	1	0	0
意识和技能建设	5	5	2	4
性别平等	6	3	3	2
可持续发展的智慧城市	0	0	0	0
生态系统恢复	1	0	0	1
有效治理	0	1	0	0

气候研究联合实验室提案

“其他”类别	农业、粮食、土地和生物多样性	能源、气候和空气	淡水和海洋	人类福祉
监测和报告	2	5	0	1
循环经济	2	1	2	2
共享经济	0	0	0	0
减少塑料和消费者废弃物	2	1	0	2
意识和技能建设	1	3	0	0
性别平等	0	0	0	0
可持续发展的智慧城市	0	4	0	0
生态系统恢复	0	0	1	0
有效治理	0	0	0	0

地和生物多样性”群组中的生产和消费挑战（参见**专栏23.6**）。

23.11.2 对未来评估的影响

对全球状况的审查有助于综合考虑可用于实现更可持续未来的潜在干预措施。此外，通过具体的例子，可以分析这些干预措施之间可能的协同作用和权衡取舍。但是，自下而上分析中未涵盖的另外九项干预措施应该在未来的全球展望中纳入考虑（**图23.18**）。例如，“智慧城市”在区域展望中被强调为是对可持续性发展做出综合响应的一种手段，且涉及可推动转型变革的多种干预。考虑到当前的人口和城市化趋势，探索这些城市发展机遇及其在改变城乡动态中的作用应成为全球评估的重点。自下而上的举措强调，“共享经济”和“循环经济”是快速发展且特定于区域新兴干预措施。未来的全球评估应将这些干预措施的影响纳入其展望中。虽然土著和地方知识在可持续发展创新方面发挥的重要作用没有被作为一个单独的类别列出，但其在生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台开展的类似参与式过程中被视为一个重要层面（参见Lundquist，2017年；生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018e），并可在未来评估中予以重视。

对于相同的干预措施或同一干预措施群组，不同地区对其的重视程度存在巨大差异。

因此，通过收集、试行和扩大符合地方背景的各类自下而上举措，可有效地向决策者提供具体示例信息，帮助他们确定可普遍适用的路径。“有效治理”和“意识提升和技能建设”是所有区域评估都强调的两种干预措施。通过比较在区域评估的展望章节中确定的干预措施与通过审查情景文献确定的干预措施，我们发现存在一些差距，应在未来的区域评估中加以注意和明确考虑。最显著的差距体现在“人类福祉”群组，以及将更具社会性和行为性的干预措施（例如，“营养管理”“饮食改变”“能源获取”）纳入其他群组上。

对全球情景文献的审查清楚地表明，对可持续发展采取的一些干预措施可以在多个目标之间实现协同作用，而其他可能会导致与特定目标的权衡。**表22.1**揭示了哪些干预措施与其他措施之前存在权衡，或可产生协同效应。系统性地考察干预措施之间的协同作用和权衡取舍有助于确定综合性方法，将自上而下和自下而上的愿景联系起来。

23.12 变革的有利条件

文献指出，可持续性变革需要创新，对技术和制度都有此要求（Olsson等人，2017年）。第24章详细阐述了政策与促进实现具体的未来目标的转型变革之间的关系。本章将讨论什么样的条件才能保障自下而上的举措得到推广实施并促成潜在的转型变革。有许多现有且进行中的举措旨在

专栏23.6：案例研究：粮食系统

《全球环境展望6》认为粮食系统是一个关键的跨领域问题，因为其对环境会产生一系列影响（水、土地和温室气体排放）（参见第4章、第8章和第17章）。在《全球环境展望6》进程中组织的利益相关方参与和众包活动中，156个研讨会种子理念中有27个与粮食问题直接相关，34份气候研究联合实验室半决赛入围提案中有11份也是如此。活动结果表明，参与者希望推动更可持续的粮食系统，其中，有多项不同的提案提到了饮食改变（例如，减少肉类摄入）、减少粮食分配系统中的食物浪费，以及替代性生产系统。一些研讨会种子理念没有明确提到如何应对环境影响，例如，与食物浪费有关的影响；但是，据估计，全球生产的粮食中有三分之一被浪费掉（参见第8章），减少这种食物浪费可以使农业生产所消耗的自然资源得到更有效利用。

有一些研讨会种子理念与饮食变化有关，特别提倡增加和支持对素食和纯素食的摄入。人们普遍认为，相较于肉类饮食，这种饮食习惯消耗的土地、水和能源更少（Pimentel和Pimentel，2003年），即使在牧场饲养牲畜时注意对土地的适当管理可实现可持续性（Eisler等人，2014年）。其他理念涉及替代农业方法（例如，城市农业、屋顶农场、农林业），这些方法可能对粮食安全产生积极影响，同时减少对土地和/或水资源的依赖。气候研究联合实验室提案比在利益相关方面对面研讨会期间收集的种子理念更详细。虽然这些提案的主要焦点显然是气候变化，但约有三分之一与粮食系统有关。提出的解决方案涵盖非常广泛的全球干预措施，例如，涉及“数以万计的粮食食林”的可持续性网络，以及更具针对性的干预措施，例如，提高非洲受干旱影响地区农业土壤的保水能力。尽管在确保有效性上面临挑战，自下而上的情景中有变革食物系统的明确意愿，表明在第22章中建模路径中确定的必要变革方面有一定程度的公共意识。

来自种子理念研讨会和气候研究联合实验室平台的一些拟议干预措施可以改变现状——尽管有待进一步的严格考察——有可能从根本上改变基于模型的未来粮食生产情景的开发方法。人口、肉类消费、平均农业产量和与之相关的土地使用之间的模型关联需要进行实质性的再定义，考虑通过对食物垃圾的大范围再利用实现养分回收等（Cordell等人，2011年），结合有可能增加和多样化产量的可再生、生态化且多功能的农业系统（Horlings和Marsden，2011年）。此外，文献中还提到了优化推定饮食的基本模型（Schramski等人，2011年；Ward等人，2014年），其有助于改变情景中存在的“人类与土地使用之间存在僵化关系”这一传统观点。

实现可持续发展目标和其他全球多边环境协定。虽然这些举措可能是创建人类和地球更理想未来的潜在基石，但更高层面的有利治理条件对于这些举措的扩大部署至关重要（Moore，Riddell和Vocisano，2015年）。

关于可持续性变革的文献大量存在，根据其提供的有用框架，我们可以知道需要营造哪些治理条件，才能转变不可持续的系统，并扩大实施研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案中提到的创新举措。可持续性变革过程通常被分解为多个阶段，其时间段与现有问题相关，包括准备阶段，在此阶段会进行创新举措的开发；实施/加速阶段，在此阶段，创新举措会经历发展，并成为新体系的一部分；以及制度化阶段，在此阶段将会形成一个将在长期内可持续发展的更理想的体系（Olsson等人，2006年；Moore等人，2014年；Pereira等人，2018a）。为了成功地推动变革，每一阶段都需要强有力的治理条件。这些有利条件最好可分为两种：其一，支持性条件，即支持创新举措得到适当的扩大部署；其二，颠覆性条件，即弱化现有有问题的体制。

为了将理论与自下而上的举措联系起来，**表23.3**介绍了通过现有文献确定的推动变革的支持性和颠覆性条件，并提供了具体示例以建立与研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案之间的联系。

23.13 关键信息

对推动实现地球健康，人类健康的潜在的自下而上区域性解决方案的分析表明，需要做到以下几点：

1. 整合自上而下和自下而上的方法来开发情景。
2. 考虑参与实现可持续性的所有行为者。
3. 在确定需要在哪些领域采取行动时要认识到保障分配正义的必要性。

表23.3：对适当扩大、实施和深化潜在变革性创新的支持性和颠覆性条件的概述

支持性条件	
建立和支持创新市场 转型治理应涉及建立和支持新的创新市场。这包括法规、免税、部署补贴和标签等政策。	一些种子理念和提案提到了要创建和扩大市场，例如，负责任的时尚产业，还有许多理念和提案研究了与循环和共享经济体内不断增长的新兴市场相关的创新。这些变革可能需要市场支持政策，例如，对符合某些标准的时尚项目进行标签，以及使消费者能够负担得起的利基创新（例如，废弃物再利用）而提供补贴。更一般地说，决策者和利益相关方应该不断探索如何才能支持与已确定的创新相关的可持续市场，直至其成为常态。
支持创新实验和学习 学习和实验支持包括对研发、部署和示范的支持，刺激企业家精神的政策，孵化器，低息贷款，风险投资和支持性监管条件。	没有太多种子理念和提案专门针对实验和学习支持。最相关的一个种子理念是关于专注于地方可持续创新的创新实验室。然而，鉴于种子理念和提案是基本处于其原型或早期开发阶段的新创新，创新实验和学习需要获得支持以确保持续发展。与所有种子理念和提案相关的治理应力求持续改进，以确保解决方案长期可行。
调动财政资源 财政资源支持是通过筹资机制、低息贷款和风险资本来动员金融资本	大量种子理念和气候研究联合实验室提案指出需要进行更多的资金筹集，包括调动国内资金；Inga Foundation提案寻求国际资金，以资助其项目；Govardhan Ecovillage提出了绿色创新基金；以及“以社区为基础的可持续发展框架”提到发达国家需要向欠发达国家转移财政资源（和技术专长）。 支持创新市场、支持实验和学习以及调动财政资源之间的共同点是强调要实施支持新创新的补贴和激励措施。研讨会路径，特别是在新加坡研讨会上确定的路径，强调需要通过补贴政策来促进可再生能源发展、绿色城市基础设施和可持续农业。气候研究联合实验室提案进行了更深入的探讨。“让老年人参与气候保护”提案呼吁鼓励老年人参与，提供发展碳汇的激励措施，以及提供教育补贴让儿童参与计划。Govardhan Ecovillage提交的提案建议对有机农民提供补贴。另一个例子，“城市固体废弃物堆肥生产和营销业务计划”，建议向个人、合作社、企业等提供激励和补贴。

支持性/颠覆性条件和说明 （改编自Kivimaa和Kern，2016年）	与研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案的联系
动员人力资源 人力资源支持是通过教育和劳动政策来动员人力资本。	人力资源调动是种子理念和提案中的一个突出主题，特别是教育和鼓励公众参与应对环境问题。有大量的意识、知识和技能发展解决方案，都有助于动员公众走向转型之路。在四个城市召开的研讨会上收集的所有基于种子理念的愿景中，“公众意识”同样被视为实现参与者构想的可持续未来的关键组成部分。人力资源调动方面有一些特殊且令人兴奋的例子，包括通过气候研究联合实验室提案“青年气候倡导者（YCL）”和“通过建房让青年帮助社区适应气候变化”教育青年人研究气候问题，以及许多促进环境参与的基于应用程序的解决方案。更广泛地说，为了深入推广解决方案，劳动政策需要同样促进和强调这些解决方案中优先事项。考虑到很多种子理念都提到了开发太阳能，有必要推出劳动和培训政策，以帮助促进教育和技能开发，满足扩大需求。
颠覆性条件	
控制政策 控制政策是指政府行为者可以制定的税收、贸易限制和法规，旨在使现有流程利润更低或更具可持续性。	与控制政策相关的种子理念和提案包括：限制塑料使用、减少红肉消费以及对塑料包装实施禁令和征税。在自下而上的举措中，控制政策（例如，内部化社会和环境成本和限制的税收）似乎不如许多其他有利条件那么常见，因为这些政策关注的现有体制，而不是提出新的解决方案。重要的是要认识到，对于所有种子理念和提案，变革转型通常既会产生赢家，也会产生输家（Meadowcroft，2011年；Geels，2014年）。因此，对于每一项新的创新，都存在可以通过控制政策来实现的变化（且应该进行探索），尽管这些政策应该考虑其更广泛的影响，因为它们可能会产生意想不到的后果。
制度改革 制度改革包括基本政策改革和总体制度结构的变化。	一些种子理念和提案提出了全新的制度结构来促进可持续性，例如，提倡“福祉经济”概念。其中包括降低决策者（如投票）和政策制定者的年龄标准，引入整合环境价值的新金融体系，以及推行扩大生产者责任的循环经济。
削弱现有的体制支持 取缔现有的、有问题的结构所依赖的支持性条件。	针对现有问题系统的依赖条件的解决方案的重点是，让公众知道为什么现有结构是有问题的，以及如何做才能改变现状。例如，许多应用程序着眼于让用户知道他们的生活方式如何对环境不友好以及如何通过行动做出改善，而“无吸管星期二”（No Straw Tuesdays）等计划旨在更广泛地限制吸管和塑料的过度使用。这可以延伸到包括取消对环境和社会有害的补贴。
变革网络和主要行为者关系 取缔当前行为者并打破强大的行为者网络结构，产生新的行为者和网络，推动预期变革。	一些研讨会路径和气候研究联合实验室决赛入围提案提出了要变革当前行为者关系，特别是通过建立协作环境和新的利益相关方网络。大型网络中的非集中化权力和行动是许多种子理念的关键组成部分。一项气候研究联合实验室提案“C’ SQUARE”也体现了在研讨会路径中发现的这一趋势，并提到需要向公民赋权并动员公民，以收集他们关于改善城市地区的意见。这项提案的成功取决于强大的合作伙伴和合作关系。气候研究联合实验室提案“有机货币基金”和“以社区为基础的可持续发展框架”的重点是动员各级利益相关方，包括国家政府、国际组织、当地社区和相关专家。

将自下而上的气候行动的影响纳入现有气候情景的持续努力表明，整合自下而上的活动能够做到以下几点。

- 更准确地了解现有的可持续发展路径以及存在差距的地方。
- 帮助各国政府将自下而上的活动纳入其议程并相应提供支持。
- 确定小规模举措，以提供可能很难量化，但可能对向低碳社会转型至关重要的能力（例如，能力建设、创新解决方案的试点）（Chan，Brandi和Bauer，2016年）。气候研究联合实验室建议将活动集中于发展中国家，以填补现有文献在全球发达国家以外的可持续性创新方面的关键数据缺口。

23.13.1 方法学习

缺乏在可持续性背景下的自下而上的未来情景构建带来了重大挑战。在合法性层面，如果大规模的全球或区域未来情景没有代表多样性的生活体验、世界观和理念，则不可能兼顾到不同社会角色的关切和需求。如果大规模的可

持续未来情景没能吸收来自地方和国家层面的见解和观点，以及整合土著人民等多样化知识体系，则很难想象转型变革能够成功。当前，许多旨在构建更美好未来的种子理念伴随着现有体制而存在，这通常意味着它们是在地方运作，即使它们有时通过跨地方网络进行组织（Bennett等人，2016年）。这种趋势体现于可能有助于实现更理想未来的种子理念，例如，可能产生全球影响的实践、技术和治理形式。这种趋势还体现于一旦出现便可能改变人类世挑战的新威胁和风险，例如冲突、自然资源危机、疾病和有问题的技术（Steffen等人，2015年）。此外，全球可持续未来情景中缺乏自下而上的信息补充也会影响这些情景和愿景的使用方式。如果全球情景与现实缺乏联系，那么它们可能被认为过于理论化及一般化，无法为决策提供有效信息。如果使用这样的未来情景，那么，为应对地方层面的未来挑战而提出的自上而下框架的涵盖范围将受到限制，且影响未来框架制定者的合法性（Vervoort等人，2014年）。

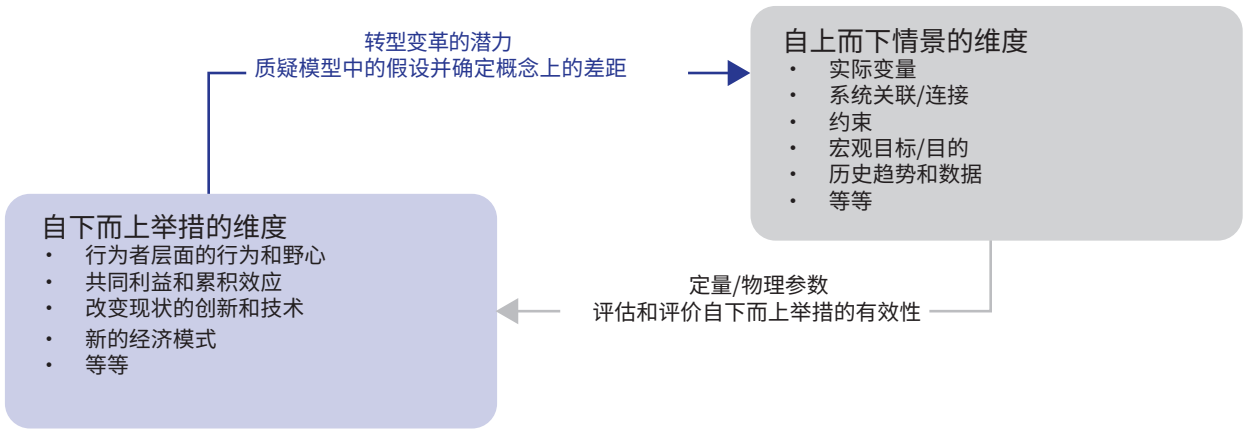
基于综合评估模型的自上而下情景和基于行为者的自下而上举措，作为引领可持续发展的工具，各自都有优势和劣势。如果使用得当，两种方法都有可能相互补充和相互加强，如**图23.19**所示。

研讨会种子理念和气候研究联合实验室提案代表了一个小样本，但它们表明，一些解决方案具有高度协同性（在针对的可持续发展目标方面）、极其多样化的覆盖范围，以及多层面性（使按任何单一维度的分类都具有挑战性）。这些举措覆盖所有可持续发展目标，但主要集中在可持续发展目标的目标2、目标3、目标11、目标12和目标13。这些举措所涉及的领域是多种多样的，并且——除了气候研究联合实验室提案对气候变化的预期关注之外——种子理念和气候研究联合实验室提案都以跨部门的方式侧重于食品、能源、水和废弃物部门以及它们的相互联系。种子理念和气候研究联合实验室提案设想主要通过新技术变革系统，但它们也设想通过转变生活方式来驱动变革，而生活方式的转变则是基于通过教育、技能开发、知识生成来强化环境意识。气候研究联合实验室提案略有不同，探索了生产实践的变化，提出了新的组织和业务，并提倡意识、知识和技能的发展。最后，在审查气候研究联合实验室提案时发现，这些提案均侧重于针对发展中国家的解决方案，特别是非洲和亚洲国家。

同时，定量、自上而下的方法可以用来指导自下而上的举措并强化其现实基础，反过来，这些自下而上的理念可以动摇自上而下模型中过度僵化或过时的假设。通过使用自下而上的方法，可以确定改变现状的理念，且这些理念可以从根本上重构我们对未来情景的看法。一个切实的例子是开发小规模、分散化的可再生能源系统。技术的快速发展，以及太阳能光伏发电和电池存储相关成本的降低，再加上信息和通信技术，使得微电网成为尚未获得化石燃料传统电力供应的区域的新选择。随着家用太阳能系统移动支付系统M-KOPA于2013年建立以来，微电网应用已经在肯尼亚成为现实。这些技术——以及公众对这些技术的需求——意味着过去的能源转型类型（从煤到石油、从石油到天然气、从天然气到大规模的可再生能源）可能不一定能够代表未来能源供应的跨越式发展。

第22章中的宏观层面路径和本章中的自下而上干预措施之间有许多相似之处。这两章中讨论的干预措施对多项可持续发展目标有共同效益。这两个层面的分析都侧重于城市可持续性以及食物浪费和饮食变化（**参见专栏23.5和专栏23.6**）。很明显，其两者之间存在互补关系，全球模型中的宏观层面路径促进了对许多背景驱动因素和干预措施进行综合分析，而自下而上的路径提供了关于变革理论的信息，且这些理念是扩大部署实现可持续发展目标的潜在做法的基础。从自下而上和宏观层面路径的综合分析中得到的补充信息表明，这些方法的进一步整合具有很大潜力。例如，全球建模结果可用于为利益相关者开发自下而上的途径提供直接的全球背景；自下而上的途径可以为将来的模型扩展提供指导。

图23.19：关于产生可持续情景的自上而下和自下而上方法之间互利反馈的概念框架



《全球环境展望6》开创的平台提供了一个机会——如果在未来的评估中采用的话——自上而下情景的开发者们将有机会了解公众对各种干预措施及其权衡的接受程度。为了满足不断增长的粮食供给需求，途径包括：扩大雨水灌溉农业的农业用地（以牺牲生物多样性为代价），增加肥料和灌溉以提高现有农业用地的产量（以水资源和污染为代价）。可以咨询利益相关方的意见，以深入了解不同方案的相对接受度，并且确定建模方法中可能存在的盲点，确保不会忽略替代的协同解决方案。同样，也可以找到有助于实现可持续发展目标的实际干预措施存在的差距——就像专门针对人口增长等对可持续发展构成挑战的驱动因素的干预措施一样，如第22章和A部分中所述。

较长期的整合类型包括：对当地情景和种子倡议进行定量汇总，并直接与模型的投入和产出建立联系，同时与自下而上路径要素的在线众包的模型整合。

23.14 主要干预措施以及充分认识鉴于全球不平等和不公平对分配正义的迫切需要

对气候研究联合实验室提案的分析发现，这些提案均侧重于针对发展中国家的解决方案，特别是非洲和亚洲国家，表明对于在哪些地方需要通过干预推行变革以及哪些群体需要采取行动存在不公平现象。虽然我们的分析只是一小部分研究，但如果它代表了更大的视角，那么，将推行变革和实施发展举措或解决方案的重担放在发展中国家加剧了全球治理结构中当前的权力不公平现象（Nagendra，2018年；Newell 2005年；Parks和Roberts，2008年；联合国社会发展研究所，2016年）。这种不平衡可能会模糊或忽视发达国家在当前发展轨迹中的作用（例如，只关注减轻贫困问题，而不讨论财富再分配问题）。虽然《全球环境展望》对欧洲的区域评估确实强调了与远程耦合相关的权衡和紧张关系，但对远程耦合普遍缺乏重视是令人担忧的，且需要协同努力（远程耦合强调，一个地区的消费模式会推动另一个地区在生产上的环境相关问题）（Liu等人，2013年；Seaquist，Johansson和Nicholas，2014年）。因此，考虑分配正义原则——旨在指导基于公平分配对经济活动的利益和负担进行分配的规范性原则（Lamont和Favor，2008年）——可以帮助建立基于公平和平等原则的发展议程。这种以平等为基础，以公平为重点的框架可以帮助应对发展中国家和发达国家的不同发展状况（Rosales，2008年；Pelletier，2010年；Nagendra等人，2018年）。这个过程可以提供更公平的选择，确定在哪些地方以及如何实施具有最大变革潜力的解决方案以实现可持续发展；例如，在改革消费和生产模式或建立市场机制方面，如碳排放交易计划的排放上限、碳税和抵消计划。解决这些全球不公平现象是实现全球平等目标的一种手段。

本章介绍的许多解决方案确实为发展中国家提供了跨越式地走向更加可持续的公平发展之路的机会。信息和通信技术的使用为在自下而上路径中推动变革发挥了重要作用——这是对变革理论以及如何促进变革更加重视的结果。有许多很好的例子证明，信息和通信技术可推进全球南方的变革（Karpouzoglou，Pereira和Doshi，2017年；Ockwell等人，2018年）。在自下而上的路径中，不同社会行为者和多样化知识体系的作用得到了确定。例如，在许多提案中，城市层面的政府行为者可以发挥重要作用。这些提案还提到了可持续城市或能源合作社等全球网络的作用。同样，各种更高层次的支持条件，如国际协定，也与行为者相关，作为自下而上路径及其种子举措的一部分进行讨论（参见Byrne等人，2018年，关于需要制定国际协定来扶持利基创新以实现全球能源和气候目标的讨论）。

第22章确定了提高产量与一系列人类和环境目标之间的权衡，这些目标包括防止营养盐污染、抑制气候变化、改善儿童健康、普遍提供清洁水和环境卫生服务、土地退化零增长。本章提供了一些可能的解决方案，以尽量减少这种权衡并最大限度地发挥协同作用。很多人强调粮食系统是迈向地球健康、人类健康的关键干预点。许多种子理念和提案通过参考当前实例来解决当前粮食系统面临的挑战，这些实例包括城市农业、水产养殖、饮食变化以及土著和地方知识交流（参见附件23-1）。

第22章还指出了在减少排放的同时促进经济发展的挑战。在自下而上的路径中看到的许多共享和循环经济举措有助于向不再存在权衡取舍的福祉经济转型。这些路径为解决全球权衡问题提供了基础方法。

本章的分析突出了在向更健康的地球，更健康的人类转型的过程中政府可以推动实施的具体干预措施，并强调了这些干预措施在不地区的差异。分析还提供了一些具体的例子，说明哪些地方需要开始推行以及如何推行变革。这些将在第24章进一步阐述。

参考文献

Abbott, K.W. (2012). The transnational regime complex for climate change. *Environment and Planning C: Government and Policy* 30(4), 571-590. https://doi.org/10.2139/ssrn.1813198.

Andonova, L.B., Betsill, M.M. and Bulkeley, H. (2009). Transnational climate governance. *Global Environmental Politics* 9(2), 52-73. https://doi.org/10.1162/glep.2009.9.2.52.

Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Peterson, G.D., Cumming, G.S., Zurek, M. and Pingali, P. (2003). Why global scenarios need ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1(6). https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0322:WGSNE]2.0.CO;2.

Bennett, E.M., Solan, M., Biggs, R., McPhearson, T., Norström, A.V., Olsson, P. *et al.* (2016). Bright spots: Seeds of a good Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(8), 441-448. https://doi.org/10.1002/fee.1309.

Biggs, R., Raudsepp-Hearne, C., Atkinson-Palombo, C., Bohensky, E., Boyd, E., Cundill, G. *et al.* (2007). Linking futures across scales: A dialog on multiscale scenarios. *Ecology and Society* 12(1), 17. https://doi.org/10.5751/ES-02051-120117.

Byrne, R., Mbeva, K. and Ockwell, D. (2018). A political economy of niche-building: Neoliberal-developmental encounters in photovoltaic electrification in Kenya. *Energy Research and Social Science* 44, 6-16. https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.03.028.

Cash, D., Adger, W.N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P. *et al.* (2006). Scale and Cross-Scale Dynamics: Governance and Information in a Multilevel World. *Ecology and Society* 11(2), 8. https://doi.org/10.5751/ES-01759-110208.

Chan, S., Brandi, C. and Bauer, S. (2016). Aligning transnational climate action with international climate governance: The road from Paris. *Review of European Community and International Environmental Law* 25(2), 238-247. https://doi.org/10.1111/reel.12168

ClimateCoop (2018). Climatecoop – The climate consortium blockchain [MIT Center for Collective Intelligence https://www.climatecolab.org/contests/2017/exploring-synergistic-solutions-for-sustainable-development/c/proposal/1334268 (Accessed: 27 December 2018).

Climate CoLab (2018). *Exploring synergistic solutions for sustainable development 2018*. MIT Center for Collective Intelligence https://www.climatecolab.org/contests/2017/exploring-synergistic-solutions-for-sustainable-development (Accessed: 8 October 2018).

Cordell, D., Rosemarin, A., Schröder, J.J. and Smit, A.L. (2011). Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere* 84(6), 747-758. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.032.

Crutzen, P.J. (2006). The "Anthropocene". In *Earth System Science the Anthropocene*. Ehlers, E. and Krafft, T. (eds.). Berlin: Springer. 13-18. https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-26590-2_3

Eisler, M.C., Lee, M.R., Tarlton, J.F., Martin, G.B., Beddington, J., Dungait, J.A. *et al.* (2014). Agriculture: Steps to sustainable livestock. *Nature* 507(7490), 32-34. https://doi.org/10.1038/507032a.

Feola, G. (2015). Societal transformation in response to global environmental change: A review of emerging concepts. *Ambio* 44(5), 376-390. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0582-z.

Fraser, E.D.G., Dougill, A.J., Mabee, W.E., Reed, M. and McAlpine, P. (2006). Bottom-up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. *Journal of Environmental Management* 78(2), 114-127. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.009.

Geels, F.W. (2014). Regime resistance against low-carbon transitions: introducing politics and power into the multi-level perspective. *Theory, Culture and Society* 31(5), 21-40. https://doi.org/10.1177/0263276414531627.

Gellers, J.C. (2015). *Crowdsourcing Sustainable Development Goals from Global Civil Society: A Content Analysis*. https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN_ID2562122_code1560115.pdf?abstractid=2562122&mirid=1.

Ghisellini, P., Cialani, C. and Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of cleaner production* 114, 11-32. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007.

Global Climate Action Summit (2018). *Global Climate Action Summit*. https://globalclimateactionsummit.org (Accessed: 12 June 2018).

Hale, T. (2016). "All hands on deck": The Paris agreement and nonstate climate action. *Global Environmental Politics* 16(3), 12-22. https://doi.org/10.1162/GLEP_a_00362.

Hamari, J., Sjöklint, M. and Ukkonen, A. (2016). The sharing economy: Why people participate in collaborative consumption. 67(9), 2047-2059. https://doi.org/10.1002/asi.23552.

Hebinck, A., Vervoort, J.M., Hebinck, P., Rutting, L. and Galli, F. (2018). Imagining transformative futures: Participatory foresight for food systems change. *Ecology and Society* 23(2). https://doi.org/10.5751/ES-10054-230216.

Hebinck, A., Villarreal Herrera, G., Oostindië, H.A., Hebinck, P.G.M., Zwart, T.A., Vervoort, J.M. *et al.* (2016). *Urban Agriculture Policy-Making: Proeftuin040. TRANSMANGO Scenario Workshop Report, The Netherlands*. Wageningen University. https://transmango.files.wordpress.com/2018/04/hebinck-et-al-2016-ua-policy-making-proeftuin040-workshop-report.pdf.

Horlings, L.G. and Marsden, T.K. (2011). Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could 'feed the world'. *Global Environmental Change* 21(2), 441-452. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.004.

Hsu, A., Cheng, Y., Weinfurter, A., Xu, K. and Yick, C. (2016). Track climate pledges of cities and companies. *Nature* 532(7599), 303-306. https://doi.org/10.1038/532303a.

Hsu, A., Höhne, N., Kuramochi, T., Roelfsema, M., Weinfurter, A., Xie, Y. *et al.* (in press). Defining a research roadmap for quantifying non-state and subnational climate action.

Hsu, A., Schwartz, J.D., Moffat, A.S. and Weinfurter, A.J. (2015). Towards a new climate diplomacy. *Nature Climate Change* 5(6), 501-503. https://doi.org/10.1038/nclimate2594.

Initiative for Climate Action Transparency (ICAT) (2018). *Non-state and Subnational Action Guidance*. https://climateactiontransparency.org/wp-content/uploads/2018/08/ICAT-Non-State-and-Subnational-Action-Guidance-July-2018.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). *Global Warming of 1.5 °C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming Of 1.5 °C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. http://www.ipcc.ch/report/sr15/.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2016). *The Methodological Assessment Report on Scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services*. Ferrier, S., Ninan, K.N., Leadley, P., Alkemade, R., Acosta, L.A., Akçakaya, H.R. *et al.* (eds.). Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Service. https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/pdf/2016.methodological_assessment_report_scenarios_models.pdf.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018a). *The Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystems Services for Africa*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_3_rev.1_final.pdf?file=1&type=node&id=16516.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018b). *The Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystems Services for the Americas*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes-6-inf-4-rev.1.pdf?file=1&type=node&id=16517.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018c). *The Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystems Services for Asia and the Pacific*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_5_rev.1_1.pdf?file=1&type=node&id=16518.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018d). *The Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystems Services for Europe and Central Asia*. Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_inf_6_rev.1.pdf?file=1&type=node&id=16519.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018e). *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Africa of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. E. Archer, L. E. Dziba, K. J. Mulongoy, M. A. Maoela, M. Walters, R. Biggs *et al.* (eds.). Bonn. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_africa_2018_digital.pdf?file=1&type=node&id=28397.

Jabbour, J. and Flachsland, C. (2017). 40 years of global environmental assessments: A retrospective analysis. *Environmental Science Policy* 77, 193-202. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.001.

Jordan, A.J., Huitema, D., Hildén, M., van Asselt, H., Rayner, T.J., Schoenefeld, J.J. *et al.* (2015). Emergence of polycentric climate governance and its future prospects. *Nature Climate Change* 5(11), 977-982. https://doi.org/10.1038/nclimate2725.

Karpouzoglou, T., Pereira, L.M. and Doshi, S. (2018). Bridging ICTs with governance capabilities for food-energy-water sustainability. *Food, Energy and Water Sustainability*, 222-238. https://doi.org/10.9774/GLEAF.9781315696522_13.

Kivimaa, P. and Kern, F. (2016). Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. *Research Policy* 45(1), 205-217. https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008.

Kok, K., Pedde, S., Jäger, J. and Harrison, P. (2015). *European Shared Socioeconomic Pathways*. Wageningen: Wageningen University and Research. https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/european-shared-socioeconomic-pathways/download.pdf.

Kok, M.T.J., Kok, K., Peterson, G.D., Hill, R., Agard, J. and Carpenter, S.R. (2016). Biodiversity and ecosystem services require IPBES to take novel approach to scenarios. *Sustainability Science* 12(1), 177-181. https://doi.org/10.1007/s11625-016-0354-8.

Kowarsch, M., Jabbour, J., Flachsland, C., Kok, M.T.J., Watson, R., Haas, P.M. *et al.* (2017). A road map for global environmental assessments. *Nature Climate Change* 7, 379-382. https://doi.org/10.1038/nclimate3307.

Kuramochi, T., Asuka, J., Fekete, H., Tamura, K. and Höhne, N. (2016). Comparative assessment of Japan's long-term carbon budget under different effort-sharing principles. *Climate Policy* 16(8), 1029-1047. https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1064344.

Lamont, J. and Favor, C. (2008). Distributive Justice Zalta, E.N. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford, CA https://philpapers.org/rec/LAMDJ

Leach, M., Raworth, K. and Rockström, J. (2013). Between social and planetary boundaries: Navigating pathways in the safe and just space for humanity. In *World Social Science Report 2013: Changing Global Environments*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. chapter 6. 84-90. https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264203419-en.pdf?expires=1533653701&id=id&accname=ocid54015570&checksum=CC551D1F3C5B6C1E71F36A23BDEBC407

Liu, J., Hull, V., Batistella, M., DeFries, R., Dietz, T., Fu, F. *et al.* (2013). Framing Sustainability in a Telecoupled World. *Ecology and Society* 18(2). https://doi.org/10.5751/ES-05873-180226.

Lundquist, C.J., Pereira, H.M., Alkemade, R., den Belder, E., Carvalho Ribeiro, S., Davies, K. *et al.* 83 (2017). Visions for Nature and Nature's Contributions to People for the 21st Century *NIWA Science and Technology Series*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Auckland, 123 https://www.niwa.co.nz/files/IPBES-Nature-Futures-report_2017_ExecSum.pdf

Malone, T.W., Nickerson, J.V., Laubacher, R.J., Fisher, L.H., de Boer, P., Han, Y. *et al.* (2017). Putting the pieces back together again: Contest webs for large-scale problem solving. *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*. Portland, OR. 2998343 1661-1674. https://doi.org/10.1145/2998181.2998343

Mason-D'Croz, D., Vervoort, J., Palazzo, A., Islam, S., Lord, S., Helfgott, A. *et al.* (2016). Multi-factor, multi-state, multi-model scenarios: Exploring food and climate futures for Southeast Asia. *Environmental Modelling and Software* 83, 255-270. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.008.

Meadowcroft, J. (2011). Engaging with the politics of sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1(1), 70-75. https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.003.

Merrie, A., Keys, P., Metian, M. and Österblom, H. (2018). Radical ocean futures-scenario development using science fiction prototyping. *Futures* 95, 22-32. https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.09.005.

Miller, R. (2013). Changing the conditions of change by learning to use the future differently. In *World Social Science Report 2013: Changing Global Environments*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. chapter 10. 107-112. https://www.oecd-ilibrary.org/world-social-science-report-2013_5k43jt1wr17d.pdf?itemId=%2Fcontent%2Fpublication%2F9789264203419-en&mimeType=pdf

Miller, R., Poli, R. and Rossel, P. (2013). *The Discipline of Anticipation: Exploring Key Issues*. UNESCO Foresight. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. http://filer.fumee.dk/5/The%20Discipline%20of%20Anticipation%20-%20Miller,%20Poli,%20Rossel.pdf.

Minx, J.C., Lamb, W.F., Callaghan, M.W., Bornmann, L. and Fuss, S. (2017). Fast growing research on negative emissions. *Environmental Research Letters* 12(3), 035007. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5ee5.

Moore, M.-L., Riddell, D. and Vocisano, D. (2015). Scaling out, scaling up, scaling deep: Strategies of non-profits in advancing systemic social innovation. *The Journal of Corporate Citizenship* (58), 67-84. https://doi.org/10.9774/GLEAF.4700.2015.ju.00009.

Moore, M.-L., Tjornbo, O., Enfors, E., Knapp, C., Hodbod, J., Baggio, J.A. *et al.* (2014). Studying the complexity of change: toward an analytical framework for understanding deliberate social-ecological transformations. *Ecology and Society* 19(4). https://doi.org/10.5751/ES-06966-190454.

Nagendra, H. 557 (2018). The global south is rich in sustainability lessons that students deserve to hear *Nature*. 485-488 https://www.nature.com/articles/d41586-018-05210-0

Nagendra, H., Bai, X., Brondizio, E.S. and Lwasa, S. (2018). The urban south and the predicament of global sustainability. *Nature Sustainability* 1(7), 341-349. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0101-5.

Nemoto, E.H. and Biazoti, A.R. (2017). Urban agriculture: How bottom-up initiatives are impacting space and policies in São Paulo. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society* 5(3), 21-34. https://kobra.uni-kassel.de/bitstream/handle/123456789/2017110153670/fofjVol5No3S21.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Newell, P. (2005). Race, Class and the Global Politics of Environmental Inequality. 5(3), 70-94. https://doi.org/10.1162/1526380054794835.

Ockwell, D., Byrne, R., Hansen, U.E., Haselip, J. and Nygaard, I. (2018). The uptake and diffusion of solar power in Africa: Socio-cultural and political insights on a rapidly emerging socio-technical transition. *Energy Research and Social Science* 44, 122-129. https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.04.033.

Olsson, P., Gunderson, L.H., Carpenter, S.R., Ryan, P., Lebel, L., Folke, C. *et al.* (2006). Shooting the Rapids: Navigating Transitions to Adaptive Governance of Social-Ecological Systems. *Ecology and Society* 11(1). https://doi.org/10.5751/ES-01595-110118.

Palazzo, A., Vervoort, J.M., Mason-D'Croz, D., Rutting, L., Havlík, P., Islam, S. *et al.* (2017). Linking regional stakeholder scenarios and shared socioeconomic pathways: Quantified West African food and climate futures in a global context. *Global Environmental Change* 45, 227-242. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.12.002.

Parks, B.C. and Roberts, J.T. (2008). Inequality and the global climate regime: breaking the north-south impasse. *Cambridge Review of International Affairs* 21(4), 621-648. https://doi.org/10.1080/09557570802452979.

Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M. *et al.* (2017). Valuing nature's contributions to people: The IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27, 7-16. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006.

PATHWAYS (2018). *Participation to healthy workplaces and inclusive strategies in the work sector: Welcome to PATHWAYS project*. Neurological Institute Carlo Besta IRCCS Foundation https://www.path-ways.eu/ (Accessed: 15 May 2018).

Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., van der Hel, S., Widerberg, O., Adler, C. *et al.* (2017). Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 24, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.09.001.

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2012). *Roads from Rio+20. Pathways to Achieve Global Sustainability Goals by 2050.* van Vuuren, D. and Kok, M. (eds.). The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_2012_Roads%20from%20Rio_500062001.pdf.

Pelletier, N. (2010). Environmental sustainability as the first principle of distributive justice: Towards an ecological communitarian normative foundation for ecological economics. *Ecological Economics* 69(10), 1887-1894. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.001.

Pereira, L.M., Hichert, T., Hamann, M., Preiser, R. and Biggs, R. (2018a). Using futures methods to create transformative spaces: Visions of a good Anthropocene in southern Africa. *Ecology and Society* 23(1). https://doi.org/10.5751/ES-09907-230119.

Pereira, L.M., Bennett, E.M., Biggs, R.O., Peterson, G.D., McPhearson, T., Norström, A.V. *et al.* (2018b). Seeds of the future in the present: Exploring pathways for navigating towards "Good Anthropocenes". In *Urban Planet: Knowledge towards Sustainable Cities.* Elmqvist, T., Bai, X., Frantzeskaki, N., Griffith, C., Maddox, D., McPhearson, T. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. 327-350. http://openaccess.city.ac.uk/19567/1/seeds_of_the_future_in_the_present.pdf

Pimentel, D. and Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American Journal of Clinical Nutrition* 78(3), 660S-663S. https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660S.

Reed, M.S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation* 141(10), 2417-2431. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014.

Reed, M.S., Fraser, E.D.G. and Dougill, A.J. (2006). An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecological Economics* 59(4), 406-418. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.008.

Rosa, I.M.D., Pereira, H.M., Ferrier, S., Alkemade, J.R.M., Acosta, L.A., Resit Akcakaya, H. *et al.* (2017). Multiscale scenarios for nature futures. *Nature Ecology and Evolution* 1, 1416–1419. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0273-9.

Rosales, J. (2008). The politics of equity: Precedent for post-Kyoto per capita schemes Grover, V.I. *Global Warming and Climate Change: Ten Years After Kyoto And Still Counting*. Science Publishers, Enfield, NH, 87-106 5 https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781439843444/chapters/10.1201%2Fb11007-9

Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., Bowman, T. *et al.* (2018). Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. In *Climate Change and Cities: Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network.* Rosenzweig, C., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., Ali Ibrahim, S. and Solecki, W.D. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. xvii-xlii. https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-and-cities/climate-change-and-cities-second-assessment-report-of-the-urban-climate-change-research-network/BE242A59BEA99C3DB5E663BAF5FD480F

Schramski, J.R., Rutz, Z.J., Gattie, D.K. and Li, K. (2011). Trophically balanced sustainable agriculture. *Ecological Economics* 72, 88-96. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.017.

Seaquist, J.W., Johansson, E.L. and Nicholas, K.A. (2014). Architecture of the global land acquisition system: applying the tools of network science to identify key vulnerabilities. *Environmental Research Letters* 9(11), 114006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/11/114006.

Seto, K.C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar D. *et al.* (2014). Human settlements, infrastructure, and spatial planning. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S. and Seyboth, K. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. chapter 12. 923-1000. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf

Sitas, N. and Harmáčková, Z. (submitted for publication). *Exploring the utility of scenario archetypes in science-policy processes: A cross-regional comparison from the Intergovernmental science-policy platform for biodiversity and ecosystem services.* Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Steffen, W., Deutsch, L., Ludwig, C., Broadgate, W. and Gaffney, O. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The great acceleration. *Anthropocene Review* 2(1), 81-98. https://doi.org/10.1177/2053019614564785.

TRANSMANGO (2018). *The transmango game jam tour*. https://transmango.wordpress.com/ (Accessed: 22 June 2018).

United Nations Environment Programme (2016). *The Emissions Gap Report 2016: A UNEP Synthesis Report.* Nairobi. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10016/emission_gap_report_2016.pdf?isAllowed=y&sequence=1.

United Nations Environment Programme (2017a). First GEO-6 Innovative Scenarios and Policy Pathways Stakeholder Visioning Workshop. *The Second Global Authors Meeting of the Sixth Global Environment Outlook (GEO-6).* Bangkok, Thailand, 22 - 26 May 2017. 21 http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21463/Outlooks_Meeting_First_GEO-6_Workshop%20Report_v5_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

United Nations Environment Programme (2017b). Second GEO-6 Innovative Scenarios and Policy Pathways Stakeholder Visioning Workshop. *The Third Global Authors Meeting of the Sixth Global Environment Outlook (GEO-6).* Guangzhou, 9 - 14 October 2017.

United Nations Environment Programme (2017c). Third GEO-6 Innovative Scenarios and Policy Pathways Stakeholder Visioning Workshop. *Innovative Outlooks Visioning Workshop*. Nairobi, 1 December 2017. United Nations Environment Programme

United Nations Environment Programme (2018). Fourth GEO-6 Innovative Scenarios and Policy Pathways Stakeholder Visioning Workshop. Singapore, 19-23 February 2018. United Nations Environment Programme https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25512/Summary_Scenarios%20and%20Policy%20Pathways%20Stakeholder%20Visioning%20Workshop_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *The Paris Agreement.* United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

United Nations Research Institute for Social Development (2016). *Policy Innovations for Transformative Change: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development.* Geneva. http://www.unrisd.org/80256B42004CCC77/(httpInfoFiles)/2D9B6E61A43A7E87C125804F003285F5/$file/Flagship2016_FullReport.pdf.

van Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. *et al.* (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change* 109(5). https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z.

van Vuuren, D., Kok, M., Girod, B., Lucas, P.L. and de Vries, B.J.M. (2012). Scenarios in global environmental assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* 22(4). https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.06.001.

Vasileiadou, E., Huijben, J.C.C.M. and Raven, R.P.J.M. (2016). Three is a crowd? Exploring the potential of crowdfunding for renewable energy in the Netherlands. *Journal of Cleaner Production* 128, 142-155. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.028.

Vercoe, R. and Brinkmann, R. (2012). A tale of two sustainabilities: Comparing sustainability in the global north and south to uncover meaning for educators. *Journal of Sustainability Education* http://www.susted.com/wordpress/content/a-tale-of-two-sustainabilities-comparing-sustainability-in-the-global-north-and-south-to-uncover-meaning-for-educators_2012_03/ (Accessed: 06 February 2018).

Vervoort, J.M., Thornton, P.K., Kristjansson, P., Foerch, W., Ericksen, P.J., Kok, K. *et al.* (2014). Challenges to scenario-guided adaptive action on food security under climate change. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions* 28, 383-394. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.001.

Ward, J.D., Ward, P.J., Mantzioris, E. and Saint, C. (2014). Optimising diet decisions and urban agriculture using linear programming. *Food Security* 6(5), 701-718. https://doi.org/10.1007/s12571-014-0374-0.

Wiggins, A. and Crowston, K. (2011). From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. *44th Hawaii International Conference on System Sciences*. Kauai, HI, 4-7 January 2011. https://doi.org/10.1109/HICSS.2011.207

World Food Programme (2018). *The R4 rural resilience initiative*. http://www1.wfp.org/r4-rural-resilience-initiative (Accessed: 8 October 2018).

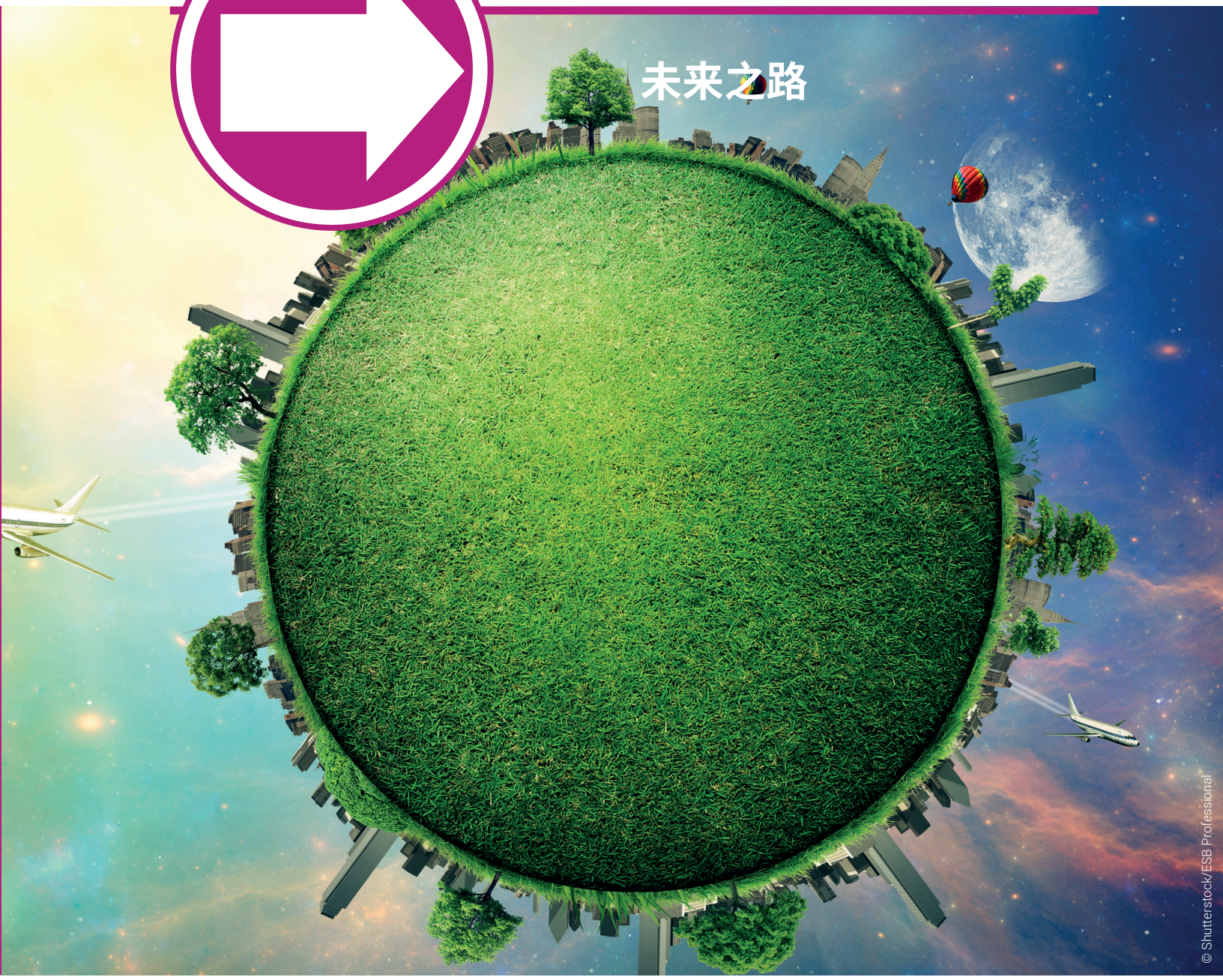
World Overview of Conservation Approaches and Technologies (2018). *Welcome to WOCAT – The world overview of conservation approaches and technologies*. https://www.wocat.net/en/ (Accessed: 8 October 2018).

Wright, C., Yang, C. and Ma, D. (2018). Framework for community-based sustainable development [MIT Center for Collective Intelligence https://www.climatecolab.org/contests/2017/exploring-synergistic-solutions-for-sustainable-development/c/proposal/1334291 (Accessed: 27 December 2018).

Zurek, M.B. and Henrichs, T. (2007). Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. *Technological Forecasting and Social*

第 24 章

未来之路



© Shutterstock/ESB Professional

领衔作者兼协调负责人：Mikiko Kainuma（全球环境战略研究所），Diana Mangalagiu（牛津大学和诺欧商学院），Ghassem R. Asrar（西北太平洋国家实验室），Klaus Jacob（柏林自由大学）

领衔作者：Laura Pereira（斯泰伦博斯大学转型中复杂系统中心），Alexis Rocamora（全球环境战略研究所），Detlef van Vuuren（荷兰环境评估署），Fintan Hurley（职业医学研究所），Steve Hedden（丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心），Paul Lucas（荷兰环境评估署），Peter King（全球环境战略研究所）

贡献作者：Kei Gomi（国立环境研究所），Robyn Lucas（澳大利亚国立大学国家流行病学和人口健康中心）

《全球环境展望》研究员：Mandy Angèl van den Ende（乌得勒支大学）

执行摘要

如果将系统性和变革性政策、技术和社会实践结合起来并整体使用，则有可能实现可持续发展目标和其他多边环境协定（不完全证实）。变革是一个颠覆性的过程，不是仅仅以创新方式对现有技术和实践进行逐步改善来满足人类需求那么简单。变革的起源可以是技术、政策或社会规范和实践，但要使其具有变革性，其应当囊括一切（即整体性）。变革不一定基于自上而下的方法，其源于多个相互依存要素的共同发展以及各利益相关方的积极参与。{24.2}

通往可持续发展的变革性路径需要：（1）指导实现可持续性的系统创新的愿景；（2）社会和政策创新；（3）逐步淘汰不可持续的做法；（4）政策试验；（5）动员和支持行为者及利益相关方（不完全证实）。创新解决方案需要能够将政策与可持续发展目标相关联，促进可行的业务模型，资助对投资风险的支持和管理，支持国际合作，解决公民和利益相关方的担忧，并确保他们积极参与整个过程。{24.3}

促进系统创新是社会经济发展的关键（不完全证实）。许多国家（或地区）在开发、采用和推广创新技术方面存在困难，因为与之相关的成本较高，且在某些情况下，在实施上存在技术或法律障碍。例如，在某些国家（或地区），低碳技术仅在其于市场竞争中取得成功的情况下被部门采用。但是，在地方、区域和国家层面进行政策开发和治理——包括财务机制、政策创新和相关的人的能力——以创造有利环境，对于技术的大规模传播至关重要。{24.3.1}

变革性环境政策有可能补充现有政策（不完全证实）。过去几十年中制定和实施的环境政策的潜力远远没有得到发挥。一些具有战略意义的重要环境政策，如那些与技术、减排和提高资源效率有关的政策，缺乏有效实施。例如，部门政策通常缺乏对环境问题的考虑。变革性政策的确具有超越这些措施的巨大潜力，但不确定性是试验性和系统性创新在短期内能否成功。因此这两种方法，以更有效地实施具有战略意义的现有政策和变革性政策为重点，应该一起实施。{24.1, 24.4}

健康的地球是支持所有生命形式和实现人类福祉的最终基础，而这取决于地球生命支持系统的生存能力（充分证实）。“地球健康，人类健康”观点指出，人类活动已经改变了地球的自然系统，并破坏了其自我调节机制和生命支持系统。经济增长是以生态系统健康为代价的。随之而来的环境恶化加剧了疾病负担，因为人类越来越多地暴露于有害污染物，且人类以往能够获取的生态系统服务（例如，清洁的空气、多样化的生态系统、健康的食物、清洁的海洋、土地和淡水）受到损害。“地球健康，人类健康”方法将是全球行动的关键，可促进对空气、生物多样性、土地、海洋和淡水资源的管理，从而实现人类福祉和地球系统的可持续性。例如，据估计，抑制空气污染所带来的全球健康成本节约比减缓气候变化的成本高1.4-2.5倍。确保实现到本世纪末温升低于2°C目标的拟议策略预计将具有最高的成本效益比，其中，全球健康成本节约（54.1万亿美元）估计比全球政策成本（22.1万亿美元）的两倍还多。{24.4}

24.1 环境政策的方法：战略性和变革性

《2030年可持续发展议程》和一系列多边环境协定为通过经济、社会、环境和体制转型手段普遍实现可持续发展树立了雄心勃勃的长期愿景（第20章）。尽管在一些环境问题（例如，臭氧消耗，酸雨）的管理方面已取得进展，但整体的全球协定和相关政策未能扭转不可持续的发展轨迹。如果没有新的政策和有效的行动，雄心勃勃的可持续发展愿景将无法实现（第21章）。

确实存在改变现行趋势的方法。迈向可持续发展之路需要结合技术创新、生活方式变革以及利益相关方共同参与的地方性、区域性、全球性和非集中性解决方案，且需要以前所未有的变革速度推行落实（第22章和第23章）。效率改善和减排的潜力远未得到充分利用，但由于反弹和增长效应，这些措施是否足够有效仍值得怀疑。更具颠覆性和变革性的改革，包括新的社会实践，似乎是必要的。本章将对有助于实现“地球健康，人类健康”目标的有希望的创新性方法和有效的变革性政策进行讨论。

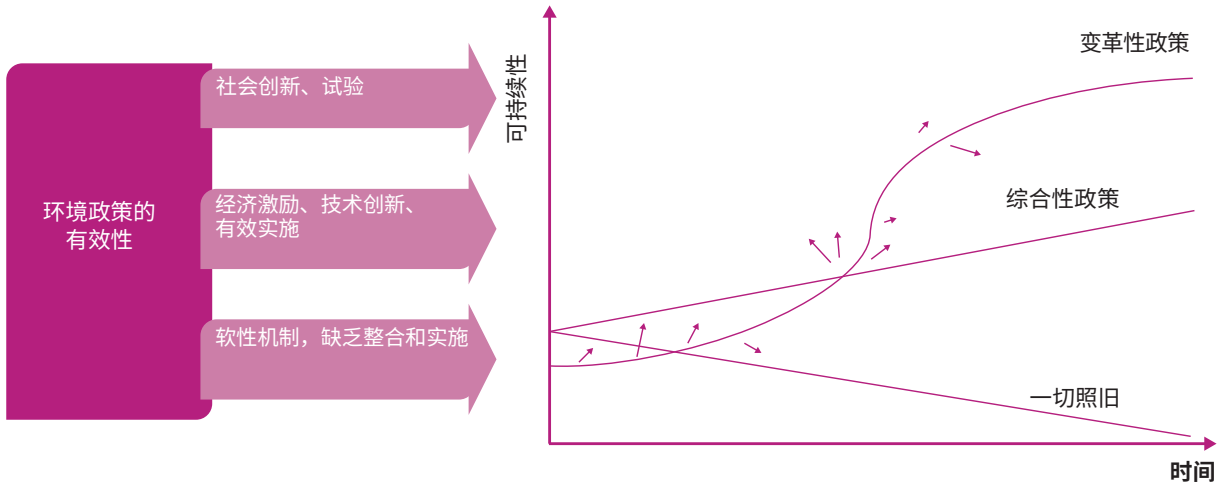
本报告A部分提供的证据表明，当前的变革速度不足以扭转已经发生的环境损害。如果不从根本上重新确定方向，大多数环境问题将持续恶化，这将威胁到目前已经取得的经济和社会进步，以及共享地球的多个物种的命运。B部分得出的结论是，尽管政策创新激增，但这些解决方案往往不是最好的，而且都是小规模的，很少超出技术解决方案的范畴。此外，可能具有潜力且雄心勃勃的环境政策并未受到关注。C部分提出的未来预测和潜在路径表明，要到2030年及以后实现可持续发展目标及其具体目标，新的政策和可衡量的行动需要在各个层面（即地方、国家、区域和全球）得到落实。分析表明，对于大多数环境目标，预计情况将会恶化，例如：

- 越来越多的人将生活在缺水地区（Hejazi等人，2014年）。
- 温室气体排放量的增加会导致《巴黎协定》在气候变化方面确定的全球温升“低于2°C”的目标被大幅超出（Iyer等人，2015年；《联合国气候变化框架公约》，2015年）。
- 生物多样性的迅速丧失将持续下去（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018年）。
- 紧张的粮食系统将导致营养不良持续下去，既影响人类福祉，也影响地球健康（Whitmee等人，2015年）。

一些变革路径在第22章中的各种可持续性情景中得到评估，且通过第23章中潜在的变革种子理念得到实施。但是，应对可持续性挑战需要新的策略，这些策略应能够整合人类的集体智慧以及现有知识和行动。仅靠逐步措施是不足够的。

图24.1显示了与“一切照旧”模式相比，综合性和变革性方法的可持续发展轨迹。“一切照旧”方法缺乏雄心勃勃的环境政策，在其他部门政策方面缺乏有效的实施和全面的整合，因此不利于保护环境和实现可持续发展目标。更加强有力的环境政策，包括在减排和资源效率改善方面提供经济激励的政策，确实有相当大的潜力。一种基于试验和对社会实践的思考的变革性方法可能更开放，在其方向和成功机会上有不确定性，但它具有更大的潜力可发挥更大的影响力以及实现可持续发展目标。这两种政策方法可以并行实施，确保在短期和长期内都有更大的成功机会。

24.1：不同的政策方法



24.2 转型变革

我们对营养、健康、能源、住房流动性等的需求通过一系列社会生态、社会技术和社会经济系统得到满足（Folke等人，2011年；Geels和Schot，2017年；Díaz等人，2018年）。此类系统不仅通过单一的技术或服务为社会提供服务，而且还嵌入到基础设施、市场、机构和社会实践中，包括规范和价值观（Grießhammer和Brohmann，2015年）。这些系统的不同要素相互加强和稳定，但它们被视为彼此相对独立，使得环境政策很难从根本上改变相关系统和组织的结构，更不用说去改变它们之间的相互联系和互动了。

环境政策通过诸如生态现代化、绿色经济、生态系统服务的估值等战略和行动在许多部门推动创新，且进一步创新的潜力相当大。很大的潜力可以实现资源生产力的“4倍跃进”甚至“10倍跃进”（即一个单位资源的产品产量增加了四到十倍）（Schmidt-Bleek，2008年；von Weizsäcker等人，2009年）。改善资源生产力是必要的，但还不够，因为这不能充分变革基础系统，不足以实现走向可持续社会之路的必要转型。因此，有必要对社会系统进行根本的重新配置，涉及理念模型和思维过程、制度以及规范和价值观（Westley等人，2013年；Olsson，Galaz和Boonstra，2014年；Bennett等人，2016年）。这种变革不一定基于自上而下的方法，其源于多个相互依存要素的共同发展以及各利益相关方的积极参与（第23章）。重要的是，在截然不同的未来愿景的指导下，协调行为者和资源。

培养变革能力可以为社会生态系统提供新的发展轨迹，使其更具可持续性，并具有更大的动态创新空间（Folke等人，2010年；Jacob等人，2018年）。变革始于利基领域，即小范围的受保护领域，可以在其中开发新的实践，从而推动从地方到区域和全球的变革（Loorbach和Raak，2006年；Olsson等人，2006年；Jänicke和Rennings，2011年；Olsson，Galaz和Boonstra，2014年）。然而，一旦反馈机制达到其临界值，转型变革可能会突然发生，现有技术及其支持性基础设施、知识、资本和体制将被非法化，最终，转型变革将很好地融入到规范和实践中（Arthur，2011年）。

历史变革遵循了这种模式，从利基创新和挑战现行做法开始，具有共同进化和新兴特征（Diamond，1997年；Arthur，2011年；Westley，McGowan和Tjörnbo（编辑），2017年）。在许多情况下，这些变革是无指导的过程，导致资源使用增加、排放量增高和环境退化加剧，而不是对资源和环境的可持续利用和管理。因此，需要将变革引导到更理想的轨迹上（Olsson等人，2006年；Jacob等人，2018年）。

变革性方法可能因国家（或地区）而异。此外，尽管现行政策还不足以解决环境问题，但从污染控制、效率改善、环境规划等层面考虑，这些政策需要继续实施。一些国家（或地区）可以跨越式地过渡到最佳实践来实现变革，而另一些国家（或地区）则可能需要逐步改变其政策和做法，才能进入变革阶段。部署体制工具，诸如现有经济框架中刺激创新和变革的经济激励，包括外部成本的内部化、消除环境补贴、促进生态系统服务的估值、改革绿色预算投资，都可能在实现转型变革中发挥关键作用。

没有简单的方法可以实现走向可持续性的变革，但最近的方法创新强调，需要不同的行为者共同参与进来，并尝试具有系统变革潜力的创新举措（Frantzeskaki，Wittmayer和Loorbach，2014年；Pereira等人，2015年）。这些过程中有许多被称为以实验室为基础的过程。这些可推动变革的真实实验室的特征包括：试验性方法、跨学科的研究模式、结果的可扩展性和可传递性、科学性和社会性的学习和反思（Schapke等人，2018年）。例子包括：社会创新实验室（Westley等人，2012年）、恢复力实验室（Frantzeskaki等人，2018年）、变革实验室（Charli-Joseph等人，2018年；Zgambo，2018年；van Zwanenberg等人，2018年）、生活实验室（Budweg等人，2011年；Hooli等人，2016年），包括城市生活实验室（Cosgrave等人，2013年；Voytenko等人，2016年）和转型实验室（Loorbach，2010年）。其他相关过程会利用相关手段，例如，前瞻预测——一种通过各种方法跨系统（包括粮食系统（Hebinck等人，2018年）、城市系统（Potjer，Hajer和Pelzer，2018年）或能源系统（Hajer和Pelzer，2018年））地研究未来情形的办法。一些过程涉及关于变革如何发生的新思考方式，个体层面采用诸如“内在特性探索”之类的理念，揭示个人内心体验（Nilsson和Paddock，2014年），群体层面则使用诸如“U型理论”之类的概念，去思考如何推行变革（Scharmer，2007年），并更多地利用实例和生活经验来构建未来人类与其周围环境之间的真正联系（Galafassi等人，2018年）。这些系统干预措施已被定义为变革空间，在这样的安全协作环境内，对变革至关重要的社会生态系统的新配置会得到试验性检验（参见Charli-Joseph等人，2018年；Drimie等人，2018年；Dye，2018年；Galafassi等人，2018年；Hebinck等人，2018年；Marshall等人，2018年；Moore等人，2018年；Pereira等人，2018年；van Zwanenberg等人，2018年）。这些方法可能是迈向更可持续发展轨迹的重要一步。

24.3 变革的组成部分

指导、塑造和实现变革的五种关键方法可以确定为：

i. 指导实现可持续性的系统创新的愿景；
ii. 社会和政策创新；
iii. 逐步淘汰不可持续的做法；
iv. 政策试验；
v. 动员和支持行为者和利益相关方。

这些必要的组成部分会通过以下各节中提供的示例加以讨论和说明。

24.3.1 指导实现可持续性的系统创新的愿景

越来越多的政府、城市、企业和社区提出了关于更可持续未来的具有吸引力的愿景，并分享了实现这些愿景的战略和计划。这些愿景中许多认识到也需要新的方法来衡量取得的进展（Midgley和Lindhult，2017年）。

1999年，不丹在其可持续发展战略中引入了国民幸福指数（GNH），代替货币价值来衡量社会进步（Niestroy，Schmidt和Esche，2013年；Jacob，Kannen和Niestroy，2014年）。自那时起，该理念就发展成为不丹政府和经济活动的核心愿景。对政策和投资的评估取决于其对提升国民幸福指数的贡献，而不是其货币成本和效益。国民幸福指数理念是不丹五年计划的关键，且已经纳入其《宪法》。国民幸福指数委员会负责监督其实施情况。国民幸福指数基于四个支柱：

i. 公平的社会经济发展（个人、社区和地区之间的平等，以保障社会和谐与稳定）；
ii. 保护环境；
iii. 维护和宣扬文化（捍卫国家的文化遗产以及维护精神和情感价值）；
iv. 促进善政（发展体制和人力资源并提供参与机会）。

为了弥补曾经的毁林行为，遏制环境退化问题（联合国粮食及农业组织，2016年），哥斯达黎加提出了现代性愿景，将环境质量置于首要地位（Silva，2002年；Johnson，2016年）。1994年《哥斯达黎加宪法》规定了“享有健康和生态平衡的环境的权利”（联合国大会，2014年）。旨在实现这一愿景的一些最新政策方法包括：生态系统服务付费、森林保护碳信用额、森林碳信用额证书、标志性物种的法律保护和养护、禁止露天采矿，以及最近承诺到2021年实现碳排放零增长的承诺。尽管在水质和海洋保护方面仍然面临挑战，但这一总体愿景促进了环境的大幅改善。例如，森林覆盖率已从二十世纪八十年代的26%增至2010年的52%（联合国大会，2014年）。

全球越来越多的城市、社区和地区致力于减少碳足迹，并希望实现零排放或碳排放零增长目标（Yamanoshita和Aamano，2012年）。在此类目标的指引下，全球范围内正在城市一级对排放范围（例如，基于地理边界的内部排放，或市政活动直接引起的外部排放）做出明确规定（Kennedy和Sgouridis，2011年；Straatman等人，2018年）。在全球范围内，有19个城市致力于将到2030年实现净零碳建筑和基础设施建设作为其投资策略的重心部分，并将重新审视其针对现有建筑基础设施的当前规划政策和法规，以确保现有建筑到2050年实现净零碳排放（城市气候领导联盟（C40），2018年）。对零排放城市原型的尝试是通过使用可再生能源、尖端技术、创新城市规划，以及强调总再利用（Premalatha等人，2013年）。其他举措着眼于帮助现有城市迈向净零排放之路（例如，世界企业永续发展委员会，2017年），市政当局将与企业合作，共同减少二氧化碳排放，同时关注可持续发展优先事项（Zadek，2004年；Moore，Riddell和Vocisano，2015年）。

丹麦王国南部桑德堡（Sønderborg）地区（居民人数达77,000）实施的ProjectZero计划（2016年）提出了到2029年实现二氧化碳排放零增长的愿景，通过可持续增长，创建新的绿色工作。该愿景正在通过公私伙伴关系模式实施，涉及市政当局和该地区的主要企业。二氧化碳排放量下降25%的里程碑目标已经于2015年实现并取得超越（35%）（世界未来理事会，2016年）。全球范围内的城市和地区都在采取各种技术性举措，例如，扩大区域供热网络、将供应物转换为二氧化碳零排放源、安装陆上风力涡轮机和光伏设施，同时还在配合实施由公民和行业参与的计划，例如，零排放房屋（ZEROhousing）和零排放企业（ZEROcompany）计划（Bulkeley和Betsill，2005年；Betsill和Bulkeley，2006年；Frantzeskaki，Wittmayer和Loorbach，2014年；Fujino和Asakawa，2017年；墨尔本市，2018年）。

马来西亚依斯干达特区发展局（IRDA）——马来西亚负责监督国家经济和自然发展的联邦政府机构——提出了一项愿景，即《低碳社会蓝图2025》。依斯干达特区发展局制定了《绿色经济指南手册》，作为实现这一愿景的一种手段，且鉴于该地区吸引了大量的国内外投资，还鼓励该地区的企业经营者积极参与（Ho等人，2013年；马来西亚依斯干达特区发展局，2014年）。

24.3.2 社会和政策创新

这些愿景的实现不可能遵循一个单一的蓝图，因为它们在社会和生态意义上都与国家和地方背景、历史发展、文化规范和价值观等息息相关。因此，变革需要进行大规模的社会和政策创新，而不能保证哪种形式最终将取得成功，或值得在其他地区复制推广。有一种新兴方法被发现具有广泛的适用性，就是共享经济理念（例如，共享住宿和出行系统），有助于使社会摆脱对可再生和不可再生资源的浪费消费（参见第23.3节；Frenken，2017年）。通过共享住宿和出行来减少环境影响具有潜在的变革性。如果健全的法规和激励计划能够落实到位，则在十年之内，私家车保有量和个人使用，以及与保险、停车、维护、燃料等相关的高运行成本最多可下降80%（Arbib和Seba，2017年）。信用等级不再基于人际关系，而是基于诸如同行评审、商业和责任法规、第三方验证等（Lan等人，2017年）。

一些城市正在考虑将所有公共交通工具免费。例如，在瑞士的某些城市，酒店为客人提供免费通行证，以搭乘公共

交通工具并避免交通和停车拥堵。自2013年以来，爱沙尼亚共和国首都塔林的永久居民只需要花费两欧元便可登记并购买绿卡，之后有权免费搭乘所有公共交通工具。该计划的实施目的是：

i. 促进从私家车到公共交通工具的模式转变；
ii. 改善低收入群体的出行；
iii. 促进塔林居民登记，以及增加所得税申报（Cats，Susilo和Reimal，2017年）。

随着越来越多的人涌向城市，内陆地区的城市足迹对环境越来越不利。一种有前途的政策方法是创造必要的有利条件，扩大绿色屋顶、垂直农场和社区花园等都市农业，以最小化环境影响、应对气候变化以及加强社区联系。当然，对于许多发展中国家来说，都市农业已经是一种生活方式（Orsini等人，2013年），其中，11%（印度尼西亚）至近70%（越南和尼加拉瓜）的城镇家庭通过城市农业获得收入。而不同的是都市农业正在趋于复杂化，例如，垂直农业（垂直农业协会，2018年）和绿色屋顶（墨尔本市，2018年），主要集中在较发达的国家。

促进循环经济是减少二氧化碳和其他废弃物排放以及保护自然资源和生态系统的另一个有潜力的方法（参见第17章）。这种理念由欧盟委员会通过于2015年12月发布的《循环经济行动计划》提出，以此管理自然资源的消耗，以及应对相关的环境和社会经济挑战（Wilts，2017年；欧盟委员会，2018年）。如果材料通过高质量产品得到保存，或被回收并用作高质量的再生原料，则循环经济将可以减少行业对基本原材料的需求（Wilts，2017年）。循环经济的概念也促进通过一种去中心化的方法来共享和提供服务，以及促进企业的去材料化创新。例如，通过开发信息和通信技术以及新的商业模式，服务提供的去中心化模式（不一定依赖于产品和材料的所有权）正迅速成为现实（Kishita等人，2018年）。

24.3.3 逐步淘汰不可持续的做法

致力于改变当前不可持续的社会经济和环境发展轨迹在日常生活的方方面面都带来了巨大机会，并具有推动所需变革的巨大潜力。最近的例子之一是禁止一次性塑料的使用，其中，从轻质塑料袋的逐渐淘汰开始，各个层面上已经采取了更为广泛的政策应对措施，以解决各种塑料的使用问题（Onyanga-Omara，2013年；欧盟委员会，2018年；联合国环境规划署，2018年）。发展中国家正在引领这种变革。2002年，孟加拉国成为世界上第一个实施轻质塑料袋禁令的国家，因为其意识到，在灾难性洪灾中，约80%的城市涝灾是聚乙烯袋堵塞排水沟并增加积水所致。积水环境也是蚊子幼虫的温床，增加了登革热和疟疾等疾病的发病率。其他几个国家也实施了类似的倡议，包括厄立特里亚（2005年）和肯尼亚（2017年）（Njugunah，2017年）。为了解决塑料袋的问题，欧盟委员会（2018年）宣布了一项具有突破性的提案，表示要禁止大约十种一次性塑料制品（例如，餐具、吸管、棉签、盘子、咖啡杯和搅拌棒），其占水域和海滩垃圾的70%。紧随其后，印度也做出类似决定，且取得了历史性突破。

在某些情况下，天然材料可以替代塑料。例如，印度尼西亚、印度、菲律宾和肯尼亚正在将水葫芦——其是从大气中去除二氧化碳最有效的植物之一——用作耐磨纤维或生产纸和纸制品的原材料，这有可能减少对常规塑料产品的需求。联合国环境规划署通过其清洁海洋运动（Clean Seas），且最近将塑料污染作为2018年世界环境日的主题，在全球层面引领信息共享和教育风潮，促进抵制塑料污染（Dris等人，2015年；Ocean Care，2017年）。但是，如果在引入新替代材料之前不考虑如何应对新材料的处置问题，那么，用替代材料替代塑料的政策将无法减少海洋垃圾。更有效的收集、回收以及废弃物管理将有助于减少陆地和海洋中的垃圾（Trucost，2016年）。

24.3.4 政策试验

变革性政策通常只有在事后经过仔细监测和评估后才会被认为是成功的。在国家层面直接引入的政策错误可能会产生长期影响，例如，过去一些用于控制人口增长的不当政策（Zhang，2017年）。因此，预防原则表明，较小规模的政策试验，辅以国家支持和持续评估，可能是一个更明智的选择（Heilman，2008年；Husain，2017年；Shin，2018年）。

在地方进行政策试验，然后再扩大部署，是中国政策取得成功的标志性要素（Heilmann，2008年）。这种审慎的试验主义方法可以追溯到二十世纪四十年代，也就是早期的土地改革和解决农业生产问题（Husain，2017年）。地方层面的政策试验提供了一个空间，可以对这些政策进行调整和创新，并对其进行密切监控；如果成功，则随后将其扩大部署，或者如果失败，则将其暂停。Shin（2018年）指出这种方法是体制结构下的试验，且辅以对地方官员的政绩激励。

试验性治理与传统治理的不同之处在于，前者强调基于公私伙伴关系的学习过程。试验是以目标为导向的，旨在克服自上而下的政策之间的差距，以及地方一级存在的挑战（Antikainen，Alhola和Jaaskelainen，2017年）。在荷兰已针对气候适应开展了这类政策试验（McFagen和Huitema，2018年）。发展中国家的城市也开展了气候适应试验，其中，试验依赖于基于社区的策略，这些策略涉及相关的社区成员和专业人员，且向外部机构寻求支持。这些适应试验必须与其所处的城市政治经济环境相

协调，这样才能推动转型变革（Broto和Bulkeley，2013年；Chu，2016年）。如果试验流程更具反复性和参与性，既能体现长期的目标制定又能体现交互式战略，政策试验就会取得很好的效果（Hilden，Jordan和Huitema，2017年）。

24.3.5 动员和支持行为者和利益相关方

从定义上说，变革将改变现有的社会经济体系，且既会产生赢家，也会产生输家。不必担心这种改变，因为“一切照旧”路径将导致更大的破坏和更多的输家。尽管在这里无法一一指出在这些新兴的可持续发展愿景中将取得蓬勃发展的行为者，但许多新的机会将会出现，且需要予以支持。参与式方法确保决策者和行为者参与转型变革的各个阶段，可保证更大的接受度，大大缩短适应时间，并为此类变革创造了更大的自主空间（Mitchell，Agle和Wood，1997年；Umaemiya，Rametsteiner和Kraxner，2010年；Smith，Ansett和Erez，2011年；Asrar，Ryabinin和Detemmerman，2012年；Asrar、Hurrell和Busalacchi，2013年；马来西亚依斯干达特区发展局，2014年；Vallentin，2016年）。这种方法已经得到源自《里约宣言》原则十（联合国教育、科学与文化组织，1992年）“环境问题最好是在全体有关公民的参与下加以处理。”的一系列国际协定（例如，《奥胡斯公约》《埃斯卡苏公约》《塔拉诺阿对话》）的广泛认可。

创新金融是实现可持续发展目标的复杂路径中的关键突破。“一切照旧”路径下不会有机会缩小发展中国家在可持续发展目标的当前支出与所需支出之间的预计差额，即2.5万亿美元（联合国贸易和发展会议，2014年）。创新金融不仅旨在建立新的金融工具，而且还指未来通过更加包容的流程开展业务（可持续发展目标的目标17）（Porter和Kramer，2006年；Ritzén和Sandström，2017年）。当金融工具结合赠款或财务刺激后，可能有助于释放支持可持续投资所需的额外资金。可能作为更明智的融资组合的一部分的金融工具包括：贷款、股权、准股权和担保，以及绿色债券、蓝色债券和社会债券（Venugopal和Srivastava，2012年；国际资本市场协会2018）。全球企业不仅需要提供财务业绩，而且也要展现其业务如何为社会做出积极贡献（Porter和Kramer，2006年；Downie，2017年）。多家机构投资者、银行和其他私人部门金融机构赞同这一呼吁，并重新制定了其资产管理战略，将投资资金转移到了将环境、社会和治理因素纳入其基本财务分析的企业（Noguer和Houillier，2010年；Enright，McElrath和Taylor，2016年）。

政府与私营部门之间通过合作安排创建新金融工具的模式也开始出现。例如，非洲最大的石油生产国尼日利亚于2017年12月成为非洲大陆上第一个发行绿色债券的国家，旨在为可再生能源微型公用事业和造林项目和计划提供融资。在首轮发行106.9亿奈拉绿色债券取得成功后，尼日利亚政府计划在2018年追加发行1500亿奈拉。这种债券发行有望在2030年之前将尼日利亚的二氧化碳排放量减少40%。评估进展、分析影响并分享从此类举措中汲取的经验教训是成功推动政策和实践实现转型变革的关键（Asrar和Hurrell，2013年；Premalatha等人，2013年）。

企业、政府和非政府组织之间的参与与合作具有的变革潜力也值得一提。南部非洲粮食实验室（SAFL）是一个为整个粮食系统的不同利益相关方提供对话空间的平台，特别侧重于对话与行动之间的关系（Drimie等人，2018年）。其中一个过程涉及为南非未来的粮食系统制定变革性方案，与此同时，国家食品和营养安全政策已获批准（参见Freeth和Drimie，2016年）。该情景过程将整个粮食系统中的众多感兴趣的利益相关方聚集在一起，其中包括政府官员、大型企业、公民社会活动家和法律组织，他们能够吸收不同观点，建立有意义的关系网络，而这些关系网络对于政策参与乃至政策变革至关重要（Freeth和Drimie，2016年）。南部非洲粮食实验室也已成为非政府组织、研究人员和小型企业之间的伙伴关系的聚集平台，可促进围绕粮食系统的转型变革。这些伙伴关系包括世界自然基金会（WWF），其是推动实现可持续性的转型变革的平台组织（Cockburn等人，2018年），具体通过提高消费者对过度捕捞等可持续性挑战的认识（世界自然基金会，2014年），以及消除有时会阻碍创新干预措施的政治偏见（Drimie和Pereira，2016年）。已有很多文件指出，非政府组织作为促成积极变化的行为者可以发挥巨大作用，且需要对这种作用加以利用，以实现可持续发展议程。

24.4 地球健康，人类健康：挑战与机遇

健康的地球是支持所有生命形式（包括人类健康和福祉）的最终基础，而这取决于地球生命支持系统的生存能力。《2030年可持续发展议程》和相关的多边环境协定都体现了这一原则。通过可持续发展改善人类健康和福祉、提高粮食安全和营养、实现社会正义、促进经济繁荣、完善环境管理是《全球环境展望6》的主题。

人类活动已经改变了地球的自然系统，并破坏了其自我调节机制，这对地球系统和人类福祉产生了不可逆转的后果（千年生态系统评估项目，2005年；Rockström等人，2009年；政府间气候变化专门委员会，2014年；Steffen等人，2015年；Whitmee等人，2015年；Ceballosa，Ehrlichb和Dirzob，2017年；生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2018年；请参见本报告A部分）。

“地球健康，人类健康”方法对于改善对空气、生物多样性、海洋、土地和淡水的管理至关重要，而这些要素对于人类福祉以及地球系统保证当代和子孙后代的永续发展至关重要。这种方法的核心是采用一种整体性和系统性办法，通过结合社会经济和健康维度（例如，性别、平等、

贫困），去应对地球生命支持系统的各个方面（例如，清洁的空气、淡水、海洋和陆地的粮食生产、物种的栖息地）面临的挑战（健康问题社会决定因素委员会【CSDH】，2008年；Gordon等人，2017年；Dye，2018年）。环境变化各个方面之间的复杂相互联系已经通过第4章中描述的12个跨领域问题和第22.4.2节中分析的协同作用和权衡关系进行了说明。

全球每年约有四分之一的死亡是由可修改环境因素导致（Prüss-Ustün等人，2016年）。人类健康不仅取决于健康的地球。即使实现健康、可持续的地球是可取且可行的，但是如果不解决社会经济问题和相关健康决定因素，人类健康的目标将远远不能实现（另请参见第22.2.5节，关于实现儿童死亡率方面的可持续发展目标）。社会经济和文化因素对健康具有重大影响，其影响因素包括生活方式的选择、不平等和诸如战争、暴力、不安全的工作条件和童工等有害做法（健康问题社会决定因素委员会，2008年；请参见第4.1节）。因此，健康的社会决定因素，包括社会和财富不平等，也必须得到有效解决（Camfield，Møller和Rojas，2015年；Donkin等人，2017年）。

如第4.1节所述，自然、社会和建筑环境中的多种因素对人类健康有影响，包括我们对公平和安全的看法、对环境资源的公平获取，以及人类与自然的接触（健康问题社会决定因素委员会，2008年）。这个层面补充了对“人类健康”的经典定义，即“健康，不仅仅是没有疾病和身体健康的虚弱现象，而是一种在身体上、心理上和社会上的完满状态。”（世界卫生组织，1948年），并且将福祉（Camfield Møller和Rojas，2015年；Maggino，2015年）与健康挂钩，考虑心理、情感和社会层面的因素。地球和人类系统之间的多重关系直接且间接地将健康和福祉与大多数可持续发展目标联系在一起。因此，可持续发展目标提供了系统地应对人类健康问题的机会，这与其他通常侧重于特定疾病或流行病事件的重大健康举措不同。

近年来已经提出了几个框架，以帮助确保研究和政策制定考虑到健康、社会经济和环境因素之间的复杂相互关系（Buse等人，2018年）。但是，有关环境对人类健康的影响的许多科学证据的覆盖面较窄，侧重于污染和疾病（即死亡率和发病率），而对更广泛的福祉概念或健康的社会决定因素的关注有限。在这种不全面的经典环境卫生框架内，《柳叶刀》杂志污染与健康委员会（Landrigan等人，2017年）估计，环境污染在2015年造成了约900万人过早死亡；主要原因是环境和室内空气污染，共造成640万人死亡（Cohen等人，2017年）。此外，环境压力及其对健康和福祉的影响也存在分配不均的问题（请参见A部分）。尤其会影响早已处于弱势或不利地位的群体，例如，年轻人、老年人和女性群体、穷人、患有慢性疾病的人、土著人民、遭遇种族歧视的人（Solomon等人，2016年；Landrigan等人，2017年）。

未能应对恶劣的环境条件需要付出的代价必须得到评估和广泛宣传（Haines，2017年；请参见**专栏24.1**中的示例）。此类代价无处不在，包括生命和财产损失、残疾、心血管和呼吸系统疾病造成的损失、因极端天气事件带来的多重压力造成的健康损害，也包括不安全的粮食和水造成的冲突；严重的不平等和贫困；以及全球难民的悲惨处境。

所有这些都会导致不平等和不稳定，而其预防成本要比采取措施应对后果的成本要低得多。

没有哪个国家能够摆脱恶劣环境条件的影响。要在全球发展进程中成功地推行政策、实践和金融投资，以及应对环境挑战，必须制定全面的理据框架，确定这些举措如何能够改善全球公民和国家的安全、繁荣和福祉；政策选择和合理的解决方案应以经济分析和数据为基础，以证明其可以节约成本和/或能够创造新的收入来源（Haines，2017年；Markandya等人，2018年）。

专栏24.1：健康效益超过《巴黎协定》的实施成本

一项模型研究表明，仅减少与空气污染有关的疾病和死亡带来的健康效益就超过了《巴黎协定》（《联合国气候变化框架公约》，2015年）在2020年至2050年之间的实施成本（Markandya等人，2018年）。这项研究对各种情景下的排放水平进行了建模，并估算了与空气污染相关的死亡成本（由呼吸系统疾病引起，包括急性下呼吸道感染、慢性阻塞性肺疾病、心脏病、中风和肺癌），且将这些成本与按国家或地区（中国、欧盟、印度、美国和世界其他地区）的气候变化减缓成本进行了比较。这些情景包括：不采取任何措施且继续执行现有国家政策的情景，以及三种不同的策略情景，在后者中，会为实施《巴黎协定》以实现2°C和1.5°C的温升目标提供资金。

根据使用的情景，在全球范围内，减少空气污染所带来的健康效益估计是减缓成本的1.4至2.5倍。将温升控制在2°C以内的排放战略具有最高的成本效益：全球健康成本节约估计为54.1万亿美元，远超过22.1万亿美元的全球政策成本。

在全部经过评估的情景下，可能通过减排措施而获得最大健康成本节约的国家是中国和印度。在大多数情景下，在中国和印度实施减缓气候变化政策的成本将完全可以通过健康成本节约得到补偿，而实现温升不超过1.5°C而不是2°C目标的额外成本可能会带来巨大效益（对于印度，约达3.3-8.4万亿美元，而对于中国，约达0.3-2.3万亿美元）。对于欧盟和美国来说，健康成本节约金额巨大，但不足以完全补偿费用。

洛克菲勒基金会和《柳叶刀》杂志地球健康联合委员会的公共卫生作者认为，“【环境危机】的解决方案触手可及，且应该在对“繁荣”重新定义的基础上，关注提高所有人的生活质量和改善所有人的健康，同时尊重自然系统的完整性”（Whitmee等人，2015年）。

要实现“地球健康，人类健康”的目的，需要的变革规模如此之大，情况如此复杂而广泛，因此很难对这些变革做出充分预测。但是，通过多边协定和行动对全球环境、发展和人类健康进行投资，并建立转型变革所必需的广泛联盟，无疑是全面解决这些跨领域挑战的有效路径的构成要素。“地球健康，人类健康”这一主题体现了这种综合性做法，通过这样一种方式去应对当代环境问题，解决当代和子孙后代面临的社会经济和健康挑战，确保其自身、子女和地球上所有生命都共享一个可持续发展的地球。

参考文献

Antikainen, R., Alhola, K. and Jaaskelainen, T. (2017). Experiments as a means towards sustainable societies - Lessons learnt and future outlooks from a Finnish perspective. *Journal of Cleaner Production* 169, 216-224. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.184.

Arbib, J. and Seba, T. (2017). *Rethinking Transportation 2020-2030: The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries; A RethinkX Sector Disruption Report.* RethinkX. https://static1.squarespace.com/static/585c3439be65942f022bbf9b/t/591a2e4be6f2e1c13df930c5/1494888038959/RethinkX+Report_051517.pdf.

Arthur, B. (2011). *The Nature of Technology: What it is and how it Evolves.* http://www.simonandschuster.com/books/The-Nature-of-Technology/W-Brian-Arthur/9781416544067.

Asrar, G.R., Hurrell, J. and Busalacchi, A. (2013). A need for "actionable" climate science and information: Summary of WCRP open science conference outcomes. *World Climate Research Program Open Science Conference*. Denver, CO, 24–28 October 2011. http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-D-12-00011.1

Asrar, G.R. and J. W. Hurrell. (eds.) (2013). *Climate Science for Serving Society: Research, Modeling and Prediction Priorities*: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9789400766914.

Asrar, G.R., Ryabinin, V. and Detemmerman, V. (2012). Climate science and services: Providing climate information for adaptation, sustainable development and risk management. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4(1), 88-100. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.01.003.

Association of Vertical Farming (2018). *Introducing the Vertical Farming Global Sustainability Registry (SURE) Network.* Association for Vertical Farming https://sure.vertical-farming.net/ (Accessed: 26 January 2018).

Bennett, E.M., Solan, M., Biggs, R., McPhearson, T., Norström, A.V., Olsson, P. *et al.* (2016). Bright spots: Seeds of a good Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(8), 441-448. https://doi.org/10.1002/fee.1309.

Betsill, M.M. and Bulkeley, H. (2006). Cities and the multilevel governance of global climate change. *Global Governance* 12(2), 141-159. http://journals.rienner.com/doi/pdf/10.5555/ggov.2006.12.2.141.

Broto, V.C. and Bulkeley, H. (2013). A survey of urban climate change experiments in 100 cities. *Global Environmental Change* 23(1), 92-102. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.07.005

Budweg, S., Schaffers, H., Ruland, R., Kristensen, K. and Prinz, W. (2011). Enhancing collaboration in communities of professionals using a Living Lab approach. *Production Planning and Control* 22(5-6). https://doi.org/10.1080/09537287.2010.536630.

Bulkeley, H. and Betsill, M. (2005). Rethinking sustainable cities: Multilevel governance and the 'urban' politics of climate change. *Environmental Politics* 14(1), 42-63. https://doi.org/10.1080/0964401042000310178.

Buse, C.G., Oestreicher, J.S., Ellis, N.R., Patrick, R., Brisbois, B., Jenkins, A.P. *et al.* (2018). Public health guide to field developments linking ecosystems, environments and health in the Anthropocene. *Journal of Epidemiology and Community Health* 72(5), 420-425. https://doi.org/10.1136/jech-2017-210082.

C40 Cities (2018). *C40 cities*. https://www.c40.org/ (Accessed: 24 February 2018).

Camfield, L., Møller, V. and Rojas, M. (eds.) (2015). *Global handbook of quality of life: Exploration of well-being of nations and continents*: Springer. https://www.springer.com/gp/book/9789401791779.

Cats, O., Susilo, Y.O. and Reimal, T. (2017). The prospects of fare-free public transport: Evidence from Tallinn. *Transportation* 44(5), 1083–1104. https://doi.org/10.1007/s11116-016-9695-5.

Ceballosa, G., Ehrlichb, P.R. and Dirzob, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114.

Charli-Joseph, L., Siqueiros-Garcia, J.M., Eakin, H., Manuel-Navarrete, D. and Shelton, R. (2018). Promoting agency for social-ecological transformation: A transformation-lab in the Xochimilco social-ecological system. *Ecology and Society* 23(2), 46. https://doi.org/10.5751/ES-10214-230246.

Chu, E.K. (2016). The governance of climate change adaptation through urban policy experiments. *Environmental Policy and Governance* 26(6), 439-451. https://doi.org/10.1002/eet.1727.

City of Melbourne (2018). *Green Rooftop Project*. http://www.melbourne.vic.gov.au/building-and-development/sustainable-building/Pages/rooftop-project.aspx (Accessed: 22 March 2018).

Cockburn, J., Koopman, V., Pereira, L.M. and van Niekerk, J. (2018). Institutional bricolage to address sustainability challenges in the South African sugarcane industry. In *Food, Energy and Water Sustainability.* Routledge in association with GSE Research. 133-151. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781317446194/chapters/10.4324%2F9781315696522-14

Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K. *et al.* (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 389(10082), 1907-1918. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6.

Commission on Social Determinants of Health (2008). *Closing the Gap in a Generation: Health Equity through Action on the Social Determinants of Health.* Geneva: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43943/9789241563703_eng.pdf?sequence=1.

Cosgrave, E., Arbuthnot, K. and Tryfonas, T. (2013). Living labs, innovation districts and information marketplaces: A systems approach for smart cities. *Procedia Computer Science* 16, 668-677. https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.070.

Diamond, J. (1997). *Guns, Germs, and Steel.* W. W. Norton and Company, Inc. http://books.wwnorton.com/books/978-0-393-35432-4/.

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z. *et al.* (2018). Assessing nature's contributions to people: Recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments. *Science* 359(6373), 270-272. https://doi.org/10.1126/science.aap8826.

Donkin, A., Goldblatt, P., Allen, J., Nathanson, V. and Marmot, M. (2017). Global action on the social determinants of health. *BMJ Global Health* 3(1). https://doi.org/10.1136/bmjgh-2017-000603.

Downie, C. (2017). Business actors, political resistance, and strategies for policymakers. *Energy Policy* 108, 583-592. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.018.

Drimie, S., Hamann, R., Manderson, A.P. and Mlondobozi, N. (2018). Creating transformative spaces for dialogue and action: Reflecting on the experience of the Southern Africa Food Lab. *Ecology and Society* 23(3). https://doi.org/10.5751/ES-10177-230302

Dris, R., Imhof, H., Sanchez, W., Gasperi, J., Galgani, F., Tassin, B. *et al.* (2015). Beyond the ocean: Contamination of freshwater ecosystems with (micro-) plastic particles. *Environmental Chemistry* 12(5), 539-550. https://doi.org/10.1071/EN14172.

Dye, C. (2018). Expanded health system for sustainable development: Advance transformative research for 2030 agenda. *Science* 359(6381), 1337-1339. https://doi.org/10.1126/science.aaq1081.

Enright, S., McElrath, R. and Taylor, A. (2016). *The Future of Stakeholder Engagement: Transformative Engagement for Inclusive Business.* San Francisco, CA: Business for Social Responsibility (BSR). https://www.bsr.org/reports/BSR_Future_of_Stakeholder_Engagement_Report.pdf

European Commission (2018). *Implementation of the circular economy action plan*. [European Union http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm (Accessed: 04 April 2018).

Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T. and Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society* 15(4), 20. https://doi.org/10.5751/es-03610-150420.

Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S.R., Chapin, F.S. *et al.* (2011). Reconnecting to the biosphere. *Ambio* 40(7), 719–738. https://doi.org/10.1007/s13280-011-0184-y.

Food and Agriculture Organisation of the United Nations (2016). *The Global Forest Resources Assessment 2015: How are the World's Forests Changing?* Rome: Food and Agriculture Organisation. http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf.

Frantzeskaki, N., van Steenbergen, F. and Stedman, R.C. (2018). Sense of place and experimentation in urban sustainability transitions: The resilience lab in Carnisse, Rotterdam, The Netherlands. *Sustainability Science* 13(4), 1045-1059. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0562-5.

Frantzeskaki, N., Wittmayer, J. and Loorbach, D. (2014). The role of partnerships in 'realising' urban sustainability in Rotterdam's City Ports Area, The Netherlands. *Journal of Cleaner Production* 65, 406-417. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.023.

Freeth, R. and Drimie, S. (2016). Participatory scenario planning: from scenario 'stakeholders' to scenario 'owners'. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 58(4), 32-43. https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1186441.

Frenken, K. (2017). Sustainability perspectives on the sharing economy. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 23, 1-2. https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.04.004.

Fujino, J. and Asakawa, K. (2017). *Taking actions on the SDGs in Japanese Cities: The "Future City" Initiative and its Achievement on the SDGs.* Kamiyaguchi: Institute for Global Environmental Strategies. https://pub.iges.or.jp/pub_file/iges-dp-sdgs-city-en-1pdf/download.

Galafassi, D., Daw, T.M., Thyresson, M., Rosendo, S., Chaigneau, T., Bandeira, S. *et al.* (2018). Stories in social-ecological knowledge cocreation. *Ecology and Society* 23(1). https://doi.org/10.5751/ES-09932-230123.

Geels, F.W. and Schot, J. (2017). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36(3), 399-417. https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003.

Gordon, L.J., Bignet, V., Crona, B., Henriksson, P.J.G., Van Holt, T., Jonell, M. *et al.* (2017). Rewiring food systems to enhance human health and biosphere stewardship. *Environmental Research Letters* 12(10). https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa81dc.

Grießhammer, R. and Brohmann, B. (2015). *Wie Transformationen und Gesellschaftliche Innovationen Gelingen Können: Transformationsstrategien und Models of Change für Nachhaltigen Gesellschaftlichen Wandel.* Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/wie_transformationen_und_gesellschaftliche_innovationen_gelingen_koennen.pdf.

Haines, A. (2017). Health co-benefits of climate action. *The Lancet Planetary Health* 1(1), e4-e5. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30003-7.

Hajer, M.A. and Pelzer, P. (2018). 2050 - An energetic odyssey: Understanding 'Techniques of Futuring' in the transition towards renewable energy. *Energy Research and Social Science* 44, 222-231. https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.01.013.

Hebinck, A., Vervoort, J.M., Hebinck, P., Rutting, L. and Galli, F. (2018). Imagining transformative futures: Participatory foresight for food systems change. *Ecology and Society* 23(2). https://doi.org/10.5751/ES-10054-230216.

Heilmann, S. (2008). Policy experimentation in China's economic rise. *Studies in Comparative International Development* 43(1), 1-26. https://doi.org/10.1007/s12116-007-9014-4.

Hejazi, M., Edmonds, J., Clarke, L., Kyle, P., Davies, E., Chaturvedi, V. *et al.* (2014). Long-term global water projections using six socioeconomic scenarios in an integrated assessment modeling framework. *Technological Forecasting and Social Change* 81, 205-226. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.05.006.

Hildén, M., Jordan, A. and Huitema, D. (2017). Special issue on experimentation for climate change solutions editorial: The search for climate change and sustainability solutions - The promise and the pitfalls of experimentation. *Journal of Cleaner Production* 169, 1-7. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.019.

Ho, C.S., Matsuoka, Y., Chau, L.W., Teh, B.T., Simson, J.J. and Gomi, K. (2013). Blueprint for the development of low carbon society scenarios for Asian regions: Case study of Iskandar Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 16, 012125. https://doi.org/10.1088/1755-1315/16/1/012125.

Hooli, L.J., Jauhiainen, J.S. and Lähde, K. (2016). Living labs and knowledge creation in developing countries: Living labs as a tool for socio-economic resilience in Tanzania. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development* 8(1), 61-70. https://doi.org/10.1080/20421338.2015.1132534.

Husain, L. (2017). Policy experimentation and innovation as a response to complexity in China's management of health reforms. *Globalization and Health* 13(54). https://doi.org/10.1186/s12992-017-0277-x.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E. *et al.* (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2014-impacts-adaptation-and-vulnerability-part-b-regional-aspects/036A899BD52861D61B0D519C5F2B9334.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2018). *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Africa of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* Archer, E.,

Dziba, L.E., Mulongoy, K.J., Maoela, M.A., Walters, M., Biggs, R. *et al.* (eds.). Bonn: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_africa_2018_digital.pdf?file=1&type=node&id=28397.

International Capital Market Association (2018). *Green and Social Bonds: A High-Level Mapping to the Sustainable Development Goals.* Zurich: International Capital Market Association. https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/Mapping-SDGs-to-Social-and-Sustainability-Bonds-Final-030818.pdf.

Iskandar Regional Development Authority (2014). *Green Economy Guideline Manual.* Iskandar Regional Development Authority (IRDA). http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/learning-resources/action/IRDA%20GEG%20Manual%20-%20Tourism.pdf.

Iyer, G.C., Edmonds, J.A., Clarke, L.E., Asrar, G.R., Hultman, N.E., Jeong, M. *et al.* (2015). The contribution of Paris to limit global warming to 2°C. *Environmental Research Letters* 10(12). https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/125002

Jacob, K., Graaf, L., Wolff, F. and Heyen, D.A. (2018). *Transformative Umweltpolitik: Ansätze zur Förderung Gesellschaftlichen Wandels.* Berlin: Federal Ministry for the Environment. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Impulspapier_Transformative_Umweltpolitik.pdf.

Jacob, K., Kannen, H. and Niestroy, I. (2014). Nachhaltigkeitsstrategien im internationalen Vergleich. In *Nachhaltigkeitsstrategien erfolgreich entwickeln: Strategien für eine nachhaltige Zukunft in Deutschland, Europa und der Welt.* Stiftung, B. (ed.). Gütersloh. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_Nachhaltigkeitsstrategien_erfolgreich_entwickeln_de_NW.pdf

Jänicke, M. and Rennings, K. (2011). Ecosystem dynamics: The principle of co-evolution and success stories from climate policy. *International Journal of Technology, Policy and Management* 11(3-4), 198-219. https://doi.org/10.1504/IJTPM.2011.042084.

Johnson, N. (2016). *Costa Rica modernized without wrecking the environment. Here's how.* Grist. https://grist.org/food/costa-rica-modernized-without-wrecking-the-environment-heres-how/ (Accessed: 06 April 2018).

Kennedy, S. and Sgouridis, S. (2011). Rigorous classification and carbon accounting principles for low and Zero Carbon Cities. *Energy Policy* 39(9), 5259-5268. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.05.038.

Kishita, Y., Kuroyama, S., Matsumoto, M., Kojima, M. and Umeda, Y. (2018). Designing future visions of sustainable consumption and production in Southeast Asia. *Procedia CIRP* 69, 66-71. https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.150.

Lan, J., Ma, Y., Zhu, D., Mangalagiu, D. and Thornton, T.F. (2017). Enabling value co-creation in the sharing economy: The case of Mobike. *Sustainability Science* 9(9), 1-20. https://doi.org/10.3390/su9091504.

Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N.N. *et al.* (2017). The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet* 391(10119), 1-57. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.

Loorbach, D. and van Raak, R. (2006). *Strategic Niche Management and Transition Management: Different but Complementary Approaches.* Erasmus University. https://repub.eur.nl/pub/37247.

Maggino, F. (2015). Assessing the subjective wellbeing of nations. In *Global Handbook of Quality of Life.* Glatzer, W., Camfield, L., Møller, V. and Rojas, M. (eds.). Dordrecht: Springer. chapter 10. 803-822. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9178-6_37#enumeration

Markandya, A., Sampedro, J., Smith, S.J., Van Dingenen, R., Pizarro-Iriza, C., Arto, I. *et al.* (2018). Health co-benefits from air pollution and mitigation costs of the Paris agreement: A modelling study. *The Lancet Planetary Health* 2(3), e126-e133. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30029-9.

Marshall, F., Dolley, J. and Priya, R. (2018). Transdisciplinary research as transformative space making for sustainability: Enhancing propoor transformative agency in periurban contexts. *Ecology and Society* 23(3), 8. https://doi.org/10.5751/ES-10249-230308

McFadgen, B. and Huitema, D. (2018). Experimentation at the interface of science and policy: A multi-case analysis of how policy experiments influence political decision-makers. *Policy Science* 51(2), 161-187. https://doi.org/10.1007/s11077-017-9276-2.

Midgley, G. and Lindhult, E. (2017). *What is Systemic Innovation?* Research Memorandum 99. https://www.researchgate.net/profile/Gerald_Midgley/publication/315692364_What_is_Systemic_Innovation/links/58dbe0fda6fdcc7c9f191ff6/What-is-Systemic-Innovation.pdf?origin=publication_detail.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington, D.C: Island Press. https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf.

Mitchell, R.K., Agle, B.R. and Wood, D.J. (1997). Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. *The Academy of Management Review* 22(4), 853–886. https://doi.org/10.5465/amr.1997.9711022105.

Moore, M.L., Olsson, P., Nilsson, W., Rose, L. and Westley, F.R. (2018). Navigating emergence and system reflexivity as key transformative capacities: Experiences from a Global Fellowship program. *Ecology and Society* 23(2), 38. https://doi.org/10.5751/ES-10166-230238.

Moore, M.L., Riddell, D. and Vocisano, D. (2015). Scaling out, scaling up, scaling deep: Strategies of non profits in advancing systemic social innovation. *Journal of Corporate Citizenship* 58, 67–84. https://doi.org/10.9774/GLEAF.4700.2015.ju.00009.

Niestroy, I., Schmidt, A.G. and Esche, A. (2013). *Bhutan: Paradigm Matters. Case Study for the Reinhard Mohn Prize 2013.* Stiftung, B. (ed.). Gütersloh: Bertelsmann Foundation. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/31_Nachhaltigkeitsstrategien/Case-Study-Bhutan_Reinhard-Mohn-Prize-2013_20131016.pdf.

Nilsson, W. and Paddock, T. (2014). Social Innovation from the Inside Out. *Stanford Social Innovation Review*, Winter 2014. https://ssir.org/pdf/Social_Innovation_from_the_Inside_out.pdf.

Njugunah, M. (2017). List of countries that have banned plastic paper bags. *Capital Business*, Capital Group Limited. https://www.capitalfm.co.ke/business/2017/08/list-of-countries-that-have-banned-plastic-paper-bags/.

Noguer, S.N. and Houillier, S. (2010). *Minding your Stakeholders' Business: The Key to Sustainability.* Deloitte. http://globaldialogue.ca/doc/ca_consulting_minding_your_stakeholders_business.pdf.

Ocean Care (2017). Marine debris and the sustainable development goals. *UN Ocean Conference.* New York, NY, 5-9 June. United Nations https://www.oceancare.org/wp-content/uploads/2017/05/Marine_Debris_neutral_2018_web.pdf.

Olsson, P., Galaz, V. and Boonstra, W.J. (2014). Sustainability transformations: A resilience perspective. *Ecology and Society* 19(4). https://doi.org/10.5751/ES-06799-190401.

Olsson, P., Gunderson, L.H., Carpenter, S.R., Ryan, P., Lebel, L., Folke, C. *et al.* (2006). Shooting the rapids: Navigating transitions to adaptive governance of social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1). http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art18/.

Onyanga-Omara, J. (2013). Plastic bag backlash gains momentum. *BBC News*, British Broadcasting Corporation. https://www.bbc.com/news/uk-24090603.

Orsini, F., Kahane, R., Nono-Womdim, R. and Gianquinto, G. (2013). Urban agriculture in the developing world: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33(4), 695–720. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0143-z.

Pereira, L., Karpouzoglou, T., Doshi, S. and Frantzeskaki, N. (2015). Organizing a safe space for socio-ecological transformation to sustainability. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(6), 6027-6044. https://doi.org/10.3390/ijerph120606027.

Pereira, L.M., McElroy, C.A., Littaye, A. and Girard, A.M. (eds.) (2018). *Food, Energy and Water Sustainability: Emergent Governance Strategies*: Routledge. https://www.routledge.com/Food-Energy-and-Water-Sustainability-Emergent-Governance-Strategies/Pereira-McElroy-Littaye-Girard/p/book/9781138904095.

Porter, M. and Kramer, M. (2006). Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Harvard Business Review* 84(12), 78–92. https://doi.org/10.1108/sd.2007.05623ead.006.

Potjer, S., Hajer, M. and Pelzer, P. (2018). *Learning to Experiment: Realising the Potential of Urban Agenda for the EU.* Utrecht: Urban Futures Studio. https://www.docdroid.net/99DbF6c/research-urbanfuturesstudio-web-def-1.pdf#page=2.

Premalatha, M., Tauseef, S.M., Abbasi, T. and Abbasi, S.A. (2013). The promise and the performance of the world's first two zero carbon eco-cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25, 660-669. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.011.

ProjectZero (2016). *35% less CO_2 in Sonderborg.* http://brightgreenbusiness.com/en-GB/News/Archive/2016/35-less-CO2-in-Sonderborg.aspx (Accessed: 10 January 2018).

Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R. and Neira, M. (2016). *Preventing Disease through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks.* Geneva: World Health Organization. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196_eng.pdf?ua=1.

Ritzén, S. and Sandström, G.Ö. (2017). Barriers to the circular economy: Integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP* 64, 7-12. https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Stuart Chapin III, F., Lambin, E.F. *et al.* (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475. https://doi.org/10.1038/461472a.

Schäpke, N., Wagner, F., Parodi, O. and Meyer-Soylu, S. (2018). Strengthening the transformative impulse while mainstreaming real-world labs: Lessons learned from three years of BaWü-Labs. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 26(4), 262-264. https://doi.org/10.14512/gaia.27.2.19.

Scharmer, O. (2007). *Theory U: Leading from the Future as it Emerges.* Berrett-Koehler Publishers. http://www.ottoscharmer.com/publications/executive-summaries.

Schmidt-Bleek, F. (2008). Factor 10: The future of stuff. *Sustainability: Science, Practice and Policy* 4(1), 1-4. https://doi.org/10.1080/15487733.2008.11908009.

Shin, K. (2018). Environmental policy innovations in China: A critical analysis from a low-carbon city. *Environmental Politics* 27(5), 830-851. https://doi.org/10.1080/09644016.2018.1449573.

Silva E. (2002). National environmental policies: Costa Rica. In *Capacity Building in National Environmental Policy.* Weidner H. and Jänicke M. (eds.). Berlin: Springer. 147-175. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-04794-1_7.

Smith, N.C., Ansett, S. and Erez, L. (2011). *What's at Stake? Stakeholder Engagement Strategy as the Key to Sustainable Growth.* Fontainebleau: INSEAD. https://sites.insead.edu/facultyresearch/research/doc.cfm?did=47212.

Solomon, G.M., Morello-Frosch, R., Zeise, L. and Faust, J.B. (2016). Cumulative environmental impacts: Science and policy to protect communities. *Annual Review of Public Health* 37, 83-96. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032315-021807.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M. *et al.* (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223), 1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855.

Straatman, B., Boyd, B., Mangalagiu, D., Rathje, P., Eriksen, C., Madsen, B. *et al.* (2018). A consumption-based, regional input-output analysis of greenhouse gas emissions and the carbon regional index. *International Journal of Environmental Technology and Management* 21(1-2). https://doi.org/10.1504/IJETM.2018.10013804.

Trucost (2016). *Plastics and Sustainability: A Valuation of Environmental Benefits, Costs and Opportunities for Continuous Improvement.* Trucost. https://plastics.americanchemistry.com/Plastics-and-Sustainability.pdf.

Umemiya, C., Rametsteiner E. and Kraxner, F. (2010). Quantifying the impacts of the quality of governance on deforestation. *Environmental Science and Policy* 13(8), 695-701. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.07.002.

United Nations, General Assembly (2014). *Report of the Independent Expert on the issue of human rights obligations relating to the enjoyment of a safe, clean, healthy and sustainable environment, John H. Knox - Addendum: Mission to Costa Rica.* Human Rights Council: Promotion and protection of all human rights, civil, political, economic, social and cultural rights, including the right to development, Twenty-fifth session. A/HRC/25/53/Add.1. https://www.ecoi.net/en/file/local/1247651/1930_1399473512_a-hrc-25-53-add-1-en.doc.

United Nations Conference on Trade and Development (2014). *World Investment Report 2014: Investing in the SDGs; An Action Plan.* Geneva: United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2014_en.pdf.

United Nations Environment Programme (2018). *Exploring the Potential for Adopting Alternative Materials to Reduce Marine Plastic Litter.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25485/plastic_alternative.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *The Paris Agreement.* United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement.

Vallentin, D. (2016). *North Rhine-Westphalia's Industry in Transition – Great Achievements, Great Challenges Ahead.* Energy Transition Platform. https://www.stiftung-mercator.de/media/downloads/3_Publikationen/The_Climate_Group_Briefing_Energy_Transiton_Platform_November_2016.pdf

van Zwanenberg, P., Cremaschi, A., Obaya, M., Marin, A. and Lowenstein, V. (2018). Seeking unconventional alliances and bridging innovations in spaces for transformative change: The seed sector and agricultural sustainability in Argentina. *Ecology and Society* 23(3), 11. https://doi.org/10.5751/ES-10033-230311.

Venugopal, S. and Srivastava, A. (2012). *Glossary of Financing Instruments.* Washington, D.C: World Resources Institute. http://pdf.wri.org/glossary_of_financing_instruments.pdf.

von Weizsacker, E.U., Hargroves, C., Smith, M.H., Desha, C. and Stasinopoulos, P. (2009). *Factor Five: Transforming the Global Economy through 80% Improvements in Resource Productivity.* 1st edn. London: Routledge https://www.taylorfrancis.com/books/9781136545801.

Voytenko, Y., McCormick, K., Evans, J. and Schliwa, G. (2016). Urban living labs for sustainability and low carbon cities in Europe: Towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production* 123, 45-54. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.053.

Westley, F., McGowan, K. and Tjörnbo, O. (eds.) (2017). *The Evolution of Social Innovation: Building Resilience through Transitions*. Cheltenham: Edward Elgar. https://www.e-elgar.com/shop/eep/preview/book/isbn/9781786431158/.

Westley, F.R., Laban, S., Rose, C., McGowan, K., Robinson, K., Tjornbo, O. *et al.* (2012). *Social Innovation Lab Guide*. Waterloo: Waterloo Institute for Social Innovation and Resilience. https://uwaterloo.ca/waterloo-institute-for-social-innovation-and-resilience/sites/ca.waterloo-institute-for-social-innovation-and-resilience/files/uploads/files/10_silabguide_final.pdf.

Westley, F.R., Tjornbo, O., Schultz, L., Olsson, P., Folke, C., Crona, B. *et al.* (2013). A theory of transformative agency in linked social-ecological systems. *Ecology and Society* 18(3). https://doi.org/10.5751/ES-05072-180327.

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A.G., de Souza Dias, B.F. *et al.* (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet* 386(10007), 1973-2028. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1.

Wilts, H. (2017). Key challenges for transformations towards a circular economy: The status quo in Germany. *International Journal of Waste Resources* 7(1). https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000262.

World Business Council for Sustainable Development (2017). *Zero emissions cities*. [World Business Council for Sustainable Development https://www.wbcsd.org/Programs/Cities-and-Mobility/Zero-Emissions-Cities (Accessed: 12 November 2017).

World Future Council (2016). *Mobilizing Actors for the Local Energy Transition*. Hamburg: World Future Council. https://www.worldfuturecouncil.org/wp-content/uploads/2016/05/PZ-2016.09.26-ProjectZero-World-Future-Council-visit-to-Sonderborg-english.pdf.

World Health Organization (1948). *Constitution of the World Health Organisation*. World Health Organization. http://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd47/EN/constitution-en.pdf?ua=1.

World Wide Fund for Nature (2014). *Ten Years of Being SASSI: A Documentation of the Sustainable Seafood Movement in South Africa*. Cape Town. http://www.ee.uct.ac.za/sites/default/files/image_tool/images/258/Papers/WWF-SA%2010%20years%20of%20SASSI.pdf.

Yamanoshita, M. and Aamano, M. (2012). Capability development of local communities for project sustainability in afforestation/reforestation clean development mechanism. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 17(4), 425-440. https://doi.org/10.1007/s11027-011-9334-6.

Zadek, S. (2004). The path to corporate responsibility. *Harvard Business Review* 82(12), 125–132. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70818-6_13.

Zgambo, O. (2018). *Exploring food system transformation in the greater Cape Town area*. Master of Philosophy in Sustainable Development, Stellenbosch University http://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/103445/zgambo_exploring_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Zhang, J. (2017). The evolution of China's one-child policy and its effects on family outcomes. *Journal of Economic Perspectives* 31(1), 141-160. https://doi.org/10.1257/jep.31.1.141.

D部分

当前的数据和知识差距

25. 未来的数据和知识需求

第 25 章

未来的数据和知识需求

© Shutterstock/kan_chana

领衔作者兼协调负责人：Florence Daguitan（土著人民政策研究和教育国际中心），Charles Mwangi（有益于环境的全球性学习与观察计划【GLOBE】），Michelle Tan（ADEC Innovations公司）

领衔作者：Graeme Clark（新南威尔士大学），Daniel Cooper（牛津大学），James Donovan（ADEC Innovations公司），Sheryl Gutierrez（ADEC Innovations），Nina Kruglikova（牛津大学），Pali Lehohla（泛非洲证据研究所），Joni Seager（宾利大学），William Sonntag（地球观测组织）

《全球环境展望》研究员：Amit Patel（Planned Systems International公司）

执行摘要

公众科学为公众参与收集和分析大量环境数据提供了前所未有的机会（充分证实）。大量分散的观测群体的潜力，辅以智能传感器、移动电话、互联网和计算能力等新技术，提供了新的研究方法，同时让公众也能参与解决环境问题。除了能够收集海量数据外，新技术的进步也提高了所收集数据的质量和准确性。公众科学带来的关键机会包括：可以更加频繁地从分散来源收集数据、处理大量知识和资金缺口的能力、让公众了解环境政策问题的能力以及使用地方知识的能力。{25.2.1}

大数据是全球新兴的宝贵资源之一，它改变了全球、国家和地方层面的环境评估格局（充分证实）。传统的处理技术无法达到大数据的数量、速度、种类和准确性要求，需要新的算法、编程和统计方法，以获取信息和得出基于证据的结论。如果可以有效地利用和分析大数据，那么完善环境知识的潜力巨大。{25.2.2}

各国政府、组织、学术界和私营部门都在落实举措，寻求机会来挖掘大数据的潜力，促进实现可持续发展（充分证实）。当前的举措包括：建立联合国“全球脉动”实验室，开展大数据试点研究；成立联合国全球大数据工作组，监测可持续发展目标方面的进展；以及多边组织、研究中心和政府合作的存储库站点和开放数据源的可得性。基于网络和地理空间地图绘制技术、遥感和统计可视化的大数据为环境评估提供了基础。{25.2.2}

在环境评估方面运用大数据存在的挑战包括：可得性、质量、规模和背景不一、不完整的时间序列（充分证实）。尽管在产生全球可接受且可用的大数据方面付诸了努力，但能力受到资源和资金的限制，尤其是在发展中国家。即使许多数据产品在被称为“数据慈善”的过程中为了公众福利而被免费提供，绝大部分实时大数据仍然由私营部门控制和持有。建立大数据整体系统的具体建议包括：建立领导力和数据治理；政府、机构和私营部门之间开展合作；以及将法律框架制度化，为信息提供保障。{25.2.2}

加强收集、解析和使用数据的能力，以便进行有效的规划、决策、管理和评估，可以使各国全面了解环境影响（充分证实）。政府和社会需要适应不断变化的数据格局，包括有可能利用人工智能来管理环境问题。要应对数据格局的转变，需要掌握新的信息技术技能和整体方法，才能利用新兴和现有数据和知识工具。{25.3}

土著人民和当地社区掌握的传统知识越来越被视为环境评估和可持续发展的宝贵资源（充分证实）。人们越来越多地讨论和研究传统知识，而其也被纳入了全球政策协议中，这证明了传统知识越来越被重视。为了解决当前和未来的挑战（如气候变化），研究表明最佳方法需要具备的特征是能够协调现代科学技术与传统知识。虽然地方和全球社区与知识系统之间的合作已证明在促进个人和地球的健康方面是有效的，但某些挑战仍然存在。{25.2.3}

25.1 引言

本章讨论了环境信息和统计的新兴领域，包括公众科学、大数据和传统知识，旨在总结改善环境知识基础存在的差距和机会。

全球格局正在演变，技术正在发展，有越来越多的数据可供使用。这些新的数据来源不会促使传统数据收集手段失去意义，但会为环境监测和评估提供额外的机会。本章分析了这些新的、蓬勃兴起的数据收集手段，并为环境监测和评估的未来提供了一个视角。

25.2 新兴的环境评估工具

公众科学、大数据和传统知识不是新的信息来源，但它们在环境评估中的定期和系统运用则是新兴领域。本节重点介绍了利用这些创新信息来填补数据空白的一些现有经验以及必要性。

25.2.1 公众科学

公众科学需要志愿者参与科学和研究。志愿者通常参与数据收集，但也可以参与提出问题、设计项目、传播结果和解析数据（Blaney等人，2016年）。将公众科学与新兴技术相结合，为公众参与研究和了解环境问题提供了前所未有的机会（Newman等人，2012年，第298页）。

如果将全球不同地区的庞大、非集中化观测群体动员起来，则可以在前所未有的空间和时间尺度上整理和分析数据。公众科学项目有可能收集大量的科学数据，但是只有当收集的数据以某种方式被使用时才会有用（Dickinson、Zuckerberg和Bonter，2010年；Kim等人，2011年；Dickinson等人，2012年）。

公众科学有许多优势，最主要的是有机会以更低的成本在更广泛的空间范围和更长的时期内收集数据。其他优势包括：创造就业机会、提高科学素养、公民参与地方和环境问题、政府的成本效益提高以及对受监测环境的益处。公众科学还能够将科学家的专业知识带给公众，同时让科学家了解当地社区内的本土知识和专业知识（Conrad和Hilchey，2011年；Blaney等人，2016年）。公众科学的一些主要优势重点载于**图21.1：本章探讨的选定子目标及其相关群组**。

天文学和鸟类学是最早运用公众科学的领域。1900年，美国自然历史博物馆的鸟类学家弗兰克·查普曼（Frank Chapman）发起了“圣诞节鸟类调查”（CBC）项目。多年来，由于公众科学家的热情参与，这个项目得以延续下去，目前由全美奥杜邦协会负责运作（Dickinson、Zuckerberg和Bonter，2010年）。自那时起，多年来在地方、区域和全球范围内开展了许多公众科学项目，涵盖了不同的兴趣领域。

近年来，公众科学项目推出了各类举措，从建立协作知识平台（如维基百科、开放街道图（OpenStreetMap））、志愿计算（如CitizenGrid、climateprediction.net）和模式分类（如“星系动物园”（Galaxy Zoo）、eyewire），到社区观测收集（如鸟类普查、空气传感器工具箱）（Mathieu等人，2016年）。

在许多超越政府管辖边界的环境利益问题（如污染和鸟类迁徙）上，越来越多的公众科学家加入到了监测队伍中。更多的创新项目开始利用谷歌的reCAPTCHA技术，这种技术可以实现典籍数字化，将计算机无法读取的文字显示在CAPTCHA中，以便人们去解决（Conrad和Hilchey 2011年；谷歌，2018年）。

在组织公众科学项目时有两种主要方法；自上而下或自下而上。这些方法类似于第10章关于政策成效评估的概念。

图25.1：公众科学的一些优势

自上而下的方法主要由科学家驱动，他们为志愿者提供程序和研究方面的培训。基于这种方法，志愿者在数据收集中发挥的作用有限。自下而上的方法由社区驱动。一般情况下，驱动力来自于社区需要了解或收集关注问题的证据。然后，社区在此过程中会与科学家接洽，寻求提供支持和指导（Roelfsema等人，2016年；Shirk等人，2012年）。

志愿者参与公众科学项目所需的参与程度、技能和知识水平取决于研究范围。有些项目要求基本的数据收集技能，只需要对志愿者进行最基本的培训甚至不需要培训，而其他项目则需要强化培训（Haklay，2013年；Shirk等人，2012年）。**图21.4：对全球平均产量（左上）、全球作物产量（右上）、农业区域（左下）、森林和其他自然土地区域（右下）的未来预测**，阐释了志愿者在公众科学项目中的各类参与程度。

公众科学家可以帮助发现关于自然环境的重要信息，而专业科学家则可能需要多年时间才能获取到这些信息。**图25.3**中的信息图示例说明了河流监测需要借助公众科学运动，以及收集的数据和成果如何用于维护生态系统服务和人类福祉（Pottinger，2012年）。该图还表明了实行公众科学研究的分步流程。这一数据收集和分析流程可以复制应用到驱动力（第2章）和各类环境主题（第5章到第9章）上。

图25.2：按参与程度递增分类的公众科学等级

资料来源：Haklay（2013年）。

公众科学的趋势

技术革命带来了各类新颖的数据收集、存档、分析和传输方式。新兴的物联网（IoT）、具有地理定位功能的小型智能传感器、互联网和数据的更高可及性以及云存储和计算的巨大潜力，扩大了数据收集和分析的可能性和机会。技术快速发展，再加上公众更高的参与度和敏感度，基于公众科学的项目得到快速发展（Mathieu等人，2016年）。

基于互联网和地理信息系统（GIS）的网络应用程序的可及性，使公众科学家能够收集大量地理参考数据，并以电子方式将数据提交给中央数据库。“有益于环境的全球性学习与观察计划”（GLOBE）便是这种系统的一个例子，该计划组织学生收集环境数据，并将数据存档在该计划的数据库中（Dickinson等人，2012年；“有益于环境的全球性学习与观察计划”计划，2018年）。

由于智能手机用途的不断扩大，有可能实现观测结果的数字照片验证以及有能力搭建简易在线数据输入系统，公众科学项目的启动流程正在经历变革，同时将以最低成本确保数据的准确性。目前，借助大多数手机内置的全球定位系统接收器芯片，有望创建用于收集不同类型数据集的移动电话应用程序，并且自动对数据进行地理定位（Dickinson、Zuckerberg和Bonter，2010年；Dickinson等人，2012年）。

目前，专业科学家越来越多地通过公众科学家来收集地理参考原位数据，这些数据可用于支持地球观测卫星数据产品的校准和验证。公众科学家也参与到了地球观测数据集的解析和数字化工作中（Mathieu等人，2016年；See等人，2016年）。

Tomnod项目是一个使用众包和公众科学家来识别卫星图像中的物体和位置的例子。Tomnod项目曾借助卫星图像试图寻找失踪的马来西亚航空公司MH370客机。约230万互联网用户总计提交了745000张卫星图像的1800万个标签，这清楚地说明了公众科学存在巨大潜力（Mazumdar等人，2017年）。

美国国家航空航天局全球降水测量（GPM）卫星任务与“有益于环境的全球性学习与观察计划”（GLOBE）之间的

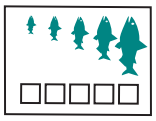
图25.3：公众科学的一个例子（演示公众科学如何被需要以及如何复制推广）

案例研究：为什么我们的河流需要公众科学运动

我们的大多数决定都是基于不完整或不充分的数据/信息——在缺少专业科学家来填补这些空白的情况下，可以引入公众科学来促进获取信息和成果。本案例研究探讨了由公众科学家来填补这一空白的机会。

工作量大，科学家少

- 有太多的研究工作需要去做，但专业科学家自身很难完成所有研究。
- 美国俄勒冈州的志愿者正在帮助专业科学家对146英里的河流进行普查，他们的工作是标记鲑鱼与本地鳟鱼出现的位置并计数，并帮助重建这些鱼类的栖息地
- 美国自然保育协会的数百名志愿者每年都会调查圣佩德罗河淹没的沙滩地面积；他们的行程长达250英里



河流属于你我

- 在美国东部，神秘河流流域协会的志愿者在科学家的支持下，每月在沿河的15个河段采集水样，以监测水质。
- 有关方面根据他们的检测结果提出了环保倡议，为提高河流的洁净度发挥了作用，让当地居民通过实践科学参与自然环境保护。

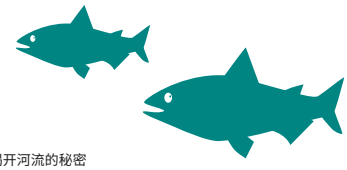
只有十分之一的河流可直通大海

河流资源养育了80%的人口

世界上有三分之二的大型河流被大坝截断

无知或带来伤害

- 公众科学也适用于记录有关河流系统的基本信息，同时也可记录一段时间内的河流流量、泥沙含量、物种和水质。
- 在中国，南水北调工程被认为对许多重要水道产生了巨大影响，招募的志愿者对中国西部一万公里的河流进行了长达四年的评估。



揭开河流的秘密

- 人类对河流物种及河流健康的认知最基本也最为关键，而这样的认知存在空白，公众科学家能够填补这些空白
- 东南亚的湄公河生活着几种大型鱼类，而人们对其知之甚少。关于这些鱼类的产卵地、产卵的自然诱因、估计种群数量、生命周期的地域分布图等，我们需要更多信息。
- 关于湄公河公众研究的分步指南探讨了如何实现这一目标。

分步公众科学研究指南：渔民记录湄公河自然资源的案例研究

确定研究需要回答的问题

- 1994年，泰国在湄公河最大的支流上建造了Pak Mun水坝，摧毁了当地的渔业并伤害了以河流为生的社区
- 有关当地渔业的信息非常少。
- 2001年，泰国政府启动了为期一年的大坝渔业影响研究。

组建研究团队

- 东南亚河流网络（SEARIN）和“贫穷人士联盟”（Assembly of the Poor）联手监测大坝造成的环境变化。
- 他们采用了被称为“Thai Bahn（泰国村民）研究”的创新公众科学研究方法，依靠当地渔民收集信息。

制定行动计划

- 研究方法、研究领域和研究团队成员由当地村民确定。
- 东南亚河流网络帮助制定行动方案，记录调查结果，并提高国际意识。

记录研究成果

- 在为期一年的试验期内，河流的自然流动使得村民恢复了传统的生活方式，缓解了河流沿岸社区的资源冲突。
- 东南亚河流网络帮助制定行动方案，记录调查结果，并提高国际意识。

分析调查数据

- 东南亚河流网络帮助编制了调查结果报告，采用两种语言。
- 该报告被视为当地湄公河渔业资源的最完整报告。

分享研究成果并将其用于行动

- 基于这项公众科学研究，村民成功说服泰国政府每年开闸四个月，便于鱼类洄游。
- 其他政府尚未执行此协议。
- 该项目对其他公众科学项目产生了有益影响，帮助保护该地区的河流。

资料来源：国际河流组织（2012年）。

合作项目是利用公众科学家验证卫星数据的另一个例子。“有益于环境的全球性学习与观察计划”是一个中小学环境教育计划，世界各地学校的学 生使用如图25.4所示的雨量计收集降水数据。所收集的数据以及从其他来源获取的数据被美国国家航空航天局用于校准和验证全球降水测量任务的降水测量数据（美国国家航空航天局【NASA】，2018年）。

图25.4：参与“有益于环境的全球性学习与观察计划”的内罗毕圣斯考拉斯蒂卡天主教学校的学生收集并记录全球降水测量卫星任务实地项目的降水量

资料来源：© “有益于环境的全球性学习与观察计划”（肯尼亚）。

自动化和自主设备（如无人机、遥控传感器、自动水下航行器（AUV）和水下滑翔机）将在公众科学研究中发挥越来越大的作用。这些自主系统可作为主要的数据来源或补充原位收集的数据，几乎可实时提供高分辨率数据，可根据需要进行部署，并且通常能够触及远程或极端位置，如用于海洋环境观察。此外，与卫星相比，这些设备成本较低，是地球观测数据的替代和可靠来源（Macauley和Brennan，2016年；Garcia-Soto，2017年）。

公众科学以及其他数据来源促进了大数据收集，而这些海量数据需要处理。目前已探索了许多方法来让大量公众科学家参与分析这些海量数据，其中之一就是开发类似于游戏的系统（游戏化）。公众参与这些游戏有助于加速数据分析，推动科学加速发展（Van Vliet和Moore，2016年；Spitz等人，2017年；McCallum等人，2018年）。

游戏化的一个例子是Cropland Capture，这是地学维基百科（GeoWiki）项目的一个游戏版本，旨在让公众科学家参与全球土地覆盖研究，帮助研究人员识别世界各地的农田。这款游戏设法收集来自3000多名玩家的400万个分类，以识别存在和不存在农田的图像（See等人，2013年）。

表25.1展示了一些致力于公众科学研究的全球和区域项目。

公众科学研究的潜力不应局限于让志愿者收集和整理科学数据（如**图25.5**所示）。公众科学也适用于使社区接触和参与自然环境相关问题，更好地了解这些问题，并有机会负责解决这些问题。考虑到环境面临的压力与日俱增，可借此宣传生态系统保护的必要性。（Roelfsema等人，2016年）。

表25.1：一些公众科学项目和网站

项目	区域	说明	网站
联合国环境规划署实况平台	全球	一个用于获取全球、区域和国家环境数据的联合国开放平台	https://environmentlive.unep.org
SciStarter	全球	一个汇总关于公众科学项目的信息、视频和博客的平台	www.scistarter.com
地球数据观测网络	全球	提供多数据源数据（包括公众科学数据）的访问框架	www.dataone.org
CitSci.org	全球	为公众科学家提供工具，指导他们完成整个研究过程，例如：研究项目的启动过程、管理数据收集过程和数据分析	www.citsci.org
iSpot	全球	该网站搭建了公众科学家与物种鉴定专家之间的沟通平台，旨在帮助人们识别任何自然物种	www.ispotnature.org
eBird	全球	鸟类观测的在线数据库，提供有关鸟类分布和丰度的实时数据	www.ebird.org

图25.5：公众科学家收集环境数据

资料来源：© “有益于环境的全球性学习与观察计划”（肯尼亚）。

公众科学面临的挑战

公众科学面临的挑战主要围绕三个主要方面：组织问题、数据收集问题和数据使用问题。在组织层面，面临的挑战包括：志愿者的招募过程、鼓励参与的激励措施、项目计划的可持续性和资金来源。在数据收集层面，面临的挑战包括：数据碎片化、数据代表性、数据质量（如数据收集者故意破坏的数据）和/或缺乏必要的元数据。在数据使用层面，面临的挑战包括：协议和标准不统一、法律问题、数据隐私问题、公开获取问题（Conrad和Hilchey，2011年；Hochachka等人，2012年；Rotman等人，2012年；See等人，2016年）

由于存在误解和缺乏处理此类数据的技术知识和技能，人们对元数据的可信性、可比性、完整性和缺乏以及数据访问和共享方面的挑战表示担忧，且这些因素导致这些数据无法得到政策和决策者的重视。在多数情况下，认为数据质量不佳的看法，而非实际数据质量和使用适用性，会影响公众科学数据的价值和使用（西英格兰大学科学传播小组，2013年；Storksdieck等人，2016年）。

公众科学研究的关键优势主要包括：

i. 运用地方知识；
ii. 来自分散来源的及时数据；
iii. 有能力解决大量知识和资金缺口；
iv. 有能力教育公众了解环境政策问题；以及
v. 加强参与式民主。

为了使公众科学得到广泛接受，需要向公众科学项目协调员和项目成果数据的使用者提供适当培训和支持。经过精心设计的公众科学项目配合适当的质量保证方法（如**图25.3**所示），可以确保公众科学家的努力不会白费（西英格兰大学科学传播小组，2013年；Storksdieck等人，2016年）。

在此方面持续推行的举措包括以公众参与式科学研究（PPSR）为核心的数据模型框架（如**图25.6**所示），旨在建立数据和元数据标准，以促进国际合作，改善公众科学数据的数据标准化、互操作性、整合、可及性和传播（Bowser等人，2017年）。公众科学研究有望提供可靠的数据，来弥合第3章中强调的数据差距，并提供数据来监测可持续发展目标环境指标方面的进展情况。

25.2.2 大数据和数据分析

“大数据”可以定义为“大小超出传统数据库软件工具的捕获、存储、管理和分析能力的数据集”（Manyika等人，2011年）。

数据是世界上宝贵的资源之一，其改变了全球、国家和地方层面的环境评估格局（“世界上最宝贵的资源不再是石油，而是数据”，2017年）。2011年的数据量是1.8泽字节（1.8万亿千兆字节）（国际数据公司【IDC】，2012年），预计到2020年将达到40泽字节（40万亿千兆字节）（戴尔易安信和国际数据公司，2014年）。随着数据量的激增，传统的处理应用程序将无法应对来自多个来源的海量数据。大数据的特征通常用四个“V”来概括：海量的数据规模（体量【volume】）、数据产生和传输速度快（速度【velocity】）、非结构化数据的种类繁多（多样性【variety】）、数据来源的不确定性（真实性【veracity】）（**图25.7**）第五个“V”（价值【value】）则是通过数据分析来实现的（国际商业机器股份有限公司【IBM】，2017年）。

需要借助数据分析科学为错综复杂的数据集创建模式，并通过使用算法、编程以及机械和统计方法找到相关性（如化学污染和其在航空照片中的位置），得出基于证据的结论，获得对决策有用的信息（Monnappa，2017年）。从大数据分析中获得的洞见包括从联合国“全球脉动”计划项目中获得的那些，例如：

i. 从用于改善圣保罗和阿比让交通的移动数据中获取城市动态信息；
ii. 基于通过社交媒体进行的艾滋病毒认识调查来开发计划；以及
iii. 基于登革热空间流行病学来制定支持服务定位计划（Kirkpatrick，2016年）。

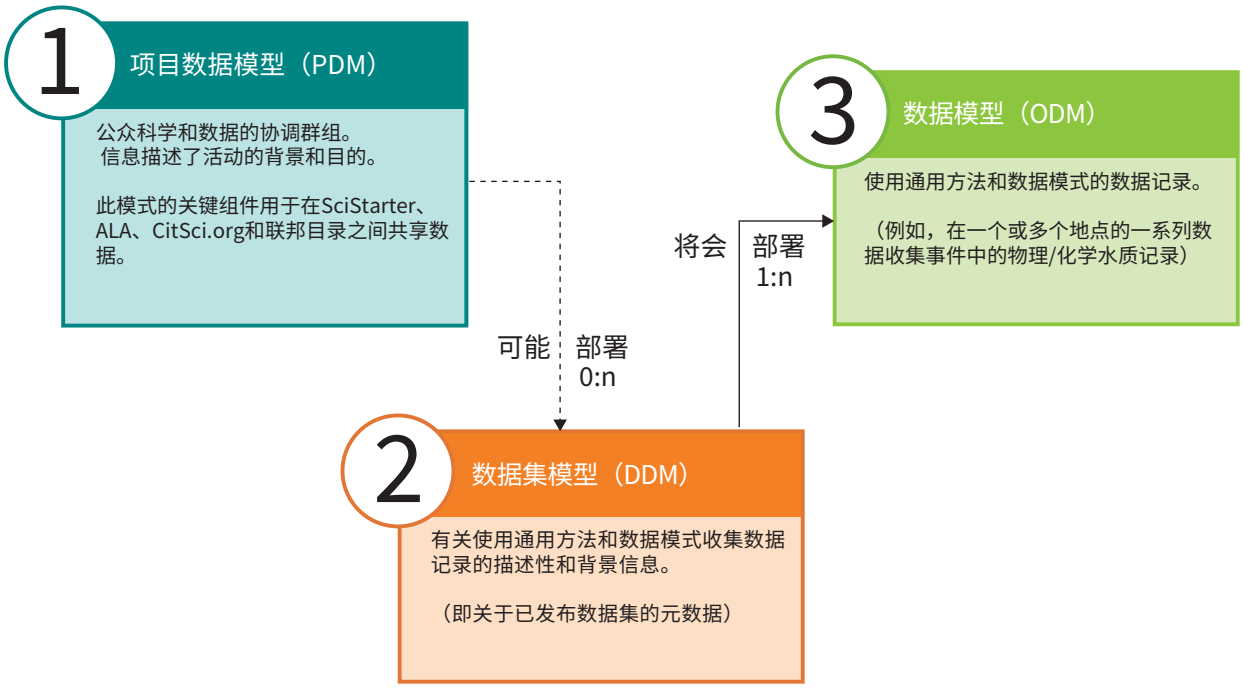
大数据的当前发展趋势和相关举措

联合国成员国与学术界和研究界、非政府组织和私营部门合作，正在寻求创新并寻找机会来挖掘出大数据的最佳潜力，从而促进可持续发展。

公益创新

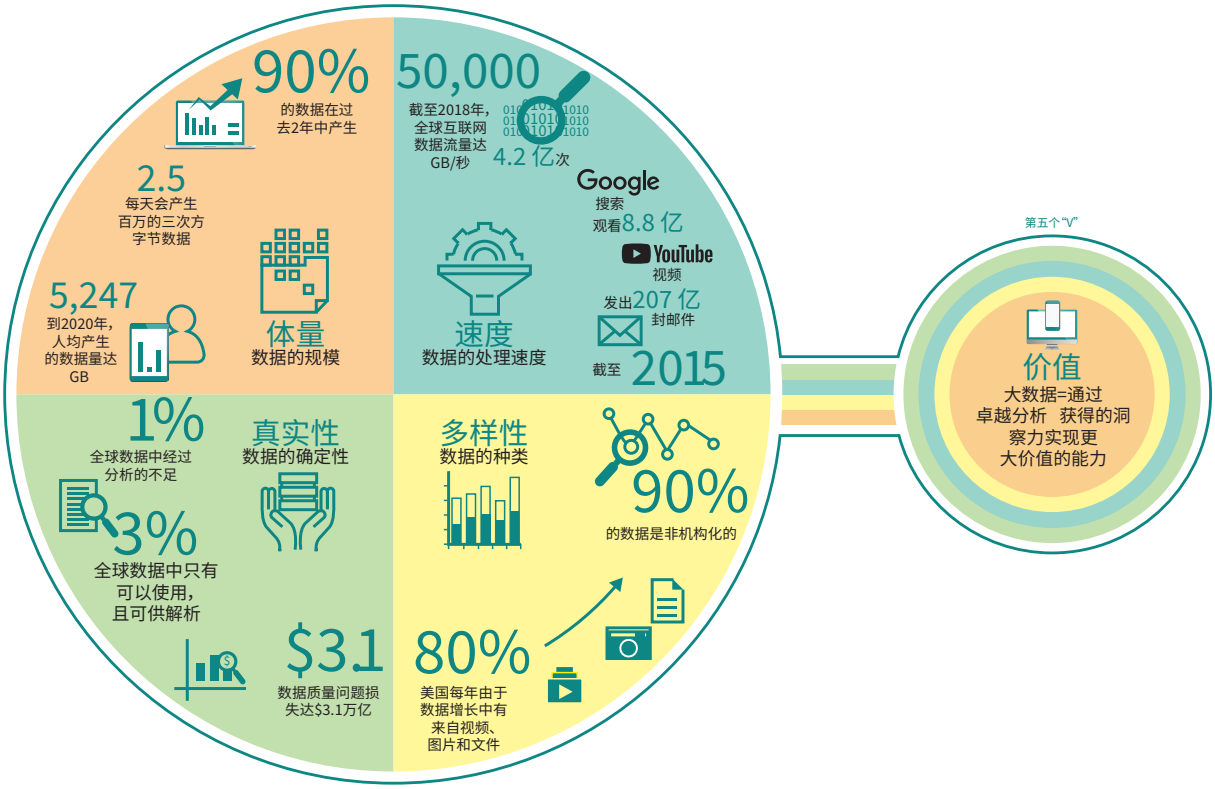
联合国“全球脉动”计划于2009年发起，旨在逐步建立起“全球脉动”实验室网络，以收集数字数据，用于决策目的（联合国，2018a）。“全球脉动”实验室持续创新设备，针对可持续发展方面的大数据捕获和分析的可扩展性开展试点研究——表**25.2**中展示了一些例子。

图25.6：以公众参与式科学研究为核心的数据模型框架



Source: Bowser *et al.* (2017).

图25.7：大数据的特征和数据分析的作用



资料来源：IBM信息图经改编和重塑后呈现，整合了世界银行（2016a）、IBM（2017年）、IDC（2012年）和《哈佛商业评论》（2016年）的信息。.

表25.2：联合国"全球脉动"实验室的调查和研究项目

联合国"全球脉动"计划的合作方	项目说明	洞见和成果
斯泰伦博斯大学 坎帕拉"全球脉动"实验室（2017年）	无线电内容分析，原型语音到文本转换软件，将公共广播内容转换为分类文本	与可持续发展目标和发展相关的可搜索主题
联合国难民事务高级专员办事处（联合国难民署） Vacarelu（2017年）	利用Twitter数据了解欧洲难民被迫流离失所的情况	与人道主义行动相关的实时社交媒体监控系统
世界粮食计划署 Webb和Usher（2017年）	通过脆弱性监测平台，确定印度尼西亚的干旱程度及其对食品市场价格的影响，以及受影响区域的恢复力	实时信息平台，支持受气候影响的人口
联合国难民署 Hoffman（2017年）	通过救援船数据了解从利比亚到意大利和马耳他的难民流离失所模式，以及救援行动的程度	揭示了救援活动模式、救援船的能力以及求救信号的模式。通过研究地中海地区的难民流动模式来优化救援行动

资料来源：联合国"全球脉动"计划的博客文章（联合国，2018b）。

由于认识到大数据对官方统计的重要性，联合国统计委员会（UNSC）于2014年建立了联合国全球大数据工作组（GWG），以挖掘通过大数据监测可持续发展目标的潜力。多年来，在大数据的质量、收集、可及性、管理和可行性研究方面，已经实施了各种合作、研究和项目。

这些合作、研究和项目都有专门的工作团队，专注于研究来自移动电话、卫星图像、社交媒体、虚拟平台和科技应用程序的信息之间的相关性（联合国，2018c）。

联合国的其他倡议包括联合国环境规划署实况平台（参见**表25.1**），该平台除了作为公众科学方面的数据储存库外，还汇集了来自国家、区域和全球统计和地理空间官方数据序列的数据，涉及不同的专题领域（淡水、森林、气候等）。另一个例子是可持续发展目标接口本体（SDGIO），由联合国环境规划署开发，旨在通过分类和语义框架协调不同可持续发展目标之间的关系，以实现可持续发展目标的监测（Jensen，2017年）。

数据协作

各国政府、领先的技术公司、创新者、学术界、研究机构和非政府组织持续召集会议，以了解大数据方面的挑战，并通过协作学习寻找发展解决方案。联合国统计委员会全球工作组认为，通过包括公民社会在内的私营部门和公共部门之间的密切合作，可以实现多方面的数据收集方法，从而及时提供可信信息（联合国，2018c）。这些对话为共同创造更多创新中心搭建了桥梁，使得能力建设和技能转让从具有大数据经验的国家（或地区）过渡到近期才涉足该领域的国家（或地区）（如Vacarelu，2017）。

开放数据获取

获取开放数据对于挖掘大数据在促进可持续发展方面的潜力至关重要。全球非营利性网络开放知识基金会（Open Knowledge International）和万维网基金会（World Wide Web Foundation）“开放数据晴雨表”致力于推广开放数据，旨在促进开放数据的可得性、随时可及性且免费的普遍使用（万维网基金会，2017年）。及时从调查、实地试验和科学研究成果中获取有价值的数据，为我们了解环境状况、验证我们对人为气候变化影响的认识以及提出可行解决方案提供了强有力的资源支持。

专栏25.1介绍了全球和国家层面的一系列开放数据举措。

环境评价和评估

大数据分析可以显示一段时间内的趋势和进展（如将特定空间位置的当前数据与历史数据进行比较），能够跨越地理边界触及更多最终用户，而且通过使用模型和与历史数据比对来预测分析未来状况。基于网络和地理空间的绘图技术、遥感和统计可视化奠定了环境影响分析的基础，且就所收集数据的可扩展性提出了问题，如**专栏25.2**中的评价和评估示例展示的那样。来自卫星图像和传感器的大数据使得环境指标可以衡量（Uitto，2016年）。

大数据-人本联盟（Data-Pop Alliance）将大数据描述为一种社会技术现象，来自于定义复杂的人类行为和信念的新型数据生态系统，通过数字设备、计算和分析工具以及社区的积极响应生成和捕获（Anttila-Hughes等人，2015年）。伴随着这种模式转变，技术被应用于调查公众见解，以利用大数据来改善环境过程。

专栏25.1：开放数据系统的示例

国家生物科学数据库中心

日本的国家数据库，包含全球生命科学数据，可供用户随时获取。

Air Now

一个全球数据库，提供400多个城市空气质量指数（AQI）的每日全国性预测，以及与人体健康相关的空气质量状况的直观表示。

业务评估与承接开放数据工具

由世界银行于2016年发起，旨在规范开放政府数据的工业或商业使用。

X Road（爱沙尼亚）

在线电子政务系统，作为参与机构和私营企业之间数据交换平台，70%的成员是政府机构。

资料来源：爱沙尼亚数字学会（出版年份不详）；美国国家环境保护署（出版年份不详）；日本科学技术厅（2011年）；Manley（2015年）。

专栏25.2：利用大数据的基于网络和地理空间技术的示例

大数据在环境评价和评估中的使用

- 在爱尔兰，战略环境评估（SEA）过程中使用了基于网络的参与式地理信息系统工具，通过开发用户友好且易于理解的系统来补充传统的公共咨询。
- 通过地理信息系统生成的图形和位置（如污染程度和潜在污染物）来报告影响环境公益诉讼的因素。
- 环境流行病学中的地理空间关系，与受试者位置相关的疾病调查（如疾病绘图、聚类分析和地理相关性研究）。根据PubMed出版物索引，流行病学研究项目从1990年的43个增加到2014年的934个。

资料来源：Gozales等人，（2012年）；Rominger和Ikeda（2015年）。

专栏25.3：印度使用大数据进行全面的空气质量预测

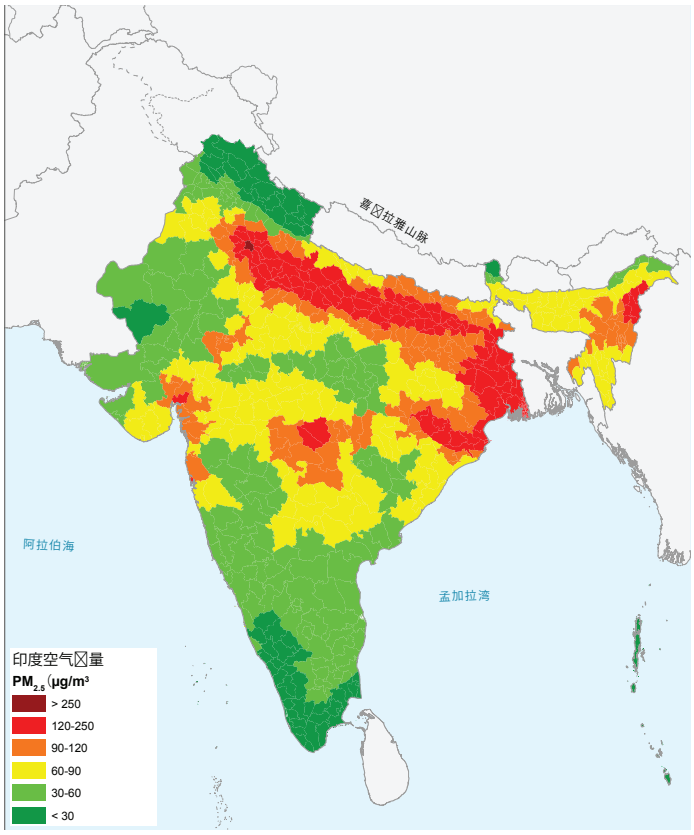
在空气质量监测领域，印度发布了数百份指南并运营着约100个监测管理站。这些工作仅限于城区，因此二线城镇和农村地区无法获得任何地面监测数据。在有效管理和改善空气质量之前，公民和决策者需要了解空气质量的状况并获得有关污染源的信息。由urbanemissions.info开发的印度空气质量预报系统使用建模方法，预测印度全国640个行政区未来三天的污染水平和污染源。该系统不是强大的监测系统的替代品，但其预测结果可支持作出知情决策，同时，其他的监测能力和系统正在建设中。

虽然这种方法持续得到改进，但在详尽的排放清单及空间和时间粒度的使用上面临挑战。该计划目前使用来自官方报告、学术出版物和调查分析的信息，以及以下每日更新的开放数据（动态订阅源）。

- 遥感卫星数据（来自美国国家航空航天局的可见红外成像辐射计套件），可用于明火定位；当与土地利用图像重叠时，可生成1公里分辨率的动态农业和森林火灾排放清单。
- 与多部门排放有关的1公里分辨率气象数据。例如：(a) 利用表面温度曲线触发住宅区域的空间加热；(b) 针对较小的车辆移动，调整每小时1毫米以上降雨量网格；(c) 针对道路粉尘再悬浮和施工现场的灰尘，调整降水量网格；(d) 气象模型动态计算，按网格估计可能的沙尘暴、海盐排放、闪电、干沉降速率和湿清除率。
- 谷歌提供了大量有关交通流量的信息。在城市上空，以1公里分辨率提取车流速度，据此动态分配车辆废气排放和估算道路粉尘再悬浮。例如，在高峰时段，如果网格显示的速度低于5公里每小时，则调整排放曲线，以增加由于慢速引起的废气排放，并将道路粉尘再悬浮归零。
- 谷歌地球图像用于生成砖窑、发电厂、工业区以及采矿和采石区的空间数据。
- 印度各地的负荷调度中心报告电网供需信息，据此动态调整城市内柴油发电机组的使用。

这些动态信息使空气质量预测更加稳健，促进模型捕捉趋势，有助于更好地了解污染源。目前，多个城市正在进行多个微传感器网络的测试和评估，有望进一步改进预测过程，并加强地面数据的可得性。

图25.8：印度行政区空气质量预测



资料来源：UrbanEmissions.info（2018年）。

大数据面临的挑战

《全球环境展望5》提出，数据的收集、监测、分析和解释还存在差距，在《全球环境展望6》中，这些差距继续影响着大数据作为当前环境评估工具的可靠性。相关问题包括不同规模、背景和时间序列数据的可及性、质量和缺乏（联合国环境规划署，2012年）。《全球环境展望6》中的专题领域一般会遇到的限制因素在**参考文献**中作出了总结。多年来，在数据范围、隐私和潜在误解方面的挑战并未得到充分解决。当前正在努力生成全球可接受且可用的大数据，但实际能力由于资源和资金短缺而受到限制，尤其是在发展中国家。

尽管私营部门一直在开拓大数据战略，但越来越多的政府和全球倡议正在探索大数据在透明度、市场分析、研究、教育和环境保护方面的优势。在东南亚，六个国家已经建立了开放政府伙伴关系，旨在推进其扩大公共服务和利用大数据促发展的愿景（Bhunia，2017年）。

专栏25.4：使用大数据的一些挑战

大数据挑战

可得性

政府和私营部门不愿共享信息，导致无法整合数据。私有域中的大多数数据都受到隐私和安全限制（知识产权限制），因此获取这些数据需要付出代价。数据共享和可得性不仅是法律问题的一部分，也是政府关注的问题，例如在中国，政府对发布有价值的环境信息予以限制。

质量

由于不同国家使用的方法不一致，以及数据解释和分析方面的技术能力不足，数据的可靠性无法得到保证。缺乏有价值的数据（如生物多样性、水文气象、废水处理），使基线研究陷入瘫痪。

缺乏

数据的可得性在时间和空间尺度上存在变化。为填补这些空白，研究人员使用二手资料作为代理数据和估算模型来填补空白，导致全球数据不具有可比性。

在环境协定的指导下，联合国成员国了解如何推进数据的可公开获取以及如何提供开放的地理参考数据，与此同时，为加强决策的公众参与和多利益相关方参与以及促进政府透明度和问责制带来了机会。这些协定包括《公众在环境事务中获得信息、参与决策、诉诸司法权利的奥胡斯公约》（即《奥胡斯公约》）（联合国，1998年）和《关于污染物排放与转移登记的基辅议定书》（2003年）。大数据-人本联盟是一个以人为本的全球数据联盟，由哈佛人道主义倡议、麻省理工媒体实验室和海外发展研究所联合建立。该联盟由联合国拉丁美洲/加勒比海经济委员会和世界银行集团等提供资助，通过研究、能力建设和社区参与，为研究人员、专家、从业人员和活动家创建了一个协作工作空间，以克服大数据方面可预见的挑战（即技术偏见、无法访问在线知识共享设施、有限的技术能力开发）（大数据-人本联盟，出版年份不详）。该联盟于2015年发布的一份报告探讨了如何利用大数据来监测气候变化灾患、减轻影响、指导灾害响应并提高易受影响国家的恢复力（Anttila-Hughes等人，2015年）。

实时大数据通常由私营部门控制和持（Kirkpatrick，2016年）。因此，需要通过合作确保双方能在不牺牲数据经济价值的情况下获益，同时保持企业之间的公平竞争。私营部门一直在通过罗伯特·柯克帕特里克（Robert Kirkpatrick）（2016年）提出的“数据慈善”模式向公共部门（包括研究机构和行业从业人员）提供数据。这种合作在联合国系统内已经存在。为使企业对可持续发展目标做出贡献，企业的数据科学家出于公共利益和福祉考虑，对私有数据进行分析，这反过来又降低了商业风险。另一种合作形式是公私伙伴关系，基于这种模式，大数据资源和能力在政府、国家统计局、研究机构和私营部门（包括全球领先的技术和数据公司）之间共享。**表25.3**展示了通过公私伙伴关系实现的经济改善的一些示例。

为了使大数据成为环境评估和开发的有效工具，这种新兴的数据和知识形式应被视为宝贵的资产。大数据分析不仅涉及信息的编译，还涉及环境及其社会属性的可理解视图的创建，以此作为提出解决方案和制定政策的基础。有助于建立整体数据系统的因素包括：领导力和数据治理，包括在国家和地方政府机构任命首席数据官；政府、机构和私营部门之间的伙伴关系；以及将法律框架制度化，为信息提供保障。

表25.3：公私伙伴关系的示例

公私伙伴关系	项目说明	资料来源
尼日利亚政府与Cellulant	大范围移动电子钱包系统，直接协调种子的分配，将补贴肥料配送给农民，从而简化公共服务的提供。	世界银行（2016b），第94页
经合组织与各国政府	全球地震模型，通过在全球范围内开放获取全球灾难模型信息来预示地震风险。	Thomas和McSharry（2015年）
Willis Research Network与多个合作伙伴	Willis Research Network为大学、建模公司、政府和非政府组织提供应用程序，并支持应用程序的科学研究和开发。	

25.2.3 传统知识

许多术语可以指代土著人民和当地社区掌握的知识。有些人倾向于使用“传统生态知识”一词，具体指“知识、实践和信仰的集合体，通过适应过程不断演变，且通过文化传播传承下来，描述的是生物体（包括人类）彼此之间的关系以及与其所处环境的关系”（Berkes、Colding和Folke，2000年，第1页和第252页）。其他人更倾向于使用“本土知识”、“民间知识”、“地方知识”或“传统知识”这几个术语。在众多表述中，尚无一个被普遍接受的定义；但是，为了囊括最广泛的理解，本节使用“传统知识”一词来指代生态、地方、本土和民间知识。

根据《生物多样性公约》第8(j)条，“传统知识”包括与农业、渔业、狩猎、医药、园艺、林业和环境管理等实际领域有关的文化价值观、信仰、仪式、社区法律、当地语言和知识。（《生物多样性公约》秘书处，出版年份不详）。同时，以下定义由世界知识产权组织（WIPO）于2010年提出，且被该机构沿用至今（世界知识产权组织，出版年份不详）：

“在一个社区内发展、持续且代代相传的知识、诀窍、技能和实践，通常构成其文化或精神特征的一部分”。

由于传统知识被一些主流群体认为具有迷信和传闻色彩，因此在历史上一直被边缘化。然而，在过去20年中，传统知识被公认为是可持续发展的宝贵资源。一些联合国协定和机构已经表示要致力于促进和保护传统知识（如上文提到的第8(j)条、联合国大学可持续发展高等研究所、世界知识产权组织）。于2012年成立的生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台的基本运作原则包括：承认和尊重本土和地方知识对生物多样性保护和可持续利用的贡献。此外，《联合国防治荒漠化公约》（UNCCD）在其第20/COP.12号决定中表示要“改进知识传播，包括传统知识、最佳做法和成功事例”（《联合国防治荒漠化公约》，2016年，第57页）。

越来越多的研究结果表明，通过与当地生态系统直接互动而形成的传统知识与西方科学知识的价值相当。两种知识体系都有共性，但每种知识体系都有不同的特征（**参见图25.9**），两者相互补充，可促进人类更好地了解自然界（Agrawal，1995年；Tsuji和Ho，2002年）。

图25.9：本土/传统知识与西方科学的比较

资料来源：Baker、Rayner和Wolowic（2011年）。

传统知识和西方科学知识

《全球环境展望6》呼吁在知识建构领域进行协调，这意味着西方科学家和传统知识持有者之间必须进行合作。最近的进展促进了评估、报告和验证方面的新工具和方法的开发。其中包括基于社区的监测和信息系统、基于证据的多元系统，这两种系统都有助于土著和西方系统之间的共同知识创造，是推动承认土著人民在管理其土地和水域方面发挥领导作用的重要途径（Raygorodetsky，2017年）。有关这些和其他方法的更多内容，请参见**专栏25.5**和**表25.4**。

这些方法将传统的社区监测系统与现代软件（如地理信息系统、谷歌地图、全球定位系统、Microsoft Excel）和硬件（如无人机、遥感设备、跟踪器、智能手机、电子平板电脑）结合起来，用于生成数据并开发有关生态系统趋势的信息，以评估发展干预措施。借助这些现代工具和监测系统，个人和社区能够通过提供知情、改进和及时的决策来决定采取何种行动。

由于传统知识以原位数据生成为基础，可有效用于为大数据提供实地真相，并且与公众科学一样，可能涉及社区中的所有部门。**表25.5**概述了社区与研究人员之间的新伙伴关系，这些伙伴关系为传统知识的记录和分析提供了新的和创新的方法。

传统知识和可持续发展目标

由于土著人民参与制定《2030年可持续发展议程》（联合国，2015年），因此有六处明确提及土著人民。

专栏25.5：传统知识和西方科学的互补使用

“基于社区的监测和信息系统”是指通过运用传统知识和创新工具及方法，由土著人民和当地社区/组织监测其社区福祉及其领土和自然资源状况所采取的措施（Ferrari、de Jong和Belohrad，2015年）。

基于证据的多元系统通过土著人民、当地社区和西方科学知识体系之间的互补作用产生新的见解和创新。该系统强调知识评估主要发生在知识体系之内，而不是知识体系之间（Tengö等人，2014年）。

土著人民制作和使用地图的目的在于：捍卫他们对土地和水域的权利；管理他们的领土；留存自身的历史、文化和环境知识；以及将其中的一些知识传播给他人（Tebtebba Foundation，2015年）。

最近一家名为Indigital的科技初创企业可以看作是将传统知识与现代科学、技术和创新进行完美结合的典范。这是一家由原住民拥有并运营的社会企业，位于澳大利亚北部地区的卡卡杜世界遗产区，利用数字技术在增强和虚拟现实中展现当地的神圣遗址、知识和故事，在数字经济领域创造就业的同时促进了遗产保护（Cooper和Kruglikova，2018年）。

表25.4：将传统知识与西方科学知识相结合的研究

研究项目	概述
全基因组关联研究，以确定小农户对硬粒小麦性状偏好的遗传基础（Biodiversity International，2017年；Kidane等人，2017年）	该研究表明，使用现代科学工具（即遗传分析）的研究人员和在作物选择方面运用文化习俗的传统知识持有者可以共同推进作物育种，以应对不断变化的气候。
关于记录和保护萨米人传统知识的Arbediehtu试点项目（Porsanger和Guttorm（编辑），2011年）	该研究强调了社区工作、法律问题和立法、文献伦理、机构关系、历史和身份、信息技术、传播、管理和合法性等方面的问题。
贾坎德邦Oraon部落社区土著食物的传统知识和营养价值：一项探索性的横断面研究（Ghosh-Jerath等人，2015年）	该研究确定了130多种土著食物，其中许多是微量营养素和药用特性的丰富来源，并解释了如何利用这些食物来解决部落社区的营养不良问题。
克里族传统生态知识与科学：一项关于尖尾松鸡的案例研究（Tsuji，1996年）	该研究表明，克里族传统知识本质上是事实性的，而且通常是定量的。虽然观察和解释之间的区分存在局限性，但可以将这些知识添加到数据库中以促进资源共同管理。
森林合作伙伴关系（2018年）	该项目表明，将传统知识纳入森林管理实践是实现可持续森林管理的先决条件，因为这样做加强了土著人民和当地社区的权利和参与，并澄清了土地保有权。

图25.10:《2030年可持续发展议程》中承认土著人民发挥的作用

资料来源:联合国(出版年份不详)。

图25.11:土著人民的土地/领土是孕育传统知识的摇篮

© Tebtebba Foundation, 2008年。

除了这六处之外,许多其他可持续发展目标通过人权、平等、不歧视、可持续性和权利人参与等原则间接地提到土著人民问题。可持续性是《2030年议程》的旗帜,而实现可持续性需要环境卫生的支持。

传统知识在人与自然相处的整体关系中经过多年的观察和经验积累而成,有助于维持生命和景观。与此同时,目前的发展战略主要基于西方的科学技术,而这些科学技术往往在很多方面对环境和我们的福祉造成不利影响。因此,有必要结合科学知识、技术和传统知识,来解决与可持续自然资源管理和生物多样性保护有关的诸多问题。关于传统知识促进实现可持续发展潜力的一些研究示例见**表25.5**。

存在于现有权力体系中的当代偏见阻碍了传统知识的促进和发展。在许多地方,传统知识持有者在试图保卫自己的领土免遭进一步侵占时,仍持续面临剥削。结果,他们的土地——构成其知识体系的基础——受到了资源开发项目的影响,如橡胶、木材和棕榈油单一作物种植园、大型水电堤坝、矿物开采活动(亚洲土著人民同盟,2015年)和保护项目(Vidal, 2016年)。

为了充分解决历史形成并一直持续的不公正现象,必须将土著人民和当地社区、他们的土地以及上述因素共同构成的知识体系纳入发展进程中。

表25.5:关于传统知识促进实现可持续发展的潜力的研究

研究项目	概述
当地生物多样性展望:土著人民和当地社区对实施生物多样性战略计划的贡献,2011-2020年("森林人民计划",2016年)。	本研究概述了土著人民和当地社区的实地举措,并表明这些举措正在为实现五项战略目标和20项爱知生物多样性目标作出重要贡献,尽管目前仍存在许多挑战。本研究提出了前进的方向,并重点介绍了加速实施与土著人民和当地社区有关的生物多样性战略计划的关键潜在行动。
通过传统资源管理维护和加强森林(Enchaw和Njobdi, 2014年)	本研究强调了妇女在本土知识背景下对于森林管理和可持续农业发挥的作用。
联合国教育、科学与文化组织(UNESCO)世界遗产:农业景观(联合国教科文组织,2013年)	该研究涉及具有丰富文化和景观多样性以及可持续土地利用系统的社区。该研究还重点介绍了一些群体如何在极端气候和环境条件下为日常生存而挣扎。

正如《联合国土著人民权利宣言》(联合国大会,2007年)指出的那样,土著人民享有自决权,有权拥有土地和资源,有追求自身生活方式的自由。这些权利是他们维持、创新和发展传统知识体系和习惯做法所必需的。授予和实施这些权利对于确保在可持续发展的经济、社会和环境层面保持平衡至关重要。

传统知识促进构建健康地球,健康人类

传统知识是维持人类和地球健康的宝贵资源。土著领土占世界陆地面积的22%,拥有80%的地球生物多样性(联合国粮食及农业组织【FAO】,2017年)。世界上绝大多数的遗传资源和相当一部分的全球生物多样性存在于土著和社区保护区中。这种相关性并非巧合,而是得益于传统知识的应用,以及几个世纪以来对生物资源的习惯性可持续利用(独立专家咨询小组秘书处,2014年)。此外,与土地和野生动物管理有关的土著道德和价值观以及文化和特征,在更有效的资源管理以及更高效地降低人类健康风险方面具有潜力(Houde,2007年)。**图25.12**只是表明传统知识和实践在环境管理方面具有优势和潜力的一个例证,需要对这些知识和实践优化处理,以改善它们对土地和人民健康的贡献。

传统知识的其他益处在于:在维持运作良好的食物网方面具有诸多优势,包括增强野生和栽培食物系统的多样化、强化营养以及构建环境健康(Kuhnlein等人(编辑),2013年)。

但是,传统知识在环境评估和管理方面仍未得到充分利用。虽然取得了进展,但仍然存在需要解决的挑战。正如国际遗传资源行动组织【GRAIN】和Kalpavriksh(2002年)指出的那样,这些挑战包括:

i. 土著人民的土地持续丧失,使得土著社区难以维持其知识体系;
ii. 存在出于商业目的盗用传统知识或者针对生命形式申请专利而不与知识持有者分享利益的风险,如印度姜黄案所证明的那样;
iii. 所谓的现代医学和农业的扩散和全面推广,取代了能够抵御病虫害的各类植物和作物,改变了气候和经济条件(国际遗传资源行动组织和Kalpavriksh,2002年);
iv. 知识过程的共同创造并不总能保证公平、平等或权力对称(Williams和Hardison,2013年);以及
v. 语言多样性的快速侵蚀导致那些用来了解自然界的土著方式被遗忘(联合国教科文组织,2017年)。

其他挑战涉及自由、事先和知情同意程序的充分有效实施(联合国大会,2007年)。为了有效地应对这些挑战,需要在"实施进一步的跨学科行动研究,将土著知识持有者和自然与社会科学家聚集在一起,建立相互理解,加强对话"的基础上制定和实施政策(Nakashima等人,2012年,第97页)。

25.3 未来的环境监测

25.3.1 重要的事情需要量化

有句俗语说"去衡量才能做到"。这句话的出处是有争议的,但其意图很明确:去衡量一些东西可以为我们提供确保实际实现目标所需的信息。

正如第3.3.1节所述,可持续发展目标指标的数据要求几乎与可持续发展目标本身一样是史无前例的,且对所有国家(或地区)构成了巨大挑战。遗憾的是,监测可持续发展目标所需的大部分数据都是不可用的。与质量、及时性、人力和财力、缺乏标准化方法有关的问题都限制了我们全面追踪这一重要议程的能力。正如联合国(2016年)关于可持续发展目标的报告中强调的那样,追踪这些目标的进展情况需要转变数据的收集、处理、分析和传播方式,包括转向使用来自新的、多样化和创新来源的数据。因此,现在比以往任何时候都更加需要 我们去探索其他数据流——公众科学、大数据和传统知识——以补充传统的官方统计和地球观测。

图25.12:土著人民作为环境的管理者

资料来源:联合国粮食及农业组织(2016年)。

25.3.2 将本地信息转变为国家数据

数据生成方式已经向电子设备、数据建模、云计算和其他技术转变，这种转变带来了前所未有的海量信息。然而，这些数据和信息的可及性在发达国家和欠发达国家之间、社会群体之间和群体内部各不相同——按性别、种族、社会和收入状况分列——在全球和地方层面之间更是有显著差异。国家和地方层面的数据和信息收集优先级较低，特别是在发展中国家。但要解决全球问题，寻求解决办法的行动必须源自地方和国家层面。政策成效应根据其在地方和国家层面的实施和履行来衡量（参见B部分）。

随着时间的推移，人们在环境管理的良好和不良做法方面积累了一定知识，从而能够就需要采取何种行动得出一些结论。但是，仍需要加强传统知识的可得性，并将传统知识与其他信息来源结合起来。

在全球层面，各国和公民社会组织、学术界、土著人民和活动家均认同这样一个观点，即，如要促进环境保护和恢复，就需要解决生物损失和气候变化问题。然而，在国家层面，关于环境保护的立场各不相同，甚至经常相互对立。

可持续发展目标旨在缓解环境退化，同时维护基本人权和促进经济赋权。这将需要社区、企业和政府之间共享的知识和技术——从地方、国家到全球层面。

25.3.3 开放数据和可复制研究

近几年来，开放数据运动获得了巨大的推动力，预计将继续发展。开放数据的概念是指，为了公平、透明起见以及推动科学进步，公共资助研究产生的数据应该免费提供给所有人使用。开放数据的原则已经在一系列不同文件中被提出，包括《开放数据宪章》（2015年），其中规定开放数据应该：

i. 默认是公开可获取的；
ii. 及时且全面；
iii. 可得且可用；
iv. 可比较且可互操作；
v. 改善治理和公民参与；以及
vi. 促进包容性发展和创新。

开放数据具有显著优势，尤其是在卫生部门（Kostkova等人，2016年）。例如，疟疾研究界采用开放科学、开放创新、开放获取和开放源原则，使得这一领域的研究能够取得比其他方式更多的进展（Wells等人，2016年）。此外，许多国家（或地区）目前都部署了政府数据开放门户网站，其中包括环境数据。

随着开放数据的发展，可复制研究获得了越来越多的关注，这两者通常在开放科学运动中被一并纳入考虑。为了具备可复制性，研究的报告方式应当确保其能够被精确地复制（Mesirov，2010年）。研究的可复制性涵盖三个方面，要求研究应该是：

i. 经验性的——基于科学实验和观察；
ii. 计算性的——提供代码、软件、硬件和实施细节；以及
iii. 统计性的——基于统计检验和模型参数（Stodden，2014年）。

计算和统计可复制性与数据实践最相关。从理论上讲，如果代码和数据同时发布，数据使用者便可以理解和评价整个分析和推理过程，包括使用的技术和任何假设方面的详情。现在，发布代码是许多科学期刊的必要先决条件，而且这种趋势正在加强，预计将在未来几年成为常态。

可复制数据分析在开放数据时代尤为重要，因为数据使用者将越来越多地与数据收集和管理者脱钩。开放获取数据增加了数据被滥用或误解的风险，但发布代码可以避免这个问题，因为数据处理是透明的，且可以被使用者仔细检查。可复制性不仅提高了科学产出的质量，而且增加了科学成果的可信度，从而提高了可信率（Laine等人，2007年）。

25.3.4 应对不断变化的数据格局

加强收集、解析和使用数据的能力，以便进行有效的规划、决策、管理和评估，可以使各国全面了解环境影响，这些影响涵盖从地缘政治到工业运作的方方面面，可能是自然发生或人为环境变化所致或者几种因素共同作用所致。生成数据（包括结构化数据和非结构化数据）的数量和类型随着时间而增长，挑战逐渐升级。仅仅依靠管理信息系统不足以从潜在数据资产的指数式增长中挖掘出全部价值。政府和社会必须学会应对不断变化的数据格局，从单纯的报告和传统的数据存储库功能转向预测性和规范性分析，以便建立不同环境情景模型，制定适当的政策来应对这些预见的挑战。

数据格局正在改变，因为数据利用技术从数据即服务（DaaS）或软件即服务（SaaS）演变为洞见即服务（IaaS），后者应用的是规范性分析（**图25.13**）。借助数据即服务，通过将数据集中在一个中央存储库中，数据可以超越地理限制和组织细分，服务多个使用者（Olson，2010年）。数据即服务和软件即服务可以展现环境和社会的当前和历史状态、报告已发生的事情和发生原因，以及正在发生的事情。从整理和整合大数据开始，分析即服务（AaaS）将需求从内部手动服务转移到网络交付技术，将物联网（IoT）需求外包（Atos，2013年），并提供虚拟服务。分析即服务伴随着使用者的整个体验过程，通过人工智能传输知识，在整个过程中寻找专业知识并提供支持（Takahashi，2017年）。分析即服务和知识即服务（KaaS）应用预测性分析和建模来解释来自多个来源的大数据并预测未来。挖掘人工智能的潜力有助于战略的制定，不仅可以预见未来的环境和社会挑战，还可以通过预测各国的工作成果和响应“我们是如何让它发生的”这一问题，来推进寻找解决办法。

每年，大数据、技术解决方案、复杂算法和开放数据源呈现指数式增长，推动将人工智能整合到我们的日常生活、城市和世界网络中（Herweijer，2018年）。人工智能是各国管理环境问题和推进可持续发展目标的有力工具，但隐私、偏见、人为干预和自主权削弱等风险必须得到重视。需要制定路线图，明确人工智能如何变革传统系统、增加服务价值、应对气候变化影响、建设可持续和宜居城市、保护环境和社会福利。随着环境的退化，其在经济和健康层面的影响不断扩大，必须制定战略措施，实现既对人类友好又对地球友好的人工智能。

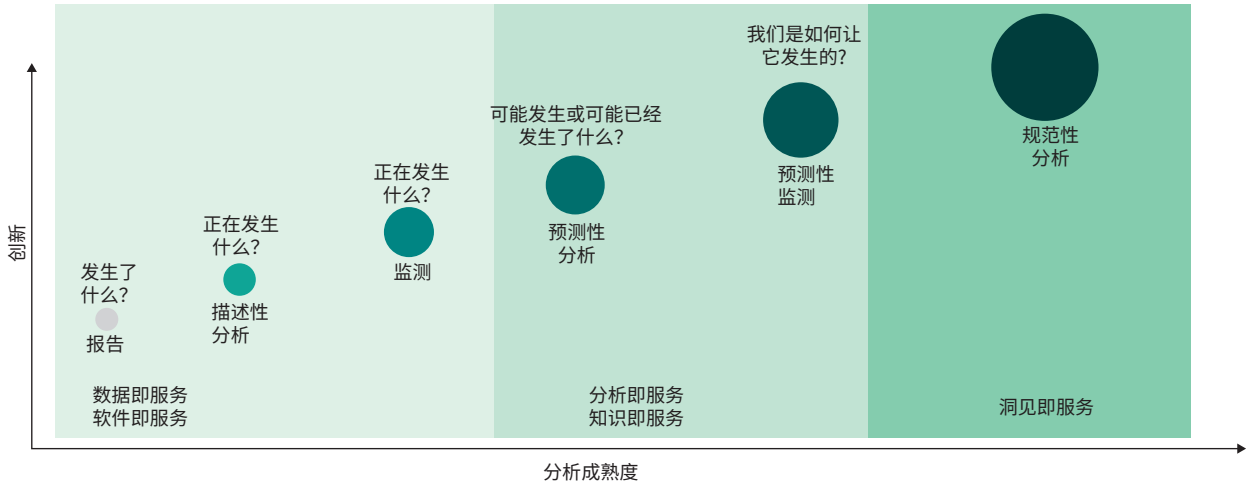
新形式的数据和知识与传统工具相结合，将极大地影响解决办法的创建和交付方式。要应对数据格局的转变，需要新的信息技术技能和整体方法，以利用新兴和现有的数据和知识工具——从而使健康地球，健康人类方面的数据更易用于环境评估和其他目的。

25.3.5 关键的技术资产

统计操作中的数据收集遵循有依据的方法学方法，如抽样调查方法和设计。这些包括明确界定并定义的数据来源，在将系统方法应用于这些来源后，数据将被转换为具有时间序列特征的统计数据，而时间序列是任何统计数据的基本价值。遥感、交易数据、区块链和人工智能算法等新技术有可能生成对环境有用的海量信息。然而，利用这些新技术生成时间序列数据、实现实时监测并将这些信息纳入官方统计范围是一项挑战。

只有具有时间序列特征，统计数据才能转变为信息，继而转变为基础知识系统。统计者和被统计者的职责和责任也是明确的。官方统计的治理适用联合国制定的一套基本原则（2014年）。具体有十项原则，包括统计实践应当公正、应当确保保护个人隐私、应当透明、应当努力确保所产生信息的质量。技术具有至关重要的资产，这些资产是在遵循标准的技术开发过程中建立起来的。复制和扩展则需要突破常规。在某种程度上，统计操作和技术进步可以加速优化，为数据、统计系统的可视化、应用和转型带来价值，并为可验证的知识系统提供信息。

图25.13：数据格局的演变



资料来源：美国财产和意外险注册承保师学会【CPCU】（2015年）；ASI Business Solutions（2016年）。

但是，这些基本原则在变化的数据格局下是否依然具有相关性?坚持官方统计原则在新数据格局下面临诸多挑战。这些挑战包括定义性考虑因素，如统计机构的选择、数据项及其相关的时空性质。官方统计需要完成的主要范式飞跃是如何才能在电子设备上记录的大量非结构化、私有（且可能匿名）数据背景下调整数据收集和统计时间序列方面已确立的方法论。电话、计算机和其他设备很容易实现标准化且存在复制和扩展的可能性。但是，要使统计数据最佳地发挥作用，需要制定标准。统计学家、技术专家和数据提供者需要小心谨慎地找到正确的应对方法，因为精心设计的统计操作面临着实实在在的挑战：易于使用且流行的观察工具。统计数据——及其本质（即时间序列）——在这种新环境中可能会受到极大挑战。事实是，在不具备时间序列特征的情况下，所有数据都可能变得毫无用处。如果积极的技术进步导致时间序列数据的丢失，则将无法追踪一段时间内的变化趋势。需要找到技术、数据、统计、知识、财务和治理之间的交叉点。

25.3.6 数据保证和质量实践

在环境和可持续性政策的制定中，补充数据被越来越多地与传统统计数据结合使用，那么，如何确保数据质量、谱系和来源这一问题则需要得到系统解答，才能确保数据的可信度和适用性。环境数据可能包括数字化来源，具体包括地球观测、公众科学、环境监测、发展数据和统计、行政数据集、人口和调查数据。

除了上面提到的统计实践的基本原则之外，参考文献和标准实践文件也成为了补充数据来源。例如，元数据标准和实践现在可作为数据描述（包括方法描述和数据质量）的基础。元数据——即数据文档——的目的是使数据可被挖掘、可用和可理解。已经开发出了许多针对特定学科或社区的元数据标准，以支持数据管理和数据挖掘系统，捕获信息并将信息传达给使用者。示例包括目录交换格式（DIF）、生态元数据语言（EML）、传感器模型语言（SensorML）、气候科学建模语言（CSML）和netCDF标记语言（NcML）。此外，国际标准化组织（ISO）制定了一系列描述地理信息的标准——ISO 19115和ISO 11179。

公众科学数据的数据质量保证正处于成形阶段，有各种数字平台技术可用于对公众提供的现场观测数据进行质量检查。示例包括北美北极地区的当地环境观察者（LEO）网络，该工具使用智能手机应用程序上传观测结果供专家检查，然后再将这些数据用于地图的图形显示和表格数据集中（当地环境观察 者网络，2017年）。最近，由欧盟委员会联合研究中心举办的讲习班也开始制定移动应用和平台方面的原则。

地球观测组织已经推广了其全球综合地球观测系统（GEOSS）数据管理原则，这些原则正在被地球观测实体广泛采用（地球观测组织，2014年），具体原则包括：可挖掘性、可得性、可用性、数据保存和管护。

随着开放源分析的发展，社区源查询代码和自定义数据集成方法也在发展，将会有更多的数据集、交换标准和应用程序编程接口由社区管护。当前，集成了分析和查询功能的代码集通常在开放式协作平台（如GitHub开发平台）上由社区管护。

研究数据联盟为地球科学和其他研究领域的长期数据管护和数据集参数定义设定了注册标准。只要符合这些注册标准，补充数据源将被认为是可信的。

对于开放的、可获取的数字数据的变革而言，最终检验标准将是用户满意度以及集成平台要求，在环境、自然资源和开发数据的方法和数据质量方面，达到一系列公认的标准、实践和社区驱动的开放源测试的要求。

25.4 结论：挑战、差距和机遇

下文介绍了与环境数据和统计有关的挑战、差距和机遇。数据和知识是需要共享的宝贵资产。

25.4.1 数据分类

可持续发展目标要求进行数据革命，不让任何人掉队，在17个目标的各个层面使用分类数据和报告。正如本报告第3章所强调的那样，只有当关于不同群体的分类信息可用时，才能评估社会与环境之间的关系，因为不同的人对环境的依赖程度不尽相同，也不会对环境产生同样的影响。为了弄清楚这些差异，有必要获取按收入、性别、年龄、种族、移徙情况、残疾情况、地理位置或与国情相关的其他特征酌情分类的数据。不幸的是，目前缺乏与环境有关的分类信息，并且家庭调查中关于获取水、能源和其他自然资源的信息只能停留在在家庭层面，使理解其他层面的差异变得困难。

除了按社会经济变量分类外，还需要对环境信息按地理空间分类。生物生态系统不局限于国家地理边界，因此，要了解特定生态系统的状态、不同生态系统之间以及生态系统与人类和经济之间的相互作用，需要按空间分类的信息。

分类将需要将地球观测数据、传统普查和调查的数据、公众科学、传统知识和大数据汇集到一个综合的数据生态系统中。

25.4.2 开放数据获取

许多发展中国家需要访问不受限制的开放数据。在数据治理方面，数据可得性、可用性、完整性和安全性整体管理应实现透明化。在全球范围内，北美和欧洲持有最高数量的经验证数据集，其目前作为数据的管理者，正在努力使其宝贵的数据资源可供其他国家随时获取，使之成为公共物品。这就可能需要一个健全的数据治理方案，包括一个治理机构或理事会、一套明确的程序以及相关的执行计划。各国政府应确保建立法律框架，以促进良好的数据治理。通过制定记录在案的透明数据治理政策，建立一套易于遵循的指南，可确保信息的妥善管理，帮助解答主权、安全、数据质量和隐私方面的问题。特别是，保护个人隐私是数据治理的重要组成部分。为了帮助管理这个治理方案，应当指定多边数据管理员，负责管理数据元素，确保数据的适用性，保障数据交换在计算机系统之间和不同收集方法之间精准、统一地执行（参见下文“体制安排”）。

25.4.3 数据和信息治理

数据治理涉及所有数据资产（覆盖大型外部开放数据源、中央数据库以及来自政府、机构、研究和调研项目的其他现有和新兴数据和知识来源）的管理和利用。仅仅依靠信息技术不足以从潜在数据资产的指数式增长中挖掘出全部价值。决策者通常对于信息技术需要处理的具体问题以及积极组织参与和机构所有权的必要性缺乏理解。应对大数据所带来的挑战意味着通过“数据语义”与数据治理专家干预相结合的过程整合有价值的信息。

处理大数据涉及存储所有数据资源、对其进行整理、确定哪些数据具有本地用途以外的意义、获取不同的数据以及找到它们之间的关系。拥有合适的工具不足以完成对大数据的筛选且找到任何相关的模式和关系。与任何有价值的资产一样，信息需要通过谨慎的数据设计、创建、开发和部署实践来进行管理和保障。通过适当的治理，数据的含义、使用和完整性会随 着时间的推移而得以保留，从而增加数据作为资产的价值。

25.4.4 公私伙伴关系

在大数据分析的运用方面，面临着资源稀缺和资金不足的挑战，而公私伙伴关系可以帮助解决这些挑战。由于私营实体提供融资，并且依赖于技术知识，公共部门可以在社会层面实施大数据分析（Groff，2017年）。公私合作项目为加强统计和信息系统、开发创新的数据收集方法以及通过以人为本的伙伴关系开展共同创造提供了机会。政府与私营部门（包括公民社会）之间的伙伴关系有助于在可持续发展目标相关信息的数据收集、分析评估和监测方面推行最佳做法。

25.4.5 体制安排

不同主管部门和机构是生成和持有环境信息的主体，而它们之间的体制安排尚处于早期发展阶段（如官方统计、基于地图的自然资源信息、水文气象、地理空间监测、环境和地理空间门户网站、开放数据政府门户网站等）。未来的任何措施都应旨在改善体制安排，以推动数据的有效整合、共享和再利用，突破主权、授权、官僚主义、知识差距、标准和标准化、数码化和数字化等障碍。这些挑战需要得到解决。开放的数据和便于数据使用的工具（如《统计数据和元数据交换标准》（SDMX标准））有望实现无缝数据共享。但是，许多国家（或地区）在实施开放数据工具方面面临挑战。各国政府应致力于提供全球公共物品，且政府间安排对于解决政府限制所引起的一些政治问题是必要的。

25.4.6 能力建设

当整个价值链发挥作用时，可持续发展能力将得以实现，因为在这种状态下，数据从整理和分析到使用将有条不紊地进行，以提供信息的价值、通过最有效和最高效的渠道进行传播，并确保信息价值的目标受众能够利用这些价值。要想达到这种水平，应在各个层面实施环境教育。本土知识体系，包括技术进步催生的有助于公众民主参与科学和科学探索的新机会，应得到促进发展。

25.4.7 传统知识

传统知识的持续利用和发展面临的挑战是缺乏对本土知识权利的有效落实，这导致土地的流失和对传统知识的盗用。对传统知识的包容并不能保证利益分享的平等。

传统知识具有促进实现可持续发展的潜力，但需要进一步改善对传统知识的记录，加强构建伙伴关系网络以开发创新工具和方法，才能更好地理解如何将传统知识用于战略计划和干预措施以及评估生态系统的变化。在传统知识问题上，联合国成员国对可持续发展的承诺也至关重要。

25.4.8 整合数据系统

物质和社会系统共同构成了环境的真实状态。如果没有这两者，我们目前达到的以及我们未来期望的环境状态将是不完整的。传统方法与新兴数据和知识形式以及社会数据的结合可以揭示环境的整体状况，包括社会、物质和经济层面。

社会通常会在可估量的环境变化发生之前注意到这些变化——但是，我们还需要研究数据、信息和知识是如何被使用和理解的。在信息技术时代，缺乏关于正在发生的事情的知识或数据可能不再是问题，而问题是应针对哪些可用数据采取行动、基于哪些假设的何种信息被认为是合法的、哪些现实情况是重要的（Davies，1994年）。

环境评估思维过程的转变将把大数据、公众科学和传统知识等数据带到地球观测和官方统计的最前沿。这将有助于识别环境挑战，监测可持续发展目标的进展情况，为健全且基于证据的决策提供解决方案。这不仅需要将环境数据方面的挑战转化为机会，也需要改善数据整合、利用现有和新兴的环境评估工具以及促进数据的公开使用。

参考文献

Agrawal, A. (1995). Dismantling the divide between indigenous and scientific knowledge. *Development and Change* 26(3), 413-439. https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1995.tb00560.x

Anttila-Hughes, J., Dumas, M., Jones, L., Pestre, G., Qiu, Y., Levy, M. *et al.* (2015). *Big Data for Climate Change and Disaster Resilience: Realising the Benefits for Developing Countries.* Data-Pop Alliance. http://datapopalliance.org/wp-content/uploads/2015/11/Big-Data-for-Resilience-2015-Report.pdf.

ASI Business Solutions Inc (2016). *Evolution of analytics: Where does your company stand?* http://asi-solutions.com/2016/12/evolution-of-analytics-where-does-your-company-stand/ (Accessed: 06 February 2018).

Asia Indigenous Peoples Pact (2015). *Recognition of Indigenous Peoples' Customary Land Rights in Asia. Asia Indigenous Peoples Pact.* Chiang Mai: Asia Indigenous Peoples Pact. https://aippnet.org/wp-content/uploads/2015/07/iva.aippnet.org_wp-content_uploads_2015_07_CLR-AIPP-Corrected-2.pdf.

Atos (2013). *Data Analytics as a Service: Unleashing the Power of Cloud and Big Data.* Atos. https://atos.net/wp-content/uploads/2017/10/01032013-AscentWhitePaper-DataAnalyticsAsAService.pdf.

Baker, J., Rayner, A. and Wolowic, J. (2011). *Native Science: A Primer for Science Teachers.* https://ctabobandung.files.wordpress.com/2011/11/ns-primer.pdf.

Berkes, F., Colding, J. and Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10(5), 1251-1262. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2.

Bhunia, P. (2017). *Brief look at open government data in 6 ASEAN countries*. [OpenGov https://www.opengovasia.com/brief-look-at-open-government-data-in-6-asean-countries/ (Accessed: 02 January 2018).

Biodiversity International (2017). *Modern science meets traditional knowledge to improve crop breeding*. https://www.bioversityinternational.org/news/detail/modern-science-meets-traditional-knowledge-to-improve-crop-breeding/ (Accessed: 11 October 2018).

Blaney, R.J.P., Philippe, A.C.V., Pocock, M.J.O. and Jones, G.D. (2016). *Citizen science and Environmental Monitoring: Towards a Methodology for Evaluating Opportunities, Costs and Benefits.* Wiltshire: UK Environmental Observation Framework. http://www.ukeof.org.uk/resources/citizen-science-resources/Costbenefitcitizenscience.pdf.

Bowser, A., Brenton, P., Stevenson, R., Newman, G., Schade, S., Bastin, L. *et al.* (2017). *Citizen science Association Data and Metadata Working Group: Report from CSA 2017 and Future Outlook.* Washington, DC.: Woodrow Wilson International Center for Scholars. https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/wilson_171204_meta_data_f2.pdf.

Chartered Property Casualty Underliner (2015). *Big Data and Analytics Webinar.* 7 April. https://www.slideshare.net/PatriciaSaporito/cpcu-big-data-analytics-webinar-april-7-2015sedslideshare.

Collaborative Partnership on Forests (2018). *About the collaborative partnership on forests.* http://www.cpfweb.org/73947/en/ (Accessed: 11 October 2018).

Conrad, C.C. and Hilchey, K.G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment* 176(1-4), 273-291. https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5.

Cooper, D. and Kruglikova, N. (2018). *Augmented Realities: The Digital Economy of Indigenous Knowledge.* International Labour Organization.

Data Pop Alliance (n.d.). *Vision and members*. Data Pop Alliance. http://datapopalliance.org/about/vision-and-members/ (Accessed: 02 July 2018).

Davies, S. (1994). Introduction: Information, Knowledge and Power. *IDS Bulletin* 25(2), 1-13. https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.1994.mp25002001.x.

Dell EMC and International Data Corporation (2014). *IDC study: Digital universe in 2020.* https://www.emc.com/leadership/digital-universe/index.htm (Accessed: 05 May 2018).

Dickinson, J.L., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R.L., Martin, J. *et al.* (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology the Environment* 10(6), 291-297. https://doi.org/10.1890/110236.

Dickinson, J.L., Zuckerberg, B. and Bonter, D.N. (2010). Citizen science as an ecological research tool: Challenges and benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41, 149-172. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636.

Enchaw, G.B. and Njobdi, I. (2014). *Sustaining and Enhancing Forests through Traditional Resource Management.* Tebtebba Foundation. http://www.tebtebba.org/index.php/content/276-sustaining-a-enhancing-forests-through-traditional-resource-management-volume-2.

Estonia Digital Society (n.d.). *x-road.* https://e-estonia.com/solutions/interoperability-services/x-road/ (Accessed: 20 November 2018).

Ferrari, M., de Jong, C. and Belohrad, V.S. (2015). Community-based monitoring and information systems (CBMIS) in the context of the Convention on Biological Diversity (CBD). *Biodiversity* 16(2-3), 57-67. https://doi.org/10.1080/14888386.2015.1074111.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). *Indigenous Peoples can feed the world.* Rome. http://www.fao.org/3/a-c0386e.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). *6 ways indigenous peoples are helping the world achieve #ZeroHunger*. http://www.fao.org/indigenous-peoples/news-article/en/c/1029002 (Accessed: 11 October 2018).

Forest Peoples' Programme (2016). *Local Biodiversity Outlooks: Indigenous Peoples and Local Communities Contributions to the Implementation of the Strategic Plan for Biodiversity 2011-2010. A complement to the Fourth Edition of the Global Biodiversity Outlook.* Development Southern Africa. Moreton-in-Marsh. https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/lbo-en.pdf.

Garcia-Soto, C., van der Meeren, G.I., Busch, J.A., Delany, J., Domegan, C., Dubsky, K. *et al.* (2017). *Advancing Citizen Science for Coastal and Ocean Research: Position Paper 23.* French, V., Kellett, P., Delany, J. and McDonough, N. (eds.). Ostend: European Marine Board. http://www.marineboard.eu/sites/marineboard.eu/files/public/publication/EMB_PP23__Citizen_Science_web_4.pdf.

Genetic Resources Action International and Kalpavriksh (2002). *Traditional Knowledge of Biodiversity in Asia-Pacific: Problems of Piracy and Protection.* New Delhi. https://www.grain.org/article/entries/81-traditional-knowledge-of-biodiversity-in-asis-pacific-problems-of-piracy-and-protection.pdf.

Ghosh-Jerath, S., Singh, A., Kamboj, P., Goldberg, G. and Magsumbol, M.S. (2015). Traditional knowledge and nutritive value of indigenous foods in the oraon tribal community of jharkhand: An exploratory cross-sectional study. *Ecology of Food and Nutrition* 54(5), 493-519. https://doi.org/10.1080/03670244.2015.1017758.

Global Learning and Observations to Benefit the Environment (2018). *About GLOBE program.* https://www.globe.gov/about/overview (Accessed: 20 July 2018).

Gonzales, A., Gilmer, A., Foley, R., Sweeney, J. and Fry, J. (2007). Developing and applying a user-friendly web-based GIS for participative environmental assessment. *Proceedings of the Geographical Information Science Research UK Conference*. Maynooth, 11-13 April 2007. http://eprints.maynoothuniversity.ie/1428/1/FoleyDevelopingGISRUK.pdf

Google (2018). *Google reCAPTCHA: The new way to stop bots*. https://www.google.com/recaptcha/intro/v3beta.html# (Accessed: 26 May 2018).

Groff, S.P. (2017). 'Better data is the key for developing Asia to successfully implement the SDGs by 2030'. https://blogs.adb.org/blog/data-matters-meet-sdgs (Accessed: 30 June 2017)

Group on Earth Observations (2014). *The GEOSS data sharing principles post-2015*. http://www.earthobservations.org/documents/dswg/10_GEOSS%20Data%20Sharing%20Principles%20post%202015.pdf (Accessed: 11 October 2018).

Haklay, M. (2013). Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. In *Crowdsourcing Geographic Knowledge.* Berlin: Springer. 105-122.

Harvard Business Review (2016). *The Explainer: Big Data and Analytics*. https://hbr.org/video/3633937151001/the-explainer-big-data-and-analytics (Accessed: 22 January 2018).

Herweijer, C. (2018). *8 Ways AI can help save the planet*. [World Economic Forum https://www.weforum.org/agenda/2018/01/8-ways-ai-can-help-save-the-planet/ (Accessed: 21 February 2018).

Hochachka, W.M., Fink, D., Hutchinson, R.A., Sheldon, D., Wong, W.-K. and Kelling, S. (2012). Data-intensive science applied to broad-scale citizen science. *Trends in Ecology Evolution* 27(2), 130-137. https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.11.006.

Hoffmann, K. (2017). Using vessel data to study rescue patterns in the Mediterranean Sea. 20 September 2017 https://www.unglobalpulse.org/news/using-vessel-data-study-rescue-patterns-mediterranean-sea

Houde, N. (2007). The six faces of traditional ecological knowledge: challenges and opportunities for Canadian co-management arrangements. *Ecology Society* 12(2). https://doi.org/10.5751/ES-02270-120234.

Independent Expert Advisory Secretariat (2014). *A World that Counts Mobilising the Data Revolution for Sustainable Development.* New York, NY: United Nations. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/20065/ieag_world.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

International Business Machines (2017). *Extracting business value from the 4 V's of big data.* International Business Machines Corporation http://www.ibmbigdatahub.com/sites/default/files/infographic_file/4Vs_Infographic_final.pdf

International Data Corporation (2012). *Worldwide Big Data Technology and Services 2012-2015 Forecast.* International Data Corporation. http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=6242.

International Rivers (2012). Citizen science Supports a Healthy Mekong. *World Rivers Review* 4. https://www.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/wwrdec_web.pdf.

Japan Science and Technology Agency (2011). *National bioscience database center.* https://biosciencedbc.jp/en/ (Accessed: 20 November 2018).

Jensen, M. (2017). *UNEP Sustainable Development Goals Initiatives Ontology.* http://ncgia.buffalo.edu/OntologyConference/Abstract/Jensen.pdf.

Kidane, Y.G., Mancini, C., Mengistu, D.K., Frascaroli, E., Fadda, C., Pè, M.E. *et al.* (2017). Genome wide association study to identify the genetic base of smallholder farmer preferences of durum wheat traits. *Frontiers in Plant Science* 8(1230). https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01230.

Kim, S., Robson, C., Zimmerman, T., Pierce, J. and Haber, E.M. (2011). Creek watch: Pairing usefulness and usability for successful citizen science. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Vancouver, 7-12 May 2011. ACM 2125-2134 doi: https://doi.org/10.1145/1978942.1979251

Kirkpatrick, R. (2016). 'The importance of big data partnerships for sustainable development'. 31 May 2016 https://www.unglobalpulse.org/big-data-partnerships-for-sustainable-development

Kostkova, P., Brewer, H., de Lusignan, S., Fottrell, E., Goldacre, B., Hart, G. *et al.* (2016). Who owns the data? Open data for healthcare. *Frontiers in Public Health* 4(7). https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00007.

Kuhnlein, H.V., Erasmus, B., Spigelski, D. and Burlingame, B. (eds.) (2013). *Indigenous Peoples' Food Systems and Well being: Interventions and Policies for Healthy Communities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/018/i3144e/i3144e.pdf.

Laine, C., Goodman, S.N., Griswold, M.E. and Sox, H.C. (2007). Reproducible research: Moving toward research the public can really trust. *Annals of Internal Medicine* 146(6), 450-453. https://doi.org/10.7326/0003-4819-146-6-200703200-00154.

Local Environmental Observer Network (2017). *LEO reporter mobile app.* https://www.leonetwork.org/en/docs/about/mobile (Accessed: 11 October 2018).

Macauley M. and Brennan T. (2016). Data from drones: A new way to see the natural world. *Resources for the Future*, 192. 25 May 2016. http://www.rff.org/files/document/file/RFF-Resources-192_DataFromDrones.pdf.

Manley, L. (2015). 'Open data for business tool: Learning from initial pilots'. 24 August 2015 http://blogs.worldbank.org/ic4d/open-data-business-tool-learning-initial-pilots

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C. *et al.* (2011). *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity.* McKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Big%20data%20The%20next%20frontier%20for%20innovation/MGI_big_data_full_report.ashx.

Mathieu, P., Borgeaud, M., Desnos, Y., Rast, M. and Brockmann, C. (2016). *ESAEarth Observation Open Science: Accelerating Data-Intensive Research in the Digital Age.* IEEE Magazine.

Mazumdar, S., Wrigley, S. and Ciravegna, F. (2017). Citizen science and crowdsourcing for earth observations: An analysis of stakeholder opinions on the present and future. *Remote Sensing* 9(1), 87. https://doi.org/10.3390/rs9010087.

McCallum, I., See, L., Sturn, T., Salk, C., Perger, C., Duerauer, M. *et al.* (2018). Engaging citizens in environmental monitoring via gaming. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research* 13, 15-23 https://doi.org/10.2902/1725-0463.2018.13.art3.

Mesirov, J.P. (2010). Accessible reproducible research. *Science* 327(5964), 415–416. https://doi.org/10.1126/science.1179653.

Monnappa, A. (2017). *Data science vs. big data vs. data analytics*. https://www.simplilearn.com/data-science-vs-big-data-vs-data-analytics-article (Accessed: 27 April 2018).

Nakashima, D., McLean, K.G., Thulstrup, H.D., Castillo, A.R. and Rubis, J.T. (2012). *Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation.* Paris: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization and United Nations University. http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002166/216613e.pdf.

Newman, G., Wiggins, A., Crall, A., Graham, E., Newman, S. and Crowston, K. (2012). The future of citizen science: Emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(6), 298-304. https://doi.org/10.1890/110294

Olson, J.A. (2010). Data as a service: Are we in the clouds? *Journal of Map and Geography Libraries* 6(1), 76–78. https://doi.org/10.1080/15420350903432739.

Open Data Charter (2015). *International Open Data Charter.* https://opendatacharter.net/wp-content/uploads/2015/10/opendatacharter-charter_F.pdf.

Porsanger, J. and Guttorm, G. (2011). *Working with Traditional Knowledge: Communities, Institutions, Information Systems, Law and Ethics.* Trondheim: Sámi University College. https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/177065.

Pottinger, L. (2012). *Why our rivers need a citizen science movement*. https://www.internationalrivers.org/resources/why-our-rivers-need-a-citizen-science-movement-7764.

Protocol on Pollutant Release and Transfer Registers (2003). Signed 21 May 2003. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2003/pp/ch_XXVII_13_ap.pdf.

Pulse Lab Kampala (2017). Using machine learning to analyse radio content in Uganda: Opportunities for sustainable development and humanitarian action. 11 September 2017 https://www.unglobalpulse.org/news/using-machine-learning-accelerate-sustainable-development-solutions-uganda-0 (Accessed: 6 November 2017).

Raygorodetsky, G. (2017). 'Braiding science together with indigenous knowledge'. *Observations*, 21 December 2017 https://blogs.scientificamerican.com/observations/braiding-science-together-with-indigenous-knowledge/

Roelfsema, C., Thurstan, R., Beger, M., Dudgeon, C., Loder, J., Kovacs, E. *et al.* (2016). A citizen science approach: A detailed ecological assessment of subtropical reefs at Point Lookout, Australia. *PLoS ONE* 11(10), e0163407. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163407.

Rominger, J. and Ikeda, S. (2015). The role of big data in solving environmental problems. *Gradient Trends Risk Science and Application*, Fall 2015, 64. https://gradientcorp.com/pdfs/newsletter/Trends64.pdf.

Rotman, D., Preece, J., Hammock, J., Procita, K., Hansen, D., Parr, C. *et al.* (2012). Dynamic changes in motivation in collaborative citizen-science projects. *Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work*, 217-226. https://doi.org/10.1145/2145204.2145238

Secretariat of the Convention on Biodiversity (n.d.). *Article 8(j) -Traditional Knowledge, Innovations and Practices*. https://www.cbd.int/traditional/ (Accessed: 14 March 2018).

See, L., Fritz, S., Dias, E., Hendriks, E., Mijling, B. and Snik, F. (2016). Supporting earth-observation calibration and validation: A new generation of tools for crowdsourcing and citizen science. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine* 4(3), 38-50. https://doi.org/10.1109/MGRS.2015.2498840.

Shirk, J., Ballard, H., Wilderman, C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R. *et al.* (2012). Public participation in scientific research: A framework for deliberate design. *Ecology and Society* 17(2), 29. https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229.

Spitz, R., Pereira, C., Leite, L.C., Ferranti, M.P., Kogut, R., Oliveira, W. *et al.* (2017). Gamification, citizen science and civic engagement: In search of the common good. *Balance-Unbalance 2017*. Plymouth, 21-23 August 2017. http://balance-unbalance2017.org/events/gamification-citizen-science-and-civic-engagement-in-search-of-the-common-good/

Stodden, V. (2014). *What scientific idea is ready for retirement?* [Edge Foundation https://www.edge.org/responses/what-scientific-idea-is-ready-for-retirement (Accessed: 05 June 2018).

Storksdieck, M., Shirk, J.L., Cappadonna, J.L., Domroese, M., Göbel, C., Haklay, M. *et al.* (2016). Associations for citizen science: Regional knowledge, global collaboration. *Citizen science: Theory and Practice* 1(2), 1-10. https://doi.org/10.5334/cstp.55.

Takahashi, D. (2017). *Got It debuts knowledge-as-service that uses AI to help you find human experts*. [VentureBeat https://venturebeat.com/2017/06/06/got-it-debuts-knowledge-as-a-service-that-uses-ai-to-find-you-human-experts/ (Accessed: 22 February 2018).

Tebtebba Foundation (2015). Mapping our lands and waters: Protecting our future. *Global Conference on Community Participatory Mapping in Indigenous Peoples' Territories*. North Sumatra, 25-27 August 2013. Baguio City http://www.iapad.org/wp-content/uploads/2017/01/mapping-our-lands-waters-protecting-our-future.pdf

Tengö, M., Brondizio, E.S., Elmqvist, T., Malmer, P. and Spierenburg, M. (2014). Connecting diverse knowledge systems for enhanced ecosystem governance: The multiple evidence base approach. *Ambio* 43(5), 579-591. https://doi.org/10.1007/s13280-014-0501-3.

The world's most valuable resource is no longer oil, but data (2017). *The Economist,* 6 May. https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource.

Thomas, R. and McSharry, P. (2015). *Big Data Revolution: What Farmers, Doctors and Insurance Agents Teach Us About Discovering Big Data Patterns.* Wiley. https://www.wiley.com/en-us/Big+Data+Revolution%3A+What+farmers%2C+doctors+and+insurance+agents+teach+us+about+discovering+big+data+patterns-p-9781118943717.

Tsuji, L.J.S. (1996). Cree traditional ecological knowledge and science: A case study of the sharp-tailed grouse, *Tympanuchus Phasianllus Phasianllus*. *The Canadian Journal of Native Studies* XVI (1), 67-79. http://www3.brandonu.ca/cjns/16.1/tsuji.pdf.

Tsuji, L.J.S. and Ho, E. (2002). Traditional environmental knowledge and western science: In search of common ground. *Canadian Journal of Native Studies* 22(2), 327-360. http://www3.brandonu.ca/cjns/22.2/cjnsv.22no.2_pg327-360.pdf.

Uitto, J. (2016). Use of big data in environmental evaluation: A focus session on use of new technologies in M&E and implications for evaluation. *19th Meeting of the DAC Network on Development Evaluation*. Paris, 26-27 April 2016. https://www.gefieo.org/sites/default/files/ieo/ieo-documents/Presentation-big-data.pdf

United Nations (1998). *Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters*. https://treaties.un.org/pages/viewdetails.aspx?src=ind&mtdsg_no=xxvii-13&chapter=27&clang=_en (Accessed: 24 January 2018).

United Nations (2014). Resolution adopted by the General Assembly on 29 January 2014. Fundamental Principles of Official Statistics. A/RES/68/261 New York, NY https://unstats.un.org/unsd/dnss/gp/FP-New-E.pdf

United Nations (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.* New York, NY. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf.

United Nations (2016). *The Sustainable Development Goals Report 2016.* New York, NY. https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/The%20Sustainable%20Development%20Goals%20Report%202016.pdf.

United Nations (2018a). *About*. https://www.unglobalpulse.org/about-new (Accessed: 11 October 2018).

United Nations (2018b). *News*. https://www.unglobalpulse.org/blog (Accessed: 11 October 2018).

United Nations (2018c). *Big data: News*. https://unstats.un.org/bigdata (Accessed: 11 October 2018).

United Nations, General Assembly (2007). *United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples.* New York. https://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/DRIPS_en.pdf.

United Nations (n.d.). *Indigenous Peoples: 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/2016/Docs-updates/Indigenous-Peoples-and-the-2030-Agenda-with-indicators.pdf

United Nations Convention to Combat Desertification (2016). *Report of the Conference of the Parties on its Twelfth Session, held in Ankara from 12 to 23 October 2015 Part two: Action Taken by the Conference of the Parties at its Twelfth Session - Addendum* 12-23 October. ICCD/COP (12)/20/Add.1. https://www.unccd.int/sites/default/files/sessions/documents/ICCD_COP12_20_Add.1/20add1eng.pdf.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2013). *Agricultural Landscapes.* October 2013 (69). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization http://es.calameo.com/read/00332997247675cccaf1e

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2017). *Local Knowledge, Global Goals.* Paris. http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002595/259599e.pdf.

United Nations Environment Programme (2012). *Global Environment Outlook-5: Environment for the Future We Want.* Nairobi: United Nations Environment Programme. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

United States Environmental Protection Agency (n.d.). *AirNow*. https://airnow.gov/ (Accessed: 20 November 2018).

United States National Aeronautics and Space Administration (2018). *Engaging citizen scientists with GPM*. https://pmm.nasa.gov/articles/engaging-citizen-scientists-gpm (Accessed: 20 July 2018).

University of the West of England, Science Communication Unit, (2013). *Science for Environment Policy In-depth Report: Environmental Citizen Science.* Report produced for the European Commission. http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR9_en.pdf.

UrbanEmissions.info (2016). *Air quality forecasting for all India*. http://www.urbanemissions.info/ (Accessed: 11 October 2018).

Vacarelu, F. (2017). 'New paper from UN Global Pulse and UNHCR explores use of digital data for insights into forced displacement'. https://www.unglobalpulse.org/news/new-paper-un-global-pulse-and-unhcr-explores-use-digital-data-insights-forced-displacement (Accessed: 6 November 2017)

Van Vliet, K. and Moore, C. (2016). Citizen science initiatives: Engaging the public and demystifying science. *Journal of Microbiology and Biology Education* 17(1), 13-16. https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1019.

Vidal, J. (2016). The tribes paying the brutal price of conservation. *The Guardian.* https://www.theguardian.com/global-development/2016/aug/28/exiles-human-cost-of-conservation-indigenous-peoples-eco-tourism.

Webb, A. and Usher, D. (2017). 'New vulnerability monitoring platform to assist drought-affected populations in Indonesia'. https://www.unglobalpulse.org/news/new-vulnerability-monitoring-platform-assist-drought-affected-populations-indonesia

Wells, T.N.C., Willis, P., Burrows, J.N. and van Huijsduijnen, R.H. (2016). Open data in drug discovery and development: Lessons from malaria. *Nature Reviews Drug Discovery* 15(10), 661-662. https://doi.org/10.1038/nrd.2016.154.

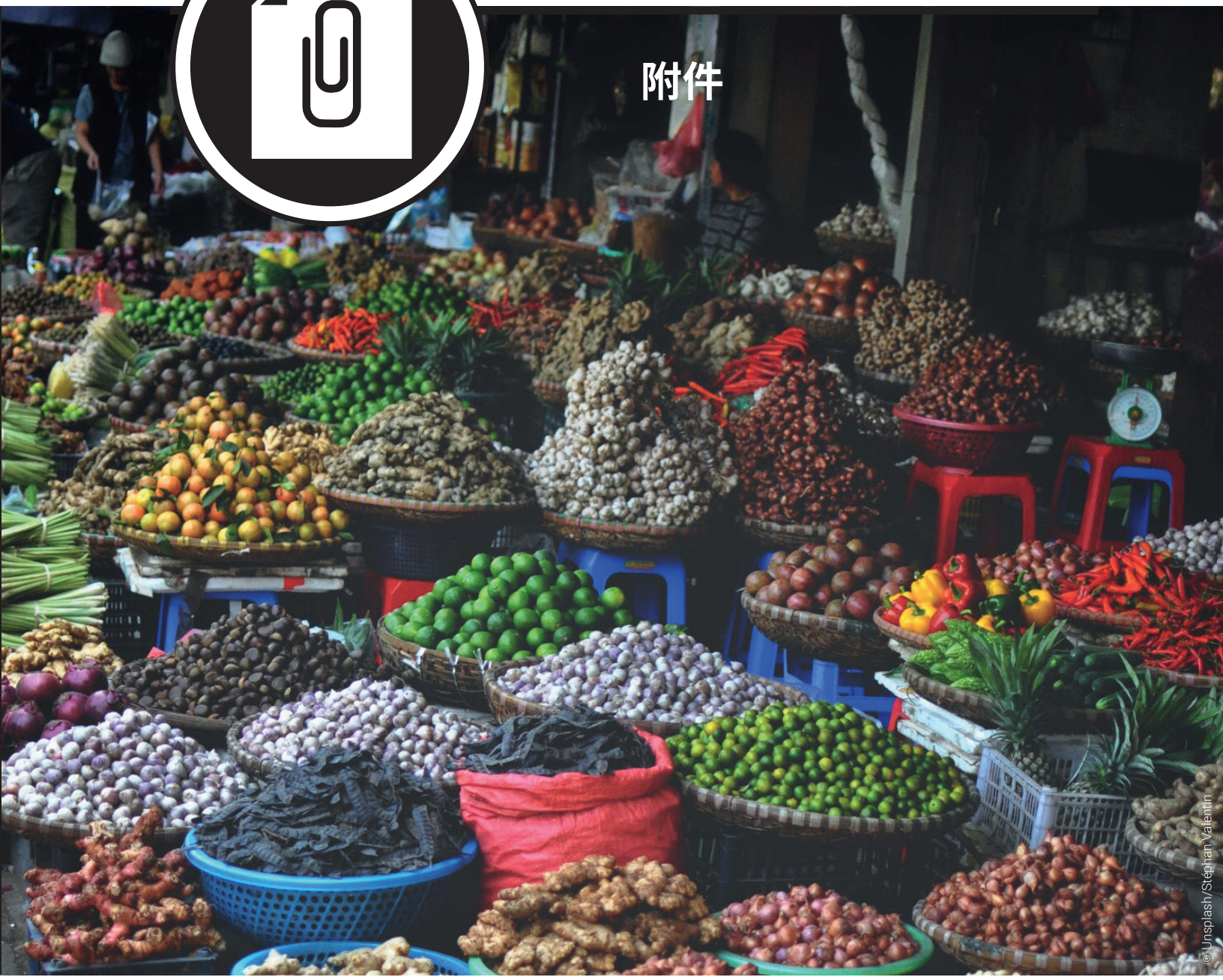
Williams, T. and Hardison, P. (2013). Culture, law, risk and governance: Contexts of traditional knowledge in climate change adaptation. *Climate Change*, 531–544. https://doi.org/10.1007/s10584-013-0850-0.

World Bank (2016a). *The World Bank Annual Report 2016.* Washington, D.C. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24985/9781464808524.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

World Bank (2016b). *World Development Report 2016: Digital Dividends.* Washington, D.C: World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23347/9781464806711.pdf.

World Intellectual Pr

附件



©Unsplash/Stéphan Valentin

附件1-1:《全球环境展望6》的使命

联合国环境规划署的职责是通过审查来不断检查全球性环境状况,成员国要求环境规划署继续审查作为《2030年可持续发展议程》核心的可持续发展目标的环境层面(联合国,2015a)。《全球环境展望6》是一个可以增强环境规划署在科学政策接口中的作用的强大工具,其具备多项功能,包括:

- ❖ 支持环境规划署在提供评估、政策分析、综合分析以及实现可持续发展目标环境层面的方法方面发挥关键作用,包括后续行动和审查过程;
- ❖ 成为环境规划署的一项工具,支持成员国、主要群体、利益相关方和联合国系统实体借助2016年通过的联合国全系统环境战略来实施《2030年议程》;
- ❖ 帮助环境规划署确保其战略规划与《2030年议程》保持一致,并加强与联合国系统其他部门的合作,在此过程中,将环境问题纳入全球规范框架中,并解决新兴环境问题(联合国环境规划署,2016d)。

《全球环境展望6》评估还支持环境规划署在实现《2030年议程》环境目标方面的核心原则,包括以下原则:

a. 普遍性【所有人—超越国界—集体行动】:《2030年议程》是全球性的,适用于所有国家(或地区)的所有人。这是一项共同议程,需要国际社会、政府、企业和公民团体的集体响应。
b. 人权与公平【建立公平、公正和可持续社会之路】:《2030年议程》鼓励更公平地分配财富和资源,平等获得机会,获取信息和诉诸法治,包括在社会各阶层构建能力的新方法。
c. 整合性【作为一个和谐整体】:过去的方法将可持续发展中的社会、环境和经济层面视为独立的支柱,但新议程将这三个方面进行了整合和平衡。
d. 创新性【创新是进步的关键】:技术创新的加速和转让是实现《2030年议程》的关键。世界需要的是运用形式科学、传统知识和公民常识的新的创新途径(联合国环境规划署,2015b)。

与以往的《全球环境展望》相比,第六期根据全球大趋势首次提出了一个综合基线,由各类可获取的开放数据和信息来源以及多元知识库提供支持,适当考虑了性别和青年、本土知识和文化层面的问题。第六期的新内容还包括在整个评估过程中整合和讨论了可持续发展的经济层面以及社会公平维度,这不仅加强了整体政策的相关性,还强调环境变化和退化对全球经济繁荣、社会正义和整体人类福祉带来巨大压力。《全球环境展望6》还反映了经济繁荣和社会正义对环境退化的影响。

《全球环境展望》的编写进程为相关规模的持续性和增强性社会经济-环境评估奠定了基础,其具有主题性和综合性重点,能够促进和预示社会转型,追踪可持续发展目标、指标和以往商定的国际环境目标方面的进展。因此,《全球环境展望6》旨在帮助成员国、国际组织和主要群体(如非政府组织)做好准备,通过最有效途径在不同的时间框架(2030/2050年)内实现向可持续未来转型过渡,同时兼顾到环境与人类福祉之间广泛的相互依存关系(如"健康地球,健康人类")。

附件1-2:《全球环境展望6》参考的综合环境评估项目汇总

《全球环境展望6》借鉴并整合了主要全球环境评估项目的结果,包括政府间气候变化专门委员会项目、生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台等。

表A.1:全球环境评估项目示例以及与《全球环境展望6》的关联

评估项目	牵头组织	链接	目标	与《全球环境展望6》的关联
政府间气候变化专门委员会(IPCC)评估报告	联合国环境规划署、世界气象组织	http://www.ipcc.ch/	为决策者提供气候变化、其影响和未来风险以及适应和减缓选择相关科学基础的定期评估。	其成果被用作关键参考,将气候变化作为一个跨领域问题加以对待,认为气候变化影响所有其他专题领域,包括政策响应和展望。
生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(IPBES)	联合国环境规划署、联合国教科文组织、联合国粮食及农业组织、联合国开发计划署	http://www.ipbes.net/	根据决策者的要求,评估生物多样性及其为社会提供的生态系统服务的状况和趋势。 加强生物多样性和生态系统服务的科学政策接口,以实现生物多样性的保护和可持续利用、长期人类福祉和可持续发展。	其成果被用作生物群、土地、淡水和海洋环境状况章节的关键参考。 其成果也被用作B部分(政策和治理)和C部分(展望)的基线。
《全球生物多样性展望4》(GBO)	《生物多样性公约》(CBD)	https://www.cbd.int/gbo4/	定期评估和总结有关生物多样性状况的最新数据并得出与进一步执行《公约》有关的结论。	其成果被用作生物多样性(包括政策响应和展望)专题章节的关键参考。
世界水资源评估计划(WWAP)	联合国教科文组织、联合国机构间小组(联合国水机制)	http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap	全面审查和了解世界淡水资源状况,旨在为决策者提供实施水资源可持续利用的工具。 提供了一项机制,监测资源及其管理变化,同时追踪实现目标(特别是千年发展目标/可持续发展目标)的进展。 提供最佳实践以及深入的理论分析,以帮助激发理念和行动,从而更好地管理水资源。	世界水资源评估计划内的报告及其成果被用作淡水和相关跨领域问题(包括政策响应和展望)专题章节的基线。
《世界海洋评估报告》(一)(2015年)	经常程序专家组/联合国大会	http://www.worldoceanassessment.org/	是一项全球机制,通过在全球和超区域层面提供定期评估以及环境、经济和社会方面的综合观点,持续审查海洋环境状况,包括社会经济层面。	《世界海洋评估报告》(一)的成果被用作海洋与海岸和相关跨领域问题(包括政策响应和展望)专题章节的基线。
《全球土地退化评估报告》/《全球土壤健康评估报告》(2015年)	联合国粮食及农业组织、联合国环境规划署	http://www.fao.org/ soils-portal/soil-degradation-restoration/global-soil-health-indicators-and-assessment/jp/	在区域数据分析和专业知识的基础上,对当前和预测的土壤条件进行全球科学评估; 探讨这些土壤条件对粮食安全、气候变化、水质和水量、生物多样性以及人类健康和福祉的影响;以及 最后向决策者和其他利益相关方提出一系列行动建议。	这些评估的成果被用作土地和相关跨领域问题(如粮食安全,包括政策响应和展望)专题章节的基线。

评估项目	牵头组织	链接	目标	与《全球环境展望6》的关联
《全球土地展望》(GLO)(2017年)	《联合国防治荒漠化公约》	https://knowledge.unccd.int/glo/GLO_first_edition	《全球土地展望》概述了土地状况，提出了一套明确的响应措施，以优化土地利用、管理和规划，从而在提供基于土地的产品和服务方面产生跨部门的协同效应。这种综合方法是土地退化零增长概念框架的基础，而土地退化零增长目标被视为是执行《联合国防治荒漠化公约》(UNCCD)的推动手段，也是《2030年可持续发展议程》的重要组成部分。	《全球土地展望》的成果被用作土地和相关跨领域问题(如粮食安全，包括政策响应和展望)专题章节的基线。
《全球固体废弃物治理展望》(2015年)	联合国环境规划署、国际固体废弃物协会	https://www.uncclearn.org/sites/default/files/inventory/unep23092015.pdf	评估全球废弃物治理状况。制定废弃物管理的整体方法，并将废弃物和资源管理视为可持续发展和减缓气候变化的重要因素。为了补充2015年后发展议程/可持续发展目标，《全球固体废弃物治理展望》阐述了全球废弃物管理目标和实现这些目标的全球行动呼吁。	《全球固体废弃物治理展望》的成果被用作应对废弃物和资源管理带来的关键挑战的核心参考，而《全球环境展望6》中将废弃物和资源管理视为跨领域问题(包括政策响应和展望)。
《全球化学品展望》(一)	联合国环境规划署	https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8455/-Global%20chemicals%20outlook_%20towards%20sound%20management%20of%20chemicals-2013Global%20Chemicals%20Outlook.pdf?sequence=3&amp%3BisAllowed=	对影响化学品生产和使用、其健康和环境影响、经济效应以及整个生命周期政策选项的趋势和变化提出全面的环境理解和最新评估。 《全球化学品展望》(一)旨在提供信息，以说明化学品健全管理投资的经济利益和必要性。	《全球化学品展望》(一)的成果被用作应对化学品带来的关键挑战的核心参考，而第六期《全球环境展望》中将化学品视为跨领域问题(包括政策响应和展望)。
《全球汞评估报告》(2002年/2008年/2013年/2018年)	联合国环境规划署	https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/global-mercury-assessment	《全球汞评估报告》提供了关于大气和水生环境中全球汞排放、释放和输送的最新信息。该报告旨在用作决策参考，重点关注人为排放(进入大气的汞)和释放(进入水和土地的汞)，即与人类活动有关。	最新《全球汞评估报告》(2013年/2018年)的成果被用作空气专题章节和化学品跨领域问题(包括政策响应和展望)的参考。
《全球性别与环境展望》(GGEO)(2016年)	联合国环境规划署	https://www.unenvironment.org/resources/report/global-gender-and-environment-outlook-ggeo	《全球性别与环境展望》首次全面概述了可持续发展目标和《2030年可持续发展议程》背景下性别与环境之间的联系。其目标是透过性别视角更好地了解环境，支持将性别观点更好地纳入国际和国家层面的环境政策的制定和实施中，并通过伙伴关系推动影响。	《全球性别与环境展望》第4章和第17章是关于跨领域问题，一直被用作与性别相关的语言的基础参考。由于《全球性别与环境展望》专门研究不同环境领域、政策、数据和方法层面的性别问题，报告中的见解也被整合到了《全球环境展望6》的其他几个章节中。

附件1-3:《全球环境展望6》(GEO-6)的变革理论

以综合环境评估原则为指导,《全球环境展望6》的变革理论体现在其结构和目的上,且基于推动机构和人员网络走向新的(战略性)思考和(目标导向)行动之路的社会进程。通过这一社会进程,《全球环境展望6》评估中提供的证据被认为对于这一网络是合法的、可信的和(显著)相关的,这有助于增加评估成果作为环境政策改善投入的可接受性,从而推动在可持续发展方面取得进展。

《全球环境展望6》旨在通过涵盖数据、科学、实验和参与式方法的过程来创造变革。本报告使用多学科视角来得出基于知识的结论。本报告还旨在通过突出实现变革(甚至是颠覆性变革)可以为公民和社区带来的优势和机遇来创造变革。新的地球观测和其他技术已经彻底改变了我们理解环境变化、环境变化对人类福祉的影响以及人类对环境变化的影响的能力。本报告旨在以影响利益相关方和决策者行动的方式来通报评估成果。反过来,这有助于制定更适当、公平和有效的政策响应措施,包括转变投资、生产、分配和消费方式,使其更加可持续,以及在多个层面加强治理能力。

图A.1展示了《全球环境展望》报告如何通过影响人类行动来发挥作用:

活动和进程

《全球环境展望》进程是通过与政府和其他利益相关方协商确定的。基于这些磋商,通过提名确定将参与进程的政府官员、利益相关方和专家人员,该网络将执行这一进程并受到其影响。定期举行会议和电话会议是必要的,以确保该网络成员参与进程并提出建议,以便在进程和成果方面感受到主人翁意识。同行评审和政府间评审程序促进了更广泛的专家、政府官员和利益相关方网络的参与,可以在更高参与水平上提供建议、专业知识和经验。网络成员以进程参与过程中感受到的主人翁意识为动力,担当《全球环境展望》信息的传达者。

图A.1:《全球环境展望6》的变革理论

输出

《全球环境展望》进程的四项主要输出成果记录了将影响环境和可持续发展政策未来路径的研究成果的证据和基本原理。这些输出成果包括：

- 六项区域环境评估报告，提供了可在区域和/或国家层面采取行动的政策相关信息。这些区域评估允许在政府可以开展行动的层面上更深入地将研究成果国内化。这些评估还在《全球环境展望》研究成果的实施过程中应用了不同的地理分组；
- 继区域评估报告出版之后，还撰写了一份全球环境评估报告，该报告探讨了更广泛的问题（例如全球环境状况），在政府可以共同行动的层面上提出了一些研究成果。
- 与环境分析有关的主要性别平等问题之一是环境影响和行动如何按性别区分。因此，《全球环境展望》与《全球性别与环境展望》之间存在系统性联系。
- 《全球环境展望》的研究成果和新知识应通过制作教学和宣传材料进行翻译和传播，以进一步促进能力建设。能力建设使得《全球环境展望》能够触及更广泛的受众（如青年和教育工作者），并使《全球环境展望》的研究结果和新的推荐方向得到更广泛的推广，从而提高《全球环境展望》在更长时间内对环境变化的影响，并加强这些变化的长期持久性。

驱动力、假设和风险

评估进程的一个主要假设是，研究成果将被目标受众（特别是政府）认为是合法的、科学可信的和相关的。对这三个标准的定义如下：

- 合法性：被认为是不偏不倚的，尊重不同利益相关方的观点，并符合法律或权威规则。
- 可信性：被认为具有科学合理性和权威性。提供可以信任和信赖的信息。
- 相关性：被认为具有及时性且与最终用户的需求相关。

《全球环境展望》基于某些假设，且在不排除某些风险的情况下，通过多种途径实现合法性、可信性和相关性，包括：

- 各国政府明确授权撰写《全球环境展望》，且政府帮助确定一些关键参数，如时间表、组织结构、工作计划、分析大纲等。
- 根据秘书处制定和批准的明确工作计划，与作为该进程一部分的适当咨询机构进行磋商，获得足够的资金。
- 有足够庞大且综合的作者和专家团队参与撰写报告，以确保评估的科学可信性，并确保各成员在工作计划期限内将适当时间投入到章节的分析和起草中。这还包括不参与主要编写过程的同行评审员和其他专家。
- 开展专门针对决策者的成果（如决策者摘要）的强有力磋商进程，且该进程是透明的，并考虑了所有成员国的观点。这些成果有助于提高评估进程的合法性，并在获得适当认可的情况下，可以提升这些成果的可信度。

成果

《全球环境展望》进程的成果侧重于提高对当前环境状况的认识，了解可用于解决这些问题的潜在政策解决方案，包括不采取行动的未来影响以及遵循特定途径实现环境目标的未来效益。为了实现这些目标，各类行为者必须理解和/或利用研究成果，并将其应用于日常工作和个人生活中：

- 政策分析人员必须获取并理解《全球环境展望》的研究成果，并适当地使用这些成果来为决策者提供信息；
- 更广泛地说，政府（以及可能的其他非国家行为者）应该了解研究成果，以便利用这些成果来推进其政策工作。如果需要，政府也可以使用《全球环境展望》方法开展自己的区域、国家或次国家评估。
- 联合国和其他国际组织应该能够在自身的评估、政策工作和实践中理解和应用《全球环境展望》的研究结果。
- 公民社会和非政府组织应该能够在自身工作中理解和应用《全球环境展望》的研究结果，如通过这些成果来影响环境政策和决策过程。

效益

《全球环境展望》的效益将通过政府、机构和公民在其工作场所和日常生活中的响应和行动来判断。为了提升《全球环境展望》的效益，联合国环境规划署促进在以下领域开展行动：

- 通过推广《全球环境展望》的研究成果和进程，帮助各国加强科学政策接口；
- 基于《全球环境展望》的研究成果、其各种衍生成果和其他科学资源，推动实现基于证据的决策；
- 在地区和国家政策层面直接和间接地鼓励与《全球环境展望》报告和进程一致的变革。

《全球环境展望》的变革理论支持包括国家政府在内的各类行为者在实现可持续发展目标方面取得进展。将《全球环境展望》的研究成果纳入《2030年议程》政策进程和实施中可以促进实现可持续发展目标。

附件1-4:《全球环境展望6》中使用的置信度术语的结构和基本原理

科学咨询小组的指导意见

本文件参照了生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(IPBES)制定的指南(IPBES/5/INF/6)。

确定和应用置信度术语

表征和传达研究成果中的置信度和不确定性对于确保评估过程的科学可信度、帮助利益相关方和决策者了解基础证据的强度和权重以及引导更明智的决策至关重要。本指导性说明旨在帮助《全球环境展望6》的作者以一致和透明的方式描述与其研究成果相关的置信度和不确定性。本说明提出了一种通用方法和校准语言,可广泛用于编写专家判断以及评估和传达确定性程度。

什么是置信度?

在评估中使用置信度术语反映了作者对其编写章节中提出的研究成果(数据和信息)的确信程度。低置信度表明我们的知识不完整,因此无法充分解释结果或可靠地预测未来结果,而高置信度表明我们拥有广泛的知识,因此能够更加确定地解释结果或预测未来结果。

置信度术语应始终应用于评估的三个关键部分:

1. 应当在评估报告技术章节**执行摘要**的主要结论中应用置信度术语。
2. 应当在基于主报告编写的**技术摘要**的主要研究成果中应用置信度术语。
3. 应当在决策者摘要中应用置信度术语。

并不强制要求将置信度术语应用于评估报告的整个正文中。但是,在正文的某些部分,如果需要提出一系列观点,可以在作者团队认为合适的情况下应用置信度术语。在任何情况下都不应该通俗地或随意地应用这些术语以避免混淆读者。应当仅在按照推荐步骤评估置信度的情况下应用这些术语 。

评估置信度

在确定主要研究成果时,作者团队应评估相关证据和证据基础内的认同度。根据所评估证据的性质,团队可以采用定性置信度水平或通过概率方法量化研究成果中的不确定性。置信度的定性评估体现的是专家对于认同度和证据的判断。置信度的定量评估是对明确定义的结果在未来发生的可能性(概率)的估计。概率估计基于观察和/或模型结果的统计分析,并结合了专家判断。然而,由于现有证据的性质,可能无法对所有研究结果进行置信度定量评估。

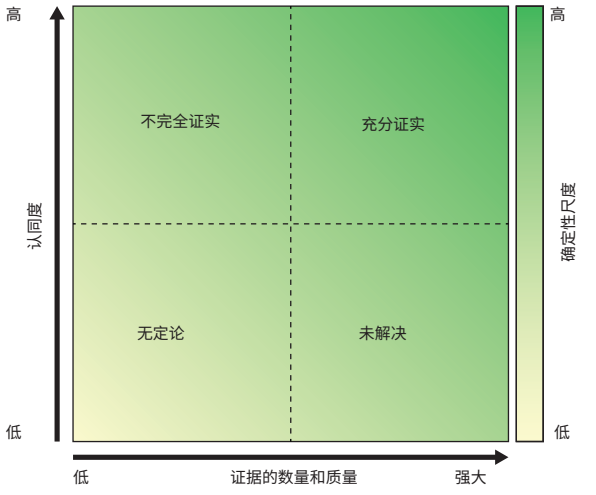
为了确保沟通的一致性,将使用特定的短语或术语来描述置信水平或不确定程度。术语选择将基于作者团队对支持证据的数量和质量以及科学认同度的专家判断。

《全球环境展望6》使用四框置信度模型(参见**图A.2**),其基于证据和认同度,给出了置信度定性评估的四个主要的置信度表述:"充分证实"(证据多,认同度高)、"未解决"(证据多,认同度低)、"不完全证实"(证据有限,认同度尚可)、"无定论"(证据有限或无证据,认同度低)。

置信度的定性评估

本节讨论了作者团队在定性评估和通报置信度时必须采用的过程和语言。在评估信息或结果的置信度时,应当考虑以下因素:证据的类型、数量、质量和一致性(现有同行评审文献和灰色文献等)以及认同度(在数据、文献中和专家之间,而不仅仅是作者团队内部的认同水平)。在此情况下,作者团队对证据水平和认同度的专家判断才能适用于置信度术语的选择(**图A.2**):

图A.2:置信度定性评估的四框模型



从阴影强度的增加趋势可以看出,置信度朝着右上角逐渐增加。

资料来源:生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台(2017年)。

- **无定论**——属于或基于建议或推测；没有证据或证据有限，对证据没有达成明确的共识。
- **未解决**——有多项独立研究，但结论不一致。
- **不完全证实**——认同度一般，只有少数研究而没有全面综合的研究，或现有研究无法明确解决问题。
- **充分证实**——通过全面的荟萃分析或者其他综合研究或多项独立研究获得认同。

图A.2中"**充分证实**"所在框可进一步细分，以便作者团队能够灵活地强调其非常有把握的关键信息和结果：

- **完全证实** ——有非常全面的证据基础，且分歧程度非常低。
- **基本确定**——有非常强大的证据基础，涵盖多个时空尺度，几乎不存在分歧。

请注意，上面的"基本确定"一词仍然体现的是对置信度的定性评估，其不应该在概率上解释，也不能传达任何水平的"统计置信度"。对"充分证实"所在框的这些细分为作者带来了灵活性，可用于强调可被视为事实或反映科学共识的结果。

当相关结果建立在其他结果的前提之上，则其置信度应当被单独评估和通报。

在评估某一表述的证据水平和认同度时，重要的是在作者团队内部和在整个评估过程中（如可能）对术语的使用进行标准化，以确保其使用一致性。上述置信度术语的标准化可以通过在**执行摘要**中获取关键信息和结果并以作者团队为单位讨论应当适用哪些术语及其原因来实现。在适当的时候，团队可以考虑使用正式的启发性方法来组织和量化置信度术语的选择。

团队应当警惕产生部分人赞同某一观点并对其过于确信的趋势。避免这种情况的一种方法是，在进入团队讨论之前，让每一团队成员独立地进行置信度评估。如果在团队讨论之前没能这样做，则无法充分讨论和评估重要观点和置信度范围。重要的是要认识到个人观点何时因团队互动而出现变化，且为此类观点变化预留出足够的审核时间（Mastrandrea等人，2010年）。无论采用哪种方法，都应当编写和记录可追溯说明，以证明置信度是如何评估的（参见"可追溯性"部分）。

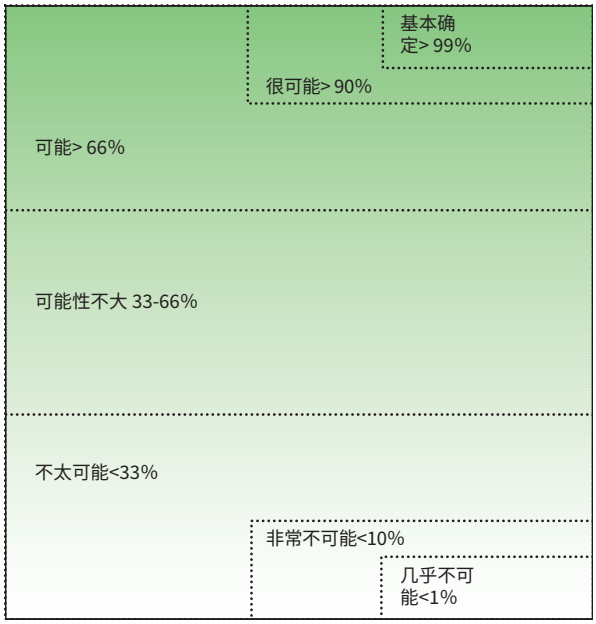
重要的是要仔细考虑关键信息和结果的表述结构，因为这将影响我们在表达置信度时的清晰程度。例如，有时候，一个关键结果中既有**"充分证实"**的元素，也有**"不完全证实"**的元素。在这种情况下，组织措辞是有帮助的，要让**"充分证实"**的元素在前，**"不完全证实"**的元素在后或者独立成句。如果可能，在表述或重述关键信息和结果时，应当给出已知而非未知的情况，来避免使用**"未解决"**和**"不完全证实"**这样的表述。作者团队应该专注于尽可能地提供**"充分证实"**的内容，以便使决策者明确知道哪些内容是已知的。因此，在我们的主要结果中应用置信度术语时，通常需要我们对内容进行重述，而不是简单地将术语添加到现有文本中。

置信度的定量评估

在许多情况下，可以定量评估结果或事件的不确定性。本节讨论了作者团队在定量评估和通报某一结果发生的可能性时需要采用的过程和语言。可能性表达的是对单个事件或结果在给定范围内发生的概率估计。概率估计基于观察和/或模型结果的统计分析，并结合了专家判断。

当有足够的概率信息时，应当考虑结果范围及其相关概率，并注意潜在高风险的结果。然后，再基于作者团队对概率大小的专家判断来应用**图A.3**中的可能性术语。

图A.3：定量评估某一结果的发生概率的可能性量表



请注意，极端概率嵌套在"可能"和"不太可能"代表的更广泛概率水平之内。

资料来源：改编自Mastrandrea等人。（2010年）。

图A.3中的类别可以被认为具有嵌套边界。例如，如果将某一结果描述为**“可能”**或**“很可能”**，在这两种情况下，这一结果的可能性落在95%-100%的概率范围内，但在**“可能”**的情况下，较大的概率范围（66%-100%）表明置信度高于**“很可能”**（90%-100%）。在做出专家判断时，作者团队应当以**“可能性不大”**为初始点，并考虑是否有足够的定量信息来适用**“可能”**或**“不太可能”**概率范围。只有在考虑了这个初始范围后，作者团队才能考虑是否有足够的证据来转向更极端的概率。

作者团队应当注意，在针对特定结果适用可能性术语时，意味着替代结果具有相反的可能性，例如，如果某一结果被描述为**“可能”**（66%-100%），则意味着其他结果是**“不太可能”**（0%-33%）。

如果作者团队认为有足够信息可用于对事件发生概率进行“最佳估计”，那么，最好在文本中指定完整的概率范围（如90%-95%），而不使用**图A.3**中的术语。此外，**“可能性不大”**不应该用于表示缺乏知识，其仅仅是基于可用信息的概率估计。

作者团队应该注意关键信息和结果的表述方式。表述方式将对其解释方式产生影响，例如，10%的死亡率在解读上比90%的幸存率更为消极。考虑给出对等表述，以避免价值取向解读，例如，同时通报死亡率和幸存率（Mastrandrea等人，2010年）。

最后，作者团队在以团队为单位达成共识的过程中，应尽量避免有争议的事件，如具有高风险但极低概率的影响或事件。

如何应用置信度术语——使用四框模型来表达置信度

置信度术语是一项评估的主要结果的一部分。主要结果载于完整技术报告中每一评估章节的**执行摘要**中。主要结果是直接从章节中提取的事实和信息。建议按以下方式强调主要结果。

结果表述的第一句应该加粗，且附带四框模型中的一个置信度术语，其应为斜体且加括号，置于句子末尾。第一句话后面接两到四个句子，用以支持第一句中包含的信息。后面的句子可以附带置信度术语（如适用），但同样要添加括号。如果整段适用同一个置信度术语，则没有必要在每个句子后面都使用置信度术语。

四框模型和可能性量表中的术语不应该在评估文本中使用，除非是用于正式指定置信水平。例如，如果有一个句子中使用了“可能”一词，但其含义与可能性尺度并无关联，则该词应替换为其他词语（如“也许”）。

利用可能性量表来表达置信度

在某些情况下，如上所述，作者团队可能希望在使用**“充分证实”**这一置信度术语的同时，再结合使用可能性量表中的术语予以补充。如果使用了可能性量表中的术语，则应将这些术语嵌入到文本中，以斜体形式置于描述其概率的影响或结果之前。

可追溯性

作者团队对关键信息和结果置信度的专家判断应通过提供清晰的可追溯说明来解释。可追溯说明是章节中的评估说明，评估的是证据的类型、数量、质量和一致性以及认同度，这些构成了给定关键信息或结果的基础（Mastrandrea等人，2010年）。在可能的情况下，说明应当确定并讨论置信度的来源。为了确保作者团队在《全球环境展望》评估中对置信度来源分类的一致性，作者团队应当使用下文**表A.2**中所示的分类系统。

决策者摘要中的某一关键表述应该可以很容易地追溯到**执行摘要**中的表述，而反过来应该可以追溯到章节文本中的具体小节，且在适当的情况下，应该可以通过参考文献追溯到初级资料。

对相关**执行摘要**中表述的引用应当以大括号表示（如{1.2}）。

应用置信度术语的步骤概述

评估和通报执行摘要和决策者摘要置信度的推荐步骤。

1. 确定章节的关键信息和结果。
2. 评估支持证据和科学认同度。
3. 确定证据是否具有概率性（如来自模型预测）。
4. 如果证据是定性而非概率性的，请从四框模型（**图A.2**）中选择一个置信度术语，以通报作者团队对关键信息或结果的置信度。
   （a） 评估证据的数量和质量，以及其在科学界的认同度。
   （b） 确定作者团队的置信水平，并选择适当的术语。
5. 如果对某一结果或影响发生可能性的定量估计是现有的（如来自模型预测），从可能性量表（**图A.3**）中选择一个术语，来通报团队对发生概率的专家判断。
6. 确保正文中始终有一段“可追溯说明”，以说明作者团队如何应用具体的置信度水平，包括使用的重要证据线索、适用的证据标准以及结合/调和多种证据的方法。
7. 可选的：考虑针对每一作者团队来适用正式框架以评估专家判断。

表A.2：低置信度的来源

低置信度的来源	定义和示例	特征	处理低置信度的手段
词语含义不清（语言不确定性）	术语含糊不清、模棱两可 示例：当人类福利、风险、植物繁殖成功、授粉不足等术语构成某一结果的核心内容时。	可缩减 不可量化	❖ 使用清晰、通用的术语定义（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台通用词汇表）。 ❖ 使用在基于代理的建模中用于处理上下文依赖的协议。
本质上不可预测的系统（随机不确定性）	由于复杂的自然、社会或经济系统的混乱性质而导致置信度低（有时被称为“侥幸”不确定性）。 取决于天气或气候变量或者市场价格的结果将存在这样的低置信度。 示例：在地方规模下估测的授粉不足和价值。	不可缩减 可量化	❖ 清晰沟通。 ❖ 使用概率方法。 ❖ 支持大规模、长期的多地点研究，以量化空间和时间的变化，以表征低信度度。 ❖ 证据整合。 ❖ 研究人员和决策者能力建设。
方法和数据的限制（科学不确定）	由于方法、统计工具、实验设计或数据质量不佳（也称为认知不确定性），没有足够的数据可用于解答问题。 示例：农药对田间传粉媒介种群的影响、传粉媒介丰度的趋势、生态系统服务提供的预测。	可缩减 可量化	❖ 认识到概念框架（知识系统内部和之间）的差异。 ❖ 改进实验设计。 ❖ 扩大数据收集。 ❖ 支持详细的方法论研究。 ❖ 进行知识质量评估。 ❖ 证据整合。 ❖ 科学家能力建设。
对世界的理解差异（决策不确定性）	由人类主观判断、信仰、世界观和概念框架的变化而引起的低置信度（有时称为认知不确定性）。在政策决策方面，低置信度是由于偏好和态度可能因社会和政治背景而异。这可能意味着某一结果在不同知识体系中有不同的解读，而且不容易协调。 示例：如果你认为农田以外的野生自然具有比农田生物多样性更高的价值，且大规模的整体粮食生产比地方效益更重要，有机农业的意义看上去就会不一样。 对“福祉”有不同的解读/理解。	有时可缩减 不可量化	❖ 认识到概念框架（知识系统内部和之间）的差异。 ❖ 尽可能地记录、映射和整合。 ❖ 意识到存在偏见。 ❖ 使用多标准分析、决策支持工具。 ❖ 决策者能力建设。

*改编自生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台的评估报告编制指南

* Adapted from the IPBES guide on the production of assessments

附件4-1：朝着监测可持续发展目标的环境层面而努力

引言

可持续发展目标、多边环境协定指标和与环境驱动因素、状态、压力、影响和响应有关的其他指标对环境评估非常有用，包括具体环境领域的评估和多层面（全球、区域和国家）的环境评估。此外，社会经济指标可以与环境指标结合使用，

以更好地理解环境，并了解环境、人类和经济之间的联系。

可持续发展目标是一个框架，详细阐述了实现所有人更美好和更可持续未来的全球发展议程。可持续发展目标呼吁所有国家（或地区）——贫困、富裕和中等收入国家（或地区）——在促进经济繁荣的同时保护地球环境。这些目标指出，消除贫困必须与实现经济增长和满足一系列社会需求（包括教育、健康、社会保护和就业机会）的战略齐头并进，同时应对气候变化和加强环境保护。该监测框架已经提出了244项具体指标，以监测实现可持续发展目标方面的进展；但是，该指标框架不是一个详尽清单，没有涵盖了解地球所需的所有信息。

本《全球环境展望》出版物附有一份统计附件https://environmentlive.unep.org/media/global_assessment/review_documents/annex4_1.pdf，其中提供了一些图表信息，可供技术专家更好地理解环境以及环境、社会和经济之间的关系。此外，本附件从统计附件中提取了某些指标，强调目前在实现与环境相关的可持续发展目标方面取得的进展。请注意，统计附件不包括任何分析或数据。对统计附件中信息的分析将载于《全球环境展望》报告的衍生产品中，该产品的标题是：《衡量进展》，其是针对《全球环境展望5》制作的一份出版物的后续材料。

本附件提取了统计附件中与可持续发展目标的特定环境层面直接关联的数据和推断信息，以便总结可持续发展目标环境层面的现状。

统计方法

“可持续发展目标的环境层面”这一短语不具有明确的定义，且人们对于可持续发展目标的环境层面应该包括哪些内容有很多不同的看法（是否应该只包括与环境状况相关的指标，是否应该包括与水等自然资源的获取相关的指标，或者是否应该包括所有指标，因为生活的方方面面都与环境有关）。为了进行分析，将以联合国环境规划署采纳的环境相关指标清单为准。联合国环境规划署秘书处已经拟定了可持续发展目标的具体指标中与环境层面相关的指标清单，且于2018年9月20日的小组委员会会议上呈交了联合国环境大会常驻代表委员会（参见：https://www.unenvironment.org/events/subcommittee-meetings/committee-permanent-representatives-subcommittee-meeting-14），其同时也载于本附件的末尾。

统计附件和本附件中的数据基于联合国环境规划署实况平台全球数据库（https://uneplive.unep.org）中收录的数据。数据库中的数据来自各种国际数据库和其他来源，环境规划署对实况平台全球数据库中收录的信息实行严格的标准，其中包括：

1. 数据必须由联合国机构或其他有信誉的全球实体公布；
2. 数据必须具有公开可用的透明方法论和元数据；
3. 数据必须具有全球性（不收录仅适用于单个国家或地区的数据）；
4. 仅收录时间序列包含2个以上时间点的数据；以及
5. 时间序列中最近的一点必须不超过10年。

实况平台全球数据库还使用统计方法汇总国家数据，以产生全球、区域、次区域和特殊国家分组；有关汇总程序的信息，请访问：

https://uneplive.unep.org/media/docs/graphs/aggregation_methods.pdf。

本附件运用简单的推断程序，基于可持续发展目标指标的当前状态（即没有付诸努力来改变目前的数据趋势）来预测可持续发展目标是否能够实现。因此，未来15年将取得的进展预计与过去15年在全球范围内已取得的进展相同。环境规划署基于每年的可用数据点，使用指数回归模型推断汇总数据。2030年被视为数据推断和分析的截止年限。我们通过将2030年数据与指标目标进行比较，来确定目标是否达成。例如，如果某一目标截至2030年有5%的涨幅，则视为有积极进展，基于该指标的状态变化在2000-2030年期间显示为正趋势。这同样适用于任何高于-5%的降幅。介于+5%和-5%之间的任何百分比变化被视为该指标在2000-2030年期间几乎没有发生负变化或正变化。

如果相关指标没有足够的数据可用于全球汇总，则被视为缺乏数据。为了确定这一点，我们沿用了实况平台中提出的全球汇总模型。如果有足够的数据，则针对所有指标进行数据汇总，采用统一单位，确保国际可比性。以国家货币或其他国家单位表示的指标不进行汇总。

实现可持续发展目标取得的进展

在与环境有关的93项可持续发展目标具体指标中，有20项在过去15年中取得了良好进展，且如果这种进展持续下去，那么这些可持续发展目标很可能会实现。但是，其中许多指标涉及特定通报或筹资工作。例如，陆地、山地和海洋保护区有所增加；打击入侵物种的工作有所加强；联网可再生能源方面取得了重大进展；可持续发展通报和政策主流化有所改善；以及气候变化和环境方面的发展援助有所增加。其中，8项与环境相关的可持续发展目标具体指标进展不大，7项可持续发展目标具体指标方面还需加大努力。特别是，许多与环境状况有关的具体指标呈现负面趋势（包括与森林、可持续渔业、濒危物种、国内物质消耗和物质足迹有关的具体指标）。不幸的是，这并没有反映出全部情况，由于数据太少，在全部93项与环境状况有关的具体指标中，有58项的情况无法得到正式评估——然而，科学研究和现有《全球环境展望》报告表明，其中许多领域显示出显著的负面趋势。下图概述了这些具体指标方面的进展，本附件也提供了一份整体进度表。

图A.4：可持续发展目标具体指标方面取得的进展

图A.5：可持续发展目标的环境层面 - 评估卡

目标1：消除贫困

- 土地保有（指标1.4.2）
- 灾害：受影响的人数（指标1.5.1）
- 灾害：经济损失（指标1.5.2）
- 减少灾害风险战略（指标1.5.3）
- 地方减少灾害风险战略（指标1.5.4）

SDG 2: Food Security

- 可持续农业生产（指标2.4.1）
- 粮食方面的遗传资源保护（指标2.5.1）
- 农业方面的地方驯养（指标2.5.2）

SDG 3: Health

- 空气污染导致的死亡率（指标3.9.1）
- 水相关的死亡率（指标3.9.2）
- 意外中毒导致的死亡率（指标3.9.3）

目标4：教育

- 环境教育（指标4.7.1）

目标5：性别

- 女性农业用地所有人（指标5.a.1）

目标6：用水

- 安全饮用水（指标6.1.1）
- 废水处理（指标6.3.1）
- 水质（指标6.3.2）
- 用水效率（指标6.4.1）
- 水分胁迫（指标6.4.2）
- 水分胁迫（指标6.4.2）
- 水合作（指标6.5.2）
- 与水有关的生态系统（指标6.6.1
- 与水和环境卫生有关的支出（指标6.a.1
- 地方水管理（指标6.b.1

目标7：能源

- 依靠清洁燃料（指标7.1.2）
- 可再生能源（指标7.2.1）
- 能源密集度（指标7.3.1）
- 清洁能源研究和技术（指标7.a.1））
- 能源效率投资（指标7.b.1

目标8：体面工作和经济增长

- 物质足迹（指标8.4.1）
- 国内物质消费（指标8.4.2
- 可持续旅游业工作岗位（指标8.9.2

目标9：产业、创新和基础设施

- 二氧化碳排放量（指标9.4.1）

目标10：减少不平等

目标10中没有体现该环境层面

目标11：城市和社区

- 使用公共交通（指标11.2.1）
- 土地使用（指标11.3.1）
- 城市规划（指标11.3.2）
- 文化和自然遗产保护支出（指标11.4.1）
- 灾害：受影响的人数（指标11.5.1）
- 灾害：经济损失（指标11.5.2）
- 城市固体废弃物管理（指标11.6.1）
- 环境空气污染（指标11.6.2）
- 城市中的公共空间（指标11.7.1）
- 地方减少灾害风险战略（指标11.b.1）
- 国家减少灾害风险战略（指标11.b.2）
- 支持最不发达国家的财政支助（指标11.c.1）

SDG 12: Responsible Lifestyles

- 可持续性行动计划（指标12.1.1）
- 物质足迹（指标8.4.1）
- 国内物质消费（指标8.4.2
- 粮食损耗和浪费（指标12.3.1）
- 化学公约通报（指标12.4.1）
- 有害废弃物的产生（指标12.4.2
- 回收（指标12.5.1）
- 公司可持续性报告（指标12.6.1）
- 可持续公共采购（指标12.7.1）
- 可持续生活方式教育（指标12.8.1）
- 可持续生活方式研究（指标12.a.1）
- 可持续旅游战略（指标12.b.1）
- 化石燃料补贴（指标12.c.1）

目标13：气候行动

- 灾害：受影响的人数（指标13.1.1）
- 减少灾害风险战略（指标13.1.2）
- 地方减少灾害风险战略（指标13.1.3）
- 气候变化行动计划（指标13.2.1）
- 气候变化教育（指标13.3.1）
- 基于社区的气候变化应对方法（指标13.3.2）
- 气候行动调动的资源（指标13.a.1）
- 发展中国家气候行动支持（指标13.b.1）

目标14：海洋

- 海洋垃圾和海水富营养化（指标14.1.1）
- 海洋区域管理（指标14.2.1）
- 海洋酸化（指标14.3.1）
- 鱼类可持续产量（指标14.4.1）
- 海洋保护区（指标14.5.1）
- 捕捞法律（指标14.6.1
- 渔业占国内总产值的比例（指标14.7.1）
- Research on sustainable marine technology (SDG 14.a.1)
- Ocean conservation instruments (SDG 14.c.1)

目标15：土地和生物多样性

- 森林面积（指标15.1.1）
- 重要生物多样性区域的保护（指标15.1.2）
- 可持续森林管理（指标15.2.1
- 土地退化（指标15.3.1）
- 山区保护区（指标15.4.1
- 山区绿化覆盖（指标15.4.2）
- 濒危物种（指标15.5.1）
- 分享生物多样性惠益方面的战略（指标15.6.1）
- 野生生物贸易中的偷猎和非法贩运（指标15.7.1）
- 防止外来入侵物种方面的战略（指标15.8.1）
- 爱知生物多样性目标2方面的进展（指标15.9.1）
- 生物多样性和生态系统方面的支持（指标15.a.1
- 可持续森林方面的支出（指标15.b.1）
- 打击偷猎和非法贩运及贸易（指标15.c.1

目标16：和平和正义

- 对全球治理机构的参与（指标16.8.1）

目标17：伙伴关系和执行手段

- 科学和技术合作（指标17.6.1）
- 无害环境技术供资（指标17.7.1）
- 能力建设供资（指标17.9.1）
- 加强政策一致性的机制（指标17.14.1）

表示该指标方面在2000-2017年期间有正变化（并不表示可持续发展目标将实现）。

表示该指标方面在2000-2017年期间几乎没有正变化或负变化。

表示该指标方面在2000-2017年期间有负变化。

有一些可用数据，但不足以用于分析随时间的变化趋势。

无可用数据。

表A.3：可持续发展目标全球指标框架中与环境相关的可持续发展目标的子目标和指标的描述

目标	70项子目标	93项指标
目标1.在全世界消除一切形式的贫困	1.4 到2030年，确保所有男女，特别是穷人和弱势群体，享有平等获取经济资源的权利，享有基本服务，获得对土地和其他形式财产的所有权和控制权，继承遗产，获取自然资源、适当的新技术和包括小额信贷在内的金融服务。	1.4.2 拥有可靠的土地保有权以及法律承认文件，而且认为其拥有土地权利有保障，按性别和保有类型分列的总成年人口比例
	1.5 到2030年，增强穷人和弱势群体抵御灾害的能力，降低其遭受极端天气事件和其他经济、社会、环境冲击和灾害的概率和易受影响程度	1.5.1 每10万人当中因灾害死亡、失踪和直接受影响的人数
		1.5.2 灾害造成的直接经济损失与全球国内生产总值相比
		1.5.3 依照《2015-2030年仙台减少灾害风险框架》通过和执行国家减少灾害风险战略的国家数目
		1.5.4 依照国家减少灾害风险战略通过和执行地方减少灾害风险战略的地方政府比例
目标2.消除饥饿，实现粮食安全，改善营养状况和促进可持续农业	2.4 到2030年，确保建立可持续粮食生产体系并执行具有抗灾能力的农作方法，以提高生产力和产量，帮助维护生态系统，加强适应气候变化、极端天气、干旱、洪涝和其他灾害的能力，逐步改善土地和土壤质量	2.4.1 从事生产性和可持续农业的农业地区比例
	2.5 到2020年，通过在国家、区域和国际层面建立管理得当、多样化的种子和植物库，保持种子、种植作物、养殖和驯养动物及与之相关的野生物种的遗传多样性；根据国际商定原则获取及公正、公平地分享利用遗传资源和相关传统知识产生的惠益	2.5.1 中期或长期养护设施维持的粮食和农业动植物遗传资源的数量
		2.5.2 被归类为面临灭绝危险、没有危险或危险不为人所知的当地品种的比例
目标3.确保各年龄段人群的健康生活方式，促进他们的福祉	3.9 到2030年，大幅减少危险化学品以及空气、水和土壤污染导致的死亡和患病人数	3.9.1 家庭和环境空气污染导致的死亡率
		3.9.2 不安全供水、不安全环卫设施以及缺乏个人卫生（接触人人享有饮水、环境卫生和个人卫生项目（水卫项目）所述的不安全服务）导致的死亡率
		3.9.3 意外中毒导致的死亡率
目标4.确保包容和公平的优质教育，让全民终身享有学习机会（1/1/0）	4.7 到2030年，确保所有从事学习的人都掌握可持续发展所需的知识和技能，具体做法包括开展可持续发展、可持续生活方式、人权和性别平等方面的教育，弘扬和平和非暴力文化，提升全球公民意识，以及肯定文化多样性和文化对可持续发展的贡献	4.7.1 (i) 全球公民教育和 (ii) 可持续发展教育，包括两性平等和人权，在多大程度上在 (a) 国家教育政策、(b) 课程、(c) 教师培训和 (d) 学生评估方面进入主流
目标5.实现性别平等，增强所有妇女和女童的权能	5.a 根据各国法律进行改革，给予妇女平等获取经济资源的权利，以及享有对土地和其他形式财产的所有权和控制权，获取金融服务、遗产和自然资源	5.a.1 (a) 农业总人口中对农业用地拥有所有权或有保障权利的人口比例，按性别分列；(b) 农业用地所有人或权利人中妇女所占比例，按土地保有类型分列
目标6.为所有人提供水和环境卫生并对其进行可持续管理	6.1 到2030年，人人普遍和公平获得安全和负担得起的饮用水	6.1.1 使用得到安全管理的饮用水服务的人口比例
	6.3 到2030年，通过以下方式改善水质：减少污染，消除倾倒废弃物现象，把危险化学品和材料的排放减少到最低限度，将未经处理废水比例减半，大幅增加全球废弃物回收和安全再利用	6.3.1 安全处理废水的比例
		6.3.2 环境水质良好的水体比例
	6.4 到2030年，所有行业大幅提高用水效率，确保可持续取用和供应淡水，以解决缺水问题，大幅减少缺水人数	6.4.1 按时间列出的用水效率变化
		6.4.2 用水紧张程度：淡水汲取量占可用淡水资源的比例
	6.5 到2030年，在各级进行水资源综合管理，包括酌情开展跨境合作	6.5.1 水资源综合管理的执行程度（0-100）
		6.5.2 制定有水合作业务安排的跨界流域的比例
	6.6 到2020年，保护和恢复与水有关的生态系统，包括山地、森林、湿地、河流、地下含水层和湖泊	6.6.1 与水有关的生态系统范围随时间的变化
	6.a 到2030年，扩大向发展中国家提供的国际合作和能力建设支持，帮助它们开展与水和卫生有关的活动和方案，包括雨水采集、海水淡化、提高用水效率、废水处理、水回收和再利用技术	6.a.1 作为政府协调开支计划组成部分的与水和环境卫生有关的官方发展援助数额
	6.b 支持和加强地方社区参与改进水和环境卫生管理	6.b.1 已经制定业务政策和流程以促进当地社区参与水和环境卫生管理的地方行政单位的比例

注：联合国环境规划署作为托管机构的指标标注为蓝色

目标	70项子目标	93项指标
目标7.确保人人获得负担得起的、可靠和可持续的现代能源	7.1.2 主要依靠清洁燃料和技术的人口比例	7.1.2 主要依靠清洁燃料和技术的人口比例
	7.2 到2030年，大幅增加可再生能源在全球能源结构中的比例	7.2.1 可再生能源在最终能源消费总量中的份额
	7.3 到2030年，全球能效改善率提高一倍	7.3.1 以一次能源和国内生产总值计量的能源密集度
	7.a 到2030年，加强国际合作，促进获取清洁能源的研究和技术，包括可再生能源、能效以及先进和更清洁的化石燃料技术，并促进对能源基础设施和清洁能源技术的投资	7.a.1 为支助清洁能源研发和可再生能源生产，包括为支助混合系统而流入发展中国家的国际资金
	7.b 到2030年，增建基础设施并进行技术升级，以便根据发展中国家，特别是最不发达国家、小岛屿发展中国家和内陆发展中国家各自的支持方案，为所有人提供可持续的现代能源服务	7.b.1 为提高能源效率而进行的投资与国内生产总值的比例， 以及为促进可持续发展服务的基础设施和技术进行的外国直接投资资金转移的数量
目标8.促进持久、包容和可持续经济增长，促进充分的生产性就业和人人获得体面工作	8.4 到2030年，逐步改善全球消费和生产的资源使用效率，按照《可持续消费和生产模式方案十年框架》，努力使经济增长和环境退化脱钩，发达国家应在上述工作中做出表率	8.4.1 物质足迹、人均物质足迹和单位国内生产总值的物质足迹
		8.4.2 国内物质消费、人均国内物质消费和单位国内生产总值的国内物质消费
	8.9 到2030年，制定和执行推广可持续旅游的政策，以创造就业机会，促进地方文化和产品	8.9.2 可持续旅游业工作岗位在旅游业工作岗位总数中所占比例
目标9.建造具备抵御灾害能力的基础设施，促进具有包容性的可持续工业化，推动创新	9.4 到2030年，所有国家根据自身能力采取行动，升级基础设施，改进工业以提升其可持续性，提高资源使用效率，更多采用清洁和环保技术及产业流程	9.4.1 每单位附加值的二氧化碳排放量
目标11.建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区	11.2 到2030年，向所有人提供安全、负担得起的、易于利用、可持续的交通运输系统，改善道路安全，特别是扩大公共交通，要特别关注处境脆弱者、妇女、儿童、残疾人和老年人的需要	11.2.1 可便利使用公共交通的人口比例，按年龄、性别和残疾人分列
	11.3 到2030年，在所有国家加强包容和可持续的城市建设，加强参与性、综合性、可持续的人类住区规划和管理能力	11.3.1 土地使用率与人口增长率之间的比率
		11.3.2 已设立以民主方式定期运作的、公民社会直接参与城市规划和管理架构的城市所占百分比
	11.4 进一步努力保护和捍卫世界文化和自然遗产	11.4.1 保存、保护和养护所有文化和自然遗产的人均支出总额（公共和私人），按遗产类型（文化、自然、混合、世界遗产中心指定）、政府级别（国家、区域和地方/市）、支出类型（业务支出/投资）和私人供资类型（实物捐赠、私人非营利部门、赞助）分列
	11.5 到2030年，大幅减少包括水灾在内的各种灾害造成的死亡人数和受灾人数，大幅减少上述灾害造成的与全球国内生产总值有关的直接经济损失，重点保护穷人和处境脆弱群体	11.5.1 每10万人当中因灾害死亡、失踪和直接受影响的人数
		11.5.2 灾害造成的直接经济损失（与全球国内生产总值相比）、重要基础设施的损坏和基本服务的中断次数
	11.6 到2030年，减少城市的人均负面环境影响，包括特别关注空气质量，以及城市废弃物管理等	11.6.1 定期收集并得到适当最终排放的城市固体废弃物占城市固体废弃物总量的比例，按城市分列
		11.6.2 城市细颗粒物（例如PM2.5和PM10）年度均值（按人口权重计算）
	11.7 到2030年，向所有人，特别是妇女、儿童、老年人和残疾人，普遍提供安全、包容、便利、绿色的公共空间	11.7.1 城市建设区中供所有人使用的开放公共空间的平均比例，按性别、年龄和残疾人分列
	11.b 到2020年，大幅增加采取和实施综合政策和计划以构建包容、资源使用效率高、减缓和适应气候变化、具有抵御灾害能力的城市和人类住区数量，并根据《2015-2030年仙台减少灾害风险框架》在各级建立和实施全面的灾害风险管理	11.b.1 依照《2015-2030年仙台减少灾害风险框架》通过和执行国家减少灾害风险战略的国家数目
		11.b.2 依照国家减少灾害风险战略通过和执行地方减少灾害风险战略的地方政府比例
	11.c 通过财政和技术援助等方式，支持最不发达国家就地取材，建造可持续的、有抵御灾害能力的建筑	11.c.1 支持最不发达国家就地取材建造和翻新可持续、抗灾和资源节约型建筑的财政支助的比例

目标	70项子目标	93项指标
目标12.确保采用可持续的消费和生产模式	12.1 各国在照顾发展中国家发展水平和能力的基础上，落实《可持续消费和生产模式十年方案框架》，发达国家在此方面要做出表率	**12.1.1** 已制定可持续消费和生产国家行动计划或已将可持续消费和生产作为优先事项或目标纳入国家政策主流的国家数目
	12.2 到2030年，实现自然资源的可持续管理和高效利用	**12.2.1** 物质足迹、人均物质足迹和单位国内生产总值的物质足迹
		12.2.2 国内物质消费、人均国内物质消费和单位国内生产总值的国内物质消费
	12.3 到2030年，将零售和消费环节的全球人均粮食浪费减半，减少生产和供应环节的粮食损失，包括收获后的损失	**12.3.1** 全球粮食损耗指数
	12.4 到2020年，根据商定的国际框架，实现化学品和所有废弃物在整个存在周期的无害环境管理，并大幅减少它们排入大气以及渗漏到水和土壤的机率，尽可能降低它们对人类健康和环境造成的负面影响	**12.4.1** 关于危险物质和其他化学品及废弃物的国际多边环境协定的缔约方中按照每个相关协定要求履行了信息转递承诺和义务的缔约方数目
		12.4.2 有害废弃物人均生成量和处理的有害废弃物的比例，按处理类型分列
	12.5 到2030年，通过预防、减排、回收和再利用，大幅减少废弃物的产生	**12.5.1** 国家回收利用率、物资回收吨数
	12.6 鼓励各个公司，特别是大公司和跨国公司，采用可持续的做法，并将可持续性信息纳入各自报告周期	**12.6.1** 发布可持续性报告的公司数量
	12.7 根据国家政策和优先事项，推行可持续的公共采购做法	**12.7.1** 实施可持续公共采购政策和行动计划的国家数目
	12.8 到2030年，确保各国人民都能获取关于可持续发展以及与自然和谐的生活方式的信息并具有上述意识	12.8.1 (i) 全球公民教育和 (ii) 可持续发展教育（包括气候变化教育）在多大程度上在 (a) 国家教育政策、(b) 课程、(c) 教师培训和 (d) 学生评估方面进入主流
	12.a 支持发展中国家加强科学和技术能力，采用更可持续的生产和消费模式	**12.a.1** 对发展中国家在可持续消费和生产和无害环境技术的研究与发展的支助量
	12.b 开发和利用各种工具，监测能创造就业机会、促进地方文化和产品的可持续旅游业对促进可持续发展产生的影响	12.b.1 可持续旅游战略或政策的数目和利用商定监测和评价工具所实施行动计划的数目
	12.c 对鼓励浪费性消费的低效化石燃料补贴进行合理化调整，为此，应根据各国国情消除市场扭曲，包括调整税收结构，逐步取消有害补贴以反映其环境影响，同时充分考虑发展中国家的特殊需求和情况，尽可能减少对其发展可能产生的不利影响并注意保护穷人和受影响社区	**12.c.1** 每单位国内总产值（生产和消费）的化石燃料补贴数额及其在国家化石燃料总支出中的占比
目标13.采取紧急行动应对气候变化及其影响	13.1 加强各国抵御和适应气候相关灾害和自然灾害的能力	13.1.1 每10万人当中因灾害死亡、失踪和直接受影响的人数
		13.1.2 依照《2015-2030年仙台减少灾害风险框架》通过和执行国家减少灾害风险战略的国家数目
		13.1.3 依照国家减少灾害风险战略通过和执行地方减少灾害风险战略的地方政府比例
	13.2 将应对气候变化的举措纳入国家政策、战略和规划	13.2.1 通报已经建立或运作综合政策/战略/计划的国家数目，目的是增强其适应气候变化的不利影响，并促进气候恢复力和温室气体低排放发展，以不威胁到粮食生产（包括国家适应计划、国家自主贡献、国家信息通报、两年期更新报告等）
	13.3 加强气候变化减缓、适应、减少影响和早期预警等方面的教育和宣传，加强人员和机构在此方面的能力	13.3.1 已将减缓、适应、减少影响和预警内容纳入小学、中学和大学课程的国家数目
		13.3.2 已经通报为执行适应、缓解、技术转让和发展行动而加强了机构、系统和个人能力建设的国家数目
	13.a 发达国家履行在《联合国气候变化框架公约》下的承诺，即到2020年每年从各种渠道共同筹资1000亿美元，满足发展中国家的需求，帮助其切实开展减缓行动，提高履约的透明度，并尽快向绿色气候基金注资，使其全面投入运行	13.a.1 在2020年和2025年之间为1000亿美元承诺款每年筹集的美元数额
	13.b 促进在最不发达国家和小岛屿发展中国家建立增强能力的机制，帮助其进行与气候变化有关的有效规划和管理，包括重点关注妇女、青年、地方社区和边缘化社区	13.b.1 得到专门支助以建立增强能力的机制，从而有效进行与气候变化有关的规划和管理，包括重点注意妇女、青年、地方社区和边缘化社区的最不发达国家和小岛屿发展中国家的数目，以及支助总额，包括金融、技术和能力建设的支助

目标	70项子目标	93项指标
目标14.保护和可持续利用海洋和海洋资源以促进可持续发展	14.1 到2025年，预防和大幅减少各类海洋污染，特别是陆上活动造成的污染，包括海洋废弃物污染和营养盐污染	**14.1.1** 富营养化指数和漂浮的塑料污染物浓度
	14.2 到2020年，通过加强抵御灾害能力等方式，可持续管理和保护海洋和沿海生态系统，以免产生重大负面影响，并采取行动帮助它们恢复原状，使海洋保持健康，物产丰富	**14.2.1** 国家级经济特区当中实施基于生态系统管理措施的比例
	14.3 通过在各层级加强科学合作等方式，减少和应对海洋酸化的影响	14.3.1 在商定的一系列有代表性的采样站测量平均海洋酸度（pH值）
	14.4 到2020年，有效规范捕捞活动，终止过度捕捞、非法、未报告和无管制的捕捞活动以及破坏性捕捞做法，执行科学的管理计划，以便在尽可能短的时间内使鱼群量至少恢复到其生态特征允许的能产生最高可持续产量的水平	14.4.1 在生物可持续产量水平范围内的鱼类种群的比例
	14.5 到2020年，根据国内和国际法，并基于现有的最佳科学资料，保护至少10%的沿海和海洋区域	**14.5.1** 保护区面积占海洋区域的比例
	14.6 到2020年，禁止某些助长过剩产能和过度捕捞的渔业补贴，取消助长非法、未报告和无管制捕捞活动的补贴，避免出台新的这类补贴，同时承认给予发展中国家和最不发达国家合理、有效的特殊和差别待遇应是世界贸易组织渔业补贴谈判的一个不可或缺的组成部分	14.6.1 各国在为打击非法、未报告和无管制的捕捞活动的国际文书的落实程度方面取得进展
	14.7 到2030年，增加小岛屿发展中国家和最不发达国家通过可持续利用海洋资源获得的经济收益，包括可持续地管理渔业、水产养殖业和旅游业	14.7.1 小岛屿发展中国家、最不发达国家和所有国家的可持续渔业占国内总产值的比例
	14.a 根据政府间海洋学委员会《海洋技术转让标准和准则》，增加科学知识，培养研究能力和转让海洋技术，以便改善海洋的健康，增加海洋生物多样性对发展中国家，特别是小岛屿发展中国家和最不发达国家发展的贡献	14.a.1 对海洋技术领域研究的分配额占研究活动预算总额的比例
	14.c 按照《我们希望的未来》第158段所述，根据《联合国海洋法公约》所规定的保护和可持续利用海洋及其资源的国际法律框架，加强海洋和海洋资源的保护和可持续利用	14.c.1 为养护和可持续利用海洋及其资源，通过法律、政策和体制框架，在批准、接受、落实《联合国海洋法公约》中有关执行海洋国际法的文书方面取得进展的国家数目
目标15.保护、恢复和促进可持续利用陆地生态系统，可持续管理森林，防治荒漠化，制止和扭转土地退化，遏制生物多样性的丧失	15.1 到2020年，根据国际协议规定的义务，保护、恢复和可持续利用陆地和内陆的淡水生态系统及其服务，特别是森林、湿地、山麓和旱地	15.1.1 森林面积占陆地总面积的比例
		15.1.2 保护区内陆地和淡水生物多样性的重要场地所占比例，按生态系统类型分列
	15.2 到2020年，推动对所有类型森林进行可持续管理，停止毁林，恢复退化的森林，大幅增加全球植树造林和再造林	15.2.1 实施可持续森林管理的进展
	15.3 到2030年，防治荒漠化，恢复退化的土地和土壤，包括受荒漠化、干旱和洪涝影响的土地，努力建立一个不再出现土地退化的世界	15.3.1 已退化土地占土地总面积的比例
	15.4 到2030年，保护山地生态系统，包括其生物多样性，以便加强山地生态系统的能力，使其能够带来对可持续发展必不可少的益处	**15.4.1** 保护区内山区生物多样性的重要场地的覆盖情况
		15.4.2 山区绿化覆盖指数
	15.5 采取紧急重大行动来减少自然栖息地的退化，遏制生物多样性的丧失，到2020年，保护受威胁物种，防止其灭绝	15.5.1 红色名录指数
	15.6 根据国际共识，公正和公平地分享利用遗传资源产生的利益，促进适当获取这类资源	15.6.1 已通过立法、行政和政策框架确保公正和公平分享惠益的国家数目
	15.7 采取紧急行动，终止偷猎和贩卖受保护的动植物物种，处理非法野生动植物产品的供求问题	15.7.1 野生生物贸易中偷猎和非法贩运的比例
	15.8 到2020年，采取措施防止引入外来入侵物种并大幅减少其对土地和水域生态系统的影响，控制或消灭其中的重点物种	15.8.1 通过有关国家立法和充分资源防止或控制外来入侵物种的国家的比例
	15.9 到2020年，把生态系统和生物多样性价值观纳入国家和地方规划、发展进程、减贫战略和核算	15.9.1 根据《2011-2020 年生物多样性战略计划》爱知生物多样性目标2确立的国家目标方面的进展
	15.a 从各种渠道动员并大幅增加财政资源，以保护和可持续利用生物多样性和生态系统	15.a.1 在养护和可持续利用生物多样性和生态系统方面的官方发展援助和公共支出
	15.b 从各种渠道大幅动员资源，在各个层级为可持续森林管理提供资金支持，并为发展中国家推进可持续森林管理，包括保护森林和再造林，提供充足的激励措施	15.b.1 在养护和可持续利用生物多样性和生态系统方面的官方发展援助和公共支出
	15.c 在全球加大支持力度，打击偷猎和贩卖受保护物种，包括增加地方社区实现可持续生计的机会	15.c.1 偷猎和非法贩运在野生生物贸易中的比例

目标	70项子目标	93项指标
目标16.创建和平、包容的社会以促进可持续发展，让所有人都能诉诸司法，在各级建立有效、负责和包容的机构	16.8 扩大和加强发展中国家在全球治理机构的参与	16.8.1 发展中国家在国际组织成员和投票权中的比例
目标17.加强执行手段，重振可持续发展全球伙伴关系	17.6 加强在科学、技术和创新领域的南北、南南、三方区域合作和国际合作，加强获取渠道，加强按相互商定的条件共享知识，包括加强现有机制间的协调，特别是在联合国层面加强协调，以及通过一个全球技术促进机制加强协调	17.6.1 国家间科学和/或技术合作协定和方案数目，按合作类型分列
	17.7 以优惠条件，包括彼此商定的减让和特惠条件，促进发展中国家开发以及向其转让、传播和推广环境友好型的技术	17.7.1 为促进开发、转让、传播和推广无害环境技术向发展中国家提供的核定供资总额
	17.9 加强国际社会对在发展中国家开展高效的、有针对性的能力建设活动的支持力度，以支持各国落实各项可持续发展目标的国家计划，包括通过开展南北合作、南南合作和三方合作	17.9.1 承诺向发展中国家提供的以美元计值的财政和技术援助（包括通过南北合作、南南合作和三角合作）
	17.14 加强可持续发展政策的一致性	17.14.1 制定有可持续发展协调政策机制的国家数目
总计	72	93

附件6-1:与生物多样性有关的主要公约

Convention on Biological Diversity	**《生物多样性公约》** 《生物多样性公约》的目标是保护生物多样性、可持续利用生物多样性及公正合理分享由遗传资源的商业和其他利用所产生的惠益。该公约涵盖所有生态系统、物种和遗传资源。
CITES	**《濒危野生动植物物种国际贸易公约》（CITES）** 《濒危野生动植物物种国际贸易公约》旨在确保野生动物与植物的国际交易行为不会危害到物种本身的延续。该公约的三个附录中收录了超过36000种动物和植物物种，规定了不同的保护等级
CMS	**《保护迁徙野生动物物种公约》** 《保护迁徙野生动物物种公约》又称《波恩公约》，其目标在于保护陆地、海洋和空中的迁徙物种的活动空间范围。该公约的缔约方将通过为最濒危的迁徙物种提供严格保护，通过缔结保护和管理特定物种或物种类别的区域多边协定，以及通过开展合作研究和保护活动，共同保护迁徙物种及其栖息地。 www.cms.int
Food and Agriculture Organization of the United Nations　The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture	**《粮食和农业植物遗传资源国际条约》** 该国际条约的目标是保护和可持续利用粮食和农业植物遗传资源，并公平合理地分享由于利用这些资源而产生的利益，以实现可持续农业和粮食安全，这与《生物多样性公约》的目标是一致的。该条约涵盖了所有的粮食和农业植物遗传资源，其植物遗传资源获取和利益分享多边系统收录了64种重要的作物和植物。该条约还提供了“农民的权利”条款。
Ramsar	**《湿地公约》（又称《拉母塞公约》）** 《拉母塞公约》是唯一一个以湿地为主题的国际性公约。该公约搭建了一个平台，促使其170个缔约方共同致力于湿地保护和合理利用，并开发最佳可用数据、意见和政策建议，确保功能完善的湿地为自然和社会带来惠益。 该公约承认湿地是生态系统的组成部分，对保护生物多样性极为重要。 该公约的缔约方已经承诺保持2300多个国际重要湿地的生态特征，这些湿地覆盖近2.5亿公顷，占全球湿地面积的13-18%。
United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization　World Heritage Convention	**《世界遗产公约》（WHC）** 《世界遗产公约》的主要目标是通过制定一份由于对全人类来说具有突出价值而需要得到保护的遗址名录，来确定和保护世界文化和自然遗产，并确保通过更紧密的国家间合作来落实保护。
International Plant Protection Convention	**《国际植物保护公约》（IPPC）** 《国际植物保护公约》的目标是通过防止植物害虫的传入和扩散，并推广实施相应的控制措施，来保护世界植物资源，包括栽培植物和野生植物。 该公约的组织机构制定了《国际植物检疫措施标准》，且通过促进国家能力建设、国家通报和争端解决，帮助各国履行该标准和《国际植物保护公约》项下的其他义务。 《国际植物保护公约》秘书处设在联合国粮食及农业组织。

附件9-1：水污染物及污染事件

病原体	人畜排泄物（细菌性）	下水道污水处理不到位；下水道和雨水溢流到河流、湖泊和湿地	90%的儿童死亡是由腹泻病引起的（世界卫生组织和联合国儿童基金会，2012年）。	非洲、亚太和拉丁美洲地区1/3的河流（联合国环境规划署，2016a）
寄生虫（非细菌性）	人畜排泄物（非细菌性）	人畜排泄物；化粪池渗漏到地表水和地下水中	近一半五岁以下儿童死亡是由寄生虫引起。	非洲、亚太地区、拉丁美洲、印度、巴基斯坦、中国、尼日利亚、刚果民主共和国的城市和农村社区
病毒（非细菌性）		处理过的饮用水（Bergeron等人，2015年）；在浓度范围内的自然发生（Kümmerer，2009年）		
抗生素/抗菌化合物	人体排泄物；集约化农业和水产养殖实践	下水道污水；农业和城市径流	由于抗菌和抗生素耐药性感染导致的人类疾病和死亡	预计到2050年将成为全球死亡的主要原因（奥尼尔委员会，2014年）
营养物质	农业无机肥料（联合国环境规划署，2016a）；人畜排泄物	不充分/未经处理的污水排放；城市和农业径流；水产养殖	富营养化和藻华（经合组织，1982年；可持续性与环境研究中心——滋贺大学和国际湖泊环境委员会基金会，2014年）	联合国环境规划署五大区域；中国、印度、泰国和菲律宾的农村地区也受到过量化肥施用的影响（Novotny等人，2010年）
		1970-2000年期间，河流对沿海地区的总营养物质贡献增加了约80%	有害藻华（HAB）的影响会损害生态系统的功能 水产养殖；通过毒性的生物累积来影响牲畜和人类健康。（O' Neil等人，2012年）	37条拉丁美洲跨界河流的流域受到废水和农业径流营养物质的严重污染
沉积物	毁林；农业实践不妥；牲畜过度放牧；密集的薪材采伐；采砂；无计划定居导致土壤表面暴露和侵蚀	暴雨产生的径流可将沉积物、营养物质、重金属、农药和其他污染物带入河流、湖泊和湿地，特别是农业区	沉积物相关的污染物会干扰人类的用水 可能会对健康产生影响，损害水生生物的新陈代谢和栖息地	在亚太地区，一些河流携带大量沉积物相关的重金属
	沉积物流动路径（堤坝、河道、城市排水、堤坝）的变化可能导致侵蚀和高沉积物含量		沉积物输送到海洋和沿海生态系统（河流三角洲、湿地、海滩等）	50%的上坡侵蚀土壤沉积在西非的白伏塔河亚流域 人为侵蚀已经影响了拉丁美洲大约220万平方公里的土地
可生物降解的有机污染物	由于人类和牲畜废弃物的微生物分解而形成的以高生化需氧量（BOD）为特征的过程， 以及富营养化相关的藻华，特别是在湖泊和湿地	工业和生活污水排放	藻类/水生植物的细菌介导分解可导致水体缺氧/氧耗竭，导致鱼类死亡且促进底部沉积物中的重金属释放回到水柱中	这一情况在非洲、亚太和拉丁美洲地区愈发严重（联合国环境规划署，2016a） 相反，由于污水处理的加强，这一情况在发达国家有所改善
	工业和农业应用和运作			城市化和工业化进程加快的国家（或地区）（如中国、印度、埃塞俄比亚、墨西哥）和中亚主要城市下游的河流

水污染物	污染物来源	进入水体途径	被污染水和环境卫生/个人卫生不足的影响	污染事件示例
持久性有机污染物（POP，包括有机农药、工业化学品和有机新烟碱类杀虫剂溶剂）	滴滴涕杀虫剂（全球生产）；新烟碱类杀虫剂（1990年代引入使用）；制造过程中的有机化学品和溶剂	农业和城市径流；工业和生活污水排放	积累并持续存在于人类、鱼类和其他水生生物的脂肪组织中，如果有毒，则会损害健康；新烟碱类杀虫剂对水生无脊椎动物和生物多样性有害； 滴滴涕杀虫剂具有人类致癌和致畸风险（如在卡里巴水库（Lake Kariba）生态系统中和当地妇女的母乳中发现滴滴涕杀虫剂含量升高）；	许多发展中国家仍在使用滴滴涕杀虫剂来控制疟疾； 新烟碱类杀虫剂是世界上使用最广泛的杀虫剂； 据估计，40%的世界土地面积受到杀虫剂径流的影响； 大量工业化学过程涉及有机溶剂； 减少使用滴滴涕杀虫剂会产生一些积极的效果（如北美地区的老鹰和其他鸟类的恢复繁殖）。
	新烟碱类杀虫剂		污染全球的淡水资源、湿地、河口栖息地和海洋系统 对蜜蜂等传粉媒介构成严重威胁（生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台，2017年）； 污染食物链显著增加了人体接触合成化学品的风险（Kim等人，2017年）。	
重金属	工业、农业、医疗、技术和采矿废弃物；雨水径流（如高速公路）；	未经处理的工业和城市污水排入河流、湖泊、湿地；土地径流；沉降	通过饮用水摄入可直接影响人体健康 可在受污染的灌溉水灌溉的蔬菜、大米和其他可食用植物中形成生物累积（Arunakumara、Walpola和Yoon，2013年；Lu等人，2015年） 汞、铅、铬、镉和砷对人类和其他生物有毒性作用	亚太河流水域和沉积物的重金属含量高，主要来自未经处理的制革和金属加工作业排放，以及高速公路径流（如西爪哇省河流中的锌含量；蒙古国额尔登特河流中的铅含量；孟加拉国和日本一些河流中的铬含量）（Sikder等人，2013年）；中国城市河流（Qu和Fan，2010年）。 南美城市地区 相比之下，欧盟国家河流中的重金属污染普遍减少
	自然污染（如地下水中的砷含量）			广泛存在于孟加拉国和印度的地下水中；中国、伊朗、蒙古国、巴基斯坦和尼泊尔的一些地区（Rahman、Ng和Naidu，2009年）
盐度	农业灌溉排水；湖泊和湿地蒸发	蒸发率高	大多数淡水生物和生态系统的耐盐性有限（联合国环境规划署，2016a）； 盐化损害了农业和工业用水 盐水入侵可导致沿海含水层中的盐化水	非洲、亚太地区和拉丁美洲地区1/10的河流有盐化问题；地表水盐化是中亚地区的主要问题
	集约化农业实践；家庭和工业污水排放	产生盐渍土壤		
	海水入侵	过度抽取地下水		

水污染物	污染物来源	进入水体途径	被污染水和环境卫生/个人卫生不足的影响	污染事件示例
新兴污染（CEC）	兽医和人类药物；驱虫剂；抗菌消毒剂；阻燃剂；洗涤剂代谢物	市政和工业下水道污水	激素失衡导致人类生育能力下降和雄鱼的“雌性化”倾向（Gross-Sorokin、Roast和Brighty，2006年）； 水源中发现有越来越多的抗生素抗药性生物，可能会改变水生微生物生态系统	美国地质调查局在美国80%的溪流中检测到了这些污染物，而且在全部泛欧海域也发现了这些污染物
	微塑料和纳米粒子（Kolpin等人，2002年）		影响淡水和海洋生态系统 微塑料已知含有且可吸收有毒化学物质	全球问题（Dris等人，2015年）
其他的水质问题	与石油和天然气压裂活动有关的地下水污染	大量“生产用水”和相关化学品排放进入水道	正在研究与水力压裂相关的污染物（Osborn等人，2011年）	美洲（Vengosh等人，2014年）
	化石燃料排放的大气沉积导致湖泊酸化	酸雨	影响淡水生态系统，包括鱼类和其他水生生物	在缺少能够缓冲酸雨的土壤或基岩的地区，湖泊酸化仍然是个问题。 由于硫氧化物和氮氧化物排放减少，这一情况正在改善（如纽约阿第伦达克山脉地区受影响的湖泊正在以不同的速度恢复）（Driscoll等人，2016年）。

附件13-1 生物多样性保护和国际环境协定（IEA）

俄勒冈大学已建立了到目前为止最全面的国际环境协定数据库。我们搜索了iea.uoregon.edu 数据库中与生物多样性保护相关的国际环境协定。我们使用了关键词“生物多样性”和“保护”进行搜索，共计找到了45份多边和双边协定（不包括被认为相关的协议修正案，以防止重复计算）。在筛选之后，确定有33份国际环境协定涉及生物多样性保护。这些协定全部是在过去三十年内（1985年-2015年）签署。其中，4份协定是双边协定（仅由2个国家签署），其余为多边协定（由3 个或以上国家签署）。在多边协定中，签署国的数量从3到196不等（中位数=7）。28份国际环境协定专注于特定的地理区域，而6份涵盖全球范围。在关于陆地区域的协定中，有7份是关于北美洲生态系统或物种的保护，5份关于欧洲，6份关于亚洲，3份关于非洲。7份国际环境协定侧重于非陆地背景下的生物多样性保护（印度洋、大西洋和太平洋以及波罗的海）。

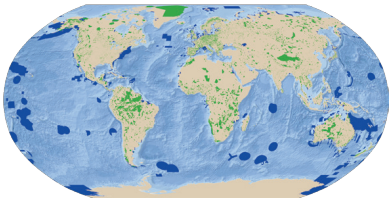
表A.4：2010年至2015年签署的国际环境协定列表

国际环境协定	签署年份	主题
《普雷斯帕公园地区保护与可持续发展协定》	2010年	4
《〈生物多样性公约〉关于获取遗传资源和公正公平分享其利用所产生惠益的名古屋议定书》	2010年	3
《东南亚国家联盟成员国政府和大韩民国政府关于森林合作的协定》	2011年	2
《〈喀尔巴阡山脉保护和可持续发展框架公约〉关于可持续森林管理的议定书》	2011年	2
《〈喀尔巴阡山脉保护和可持续发展框架公约〉关于可持续旅游业的议定书》	2011年	2
《关于建立全球绿色增长研究所的协定》	2012年	2
《北太平洋公海渔业资源养护和管理公约》	2012年	2
《关于修改〈美国和加拿大间大湖水质协定〉的议定书》	2012年	1
《本格拉寒流公约》	2013年	4
《〈喀尔巴阡山脉保护和可持续发展框架公约〉关于可持续运输的议定书》	2014年	2
《联合国气候变化框架公约》下的《巴黎协定》	2015年	3

国际环境协定基于其主要内容分为四个主题：污染预防（1）；生物多样性的可持续利用（2）；环境过程（3）；以及生态系统/物种/基因保护（4）。

资料来源：Mukherjee等人，（2018年）。

附件13-2:关于全球层面的主要政策发展和治理响应的概述

Convention on Biological Diversity	生物多样性公约》是过去二十年中关于生物多样性保护、生物多样性可持续利用、遗传资源公平获取和惠益分享的主要公约（国际自然及自然资源保护联盟，2018a；2018b）。
ipbes	与应对气候变化一样，在生物多样性保护方面将科学与政策设计相结合的需要推动了于2012年正式成立生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（IPBES）（Diaz等人2015；Allison和Brown，2017年）。
	2015年9月25日各国领导人在联合国大会上通过的可持续发展目标（SDG）也强调了保护生物多样性的重要性，涉及生物多样性保护的目标包括：目标14（水下生物）和目标15（陆地生物）。本报告第20章讨论了可持续发展目标的分类（参见图20.1）
	建立和管理保护区是对有必要保护生物多样性的一个重要响应，这反映在《2011-2020年生物多样性战略计划》的爱知生物多样性目标11中。国际自然及自然资源保护联盟将“保护区”定义为“一个明确界定的地理空间，通过法律或其他有效方式得到认可、承诺和管理，以实现对自然及其所拥有的生态系统服务和文化价值的长期保护。”（国际自然及自然资源保护联盟，2018c）。图：联合国环境规划署世界保护监测中心和国际自然及自然资源保护联盟，2016年。
NATURAL CAPITAL COALITION	自然资本联盟于2014年由生态系统与生物多样性经济学（TEEB）项目工商联盟发展而来，是一项旨在将自然资本方法纳入公共和私营部门主流的国际合作项目

倡议名称	地区	平台秘书处	平台参与者	说明和项目	变革理论	活动数量	可持续发展目标	潜在途径	链接
亚马逊愿景协调和信息平台（CIP）	区域性（哥伦比亚）	公民社会、地方政府	所有政府、公共部门、公民社会、私营部门、国际组织	该平台通过提供一种架构来汇集知识、提高能力，并促进经济资源的部署，旨在支持温室气体减缓活动的实施，并确保此类活动（如信息、工具、计划和激励措施）的成果能够惠及目标受益者。	知识/数据平台；监测和报告；融资/奖励/补贴	200	目标13	非集中化解决方案	http://www.pidamazonia. com
蓝色解决方案/太平洋岛国海洋和沿海生物多样性管理项目（MACBIO - 太平洋）	区域性（太平洋岛屿地区）	国家政府、国际组织	从业人员、国家政府、地方政府	整理、记录和分享应对海洋和沿海挑战的成功方法。该项目通过加强机构和个人能力，管理和保护海洋和沿海生态系统中的生物多样性，支持太平洋岛屿国家的可持续经济和生计。	知识/数据平台		目标14	非集中化解决方案	http://macbio-pacific.info/qbook/
气候倡议平台	全球性	国际组织	所有政府、私营部门、公民社会、国际组织	该平台是一个在线门户网站，用于收集、共享和追踪城市、地区、企业、投资者、公民社会和国家政府参与者之间的国际合作气候倡议的信息。	知识/数据平台；监测和报告	224	目标13	非集中化解决方案	http:// climateinitiativesplatform.org/index.php/Welcome
绿色增长知识平台（GGKP）	全球性	公民社会、国际组织	从业人员、国际组织、学术研究机构、公民社会、所有政府	该平台是一个由国际组织和专家组成的全球网络，旨在识别和解决绿色增长理论和实践中的主要知识差距。通过鼓励广泛合作和国际水平的研究，该平台为从业人员和决策者提供支持向绿色经济过渡所必需的政策指导、良好做法、工具和数据。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展；新的组织/业务	337	目标12	非集中化解决方案	http://www.greengrowthknowledge. org/
生活网络倡议（LifeWeb）	全球性	国际组织	所有政府、国际组织、公民社会	该倡议通过在线信息交换和圆桌会议，向有能力建立发展援助伙伴关系的捐助者强调生物多样性、保护和适应气候变化的必要性。	知识/数据平台；融资/奖励/补贴	18	目标14、目标15、目标17	非集中化解决方案	https://lifeweb.cbd.int/
非国家行为者气候行动区域（NAZCA）平台	全球性	国际组织	所有政府、私营部门、公民社会、国际组织、学术研究机构	该平台用于披露企业、城市、地方、地区、投资者和公民社会组织在气候行动方面的承诺，旨在追踪有助于各国实现和超越其应对气候变化的国家承诺的动员和行动。	知识/数据平台；监测和报告	12549	目标11、目标13、目标17	非集中化解决方案	http://climateaction.unfccc. int/

倡议名称	地区	平台 秘书处	平台参与者	说明和项目	变革理论	活动数量	可持续发展目标	潜在途径	链接
《联合国全球契约》	全球性	国际组织	私营部门	《联合国全球契约》帮助企业将其战略和运营与人权、劳工、环境和反腐败方面的十项原则相结合。该协定采取战略行动来推进实现更广泛的社会目标，如联合国可持续发展目标，强调协作和创新。	意识、知识、技能发展	49861	目标6、目标7、目标8、目标11	非集中化解决方案	www.unglobalcompact.org/
自然资源保护委员会 Cloud of Commitments 平台	全球性	公民社会	所有政府、私营部门、公民社会、国际组织	一个旨在推进新兴联盟、网络、伙伴关系和其他倡议的平台，应对联合国可持续发展大会讨论的能源、水、城市和其他关键可持续性挑战（联合国可持续发展委员会，或“里约+20峰会”）。该平台有望发展成为一个致力于透明度、参与度、评估以及承诺问责的平台。	知识/数据平台；监测和报告	118	各目标	非集中化解决方案	www.cloudofcommitments.org/
“人类世‘种子数据’”倡议（SEEDS of the Anthropocene）	全球性	国际组织	所有政府、私营部门、公民社会、国际组织	该倡议旨在收集“种子数据”，即尚未推广开来的现有倡议，它们可以是社会倡议、新技术、经济工具或社会生态项目，或者是组织、运动或新的行动方式，只要其可以为创造一个公正、繁荣和可持续的未来社会作出重大贡献。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展	400	目标13、目标17	非集中化解决方案、消费变革、全球技术	https://goodanthropocenes.net/
Drawdown项目	全球性	公共部门、从业人员、公民社会、私营部门、决策者、政府、学术研究机构	从业人员、公民社会、私营部门、所有政府、学术研究机构、国际组织	该项目正在促进研究人员、科学家、研究生、博士、博士后、决策者、商业领袖和活动家的广泛联盟，以汇集和展示关于气候解决方案的最佳可用信息，阐明这些方案在未来三十年中对金融、社会和环境的有益影响。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展	100	目标13	非集中化解决方案	http://www.drawdown.org/
麻省理工学院气候研究联合实验室（MIT Climate Co-Lab）	全球性	学术研究机构	公共部门、公民社会	这是一个开放的解决问题平台，参与者人数不断上升，目前已达9万多人，包括数百位世界领先的气候变化及相关领域专家，致力于研究并评估实现全球气候变化目标的计划。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展；新的组织/业务	2703	各目标	非集中化解决方案	https://climatecolab.org/contests
VertMTL.org	地方性（加拿大蒙特利尔）	地方政府	公共部门、公民社会	作为减少蒙特利尔对化石燃料依赖的磋商的一部分，蒙特利尔公共咨询委员会正在要求创新界提出创新举措，以期通过这些举措来满足加拿大人的需求。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展；新的组织/业务	58	目标6、目标13、目标2、目标12	非集中化解决方案	https://marathoncreatif.sparkboard.com/

倡议名称	地区	平台 秘书处	平台参与者	说明和项目	变革理论	活动数量	可持续发展目标	潜在途径	链接
Sustainia100	全球性（2016年有188个国家和地区）	公民社会	私营部门、所有政府、公民社会、国际组织、学术研究机构	该倡议已进入第五个年头，已追踪了来自世界各地的4500多个解决方案，这些解决方案可以应对相互关联的全球挑战并帮助实现可持续发展目标。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展	4500	各目标	非集中化解决方案	http://www.sustainia.me/solutions/
“完美解决方案（Beautiful Solutions）”倡议	全球性	公民社会	公共部门、公民社会、从业人员	“完美解决方案”工作台和实验室是一个互动空间，用于分享建立新的体制权力所需的案例、解决方案和重要思想，并为实现公正、有弹性和民主的未来社会指明方向。该倡议是一个在线平台、书籍和培训计划，旨在为人们提供创造我们想要的世界的工具。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展	18	目标13	非集中化解决方案	https://solutions.thischangeseverything.org/
“生态临界点（EcoTipping Points）”倡议	全球性	公民社会	公共部门、公民社会、从业人员	该项目的实用目标是帮助人们在本地即可找到“临界点”工具，即他们及其社区可以采取的具体行动。该项目致力于通过媒体、讲习班和与社区团体的直接合作来推广成功案例和经验教训。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展	125	目标15、目标17	非集中化解决方案	http://www.ecotippingpoints.org
PANORAMA - “健康地球解决方案”	全球性	公民社会、国际组织、国家政府	公共部门、公民社会、从业人员、所有政府、公民社会、学术研究机构、国际组织、私营部门	这是一项合作计划，旨在记录和推广涵盖各类保护和发展主题的具有教育性、可复制的解决方案实例，实现跨部门的学习和灵感激发。 PANORAMA通过鼓励反思和学习成熟的方法，让从业人员有机会分享他们的成功案例，获得工作上的认可，并了解其他人如何解决全球问题。	知识/数据平台；意识、知识、技能发展	373	各目标	非集中化解决方案	http://www.panorama.solutions/
《联合国气候变化框架公约》“变革的动力”倡议	全球性	国际组织	私营部门、公民社会、所有政府、国际组织	该倡议由《联合国气候变化框架公约》秘书处牵头发起，旨在确认解决气候变化问题和更广泛的经济、社会和环境挑战的创新和变革性解决方案。该倡议包含了人类、企业、政府和行业在应对气候变化方面的实用、可扩展且可复制的经验实例。	新的组织/业务；融资/奖励/补贴	627	各目标	全球性技术	http://unfccc.int/secretariat/momentum_for_change/items/6214.php

倡议名称	地区	平台 秘书处	平台参与者	说明和项目	变革理论	活动数量	可持续发展目标	潜在途径	链接
WorthWild倡议	区域性（美国）	私营部门	公共部门、公民社会、私营部门、从业人员	该倡议是一个众筹平台，面向有环保意识的企业、非营利组织和个人，帮助他们筹集资金，资助地球保护和可持续发展项目。该倡议利用技术支持绿色理念，通过有效的活动流程，为初次众筹者和资深慈善家提供全程指导。	新的组织/业务；融资/奖励/补贴	29	目标7	非集中化解决方案	http://www.worthwild.com/
Greencrowd倡议	区域性（荷兰）	私营部门	公共部门、公民社会、私营部门、从业人员	该倡议总部位于荷兰，旨在加速实现可持续能源项目。项目的投资者在实现环境效益的同时，也将收获经济利润。该倡议全面评估项目风险，且在减轻潜在损失方面提供担保（如保险、房地产抵押）。	新的组织/业务；融资/奖励/补贴	43	各目标	非集中化解决方案；消费变革	https://greencrowd.nl/
Divvy倡议	全球性	公民社会	公共部门、公民社会、私营部门、从业人员	该倡议是一个面向社区可持续发展项目的众筹平台。该平台帮助绿色社区领导者轻松地将他们的可持续发展理念变为现实。如果需要，该平台甚至可以帮助项目发起人获得当地专业人士的竞争报价，以便可以专注于社区参与。	新的组织/业务；融资/奖励/补贴	9	所有目标	非集中化解决方案、全球技术	http://divvygreen.com/
“可持续发展目标伙伴关系网络平台”	全球性	国际组织	公共部门、从业人员、公民社会、所有政府、国际组织、私营部门、学术研究机构	“可持续发展目标伙伴关系网络平台”是联合国自愿性承诺和多利益相关方伙伴关系的全球登记库，促进所有利益相关方的全球参与，以支持可持续发展目标的实施。	知识/数据平台；监测和报告	3808	所有目标	非集中化解决方案	https://sustainabledevelopment.un.org/partnerships/

有益的自下而上倡议

讲习班种子数据

讲习班	种子数据的名称	说明
新加坡 [MM81]	可再生能源微电网	在易受气候和灾害影响的地区实施可再生能源微电网，以加强能源安全和恢复力以及偏远或边远社区经历气候事件后复原的能力。
新加坡	Celebrating Singapore Shores	一个聚集海洋团体庆祝“国际珊瑚礁年”的平台。每十年举办一次。
新加坡	塑料废弃物足迹计算器	这是一个应用程序/网站，类似于个人碳足迹计算，根据个人的日常生活方式估测其塑料废弃物足迹。基于此，该应用程序可以总结或推断出个人在一周/一个月/一年中产生的塑料废弃物的数量，并提供有关如何调整其生活方式以减少塑料浪费的建议。
新加坡	区块链开放源报告	将区块链作为推进公民社会组织报告的工具。利用技术简化报告，并预测数据和影响，从而帮助公民社会组织进行报告并提高认识。
新加坡	太阳光能合作社	基于非集中化社区和合作社的电网。优先考虑贫困和服务不足的社区。社区管理自己的系统，像合作社一样运作。
新加坡	利用仿生学变革生活方式	保持工业与生物多样性保护之间的联系。这是一个促进仿生学的项目，仿生学是一项受大自然启发的技术。“仿生学即文化服务”理念是受到了生态系统服务的启发。例如，我们的泳衣受到鲨鱼皮肤的启发，城市规划模型受到生态系统本身的启发。
新加坡	滨海拦河坝	使用拦河坝作为案例研究，以缓解洪水问题（自动防洪闸）。
新加坡	在项目开发之前使用无人机进行环境评估	收集实时环境信息，如空气质量和森林结构。
新加坡	Repair Kopitiam项目	每月开展维修讲习班，教导不同地区的居民修理电器，减少电子垃圾。还上传一系列视频，以便任何人都可以自行组织讲习班。此活动的一项优势是每个人都可以习得修复技能，这也塑造了一种物品修复文化。
新加坡	排水水位传感器	利用传感器监测排水沟和运河的水位，以便在暴风雨期间提供实时现场情况更新信息，以改善对洪水的响应时间。这对于运河系统密集的城市来说非常有用。
新加坡	墨尔本环境管理开放数据平台	收集整理墨尔本市所有树木的信息。
新加坡	利用卫星图像检测棕榈树健康状况	能够通过非破坏性方法检测受影响的树木。
新加坡	发展传统蔬菜的都市农业项目	东京大都市地区的都市农业注重发展传统和本土蔬菜。实行专注传统种子（如白萝卜）培育的农业合作社，以促进区域文化和特性。
新加坡	公民污染监测	为公民提供报告当地污染（尤其是车辆）的工具。此活动的一项优势是充分利用现有技术，另一项优势是可以使污染可见。
新加坡	中国黑臭河道监测应用程序	公众可以通过连接到微信的智能手机应用报告城市地区的黑臭河道。地方政府官员必须在7天内对公众投诉作出回应。
新加坡	Repair Kopitiam项目	“Kopitiam”是一家邻里咖啡馆。该项目由可持续生活实验室（SL2）实施。该组织会在公共住房下部设立了一个区域，居民可以将破碎的物品带来进行修复。志愿者教会居民如何修复电子产品、服装、家居用品和消费品等。通常都是一些具有情感价值的物品。之后，会拍摄现场照片。此活动每个星期天都会在城市的某个地方进行。
新加坡	公众科学报告	由个人收集共享数据，实现不同目的。
新加坡	二氧化碳捕获用于大气脱碳	通过工程化学反应直接从环境空气中捕获二氧化碳。该项目位于为工艺提供动力的废热回收厂的顶部。风扇将空气推过收集二氧化碳的过滤系统。当过滤器饱和时，二氧化碳在高于100摄氏度的温度下分离。然后将气体通过地下管道输送到温室。
新加坡	“Seed water”项目	您饮水可以不再选择塑料瓶装水。
新加坡	海藻养殖用于牲畜饲料	将海藻作为牲畜和奶牛的饲料替代品。海藻已被证明可以减少反刍动物产生的甲烷量。
新加坡	交通网络车辆系统	基于大数据的交通系统。用户通过使用智能手机应用程序以最方便的方式搭车。提供更低的每位乘客每公里拥有成本，并降低交通对环境的影响。这是减少私家汽车使用的潜在解决方案。人们可以共享乘车，同时仍然享受到私人交通的舒适和便利。
新加坡	水下报告	使用单一视频录制设备，实时共享信息，让不同人实现远程监测。
新加坡	多功能太阳能电池板	大范围部署太阳能电池板，增加可再生能源的使用。
新加坡	光伏农业	光伏农业即在农业中大规模使用可再生能源。该项目位于低产农业地区，光伏农业为受气候变化影响的低产农户带来了替代收入来源。光伏农业有助于减少排放，且向可再生能源过渡。光伏农业也为许多农村社区创造了新的就业市场和收入。绵羊等牲畜仍然可以在光伏面板下部和周围放牧。
新加坡	生态红树林恢复——恢复乌敏岛红树林倡议	这是一个社区项目，致力于恢复乌敏岛废弃的水产养殖池塘的红树林。此次红树林恢复不涉及树木种植。这项以社区为基础的工作汇集了学者、鱼类养殖者、自然爱好者、渔民、海洋保护倡导者。还通过技术手段对待修复场地（红树林）进行了科学地理绘图。
新加坡	资源交换	减少购买并鼓励交换现有资源。
新加坡	Blue SG——共享电动车	与共享自行车类似，会在重要停车场停放3-4辆电动车，配备充电点。居民可以随时使用。这相比于自有车辆更具优势。

讲习班	种子数据的名称	说明
新加坡	智能农场	智能农场使用各种技术来监控蔬菜的状况。它帮助农民了解蔬菜和水果需要多少阳光和水。也有助于确保粮食安全。
新加坡	Karthavyam项目（与可持续发展目标有关的负责任公民）	这是一个文凭课程项目，专注于解决与可持续发展目标有关的公共问题。该文凭课程为期6个月，有4个学习方向，通过电影、播客和其他可轻松分享的媒体进行授课。课程包括体验式学习、本地项目设计、故事书撰写、电影观赏以及社区互动。其优势在于利用视觉媒介（电影制作）来创建非集中化知识共享平台。
新加坡	Heka Leka项目	该项目旨在汇集社会凝聚力，通过教育建设社区。
新加坡	Repair Kopitiam项目	该项目让居民聚在一起学习如何修复破损的器具以减少浪费。该项目还旨在减少消费，并为居民提供就业技能。同时，该项目还有助于保留了一些夕阳工业遗产（如鞋匠等）。
新加坡	Great British Bee Count项目	该项目鼓励个人通过拍摄蜜蜂照片并在一个集中化平台上分享照片来参与蜜蜂（和生物多样性）监测。个人也可以购买拯救蜜蜂材料，在邻里种植花卉，以换取蜜蜂的照片。该计划的一个优势在于促进对蜜蜂的数据收集。此外，还利用到了现有技术。
新加坡	全球循环经济数据库	一个捕获循环经济倡议并在一个中央平台上共享信息的数据库。该数据库的一个优势是可以动员不同群体，无需花费太多精力便可以获得海量数据。然后，该数据库可以作为其他人的学习平台。
新加坡	可食用餐具	可食用餐具由小麦、大米和高粱制成。印度每年使用的塑料餐具超过1.6亿吨。这是一项由印度政府发起的倡议。
新加坡	印度多年生河流的沿岸园艺项目	该理念是使用树木取代多年生河流沿岸的植物，以防止土壤侵蚀，促进农民的经济发展。
新加坡	Trash to Treasure（免费跳蚤市场）	这是一个免费的跳蚤市场项目，旨在将个人闲置物品和物件重新分配给需要它们或可以更好地利用它们的人们。该项目的一个优势是对所有人都免费，可以在任何地方组织，并且不需要任何技术支持。
新加坡	绿色屋顶	根据规划建造的绿色屋顶，而不仅仅是那些强加在现有建筑物上的绿色屋顶。这些绿色屋顶可以减少空调使用引起的能源消耗。精心打造的绿色屋顶还可以收集雨水并减少快速水流的流动，并且还可以降低洪水易发地区的洪水风险。为生物多样性维护创造了栖息地条件。
新加坡	拼车	鼓励特定大学的学生和教师尽可能多地拼车出行。
新加坡	Setting up of Wormery	该项目有助于食物垃圾的分散收集。食物垃圾在当地收集，并使用蚯蚓在当地堆肥。排泄物（蠕虫粪便）被用作肥料，并被送到社区花园。
新加坡	智能太阳能充电	一项在乌得勒支发起的电动汽车共享倡议。
新加坡	Skillsfuture SG	这是一个非集中化教育项目，由多个课程提供者和机构进行分散教育，在政府资助的政府平台上进行。该项目的一个优势是更大范围内利用政府预算。此外，其有助于提高实行国家的教育水平。
新加坡	调节饮食	目的是通过推广素食来鼓励人们改变他们的饮食习惯。
新加坡	印度环保主义者基金会	为个人提供志愿服务机会，通过社区行动恢复城市湖泊和农村水体。该项目的一个优势是组织形式简单，且激发了个人的志愿服务意识。
新加坡	可持续替代照明（SALt）灯	这是一种对环境友好且可持续性的替代性光源，可在盐水环境中工作。
新加坡	“锦簇社区”（Community in Bloom）项目	该项目计划在新加坡打造当地社区花园。已经在新加坡各地打造了大约2000个这样的花园。每个花园由所属社区负责管理。
新加坡	洋流电力开发	基于海水温度差，通过水下涡轮机发电。
新加坡	英特尔“驱动未来”（Intel Make Tomorrow）项目	帮助职业学校学生获得微控制器和物联网方面的技能发展。
新加坡	难民危机管理	利用技术（如可以与他们联系的信息警报）帮助难民。
新加坡	Fresh Direct公司集装箱农场	一位尼日利亚企业家使用经过改装的集装箱进行农业种植，主要雇佣贫困妇女。
新加坡	智能手机应用程序监控能源消耗	Powershop是一家提供应用程序平台的公司，使消费者能够追踪其家庭的能源消耗。追踪是实时的，且能够记录来自太阳能光伏板的能量输入。该应用程序还通过显示太阳能输入带来的价值，提供金钱激励措施，以减少消费，鼓励理性消费和向可再生能源过渡。
新加坡	太阳能净水	当地社区用于过滤水，确保用水卫生。提供过滤瓶系统，保障社区用水。
新加坡	绿色建筑标准	为新建筑物的建造和装修制定标准。
新加坡	植物鉴定应用程序	该应用程序有助于识别树木、植物和花卉。当人们看到未知植物时，就可以使用应用程序拍摄照片。这在知识传播方面发挥着重要作用。
新加坡	人工智能无人驾驶电动车	将人工智能整合到我们的交通系统中。
新加坡	以棕榈油为主题的活动组织，如遏制阴霾运动（People’s Movement to Stop Haze）	该种子倡议试图通过动员食品饮料行业（供应方）和消费者（需求方），来促进可持续棕榈油在新加坡市场的使用。
新加坡	Precious Plastic公司	这是一家初创公司，为社区提供开放源指南和设计，以制作塑料回收机器和工具。该创业公司为有兴趣制作此类机器的任何人提供支持和指导。该项目的一个优势是所有信息都是开放的，有助于发起非集中化回收计划。
新加坡	Youth Ki Awaaz项目	这是一个非集中化在线平台，供人们分享与社会问题有关的自身实例。该项目支持任何人创建活动并促进变革。此外，分享的实例在应对全球挑战方面具有强大作用，且此平台对所有人开放。
新加坡	可穿戴设备	应用于健康领域的可穿戴设备。

讲习班	种子数据的名称	说明
新加坡	Gaia Grid项目	这是一个离网农业社区项目，利用众筹和社交媒体创建一个自我维持的社区。这项目与当地村庄合作，旨在消除社会问题，并鼓励发展有机农业。
新加坡	重力灯（Gravity Light）	利用重力来发电。
新加坡	气候变化深层对话安全空间	一个非政府组织，注重培训协调人，以帮助促进气候变化方面的家庭、朋友网络对话。该项目鼓励个人引导社区行动。
新加坡	Street Feeders of KL组织	该组织定期召集志愿者，向无家可归者分发易变质和不易变质的食物。这也有助于加深对无家可归者的了解。也可以为无家可归者提供工作机会。该项目的一个优势是有助于构建面对面的对话，帮助社区与无家可归者建立联系。这也为弱势群体带来了希望。
新加坡	菲律宾吕宋岛季里诺省保护区实行联合国减少毁林和森林退化所致排放量加上森林可持续管理以及保护和加强森林碳储量（REDD+）碳信用额度系统	该项目旨在恢复支离破碎的景观地貌，促进果树种植（为了粮食安全），并为农民提供补贴，使其成为保护区的拥护者。
新加坡	鱼翅数据库	一个集中的数据库，供公众分享以鱼翅为食材的餐厅的位置和名称。这使人们注意到这些餐馆，有助于公民抵制供应鱼翅的餐厅，或与这些餐厅进行接洽。该项目的一个优势是利用现有技术收集公众来源数据，且成本低。
新加坡	“无吸管星期二”（No Straw Tuesdays）项目	该项目由环保组织Plastic- Lite在一年半前发起，提醒人们减少和注意塑料消费。这是一个由志愿者组织、自筹资金的项目。在社区推广倡议以促进改变生活方式。利用社交媒体来鼓励参与。该项目于每周中的一天在学校推出。
新加坡	GrabHitch拼车服务	这是一个技术平台，建立非出租车司机与乘客之间的联系，以促进拼车并减少上路汽车数量和燃料需求。该服务依托于现有技术和应用程序，有助于减少道路上的汽车数量。
新加坡	阿姆斯特丹“防雨”（Rain Proof）计划	治理城市水径流（用于啤酒等替代产品的制造），且关闭水循环。
新加坡	面向无家可归者的“比特币挖矿”加热器	通过“比特币挖矿”释放出大量热能。
新加坡	狗狗粪便收集站	提供了一种自我可持续且方便的狗狗粪便清理方式，鼓励狗主人在宠物便便后进行清理，将未使用的粪便收集袋留给需要的狗主人，以便清理狗狗粪便。
新加坡	将PET塑料瓶制成T恤	慈济基金会（Tzu Chi）将经过处理的PET塑料瓶改造制成T恤和毯子，然后捐赠给自然灾害的受害者。
新加坡	Lendor（应用程序）	用户从P2P物品库（如家用物品）中借用物品，无需为了一次使用而购买。
新加坡	Innisfree空瓶回收活动	消费者可以将空瓶带回门店（最多兑换50个积分），以便在未来购买时享受折扣。该活动统计已回收和再利用的空瓶数量。这样做可以吸引消费者，给人“感觉良好”的印象。
新加坡	“500名女科学家”（500 Women Scientists）组织	致力于提高拉丁美洲的科学开放与平等。目标是创造科学文化，促进科学素养，拥抱技术和科学。这是一项基层运动，尤其可让人们认识到女科学家的存在。每月举办社交活动，邀请个人参与对话，采用“快速接洽”模式。向女孩提供指导，走进校园与女孩探讨科技、不太好理解的政府政策、（年老白种人的）文化自卑感以及学术和科学的非殖民化手段。
新加坡	Swapaholic项目	在线衣物置换平台。活动参与者带来二手优质衣物，以换取积分，这些积分可定期在新加坡各地举办的衣物置换活动中使用。
新加坡	塑料足迹计算器	http://whatismycarbonfootprint.com/plastic-footprint——计算个人的塑料足迹，旨在利用信息来指导和减少塑料的使用。
新加坡	“塑料银行”（Plastic Bank）应用程序	https://www.plasticbank.org/what-we-do/——鼓励个人收集塑料，以换取通过该应用程序分发和验证的奖励，将废弃物转化为货币。该应用使用区块链技术，将价值转移到塑料收集者手中。
新加坡	联合国环境规划署素食项目	在联合国/国际非政府间组织会议和活动期间提供素食，以促进人们对素食的了解。
新加坡	当地水务委员会	在干旱/水资源配给情景下进行社区组织，集中资源，帮助能力缺乏者收集水资源，利用联系纽带。也可以应用于能源共享和粮食安全领域。
新加坡	Grab应用程序	这是一款拼车应用程序，后扩展到GrabShare和GrabHitch，通过更便宜的价格来鼓励乘客使用拼车服务。有助于减少燃料消耗，企业可以提倡使用清洁能源汽车（如电动车）。
新加坡	哥斯达黎加大学首个气候变化课程	解决了该国气候变化教育和交流缺失的问题。
新加坡	SECMDL项目	当地青年在社区中建立的替代性青年学习学校。该项目具有非集中化、可复制的、自我维持的优势，可以复制到其他社区。
新加坡	植物饮食/纯素食项目	包括并推广更多以植物为主的菜单。
新加坡	可持续水产养殖	整合多营养系统，将一种物种的输出（如废弃物）转化为上级物种的输入（如食物）。也鼓励采购新加坡当地/本土物种，以鼓励维护本地遗产，改变口味和偏好，降低进口食品的碳足迹。
新加坡	Superwomarket项目	一个由女科学家设计的超市/咖啡馆，里面提供的都是由她们选择的产品。包括： - 显示碳/水足迹的产品和相关的可持续发展目标 - 包装最少的产品 - 一个母乳保育和喂养空间，还配备一名护士，可以检查/指导治疗乳腺癌 - 一个沟通空间（咖啡馆），供妇女联谊、举办活动等 - 一个配备看护人员的儿童看护空间，当母亲们购物或联谊时，小孩可以在那里玩耍 该项目为女性提供一个“安全环境”，供她们分享专业知识。

讲习班	种子数据的名称	说明
新加坡	《全球环境展望》会议的绿色化	下一届《全球环境展望》会议将变得更加绿色。我们必须践行我们所倡导的。 可能包括：素食选项、启用会议机器人的远程会议选项（如Double机器人） （这对于那些不便出行的人来说是一个必备选项，例如像我这样因育儿而无法远行的人或行动不便的人）、无纸化办公、减少空调使用、可持续的酒店管理、降低碳足迹（减少塑料使用）、使用可再生能源 可以通过在线咨询《全球环境展望》的作者更新现有的2009年联合国环境规划署指南(http://www.greeningtheblue.org/sites/default/files/ GreenMeetingGuide.pdf)（如“你希望看到下一届《全球环境展望》会议有哪些改进?”），然后作为《全球环境展望6》的衍生产品与《全球环境展望6》一起出版。
广州	减少野生动物的消费	- 减少野生动物的消费（如不要食用野生动物）。 - 减少购买野生动物制品。
广州	光影海洋馆	- 公众不应该去圈养鲸类的水族馆（减少圈养鲸类的数量，因为圈养条件不适宜鲸类生长）。 - 公众可以参观光影海洋馆（实物参观可以用光影技术取代）。
广州	环境摄影博物馆	- 建设环保摄影博物馆。
广州	共享社区，对浪费说“不”	- 提出可能的共享机制，以促进城市的可持续发展。
广州	手机共享	- 不鼓励经常更换手机。 - 鼓励手机回收。 - 鼓励手机共享。
广州	减少使用实木家具	- 减少实木家具的使用。
广州	天然气水合物的开发利用	- 天然气水合物资源非常丰富，可供人类使用1000年。目前，发现了大量的资源点，勘探技术得到了很大的改善。 如何鼓励所有国家（或地区）以清洁方式勘探天然气水合物应该是一个优先事项。
广州	智能绿色建筑	- 智能绿色建筑能够利用自然自发过程（如空气对流）来减少能源消耗。
广州	无水铝散热器	强调使用电力代替煤炭的技术是提高能源效率和减少碳排放的有效方法，例如无水铝散热器。
广州	利用大数据技术改变公民的购买行为	大数据对环境意识的提升和公民的消费行为会产生重大影响。
广州	分布式智能储能技术	- 分布式智能储能、能源互联网、智能能源社区。
广州	饮用水净化系统在线智能监测	该倡议包括以下要素： 互联网、在线监测、人工智能、人工制造、净化技术（如物理过滤和化学分解）、大数据和云计算。
广州	减少日常生活中的用水量	住宅废水可以回收用于其他用途（如厕所和洗车）。
广州	以高粱粉制成的餐具代替一次性餐具	餐具可以用高粱粉制成； 这种餐具可以用作一次性餐具的替代品。
广州	重复使用和回收日常必需品包装	日常必需品（如化妆品、洗发水等）的包装可以重复使用和回收。
广州	自带饮料容器	当顾客在饮料店自带饮料容器时，他们可以享受折扣。这可以减少一次性容器的数量。
广州	塑料限令和环境法庭	建立环境法庭。
广州	高校限制塑料的使用	高校禁止使用一次性餐具和薄塑料袋。
广州	简化快递包装	如果可以简化快递包装，则可以减少浪费。
广州	减少使用塑料，使用环保的包裹和包装材料	该倡议建议减少含有塑料分子的包装材料的使用。 可以采用与前几年超市限制使用塑料袋类似的方式实施。
广州	环境教育	所有责任人都以明确的目标努力推进区域环境教育。
广州	将空气转化为清新干净的水	转化后，这种水将变得清新干净，符合最高标准。
广州	脑机接口	收集人脑中的脑电图（脑语）并建立相应的数据库； 一旦有脑电波，就会有相应的计算机语言来启动机器人动作。
广州	MR防灾	促进防灾教育。
广州	非集中化配送	社区支持的农业、农民市场。
曼谷	全球总裁联盟	该倡议旨在触及私营部门参与的核心，建立与可持续发展目标相关的价值主张（对私营部门有什么好处）。
曼谷	共享经济倡议	Uber、AirBnB、衣物置换等平台。现有有一种趋势是让越来越多未充分利用的资源（即大多数闲置车辆）得到更有效的利用；这种趋势正在扩展到各种新的领域，并触及可持续消费和生产的核心。

讲习班	种子数据的名称	说明
曼谷	创新实验室，作为创意的孵化器	帮助扩大小规模创新/技术创业理念（如创新的易拉罐回收理念）。
曼谷	城市空间的绿色屋顶	促进食物种植、水源清洁、绿色基础设施的应用；这种趋势可能会大幅增加。
曼谷	雨水收集	特别是在城市环境中，渗透性表面越来越少……
曼谷	负责任的时尚产业	- 利用时装业的废弃面料和纺织品； - 贯彻循环经济理念，并将其应用于时尚产品的设计、生产、零售、采购：解决一系列问题，包括开发、公平贸易等，同时解决可持续生产和环境保护问题。
曼谷	摩天大楼的太阳能电池板墙	城市环境中的巨大可再生能源潜力；摩天大楼中的大量玻璃墙面表明，有可能通过新兴技术将玻璃墙面转变成太阳能电池板。（Yale 360：将建筑物转变为能源生产者）。
曼谷	屋顶的箱式太阳能炊具	相对简单，科技含量低，成本低。
曼谷	大数据和商业智能	大规模解决供应链中非法化学品/染料的零排放问题。
曼谷	低碳倡议	在亚洲理工学院（AIT）启动的气候变化亚洲倡议 - 是该地区的一项先驱举措 - 帮助了解如何恢复脆弱的栖息地。
曼谷	气候智能农业和社区林业	
曼谷	智能交通系统	对于主要城市来说，有助于应对空气污染、资源效率、安全问题…… 将固定路线软件集成到所有汽车中，整合调度系统，完全搭载CAD/AVL系统。
曼谷	全球公众意识活动	为了对抗一些政府领导人在气候变化否定论方面散布的不实言论。
曼谷	城市绿色基础设施 - 城市公园连通性	精心的城市规划和设计，重点是最大化城市绿地的连通性，包括内城区公园； 柔化公园边缘，更好地连接到城郊地带。
曼谷	缓解城市热压力的绿色基础设施	鼓励资本基础设施改善项目（如更频繁的街道升级、树木种植等社区层面的热压力缓解活动）
曼谷	降低决策者的年龄标准	解决社会障碍，重点关注有年龄限制的国家（意大利、法国等）。
曼谷	小规模可再生能源项目	示例包括住宅太阳能电池板项目、小型水电站。
曼谷	创新和加强传统农业知识	应对传统知识不断弱化的趋势；将土壤视为需要养护的生活物质。
曼谷	粮食系统方法——从上游到下游	每一阶段的多部门参与。
曼谷	自然资本核算	将自然保护与发展影响联系起来并促进技术服务（即电子废弃物追踪）。
曼谷	资源导向的卫生设施	将废弃物链中的废弃物转化为农业投入/粮食系统。
曼谷	循环经济和扩大生产者责任	重复使用电子垃圾、旧手机等。
曼谷	可再生氢技术	作为循环经济的一个要素。
曼谷	DIY废弃物管理系统	使用回收材料制作家具。
曼谷	知识共享战略	使用数字平台来共享理念。
内罗毕	智能能源微电网	
内罗毕	Smart H20应用程序	Smart H2OSM是一个用户友好的应用程序，全世界所有公民都可以免费使用。只需单击一下，使用者就可以在极短的时间内轻松报告泄漏、违规和浪费事件。通过Smart H2OSM，公民可以与当地自来水公司合作，积极参与节水运动。
内罗毕	智能农业（生产力作物）	
内罗毕	沼气（废弃物）	
内罗毕	地球观测	“Sanivation”和“locate it.”工作组，专注于高分辨率空间数据的收集，可以在学校实施，实现健康、交通和能源领域的全面追踪。该种子倡议基于技术、证据和沟通。非常简单的应用程序，可将数据上传到空中客车平台。该倡议于不久前刚刚在内罗毕的纳罗克县发起。这一创新倡议整合了低成本的应用程序和全球平台，有助于实现可持续发展目标的目标3、目标4和目标10。
内罗毕	教育 - 校园的可及性	利用技术提供优质教育。使用Kindle，避免浪费，减少纸张使用。解决实现可持续发展目标的目标4。
内罗毕	可及的空气质量监测	低成本的传感器设备。
内罗毕	通过智能应用程序实现众包	
内罗毕	塑料制品	使用塑料生产石油产品，再利用塑料。基于3D打印技术的创新制作。该种子倡议采用了“微观经济学方法”。
内罗毕	意识建设	

讲习班	种子数据的名称	说明
内罗毕	生态燃料——厕所固体/液体废弃物分开处理	固体废弃物管理系统，回收废弃物生产沼气。该技术通过堆肥产生能量。适用于房屋内安装的移动厕所。废弃物在经过90度抛物面镜烘烤后，变成木炭。生态燃料已经使用了一段时间，在奈瓦沙（Naivasha）(??)有超过10000名使用者。这种燃料没有异味。
内罗毕	太阳能住宅屋顶	强化能源领域的社会意识。有助于实现可持续发展目标的目标13、目标9、目标7、目标11。这种倡议正在全球范围内被推广，倡导者包括范平明（越南）、Durga Prasad Dawadi（尼泊尔）和Peter Mburu（肯尼亚）。
内罗毕	智能能源	
内罗毕	屋顶雨水收集	
内罗毕	伊朗的用水/农业管理（小额赠款计划，由全球环境基金（GEF）资助）	伊朗的水资源管理项目，旨在解决当地社区的用水健康问题。该种子倡议有很多小项目，可以让社区和农场参与防治灰尘和沙尘暴。有助于实现可持续发展目标的目标1、目标6、目标8、目标17。该种子倡议已经建立，且与政府和当地社区有合作。该倡议目前在伊朗边境附近运作，可以扩大到邻国以解决荒漠化问题。该倡议的主要不足之处是难以将国家政府与当地社区的公民社会组织联系起来。涉及多类行为者，包括媒体、政府、当地社区、私营部门、银行/投资。
内罗毕	马达加斯加保护区	马达加斯加东部保护区的碳信用额度系统，旨在减少森林砍伐，促进智能气候农业。该种子倡议有助于实现可持续发展目标的目标2、目标3、目标6、目标7、目标8、目标13、目标15。通过其他经济机会防止砍伐森林。该倡议的主要不足之处是需要在全国其他地区推广气候智能农业理念，目前还不清楚人们是否会接受新的想法/方法。参与的行为者包括农村人口和地方政府。
内罗毕	电动车/特斯拉和卡车	这是一个成熟的倡议，有助于实现可持续发展目标的目标3、目标7、目标8、目标9、目标11、目标12、目标13。该项目在欧盟、美国、中国和一些中东国家开展，鼓励取代柴油/汽油车。通过特斯拉应用程序，您可以通过汽车中的软件集成系统获得车辆的实时信息。特别指出的是，北京出售的新能源车数量超过普通汽车，其中政府补贴达40%。可以确定三个主要不足之处：(1)如果发电来自煤炭或化石燃料，则会出现能源基础设施问题；(2)可能加剧车辆拥堵问题；(3)反弹效应；(4)与电动自行车市场竞争。参与的行为者包括企业、消费者和个人。增压器、氢燃料电池（以及其他技术突破）可以使电动车更快更便捷。
内罗毕	创新的公共交通	这包括公共交通和旅游交通中的电动船舶。该种子倡议有助于实现可持续发展目标的目标3、目标7、目标8、目标9、目标11、目标12、目标13。该项目目前处于启动阶段，总部设在伊拉克。船舶对消费者来说更便宜、更节能、更快，可以缓解交通事故，减少拥堵，提高安全性。不足之处包括拥堵，与水域的潜在冲突，可能带来空气、水、废弃物污染。参与的行为者包括企业、政府和个人。
内罗毕	共享汽车和自行车	该种子倡议有助于实现可持续发展目标的目标3、目标7、目标8、目标11、目标12、目标13。该项目已在至少数百个城市建立并投入运营（摩拜单车已在110个城市运营）。该倡议使用清洁能源，是一种低成本的解决方案，易于实施/升级。主要的不足之处包括：需要配合使用应用程序/智能手机，太多自行车导致拥挤问题和交通事故。有利条件包括：基础设施和单车临界量；适当的教育和对文化问题的尊重；与其他智慧城市倡议相结合带来的共同利益。
内罗毕	电子支付倡议/无现金系统	该种子倡议有助于实现可持续发展目标的目标5、目标9、目标8、目标12。该倡议在一些国家已经成熟，而在其他一些国家才刚刚起步，但在全球范围内可以找到实例。该倡议具有创新性，因为其增加了便利性，减少了现金需求，避免了找零问题。该种子倡议符合全球大趋势，可以帮助实现可持续消费和生产。该倡议的主要不足之处是浪费和固体废弃物的消耗增加。
内罗毕	简化包装	购买商品时提供可选包装，去往无包装商店，实施塑料袋禁令，或征税。该种子倡议有助于实现可持续发展目标的目标2、目标6、目标9、目标11、目标12、目标13。该倡议尚处于起步阶段，可以在德国德累斯顿和其他地方找到实例。该倡议具有创新性和实益性，原因在于：(1)将农业废弃物转变为生物包装材料，终止系统循环；(2)减少食物浪费；(3)激励替代方案；(4)可见且良好的沟通工具。这是一个非常易于扩展的解决方案。主要有三点不足之处：(1)散装/批发存在健康/卫生问题；(2)塑料替代品可能更糟糕，因而可能增加袋子的使用量；(3)可堆肥/生物包装需求的投入会增加农业压力。参与的行为者包括公民和政府、企业、城市商店和零售商。

基于研讨会种子数据的愿景

讲习班	途径	说明
曼谷	智慧社区（以非集中化解决方案为重点）	该小组提出了一种愿景和方法，用于建设其所谓的“智慧社区”——一种关于未来环境建设的全新且截然不同的愿景。这里所设想的未来建设的基本前提是挑战传统的城市化模式和原则以及现有城市发展、进化和运作的传统过程。这种理念建立在所谓的“新城市主义”概念之上，旨在解决当前的城市/城市规划模型之间的脱节问题，以及以当前环境建设为特征的城市周边界面的相互作用问题。举例而言，该小组旨在解决城市和郊区蔓延的低效率、大都市增长的单一且“反作用”的模式、基础设施投资的不当激励、农村向城市移民等。 智慧社区小组综合分析了几个共同的要素和相互促进的属性，这些要素和属性有助于推动建设更智能且更可持续的社区。该小组的主要“种子理念”或具有革新意义的想法包括：循环经济、可持续城郊农业、小额融资、智能和可持续交通系统以及公众/社区意识。该小组提议解决所确定的所有五大区域环境挑战。该小组认为，智慧社区愿景与所有17个可持续发展目标相关，特别与目标1、目标3、目标6、目标7、目标11、目标12、目标13和目标17相关，重点是以下领域的协同作用：研发、创新和清洁技术、政治和社会适应性（和适应性治理）领域的智能变革、行为选择、持续投资。最后，作为一点补充说明，该小组表示智慧社区的意图不是要变革现有的大城市，而是要塑造目前处于城市化初期阶段的未来环境和区域。 智慧社区小组的最终得分为17分，其成功解决了一系列可持续发展目标，并利用了城市可持续发展目标与可持续（或以生态为中心）城市基础设施投资之间的协同效应。自下而上方法取得成功的最重要的有利条件之一是可持续性。另外还需要进行差距分析。该小组能够取得部分成功，但一个主要不足之处是缺乏对社会和政治可接受性需求的探讨。
曼谷	智慧未来（以生活方式变革为重点）	愿景任务中的第二个小组提出了一种整体方法，通过一个称之为“影响领导者”的过程对大规模的行为变革进行了综合分析。该小组强调了寻找新的交付机制的重要性，通过此机制来确定主要的私营和公共部门领导者（或影响者），即传达关于可持续发展目标的单一价值主张的对象。 作为次要方法，该小组探讨了以消费者为目标的必要性，以及利用大数据/数据革命带来的机遇的必要性。该小组表明，智慧未来愿景与所有17个可持续发展目标相关，并解决了所有五大区域挑战。该小组提出共同属性特征包括：颠覆性创新技术（例如智能手机应用、云计算、社交网络）、数据驱动的决策系统、可持续/智能城市、农业经济解决方案、高度包容性/以人为中心的举措、整合、有意义的公私伙伴关系以及通过基于结果的绩效管理改善决策过程。 科学咨询小组对智慧未来小组给出的最终评分是9分，尽管该小组提出了一些具有革新意义的理念且实现了几个领域的趋同，但该小组最终收获失败，因为不确定性更高。通过对整个过程进行反思，该小组认为主要障碍是他们的想法过于宽泛，且他们的主要精力分散在太多不相容（有时相互排斥）的目标上。
曼谷	地球技术（以全球技术为重点）	第三个也是最后一个小组是地球技术小组，其提出了一个关于未来（以地球变革技术为主导）和地球系统（包括地球工程/碳捕获存储技术、海洋中层带探索、行星技术和人工智能）的未来主义的、超技术感的愿景。拟议的愿景主要是为了解决宏观/全球范围内的环境挑战，包括气候变化、生物多样性和复杂的大气-海洋相关问题。该小组的共同关注点是造成绝对伤害的可能性，以及（相对立地）带来变革型“星球警报”解决方案的机会。地球技术小组主要针对的可持续发展目标包括目标12、目标14和目标17。 确定了若干体制障碍和差距，包括规避冲突、解决政府间和全球治理问题（如联合国安理会问题）的机制。 地球技术小组获得的最终评分是8分，其设计的场景过于复杂，过度关注最坏的情况，且最终没能具有鼓舞性或足够引人注目。高度不确定性意味着他们的情景也没有成功。该小组承认，他们的整体概念不足以吸引有意义的政治参与和/或缺乏可及性，且他们需要改进其技术主导战略。

讲习班	途径	说明
广州	提案1	**这些种子倡议是如何结合的?** 栖息地对于生存至关重要。为了确保人与动物的共存，必须开发新的和适当的联系。 **该提案如何帮助实现可持续发展途径，且有助于实现哪些可持续发展目标?** 为动物提供更好的栖息地条件，这对生物多样性有益。 **需要哪些政策变革来帮助实现此途径中的提案?政策如何帮助处理与其他可持续发展目标相关的任何权衡取舍?** 1. 公众的动物保护意识。 2. 动物保护的法律法规。
广州	提案2	**这些种子倡议是如何结合的?** 这些种子倡议具有相似的特征，可以在政策和应对机制方面共享支持。 **该提案如何帮助实现可持续发展途径，且有助于实现哪些可持续发展目标?** 如今，网上购物产生大量塑料废弃物，难以回收或降解，并且还造成了显著的环境负担。通过限制塑料和实木家具的使用，可以减少由这些家具引起的负面环境影响。 **需要哪些政策变革来帮助实现此途径中的提案?政策如何帮助处理与其他可持续发展目标相关的任何权衡取舍?** 1. 实施塑料限令。 2. 废弃物管理和分类。 3. 需要在环境保护法框架下制定具体的政策法规。 4. 公众的环保意识。
广州	提案3	**这些种子倡议是如何结合的?** 1. 社区中建筑和设施无处不在，可以应用先进的能源技术。 2. 模型化可持续社区易于扩展、复制和推广。 3. 社区、城市和不同国家（或地区）之间的沟通与合作有助于将所有种子倡议结合起来。 4. 社区可以成为绿色科技的“实验室”。 **该提案如何帮助实现可持续发展途径，且有助于实现哪些可持续发展目标?** 该提案有助于实现以下目标： 目标3：良好健康与福祉 目标4：优质教育 目标6：清洁饮水和卫生设施 目标7：经济适用的清洁能源 目标9：产业、创新和基础设施 目标11：可持续城市和社区 目标12：负责任消费和生产 目标13：气候行动 目标17：促进目标实现的伙伴关系 **需要哪些政策变革来帮助实现此途径中的提案?政策如何帮助处理与其他可持续发展目标相关的任何权衡取舍?** 1. 提高公众意识的运动。 2. 削减土地和税收政策。 3. 政府的公共资金。 这些方面的工作有助于提高能源效率。
内罗毕	行为变革	将种子倡议应用于类似国际标准化组织的框架，以实现国家政府可持续性的标准化（即废弃物、回收、包装等标准） **需要的政策变革/与其他可持续发展目标相关的权衡取舍：** - 联合国决议 - 国家立法 - 如何向国家政府进行宣传 - 竞争优势、为领先企业提供更好的商机
内罗毕	全球技术	提案： 1. 健康人类。 2. 智慧城市会议

讲习班	途径	说明
内罗毕	非集中化 解决方案	涉及气候智能农业、森林保护、医疗保健、促进性别平等。 种子倡议与国家/地方委员会的指导相结合。有助于实现的可持续发展目标： 目标1、目标3、目标10、目标11、目标13、目标15、目标17、目标16。 挑战：国家和当地社区之间的联系/对海洋生物的潜在风险、向高级决策者和媒体传达信息以提高公众意识。 需要的政策变革/与其他可持续发展目标相关的权衡取舍： 对海洋生物的潜在风险来自于农业肥料的更多使用。需要加强地方政府和社区之间的联系。邀请私营部门的投资。需要跨越医疗保健、农业、森林保护之间的孤岛。需要确定并吸引所有利益相关方，以提高公众意识。对于高层决策者来说，了解当地活动非常重要——《全球环境展望》可以帮助实现这一目标。
新加坡	替代能源解决方案促进混合土地使用	公私伙伴关系保障了太阳能农场的客户；无人机可用于太阳能农场观测；公民可以通过迭代反馈循环帮助监控操作。
新加坡	可持续发展的智能农业系统	我们提出的技术种子可以支持现有种子倡议中的城市农业和社区本土知识。
新加坡	日常生活方式变革的应用化	涵盖日常生活的不同方面。
新加坡	无吸管运动 “同样的味道，更少的浪费”	该倡议起源于“无吸管运动”（Straw-lite Campaign），后扩展到当地的企业和餐馆，鼓励新加坡的餐馆不主动提供吸管，且在多个地区推广实施，旨在减少餐馆的塑料吸管使用。
新加坡	可持续城市生活	将绿色建筑用于城市农业。这些城市农场生产可食用餐具和食品。仿生技术和拼车服务进一步促进了社区的可持续性。
新加坡	杜绝环境影响	可以在同一机构（即大学或私营企业）中实施。
新加坡	从消费者到社区的变革	这些都与共享（而非社区消费和建设）有关。
新加坡	高效节能社区	绿色建筑标准需要一系列可持续性建设和改造规则，并要求太阳能合作社利用屋顶。
新加坡	可持续城市粮食生产和消费	这两个种子倡议都减少了食物浪费，并解决了粮食的可持续生产问题。
新加坡	社区弹性花园	目标：可持续发展目标的目标10、目标2、目标12、目标13、目标3、目标8、目标6。该提案的目的是，将环境可持续性的不同指标和举措与患有精神疾病员工的公平雇佣相结合，在所提出的不同种子倡议之间创造协同效应。
新加坡	集装箱化、模块化、可持续发展的城市	我们在该提案中的每一个种子倡议都针对特定的城市挑战，将种子倡议的功能/技术转化为可移动的容器模块，这些模块是构成可持续城市的基石。
新加坡	都市人（让公民参与社区环境行动）	创建一个在线国际城市平台，汇总数据和环境行动。该平台包含多项功能，包括循环经济理念中的环境教育、公民信息报告、执法、技能教育以及日志/记录（其中的活动供附近社区参与）。通过多种伙伴关系实现17项可持续发展目标： 1. 安全的空间对话，将可持续性与当地影响联系起来（目标13）； 2. 在公众被动员后，他们会通过参与此在线平台做出贡献。他们可以选择成为活跃的公民信息提供者，注册接受技能教育等……（目标12、目标11、目标4）； 3. 该平台不是一个被动平台，而是积极地吸引专家和从业人员。例如，可以将公民的生物多样性报告与研究人员联系起来；将公民的车辆或水污染报告与监管执法人员联系起来；在接受技能教育后，公民可以提供有偿服务（目标3、目标4、目标8）； 4. 该应用程序的教育功能提供基于环境和技能的教育（也称为udemy，但专注于循环经济、维修、废弃物管理、堆肥技术等环境问题）（目标4、目标9）； 5. 汇总多个社区倡议，包括减少废弃物、塑料污染、生物多样性、贫困和饥饿（目标1、目标2、目标15、目标14），学习不同的城市和社区经验，因为每个人都可以将他们的倡议上传到这个平台； 6. 应用程序可以轻松获取行动信息。

讲习班	途径	说明
新加坡	500 Científicas（“500名女科学家”组织）	让人们了解女科学家（也许是因为我们以家庭为导向的传统文化，女科学家被认为更加平易近人，因为大多数人都认同“来自母亲或姐妹的建议”）。这将有助于创建当地科学文化并提高科学素养。通过与其他种子倡议合作，我们可以增加女科学家的影响力，激励女性在传统上由男性主导的领域承担责任，并改善平等和资源获取。
新加坡	离网农村发展项目	该种子提案起源于Gaia Grid项目，一个通过社交媒体众筹购买退化的非森林土地的项目。该项目动员区域农民在土地上进行有机农业种植。邀请那些需要工作和技能发展机会的社区志愿者提供帮助。农场使用离网清洁能源。该项目建立志愿者计划，旨在发展有助于未来重回社会的农业技能，并致力于解决酗酒和吸毒等困扰邻近社区的社会问题。（目标1、目标2、目标3、目标7、目标8、目标12） 通过与其他种子倡议合作，可以协同实现其他的可持续发展目标，这些种子倡议包括： - 印度环保主义者基金会：明确推行土地和水资源恢复项目和工具（目标6、目标15） - SECMDL；Karthavyam；Youth Ki Awaaz：替代式教育，通过实例分享、电影制作、关注当地问题、地方知识和视角等媒介，提供自下而上的体验式学习和技能发展（目标4、目标18） - 气候变化深层对话安全空间：借助与社区密切相关的问题，将气候变化观点纳入社区对话，结合当地情况，整合抽象的全球观念（目标13、目标17） - Watly：为农村地区提供技术支持，使社区能够接入全球网络（目标9）

气候研究联合实验室（Climate CoLab）半决赛入围提案

提案	说明
C’ SQUARE——城市舒适度评级	C’ SQUARE是一个基于网络的应用程序，旨在让公众参与评估城市地区的舒适程度（热舒适度、空气和噪音污染、安保程度、安全性和美观/清洁度），并提出确定权衡取舍的解决方案，以尽量减少对环境的影响。
通过建房让青年帮助社区适应气候变化	我们正在制定一项战略，鼓励青年通过扩大住房来领导一项有利于环境的教育战略。该解决方案将促进环境教育，旨在让加拿大原住民社区具备适应未来问题的技能。
一个协调村庄生态、情感和经济的创新模式	一个生态村模型，既能满足村庄社区对食物、水、废弃物和能源的需求，又能最大限度地实现可持续发展目标。
促进环境数据分析的地方组织	该提案建议设立能够通过与政府机构、学术机构和不同的公民社会群体合作，系统地、积极地解决这一问题的地方机构。
与有机生活生物质的生产挂钩的全球补充货币	有机货币基金作为国际货币基金组织的一个部门而设立，将有助于在更短时间内实现几乎所有的可持续发展目标。
通过区块链技术和物联网让源头上的所有废弃物增值	Recyclebot是一个基于区块链的废弃物管理平台，促成任何废弃物买家直接从生产者处获取特定废弃物，使您能够随时随地购买、销售和减少废弃物，无论您位于何处以及何时有需求。与垃圾填埋场不同，Recyclebot提供了一种经济实惠、快速且安全的方式，使得废弃物在产生之时便具备价值。
协同解决方案全球网络	联网现有资源，鼓励妇女和青年参与，为解决十项可持续发展目标提出经过验证的解决方案。
Leo Leo生态交通项目	Leo Leo生态交通项目旨在加强经济赋权和促进粮食安全，同时确保阿鲁沙市的可持续性。该项目正在提出富有远见且创新的协同解决方案，旨在解决粮食安全的可持续发展、太阳能资源的可靠获取、经济赋权、就业机会以及影响周边环境的气候变化。
将养蜂作为生物多样性保护和生计改善的机制	Alohen与赤脚大学（Barefoot College）合作，将在坦桑尼亚建立养蜂业务。根据其扩张战略，赤脚大学将通过其遍布全球的培训中心网络，将此项目扩大到马达加斯加、利比里亚、印度和太平洋岛屿。该项目的主要目标是建立保护意识、传播现代养蜂方法、面向农村地区的妇女，并通过建立基于蜜蜂副产品的当地企业来支持当地妇女。该项目于2015年由赤脚大学在桑给巴尔岛发起，创建了B.Barefoot Honey品牌，为当地妇女养蜂人提供培训和市场。该项目的复制推广于2016年在印度启动。
新的清洁能源技术将扭转气候变化、消除世界贫困	从一个新的、此前未被记录的物理学层面来讲，颠覆性的清洁能源技术比化石/核能更具有优势。
让媒体组织和机构参与17项可持续发展目标的意识传播	媒体团队往往与当地的政治问题和宣传有关，也可以参与17项可持续发展目标的意识传播。
使用椰子壳和甘蔗渣制成无胶纤维板	Ecovon正在开发可持续采购的新工艺木材，由椰子壳和甘蔗渣制成，对人类和地球更有益。
通过永续农业构建未来	建立一个实地的永续农业资源中心。通过这一平台，人们可以与个人和项目建立联系，以及促进社区组织和行动。我们的使命是构建个人、家庭和社区层面的恢复力，同时基于生态智慧创造丰富实例。
让老年人参与气候保护	简而言之，让老年人种植一种快速生长的果树，其果实富含蛋白质和矿物质。一旦果树开始结果，老年人的子女们可以将这些水果产品分销到市场上。 由于将商品供应到政府市场，老年人的子女们将获得100卢比的奖励。一旦政府采购水果，则会根据社会福利计划，将这些水果免费分发给庇护所、孤儿院和养老院。
通过气候记录实现可持续发展目标	制作关于气候变化影响的纪录片，可以极大地推动在发展中国家开展适当行动，以实现可持续发展目标。
减少红肉消费可以换取25年的气候缓解时间	减少放牧牲畜消费将换取25年的气候缓解时间，减少排放问题，因而在7项可持续发展目标和5项地球限度方面大大受益。
使用生物炭电极回收尾矿产生的酸性矿井排水	尾矿可以释放金属和类金属，具有污染生态系统的潜力，应当得到充分管理。
ClimateCoop	基于区块链的协作和治理平台，有助于可持续发展目标方面的动态社区发展和项目落地，如气候行动项目。
通过系统方法减少全球废弃物，减缓气候变化	我们的目标是创建一个整体的系统方法和流程，致力于减少废弃物的产生，且适用于任何国家（或地区）。
将塑料垃圾转化为塑料木材以保护森林	采用创新技术，通过太阳能动力挤出机，将塑料垃圾转化为塑料木材，减少森林砍伐。
传统农业企业绿色发展的系统方法	建立绿色生产者和绿色消费者联盟，携手共建绿色未来。
Acacia：应对干旱及半干旱区域的气候变化、经济赋权和粮食安全问题	通过种植金合欢塞内加尔树/甘草来构建农林复合系统，造福干旱及半干旱区域的环境和人口。
城市固体废弃物堆肥生产和营销业务计划	将城市固体废弃物转化为堆肥将具有社会、经济和环境效益；且有助于减少温室气体排放。
青年气候倡导者（YCL）	青年人去往世界各地，通过合作学习了解更多的气候变化知识，并以气候倡导者的身份开始他们的职业生涯。
以社区为基础的可持续发展框架	一个适用于社区的模块化可持续发展框架，其认识到基础设施和社会之间的协同作用。

提案	说明
将废弃物转化为资源，同时向妇女赋权	该项目面向受倾倒废弃物影响的贫困妇女，同时为她们提供收入来源，防止产生温室气体。
生命能源——将科学、设计和自然联系起来，照亮我们的世界	植物灯（Living Light）是一种大气灯，可以从灯旁边的植物中获取能量。灯光通过“植物微生物燃料电池技术”产生：能量由土壤中的细菌产生，这些细菌会释放出电子，同时分解植物的有机化合物。有一个存储机制专门收集电子，其能够产生足够的能量，现阶段能够使LED灯发光约一个小时。植物灯是一种具有象征意义的、非同一般的灯，因此有一个非同一般的开关：只要轻轻地触碰叶子，这种普通的植物便会释放出光亮。
乌干达在石油和天然气方面的环境保护方法	以环保意识开发石油矿藏。
生命之地：全球雨林中刀耕火种农业的替代之路	“Guama”是一种综合农林业模式，有助于改变家庭生计、拯救雨林、恢复退化的土壤和景观。
人口控制	人口控制可以解决人类面临的每一项已知问题。在此方面可以发挥强大的协同作用。
在非洲干旱易发地区利用沸石保存水分	可以利用沸石矿物的水分保存能力来增强非洲干旱地区的作物和树木生产。
通过整体系统方法以通信手段实现可持续发展目标	建立以信息通信技术为主导的公民运动，自下而上地实现一些可持续发展目标，并组织气候行动。
利用土著方法解决气候变化适应和减缓问题	该项目致力于强调当地社区在应对气候变化问题时采用的本地适应和减缓技术。
基于太阳能的多联产系统可提供电力、热量和清洁水	我们的系统利用太阳能聚光器产生电力、热量和清洁水，其成本只有太阳能光伏板的三分之一，并且没有拆卸成本。

《全球环境展望6》：进程

© Shutterstock/EtiAmmos

“我们共享同一个星球，人类是这个星球上的命运共同体，这是一个无法逃避的事实。”

旺加里·马塔伊（1940-2011年），诺贝尔奖获得者

目标、范围和进程

在第一届联合国环境大会上，成员国提出了撰写《全球环境展望6》的任务（第1/4号决议，执行部分第8段）。有关此项任务的更多信息，请参见本报告附录1-1。2014年10月举行的全球政府间和多方利益相关方磋商会在一份最终声明中确定并通过了《全球环境展望6》的目标、范围和进程。来自100多个政府的133名代表参加了本次会议。

目标

本次磋商会重申了第一届联合国环境大会上提出的报告撰写任务，并且确定了以下评估目标：

- 提供全面、综合和科学可靠的全球环境评估，以支持适当级别的决策过程；
- 促进主要群体和利益相关方（尤其是私营部门和非政府组织）更广泛的参与，并扩大与目标受众的联系；
- 分析应当运用各种知识体系，包括在经同行评审科学文献、灰色文献、数据和本土及地方知识的使用方面的公认指引；
- 需要制定明确的流程和组织体系，以确保其可信性、合法性和相关性；
- “评估应当基于往期《全球环境展望》报告、其他相关政府间组织的工作和进程（包括多边环境协定），确保协同一致，从而维持其影响力和功能性，以便不断审查环境状况”；[1]
- 酌情通报环境署和联合国其他有关机构的战略方向；
- 加强《全球环境展望6》的政策相关性，包括对政策选择案例研究的分析，涵盖环境、经济、社会和科学数据和信息及其指示性成本和效益，以确定在加速达成国际商定目标（如可持续发展目标和其他多边环境协定）方面有前途的政策选项；
- 确定《全球环境展望6》所考虑的主要议题方面存在的数据差距。

范围

在前几期《全球环境展望》报告的基础上，《全球环境展望6》继续分析全球环境状况，全球、区域和国家的政策应对措施，以及对可预见未来的展望。本期报告与往期报告的不同点在于，新报告突出强调了可持续发展目标，并提供了加速实现这些目标的可能手段。《全球环境展望6》由四个不同但紧密关联的部分组成。

- **A**部分对照国际商定的关键目标（如可持续发展目标和各项多边环境协定的目标）评估了全球环境状况。评估基于国家、区域和全球分析和数据集。
- **B**部分分析了这些环境挑战的政策应对措施的成效，以及实现具体环境目标的进展情况。
- **C**部分审查了情景文献，并评估了实现《2030年议程》和到2050年在全球真正实现可持续发展的路径。
- **D**部分确定了为提高我们评估环境影响的能力而在未来必须获得的数据和知识以及实现可持续性的路径。

《全球环境展望6》还考虑了关键的政策问题。这些问题包括：

- 环境变化的主要驱动力是什么？
- 当前的环境状况如何？原因何在？
- 我们在实现国际认可的环境目标方面取得了多大成功？
- 有哪些成功的环境政策？
- 有哪些政策教训和可能的解决办法？
- 当前的政策应对措施是否足够？
- “一切照旧”情景是什么？可持续发展的未来是什么样的？
- 有哪些新兴问题和大趋势？它们可能产生什么影响？
- 实现《2030年议程》和其他国际商定的环境目标的可能路径是什么？

进程

2014年10月的磋商会也为加强《全球环境展望6》评估进程提供了指导，包括：

- 评估进程应当由两个主要咨询机构提供支持，分别是高级别政府间和利益相关方咨询小组（HLG）和科学咨询小组（SAP）；
- 应当由评估方法、数据和资料工作组提供建议；
- 《全球环境展望6》的其他工作人员包括：主要作者兼协调负责人（CLA）、主要作者、本期研究员和协调员（不超过20人）、全球专家、区域专家、实践社区调解员、评审编辑以及评审员；
- 主要作者兼协调负责人将准备《全球环境展望6》的技术摘要，并与高级别政府间和利益相关方咨询小组密切合作且在该小组的领导下撰写决策者摘要的磋商草案，确保在草案中体现《全球环境展望6》的技术层面。将在专门的政府间和利益相关方会议上对决策者摘要展开磋商；
- 将邀请相关的多边环境协定机构、国际组织和科学机构积极参与《全球环境展望6》的撰写进程。
- 《全球环境展望6》将通过引入广泛的利益相关方来确保评估的科学可信性、政策相关性和合法性；
- 评估将接受广泛的科学专家同行评审和政府审查；country experts;

1 2014年10月21日至23日在德国柏林举行的全球政府间和多方利益相关方磋商会的成果文件。该成果文件的全文详见本节的附录。

- 评估进程将有发展中国家的专家参与，以继续关注机构能力建设；
- 评估应当努力以无障碍的方式向目标受众传达关键信息和成果。

时间线

《全球环境展望6》的撰写经历了四场较大型的作者会议，两场关于“展望和政策”章节的小型编写会议，以及咨询机构、评审编辑和成员国面对面会议。会议和编制时间表遵循咨询机构制定的三项基本原则：

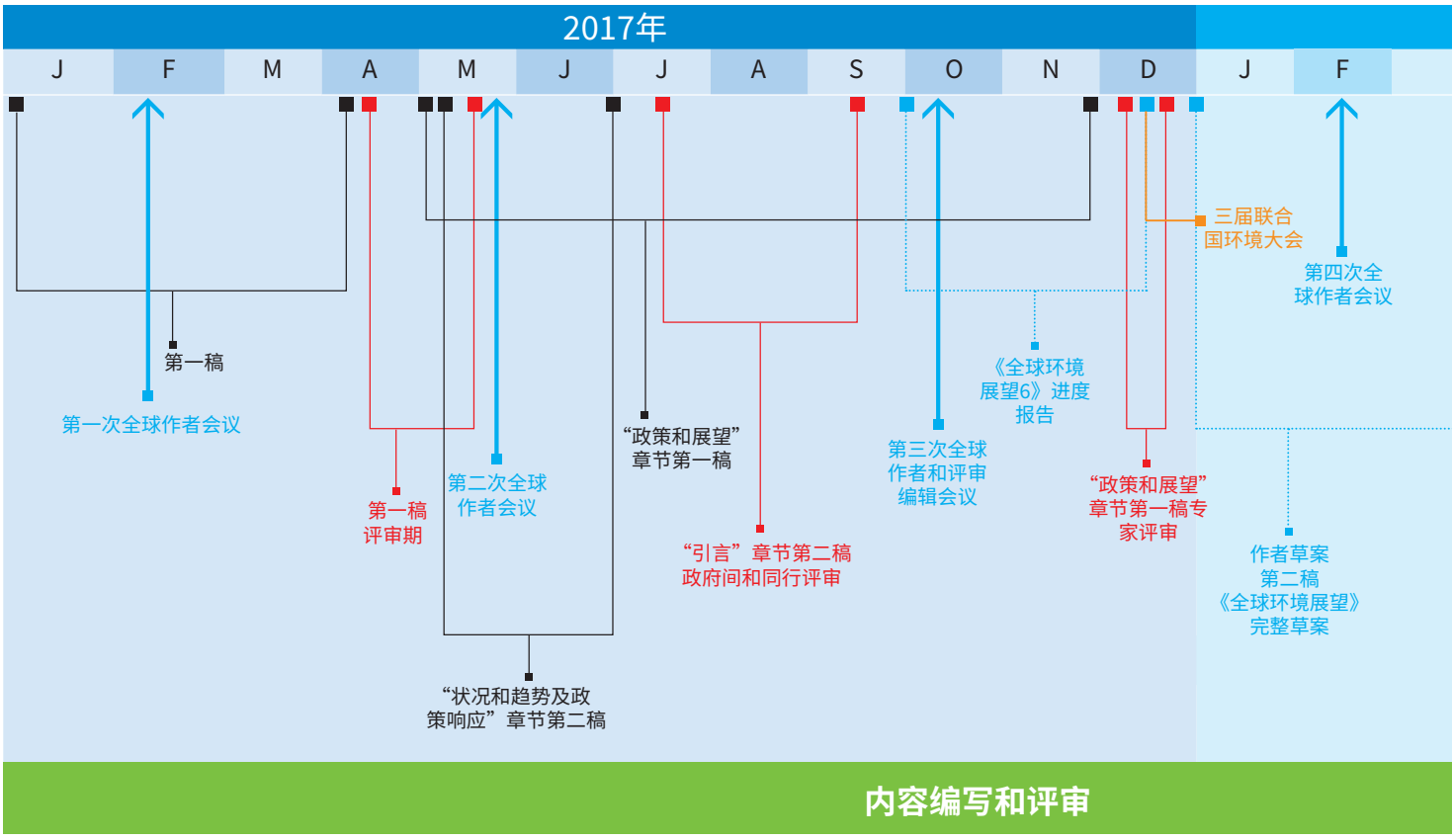
- 《全球环境展望6》的不同部分应确保连贯性，12项跨领域问题的内容应与5项环境专题评估的内容同步撰写。
- 作者和咨询机构之间应有机会进行强有力互动，以保持整个进程中的政策相关性和科学完整性。
- 作者团队应控制在小范围内，因为区域评估包含全球评估所需的大部分信息，且应构成全球评估的基础。

为了确保与咨询机构进行强有力互动，在四场较大型的作者会议中，高级别咨询小组和科学咨询小组参与了其中三场。为了确保整个评估进程的连贯性，召开的会议规模较大，这样可促进专题章节作者和跨领域问题作者之间的“快速接洽”。在这种“快速接洽”中，作者团队将有1小时的时间来讨论议题并分配编写任务。为了确保作者团队保持小规模，首先要选定作为整个进程核心的多名主要作者兼协调负责人，然后确定技能差距。在技能差距分析后，向主要作者发出邀请函，寻求完善补充章节的撰写。

随着工作计划的推进，很明显发现需要针对“展望和政策”章节召开其他的作者会议。秘书处在2018年5月和6月期间开始组织这些活动。此外，科学咨询小组要求召开最后一次会议，以便就《全球环境展望》进程的科学可信性提出他们的咨询意见。这次会议和评审编辑最终会议在2018年10月接连召开。两个小组分享了有关同行评审进程及其整体严谨性的信息。

决策者摘要的编写会议由高级别咨询小组、主要作者兼协调负责人以及评估进程的联合主席参加。科学咨询小组的联合主席也作为观察员参加了会议，并提供了他们在其他评估进程中编写摘要的一些经验。

《全球环境展望》编写进程的最后一次会议是成员国会议，以最终确定并通过决策者摘要。本次会议在联合国环境规划署总部举行，成员国广泛参与了此会议。这次为期四天的



会议旨在评“状况和趋势及政策响应”章节第二稿审决策者摘要的内容，并作出修改，以便与会成员国能够通过决策者摘要。最终通过的文件已提交给第四届联合国环境大会批准。

伙伴关系与合作

《全球环境展望6》的编写工作离不开联合国环境规划署内部机构之间以及环境署与多学科专家和研究机构网络之间的广泛合作，所有参与人士都为本次报告的编写付出了宝贵的时间和知识。

磋商会要求本报告的内容编写专家（包括评审员和咨询小组）由政府和其他主要利益相关方在考量专业知识的基础上依据透明提名程序进行提名。随后，环境署秘书处按照专业知识召集提名专家，同时充分考虑性别和区域平衡。

章节专家组

《全球环境展望6》报告包含25章。每一章节都对应一个专家作者小组，负责构思、研究、起草、修订和敲定每一章节的内容。超过150位作者和研究员参与了报告内容的开发。章节专家均由三位或四位主要作者兼协调负责人领导，并由环境署章节协调员提供支持。章节专家组的其他成员包括主要作者和作者。

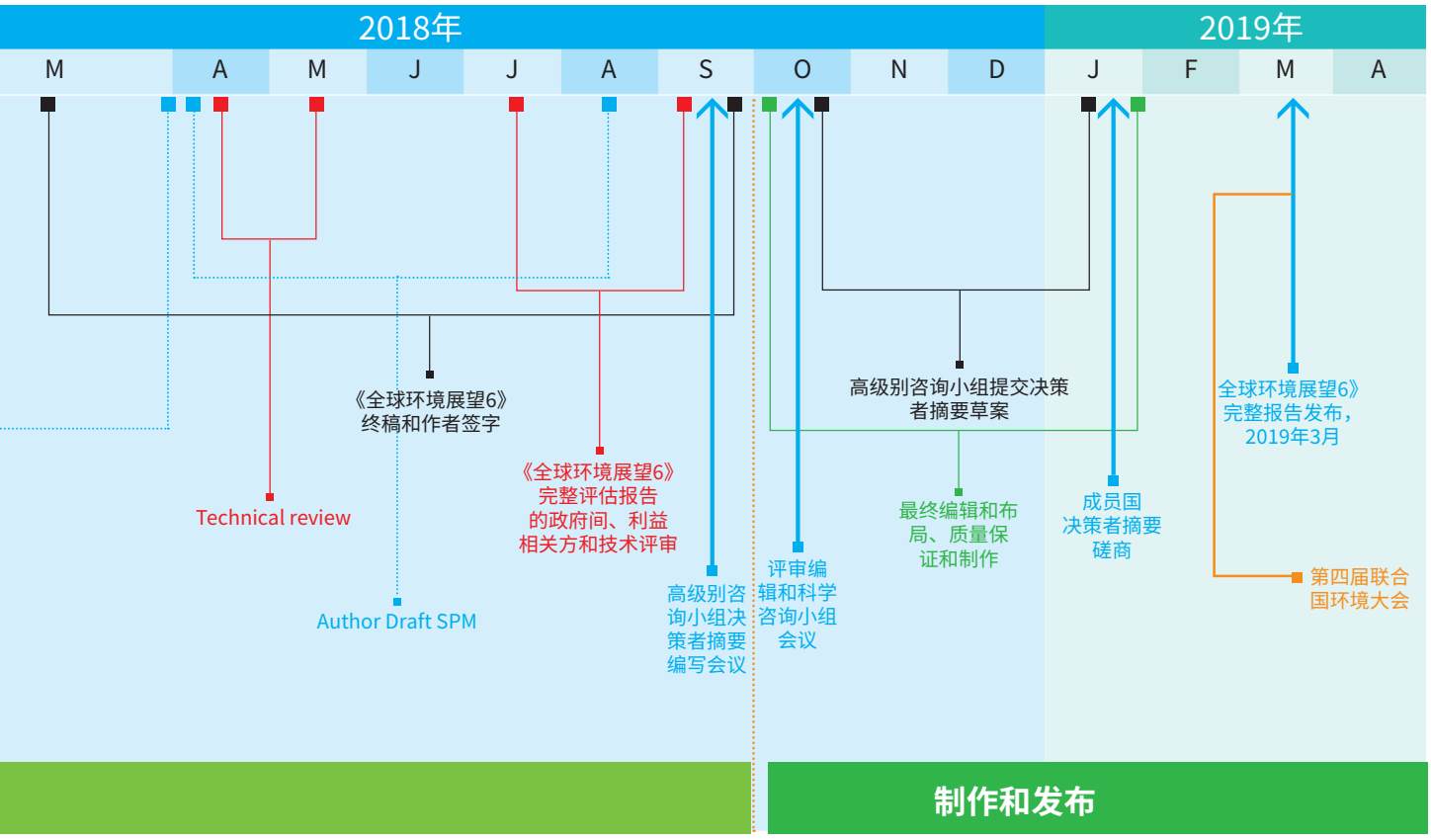
《全球环境展望6》研究员

《全球环境展望6》继续推行2005年在《全球环境展望4》进程期间确立的研究金计划。这样年轻专业人员可以参与编写《全球环境展望》，从而获得大型全球环境评估的经验。共有来自15个国家（或地区）的27名研究员参加了《全球环境展望6》的编写进程。

评审进程

《全球环境展望6》的评估进程进行了五轮评审，有超过1000名专家参与。总体而言，《全球环境展望6》的评估在其不同发展阶段进行了五次评审，该过程获得了超过14,000条意见。基于这一过程，对章节草案进行了重新编写、调整和编辑，以提高质量，同时编写过程得到调整，以提高效率。

评估进程的前九个导言章节：“前言”、“环境变化的驱动力”、“我们的数据和知识现状”、“跨领域问题”以及“全球环境状况”（包括五个主要专题领域：空气、生物多样性、海洋、土地和淡水）在评估进程中首先接受了评审，早于“展



望和政策”章节的评审。在此评审进程结束后，所有章节均提交给技术专家进行评审，然后进行更长时间的政府间和专家评审。在最终评审环节，全部章节既以单独形式提交（独立的25章），也以完整评估报告的形式提交（所有章节作为单一文件）。这样一来，评审员既能评审与其专业领域直接相关的具体章节，也能评审整个评估报告，以评估报告内容的一致性。

在所有评审环节，秘书处均提供了一个“服务台”，以帮助解决评审员在此过程中提出的所有问题或疑虑。在秘书处的协调下，秘书处召集所有评审员参加网络会议，以便在评审进程之前进行前期沟通，并以此方式来追踪进展情况和解答疑问。这些网络会议由秘书处在主要评审编辑的支持下组织召开，主要评审编辑听取所有问题并提供建议。在这些会议期间，讨论了初步评审资料/工具，重点是评审员指引。在每一评审期间，均拟定并更新了评审员工作职责范围，包括《全球环境展望6》评审员的道德责任。在评审期间，秘书处尽可能与所有评审员进行后续电话沟通，以评估进展情况并审查重大截止日期。所有评审电话录音与整个评审小组共享，以确保其他评审员了解任务和未来计划。

《全球环境展望6》的咨询机构

成立了三个外部专门咨询机构，以支持评估进程。

高级别政府间和利益相关方咨询小组

该小组由来自全部六个环境署区域的33名高级政府代表以及8-10个主要利益相关方组成。高级别咨询小组对《全球环境展望6》作者和其他小组进行了评估并制定战略建议，以协助其开展评估工作。该小组还就《全球环境展望6》决策者摘要的结构和内容提供了初步指导，并就决策者摘要草案的最终定稿提供了进一步的指导，以便为最后的政府间磋商做准备。此外，该小组还在整个评估进程中向环境署提供了特别指导，以使《全球环境展望6》的评估进程与其他相关的全球评估保持一致。该小组在2015年至2018年期间共计召开了七场面对面会议。2016年5月至2018年9月期间，该小组在全球评估报告编制过程中每月举行网络会议。

科学咨询小组

该小组由22位杰出的科学家组成，期间，他们召开了五场面对面会议。该小组负责就评估进程的科学可信性提供咨询意见。该小组提供了科学建议；评估和评审进程的标准和准则；并审查了评估进程中期评估的结果。2016年6月至2018年10月期间，该小组在全球评估报告编制过程中每月举行网络会议。

评估方法、数据和资料工作组

该工作组由12名专业人员组成，他们在2015年至2018年期间举行了三次面对面会议，为评估进程提供支持，并就核心数据集和指标的使用提供指导。该工作组与专家进行协商，审查《全球环境展望6》中使用的方法，确定优先环境指标以及数据差距和相关问题。该工作组在整个过程中根据需要举行网络会议。

咨询进程

在整个评估进程中，环境署在所有作者会议上组织进行了小组讨论。这些小组讨论旨在深入探讨与会议召开地区和地点相关的具体环境问题。以下是自《全球环境展望6》评估进程开始以来召开的一些重要会议。

《全球环境展望6》规划会议

2016年5月和6月，与高级别咨询小组和科学咨询小组召开了两场规划会议。在这两场会议上产生了全球评估的最终注释纲要，以及联合主席和主要作者兼协调负责人推荐名单。

全球政府间和多方利益相关方磋商会

该磋商会于2014年10月确定并通过了《全球环境展望6》的范围、目标和进程。与会者认为，《全球环境展望6》将是一项综合环境评估，运用“驱动力–压力–状况–影响–响应”因果框架方法。该报告将以区域评估为基础，还包括一份经政府间磋商确定的决策者摘要。报告中的分析旨在向公共和私营部门（如企业和青年）的目标受众（包括决策者）提供调查结果和成果。

展望专家会议

2018年5月召开了一场展望专家组会议，通过整合吸收由科学编辑提供的所有评论意见以及在第二稿技术评审阶段收到的评论意见，将“政策”章节完善达到第三稿的质量水平。

政策专家会议

2018年6月召开了一场政策专家组会议，通过整合吸收由科学编辑提供的所有意见和评论以及在第二稿技术评审阶段收到的意见和评论，将“政策”章节完善达到第三稿的质量水平。

全球作者会议

2017年2月、2017年5月、2017年10月和2018年2月召开了四次全球制作和作者会议，会上讨论并制定了《全球环境展望6》章节内容和概述，整合吸收了评论意见，且协调了不同的方法和起草风格。

章节工作组会议

针对不同章节召开了数百场网络会议，以编制、评审和修订各章的草案。

决策者摘要政府间会议

2019年1月21日至24日，在肯尼亚内罗毕召开了最终开放式政府间会议，磋商并通过了《全球环境展望6》的决策者摘要（SPM）。共计95个政府的代表参加了该会议，会议通过了决策者摘要，该文件介绍了《全球环境展望6》的政策相关调查结果，并作为单独的文件发布。《全球环境展望6》决策者摘要已提交给第四届联合国环境大会批准。

《全球环境展望6》将在第四届联合国环境大会期间发布。《全球环境展望6》突出了地球以及人类的现状、趋势和前景，并介绍了超过35项政策（已评估其成效）的案例研究。

《全球环境展望6》不仅强调不及时采取行动存在的风险，而且重点介绍了变革我们的经济、环境和社会系统以实现真正可持续发展世界的路径。

有关详细信息，请访问https://www.unenvironment.org/global-environment-outlook。

附录

《全球环境展望6》

全球政府间和多方利益相关方磋商会声明柏林，2014年10月21日至23日

UNEP/IGMC.2 Rev.2

加强科学政策接口：

建立2015年后发展议程的证据基础

2014年10月23日

工作安排

全球政府间和多方利益相关方磋商会（IGMS）于2014年10月21日至23日在柏林举行。来自100多个政府的133名代表参加了本次会议。

本次会议由联合国环境规划署执行主任阿奇姆·施泰纳（Achim Steiner）主持开幕。

随后执行官员遴选程序。Idunn Eidheim（挪威）和Majid Shafie-Pour博士（伊朗）当选为联合主席。Peter Denton博士（主要群体和利益相关方）当选为报告员。

背景

本次磋商会上提到了“里约+20峰会”成果文件和理事会早些时候的决定，尤其是联合国环境大会第4号决议和第10号决议。

秘书处介绍了《全球环境展望5》独立评估的建议，其中表明需要：

“（1）促进利益相关方的参与；（2）强化能力建设；（3）提高对灰色文献和本土知识的运用；（4）促进各种规模的相关性；（5）加强发展中国家的参与；（6）促进信息获取；（7）运用基于结果的管理和评估证据；（8）改善财务规划和资金。”

本次会议的与会者注意到了评估结果，并表示有必要促进主要群体和利益相关方（尤其是私营部门和非政府组织）更广泛的参与，并扩大与目标受众的联系。分析应当运用各种知识体系，包括在经同行评审科学文献、灰色文献、数据和本土和地方知识的使用方面的公认指引。需要制定明确的流程和组织体系，以确保可信性、合法性和相关性。评估应当基于往期《全球环境展望》报告、其他相关政府间组织的工作和进程（包括多边环境协定），确保协同一致，从而维持其影响力和功能性，以便不断审查环境状况。

在第四项议程下，与会者讨论了《全球环境展望6》的政策选项和时间安排。

《全球环境展望6》的内容结构

本次会议的与会者认为，《全球环境展望6》应该是一项综合环境评估，在概念框架中运用“驱动力–压力–状况–影响–响应”方法。该报告将以区域评估为基础，还包括一份经政府间磋商确定的决策者摘要。报告中的分析旨在向全球和地方各级公共和私营部门的目标受众（包括决策者）提供调查结果和成果。

《全球环境展望6》将包括三个主要的分析部分。

全球环境：状况和趋势

第一部分将通过分析空气、生物群、土地和水以及它们对环境和人类福祉的多重贡献来分析环境状况和趋势。这将通过分析与气候变化、环境灾难、粮食、能源、人类健康、经济发展、资源利用、化学品和废弃物、文化与社会以及相关政策等跨领域问题的相互作用来实现。

环境政策、目标和目的：政策响应与选项回顾

第二部分将对环境状况和趋势以及全球和区域环境目标和目的之间的联系进行政策分析，包括国家政策应对措施中的目标和目的，以及对其进展的评估。

全球环境展望

第三部分将对大趋势和环境变化进行综合分析，并参考建模、情景和区域展望的成果。该部分的分析将借鉴《全球可持续发展报告》，并为2015年后发展议程的环境组成部分提供支持。

《全球环境展望6》的时间安排

与会者对以下交付日期给予广泛支持：区域评估报告将在2016年初完成，第六期《全球环境展望》的完整报告和决策者摘要将在2018年之前完成，且在联合国环境规划署与各国政府协商确定的适当活动中交付。区域评估工作将在2015年进行。环境署执行主任将在2016年向第二届联合国环境大会报告进展情况。

《全球环境展望6》的进程和运作结构

与会者表示支持建立两个咨询机构：高级别政府间和利益相关方咨询小组（HLG）和科学咨询小组（SAP）。还将成立评估方法、数据和资料工作组。高级别政府间和利益相关方咨询小组将由来自每一联合国区域的五名代表以及来自主要群体和利益相关方的五名代表组成。科学咨询小组将由来自每一联合国环境规划署区域的三名代表以及最多六名全球专家组成。

评估方法、数据和资料工作组将由来自每一联合国环境规划署区域的三名代表以及最多六名全球专家组成。与会者表示希望鼓励具备本土和地方知识的个人参与到此工作中。

《全球环境展望6》的其他工作人员包括：主要作者兼协调负责人（CLA）、主要作者、本期研究员（不超过20人）、全球专家、区域专家、实践社区调解员、评审编辑以及评审员。

与会者讨论了适用于附件一中所示运作结构的工作职责范围。

根据往期《全球环境展望》和其他国际科学评估的实践，主要作者兼协调负责人将准备《全球环境展望6》的技术摘要，并与高级别政府间和利益相关方咨询小组密切合作且在该小组的领导下撰写决策者摘要的磋商草案，确保在草案中体现《全球环境展望6》的技术层面。将在专门的政府间和利益相关方会议上对决策者摘要展开磋商。

应注意的是，秘书处将利用环境署实况平台来加强能力建设，并通过为《全球环境展望6》实践社区和提名门户提供这一平台来支持《全球环境展望6》进程。环境署实况平台还将通过与联合国环境经济核算体系和指标制定相关的数据收集来支持全球和区域分析，包括鼓励分享和获取国家数据和信息，关联来自不同语言领域的同行评审文献，以及提供从可识别的公共来源获取的本土和地方知识和信息。还应提供关于环境署实况平台为各国带来的惠益、多边环境协定在环境署实况平台中发挥的作用以及环境署实况平台的工作方案的信息。

与会者支持在《全球环境展望6》进程中利用实践社区来鼓励各群体之间分享知识，增加利益相关方的参与度，以及促进能力发展。将针对《全球环境展望6》进程和区域评估中的主要区域建立实践社区。将通过研究金计划、实施国家报告系统以及参与区域环境信息网络和区域评估来支持能力建设。

将邀请相关多边环境协定组织、国际组织和科学机构积极参与《全球环境展望6》进程。

与会者支持基于以下原则开展多阶段同行评审。第一，应当整合吸收尽可能最佳的科学和技术建议，以确保评估工作代表了最新的科学、技术和社会经济成果，且尽可能全面。第二，确保评审过程中的充分传阅，保证评审专家不参与自身编写内容的评审工作，尤其注意要尽可能让发展中国家专家参与进来。第三，政府进行的同行评审应兼顾技术和政策层面，同时适当尊重评审员的独立性。最后，多阶段评审进程应保持平衡、开放且透明。借鉴生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台和政府间气候变化专门委员会的流程工具，确定利益冲突问题。

提名程序

与会者强调，《全球环境展望6》全体参与人员的遴选应当采用公开透明的提名程序，借助环境署实况平台中的《全球环境展望6》提名门户网站完成。专家将由环境署根据附件二中列出的标准以透明的方式提名，在此过程中，有必要考虑地域、学科和性别平衡问题。提名期将持续至2015年1月31日。遴选程序将于2015年2月28日结束。若理由合理，延期提名人选也将被接受。选定的咨询机构专家和被提名者将被送交各国政府审查。选定专家名单将在线公布。

高级别政府间和利益相关方咨询小组的政府代表必须由各国政府提名，并将以此身份行事。利益相关方代表的遴选程序将接受环境署主要群组和利益相关方部门的监督。高级别政府间和利益相关方咨询小组成员的遴选程序将由联合国区域组内部确定。

提名程序将在秘书处向各国政府、主要群体和利益相关方发出函件后启动。该函件将采用相关的联合国工作语言拟定，并附上《全球环境展望6》进程的详细信息，包括专家报酬和《全球环境展望6》的时间表。

缩略词

AaaS	分析即服务
ABNJ	国家管辖范围以外区域
ADB	亚洲开发银行
AEM	农业环境措施
AIDS	艾滋病
AGGI	年度温室气体指数
ALRTI	急性下呼吸道感染
AMAP	北极监测与评估计划
AMCEN	非洲环境问题部长级会议
AMD	酸性矿山废水
AOC	关注领域
ASEAN	东南亚国家联盟
ASGM	手工和小规模采金
BACT	最佳可行控制技术
BaP	苯并[a]芘
BAT	最佳可行技术
BAU	“一切照旧”
BC	黑碳
BECCS	生物能源与碳捕获和储存
BEV	纯电动汽车
CA	保护性农业
$CaCO_3$	碳酸钙
CAP	共同农业政策（欧盟）
CAS	化学文摘服务
CBMIS	基于社区的监测和信息系统
CBD	《生物多样性公约》
CBMIS	基于社区的监测和信息系统
CBO	国会预算办公室
CCAC	（减少短期气候污染物）气候和清洁空气联盟
CCAK	肯尼亚清洁炉灶协会
CCAMLR	南极海洋生物资源保护委员会
CCB	中国建设银行股份有限公司
CCE	气候变化教育
CCFSC	洪水和风暴控制中央委员会
CCP	指挥和控制政策
CFC	氟氯烃
CCS	碳捕获和储存
CD	光盘
CDC	疾病管制与预防中心（美国）
CEC	1）新兴污染物；或 2）环境合作委员会（根据《北美自由贸易协定》）
CEDS	社区排放数据系统
CENESTA	可持续发展与环境中心
CFC-11	三氯氟甲烷
CH_4	甲烷
CITES	《濒危野生动植物物种国际贸易公约》
CLRTAP	《远程跨界大气污染公约》
CLTS	社区主导的全面卫生
CMM	皮肤恶性黑色素瘤
CMS	《保护迁徙野生动物物种公约》
CNS	中枢神经系统
CO	一氧化碳
CO_2	二氧化碳
COMEAP	空气污染物对医疗影响研究委员会
CONAFOR	墨西哥国家林业委员会
COP	缔约方会议
COPD	慢性阻塞性肺疾病
CORSIA	国际航空碳抵消和减排计划
CSDH	健康问题社会决定因素委员会
CSIRO	联邦科学与工业研究组织（澳大利亚）
CSML	气候科学建模语言
CSO	公民社会组织
DaaS	数据即服务
DALY	伤残调整寿命年
DDT	滴滴涕杀虫剂（二氯二苯二氯乙烷）
DEFRA	环境、食品和农村事务部（英国）
DESD	联合国可持续发展教育十年计划（《联合国防治荒漠化公约》）
DFO	渔业和海洋部（加拿大）
DIF	目录交换格式
DLDD	荒漠化、土地退化和干旱（《联合国防治荒漠化公约》）
DPSIR	驱动力–压力–状况–影响–响应
DRR	减少灾害风险
DSI	沙尘暴强度
DSF	沙尘暴频率
DWAF	水务和林业部（南非）
EAP	环境行动计划（欧盟）
EBA	基于生态系统的适应
EBAFOSA	基于生态系统的粮食安全适应大会
EC	欧盟委员会
ECLAC	联合国拉丁美洲/加勒比海经济委员会
EDC	内分泌干扰物
EEA	欧洲环境署
EGA	《环境产品协定》
EIA	1）能源信息署（美国）；或 2）环境影响评估
EID	新兴传染病
EIP	经济激励政策
ELD	“土地退化经济学”倡议
EML	生态元数据语言

ENGO	环保非政府组织
EPA	1）环境绩效评估；或 2）环保署（美国）
EPI	环境政策整合
GLOBE	有益于环境的全球性学习与观察计划
GLRI	大湖区恢复倡议
GM	基因改造
GMACC	气候变化全球军事咨询委员会
GMO	转基因生物
GMSL	全球平均海平面
GNH	国民幸福指数
GPA	《保护海洋环境免受陆地活动影响全球行动纲领》
GRI	全球报告倡议组织
GSP	普惠制
ESA	1）环境敏感区；或 2）欧洲航天局
$GtCO_2$	千兆吨二氧化碳
ESD	可持续发展教育
ESDIS	地球科学数据和信息系统
EU	欧盟
FAO	联合国粮食及农业组织
FBS	食物平衡表（粮农组织）
FBSP	免费提供基本卫生用品政策
FBWP	免费提供基本用水政策
FIT	上网电价补贴
FSC	森林管理委员会
G7	七国集团（加拿大、法国、德国、意大利、日本、英国、美国）
GACC	全球清洁炉灶联盟
GAEC	良好的农业和环境条件（欧盟）
GAP	全球可持续发展教育行动计划
GAWSiS	全球大气监视站信息系统
GBD	全球疾病负担
GBR	大堡礁
GBRMPA	大堡礁海洋公园管理局
GCM	1）大气环流模式；或 2）全球气候模型
GDI	汽油缸内直喷
GDP	国内生产总值
GEA	全球环境评估
GEF	全球环境基金
GEMI	联合国水协调机制组织综合监测倡议
GEO	全球环境展望
GEOSS	全球综合地球观测系统
GESAMP	海洋环境保护科学问题联合专家组
GGEO	全球性别与环境展望
GGW	绿色长城（中国）
GHG	温室气体
GIS	地理信息系统
GLADIS	全球土地退化信息系统
GLASOD	全球人为诱导土壤退化状况评价
GTP	全球温度潜势
GW	千兆瓦
GWG	全球工作组
GWP	1）全球水伙伴；或 2）全球暖化潜势
ha	公顷
HALE	健康调整期望寿命年
HCFC	含氢氯氟烃
HEI	美国健康影响研究所
HFC	氢氟碳化物
Hg	汞
HIV	艾滋病毒
HLPF	可持续发展高级别政治论坛
HS	协调制度
IAEG	1）机构间专家组；或 2）国际商定环境目标
IAM	综合评估模型
IAS	外来入侵物种
ICAO	国际民用航空组织
ICCA	土著和社区保护地
ICCT	国际清洁运输委员会
ICMM	国际采矿与金属委员会
ICP	国际合作计划
ICPDR	国际保护多瑙河委员会
ICS	改进炉灶
ICT	信息和通信技术
IDMC	境内流离失所问题监测中心
IDP	境内流离失所者
IEA	1）国际能源署；或 2）综合环境评估
IFAW	国际爱护动物基金会
IFPRI	国际粮食政策研究所
IGRAC	国际地下水资源评估中心
IIED	国际环境与发展研究所
IJC	国际联合委员会
IK	本土知识
ILBM	湖泊流域综合管理
ILO	国际劳工组织
IMO	国际海事组织
INBO	流域组织国际网络
INDC	国家自主贡献预案
INTERPOL	国际刑警组织
IPLC	土著人民和当地社区
IPAT	影响=人口×富裕程度×技术
IPBES	生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台
IPCC	政府间气候变化专门委员会

IRDA	马来西亚依斯干达特区发展局
ISA	国际海底管理局
ISO	国际标准化组织
ITF	国际交通运输论坛
ITPS	政府间土壤技术小组
ITQ	个体可转让配额
IUCN	国际自然及自然资源保护联盟
IUU	非法、未报告和无管制捕捞
IWRM	水资源综合管理
JMP	世界卫生组织/联合国儿童基金会水供应和卫生设施联合监测方案
JRC	联合研究中心（欧盟委员会）
LA	地方当局
LAC	拉丁美洲和加勒比海地区
LAER	最低可达排放率
LANCE	地球观测系统陆地大气近实时能力
LCT	低碳技术
LDN	土地退化零增长（《联合国防治荒漠化公约》）
LMO	改性活生物体
LMMA	当地管理的海洋区域
LPG	液化石油气
LPI	地球生命力指数
LSF	大规模渔业
LTEMP	格伦峡谷大坝长期实验和管理计划
MAP	《巴塞罗那公约》地中海行动计划
MARPOL	《防止船舶污染国际公约》
MCA	澳大利亚矿业委员会
MDG	千年发展目标
MEA	1）多边环境协定；或 2）千年生态系统评估
MEB	多重证据基础
MPA	海洋保护区
MRV	测量、报告和验证
MSY	最大可持续产量
MTFR	技术可行范围内最大化减排
MUDP	环保技术开发和示范项目（丹麦）
MUFPP	《米兰城市粮食政策公约》
N_2O	氧化亚氮
NAAQS	《国家环境空气质量标准》（美国）
NAP	国家适应计划
NASA	国家航空航天局（美国）
NAZCA	非国家行为者气候行动区域
NBS	基于自然的解决方案
NBSAP	国家生物多样性战略与行动计划
NcML	netCDF标记语言
NCP	自然对人类的贡献
NCSDs	国家可持续发展委员会
NDC	国家自主贡献
NDVI	归一化植被指数
NEPA	《国家环境政策法》（美国）
NFCP	天然林资源保护工程（中国）
NGO	非政府组织
NH_3	氨
NIP	国家实施计划
NMVOC	非甲烷挥发性有机化合物
NO_2	二氧化氮
NOAA	国家海洋和大气管理局（美国）
NOWPAP	西北太平洋海洋和沿海地区环境保护、管理与开发行动计划
NO_x	氮氧化物
NPP	净初级生产力
NSPS	新源绩效标准
NT	免耕
O_3	臭氧
OC	有机碳
OCP	有机氯农药
ODA	官方发展援助
ODS	消耗臭氧层物质
OECD	经济合作与发展组织
OSCAR	观测系统性能分析和评审
OSPAR	《保护东北大西洋海洋环境公约》
PA	保护区
PACC	太平洋地区适应气候变化
PAME	保护区管理有效性评估
PAH	多环芳烃
PAR	保护、适应及撤退
PAWS	保护亚洲野生动物物种
Pb	铅
PBDE	多溴联苯醚
PBT	持久性生物累积性有毒物质
PCB	多氯联苯
PCFV	清洁燃料和车辆伙伴关系
PCN	多氯化萘
PEER	“出版与欧洲研究生态”项目
PES	生态系统服务付费
PFAS	全氟及多氟烷基化合物
PFC	全氟化合物
PFI	端口燃油喷射
SFM	可持续森林管理
SGSV	斯瓦尔巴全球种子库
SIA	可持续性影响评估
SIDS	小岛屿发展中国家
SLCP	短期气候污染物
SLM	可持续土地管理
PHE	菲
SO_2	二氧化硫
PM	颗粒物
PM_{10}	颗粒物，直径10微米（0.01毫米）或更小
$PM_{2.5}$	颗粒物，直径2.5微米（0.0025毫米）或更小

POPs	持久性有机污染物
PoWPA	保护区工作计划
PPP	1）购买力平价；或
	2）公私伙伴关系
PPSR	公众参与式科学研究
PRTR	污染物排放与转移登记
R&D	研究与开发
RACT	合理可用控制技术
RBFM	基于权利的渔业管理
RBG	基尤皇家植物园
RBM	基于恢复力的管理
RBO	流域组织
RCP	代表性浓度路径
RD&D	研究、开发和演示
REACH	《关于化学品注册、评估、授权与限制制度》（欧盟）
REC	可再生能源信贷
REDD	减少毁林和森林退化所致排放量
RES	可再生能源系统
RFMO	区域渔业管理组织
RLI	红色名录指数
ROD	决策记录
RPS	可再生能源比例标准
SaaS	软件即服务
SADC	南部非洲发展共同体
SAICM	《国际化学品管理战略方针》
SBI	附属履行机构
SBSTTA	科学、技术和工艺咨询附属机构
SCBD	生物多样性公约秘书处
SDG	可持续发展目标
SDGIO	可持续发展目标接口本体
SDMX	统计数据与元数据交换
SDS	沙尘暴
SDS-WAS	沙尘暴预警咨询评估系统
SEA	战略环境评估
SEEA	环境经济核算体系
SensorML	传感器模型语言
SFA	国家林业局（中国）
SPC	1）太平洋共同体秘书处；或
	2）南太平洋共同体
SPREP	太平洋地区环境计划秘书处
SSA	撒哈拉以南非洲
SSF	小规模渔业
SSP	共享社会经济路径
SST	海面温度
TAC	总允许捕获量
TCDD	2,3,7,8-四氯二苯并二恶英
TEEB	生态系统与生物多样性经济学
TEK	传统生态知识
TK	传统知识
TNRSF	三北防护林体系建设工程（中国）
TOAR	《对流层臭氧评估报告》
TSD	贸易和可持续发展
TURF	渔业领土使用权
TWAP	跨界水域评估方案
U5MR	5岁以下儿童死亡率
UK	英国
UN	联合国
UNCCD	《联合国防治荒漠化公约》
UNCDF	联合国资本发展基金
UNCLOS	《联合国海洋法公约》
UNCSD	联合国可持续发展委员会
UNCTAD	联合国贸易和发展会议
UNDP	联合国开发计划署
UNDRIP	《联合国土著人民权利宣言》
UNECE	联合国欧洲经济委员会
UNECLAC	联合国拉丁美洲/加勒比海经济委员会
UNEP	联合国环境规划署
UNEP-DHI	联合国环境规划署水与环境研究所
UN-GGIM	联合国全球地理信息管理专家委员会
UNEP-UNECE	联合国环境规划署 - 联合国欧洲经济委员会
UNEP-WCMC	联合国环境规划署 - 世界保护监测中心
UNESCAP	联合国亚洲及太平洋经济社会委员会
UNESCO	联合国教育、科学与文化组织
UNFCCC	《联合国气候变化框架公约》
UNFPA	联合国人口基金
UNGA	联合国大会
UNHCR	联合国难民事务高级专员办事处（联合国难民署）
UNICEF	联合国儿童基金会
UNIDO	联合国工业发展组织
UNISDR	联合国减少灾害风险办公室
UNODC	联合国毒品和犯罪问题办公室
UNSCN	联合国系统营养问题常设委员会
UNSDSN	联合国可持续发展解决方案网络
US EPA	美国国家环境保护署
USA	美国
USAID	美国国际开发署
UV	紫外线
VGGT	权属负责任治理自愿准则（粮农组织）
VME	脆弱海洋生态系统
WfW	挥发性有机化合物
VWE	脆弱海洋生态系统
WAD	《世界荒漠化地图集》
WASH	水、环境卫生和个人卫生
WAVES	财富核算和生态系统服务价值评估
WBCSD	世界可持续发展工商理事会

WDPA	世界保护区数据库
WEF	世界经济论坛
WFD	欧盟废弃物框架指令
WfW	水工作计划
WHC	《世界遗产公约》
WHO	世界卫生组织
WIPO	世界知识产权组织
WMO	世界气象组织
WOCAT	世界水土保持方法和技术纵览组织
WRI	世界资源研究所
WTO	世界贸易组织
WWAP	世界水资源评估计划
WWF	世界自然基金会
WWF-SA	世界自然基金会南非分会
ZSL	伦敦动物学会

贡献者

《全球环境展望6》的作者团队

联合主席：Paul Ekins【伦敦大学学院，英国】；Joyeeta Gupta【阿姆斯特丹大学，荷兰】。

副主席：Jane Bemigisha【ESIPPS International公司，乌干达】；Kejun Jiang【能源研究所，中国】。

第1章 前言与背景介绍：

Mark Elder【全球环境战略研究所，日本】；Christian Loewe【德国联邦环境署，德国】。

第2章 环境变化的驱动力：

Tariq Banuri【犹他大学，美国】；Matthew Kosko（《全球环境展望》研究员）【犹他大学，美国】；Diego Martino【战略环境咨询公司（AAE）和ORT大学，乌拉圭】；Indu K. Murthy【印度科学理工学院，印度】；Jacob Park【绿山学院，美国】；Fernando Filgueira Prates【乌拉圭信息和研究中心（CIESU），乌拉圭】；Maria Jesus Iraola Trambauer（《全球环境展望》研究员）【伦敦大学学院（UCL），英国】；Dimitri Alexis Zenghelis【伦敦政治经济学院，英国】。

第3章 数据和知识现状：

Graeme Clark【新南威尔士大学，澳大利亚】；Florence Mayocyoc-Daguitan【土著人民政策研究和教育国际中心（Tebtebba），菲律宾】；James Donovan【ADEC Innovations公司，英国】；Pali Lehohla【泛非洲证据研究所，南非】；Sheryl Joy Anne S. Gutierrez【ADEC Innovations公司，菲律宾】；Charles Mwangi【有益于环境的全球性学习与观察计划（GLOBE），肯尼亚】；Amit R. Patel（《全球环境展望》研究员）【Planned Systems International公司，美国】；Joni Seager【宾利大学，美国】；William Sonntag【地球观测组织秘书处，美国】；Michelle Tan【ADEC Innovations公司，肯尼亚】。

第4章 跨领域问题：

Babatunde Joseph Abiodun【开普敦大学，南非】；Giovanna Armiento【意大利国家新技术、能源和可持续经济发展局（ENEA），意大利】；Rob Bailey【皇家国际事务研究所（查塔姆研究所），英国】；Rajasekhar Balasubramanian【新加坡国立大学，新加坡】；Ricardo Barra【康塞普西翁大学，智利】；Kathryn Jennifer Bowen【澳大利亚国立大学，澳大利亚】；John Crump【全球资源信息数据库-阿伦达尔中心，挪威】；Irene Dankelman【奈梅亨拉德堡德大学，荷兰】；Kari De Pryck（《全球环境展望》研究员）【巴黎政治学院，法国】；Riyanti Djalante【联合国大学可持续发展高等研究所，日本】；Monica Dutta【印度能源与资源研究所（TERI），印度】；Francois Gemenne【列日大学雨果天文台，比利时】；Linda Godfrey【科学与工业研究理事会（CSIR），南非】；James Grellier【埃克塞特大学，英国】；Maha Halalsheh【约旦大学，约旦】；Fintan Hurley【职业医学研究所，英国】；Richard King【皇家国际事务研究所（查塔姆研究所），英国】；Andrei P. Kirilenko【佛罗里达大学，美国】；Peter Lemke【阿尔弗雷德韦格纳研究所，德国】；Daniela Liggett【坎特伯雷大学，新西兰】；Robyn M. Lucas【澳大利亚国立大学国家流行病学和人口健康中心，澳大利亚】；Oswaldo Lucon【圣保罗州环境秘书处，巴西】；Katrina Lyne（《全球环境展望》研究员）【詹姆士库克大学，澳大利亚】；Diego Martino【战略环境咨询公司（AAE）和ORT大学，乌拉圭】；Ritu Mathur【印度能源与资源研究所（TERI），印度】；Shanna N. McClain【环境法研究所，美国】；Catherine P. McMullen【斯德哥尔摩环境研究所亚洲中心，泰国】；Emma Gaalaas Mullaney【巴克内尔大学，美国】；Unai Pascual【巴斯克科学基金会（Ikerbasque），西班牙；Leisa N. Perch【SAEDI咨询公司，特立尼达和多巴哥；Marco Rieckmann【费希塔大学，德国】；Fülöp Sándor【国立公共服务大学，匈牙利；Atilio Savino【ARS，阿根廷】；Heinz Schandl【联邦科学与工业研究组织（CSIRO），澳大利亚】；Joeri Scholtens【阿姆斯特丹大学，荷兰】；Patricia Nayna Schwerdtle（《全球环境展望》研究员）【蒙纳士大学，澳大利亚；Joni Seager【宾利大学，美国】；Lei Shi【清华大学，中国；Frank Thomalla【斯德哥尔摩环境研究所亚洲中心，泰国】；Maria Jesus Iraola Trambauer（《全球环境展望》研究员）【伦敦大学学院（UCL），英国】；Laura Wellesley【皇家国际事务研究所（查塔姆研究所），英国】；Caradee Y. Wright【南非医学研究理事会，南非】；Dan Wu【中山大学，中国】；Dimitri Alexis Zenghelis【伦敦政治经济学院，英国】；Caroline Zickgraf【列日大学雨果天文台，比利时】。

第5章 全球环境状况：空气：

Babatunde Joseph Abiodun【开普敦大学，南非】；Kathryn Jennifer Bowen【澳大利亚国立大学，澳大利亚】；Serena H. Chung【美国环境保护署，美国】；Phillip Dickerson【美国环境保护署，美国】；Riyanti Djalante【联合国大学可持续发展高等研究所，日本】；Cristina de B. B. Guerreiro【挪威空气研究所（NILU），挪威】；Chenmin He（《全球环境展望》研究员）【北京大学，中国】；Fintan Hurley【职业医学研究所，英国】；Terry Keating【美国环境保护署，美国】；Andrei P. Kirilenko【佛罗里达大学，美国】；Robyn M. Lucas【澳大利亚国立大学国家流行病学

和人口健康中心，澳大利亚】；John Muthama Nzioka【内罗毕大学，肯尼亚】；Stefan Reis【生态学和水文学研究中心，英国】；Caradee Y. Wright【南非医学研究理事会，南非】。

第6章 生物多样性：

Rob Bailey【皇家国际事务研究所（查塔姆研究所），英国】；Colin Butler【堪培拉大学，澳大利亚】；Irene Dankelman【奈梅亨拉德堡德大学】；Jonathan Davies【不列颠哥伦比亚大学，英国】；Linda Godfrey【科学与工业研究理事会（CSIR），南非】；Jeremy Hills【南太平洋大学，斐济】；Andrei P. Kirilenko【佛罗里达大学，美国】；Daniela Liggett【坎特伯雷大学，新西兰】；Louise McRae【伦敦动物学会动物学研究所，英国】；Gavin Mudd【皇家墨尔本理工大学，澳大利亚】；Dolors Armenteras Pascual【哥伦比亚国立大学，哥伦比亚】；Joni Seager【宾利大学，美国】；Peter Stoett【安大略省理工大学，加拿大】；Carol Zastavniouk（《全球环境展望》研究员）【高达集团，加拿大】；Caroline Zickgraf【列日大学雨果天文台，比利时】。

第7章 海洋和沿海：

AlAnoud Alkhatlan【阿拉伯海湾大学，巴林】；Elaine Baker【悉尼大学全球资源信息数据库-阿伦达尔中心，澳大利亚】；James Grellier【埃克塞特大学，英国】；Peter Harris【全球资源信息数据库-阿伦达尔中心，挪威；Adelina Mensah【加纳大学环境和环境卫生研究所，加纳】；Jake Rice【加拿大渔业及海洋部，荣誉退休者，加拿大】。

第8章 土地和土壤：

Nicolai Dronin【莫斯科国立大学，俄罗斯】；Andrés Guhl【安第斯大学，哥伦比亚】；Gensuo Jia【中国科学院，中国】；Javier Naupari【拉莫林纳国立农业大学，秘鲁】；Darshini Ravindranath（《全球环境展望》研究员）【伦敦大学学院（UCL），英国】；Hung Vo（《全球环境展望》研究员）【哈佛大学设计学院，美国】；Ying Wang（《全球环境展望》研究员）【同济大学，中国】。

第9章 淡水：

Erica Gaddis【犹他州环境质量办公室，美国】；Anna Maria Grobicki【联合国粮食及农业组织，意大利】；Rowena Hay【Umvoto公司，南非】；Gavin Mudd【皇家墨尔本理工大学，澳大利亚】；Walter Rast【德克萨斯州立大学梅多斯水与环境中心，美国】；Jaee Sanjay Nikam【亚利桑那州立大学，美国】；Beatriz Rodríguez-Labajos（《全球环境展望》研究员）（巴塞罗那自治大学，西班牙】；Ying Wang【同济大学，中国】。

第10章 政策有效性的评估方法：

Klaus Jacob【柏林自由大学，德国】；Peter King【全球环境战略研究所，泰国】；Diana Mangalagiu【牛津大学和诺欧商学院，英国】；Beatriz Rodríguez-Labajos（《全球环境展望》研究员）（巴塞罗那自治大学，西班牙】。

第11章 政策理论与实践：

Pedro Fidelman【昆士兰大学未来政策研究中心，澳大利亚】；Leandra Regina Gonçalves【坎皮纳斯州立大学/环境学与环境研究中心（NEPAM），葡萄牙】；Chenmin He（《全球环境展望》研究员）【北京大学，中国】；James Hollway【国际关系及发展研究院，瑞士】；Klaus Jacob【柏林自由大学，德国】；Peter King【全球环境战略研究所，泰国】；Sebastian Sewerin【苏黎世联邦理工学院，瑞士】。

第12章 空气政策：

Frederick Ato Armah【海岸角大学，加纳】；Kari De Pryck（《全球环境展望》研究员）【巴黎政治学院，法国】；Phillip Dickerson【美国环境保护署，美国】；Cristina de B. B. Guerreiro【挪威空气研究所（NILU），挪威】；Terry Keating【美国环境保护署，美国】；Peter King【全球环境战略研究所，泰国】；Oswaldo Lucon【圣保罗州环境秘书处，巴西】；Asami Miyazaki【熊本学园大学，日本】；Amit R. Patel（《全球环境展望》研究员）【Planned Systems International公司，美国】；Stefan Reis【生态学和水文学研究中心，英国】。

第13章 生物多样性政策：

Irene Dankelman【拉德堡德大学，荷兰】；Jonathan Davies【不列颠哥伦比亚大学，英国】；Leandra Regina Gonçalves【坎皮纳斯州立大学/环境学与环境研究中心（NEPAM），葡萄牙】；Souhir Hammami（《全球环境展望》研究员）【柏林自由大学，德国】；Jeremy Hills【南太平洋大学，斐济】；Diana Mangalagiu【牛津大学和诺欧商学院，英国】；Louise McRae【伦敦动物学会动物学研究所，英国】；Nibedita Mukherjee【剑桥大学，英国】；Dolors Armenteras Pascual【哥伦比亚国立大学，哥伦比亚】；Peter Stoett【安大略省理工大学，加拿大】；Caradee Y. Wright【南非医学研究理事会，南非】；Carol Zastavniouk（《全球环境展望》研究员）【高达集团，加拿大】。

第14章 海洋和沿海政策：

AlAnoud Alkhatlan【阿拉伯海湾大学，巴林】；Elaine Baker【悉尼大学全球资源信息数据库-阿伦达尔中心，澳大利亚】；Pedro Fidelman【昆士兰大学未来政策研究中心，澳大利亚】；Leandra Regina Gonçalves【坎皮纳斯州

立大学/环境学与环境研究中心（NEPAM），葡萄牙】；Peter Harris【全球资源信息数据库-阿伦达尔中心，挪威】；James Hollway【国际关系及发展研究院，瑞士】；Rakhyun E. Kim【乌得勒支大学，荷兰】；Diana Mangalagiu【牛津大学和诺欧商学院，英国】；Jake Rice【加拿大渔业及海洋部，荣誉退休者，加拿大】。

第15章 土地和土壤政策：

Katharina Helming【莱布尼农业与景观研究中心（ZALF），德国】；Klaus Jacob【柏林自由大学，德国】；Peter King【全球环境战略研究所，泰国】；Diana Mangalagiu【牛津大学和诺欧商学院，英国】；Andrew Onwuemele【尼日利亚社会与经济研究所（NISER），尼日利亚】；Darshini Ravindranath（《全球环境展望》研究员）【伦敦大学学院（UCL），英国】；Hung Vo【哈佛大学设计学院，美国】；Leila Zamani（《全球环境展望》研究员）【伊朗环境部，伊朗】；Pandi Zdruli【巴里地中海农业研究所，意大利】。

第16章 淡水政策：

Erica Gaddis【犹他州环境质量办公室，美国】；James Grellier【埃克塞特大学，英国】；Anna Maria Grobicki【联合国粮食及农业组织，意大利】；Rowena Hay【Umvoto公司，南非】；Peter King【全球环境战略研究所，泰国】；Naho Mirumachi【伦敦国王学院，英国】；Gavin Mudd【皇家墨尔本理工大学，澳大利亚】；Farhad Mukhtarov【鹿特丹伊拉斯姆斯大学国际社会科学研究所；荷兰】；Jaee Sanjay Nikam【亚利桑那州立大学，美国；Walter Rast【德克萨斯州立大学梅多斯水与环境中心，美国】；Beatriz Rodríguez-Labajos（《全球环境展望》研究员）（巴塞罗那自治大学，西班牙】；Patricia Nayna Schwerdtle（《全球环境展望》研究员）【蒙纳士大学，澳大利亚】。

第17章 跨领域问题的系统性政策方法：

Babatunde Joseph Abiodun【开普敦大学，南非】；Giovanna Armiento【意大利国家新技术、能源和可持续经济发展局（ENEA），意大利】；Rob Bailey【皇家国际事务研究所（查塔姆研究所），英国】；Elaine Baker【悉尼大学全球资源信息数据库-阿伦达尔中心，澳大利亚】；Kathryn Jennifer Bowen【澳大利亚国立大学，澳大利亚】；John Crump【全球资源信息数据库-阿伦达尔中心，挪威】；Irene Dankelman【拉德堡德大学，荷兰】；Riyanti Djalante【联合国大学可持续发展高等研究所，日本】；Monica Dutta【印度能源与资源研究所（TERI），印度】；Fintan Hurley【职业医学研究所，英国】；Klaus Jacob【柏林自由大学，德国】；Rakhyun E. Kim【乌得勒支大学，荷兰】；Peter King【全球环境战略研究所，泰国】；Richard King【皇家国际事务研究所（查塔姆研究所），英国】；Andrei P. Kirilenko【佛罗里达大学，美国】；Oswaldo Lucon【巴西圣保罗州环境秘书处，巴西】；Diana Mangalagiu【牛津大学和诺欧商学院，英国】；Diego Martino【战略环境咨询公司（AAE）和ORT大学，乌拉圭】；Ritu Mathur【印度能源与资源研究所（TERI），印度】；Gavin Mudd【皇家墨尔本理工大学，澳大利亚】。Joni Seager【宾利大学，美国】；Sebastian Sewerin【苏黎世联邦理工学院，瑞士】；Tim Stephens【悉尼大学，澳大利亚】；Patricia Schwerdtle【蒙纳士大学，澳大利亚】；Maria Jesus Iraola Trambauer（《全球环境展望》研究员）【伦敦大学学院（UCL），英国】；Laura Wellesley【皇家国际事务研究所（查塔姆研究所），英国】；Caradee Y. Wright【南非医学研究理事会，南非】。

第18章 政策有效性相关结论：

Klaus Jacob【柏林自由大学，德国】；Peter King【全球环境战略研究所，泰国】；Diana Mangalagiu【牛津大学和诺欧商学院，英国】；Beatriz Rodríguez-Labajos（《全球环境展望》研究员）（巴塞罗那自治大学，西班牙】。

第19章 关于《全球环境展望6》的展望：

Ghassem R. Asrar【西北太平洋国家实验室（PNNL），美国】；Rohan Bhargava（《全球环境展望》研究员）【乌得勒支大学，荷兰】；Paul Lucas【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Laura Pereira【斯泰伦博斯大学转型中复杂系统中心（CST），南非】；Detlef van Vuuren【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Joost Vervoort【乌得勒支大学，荷兰】。

第20章 2050年长期愿景：

Mark Elder【全球环境战略研究所，日本】；Fintan Hurley【职业医学研究所，英国】；Paul Lucas【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Maryam Meftahi（《全球环境展望》研究员）【伊朗德黑兰环境办公室，伊朗】；Detlef van Vuuren【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】。

第21章 无针对性政策情景下的未来发展：

Katherine V. Calvin【西北太平洋国家实验室（PNNL）联合全球变化研究中心，美国】；Serena H. Chung【美国环境保护署，美国】；Mike Harfoot【世界保护监测中心（WCMC）（隶属于联合国环境规划署），英国】；Steve Hedden【丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心，美国】；Barry B. Hughes【丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心，美国】；Fintan Hurley【职业医学研究所，英国】；Alexandre C. Köberle【里约热内卢联邦大学，巴西】；Paul Lucas【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Katrina Lyne（《全球环境展望》研究员）【詹姆士库克大学，澳大利亚】；Jonathan D. Moyer【丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心，美国】；Detlef van Vuuren【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Yoshihide Wada【国际应用系统分析研究所（IIASA），奥地利】。

第22章 实现可持续发展的路径

Lex Bouwman【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Katherine V. Calvin【西北太平洋国家实验室（PNNL）联合全球变化研究中心，美国】；Serena H. Chung【美国环境保护署，美国】；Mike Harfoot【世界保护监测中心（WCMC）（隶属于联合国环境规划署），英国】；Chenmin He（《全球环境展望》研究员）【北京大学，中国】；Steve Hedden【丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心，美国】；Barry B. Hughes【丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心，美国】；Fintan Hurley【职业医学研究所，英国】；Alexandre C. Köberle【里约热内卢联邦大学，巴西】；Paul Lucas【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Jonathan D. Moyer【丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心，美国】；Marco Rieckmann【费希塔大学，德国】；Beatriz Rodríguez-Labajos（《全球环境展望》研究员）（巴塞罗那自治大学，西班牙】；Detlef van Vuuren【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Yoshihide Wada【国际应用系统分析研究所（IIASA），奥地利】。

第23章 自下而上的举措和参与式方法：

Ghassem R. Asrar【西北太平洋国家实验室（PNNL），美国】；Rohan Bhargava（《全球环境展望》研究员）【乌得勒支大学，荷兰】；Laur Hesse Fisher【麻省理工学院，美国】；Angel Hsu【耶鲁大学，美国】；Thomas Malone【麻省理工学院，美国】；Jeanne Nel【阿姆斯特丹自由大学，荷兰】；Laura Pereira【斯泰伦博斯大学转型中复杂系统中心（CST），南非】；Odirilwe Selomane【斯德哥尔摩大学斯德哥尔摩恢复力研究中心，瑞典】；Nadia Sitas【科学与工业研究理事会（CSIR），南非】；Christopher Trisos【马里兰大学国家社会环境综合中心（SESYNC），美国】；Mandy Angèl van den Ende（《全球环境展望》研究员）【乌得勒支大学，荷兰】；Joost Vervoort【乌得勒支大学，荷兰】；James Ward【南澳大学，澳大利亚】；Amy Weinfurter（《全球环境展望》研究员）【Data-DrivenYale，美国】；Yihao Xie【耶鲁-新加坡国立大学学院，新加坡】；Yaolin Zhang【耶鲁-新加坡国立大学学院，新加坡】。

第24章 未来之路：

Ghassem R. Asrar【西北太平洋国家实验室（PNNL），美国】；Kei Gomi【国立环境研究所，日本】；Steve Hedden【丹佛大学弗雷德里克·S·帕迪国际未来研究中心，美国】；Fintan Hurley【职业医学研究所，英国】；Klaus Jacob【柏林自由大学，德国】；Mikiko Kainuma【全球环境战略研究所，日本】；Peter King【全球环境战略研究所，泰国】；Diana Mangalagiu【牛津大学和诺欧商学院，英国】；Paul Lucas【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】；Robyn M. Lucas【澳大利亚国立大学国家流行病学和人口健康中心，澳大利亚】；Laura Pereira【斯泰伦博斯大学转型中复杂系统中心（CST），南非】；Alexis Rocamora【全球环境战略研究所，日本】；Mandy Angèl van den Ende（《全球环境展望》研究员）【乌得勒支大学，荷兰；Detlef van Vuuren【荷兰环境评估机构（PBL），荷兰】。

第25章 未来的数据和知识需求：

Graeme Clark【新南威尔士大学，澳大利亚】；Daniel Cooper【牛津大学，英国】；Florence Mayocyoc-Daguitan【土著人民政策研究和教育国际中心（Tebtebba），菲律宾】；James Donovan【ADEC Innovations公司，英国】；Pali Lehohla【泛非洲证据研究所，南非】；Sheryl Joy Anne S. Gutierrez【ADEC Innovations公司，菲律宾】；Nina Kruglikova【牛津大学，英国】；Charles Mwangi【有益于环境的全球性学习与观察计划（GLOBE），肯尼亚】；Amit R. Patel（《全球环境展望》研究员）【Planned Systems International公司，美国】；Joni Seager【宾利大学，美国】；William Sonntag【地球观测组织秘书处，美国】；Michelle Tan【ADEC Innovations公司，肯尼亚】。

研究员：

AlAnoud Alkhatlan【阿拉伯海湾大学，巴林】；Rohan Bhargava【乌得勒支大学，荷兰】；Kari De Pryck【巴黎政治学院，法国】；Priyanka DeSouza【麻省理工学院，美国】；Souhir Hammami【柏林自由大学，德国】；Chenmin He【北京大学，中国】；Matthew D. Kosko【犹他大学，美国】；Katrina Lyne【詹姆士库克大学，澳大利亚】；Maryam Meftahi【伊朗德黑兰环境办公室，伊朗】；Semie Memuna【国际治理创新中心，加拿大】；Emma Gaalaas Mullaney【巴克内尔大学，美国】；Jaee Sanjay Nikam【亚利桑那州立大学，美国】；Amit R. Patel【Planned Systems International公司，美国】；Darshini Ravindranath【伦敦大学学院（UCL），英国】；Beatriz Rodríguez-Labajos【巴塞罗那自治大学，西班牙】；Mayar Sabet【阿拉伯地区和欧洲环境与发展中心，埃及】；Joeri Scholtens【阿姆斯特丹大学，荷兰】；Patricia Nayna Schwerdtle【蒙纳士大学，澳大利亚】；Maria Jesus Iraola Trambauer【伦敦大学学院（UCL），英国】；Natalie Unterstell【巴西】；Mandy Angèl van den Ende【乌得勒支大学，荷兰】；Hung Vo【哈佛大学设计学院，美国】；Ying (Grace) Wang【同济大学，中国】；Amy Weinfurter【Data-Driven Yale，美国】；ChangXia Wu【戴尔豪斯大学，加拿大】；Leila Zamani【伊朗环境部，伊朗】；Carol Zastavniouk【高达集团，加拿大】。

高级别政府间和利益相关方咨询小组：

Nassir S. Al-Amri【阿卜杜勒-阿齐兹国王大学，沙特阿拉伯】；Hæge Andenæs【气候与环境部，挪威】；Juan Carlos Arredondo【环境与自然资源秘书处，墨西

哥】；Julio Baena（替补）【环境部，巴西】；Sara Baisai Feresu【津巴布韦大学，津巴布韦】；Benon Bibbu Yassin【自然资源、能源与环境部，马拉维】；Simon Birkett【伦敦清洁空气组织，英国】；Gillian Bowser【科罗拉多州立大学，美国】；Joji Carino【“森林人民计划”，英格兰】；Fernando E.L.S. Coimbra【巴西联邦共和国大使馆，巴西】；Pascale Collas【加拿大环境和气候变化部，加拿大】；Marine Collignon（替补）【外交事务与国际发展部，法国】；Victoria de Higa Rodriguez【环境与可持续发展部，阿根廷】；Laksmi Dhewanthi【环境和林业部，印度尼西亚】；Noasilalaonomenjahary Ambinintsoa Lucie【环境生态与森林部，马达加斯加】；Arturo Flores Martinez（替补）【环境与自然资源部，墨西哥】；Sascha Gabizon【WECF International，德国】；Prudence Galega【环境、自然保护与可持续发展部，喀麦隆】；Edgar Gutiérrez Espeleta【哥斯达黎加大学，哥斯达黎加】；Keri Holland（替补）【美国国务院，美国】；Pascal Valentin Houénou（副主席）【Nangui Abrogoua大学，科特迪瓦】；Yi Huang（联合主席）【北京大学，中国】；Mork-Knutsen Ingeborg（替补）【气候与环境部，挪威】；Melinda Kimble【联合国基金会，美国】；Asdaporn Krairapanond【自然资源和环境政策及规划办公室，泰国】；Yaseen M. Khayyat【环境部长，约旦】；Pierluigi Manzione【意大利环境土地和海洋部，意大利】；Veronica Marques（替补）【环境部，巴西】；Jock Martin【欧洲环境署，丹麦】；John M. Matuszak【美国国务院，美国】；Megan Meaney【地方政府可持续发展理事会（ICLEI），加拿大】；Naser Moghaddasi【环境部，伊朗】；Bedrich Moldan【布拉格查理大学，捷克】；Roger Roberge【加拿大环境和气候变化部，加拿大】；Najib Saab【气象与环境保护总局，沙特阿拉伯】；Mohammed Salahuddin【环境、森林与气候变化部，印度】；Jurgis Sapijanskas（替补）【法国生态和包容性过渡部，法国】；Paolo Soprano（联合主席）【意大利环境、领土与海洋部，意大利】；Xavier Sticker【环境部，法国】；Sibylle Vermont（副主席）【瑞士联邦环境办公室，瑞士】；Andrea Vincent（替补）【哥斯达黎加大学，哥斯达黎加】；Terry Yosie【世界环境中心，美国】。

科学咨询小组：

Asma Abahussain【阿拉伯海湾大学，巴林】；John B.R Agard【西印度群岛大学，牙买加】；Odeh Al-Jayyousi【阿拉伯海湾大学，巴林】；Paulo Eduardo Artaxo Netto【圣保罗大学，巴西】；Rosina M. Bierbaum【密歇根大学，美国】；Enrico Giovannini【罗马第二大学，意大利】；Sarah Green（联合主席）【密歇根理工大学，美国】；Torkil Jønch Clausen【世界水资源协会，法国】；Ahmed Khater【国家水资源研究中心，埃及】；Nicholas King（联合主席）【独立人士，南非】；Paolo Laj【环境科学研究所，法国】；Byung-Kook Lee【韩国环境研究所，韩国】；Alastair Charles Lewis【约克大学，英国】；Franklyn Lisk【华威大学和英格兰之心，英国】；Majid Shafiepour Motlagh【德黑兰大学，伊朗】；Carlos Afonso Nobre【国家气候变化科学技术研究所，巴西】；Toral Patel-Weynand【美国国家森林局，美国】；Anand Patwardhan【马里兰州公共政策学院，美国】；N.H Ravindranath【印度科学理工学院，印度】；Wendelin Stark【苏黎世联邦理工学院，瑞士】；Danling Tang【中国科学院，中国】；Maria del Mar Viana Rodriguez（副主席）【西班牙国家研究委员会，西班牙】；Naohiro Yoshida【东京工业大学，日本】。

评估方法、数据和资料工作组：

Maria Andrzejewska【联合国环境规划署/全球资源信息数据库-华沙，波兰】；Ousséni Arouna【国立科学、技术、工程和数学大学，贝宁】；Sandra De Carlo（联合主席）（主席职位（巴西））；Rosario Gomez【太平洋大学，秘鲁】；Wabi Marcos【气候变化管理与环境部，贝宁】；Reza Maknoon【阿米尔卡比尔理工大学，伊朗】；Graciela Metternicht【新南威尔士大学，澳大利亚】；Thy Nguyen Van【越南环境总署，越南】；Nicolas Perritaz（联合主席）【联邦环境办公室，瑞士】；Qurat ul Ain Ahmad【全球环境影响研究中心，巴基斯坦】；Mathis Wackernagel【全球足迹网络，美国】；Fei Wang【西北农林科技大学，中国】。

联合国环境规划署扩展团队：

Misha Alberizzi；Neville Ash；Jennifer Bailey；Matthew Billot；Peter Bjornsen；Oli Brown；Alex Caldas；Kilian Christ；Thierry De Oliveira；Fanny Demassieux；Francesco Gaetani；Tessa Goverse；Alexander Juras；Thomas Koetz；Pushpam Kumar；Monika MacDevette；Tomas Marques；Jacqueline McGlade；Abdelmenam Mohamed；Pascal Peduzzi；Corli Pretorius；Rula Qalyoubi；Tatiana Terekhova；Frank Turyatunga；Dirk Wagener；Clarice Wilson；Jinhua Zhang；Laetitia Zobel；Jochem Zoetelief；Sheeren Zorba。

来自其他联合国机构和受邀参加评审的伙伴机构的评审员：

Maher Amer【保护红海和亚丁湾环境区域组织】；Joseph Appiott【《生物多样性公约》组织】；Regina Asariotis【联合国贸易和发展会议】；Alfonso Ascencio-Herrera【国际海底管理局】；Julian Barbière【联合国教育、科学与文化组织】；Uwe Barg【联合国粮食及农业组织】；Stefano Belfiore【世界气象组织】；Maija Bertule【联合国环境规划署水与环境研究所】；Marie Bourrel-McKinnon【国际海底管理局】；Edgard Cabrera【世界气象组织】；Michele Cavinato【联合国难民署】；Isabel Chavez【联合国教育、科学与文化组织】；Nishikawa Chihiro【联合国教育、科学

与文化组织】;Genevieve Connors【世界银行】;Rey Da Silva【联合国教育、科学与文化组织】;Mario Abel Diaz Anzueto【生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台】;Fanny Douvere【联合国教育、科学与文化组织】;Milen F. Dyoulgerov【世界银行】;Paul Egerton【世界气象组织】;Kim Friedman【联合国粮食及农业组织】;Dirk Glaesser【世界旅游组织】;Paul Glennie;Sarah Grimes【世界气象组织】;Ulrike Guerin【联合国教育、科学与文化组织】;Fredrik Haag【国际海事组织】;Valerie Hikey【世界银行】;Jan Hladik【联合国教育、科学与文化组织】;Andrew Hudson【联合国开发计划署】;Byonug-Hwa Hwang【世界银行】;Peter Koefoed Bjørnsen【联合国环境规划署水与环境研究所】;Neno Kukuric【联合国国际地下水资源评估中心】;Juhyun Lee【《生物多样性公约》组织】;Annukka Lipponen【联合国欧洲经济委员会】;Gareth James Lloyd【联合国环境规划署水与环境研究所】;Michael Lodge【国际海底管理局】;Warren Lee Long【太平洋地区环境计划秘书处】;Robert Masters【世界气象组织】;Arni Mathiesen【联合国粮食及农业组织】;Chris McOwen【联合国环境规划署世界保护监测中心】;Kate Medlicott【世界卫生组织】;Stefan Micalle【国际海事组织】;Hassan Mohammadi【海洋环境保护区域组织】;Wahid Mouffadal;Audrey Nepveu【国际农业发展基金】;David Osborn【国际原子能机构】;Sivaji Patra【南亚合作环境计划】;Manzoor Qadir【联合国大学】;Mechtild Rössler【联合国教育、科学与文化组织】;Vladimir Ryabinin【联合国教育、科学与文化组织】;Susana Salvador【《保护东北大西洋海洋环境公约》组织】;Zita Sebesvari【联合国大学环境与人类安全研究所】;Cameron Shilton【联合国难民署】;Monika Stankiewicz【赫尔辛基委员会】;Christian Susan【联合国工业发展组织】;Peter Wolfgang Swarzenski【国际原子能机构】;Xu Tang【世界气象组织】;Tumi Tómasson【联合国大学渔业培训项目】;Brandt Wagner【国际劳工组织】;Sara Walker【世界资源研究所】;Marcus Wijnen【世界银行】;Andrew Wright【南极海洋生物资源保护委员会】;Joseph Zelasney【联合国粮食及农业组织】;Wenjian Zhang【世界气象组织】。

外部评审员[2]:

Magdi Tawfik Abdelhamid【埃及】;Mohamed Abdel-Monem【埃及】;Ahmed Abdelrehim【埃及】;Anwar Abdo【巴林】;Amani Abdou【尼日尔】;Maisharou Abdou【尼日尔】;Abdulkader Abed【约旦】;Mohamed Jamil Saleh Anbdulrazzak【沙特阿拉伯】;Ehsan Abedualemer Jassem Abbas【伊拉克】;Mohammad Abido【叙利亚】;Tamiru Alemayehu Abiye【埃塞俄比亚】;Iyad Aburdeineh【巴勒斯坦】;Khaled Abu-Zeid【埃及】;Priscilla Mbarumun Achakpa【尼日利亚】;David Acosta【哥伦比亚】;Mange Ram Adhana【印度】;Alphonse Adite【贝宁】;Carolina Adler【智利】;Jean Paul Brice Affana【喀麦隆】;John B.R. Agard【特立尼达和多巴哥】;Maxime Agossou【贝宁;Christer Ågren;Qurat ul Ain Ahmad【巴基斯坦;Emmanyel Adegboyega Ajao【尼日利亚】;Afif Akel【约旦】;Hajime Akimoto;Thabit Zahran Salim Al Abdulsalaam【阿曼】;Abdulwali Al-Aghbari【叙利亚;Mohammad Al Ahmad【科威特】;Amani Abdullah Al-Assaf【约旦;Seyed Kazem Alavipanah【伊朗;Amr Osama Al-Aziz【埃及】;Susan Al Banaa【伊拉克;Khaldoun Al-Bassam【伊拉克】;Pedro Manuel Alcolado-Menendez【古巴】;Nourah Alenezi【科威特】;Meshari Al-Harbi【科威特】;Belal Al-Hayek【叙利亚】;Suzan Al-Ajjawi【巴林】;Lilian Alessa【加拿大】;Björn Alfthan【加拿大】;Fatima Alhemyani【美国】;Israa Jassim Mohamed Ali【伊拉克】;Thamer Ali【伊拉克】;MohammedAl-Kalbani【阿曼】;Al-Anoud Al-Khatlan【科威特】;MukdadAl-Khateeb【伊拉克】;Hussien Al-Kisswani【约旦】;Myles Allen【英国】;Ismail Almadani【巴林】;Mazen Almalkawi【约旦】;Mouza Al Mansouri【阿联酋】;Dora Almassy【匈牙利】;Reem AlMealla【巴林】;Khawla Al Muhannadi【巴林】;Mubarak Aman Al-Noaimi【巴林】;Savas Alpay【土耳其】;Israa Jasim Al-Rubaye【伊拉克】;Khalid Al-Rwis【沙特阿拉伯】; Yaser Al-Sharif【约旦】;Omran Alshibabi【叙利亚】;Afaf Sayed Ali Al-Shoala【巴林】;Wasan Alaa A-Deen Mahmood Al-Tai' e【伊拉克】;Shubar Ebrahim Al-Widae【巴林】;Ibrahim Al Zu' bi【约旦】;Farshad Amiraslani【伊朗】;Soudabeh Amiri【伊朗】;Patila Malua Amosa【萨摩亚】;Joseph Armathé Amougou【喀麦隆】;Koffi Gautier Amoussou【贝宁 ;Martin Andriamahafehiarivo【马达加斯加】;Luciano Andriamaro【马达加斯加】;Rivoniony Andrianasolo【马达加斯加】;Maria Andrzejewska【波兰 ;Muhammad Rehan Anis【巴基斯坦】;Marina Antonopoulou【希腊】;Ken Anthony;Lawrence Anukam【尼日利亚】;Chika Aoki-Suzuki【日本】;Chandani Appadoo【毛里求斯】;Bernadette Arakwiye【美国】;Mojtaba Ardestani【伊朗】;Herto Dwi Ariesyady【印度尼西亚】;Maria Teresa Armijosburneo【英国】;Hyacinth Armstrong-Vaughn【巴巴多斯】;Luca Arnold【瑞士】;Ousséni Arouna【贝宁】;Awadis Arslan【叙利亚】;Gulaiym Ashakeeva【吉尔吉斯斯坦】;Hamed Assaf【约旦】;Nibal Assaly【约旦】;Nabegh Ghazal Asswad【叙利亚】;Fakher Aukour【约旦】;Hassan Awad【埃及】;Katia Awaujo【美国】;Mouina Badran【叙利亚】;Marc Baeta【西班牙】;Festus D. Kibiri Bagoora【乌干达】;Kenneth Bagstad【美国】;Alkiviadis F. Bais【希腊】;马里ni Balakrishnan【印度】;Rajasekhar

2 列出的外部评审员包括实际评审或受邀评审《全球环境展望6》报告的人士。

Balasubramanian【新加坡】;Robert Baldwin【英国】;Bhawna Bali【印度】;Samjwal Ratna Bajracharya【尼泊尔】;Jamal Ali Bamaileh【沙特阿拉伯】;Jayanta Bandyopadhyay;Manjushree Banerjee【印度】;Abderrazak Bannari【加拿大】;Grazia Barberio【意大利】;Francisco José Barbosa de Oliveira Filho【巴西】;Garfield Barnwell【圭亚那】;Ana Flávia Barros-Platiau;Edwin A. Barry【美国】;Christian Barthod【法国】;Ferdo Basic【克罗地亚】;Andrea Bassi【意大利】;Vidya Batra【印度】;Maarten Bavinck【荷兰】;Yannick Beaudoin【加拿大】;Sarah Bell【澳大利亚】;Jane Bemigisha【乌干达】;Magnus Bengtsson【瑞典】;Mirta Estela Benítez Herrera【巴拿马】;Abdelaziz Benjouad【摩洛哥】;Thomas Bernauer【瑞士】;Luis Berríos-Negrón【波多黎各】;Suress Bhagwant【毛里求斯】;Souvik Bhattacharjya【印度】;Inogwabini Bila-Isia【刚果】;Peter Koefoed Bjørnsen;Dylan Blake【南非】;Gabriel Blanco【阿根廷】;Raimund Bleischwitz【德国】;Ivan Blinkov【北马其顿】;Rizaldi Boer【印度尼西亚】;Chandradeo Bokhoree【毛里求斯】;JariyaBoonjawat;Helvecia María Bonilla Delgado【巴拿马】;Jared Bosire【肯尼亚】;Zalia Yacouba Boubacar【尼日尔】;Nouzha Bouchareb【摩洛哥】;Philippe Bourdeau【比利时】;Kerry W. Bowman【加拿大】;Hans Brauch【德国】;Jean-Jacques Gabriel Marie Braun【法国】;Bernard Brillet【法国】;Stefan Bringezu【德国】;Ravina Brizmohun【毛里求斯】;Lluis Brotons;Bradford Brown【美国】;Carl Bruch;Claudia Brunori【意大利】;Neil Burgess;Reginald Burke【巴巴多斯】;Monday Businge【乌干达】;Thomas Butler【美国】;Isabella Buttino【意大利】;Enrico Cabras【意大利】;Jialiang Cai【中国】;Edison Calderón【厄瓜多尔】;Pedro Lando Bumba Canga【安哥拉】;Anthony Capon【新西兰】;Rene Pablo Capote- Lopez【古巴】;Wilfredo M. Carandang;Felipe Carazo Ortiz【哥斯达黎加】;Beatriz Cárdenas;Jose Carlos Orihuela【哥伦比亚】;María José Carroquino Saltó【西班牙】;Guillermo Castro【巴拿马】;Ben Cave【英国】;Alexander Ceron【哥伦比亚】;Farid Chaaban【黎巴嫩】;Vanda Chan Ting【萨摩亚】;Alvin Chandra【斐济】;Hoon Chang【韩国】;Vasantha Chase【圣卢西亚】;Rajiv Kumar Chaturvedi【印度】;Deliang Chen【瑞典】;Norma Cherry-Fevrier【圣卢西亚】;Mariano Cherubini【意大利】;Sosten Chiotha【马拉维】;Irene G. Lungu Chipili【赞比亚】;Victoria Chomo【美国】;Nee Sun Choong Kwet Yive【毛里求斯】;Liu Chuang【中国】;Alistair Clark【英国】;Suani Coelho;Augustin Collette;Maria Cordeiro【葡萄牙】;Dana Cordell【澳大利亚】;Robert (Bob) Corell【美国】;Cosmin Corendea【罗马尼亚】;Maria Teresa Cornide - Hernandez【古巴】;Robert (Bob) Costanza【美国】;Tim Coulborn【英国】;Barbara Cremaschi【意大利】;Yiyun (Ryna) Cui;Philippe Cullet【瑞士】;Laura Cutaia【意大利】;Saed Dababneh【约旦】;Arthur Dahl【美国/瑞士】;Allan Dale;Salvatore D' Angelo【意大利】;Karine Danielyan【亚美尼亚】;Hy Dao【瑞士】;Aliou Mohamed Daouda【贝宁】;Sir Partha Dasgupta;Lésan Etiennette FlorenceDassi【贝宁】;Divya Datt【印度】;Liliana Dávalos;Eric A. Davidson【美国】;John Day【美国】;Sandra De Carlo【巴西】;Fábio De Castro【巴西】;Francesca De Crescenzo【意大利】;Sabino De Gisi【意大利】;Roberto Bonilla De La Lastra【巴拿马】;Genoveva Clara de Mahieu【阿根廷】;Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza【巴西】;Tom De Meulenaer【比利时】;Laura De Simone Borma【巴西】;Elizabete de Souza Cândido【巴西】;Roberto De Vogli【意大利】;Cassandra De Young【美国】;Dimitry D Deheyn【比利时】;Alex Dehgan【美国】;RosarioDel C. Oberto G.【巴拿马】;Getahun Demissie Gemeda【埃塞俄比亚】;Andriy Demydenko【乌克兰】;Manfred Denich【德国】;Nickolai Denisov【俄罗斯】;Peter Denton【加拿大】;Michael Depledge【英国】;Shobhakar Dhakal【尼泊尔】;Yakhya Aicha Diagne【塞内加尔】;Sandra Myrna Diaz【阿根廷】;Susana Beatriz Diaz【阿根廷】;Robert Didham【美国】;Yihun Dile【埃塞俄比亚】;Guglielmina Diolaiuti【意大利】;Salif Diop【塞内加尔】;Rodolfo Dirzo【墨西哥】;Pierre Francois Djocgoue【喀麦隆】;Gordana Djurovic【塞尔维亚】;Isaac Gcina Dladla【斯威士兰】;Edward J. Dlugokencky【美国】;Tomoko Doko【日本】;Kumar Dookhitram【毛里求斯】;William Dougherty【美国】;Marra Dourma【多哥】;Stephen Dovers;Ousmane Drame【塞内加尔】;R Driejana【印度尼西亚】;Paul Dumble【英国】;Anton Earle【南非】;Jonas Ebbesson;Kristie L. Ebi;François Edwards;Blaise Efendene【喀麦隆】;Ehab Eid【约旦】;Akram Eissa Darwich【叙利亚】;Hossam El Din Elalkamy【埃及】;Manal Elewah【埃及】;Yomn El Hamky【埃及】;Essam El-Hinnawi【埃及】;Nagwa El Karawy El Karawy【埃及】;Abdelfattah El Kassab【摩洛哥】;AhmedEl-Kholei【埃及】;Lorraine Elliott;Asim El Moghraby【苏丹】;Kassem El Saddik【黎巴嫩】;Amr Abdel-Aziz El-Sammak【埃及】;Hany Gaber El Shaer【埃及】;Mohamed Eltayeb【苏丹】;Wael El Zerey【巴勒斯坦】;Lisa Emberson【英国】;Tareq Emtairah【埃及】;Francois Alwyn Engelbrecht【南非】;Jonathan Ensor【英国】;Mamaa Entsua-Mensah【加纳】;Velasco Saldana Hector Erik;Kevin Erwin【美国】;Carlos Ariel Escudero Nuñez【巴拿马】;Lima Euloge【贝宁】;Jaén Núñez Eustorgio【巴拿马】;Olivier Evrard【比利时】;Joan Fabres【西班牙】;Sunita Facknath【毛里求斯】;Hilde Fagerli;Marco Falconi【意大利】;Amy Fallon【英国】;Nadim Farajalla【黎巴嫩】;Zilda Maria Faria

Veloso【巴西】;Akhmad Fauzi【印度尼西亚】;Benjamin Fayomi【贝宁】;Asghar Mohammadi Fazel【伊朗】;Daniel Feldman【美国】;Fabio Feldmann;Maurizio Ferrari【意大利】;Beatrice Ferreira【巴西】;Francisco Ferreira;Manoel Ferreira Cardoso【巴西】;Christian Flachsland【德国】;Martina Floerke【德国】;Arturo Flores Martinez【墨西哥】;Cheikh Fofana【塞内加尔】;Gary Foley【美国】;DDM Fonollera【菲律宾】;Jaume Fons-Esteve【西班牙】;Patrick Forghab Mbomba【喀麦隆】;Eric Fotsing【喀麦隆】;Ulrich Franck【德国】;Niki Frantzeskaki【希腊】;Naoya Furuta【日本】;Françoise Gaill【法国】;Samia Galal【埃及】;Elsa Patricia Galarza Contreras【秘鲁】;François Galgani【法国】;Easter Catherine Galuvao【萨摩亚】;Edson Gandiwa【津巴布韦】;Nadezhda Gaponenko【俄罗斯】;Jennifer Garard【加拿大】;Dida Gardera【印度尼西亚】;Luca Garibaldi【意大利】;Hathairatana Garivait;Jean-Marc Garreau【法国】;Domenico Gaudioso【意大利】;Jose Marcelo Gaviño Novillo【阿根廷】;Chazhong Ge【中国】;Louis Géli【法国】;Ibrahim Abdel Gelil【埃及】;Giorgos 格鲁吉亚dis【希腊】;Nesreen Ghaddar【黎巴嫩】;Nadia Abdul Ghaffar【沙特阿拉伯】;RaziehGhayuomi【伊朗】;Shahina Ghazanfar【英国】;Fereidoon Ghazban【伊朗】;Kidane Giday Gebremedhin【埃塞俄比亚】;Vladimir Gil Ramon【秘鲁】;Aidan Gilligan【爱尔兰】;Hector Ginzo【阿根廷】;Naituli Gitile【肯尼亚】;Jane Glavan【加拿大】;Biljana Gligoric【塞尔维亚和黑山】;Kissao Gnandi【多哥】;William Godfrey【美国】;Khatuna Gogaladze【格鲁吉亚】;Jose Gómez【西班牙】;Carlos Gómez【巴拿马】;Rosario Gómez【秘鲁】;Tania Merino Gómez【古巴】;Paulo Rogério Gonçalves【巴西】;AndyGonzalez;Rianna Gonzales【特立尼达和多巴哥】;Chris Gordon;Alexander Gorobets【乌克兰】;Zhou Goumei【中国】;Edwin Grandcourt【英国】;Gilles Grandjean【法国】;Marco Grasso【意大利】;Julie Greenwalt【美国】;Christophe Grenier【法国】;Renáta Grófová【斯洛伐克】;Sergey Gromov【俄罗斯】;Cisse Gueladio【科特迪瓦】;Katharina Gugerell【奥地利】;Richard Guldin【美国】;Jing Guo【中国】;Eshita Gupta【印度】;Joyeeta Gupta【荷兰】;Jeannette Denholm Gurung【美国和英国】;David I. Gustafson【美国】;Ayma Abou Hadid【埃及】;Joanna Haigh【英国】;Muki Haklay【以色列】;Catherine Hallmich【加拿大】;David Halpern【美国】;Shadi Hamadeh【黎巴嫩】;Muhannad Hamed【约旦】;GarbaHamissou【尼日尔】;Waleed Hamza;Quentin Hanich;Muhammad Hanif【巴基斯坦】;James Hansen【美国】;Rikke Munk Hansen【丹麦】;Fahad Hareb【阿联酋】;Khaled Allam Harhash【埃及】;Stuart L. Hart【美国】;Kristopher Hartley;Chris Hartnady【南非】;Muhamm Zia Ur Rahman Hashmi【巴基斯坦】;Amna Ibrahim Hassan【苏丹】;Rashed Abdul Karim Hassan【巴林】;Tareq Ahmed Abdo Hassan【也门】;Imad Hassoun【叙利亚】;Christophe Häuser【德国】;Marcus Haward;Charlie Heaps【美国】;Lisa Hebbelmann【南非n】;Anhar Hegazi【埃及】;Gabriele Clarissa Hegerl【英国】;Sherry Heileman【特立尼达和多巴哥】;Alan Hemmings;Yves Henocque【法国】;Sunil Herath【澳大利亚】;Gladys Hernandez-Pedraza【古巴】;Jeffrey Herrick;Mark Hibberd;Kevin Hicks【英国】;Ivonne Higuero【巴拿马】;Colin D. Hills【英国】;Denise Hills【巴西】;Alistair Hobday;Ove Hoegh-Guldberg;Holger Hoff【德国】;Ron N. Hoffer【美国】;Niklas Höhne【德国】;Jose Holguin-Veras【哥斯达黎加】;Katherine Homewood【英国】;Yasuhiko Hotta【日本】;Christophe Sègbè Houssou【贝宁】;Solomon Hsiang【美国】;Jinhui Jeanne Huang【加拿大】;Marc Hufty【瑞士】;Carol Hunsberger【加拿大】;Nataliia Husieva【乌克兰】;Raja Imran Hussain【奥地利】;Malaki Iakopo【萨摩亚】;Karen Hussey;Anastasiya Idrisova【塔吉克斯坦】;Taema Imo-Seuoti【萨摩亚】;David Inouye【美国】;Leilani Duffy Iosefa【萨摩亚】;Roger Noel Iroume【喀麦隆】;Douglas Irwin;Abdullaev Iskandar;Toko Imorou Ismaïla【贝宁】;Yuyun Ismawati【印度尼西亚】;Mirjana Ivanov【黑山】;Maria Ivanova【保加利亚】;Gokul Iyer;Richard J.T. Klein;Rima Jabado【加拿大】;Tronczynski Jacek【法国】;Mark Z. Jacobson【美国】;Joy Jadam【黎巴嫩】;Anita James【圣卢西亚】;Chubamenla Jamir【印度】;Sadik Bakir Jawad【伊拉克】;Ljubomir Jeftic【克罗地亚】;Seongwoo Jeon【韩国】;Kejun Jiang【中国】;Zhigang Jiang【中国】;Prisca Roselyne Sènami Jimaja【贝宁】;Luz Adriana Jimenez【哥伦比亚】;Refiloe Joala【南非】;Lyndon John【圣卢西亚】;Francis Johnson【美国】;Alirou Yedidia Jonas【尼日利亚】;Julia Jones】;Richard 约旦【美国】;Omar Jouzdan【叙利亚】;Kupiainen Kaarle;Pavel Kabat】;Adel Abdel Kader【埃及】;Thoko Kaime【英国】;Sankwe Michael Kambole【赞比亚】;Anurag Kandya【印度】;Paula Kankaanpää【芬兰】;Shilpi Kapur【印度】;Ghada Kassab【约旦】;Bronwyn Keatley【加拿大】;Bibi Nasreen Khadun【毛里求斯】;Talib Khalaf【伊拉克】;Ahmed Khaled MostafaAbdel Wahid【埃及】;Ziad Khalifa【埃及】;Ahmed Khalil【苏丹】;Shaker Khamdan【巴林】;Ahmed S. Khan【加拿大和塞拉利昂】;Azmat HayatKhan【巴基斯坦】;Muhammad Ajmal Khan;Imad Khatib【约旦】;Sayed Khalil Khattari【约旦】;Charles Kihampa【坦桑尼亚】;Jeong In Kim【韩国】;Danielson Kisanga【坦桑尼亚】;Leo Klasinc【克罗地亚】;Carlos Augusto Klink【巴西】;Zoran Kljajic【黑山】;Stefan Knights【圭亚那】;John Knox;Reto Knutti【瑞士】;Lilja Dóra Kolbeinsdóttir【冰

岛】；Richard Kock【英国】；Marcel Kok【荷兰】；Souleymane Konate【科特迪瓦】；Peter Kouwenhoven【荷兰】；Martin Kowarsch【德国】；Nawarat Krairapanond【泰国】；Tom Kram【荷兰】；Pavel V.Krasilnikov【俄罗斯】；Prabhakar Sivapuram Venkata Rama Krishna【印度】；Indu Krishnamurthy【印度】；Jürgen P. Kropp【德国】；Nina Kruglikova【俄罗斯】；Ida Kubiszweski【美国】；Michael Kuhndt【德国】；Tiina Kurvits【加拿大】；Sigrid Kusch【德国】；Johan Kuylenstierna【瑞典】；Hammou Laamrani【摩洛哥】；Jean-Philippe Lagrange【法国】；Elton Laisi【马拉维】；Annamaria Lammel【法国】；Johan Larsson【瑞典】；Jonatan Lassa；Márton László【匈牙利】；Mojib Latif【德国】；Edwin Laurent【圣卢西亚】；Roberto Lava【意大利】；Kai Po Jenny Law【中国】；Yoon Lee【韩国】；Enrique Lendo Fuentes【墨西哥】；Louis Lengrendre【加拿大】；Cuauhtemoc Leon【墨西哥】；Vanessa Leonardi【意大利】；David Lesolle【博茨瓦那】；Marc Levy【美国】；Xia Li【中国】；Mweemba Liberty；Hanlie Liebenberg-Enslin；Zuzana Lieskovská【斯洛伐克】；Willem Ligtvoet【荷兰】；Bundit Limmeechokchai【泰国】；Rosilena Lindo【巴拿马】；Mark Little【美国】；Yu Liya E【新加坡】；Josep Enric Llebot【西班牙】；Ivana Logar【克罗地亚】；Francesco Loro【意大利】；Andreas Löschel【德国】；Heila Lotz-Sisitka【南非】；Ronald Loughland【澳大利亚】；Gordon Lovegrove【加拿大】；Naglaa M. Loufty【埃及】；L. Hunter Lovins【美国】；Shengji Luan【中国】；Jesada Luangjame；André Lucena【巴西】；Shuaib Lwasa【乌干达】；Patricia Maccagno【阿根廷】；Mary MacDonald【加拿大】；Georgina Mace；Masego Madzwamuse【南非】；Clever Mafuta【津巴布韦】；Flora John Magige【坦桑尼亚】；Robin Mahon【巴巴多斯】；Juliette Maitre【法国】；Nada Majdalani【巴勒斯坦】；Anna Makarova【俄罗斯】；Majid Makhdoum【伊朗】；Reza Maknoon【伊朗】；Malayang III【菲律宾】；Sri Ramachandra Murthy Manchiraju【印度】；Makoala Marake【莱索托】；Ney Maranhão【巴西】；Wabi Marcos【贝宁】；Sergio Margulis【巴西】；Adama Mariko【马里】；Marina Markovic【黑山】；Prasad Modak【印度】；Eric Martin【法国】；Miguel Martìnez【瓜地马拉】；Maria Amparo Martinez Arroyo【墨西哥】；Olena Maslyukivska【乌克兰】；Mohammad Masnavi【伊朗】；Rania Masri【黎巴嫩】；Vlado Matevski【北马其顿】；Jörg Matschullat【德国】；Vedast Max Makota【坦桑尼亚】；Simone Maynard【澳大利亚】；Hermann Désiré Mbouobda【喀麦隆】；Kezia Mwanga Mbwambo；Patrick Adrian McConney【巴巴多斯】；Bruce McCormack【南非】；Michael McGrady【美国】；Liana Mcmanus；Victor Makarius Mdemu【坦桑尼亚】；Shahbaz Mehmood【巴基斯坦】；Antonio Augusto Melo Malard【巴西】；Graciela Metternicht【阿根廷】；Karina Miglioranza【阿根廷】；Piotr Mikolajczyk【波兰】；Richard Mills；Ziad Mimi【约旦】；Emmanuel Charles Mkomwa【马拉维】；Jennifer Mohamed-Katerere【津巴布韦】；Tzepo Mokuku【莱索托】；Luisa T. Molina；Giuseppina Montanari【意大利】；Lourenço Monteiro de Jesus【Sao Tome and Principe】；Iliana Monterroso【瓜地马拉】；Felipe Montoya-Greenheck【哥斯达黎加】；Adam Moolna【英国】；Claudio Morana【意大利】；Ana Rosa Moreno【墨西哥】；Tiffany Morrison；Ozore Mossana【中非共和国】；Pargol Ghavam Mostafavi【伊朗】；Stanley Mubako【津巴布韦】；Ackmez Mudhoo【毛里求斯】；Prisca Mugabe【津巴布韦】；Ijaz Muhammad【巴基斯坦】；Arif Goheer Muhammad【巴基斯坦】；Dusko Mukaetov【北马其顿】；Rupa Mukerji；Yacob Mulugetta；Olegario Pablo Muniz-Ugarte【古巴】；Kevi Murphy【美国】；Radhika Murti【斐济】；Josephine Kaviti Musango【肯尼亚】；Patience Mutopo【津巴布韦】；Iyngararasan Mylvakanam；Nora Mzavanadze【立陶宛】；Etien N' Dah【科特迪瓦】；Mohamed Nabil Chalabi【叙利亚】；Cuthbert L. Nahonyo【坦桑尼亚】；M P Sukumaran Nair【印度】；Adil Najam；Evelyn Namubiru-Mwaura【肯尼亚】；Stephen Nanthambwe【马拉维】；Humood AbdullaNaser【巴林】；Nabil Z. Nasr【美国】；Shahida Nasreen Zakir【巴基斯坦】；Nabil Nassif【埃及】；Nilwala Nayanananda【斯里兰卡】；Mzime Ndebele- Murisa【津巴布韦】；Admire Ndhlovu【津巴布韦】；Ousmane Ndiaye【塞内加尔】；Jacques Andre Ndione【塞内加尔】；Cecile Ndjebet【喀麦隆】；Nakicenovic Nebojsa；Filomena Nelson【萨摩亚】；Robin L. Newmark【美国】；Robert Njilla Mengnjo Ngalim【喀麦隆】；Martha Raymond Ngalowera【坦桑尼亚】；Tatiana Ngangoum Nana【喀麦隆】；Édouard Kouakou N' guessan【科特迪瓦】；Thang Nguyen Trung【越南】；Lars Nordberg；Barbara Ntombi【Ngwenya【博茨瓦那】；Kimberly Nicholas【美国】；Mark Nieuwenhuijsen【荷兰】；Maeve Nightingale【英国】；Geert-Jan Nijsten【荷兰】；Ian Noble；William Nordhaus；Pascal Ntahompagaze【布隆迪】；Ernst-August Nuppenau【德国】；Dieudonné Nwaga【喀麦隆】；Julius William Nyahongo【坦桑尼亚】；Kamwenje Nyalugwe【赞比亚】；Deogratius Paul Nyangu【坦桑尼亚】；Douglas Nychka【美国】；Tarcisius Nyobe【喀麦隆】；Nguyen Thi Kim Oanah【越南】；Joseph O' Brien【美国】；Kenneth Ochoa【哥伦比亚】；Karen T. Odhiambo【肯尼亚】；Washington Odongo Ochola【肯尼亚】；Patrick O' Farrell；Ibrahim Oanda Ogachi【肯尼亚n】；Philip Gbenro Oguntunde【尼日利亚】；Krzysztof Olendrzynski；Lennart Olsson【瑞典】；Alice Oluoko-odingo【肯尼亚】；Jean Pierre H.B. Ometto【巴西】；Jean Michel Onana【喀麦隆】；Choon Nam Ong【新加

坡】;James J. Orbinski【加拿大】;Alexander Orlov【英国】;Jean-Nicolas Ormsby【法国】;Isis Karinna Alvarez Ortiz【哥伦比亚】;Ahmad Osman【黎巴嫩】;Eugene Otaigbe Itua【尼日利亚】;Yasser Othman【埃及】;Dorcas Otieno【肯尼亚】;Begüm Ozkaynak【土耳其】;Jon Padgham【美国】;Emilio Padoa-Schioppa【意大利】;Amber Pairis【美国】;Jean Palutikof;Arnico K Panday【尼泊尔】;Ruchi Pant【印度】;Samuel Pare【布基纳法索】;Kwang Kook Park【韩国】;Kemraj Parsram【圭亚那】;Trista Patterson【美国】;Jose Paula【葡萄牙】; Gunter Pauli【比利时】;Rosália Marta Pedro【莫桑比克】;Tony Penikett【加拿大】;Renat Perelet【俄罗斯】;Nicolas Perritaz【瑞士】;Linn Persson【瑞典】;Marcello Petitta【意大利】;Rohan Pett Pethiyagoda【澳大利亚】;Freddy Picado Trana【尼加拉瓜】;Stefano Picchi【意大利】;Ramon Pichs-Madruga【古巴】;Kate Pickett【英国】;Michael D. Pido【菲律宾】;Kevin Pietersen【南非】;Patrícia Pinheiro Beck Eichler【巴西】;László Pintér【匈牙利】;Gilles Pipien【法国】;Were Pitala【多哥】;Andrius Plepys【立陶宛】;Jan Plesnik【捷克】;Erika Podest;Katherine Pond【英国】;Siwatt Pongpiachan【泰 国】;Daniele Ponzi【意大利】;Felix Preston【英国】;Emilia Noel Ptak【丹麦】;Muhammad Qasim【巴基斯坦】;Florian Rabitz;Kareff Rafisura【菲律宾】;Kristin Vala Ragnarsdóttir【冰岛】;David Anthony Raitzer【美国】;Jean Roger Rakotoarijaona【马达加斯加】;Elysé Odon Rakotonirainy【马达加斯加】; Frederic Joel Ramarolahivonjitiana【马达加斯加】;Paul Randrianarisoa【马达加斯加】;Mohamed Abdel Raouf【埃及】;Adel Abdul Rasheed】;Harunur Rashid【孟加拉共和国】;Yousef Rashidi【伊朗】;Anne Rasmussen【萨摩亚】;Jacquis Rasoanaina【马达加斯加】;Valentina Rastelli【意大利】;Jerry Ratsimandresy【马达加斯加】;Akkihebbal Ramaiah Ravishankara【美国】;Brian K. Ray【加拿大】;Hanitriniaina Razafindramboa【马达加斯加】;Keith Reid【澳大利亚】;Françoise Breton Renard【西班牙】;Yuri Resnichenko【乌拉圭】;Lorena Aguilar Revelo【哥斯达黎加】;Markus Reuter【德国】;Frances Brown Reupena【萨摩亚】; Keywan Riahi;Kornelius Riemann【德国】;Ntep Rigobert【喀麦隆】;Sandy Rikoon【美国】;Callum Roberts;Debra Roberts【南非】;Johan Rockström;Jose Manuel Mateo Rodriguez【古巴】;Cesar Edgardo Rodriguez Ortega【墨西哥】;Jenny Roe【英国】;Dilys Roe;Dannely Romano【多米尼加】;Jaime Romero【哥伦比亚】;Espen Ronnenberg【挪威】;Marina Rosales Benites【秘鲁】;Antoni Rosell Melé【西班牙】;Cynthia Rosenzweig;Jean Rosete;Ariana Rossen【阿根廷】;Laurence Rouil;Ximena Rueda Fajardo;Romano Ruggeri【意大利】;Blanca Ruiz Franco【西班牙】;Ernest Rukangira【卢旺达】;Markku Rummukainen【芬兰】;Federico Sabetta【意大利】;Hounada Sadat【叙利亚】;David Saddington【英国】;Tarek Mohie El-Din Sadek【埃及】;Abdul-Karim Sadik【科威特】;Edwin Safari【伊朗】;Donna-May Sakura-Lemessy【特立尼达和多巴哥】;Hilmi Salem【巴勒斯坦】;Samira Omar Salem【科威特】;Jon Samseth【挪威】;Sergio Sánchez;Roberto Sánchez-Rodríguez【墨西哥】;Komla Sanda【多哥】;Simone Sandholz【德国】;Roberto San Jose;Salieu Kabba Sankoh【塞拉利昂】;Shilpanjali Deshpande Sarma【印度】;Makiko Sato【美国】;Elsa Sattout【黎巴嫩】;Geoofrey B. Saxe;Roberto Schaeffer;Rüdiger Markus Holger Schaldach【德国】;Pedro Manuel Scheel Monteiro【南非】;Michael Schlesinger【美国】;Alexander J. Schmidt【德国】;Andreas Schmittner【美国】;Laura Schneider;Thomas Schneider von Deimling【德国】;Roland Scholz【瑞士】;Tina Schoolmeester【比利时】;Dieter Schwela【德国】;William Scott;Jamilla Sealy【巴巴多斯】;Sedigheh sedigheh【伊朗】;Gita Sen【印度】;Kanyinke Sena【肯尼亚】;Sonia I. Seneviratne【瑞士】;Mazen M. Senjab【Syrian Arab Republic】;Daniel Sertvije【英国】;Sunny Seuseu【萨摩亚/新西兰】;Ali Seydou Moussa【尼日尔】;Kalim Shah【特立尼达和多巴哥】;Jeremy D. Shakun【美国】;Merab Sharabidze【格鲁吉亚】;Constantine Shayo【坦桑尼亚】;Charles Sheppard【英国】;Mohamed Yasser Sherif【埃及】;John Shilling【美国】;Binaya Raj Shivakoti【尼泊尔】;Arun Bhaka Shrestha【尼泊尔】;Abdou Salami Amadou Siako【贝宁】;Susana Siar【菲律宾】;Fethi Silajdzic【波黑】;Riziki Silas Shemdoe【坦桑尼亚】;Óscar F. Silvarcampos【秘鲁】;Alan Simcock;Ramesh P. Singh【印度】;Sunita Singh【印度】;Amrikha Singh【圭亚那】;Asha Singh【圭亚那】;Nigel Sizer【英国】;Posa A. Skelton【萨摩亚】;Risa Smith【加拿大】;Lars Tov Søftestad【挪威】;Santiago Solda【阿根廷】;Anama Solofa【萨摩亚】;Pamela Soltis;Andrea Sonnino【意大利】;Viriato Soromenho-marques【葡萄牙】;Edmond Sossoukpe【贝宁】;Doris Soto【智利】;Jeffrey Soule【美国】;Aboubacar Souley【尼日尔】;Ousmane Sow【塞内加尔】;Clive Spash【奥地利】;Olga Speranskaya【俄罗斯】;Simon Spooner【英国】;Mark Stafford Smith;Trajce Stafilov【北马其顿】;Julia A. Stegemann【加拿大】;Martin Steinbacher【德国】;Rolf Steinhilper【德国】;PJ Stephenson【英国】;Wendy Stephenson【英国】;Josephine Stowers Fiu【萨摩亚】;Nina Stoyanova【保加利亚】;Tepa Suaesi【萨摩亚】;AvelinoSuarez-Rodriguez【古巴】;Laura Suazo【洪都拉斯】;Parita Sureshchandrashah【肯尼亚】;Enid J. Sullivan Graham【美国】;Riad Sultan【毛里求斯】;Vanisa F. Surapipith【泰国】;Lawrence Surendra【印

度】;Dinesh Surroop【毛里求斯】;William J. Sutherland】;Chakkaphan Sutthirat【泰国】;Paul Sutton【美国】;Darren Swanson【加拿大】;Mark Swilling;Ian R. Swingland【英国】;Marc Sydnor【美国】;Mouhamadou Bamba Sylla【布基纳法索】;Elemér Szabo【匈牙利】;John Robert Stephen Tabuti【乌干达】;Hippolyte Tapamo【喀麦隆】;Jaume Targa【西班牙】;Vikash Tatayah【毛里求斯】;Azadeh Tavakoli【伊朗】;Mohamed Tawfic Ahmed;Egline Tawuya【津巴布韦】;Anders Telenius【瑞典】;Agossou Brice Hugues Tente【贝宁】;Anyai Thomas【特立尼达和多巴哥】;Wilfried Thuiller;Donatha Damian Tibuhwa【坦桑尼亚】;Virginie Tilot【法国】;Mulipola Tainau Ausetalia Titimaea【萨摩亚】;Eisaku Toda【日本】;Amir Tolouei【伊朗】;Javier Tomasella【阿根廷】;Elham Tomeh【叙利亚】;Masui Toshihiko【日本】;Tibor Tóth【匈牙利】;Yongyut Trisurat【泰国】;George Tsolakis【希腊】;Joy Tukahirwa【乌干达】;Arnold Tukker【荷兰】;Bishnunarine Tulsie【圣卢西亚】;Leonardo Tunesi【意大利】;Carol Turley【英国】;Gemedo Dalle Tussie【埃塞俄比亚】;Hector Tuy【瓜地马拉】;Natalie Unterstell【巴西】;Haman Unusa【喀麦隆】;Nathan M. Urban【美国】;Diana Urge-Vorsatz【匈牙利】;Sybille van den Hove【比利时】;Emma Archer van Garderen【南非】;Eric van Praag【委内瑞拉】;Nguyen Van Thuy【越南】;Marco Vattano【意大利】;Karen Vella;Joberto Veloso de Freitas【巴西】;Joost Vervoort【荷兰】;Sonja Vidic;Petteri Vihervaara【芬兰】;Joanna Vince;Johannes Vogel【德国】;John Vogler;Graham von Maltitz【南非】;Vladimir Vulic【黑山】;Nikola Vulic【黑山】;Mathis Wackernagel【瑞士】;Takako Wakiyama【日本】;Fei Wang【中国】;Supat Wangwongwatana;Mostafa Warith【加拿大】;Robin Warner;Meriel Watts;Kenneth Webster【英国】;Rathnadeera Weddikkara Kankanamge【斯里兰卡】;Judith Weis【美国】;Kadmiel Wekwete【津巴布韦】;Chris West【英国】;James West【澳大利亚】;Henk Westhoek【荷兰】;Florian Wetzel【德国】;Daniel R. Wildcat【美国】;Richard Wilkinson【英国】;Meryl J Williams;John R. A. WILSON【巴巴多斯】;Simon Wilson【英国】;Nicholas Winfield【加拿大】;Ron Witt【美国】;Poh Poh Wong【新加坡】;Jeremy Woods;Lukasz Wyrowski【波兰】;Ran Xie【中国】;Ibouraïma Yabi【贝宁】;Salissou Yahouza【尼日尔】;Changrong Yan【中国】;Naama Raz Yaseef【以色列】;Bullat Yessekin【哈萨克斯坦】;Emmanuel Dieudonné Kam Yogo【喀麦隆】;Anthony Young【加拿大】;Abourabi Yousra【摩洛哥】;Liya Yu【中国台湾】;Sha Yu【中国】;Yuqing Yu【中国】;Abduljalil M. Zainal【巴林】;Bushra M. Zalloom【约旦】;Pandi Zdruli【阿尔巴尼亚】;Irina Safitri Zen【马来西亚】;Saltanat Zhakenova【哈萨克斯坦】;Frank Zimmerman【德国】;Siphamandla Zondi【南非】;Waleed Zubari【巴林】;Claudio Zucca【意大利】;Rami Zurayk【黎巴嫩】;Eric Zusman。

政府间评审员：

Janine van Aalst【荷兰】;Mohammed Abdelraouf;Aisha Al Abdooli【阿联酋】;G.A.U.P. Abeypala【斯里兰卡】;Fábio Abreu【巴西】;Mary Beth Adams【美国】;Henry A. Adornado【菲律宾】;Wills Agricole【塞舌尔】;Aji Awa Kaira【冈比亚】;Jasim AliAl-Amaadi【卡塔尔】;Gustavo Induni Alfaro【哥斯达黎加】;Gudi Alkemade【荷兰】;Ahmed Falah Al-Remithi【卡塔尔】;Travis Ancelet【新西兰】;Mojtaba Ardestani【伊朗】;Robert Argent【澳大利亚】;K. Arulananthan【斯里兰卡】;A.M.A.S. Attanayake【斯里兰卡】;Miak Aw【新加坡】;Fátima Azevedo【葡萄牙】;Mevr.Stephanie Baclin【比利时】;Julio Cesar Baena【巴西】;Bhumika Bakshi【加拿大】;Nyada Yoba Baldeh【冈比亚】; Felipe Barbosa【巴西】;Nathan Bartlett【澳大利亚】;Viviane Bartlett【加拿大】;Julian Bauer【利益相关方】;Elias Begnini【巴西】;Thijs van den Berg【荷兰】;Carmen Terry Berro【古巴】;Brianna Besch【美国】;Medani P. Bhandari【利益相关方】;Meena Bilgi【印度】;Patrick Newton Bondo【利益相关方】;Deborah Bossio;Valerie Brachya【以色列】;Francis Brancart【比利时】;Ben ten Brink【荷兰】;Vitória Adail Brito【巴西】;Hermien Busschbach【荷兰】;João Batista Drummond Câmara【巴西】;Odalys C.Goicochea Cardoso【古巴】;Dr. Edin J. Castellanos【瓜地马拉】; Yan Changrong【中国】; Ge Chazhong【中国】;Marion Cheatle【利益相关方】;Nino Chikovani【格鲁吉亚】;Ga Youn Cho【韩国】;Wacharee Chuaysri【泰国】;Lorenzo Ciccarese【意大利】;Fernando E. L. de S. Coimbra【巴西】;Marine Collignon【法国】;Sarah R. Cooley【利益相关方】;María Verónica Cordova【厄瓜多尔】;Sylvie Cote【加拿大】;Carlos Alberto Coury【巴西】;Zeljko Crnojevic【克罗地亚】;LI Daoji【中国】;Samir Kaumar Das【利益相关方】;Jeff Davis【加拿大】;Alain Decomarmond【塞舌尔】;Paul Deogratius【坦桑尼亚】;Jonathan Derham【爱尔兰】;Brigitte Dessing-Peerbooms【荷兰】;Alvaro Aguilar Díaz【哥斯达黎加】;Ana Lúcia Lima Barros Dolabella【巴西】;Jiang Dong【中国】;AriuntuyaDorjsuren【蒙古】;Aljosa Duplic【克罗地亚】;Ralalaharisoa Christine Edmee【马达加斯加】;Efransjah【Republic of 印度尼西亚】;Arthur Eijs【荷兰】;Pedro Faria【利益相关方】;Parvin Farshchi【伊朗】;Daniel Favrat【瑞士】;Asghar Mohammadi Fazel【伊朗】;Wang Fei【中国】;

George Porto Ferreira【巴西】;MA.Lourdes G. Ferrer【菲律宾】;Liz Fox-Tucker【英国】;Blanca Ruiz Franco【西班牙】;Keondra Freemyn【利益相关方】;Meridith Fry【美国】;Marcus André Fuckner【巴西】;Lourdes Coya de la Fuente【古巴】;Janet Gamble【美国】; Sylla Sékou Gaoussou;Mirela Garaventta【巴西】;Garcia【秘鲁】;Réka Gaul【匈牙利】;Réka Orsolya Gaul【匈牙利】;Zita Géller【匈牙利】;Jennifer Gleed【利益相关方】;Geraldo Sandoval Góes【巴西】;Nino Gokhelashvili【格鲁吉亚】;Elise Golan【美国】;Verónica Gordillo【厄瓜多尔】;A.J.M. Gunasekera【斯里兰卡】;Zhou Guomei【中国】;Gillian Guthrie【牙买加】;Aysun Demet Güvendiren【土耳其】;Hayo Haanstra【荷兰】;Mohamed Salem Hamouda【利比亚】;Dai Hancheng【中国】;David Hanrahan【利益相关方】;Katalin Hargitai【匈牙利】;Radhiya Al Hashimi【利益相关方】;Hasnawir【印度尼西亚】;Chris Heartley【美国】;Guadalupe Heras【厄瓜多尔】;Francisco Heras Hernández【西班牙】;Astrid Hilgers【荷兰】;Elizabeth Hess【加拿大】;Vincent V. Hilomen;John van Himbergen【荷兰】;Keri Holland【美国】;Sung Chul Hong【韩国】;Wang Hongtao【中国】;Soonwhan Hwang【韩国】;Sang-il Hwang【韩国】;Mohamed Abdi Ibrahim【卡塔尔】;Caroline Icaza【厄瓜多尔】;Mork-Knutsen Ingeborg【挪威】;Adriana Jácome【厄瓜多尔】;Darren Janzen【加拿大】;Ehssan A. Jasim【伊拉克】;Maia Javakhishvili【格鲁吉亚】;Kulasekara Jayantha【斯里兰卡】;S.M.D.P. Anura Jayatilake【斯里兰卡】;D.S. Jayaweera【斯里兰卡】; Liu Jianguo【中国】;Xu Jianhua【中国】;Zhang Jieqing【中国】;Jaime Camps Saiz Junior【巴西】;Claudia Kabel【德国】;Bangoura Abdel Kader;Shurooq Saad Kasim【伊拉克】;Patrick Kavanagh【新西兰】;Melih Kayal【土耳其】;Julio Thadeu da Silva Kettelhut【巴西】;Kevin Khng【新加坡】;Joe Kiesecker;Francis Kihumba【肯尼亚】;R.P.P. Kjayasinghe【斯里兰卡】;Andrew Klekociuk【澳大利亚】;Dr.Suranga Kodithuwkku【斯里兰卡】;Lamin Komma【冈比亚】;Tom Kompier【荷兰】;Sasha Koo-Oshima【美国】;Rene Korenromp【荷兰】;Natasa Kova【斯洛文尼亚】;Jasna Kufrin【克罗地亚】;Lei Kun【中国】;Budi Kurniawan【印度尼西亚】;Felipe Rodrigo Cortes Labra【智利】;T.J. Lah【韩国】;David Lapp【加拿大】;Henrik Larsson【瑞典】;Sang Hee Lee【韩国】;Byoungyoon Lee【韩国】;George Leonard【利益相关方】;Tampushi Leonard【肯尼亚】;Ruomei Li【中国】; Ephraim Leibtag【美国】;Régis Pinto de Lima【巴西】;Martin Lok【荷兰】;Ulises Lovera【利益相关方】;Cecilia Loya【葡萄牙】;Gabriel Henrique Lui【巴西】;Carol L. MacCurdy【美国】;Vincent Madadi【肯尼亚】;Jaqueline Leal Madruga【巴西】;Salomar Mafaldo【巴西】;Salomar Mafaldo【巴西】;Mahfudz【印度尼西亚】;Enik□ Zita Majoros【匈牙利】;Mariam Makarova【格鲁吉亚】;Ghulam Mohd Malikyar【阿富汗】;Anna Mampye【南非】;Kätlin Mandel【Estonia】;Cai Mantang【中国】;Molnárné Galambos Mária【匈牙利】;Caitrin Martin【美国】;Jock Martin;Magaly Torres Martínez【古巴】;John Matuszak【美国】;Susannah Mayhew【利益相关方】;Andrew McCartor【利益相关方】;Rob McDonald;Noe Megrelishvili【格鲁吉亚】;Hans Meijer【荷兰】;Agustín Gómez Méndez【哥斯达黎加】;Dan Metcalfe【澳大利亚】;Onana Jean Michael【喀麦隆】;Dr.(Mrs.)Andjelka Mihajlov【利益相关方】;Jason Minor【加拿大】;Abhay Sagar Minz【利益相关方】;Antônio Calazans Reis Miranda【巴西】;Andrés Mogro【厄瓜多尔】;Philip More【美国】;Cristóbal Díaz Morejón【古巴】;Emilio Canda Moreno【西班牙】;Helen Murphy【澳大利亚】;Patricia Murphy【美国】;Richard Mwendandu【肯尼亚】;Ashley Nelson【美国】;Martha Ngalowera【坦桑尼亚】;Lucy Nganga【肯尼亚】;Wu Ning【中国】;Robert Njilla【利益相关方】;Dr. Saad Al Numairi【阿联酋】;Erica L. Nunez【美国】;Engr Hubert Ibezim Nwobi【尼日利亚】;Stephen Mutuku Nzika【肯尼亚】;Peter O.Otieno【肯尼亚】;Pacifica Ogola【肯尼亚】;Kahraman O□uz【土耳其】;Mirian de Oliveira【巴西】;Kennedy Ondimu【肯尼亚】;Alexander R. O' Neill【美国】;Segundo Onofa【厄瓜多尔】;Laivao Orner【马达加斯加】;Sylvie Ote【加拿大】;Mark Overman【荷兰】;Osman Özdemir【土耳其】;Sule Ozkal【土耳其】;GloriaGómez Pais【古巴】;Nirmalie Pallewatta【斯里兰卡】;Toral Patel-Weynand【美国】;Rungnapar Pattanavibool【泰国】;Lakshman Peiris【斯里兰卡】;Pro.Athula Perera【斯里兰卡】;Nicholas Perritaz【瑞士】;Stephen Stec J.D. M. Phil【利益相关方】;Yadira Pilco【厄瓜多尔】;Anita Pirc-Velkavrh【欧洲环境署】;Anabelle Rosalina E. Plantilla【生物多样性管理局】;Pokorny【捷克】;Lukas Pokorny【捷克】;Sharon Polishuk【澳大利亚】;Tereza Ponocna【捷克】;Hugh Possingham【美国自然保育协会】;B.H.J. Premathilaka【斯里兰卡】;Luciana Melchert Saguas Presas【巴西】;Christopher Prins【美国】;Justin Prosper【塞舌尔】;Eric Rabenasolo【马达加斯加】;Kamal Kumar Rai【利益相关方】;Indrika Rajapaksha【斯里兰卡】;Jean Roger Rakotoarljaona【马达加斯加】;Ranto Rakotoaridera【马达加斯加】;Paul Ralison【马达加斯加】;Joel Frederic Ramarolahivonjtlana【马达加斯加】;Carlota de Azevedo Bezerra Vitor Ramos【巴西】;Yvette Ramos【瑞士】;Sampath Aravinda Ranasinghe【斯里兰卡】;Yousef Rashidi【伊朗】;Jacquis Rasoaniaina【马达加斯加】;Jolanta Rawska-Olejniczak【波兰】;Omer van Renterghem【荷兰】;Caroline Ridley【美

国】;Monsieur Ntep Rigobert【喀麦隆】;Rabemananjara Rivomalala【马达加斯加】;David Guimarães Rocha【巴西】;Rene Rollon【利益相关方】;Micah Rosenblum【美国】;Bernarda Rozman【克罗地亚】;Danny Rueda【厄瓜多尔】;Omar Ruiz【秘鲁】;Liselotte Säll【瑞典】;Oscar Arturo Lücke Sanchez【哥斯达黎加】;Marcos Oliveira Santana【巴西】;Raquel Breda dos Santos【巴西】;Orlando Rey Santos【古巴】;Jurgis Sapilanskas【法国】;Teresa Cruz Sardiñas【古巴】;Carlos Alberto Scaramuzza【巴西】;Andreas Benjamin Schei【挪威】;Kees Schotten【欧洲环境署】;Marcos Serrano【智利】;Xie Shuguang【中国】;Wang Shuxiao【中国】;Debora Pereira da Silva【巴西】;Dharani Thanuja de Silva【斯里兰卡】; Gina Sinclair【加拿大】;Ashbindu Singh【利益相关方】;Aldo Sirotic【美国】;Virana Sonnasinh【老挝】;Nonglak Sopakayoung【泰国】;Pedro Tiê Candido Souza【巴西】;Nicola Speranza【巴西】;Jorden Splinter【荷兰】;Anna Stabrawa【利益相关方】;Andreja Steinberger【克罗地亚】;Andrew Stott【英国】;Ana Strbenac【克罗地亚】;Mariam Sulkhanishvili【格鲁吉亚】;W.L. Sumathipala【斯里兰卡】;Momodou J. Suwareh【冈比亚】;Edyta Systo【波兰】;Elemer Szabó【匈牙利】;Marcel Taal【荷兰】;Eiji Tanaka【日本】;Veronica Marques Tavares【巴西】;Alexandre Lima de Figueiredo Teixeira【巴西】;Andrina Crnjak Thavenet【克罗地亚】;Mads Thelander【丹麦】;Osman Tikansak【土耳其】;Carolina de la torre【厄瓜多尔】;Vinícius Fox Drummond Cançado Trindade【巴西】;R. Talbor Trotter【美国】;Nathalie Trudeau【加拿大】;□rfan UYSAL【土耳其】;César Vaca【厄瓜多尔】;Lisa-Marie Vaccaro【加拿大】;Daksha Vaja【利益相关方】;Eddy López Valdés【古巴】;Freddy Valencia【厄瓜多尔】;Martin van Veelen【南非】;Henrique Veiga【巴西】;Jean Venables【英国】;Mevr.Veronique Verbeke【比利时】;Véronique Verbeke【比利时】;Marielle Verret【加拿大】;Maria Tereza Viana【巴西】;Nina Vik【挪威】;Larissa Carolina Loureiro Villarroel【巴西】;Hanitra Viviane【马达加斯加】;Niels Vlaanderen【荷兰】;Jan Voet【比利时】;Rahanitriniaina Volatiana【马达加斯加】;Barbara Bernard Vukadin【斯洛文尼亚】;Brendan Wall【爱尔兰】;Margaret Walsh【美国】;See Wan【新加坡】;Chris Weaver【美国】;Devaka Weerakoon【斯里兰卡】;Mona Mejsen Westergaard【丹麦】;Henk Westhoek【荷兰】;Leers Wiebke【德国】;Piet de Wildt【荷兰】;Scott Wilson【加拿大】;Mary Omble Wuya【尼日利亚】;Huang Yi【中国】;Jeongki Yoon【韩国】;Rafaralahy Tovoharison Zakaria【马达加斯加】;Holger Zambrano【厄瓜多尔】;Nicolás Zambrano【厄瓜多尔】;Jiang Zhigang【中国】;Mira Zovko【克罗地亚】;Nina Zovko【克罗地亚】;Shepard Zvigadza【津巴布韦】。

支持机构与组织：

阿拉伯海湾大学【巴林】;布拉格查理大学【捷克】;中国科学院【中国】;伦敦清洁空气组织【英国】;科罗拉多州立大学【美国】;环境部【伊朗】;巴西联邦共和国大使馆【巴西】;加拿大环境和气候变化部【加拿大】;苏黎世联邦理工学院【瑞士】;欧洲环境署【丹麦】;“森林人民计划”【英格兰】;气象与环境保护总局【沙特阿拉伯】;地方政府可持续发展理事会(ICLEI)【加拿大】;印度科学理工学院【印度】;环境科学研究所【法国】;阿卜杜勒-阿齐兹国王大学【沙特阿拉伯】;韩国环境研究所【韩国】;密歇根理工大学【美国】;法国生态和包容性过渡部【法国】;环境部【法国】;气候与环境部【挪威】;环境和林业部【印度尼西亚】;环境与自然资源部【墨西哥】;环境生态与森林部【马达加斯加】;环境土地和海洋部【意大利】;环境、森林与气候变化部印度】;环境部【约旦】;

环境、自然保护与可持续发展部【喀麦隆】;自然资源、能源与环境部【马拉维】;环境与可持续发展部【阿根廷】;国家气候变化科学技术研究所【巴西】;国家水资源研究中心【埃及】;自然资源和环境政策及规划办公室【泰国】;北京大学【中国】;环境与自然资源秘书处【墨西哥】;西班牙国家研究委员会【西班牙】;瑞士联邦环境办公室【瑞士】;西印度群岛大学【牙买加】;东京工业大学【日本】;美国国务院【美国】;联合国基金会【美国】;罗马第二大学【意大利】;Nangui Abrogoua大学【科特迪瓦】;哥斯达黎加大学【哥斯达黎加】;马里兰州公共政策学院【美国】;密歇根大学【美国】;圣保罗大学【巴西】;德黑兰大学【伊朗】;华威大学和英格兰之心【英国】约克大学【英国】;津巴布韦大学【津巴布韦】;美国国家森林局【美国】;WECF International【德国】;世界环境中心【美国】;世界水资源协会【法国】。

术语表

本术语表由不同章节引用的术语编制而成，参考了以下机构、网络和项目网站上的术语解释及其他文献：

美国眼科医学会；美国气象学会；亚洲开发银行；《生物多样性期刊》；《商务词典》；《剑桥词典》；卓越运输中心（美国）；美国疾病管制与预防中心；查尔斯达尔文大学（澳大利亚）；《柯林斯英语词典》；国际农业研究磋商组织；《生物多样性公约》；《特别针对水禽栖地之国际重要湿地公约》（《拉母塞公约》）；农业部（美国）；内政部（美国）；运输部（美国）；德国国际合作机构（GIZ）；爱德华含水层网站（美国）；《大英百科全书》；《地球百科全书》；能源信息署（美国）；环境保护署（美国）；《环境科学与污染研究英文期刊》；欧洲信息协会；欧盟委员会；欧洲环境署；欧洲核学会；Farlex Free；联合国粮食及农业组织；研究基金会；性别与赋权组织；全球综合地球观测系统；第六期《全球环境展望》；全球足迹网络；《全球土地展望》；《环境统计术语》；《绿色事实术语》；《农药毒理学手册》（Hayes著）；健康线上公司；IGI Global公司；伊利诺伊洁净煤研究所（美国）；北美照明工业协会；《产业组织经济学和竞争法律术语解释》；世界知识产权组织；政府间气候变化专门委员会；生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台；世界农用林业中心；全球性国际比较项目；国际有机农业运动联盟；国际气候和社会研究所（哥伦比亚大学）（美国）；联合国国际减少灾害战略；国际自然保护联盟；《药物微生物学杂志》；《信息科学技术协会学报》；莱姆病基金会（美国）；《生态设计实用手册》；《医学词典》；《韦伯字典》；千年生态系统评估；欧洲森林保护部长级会议；新西兰环境部；农村发展部（马来西亚）；麻省理工学院出版社；国家航空航天局（美国）；美国全国经济研究所；国家癌症研究中心（美国）；国家生物技术信息中心（美国）；国家地理频道；国家心脏、肺和血液学研究所（美国）；国家海洋和大气管理局（美国）；国家安全委员会（美国）；国家冰雪数据中心（美国）；Natsource（美国）；经济合作与发展组织；经济合作与发展组织；《牛津英语字典》；公私伙伴关系知识实验室；《生计职业发展》（英国）；RadioPaedia；Redefining Progress（美国）；SafariX eTextbooks Online；《科学与技术》（新西兰）；《科学词典》；可持续发展目标知识平台；Semanticscolar.org；《国际生态恢复学会关于生态恢复的入门介绍》；《IUP应用科技学杂志》；TheFreeDictionary.com；《地拉那首脑会议宣言》；联合国环境规划署；联合国人居署；《联合国防治荒漠化公约》；联合国开发集团；联合国开发计划署；联合国开发计划署；联合国亚洲及太平洋经济社会委员会；联合国教育、科学与文化组织；《联合国气候变化框架公约》；联合国工业发展组织；联合国国际减少灾害战略；联合国统计司；联合国水资源组织；联合国妇女署；美国地质调查局；悉尼大学；USLegal.com；水足迹网络（荷兰）；水质协会（美国）；维基百科；世界银行；世界卫生组织；世界卫生组织；世界气象组织；世界自然基金会

突变（Abrupt change）
指迅速发生且出乎意外的变化，致使人类或自然系统很难适应。

酸化（Acidification）
指由于酸性物质浓度的增加导致环境自然化学平衡的变化。

酸度（Acidity）
是衡量溶液酸性程度的标准。当pH小于7.0时，溶液就是酸性。

适应（Adaptation）
指面对新的或正在改变的环境，自然系统、人类系统所作出的调节，包括预测性和被动性适应、个体和群体适应以及自主和计划适应。

适应能力（Adaptive capacity）
指一个系统适应气候变化（包括气候变异和极端气候）以缓和潜在损害、利用机会或应对后果的能力。

适应性治理（Adaptive governance）
指一种包含了适应性管理、适应性政策制定和转型管理等方法来应对复杂的、不确定的和动态问题的治理方法。适应性治理依赖用于多层级决策的多中心制度安排。跨越地方和全球层面，这种形式的治理为生态系统管理提供了合作、灵活、学习型的方法。

气耕栽培（Aeroponics），简称气耕
指一种将根系悬浮在空气中，并向根系表面喷施地球工程技术雾化形式的营养液的植物栽培方式。

造林（Afforestation）
指在土地进行人工造林，但是不属于森林范畴。

黄曲毒素（Aflatoxin）
是指由世界各地自然生长的某些真菌（霉菌）产生的有毒物质，会污染粮食作物，并对人类和家畜造成严重的健康威胁。黄曲毒素也造成重大经济负担，估计每年会毁掉全世界粮食作物的25%或更多。

聚集经济（Agglomeration economies）
是指企业和居民在城市和产业集群中彼此接近时所带来的好处。这些好处最终都来自运输成本的节省：附近企业与横跨大陆的企业之间唯一真正的区别在于，与附近社区建立联系更加容易。

农业集约化（Agricultural intensification）
在技术上可以定义为每单位投入（可能是劳动力、土地、时间、肥料、种子、饲料或现金）的农业生产增加。实际上，当由于投入的生产率提高，或者在某些投入减少的同时维持农业生产（例如，通过更高效地施用更少量的肥料、更好地进行针对性植物或动物保护，以及在更小面积的田地上进行混合或套种种植）带来农业生产总量增加时，就形成了集约化。当需要扩大粮食供给时，例如，在人口迅速增长期间，实现增加生产形式的集约化是最关键的。当涉及环境问题或社会问题时，更有效地利用投入的集约化可能更为关键。在任何一种情况下，集约化引起的变化都应在概念上理解为与密集型调整相反，后者涉及所用投入量的增加或减少。从历史上看，农业生产中最常见且最有效的密集型调整是增加或减少种植土地面积。

生态农业（Agroecology）
是指一种农业生态学方法，将农业区视为生态系统，并关注农业实践的生态影响。

农业生态系统（Agroecosystem）
是指农业生物种群与农业生态环境构成的生态整体。

农业技术（Agrotechnology）
是指技术在农业中的应用。

反照率（Albedo）
是指地表反射太阳辐射与地表接收太阳总辐射的比率，表征地球表面对太阳辐射的反射能力。

异化（Alienation）
是指非法转移档案或将其保管权移交给未经授权的组织或个人。

外来物种（Alien species），也称为非本地物种
是指原来在当地没有自然分布，经由人为无意或有意引进的物种。

碱化（Alkalinisation）
一种降低溶液中酸含量的方法。在医学中，可以给患者施用碱性制剂（例如，碳酸氢钠），以降低可能由某些药物或病症引起的血液或尿液中高的酸水平。

全因死亡率（All-cause mortality）
是指一个群体中各种原因导致的总死亡人数。其在临床试验中进行计量，并作为一项干预措施的一个安全性或危害性指标。

人类世（Anthropocene）
是指一个科学家们用来命名一个新的地质时期的术语（在全新世之后），它以在地球大气层、生物圈和水圈中主要起因于人类活动的重大变化为特征。

抗微生物药物耐药性（Antimicrobial resistance）
是指微生物（如细菌、病毒和某些寄生虫）阻止抗微生物药物（如抗生素、抗病毒药物和抗疟药物）对其产生作用的能力，致使标准治疗方法失去效力，感染持续存在并可能传播给他人。

水生生态系统（Aquatic ecosystem）
是指由在水中相互作用的生物和非生物元素组成的基本生态单元。

含水层（Aquifer）
是指地底一层含有水分的岩体层。含水岩体层是可渗透的，这意味着它们具有液体和气体可以透过的空隙。沉积岩（如砂岩）以及砂和砾石都属于含水岩体。含水层中水面的顶部称为地下水位。

耕地（Arable land）
种植临时作物的土地（一年两熟地区仅计算一次）、作为饲料地或牧场的临时草场地、面向市场的农圃和菜园用地以及临时休耕地（少于5年）。因轮作而产生的弃耕地不包括在内。

渐近线（Asymptote）
一条连续接近给定曲线但在任何有限距离内都不与之相交的直线。

底栖（Benthic）
关于、关乎或发生于水体底部。

十亿（Billion）
10^9（1 000 000 000）。

生物累积（Bioaccumulation）
是指生物体内的化学物质浓度增加的过程。还用于描述由于一个生物体对一种物质的吸收比率超过它的新陈代谢和排泄而导致生物体内化学物质量的逐渐增加。

生物承载力（Biocapacity）
是指在当前管理方式和提取技术情景下，生态系统制造为人类使用的生物物质以及消纳人类产生的废弃物的能力。一个地区的生物承载力的计算是用实际面积乘以产出因子再乘以适当的等价因子得到的。通常，生物承载力以全球公顷为单位。

生化需氧量（Biochemical Oxygen Demand）
是指在20°C的状态下，水体经过5天所消耗的氧气量（毫克/升），是一个用于评估水体有机污染的参数。

生物多样性（Biodiversity）
是指地球上生命的多样性，包括遗传多样性、物种多样性以及生态系统与栖息地多样性。它包括丰度、分布和行为的多样性，以及与社会生态系统的相互作用。生物多样性还包括了人类文化的多样性，其同样受生物多样性驱动力的影响，且本身也会影响到基因、其他物种和生态系统的多样性。

生物能源（Bioenergy）
是指由生物体产生的可再生能源。

生物燃料（Biofuel）
是指干有机物质产生的燃料，或植物产生的可燃油，例如，来自发酵糖或玉米的酒精，以及来自油棕榈、油菜籽或大豆的油。

沼气（Biogas）
是指动物的粪便、人类排泄物或农作物残余置于密封环境中发酵产生的富含甲烷的气体。

生物地质化学循环（Biogeochemical cycles）
是指化学元素和化合物在生物体（生物圈）和物质环境（大气层、水圈、岩石圈）之间相互循环的过程。

生物质（Biomass）
是指地上和地下以及水中的有机物质，不论是否有生命或死亡，如树木、农作物、草、树枝和树根。

生物放大作用（Biomagnification），也称为生物富集作用
是指特定物质在食物网中较高营养级的生物体内的积累。较低营养级的生物体内有少量积累。食物链的下一个更高等级的生物吃掉许多这些低等级生物，因此积累的该物质的量会更多。当有效摄取但缓慢降解时，该物质在食物网中每一营养级的组织浓度会增加。

生物群落（Biome）
是指生态系统分类的最大单位，便于在全球层面以下进行识别。陆地生物群落通常基于主要的植被结构（如森林或草原）。尽管群落中的生态系统功能是非常相似的，但是在物种构成上非常不同。例如，所有森林都共享某些特征，如养分循环、分布和生物量，这就不同于草原的特征。

生物圈（Biosphere）
是指有生命存在或能够支持生命的地球及其大气层部分。

黑碳（Black carbon）
是指根据光吸收、化学反应性和/或热稳定性测量，在操作上定义的一类气溶胶。黑碳是通过化石燃料、生物燃料和生物质的不完全燃烧形成的，并作为人为和自然产生的煤烟的一部分被排放出来。它由几种链接形式的纯碳组成。黑碳通过吸收太阳光并将热量重新散发到大气层中，以及当沉积在雪和冰上时降低反照率（反射阳光的能力）来使全球变暖。

（珊瑚礁）白化（Bleaching (of coral reefs)）
指珊瑚在受到压力时驱逐与之共生的微藻（虫黄藻）时产生的一种现象。其结果导致了光合色素的严重减少甚至完全散失。由于大多数成礁的珊瑚都有白色的碳酸钙骨架，可以透过珊瑚本身的组织看出来，珊瑚礁呈现出白化现象。

蓝水（Blue water）
是指地表和地下的淡水，换言之，淡水湖泊、河流和含水层中的水。蓝水足迹是指由于产品或服务生产而消耗的地表和地下水的总量。蓝水消耗是指使用后蒸发或并入产品的淡水总量。它还包括从一个集水区的地表或地下水中抽离出来，并返回到另一个集水区或海洋的水。它是从地下水或地表水中抽离出来并且不返回其原本集水区的水量。

自下而上（Bottom-up）
是指从层级结构或进程的最低级别到最高级别。

兼捕渔获物（By-catch）
是指在商业捕鱼期间捕获的与捕捞对象不同的不需要的鱼类和其他海洋生物。

地籍簿（Cadastre）
是指财产登记册，显示征税土地的范围、价值和所有权。

能力发展（Capacity development）
是指个体、组织和社会获得、加强和维持随着时间的推移来设定和实现自身发展目标的能力的过程。

限量与交易（系统）（Cap and trade (system)）
是指规定了排放量或自然资源使用量的管理或规制系统，且在配额分配完后，由许可证交易来决定配额的价格。

资本（Capital）
是指可以动员起来以实现个体目标的资源。因而，包括自然资源（自然资源，例如土地和水）、实物资本（技术和工

艺）、社会资本（社会关系、网络和联系）、经济资本（银行的存款、借款和信用）以及人力资本（教育和技能）。

二氧化碳当量（Carbon dioxide equivalent），也称为CO2当量或CO2e
是指用来表明不同温室气体的全球暖化潜势的通用计量单位。二氧化碳——是一种自然产生的气体，它是化石燃料和生物质燃烧、土地利用变化与其他工业过程的一种副产品——作为其他温室气体的测量参考。

碳施肥效应（Carbon fertilization）
二氧化碳施肥效应产生于增强的光合作用的二氧化碳固定。非结构性碳水化合物倾向于在叶子和其他植物器官中积累，如淀粉、水溶性碳水化合物或多聚果糖，具体取决于物种。在一些情况下，可能存在与非结构性碳水化合物积累相关的光合作用的反馈抑制。碳水化合物的含量增加，尤其是在叶片中，可能表明在二氧化碳高浓度环境下生长的作物可能不能完全适应以充分利用二氧化碳。这可能是由于富含二氧化碳的植物没有足够的碳汇（增长能力不足），或韧皮部装载以及转运水溶性碳水化合物的能力不足。光合同化物利用的改进应该是未来栽培品种设计的一个目标。

碳截存（Carbon sequestration）
是指增加除大气层之外的碳库的碳含量的过程。

碳储量（Carbon stock）
是指在一个“库”（即有能力积累或释放碳的仓库或系统）中所含的碳量。

白内障（Cataract）
是指在眼睛的正常透明晶状体中发展的混浊（不透明）区域。这种混浊可导致视力下降，并可能导致最终失明。

集水区（Catchment (area)）
是指降水从中流入河流、盆地或水库的土地面积。另见“流域”。

基孔肯雅热（Chikungunya）
是指一种由感染的蚊子传播给人类的病毒性疾病，其会引起发烧和严重的关节疼痛。其他症状包括肌肉疼痛、头痛、恶心、疲劳和红疹。

循环经济（Circular economy）
是指工业进程和经济活动的一种系统方法，使资源能够尽可能长时间地保持其最高价值。实施循环经济的关键考虑因素是：减少使用并重新思考及研究，追求所用资源和产品的长期性、可恢复性、可重复性、可修复性、可替换性以及可升级性。

公众科学（Citizen science）
是指由公众参与收集和分析与自然界有关的数据，通常作为与专业科学家合作项目的一部分。

公众科学家（Citizen scientist）
是指参与收集和分析与自然界有关的数据的公众成员，通常作为与专业科学家合作项目的一部分。

公民社会（Civil society）
是指代表公众利益和意愿的非政府组织和机构的总和。

清洁发展机制（CDM）
是指《京都议定书》第12条提出的一种机制，旨在允许发达国家通过提供资金，协助发展中国家开展温室气体减排项目，从而实现可持续发展目标，且发达国家由此取得碳信用。

气候变化（Climate change）
《联合国气候变化框架公约》将“气候变化”定义为“除在类似时期内所观测的气候的自然变异之外，由于直接或间接的人类活动改变了地球大气的组成而造成的气候变化。”

气候防护（climate proofing）
是一个速记术语，用来识别由于气候变异与变化对发展计划或任何其他特殊的自然或人类资产造成的风险，并在实施项目周期中的计划、设计、建设、运作和停止运作中的一个或多个阶段，通过对环境持久无害、经济可行和社会可接受的变化，来确保风险控制在可接受的范围之内。

气候变异（Climate variability）
是指除了个别气候事件以外，在所有的时空尺度上气候平均状态变化或其他气候统计数值（如标准差、极端值出现等）变化。这种变异可能源自于自然内部过程（内部变异）或源自于自然、人类外部驱动因素变化（外部变异）。

氟氯烃（CFCs）
是指由氯、氟和碳组成，高挥发性和低毒的化学品，以前广泛用作制冷剂、溶剂、推进剂和发泡剂。氯氟烃有消耗臭氧和全球暖化潜势。

基于社区的监测和信息系统（CBMIS）
是指通过运用传统知识和创新工具及方法，由土著人民和当地社区组织监测其社区福祉及其领土和自然资源状况所采取的措施。

跨领域问题（Cross-cutting issue）
是指若不参考通常被单独定义的多个维度的相互作用，就不能被充分理解或解释的问题。

众包（Crowdsourcing）
是指一种涉及将任务外包到大众（也称为人群）网络的问题解决和生产过程。此过程可以线上或线下进行。

结膜黑色素瘤（Conjunctival melanoma）
是指一种眼表面的色素沉着病变。这是一种罕见但可能具有破坏性的肿瘤，可侵入眼部局部组织，通过淋巴管引流和血源性播散而扩散至全身，并在治疗后复发。

保护（Conservation）
是指在生态系统、栖息地、野生动植物物种和种群所处的自然环境内部或外部对其加以保护、护理、管理和维护，以保证自然条件的长期持久性。

作物（产量）（Crop）
是指大量生长的谷物、水果或蔬菜等植物（的总收成）。

文化服务（Cultural services）
是指在生态系统范畴内，人类所需的非物质性收益，包括精神财富、认知拓展、娱乐以及审美。

托管机构（Custodian agencies）
是指联合国机构（有时是其他国际组织），负责汇编和核实国家（或地区）数据和元数据，并将这些数据连同区域和全球汇总数据提交给联合国统计司（UNSD）。此外，托管机构有望将率先制定缺失的指标。

皮肤恶性黑色素瘤（Cutaneous malignant melanoma）
最常见的恶性黑色素瘤亚型，是一种由黑素细胞引起的恶性肿瘤。黑素细胞主要分布于表皮的基底层，但也确实位于体内的其他部位。原发性皮肤黑色素瘤是迄今为止最常见的原发性黑色素瘤，尽管也可能出现于其他组织中，例如，原发于葡萄膜的恶性黑色素瘤。

数据集（Dataset）
是指关于一个特定问题的数据集合。

滴滴涕杀虫剂（二氯二苯二氯乙烷）（DDT）
是指一种合成有机氯杀虫剂，属于《持久性有机污染物斯德哥尔摩公约》中所列需要控制的持久性有机污染物中的一种。

去碳化（Decarbonization）
是指从发动机或其他金属物体中脱除碳或碳质沉积物。

毁林（Deforestation）
是指将森林用地转换为非林业用地。

登革热（Dengue）
是指由受染于四种登革热病毒中任何一种病毒的伊蚊叮咬所传播的传染病。登革热病毒是热带和亚热带地区疾病和死亡的主要原因。每年有多达4亿人受到感染。

荒漠化（Desertification）
是指因气候变化、人类活动等多种因素导致干旱、半干旱和亚湿润干旱地区土地退化的现象。这一现象越过了基础生态系统自行恢复的基线，要想恢复需要借助更多的外部资源。

排毒（Detoxification）
是指去除有毒物质或毒性的过程。

伤残调整寿命年（DALYS）
是指早亡所致生命年损失和伤残所致生命年损失之和。

分解（Disaggregation）
是指分割成多个组成部分。

灾害风险管理（Disaster risk management）
是指利用减少灾害风险的政策和战略，预防新的灾害风险，减轻现有的灾害风险，管理剩余的风险，从而有助于加强恢复力和降低损失。灾害风险管理行动可分类为：前瞻性灾害风险管理、纠偏性灾害风险管理和补偿性灾害风险管理（也称为剩余风险管理）。

减少灾害风险（Disaster risk reduction）
是指在可持续发展的广泛背景下，旨在最大限度地减少整个社会对灾害的脆弱性的要素概念框架，以避免（防止）或限制（缓解和防备）灾患的不利影响。

驱动力–压力–状况–影响–响应框架（DPSIR Framework）
联合国环境规划署采用了“驱动力–压力–状况–影响–响应”（DPSIR）因果框架方法进行全球环境展望评估。这代表了一种系统分析观点，其中社会和经济发展的驱动力对环境施加压力，进而改变了环境状况。不断变化的环境状况会对人类福祉和生态系统健康产生影响，从而通过人类响应来弥补这些影响，例如，社会控制、重新确定投资方向和/或政策和政策干预，以影响人类活动。最后，这些响应通过驱动力或压力直接或间接地影响环境状况。评估现有政策如何解决环境挑战的驱动因素和影响变得越来越必要。

流域（Drainage basin）
也称为分水岭或集水区，是指降水流入溪流、河流、湖泊和水库所在地区。这是一种陆地特征，通过沿两地海拔最高点的连线（通常是山脊线）加以识别。

滴灌（Drip irrigation）
有时称为微灌，是利用小直径的塑料管道系统，将水通过塑料管道上的孔口或滴头以非常低的速率（2-20升/小时）滴灌到土壤上。水靠近植物喷射，因此只有根系生长所在的部分土壤被浸润（图60），这种方式与地面灌溉和喷灌不同，后者会润湿整个土壤剖面。与其他灌溉方式相比，滴灌的应用会更加频繁（通常每1-3天），可以为植物生长的土壤提供非常有利的高水分含量。

驱动力（Driver）
是指在环境状况上施加压力的总体社会-经济力量。

旱地（Drylands）
是指以缺水为特征的地区，其制约着两大相互关联的生态系统服务：初级生产和养分循环。被广泛认可的四种旱地亚型为：亚湿润干旱、半干旱、干旱、极旱，体现着逐级上升的干旱或水分亏缺水平。

电子废弃物（E-waste），也称为电子垃圾
是指涵盖已不再视为具有价值且被处置的各种形式的电气和电子设备的通用术语。

早期预警（Early warning）
由经认证机构提供及时有效的信息，促使暴露于危害之中的个体采取行动，以防止或降低风险，进行有效响应的准备。

地球系统（Earth System）
地球系统是一个复杂的社会环境系统，各种物理、化学、生物和社会组成部分和进程在其中相互作用，决定着地球及地球上各种生命的状态与进化。

生态设计（Eco-design）
是指将环境因素整合到产品设计和开发中，旨在减少整个产品生命周期中的不利环境影响。

生态足迹（Ecological footprint）
是指在现有技术条件和资源管理实践下，个人、群体或活动需要多少具备生物生产力的土地和水域，以生产所需资源和吸纳所衍生的废弃物（例如，化石燃料使用产生的二氧化碳排放）。生态足迹通常以全球公顷来衡量。

生态区（Ecoregion）
是指通过不同的地理区域进行界定，且接收一致的太阳辐射和水分的主要生态系统。

生态系统（Ecosystem）
是指由植物、动物和微生物及其作为一个功能实体互动的非生物环境组成的一个动态综合体。

生态系统方法（Ecosystem approach）
是指一项综合管理土地、水和生物资源的战略，以公平的方式促进保护和可持续利用。生态系统方法的基础是，应用适当的科学方法，重点关注生物组织的各层面，包括生物体及其环境的基本结构、过程、功能和相互作用。该方法认识到，人类具有文化多样性，是众多生态系统不可或缺的组成部分。

生态系统边界（Ecosystem boundaries）
是指两个相邻栖息地之间的过渡区。边界在所有生物群落中天然存在，但人为栖息地的改变极大地增加了其范围。过渡区的特征是植物和动物群落的组成发生深刻变化，并且这种过渡可能是突然的、渐进的，甚至是通过一系列过渡栖息地类型发生的。

生态系统崩溃（Ecosystem collapse）
是指生态系统衰退的终点，当生态系统的所有事件在组成、结构和/或功能上均超出了空间和时间变化的自然范围时发生。

生态系统功能（Ecosystem function）
一个生态系统的内在特征，使生态系统保持其完整性的条件和过程的集合（如初级生产力、食物链、生物地球化学周期）。生态系统功能包括的过程如：分解、生产、养分循环、营养物质和能量的转换。

生态系统健康（Ecosystem health）
是指为了生态系统的持续恢复力、生产力和更新，生态因子及其相互作用合理完成且发挥作用的程度。

生态系统管理（Ecosystem management）
是指一种维持或恢复自然和改造的生态系统的组成、结构、功能和服务交付，以实现可持续性目标的方法。这种方法基于关于未来预期状况的适应性、协作性成熟愿景，综合了生态、社会经济和体制视角，在地理学框架内加以应用，且主要由自然生态边界界定。

生态系统恢复力（Ecosystem resilience）
是指不越过临界值进入不同结构或提供不同输出的情况下，生态系统可以经受的干扰水平。恢复力依赖于生态动态，以及人类的组织和制度对这些动态的理解、管理和响应能力。

生态系统恢复（Ecosystem restoration）
是指协助已退化、破坏或毁坏的生态系统进行恢复的过程。

基于生态系统的适应（Ecosystem-based adaptation）
是指利用生物多样性和生态系统服务作为总体适应战略的一部分，帮助人们适应气候变化的不利影响。

生态旅游（Ecotourism）
是指为见证特定地点或地区的自然或生态质量而进行的旅游，包括为促进这种旅游所提供的生态友好型服务。

污水（Effluent）
在水质问题上，是指从工业流程和污水处理厂等来源排放到环境中的废液（经处理或未经处理）。

厄尔尼诺（El Niño）（与南方涛动合称为ENSO）
厄尔尼诺最初的意义是指一股周期性地沿厄瓜多尔和秘鲁海岸流动的暖水流，这种海洋事件与热带印度洋和太平洋上表面气压型和环流的振荡（被称为“南方涛动”）有密切关系。这一海气耦合现象被统称为厄尔尼诺南方涛动，或是ENSO。在厄尔尼诺事件发生期间，盛行的信风减弱，赤道逆流增强，导致印度尼西亚地区表面的暖水向东流，覆盖在秘鲁的冷水之上。这一事件对赤道太平洋上的风场、海平面温度和降水模式有巨大影响，并且通过太平洋对世界上其他许多地区产生气候影响。与厄尔尼诺相反的事件叫拉尼娜。

电气化（Electrification）
是指使用电力进行充电的动作或过程。

排放清单（Emission inventory）
是指排放到环境中的污染物数量和种类的详细资料。

濒危物种（Endangered species）
是指现有证据表明其符合《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》中濒危物种标准A-E之一的物种，也就是被认为在野生环境中具有高度灭绝风险的物种。

内分泌干扰物（Endocrine disruptor）
是指干扰（通过模仿、阻塞、抑制或刺激）内分泌系统功能，并因此对一个完整有机体或其后代或（子）群体的健康造成不良影响的外部物质。

能源强度（Energy intensity）
是指能源消费与经济或物理产出的比率。在国家层面，能源强度是国内主要能源的消费总量或终端能源消费与国内生产总值或物理产出的比率。能源强度越低，表明能源的利用效率越高。

环境统计（Environment statistics）
是指描述环境状况和趋势的统计数据，涵盖自然环境的媒介物（空气/气候、水、土地/土壤）、媒介物内的生物体和人类住区。

环境评估（Environmental assessment）
是指对支持环境决策的信息进行客观评估和分析的整个过程。这一过程将专家的判断应用于现有知识，为政策相关问题提供科学可信的答案和量化的可信性水平。这一过程降低了复杂性却增加了用概述、综合和情景构建得来的结果，通过鉴别哪些是已知的和广泛认可的、哪些是未知的和未被接受的内容来确定共识。这一过程使科学界参与到政策需求中，也使政策界参与到科学行动之中。

环境退化（Environmental degradation）
是指污染物环境浓度及其他活动和过程（如土地使用不当和自然灾害）导致环境质量的恶化。

环境教育（Environmental education）
是一个认识价值、弄清概念的过程，其目的是发展一定的技能和态度，这些技能和态度对于理解和鉴别人类、文化和生物物理环境之间的相互作用而言是必不可少的手段。环境教育还促使人们对环境质量问题作出决策，对本身的行为准则作出自我约定。

环境流（Environmental flows）
是指为维持淡水和河口生态系统以及依赖于这些生态系统的人类生计和福祉所必需的水量、时间和水质状况。通过实施环境流管理，水资源管理者努力实现一种流动体制或模式，在保障人类用水的同时，维持支持健康河流生态系统所需的基本过程。

环境足迹（Environmental footprint）
是指人类、企业、活动等对环境的影响，例如自然资源使用量和有害气体产生量。环境治理（**Environmental governance**）

环境治理是社会决定和实施与自然资源管理相关的目标和优先事项的手段。这包括管理决策过程中的人类行为以及决策本身的（正式和非正式）规则。全球、区域、国家和地方各级的适当法律框架是良好环境治理的先决条件。

环境卫生（Environmental health）
是指人类健康和疾病中受环境因素影响的方面。它也可以指评估和控制可能影响健康的因素的实践和理论。环境卫生包括化学品、辐射和生物药剂的直接病理学影响，以及广义的物理、心理、社会和美学环境对健康和福利产生的影响（通常是间接的），还包括住房、城市发展、土地使用和交通。

环境影响评估（EIA）
是指一个系统地考察特定活动或项目可能产生的环境后果的分析过程或程序。目的是确保在作出决策之前考虑到环境影响。

环境正义（Environmental justice）
是指一种保护权利以及防止和惩罚与增长对社会中的穷人和弱势群体造成不成比例的负面影响有关的错误的问责机制，这些影响来自污染和生态系统服务的退化，以及对自然资产和资源开采的不公平获取和从中取得的利益。

环境监测（Environmental monitoring）
是指对环境的常规、可比测量或时间序列数据。

环境政策（Environmental policy）
是指旨在解决环境问题和环境挑战的政策。

环境压力（Environmental pressure）
是指由人类活动引起的导致环境状况发生变化的压力。

环境难民和境内流离失所者（IDP）
是指由于危害生存和/或严重影响生活质量的明显环境破坏（自然或人为）而被迫暂时或永久离开经常居住地的人，（“科学为和平（Science for Peace）”）属于“环境难民”这个更广泛的移民群体。环境难民包括因自然灾害（如火山和海啸）而被迫逃离的移民。

流行病学（Epidemiology）
是一个医学分支，研究疾病的发生、分布和可能的控制以及与健康有关的其他因素。

公平（Equity）
是指权利、分配和获取的公平性。在不同背景下，其可能指对资源、服务或权力的获取。

河口（Estuary）
是指潮汐与河流汇合的水道。

富营养化（Eutrophication）
是指由于以氮与磷为主的营养物质富集，导致植被（以藻类为主）过度生长和腐烂而产生的水质或土壤质量退化的现象。湖泊富营养化通常导致了湖泊缓慢演化过程，变成沼泽或湿地，最终成为旱地。人类的活动会加速富营养化和湖泊的衰退过程。

蒸散（Evapotranspiration）
是指由于土壤或地表水的蒸发以及植物和动物的蒸腾而造成的失水。

外部成本（External cost）（也称为外部性（Externality））
是指所生产的商品和服务的市场价格以外的成本。换言之，外部成本并非由生产主体承担的成本，如污染物排放到环境中所产生的清污成本。

上网电价补贴（Feed-in tariff）
上网电价补贴是一项旨在支持和推广可再生能源发电的能源政策。上网电价补贴机制中，利用可再生能源（如太阳能、风能或水能）发电的供应商会获得依据发电成本确定的电价。购电保证通常是长期的（5-20年不等），但最常见的是15-20年。补贴成本通常由政府和电力消费者共同分担。

反馈（Feedback）
是指由反应驱动的非线性变化，既可以是抑制变化（消极反馈），也可以是加强变化（积极反馈）。

氟虫腈内吸性杀虫剂（Fipronil systemic insecticides）
苯基吡唑氟虫腈是内吸性杀虫剂。它们的物理化学特征（主要基于其辛醇-水分配系数（Kow）和解离常数（pKa）进行评估）使它们能够进入植物组织并转移到其所有部分。无论施用方式和进入植物的路径如何，它们都会转移到所有植物组织中，使其对以植物为食的任何昆虫（以及可能的其他生物）具有毒性。这可以保护植物免受食草（主要是汁液）昆虫的直接损害，以及免受昆虫传播的植物病毒的间接破坏。

洪水（Floods）（江汛、暴洪和风暴潮）
通常分为三种类型：江汛、暴洪和风暴潮。江汛起因于强烈和/或大范围的持久性降雨。暴洪大多为起因于小区域短时间内的强降雨的当地活动。当来自于海洋或大湖泊的洪水被风或风暴推到陆地上时就发生风暴潮。

粮食安全（Food security）
是指粮食在物理和经济上的可及性，以满足人类的膳食需要和饮食偏好。

粮食系统（Food system）
粮食系统通常被视为从生产到消费的一系列活动。这是一个宽泛的概念，涵盖粮食安全及其组成部分——可及性、获取和利用——包括这些活动的社会和环境成果。发展中国家的粮食系统在很大程度上受到全球化的影响，这种变化提供了巨大的机会，让食品工人获得新的和更好的就业机会。然而，小规模食品生产者和其他食品工人仍通常被排除在食品企业所带来的利益之外。

食物-水资源-能量关联关系（Food-water-energy nexus）
食物-水资源-能量关联关系是可持续发展的核心。在全球人口增长、城市化快速发展、饮食结构改变和经济增长的推动下，对三者的需求都在增加。农业是世界淡水资源的最大消耗者，全球超过四分之一的能源用于粮食生产和供应。这些关键领域之间不可分割的联系需要采取适当的综合方法，来确保全球范围内的水和粮食安全以及可持续农业和能源生产。

森林（Forest）
是指面积超过0.5公顷的土地，其中有超过5米高且林冠郁闭度超过10%的树木（或是在原生境中达到此等标准的树木）。不包括主要为农业生产或城市用地的土地。

森林退化（Forest degradation）
是指逆向影响林分或立地的结构或功能从而降低产品和服务提供能力的森林内变化过程。

森林管理（Forest management）
是指为了实现特定环境、经济、社会和/或文化目标，管理和使用森林和其他林地的规划和实施过程。

人工造林（Forest plantation）
在造林或再造林过程中通过种植和/或播种建立起的森林林分。它们可以是引入树种林分（所有种植的林分），或者是本地树种的集中管理林分，且符合以下所有标准：包含一个或两个树种、年龄相似和树间距规则。“种植林”是与人工造林相关的另一个术语。

化石燃料（Fossil fuel）
是指死于数百万年前的动植物腐烂尸体所形成的煤、天然气和石油产品（如石油）。

搭便车（Free-riding）
当一个企业（或个人）从另一个企业（或个人）的行动和努力中获益而不支付或分担成本时，就会出现搭便车问题。例如，零售商店最初可能会选择花成本去培训其员工向潜在顾客演示特定厨房用具的工作原理，以扩大其销量。但是，顾客可能会选择以较低的价格从另一家零售商处购买该产品，因为后者的业务战略不会产生这些培训和演示成本。第二家零售商就会被视为存在基于第一家零售商的努力和成本的“搭便车”行为。如果这种情况持续存在，第一家零售商就会丧失持续下去的动力。

性别（Gender）
是指特定社会在特定时间认为适合男性和女性的角色、行为、活动和属性。除了与男性和女性相关的社会属性和机会以及男性与女性和男童与女童之间的关系外，性别还指女性与女性和男性与男性之间的关系。这些属性、机会和关系是社会建构的，并通过社会化过程习得。它们是特定于环境/时间的且是可变的。性别决定了在特定环境中对女性或男性有哪些方面的期望、许可和尊重。性别是更广泛的社会文化背景的一部分，社会文化分析的其他重要标准包括阶级、种族、贫困程度、种族群体、性取向、年龄等。

性别分析（Gender analysis）
性别分析是对性别角色、活动、需求、机会和权利/权益在某些情况或背景下如何影响男性、女性、女童和男童的重要考察。性别分析研究女性和男性之间的关系、其对资源的获取和控制以及他们相对于彼此所面临的限制。应将性别分析纳入所有部门评估或情况分析中，以确保干预措施不会加剧基于性别的不公正和不平等现象，并在可能的情况下促进性别关系中更大的平等和公正。

性别平等（两性平等）（Gender equality）
是指女性和男性之间以及女童和男童之间在权利、责任和机会方面的平等。平等并不意味着女性和男性必须变得完全一模一样，而是说他们的权利、责任和机会并不由他们生来是男性还是女性来决定。性别平等意味着同时考虑到女性与男性的利益、需求和优先事项，认识到不同女性和男性群体的多样性。性别平等不是一个女性问题，而是应该关注男性和女性，且男性和女性均应参与处理这一问题。男女平等既被视为一项人权问题，又被视为以人为本的可持续发展的一项先决条件和指标。

性别差距（Gender gap）
性别差距一词是指男性和女性在社会中的状况或地位之间的任何差异。它通常用于指女性和男性之间的平均收入差异，例如：“性别工资差距”。但是，性别差距存在于许多领域，例如经济参与和机会、教育程度、健康和生存以及政治赋权。

性别主流化（Gender mainstreaming）
性别主流化是联合国系统确定的战略，旨在促使女性和女童相对于男性和男童获得更大的平等。在各个领域和各个层面上评估所有有计划的行动（包括立法、政策、方案）对男女双方的不同含义。作为一种策略方法，它使男女双方的关注和经验成为设计、实施、监督和评判政治、经济和社会领域所有政策方案的有机组成部分，从而使男女双方受益均等，不再有不平等发生。其最终目标是实现男女平等。

按性别分列的数据（Gender-disaggregated data）
是指根据人们的性别来收集和呈现的信息。它通常包括基于社会或文化身份、结构和差异的男性或女性的状态。

遗传多样性（Genetic diversity）
是指特定物种、品种或种类的基因多样性。

《全球环境展望》数据门户（现为环境数据资源管理器）（GEO Data Portal (now Environmental Data Explorer)）
是指联合国环境规划署及其合作伙伴在《全球环境展望》报告和其他综合环境评估中使用的数据集来源。其在线数据库拥有500多个不同的变量，包括国家、次区域、区域和全球统计数据以及地理空间数据集（地图），涵盖淡水、人口、森林、排放、气候、灾害、卫生和国内生产总值等主题。

地貌学（Geomorphology）
是指研究地球表面的物理特征及其与地质构造关系的学科。

地理空间（Geospatial）
是指关联或表示与特定位置相关的数据。

地球静止轨道（Geostationary orbit）
是指地球赤道面上方35,786公里（22,236英里）的圆形轨道，该轨道上的卫星绕地球运行一周的时间和地球自转周期相同，即23小时56分。该轨道上运行的航天器从地球上来看似乎是在天空中静止不动。通信卫星和气象卫星一般运行在静止轨道。地球静止轨道是地球同步轨道的一个特例，后者是指其轨道周期等于地球的自转周期的任一轨道。

地热能（Geothermal energy）
“地热”来源于希腊语“geo”（地球）和“therme”（热）两个词。地热能是地球内部的热量。人们可以将这种热量转化为蒸汽或热水，来进行建筑物供暖或发电。地热能是可再生能源，因为地球内部会不断产生热量。

冰河时期（Glacial periods）
是指在地球历史上极地和山地冰盖大幅覆盖整个大陆的一段时期。

冰川退缩（Glacier retreat）
当冰川终点没有像以前那样向下延伸时，就形成了冰川退缩。当冰融化或消融快于降雪积累并形成新的冰川冰时，冰川可能会退缩。更高的温度和更少的降雪导致世界各地的许多冰川近年来形成退缩。

全球（国际）环境治理（Global (international) environmental governance）
是指规范社会-自然交互作用和塑造环境成果的法律和机构的集合。

全球公域（Global commons）
是指国家管辖范围之外的自然资产，如大气、海洋、外层空间和南极洲。

全球综合地球观测系统（GEOSS）
是指一个旨在将全球现有的和计划中的地球观测系统（例如卫星以及气象站和海洋浮标网络）联系起来的网络，其在目前存在的缺口上支持新系统的发展，促进通用技术标准，以使从数以千计不同仪器中获取的数据能够组成连贯性的数据集。它旨在为决策者和其他在如卫生、农业和灾害等领域的使用者提供决策支持工具。

全球公顷（Global hectare）
是指一种具备资源生产和废弃物吸收的全球平均能力的假定公顷。

全球观测系统（Global observation system）
是指一套针对各种指标（如生物多样性、水质和水量、大气污染、土地退化和化学品释放），在全球范围内收集许多所需数据的协调监测活动。

全球公共物品（Global public good）
是指涵盖多个国家集团和所有人群的有普遍利益的公共物品。

全球变暖（Global warming）
是指由温室气体排放入大气而引起的地面气温（也就是全球温度）的上升。

全球化（Globalization）
是指全球经济和社会的日益一体化，尤其是通过贸易和资金流动以及文化和技术的转让。

治理（Governance）
是指对社会组织的治理行动、过程或权力。例如，存在通过国家、市场或公民社会团体和当地组织的治理。治理通过各种制度（法律、产权体系和社会组织形式）来实现。

绿色经济（Green economy）
国际上对“绿色经济”没有统一定义，最近的出版物中至少提出了八种不同的定义。例如，联合国环境规划署将绿色经济定义为“能改善人类福祉和社会公平，同时又可以显著降低环境风险和生态稀

缺的经济。其具有低碳、资源效率和社会包容性。”（联合国环境规划署，2011年）。该定义在最近的一些报告（包括联合国环境规划署环境管理小组和经合组织的报告）中得到引用。绿色经济联盟（一个由非政府组织、工会组织以及其他绿色经济基层工作人士组成的组织）对“绿色经济”提出了另一个简洁的定义：“在地球的生态极限内，为全人类提供更好生活质量的有弹性的经济体系。”

温室气体（GHG）
是指大气中由自然或人为原因产生的能够吸收和释放热辐射的气体成分。温室气体能够导致大气温室效应。水汽（H_2O）、二氧化碳（CO_2）、氧化亚氮（N_2O）、甲烷（CH_4）和臭氧（O_3）是地球大气中最重要的温室气体。大气中的有些温室气体是人为因素产生的，如卤烃和其他含氯和含溴物。除了二氧化碳、氧化亚氮、甲烷外，《京都议定书》也将六氟化硫（SF_6）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）和三氟化氮（NF_3）定为温室气体。

栖息地（Habitat）
（1）是指生物体或种群自然存在的地方或某类地点。
（2）是指通过地理、生物和非生物特征加以区分的陆地或水生区域，无论是完全天然还是半天然的。

哈德里环流圈(Hadley cell)
是指一种大型大气环流,其在赤道附近受热上升,并在中纬度(通常是北纬或南纬约30度)沉降。

灾患(Hazard)
是指具有潜在破坏力的自然事件、现象或人类活动,可能造成死亡或受伤、财产损失、社会经济混乱或环境退化。

有害废弃物(Hazardous waste)
是指对人类健康和环境有害的已用或废弃的材料。有害废弃物可能包括重金属、有毒化学品、医疗废弃物或放射性物质。

灰水(Grey water)
是指因在工业、农业或生活中的使用而使其质量受到不利影响的水。一个产品的灰水足迹是一个衡量与该产品整个生产供应链有关的淡水污染指标。"灰水足迹"被定义为以自然本底浓度和现有的水质标准为基准,将一定的污染物负荷吸收同化所需的淡水体积。采用将污染物稀释至达到约定的水质标准所需水量进行衡量。

国内生产总值(GDP)
是指一个国家(或地区)在一年内生产的所有最终产品和服务的价值。国内生产总值可以通过计算经济收入(工资、利息、利润和租金)或支出(消费、投资、政府采购)加上净出口(出口减去进口)来度量。

地面实测(Ground truthing)
是指通过实地考察和实地调查,将卫星图像、航空照片或基于它们的地图的内容与地面实况进行比较的过程。该过程被用于验证图像或它们被译制成地图的方法的准确性。

地下水(Ground water)
是指向下流动或渗漏且浸透土壤或岩石、可供给泉和井的水。浸透区的上层表面就是地下水位。

环流(Gyres)
是指大型旋转洋流系统,主要由风的运动驱动。大型环流存在于印度洋、北大西洋、北太平洋、南大西洋和南太平洋。

栖息地细碎化(Habitat fragmentation)
是指导致栖息地单元与之前更连续的状态在空间上分离开来的栖息地变化。

重金属(Heavy metals)
是指具有金属特性的元素子集,包括过渡金属和半金属(类金属),如砷、镉、铬、铜、铅、汞、镍和锌,这些金属与污染和潜在毒性有关联。

蠕虫(Helminth)
是指蠕虫状寄生虫。

异质性(Heterogeneities)
是指特征或内容呈多样化的品质或状态。

公海(High seas)
是指国家管辖范围以外的海域,位于各国专属经济区或其他领海之外。

人类足迹(Human footprint)
是指人类活动的影响,通过生产所消耗的物品并吸纳所产生的废弃物需要的具有生物生产力的土地和水域的面积来衡量。

人类健康(Human health)
健康不仅仅是没有疾病和身体虚弱现象,而是一种在身体上、心理上和社会上的完满状态。

人类福祉(Human well-being)
是指个人实现有价值生活的能力以及获得施展抱负的机遇。人类福祉的组成要素包括:安全、基本物质需求、健康和社会关系。

杂交(Hybridization)
是指与另一物种或品种的个体进行动物或植物育种的过程。

水力压裂(Hydraulic fracturing)
燃气发电厂通过推行"水力压裂(水力劈裂)"技术革命,为电力市场提供了大量低成本天然气,对2001年以来煤炭价格的稳步上涨形成冲击。

含氢氯氟烃(HCFCs)
是指由氢、氯、氟和碳原子组成的有机和人造物质。由于含氢氯氟烃的消耗臭氧潜能值比氟氯烃低很多,含氢氯氟烃被认为是氟氯烃可接受的临时替代品。

水文循环(Hydrological cycle)
是指水从大气到地面再回到大气的连续过程。这些过程包括地面、海洋或内陆水体的蒸发,浓缩形成云、降雨,积聚到土壤或水体中以及再度蒸发。

水文气象(Hydrometeorology)
是气象学的一个分支,研究大气中的水,尤其是降水。

水耕栽培(Hydroponics),简称水培
是指在沙子、砾石或液体中种植植物的过程,添加营养物质,但没有土壤。

缺氧（Hypoxia）
是指氧气不足。在富营养化和藻华的情况下，缺氧是水中溶解氧耗尽过程的结果。藻华导致水体变得更加不透明，由此减少水生植物在水下的可用光，并妨碍有利的人类用水。当水藻死亡后，藻体沉入水底，在细菌对其分解的过程中耗尽可利用的氧气。缺氧在夏末尤为严重，甚至有些地区因为缺氧严重而被称为“死亡地带”，因为只有细菌能够存活于那里。

外来入侵物种（IAS）
是指非原生于一个生态系统的植物、动物、病原体和其他生物，其可能造成经济或环境危害或对人类健康产生不利影响。特别地，它们会对生物多样性产生不利影响，包括通过竞争、捕食或传播病原体来减少或消除本地物种，以及破坏当地生态系统和生态系统功能。

改善饮用水（Improved drinking water）
“改善”饮用水的来源包括输送到民居的自来水；输送到庭院/小区的自来水；公共水龙头或储水塔；管井或水井；受保护的挖井；受保护的泉水；雨水。

改善环境卫生（Improved sanitation）
“改善”环境卫生设施包括抽水马桶；下水道系统管道；化粪池；冲洗/倒冲的坑厕；通风改良的坑厕（VIP）；有隔板的坑厕；堆肥厕所。

体外（In vitro）
于试管、培养皿或生物体外的其他地方进行或发生（的过程）。

惯性力（Inertial forces）
是指观察者为了确保艾萨克·牛顿第二运动定律在以恒定速率旋转或以其他方式加速的参考系中成立而强行引入的“力”。关于具体的惯性力，请见离心力；科里奥利力；达朗贝尔原理。

制度（Institutions）
是指社会在自我组织过程中适用的规范化模式：人类之间的相互作用的准则、实践和协定。该术语涉及广泛，可以包括法律、社会关系、产权和使用权体制、规范、信念、习俗和行为准则，如多边环境协定、国际协定和资金机制。制度可以是正式的（具体的、成文的、通常经国家批准），也可以是非正式的（非成文的、暗示的、默许的、互相认可和接受的）。

海岸带综合管理（Integrated coastal zone management）
是指将经济、社会和生态观点纳入沿海资源和地区管理的方法。

水资源综合管理（IWRM）
是指在不危害至关重要的环境系统可持续发展的基础上确保水、土地以及其他有关资源的协调发展和管理，从而最大限度地获取经济和社会福利。

交叉性（Intersectionality）
是指认识到社会角色和身份存在重叠并具有相互交织的影响。任何个人的身份都反映并受到一系列社会和文化类别（包括但不限于种族、阶级、性别、性取向和宗教）的影响。社会中受到的压抑是通过这些多重和相互关联的身份来实现的。

入侵物种（Invasive species）
是指其分布已超越其引入地区的引入物种（偶尔也指最近扩大其种群的本地物种），并且通常与对环境、人类经济或人类健康的负面影响存在关联。

喷射气流（Jetstream）
是指出现在西风带的强而窄的高速气流带，围绕地球上空绵延数英里。北半球和南半球通常会有两到三个喷射气流。

角质形成细胞（Keratinocyte）
是指在表皮中发现的细胞。表皮外表面的角质形成细胞会死亡并形成坚韧的保护层。下层的细胞会分裂以补充失去的细胞。

《京都议定书》（Kyoto Protocol）
是1992年《联合国气候变化框架公约》的补充条款，于1997年在日本京都召开的《联合国气候变化框架公约》第三次缔约方会议上通过。其中提出的具有法律约束力的承诺是对《联合国气候变化框架公约》中承诺的补充。该议定书附件B中列举的国家（大多数是经合组织成员和经济转型国家）同意控制其人为温室气体排放（二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳、六氟化硫和三氟化氮），使这些国家在2008年到2012年承诺期内的排放总量至少比1990年的排放水平低5%。

土地覆盖（Land cover）
是指土地的实际覆盖范围，通常用植被覆盖或植被覆盖缺失来表示。其受土地利用影响但不同于土地利用。

土地退化零增长（Land degradation neutrality）
一种状态，在这种状态下，支持生态系统功能与服务以及促进粮食安全所需的土地资源数量和质量在特定时间和空间范围及生态系统内保持稳定或有所增加。

土地退化（Land degradation）
是指生态系统功能和服务的长期丧失，由系统无法自行从中恢复的干扰引起。

土地掠夺（Land grabbing）
大规模的土地收购或受让若具有以下一个或多个特征，则被定义为土地掠夺："（i）侵犯人权，特别是妇女的平等权利；（ii）并不基于受影响土地使用者的自由、事先、知情的同意；（iii）并不基于彻底的评估，或者忽视社会、经济和环境的影响，包括其性别化的方式；（iv）并不基于规定有关活动、就业和福利共享的明确和具有约束力承诺的透明合同；（v）并不基于有效的民主规划、独立监督或有意义的参与。"

土地保有（Land Tenure）
是指作为个体或群体的人们之间与土地有关的关系，无论是在法律上还是习惯上的关系（为方便起见，这里所称的"土地"包括其他自然资源，如水和树木等）。土地保有是一种制度，即社会为规范行为而发明的规则。保有规则定义了如何在社会中分配土地产权。这些规则规定了如何授予土地使用权、控制权以及转让权，以及相关的责任和限制。简单来说，土地保有制度规范的是谁可以在什么条件下且在多长时间内使用什么资源。

土地利用规划（Land use planning）
是指对土地和水资源的潜力、土地利用的替代模式以及其他物质、社会和经济条件进行系统评估，以便选择和采用对土地使用者最有利的土地利用方案。

土地利用（Land use）
是指土地用于不同的人类目的或经济活动的功能维度。土地利用类别的例子包括农业、工业用途、运输和保护区。

土地用途规划（Land-use planning）
土地用途规划涉及对土地潜在用途的环境、经济和社会影响的系统评估，以确定土地利用的最佳模式。土地用途规划和系统保护规划很少被明确地作为全球情景中的工具加以探讨。

合法性（Legitimacy）
是指对政治可接受度或公平性的衡量。国家法律在本国具有合法性；地方法律及实践在社会认可的体系中有效。在此体系中，社会机构和社会关系系统赋予了其合法性。

杠杆点（Leverage point）
是指在系统结构中使用相对小的力量便可以引起变化的位置。若少量的力量在系统行为中引起小的变化，则这是一个低杠杆点；若少量的力量引起大的变化，则这是一个高杠杆点。

生命周期分析（Life-cycle analysis）
是指一种评估与产品生命所有阶段相关的环境影响的技术，从原材料提取到材料加工、制造、分配、使用、维修和保养，以及处置或回收（又称"从摇篮到坟墓分析"）。

（大气中）存留时间（Lifetime (in the atmosphere)）
是指通过将大气污染物转变为其他化学合成物，或通过吸收汇吸纳大气污染物的方法，使大气污染物浓度回到自然水平（假设排放停止情况下）大致所需的时间。大气存留时间可以从数小时或数周（硫酸盐气溶胶）到超过一百年（氟氯烃）不等。

生计（Livelihood）
是指人们赚取支付食物、居住地、衣服等所需金钱的方式。

主流化（Mainstreaming）
是指作为有关问题的组成部分纳入考虑。

红树（Mangrove）
是指主要生长在热带沿海沼泽地区的树木或灌木，涨潮时，它们会被海水浸淹。红树林通常在地面上有许多缠结的膝根，从而形成致密的灌木丛。

边缘化（Marginalization）
是指将个人、群体或概念视为无关或次要的。

海水养殖（Mariculture）
是指在自然环境中培育海洋生物。

海洋保护区（MPA）
是指为了特别的保护目的，被指定、控制和管理的地理意义上的海洋区域。

基于市场的工具（Market-based instrument）
基于市场的工具涵盖一系列措施和方法。从根本上说，它们是通过影响成本和利润来影响结果的政策措施。在决策者手中，它们可以影响已建立市场的运作或创造新的市场。它们通常也被称为"经济"工具，因为它们将价值归因于资产，并且基于价格和收入考量而直接影响决策。

基于市场的/经济激励措施（Market-based/ Economic incentives）
基于市场的方法或激励措施提供持续的货币和准货币诱导，以鼓励污染主体减少有害污染物的排放。因此，基于市场的方法激励私营部门将减少污染纳入生产或消费决策中，并激励它们以不断寻求最低成本减排方法的方式进行创新。

物质流核算（Material flow accounting）
是指对经济活动中使用的所有材料的量化。核算对象是在材料提取过程中调动的总材料，以及在经济过程中实际消耗的材料（以质量衡量）。

特大城市（Megacities）
是指居民人数超过1000万的城市地区。

有益品（Merit goods）
是指政府为了整个社会的利益免费提供商品或服务（如教育和疫苗接种），因为如果将其交给市场力量或私营企业，将会供应不足。

梅克尔细胞癌（Merkel cell carcinoma）
一种非常罕见的疾病，其恶性（癌症）细胞原发于皮肤。梅克尔细胞存在于皮肤的最表层。这些细胞非常接近接受触觉的神经末梢。

高铁血红蛋白血症（Methemoglobinemia）
是指血液中异常地出现过多的高铁血红蛋白。高铁血红蛋白是一种不能携带氧气的血红蛋白。如果患高铁血红蛋白血症，组织不能获得足够的氧气。症状可能包括头痛、头晕、乏力、呼吸短促、恶心、呕吐、心跳加速、肌肉协调性丧失和皮肤变紫蓝色。高铁血红蛋白血症可由损伤或接触某些药物、化学品或食物引起。它也可以是遗传导致。

塑料微珠（Microbeads）
是指微小的塑料（如聚乙烯或聚丙烯）球。

微生物和非微生物污染物（Microbial and non-microbial contaminants）
微生物污染是指微生物（如细菌、酵母菌、霉菌、真菌、病毒、肮病毒、原生动物或其毒素以及副产品）的非预期或偶然引入。产品污染的显著变化包括：悬浮剂解聚导致的粘度损失和沉降、pH变化、气体产生、散发气味、有光泽的粘性物质等。

微生境（Microhabitat）
是一种小范围或有限范围的栖息地，其与周边更广泛的栖息地性质不同。

微塑料（Microplastics）
是指直径小于5毫米的塑料颗粒，其可能对我们的海洋和水生生物有害。

千年发展目标（MDGs）
八项千年发展目标——从极端贫困人口比例减半、遏止艾滋病毒/艾滋病的蔓延到普及小学教育，所有目标完成时间是2015年——这是一幅由全世界所有国家和主要发展机构共同展现的蓝图。

单一文化农业系统（Monocultural farming systems）
是指单一作物或生物的培育或生长，尤其是在农业或林地上。

形态学（Morphology）
（1）生物体的物理特征。

（2）是生物学的一个分支，研究生物体的形式，以及它们结构间的关系。

多边环境协定（MEAs）
是指多个国家（或地区）同意参与到针对具体环境问题行动的条约、协定、议定书和契约。

真菌毒素（Mycotoxin）
真菌毒素是某些类型的霉菌（真菌）天然产生的有毒化合物。能够生成真菌毒素的霉菌在谷类、干果、坚果和香料等众多食物中生长。霉菌在作物收获前后以及储存过程中生长于食物内部或表面，其生长往往发生于温暖、潮湿或湿润的环境中。大多数真菌毒素化学性质稳定，能经受住食品加工程序。

纳米材料（Nanomaterial）
是指一种天然的、偶然的或制造的含有颗粒的材料，处于无约束状态或者作为集合体或聚集体，其中，在数量大小分布的50%或更多的粒子中，一个或多个外部尺寸范围为1-100纳米（一纳米等于10亿分之一米）。这种颗粒/材料通常称为纳米颗粒、纳米化学品或纳米材料。

自然资本（Natural capital）
是指自然资产在为经济生产提供自然资源投入和环境服务方面的作用。自然资本包括土地、矿产、化石燃料、太阳能、水、生物体以及生态系统中所有要素间相互作用所提供的服务。

自然基础设施（Natural infrastructure）
是指经过战略规划和管理的自然土地网络，如森林和湿地、工作景观和其他开放空间，旨在保护或增强生态系统的价值和功能，并为人类提供相关的利益。

自然资源（Natural resources）
是指自然界中存在的且可服务于经济利益的材料或物质，如矿质、森林、水和肥沃土地等。

自然对人类的贡献（Nature' s Contribution to People）
是指自然对人类生活质量的贡献，即生物界（即多样性的生物、生态系统及其相关生态和进化过程）的所有贡献，包括正面和负面的贡献。自然的有益贡献包括食物供应、水净化、防洪和艺术灵感，而有害贡献包括损害人类或其资产的疾病传播和捕食。很多自然对人类的贡献可能被视为有益或有害，具体取决于文化、时间或空间背景。

新烟碱类（Neonicotinoid）
新烟碱类是一类干扰乙酰胆碱的神经毒性杀虫剂，可用于各类场合（包括兽医用药、城市园林绿化），以及在许多农业系统中用作作物保护剂。它们可以通过多种方法施用，如喷施于农作物地上部的叶面、喷施根部浸入土壤，或通过树干注入树体内。但估计，全球60%左右的新烟碱类都是应用于种子处理或土壤处理。

净初级生产（NPP）
是指生态系统中所有植物产生净有用化学能量的速率。一些净初级生产被用于初级生产者的生长和繁殖，而一些则被食草动物消耗。

神经毒素（Neurotoxin）
一种作用于神经系统的毒药。

氮沉降（Nitrogen deposition）
是指主要来自二氧化氮和氨中的活性氮从大气进入生物圈的过程。

非霍奇金淋巴瘤（Non-Hodgkins lymphoma）
包括一组不同的淋巴细胞（白细胞）癌。非霍奇金淋巴瘤在各年龄组均可发生，其表征通常是淋巴结肿大、发热和体重减轻。非霍奇金淋巴瘤类型很多，可分为侵袭性淋巴瘤（生长较快）和惰性淋巴瘤（生长缓慢），并且可能起源于B细胞或T细胞。

非国家行为者（Non-state actors）
非国家行为者被分为以下实体：(i) 在国际关系领域参与或采取行动；具有足够力量来影响和变革政治的组织；以及 (ii) 不属于或不以国家结构或国家机构的形式存在，不具备合法主权及对一国人民和领土的控制措施这些特征。

归一化植被指数（Normalized Difference Vegetation Index）
为了确定地表绿色植物的密度，研究人员需要观测记录地表植物反射的阳光中可见光及近红外光的波长。我们可以通过一束穿过棱镜的太阳光了解到它是由不同波长的光所构成。当阳光直射物体时，某些特定波长的光会被吸收而其他的光则会被反

射。植物叶子中的色素（叶绿素）会强烈地吸收可见光（波长在0.4至0.7微米）用于光合作用。另一方面，叶子的细胞结构会反射近红外光（波长在0.7-1.1微米）。所以植物的叶子越多，受影响的波长就会越多。

免耕（又称零耕）（No-till (zero tillage)）
是指一种事先不整地或稍微整一下地就把种子播入土中的播种技术，这种技术对土壤侵蚀具有积极影响。

营养盐污染（Nutrient pollution）
是指过度营养物质进入所引起的水资源污染。

营养物质（Nutrients）
是指对生物体的生长至关重要的化学元素，已知的大约有20种，包括氮、硫、磷和碳。

海洋酸化（Ocean Acidification）
是一个描述海洋化学性质重大变化的术语。其发生是由于二氧化碳气体（CO_2）被海洋吸收，并与海水反应产生酸。虽然二氧化碳气体在大气和海洋之间自然转移，但是主要由人类活动（如化石燃料燃烧）产生的二氧化碳气体向大气中的排放量不断增加导致海洋吸收的二氧化碳气体量也不断增加，使得海水酸性更强。

海水富营养化（Ocean eutrophication）
是指由营养物质（尤其是氮和/或磷的化合物）在水中富集而驱动的过程，导致藻类生长加快、初级生产和生物量增加；生物体平衡发生变化；以及水质下降。如果富营养化明显降低了生态系统健康和生物多样性和/或商品和服务的可持续提供，则富营养化的结果是不利的。氮和磷是造成海水富营养化的主要无机营养物质。氮和磷天然存在于海水中，通过溪流、河流和雨水的径流以及水中有机物质的降解从陆地转移。

海洋学（Oceanography）
是科学的一个分支，研究海洋的物理和生物特性和现象。

有机农业（Organic agriculture）
是一种能维护土壤、生态系统和人类健康的生产体系，遵从当地的生态节律、生物多样性和自然循环，而不依赖会带来不利影响的投入物质。

有机碳（OC）
在气候研究中提到的有机碳通常是指非黑色气溶胶中的碳组分。该术语过于简单化，因为有机碳可能含有数百或数千种具有不同大气行为的不同有机化合物。它是由碳气溶胶的热分析产生的量。

组织（Organizations）
是指具有特定共同目标的人员团体。组织可以是政治组织（政党、政府和部门）、经济组织（工业联盟）、社会组织（非政府组织和自助组织），也可以是宗教组织（教堂及其信徒）。机构区别于制度。“组织”一词应与“制度”区分开来。

有机氯化合物（Organochlorine compounds）
是指一类含有碳、氢和氯的有机化合物，如二恶英类、多氯联苯（PCBs）和一些杀虫剂（如滴滴涕）。

迁出（Outmigration）
是指离开一个地方去另一个地方定居，尤其是在一个国家（或地区）之内。

过度开发（Overexploitation）
是指过度提取原材料而不考虑此类使用的长期生态影响。

过度放牧（Overgrazing）
是指过度的畜牧行为（喂养牲畜），会对草原造成破坏。

超载（Overshoot）
如果人类对自然的需求超过了生物圈的供应能力或再生能力，就发生全球超载。从全球角度来看，生态赤字和超载是一样的，因为地球不具备净的资源输入。

氧化剂（Oxidant）
是指氧化性介质。

臭氧层（Ozone layer）
是指距离地面10-50千米高度的非常稀薄、臭氧集中的大气层（称为平流层）。

消耗臭氧层物质（ODSs）
挥发性有机化合物（VOC）是一类有机化学物质，当被释放到大气层中时，会与阳光和氮氧化物（NO_x）发生反应，形成对流层（地面）臭氧。有两种一般类型的农药产品导致了绝大多数农药挥发性有机化合物的排放：熏蒸剂和可乳化浓缩物。

万能药（Panacea）
是指适用于所有困难或疾病的解决方案或补救措施。

参与式方法（Participatory approach）
是指在针对全体成员的决策过程中，确保人们有充分且平等的机会，可以就议程提出问题，就最终结果表达偏好。参与可直接发生，或通过合法代表发生。从磋商到达成一致的责任都属于参与。

颗粒物（PM）
是指悬浮在空气中的微小固体颗粒或液滴。

畜牧业（Pastoralism）
是指以放牧家畜作为获取资源的主要手段。

牧场（Pasture）
是指覆盖着草或牧草，用于或适于放牧牲畜的地面。

病原（Pathogen）
是指可引起疾病的细菌、病毒或其他微生物。

环境服务付费/生态系统服务付费（PES）
是一种使环境服务需求与其行为改变了环境服务供应的土地使用者的激励相匹配的适当机制。

泥炭地（Peatland）
泥炭地是湿地的一种，世界上几乎每个国家都有泥炭地，目前占全球陆地面积的3%。“泥炭地”一词指的是泥炭土和其表面上的湿地栖息地。

全氟及多氟烷基化合物（Per- and polyfluoroalkyl substances）
全氟及多氟烷基化合物（PFAS）是一系列的人造化学品，包括全氟辛酸（PFOA）、全氟辛烷磺酸（PFOS）、GenX和许多其他化学品。全氟及多氟烷基化合物自20世纪40年代以来一直存在于全球（包括美国）的各行各业中。全氟辛酸和全氟辛烷磺酸是这些化学品最广泛生产和研究的产品。这两种化学物质在环境和人体中都非常持久——这意味着它们不会分解并且随着时间的推移会在自然界和人体内积累。有证据表明，接触全氟及多氟烷基化合物会对人类健康产生不利影响。

多年生（Perennial）
是指持久地存在或存在很长时间或似乎在无限时间内存在；持久或不断再次发生。

城郊（Peri-urban）
（尤其在非洲）表示或位于紧邻城市或市区的区域。

永冻土（Permafrost）
是指位于永久寒冷地区的土壤、淤泥和岩石，并且在两年或更长时间内全年处于冷冻状态。

有害（Pernicious）
是指具有有害影响，尤其是以渐进或微妙的方式。

持久性有机污染物（POPs）
是指持久存在于环境中、通过生物食物网累积并对人类健康和环境造成有害影响的化学物质。

物候学（Phenology）
是研究周期性和季节性自然现象（尤其是与气候和植物及动物生命有关的现象）的学科。

光性结膜炎（Photoconjuctivitis）
是指因暴露于紫外线引起的眼结膜炎症。

光性角膜炎（Photokeratitis）
是指当眼睛暴露于来自于太阳或人造光源的紫外线（UV）这一不可见光线时发生的眼睛疼痛状况。

浮游植物（Phytoplankton）
是指通过显微镜观察到的在淡水或盐水中缓慢浮游的微小植物。

地球限度(Planetary boundaries)
是指一个框架,旨在为国际社会(包括各级政府、国际组织、公民社会、科学界和私营部门)确定一个"人类安全的运作空间",作为可持续发展的先决条件。

增塑剂(Plasticizers)
是指添加到合成树脂中的物质(通常是溶剂),以产生或促进可塑性和柔韧性并降低脆性。

肺炎(Pneumonia)
肺炎是肺的一侧或两侧的细菌、病毒或真菌感染,其导致肺的气囊或肺泡充满液体或脓液。症状可能是轻微或严重的,并且可能包括咳嗽(浑浊物质)、发烧、发冷和呼吸困难。许多因素会影响肺炎的严重程度,例如导致肺部感染的细菌类型、患者年龄和整体健康状况。5岁以下儿童、65岁以上成年人、患有某些疾病(如心力衰竭、糖尿病或慢性阻塞性肺病(COPD))、免疫系统较弱(由于艾滋病毒/艾滋病)、化疗(癌症治疗)、器官或血液和骨髓干细胞移植手术的患者患上肺炎往往更为严重。

政策扩散(Policy diffusion)
是指一项政策在其他地区、领域、区域或部门中被接受、效仿、实施的过程。

政策(Policy)
是指所有形式的干预行为或社会反馈。它不仅包括目的性声明,还包括其他形式的干预,例如经济手段的使用、市场创建、补贴、体制改革、法制改革、分权和体制改良。政策可以看作治理的实践工具。当这样的一种干预行为被国家强制执行时,就称为公共政策。

决策者(Policymaker)
是指负责制定新规则、法律等的政府部门、立法机构或其他组织的成员。

污染物(Pollutant)
任何混入土壤、水或空气后会对环境造成危害的物质。

污染(Pollution)
是指矿物、化学品或物理性质的存在超过被界定为"良好的或可接受的"与"差的或不可接受的"质量界限值,这是特定污染物带来的后果。

多中心(Polycentric)
是指拥有许多中心,尤其是权力或控制中心。

贫困(Poverty)
是指一个人缺乏一定数量的金钱或者物质财产的状态。绝对贫困是指缺乏基本人类需求(通常包括清洁的淡水、营养、卫生保健、教育、衣着和住所)的状态。

预防方法/原则(Precautionary approach/principle)
预防方法或预防原则是指,如果某项行动或政策可能存在对公众或环境造成损害的风险,则在没有科学证据证明此类行为或政策确实有损害性的情况下,相应的举证责任应当落在从事引发风险的活动的一方身上。

预计(Prediction)
是指尝试对未来情况作描述的行为,或者描述本身,例如"明天的气温有30°C,所以我们将去海滩"。

过早死亡(Premature deaths)
是指由于存在风险因素而导致死亡发生得比没有风险因素时要早。

一次能源(Primary energy)
是指存在于自然资源之中、未经人类转化或转变的能源(如煤、原油、日照、铀)。

私营部门(Private sector)
私营部门是一国经济中的一部分,由不属于政府所有或控制的工业和商业公司组成。

预测(Projection)
是指尝试根据预先的假设前提对未来作描述的行为,或描述本身,例如"如果明天的气温有30°C,我们就去海滩"。

保护区(Protected area)
是指一个明确界定的地理空间,通过法律或其他有效方式得到认可、承诺和管理,以实现对自然及其所拥有的生态系统服务和文化价值的长期保护。

供给服务(Provisioning services)
是指由生态系统生产的或提供的服务,包括遗传资源、食物和纤维以及淡水。

翼状胬肉(Pterygium)
是指覆盖在角膜上眼睛白色部分的结膜或粘膜生长组织。角膜是眼睛前端一层透明薄膜。这种非癌良性病变通常形似昆虫的翅膀。翼状胬肉通常不会引起问题或需要治疗,但如果它干扰到视力,则可以将其移除。

精准农业(Precision agriculture)
是指观察、评估影响并及时对农业生产过程中引起细微变化的因素作出战略反应。因此,精准农业可能涵盖一系列农业企业,从奶牛群管理到园艺再到田间作物生产。该理念也可以应用于农业企业的生产前和生产后等方面。

公共部门(Public sector)
是指社会的组成部分,包括一般的政府部门以及所有的公共企业(包括中央银行)。

公私伙伴关系（Public-private partnership）
是指公共机构（联邦、州或地方）与私营部门实体之间的合同协议。基于这样的协议，每一部门（公共和私营）的技能和资产在提供服务或设施时是共享的。

准股权（Quasi-equity）
公司债务的一种形式，也可以被视为具有一些股权特征，例如不受任何抵押担保。

辐射强迫（Radiative forcing）
是衡量地球与空间能量平衡净变化的指标，即入射太阳辐射减去出射地面辐射的变化。

减少毁林和森林退化所致排放量加上森林可持续管理以及保护和加强森林碳储量（REDD/REDD+）
是指减少发展中国家由于毁林和森林退化所导致的排放。“REDD+”涉及增大现有森林和增加森林覆盖率。为了实现这些目标，政策需要通过在这些领域提供资金和投资来解决碳储量的增加问题。

再造林（Reforestation）
是指在原先是林地后被转作其他用途的地面上造林。

调节服务（Regulating services）
是指由生态系统过程的调节功能所得到的益惠，包括（例如）气候、水和一些人类疾病的调节。

遥感（Remote sensing）
是指远距离对目标物体的数据收集。在环境领域，遥感通常是指气象学、海洋学或土地覆盖物评估的空中或卫星数据。

可再生能源（Renewable energy source）
指不靠燃料的有限贮存的能源。最常见的可再生能源是水力电能；其他可再生能源包括生物质能、太阳能、潮汐能、波浪能和风能。

恢复力（生态）（Resilience (Ecological)）
是指一个系统在经历变化时吸收干扰和重组的能力，以便仍然保留基本相同的功能、结构、身份和反馈。

基于恢复力的管理（Resilience-based management）
重点关注对珊瑚抵御气候相关压力影响（抵抗力）以及在重大影响后恢复（补充、生长存活）能力至关重要的过程。

抵抗力（Resistance）
是指一个系统在不改变现有状态情况下承受驱动力影响的能力。

资源管理活动（Resource management activities）
是指与自然资源管理有关的活动（监测、控制、调查、行政和促进有关部门结构调整的行动）。

水滨（Riparian）
与天然水道相关或位于天然水道沿岸。天然水道通常是河流，但有时是湖泊、潮水或封闭海域。

河流细碎化（River fragmentation）
是指河流连通性和水流状态被改变（通常是被水坝和水库改变）的程度。

河流/河边的（Riverine）
与河流或河岸相关或位于河流或河岸上；水滨。

径流（Run-off）
是指流过地面并最终返回溪流的部分降雨、融化的雪水或灌溉水。径流可以从空气或陆地吸收污染物并将其带至接收水域。

萨赫勒（Sahel）
这是一个宽泛的定义，是指分割撒哈拉沙漠和南缘热带稀树草原的过渡狭长植被带。该地区被用作农业生产和放牧，由于处于沙漠边缘地带，环境条件恶劣，该地区对人类引起的土地覆盖变化非常敏感。萨赫勒包括塞内加尔、冈比亚、毛里塔尼亚、马里、尼日尔、尼日利亚、布基纳法索、喀麦隆和乍得的部分地区。

盐化（Salinisation/salination）
是指水溶性盐在土壤中积累的过程。盐化可能是自然发生的，也可能是由于管理实践造成的。

沙尘暴（Sand and dust storms）
沙尘暴是干旱和半干旱地区的常见气象灾患，其诱因通常是雷暴或与气旋相关的强气压梯度，从而使某个广大地区的风速加大。这些强风会将裸露干燥土壤的大量沙尘卷入大气，并将其输送到数百至数千公里以外。对流层（地球大气的最底层）中大约40%的气溶胶是风蚀造成的尘粒。这些矿尘的主要来源是北非干旱地区、阿拉伯半岛、中亚和中国。比较而言，澳大利亚、美国和南非具有较小但仍然重要的影响。利用各种模拟模式得出的全球尘埃排放估算量为每年10亿至30亿吨。

尺度（Scale）
是指用于衡量和研究任何现象的空间、时间（定量或分析）维度。因此，可以将尺度上的特定点视为不同水平（例如地方的、区域的、国家的和国际的）。

情景（Scenario）
是指以假设条件为前提对未来情形的描述，通常包括几个部分：对初始状态的设定，对导致未来特定状态的关键驱动力和变化的说明。例如，“假设我们在海岸度假，如果明天的气温有30°C，我们就去海滩。”

海草床（Seagrass bed）
是指大量的草状海洋植物，通常生活在较浅、多沙或多泥的海底区域。

海底山（Seamounts）
是指由火山活动形成的水下山系。

二次污染物（Secondary pollutant）
是指并非直接排放而是其他污染物（一次污染物）在大气中反应后形成的污染物。

安全（Security）
与个人和环境安全有关。包括获得自然资源和其他资源，免于暴力、犯罪和战争，以及相对于自然灾害和人为灾害的安全。

沉积物（Sediment）
是指经由水、风、冰和其他有机物质运输，可在其中悬浮或沉积的主要来自崩解的岩石的固体物质。

沉降（Sedimentation）
狭义上是指悬浮于水或冰中的沉积物沉积的活动或过程。广义上是指岩石物质颗粒累积形成沉积物的所有过程。通常所说的沉降涉及经由水、风、冰和其他有机物质的运输。

截存（Sequestration）
在第五期《全球环境展望》中，截存是指以一种阻止二氧化碳在特定时间内释放到大气层中的方式捕获二氧化碳。

按性别分列的数据（Sex-disaggregated data）
按性别分列的数据是按性别交叉分类的数据，分别显示与男性和女性、男童和女童相关的信息。按性别分列的数据反映了男性和女性、男童和女童在社会各方面的角色、实际状态和一般情况。例如，识字率、教育水平、企业所有权、就业、工资差异、家属、房屋和土地所有权、贷款和信贷、债务等。当数据没有按性别分列时，更难以确定实际和潜在的不平等。按性别分列的数据对于有效的性别分析是必要的。

共享经济（Sharing economy）
是指以点对点活动为基础，通过基于社区的在线服务协调获得、提供或共享商品和服务。

短期气候强迫物质（Short-term climate forcers）
是指如甲烷、黑碳、对流层臭氧和某些氢氟碳化物之类的物质，它们对短期气候变化有很大影响，但与二氧化碳和其他生命周期较长的气体相比，它们在大气层的生命周期较短。

淤积（Siltation）
是指在河流和河床及水库底部沉积的细碎的土壤和岩石颗粒。

林牧复合生产系统（Silvopastoral production systems）
是指将牧场中的树木和灌木与动物结合起来，以实现经济、生态和社会的可持续性。

智慧城市（Smart cities）
智慧城市是对一类城市的称呼，这类城市通过利用信息和通信技术来提高城市服务（如能源、运输和公用事业）的质量和性能，以降低资源消耗、浪费和总体成本。智慧城市的首要目标是通过利用智能技术来提高公民的生活质量。

社会设施（Social amenities）
是指当地和周边社区共用的且作为融合点的场所、建筑物或基础设施。为了当地和周边社区的利益，为村庄和定居地区提供完善、综合的社会设施已成为基本必需，以方便当地和周边社区开展社会职能和活动，这反过来将有助于塑造一个团结、和谐、先进、充满活力和不断进步的社会。

社会生态系统（Social ecological systems）
是指由许多相互作用的人类和非人类主体组成的复杂的适应性系统。这些主体能够适应其所处环境中的变化，且环境也会因此变化。

社交网络（Social network）
是指由一组参与者（如个人或组织）以及这些参与者之间的关系（如人际关系、连接或相互作用）所组成的社会结构。

社会经济（Socioeconomic）
关于、关联或涉及社会与经济因素的结合。

软法（Soft law）
是指既不具有实质上的严格约束力，也不完全失去法律意义的规则。它们在义务、精确性、授权的一个或多个方面被弱化。在国际法范畴内，软法是指制定行为标准的准则、政策声明或行为准则。但是，它们不能直接强制执行。

产卵（渔业）（Spawning）
进行鱼卵的产卵或受精；大量孕育后代。

物种（生物学）（Species (biology)）
是指一组与所有其他生物有生殖隔离的杂交生物群，虽然存在许多部分例外情况。一旦被描述和接受，就成为了与一个特定科学名称相关联的公认基本分类单位。

物种多样性（Species diversity）
是指物种层面的生物多样性，通常与物种丰富度、相对丰度和相异度等方面相结合。

物种丰富度（Species richness）
是指给定样本、社区或区域内的物种数量。

溢出效应（Spillover effect）
是指从一个地区到另一个地区的增长涓滴。

管理（Stewardship）
是指监督或照看某些事物（例如组织或资产）的工作。

战略环境评估（SEA）
是指一系列分析和参与式方法，致力于将环境因素纳入政策、计划和方案中，评价它们与经济和社会因素的联系。战略环境评估针对计划、项目和政策。它有助于决策者更好地理解如何将环境、社会和经济因素结合在一起。

平流层臭氧消耗（Stratospheric ozone depletion）
是指平流层臭氧层的化学破坏，尤其是由人类活动产生的物质引起。

地表水（Surface water）
所有自然暴露于大气中的水，包括河流、湖泊、水库、溪流、积水、海洋、河口等。该术语还涵盖泉、井和其他直接受地表水影响的集水地。

可持续性（Sustainability）
是指一种特征或状态，既满足当代人的需求，又不损害后代人或其他地区的人口满足其需求的能力。

可持续农业（Sustainable agriculture）
可持续农业强调提高土壤生产力，同时尽量减少对气候、土壤、水、空气、生物多样性和人类健康有害影响的方法和过程。其旨在尽量减少不可再生资源和石油产品的使用，并用可再生资源进行替代。其关注当地人民及其需求、知识、技能、社会文化价值观和体制结构，确保了当代和后代的基本营养需求在数量和质量方面都得到满足，为参与农业价值链的每个人都提供了长期就业、足够收入以及有尊严且平等的工作和生活条件，但使得农业部门容易受到不利的自然条件（如气候）、社会经济因素（如剧烈的价格波动）和其他风险的影响。

可持续发展（Sustainable development）
是指既满足当代人的需求又不损害后代人满足其需求能力的发展。

可持续森林管理（SFM）
是指管理、使用森林和林地，其方式和速度可以保持生物多样性、生产力、再生能力、活力和潜力，以满足现在和将来相关的生态、经济和社会职能，在地方、国家和全球层面不给其他生态系统造成损害。

协同效应（Synergies）
是指当两种或以上的过程、组织、物质或其他组分以一种方式相互作用时，其效果大于单独效果之和的现象。

系统（System）
一个系统是指在一些边界内相互作用的组成部分的集合。

分类学（Taxonomy）
是指能反映进化关系或形态相似性的嵌套类别系统。

科技园区（TechnoGarden）
科技园区情景描绘了一个全球互联的世界，强烈依赖于技术和高度管理（通常是经过设计的）生态系统以提供生态系统服务。

技术转让（Technology transfer）
是指专有技术、经验和设备在不同利益相关方之间的一系列流动过程。

技术（Technology）
是指实物或知识载体。例子有抽水构造（如管井）、可更新能源技术和传统知识。技术和制度是有关的。任何技术都有一套关于其使用、获取、扩散和管理的实施方法、规则和规定。

温带地区（Temperate region）
是指气候经历季节性温度和湿度变化的地区。地球上的温带地区主要分布在南北纬30°和60°之间。

变革理论（Theory of change）
变革理论是一种解释特定干预措施或一组干预措施如何导致特定发展变化的方法，其借鉴基于现有证据的因果分析。

温盐环流（Thermohaline circulation）
是指温度和/或盐度的差异使密度发生变化进而导致的大规模环流。在北大西洋，环流的表面暖水向北流而深海冷水向南流，造成净热量向北输送。表面海水在位于高纬度的固定下沉区下沉。也称为（全球）海洋输送带或经向翻转环流。

阈值（Threshold）
是指一个系统过程突然或迅速发生变化的数量水平。一个生态、经济或其他系统出现新特性的那一个点或水平，使得在较低水平适用的基于数学关系式的预测就无效了。

临界点（Tipping point）
是指一个进程中出现新的（且有时是）不可逆转的发展的关键点。

自上而下（Top-down）
是指由一些权威人士而不是受决策影响的人做出决策的情况。

地形学（Topography）
是指对一个地区表面特征的研究或详细描述。

传统或地方生态知识（Traditional or local ecological knowledge）
是指由与自然环境有互动历史的当地人维持或发展的知识、秘诀、实践或表现形式的累积体。

变革（Transformation）
是指被改造的状态。在第五期《全球环境展望》的背景下，“变革”是指探寻阻止把地球系统引入错误方向的机会，同时提供资源、能力和与可持续世界愿景相一致的有利环境的一系列行动。

转型变革（Transformational change）
是指通过将国家战略中的政策、计划和项目制度化，实现并维持积极发展成果的过程。应该指出的是，这体现了通过制度来维持成果的概念——即将成果长期维持下去。这是为了排除短期的短暂影响。

变革型教学法（Transformative pedagogy）
这是一种促进社会正义和民主理念的进步教育方法，包括民主的建构主义教学方法，以变革学生和社会。变革型教学法使学习者能够参与对话，通过探究式方法（而不是保罗·弗莱雷提出的“灌输式”教育）基于教育材料和经验共同构建教育意义。这种方法还推崇个人经历、对话教学，并使教育与社会正义相结合。

转型（Transitions）
是指社会系统的组成和功能随着结构、文化和实践的变化而发生的非线性、系统性和根本性变化。

蒸腾（Transpiration）
是指植物的各部分损失水蒸气，尤其是叶子中的水蒸气，但也包括茎、花和根中的水蒸气。

万亿（Trillion）
10^{12}（1 000 000 000 000）。

营养级（Trophic level）
是指食物随着食物链间的联系连续变动的过程。初级生产者（浮游植物）属于第一营养级，草食动物是第二营养级，肉食动物是第三营养级。

对流层臭氧（Tropospheric ozone）
是指大气层底部的臭氧，人类、作物和生态系统都暴露在它的影响之下，也称为地面臭氧。

城市群（Urban agglomeration）
是指在连续地域轮廓内居住的人口达到都市密度，而无须考虑行政边界。换句话说，其整合了“市域”和郊区，这些都是可以被视为城市边界的一部分；这个术语本身就是有争议的。

城市蔓延（Urban sprawl）
是指城市核心带无限外延、逾越城市边界的蔓延发展，低人口密度和商业发展加剧了土地使用权的分散。

城市主义（Urbanism）
是指在可持续资源利用和人类福祉融合方面整合城乡发展。

城市化（Urbanization）
是指居住在都市地区的人口比例增加。

风险资本（Venture capital）
是指投资于具有高失败风险的项目的资本，但如果成功则会带来巨额利润。

虚拟水贸易（Virtual water trade）
是指当商品和服务被交易时，生产它们所需要的水（凝结在其中）也要被交易的概念。

挥发性有机化合物（VOCs）
挥发性有机化合物是除一氧化碳、二氧化碳、碳酸、金属碳化物、金属碳酸盐和碳酸铵外，任何参加大气光化学反应的碳化合物，美国国家环境保护局指定的具有可忽略光化学反应性的那些除外。

脆弱性（Vulnerability）
是指处于危险中的人所具有的内在特征，它不仅取决于暴露，而且取决于对于特定暴露单位（如流域、岛屿、家庭、村庄、城市或国家）所受影响的敏感性以及应对或适应的能力。脆弱性是多方面的、多学科的、多部门的和动态变化

的。人可能暴露在灾患（比如干旱、冲突、极端价格波动）面前，也可能暴露在其他潜在的社会经济、制度和环境条件面前。

废水处理（Wastewater treatment）
是指为了降低污染水平而实施的改变废水质量的所有机械、生物和化学过程。

水柱（Water column）
是一个假想的柱体，从下而上延伸穿过水体。

水质（Water quality）
是指水的化学、物理和生物特征，通常由特定目的决定适当水质水平。

水短缺（Water scarcity）
是指人均年水资源量低于1000立方米或者超过40%的可用水资源被使用的情况。

水安全（Water security）
水安全是一个宽泛的术语，涉及水系统的可持续利用和保护、与水有关的灾患（洪水和干旱）预防、水资源的可持续发展、保障（获取）水功能和服务，以满足人类和环境需求。

水分胁迫（Water stress）
在供水紧张限制了食品生产、经济发展和影响人类健康情况下发生。如果一个地区的人均年供水量低于1700立方米，就会产生水分胁迫。

湿地（Wetland）
是指天然或人工、常久或暂时之沼泽地、湿原、泥炭地或水域地带，有静止或流动的淡水、半咸水或咸水，包括低潮时水深不超过6米的水域。

全基因组测序（Whole-genome sequencing）
是一个实验室过程，用于测定个体完整DNA序列中几乎所有的30亿个左右的核苷酸，包括非终止序列。

野生生物（Wildlife）
是对野生动物的统称；指一个地区的本土动物群（有时指植物群）。

林地（Woodland）
是指面积超过0.5公顷且未被定义为“森林”的土地，其中有超过5米高且林冠郁闭度超过10%的树木（或是在原生境中达到此等标准的树木）。不包括主要为农业生产或城市用地的土地。

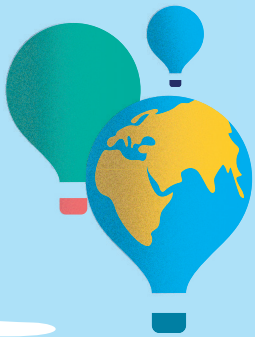
泽字节（Zettabyte）
是一个信息单位，十万亿亿字节（10^{21}），或严格地说，相当于2^{70}字节。

寨卡病毒（Zika）
一种属于黄病毒科、黄病毒属的病毒，经由蚊虫传播，在非洲部分地区和马来西亚发现，会导致寨卡热。

人畜共通传染病（Zoonotic disease）
是指在自然条件下从动物传染给人类的感染或疾病（也称为人畜共患病）。

《全球环境展望6》是对地球进行的一次重要体检。正如任何合格 的体检一样，其中提出了明确的预断，即如果继续‘一切照旧’将会怎 样，还建议采取一系列行动，使一切回到正轨。《全球环境展望6》 详细阐述了拖延行动的危险，以及实现可持续发展的现有机遇。”

联合国秘书长安东尼奥·古特雷斯



联合国环境规划署《全球环境展望6》（2019年）在第四届联合国 大会期间发布，呼吁决策者立即采取行动，解决紧迫的环境问题，以实现可持续发展目标以及其他国际商定的环境目标，如《巴黎协定》。

联合国环境规划署于1997年推出了第一期《全球环境展望》。通过回寄数百名科学家、同行评审员、合作机构及合作伙伴，《全球环境展望》报告以可靠的科学知识为基础，为政府、地方当局、企业和个人提供所需指导信息，确保在2050年之前帮助社会向真正的可持续发展模式转型。

《全球环境展望6》以先前《全球环境展望》报告的研究结果为基础，包括六份区域评估（2016年），并概述了当前的环境状况，预测了未来可能的环境趋势并分析了政策的有效性。这份旗舰报告展示了政府如何让世界走上真正可持续发展的未来之路。它强调各级决策者需要采取紧急和包容的行动，以实现地球健康和人类健康。

联合国
环境规划署