

英文原版 © 2021 联合国环境规划署版权所有

ISBN: 978-92-807-3863-6

工作编号: DEW/2361/NA

本出版物可以以任何形式全篇或部分复制用于教育或非营利目的，需版权许可，但请注明来源。联合国环境规划署（UNEP）欢迎并感谢向我们寄送的任何引用本报告的出版物。

未经联合国环境规划署事先书面许可，不得将本出版物再次出售或用于任何其他商业目的。如需申请许可，请向联合国环境规划署新闻司司长提交申请，并说明使用范围和目的。通信地址为：P.O.Box 30552, Nairobi00100, Kenya。

免责声明

本出版物所采用的名称与表述并不意味着联合国秘书处对任何国家、领土、城市、区域及其当局的权威性或其边界划定表示任何意见。关于出版物中地图用途的一般性指导，请参阅：<http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>。

本文件中提到的商业公司或产品并不代表联合国环境规划署或作者的认可。禁止在宣传或广告中未经允许使用本文信息。商标名称和符号仅用于编辑，无意侵权或触犯版权法。

本出版物中表达的观点仅为作者本人意见，并不一定代表联合国环境规划署的观点。我们对可能出现的任何错误或遗漏表示歉意。

尽管已做出合理努力以确保本出版物的内容真实正确并正确引用，但联合国环境规划署对内容的准确性或完整性不承担任何责任，且不对直接 / 间接使用、或依赖本出版物的内容可能造成的任何损失或损害承担责任，包括将其翻译成英语以外的其他语言。本翻译不是联合国的官方译著或出版物。翻译由生态文明贵阳国际论坛（EFG）进行，其获得了英文原文出版商 UNEP 的许可。生态文明贵阳国际论坛（EFG）对翻译的准确性承担全部责任。

© 地图、照片和插图来源请参照说明

引用建议

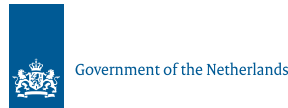
联合国环境规划署 (2021)。2020 年排放差距报告。内罗毕。

制作

联合国环境规划署（UNEP）和联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划（UDP）。

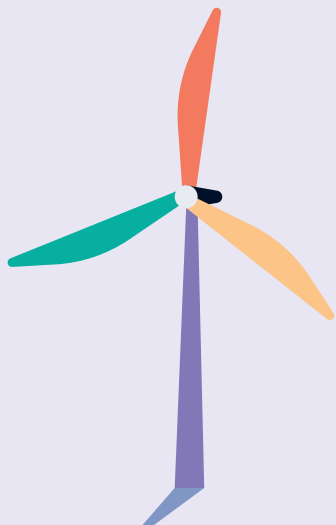
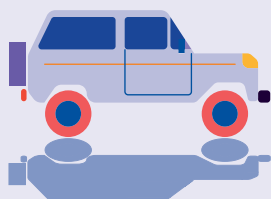
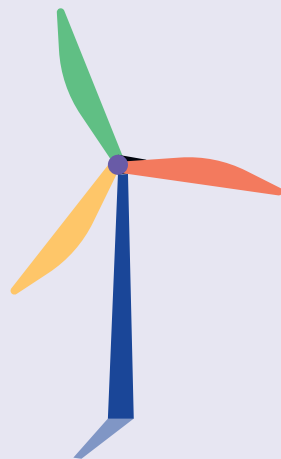
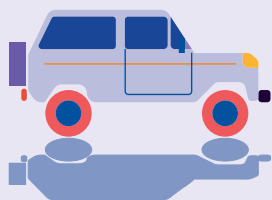
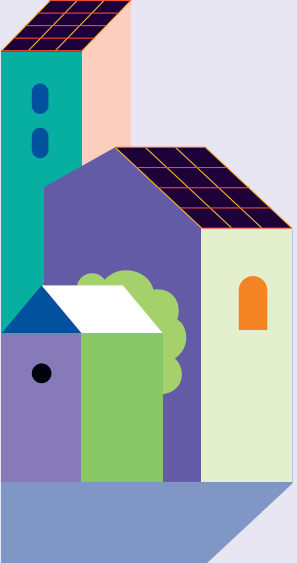
<https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>

支持单位：



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。我们的发行
政策旨在减少联合国环境规划署
的碳足迹。

2020 年排放差距报告



致谢

联合国环境规划署（环境署）谨感谢指导委员会成员、主要作者和撰稿人、审评员以及秘书处为编写本评估报告所作的贡献。作者和审稿人以个人身份对报告做出了贡献。他们的隶属关系只是为了确认身份。

项目指导委员会

Juliane Berger（德国环境署），John Christensen（联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划），Navroz K. Dubash（印度政策研究中心），James Foster（英国商业能源和工业战略部），Samuel Karlake（英国商业能源和工业战略部），Mike Keoghan（英国商业能源和工业战略部），Jian Liu（联合国环境规划署），Simon Maxwell（独立），Surabi Menon（气候工程基金会），Bert Metz（欧洲气候基金会），Katia Simeonova（联合国气候变化框架公约 - UNFCCC），Priyadarshi Shukla（艾哈迈达巴德大学）和 Oksana Tarasova（世界气象组织）

作者

第1章

作者：Anne Olhoff（联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划）

第2章

主要作者：Takeshi Kuramochi（德国新气候研究所），Michel den Elzen（PBL 荷兰环境评估局）and Glen P. Peters（挪威西塞罗国际气候研究中心）

共同作者：Caitlin Bergh（南非开普敦大学），Monica Crippa（欧盟委员会联合研究中心），Andreas Geiges（德国气候分析），Catrina Godinho（德国洪堡 - 维也纳治理平台），Sofia Gonzales-Zuñiga（德国新气候研究所），Ursula Fuentes Hutfilter（德国气候分析），Kimon Keramidas（欧盟委员会联合研究中心），Yong Gun Kim（韩国环境研究所），Swithin Lui（德国新气候研究所），Zhu Liu（清华大学），Jos Olivier（PBL 荷兰环境评估局），Leonardo Nascimento（德国新气候研究所），Joana Portugal Pereira（巴西里约热内卢联邦大学工程研究生院），Değer Saygin（土耳其舒拉市），Claire Stockwell（德国气候分析），Jorge Villareal（墨西哥气候倡议），William Wills（巴西里约热内卢联邦大学）

第3章

主要作者：Joeri Rogelj（英国伦敦帝国理工学院格兰瑟姆研究所；奥地利国际应用系统分析研究所），Michel den Elzen（格兰瑟姆研究所）和 Joana Portugal Pereira（巴西里约热内卢联邦大学工程研究生院）

共同作者：Niklas Höhne（德国新气候研究所），Daniel Huppmann（奥地利国际应用系统分析研究所），Gunnar Luderer（德国波茨坦气候影响研究所）

第4章

主要作者：Niklas Höhne（德国新气候研究所），Frederic Hans（德国新气候研究所）和 Anne Olhoff（联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划）

共同作者：Parth Bhatia（印度政策研究中心），Brian O'Callaghan（英国牛津大学），Sherilyn Raga（英国海外发展研究所），Nigel Yau（英国牛津大学）

第5章

主要作者：Jasper Faber（荷兰 CE Delft）and David S. Lee（英国曼彻斯特大都会大学）

共同作者：Susanne Becken（澳大利亚格里菲斯大学），James J. Corbett（美国能源与环境研究协会），Nick Cumpsty（英国伦敦帝国理工学院），Gregg Fleming（美国交通部沃尔普中心），Tore Longva（挪威船级社），Marianne Tronstad Lund（挪威国际气候研究中心），Tristan Smith（英国伦敦大学）

第6章

主要作者：Stuart Capstick（英国卡迪夫大学气候变化和社会转型中心，廷德尔气候变化研究中心），Radhika Khosla（英国牛津大学）和 Susie Wang（英国气候外展）

共同作者：Nicole van den Berg（荷兰乌得勒支大学），Diana Ivanova（英国利兹大学），Ilona M. Otto（格拉茨大学韦格纳气候与全球变化中心和德国波茨坦气候影响研究所），Timothy Gore（英国国际乐施会），Adam Corner（英国气候外展、气候变化和社会转型中心），Lewis Akenji（德国热冷研究所），Claire Hoolohan（曼彻斯特大学气候变化和社会转型中心，英国廷德尔气候变化研究中心），Kate Power（丹麦 KR 基金会），Lorraine Whitmarsh（巴斯大学气候变化和社会转型中心，英国廷德尔气候变化研究中心）

审稿人

Thibaut Abergel (国际能源署)、Ritu Ahuja (能源和资源研究所)、Juan Carlos Altamirano (世界资源研究所)、Pieter Boot (荷兰环境评估局)、Kathryn Jennifer Bowen (澳大利亚国立大学)、Laura Brimont (可持续发展和国际关系研究所)、Jan Burck (德国观察)、Marina Bylinsky (欧洲国际机场委员会)、Sylvain Cail (Enerdata)、Katherine Calvin (太平洋西北国家实验室)、Nicolas Campion (丹麦技术大学)、Jasmin Cantzler (GIZ)、Cyril Cassisa (国际能源署)、Rachel Chi Kiu Mok (世界银行)、Laura Cozzi (国际能源署)、Daniel Crow (国际能源署)、Sophia David (英国商业、能源和工业战略部)、Chiara Delmastro (国际能源署)、Steffen Dockweiler (气候理事会)、Sebastian Eastham (麻省理工学院)、Lukas Fesenfeld (苏黎世ETH)、Olivia Flynn (英国交通部)、James Foster (英国商业能源和工业战略部)、Andreas Frömel (苏黎世ETH)、Katja Funke (国际货币基金组织)、Harikumar Gadge (世界银行)、Mengpin Ge (世界资源研究所)、Franck Gouéry (欧盟气候行动总局)、Jukka Pekka Jalkanen (芬兰气象研究所)、Kameyama (日本国家环境研究所)、Samuel Karlake (英国商业能源和工业战略部)、Noah Kaufman (哥伦比亚大学)、Terry Keating (美国环境保护署)、Enrique Maurtua Konstantinidis (自然回归基金会)、Gabriel Labbate (联合国环境规划署)、Alan David Lee (世界银行)、Gerd Leipold (HUMBOLDT-VIADRINA 治理平台)、Mason Scott Lester (丹麦技术大学)、Sharon Lo (英国商业能源和工业战略部)、Karan Mangotra (能源和资源研究所)、Toshihiko Masui (日本国家环境研究所)、Patrick Matthewson (英国商业能源和工业战略部)、Axel Michaelowa (透视气候集团)、Daniel Beat Müller (挪威科技大学)、Andrei Mungiu (欧盟国际航空碳抵消和减少计划代表团)、Marie Münster (丹麦技术大学)、Tirthankar Nag (加尔各答国际管理研究所)、Miles Perry (欧盟气候行动总局)、Apostolos Petropoulos (国际能源署)、Annie Petsonk (环境保护基金)、PedroPiris Cabezas (环境保护基金)、Rhian Reeswen (英国商业能源和工业战略部)、Yann Robiou du Pont (可持续发展和国际关系研究所)、Michael Russo (阿维罗大学)、Mateo Salazar (Vivid Economics)、Himanshu Sharma (联合国环境规划署)、Chandra Shekhar Sinha (世界银行)、Sandhya Srinivasan (世界银行)、Julia Steinberger (利兹大学)、Julia Steinberger (日本全球环境战略研究所)、Jacopo Tattini (国际能源署)、Jacob Teter (国际能源署)、Tom Van Ierland (欧盟气候行动总局)、Tiffany Vass (国际能源署)、Benjamin Walker (英国商业能源和工业战略部)、George Williams (英国商业能源和工业战略部)、Zhao Xiusheng (清华大学)

首席科学编辑

Anne Olhoff (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划) 和 John Christensen (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划)

编辑支持

Olivier Bois von Kursk (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划) 和 James Haselip (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划)

秘书处和项目协调

Anne Olhoff (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划)、Olivier Bois von Kursk (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划)、John Christensen (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划)、Kaisa Uusimaa (联合国环境规划署)、Maarten Kappelle (联合国环境规划署)、Ying Wang (联合国环境规划署) 和 Edoardo Zandri (联合国环境规划署)

媒体和发布支持

Daniel Cooney (联合国环境规划署)、David Cole (联合国环境规划署)、Carlota Estalella Alba (联合国环境规划署)、Florian Fusstetter (联合国环境规划署)、Keishamaza Rukikaire (联合国环境规划署)、Maria Vittoria Galassi (联合国环境规划署)、Michael Logan (联合国环境规划署)、Nancy Groves (联合国环境规划署)、Neha Sud (联合国环境规划署)、Pooja Munshi (联合国环境规划署)、Viola Kup (联合国环境规划署)、Mette Annelie Rasmussen (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划)、Lasse Hemmingsen (联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划) 和其他环境署传播司几位成员

设计和排版

Joseph & Sebastian (封面)、Caren Weeks (图)、Strategic Agenda (排版)

执行摘要的翻译和语言编辑

Strategic Agenda

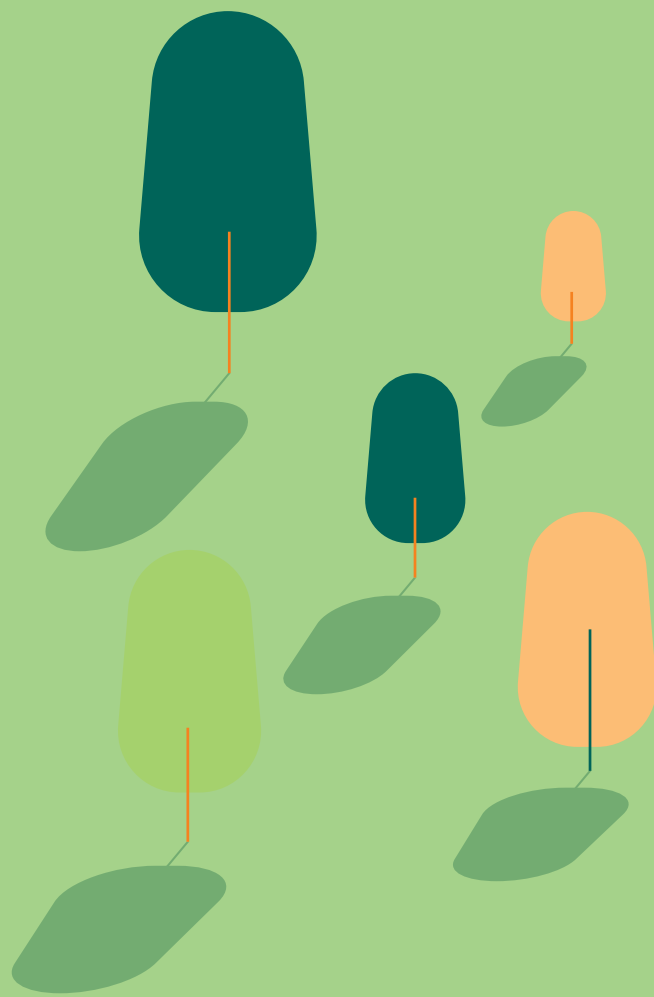
同时感谢:

Niklas Hagelberg (联合国环境规划署)、Pinya Sarasas (联合国环境规划署)、Angeline Djampou (联合国环境规划署)、Sofia Méndez Mora (联合国环境规划署)、Garrette Clark (联合国环境规划署)、Susan Mutebi-Richards (联合国环境规划署)、Harsha Dave (联合国环境规划署)、Abdelmenam Mohamed (联合国环境规划署)、Mohamed Atani (联合国环境规划署)、Ekaterina Tegin (联合国环境规划署)、Roel Hoenders (国际海事组织)、Camille Bourgeon (国际海事组织)、John Calleya (国际海事组织)、Gerd Leipold (气候透明度)、Catrina Godinho (气候透明度) and Beatriz Martinez Romera (哥本哈根大学)、Xi Ling (联合国环境规划署)

最后, 环境署要感谢 ClimateWorks 基金会、丹麦外交部、荷兰经济事务和气候政策部、德国联邦环境自然保护和核安全部、KR 基金会和瑞典国际开发合作署 (SIDA)。

目 录

致谢	V
术语表	IX
前言	XIII
执行摘要	XIV
第 1 章 引言	1
1.1 《2020 年排放差距报告》背景	1
1.2 报告的重点和方法	1
1.3 报告框架	2
第 2 章 全球排放趋势和 G20 成员的现状和展望	3
2.1 引言	3
2.2 当前全球的排放量：发展现状和发展趋势	4
2.3 考虑到新型冠状病毒肺炎的潜在影响，G20 成员落实坎昆承诺的情况	10
2.4 评估 G20 成员实现国家自主贡献目标进展情况	10
2.5 需要将长期的净零排放目标转化为近期的雄心和行动	23
第 3 章 排放差距	25
3.1 引言	25
3.2 2030 年的排放差距	25
3.3 2030 年差距评估考虑的情景	28
3.4 新型冠状病毒肺炎疫情及其相关救援和复苏措施对 2030 年温室气体排放的影响	31
3.5 排放差距对实现《巴黎协定》中长期温度目标的可行性的影响	33
第 4 章 缩小差距——当前新型冠状病毒肺炎财政救助和复苏措施的影响	36
4.1 引言	36
4.2 史无前例的全球财政支出用于经济救援和复苏措施	37
4.3 迄今为止，新型冠状病毒肺炎财政支出主要支持高碳经济生产的全球现状	38
4.4 为各国政府寻求低碳经济复苏提供经验教训和范例	40
第 5 章 缩小差距——国际航运和航空的作用	52
5.1 引言和框架	52
5.2 当前排放量、预测和驱动因素	52
5.3 缓解措施	55
5.4 降低排放的路径	58
5.5 结论	60
第 6 章 缩小差距——公平的低碳生活方式的作用	62
6.1 消费问题以及生活方式为何对应对气候变化至关重要	62
6.3 实现生活方式的改变：哪些机制鼓励低碳生活方式？	70
6.5 展望	75
参考文献	76



术语表

本术语表是根据报告的主要作者编写的，参考了下列组织、网络和项目网站上提供的术语表：政府间气候变化专门委员会、联合国环境规划署，联合国气候变化框架公约和世界资源研究所。

基准 / 参照 (Baseline/reference)：衡量变化的状态。在转型路径的背景下，“基准情景”一词是指基于以下假设的情景：除了已经生效和 / 或立法或计划采用的缓解政策或措施外，不会实施任何缓解政策或措施。基准情景不是对未来的预测，而是反事实的构建，可以用来强调在没有进一步政策努力的情况下可能发生的排放水平。通常，将基准情景与缓解情景进行比较，缓解情景是为满足温室气体排放、大气浓度或温度变化的不同目标而构建的。术语“基准情景”可与“参照情景”和“无政策情景”互换使用。在许多文献中，该术语也与术语“一切照旧 (BAU)”情景同义，尽管术语“一切照旧 (BAU)”已经不受欢迎，因为在长达一个世纪的社会经济预测中，“一切照旧”的概念很难理解。

生物质能 (Bioenergy)：从任何形式的生物量中获得的能量，如新近活的生物体或其代谢副产物。

坎昆承诺 (Cancun Pledge)：2010 年，许多国家向气候变化秘书处提交了其现有的控制温室气体 (GHG) 排放的计划，这些建议在《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 下得到了正式承认。发达国家以整体经济减排目标的形式提出了 2020 年的计划，而发展中国家则以行动计划的形式提出了限制排放增长的措施。

二氧化碳排放预算 (或碳预算) (Carbon dioxide emission budget (or carbon budget))：对于给定的温度上升上限，例如 1.5°C 或 2°C 长期上限，相应的碳预算反映了温度保持在该上限下可排放的碳总量。换言之，碳预算是指二氧化碳排放轨迹下的区域，该轨迹满足避免一定程

度的全球平均表面温升的累积排放量限制的假设。

二氧化碳当量 (Carbon dioxide equivalent, 简称 CO₂e)：比较不同温室气体排放的气候影响量度单位。它描述了对于给定的温室气体数量，当在特定的时间段内测量时，具有相同的全球变暖能力的二氧化碳的数量。就本报告而言，温室气体排放量 (除非另有规定) 是《京都议定书》附录 A 所列一篮子温室气体的总和，以二氧化碳当量表示，假设为 100 年的全球变暖潜能值。

碳强度 (Carbon intensity)：单位国内生产总值、单位产出能源使用、单位运输或农林产品的二氧化碳排放量。

碳补偿 (Carbon offset)：见补偿。

碳价格 (Carbon price)：二氧化碳排放的价格。这可能是指碳税的税率或排放许可证的价格。在许多用于评估缓解经济成本的模型中，碳价格被用作代表缓解政策的努力程度。

碳税 (Carbon tax)：对化石燃料的碳含量征税。因为化石燃料中几乎所有的碳最终都以二氧化碳的形式排放，所以征收碳税相当于对二氧化碳排放征收排放税。

协同效应 (Co-benefits)：针对一个目标的政策或措施可能对其他目标产生的积极影响，但尚未评估对总体社会福利的净影响。协同效应往往受到不确定性的影响，此外，还取决于当地情况和实践。协同效应通常被称为辅助效应。

有条件的国家自主贡献 (Conditional NDC)：国家自主贡献由一些国家提出，取决于一系列可能的条件，如国家立法机构制定必要法律的能力、其他国家雄心勃勃的行动、实现资金和技术支持，或其他因素。

缔约方会议 (Conference of the Parties, 简称 COP) : 联合国气候变化框架公约的最高机构。目前委员会每年举行一次会议, 审查《联合国气候变化框架公约》的进展情况。

当前政策轨迹 (Current policy trajectory) : 这一轨迹基于对 2020 年排放量的估计, 考虑到预测的经济趋势和当前的政策方法, 包括至少到 2015 年的政策。估计可能基于官方数据或独立分析。

森林砍伐 (Deforestation) : 森林向非森林的转变。

经济缓解潜力 (Economic mitigation potential) : 缓解潜力考虑到社会成本和收益以及社会贴现率, 假设通过政策和措施提高了市场效率以及消除了障碍。

排放差距 (Emissions gap) : 假设从 2020 年起全面实施, 与到 2100 年将全球平均气温上升控制在工业化前水平 2°C 或 1.5°C 以下的特定概率相一致的温室气体排放水平和与国家贡献目标相一致的温室气体排放水平之间的差异。

排放路径 (Emission pathway) : 随着时间的推移, 温室气体排放的轨迹。

财政措施 (Fiscal measure) : 政府为应对危机而进行的财政、货币或监管干预, 以重振经济活动。

全球变暖潜能 (Global warming potential) : 代表温室气体留在大气中的不同时间和它们吸收红外线辐射的相对有效性的综合效应指数。

温室气体 (Greenhouse gases, 简称 GHG) : 造成全球变暖和气候变化的大气气体。主要的温室气体是二氧化碳、甲烷和一氧化二氮。不太普遍但非常强大的温室气体是氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫。

综合评估模型 (Integrated assessment models) : 以方程和 / 或算法的形式结合多个学科的知识以探索复杂环境问题的模型。因此, 它们描述了气候变化的整个链条, 从温室气体的产生到大气反应。这必然包括社会经济和生物物理过程之间的相关联系和反馈。

国家自主贡献预案 (Intended nationally determined contributions, 简称 INDC) : 国家自主贡献预案是各国提交的文件, 描述了它们打算采取的国家行动, 以实现《巴黎协定》的长期温度目标, 即将变暖控制在远低于 2°C。

一旦一个国家批准了《巴黎协定》, 其国家自主贡献预案将自动转换为国家自主贡献 (见下文), 除非它选择进一步更新。因此, 本报告的国家自主贡献仅涉及尚未批准《巴黎协定》的国家。

基加利修正案 (Kigali Amendment) : 《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》的基加利修正案旨在通过削减氢氟碳化物的生产和消费, 逐步减少氢氟碳化物排放。

京都议定书 (Kyoto Protocol) : 一项独立的国际协定, 需要各国政府单独批准, 但与《联合国气候变化框架公约》有关。《京都议定书》为工业化国家减少温室气体排放设定了具有约束力的目标。

土地利用、土地利用的变化和林业 (Land use, land-use change and forestry, 简称 LULUCF) : 温室气体行业清单, 包括由人类直接引起的土地利用、土地利用的变化和林业活动所产生的温室气体的排放和消除。

可能性 (Likely chance) : 可能性大于 66% 的概率。在本报告中用于表示满足温度限制的可能性。

锁定 (Lock-in) : 锁定发生在市场被一个标准困住的时候, 即使参与者有其他选择会更好。

缓解措施 (Mitigation) : 在气候变化的背景下, 为减少温室气体的来源或增加对温室气体的吸收而进行的人类干预。例如, 更有效地利用化石燃料进行工业生产或发电, 改用太阳能或风能, 改善建筑物的隔热性能, 扩大森林和其他“碳汇”, 从大气中去除更多的二氧化碳。

货币措施 (Monetary measure) : 中央银行和 / 或政府调整货币和信贷供应的行动, 通常通过改变利率来促成。

监测、报告和核查 (Monitoring, reporting and verification) : 一个可能有助于提高气候变化制度透明度的进程或概念。

国家自主贡献 (Nationally determined contributions, 简称 NDC) : 已批准《巴黎协定》的国家提交的材料, 其中介绍了它们为实现《巴黎协定》的长期气温目标所作的努力, 即将变暖限制在 2°C 以下。新的或更新的国家贡献将于 2020 年提交, 此后每五年提交一次。因此, 国家贡献代表了一个国家目前在全国范围内减排的雄心或者目标。

非国家和次国家行为者 (Non-State and subnational actors) : 非国家和次国家行为者包括采取或承诺气候行动

的公司、城市、次国家区域和投资者。

抵消 (气候政策) (Offset (in climate policy))：减少、避免或隔离以补偿其他地方排放的二氧化碳排放。

复苏型措施 (Recovery-type measure)：政府为应对危机而进行的财政、货币或监管干预，以重振经济活动。

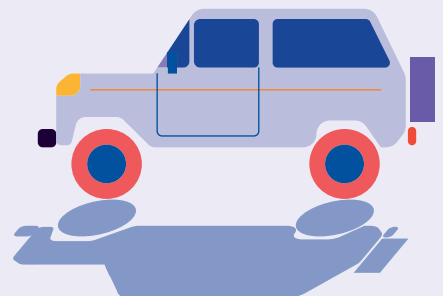
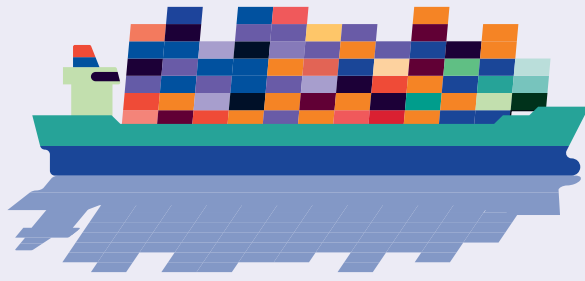
救援型措施 (Rescue-type measure)：政府立即进行财政、货币或监管干预，以保护公民的生命和社会经济福利，或为企业和经济应对危机提供紧急支持。

情景 (Scenario)：基于“如果—那么”命题对未来如何展开的描述。方案通常包括最初的社会经济状况，以及对排放、温度或其他气候变化相关变量的主要驱动力和未来变化的描述。

共享社会经济路径 (Shared Socioeconomic Pathways, 简称 SSP)：预计到 2100 年全球社会经济变化的情景。它们用于推导与不同气候政策情景相关的温室气体排放情景。

短期气候因子 (Short-lived climate forcer)：大气中导致气候变暖的化合物，其寿命约低于 20 年，包括炭黑、臭氧、甲烷和许多氢氟碳化合物。

来源 (Source)：向大气中释放温室气体、气溶胶或温室气体或气溶胶前体的任何过程、活动或机制。



前言



当全世界都在应对新型冠状病毒肺炎疫情的影响时，气候危机并没有消失。温室气体排放量在 2019 年创下新高。2020 年是有史以来最温暖的一年。野火、风暴和干旱继续肆虐，冰川以前所未有的速度融化。

与新型冠状病毒肺炎（简称新冠肺炎）疫情相关的经济放缓预计将导致今年二氧化碳排放量最多下降 7%。然而，正如联合国环境规划署《2020 年排放差距报告》所显示的那样，这一下降将对《巴黎协定》——将全球变暖控制在远低于 2°C，并追求 1.5°C 的目标产生微不足道的影响，除非国际社会优先考虑绿色复苏。报告提到，2020 年二氧化碳排放总量下降意味着到 2050 年全球升温幅度降低 0.01°C。但总的来说，即使根据《巴黎协定》充分执行无条件的国家自主贡献目标（NDC），世界仍朝着本世纪末升温突破 3°C 的方向发展。

有一个好消息是，随着无条件国家自主贡献目标的实施，预计绿色复苏将使 2030 年的排放量减少 25%，使世界接近 2°C 的路径。报告确定了实现这些削减同时支持环境、社会和经济目标的复苏措施。这些措施包括直接支持零排放的技术和基础设施，减少化石燃料补贴，以及支持基于自然的解决方案，包括大规模的景观恢复和再造林。

一些 G20 成员已经宣布了绿色复苏措施。然而，截至 2020 年 10 月，空前的新型冠状病毒肺炎财政支出维持了现状，促进了新的高碳投资。尽管在气候问题上也有更强有力的承诺，包括中国的到 2060 年实现碳中和承诺，南非到 2050 年实现碳中和，以及日本和欧盟到本世纪中叶

实现净零温室气体排放目标——这些目标尚未在更新的国家自主贡献中得到体现。在新型冠状病毒肺炎财政干预的下一阶段，各国政府必须更加环保，并在 2021 年提高其国家自主贡献目标的雄心。

报告发现，更有力的行动必须包括促进、鼓励和强制个人和私营部门改变消费行为，使消费者能够避免高碳消费，例如，重新设计城市，提高住房效率，推广更好、更少浪费的饮食。富人在这方面负有最大的责任。占全球收入前 1% 的最富有人群的总排放量，是占全球收入后 50% 的最穷人群总排放量的两倍多。为了达到《巴黎协定》的目标，这些最富有人群需要将其碳足迹减少 30 倍。

新型冠状病毒肺炎疫情是一个警告，即我们必须立即改变破坏性的发展道路，这种发展道路正在推动气候变化、自然损失和污染这三个全球危机。但这显然也是一个重大机遇。我敦促各国政府、企业和个人——特别是那些气候足迹最大的国家，抓住这个机会，在未来几十年里保护我们的气候和自然。

Inger Andersen

联合国环境规划署执行主任

执行摘要一

2020 年排放差距报告

引言

在编写联合国环境规划署（环境署）第十一版排放差距报告的这一年，新闻中充斥着新型冠状病毒肺炎危机，这场危机主导着政策制定，并且给全世界带来巨大痛苦，引起经济及社会的混乱。疫情对经济的干扰暂时减缓了（但远未消除）人类活动对地球气候造成的具有历史意义的、日益加重的负担。这种负担从持续增加的极端天气事件（包括野火和飓风）以及南北极冰川和冰的融化中可见一斑。2020 年创下了新纪录，但它们将不是最后的纪录。

和往年一样，本报告评估了各国在执行其减缓气候变化承诺的情况下，估计的未来全球温室气体（GHG）排放量与符合实现《巴黎协定》温度目标的最低成本路径的全球排放水平之间的差距。“我们可能的排放量和我们需要的排放水平”之间的差距即是“排放差距”。

本报告还研究了与缩小差距高度相关，并且在新型冠状病毒肺炎疫情暴发之后变得更加相关的两个领域：航运和航空部门（这两个领域的国际排放不包括在国家自主贡献内）和生活方式改变。

为了反映特殊情况，2020 年报告偏离了其一贯的做法，即只考虑将前几年的综合数据作为评估的基础。为了最大程度地发挥其政策相关性，报告从始至终都包括对疫情的影响以及相关救助和复苏措施的初步评估。

我们是否正逐步缩小差距？绝非如此。

虽然由于新型冠状病毒肺炎危机和相关的应对措施，2020 年的排放量将低于 2019 年，但大气中的温室气体浓度仍在继续上升，预计排放量的直接减少对气候变化的长期影响可忽略不计。但是，规模空前的新型冠状病毒肺炎经济复苏措施为低碳转型打开了大门，创造了持续减少排放所需的结构变革。抓住这一机会对于缩小排放差距至关重要。

联合国秘书长呼吁各国政府以新型冠状病毒肺炎的复苏为契机，创建更可持续、更具韧性和更具包容性的社会。为此，《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）强调，各国

政府可以在新的或更新的国家自主贡献和长期减排战略中纳入并具体说明新型冠状病毒肺炎后的复苏计划和政策，并要求各国在 2020 年提交国家自主贡献和长期减排战略。

在气候政策方面，2020 年最重要、最令人鼓舞的发展是越来越多的国家承诺在本世纪中叶左右实现净零排放目标。只要能在全球范围内实现，那么这些承诺就与《巴黎协定》的温度目标基本一致。这些公告的试金石将是这些公告在近期的政策行动和从现在到 2030 年期间的更具决心的国家自主贡献中得到多大程度的反映。

和往年一样，《2020 年排放差距报告》由杰出的指导委员会指导，由一流科学家组成的国际团队撰写，他们对所有可用信息进行了评估，其中包括在政府间气候变化专门委员会（IPCC）报告背景下发布的信息，以及其他最近发表的科研成果。评估的撰写过程始终透明，并强调广泛参与性。在定稿之前，已经将评估方法和初步结论提供给报告中具体提到的各国政府，征求并考虑了它们的意见。

1. 2019 年，全球温室气体排放量仍在持续增加。

▶ 2019 年，全球温室气体排放量连续第三年增加，达到了 524 亿吨二氧化碳当量（范围：± 52）（不包括土地利用变化产生的温室气体排放量）和 591 亿吨二氧化碳当量（范围：± 59）（包括土地利用变化产生的温室气体排放量），再创历史新高。

▶ 温室气体排放总量中占主导地位的是化石燃料二氧化碳的排放（来自化石燃料和碳酸盐），包括土地利用变化（65%），从而导致温室气体排放的增长。初步数据显示，化石能源使用产生的二氧化碳排放量在 2019 年达到了 380 亿吨二氧化碳当量（范围：± 19），再创历史新高。

▶ 自 2010 年以来，不包括土地利用变化的温室气体排放量年均增长率为 1.3%，初步数据显示，2019 年增长率为 1.1%。如果包括更加不确定和可变的土地利用变化排放，那么自 2010 年以来，全球温

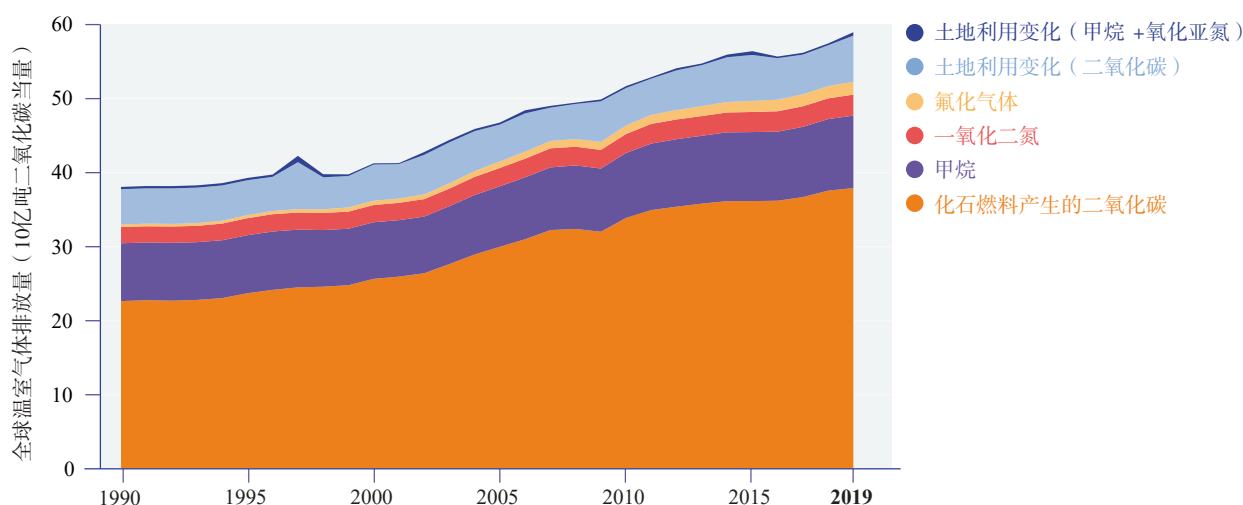
室气体排放年均增长率为 1.4%，由于植被森林火灾的大幅增加，2019 年增速更快，为 2.6%。

- ▶ 在过去十年，排名前四位的排放国（中国、美国、欧盟 27 国加英国、印度）温室气体总排放量（不包括土地利用变化）占全球 55%。排在前七位的排放国（包括俄罗斯、日本和国际运输）排放总量占全球 65%，其中二十国集团成员国的排放量占 78%。在考虑人均排放量时，国家的排名发生了巨大变化（图 ES.2）。
- ▶ 有迹象表明，全球温室气体排放量的增速正在放缓。但是，经合组织（OECD）经济体的温室气体排放量正在下降，而非经合组织经济体的温室气体排放量正在增加。许多经合组织经济体的温室气体排放量已达到峰值，效率的提高和低碳能

源的增长远远抵消了经济活动的增长。尽管提高了能源效率并且增加了低碳能源，但在为满足发展需要，能源用量出现强劲增长的国家，排放量继续上升。

- ▶ 存在一种普遍的趋势，即富裕国家基于消费的排放量（排放分配给购买和消费商品的国家，而非生产商品的国家）比基于领土的排放量要高，因为这些国家通常实行清洁生产，服务业更发达，而初级和次级产品往往依靠进口。在 21 世纪第一个十年，富裕国家的消费与生产之间的差距不断扩大，但在 2007-2008 年全球金融危机之后趋于稳定。尽管在过去的十年里，富裕国家基于消费的排放量高于基于领土的排放量，但两种排放量均以类似速度下降。

图 ES.1. 所有来源的全球温室气体排放



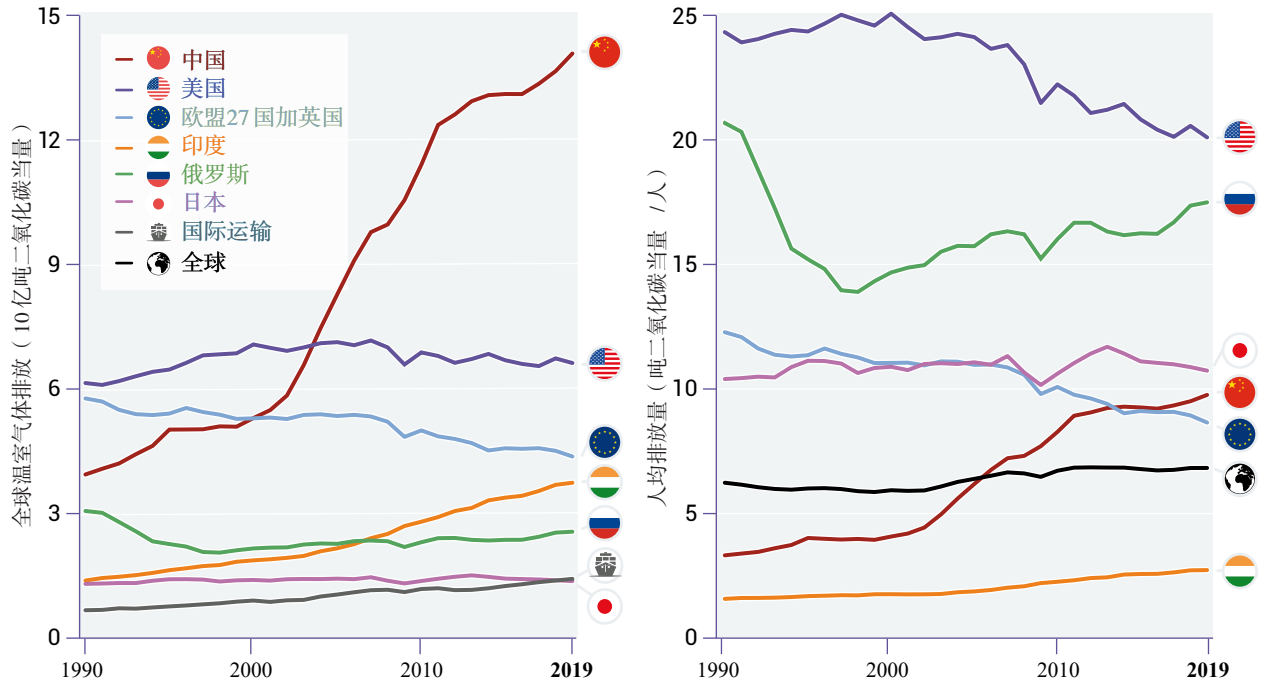
2. 由于新型冠状病毒肺炎，2020 年二氧化碳排放量可能比 2019 年的排放水平下降约 7%（范围：2–12%），由于非二氧化碳受影响可能较小，因此预计温室气体排放量的下降幅度较小。但是，大气中温室气体的浓度继续上升。

- ▶ 2020 年由于新型冠状病毒肺炎而减少的温室气体排放量可能大大超过 21 世纪第一个十年后期全球金融危机期间减少的 1.2% 温室气体排放量。研

究表明，最大的变化出现在运输部门，因为新型冠状病毒肺炎的限制旨在限制流动性，尽管其他部门也出现了减少（图 ES.3）。

- ▶ 尽管二氧化碳排放量将在 2020 年减少，但由此产生的主要温室气体（二氧化碳、甲烷）和氧化亚氮在大气中的浓度在 2019 年和 2020 年都继续上升。为了稳定全球温度升幅，需要持续减少排放量以实现二氧化碳净零排放，而实现温室气体净零排放将导致全球温度升幅达到峰值然后下降。

图 ES.2. 排名前六位的排放国的绝对温室气体排放量（不包括土地利用变化排放量）和国际运输（左）以及排名前六位的排放国的人均排放量与全球平均水平（右）



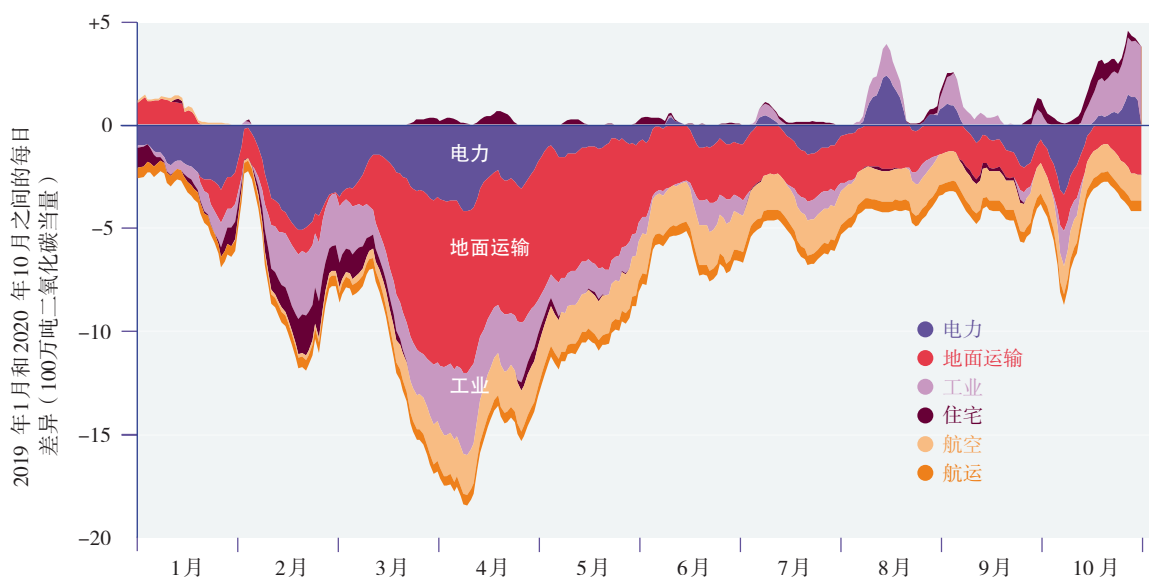
3. 新型冠状病毒肺炎危机仅能在短期减少全球排放，对 2030 年减排的贡献可忽略不计，除非各国在追求经济复苏的同时大力实现脱碳。

- ▶ 关于新型冠状病毒肺炎疫情和相关复苏措施对 2030 年排放影响的评估仍然很少，而且很不确定。但是，报告基于现有研究提供了探索性预测（图 ES.4）。
- ▶ 与新型冠状病毒肺炎前的当前政策情景（图 ES.4 – 当前趋势情景）相比，到 2030 年，预计由于新型冠状病毒肺炎疫情以及相关的救助和复苏应对而导致的总体经济放缓的影响，将使全球温室气体排放量减少约 20-40 亿吨二氧化碳当量。该结论假设二氧化碳的排放量出现了明显的短期下降，此后的排放量遵循 2020 年前的增长趋势。
- ▶ 如果在最初的二氧化碳排放量短期下降后，由于各国可能把气候政策倒退作为新型冠状病毒肺炎应对的一部分而导致出现脱碳率降低的发展趋势，

那么预计到 2030 年，全球减排量将会大大减少，仅有约 15 亿吨二氧化碳当量，与新型冠状病毒肺炎暴发前的当前政策情景相比，实际上可能会增加大约 10 亿吨二氧化碳当量（图 ES.4 – 分别反弹到化石燃料的二次打击和单一打击情景）。

- ▶ 只有以新型冠状病毒肺炎经济复苏为契机，大力实现脱碳，预计全球温室气体排放才能在 2030 年大幅减少（图 4 - IEA 可持续复苏情景）。到 2030 年，这可能导致全球温室气体排放量达到 440 亿吨二氧化碳当量，与新型冠状病毒肺炎前的当前政策情景相比，到 2030 年减少 150 亿吨二氧化碳当量（略高于 25%）。
- ▶ 各国有很大的机会将低碳发展纳入新型冠状病毒肺炎救助和复苏措施，并将这些措施纳入新的或更新的国家自主贡献和长期减缓战略中，这些战略将在 2021 年重新召开的第二十六届缔约方大会（COP 26）上及时提供。

图 ES.3. 由于新型冠状病毒肺炎封锁，2020 年比 2019 年的排放量减少



4. 承诺在本世纪中叶左右实现净零排放目标的国家越来越多，这是气候政策在2020年最重要、最令人鼓舞的发展。为了保持可行性和可信度，必须迫切把这些承诺转化为强有力的近期政策和行动，并在国家自主贡献中加以体现。

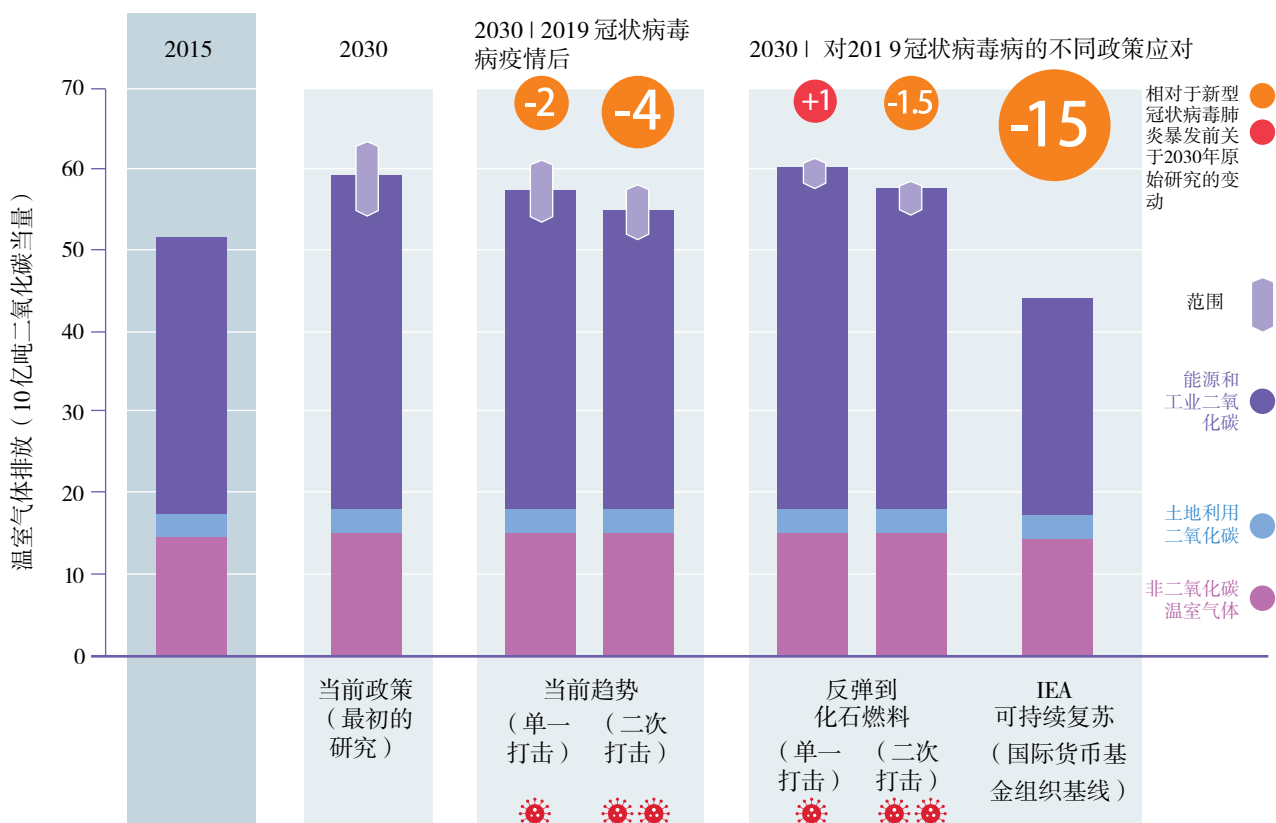
- ▶ 在本报告编写完成之际，占全球温室气体排放量51%的126个国家已经正式通过、宣布或正在考虑净零目标。如果美国按照拜登-哈里斯（Biden-Harris）气候计划中的建议，采纳到2050年实现温室气体净零排放目标后，这一比例将增加到63%。
- ▶ 以下二十国集团成员国的净零排放目标是：法国和英国已在法律上规定了2050年净零温室气体排放目标；欧盟的目标是到2050年实现净零温室气体排放；中国宣布了到2060年前实现碳中和的计划；日本宣布了到2050年实现净零温室气体排放的目标；韩国总统在国会的讲话中承诺韩国到2050年实现碳中和；加拿大已经表示有意通过立法制定到2050年实现净零排放的目标（尽管尚不清楚这是仅指二氧化碳还是所有温室气体）；南非的目标是到2050年实现零碳净排放；阿根廷和墨西哥都是《联合国气候变化框架公约》气候雄心联盟成员国，致力于到2050年实现净零排放。

▶ 在到2020年向《联合国气候变化框架公约》正式提交本世纪中期、长期低温室气体排放发展战略以及新的或更新的国家自主贡献方面，二十国集团成员国的进展有限。截至2020年11月中旬，九个二十国集团成员国（加拿大、欧盟、法国、德国、日本、墨西哥、南非、英国和美国）已向《联合国气候变化框架公约》提交了长期低温室气体发展战略，所有这些战略都是在采用净零排放目标之前提交的。没有任何二十国集团成员国正式提交新的或更新的国家自主贡献目标。

▶ 尽管最近宣布的净零排放目标非常令人鼓舞，但它们凸显了这些充满决心的目标与决心不足的2030年国家自主贡献之间的巨大差异。此外，当前政策所隐含的排放水平与当前国家自主贡献所预测的2030年排放水平之间存在矛盾，更重要的是，与到2050年实现净零排放所必需的排放水平之间存在矛盾。

▶ 为了在2030年前实现《巴黎协定》的长期温度目标方面取得重大进展，迫切需要采取两个步骤。首先，更多国家需要制定符合《巴黎协定》的长期战略，其次，新的和更新的国家自主贡献需要与净零排放目标保持一致。

图 ES.4. 基于新型冠状病毒肺炎前的研究和探索性计算得出的各种“假设”情景（新型冠状病毒肺炎后），到 2030 年，全球温室气体排放总量低于最初的当前政策情景（中位数和第十至第九百分位数范围）



5. 总的来说，二十国集团成员国预计将超额实现它们在 2020 年坎昆会议上做出的适度承诺，但这些国家都不能按期实现其国家自主贡献承诺。九个二十国集团成员国有望实现其 2030 年国家自主贡献承诺，有五个成员国没有践行承诺，还有两个成员国缺乏足够的信息来确定这一点。

- ▶ 和往年的排放差距报告一样，本报告密切关注二十国集团成员国，因为它们约占全球温室气体排放量的 78%，因此它们在很大程度上决定了全球排放趋势以及 2030 年排放差距将缩小到何种程度。
- ▶ 总体而言，即使不考虑新型冠状病毒肺炎的预期影响，二十国集团成员国也有望超额实现其 2020 年坎昆承诺。根据最新的新型冠状病毒肺炎暴发前的情景研究，现在预计南非可能实现其坎昆承诺。美国也有望实现其坎昆承诺，尽管只有在考

虑了新型冠状病毒肺炎的预期影响后才能实现。即便考虑新型冠状病毒肺炎的影响，加拿大、印度尼西亚、墨西哥和韩国仍然不太可能实现或不确定是否能实现其坎昆承诺。

- ▶ 总体而言，二十国集团成员国没有步入按新型冠状病毒肺炎之前的预测实现其无条件国家自主贡献承诺的轨道。16 个（将欧盟 27 个成员国加英国视为一个成员）二十国集团成员国中有 9 个（阿根廷、中国、欧盟 27 个成员国加英国、印度、日本、墨西哥、俄罗斯、南非和土耳其）有望实现承诺。预计将有五个二十国集团成员国（澳大利亚、巴西、加拿大、韩国和美国）不能实现承诺，因此需要采取进一步行动。对印度尼西亚和沙特阿拉伯的预测尚无定论。
- ▶ 新型冠状病毒肺炎和经济复苏措施对二十国集团各成员国 2030 年排放量可能造成巨大影响，尽管现有的少数研究估计仍存在很大的不确定性和差异。

6. 与2019年相比，排放差距没有缩小，而且尚未受到新型冠状病毒肺炎的影响。要实现2°C目标，到2030年，年排放量必须比当前的无条件国家自主贡献低150亿吨二氧化碳当量（范围：120 - 190亿吨二氧化碳当量），要实现1.5°C目标，年排放量需要比当前的无条件国家自主贡献低320亿吨二氧化碳当量（范围：290 - 360亿吨二氧化碳当量）。总体而言，当前政策比达到全面实施无条件国家自主贡献的水平少30亿吨二氧化碳当量。

▶ 2030年的排放差距被定义为将全球温度升幅控制在2°C、1.8°C或1.5°C的不同概率的最低成本情景下的全球温室气体排放总量与全面实施国家自主贡献后的全球温室气体排放总量估计值之间的差距。

▶ 三种温度情景涵盖从“低于2°C”到“低于1.5°C”整个范围，可对“远低于2°C”做出各种解释（表ES.1）。每个情景都考虑了最低成本气候变化减缓路径，该路径将从2020年开始长期减少。这些情景是根据被编入《IPCC全球升温1.5°C特别报告》减缓路径评估的情景计算的。

▶ 本报告的国家自主贡献和当前政策情景基于10个建模组提供的最新数据。截至2020年11月中旬，没有一个主要排放国提交新的或更新的国家自主贡献，也没有提出更远的2030年目标。总体而言，预计2019年更新的国家自主贡献目标到2030年将使总排放量减少不到1%。

▶ 总的来说，2030年的排放水平没有达到国家自主贡献所暗示的水平：无条件的国家自主贡献情景下赤字约为30亿吨二氧化碳当量，有条件的国家自主贡献情景下赤字约为50亿吨二氧化碳当量。

表 ES.1. 2030 年不同情景下的全球温室气体排放总量（中位数和第十至第九十分位数范围）、温度影响和因此产生的排放差距（基于新型冠状病毒肺炎暴发前的当前政策情景）

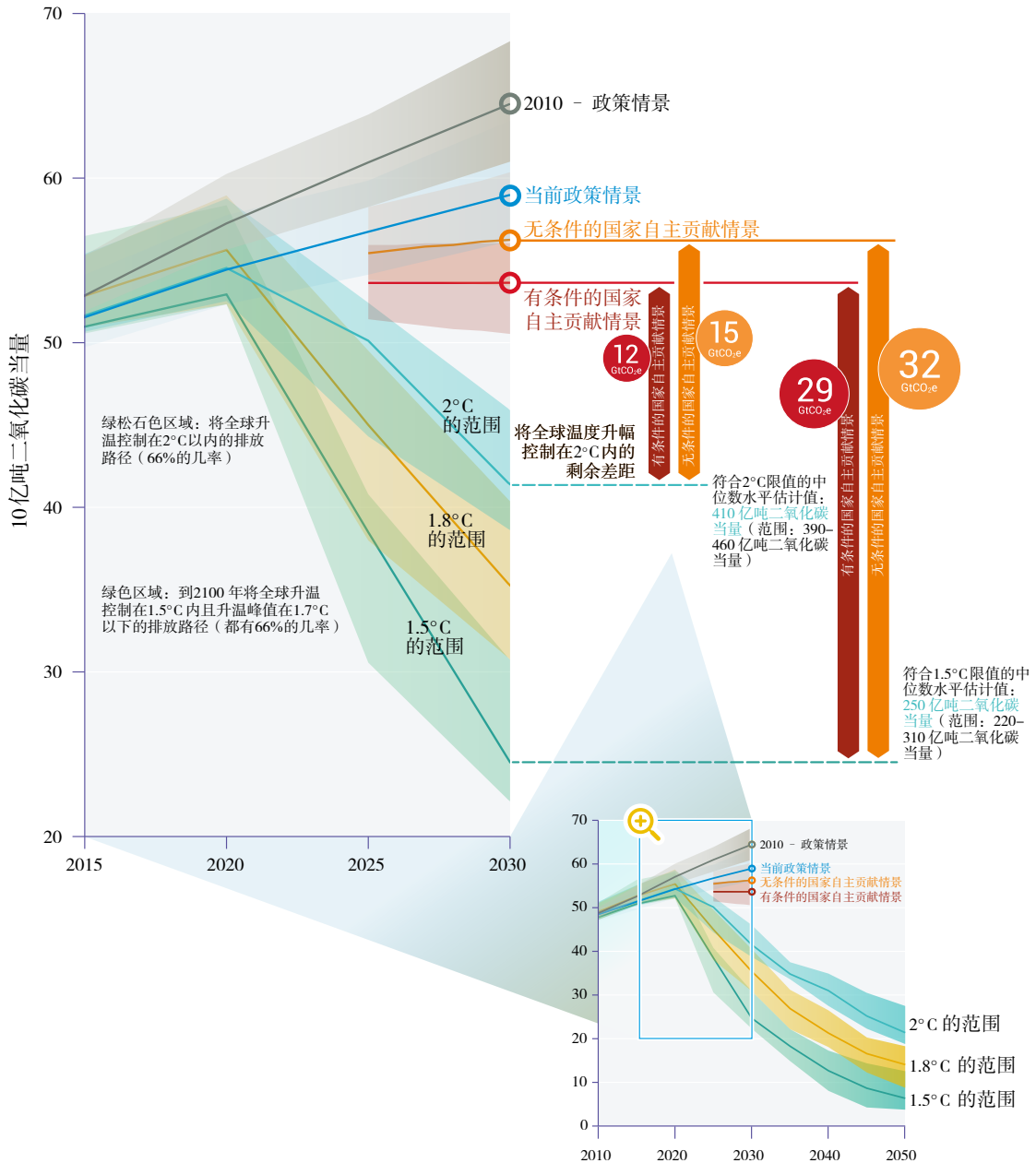
情景（四舍五入至最近的10亿吨）	设定情景的数量	2030年的全球总排放（10亿吨二氧化碳当量）	估计的温度结果			最接近的对应IPCC 1.5°C特别报告情景等级	2030年的排放差距（10亿吨二氧化碳当量）		
			50% 概率	66% 概率	90% 概率		2.0°C 以下	1.8°C 以下	2100年 1.5°C 以下
2010年政策	6	64 (60-68)							
当前政策	8	59 (56-65)					17 (15-22)	24 (21-28)	34 (31-39)
无条件的国家自主贡献	11	56 (54-60)					15 (12-19)	21 (18-25)	32 (29-36)
有条件的国家自主贡献	12	53 (51-56)					12 (9-15)	18 (15-21)	29 (26-31)
升温 2.0°C 以内（66% 概率）	29	41 (39-46)	峰值： 1.7 - 1.8°C 2100年： 1.6 - 1.7°C	峰值： 1.9 - 2.1°C 2100年： 1.8 - 1.9°C	峰值： 2.4 - 2.6°C 2100年： 2.3 - 2.5°C	更高 2°C 路径			
升温 1.8°C 以内（66% 概率）	43	35 (31-41)	峰值： 1.6 - 1.7°C 2100年： 1.3 - 1.6°C	峰值： 1.7 - 1.8°C 2100年： 1.5 - 1.7°C	峰值： 2.1 - 2.3°C 2100年： 1.9 - 2.2°C	更低 2°C 路径			
2100年升温 1.5°C 以内且升温峰值在 1.7°C 以内（都有 66% 的概率）	13	25 (22-31)	峰值： 1.5 - 1.6°C 2100年： 1.2 - 1.3°C	峰值： 1.6 - 1.7°C 2100年： 1.4 - 1.5°C	峰值： 2.0 - 2.1°C 2100年： 1.8 - 1.9°C	1.5°C 没有超量或超量有限			

- ▶ 到 2030 年，在国家自主贡献情景下估计的全球排放总量和在将温度升幅控制在 2°C 和 1.5°C 以内的路径下估计的全球排放总量间差距很大（见图 ES.5）。与温度升幅 2°C 以内情景相比，估计完全实施无条件的国家自主贡献仍将在 2030 年产生 150 亿吨二氧化碳当量（范围：120-190 亿吨二氧化碳当量）的差距。实施无条件的国家自主贡献和 1.5°C 以内路径之间的排放差距约为 320 亿吨二氧化碳当量（范围：290-360 亿吨二氧化碳当量）。完全实施无条件的国家自主贡献和有条件的国家自主贡献将把这些差距缩小约 30 亿吨二氧化碳当量。
- ▶ 由于没有对温度情景进行更新，并且只对国家自

主贡献情景进行了较小更新，估计的排放差距与 2019 年相比没有变化。同样，这一差距尚未受到新型冠状病毒肺炎影响。

- ▶ 但是，当前政策情景可能会受到新型冠状病毒肺炎影响。如图 ES.4 所示，与图 ES.5 所示的新型冠状病毒肺炎暴发前的当前政策情景相比，当前的预测意味着对 2030 年排放的影响从 +10 亿吨二氧化碳当量到 -150 亿吨二氧化碳当量不等。这可能使 2030 年的排放低于与国家自主贡献情景有关的水平。如果全球温室气体排放量减少 150 亿吨二氧化碳当量，那么 2030 年的排放量将处于将全球温度升幅控制在 2°C 以内（而不是 1.5°C）的最低成本情景范围内。

图 ES.5. 不同情景下的全球温室气体排放量以及 2030 年的排放差距（中位数和第十至第九十分位数范围；基于新型冠状病毒肺炎暴发前的当前政策情景）



7. 当前的国家自主贡献仍然严重不足，无法实现《巴黎协定》的气候目标，导致到本世纪末，温度将至少升高3°C。如果短期国家自主贡献和相应的政策与净零排放目标保持一致，那么最近宣布的净零排放目标可以将该温度降低约0.5°C。

- ▶ 要实现《巴黎协定》的目标，就需要大幅增强决心。与之前几版排放差距报告相一致，各国必须共同努力将国家自主贡献决心提高三倍，以如期实现2°C的目标，而要如期实现1.5°C的目标，则必须把国家自主贡献决心增加五倍以上。
- ▶ 迄今为止，由于缺乏足够的缓解行动，实现《巴黎协定》目标的挑战大大加剧。为在2030年达到符合2°C和1.5°C情景的排放水平，每年所需的全球平均减排量已显著增加。现在所需的全球平均减排量已经翻了一番还多，相当于如果在2010年开始认真采取集体气候行动，所需的减排量的四倍。如果未能在2030年之前大幅减少全球排放量，将不可能将全球温度升幅控制在1.5°C以下。
- ▶ 无条件的国家自主贡献符合本世纪末将温度升幅控制在3.2°C（66%的概率）的要求。如果有条件的和无条件的国家自主贡献都得到充分实施，则此估算值将降低0.2°C。另一方面，新型冠状病毒肺炎暴发前的当前政策情景导致排放量到2030年变得更高，如果不加大减排力度，到2100年将使全球平均气温上升3.5°C。
- ▶ 2020年，遏制新型冠状病毒肺炎的措施已大幅减少了全球温室气体排放量。但是，除非随后采取支持低碳转型的经济救助和复苏措施，否则预计到2050年，新型冠状病毒肺炎导致的全球温室气体排放量下降引起的全球温度升幅下降将不超过0.01°C，预计温度升幅届时将超过1.5°C。
- ▶ 考虑到最近宣布的净零排放目标的潜在影响，温度预测会发生变化。初步估计表明，总体而言，这些目标可能会将符合无条件的国家自主贡献的温度预测进一步降低约0.5°C，降至2.7°C左右。如果美国按照拜登-哈里斯（Biden-Harris）气候计划的建议，采纳到2050年实现温室气体净零排放目标后，那么，与目前无条件的国家自主贡献的全球升温估计值相比，直到本世纪末的预测值估计总共要低0.6°C-0.7°C，即2.5-2.6°C左右。

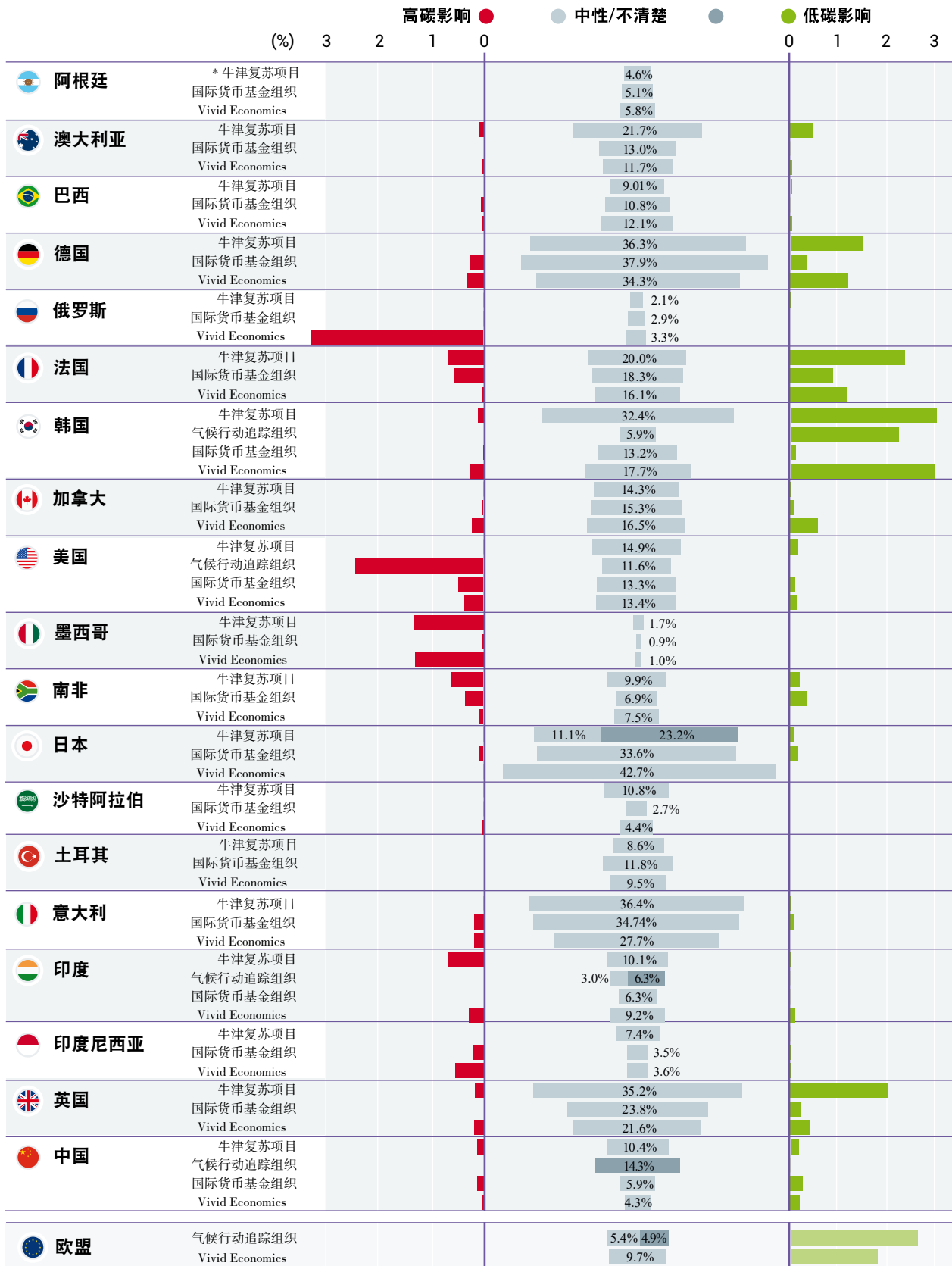
8. 与新型冠状病毒肺炎有关的政府财政支出规模空前，目前在全球约达到12万亿美元，占2020年全球国内生产总值（GDP）的12%。对于二十国集团成员国而言，2020年的财政支出平均占GDP的15%左右。

- ▶ 迄今为止，在对新型冠状病毒肺炎的即时经济应对中，大多数政府都把重点放在为保护生命和企业的救助措施提供资金上，有些政府还包括鼓励企业脱碳的条件。鉴于新型冠状病毒肺炎的影响和应对时间表各不相同，一些政府也开始为复苏措施提供资金，以提振经济。
- ▶ 世界各地的财政支出存在巨大差异。二十国集团成员国的平均财政支出目前徘徊在GDP的15%左右，某些成员国的财政支出高达GDP的40%。但是，对于中等收入国家和发展中国家，这一数字要低得多，不到GDP的6%。

9. 迄今为止，在很大程度上错过了使用财政救助和复苏措施来刺激经济，同时加速低碳转型的机会。抓住未来机会还为时不晚，如果没有抓住未来机会，那么实现《巴黎协定》目标可能会变得更加遥不可及。

- ▶ 截至2020年10月，用于新型冠状病毒肺炎的财政支出主要支持了全球高碳经济生产现状，或对温室气体排放产生中性影响。尽管将眼前的救助措施用于现有行业可以理解，但后面的救助和复苏措施可以支持低碳发展，同时也不放弃获得经济利益的机会。
- ▶ 四个主要新型冠状病毒肺炎财政投资跟踪器显示，在低碳救助和复苏措施（即减少温室气体排放的措施）方面，几乎没有二十国集团成员国付诸行动。约有四分之一的二十国集团成员国将部分支出（高达GDP的3%）明确用于低碳措施。大多数国家的政府支出主要是高碳（意味着温室气体净负排放）或碳中和（对温室气体排放没有明显影响）支出。在一些情况下，尚不清楚各国的措施将对温室气体排放产生何种影响（图ES.6）。
- ▶ 对减少温室气体排放产生积极影响的政策在财政复苏措施中比在救助措施中更为普遍。这一点值

图 ES.6. 具有高碳、碳中和和低碳效应的二十国集团成员国财政救助和复苏措施总量占 2019 年 GDP 比重的非详尽概述



注：* 牛津复苏项目是指牛津大学经济复苏项目（OUERP）

截至 2020 年 10 月，欧洲理事会关于下一代欧盟（NextGenerationEU）复苏基金和 2021-2027 年多年度金融框架中与绿色气候变化相关的额外支出的所有声明仍处于初步阶段。

得注意，因为新型冠状病毒肺炎财政干预的下一阶段可能会将更大比例的资金转向复苏措施，这表明有可能加大低碳措施的实施力度。

- ▶ 从长期看，对新型冠状病毒肺炎疫情的全球经济救助和复苏应对将导致全球温室气体排放减少还是增加，仍掌握在决策者手中。仍然可以通过尚待做出的，关于已宣布的一揽子复苏计划和未来复苏行动的构成和实施的决定来塑造未来。

10. 早期的新型冠状病毒肺炎财政救助和复苏措施为决策者设计近期措施提供了宝贵的见解。

- ▶ 许多财政救助和复苏措施能够同时支持快速的就业密集型和成本效益高的经济复苏和低碳转型。大类包括：
 - 支持低碳和可再生能源、低碳交通、零能耗建筑、低碳产业等零排放技术和基础设施
 - 支持零排放技术研发
 - 通过财政改革对化石燃料进行补贴
 - 以自然为基础的解决方案，包括大规模景观恢复和植树造林。
- ▶ 相反，一些财政救助和复苏措施可能会使高碳和破坏环境的发展持续下去。其中包括：
 - 化石燃料基础设施投资或对高碳技术和项目的财政激励
 - 环境法规的放弃或倒退
 - 救助那些不具备低碳转型或环境可持续性条件的化石燃料密集型企业（如航空公司、内燃机汽车公司、工业企业和化石能源企业）。

11. 国内和国际航运和航空目前约占全球二氧化碳排放量的 5%，预计将大幅增加。国家自主贡献中不含航运和航空的国际排放，根据目前的趋势，在 IPCC 的解释性 1.5°C 情景下，预计到 2050 年将消耗允许排放的二氧化碳量的 60% 至 220%（图 ES.7）。

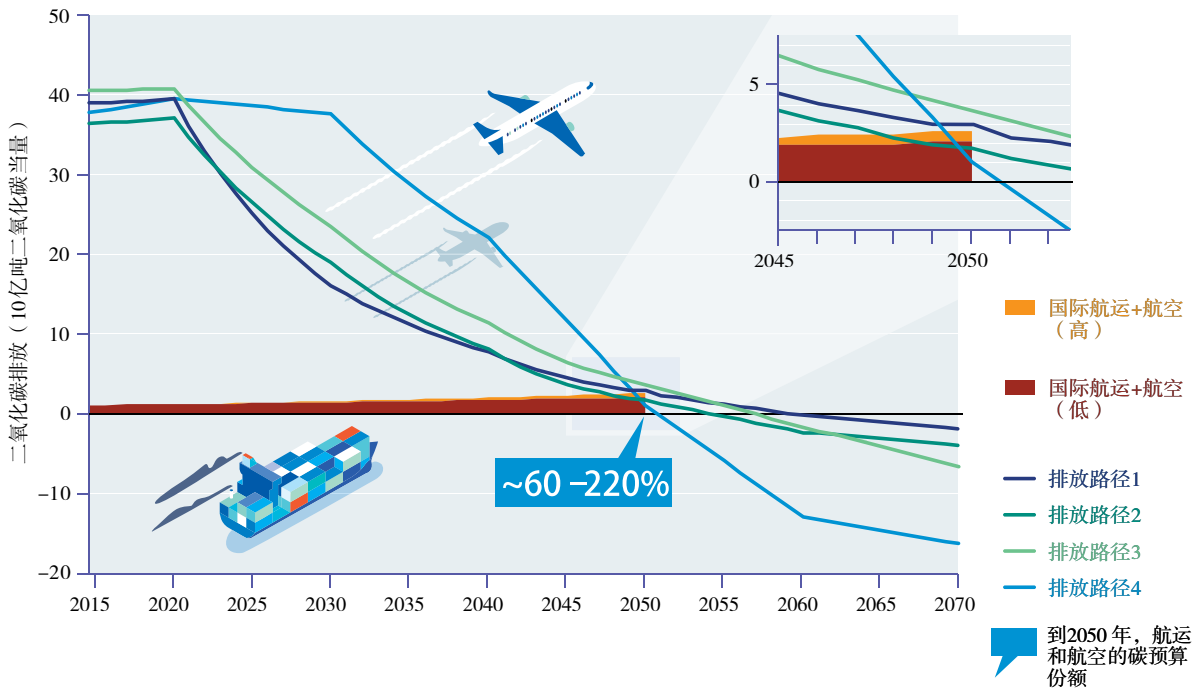
- ▶ 航运和航空部门加起来目前每年约占 20 亿吨二氧化碳当量（在这两个部门平均分布），过去几十年的排放量有所增加。航运部门排放的约 71% 二氧化碳和航空部门 65% 的排放属于国际排放，它们

不包括在向《联合国气候变化框架公约》报告的国家总量中，而是作为备忘录项目添加的。《巴黎协定》大多数签署国的国家自主贡献不涵盖国际排放。然而，由于船舶和飞机经常在国内和国际航线上活动，因此在处理国内和国际航运排放方面存在协同效应。

12. 当前解决排放问题的政策框架薄弱，需要出台更多政策，以缩小目前的航运和航空轨迹与符合《巴黎协定》温度目标的温室气体排放路径之间的差距。技术、运营、燃料使用和需求的变化都需要新政策的推动。

- ▶ 国际航空部门目前打算通过对碳抵消的严重依赖来实现其国际民用航空组织（ICAO）的目标，这并不代表绝对的减少，充其量能为过渡到低碳燃料和实施能源效率改进争取时间。在最坏的情况下，抵消会抑制对部门脱碳的投资，并推迟必要的过渡。因此，目前的碳抵消不是长期解决方案，它的作用应该只是暂时的。
- ▶ 如果有政策激励，改进技术和运营能够提高交通运输系统的燃料效率，但预计增加的需求（即使考虑到当前全球新型冠状病毒肺炎疫情的潜在影响）意味着改进不会给航空或航运部门带来脱碳和二氧化碳的绝对减少。
- ▶ 因此，这两个部门都需要在迅速摆脱化石燃料的同时最大限度地提高能源效率。虽然非化石燃料的生产过程在技术上已经成熟，但需要迅速扩大新的生产和供应链，还取决于强制使用这些燃料的政策，因为它们的成本要高得多。
- ▶ 来自生物质或通过二氧化碳和氢合成获得的生物燃料和合成煤油的碳足迹低于化石碳氢燃料，前提是可持续获得生物质。在中短期，它们可能是航空和航运部门最现实的燃料替代品，但将与道路运输等其他用途竞争。
- ▶ 对于船舶来说，考虑到船舶的设计在容量、燃料质量和安全性方面的限制要小于飞机，不含二氧化碳的氨是一种选择。
- ▶ 只有在使用可再生能源进行生产，二氧化碳产自非化石来源或从大气中分离的情况下，用于氨和合成碳氢燃料的氢原料才会产生净收益。

图 ES.7. 将全球温度升幅控制在 1.5°C 的全球二氧化碳排放路径，以及国际航运和航空的二氧化碳排放



- ▶ 长期的燃料替代品，如电力或不含二氧化碳的氢将需要进行不同的飞机和船舶设计，而且可能只适用于某些用途。
- ▶ 不论原料和工艺是什么，燃料的成本都将增加几倍，从而增加航空和航运的总成本。这可能会抑制需求，尤其是对航空的需求，而抑制需求最终可能是管理航空部门排放的最有效手段。

- ▶ 生活方式排放与许多来源和部门有关。其中最重要的是交通、居住和粮食，每一项都占生活方式排放的近 20%，因此意味着在这些领域有很大的减缓潜力。例如，放弃一次长途回程飞行有可能使个人年排放量平均减少 1.9 吨二氧化碳当量。可以通过改善现有住房和新住房存量来解决家庭能源排放问题。家庭使用可再生能源也可使收入较高的家庭每年减少约 1.5 吨二氧化碳排放。在食品方面，消费向低碳饮食转变具有强大的减排潜力。例如，如果改为吃素，每人每年平均可减少 0.5 吨二氧化碳排放。

13. 改变生活方式是持续减少温室气体排放和缩小排放差距的先决条件。根据基于消费的核算，全球约三分之二的排放与私人家庭活动有关。通过改变生活方式减少排放，需要改变更广泛的系统条件和个人行为。

- ▶ 生活方式产生的排放受到社会和文化习俗、建筑环境以及财政和政策框架的影响。各国政府通过制定政策、法规和基础设施投资，可以在为改变生活方式创造条件方面发挥重要作用。与此同时，公民必须以消费者、公民、资产所有者和社区成员的身份，通过采取步骤减少个人排放和促进社会变革，积极参与改变生活方式。民间社会的参与对于实现人们所处的社会、文化、政治和经济制度的广泛变革是必要的。

- ▶ 发展中国家和发达国家都有许多良好做法的例子，表明有可能拥有更可持续的生活方式。这些例子包括：用铁路旅行取代国内短途航班，为骑行和共享汽车提供奖励和基础设施，同时限制汽油汽车；改善住房能效和电网供应商的可再生能源违约；确保在公共部门提供低碳食品，并制定减少食品浪费的政策。

14. 公平是解决生活方式问题的核心。全球最富有的 1% 人口的排放量，是最贫穷的 50% 人口的排放总量的两倍多。

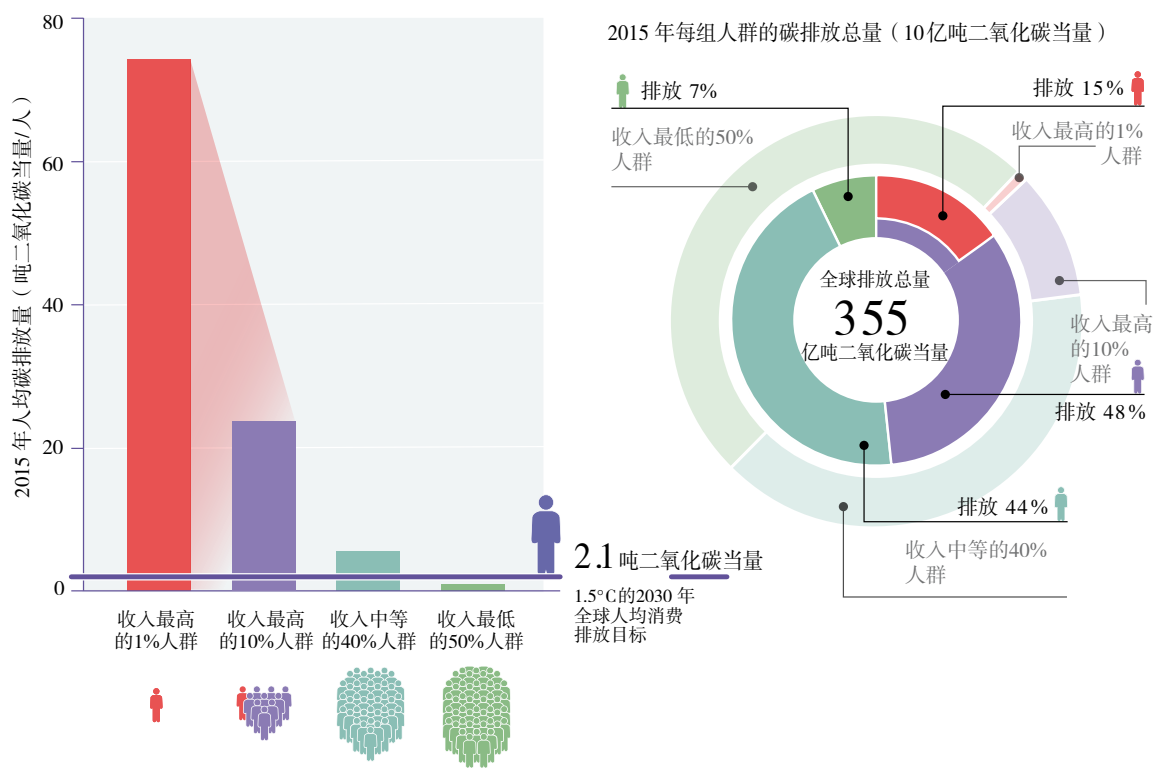
- ▶ 为实现《巴黎协定》的 1.5°C 目标，就需要到

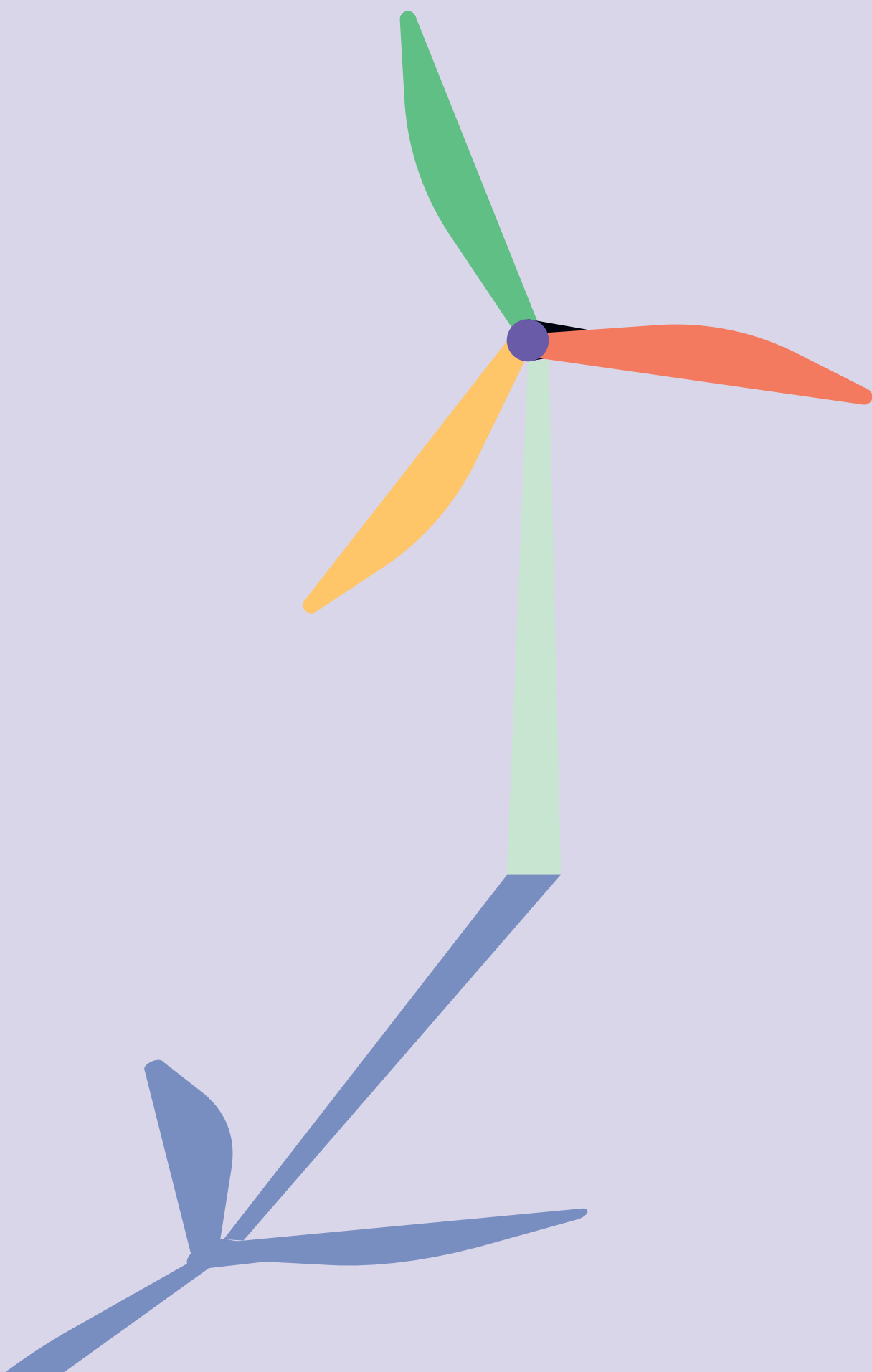
2030 年将消费排放降低到人均大约 2-2.5 吨二氧化碳当量生活方式足迹。这意味着，最富有的 1% 人口将需要将其目前的排放量减少至少 30 倍，而最贫穷的 50% 人口的人均排放量可能的增幅为目前平均水平的 3 倍左右（图 ES.8）。

- ▶ 新型冠状病毒肺炎提供了以下方面的见解：政府（必须创造条件，使生活方式可能发生改变），民

间社会行动者（必须鼓励积极的社会常态和改变生活方式的集体能动性）和基础设施（必须支持行为改变）如何迅速实现生活方式的改变。许多国家的封锁期可能很长，如果得到更长期的措施支持，可能足以建立新的、持久的常规。在规划从新型冠状病毒肺炎中复苏时，各国政府有机会通过打破根深蒂固的做法来促进向低碳生活方式的改变。

图 ES.8. 2015 年全球四个收入群体的人均和绝对二氧化碳消费排放量





1 引言

作者：

Anne Olhoff (联合国环境规划署 – DTU 伙伴计划)

1.1 《2020 年排放差距报告》背景

新型冠状病毒肺炎疫情给世界带来巨大的痛苦、经济及社会破坏。联合国环境规划署 (the United Nations Environment Programme, 简称 UNEP) 第 11 版排放差距报告就是在新冠肺炎危机主导的新闻和决策的一年里制定的。经济中断已经暂时放缓了我们对地球气候活动的历史性和不断增长的负担, 但远未被消除。这种负担表现在极端天气事件的持续上升, 包括野火和飓风, 以及极地冰川和冰的融化。今年, 北极海冰覆盖缩小至观测历史上的第二小值 (美国航空航天局, 2020), 美国即将打破气候相关的天气事件记录, 每次花费超过 10 亿美元 (美国国家海洋和大气管理局, 2020), 并且, 2020 年将成为全球有记录以来最热的一年 (《碳简报》, 2020)。2020 年创造了新的纪录: 它们不会是最后一个。

很明显, 由于新型冠状病毒肺炎危机, 2020 年全球二氧化碳 (CO₂) 和温室气体 (GHG) 排放水平与 2019 年相比将大幅下降。然而, 增强气候的雄心和行动仍然和以往一样紧迫。尽管 2020 年的气体排放量会下降, 但大气中的气体浓度会继续上升 (世界气象组织, 2020), 新型冠状病毒肺炎封锁措施导致污染排放的立即减少对气候变化的长期影响微不足道 (Forster 等, 2020)。

世界各国政府如何应对新型冠状病毒肺炎和新型冠状病毒肺炎后的复苏, 将对实现《巴黎协议》的目标至关重要。前所未有的疫后经济复苏措施为低碳转型提供一个机会, 创造持续减排所需的结构变革。抓住这一机会对于缩小排放差距将至关重要。

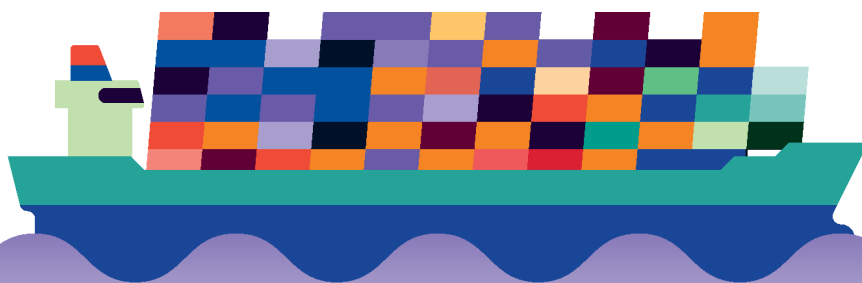
联合国秘书长呼吁各国政府利用新型冠状病毒肺炎复苏机会, 创造更加可持续、更有弹性和包容性的社会 (联合国, 2020)。与此一致的是, 《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 强调, 各国政府可以将其一些疫后的复苏计划和政策整合到新的或更新的国家自主贡献值 (NDCs) 以及长期缓解战略中, 各国均被要求在今年提交这两份文件 (《联合国气候变化框架公约》[UNFCCC], 2020)。

2020 年最重要、最令人鼓舞的气候政策发展是越来越多的国家在本世纪中叶宣布了净零排放目标。这些承诺大致符合《巴黎协议》的温度目标, 只要它们能在全全球范围内实现。对这些公告的试金石将是, 在 2030 年这一时期, 这些公告在近期政策行动和雄心勃勃的国家自主贡献值 (NDCs) 中的反映程度。

1.2 报告的重点和方法

每年, 排放差距报告都会对各国履行其气候缓解承诺时估计的未来全球温室气体排放量与为实现《巴黎协定》将全球变暖限制在 2°C 以下和追求 1.5°C 的最低成本途径的全球排放水平之间的差距进行更新评估。各国需要实现的排放量与实际排放量之间的差距被称为“排放差距”。

报告还关注缩小排放差距的机会。今年, 报告侧重于三个与我们缩小差距能力高度相关的领域, 这些领域在新型冠状病毒肺炎疫情之后变得更加相关: 1) 新型冠状病毒肺炎财政救援和复苏措施在全球向脱碳过渡中的作用; 2) 航运和航空部门减少排放的作用和机会, 因为国际排放量不属于国家自主贡献范围; 3) 生活方式的改变在脱碳中的作用。



今年的报告反映了 2020 年的不寻常情况，但今年的报告偏离了它通常的方法，即只考虑前几年的综合数据作为评估的基础。为了最大限度地提高其政策相关性，报告全文包括了对新型冠状病毒肺炎疫情影响的初步评估以及相关的救援和复苏措施。

与前几年一样，该排放差距报告是由来自 18 个国家 35 个专家机构的 51 名主要科学家组成的国际团队编写的，团队对所有现有资料进行了评估，包括在政府间气候变化专门委员会（IPCC）报告中发表的信息以及最近其他的科学研究。评估过程由一个杰出的指导委员会监督，并保持透明和参与性。所有章节都经历了一个广泛的外部审查过程。此外，向报告中特别提到的国家的政府提供了评估方法和初步调查结果，以便使他们有机会对这些调查结果发表评论。

1.3 报告框架

该报告分为 6 章，包括本章引言。第 2 章评估了全球温室气体（GHG）排放的趋势和 G20 成员在 2020 年兑现坎昆

承诺以及 2030 年的国家自主贡献（NDCs）方面取得的进展。此外，它还考虑了新型冠状病毒肺炎对 G20 成员排放预测的潜在影响。第 3 章更新了对 2030 年可能存在的排放差距的评估。此外，该章还初步评估了新型冠状病毒肺炎及相关的救援和复苏措施在各种情况下对 2030 年全球温室气体排放的影响。然后，该章探讨排放差距对实现《巴黎协定》长期温度目标的可行性的影响。

第 4 章评估了迄今为止新型冠状病毒肺炎财政救助和复苏措施支持低碳或低碳发展的规模和程度。报告还概述了各国政府寻求低碳经济复苏的新教训。

本年度报告的最后两章涵盖了以前排放差距报告中关注有限、但受到国际社会广泛关注，特别受新型冠状病毒肺炎影响的领域。第 5 章着眼于航运和航空部门脱碳的趋势和机会，特别关注国际运输。最后，第 6 章评估了通过生活方式和行为改变来减少温室气体（GHG）排放的作用和机会，特别关注国家内部和国家间人均排放的不平等，以及支持和诱导生活方式改变所必需的系统性变化。

2 全球排放趋势和 G20 成员的现状和展望

主要作者：

Takeshi Kuramochi (德国新气候研究所), Michel den Elzen (PBL 荷兰环境评估局) 和 Glen P. Peters (挪威西塞罗气候研究机构)

共同作者：

Caitlin Bergh (南非开普敦大学), Monica Crippa (欧盟委员会联合研究中心), Andreas Geiges (德国气候分析组织), Catrina Godinho (德国洪堡-维也纳治理平台), Sofia Gonzales-Zuñiga (德国新气候研究所), Ursula Fuentes Hutfilter (德国气候分析), Kimon Keramidas (欧盟委员会联合研究中心), Yong Gun Kim (韩国环境研究所), Swithin Lui (德国新气候研究所), Zhu Liu (中国清华大学), Jos Olivier (PBL 荷兰环境评估局), Leonardo Nascimento (德国新气候研究所), Joana Portugal Pereira (巴西里约热内卢联邦大学工程研究生院), Değer Saygin (土耳其舒拉市), Claire Stockwell (德国气候分析组织), Jorge Villareal (墨西哥气候倡议组织), William Wills (巴西里约热内卢联邦大学)

2.1 引言

本章评估了温室气体排放的最新趋势，以及 G20 成员在 2020 年坎昆承诺和 2025 年、2030 年国家自主贡献 (NDCs) 方面取得的进展。在整个章节中，考虑了新型冠状病毒肺炎疫情对 2020 年和 2030 年排放量的影响。

本章的组织结构如下：第 2.2 节将评估来自化石燃料使用和工业相关来源的全球温室气体 (GHG) 和二氧化碳 (CO₂) 排放总量的现状。这些趋势将在全球排放量达到峰值和总体经济趋势的背景下进行讨论。第 2.3 节和 2.5 节评估了 G20 成员在坎昆承诺和国家自主贡献 (NDCs) 方面的总体和各自进展情况。^① 该评估涵盖了 G20 成员所有成员和地区，包括欧盟及其三个成员国 (法国、德国和意大利)，以及作为一个成员的英国 (下称欧盟 27 国 + 英国)^②。第 2.5 节更新已宣布的净零排放目标，以及在新的和更新的国家自主贡献 (NDCs) 目标背景下对中短期

行动的影响。

本报告中的所有温室气体 (GHG) 排放数据均使用政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第四次评估报告 (AR4)^③ 的 100 年全球变暖潜能 (GWPs) 表示，除非另有说明。关于历史排放数据，第 2.2 节使用全球一致和独立的数据集，而不是正式报告的《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 清单报告，而第 2.3 和第 2.4 节使用了《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 的清单报告，将历史排放量与 G20 成员的国家自主贡献 (NDCs) 目标进行了比较。有关本章使用的情景、全球变暖潜能、土地利用、土地利用变化和林业 (LULUCF) 会计的详细信息，请见附录 I。

本章的方法和初步调查结果已提供给特别提到的国家的政府，以便他们有机会对调查结果发表评论。

① 土耳其尚未批准《巴黎协议》，因此其 2030 年的目标仍然是预期的国家自主贡献预案 (INDC)。以下，国家自主贡献预案 (INDC) 和国家自主贡献 (NDC) 均称为 NDC，除非特别提到土耳其的国家自主贡献预案 (INDC)。

② 英国已经离开欧盟，但正处于过渡时期，直到 2020 年底，在此期间，欧盟提交的国家自主贡献仍然适用于欧盟。

③ 做出这一改变是为了更符合在卡托维兹举行的缔约方会议第二十四届会议 (COP 24) 上做出的决定，缔约方同意出于报告原因使用 IPCC 第五评估报告 (AR5) 中的 GWPs。但是，由于有关该决定的文献尚未更新，因此目前还无法在本报告中完全改用 AR5 GWPs。

2.2 当前全球的排放量：发展现状和发展趋势

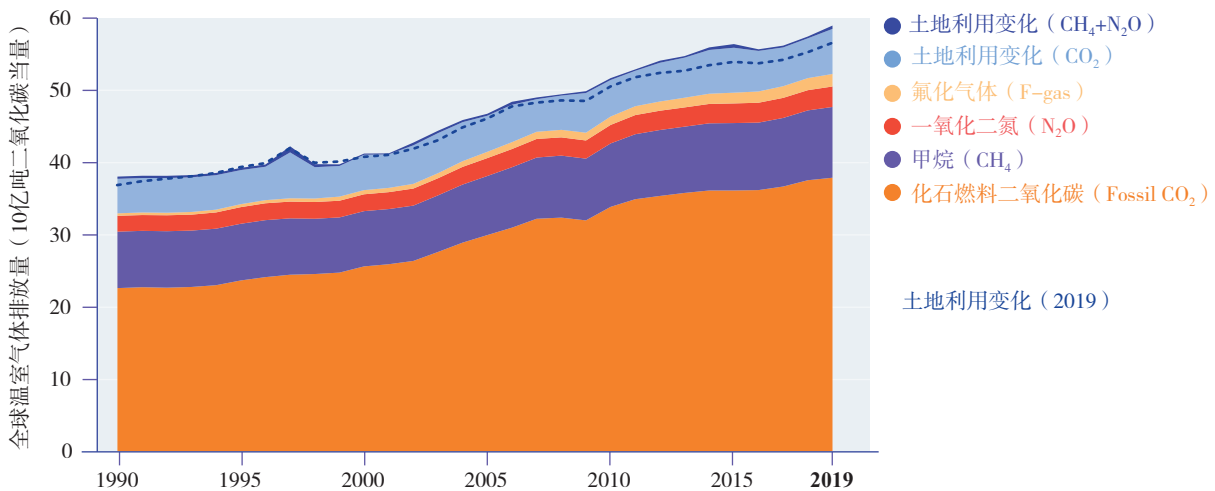
2.2.1 截至 2019 年温室气体 (GHG) 排放量

全球趋势

2019 年温室气体 (GHG) 排放量连续第三年增长, 表明 2015 年和 2016 年排放量增长放缓是短暂的 (图 2.1)。自 2010 年以来, 温室气体 (GHG) 排放量 (不包括土地利用变化, Land-use change, 简称 LUC) 年均增长 1.4%, 初步数据显示, 2019 年增长 1.1%。如果将 LUC 的不确定性和可变排放量 (Variable emissions) 包括在内, 自 2010 年以来, 全球温室气体 (GHG) 排放量也以每年平均 1.4% 的速度增长, 但由于森林火灾 (尤其是亚洲和亚马逊地区) 的显著增加, 2019 年增加了 2.6%。

在没有 LUC 排放的情况下,^④ 2019 年温室气体排放量达到 524 亿吨二氧化碳当量 (范围: ± 52) 的历史新高; 当包括更不确定的 LUC 时, 2019 年温室气体排放量增加了 55 亿吨二氧化碳 (范围: ± 26), 将总量推至 591 亿吨二氧化碳当量 (范围: ± 59) (图 2.1)。本报告中使用的土地利用排放估计基于两个独立模型的平均值 (导致总体排放量增加) (Friedlingstein 等, 2019) 包括 LUC 的 CO₂ 和一氧化二氮 (N₂O) 排放 (Olivier 和 Peters, 2020, 在准备中)。如果使用与往年相同的数据集 (Houghton 和 Nassikas, 2017; 图 2.1 蓝色虚线), 如果排除 LUC 中的甲烷 (CH₄) 和 N₂O 排放量, 2019 年全球排放量将降低到 571 亿吨二氧化碳当量或 567 亿吨二氧化碳当量。

图 2.1. 全球温室气体 (GHG) 排放的全部来源



注释: 虚线表示使用 LUC 的不同数据集的全球排放量 (Houghton 和 Nassikas, 2017), 正像早期的排放差距报告一样。

资料来源: Crippa 等 (2020); Olivier 和 Peters (2020, 在准备中); Friedlingstein 等 (2019)

每种温室气体对温室气体排放总量的贡献不同 (图 2.1 和表 2.1)。化石二氧化碳^⑤ 排放量占温室气体排放量的大部分, 包括 LUC, 以及温室气体排放量的增长。初步数据显

示, 2019 年化石二氧化碳排放量达到创纪录的 380 亿吨二氧化碳 (范围: ± 19)。自 2010 年以来,^⑥ 化石二氧化碳年均增长 1.3%, 2019 年增长 0.9%。2019 年化石二氧化

④ 本报告使用的排放数据基于 EDGAR (Crippa 等, 2020), PBL (Olivier and Peters, 2020, 在准备中) 和 LUC 的全球碳项目 (GCP) 的分析。使用这些数据集是为了提供全球一致和更新的排放估计值, 这意味着与正式报告的《联合国气候变化框架公约》清单报告可能存在细微差异。化石 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放基于先前排放差异报告 (Olivier 和 Peters, 2019) 使用的方法, 并基于最新可用的数据进行更新。在本次 2020 年的报告中, 使用了 GCP 的 LUC 排放量, 平均采用两个簿记数据集 (Hansis, Davis 和 Pongratz, 2015; Houghton 和 Nassikas, 2017)。以前的排放差距报告只使用了一个簿记模型 (Houghton 和 Nassikas, 2017), 这意味着温室气体排放总量高于以前的报告, LUC 排放量在一段时间内没有明显趋势。今年的报告首次包括 LUC (Olivier, Schure 和 Peters, 2017) 的 CH₄ 和 N₂O 排放量, 但与 LUC CO₂ 排放量相比, 这些排放量很小。报告还包括不确定性, 二氧化碳标准偏差为 $\pm 5\%$, 四氧化碳 $\pm 30\%$, N₂O \pm 为 50% , 氟化气体为 $\pm 100\%$ (Olivier 等, 2017), LUC 为 26 亿吨二氧化碳 (Friedlingstein 等, 2019)。所呈现的不确定性范围与 IPCC AR5 (Blanco 等, 2014) 一致。GWPs 来自 IPCC AR4。2019 年排放量的所有估计应视为初步估计值。不确定性以正交形式添加, 并假定独立。

⑤ 化石燃料二氧化碳排放量包括化石燃料和碳酸盐产生的二氧化碳排放。

⑥ 在这份报告中, 化石燃料和工业的二氧化碳排放量在 2019 年增长了 0.9% (Crippa 等, 2020)。更新后的《全球碳预算》估计, 2019 年化石燃料排放量增长 0.1% (Friedlingstein 等, 审稿中)。大多数其他估计不包括水泥制造的工艺排放。EDGAR 估计, 2019 年水泥制造的工艺排放量增长了 5.1%, 而 GCP 估计 2019 年增长了 3.3%。仅就燃烧相关排放而言, 英国石油公司估计排放量 (BP 2020) 将增长 0.5%, 国际能源机构和全球合作方案都估计没有变化 (国际能源署, 2020b), 这与 EDGAR 估计的 0.6% 不同。2019 年 (EDGAR 和 BP 与 GCP 和国际能源机构) 的这些估计值的差异, 主要是由于 2019 年中国煤炭使用量增长的不确定性。需要说明的是, 2020 年 2 月中国国家统计局发布《中华人民共和国 2019 年国民经济和社会发展统计公报》, 煤炭使用相关数据已发布, 所以, 中文版报告中对原文“数据集差异的主要原因是因为中国煤炭使用量增长的不确定性”的说法进行了补充。

碳排放量的增长是由于能源使用量略有增加（2019 年为 1.3%），但良好的天气模式减少了供暖和制冷需求（国际能源机构 [IEA]，2020a）。

由于气候条件，土地利用变化的二氧化碳排放量逐年显著变化。根据 Houghton 和 Nassikas（2017）的数据，土地利用变化的二氧化碳排放量呈下降趋势，根据 Hansis, Davis 和 Pongratz（2015）研究，二氧化碳排放量呈上升趋势。过去十年中，这两个数据集的平均值为 55 亿吨二氧化碳（范围：±26，一个标准差），鉴于不确定性很大，趋势变化不大^⑦（Friedlingstein 等，2019；Shukla 等，2019）。在本报告中，使用这两个数据集的平均值，是因

为目前没有科学的理由使用一个数据集而不是另一个数据集。

自 2010 年以来，甲烷（CH₄）排放量年均增长 1.2%，2019 年增长 1.3%。从 2010 年到 2019 年，N₂O 排放量平均每年增长 1.1%，而自 2010 年以来，氟化气体（六氟化硫（SF₆）、氢氟碳化合物（HFC）和全氟化合物（PFCs））年均增长 4.7%，2019 年增长 3.8%。在过去十年中，所有温室气体继续按照趋势增加，自在二十一世纪前十年以来（2000—2009 年），只有化石 CO₂ 排放量呈显著变化趋势。

表 2.1. 温室气体排放份额和趋势以及排放最高的国家和地区的关键统计数据

	GHG 排放量 2019 (亿吨二氧化碳当量)	GHG 排放量 2019 (吨二氧化碳当量/人)	排放量份额 2010—2019 (%)	排放增长 2010—2019 (%/年)	2019 年增长 (%)
化石源 CO ₂	380		65	1.3	0.9
甲烷 (CH ₄)	98		17	1.2	1.3
一氧化二氮 (N ₂ O)	28		4.9	1.1	0.8
氟化气体	17		2.6	4.7	3.8
不包括 LUC 的 GHGs	524 (范围: ± 52)		89	1.4	1.1
LUC CO ₂	63		10	1.3	13.3
LUC CH ₄ & N ₂ O	5		0.5	3.7	84.6
包括 LUC 的 GHGs	591 (范围: ± 59)		100	1.4	2.6
国家 (不包括 LUC 的 GHGs)					
中国	140	9.7	26	2.3	3.1
美国	66	20.0	13	-0.1	-1.7
欧盟 27 国 + 英国	43	8.6	9.3	-1.1	-3.1
印度	37	2.7	6.6	3.3	1.3
俄罗斯	25	17.4	4.8	1	0.8
日本	14	10.7	2.8	0.1	-1.6
国际运输	14		2.5	2.3	2.9
不包括 LUC 的 GHGs	524 (范围: ± 52)	6.8	65	1.4	1.1

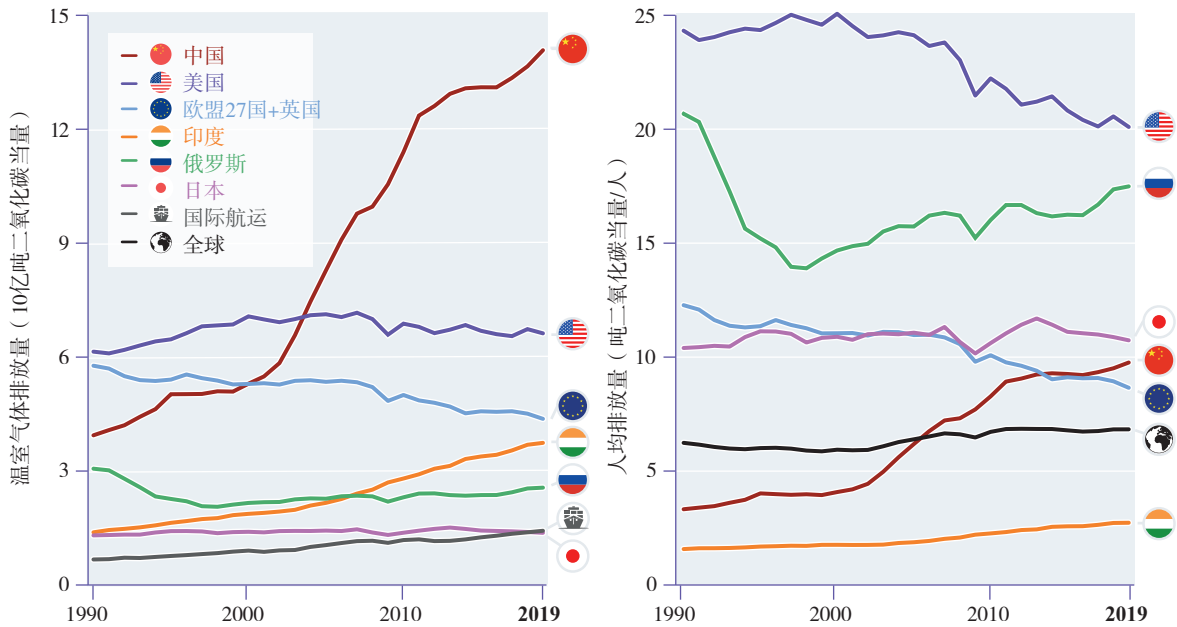
^⑦Houghton 和 Nassikas（2017）和 Hansis, Davis 和 Pongratz（2015）的数据集在 Friedlingstein 等（2019）研究中被更新至 2019 年。

排除 LUC 的区域趋势

尽管全球排放数据提供了在总体进步方面的重要信息，但是它们掩盖了国家层面的动态（图 2.2 左图：绝对值；右图：人均）。本节侧重于不包括土地利用变化（LUC）排放的趋势，这些趋势稍后将讨论。

在过去十年中，前四个排放国（中国、美国、欧盟 27 国 + 英国和印度）占不包括土地利用变化（LUC）的温室气体排放总量的 55%。前七大排放国（包括俄罗斯、日本和国际运输）占 65%，而 G20 成员占 78%。

图 2.2. 前六大排放国（不包括 LUC 排放）和国际运输的绝对温室气体（GHG）排放量（左）和前六大排放国和全球平均水平的人均排放量（右）



资料来源：Crippa 等（2020）

中国温室气体排放量占全球温室气体排放量的四分之一以上，人均排放量比全球平均水平高出 40% 左右。尽管在 21 世纪的头 10 年里，中国的温室气体排放增长迅速，但过去十年来，中国的温室气体排放量增长已经放缓。从 2014 年至 2016 年，由于煤炭使用量的减少，温室气体排放量几乎没有增长，但从 2016 年开始再次增长。在过去十年中，温室气体排放量平均增长 2.4%，2019 年增长 3.1%，达到创纪录的 140 亿吨二氧化碳当量。中国煤炭使用量可能在 2013 年达到峰值，但鉴于 2016 年以后的增长，这一峰值可能会被跨越。美国排放的温室气体占全球排放量的 13%，人均排放量是全球平均水平的三倍。然而，在过去十年中，该国温室气体排放量一直在下降（每年 0.4%），2019 年下降了 1.7%，这在一定程度上抵消了 2018 年 3.0% 的增幅，其原因是应对异常温暖的夏季和寒冷的冬季的能源需求增加。美国排放量的变化继续受到从煤炭转向天然气和可再生能源的推动。

欧盟 27 国加英国排放的温室气体占全球温室气体排放量的 8.6%，人均排放量高于全球平均水平 25%。在过去十年中，排放量以每年 1.5% 的速度稳步下降，2019 年降幅更大，为 3.0%。2019 年，在欧盟排放交易系统（EU ETS）提高限额价格之后，欧洲的煤炭使用量下降幅度更大。印度排放的排放量占全球排放量的 7.1%，人均排放量比全球平均水平低 60%。2019 年排放量仅增长 1.4%，远低于过去十年 3.3% 的年均增幅。这种低于预期的增长主要是由于创纪录的季风导致水电增加，经济增长放缓，以及国家可再生能源的持续增长。俄罗斯（4.9%）和日本（2.7%）是第二大排放国，其次是国际运输（航空和运输），约占温室气体排放量的 2.6%，年增长率为 2.3%（图 2.2）。

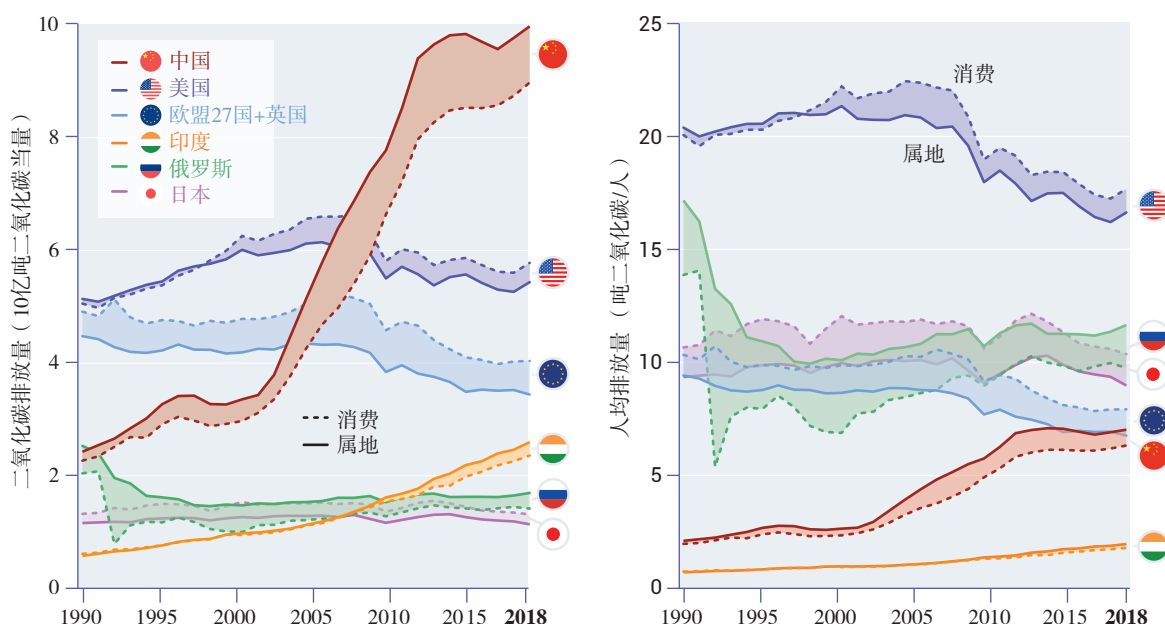
在当今全球化的世界中，购买商品和服务（消费）与排放之间的联系有所减弱。基于消费的排放分配给商品和服务

消费的国家，这与基于属地的排放不同，因为它们不包括生产出口产品所需的国家排放，而是包括其他国家进口产品（消费~属地-出口+进口）的排放。发达国家通常往往有更高的消费性排放量（图 2.3），因为它们拥有更清洁的生产、相对较多的服务和更多的初级和次级产品进口。

在二十一世纪前十年，发达国家消费和生产之间的差距越来越大，但在 2007—2008 年全球金融危机（Pan 等，

2017）之后趋于稳定。尽管发达国家的消费排放量高于以属地为基础的排放量，但在过去十年中，这两类国家都以类似的速度下降（Le Quéré 等，2019）。基于消费的排放还可用于将排放分配给所购买的产品（食品、服装、电子产品），而不是排放的部门（农业、电力、工业）。虽然基于消费的排放更加不确定，但它们提供了额外的信息来帮助完善气候政策（见第 6 章）。

图 2.3. 与前六大排放国基于属地的二氧化碳排放量（实线）相比，其基于消费的二氧化碳排放量（虚线）



注释：阴影显示绝对排放量（左）和人均排放量（右）的净贸易差。
资料来源：Friedlingstein 等（2019）。

温室气体（GHG）排放的部门趋势

跨部门分配温室气体排放量是决策的一个重要考虑因素（图 2.4）。许多研究主要侧重于化石二氧化碳排放量（占全球温室气体排放总量的 65%），这些排放主要与能源使用有关。

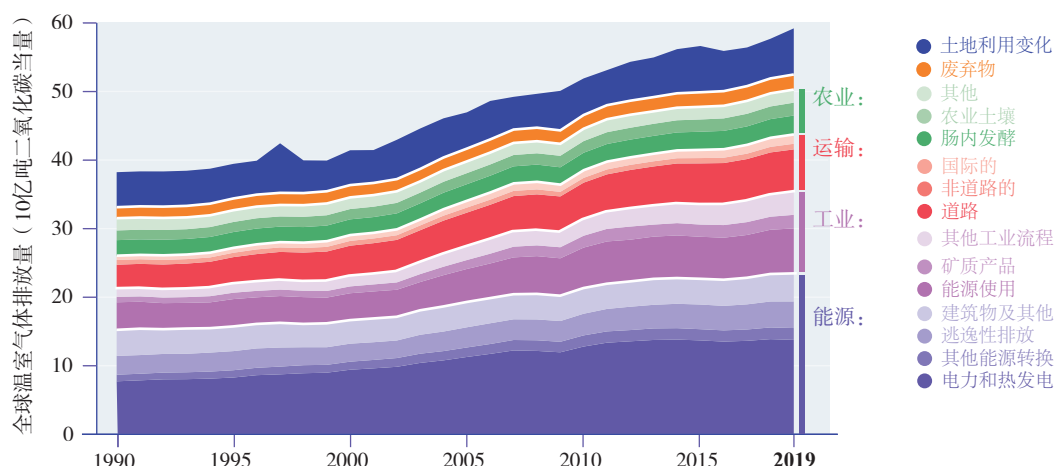
将 CH₄ 和 N₂O 排放纳入其中，突出了农业部门在排放趋势中的重要性。本节考虑所有温室气体排放的部门分布，包括非二氧化碳排放量。

能源转型主导着温室气体排放，在过去十年中，发电和供热占温室气体排放总量的 24%，其他能源转型和逸散性排放（Fugitive emission）又增加了 10%。建筑和其他部门（如农业和渔业）的能源使用排放量约为 7%。工业部门

的能源使用（占温室气体排放总量的 11%）以及矿物产品（如水泥）和其他化学反应产生的工业过程（9%）排放了大量污染物。过去十年中，运输业平均温室气体排放占全球温室气体排放量的 14% 左右，其中公路运输（一个继续强劲增长的部门）占主要部分。航运和航空比公路运输要小，国际属地的排放量占温室气体排放总量的 2.2%。农业和废弃物的排放量占温室气体排放总量的 15%，其中大多数来自肠道发酵（如牛等反刍动物）、农业土壤中的氮肥和城市垃圾。土地利用变化（LUC）主要与农业活动有关，约占总数的 11%，每年变化较大。

所有部门的排放都在增长，尽管有迹象表明，由于可再生能源增长强劲和煤炭增长下降，电力和热发电的增长都在放缓。

图 2.4. 部门层面的温室气体 (GHG) 排放量



资料来源：Crippa 等 (2020)

区域 LUC 趋势

土地利用变化 (LUC) 的排放量约占全球总量的 11%，但这些排放量大部分来自相对较少的国家。不幸的是，没有全球一致和广泛接受的 LUC 排放国家层面的数据集。这是由于两个主要原因：数据可用性和定义。首先，本报告中使用的两种土地使用模式 (Hansis, Davis 和 Pongratz, 2015; Houghton 和 Nassikas, 2017) 有国家一级的估计，但在国家一级不够稳健，无法进行可靠的评估。(Friedlingstein 等, 2019)。同样，联合国粮食及农业组织 (简称粮农组织, FAO) 的数据涵盖所有国家，但并未完全捕获碳动力学，而且由于使用相对简单的方法，仅报告五年或十年平均值 (Tubiello 等, 审稿中)。此外，国家报告的《联合国气候变化框架公约》排放清单只涵盖附录 I 国家。其次，LUC 的定义有多种不同方式。例如，科学界往往只考虑对土地利用的直接影响，而 FAO 和《联合国气候变化框架公约》的排放清单包括了“管理土地”的更宽泛的定义，它捕获了碳汇中更大的组成部分 (Grassi 等, 2018)。使用这些不同定义的估计不应加以比较，因为它们报告的排放量完全不同。

LUC 的排放量主要来自几个关键国家 (Tubiello 等, 审稿中)。土地转化 (例如，森林被转换为农田或牧场) 的最大排放者是巴西、印度尼西亚和刚果民主共和国。中国、俄罗斯、美国和巴西是最大的管理汇 (例如，剩余森林)。将转化 (源) 和管理的碳汇结合起来 (Grassi 等, 2018)，LUC 净排放量最大的国家是刚果民主共和国、巴西和印度尼西亚，而中国、俄罗斯和美国的净汇量最大。减少毁林和加强碳汇可以大大减少排放量，为关键国家的生物多

样性保护和生态系统服务带来好处，同时也大大有助于全球缓解工作。

温室气体 (GHG) 排放峰值有多接近?

自 2010 年以来，全球温室气体排放的年均增长率为 1.4%，低于 2000 年至 2009 年期间 2.4% 的年增长率。过去 10 年，剔除 LUC 的年际变化后，2015 年和 2016 年这两年的增长几乎为零，在一定程度上表明全球温室气体排放增长正在放缓。从 2010 年到 2015 年，没有可变 LUC 数据的温室气体排放以每年 2.2% 的速度增长，从 2015 年到 2019 年下降到每年 1.2%。尽管有迹象表明全球温室气体排放增长正在放缓，但国家一级的动态却大不相同，经济合作与发展组织 (简称经合组织, OECD) 经济体的温室气体排放正在下降，而非经合组织经济体的温室气体排放正在增加。

许多经合组织经济体的温室气体排放已经达到峰值，因为效率的提高、结构的改变和低碳能源的增长已经足以克服经济活动的增长。尽管提高了能源效率，增加了低碳来源，但为了满足发展需求，能源使用强劲增长的国家排放量继续上升 (Le Quéré 等, 2019)。在全球范围内，煤炭的排放量可能已经见顶，欧洲和美国的排放量迅速下降，中国的排放量增长放缓，尽管其他地区有所增加。石油，特别是天然气正日益推动全球排放的增长，天然气现在是化石二氧化碳排放的最大贡献者 (Peters 等, 2020 年)。非化石能源继续快速增长，发电超过化石能源。然而，由于新型冠状病毒肺炎的迅速蔓延和悲剧性后果，这些因素是否足以导致全球温室气体排放达到峰值尚不得而知。

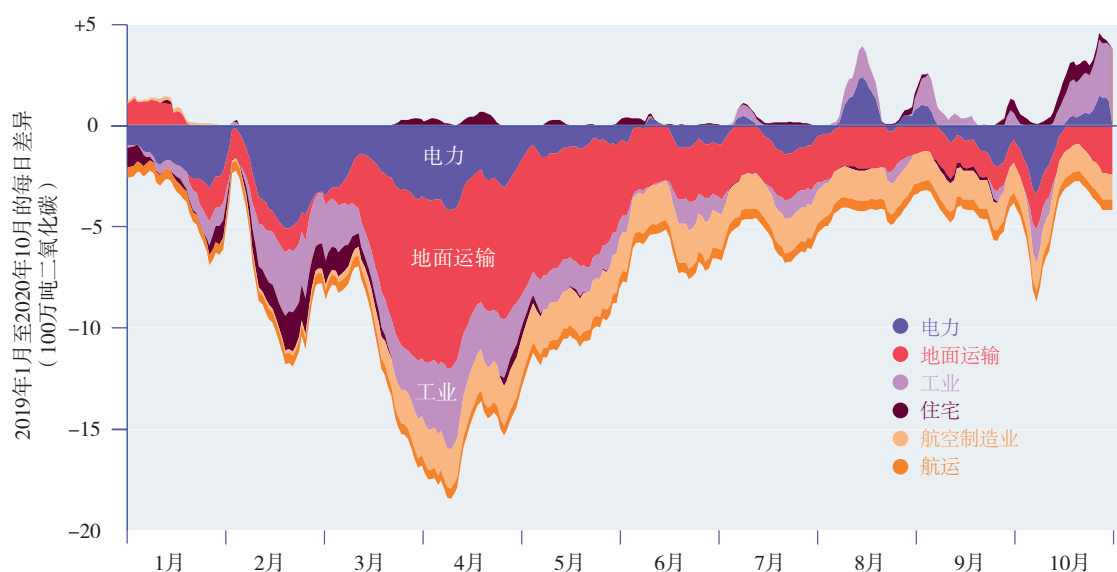
2.2.2 新型冠状病毒肺炎对2020年温室气体（GHG）排放有何影响？

为应对新型冠状病毒肺炎造成的卫生危机，大多数国家都采取了各种措施，以帮助避免其传播。这些措施对全球经济的许多方面产生了前所未有的影响，从而也影响了排放。本节基于现有研究，综合了新型冠状病毒肺炎危机对2020年排放的估计影响。大多数研究集中于能源使用和二氧化碳排放的变化，较少关注非二氧化碳排放可能发生的变化。

二氧化碳排放量一般是根据报告的能源使用情况来估计的，但这些数据不是实时的。为了估计2020年的排放量，研究使用了各种替代数据，比如谷歌、苹果和TomTom的移动信息、发电实时数据和其他表明活动水平的类似统计数据。一些研究估算了今年迄今为止的排放量（Liu等，2020），而另一些研究则额外估算了全年的排放量（Le Quéré等，2020）。

今年迄今为止，Liu等发现，截至2020年11月1日，碳排放累计下降了7.1%，这包括新型冠状病毒肺炎限制措施的影响和全球能源系统的潜在变化（图2.5）。由于新型冠状病毒肺炎的限制，Le Quere等（2020）只关注变化，发现全球每日二氧化碳排放在2020年4月最多减少17%，如果仍有一些限制持续到2020年底，估计全年减排7%（范围：2%-12%，更新到6月中旬）。这是现在的情况。造成不确定性的一个关键因素是2020年剩余的时间里对新型冠状病毒肺炎的限制程度。与2019年相比，最近对2020年全年排放量的估计包括二氧化碳排放量减少7%（国际能源署，2020b）和8.5%（Enerdata，2020）。基于此，Le Quéré等（2020）提出的2020年减排幅度可能在2%-12%之间。所有研究都表明，交通运输领域发生了最大的变化，新型冠状病毒肺炎限制措施旨在限制流动性，但其他领域也出现了小幅下降（图2.5）。

图 2.5. 由于新型冠状病毒肺炎封锁，2020年二氧化碳的排放量相对于2019水平有所减少



资料来源：Liu等（2020）

根据这些研究，到2020年，预计二氧化碳排放量将减少7%（范围：2%-12%），而温室气体（GHG）排放量的降幅较小，因为非二氧化碳可能受到的影响较小（Forster等，2020）。这一降幅是前所未有的，明显高于2007—2008年全球金融危机期间二氧化碳排放0.9%的降幅（所有温室气体的降幅为0.6%）。

与气候最相关的是各国在2020年后的应对方式。此前的

分析显示，排放往往在危机后反弹（Peters等，2012），尽管反弹的性质取决于危机（Hanna, Xu和Victor，2019）。随着新型冠状病毒肺炎危机的缓解，碳排放将反弹，但反弹幅度和速度是高度不确定的（国际能源署，2020d），主要取决于各国政府的选择。如果新型冠状病毒肺炎复苏方案的重点是加快正在进行的可再生能源转型，那么排放量可能会继续下降，这取决于复苏计划的规模和长期程度（见第4章）。

2.3 考虑到新型冠状病毒肺炎的潜在影响，G20 成员落实坎昆承诺的情况

总体而言，G20 成员有望超额完成坎昆承诺。^⑧ 即使不考虑新型冠状病毒肺炎的潜在影响，澳大利亚、巴西、中国、欧盟 27 国 + 英国、印度、日本、俄罗斯，以及今年的南非，预计将在目前实施的政策下实现 2020 年的承诺。对南非而言，与 2019 年评估相比的变化反映了修订后（较低）的历史排放数据以及新的综合资源计划（气候行动追踪组织，2019；Keramidas 等，2020）。对于澳大利亚，政府在 2019 年 12 月预测，他们将无法实现 2020 年的“准时点”目标，但将超过 2013—2020 年期间的碳预算目标（澳大利亚联邦，2019）。若个别成员（加拿大、印度尼西亚、墨西哥、韩国和美国）预计仍将无法履行其承诺，或预期不能非常肯定地实现这些承诺。

考虑新型冠状病毒肺炎的潜在影响只可能改变美国的这一结论，现有评估表明，在考虑新型冠状病毒肺炎的预期影响时，美国将实现其坎昆承诺（温室气体排放量比 2005 年水平减少 17%）。美国能源情报署（2020）的最新分析预测，与 2019 年相比，2020 年与能源相关的二氧化碳排放量将减少 10%，部分原因是燃料转换的影响。荣鼎集团（Larsen 等，2020）和气候行动追踪组织（2020b）分别估计，对所有温室气体的减排分别为 10% - 16% 和 10% - 11%（不包括土地利用、土地利用变化和林业，LULUCF）。

其他国家的国家特定的估计值很少。基于最新温室气体库存数据（2017 年墨西哥和韩国，2018 年加拿大）和最近几年的排放趋势，如果假设 2020 年二氧化碳排放量减少 2%-12%（本章前面提到过；Le Quere 等，2020）适用于每个 G20 成员的温室气体排放，加拿大、墨西哥和韩国仍不可能实现他们的承诺。对印度尼西亚来说，由于土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）排放的不确定性，2020 年的排放是否能够实现坎昆承诺仍存在不确定。

2.4 评估 G20 成员实现国家自主贡献目标进展情况

本节基于新型冠状病毒肺炎疫情前发布的排放预测，评估了 G20 成员实现其国家自主贡献目标的进展情况（第 4.2.1 节），并就新型冠状病毒肺炎和 G20 成员 2030 年减排相关政策的潜在影响提供了一些初步调查结果（第 4.2.2 节）。

编制并审查了温室气体排放预测，以评估 G20 成员在现有政策（“当前政策情景”）^⑨ 下的预期排放水平，以及成员国是否有可能实现各自在 2030 年的减排目标。对当前政策情景的预测假设，在特定截止日期已采取和 / 或实施的缓解政策和措施之后，不采取其他缓解政策和措施（den Elzen 等，2019）。

进展评估以第一批国家自主贡献值（土耳其国家自主贡献预案）^⑩ 为基础。截至 2020 年 11 月中旬，没有 G20 成员已正式提交了一份新的或更新的国家自主贡献值，以反映修改后的国家自主贡献目标（日本重新提交原国家自主贡献目标在 2020 年 3 月）（《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）未标明日期的）。本报告采用 den Elzen 等（2019）的方法，对不同数据来源（包括 G20 成员政府发布的官方数据来源和独立研究机构发布的数据来源）的预测进行了强有力的比较。欧盟成员国不是单独评估的，对欧盟的所有预测都包括英国。

2020 年评估最重要的警告是，新型冠状病毒肺炎疫情对当前政策情景预测的影响。由于迄今为止的大多数预测是在疫情宣布之前发表或编制的，不仅没有考虑到对 2020 年和 2021 年的排放趋势的可能产生的重大影响，也没有考虑到对 2030 年之前的排放趋势的潜在影响。如前所述，第 2.4.2 节讨论了疫情对 G20 个别成员国 2030 年排放预测的影响。其他重要警告与之前的排放差距报告类似（改编自 den Elzen 等，2019）。

⑧ 欧洲联盟成员国不单独进行评估。阿根廷、沙特阿拉伯和土耳其尚未做出 2020 年的承诺。

⑨ 现行政策情景预测假设在现行政策之外不采取任何额外的缓解行动，即使这导致未实现或超额实现国家自主贡献目标（联合国环境规划署 [环境署]，2015；den Elzen 等，2019）。目前的政策预测反映所有已通过和执行的政策，因本报告的目的，这些政策被定义为立法决定、行政命令或同等的政策。这意味着，仅由官方宣布的计划或战略是不合格的，执行这些计划或战略的个别行政命令才是合格的。

⑩ 由于土耳其尚未批准《巴黎协定》，其向《联合国气候变化框架公约》提交的文件仍属于国家自主贡献预案（INDC）。认识到这一点，报告在本章的其余部分提到了国家自主贡献。

首先，一个国家能否在现有政策下实现坎昆承诺或国家自主贡献目标，取决于现有气候政策的力度和严格度，以及考虑到结构因素的目标的雄心壮志水平，这些因素（如人口和宏观经济趋势）决定着目标实现的难易程度。虽然在评估目标的雄心程度方面有分歧，但本报告没有评估每个国家为实现某种缓解预测所作努力的程度，也没有在公平原则的背景下评估目标的雄心。因此，预计将利用现有政策实现其国家自主贡献的国家不一定比预计将错过这些政策的国家采取更多的缓解行动，反之亦然。

第二，目前的政策情景预测受到与宏观经济趋势有关的不确定性的影响，例如国内生产总值、人口增长和技术发展，以及政策的影响。一些坎昆承诺和国家自主贡献也受制于未来 GDP 增长的不确定性和其他基本假设。这些都增加了新型冠状病毒肺炎带来的根本不确定性。

自 2019 年 11 月以来发布的最新排放预测数据来自官方文件，即各国最近发布的国家信息通报和五个 G20 成员的第四份两年一期的报告（“有措施”情景）。^① 此外，还从中国、印度、日本的独立研究和几个新的国家模型和综合评估模型研究中，通过“连接气候与发展政策 - 基于国际网络和知识共享（CD- LINKS）”项目（Roelfsema 等，2020），以及《气候行动追踪》（2019）等独立的全球研究，欧盟委员会联合研究中心（Keramidas 等，2020）和 PBL 荷兰环境评估机构（Kuramochi 等，2019；PBL，2020；Roelfsema 等，2020），收集了当前政策情景和国家自主贡献情景预测的估计值。表 2.2 列出了所有数据来源，包括最新的研究报告。各项研究的政策截止日期是 2017 年到 2019 年。除非另有说明，排放数据包括土地利用、土地利用变化和林业排放（LULUCF）。

表 2.2. 用于估计在国家自主贡献（NDC）和当前政策情景下 G20 成员目标年度排放量的官方和独立来源

国家	NDC 场景： 官方数据来源 ¹	当前策略场景： 官方数据源	当前策略场景和 NDC 场景： 2 个独立的资源（1. 全球模型和 2. 国家模型）
阿根廷	修订 NDC (阿根廷政府, 2016)	N/A	1. 气候行动追踪组织 (2019), 联合研究中心 (Keramidas 等, 2020), 墨尔本大学 (Meinshausen 和 Alexander, 2017) (仅限 NDC) 2. Keesler, Orifici 和 Blanco (2019)
澳大利亚	N/A	澳大利亚联邦 (2019), UNFCCC 两年一期报告数据门户 (BR4) (UNFCCC, 未标注日期 b)	1. 气候行动追踪组织, PBL 联合研究中心 (Kuramochi 等, 2019; PBL, 2020; Roelfsema 等, 2020), 墨尔本大学 (仅限 NDC) 2. 澳大利亚气候工作 (澳大利亚气候工作, 2018)
巴西	NDC (《联合国气候变化框架公约》, UNFCCC, 未注明日期 a)	N/A	1. 气候行动追踪组织, 墨尔本大学 PBL 联合研究中心 (仅 NDC) 2. 工程研究生院 (COPPE) (Rochedo 等, 2018)
加拿大	NDC, 加拿大环境与气候变化 (2020a)	UNFCCC 两年一期报告数据门户 (BR4)	1. 气候行动追踪组织, 墨尔本大学 PBL 联合研究中心 (仅 NDC)

^① 日本的“有措施”情景被排除在外，因为它也考虑了计划的政策措施的预期影响（日本政府，2019a），因此根据联合国环境规划署排放差距报告系列使用的定义，它不被视为当前的政策情景。

续 表

国家	NDC 场景： 官方数据来源	当前策略场景： 官方数据源	当前策略场景和 NDC 场景： 2 个独立的资源（1. 全球模型和 2. 国家模型）
中国	N/A	N/A	<ol style="list-style-type: none"> 气候行动追踪组织，CD- LINKS PBL 联合研究中心（Roelfsema 等，2020），墨尔本大学（仅限 NDC），太平洋西北国家实验室（PNNL）（仅限 NDC）（Fawcett 等，2015） 国家气候变化战略与国际合作中心（NCSC）（Fu, Zou 和 Liu, 2017），³ 能源研究所（ERI）- 中国综合政策评估模型（IPAC）（Roelfsema 等，2020），清华大学 - 综合 MARKAL-EFOM 系统（TIMES）（Roelfsema 等，2020）（Roelfsema 等，2020）
EU27 国 + 英国	欧洲环境署（EEA） （2019）	EEA（2019），欧盟委员会 （2018；2020b） UNFCCC 两年一期报告数据门户 （BR4，仅“有措施”场景）	<ol style="list-style-type: none"> 气候行动追踪组织，墨尔本大学 PBL 联合研究中心（仅 NDC）
印度	N/A	N/A	<ol style="list-style-type: none"> 气候行动追踪组织，CD- LINKS PBL 联合研究中心（Roelfsema 等，2020），墨尔本大学（仅限 NDC），PNNL（仅限 NDC） Mitra 等（2017），Dubash 等（2018），能源与资源研究所（TERI）- MARKAL（Roelfsema 等，2020），印度管理学院（IIM）- 亚太综合模式（AIM）印度（Roelfsema 等，2020）
印度尼西亚	NDC	N/A	<ol style="list-style-type: none"> 气候行动追踪组织，墨尔本大学 PBL 联合研究中心（仅 NDC）
日本	NDC	N/A ⁴	<ol style="list-style-type: none"> 气候行动追踪组织，CD- LINKS PBL 联合研究中心（Roelfsema 等，2020），墨尔本大学（仅限 NDC） 国家环境研究所（NIES）- AIM/Enduse 模型（Roelfsema 等，2020），地球创新技术研究所（RITE）- DNE 模型（Roelfsema 等，2020）
墨西哥	NDC（2015）	N/A	<ol style="list-style-type: none"> 气候行动追踪组织，PBL 联合研究中心
俄罗斯	NDC（《联合国气候变化 框架公约》[UNFCCC]， 2017）	UNFCCC 两年一期报告数据门户 （BR4）	<ol style="list-style-type: none"> 气候行动追踪组织，CD- LINKS PBL 联合研究中心（Roelfsema 等，2020），PNNL（仅 NDC） HSE - 时代模型（Roelfsema 等，2020 年）

续 表

国家	NDC 场景： 官方数据来源	当前策略场景： 官方数据源	当前策略场景和 NDC 场景： 2 个独立的资源（1. 全球模型和 2. 国家模型）
沙特阿拉伯	沙特阿拉伯没有制定两年后的温室气体目标（UNFCCC，未注明日期 a）	N/A	1. 气候行动追踪组织（基于阿卜杜拉国王科技大学 [KAUST], 2014），联合研究中心
南非	NDC	N/A	1. 气候行动追踪组织，PBL 联合研究中心
韩国	NDC	N/A	1. 气候行动追踪组织，PBL 联合研究中心
土耳其	INDC (UNFCCC, 2017)	UNFCCC 两年一期报告数据门户 (BR4)	1. 气候行动追踪组织，PBL 联合研究中心
美国	NDC，美国国务院 (2016)	N/A	1. 气候行动追踪组织，CD- LINKS PBL 联合研究中心 (Roelfsema 等，2020 年) 2. PNNL - GCAM 模型 (Roelfsema 等，2020),(Chai 等，2017)，荣鼎集团 (Larsen 等，2020)

注释：1. 仅当国家自主贡献 (NDC) 排放水平的绝对值可用时，才提供参考。

2. 当 NDC 以绝对值计算目标排放水平时，收集的数据在官方文件中不可用。

3. 结合中国首份气候变化两年一期更新报告（中华人民共和国，2016）中的历史非二氧化碳温室气体排放数据，结合中国 5 个综合评估模型 (Tavoni 等，2014) 估计 2010—2030 年非二氧化碳排放量增长率的中值，以产生全经济范围内的数据。

4. 不包括最新两年一期报告中的“有措施”方案，因为它是 NDC 成就情景，其中包括计划政策。

资料来源：更新至 den Elzen 等 (2019)

2.4.1 基于新型冠状病毒肺炎前研究的进度评估

本节基于新型冠状病毒疫情前发布的排放预测，评估 G20 成员实现其国家自主贡献目标的进展情况，这是因为截至 2020 年 10 月，考虑新型冠状病毒疫情的潜在影响和相关政策应对措施的最新进展很少。第 2.4.2 节根据一组有限的研究，对到 2030 年新型冠状病毒肺炎疫情对排放的潜在影响进行了评估。虽然本文回顾的排放预测没有考虑新型冠状病毒肺炎对未来温室气体排放的影响，但它们提供了有关各自 G20 成员和地区近期政策发展影响的重要信息。

总体而言，G20 成员无法在当前政策基础上实现无条件的国家自主贡献。在目前的政策下，16 个 G20 成员中有 9 个可能实现无条件的国家自主贡献（土耳其的国家自主贡献预案）（图 2.6）。这些成员是阿根廷（与 2019 年评估相比新增）、中国、欧盟 27 国 + 英国、^⑫ 印度、日本（自

2018 年评估以来重新加入该集团）、墨西哥、俄罗斯、南非（新增）和土耳其（见表 2.3）。其中四个国家（阿根廷、印度、俄罗斯和土耳其）预计将达到比其各自国家自主贡献排放指标低 14%-34% 的排放水平（图 2.6）。与 2019 年评估相比，以下三个国家的评估有所变化：

- ▶ 阿根廷现在有望在当前政策下实现无条件的国家自主贡献目标。独立分析的预测中值已下调，部分原因是下调了经济增长和土地利用、土地利用变化和林业 (LULUCF) 预测（最近发展情况见表 2.4）。
- ▶ 就日本而言，过去几年对 2030 年的当前政策情景预测已经接近国家自主贡献的目标。自 2013 年以来，该国的温室气体排放一直在持续下降，原因是可再生发电增加，电力消耗减少，最终用途能源总消耗减少。

^⑫ 本报告中审查的欧盟所有排放预测都包括英国。

▶ 就南非而言，独立分析得出的中央估计值（见表 2.2）已大幅度下调。这主要是因为考虑了最近更新的综合资源规划（见表 2.4）（南非共和国能源部，2019）和其实现的可能性，以及最近的国家政府清单报告指出 2010—2015 年期间排放趋势趋于平缓。

预计将实现无条件国家自主贡献目标的其他 G20 成员也注意到，与 2019 年评估相比，当前政策预测也发生了重大变化：

▶ 欧盟 27 国 + 英国的中心估计值被下调，这意味着目前预计将超过其 2030 年 40% 的温室气体减排目标。评估的变化主要反映出，基础研究目前考虑了 2018 年和 2019 年通过的指令、法规和立法的全面实施，这些指令、法规和立法构成了洁净星球（the Clean Planet）政策包。

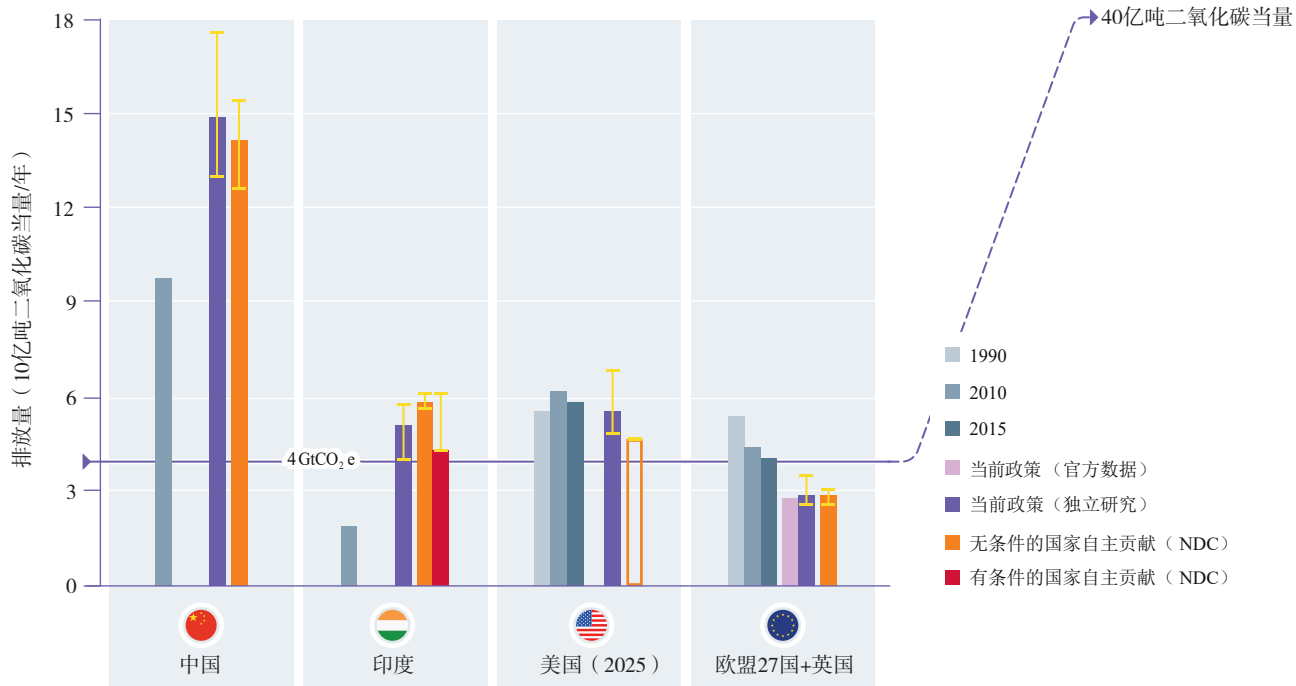
根据一个假设在气候、能源和交通方面所采取的政策得到

全面实施的基准情景，到 2030 年，欧盟 27 国的排放量将比 1990 年的水平减少约 45%（欧盟委员会，2020b）。如果在欧盟成员国层面考虑政策的执行状况，研究表明，成员国和欧盟都需要额外的共同努力，以实现其作为国家自主贡献（欧洲环境署，2019）一部分的能效目标。如 2020 年提交的国家能源和气候计划所示，其他成员国措施正在准备中，欧盟委员会已评估这些措施符合 41% 的减排目标（欧盟委员会，2020a）。

▶ 由于独立分析考虑了 2019 年国家温室气体清单报告，对俄罗斯 2030 年排放预测的中心估计值减少了约 3 亿吨二氧化碳当量，与之前的清单报告相比，该报告对历史排放数据进行了大幅下调。

对于其他预计将实现其国家自主贡献目标的 G20 成员来说，印度 2030 年的排放预测略有下降，部分原因是可再生能源部署的强劲增长，而中国、墨西哥和土耳其的预测与 2019 年的评估相比没有发生实质性变化。

图 2.6a. 新型冠状病毒肺炎暴发前发布的不同情景下 G20 成员到 2030 年的温室气体排放预测（所有气体和部门，包括 LULUCF），并与各国温室气体清单中的历史排放量进行比较



预计到 2030 年，澳大利亚、巴西、加拿大、韩国和美国这五个 G20 成员的温室气体排放将达到无条件的国家自主贡献目标，并需要不同程度的进一步行动。

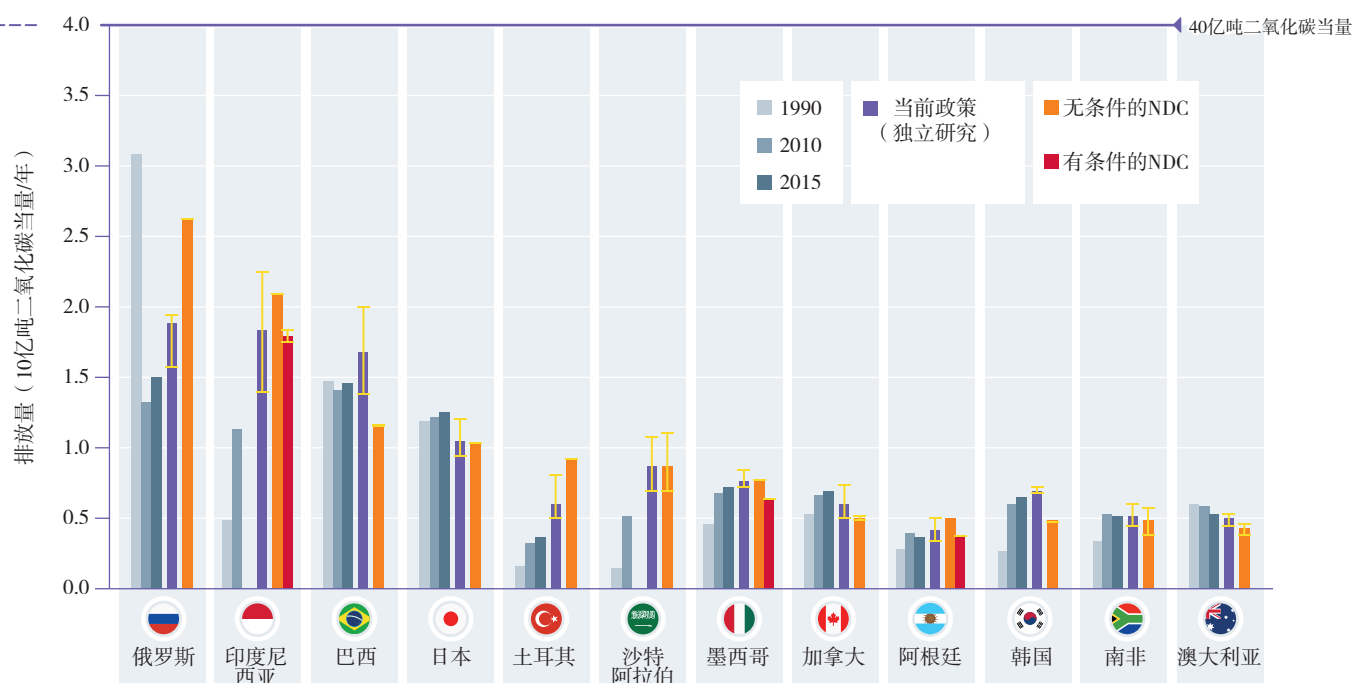
- ▶ 对澳大利亚和韩国来说，独立分析的中心估计值与 2019 年的评估保持一致。
- ▶ 就巴西而言，独立分析的中心估计值较 2019 年的评估有所提高，原因是对于土地利用部门的排放预测进行了上调修订。
- ▶ 对加拿大来说，与之前的官方评估（环境和气候变化加拿大，2020b）和独立分析（部分由于联合研究中心大幅下调（Keramidas 等，2020））相比，排放预测被下调。然而，总体而言，除非政策得到加强，否则预计加拿大仍将无法实现其国家自主贡献目标。加拿大已经认识到这一点，并于 2020 年 9 月承诺采取加强措施，使该国能够实现并超过其目标。
- ▶ 对美国来说，政府修订、废除和/或取代了法规，

但温室气体排放预测仍与以前的预测相似。在当前政策情景预测下，对 2025 年的中央估计仍远低于国家自主贡献的目标水平（与 47 亿吨二氧化碳当量相比，中央估计：58 亿吨二氧化碳当量）。

2020 年 11 月 4 日，美国退出《巴黎协定》，美国不再拥有官方的国家自主贡献。然而，它的前 2025 年国家自主贡献值仍作为参考。2020 年 11 月，乔·拜登赢得总统大选（NBC 新闻，2020）。当选总统的拜登打算立即重返《巴黎协定》（拜登，2020）。这可以在 2021 年实现，不需要国会的干预。

- ▶ 对韩国来说，需要注意的是，当韩国排放交易计划（K-ETS）下的排放限额总额设定到 2030 年并反映在排放预测中时，当前的政策情景预测可能会大幅下调。K-ETS 根据第三阶段计划成立于 2019 年 12 月，第三阶段的排放上限（2021—2025）将严格将符合年度目标排放量从 2030 年温室气体减排路线图，而第四阶段的排放上限将被设置为 2030 年实现国家自主贡献的目标。第三阶段的排放上限最近已确定下来（见表 2.4）。

图 2.6b. 新型冠状病毒肺炎暴发前发布的不同情景下 G20 成员到 2030 年的温室气体排放预测（所有气体和部门，包括 LULUCF），并与各国温室气体清单中的历史排放量进行比较



注释：i) 情景的数据源如表 2.2 所示。ii) 由于报告的原因，中国、欧盟 27 国 + 英国、印度和美国的排放预测如图 2.6a 所示，其他国家的排放预测如图 2.6b 所示，使用两个不同的纵轴。（iii）美国于 2020 年 11 月 4 日退出《巴黎协定》，现提交 2025 年的前国家自主贡献供参考（下图）。

表 2.3. 基于新型冠状病毒肺炎暴发前发表的独立研究，评估 G20 成员在当前政策下实现无条件国家自主贡献（NDC）目标的进展情况

预计在目前实施的政策下达到无条件的 NDC 目标		通过额外的政策措施和 / 或更严格地执行现有政策，预计能达到无条件的 NDC 目标		信息不确定或不充分
超额完成目标 15% 以上	超额完成目标不到 15%*	预计排放量比 NDC 的目标高出 0 – 15%	预计排放量比 NDC 的目标高出 15% 或更多	
<ul style="list-style-type: none"> • 阿根廷（3 项研究中的 2 项，1 项接近目标） • 俄罗斯（5 项研究中的 5 项） • 土耳其（INDC；3 项研究中的 3 项） 	<ul style="list-style-type: none"> • 中国（6 项研究中的 2 项，1 项接近目标） • 欧盟 27+ 英国（3 项研究中的 1 项，1 项接近目标）^{1, 2, 3} • 印度（7 项研究中的 6 项） • 日本 4 项研究中的 2 项，1 项接近目标 • 墨西哥（3 项研究中的 2 项） • 南非（3 项研究中的 2 项）⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> • 澳大利亚（4 项研究中的 4 项）¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • 巴西（4 项研究中的 4 项） • 加拿大（3 项研究中的 3 项）¹ • 韩国（3 项研究中的 3 项）⁵ • 美国（2025，7 项研究中的 7 项，退出《巴黎协定》） 	<ul style="list-style-type: none"> • 印度尼西亚（3 个研究项目中的 1 个达到目标，1 个研究项目的目标在可达到范围内） • 沙特阿拉伯（两个研究项目中有一个达到目标，其中一个接近目标）

注释：这一评估是基于支持这些发现的独立研究的数量（表 2.2）。将这些数据与括号中所示的现有研究以及所有研究中当前政策情景预测的平均估计值（有五项或五项以上研究的国家的中位数）进行比较，得出 2030 年 NDC 平均目标。

1. 还审查了官方出版物对当前政策情况的预测。在所有官方情景中，支持上述发现的情景数量如下：澳大利亚：1 比 1；加拿大：1 比 1；俄罗斯：1 比 1；欧盟：4 个国家中的 2 个（见第 4 章脚注）。
2. “气候行动追踪组织”（Climate Action Tracker）指出，高端预测将无法达到 NDC 的目标范围。联合研究中心的分析预测，到 2030 年，欧盟将几乎达到这一目标，二氧化碳排放量的差异小于 1000 万吨。
3. 三项欧盟 27 国+英国官方研究（欧盟委员会，2018；经济区，2019；联合国气候变化框架公约（UNFCCC，未注明日期 b（BR4，“有措施方案”））和欧盟 27 国的一项官方研究（欧盟委员会，2020b）以及三项独立研究进行了评估。该评估是基于 PBL 的独立分析做出的，该分析考虑了最近采用的最佳政策方案（Kuramochi 等，2019）和考虑了当前欧盟范围内政策的全面实施的官方预测（欧盟委员会，2018；欧盟委员会，2020b）。
4. 将南非目前的政策情景预测与 NDC 范围的上限估计进行了比较。
5. 韩国的排放交易计划（K-ETS）是完全实现该国的 NDC 目标的工具，涵盖了该国约 70% 的温室气体排放。在对韩国进行三项排放预测研究时，尚未建立 K-ETS 第三阶段（2021—2025 年）和第四阶段（2026—2030 年）的总体规划以及第三阶段的国家排放限额分配计划。因此，这三个独立的研究并没有明确假设 2020 年后各阶段的排放上限与 NDC 目标相一致，这部分解释了为什么他们预计韩国在当前政策下无法实现其 NDC 目标。

关于印度尼西亚和沙特阿拉伯是否正在走上实现其无条件国家自主贡献（NDC）的轨道，研究并没有达成一致。对印度尼西亚来说，这主要是由于泥炭火灾导致的土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）排放的不确定性。由于更新的温室气体清单数据和上调修订的可再生能源发电预测，今年的预测明显低于之前的评估（Kuramochi 等，2019）。对沙特阿拉伯来说，关于其国家自主贡献目标和

实现这一目标的政策的信息有限，妨碍了对该国目标的进展进行详细评估。

总体而言，G20 成员无法在当前政策基础上实现无条件的国家自主贡献。到 2030 年，G20 成员的总排放量预计为 401 亿吨二氧化碳当量^⑬（范围：358-426 亿吨二氧化碳当量），比 2019 年报告的预测低 9 亿吨二氧化碳当量，比

⑬ 对涵盖所有 G20 成员的三项研究（气候行动追踪组织，2019a；Kuramochi 等，2019；Keramidas 等，2020）

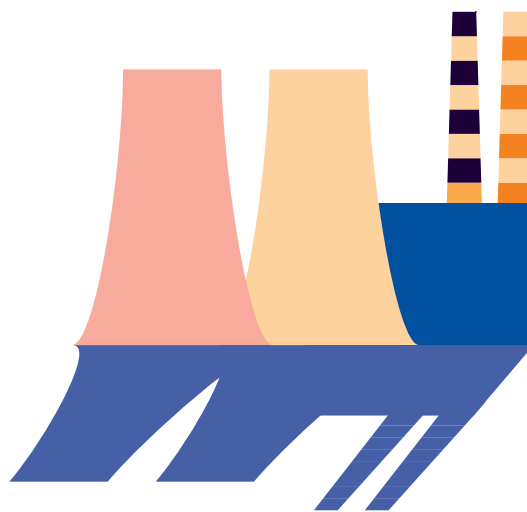
2010 年的水平高出约 26%（范围：7%-48%）。

这些估计没有考虑新型冠状病毒肺炎疫情和相关经济应对措施的可能影响，而是反映了各种因素，包括近年来采取的政策的影响，以及对温室气体清单数据的修订，关于宏观经济驱动因素的排放情景方法和基本假设的变化。目前的政策意味着，与 2010 年的水平相比，一些 G20 成员（阿根廷、巴西、中国、印度、印度尼西亚、墨西哥、韩国、俄罗斯、沙特阿拉伯和南非）2030 年的排放量将有所增加。

G20 成员需要在 2030 年前每年进一步减少温室气体排放约 3 亿吨二氧化碳当量，以实现无条件的国家自主贡献目标减排水平，并在 2030 年前每年减少约 24 亿吨二氧化碳当量，以实现有条件的国家自主贡献目标减排水平。如果印度每年超额实现无条件国家自主贡献 17 亿吨二氧化碳当量，俄罗斯和土耳其被排除在外，并假设这些国家将跟

随他们当前的政策轨道而不是他们所隐含的无条件的国家自主贡献（在许多国家自主贡献情景预测全球模型在第 3 章），那么，到 2030 年，G20 成员将无法实现无条件和有条件的国家自主贡献，每年约 21 亿吨和 34 亿吨二氧化碳当量。对 G20 成员而言，当前政策情景和国家自主贡献情景预测之间的估计差异与《2019 排放差距报告》的预测相似。^⑭

G20 成员在过去一年采取的大量政策有可能对实现国家自主贡献目标的进展产生积极和消极影响（表 2.4）。许多政策是在本节审查的情景研究报告发表后采取的，因此没有考虑。尽管预计多项政策将产生积极的缓解效果，但仍有许多政策对排放有负面影响，如化石燃料开采项目、燃煤电厂建设计划和新型冠状病毒肺炎疫情期间环境法规的取消，如表 2.4 所示（关于新型冠状病毒肺炎的影响，参见第 2.4.2 节和第 4 章）。



^⑭ 此处显示的值小于 2019 年报告中报告的值，尽管这主要是由于 2019 年报告使用了推断的 2030 年美国国家自主贡献估计值（即 2024 年），而今年的报告使用以前的 2025 年国家自主贡献排放水平。

表 2.4. G20 成员在 2019 年和 2020 年采取的将显著影响国家自主贡献目标的关键政策措施概述，包括部分新型冠状病毒肺炎措施

国家 / 区域	2019 年和 2020 年采取的主要政策措施
阿根廷	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 年 11 月，美国国会协商一致通过《国家气候变化适应和减缓法》。 • “Vaca Muerta”（页岩油气储量大）的未来仍然充满不确定性。由于油价暴跌和需求减少，它的经济可行性和吸引力岌岌可危。政府正在与国际货币基金组织（IMF）重新谈判其外债，Vaca Muerta 的未来取决于这些谈判的结果。
澳大利亚	<ul style="list-style-type: none"> • 没有提出 2020 年后可再生能源的新目标（2020 年的目标提前一年实现）。 • 政府宣布了支持天然气投资的计划，以天然气为主导的大流行病复苏，包括通过政府对天然气基础设施的投资。 • 2020 年 5 月发表的《技术投资路线图讨论文件》（Technology Investment Roadmap Discussion Paper）建议改变两个可再生能源政府机构的职权范围，并倡导天然气和碳捕获与存储（CCS）。 • 2020 年 9 月发布的第一份低排放技术声明概述了减排需要投资的五种技术：清洁氢、能源存储、低碳材料、CCS 和土壤碳封存。2020 年 9 月还宣布了一个新的 19 亿澳元的投资计划，以支持上述活动和能源生产率，不包括对可再生能源技术的支持。
巴西	<ul style="list-style-type: none"> • 政府最近批准了“森林+”项目，该项目将为与保护工作相关的环境服务提供资金。然而，倒退继续阻碍着制止森林砍伐的努力。 • 最新能源拍卖（2019 年 10 月）的四分之三用于可再生能源，其余用于天然气。太阳能（18%）是所有技术中成本最低的。尽管如此，在当前的 10 年能源计划中，对化石燃料基础设施的投资仍占主导地位。由于新冠疫情，2020 年春季拍卖被推迟。
加拿大	<ul style="list-style-type: none"> • 加拿大环境与气候变化部长推翻了他 2019 年做出的不让一个煤矿扩建项目接受联邦环境影响评估的决定，他声称这样的行动不符合“推动削减煤炭发电联盟”的创始成员国身份。 • 加拿大宣布将建立清洁能源基金，为清洁能源的开发和传输系统连接提供资金，包括支持大西洋环，这将帮助该国最东部的省份摆脱燃煤发电。 • 关于上游油气生产中的甲烷排放法规已于 2020 年初生效。这些规定是加拿大承诺的一部分，即到 2025 年，将该行业的甲烷排放量在 2012 年水平的基础上减少 40% 至 45%。 • 加拿大将继续投资电动汽车（EV）充电基础设施，并提供资金支持电动汽车购买激励措施，作为其电动汽车销售目标的一部分，即到 2025 年电动汽车销量达到 10%，到 2030 年达到 30%，到 2040 年达到 100%。预计将采取进一步的支持措施，作为新型冠状病毒肺炎经济复苏措施的一部分。

续 表

国家 / 区域	2019 年和 2020 年采取的主要政策措施
加拿大	<ul style="list-style-type: none"> 自 2019 年以来，强制碳定价在加拿大各地生效。各省和地区可以执行他们自己的价格系统，只要他们符合一定的标准，或应用联邦系统。联邦碳定价体系包括对化石燃料收费和对重工业实行管制的排放交易体系。在加拿大的直接定价体系中，2020 年的碳价格是 30 加元 / 吨二氧化碳当量，每年上涨 10 加元，到 2022 年将上升至 50 加元 / 吨二氧化碳当量。一些省份质疑碳定价法的合宪性，下级法院在这个问题上存在分歧。加拿大最高法院于 2020 年 9 月审理了此案，并保留了判决。
中国	<ul style="list-style-type: none"> 截至 2023 年的新的燃煤电力规划和监管允许或限制省份许可建设新的燃煤电厂。与 2019 年的监测相比，限制措施被取消，更多省份被允许建设新工厂。然而，本次报告关于燃煤电厂论述情况并不准确。实际上，中国实施《进一步深化电力体制改革的若干意见》（中发〔2015〕9 号）后，一律停建停运未经批准或未列入规划的“燃煤自备电厂”措施。另外，在中国发布的《关于做好 2020 年重点领域化解过剩产能工作》（发改运行〔2020〕901 号）、《国家能源局关于发布 2023 年煤电规划建设风险预警的通知》（国能发电力〔2020〕12 号）等文件均明确提出燃煤电厂项目淘汰、建设和规划情况。 到 2025 年，新能源汽车（NEV）在汽车总销量中的市场份额从 20% 提高到 25%，政府将新能源汽车购买免税计划和补贴计划延长到 2022 年。 部分为了应对新型冠状病毒肺炎疫情，政府将优先加快其新基础设施计划。2020 年，中国在全国增加了 20 万辆电动汽车充电设施，比 2019 年增加了约 16.5%。截至 2020 年 10 月，已有 21 个特高压输电项目投入使用，其中 6 个正在建设中。将大型农村可再生能源项目与人口密集地区连接起来的基础设施，以及新的城际高铁网络也将得到推进。 中国将采取更加有力的政策措施，提高其国家自主贡献的力度。中国的目标是力争在 2030 年前达到二氧化碳碳排放峰值，2060 年前实现碳中和（中华人民共和国外交部，2020）。
欧盟	<ul style="list-style-type: none"> 欧盟于 2019 年 12 月通过了《欧洲绿色协议》，到 2050 年达到气候中和。《欧洲绿色协议》包括制定气候法律，该法律由欧盟委员会于 2020 年 3 月提出，目前正在欧洲理事会和欧洲议会之间进行讨论。 2020 年 7 月，欧洲理事会（欧盟国家元首和政府首脑）就被称为“下一代欧盟”（Next Generation EU）的复苏方案的主要内容达成了一致。该计划是对欧盟 2021–2027 年预算的补充，赠款和贷款总额将达到 7500 亿欧元。“下一代欧盟”基金的 30% 和欧盟 2021–2027 年的长期预算已指定用于气候行动。所有资金将用于支持 2030 年气候目标和 2050 年气候中和目标。 2020 年 9 月，欧盟委员会（European Commission）提出，到 2030 年，欧盟将其国内排放目标提高到比 1990 年水平至少低 55% 的水平（包括 LULUCF）。2020 年 10 月，欧洲议会（European Parliament）投票通过了 60% 的减排目标。欧洲理事会（European Council）正在考虑如何修改这一目标。
印度	<ul style="list-style-type: none"> 2020 年上半年，全国没有新建燃煤电厂，煤炭总量减少了 30 万千瓦。然而，未来仍有扩大燃煤发电的计划。国内煤炭产量可能在 2020 年达到创纪录水平。 印度计划通过名为“Pradhan Mantri-Kisan Urja Suraksha evam Utthan (PM-KUSUM)”项目计划扩大在农业领域的太阳能投资，到 2022 年发展 250 亿瓦的产能。（在国家层面，印度的可再生能源产能目标是到 2022 年达到 1750 亿瓦）。 快速采用和制造电动汽车（FAME II）项目的第二阶段于 2019 年 4 月生效，为电动汽车购买和充电基础设施提供支持。 印度铁路的目标是到 2023 年实现全电气化，并在 2020 年 7 月宣布了到 2030 年实现净零排放的计划。

国家 / 区域	2019 年和 2020 年采取的主要政策措施
印度尼西亚	<ul style="list-style-type: none"> • 2020 年 1 月，政府将国内煤炭价格限制在市场价以下，以促进消费。它还计划利用为国民经济复苏（National Economic Recovery）计划预留的约 14% 的预算，为工业和企业提供燃料补贴。 • 印度尼西亚推迟了 2020 年的地热拍卖，由于家庭和政府在屋顶安装方面的支出减少，对太阳能光伏（PV）板的需求在疫情期间下降了 70%。
日本	<ul style="list-style-type: none"> • 政府的目标是建立一个具体的计划，逐步淘汰该国低效的燃煤电厂。 • 根据日本关于海外燃煤电厂融资的新战略，政府原则上不会支持在能源问题和脱碳政策在双边背景下尚未深入考虑的国家安装项目（该战略不适用于正在进行的项目）。 • 新的海上风电中期部署计划将于 2020 年底通过公私委员会提出，以增强海上风力发电的工业竞争力。
墨西哥	<ul style="list-style-type: none"> • 墨西哥通过了一项对其国有石油公司（Pemex）提供财政支持的法案，该法案将允许 Pemex 继续在石油勘探和开采方面的投资。 • 政府制定了一项加强国家能源安全的政策，该政策有效地阻止了私人在墨西哥的可再生能源投资，并优先考虑了国有化石燃料发电厂的煤炭、重油和天然气供应。然而，由于反对这一政策的司法程序仍在进行，可再生能源调度仍在继续，其使用没有受到影响。2020 年没有显著增加可再生能源发电能力，到 2020 年 9 月，可再生能源在该国电网（不包括大型水电）中的占比仅达到 13%。
韩国	<ul style="list-style-type: none"> • 第九电力计划目前正在制定中，但其草案已经包括了与第八电力计划相比，煤炭和核能较低，而可再生能源和天然气较高的发电目标。到 2034 年，新计划的目标是核能占 17%，煤炭占 15%，天然气占 32.3%，可再生能源占 40%。 • 政府的绿色新政包括促进可再生能源的计划部署（关注海上风力发电场和建筑设施）和低碳基础设施，以及支持建立一个智能电网高效氢能源管理，到 2025 年，实现 113 万电动汽车和 20 万辆氢燃料汽车上路。 • 2020 年 10 月，《国家第三阶段（2021–2025 年）排放限额分配方案》出台。该计划为第三阶段设定了总排放限额（上限）。根据计划，通过竞拍方式发放的津贴比例将提高至 10%，而采用基准方法申请免费发放津贴的行业数目也将较第二阶段有所增加。
俄罗斯	<ul style="list-style-type: none"> • 推迟已久的 2035 年能源战略于 2020 年 6 月通过，重点是扩大化石燃料生产、出口和国内消费。扩大可再生能源发电的计划还没有出台。 • 2020 年 8 月公布的一份能源效率计划草案，设定了 2030 年的目标，即在 2017 年的水平上将 GDP 的总能源强度降低 20%。

续 表

国家 / 区域	2019 年和 2020 年采取的主要政策措施
沙特阿拉伯	<ul style="list-style-type: none"> 政府启动第三轮国家可再生能源项目，招标 12 亿瓦太阳能光伏。第一轮和第二轮共招标约 22 亿瓦太阳能光伏。 作为经济复苏应对新冠疫情的一部分，政府暂时增加了商业、工业和农业部门的消费者电力补贴。这些补贴为电力系统提供了额外的支持，电力系统几乎完全由化石燃料驱动。
南非	<ul style="list-style-type: none"> 南非修订了 2011 年综合资源计划。2019 年综合资源计划的目标是，到 2050 年，南非国家电力公司（Eskom）的煤炭发电能力将超过 350 亿瓦（目前运行的 420 亿瓦）（2022 年 54 亿瓦，2030 年 105 亿瓦）。该计划还包括到 2030 年新增煤炭装机容量 72 亿瓦、风电装机容量 158 亿瓦、太阳能装机容量 74 亿瓦。 2020 年，化学品和能源集团沙索（Sasol）宣布为其南非业务推出 2030 年排放路线图。该路线图详细阐述了到 2030 年温室气体排放比 2017 年基线至少减少 10% 的路径，并以长期视角制定。
土耳其	<ul style="list-style-type: none"> 土耳其在不同的规划阶段继续扩大燃煤发电，计划装机容量接近 320 亿瓦；其中 13 亿瓦正在建设中。 土耳其宣布，将在 2021 年初为总计 10 亿瓦的小型可再生能源项目进行招标。一些可再生能源拍卖已经进行，如 2017 年的 10 亿瓦太阳能光伏拍卖和 2017 年和 2019 年的两个 10 亿瓦陆上风能拍卖。 自 2019 年以来，土耳其的公共建筑节能目标为 15%，其目标是到 2023 年实现，这是其 2017–2023 年国家能效行动计划的一部分。
英国	<ul style="list-style-type: none"> 英国将到 2024 年逐步淘汰燃煤发电，比原计划提前一年。2020 年上半年，全国有 67 天没有燃煤发电，这是自工业革命以来最长的时间。 7000 万英镑已被分配用于支持氢开发，包括两个生产工厂。但是，还没有制订该部门的全面战略。 英国正在考虑将对新汽油和柴油汽车的禁令提前 5 年，从 2040 年到 2035 年，并在 2020 年初举行了公众咨询。2020 年 11 月，政府宣布正在考虑更宏伟的计划，将禁令提前 10 年至 2030 年。整个运输部门的脱碳计划预计将在今年年底前出台。
美国	<ul style="list-style-type: none"> 美国于 2020 年 11 月 4 日退出《巴黎协定》。 清洁能源计划（Clean Power Plan）的目标是到 2030 年将电力部门的排放量在 2005 年水平的基础上减少 32%，该计划将被平价清洁能源（ACE）计划取代。ACE 将计划的范围限制在效率措施或 CCS（Carbon Capture and Storage）技术上。它目前至少面临着两项法律挑战。 《更安全、更实惠的燃油效率（SAFE）车辆规则》（the Safer Affordable fuel – efficient，简称 SAFE）将前政府制定的燃油效率标准修订为不那么严格的标准。国家汽车安全管理局的规定现在要求汽车制造商每年将轻型汽车的燃油效率提高 1.5%（以前是 5%），到 2025 年达到每加仑 40 英里（以前定为每加仑 54 英里）。该规定还取消了加州为比联邦标准更严格的汽车和卡车设定排放标准的豁免。

注释：2019 年新型冠状病毒肺炎财政救援和复苏措施概述见第 4 章。

资料来源：基于气候行动追踪组织（2020c）；气候透明度（2020）；Moisio 等（2020）

为补充上述研究结果，图 2.7 显示了将欧盟、其三个成员国和英国（欧盟 27 国 + 英国）计算在内的 16 个 G20 成员的预计人均温室气体排放量。基于独立研究和 2010 年

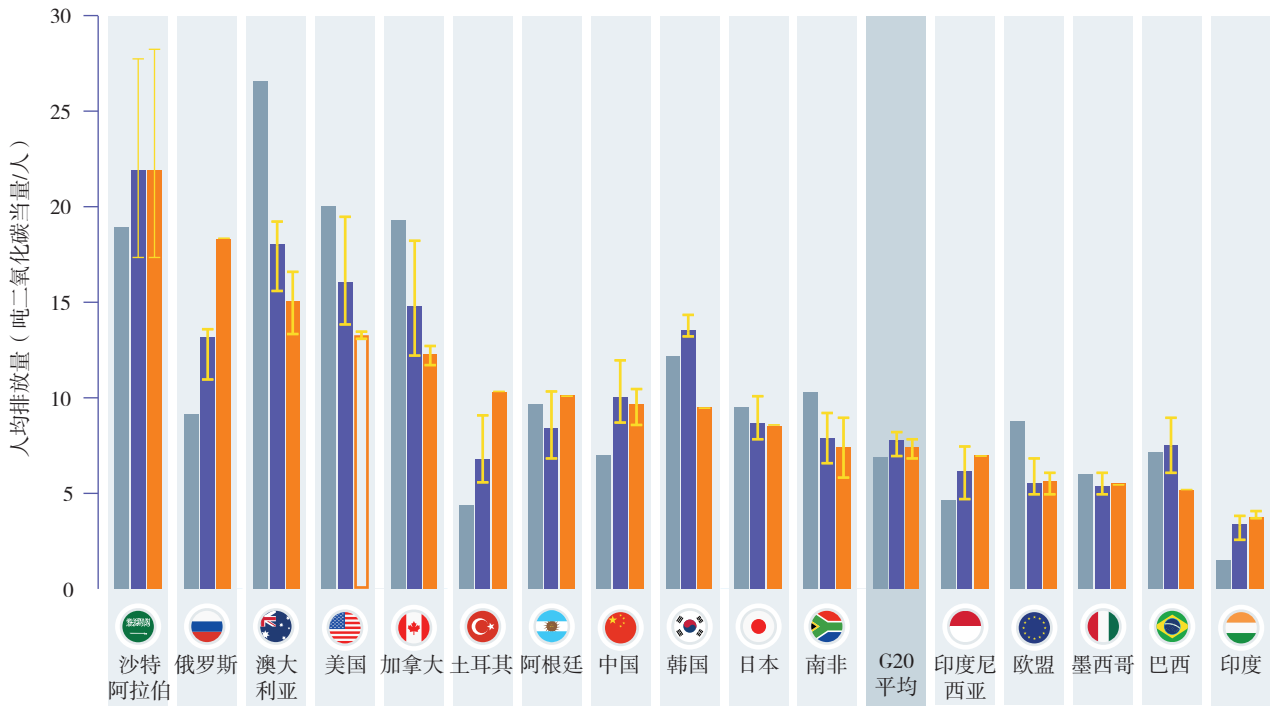
国家温室气体清单历史数据的现有政策和无条件的国家自主贡献情景。^⑮

^⑮ 请注意，由于数据来源和对土地利用部门排放的考虑不同，2010 年的估计值与图 2.2 底部面板中的估计值并不相同。

G20 成员按国家自主贡献排放预测的降序排列。总体而言，在无条件的国家自主贡献情景下，到 2030 年，G20 成员人均年排放量预计将比 2010 年有所下降。从图中可以看出，G20 成员的人均排放水平存在较大差异。例如，印度的预计人均排放量约为 G20 成员平均水平的一半，而沙特阿拉伯的人均排放量预计到 2030 年将达到 G20 成员平均水平的三倍。根据目前的政策，到 2030 年，除欧盟、印度、印度尼西亚、墨西哥和土耳其以外的所有 G20 成员预计仍将排放超过 2010 年 G20 成员平均水平（人均 7 吨二氧化碳当量）。

相比之下，在全球变暖 2℃ 的情况下，G20 成员的人均排放量到 2030 年将约为人均 5 吨二氧化碳当量（作者基于 den Elzen 等（2019）的估算）。^① 在经合组织成员国中，欧盟 27 国 + 英国中的 16 个成员在 2030 年的绝对排放水平和人均排放水平以及与 2010 年水平相比的变化速率方面表现良好，但需要注意的是，它们以消费为基础的排放要高得多，如图 2.3 所示。墨西哥在目前的政策和国家自主贡献情景下人均排放量的预测发展方面也表现良好。

图 2.7. 根据新型冠状病毒肺炎暴发前发布的国家数据和当前政策设想（中央估计），并与 2010 年历史排放量进行比较，G20 及其个别成员到 2030 年（美国到 2025 年）的人均温室气体排放量（包括土地利用、土地利用变化和林业，LULUCF）



注释：i) 对于 2020 年 11 月 4 日退出《巴黎协定》的美国来说，前 2025 年的国家自主贡献是供参考的。ii) 每个国家的历史和预测（中等生育率变异）人口数据取自 2019 年《世界人口前景修订报告》（联合国经济和社会事务部 [联合国经社部]，2019）。iii) 由于数据源的差异，此处提供的数字可能与官方数据不完全匹配。iv) G20 成员的排放量是按照国家自主贡献排放量预测的降序排列的。v) 为了估计 G20 成员在国家自主贡献情景下的总排放量，我们对印度、俄罗斯和土耳其使用了当前政策情景预测（中央估计）。vi) G20 成员的国家自主贡献平均值使用的是美国 2025 年的国家自主贡献目标估计值，而 G20 成员当前政策情景的平均值使用的是美国 2030 年的排放估计值。

2.4.2 估计新型冠状病毒肺炎和相关政策应对措施对 G20 成员 2030 年排放的影响

本节概述了关于新型冠状病毒肺炎及其相关政策应对 2030 年前温室气体排放的潜在影响的初步调查结果。从本质上讲，这些结果是高度不确定的。首先，评估这些潜在影响的文献很少，而且关于新型冠状病毒肺炎如何影响经济以及随后 2020 年 G20 成员的温室气体（GHG）排放的信息

非常有限。其次，文献对新型冠状病毒肺炎的长期影响和相关应对措施采取了简单化和投机性的假设。第三，比较新型冠状病毒肺炎爆发前和爆发后的预测，需要将新型冠状病毒肺炎及其相关应对措施的影响与其他因素的影响区别开来，这些因素包括最近采取的与新型冠状病毒肺炎无关的政策、使用 2019 年和更早年份更新的国家温室气体清单数据以及方法上的变化。

① 澳大利亚、加拿大、欧盟、日本、墨西哥、韩国、土耳其和美国。

第 4 章介绍了主要排放经济体实施新型冠状病毒肺炎的刺激措施的相关文献。就个别 G20 成员而言，7 个 G20 成员可获得多个 CO₂ 和 / 或温室气体 (GHG) 排放情景研究 (表 2.5)。请注意，由于各研究对温室气体 (GHG) 和部门的涵盖范围、审查的情景和情景定义存在差异，表 2.5 中所包括的研究并不具有完全可比性。尽管如此，对美国

的研究似乎对新型冠状病毒肺炎对 2030 年排放预测的影响程度达成了一致，并指出与新型冠状病毒肺炎之前的预测相比，减少了约 5%-10%。两项研究 (气候行动追踪组织，2020c；国际能源署，2020e) 还指出，与其他主要排放国相比，印度到 2030 年的减排幅度可能更大。

表 2.5. 新型冠状病毒肺炎爆发后与爆发前的 2030 年预测排放量的比较

国家和地区	国际能源署 2020 年世界能源展望 (仅与能源相关的 CO ₂ 排放的既定政策情景) ¹	气候行动追踪组织 ³	其他研究
巴西	-2.4%	-5.2% to -4.4%	N/A
中国	-1.2%	-6.0% to -0.5%	N/A
欧盟 27 国	N/A ²	-6.6% to -0.1%	-0.2% (NDC 实现方案) ⁴
印度	-18.6%	-11.8% to -8.5%	N/A
日本	-3.3%	-13.2% to -5.5%	N/A
俄罗斯	-2.4%	-6.2% to -1.9%	N/A
美国	-9.6%	-9.8% to -5.1%	-6.4% to -5.1% ⁵

注释：除非另有说明，该比较是基于目前所有温室气体排放 (不包括 LULUCF) 的政策情景预测。N/A：不可用。

1. 国际能源机构 (IEA, 2020e)。所述政策设想“纳入了我们对世界各国政府为或宣布的所有政策抱负和目标的评估” (国际能源署，2020e)，并“假定在 2021 年将公共卫生的重大风险控制住，从而使经济活动得以稳步复苏”。

2. 由于《2019 年世界能源展望》将英国纳入欧盟，而《2020 年世界能源展望》不包括英国，因此无法进行比较。

3. 气候行动追踪组织 (2020c)

4. 欧盟委员会 (2020b)

5. Larsen 等 (2020)

2.5 需要将长期的净零排放目标转化为近期的雄心和行动

这一章传达的信息是明确的：所有国家都迫切需要加强它们的减排雄心，加快行动，以改变当前的排放趋势，并走上实现《巴黎协定》中长期温度目标的轨道。对于 G20 成

员来说尤其如此，它们的排放量约占全球排放量的 78%。G20 成员中的大多数主要排放国在改变其未来排放轨迹方面只取得了微小的进展 (Höhne 等，2020)，其他几个国家甚至没有走上实现其国家自主贡献的轨道。2020 年最重要和令人鼓舞的发展是，越来越多的国家正在承诺到 2050 年实现各种净零排放目标。

截至 2020 年 11 月，126 个国家（占全球温室气体排放量的 51%）的净零目标已被正式采用、宣布或考虑（基于 2020 年能源和气候情报组的《气候行动追踪组织，2020a》）。^⑰ 如果美国也像拜登 - 哈里斯气候计划（拜登，2020）所建议的那样，在 2050 年之前实现温室气体净零排放的目标，这一比例可能会增加到 63%。G20 成员中，以下国家有净零排放目标：

- ▶ **法国**正式宣布到 2050 年实现温室气体零排放的目标（官方期刊《République Française》，2019）。
- ▶ **英国**法律规定了其 2050 年温室气体净零排放目标（英国，2019）。
- ▶ **欧盟**的目标是到 2050 年实现温室气体净零排放，实现气候中立（克罗地亚担任欧盟理事会和欧盟委员会主席，2020）。
- ▶ 在联合国大会上，**中国**宣布了 2030 年前二氧化碳排放达到峰值、2060 年前实现碳中和的目标（中华人民共和国外交部，2020）。
- ▶ 2020 年 10 月，**日本**宣布了到 2050 年实现温室气体净零排放的目标（日本外务省，2020），强化了他们之前的本世纪下半叶尽早实现脱碳社会的目标（日本政府，2019b）。
- ▶ **韩国**总统在他的议会演讲中承诺到 2050 年实现碳中和（青瓦台，2020）。
- ▶ **加拿大**已表示，打算在 2050 年前立法制定净零排放^⑱的目标（加拿大总督，2020）。
- ▶ **南非**希望到 2050 年实现净零碳排放（南非共和国，2020）。
- ▶ **阿根廷和墨西哥**加入《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）“气候雄心联盟”（Climate Ambition Alliance），致力于到 2050 年实现净零碳排放（《联合国气候变化框架公约》，2019）。

在考虑到各国分别被邀请或要求在 2020 年之前向《联合国气候变化框架公约》提交的本世纪中叶、长期温室气体低排放发展战略和新的或更新的国家自主贡献时，进展明显较慢。截至 2020 年 11 月中旬，9 个 G20 成员（加拿大、欧盟、法国、德国、日本、墨西哥、南非、英国和美国）^⑲ 已向《联合国气候变化框架公约》提交了长期低温室气体发展战略，但 G20 成员尚未正式提交新的或更新的国家自主贡献目标（日本于 2020 年 3 月重新提交了其最初的国家自主贡献目标）（《联合国气候变化框架公约》注明日期 a）。

虽然最近宣布的净零排放目标非常令人鼓舞，但它们凸显了这些目标的雄心勃勃与 2030 年国家自主贡献的雄心壮志水平不足之间的巨大差异。此外，现行政策所暗示的排放水平与当前国家自主贡献的 2030 年预测的排放水平不一致（每年 21-35 亿吨二氧化碳当量），以及更重要的是，与到 2050 年实现净零排放所必需的排放水平之间存在不一致。

为了在 2030 年前实现《巴黎协定》的长期温度目标方面取得重大进展，迫切需要下一步采取两项措施。首先，更多的国家需要制定符合《巴黎协定》的长期战略，特别是为净零排放设定时间框架。第二，新的和更新的国家自主贡献需要与净零排放目标保持一致（Levin 等，2020）。因此，确保下一个国家自主贡献的制定与长期战略之间的协调尤为重要，以实现无缝过渡到符合《巴黎协定》（Levin 和 Fransen，2019）的脱碳途径。将宣布的净零排放目标转化为具体的短期实施计划和减缓目标，并反映在 2030 年的国家自主贡献中。

以往的排放差距报告强调了加强减缓雄心和行动的大量选择和机会（Fransen 和 Höhne 2018；Höhne 等，2019）。在向决策者通报情况并让利益攸关方参与制定更新的国家自主贡献和长期战略的过程中，基于模型的多学科评估也可能是一个关键方面（Weitzel 等，2019）。

随着世界应对新型冠状病毒肺炎疫情，实施可持续复苏一揽子计划，促进经济增长和创造就业机会，同时建立更具弹性和更清洁的能源系统，对于确保到 2030 年（国际能源署，2020c）取得重大缓解进展至关重要。

^⑰ 正在讨论拟议立法或目标的国家包括那些已经签署《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）“气候雄心联盟”（Climate Ambition Alliance）的国家。

^⑱ 目前还不清楚“净零”是指二氧化碳排放还是全部温室气体排放。

^⑲ 在美国退出《巴黎协定》（气候行动追踪组织，2020b）后，美国的政府已经从其所有网站上删除了该中期战略。

3 排放差距

主要作者:

Joeri Rogelj (英国伦敦帝国理工学院格兰瑟姆研究所; 奥地利国际应用系统分析研究所), Michel den Elzen (格兰瑟姆研究所) 和 Joana Portugal Pereira (巴西里约热内卢联邦大学工程研究生院)

共同作者:

Niklas Höhne (德国新气候研究所), Daniel Huppmann (奥地利国际应用系统分析研究所), Gunnar Luderer (德国波茨坦气候影响研究所)

3.1 引言

本章更新了对 2030 年排放差距的评估。与以往的排放差距报告一致, 排放差距的定义是, 在全面实施国家自主贡献的情况下, 所预计的全球温室气体 (GHG) 排放与《巴黎协议》长期排放目标之间的差异。即所预计的排放与将全球平均气温上升幅度限制在不超过 2°C, 甚至是 1.5°C 的低成本排放之间的差异 (第 3.2 节)。本章评估以量化排放差距为基础的最新排放情景 (第 3.3 节)。

文献中对当前政策和国家自主贡献情景的排放预测主要发生在新型冠状病毒肺炎暴发之前。因此, 基于专家的预测和对相关环境指标的测算结果 (第 3.4 节), 我们探讨了新型冠状病毒肺炎对 2030 年排放的潜在影响, 这与第 2 章使用的方法一致。还讨论了到 2030 年未能填补排放缺口的影响以及实现《巴黎协定》中长期温度目标的可行性 (第 3.5 节)。

本章中评估的关键问题是: 2030 年可能存在的排放差距是多少? 到 2030 年, 新型冠状病毒肺炎疫情和相关复苏措施对排放的影响有什么影响? 这对温度的影响是什么? 在上世纪中叶的长期背景下, 2030 年的排放差距意味着什么?

3.2 2030 年的排放差距

与以前的报告一致, 2030 年的排放差距被定义为以不同可能性将全球变暖控制在 2°C、1.8°C 或 1.5°C 以下的最低成本方案的排放量与因全面实施国家自主贡献而产生预估全球温室气体排放量之间的差异。

本节根据 2030 年考虑的七种方案和第 3.3 节进一步描述的温室气体排放水平更新差距。表 3.1 全面概述了 2030 年这些情景的排放水平, 以及由此产生的排放差距, 而图 3.1 则说明了 2030 年的排放差距。

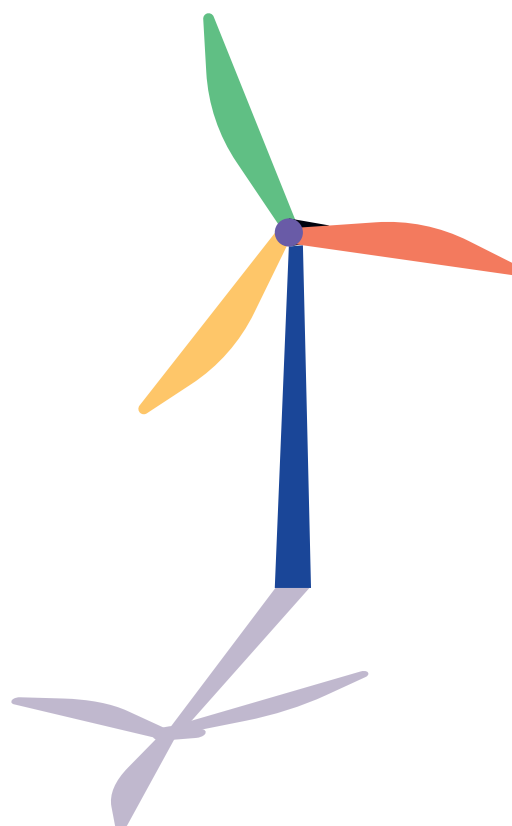
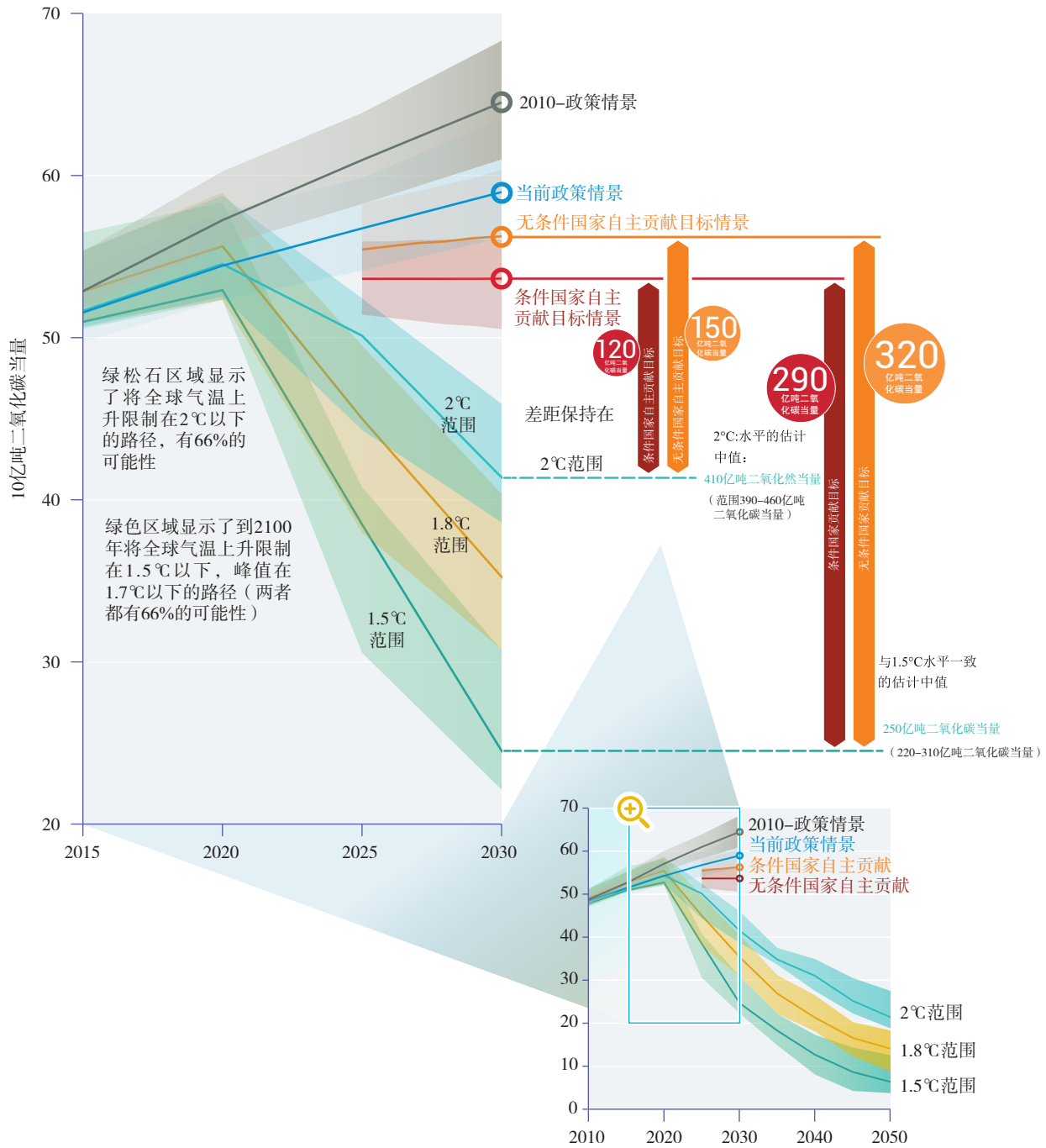


表 3.1. 不同情景下 2030 年全球温室气体总排放量（中位数和第 10 至第 90 百分位范围）、温度影响以及由此产生的排放差距（基于新型冠状病毒肺炎暴发前当前的政策情景）

政策（四舍五入到最接近的亿吨）	集合中的场景数	2030 年全球总排放量 [亿吨二氧化碳当量]	估计温度的结果			最接近的对应 IPCC SR1.5 情景类	2030 年的排放差 [亿吨二氧化碳当量]		
			50% 可能性	66% 可能性	90% 可能性		低于 2.0°C	低于 1.8°C	2100 年的 1.5°C 以下
2010 年政策	6	640 (600–680)							
当前政策	8	590 (560–650)					170 (150–220)	240 (210–280)	340 (310–390)
无条件的国家自主贡献	11	560 (540–600)					150 (120–190)	210 (180–250)	320 (290–360)
有条件的国家自主贡献	12	530 (510–560)					120 (90–150)	180 (150–210)	290 (260–310)
低于 2.0°C (66% 可能性)	29	410 (390–460)	峰值： 1.7–1.8°C In 2100： 1.6–1.7°C	峰值： 1.9 – 2.1°C In 2100： 1.8 – 1.9°C	峰值： 2.4–2.6°C In 2100： 2.3–2.5°C	高 2°C 路径			
低于 1.8°C (66% 可能性)	43	350 (310–410)	峰值： 1.6–1.7°C In 2100： 1.3–1.6°C	峰值： 1.7 – 1.8°C In 2100： 1.5 – 1.7°C	峰值： 2.1–2.3°C In 2100： 1.9–2.2°C	低 2°C 路径			
在 2100 年为 1.5°C 且峰值低于 1.7°C（都在 66% 的可能性）	13	250 (220–310)	峰值： 1.5–1.6°C In 2100： 1.2–1.3°C	峰值： 1.6–1.7°C In 2100: 1.4 – 1.5°C	峰值： 2.0–2.1°C In 2100： 1.8–1.9°C	1.5°C，无 或者限制 超调			

注释：间隙数及范围按原始数字计算（不四舍五入），可能与表中四舍五入数字（第三列）有所不同。数字四舍五入到亿吨二氧化碳当量。温室气体排放与政府间气候变化专门委员会（IPCC）第四次评估报告（AR4）的 100 年全球变暖潜势（GWP）值合计与 IPCC 全球变暖 1.5°C 特别报告（SR1.5）的表 2.4 一致，而联合国环境规划署（UNEP）《2018 排放差距报告》使用的是 IPCC 第二次评估报告（SAR）的全球变暖潜势值。国家自主贡献和当前政策排放预测是根据 IPCC SR1.5（Bertoldi 等，2018）专栏 11 中提出的数字更新的，并在 IPCC 文献截止日期之后发表了新的研究。途径分为三类取决于他们的最大累计二氧化碳排放量少于 6000 亿吨，6000-9000 亿吨，或 9000-13000 亿吨，分别从 2018 年起直到零 CO₂ 排放，或者直到本世纪末之前如果没有达到零点。估计的气温结果代表了全球平均地表气温（GSAT）的估计，与 IPCC 第五次评估报告（AR5）的影响评估最为一致。该途径假定到 2020 年行动有限，之后采取成本最优的缓解措施。估计的温度结果基于 IPCC 的 AR5 方法（Meinshausen 等，2011；Clark 等，2014）。

图 3.1. 不同情景下的全球温室气体排放和 2030 年的排放差距（中位数和第 10 至第 90 百分位范围；基于新型冠状病毒肺炎爆发前当前政策情景）



注: 这个数字显示了温室气体排放总量。插图显示 1.5°C、1.8°C 和 2.0°C 的情景如何持续到 2050 年。与 CO₂ 排放相比, 在 1.5°C 情景下, 温室气体总排放到 2050 年不会达到净零, 而是在 10-20 年后 (Rogelj 等, 2008 的表 2.4 和第 3.5 节)。

如图 3.1 所示, 无条件国家自主贡献 (NDC) 情景 (2030 年为 560 亿吨二氧化碳当量) 与最低成本路径 (2030 年为 410 亿吨二氧化碳当量) 之间的差距为 150 亿吨二氧化碳当量 (范围: 120-190 亿吨二氧化碳当量), 而与 2100 年将全球变暖限制在 1.5°C 以下的最低成本路径 (2030 年为

250 亿吨二氧化碳当量) 之间的差距为 320 亿吨二氧化碳当量 (范围: 290-360 亿吨二氧化碳当量)。全面实施无条件和有条件的国家自主贡献将使这些差距分别减少约 30 亿吨二氧化碳当量。

与 2019 年相比，排放差距没有变化，这意味着各国需要大幅加强其国家自主贡献信心，特别是要实现 2.0°C 的目标，需要提高 3 倍，要实现 1.5°C 的目标，需要提高 5 倍以上。

差距没有改变有两个原因。首先，对国家自主贡献情况下的调整非常小：截至 2020 年 11 月，没有一个主要排放国提交了新的或更新的国家自主贡献目标，或是提出了 2030 年的更强的国家自主贡献目标。总体而言，从 2019 年开始更新的任何国家自主贡献目标，预计都将使 2030 年的总排放量减少不到 1%（第 3.2.2 节）。第二，自 2019 年以来，评估中没有新增任何 1.5°C、1.8°C 和 2.0°C 的方案。

此外，2020 年评估差距不受新型冠状病毒肺炎疫情的影响。如图 3.1 所示，这种评估差距仍然基于没有具体考虑新型冠状病毒肺炎及其相关救援和复苏措施的影响的情景。只有在国家自主贡献情景或 1.5°C、1.8°C 和 2.0°C 长期情景受到影响时，新型冠状病毒肺炎才会影响差距评估。反过来，只有为应对新型冠状病毒肺炎而更新国家碳排放标准，或修订有强度目标国家的国家碳排放预测，国家碳排放标准估计才会受到新型冠状病毒肺炎及其相关措施的影响。目前，还没有可用的研究来量化这一点，但在全球范围内，预计这只是二阶效应。同样，新型冠状病毒肺炎及其相关救援和复苏措施，只有在导致经济结构转变的情况下，才能对将全球变暖控制在 1.5°C 或远低于 2°C 的长期途径产生影响。虽然新型冠状病毒肺炎的封锁措施导致 2020 年全球化石燃料二氧化碳（CO₂）排放量暂时大幅下降（见第 2 章），但目前没有确凿的科学证据证实经济将在长期内发生结构性转变，向更高或更低的排放转变。因此，尽管目前的政策预测可能会受到影响，但国家自主贡献目标和最低成本途径之间的排放差距评估仍未受到新型冠状病毒肺炎疫情的影响（第 3.3 节）。

3.3 2030 年差距评估考虑的情景

本节更新了对 2030 年排放差距进行评估所考虑的情景。这些场景包括参考场景、国家自主贡献场景和从 2020 年开始的最低成本缓解方案，并与特定的温度目标相一致。

3.3.1 参考情景及更新

参考情景被用作跟踪减排进展的基准。本文考虑了两个参考场景：2010 年策略情景和当前政策情景。2010 年政策情景预测的全球温室气体（GHG）排放量假设 2010 年以后没有新的气候政策实施。该情景的数据基于六项建模研

究中的共享社会经济路径（SSP2：中间）情景的基线预测，这些研究也支撑了 2019 年的当前策略场景预测（CD-LINKS 数据库，1.0 版）（Mcollum 等，2018；Roelfsema 等，2020）。与 2019 年相比，SSP2 的场景数据库没有变化。

当前政策情景预测的全球温室气体（GHG）排放假设所有目前采用和实施的 policy（定义为立法决定、行政命令或同等政策）都已实现，且没有采取任何额外措施。此方案的数据基于机构的当前政策预测（政策截止年：2019 年）进行更新的：气候行动追踪组织（2019），国际能源机构（国际能源署，2019），2019 年世界能源展望，联合研究中心（长期能源系统（POLES）模型的前景展望）（Keramidas 等，2020），和 PBL 荷兰环境评估机构（评估全球环境的综合模型（IMAGE））（denElzen 等，2019 年；Kuramochi 等，2019；PBL，2020）。在 2019 年的报告中提供了 Roelfsema 等（2020）的最新预测：国际应用系统分析研究所（IIASA，使用 MESSAGE-GLOBIOM 模型）（Fricko 等，2017）；国家环境研究所（NIES，使用 AIM 模型）（Fujimori 等，2017）；波茨坦气候影响研究所（PIK）使用 REMIND-MAGPIE 模型）（Lude 等，2015）；未来欧洲-地中海气候变化中心（RFF-CMCC）欧洲经济与环境研究所（使用世界诱导的技术变化混合体（WITCH）模型）（Emmerling 等，2016）。Roelfsema 等人还包括了另外一个模型组，即里约热内卢联邦大学工程研究生院（COPPE）的可计算能源和环境框架（COFFEE）模型（Rochedo 等，2018）。值得注意的是，Roelfsema 等（2020）的后五项当前政策预测最初使用 2016 年 12 月 31 日作为当前政策的截止日期。不包括 2016 年后的政策、2017 年以后回退的政策或计划执行的政策。政策也被假定为已实现（Roelfsema 等，2020）。为确保可比性，后五项当前政策预测已进行调整，以反映 2019 年的变化。通过比较将政策截止日期从 2016 年移至 2019 年的影响，分析了提供两个截止日期估计的四项模型研究结果（联合国环境规划署 [UNEP]，2017）估计减少 15 亿吨二氧化碳当量（范围：-4 至 -30）。对最后五项建模研究的排放预测进行了相应的调整，以反映对最新政策的最佳估计。总的来说，这只对不确定性范围很大的全球总排放预测的影响很小。在当前政策情景下，到 2030 年全球温室气体排放量的中值估计为 590 亿吨二氧化碳当量（范围：560-650 亿吨二氧化碳当量）（相比之下，2019 年的排放量为 540 亿吨二氧化碳当量），比《2019 排放差距报告》600 亿吨二氧化碳当量（范围：580-640 亿吨二氧化碳当量）的中值估计低了 10 亿吨二氧化碳当量。

在不同的模型研究中，预测的变化从 -5 到 -30 亿吨二氧化碳当量不等。

当前的政策方案没有考虑新型冠状病毒肺炎及其相关救援和复苏措施的影响。这些将在第 3.4 节中进行讨论。

专栏 3.1. 比较各章节的排放估算

第 2 章中的历史估计是独立的，不应该与第 3 章中的估计直接比较。在目前用于评估排放差距的政策情景下，全球 2019 年温室气体排放量估计约为 536 亿吨二氧化碳当量，低于第 2 章中报告的 2019 年估计的 591 亿吨二氧化碳当量。第 2 章给出的估算来自土地利用变化 (LUC) 68 亿吨二氧化碳当量的排放，这与第 3 章使用的大多数模型计算的土地利用变化排放 38 亿吨二氧化碳当量不同 (类似于 Houghton 和 Nassikas, 2017)。因此，需要考虑的差异是 567 亿吨二氧化碳当量和 536 亿吨二氧化碳当量，这相对较小，完全在排放估计的确定范围内。

这两项估计都显示了较 2010 年 12% 的增长。模型 (在第 3 章中使用) 的中值排放预测低于独立的历史排放估计 (在第 2 章中使用) 可能有多种原因。例如，模型可以根据较早的数据库进行校准 (而不是每年更新的历史数据)，校准可以基于其他排放数据库 (如 IEA、PRIMAP 或 EDGAR 的早期版本)，或者模型可能不包括所有的排放源。用于当前政策情景的 9 个全球模型涵盖了 2010 年全球温室气体排放的广泛范围 (470-500 亿吨二氧化碳当量)，而历史排放数据库的估计为 500 亿吨二氧化碳当量。

3.3.2 国家自主贡献 (NDC) 情景及更新

国家自主贡献情景估计了由于实施国家自主贡献目标中承诺的缓解行动而预测的温室气体排放水平。根据以前的排放差距报告，我们考虑了两种国家自主贡献情景：无条件的国家自主贡献情景和有条件的国家自主贡献情景。2020 年报告的国家自主贡献情景基于与当前政策情景相同的数据来源，由上文提到的相同的 10 个建模小组提供，并为 PBL 联合研究中心和气候行动追踪组织提供更新。PBL 和气候行动追踪组织还分析了国家自主贡献 (NDC) 目标更新对 2030 年全球排放的影响 (最近一次更新是 2020 年 9 月 20 日)，估计其影响有限，与 2019 年排放差距报告以来未报告目标更新的国家自主贡献 (NDC) 的情景相比，到 2030 年的总排放量减少不到 1%。

到目前为止，新型冠状病毒肺炎疫情对国家自主贡献情景下的预计排放量的影响有限，因为主要排放国，如 G20 成员的国家自主贡献目标目前尚未改变。对于以单位国内生产总值 (GDP) 为减排目标的国家，特别是具有强度目标的中国和印度，新型冠状病毒肺炎疫情可能会因其对国内生产总值增长的影响而影响到国家自主贡献的排放预测，尽管尚未获得这一水平的信息。

3.3.3 符合《巴黎协定》的缓解设想

到 2030 年，温室气体排放量与将全球变暖限制在低于 2°C、1.8°C 和 1.5°C 的最低成本途径一致，估算方式与 2019 年报告相同，都是基于政府间气候变化专门委员会《全球升温 1.5°C 特别报告》(SR1.5) (Huppmann 等, 2018a ; Huppmann 等, 2018b ; Rogelj 等, 2018)。从 2018 年起的最大累积 CO₂ 排放用于分类情景组，这与政府间气候变化专门委员会《SR1.5》的方法一致，即根据最高温度结果对情景进行分类 (政府间气候变化专门委员会, 2018 ; Rogelj 等, 2018)。这种估算方法使实际情况尽可能接近于最高温度下的结果，从而为《巴黎协议》的长期气温目标提供了各种可能的解释 (《联合国气候变化框架公约》[UNFCCC], 2015 ; Schleussner 等, 2016)。专栏 3.2 将该方法得出的结果与政府间气候变化专门委员会《SR1.5》方法进行了比较。

三种温度情景组代表了不同程度的目标，从将升温限制在 2°C 左右，到将升温限制在远低于 2°C 的解释，再到试图将升温限制在 1.5°C (见表 3.1)。每种设想都考虑了从 2020 年开始长期减排的最低成本气候变化减缓途径。



- ▶ **2.0°C以下场景：**该方案将 2018 年至 CO₂ 净零排放（或 2100 年之前未达到净零排放）^① 的最大累积 CO₂ 排放限制在 9000-13000 亿吨之间，2018—2100 年的累计排放达到最多 12000 亿吨二氧化碳当量，如果把本世纪下半叶的二氧化碳当量的净负排放算进去的话。无论是在全球变暖达到峰值的时候，还是在本世纪末，这都与将全球变暖限制在 2.0 °C 以下的概率是一致的。该情景下 2030 年温室气体排放的中值估计为 410 亿吨二氧化碳当量，位于政府间气候变化专门委员会《SR1.5》低于 2 °C 情景类估计的 360-450 亿吨二氧化碳当量区间之中（见 Rogels 等，2018 年的表 2.4）

- ▶ **1.8°C以下情景：**该情景将 2018 年至 CO₂ 净零排放（或之前未达到净零排放的情况下至 2100 年）的最大累积 CO₂ 排放量限制在 6000-9000 亿吨，2018—2100 年的累计排放量限制在至多 9000 亿吨二氧化碳。这与在本世纪末将全球变暖限制在 1.8°C 以下是一致的，这一可能性约为 66% 或更

高。在这种情况下，对 2030 年排放量的中值估计是 350 亿吨二氧化碳当量。

- ▶ **2100 年 1.5°C以下场景：**这一方案限制了从 2018 年到 CO₂ 净零排放（或者直到 2100 年，如果之前没有达到净零排放量）的 6000 亿吨二氧化碳，2018—2100 累计最多为 3800 亿吨二氧化碳，^② 这与 2100 年将全球变暖限制在 1.5 °C 以下（概率约为 66%）和 21 世纪将全球变暖峰值限制在 1.6°C -1.7°C（概率约为 66% 或更高）是一致的。这类情景与政府间气候变化专门委员会《SR1.5》的情景一致，都将升温限制在 1.5°C，不存在或有限度的超调（见专栏 3.2；也见表 3.1）。2030 年 250 亿吨二氧化碳当量的排放量估计中值完全在政府间气候变化专门委员会的《SR1.5》之中的 1.5°C 情景的 220-280 亿吨二氧化碳当量范围内，不存在或有限度的超调（见 Rogelj 等，2018 的表 2.4）。

① 某些情景在本世纪下半叶可能实现的净负排放没有计入，这里使用的是最大累积二氧化碳排放。如果某一情景不能在 2100 年之前实现 CO₂ 净零排放，但仍将升温限制在特定的温度阈值以下，则可以假定全球二氧化碳排放量在 2100 年之后立即或不久达到净零排放。

② 3800 亿吨二氧化碳值代表本报告分析中可使用的情景中 2018—2100 年累计 CO₂ 排放量的最高值。理论上，根据政府间气候变化专门委员会的《SR1.5》（Rogelj 等，2018），4200 亿吨二氧化碳的切断量足以将一个情景纳入这一类别。

专栏 3.2. 与政府间气候变化专门委员会《全球升温 1.5°C 特别报告》的技术比较

本章的分析与政府间气候变化专门委员会《SR1.5》(2018) 的最新评估结果一致。Kyoto-GHG 排放量在 2030 年的范围符合本报告中使用的变暖限制在 1.5°C (240 亿吨二氧化碳当量/年, 范围为 220-300 亿吨二氧化碳当量/年) 与政府间气候变化专门委员会《SR1.5》(2018) 报告的范围 250-300 亿吨二氧化碳当量/年非常接近, 且将全球变暖限制在 1.5°C, 并没有或只是有限的过度调节。与政府间气候变化专门委员会《SR1.5》中使用的更广泛的情景相比, 本报告中只使用了从 2020 年起开始减排的情景。总的来说, 这些微小的变化并不影响对目前的国家标准是否足以将升温限制在 1.5°C 或远低于 2°C 的评估。

在 2100 年、1.5°C 以下的情景下, 从 2018 年起, 累计 CO₂ 排放量不会超过 6000 亿吨。这个大致对应于剩余的碳预算变暖限制在 1.5°C 和 50% 的概率 (从 2018 年的 5800 亿吨二氧化碳直到达到零排放) 的政府间气候变化专门委员会《SR1.5》的估计结果, 表明温度超调有 50% 的概率低于 0.1°C 且概率; 66% 的概率位于 1.6-

1.7°C 之间。且在现有情景下, 2018 年至本世纪末的累计 CO₂ 排放量最多为 3800 亿吨, 低于政府间气候变化专门委员会《SR1.5》的剩余碳预算 4200 亿吨, 即以 66% 的概率将全球变暖控制在 1.5°C 以下。在 2018 年以后, 在 1.8°C 以下的情景下, 累计 CO₂ 排放量永远不会超过 9000 亿吨。根据政府间气候变化专门委员会《SR1.5》的评估, 这 9000 亿吨二氧化碳相当于有 66% 的可能性能够将全球变暖限制在 1.8°C 左右, 也相当于 50% 的可能性将全球变暖限制在 1.7°C。在低于 2°C 的情景下, 2018 年的最大累计 CO₂ 排放量不超过 13000 亿吨, 2018 年至 2100 年的最大累计 CO₂ 排放量为 12000 亿吨 (计入本世纪下半叶的净负排放)。根据政府间气候变化专门委员会《SR1.5》的评估, 这 12000 亿吨相当于到 2100 年以至少 66% 的可能性将升温限制在 2°C 以下, 尽管在本世纪内升温达到峰值的可能性略低。这表明, 将全球变暖限制在 1.9°C 以内的可能性约为 50%。

资料来源: 根据《2018 排放差距报告》专栏 3.2 改编 (Luderer 等, 2018 年)

3.4 新型冠状病毒肺炎疫情及其相关救援和复苏措施对 2030 年温室气体排放的影响

新型冠状病毒肺炎疫情及其相关救援和复苏措施影响全球温室气体排放。本节分析它们在不同假设下对当前政策预测的影响。由于关于新型冠状病毒肺炎将如何发展和特别是如何影响 CO₂ 排放的高度不确定性, 本文仅作了探索性计算。如第 2 章所述, 2020 年全球 CO₂ 排放量可能比 2019 年水平下降 7% (范围: 2%-12%), 这取决于病毒传播以及封锁的情况。几乎所有的减排都是由于封锁措施导致的活动暂时减少, 比如交通部门, 人们被要求待在家里, 停止旅行, 以及经济活动。由于这些减排不是结构性变化的结果, 一旦封锁措施被取消, 它们可能会迅速逆转 (Forster 等, 2020; LeQuéré 等, 2020)。这意味着与能源和工业相关的 CO₂ 排放量将在短期内显著下降, 之后排放量可能会回到 2020 年前的增长趋势。

最近的一项研究 (Dafnomilis 等, 2020) 评估了 2019 年的新型冠状病毒肺炎全球性疫情及其相关救援和复苏措施对 2030 年排放的影响, 以及实现《巴黎协定》温度目标的全球排放路径。该报告使用 2020 年 6 月之前可用的资源, 提出了假设情景。这里使用对 GDP 数据进行了一些调整的方法。使用经济合作与发展组织 (简称经合组织) 的疫情单次爆发和再次爆发模型, 对 2020 年和 2021^③ 年的短期 GDP 预测 (经合组织, 2020a; 经合组织, 2020b), 计算了新型冠状病毒肺炎后的两种经济增长情景。这些经济预测结合了未来脱碳率的两种情况 (即每单位国内生产总值 CO₂ 排放量的变化): 一个基于新型冠状病毒肺炎疫情之前的现行政策场景从原始模型研究 (标记当前的趋势), 而另一个则基于新型冠状病毒肺炎之后的情景, 各个国家当前政策导致脱碳率较低 (见第 2 章), 以及可能出现的气候政策的延迟执行 (标记为化石燃料反弹)。

③2020 年和 2021 年的 GDP 预计增长率分别在经合组织的单次爆发情景下为 -6% 和 5.2%, 在再次爆发情景下为 -7% 和 2.8%。

第二种情况背后的理由是，一些国家已经宣布了排放密集型政策以刺激经济复苏，因此使气候政策面临倒退的风险（气候行动追踪组织，2020a；Miosio 等，2020；Vivid Economics，2020）。通过采用比 2021—2024 年原始模型研究的脱碳率低 50% 的脱碳率（Dafnomilis 等，2020）来量化这种影响。

使用 Kaya 分解（Kaya，1990）计算 2021—2024 年的能源和工业二氧化碳排放总量。到 2025—2030 年，化石二氧化碳排放量的增长趋势与原始模型预测的相同。2020—

2030 年的非二氧化碳温室气体排放和二氧化碳土地利用相关排放与新型冠状病毒肺炎爆发前的预测相同。然而，初步数据表明，由于与新型冠状病毒肺炎相关的消费变化和市场中断（联合国粮食及农业组织 [FAO]，2020），农业和畜牧业活动可能会扩大，这可能导致甲烷（CH₄）和一氧化二氮（N₂O）排放增加。由于缺乏监管措施、预算有限以及已通过的保护土著生态系统的立法执行不力，南美和亚洲地区的森林砍伐率预计也将增加（Amador 和 Jimenez，2020；Azevedo，2020；López-Feldman 等，2020；Rondeau 等，2020）。

图 3.2. 基于新型冠状病毒肺炎疫情暴发前的研究和探索性计算（新型冠状病毒肺炎爆发后）的各种假设情景的原始当前政策情景下的 2030 年全球温室气体排放总量（中位数和第 10 至 90 百分位范围）

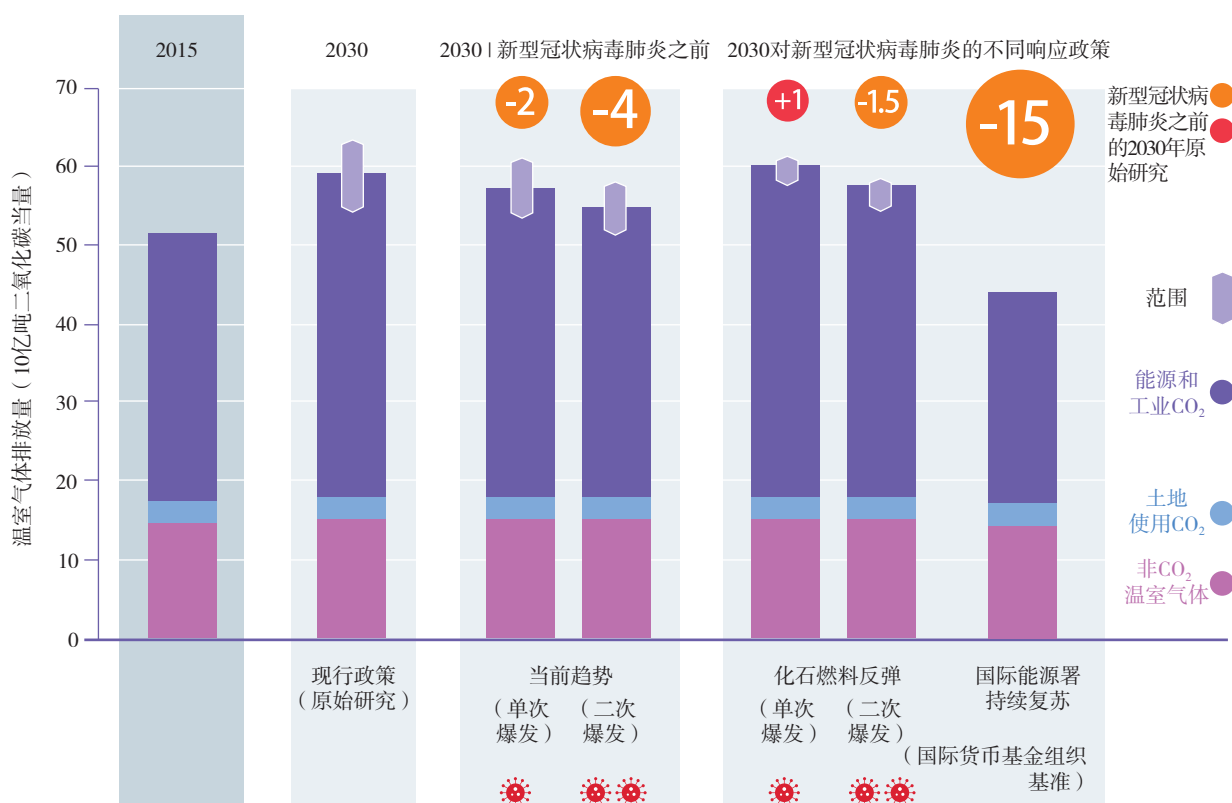


图 3.2 显示了上述每种情况下到 2030 年的温室气体（GHG）排放量。与经合组织对新型冠状病毒肺炎疫情暴发前和再次爆发情况的估计相比，新型冠状病毒肺炎疫情及其相关政策应对（图 3.2- 当前趋势）导致的经济总体放缓的影响，将导致到 2030 年全球温室气体排放减少约 20—40 亿吨二氧化碳当量（相当于 3%-7%）。这是假设二氧化碳排放量在短期内显著下降，之后排放量遵循 2020 年前的增长趋势。《气候行动追踪组织》（2020a）发现，

到 2030 年，新型冠状病毒肺炎爆发后和爆发前的现行政策预测也存在类似差异，约为 20-40 亿吨二氧化碳当量。比较国际能源机构的《2020 年世界能源展望》（国际能源署，2020b）（2019 年发布的估计），表明发现到 2030 年，新型冠状病毒肺炎后全球能源和工业对其既定政策情景^④的二氧化碳排放预测与新型冠状病毒肺炎前的政策预测存在类似的差异，约为 15-40 亿吨二氧化碳当量。

④ 国际能源署的《2020 年世界能源展望》（2020c）无法获得直接的可比数据，因为 2020 年版没有提供当前的政策情景预测。一）既定政策情景，即新型冠状病毒肺炎逐渐得到控制，同年全球经济回到危机前的水平（这一情景反映了当前宣布的所有政策意图和目标）；二）滞后复苏情景，该情景的政策假设与既定的政策情景相同，但表明在长时间新型冠状病毒肺炎之后对经济前景造成了持久损害（国际能源署，2020c）。

如果 CO₂ 排放量在最初的短期下降之后出现增长趋势，脱碳率降低，这是由于各国可能在应对新型冠状病毒肺炎时取消气候政策所致，预计到 2030 年，**全球排放的减少量将显著减少，约为 15 亿吨二氧化碳当量（而不是 40 亿吨二氧化碳当量）**，实际上与新型冠状病毒肺炎爆发前的当前政策情景相比可能增加约 10 亿吨二氧化碳当量（而不是 -20 亿吨二氧化碳当量）（图 3.2 化石燃料的反弹，再次爆发和单次爆发的情景）。

在世界各国，各国正在启动经济救援和复苏措施，以缓冲新型冠状病毒肺炎疫情的影响。未来全球温室气体排放严重依赖于经济措施的绿色（低碳）程度，目前很难对其进行全面评估（见第四章）。在全球层面，基于国际能源署（2020a）可持续复苏计划及其相关的国际能源署（2020b）可持续复苏情景下的全球能源和工业二氧化碳排放预测，可以估算绿色复苏应对措施的影响。在图 3.2 所示的温室气体排放预测中，国际能源机构的能源和工业二氧化碳排放补充了基于原有现行政策情景的模型研究的现行政策下的土地利用二氧化碳和非二氧化碳排放预测。图 3.2 中的排放预测还采用了国际能源机构（2020b）的假设，即到 2024 年，在投资解决石油和天然气作业中甲烷泄漏后，将减少 8 亿吨二氧化碳当量的排放，并将这一降幅保持到 2030 年。图 3.2 显示，只有将新型冠状病毒肺炎的经济复苏作为追求大力脱碳的机会，预计 2030 年的排放量才会大幅减少。可持续复苏情景导致到 2030 年全球温室气体排放为 440 亿吨二氧化碳当量，比用于排放差距评估的原始当前政策情景减少 150 亿吨二氧化碳当量（略高于 25%），并将 2030 年的排放量控制在最低成本路径的范围内，将全球变暖限制在 2℃ 以下（表 3.1）。将需要更多的专门关注，以达到与将全球变暖限制在 1.8℃ 或 1.5℃ 以下相一致的水平。

正如本节开始时所指出的，对新型冠状病毒肺炎后政策情景的排放预测具有很强的指示性。与基于模型的新型冠状病毒肺炎爆发前预测相比，这些数据基于简单的计算，并受到广泛估计的 2020 年和 2021 年的 GDP 的驱动，对于该 GDP 的估计是基于 2020 年 6 月发布的在经合组织的两次冲击情景下进行的（经合组织，2020a；经合组织，2020b）。国际货币基金组织（2020）（6 月）和经合组织（2020c）《经济展望》（9 月）的最新 GDP 预测均在经合组织 6 月预测的 GDP 的范围内。如果采用最新的 GDP 估

算结果，那么对 2030 年温室气体（GHG）排放的预测将更接近当前的趋势情景（图 3.2 单次爆发）。应当指出的是，新型冠状病毒肺炎后的预测尚未包括基于具体经济复苏措施公告的信息（Miosio 等，2020；Vivid Economics，2020）。温室气体排放预测在很大程度上取决于计算的起点，在这种情况下，取决于新型冠状病毒肺炎对 2020 年二氧化碳排放的影响，因此，随着新型冠状病毒肺炎疫情的演变和全球范围内可获得的疫苗，未来几个月可能会发生变化。目前，尚不清楚国际贸易、消费和城市地区流动性的暂时变化在中期将如何演变。一旦各国解除封锁措施，预计排放模式将恢复到新型冠状病毒爆发前的水平。同样，石油市场价格将如何演变，石油出口国和生产国将如何适应化石资源的价格变化，都是不确定的。因此，本章报告的预测属于初步预测，主要反映了新型冠状病毒肺炎及其相关措施的直接影响的程度。

3.5 排放差距对实现《巴黎协定》中长期温度目标的可行性的影响

前面的章节清楚地表明，目前的国家自主贡献仍不足以在 2030 年前弥补排放差距，差距的大小与 2019 年评估的估计相同。它们还表明，在当前（新型冠状病毒肺炎发生前）的政策情景下，排放量继续上升，如果将新型冠状病毒肺炎作为促进强劲脱碳的经济复苏的突破口，到 2030 年才有可能大幅减少温室气体总排放量。本节探讨了在实现《巴黎协定》的长期温度目标方面短期行动不充分和延迟的影响。

3.5.1 在长期零排放目标背景下推迟行动的影响

要实现《巴黎协定》的长期温度目标，即将全球变暖幅度控制在远低于 2℃，并实现 1.5℃，很大程度上取决于到 2030 年实施的推迟行动的影响。从更长远的角度来看，2050 年前的低碳转型挑战严重依赖于这一近期行动。

《巴黎协定》的目标是在本世纪下半叶实现温室气体净零排放，这意味着任何剩余的 CO₂ 和非 CO₂ 排放都要与 CO₂ 净去除或负排放平衡。用《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）通常采用的 100 年全球变暖潜势（GWPs）来比较不同温室气体排放时，全球变暖潜能将达到峰值，然后逐渐下降。全球 CO₂ 和温室气体净零排放的时间为符合《巴黎协定》的路径提供了里程碑，并可长期排放情

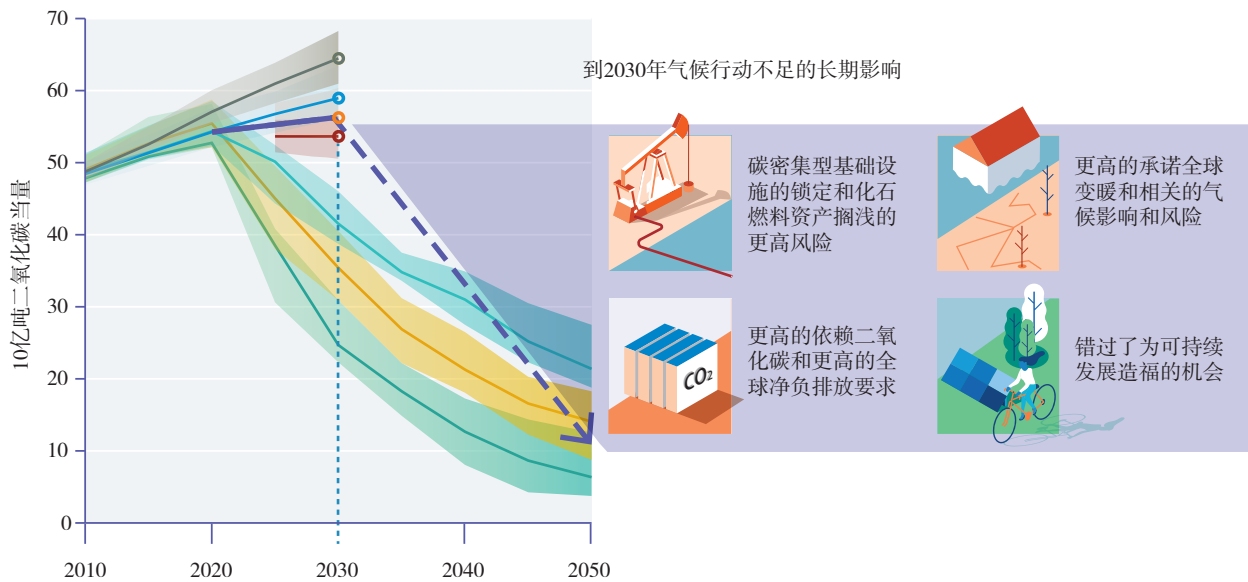
景进行估计。根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 的《SR1.5》估计, 将升温限制在 1.5°C, 同时不出现或有限度的超调, 要求全球二氧化碳和温室气体排放量分别在 2050 年 (范围: 2046-2055) 和 2067 年 (范围: 2061-2084) 左右达到净零。对于高于 1.5°C 的温度限制, 时间将推迟 (见 Rogelj 等 (2018) 的表 2.4)。应该指出的是, 这些净零目标年是为全球途径设定的, 因此需要统一实现。为个别国家设定净零目标涉及公平和相关考虑, 这意味着各国的净零目标不一定要与净零年份和全球路径一致。

以往的排放差距报告强调了推迟减缓行动和未能弥合 2030 年排放差距的关键影响 (Luderer 等, 2018), 总结见图

1.3。此外, 纵观迄今为止编制的排放差距报告 (联合国环境规划署, 2019; Hohne 等, 2020)。到目前为止, 要达到 2030 年 2°C 和 1.5°C 的排放水平, 全球每年所需的平均减排量分别是 2010 年开始的气候集体行动时的 4 倍和 2 倍多。由于缺乏足够的行动, 每年的减排速度需要显著提高, 这大大增加了实现《巴黎协定》的挑战。

结论很明确: 推迟雄心勃勃的气候行动, 从而推迟实现净零排放的道路, 将使《巴黎协定》将全球变暖限制在 1.5°C 的温度目标无法实现。因此, 到 2030 年, 需要采取更大的气候行动, 使全球温室气体排放减少到与 1.5°C 路径一致的水平成为可能。

图 3.3. 到 2030 年不缩小排放差距的长期影响



为了说明这一点, 文献中列出的 6 种 1.5°C 途径到 2030 年的温室气体排放水平最多为 250 亿吨二氧化碳当量 (Bauer 等, 2018; Bertram 等, 2018; Grübler 等, 2018; Holz 等, 2018; Huppmann 等, 2018b; Kriegler 等, 2018; Rogelj 等, 2018; van Vuuren 等, 2018)。

我们也可以得出类似的结论, 将全球变暖限制在远低于 2°C 的范围内。如果到 2030 年不采取重大气候行动, 2030 年后的严峻挑战表明, 将全球变暖限制在略高于 1.5°C 的水平实际上是无法实现的—政府间气候变化专门委员会

《SR1.5》中也强调了这一结论 (Rogelj 等, 2018)。

3.5.2 全球变暖的影响

直到 2030 年的排放量并不能完全决定到本世纪末的变暖程度。然而, 这一趋势将持续到 2030 年, 可以用来预测若这一趋势将持续到 2100 年时预计的变化。^⑤ 以往的排放差距报告采用的方法将 2030 年及 2100 年之前的温室气体排放与 21 世纪预计的变暖联系起来 (Rogelj 等, 2016)。这种方法得出的全球变暖估计与更广泛的综合情景的文献中发现的温度结果是一致的 (Jeffery 等, 2018 年)。

^⑤ 由于大多数用于预测 2030 年后碳排放延长的情景都假设整个世纪的碳价格呈指数增长, 因此这里采用的方法也含蓄地假设到 2100 年气候行动将继续加强。

由于自 2019 年报告以来，目前的政策和国家自主贡献情景没有改变，估计的温度影响也将保持不变。无条件的国家自主贡献与本世纪末将全球变暖限制在不超过 3.2°C（范围：3.0°C - 3.5°C）是一致的（有 66% 的可能性）。全面实施有条件的和无条件的国家自主贡献目标使这个估计降低约 0.2°C。相比之下，到 2030 年，当前政策情景（新型冠状病毒肺炎之前）导致更大的排放量，如果一直持续到本世纪末，将导致 2100 年全球平均气温上升 3.5°C（范围：3.4°C - 3.9°C，概率 66%）。无论如何，全球变暖到 2100 年都不会稳定下来，此后将继续增加。

这些全球变暖范围没有考虑到越来越多的净零排放目标，中国宣布的到 2060 年实现净零碳排放的目标、欧盟 2050 年净零温室气体排放目标、英国法律规定的 2050 年净零温室气体排放目标，以及南非有抱负的 2050 年净零碳排放目标。日本和韩国也宣布了类似的目标。虽然尚未对这些目标的温度结果进行详细的研究，但对本报告进行的初步估计表明，总的来说，这些目标可以进一步将与无条件国家自主贡献一致的温度预测降低约 2°C - 5°C 左右。虽然尚未对这些目标的温度结果进行详细研究，但本报告的初步估计表明，总的来说，这些目标可以进一步将与无条件无损碳一致的温度预测降低约半摄氏度至约 2.7°C。如果美国也像拜登 - 哈里斯气候计划那样，在 2050 年之前采取温室气体净零排放的目标，所有净零目标的综合效应将进一步加强。在这种情况下，到本世纪末的预测预计为 2.5°C - 2.6°C，比目前无条件核电站的全球变暖估计低 0.6°C - 0.7°C。这与其他初步分析（气候行动追踪组织，2020c）一致。一旦各国向《联合国气候变化框架公约》提交其宣布的净零目标作为长期低温室气体排放发展战

略，温度预测就可以更正式地反映这些意图。

2020 年的分析明确指出，无论是国家自主贡献还是现行政策都不足以将全球变暖限制在《巴黎协定》所规定的温度限制之下。考虑到目前的国家自主贡献所暗示的到 2030 年的 CO₂ 累积排放量，这一不足就更加突出。从 2018 年全球 CO₂ 排放水平 416 亿吨（LeQuéré 等，2018）开始，假设到 2030 年的直线轨迹，当前的无条件国家自主贡献情景意味着到 2030 年的累计排放量约为 5100 亿吨二氧化碳（范围：4950-5280 亿吨二氧化碳）。与此同时，政府间气候变化专门委员会《SR1.5》估计，从 2018 年开始，与全球变暖限制在 1.5°C（有 50%-66% 的可能性）相一致的剩余碳预算约为 3200-4800 亿吨二氧化碳，将全球变暖限制在 1.75°C 和 2°C 的碳预算（概率分别为 66%）分别上升到 7000 亿吨二氧化碳和 10700 亿吨二氧化碳。^⑥ 因此，目前的国家自主贡献完全耗尽了与将升温限制在 1.5°C 相一致的碳预算，并大力削减了将升温限制在远低于 2°C 的剩余预算，在使全球 CO₂ 排放接近净零方面没有取得任何进展。

最后，新型冠状病毒肺炎防控措施导致 2020 年全球温室气体排放量显著但暂时减少。然而，除非经济复苏成为促进低碳转型的契机，否则到 2050 年，全球温室气体排放的这一暂时变化估计将导致全球变暖减少不超过 0.01°C，到那时预计将超过 1.5°C（政府间气候变化专门委员会，2018；Forster 等，2020）。迄今为止，国家自主贡献未能扭转排放量长期上升的趋势，这无疑说明，目前的国家自主贡献完全不足以实现《巴黎协定》的气候目标。

^⑥ 这些数值考虑了地球系统反馈的影响，如 IPCC SR1.5 中评估的永久冻土融化。

4 缩小差距

——当前新型冠状病毒肺炎财政救援和复苏措施的影响

主要作者:

Niklas Höhne (德国新气候研究所), Frederic Hans (德国新气候研究所) 和 Anne Olhoff (丹麦联合国环境规划署 - DTU 伙伴计划)

共同作者:

Parth Bhatia (印度政策研究中心), Brian O' Callaghan (英国牛津大学), Sherilyn Raga (英国海外发展研究所), Nigel Yau (英国牛津大学)

4.1 引言

新型冠状病毒肺炎疫情带来了前所未有的卫生和社会经济挑战, 其中一些将在未来多年继续对全球社会产生深远影响。这些新挑战加剧了许多现有的社会和经济挑战, 包括广泛的社会不平等、城乡差距和气候变化。面对种种挑战, 需要慎重考虑并做出反应。

与此同时, 新型冠状病毒肺炎救援和复苏措施为刺激经济提供了契机, 同时加快了向符合《巴黎协定》温度目标的低碳经济转型的步伐。除非以此为突破口, 否则《巴黎协定》的目标很可能会更难以实现(第3章)。

在此背景下, 本章评估了两个主要问题:

- ▶ 关于迄今为止新型冠状病毒肺炎救援和复苏措施在多大程度上支持了低碳或高碳发展, 我们能说些什么?(第4.2及4.3节)
- ▶ 在追求低碳经济复苏的过程中, 政府有什么新的经验教训?(第4.4节)

为应对新型冠状病毒肺炎疫情的影响, 全球采取了规模空前的财政行动。如4.2节所示, 2020年9月, 财政行动总额约为12万亿美元, 占全球国内生产总值(GDP)的12%。特别是对于那些有能力廉价借入资金(高财政空间)的国家, 政府一直愿意花费大量资金, 经常大幅增加公共债务。

对于没有这种财政空间的国家(通常是发展中国家), 公

共支出迄今已显著降低。

迄今为止, 大多数政府正确地将重点放在资助经济救援措施上, 以保护生命和企业, 以立即对新型冠状病毒肺炎进行经济应对。随着世界各地出现了相互竞争的目标以及不同的新型冠状病毒肺炎影响和应对时间表, 一些政府也开始将财政重点转向为复苏措施提供资金, 以重振经济。

本章表明, 到目前为止, 使用救援和复苏措施来支持低碳转型的开放在很大程度上被遗漏了。虽然有一些支持向脱碳世界过渡的措施, 但大多数国家目前依然正在实施措施来支持其高碳经济的发展, 甚至鼓励新的高碳投资。救援措施尤其如此。

从长远来看, 新型冠状病毒肺炎救援和复苏措施是否会导致全球温室气体排放量的下降或上升, 目前还没有定论(参见第3章)。然而, 本章说明, 某些救援和复苏措施可以同时支持快速、就业密集型和成本效益的经济复苏和低碳过渡。这些措施包括: i) 支持低碳和可再生能源、低碳交通、零能耗建筑和低碳产业; ii) 支持零排放技术研发; iii) 化石燃料补贴财政改革; iv) 基于自然的解决方案, 包括大规模的景观恢复和重新造林。

由于不同国家的政治、环境、经济、商业、法律、规章和社会环境的影响各不相同, 因此需要详细评价特定措施在不同国家情况下是否适当, 以评估在各国推行这些措施的范围。国家的支出还可以解决其他紧迫问题, 如空气污染、自然资本赤字、财富和收入不平等、生活质量不足和城乡差距。

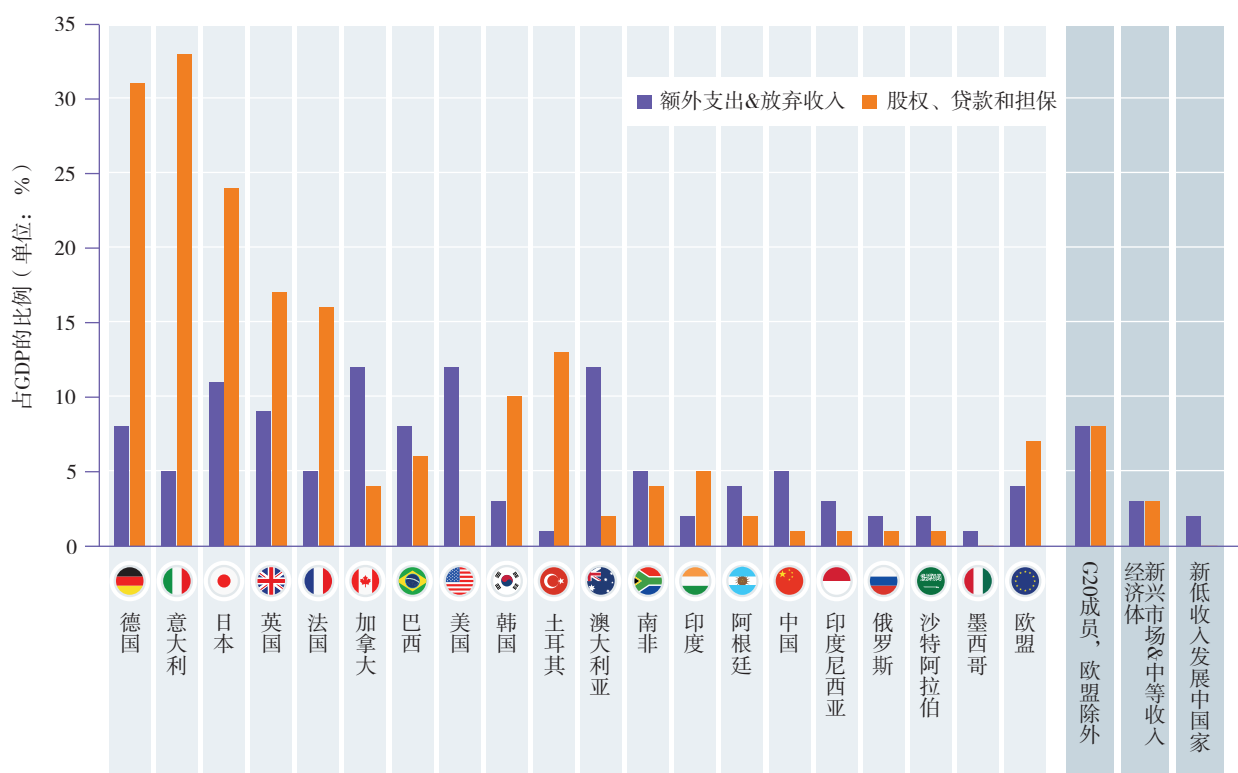
未来仍可通过一种有助于缩小排放差距的方式来塑造，即通过尚未关于宣布的复苏计划的组成和实施以及未来复苏行动的决定。

4.2 史无前例的全球财政支出用于经济救援和复苏措施

为应对新型冠状病毒肺炎的影响而采取的财政行动规模空前（见图 4.1）：截至 2020 年 9 月，已花费约 12 万亿美元，占全球 GDP 的 12%（国际货币基金组织 [IMF]，2020a，2020b）对一些 G20 成员而言，财政支出占 GDP 的比例高达 40%。然而，世界各地的支出情况并不相同。虽然 G20 成员的平均支出目前徘徊在 GDP 的 15% 左右，但国际货币基金组织使用的中低收入国家类别的平均支出不到 6%（国际货币基金组织，2020a）。

应对新型冠状病毒肺炎疫情危机的财政措施既包括新的支出措施，也包括改变原有的收入来源。支出措施包括对企业和非营利组织提供直接的流动性支持；向公民直接提供现金、资源和保健服务；新的激励措施（例如重新启动旅游业）；基础设施投资；在研究和开发（R&D）方面的投资。税收措施包括递延税收、减税、减少公共服务和资源的支付和租金。尽管不同机构和追踪器记录的财政行动规模略有不同，但总体支出趋势相对一致。主要区别在于追踪财政措施、货币措施和放松管制措施的范围和时机。例如，海外发展研究所（ODI）估计了 G20 国家的财政刺激总量，不包括欧盟机构层面的财政行动，截至 2020 年 8 月为 10.8 万亿美元（海外发展研究所，2020），相比之下，国际货币基金组织 2020 年 9 月估计的 10.3 万亿美元（国际货币基金组织，2020a）；牛津大学经济复苏项目和绿色财政政策网络 2020 年 11 月估计的 12.4 万亿美元（O’ Callaghan 等，2020）。

图 4.1. G20 成员于 2020 年 9 月 11 日宣布应对新型冠状病毒肺炎疫情的酌情财政措施，以占 GDP 的百分比表示



* 欧盟，不包括成员国的开支

注释：欧盟自行决定的财政应对措施包括欧盟机构层面的所有（已宣布的）财政行动，但不包括成员国层面的财政支出。除欧盟外的所有 G20 成员的平均值是各国 GDP 的加权平均值。根据新兴市场、中等收入经济体和低收入发展中国家的分类来自国际货币基金组织的《财政监测：2020 年 10 月复苏政策》（国际货币基金组织，2020b）

资料来源：国际货币基金组织（2020a）；国际货币基金组织（2020b）

如果在财政支出的基础上再考虑各国央行提供的货币流动性刺激，^①用于应对新型冠状病毒肺炎措施的国内生产总值（GDP）比重将大幅上升：部分 G20 成员高达 70%（海外发展研究所，2020）。财政和货币干预的范围反映了每个国家应对新型冠状病毒肺炎疫情所拥有的充分政策空间。

由于许多发展中国家暴发疫情时财政空间有限且财政脆弱，再加上新型冠状病毒肺炎对健康和收入均能构成直接威胁，这些国家的支出的主要目标是短期救援措施。主要的弱点包括高水平的公共债务、由于全球需求疲软而导致的经济增长率放缓，以及贸易紧张局势。到目前为止，这几乎没有从长远角度资助复苏战略的空间。鉴于此，区域发展银行和国际捐助国已经增加了对资助的承诺。

例如，在区域一级，非洲开发银行最初的反应是于 2020 年 3 月筹集 30 亿美元用于抵抗新型冠状病毒肺炎的社会债券，这是迄今资本市场上规模最大的美元计价社会债券交易（非洲开发银行 [AfDB]，2020a）。随后，它创建了一个 100 亿美元的应对基金，以帮助各国政府和私营部门，批准向个别成员国提供的贷款和赠款，并支持区域努力抗击艾滋病（非洲开发银行，2020b；非洲开发银行，2020c）。与此同时，对于大多数欧洲和中亚国家，欧洲复兴开发银行（EBRD）计划将新型冠状病毒肺炎复苏总投资的一半以上用于绿色经济（Bennett，2020）。

国际货币基金组织在 2020 年 4 月将其与新型冠状病毒肺炎相关的资金容量翻了一番，资金容量从 500 亿美元到 1000 亿美元的。到 2020 年 10 月，美国承诺 2800 亿美元的贷款，并准备部署美国 1 万亿亿美元的贷款能力，以帮助其成员国抵御疫情的影响（国际货币基金组织，2020c；国际货币基金组织，2020d；国际货币基金组织，2020e）。

与此同时，世界银行集团还大幅提高了对新型冠状病毒肺炎项目的承诺，从 2020 年 3 月的 140 亿美元增加到 2020 年 4 月的 1600 亿美元（世界银行，2020a；世界银行，2020b）。截至 2020 年 9 月，世界银行已拨出其中 430 亿美元（世界银行，2020c）。在新型冠状病毒肺炎疫情暴发的早期阶段，世界银行的大多数项目都提供了应急资金，以解决卫生优先事项，这反映了全球支出模式。最近，资助范围已扩大到包括金融部门改革、教育、治理和市场支持，^②国际捐助国很可能在支持和指导资金向支助包容性、有弹性和低碳经济复苏的措施方面发挥重要作用（联合国区域委员会，2020），特别是在最不发达国家。

4.3 迄今为止，新型冠状病毒肺炎财政支出主要支持高碳经济生产的全球现状

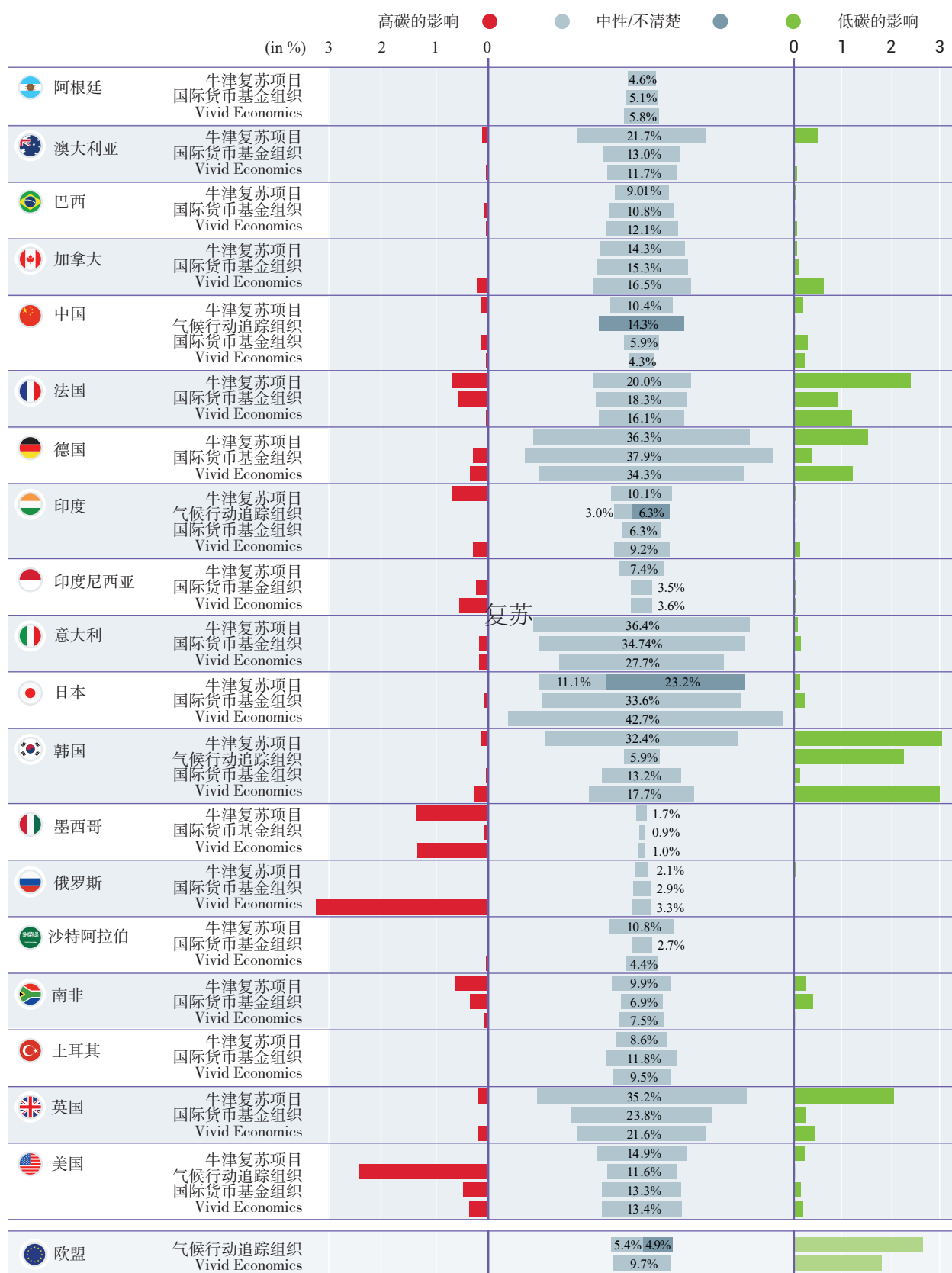
本节将初步评估新型冠状病毒肺炎财政救援和复苏措施迄今在多大程度上支持了低碳或高碳发展，以及它们是否对温室气体排放产生了积极的净影响。截止到 2020 年 10 月，新型冠状病毒肺炎财政支出主要支持了高碳经济生产的全球现状。虽然可以理解的是，当时的救援措施直接针对现有行业，但随后的救援和复苏措施可以支持低碳发展，且不放弃经济收益的机会（Hepburn 等，2020）。

只有少数国家将绿色口号转化为低碳复苏措施（即减少温室气体排放的措施）。对大多数人来说，复苏支出大多是高碳（即温室气体排放的净影响为负）或中性（即对温室气体排放没有明显影响）。此外，在一些情况下，对温室气体排放的影响仍不清楚。以 G20 成员为例，图 4.2 基于对新型冠状病毒肺炎财政投资的四个主要追踪指标，概述了迄今为止针对气候变化采取的负面、中性和积极的财政救助和复苏措施。附录 II 概述了这四种新型冠状病毒肺炎的主要追踪指标。

^① 例如，国际货币基金组织（2020a）将额外支出和放弃的收入列为“高于标准的衡量标准”，将股本注入、贷款、资产购买、债务假设和有负债列为“流动性支持”。对外直接投资（2020）既包括援助、赠款和担保在内的“财政刺激”，也包括央行明确的货币流动性注入和下调政策利率的预期影响在内的“货币（流动性）刺激”。Vivid Economics 在其绿色刺激指数（Vivid Economics 2020a）中包括了放松管制的措施。牛津大学经济复苏项目（Oxford University Economic Recovery Project）提供的最高粒度的纯形式财政支出跟踪器，将这些来源的结果与其自己的跟踪结果结合起来，报告并分类涵盖自 2020 年 3 月以来最大的 50 个经济体宣布的所有财政刺激措施的政策（O’ Callaghan et al., 2020）。

^② 受益国名单见世界银行集团《新型冠状病毒肺炎（冠状病毒）业务应对方案 - 项目清单》（于 2020 年 9 月 11 日公布）：<https://www.worldbank.org/en/about/what-we-do/brief/world-bank-group-operational-response-covid-19-coronavirus-projects-list>。

图 4.2. 在 2019 年 GDP 中占高碳、中性和低碳影响的 G20 成员总财政救助和复苏措施的非详尽概述



注释：“Oxford Recovery Project”是指牛津大学复苏项目（OUERP）。

截至 2020 年 10 月，欧洲理事会关于下一代欧盟复苏基金和 2021—2027 年多年度金融框架中与绿色气候变化相关的额外支出的所有声明仍处于初步阶段。

资料来源：气候行动追踪组织（2020）；国际货币基金组织（IMF）（2020a）；国际货币基金组织（2020b）；O'Callaghan 等（2020）；Vivid Economics（2020）。2020 年 8 月的气候行动追踪组织数据、2020 年 8 月的 Vivid Economics 数据、2020 年 9 月的 IMF 数据和 2020 年 11 月的牛津数据。

对于 G20 成员来说，关于迄今为止的财政救助和复苏措施在多大程度上是低碳、中性还是高碳的一些初步调查结果正在浮现（Carnell 等，2020；气候行动跟踪，2020；能源政策跟踪，2020）

- ▶ G20 成员为应对新型冠状病毒肺炎疫情采取了多项紧急救援措施（气候行动追踪组织，2020；能源政策跟踪，2020；O' Callaghan 等，2020；Vivid Economics，2020）。就温室气体排放影响（例如，医疗保健相关支出）或支持高碳产业而言，这些措施大多被认为是中性的，但不附带低碳转型的条件。
- ▶ 截至 2020 年 10 月/11 月，约四分之一 G20 成员明确将其一揽子计划的份额（最高占 GDP 的 3%）用于低碳措施（气候行动追踪组织，2020；能源政策跟踪，2020；O' Callaghan 等，2020；Vivid Economics，2020）。一些国家则将宣布的资金分配到 2025 年之前的各年。
- ▶ 大多数 G20 成员已经提出了支持其经济高碳现状的措施和一揽子计划，甚至正在鼓励新的高碳投资（O' Callaghan 等，2020；Vivid Economics，2020）。对一些 G20 成员来说，无法确定明确的低碳措施（O' Callaghan 等，2020；Tiftik 等，2020；Vivid Economics，2020a）。
- ▶ 对温室气体排放影响的评估是初步的（见第 3 章），但随着救援和复苏计划的组成和实施细节变得更加清楚，评估将变得更加有力。

识别和量化救援和复苏措施对气候的影响的方法和分析时间在不同的机构之间略有不同，导致结果出现相应的差异（图 4.2，附录 II）。然而，从全部跟踪器和跨地理区域的结果来看，中性和高碳措施明显超过低碳措施。

先前的分析^③表明，低碳政策在复苏措施中比在救援措施中略盛行（O' Callaghan 等，2020）。值得注意的是，新

型冠状病毒肺炎财政干预的下一阶段可能会将更大比例的资本转向复苏措施，这表明在即将出台的新复苏计划或已宣布的复苏计划修订中，有可能增加低碳措施。

4.4 为各国政府寻求低碳经济复苏提供经验教训和范例

前面的章节表明，世界各国政府宣布的经济救援和复苏措施的规模是前所未有的。尽管第 4.3 节明确指出，迄今为止支持低碳转型的措施有限，但仍有余地调整已宣布的复苏措施，使其变得更低碳，并以支持包容性、韧性和低碳经济复苏的方式设计未来的一揽子计划（联合国区域委员会，2020）。

如第 3 章所述，只有将新型冠状病毒肺炎经济复苏作为追求脱碳的契机，预计到 2030 年全球温室气体排放才会大幅减少。因此，缩小 2030 年的排放差距，关键取决于在多大程度上利用这一缺口，并将其纳入更具雄心的新的或更新的国家自主贡献。以前的排放差距报告强调了缩小差距和实现全球温室气体净零排放所需要的重大长期部门转型，这些转型也与复苏措施有关（专栏 4.1）。

政府会根据各种标准评估财政救助和复苏支出、税收和监管选择。在大多数情况下，通过特定措施稳定或刺激经济的能力可能是决策者考虑的首要标准。但是，具有类似短期经济特征的措施在社会、环境和长期经济影响方面可能有很大不同。因此，考虑中期和长期的经济、环境和社会指标可以帮助政府最大限度地利用其复苏措施带来的长期繁荣利益。各种研究在全球背景下讨论了将政策与不同指标挂钩的好处。这些总结在表 4.1（Flyvbjerg，2020；Hepburn 等，2020；国际能源署，2020；Flyvbjerg，2020；Hepburn 等，2020；Vivid Economics，2020b；世界银行，2020d）。

对于具体国家的情况，需要进行详细的评价，以评估每项措施的适当性，因为不同的政治、环境、经济、商业、法律、监管和社会领域的影响不同。为了设计最优策略，对每个维度的结果进行评估和相互权衡是很重要的。

^③ 在 2020 年 10 月。

专栏 4.1. 为实现全球温室气体净零排放，需要进行重大的长期部门转型

- ▶ 能源部门全面脱碳，以可再生能源和跨部门电气化为基础，包括逐步淘汰燃煤电厂
- ▶ 交通部门的脱碳，同时转向公共交通、骑自行车和步行
- ▶ 工业过程转向电力，（接近）零碳，替代碳密集型产品，循环和材料效率
- ▶ 建筑部门的脱碳，包括电气化和提高效率
- ▶ 加强农业管理以及需求方面的措施，如转向更可持续的植物性饮食和减少食物浪费的措施
- ▶ 零净森林砍伐，并采取保护和恢复土地碳储量和保护自然生态系统的政策，目的是在该部门实现显著的 CO₂ 净吸收

资料来源：联合国环境规划署《2019 排放差距报告》第 4 章（Höhne 等，2019）

一些财政救助和复苏措施可能会使高碳和破坏环境的发展永久化（新型冠状病毒肺炎的详细例子见表 4.2 至表 4.7）。这些包括：

- ▶ 基于化石燃料的基础设施投资或对高碳技术和项目的财政激励
- ▶ 环境法规的豁免或回退
- ▶ 对化石燃料密集型企业的救助，不附带低碳转型或环境可持续性的条件：相关行业包括航空公司、内燃汽车公司、工业行业和化石能源公司。

相反，许多财政救助和复苏措施可以同时支持快速、就业密集和成本效益高的经济复苏和低碳转型（详细例子见表 4.2 至表 4.7）。大类包括：

- ▶ 支持低碳和可再生能源、低碳交通、零能耗建筑、低碳产业等零排放技术和基础设施建设
- ▶ 支持零排放技术研发

- ▶ 通过财政改革提供化石燃料补贴
- ▶ 基于自然的解决方案，包括大规模的景观恢复和重新造林。

新型冠状病毒肺炎早期救援和复苏措施的经验可以为决策者设计近期的经济救援和复苏措施提供参考意见。根据对最近发表的文献和现有救援和回收跟踪信息的评估，表 4.2 至表 4.7 提供了按主要部门组织的低碳和高碳回收措施的案例例子。所有表格都是基于 2020 年 10 月的信息构建的。每个表包括一组减少温室气体排放的例子和一组倾向于增加温室气体排放或促进锁定高碳排放锁定的例子。

所提供的案例例子都被多个来源引用，其中许多都包含了相关的额外社会经济考虑，如就业或社会福利（CarbonBrief, 2020；能源政策跟踪, 2020；O' Callaghan 等, 2020；Vivid Economics, 2020）。于不同的环境、社会和经济层面，需要进一步研究，以评估不同国家背景下具体复苏实例的可复制性。

表 4.1. 对最近发表的文献进行不全面、简化的概述，这些文献提出了评估和设计低碳、可持续和社会包容性经济复苏措施的指标

指 标	国际能源署 (2020)	世界银行 (2020d)	Hepburn 等 (2020)	Jotzo 等 (2020)	O' Callaghan 等 (2020)	Vivid Economics (2020b)
及时性 (包括实施的速度和效果的时机)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
就业 (包括规模、质量、地点及其随时间的分布)	✓	✓		✓		✓
经济活动 (包括短期和长期影响及乘数效应)		✓	✓	✓	✓	✓
政府预算能力 (包括对财政空间的影响, 如为政府产生未来的财政收入或储蓄)				✓		✓
温室气体排放 (包括短期和长期以及潜在的锁定)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
其他环境效益 (包括空气质量和水质)		✓		✓	✓	
社会福利 (包括获得公共资源、卫生、性别平等、减少低收入者的生活费或改善公共卫生)	✓	✓		✓	✓	

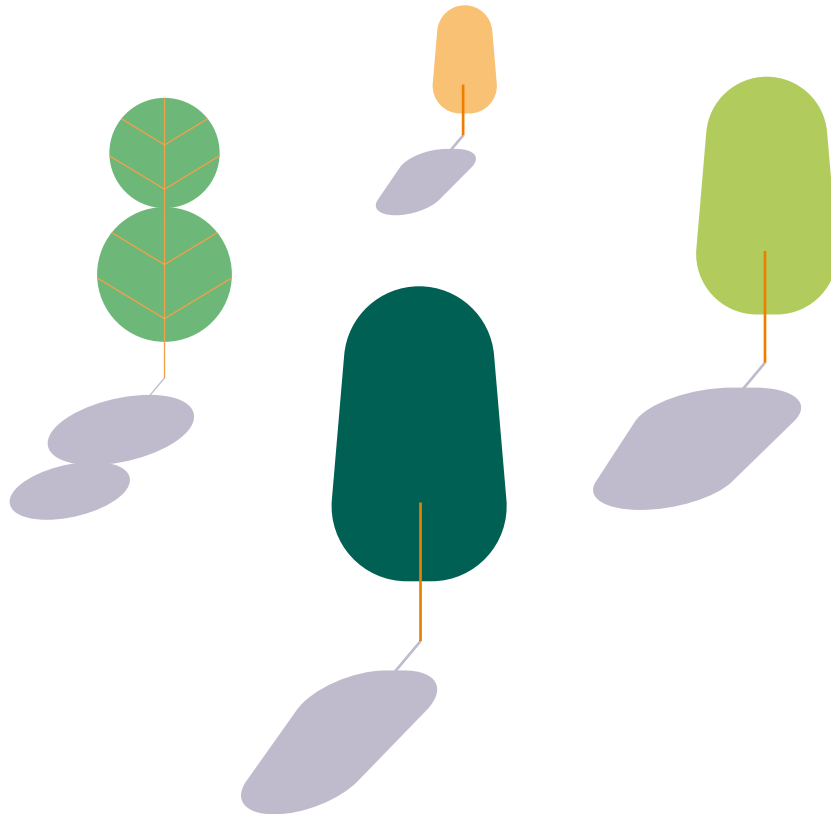


表 4.2. 截至 2020 年 10 月的能源和电力供应部门低碳和高碳救援和复苏措施的不全面概述，以及选定的案例示例

能源和电力供应：低碳和高碳干预

截至 2020 年 10 月，50 个国家中有 17 个确定了 45 项低碳支出措施，50 个国家中有 14 个确定了 32 项高碳支出措施（O' Callaghan 等，2020）。

国家	案例研究	研究
对零排放能源技术和基础设施提供直接支持		
 韩国	加大对2020–2025年太阳能和风电装机容量部署的支持力度，重点关注大型海上风电园区（韩国经济和财政部，2020）	① ③ ④ ⑤
 智利	绿色信贷计划，通过对金融中介机构提供的长期信贷进行再融资，在2020年使可再生能源投资达到3900万美元（智利政府，2020；Mackenna等，2020）	④
 中国	2020年太阳能和风能目标分别提高2400亿瓦，意味着2020年风能和太阳能将分别增加到300亿瓦和360亿瓦（Hove，2020）。	③ ⑤
 马来西亚	作为经济复苏努力的一部分，马来西亚宣布招标10亿瓦太阳能，可能创造1.2万个就业机会（马来西亚政府，2020）	⑦
 尼日利亚	在目前未与国家电网连接的500万户家庭安装太阳能家庭系统（SHS），包括触发国内就业机会的本地内容生产需求（Akrofi和Antwi，2020；尼日利亚政府，2020）	②
 日本	根据公司对RE100倡议的承诺，提供高达5000万美元的现场可再生能源开发，以支持企业电力购买协议（PPAs）（日本内阁办公室，2020；日本环境省，2020）	① ④ ⑥
支持零排放能源技术和基础设施研发，为具备零排放转型条件的能源企业提供流动性支持		
 德国&法国	为支持绿色氢技术研发的国家氢战略提供资金：德国约83亿美元（德国联邦财政部，2020），法国约24亿美元，作为复苏计划的一部分（法国经济和财政部，2020a）	② ③ ④
 加拿大	能源公司和其他获得大雇主紧急融资机制（LEEFF）支持的公司必须承诺公布与气候相关的年度报告，包括对其未来业务对可持续性和气候目标影响的评估（加拿大总理办公室，2020）	① ⑥

- 积极 ① Vivid Economics（2020a） ② 碳简报（2020） ③ 能源政策追踪（2020） ④ O'Callaghan 等（2020）
 ● 消极 ⑤ 气候行动追踪组织（2020） ⑥ Moisia 等（2020） ⑦ Martin（2020） ⑧ Sarkar（2020）

表 4.2. 截至 2020 年 10 月的能源和电力供应部门低碳和高碳救援和复苏措施的不全面概述，以及选定的案例示例（续）

能源和电力供应：低碳和高碳干预		
国家	案例研究	研究
 <p>高碳技术和基础设施投资，例如重启“准备就绪”的化石燃料基础设施项目</p>		
 中国	作为2020年2月发布的风险和早期预警评估的一部分，监管变化允许除5个省份外的所有省份批准新建火电厂（中国能源门户网站，2020；Gao，2020；全球能源监测，2020；国家能源局，2020）。然而，本报告这里关于中国化石燃料基础设施项目的论述与《国家能源局关于发布2023年煤电规划建设风险预警的通知》（国发号[2020]12号）文件公布的关于中国燃煤电厂的说法存在一定出入。	1 3 5 6
 印度	通过取消对私营方的煤炭最终使用限制，加速商业煤炭开采，2020年首次拍卖41座新煤矿，以减少印度对煤炭进口的依赖，并推动印度新建的（超）超临界发电厂，中央电力局（CEA）指定关闭51亿瓦的煤炭产能（印度总理办公室，2020；Ranjan，2020）	1 3 4 5 8
<p>能源行业环境法规的豁免或倒退</p>		
 美国	根据《跨州空气污染规则》《酸雨计划》和《NOx SIP Call计划》（美国环境保护署，2020），取消化石燃料发电机的报告要求，并发布行政命令，取消基础设施项目的环境审查	1 3 5
 澳大利亚	昆士兰州将冻结煤炭和天然气勘探企业收取的费用，直至2021年7月（昆士兰州政府和地区，2020），南澳大利亚州已实施部分暂停石油、天然气和采矿部门的颁发许可和批准资质的费用（南澳大利亚州政府，2020）。	1 4
 巴西	昆士兰州将冻结煤炭和天然气勘探企业的费用，直至2021年7月（昆士兰州政府和地区，2020），南澳大利亚州已实施部分暂停石油、天然气和采矿部门的许可和许可费用（南澳大利亚州政府，2020）。	3 4
		
 加拿大	2020年4月，加拿大石油和天然气公司支持12个月内的运营需求，每家公司宣布提供4600万美元（合6000万加元）（加拿大业务开发银行[BDC]，2020）。虽然这一特别方案不包括零排放过渡的要求，但加拿大政府也宣布了对石油和天然气部门的其他复苏投资，旨在减少排放，同时刺激经济和创造就业机会。	1 3 4
 美国	《新型冠状病毒肺炎援助、救济和经济安全法案》（CARES）建立的薪资保护计划（PPP）以及该法案的税收漏洞为石油和天然气公司提供资金支持，没有任何零排放转型的条件（Juhasz，2020）	1 3 6

- 积极 1 Vivid Economics（2020a） 2 碳简报（2020） 3 能源政策追踪（2020） 4 O'Callaghan 等（2020）
● 消极 5 气候行动追踪组织（2020） 6 Moisiu 等（2020） 7 Martin（2020） 8 Sarkar（2020）

本章没有直接考虑的一个方面是，新型冠状病毒肺炎及其相关救援和复苏措施的影响可能会在多大程度上影响高碳生产和消费的根本驱动因素。

专栏 4.2 以印度为例，说明新型冠状病毒肺炎如何结合经济和环境激励措施，实现摆脱煤炭的转型。

专栏 4.2. 印度燃煤电厂可能会加速退役

在印度这个历来能源匮乏的国家，煤电是其近期能源前景的重要组成部分，它能使人们获得可靠和现代的电力。然而，加快淘汰老旧燃煤电厂的经济效益，以及对此表示的政治支持，为新冠肺炎疫情后的经济复苏提供了可能性，也为改善气候和治理空气污染带来了好处。

印度是世界上规模最大、最年轻的燃煤电厂使用国之一，装机容量为 2050 亿瓦，电厂平均使用年限约 12 年（Malik 等，2020）。印度的燃煤电厂继续增长，2019—2020 财年增加 67 亿瓦，以及紧随其后的 598 亿瓦，其中 237 亿瓦因各种原因暂停（中央电力管理局 [CEA]，2020a）。相比之下，自 2014 年 4 月以来，约 100 亿瓦的煤电厂已经退出了市场（印度电力部，2020a）。

然而，近年来产能的快速增加（印度近 60% 的煤炭产能是在 2010 年至 2020 年期间投入使用的），需求增长低于预期，以及来自可再生能源的竞争，都造成了电力过剩。整个燃煤电厂行业正面临着低利用率（55%-60%）和煤炭供应有限导致的竞争。2018 年，400 亿瓦的燃煤项目面临财政压力（印度电力部，2018）。此外，新的污染控制规范将增加煤电生产的成本。为了反映这些发展，财政部长在 2020 年的预算演讲中，建议关闭高碳排放的旧热电厂，电力部长随后宣布，由于不遵守污染标准，510 亿瓦的电厂已被指定关闭。古吉拉特邦（Gujarat）和恰蒂斯加邦（Chhattisgarh）这两个主要邦已经宣布，他们将不再建设新的燃煤电厂（碳社评，2019）。

在中期，与新型冠状病毒肺炎前的趋势相比，新型冠状病毒肺炎预计将导致电力需求持续下降（Spencer，2020）。这可能会加速人们远离煤炭的步伐。分析指出，燃煤电厂加速退役是复苏电力行业的催化剂，同时减少空气污染和温室气体排放。研究估计，在短期内退役 270-360 亿瓦的旧、昂贵或污染工厂存在强有力的经济和环境案例（Fernandes 和 Sharma，2020；Srikanth 和 Krishnan，2020）。这将免除负债累累的公用事业公司的合同固定成本义务，并改善对更年轻、更有效率和更清洁的工厂的利用，同时也释放了低成本的煤炭连接系统。

与此同时，它将大大节省系统级成本和温室气体排放量（Dang、Nuwal 和 Acharya，2020；Ghosh 和 Ruha，2020）。它还将在关键时刻对公共部门银行的资产负债表产生上游收益。增加清洁工厂的使用将避免用空气污染控制设备改造旧的、肮脏的工厂的成本。此外，公用事业公司还可以自由地用更便宜的可再生能源或能源交换来替代失去的发电量，从而降低电力购买成本。

为旧燃煤电厂实施加速退役计划将面临技术和政治限制，特别是在厂房所有者所面临的损失存在不公平的情况下。最近出现了克服这些挑战的建议，例如将退出市场成本捆绑到可再生能源拍卖中（Dang、Nuwal 和 Acharya，2020），或提高由纳税人附加费资助的政府债券以购买棕地资产（称为“证券化”）（Shrimali，2020）。

表 4.3. 对陆地交通部门低碳和高碳救援和复苏措施的不全面概述，以及截至 2020 年 10 月的选定案

陆基运输部门：低碳和高碳干预		
国家	案例研究	研究
 对零排放车辆和其他低碳交通工具提供财政激励		
 意大利	政府对购买和登记低碳汽车的激励增加了6亿美元，包括用于支持电动汽车充电基础设施安装的预算	① ③ ④
 印度（城区）	作为其绿色刺激方案的一部分，德里市政府计划到2024年将电动汽车在所有新车登记中所占比例提高到25%	① ③
 加拿大	加拿大基础设施银行提供11亿美元资金，用于购买零排放公交车和收费基础设施	② ③
 投资于低碳基础设施，如电动汽车充电基础设施、自行车道、低碳轨道或其他公共交通系统		
 中国	扩大电动汽车充电网络，到2020年再安装20万个充电站，比2019年增加约16.5%（Shen, 2020）	① ③ ④
 墨西哥（城市）	投资于积极的交通基础设施，以应对新型冠状病毒肺炎，投资于扩大墨西哥城自行车网，新建54公里的自行车线路，以支持健康、安全和可持续的城市交通（墨西哥城市政府，2020；Webber, 2020）	① ③ ④
 英国	资助26亿美元（20亿英镑）用于自行车道、更宽的人行道和更安全的路口（英国政府，2020a）	③ ④
 西班牙	支持绿色交通网络的投资，以及对可持续交通（如氢燃料公共交通）研发的资助（西班牙政府，2020）	① ④
对化石燃料补贴进行财政改革		
 印度	在国际油价低迷的情况下，汽油每升临时增税2卢比，柴油每升增税4卢比。除其他外，为紧急救援措施（如为应对新型冠状病毒肺炎提供医疗保健）创造额外的财政收入来源（Kishore, 2020；Parashar, 2020）	② ③
 尼日利亚	取消汽油补贴每年总共可节省20亿美元，最终消费者购买汽油的价格将提高到每升约0.32美元（Bala-Gbogbo, 2020）	② ④

● 积极	① Vivid Economics（2020a）	② 碳简报（2020）	③ 能源政策追踪	④ O' Callaghan 等（2020）
● 消极	⑤ 气候行动追踪组织（2020）	⑥ Moisio等（2020）	⑦ Martin（2020）	⑧ Sarkar（2020）

表 4.3. 截至 2020 年 10 月的陆地交通行业低碳和高碳救援和复苏措施的不全面概述，以及选定的案例示例（续）

陆基运输部门：低碳和高碳干预		
国家	案例研究	研究
 对有环境条件的运输和汽车公司的救助		
 英国	向伦敦交通局（TfL）提供20亿美元的紧急援助，以弥补公共交通公司的损失，并将伦敦超低排放区（ULEZ）的拥堵费提高到每天15英镑（英国政府，2020b）	① ③
 法国	向汽车制造商雷诺提供与环境条件相关的政府支持的54亿美元贷款，尽管有关特殊条件的公开信息有限（法国政府，2020）	① ③
 对高碳产品（如内燃机汽车）进行财政激励，放松汽车排放标准，或对汽车公司进行不带零排放过渡条件的救助		
 俄罗斯	通过国家采购和利率补贴，无条件支持俄罗斯汽车行业约3.6亿美元（250 亿卢布），无需任何零排放过渡条件（俄罗斯政府，2020）	① ③ ④ ⑥
 韩国	2020年3月至6月期间，新车销售税从5%降至1.5%，2020年7月至12月降至3%，电动或氢动力汽车不采取优惠措施（Ho-Jeong，2020），尽管购买全电动汽车和氢燃料电池汽车的额外临时减税已延长至2022年（Kim，2020）	① ④ ⑤

- 积极 ① Vivid Economics（2020a） ② 碳简报（2020） ③ 能源政策追踪（2020） ④ O' Callaghan 等（2020）
● 消极 ⑤ 气候行动追踪组织（2020） ⑥ Moisiso等（2020） ⑦ Martin（2020） ⑧ Sarkar（2020）

表 4.4. 全面概述航空部门低碳和高碳救援和复苏措施，并选取截至 2020 年 10 月的案例

航空：低碳和高碳干预

截至 2020 年 10 月，50 个国家中有 2 个确定了 3 种低碳支出措施，50 个国家中有 23 个确定了 48 种高碳支出措施 (O' Callaghan 等, 2020)。

国家	案例研究	研究
 对具备零排放转型条件的航空公司或机场进行救助，支持航空零排放技术和基础设施研发		
 奥地利	对奥地利航空公司的援助与几种气候条件有关，如到2030年减少国内航班的排放，终止3小时内有火车联运的航班，以及通过收费和税收确定最低票价 (Bannon 2020a)	4 5
 法国	对法航的援助与几项不具法律约束力的气候条件有关，如机队效率的提高、到2024年减少国内航班的排放、到2025年的燃料要求 (Bannon, 2020b)，以及用于发展低碳飞机的18亿美元 (15亿欧元) 的公共支持	1 2 3 4 5
 欧盟27国+英国	截至2020年10月，欧盟27国+英国的26次航空救援中，有24次没有任何零排放过渡的条件，总额约为320亿美元 (260亿欧元) (交通与环境, 2020)	1 9
 韩国	向大韩航空和韩亚航空提供约25亿美元的紧急援助，不附加任何零排放过渡条件 (Yim, 2020)	1 3 4
 美国	通过《关爱法案》(Aratani 2020)，向航空公司提供约600亿美元的财政支持，且不附加任何零排放过渡条件。	1 3 4

- 积极
- 消极
- 1 Vivid Economics (2020a)
- 2 碳简报 (2020)
- 3 能源政策追踪 (2020)
- 4 O' Callaghan等 (2020)
- 5 气候行动追踪组织 (2020)
- 6 Moisiso等 (2020)
- 7 Martin (2020)
- 8 Sarkar (2020)
- 9 Greenpeace (2020)

表 4.5. 不全面概述工业部门低碳和高碳救援和复苏措施，并选取截至 2020 年 10 月的案例

产业：低碳和高碳干预

截至 2020 年 10 月，50 个国家中有 13 个确定了 25 项低碳研发支出措施，50 个国家中有 17 个确定了 47 项“中性”研发支出措施（O’ Callaghan 等，2020）。

国家	案例研究	研究
	财政鼓励投资低碳技术、钢铁和水泥行业等难以减排行业的研发和试点项目，以及救助具有零排放过渡条件的工业公司	
 丹麦	拟提供1.4亿美元赠款，用于在2020年至2024年期间资助工业电气化和能源效率，以促进“绿色转型”（丹麦政府，2020）	2 5
 瑞典	为大规模工业投资引入国家信用担保计划，有助于实现环境和气候目标并减少排放（瑞典财政部，2020）	2 4
 英国	为重工业减排提供了约4.5亿美元的资金，例如支持从天然气向清洁氢能源的过渡以及扩大碳捕获和存储技术（英国政府，2020c）	1 2 4 5
	放松环境标准，撤销气候措施，在没有零排放过渡条件的情况下救助工业公司	
 美国	放松对工业和能源公司的一些环境法规（哥伦比亚法学院，2020），例如环境保护署已经暂停支付违反环境法规的罚款（Friedman，2020）	1 3 5 6
G20	13个G20成员在没有零排放过渡条件的情况下救助了工业公司，或在工业领域实施了其他对环境有害的救助和复苏措施（Vivid Economics，2020a）	1

- 积极 1 Vivid Economics（2020a） 2 碳简报（2020） 3 能源政策追踪（2020） 4 O’ Callaghan 等（2020）
 ● 消极 5 气候行动追踪组织（2020） 6 Moisiso 等（2020） 7 Martin（2020） 8 Sarkar（2020）

表 4.6. 不全面概述建筑和建筑行业的低碳和高碳救援和复苏措施，并选取截至 2020 年 10 月的案例

建筑行业：低碳和高碳干预		
国家	案例研究	研究
对既有建筑节能改造提供财政和监管支持，加快低能耗和零能耗建筑建设		
 德国	在2020年和2021年提供约25亿美元的额外资金，用于旨在提高能效的建筑改造	① ② ③ ④ ⑤
 韩国	在2020年至2025年期间，对日托中心和公共住房等旧公共设施进行改造，总投资约52亿美元（韩国经济和财政部，2020），创造了超过24.3万个就业机会	① ② ③ ④ ⑤
 意大利	“Ecobonus”计划为私人安装节能改造如热泵提供110%的税收减免（意大利政府，2020a）	① ② ③ ④
在没有任何能源效益标准的情况下，对现有建筑物进行翻新或支持新建建筑物的刺激计划		
 意大利	旅游部门建筑翻新和升级的税收抵免（2020年和2021年每年约1.8亿美元），且没有明确的能源效率标准条件（意大利政府，2020b）	③ ④

- 积极 ① Vivid Economics（2020a） ② 碳简报（2020） ③ 能源政策追踪（2020） ④ O’ Callaghan等（2020）
● 消极 ⑤ 气候行动追踪组织（2020） ⑥ Moisisio 等（2020） ⑦ Martin（2020） ⑧ Sarkar（2020）

表 4.7. 不全面概述土地利用和环境保护部门低碳和高碳救援和复苏措施，并选取截至 2020 年 10 月的案例

土地利用与环境保护：低碳和高碳干预		
国家	案例研究	研究
截至 2020 年 10 月，50 个国家中有 11 个国家确定了 25 项低碳支出措施，包括绿色空间和自然基础设施投资（O' Callaghan 等，2020）。		
大规模的景观恢复和重新造林工作（“以自然为基础的解决方案”）		
 印度	额外的资金（约780美元），通过补偿性造林基金管理和规划局（CAMPAs）支持造林工作、森林管理和野生动物保护（印度政府，2020）	① ② ④ ⑤
 韩国	作为2020–2025年绿色新政的一部分，资金部分约为21亿美元，用以恢复陆地、海洋和城市生态系统，包括提供约十万个就业机会。（韩国经济和财政部，2020）	① ④ ⑤
 埃塞俄比亚	埃塞俄比亚和联合国非洲经济委员会签署了一项为期4年、价值360万美元的项目谅解备忘录，该项目旨在为水资源基础设施和社区恢复提供自然解决方案，以支持埃塞俄比亚的绿色复苏（联合国非洲经济委员会，2020）	⑥
 巴基斯坦	以创造当地就业为重点的自然生态系统恢复的三阶段方法，例如，种植100亿棵树的“海啸项目”（Khan，2020）第一阶段的一部分，旨在提供约65000个就业机会。	④
放松环境标准，撤销环境法规，取消国家对自然栖息地的保护		
 巴西	改变亚马逊、塞拉多和马塔亚特兰蒂卡地区的土地使用法规和执法规则和程序，在没有环境保护保障的情况下刺激经济活动（De Freitas Paes，2020；Gonzales，2020；Observatório de Clima，2020）	① ⑩
 澳大利亚（各州和地区）	维多利亚州在未来十年暂停了伐木行业的保护法，作为地区森林协议的一部分，该协议免除了伐木工必须遵守某些联邦保护法（Morton，2020）	①

● 积极 ① Vivid Economics（2020a） ② 碳简报（2020） ③ 能源政策追踪（2020） ④ O' Callaghan 等（2020）
● 消极 ⑤ 气候行动追踪组织（2020） ⑥ Moisiu 等（2020） ⑦ Martin（2020） ⑩ De Freitas Paes（2020）

总的来说，本章表明，虽然使用新型冠状病毒肺炎经济复苏措施寻求脱碳的开放在很大程度上被忽视，但有很多

机会扭转这一趋势。这将对到 2030 年缩小排放差距至关重要。

5 缩小差距

——国际航运和航空的作用

主要作者:

Jasper Faber (荷兰 CE Delft) and David S. Lee (英国曼彻斯特大都会大学)

共同作者:

Susanne Becken (澳大利亚格里菲斯大学), James J. Corbett (美国能源与环境研究协会), Nick Cumpsty (英国伦敦帝国理工学院), Gregg Fleming (美国交通部沃尔普中心), Tore Longva (挪威船级社), Marianne Tronstad Lund (挪威国际气候研究中心), Tristan Smith (英国伦敦大学)

5.1 引言和框架

在过去的几十年中，航运和航空部门的排放量有所增加，并且 2019 年其排放量约为 20 亿吨二氧化碳（尽管受到新型冠状病毒疫情的影响，2020 年排放量有所下降）（国际海事组织 [IMO], 2020; Lee 等人, 已接收）。这些排放中约有三分之二是国际排放量，同时不包括在向《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 报告的国家总量中，而是作为额外的数量添加在报告中。尽管《巴黎协定》的大部分签署国的国家自主贡献 (NDCs) 并不包括国际排放，但第 4 条要求签署国减少所有人为温室气体 (GHG) 排放量。任何部门都不能免除此承诺。目前，国际民航组织 (ICAO) 和国际海事组织是联合国负责处理国际温室气体排放问题的专门机构。航运和航空在很大程度上都依赖液态化石燃料，并且其固有的技术开发和船队周转时间很长，这使得这些部门难以脱碳。除了温室气体排放外，两个运输方式均排放其他导致气候变化的排放物，例如氮氧化物 (NO_x)，水蒸气，碳 (烟尘) 和二氧化硫 (SO₂) (Eyring 等, 2010; Eide 等, 2013; Lee 等, 印刷中)。

本章介绍目前和预计的排放量，以评估国际运输部门在多大程度上造成了排放量差距 (5.2 节)。第 5.3 节分析了可用于使航运和航空脱碳的技术，运营和燃料选择。5.4 节将预计的排放量与实现《巴黎协定》温度目标所需的全球排放途径进行了对比，以评估何时以及在何种程度上实施脱碳方案，同时在《巴黎协定》的背景下评估当前的政策目标。5.5 节是总结和调查结果。

5.2 当前排放量、预测和驱动因素

全球化的加剧和经济的多样化导致了人员流动和货物运输的迅速增长。反过来，联系日益紧密和完善的交通系统进一步促进了全球化和相关的经济发展，为部分人口带来了社会经济效益。除了提高全球平均收入外，还导致了旅游和贸易商品的消费需求增加，2019 年达到创纪录的水平，有 14 亿国际游客 (世界贸易组织 [WTO], 2019)，45 亿人次，6130 万吨航空货运 (国际航空运输协会 [IATA], 2020a) 和 110 亿吨世界海运贸易记录 (联合国贸易和发展会议 [UNCTAD], 2019)。

5.2.1 运输

运输业的温室气体排放量主要是二氧化碳 (CO₂)，2018 年排放 (可获得详细数据的最近一年 (国际能源署, 2020)) 总计约为 10 亿吨二氧化碳，其中甲烷 (CH₄) 和一氧化二氮 (N₂O) 的排放量较小。近年来，由于液化天然气 (LNG) 燃料驱动的船舶数量增加，近年来甲烷排放量有所上升 (尽管基数较低)。2018 年，航运还排放了约 10 万吨黑碳 (烟尘)，这是一种导致全球变暖的临时的气候污染物 (Comer 等, 2017; 国际海事组织, 2020)。其他非二氧化碳排放 (如 NO_x 和 SO₂) 造成净冷却效应，主要是通过 SO₂ 排放形成低空云层 (Fuglestad 等, 2009; Peters 等, 2012 年)，尽管在 2020 年 1 月，旨在减少这些排放的新的航运空气质量保护条例开始生效 (Sofiev 等, 2018)。

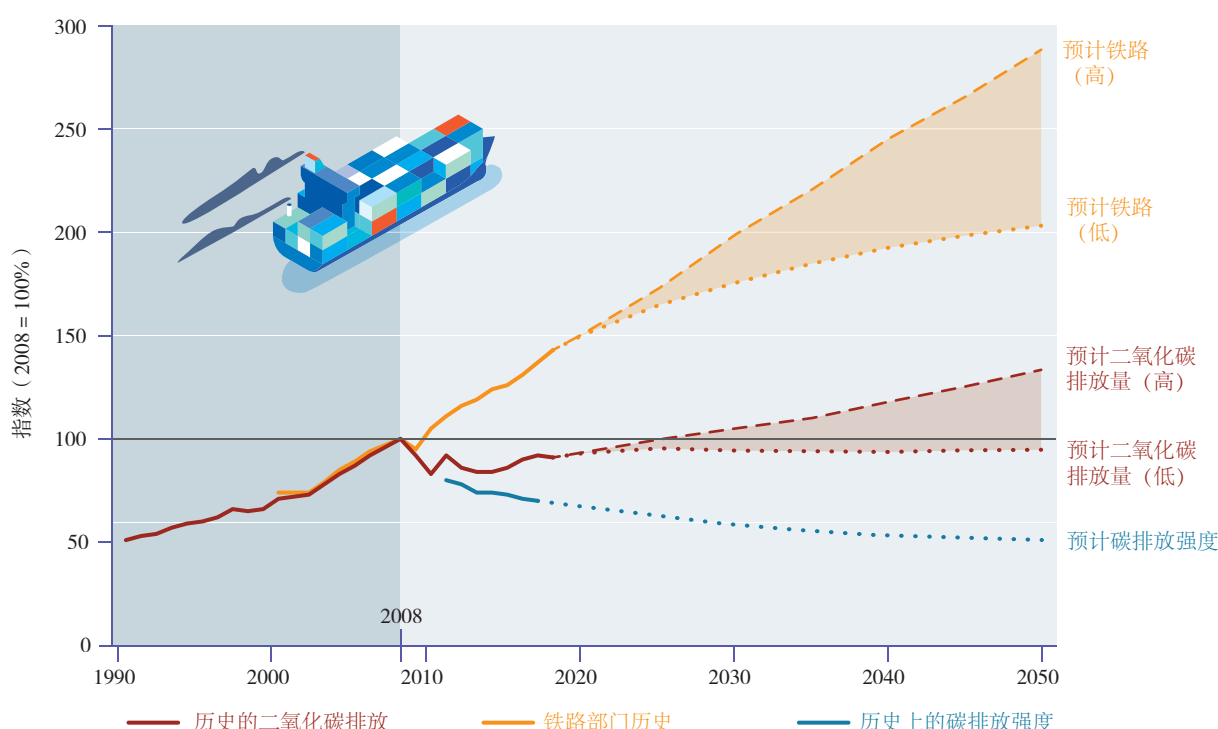
2018 年，国际航行（不同国家港口之间的航行）的二氧化碳排放量占该行业的 71%（国际海事组织，2020）许多承担国际航行的船舶也承担了国内航行^①。例如，一艘船可以在一个国家的一个港口装载货物，然后航行到同一国家的第二个港口装载更多的货物，然后航行到另一个国家的一个港口卸货。

2018 年的二氧化碳运输排放量低于 2008 年的历史最高水平。如图 5.1 所示，从 1990 年到 2008 年，海运贸易和排

放密切相关。

2007 年底，船舶供过于求导致船舶降低速度，以确保其货运能力得到充分利用，从而减少了二氧化碳的排放量。由于全球金融危机导致运输需求下降，这一情况在 2008 年变得更加突出。与 2008 年之前的速度相比，2008 年之后，船舶的速度永久地降低了大约 10% 至 20%，散货船和集装箱船的平均尺寸增加了，从而进一步提高了效率。

图 5.1. 历史和预测的国际航运排放和贸易指标，2008 年索引，1990—2050



注释：不包括新型冠状病毒肺炎的影响。资料来源：国际海事组织（2020）

在未来几十年中，根据一系列可能的“一切照旧”（BAU）情景，假设对航运排放没有进一步的政策干预，预计航运的二氧化碳排放量将比 2018 年的水平增加 4% 至 50%。主要是由于运输需求预计将增长 40% 至 100%，尽管预计某些情况下燃油效率会有所提高（Faber 等，2016；国际海事组织，2020）。运输需求增加的主要驱动力是财富的预期增长，因为人均国内生产总值（GDP）与海上运输需求之间存在很强的正相关关系。

据 DNVGL 集团（2020）估计，新型冠状病毒肺炎将导致 2020 年海上运输总需求下降约 8%，这将因货物类别不同

而有所不同。到 2020 年 5 月，尽管集装箱运输能力下降了 6%，但与 2019 年同期相比，一些细分市场的活动有所增加。在低迷的经济中，制造业通常受到的影响更大，这反过来又减少了对制成品和基础材料的海运贸易的需求。国际海事组织（2020）并未将新型冠状病毒肺炎列为对 2030 年及以后的排放量预测的影响。

5.2.2 航空

2018 年，全球 CO₂ 航空排放量约为 10 亿吨（Lee 等，已接收），其中国际排放量约 65%，国内排放量约 35%

^① 根据国际航运排放的另一种定义，即船舶类型而不是航程，其排放量的 87% 是国际排放的（国际海事组织，2020）。

(Fleming 和 de Lé pinay, 2019) ②。在过去 5 年里，排放量增加了约 27% (根据国际能源机构的数据，平均每年增加 4.6%)，而旅客人数增加了 38% (根据国际航空运输协会 [IATA] 的数据)。

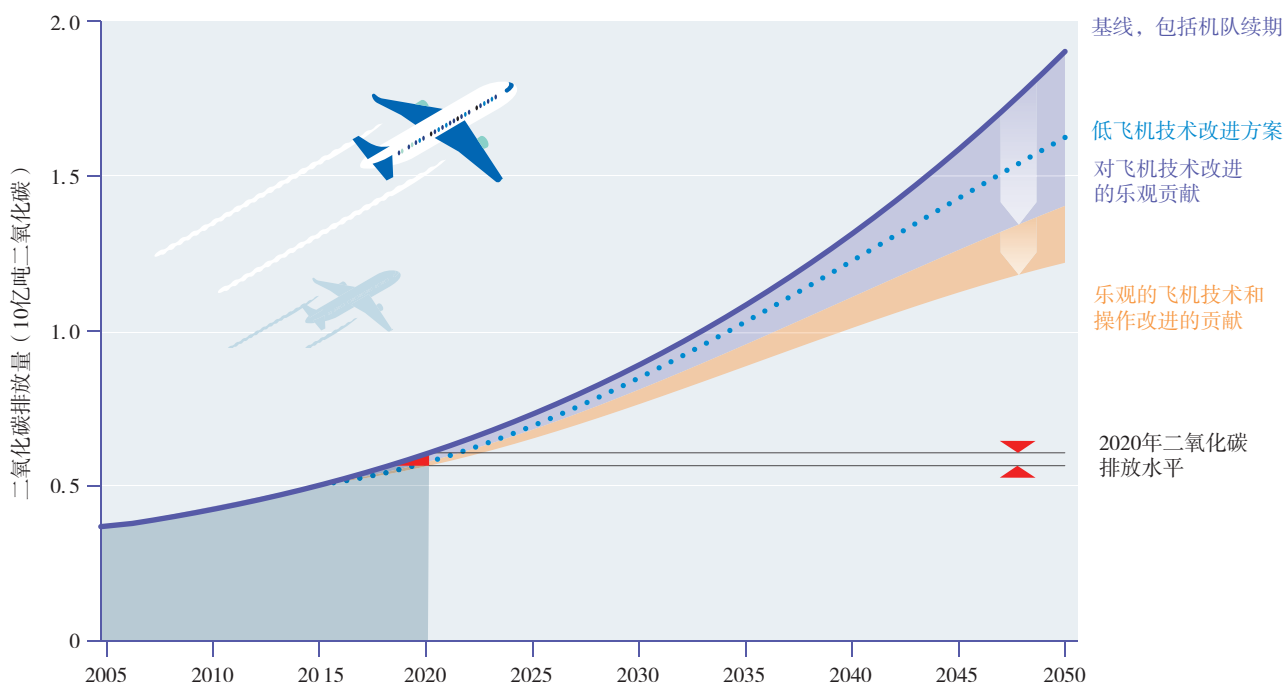
尽管旅客的流动性有所增加，但航空业仍是高收入者的专属领域。超过 60% 的航空需求来自高收入国家的居民 (Becken 和 Pant, 2019)。根据 Gössling 和 Humpe (2020) 的研究，全球约 1% 的人口占航空客运总排放量的一半以上，从而揭示了作为消费部门的航空具有强大的公平性。第 6 章讨论了与航空排放有关的一些需求方面的问题，以及如何在新加坡疫情后的未来对这些问题进行管理和重新设想。

国际航空的二氧化碳排放以及水蒸气，氮氧化物 (NOx) 和烟灰 / 气溶胶颗粒的相关非二氧化碳排放对气候变暖有加重的影响，

这两种排放的总影响估计占人类活动导致气候变化的所有驱动因素的 3.5% (Lee 等, 已接收)。历史上全球航空产生的二氧化碳排放约占当今与航空相关的有效辐射强迫 (ERF) 的 34%，而非二氧化碳影响约占 (全球) 航空产生的有效辐射强迫 (ERF) 的 66% (Lee 等, 已接收)。

尽管受到新型冠状病毒疫情的影响，但航空业预计在未来几十年排放量仍将增加，目前预计疫情对交通的影响至少会持续到 2024 年 (国际航空运输协会, 2020b)。国际民航组织航空环境保护委员会第 11 次会议的最新排放预测 (CAEP/11) (图 5.2, 在新型冠状病毒疫情之前编制) 表明，到 2050 年，国际航空的排放将从约 5 亿吨二氧化碳 (2015) 增加到 12-19 亿吨二氧化碳 (Fleming 和 de Lépinay, 2019)。收入吨公里 (航空部门运输工作的指标) 预计同期也将增加四倍。

图 5.2. 国际航空的二氧化碳排放量预测



注释：预测是在新型冠状病毒肺炎全球性疫情之前做出的。
资料来源：Fleming 和 de Lépinay (2019)

图 5.2 显示了到 2050 年国际航空业二氧化碳排放量的预测，并纳入了技术、运营和基础设施使用方面的预期改进。这些趋势假设增长不受机场基础设施或空域运营限制的约束。各种各样的因素，如燃料价格的波动和全球经济状况，都会影响这种趋势。

当前新型冠状病毒肺炎疫情严重影响了航空运输需求，预计 2020 年的乘客数量将比 2019 年减少 55%，航空货运将减少 12%-15% (国际航空运输协会, 2020b；国际航空运输协会, 2020c)，尽管现在说这对排放意味着什么还为时过早。国际航空运输协会目前的预测显示，短途运输将

② 文献中使用了不同的数据源和排放估算方法，这可能会导致一些差异。例如，国际能源署数据使用“自上而下”的方法，而 Fleming 和 de Lépinay (2019) 的排放模型使用“自下而上”的方法。

比长途运输恢复得更快。市场分析人士认为，一些商务旅行的减少可能是永久性的，这得到了全球商务旅行协会（Global Business travel Association [GBTA]，2020）正在进行的调查的支持。总体而言，随着交通恢复，排放量可能会增加，但恢复的速度和对长期预测的影响存在很大的不确定性。

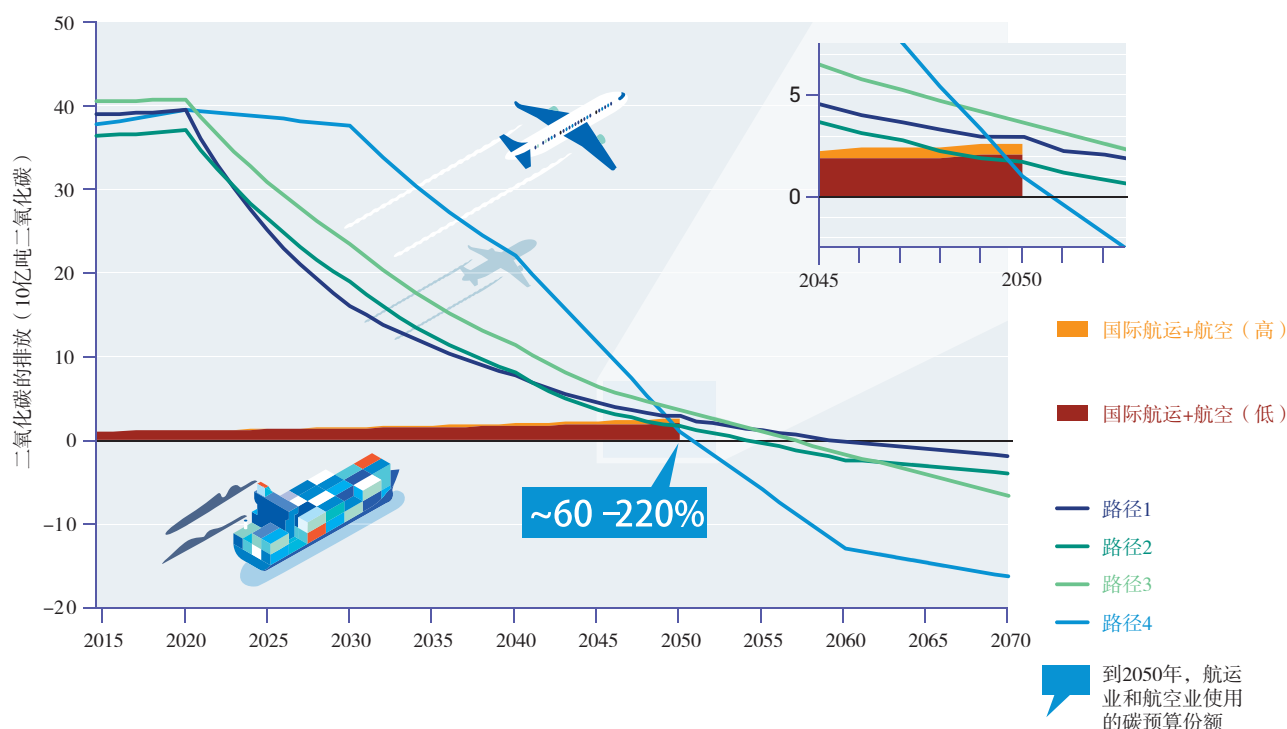
5.2.3 国际航运和航空排放及《巴黎协定》目标

除非各国选择将国际航运和航空温室气体排放纳入其最初的国家自主贡献（NDCs），否则国家政策不会处理这些排放问题。政府间气候变化专门委员会（IPCC）关于《全球升温 1.5°C 特别报告》（SR1.5）（2018）的排放轨迹表明，如果到 2050 年二氧化碳排放达到净零，全球气温上升就

能被限制在不超过 1.5°C（四分位数范围：2045 年至 2055 年），其后将二氧化碳从大气中永久清除。为了将全球变暖控制在 2°C 以下，二氧化碳排放需要在 2070 年前达到净零排放（概率为 66%）。基于这些途径，很明显，国际运输和航空业必须在 1.5°C 左右的 2050 年左右和 2 摄氏度左右的 2070 年之前完全脱碳。

这在图 5.3 中进行了说明，该图显示了国际航运和航空业的 CO₂ 排放总量占可用 CO₂ 预算的百分比（相对于政府间气候变化专门委员会的 1.5°C 情景）。如果不采取进一步的缓解措施，到 2050 年，国际总排放量将消耗全球可用二氧化碳预算的 60%-220%。即使包括技术优势得出的燃油使用“低”估计值，情况依然如此。

图 5.3. 在政府间气候变化专门委员会的说明性 1.5°C 情景下，二氧化碳的全球排放路径将全球变暖限制在 1.5°C



资料来源：根据政府间气候变化专门委员会（2018）SPM3a 图重新绘制的路径；国际航空和航运的二氧化碳排放来自 Fleming 和 de Lépinay（2019）

5.3 缓解措施

5.3.1 运输

改善供应链和物流

它可以提高整个运输网络的效率，使运输需求与船舶的规模、运营和功能以及陆基基础设施和物流系统相一致。提高船队效率可以通过提高利用率（例如，如果利用了增加的容量，使用更大的船舶来减少压载腿）、选择距离更短

的海上航线和降低速度来实现（DNVGL 集团，2019）。

降低船舶速度有很大的减排潜力。一艘船所需的推进力大约增加到其速度的三次方。自 2008 年以来，船队已经降低了其平均速度并且显著减少了其排放，所以进一步减少是可能的（国际海事组织，2020）。例如，将大型油轮的航速从 12 节降低到 11 节，每吨英里的排放量减少了约 8%。低于 7 节时，排放量开始再次增加（Lindstad 和 Eskeland，2015）。

改进船舶设计和操作

最新一代的船舶（2015年后建造）的效率通常比旧型船舶高出10%-15%，这主要是由于优化了船体设计和螺旋桨效率，并减少了辅助载荷。这至少在一定程度上是由国际海事组织能效设计指数（EEDI）的规定推动的，该标准适用于2013年签订合同的新船舶（Faber and 't Hoen, 2016）。通过改进机械和电力系统，未来5年建造的船舶可能会再提高15%-25%，其中可能包括混合技术（与电池一起减少峰值负荷）和废热回收等措施。随后的几代可能包括全面应用风帆和风筝、空气润滑和更先进的余热回收，平均可再提高5%至10%（DNVGL集团，2017）。操作措施可以进一步减少5%-10%的排放（DNVGL集团，2017；国际海事组织，2020）。

与2018年相比，到2050年航运能源效率的总潜力（包括改善物流和供应链、降低航速以及船舶设计和操作）将提高到35%到55%不等（DNVGL集团,2019;Balcombe等,2020；国际海事组织，2020）。尽管风力发电、太阳能电池板、空气润滑和余热回收需要大量的投资，因此需要更高的燃料价格才能达到成本效益（国际海事组织，2020），但在目前的燃料价格下，预计大多数措施都是具有成本效益的。

5.3.2 航空

技术改进——发动机和机身

国际民航组织要求聘用独立的专家对两种耗油量最大的飞机进行了评估，即单通道飞机（如波音737和空客A320）和双通道飞机（如波音777和787，以及空客A330和A350），并估计了它们在10年和20年（2027年和2037年）的性能。根据这份报告，到2037年，飞机形状不可能发生根本改变，改进仅限于“管翼式”飞机。将单通道和双通道飞机的燃油消耗量分别减少21.6%和21.0%，即每年改善1.22%和1.28%，这一目标虽然具有挑战性，但是到2037年可能实现的。在2019年新型冠状病毒疫情之前，国际航空运输协会在2018年10月预测，航空旅行的复合年增长率为3.5%，这相当于在20年内增加一倍，远远超过了技术改进可能带来的减少。

在ICAO/CAEP报告中，独立专家接受了目前对设计施加的限制。按照目前的做法，飞机的设计航程比实际需求的更长，因为这在操作方面提供了灵活性，使转售更容易，尽管代价是牺牲了潜在的减少燃料消耗的可能性。在2010年国际民航组织的一项审查中（国际民用航空组织，

2010），通过改变设计限制，发现了以下额外但相对较小的节省：

- ▶ 将巡航马赫数从M=0.84减少到0.78将为双通道飞机节省大约4%的潜在成本
- ▶ 在某些设计中，增加翼展可以减少燃料消耗，尽管这将需要在机场安装更宽的登机门或折叠机翼（如波音777X）。
- ▶ 发动机注水以减轻起飞时遇到的高温问题将改善巡航过程中的发动机性能，因为需要较少的涡轮冷却空气
- ▶ 限制爬顶性能（使气候率更小）可以更好地优化引擎

独立专家还研究了先进的替代机型，比如混合翼体（一种将机身与大三角翼合并的设计），以及机身较宽、机翼较小、发动机在飞机尾部的配置。对于混合机翼，燃油消耗与先进的常规飞机相比，减少了10%-12%。另一种替代设计Aurora D8是由麻省理工学院（MIT）在美国国家航空航天局（NASA）的支持下研究的，它具有机翼和独立的机身，并提供了大约13%的改进（Chen等，2019）。预计混合机翼机体的燃油消耗效率将比目前的飞机高31.5%。总体而言，在未来20年左右的时间里，飞机机身和发动机可能会有所改进，这将使燃烧燃料指标每年提高约1.2%。然而，关键的结论是，潜在改进的总和与航空业的预期增长不相匹配，更不用说从当前水平上减少排放了。

运营改进

实际上，飞机的运行通常不是最优的，因为它们经常以满载状态飞行并且由于转向和保持模式而不能采取最佳飞行路线。可以通过以下方式改善运营状况：例如，在码头区使用单引擎滑行程序和地面保持，降低或降低出发时的推力，在途中采用更直接的航路和天气优化的航路，以及到达时的连续降落进场（CDA）。国际民航组织最近的一项研究计算出，路由效率低下目前总计占2%-6%（Brain和Voorbach，2019）。显然，改善操作以减少二氧化碳排放的范围是有限的。

5.3.3 替代燃料

对于航空和航运业来说，如果不从目前燃烧的化石燃料转向替代燃料，就不可能实现脱碳。

此类燃料可能包括由生物质，废物或大气中的 CO₂ 直接空气捕集 (DAC) 产生的合成碳氢化合物燃料^③ (英国皇家学会, 2019)，零碳燃料和能源载体，例如氢气和氨气 (只要产生它们时不带来额外的温室气体排放)。本节讨论了在整个生命周期内具有低，零或负温室气体排放的用于航运和航空的非化石替代燃料。

生物燃料

目前，各种生物燃料已用于航运和航空领域，尽管规模很小，据估计，到 2024 年，这些生物燃料占航空燃料总量将不到 1% (国际能源署, 2019)。虽然生物燃料的生命周期排放量较低，但评估它们的优点是复杂的，因为实现“碳中和”的收益很大程度上取决于它们的原料和工艺，以及它们的直接和间接排放，特别是那些由于生产生物燃料而产生土地利用变化 (LUC) 造成的排放。因此，假设生物燃料燃烧是碳中和的是一个基本的计算错误，它取决于隐含的时空边界和假设 (Searchinger 等, 2009)，对于许多生物燃料而言，能源投资回报相对较低或可能为负 (Hall, Lambert 和 Balogh 2014; Chiriboga 等, 2020)。土地和水的可用性也是生物燃料可用性的一个关键和潜在的伦理约束 (纳菲尔德生物伦理委员会, 2011)。

就运输而言，生物燃料目前的价格是传统燃料的三到五倍 (CE Delft 和 Ecorys, 即将面世)，在航空方面的价格也相似 (国际能源署, 2018)。

来自可再生能源的电子燃料

人们还讨论了其他合成碳氢燃料的生产途径，如动力转化为液体的“电子燃料”(e-fuels) (Schmidt 等, 2018)，或更广泛的“动力转化为 x 的途径” (Kober 等, 2019) (例如，通过焚烧城市垃圾)。这种燃料的生产迫切需要可再生的电力、二氧化碳和水来合成碳氢化合物燃料。为了产生碳中性燃料，需要通过可再生能源驱动的电解来产生氢气，而 DAC 需要直接从大气中吸收二氧化碳，并用于费托合成、甲烷化或甲醇合成过程。尽管可能从残留排放中捕获一些二氧化碳，其中包括发酵和水泥生产等过程，但 DAC 仍是一个巨大的挑战。

就环境绩效而言，电子燃料对土地的需求比生物燃料小得多，而且不依赖耕地 (Schmidt 等, 2018)，即使它们确实需要大量的可再生电力 (Fuhrman 等, 2020)。

尽管从直接空气捕集获得足够的可再生能源和二氧化碳存在重大障碍，同时其成本要比直接提取和提炼化石燃料高得多，但制造合成燃料在技术上是可行的。

就航空而言，由于不含煤烟颗粒 (由化石煤油芳烃形成并导致煤烟的形成)，因此使用可再生合成燃料 (或生物燃料) 还将通过减少与轨迹转换有关的变暖而使气候受益 (Bier 等, 2017; Bier 和 Burkhardt, 2019)。

氢和氨

氢可以用作内燃机或燃料电池中的零碳燃料。为了确保氢是碳中性的，氢必须在碳捕获和储存 (CCS) 过程中从可再生能源或化石燃料的改造中产生。

尽管液态氢 (LH₂) 的单位质量能量密度约为航空煤油的三倍，但它的单位体积的能量密度却低得多。还需要厚的绝缘层，这进一步增加了有效体积。因此，在航空中使用它需要对飞机的设计进行根本性的改变 (McKinsey 和 Company, 2020)。同样，对于船舶来说，氢气所需的空间约为柴油箱的七倍 (DNVGL 集团, 2019)，这将导致收入和航程损失。此外，LH₂ 动力飞机或船舶还面临许多基础设施方面的障碍，如发电和配送，意味着其发展只有在大规模的以氢为导向的能源经济中才能实现。

利用含氢化合物作为载体，可以在不存在低温或高压储存问题的情况下获得氢的能量含量。这可以用碳氢化合物来完成，也可以用氮气来生成氨。燃烧氨气会在燃烧过程中释放出氢气能量，而不会产生二氧化碳。氨气需要的体积约为传统油箱的 3.5 倍 (DNVGL 集团, 2019)。虽然还需要进行研究和开发，包括限制一氧化二氮 (一种强有力的温室气体) 排放的方法 (Valera-Medina 等, 2018)，但内燃机可以被改造成以氨为动力。

全电推进

如果电力是在不排放二氧化碳的情况下产生的，那么全电力推进可以实现碳中和 (Epstein 和 O'Flarity, 2019)。然而，航空和航运的一个主要障碍是，每单位质量电池中储存的能量约为 250 瓦特 - 小时 / 每千克 (W-hr/kg)，而碳氢燃料的热值约为 12000 瓦特 - 小时 / 每千克。此外，电机和控制单元又重又大。

^③ 文献中使用了不同的数据源和排放估算方法，这可能会导致一些差异。例如，国际能源署数据使用“自上而下”的方法，而 Fleming 和 deLépina (2019) 的排放模型使用“自下而上”的方法。

对于飞机来说，电池的重量意味着电池推进的飞机将被限制在更短的航程内。Langford 和 Hall (2020) 最近的一篇文章指出，电力推进在 50 到 200 英里的航程中具有经济意义，这意味着它对减少航空部门二氧化碳排放的贡献很小。类似地，电池可以用作短途航行的船舶（最明显的是渡轮）的动力，而长途航行则不能，除非进行了重大改进。

影响和主要挑战：关注价格信号和经济激励措施

航运业摆脱化石燃料的转型有几个选择。过去两年的技术经济分析 (Ash 和 Scarbrough, 2019; 劳埃德船级社 [LR] 和大学海事咨询服务 [UMAS], 2019; DNVGL 集团, 2020; 国际能源署, 2020) 都表明，在许多情况下，可持续氨气是航运中最便宜的脱碳选择，而且只需要对现有的船上机械设备稍加改进即可。然而，这项技术还处于开发阶段，而且在未来三年不太可能进行全面试验，因此延长了最低成本燃料的不确定性时期。

航空用非碳氢化合物燃料需要彻底的机身 / 发动机和基础设施变革。相比之下，“直接”燃料选项（包括替代碳氢燃料，例如生物燃料和电子燃料）对飞机的要求很少或根本不需要改变，尽管它们在发动机中燃烧时仍会排放二氧化碳。尽管如此，与传统喷气机燃料的生命周期相比，直接使用的燃料具有更大的气候效益。

使用替代性低碳或零碳燃料将涉及大量投资，其中大部分 (90%) 将为所需的生产和分销基础设施提供资金，而对车载发动机和燃料存储的需求则要少得多 (Carlo 等, 2020)。对于运营商而言，这将反映在燃料成本中，这对于航运和航空业都意义重大。据估计，未来碳中和零碳燃料的价格在 20-100 美元 /10 亿焦耳之间，这大大高于目前的航空燃料成本 7.5 美元 /10 亿焦耳。据国际能源署估计，2018 年航空生物燃料的平均生产成本约为化石喷气煤油的两到三倍 (国际能源署, 2018)。主要的不确定性在于一次能源的成本和可用性，如可持续的生物质和可再生电力 (DNVGL 集团, 2020; 国际海事组织, 2020; LR 和 UMAS, 2020)。2020 年夏季，船用燃料的交易价格约为 8-9 美元 /10 亿焦耳 (船舶和燃料船未注明日期)，尽管最近的价格已超过 16 美元 /10 亿焦耳。

向温室气体排放量低且可再生的燃料的转变提供了非常强大的经济信号，这将进一步影响车队增长的基本投入。如果更高的燃料成本转化为机票价格，根据价格弹性，假设所有其他因素保持不变，需求将会减少。客运航空旅行的弹性差异很大 (Smyth 和 Pearce, 2008)，但不同旅行等

级的平均弹性可能为 -1.1

(Becken 和 Carmignani, 2020)。就航运而言，适应这些新经济条件的供应链可以使使用可再生燃料的船队调整服务并使其技术现代化，从而实现温室气体目标，而对航运需求的增长产生最小的影响 (Halim, Smith 和 Englert, 2019)。

归根结底，现有化石燃料和后化石燃料之间的价格差距是阻碍投资领域和陆地基础设施的一个关键挑战。如果没有足够严格的监管来强制或支持零碳燃料的使用，这些投资不太可能以所需的规模流动，除非客户对零碳运输服务有偏好，或者零碳运输服务的价格溢价。

5.4 降低排放的路径

第 5.2 节表明，鉴于预计的排放量增长和缺乏永久性的二氧化碳去除，航运和航空的预计排放量与符合《巴黎协定》温度目标的排放路径不一致。这意味着尽管成本高昂，但仍需实施第 5.3 节中提出的脱碳方案。本节讨论了这两个部门商定的政策目标，认为这些目标不足以在 2050 年或 2070 年之前实现完全脱碳，并讨论了如何加强政策。

5.4.1 当前的运输政策

2011 年，国际海事组织 (IMO) 通过了强制性的技术和运营能效措施，有望显著减少国际航运产生的二氧化碳排放量。这些强制性措施 (EEDI/ 船舶能源效率管理计划 - SEEMP) 于 2013 年 1 月 1 日生效。2016 年，通过了额外的修正案，以强制要求收集和报告船舶燃油消耗数据。2018 年，国际海事组织海洋环境保护委员会 (MEPC) 通过了《国际海事组织船舶温室气体减排初步战略》，明确了船舶排放的目标水平。这些在战略中表示为：

- ▶ 通过加强对船舶能源效率的设计要求，尽快消除国际船舶的温室气体排放
- ▶ 与 2008 年相比，到 2030 年将国际航运的碳强度（单位运输工作的二氧化碳排放量）至少提高 40%，到 2050 年至少提高 70%
- ▶ 尽快将国际航运的温室气体排放设定为下降的路径，到 2050 年国际航运业温室气体年排放总量比 2008 年至少减少 50%，以此作为符合《巴黎协定》温度目标的减排目标

国际海事组织（IMO）将在2023年就修订后的温室气体战略达成协议，这将是根据最新科学更新量化指标、并消除目前关于符合巴黎协议温度目标的模糊性的重要机会。目前，国内航运的二氧化碳排放一般没有在国家气候变化公约中得到解决。

非国家行为者的作用和国家战略

航运运输要进行脱碳所需的系统变更是相当大的，并且需要行业法规以克服一系列市场障碍和失败。国际海事组织最常见的监管目标是船舶和船东，尽管大量证据表明，还有许多额外的能源效率障碍和失败（Faber等，2012；Rehmatulla和Smith，2015）。

减少运输中温室气体排放的私人标准和举措包括：

- ▶ 实现零碳联盟：约140家企业的合作，致力于实现从2030年开始为国际航运建立可扩展的零碳能源解决方案的目标（全球海事论坛，2020）。
- ▶ 《波塞冬原则》：承诺提供透明的投资组合操作碳强度年度报告，并由占国际航运投资资本约30%的金融机构解释国际海事组织最初战略（《波塞冬原则》）。
- ▶ 《海上货运宪章》：致力于相对于承租人和货主对《国际海事组织初始战略》的解释，进行供应链运营碳强度的透明年度报告（《海上货运宪章》）。

综上所述，这些举措创造了越来越多的以脱碳为导向的联合举措，这些举措将推动资本和购买决策，并使组织对《巴黎协定》的温度目标负责。它们与《国际海事组织初始战略》和《巴黎协定》的温度目标之间的联系表明，在《经修订的战略》中阐明国际海事组织的雄心可以很容易地转化为进一步的私营部门行动。

5.4.2 现行航空政策

作为联合国的专门组织，国际民航组织在领导航空业对气候变化目标的响应方面起着领导作用。

它为国际航空业制定了两个雄心勃勃的全球气候变化目标，即到2050年每年将燃油效率提高2%，以及从2020年开始实现碳中和增长。国际民航组织成员国已经确定了实现这些目标的“一揽子措施”的四项主要内容：飞机技术，运行改进，可持续的替代燃料和基于市场的机制。成员国还在探讨制定国际航空长期愿景目标的可行性（国际民用航空组织，2016；国际民用航空组织，2019b）。

在行业内减少排放量的手段包括通过《飞机二氧化碳标准》（国际民用航空组织）改进飞机技术，以及关于将燃油消耗降至最低的运营改进措施的指南（国际民用航空组织，未注明日期b）和航空燃料的可持续性标准。飞机CO₂标准有望实现效率的历史性提高，从而实现增量减少。最近的报告表明，每年可以实现约1.2%-1.4%的机队效率提升（国际民用航空组织，2019；Fleming和deLépinay，2019），低于国际民用航空组织每年2%的目标，并且大大低于预计的年度航空业的增长。

民航组织为实现碳中和增长所采取的途径主要是通过部门外措施，特别是通过国际航空碳抵消和减少计划（CORSIA）的抵消部分。在2021—2035年期间，国际航空净二氧化碳排放量不超过2019—2020年的平均水平（国际民用航空组织，2020）^④，CORSIA将要求航空公司购买符合条件的数量来抵消基准以上的排放。航空公司可以通过声称从符合CORSIA标准的燃料中减少排放来降低抵消要求，从而鼓励使用低碳足迹的燃料。至关重要是，联合国气候变化框架公约和成员国必须明确避免重复计算单位的机制。抵销的性质意味着，通过使用这种抵销额，航空部门本身不会出现绝对的减少，实际上可能导致二氧化碳排放量的增加。相反，航空业依赖于其他行业对碳的规避或去除。不仅继续排放，而且可能增加排放，最终的结果将是无法实现全面减排。这一结果与将升温幅度控制在1.5°C内所必需的减排途径形成了鲜明对比（Becken和Mackey，2017）。此外，《巴黎协定》对国际航空二氧化碳排放的模糊性也制约了多边监管。

Scheelhaase等（2018）估计，到2030年，CORSIA将仅抵消国际和国内航空总排放量的12%^⑤。目前，抵消量几乎完全是通过避免排放量提供的。

^④ 这仅是指2019—2020年水平以上的增长。由于新型冠状病毒肺炎航空旅行受到干扰，国际民航组织理事会已将CORSIA试点期的基准线更改为2019年的水平。

^⑤ CORSIA仅解决国际排放问题。

如果假设了附加性，那么只有 50% 的排放量将被“抵消”（Becken 和 Mackey, 2017），因为“基线”是排放两个单位的二氧化碳的情景，即使实现了避免排放，航空行业仍然排放一个单位的二氧化碳。然而，附加性是有争议的，因为它本质上无法被证明（Warnecke 等, 2019）。更有可能的是，将来，由于各国在其国家自主贡献会计中使用补偿（尤其是潜在的重复计算问题），抵销（尤其是封存补偿，例如造林/再造林）可能会变得稀缺。

CORSIA 与其他几项政策并列，最著名的是目前包括欧洲内部航班的欧盟排放交易计划（EU ETS）。在遵守欧盟 ETS 和 CORSIA 方面如何对待欧洲航班仍然是一个不确定的问题（Erling, 2018; Scheelhaase 等, 2018; Maertens 等, 2019）。

5.4.3 加大政策措施力度，实现脱碳

从上一节可以看出，按照《巴黎协定》对航运和航空业进行脱碳虽然非常具有挑战性，但既必要又可行。它要求制定政策，为现有航空业指定降低能耗的目标，以及旨在实现从化石燃料向低碳足迹的替代燃料快速过渡的政策。与引入新燃料有关的政策工具应激励近十年的早期采用阶段，并采取完整的生命周期方法进行排放核算（DNV GL, 2020）。政策应旨在尽快扩大新燃料的部署规模（考虑到资产的使用寿命长），鼓励对生产过程进行投资，并提高所需的可再生电力的发电量。

可以从国内或区域层面开始制定适当的法规，以弥补燃料定价差距。卫星对航运活动的观察表明，估计航运总排放量的 30% 直接落在国家政府的责任范围内，这是先前估计的数量的两倍（UCL, 2020）。因此，各国政府可以在这一政策领域采取行动，作为其全国发展计划的一部分。国内或地区对航运排放的监管行动也可能促使国际层面采取更积极的行动（在国际法中称为“自主互动”），并作为行业信号（Martinez Romera, 2016）。

鉴于供需是相互关联的，而且投资者需要有信心，相信燃料会找到市场，或者船舶或飞机能够购买他们所需要的燃料类型，所以转型需要时间。由于这些各种滞后效应，在考虑到联合国所有可持续发展目标（SDGs）的情况下，尽早和逐步开始过渡是很重要的。

5.5 结论

1. 如果不加以遏制，国际航运业和航空业预计在未来几十年将排放越来越多的二氧化碳和其他温室气体。BAU 的假设情况表明，到 2050 年，根据政府间气候变化专门委员会《SR1.5》说明性情景，这些部门的国际排放量将消耗可允许的 CO₂ 排放量的 60%-220%。

2. 目前的政策框架是不够的，因此需要采取其他政策来弥合这些部门当前的 BAU 轨迹与符合《巴黎协定》温度目标的温室气体路径之间的差距。

3. 如果进一步的政策能够鼓励技术和运营的改进，则可以提高运输的燃料效率。但是，由于预期的需求增加（即使考虑到当前全球新型冠状病毒肺炎疫情的潜在影响），这种改善不太可能导致航运或航空业的脱碳和二氧化碳绝对减少。

4. 因此，这两个部门都需要将能源效率最大化与从化石燃料的快速过渡相结合。化石燃料替代品将需要在不燃烧化石燃料的情况下生产，这将需要对新生产和供应链进行脱碳（并迅速扩大规模）。

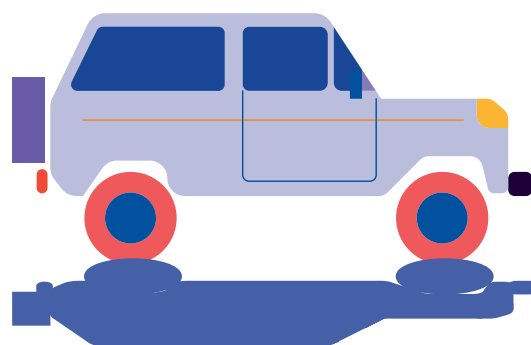
5. 国际航空目前打算通过过度依赖碳补偿来实现其国际民航组织的目标，碳补偿并不是绝对的减少，但充其量只能为过渡到低碳燃料和提高能效提供时间。在最坏的情况下，碳抵消会抑制对行业内脱碳的投资，并推迟必要的转型。目前的碳抵消显然不是一个长期的解决方案，因此需要最小化并最终逐步取消。国际民航组织通过定于 2032 年进行的国际航空碳抵消和减排计划审查承认了这一点。

6. 在未来的几十年里，由于碳氢化合物作为燃料的固有优势，飞机很可能将使用碳氢化合物作为燃料。与飞机相比，舰船在燃料的体积和质量方面受到的限制较少，因此有更多的选择，包括氨。

7. 生物燃料的碳足迹可能比化石燃料低，但这对导致的 LUC 排放很敏感，无论是直接的还是间接的，这很难量化。化石燃料替代品的大规模生产将是困难的、昂贵的，而且可能对环境有害。

8. 用于氨和合成烃燃料的氢原料只有在生产由可再生电力提供动力，并且在不额外燃烧含碳材料的情况下获得大量二氧化碳的情况下才会产生净效益。在航空中使用合成燃料和生物燃料将有助于减少碳轨迹转换带来的变暖。

9. 尽管在需求和价格方面存在很大的不确定性，但不管原料和工艺如何，燃料成本可能会增加几倍。燃料成本的任何增加都会增加航空和航运的成本。这可能会抑制需求，尤其是航空需求，而航空需求最终可能是管理该行业排放的最有效手段。



6 缩小差距 ——公平的低碳生活方式的作用

主要作者：

Stuart Capstick (英国卡迪夫大学气候变化和社会转型中心, 廷德尔气候变化研究中心), Radhika Khosla (英国牛津大学) 和 Susie Wang (英国气候外展)

共同作者：

Nicole van den Berg (荷兰乌得勒支大学), Diana Ivanova (英国利兹大学), Ilona M. Otto (格拉茨大学韦格纳气候与全球变化中心和德国波茨坦气候影响研究所), Timothy Gore (英国国际乐施会), Adam Corner (气候外展, 英国气候变化和社会转型中心), Lewis Akenji (德国热冷研究所), Claire Hoolohan (曼彻斯特大学气候变化和社会转型中心, 英国廷德尔气候变化研究中心), Kate Power (丹麦 KR 基金会), Lorraine Whitmarsh (巴斯大学气候变化和社会转型中心, 英国廷德尔气候变化研究中心)

6.1 消费问题以及生活方式为何对应对气候变化至关重要

要最大限度地减少气候变化的影响, 就需要人们的生活方式以及我们组织社会、机构和基础设施的方式迅速转变。家庭消费约占全球温室气体 (GHG) 排放量的三分之二, 这一事实凸显了这一点 (Ivanova 等, 2016)。生活方式和消费排放量大约占全球总排放量的 65%, 而 Hertwich 和 Peters (2009) 则认为该比例约占总排放量的 72%^①。总体而言, 遵守 1.5°C 的目标的《巴黎协定》提出要求到 2030 年将人均生活方式的碳排放量减少到大约 2 到 2.5 吨二氧化碳当量, 到 2050 年将减少到 0.7 吨 (政府间气候变化专门委员会 [IPCC], 2018; 全球环境研究所策略 [IGES] 等, 2019; Ivanova 等, 2020)。大多数寻求将气温上升幅度控制在 1.5°C 以内的气候减缓途径都设想了生活方式的改变会起到主要作用 (政府间气候变化专门委员会, 2018)。国际能源署 (2020) 也得出了同样的结论, 即行为改变是到 2050 年实现净零排放的减排战略的组成部分, 特别强调了改变国内能源使用以及减少汽车使用和客运航空的必要性 (见第 5 章)。

了解生活方式排在人口和活动中的分布情况, 对于制定公平的缓解措施的目标非常重要, 以鼓励高消费排放的

家庭减少排放, 并避免给穷人带来负担的倒退影响 (Rao 等, 2017; Roberts 等, 2020; Wiedman 等, 2020)。

各国之间的平均消费排放量差异很大。例如, 美国目前的人均消费排放量约为人均 17.6 吨二氧化碳当量, 约为印度的人均 1.7 吨排放量的 10 倍。相比之下, 欧盟和英国的人均足迹大约为 7.9 吨 (见第 2 章)。

一系列估算表明, 收入与排放之间存在很强的相关性, 全球消费排放分布极不平等。这些研究估计, 收入最高的 10% 的人所占的排放量约占全球总量的 36% 至 49%, 而收入最低的 50% 的人所占的排放量约占所有排放量的 7% 至 15% (Chakravarty 等, 2009; Chancel 和 Piketty, 2015; 乐施会, 2015; Hubacek 等, 2017; Dorband 等, 2019; 乐施会和斯德哥尔摩环境研究所 [SEI], 2020)。在研究估计最高收入, 最高排放者的足迹的情况下, 这种差距尤为明显: 研究发现, 前 1% 收入的总排放比例很可能超过后 50% 的比例, 也可能是两倍 (Chancel 和 Piketty, 2015; 乐施会和斯德哥尔摩环境研究所, 2020)。在全球前 10% 和 1% 的人口中, 约有一半的消费排放与高收入国家的公民有关, 另一半人口中的大多数与中等收入国家的公民有关 (Chancel 和 Piketty, 2015; 乐施会和斯德哥尔摩环境研究所, 2020)。

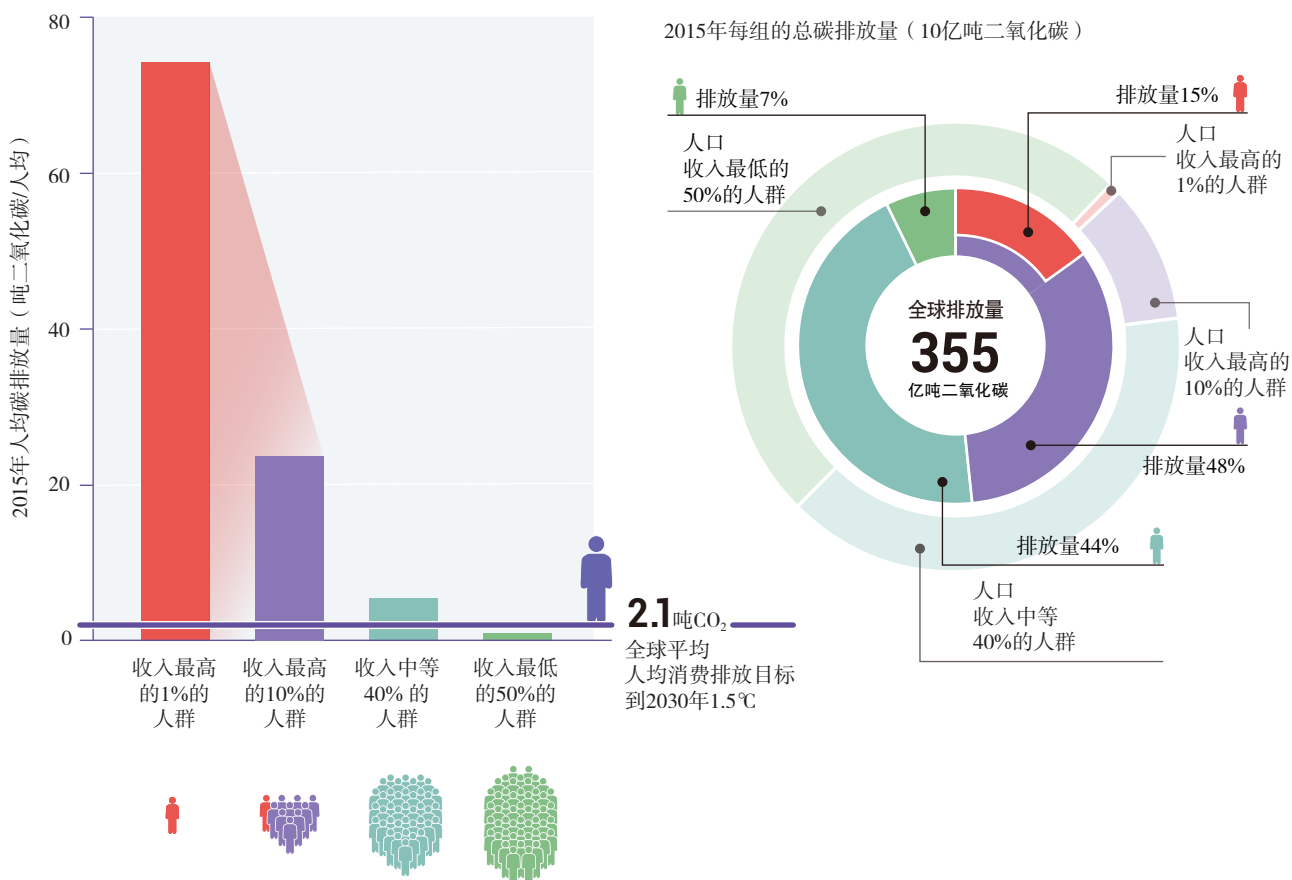
^① 使用基于消费的核算计算, 包括与家庭使用的产品和服务的生产和使用相关的温室气体排放量。

一项研究估计，收入最高的 0.1% 的“超级富豪”的人均排放量约为 217 吨二氧化碳，比全球最贫穷一半人口的平均水平高出几百倍（乐施会和斯德哥尔摩环境研究所，2020）。

从图 6.1 中，根据乐施会和斯德哥尔摩环境研究所（2020）的数据，全球不同收入群体的人均二氧化碳消费排放量估计值。这项分析估计人均二氧化碳排放而不是二氧化碳当量，

并将所有消费排放分配给个人，而不仅仅是与家庭消费相关的排放。为了表明所需的生活方式排放变化的相对规模，还提出了 2030 年全球人均消费排放 2.1 吨二氧化碳的目标，这是由乐施会（2020）估计的 1.5°C 一致路径所暗示的。在图 6.1 估计表明，到 2030 年，全球收入最高的 10% 收入人群的人均消费排放量需要减少到目前水平的十分之一，其中的 1% 至少可以达到 30 倍，而最贫穷的 50% 的人的收入可能会增加到目前水平的三倍。

图 6.1. 2015 年全球四个收入群体的人均和绝对二氧化碳消费排放量



注释：2015 年，全球四个收入组的人均 CO₂ 消耗排放量和绝对 CO₂ 消耗排放量，与 2030 年将升温限制在 1.5°C 以内的减排目标相比。2015 年的收入门槛是根据 2011 年的美元购买力平价：1% > 109000 美元；10% > 38000 美元；中位数 40% > 6000 美元；最贫穷的 50% 不到 6000 美元。

其他估计的数据也证实了按收入等级划分的排放量存在巨大差异。Oswald 等（2020）估计，全球收入最高的 10% 的家庭将大约 45% 的能源用于陆路运输，而将大约 75% 的能源用于航空，相比之下，最贫穷的 50% 的家庭分别为 10% 和 5%。类似的，Ivanova 和 Wood（2020）发现，在排放量最高的欧盟家庭中，很大一部分排放与交通有关。

要设计公平的低碳生活方式，重要的是要考虑这些消费不平等现象，并确定碳足迹非常高和非常低的人群。解决消费不平等问题中心在于，将“进步”和“富裕”的含义从收入或能源密集型资源的积累转移到实现福祉和生活质量上。研究表明，在大大降低能源消耗水平的情况下，可以获得包括所有人基本需求在内的全面幸福感（Rao 等，2019；Millward-Hopkins 等，2020）。



6.2 按部门实现生活方式的减排

为了帮助理解减少生活方式排放的可行方案，避免-转移-改善（ASI）框架（Creutzig 等，2018；van den Berg 等，2019）提供了一个有用的概念分类。这个框架并没有明确说明生活方式的改变是如何发生的，但是提供了关于可能减少排放的类型的区别。在本章中，我们强调从交通、住宅能源使用和粮食方面减少排放，因为这些是改变生活方式能够减缓气候变化的关键部门，分别占生活方式排放的 17%、19% 和 20%（Hertwich 和 Peters，2009）。

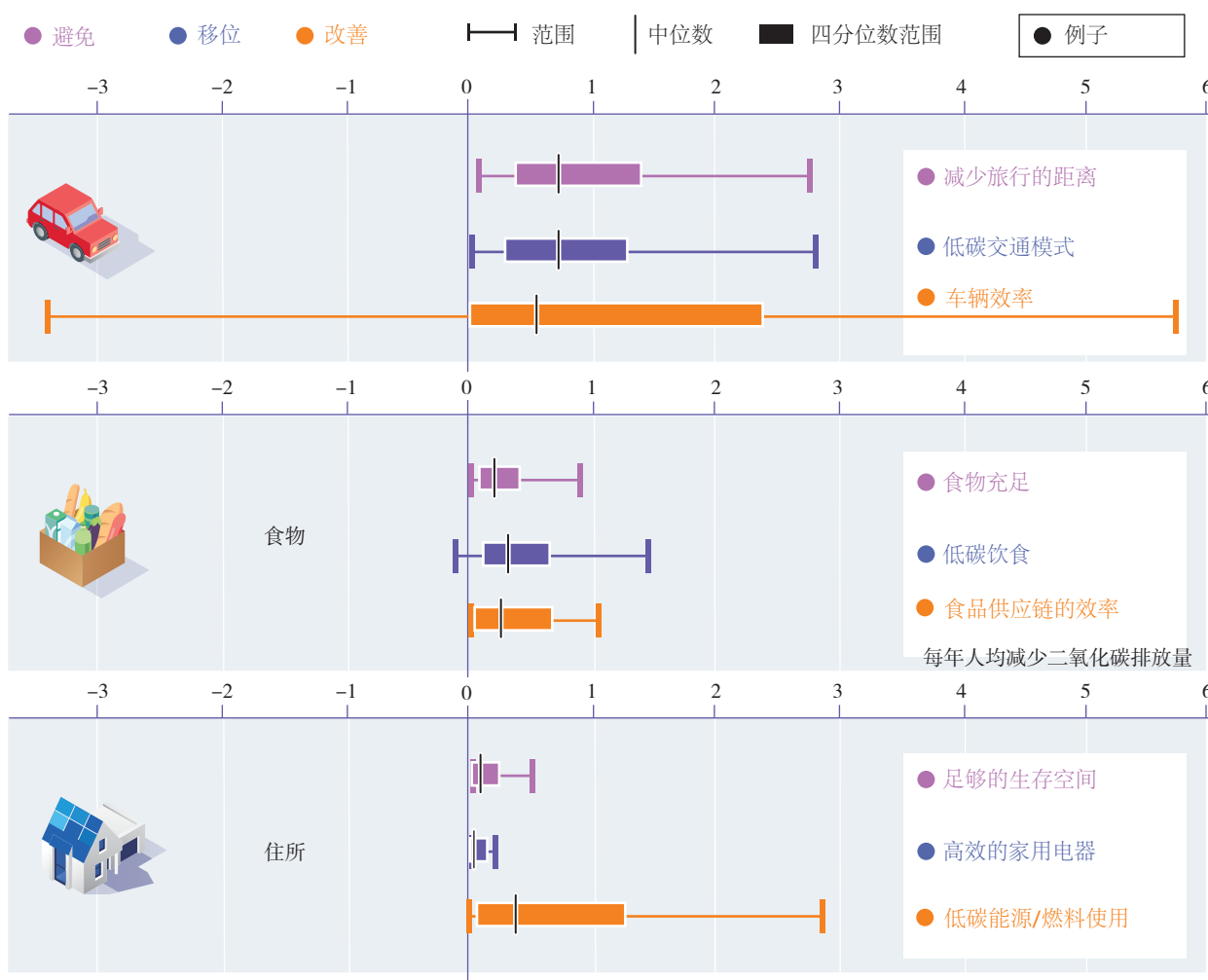
避免类是指通过放弃某些消费方面（例如，减少旅行，减少电器）来减少能源或碳需求。转变类别包括将行为转变

为低碳密集型的消费方式（例如，选择步行，骑自行车或公共交通工具代替私家车；以植物为主的饮食）。改善类是指在不改变潜在消费活动的情况下，通过提高效率或以低碳技术替代技术来减少温室气体排放；这一类别包括提高汽车效率和转向电动汽车（BEV）、高效家用电器、家用可再生能源和消费有机种植的食品等。

图 6.2 显示了根据 Ivanova 等（2020）对 53 项生命周期评估研究的综述，按不同部门和 ASI 类别汇总的不同碳减排潜力备选方案的箱线图^②。这些研究包括了消费国以外可能发生的供应链影响。图 6.2 还显示了基于各研究的减排潜力中位数得出的跨部门变化的说明性示例。

^② 有关本章中包含的结果的更多详细信息，请参见附录 III。有关搜索，程序和纳入标准的更多详细信息，请参见（Ivanova 等，2020）。

图 6.2. 避免、转移和改进领域内的消费选择的碳减排潜力



注释：每个部门和每个 ASI 类别的合计消费选项。误差条表示估计的最小值和最大值（不包括异常值，这些异常值被归类为大于 1.5 倍的四分位数范围），专栏表示四分位数范围，中间线表示消费选项的中值。每个部门的 ASI 类别的例子都给出了。有关包括的消费选项的详细分类，请参阅附录 III 和 Ivanova 等（2020）。

基于图 6.2 所示的变化类型，表 6.1 至 6.3 提供了来自不同国家的例子，说明了鼓励低碳生活方式实现出行，住宅能源使用和食物的方法，涵盖了假设和实施案例，以及一系列机制（例如，基于城市的项目，国家政策和公民主导的倡议）。我们将在 6.3 节中更详细地讨论实现生活方式航班的各种机制。

在流动性方面（表 6.1），通过避免和减少旅行，在减少排放方面有很大的缓解潜力。减少长途航班具有以公平方式减少排放的巨大潜力：航空旅行约占欧盟排放最高的 1% 家庭的碳足迹的 41%，但甚至不到贫穷的 50% 的家庭的 1% 的排放量。虽然这一缓解办法只适用于主要比较富裕的飞行人员，但它有可能大幅减少排放量，每次避免长途

返程飞行的排放量约为 1.9 吨二氧化碳当量（关于减少航空部门排放的以技术为中心的备选办法的更详细讨论，请参阅第 5 章）。

通过更多的积极出行，如骑自行车和步行，以及更多地使用公共交通工具，也可以减少交通带来的排放。改善机动车排放的其他选择包括提高车辆效率或采用纯电动汽车。总体而言，出行部门的消费选择显示出较高的减排潜力和高的收入弹性。（即收入与出行排放之间存在密切联系；Ivanova 和 Wood 2020；Oswald 等，2020）。这表明，整个行业的减排措施可能是相对有效和公平的，因为它们涉及限制高收入家庭的奢侈品消费。

表 6.1. 高能源强度 (能源足迹 / 消费支出), 高收入需求弹性 (奢侈品消费)

最有效的改变	每年温室气体减排潜力平均 (最小 / 最大) 吨二氧化碳当量上限	改变生活方式的机制	实际的例子
减少使用长途 / 中程航班	少飞一个长途回程航班: 1.9 (0.7/4.5) 少一次中程返程: 0.6 (0.2/1.5)	经济政策: 终止煤油免税; 实施常旅客费; 鼓励国内旅游 法律框架: 限制航空公司和航班广告; 机场扩建面临的法律挑战 交通基础设施: 终止高收入国家机场的进一步扩建; 改善航空以外的水陆交通方式 社会规范和社会运动: 改变航空旅行的愿望 社交惯例: 虚拟会议的使用越来越专业	英国的机场扩建计划目前以气候原因被依法否决 (Mitchell, 2020) 奥地利国内航班被维也纳和萨尔茨堡之间的城际铁路取代 (铁路公报, 2020) 印度国内旅游免税鼓励陆上旅游 (Kumar, 2016) “飞行常客税”可能会减少富人乘坐飞机的次数 (Fouquet 和 O’ Garra, 2020) 飞行规范的变化: “飞行耻辱” (Gössling 等, 2020) 快速采纳和规范应对新型冠状病毒肺炎在线工作实践 (Carroll 和 Conboy, 2020)
减少汽车使用, 增加公共交通积极的出行 (骑自行车, 步行)	无车生活: 2.1 (0.6/3.6) 减少车辆使用量: 0.8 (0.1/1.6) 拼车: 0.3 (0.0/1.0) 转向主动运输: 0.8 (0.01/2.8)	经济政策: 公共交通补贴; 购买自行车和自行车的激励措施; 道路收费和拥堵费; 车辆配额政策 法律框架: 禁止汽油和柴油车辆销售; 泊车及分区限制; 绿色公共采购 交通基础设施: 应对高峰需求, 例如通过拼车专用道; 扩大循环网络; 开放专用自行车道; 引入无车住宅区; 扩大公共交通设施 人际影响: 个人行动有助于积极出行的可见性和主流化 习惯破坏: 当人们搬家时, 有针对性的干预	综合政策和基础设施使在哥伦比亚、荷兰、德国和丹麦骑车成为可能 (Cervero 等, 2009; Pucher 和 Buehler, 2008) 奥地利的无车定居点 (Ornetzeder 等, 2008) 美国汽车共享促进了家庭排放的大幅减少 (Martin 和 Shaheen, 2011) 全球提供公共自行车共享计划 (Meddin 等, 2020 年; 联合国环境规划署 (UNEP) 2016) 提供电动自行车的工作场所 (Page 和 Nilsson ; 2017) 为了应对新型冠状病毒肺炎, 在欧洲增加“弹出式”自行车道的自行车骑行 (克劳斯和科赫公司, 2020)

续 表

最有效的改变	每年温室气体减排潜力平均 (最小/最大) 吨二氧化碳当量 上限	改变生活方式的机制	实际的例子
减少汽车使用， 增加公共交通 积极的旅行（骑 自行车，步行）	转向公共交通： 1.0 (0.2/2.2)	态度及意识： 单车安全及推广活动；车辆 燃料销售点的碳标签 社会规范： 增加主动旅行和拼车选择的 便利性和吸引力，例如通过汽车俱乐部或共 享社区车辆	对自行车购买和维修的减税激励措施——欧 盟（Fleming，2019）和英国（Swift 等，2016）。 印度的公民运动推动优先考虑非机动车 （Roy，2015）和倡导组织加快了哥伦比亚和 丹麦对自行车运动的吸收（Rosas-Satiz 6 bal 和 Rodriguez-Valencia，2019；Carstensen 等， 2015）
更小、更高效的 汽车	0.4 (0.0/1.1)	经济政策： 基于排放的差异化车辆税法律 框架和态度转变： 禁止大型、高碳私家车的 广告 社会规范和社会运动： 改变大型和高排放 车辆的可取性 态度和意识： 车辆燃料销售点的碳/生态 标签	挪威实施的有差别的税额减少了高排放汽车 的购买，但也导致柴油汽车增加（Ciccone 2018）禁止运动型多功能车（SUVs）和高排 放汽车广告的运动（Beevor 等，2020） 意大利实行排放标准以鼓励小型汽车 （Shindell 等，2011） 购买化石燃料（例如汽油泵）时的健康警 告和生态标签，以促使行为改变（Gill 等， 2020）
电池电动汽车 (BEV)、燃料电 池汽车(FCV)、 混合动力车	BEV： 2.0 (-1.9/5.4) (不同的电力组 合) 流量控制阀： 0.0 (-3.4/5.8) 混合动力：0.7 (-0.2/3.1)	交通基础设施： 充电站网络；电动汽车优 先停车和公交专用道；公共交通电子出行 选择，如电动巴士 经济政策： 电动汽车免税；购买电动汽车 的补助和奖励 人际影响： 家庭吸收和对话有助于电动汽 车的扩散 态度转变： 电动汽车的社会营销，突出车 辆性能和解决里程焦虑 * 为了优化这些机制的影响，使电力结构 脱碳也很重要。供应方面：暂停、禁止化 石燃料勘探和开采	挪威公交车道的开通、费用和税收的减免导 致了纯电动汽车的普及（Aasness 和 Odeck， 2015）；通过公民之间的社会影响巩固 （Figenbaum，2017） 对汽油的限制，加上财政激励，使得纯电动 汽车在中国推广普及（Li 等，2019） 哥斯达黎加、伯利兹、墨西哥（图德拉， 2019）、新西兰（2019）和法国（2017）暂 停石油勘探

注释：所有表的减排计算基于 Ivanova 等的 meta 综述（2020）。有关减排范围和更多细节，请参阅元综述。括号内包括了减少排放的绝对最小和最大范围。

就住宅部门而言（表 6.2），通过采取低碳供暖和家庭使用可再生能源以及节能建筑和翻新等措施，在减少排放方面有很大的潜力。进一步的选择包括通过缩小生活空间和调整房间温度来减少排放。总的来说，住宅消费选择显示出

相对较高的减排潜力，尽管需求的收入弹性（包括基本或基本消费）要低得多，而且这些选择高度依赖于社会经济群体和地区的情况（Oswald, 2020）。

表 6.2. 能源强度高，需求收入弹性低（基本或必需消费）

最有效的改变	每年温室气体减排潜力平均（最小/最大）吨二氧化碳当量上限	改变生活方式的机制	实际的例子
提高电器和热泵的能源效率；更好的绝缘和结构	翻新 / 翻新: 0.9 (0.0/1.9) 热泵: 0.9 (0.0/1.8)	<p>经济政策: 改造复苏计划；为房东和业主增加改造效益的激励措施；鼓励购买新的节能电器实体基础设施；节能建筑和更严格的建筑标准；木制建筑</p> <p>行为改变: 减少改造行动的障碍；让家庭更容易投资提高能源效率</p> <p>基于信息的政策: 节能产品的标准和标签</p>	<p>美国住宅能效的提高；经济低迷后改造公共住房（气候行动追踪组织，2020）</p> <p>印度住宅发光二极管（LED）采购计划（Kamat 等，2020）</p> <p>立法提高产品的环保性能；欧盟的生态设计和能源标签（Casamayor 和 Su，2020；欧盟委员会，2020）</p> <p>日本能源密集型产品能效标准（亚洲能效与节能协作中心，2020）</p>
家庭使用电网和现场可再生能源；热泵；区域供热和制冷；热电联产	家庭使用可再生能源: 1.5 (0.3/2.5)	<p>实体基础设施: 为家庭生产可再生能源提供可再生电力和相关基础设施</p> <p>经济政策: 鼓励投资和消费可再生电力</p> <p>法律框架: 限制以化石燃料为基础提供家庭能源</p> <p>社会影响: 利用社会扩散</p> <p>太阳能板的综合 / 社区定价方案；通过可见的路标强调可再生能源的存在；启动社区参与计划</p>	可再生能源的违约导致绿色家庭能源关税的提高（Schonau, Germany；美国几个州；Kaiser 等，2020；Kennedy 和 Rosen，2020）

续 表

最有效的改变	每年温室气体减排潜力平均 (最小/最大) 吨二氧化碳当量 上限	改变生活方式的机制	实际的例子
鼓励向低能耗转变的技术	低温: 0.1 (0.0/0.4)	经济政策: 鼓励使用低能耗和节能的采暖和制冷设备; 为被动式房屋和零净值建筑提供贷款	在英国, 智能电表整体上减少了 22.2% 的天然气消耗, 在高消费者中减少了 27.2% (Mogles 等, 2017)
鼓励向低能耗转变的技术	智能计量: 0.2 (0.0/1.1)	基础设施: 提供智能电表; 使用阴影; 墙体和窗户隔热; 在屋顶和墙壁等区域使用高反射面; 增加通风; 安装感应开关 行为改变: 默认对绿色能源征收关税以鼓励吸收; 通过信息和反馈减少能源使用	规范反馈在某些情况下降低了能源消耗 (Schultz 等, 2007; Jain 等, 2013)

注释: 所有表的减排计算基于 Ivanova 等人的 meta 综述 (2020)。有关减排范围和更多细节, 请参阅元综述。括号内包括了减少排放的绝对最小和最大范围。

就食物而言 (表 6.3), 转向素食或纯素饮食为碳减排提供了巨大的潜力。减少排放的其他选择包括消费当地种植的有机食品和使用改进的烹饪设备^③。虽然这一措施在避免

过度消费和减少食物浪费方面显示出巨大的潜力, 但这些选择大多适用于高收入家庭。

表 6.3. 能源强度低, 收入弹性低 (基本或必需消费)

最有效的改变	每年温室气体减排潜力平均 (最小/最大) 吨二氧化碳当量 上限	生活方式改变的机制	实际例子
素食主义者 / 素食主义者:	素食主义者: 0.9 素食 (0.4 / 2.1) 饮食素食主义者: 0.5 (0.0 / 1.5)	法律框架: 限制高碳食品的广告宣传; 加强对林地的保护, 以抵抗牛场的压力; 确保可持续供应链的贸易政策 经济政策: 终止对不可持续食品工业的激励措施, 并为替代方案提供支持 供应链: 影响供应系统, 例如在超级市场和零售店中更好地获得可持续产品 (例如基于植物的替代品)	芬兰的政策是通过开展行为运动, 学校就餐和对医护人员进行培训来减少乳制品的消费 (Pietinen 等, 1988) 通过社会传播, 奥地利素食主义者的发展 (Plöhl 等, 2020) 欧洲的“从农场到餐桌”计划旨在确保可持续的饮食负担得起且容易获得; 拟立法来解决与森林砍伐有关的食物问题 (欧盟委员会, 2020b)

③ 改进后的烹饪设备按照原 meta-review 分配给食品类别 (Ivanova et al. 2020)。

续 表

最有效的改变	每年温室气体减排潜力平均 (最小/最大) 吨二氧化碳当量 上限	生活方式改变的机制	实际例子
		社会影响力: 通过媒体进行的文化和社会变革	在英国的学校中提供无肉餐 (利兹市议会, 2020); 在挪威武装部队中提供“无肉星期一” (Milford 等, 2019)
充足 (仅吃所需的食物) 和减少食物浪费	0.3 (0.0/1.3)	经济政策: 对超市食品浪费的罚款, 取消自助餐和套餐优惠的激励措施 基础设施: 鼓励餐馆重复利用 / 慈善捐赠剩余食物的计划 态度: 反对食物浪费和不必要的库存的运动	法国实施禁止超市食品浪费政策 (Mourad, 2016); 意大利实施了一项减少食物浪费并鼓励将剩余食物捐赠给慈善机构的法律 (意大利官方公报, 2016)
本地有机食品	有机食品: 0.5 (0.0/0.9) 区域 / 当地美食 0.4 (0.01/1.1)	法律框架: 对有机生产的政策支持; 农药使用标准更高 经济政策: 激励当地的有机选择以确保可负担性 社会影响力: 与社区, 公共厨房和学校合作以传播变化 信息共享: 发达国家和发展中国家之间资源高效农业实践的知识转移	丹麦的《有机行动计划》导致与国家有联系的商店增加了有机食品的供应 (Sørensen 等人, 2016) 城市家庭菜园有减少温室气体排放的潜力 (Cleveland 等, 2017) 粮食种植户在捷克共和国的家庭减少排放 (Vávra 等, 2018) 为菲律宾奎松市的农业区授予法律例外, 以确保更多的自给自足的粮食生产 (C40 城市网络, 2020)

注释: 所有表格的减排量计算均基于 Ivanova 等人的元审查 (2020)。有关减排范围和更多详细信息, 请参见元审查。括号中包括绝对最小和最大排放量减少范围。

尽管此处考虑的估计值来自多个地理区域, 但相对于欧洲和北美的研究, 文献中通常缺乏减轻发展中国家生活方式变化的证据。然而, 在发展中国家推广低碳生活方式措施的方法至关重要, 因为结构性转型提供了契合发展与气候目标的机会 (McCauley 和 Heffron, 2018)。许多发展中国家的经济正在快速增长, 现在采取的基础设施和政策决策有可能长期锁定高碳或低碳生活方式 (后者具有多种益处)。例如, 全球估计有 30 亿人目前依靠高污染和不健康的传统固体燃料进行家庭烹饪和取暖 (Yadama, 2013)。将这些能源转换为电力和清洁燃料可能会严重影响住宅的减排并提供多种发展成果 (Creutzig 等, 2016; Mulugetta 等, 2019)。

6.3 实现生活方式的改变: 哪些机制鼓励低碳生活方式?

迄今为止提供的证据表明, 排放量的增加是现代生活方式的基础。要大幅减少排放量, 就必须对这些消费和行为方式进行重大改变, 尤其是在全球富人中改变 (Davis 和 Caldeira, 2010; Liobikienė 和 Dagiliūtė, 2016; Oswald 等, 2020; 乐施会和斯德哥尔摩环境研究所, 2020)。

一个人的选择会在能够促成或约束行动的广泛环境中起作用 (Akenji 和 Bengtsson, 2014; Walker, 2014), 包括自然环境, 文化习俗, 社会规范以及财务和政策框架, 这与收入水平和对资源的获取程度密不可分。

即使这样，个人可以通过他们所扮演的各种角色来行使环境公民身份，从而带来社会变革：包括作为消费者、组织和社区的成员、参与社会运动和审议过程的公民，或作为资产和投资的所有者（Stern，2000）。这些类型的个人行为不仅会影响塑造生活方式的潜在社会条件，而且还

会影响政府和企业的行为（Otto 等，2020a；Nielsen 等，2020；Amel 等，2017）。结构性条件与人们的生活方式之间的相互作用是动态的：个人选择会对他们所处的环境产生影响，这反过来又会加强或挑战生活方式对气候变化的贡献（见图 6.3）。

图 6.3. 改变生活方式的机制



注释：影响生活方式消费选择的个人，社会和背景以及结构性因素。

6.3.1 奖励，信息和选择规定

鼓励自愿改变行为的方法（例如，信息提供，经济激励措施）一直是政策试图影响生活方式的主要手段（Pykett 等，2011）。可再生能源激励等经济政策刺激了太阳能光伏板的使用（Briguglio 和 Formosa，2017；Mundaca 和 Samahita，2020），并改变了可再生能源与化石燃料相比的竞争力。以市场为导向的政策还可以提高碳减排行动的行为可塑性（即行为对外部条件变化的响应程度）（Dietz 等，2009），这在增加低碳生活方式选择方面至关重要。

有针对性的信息（能效信息，碳标签）也可以使消费者的决策转向更高效和低碳的产品（Langley 等，2012；Kunreuther 和 Weber，2014；Khosla 等，2019；Whittle 等，2019）往往有广泛的公众支持（碳信托，2020）。通过将低碳产品和服务作为默认选项，对决策环境的调整也具有影响力（Kaiser 等，2020）。

尽管信息和激励措施可能有用，但是试图“推动”行为改变的方法存在局限性，因为它们依靠个人责任来带来改变。这种方法有让公民成为替罪羊的风险（Akenji，2012），可能不足以克服惯性（Kaiser 等，2020）。从某种程度上讲，可持续转型并非受到消费者自愿选择（经合组织，2003）的强烈推动，而是受到社会规范等因素的推动，以及消费者可选择的方式的改变（可持续消费圆桌会议，2006）。

虽然有人呼吁采取综合政策，将更多的主观性和限制性政策与自愿性政策相结合（Moberg 等，2018），但公众的可接受性是这两种方法的关键，而不公平地给家庭造成负担的政策将有可能受到强烈反对（Sovacool 等，2017；Moberg 等，2018）。

6.3.2 日常生活的基础设施和惯例

日常生活模式——我们的饮食、旅行和居住方式——是由建筑环境、如何提供服务以及对正常行为的期望所塑造和指导的。(Breadsell等, 2019)。在许多发达国家, 汽车的主导地位是通过依赖汽车的城市基础设施, 空间规划导致人们住在远离工作场所和基本服务的地区, 以及“汽车文化”支持这种交通方式(Mattioli等, 2020)。同样, 高碳饮食已经通过供应链和市场自由化得以建立, 从而促进了便民食品, 大宗购买和以肉类为基础的膳食(Hoolohan等, 2016; Xiong等, 2020)。

如果能够解决高碳生活方式所依赖的基础设施问题, 并对其他碳密集型做法产生连锁效应, 那么减少生活方式排放的努力更有可能有效。例如, 高铁网络可能会降低国内航空需求(Clewlow等, 2014)。相反, 如果基础设施的变化无法预测决策可能如何影响更广泛的日常生活模式, 则可能导致排放失败或意外增加。

6.3.3 社会影响

如果生活方式的改变是由一个人、一个家庭或一个社区完成的, 这可以作为一种催化剂, 促进更广泛的改变, 通过同伴影响传播行为, 并重新配置典型或预期的事物(Shwom和Lorenzen, 2012; Guilbeault等, 2018; Wolske等, 2020)。

社会影响促成了屋顶太阳能电池板的更广泛使用(Bollinger和Gillingham, 2012; 里希特, 2013; Graziano和Gillingham, 2015)、运输方式的转变(Feygin和Pozdnoukhov, 2018)、向植物性饮食过渡(Cherry, 2006)和购买节能产品(Wolske等, 2020)。

在人际关系层面上, 人们效法其他与自己相似的人(Welsch和Kühling, 2009; Abrahamse和Steg, 2013; Amel等, 2017)。在更大的范围内, 少数人的行动可以构成一个“临界群体”, 能够促使行为模式发生更广泛的变化, 从而导致一个转折点, 社会习俗迅速朝着新的常态转变(Centola等, 2018; Otto等, 2020a)。关键个人采取的行动可以让其他人更好地接受类似的选择。高影响力群体的社会影响力, 特别是那些享有声望或有影响力的群体, 可能在塑造什么是理想的方面特别重要, 并影响人们在共同问题上合作的意愿(Anderson, 2011; Henrich等, 2015)。此外, 如果气候传播者、倡导者和研究人员自己追求低碳生活方式, 他们被认为更有说服力, 他们的建议更有可能被采纳(Attari等, 2016; Attari等, 2019; Sparkman和Attari, 2020)。

6.3.4 公民参与

如果社会运动能够集体行动, 则可以让个人失去权力的人发出强烈的声音(Kashwan, 2016; Otto等, 2020b)。“未来青年星期五”气候抗议活动的例子表明, 随着该运动在欧洲、非洲、南美和亚洲广泛开展, 个人之间存在着集体力量——其中许多人甚至没有投票权(Marquardt, 2020)。

《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)《多哈公约》第6条和《巴黎协定》第12条都明确规定了人们参与变革的决心。公民的参与范围可以从正式程序到制定政策, 再到参与社会运动。在存在能够使个人直接制定政策的流程(包括公民的陪审团和议会)的情况下, 他们提出了应对高碳生活方式的结构决定因素的措施的建议(Kythreotis等, 2019; Devaney等, 2020)。例如, 爱尔兰公民大会主张对碳密集型活动征收更高的税收(Torney和O’Gorman, 2019; Muradova等, 2020), 而在法国, 与会者提议对该国《宪法》进行修改, 并提出一项新的“生态灭绝”法律, 促使决策者和其他行为者承担责任(《2020年气候公约》)。2015年在76个国家或地区进行的《全球视野》研究同样发现, 大多数公民支持针对气候变化采取强有力的行动(Dryzek和Niemeyer, 2019)。

倡导包容性解决方案通常是由较贫穷的社区推动的, 这些社区能够展示出缓解气候变化的最佳做法(Roy, 2015)。例如, 南非的“90项目”主张通过青年领导力计划和社区参与, 到2030年将排放量减少90%(Kyle, 2020), 而大胆的内布拉斯加州则将农民, 美洲原住民和其他有关公民召集起来, 共同制定成功的社区行动反对Keystone XL管道的建设(Ordner, 2017)。

6.3.5 破坏习惯

我们的很多行为都是习惯性的——由情境(如一天中的时间)触发的无意识的惯例, 而不是有意识的行为意图(Kurz等, 2015)。习惯是改变生活方式的重要障碍, 因为它们会锁定个人行为, 并随着时间的推移保持其自动重复(Maréchal和Lazaric, 2011)。然而, 由于习惯是在稳定的环境中养成的, 并受到稳定环境的提示(Wood等, 2005), 环境的变化反过来可以提供机会来扰乱已确立的常规习惯(Verplanken等, 2008; Kurz等, 2015)。

“改变时刻”——定义为个人的环境在短时间内发生显著变化的时刻(Thompson等, 2011), 它被认为是改变生活方式的重要杠杆(Capstick等, 2014)。研究表明, 无论是关于一个人的生活过程(如搬家)还是结构变化

(如经济增长或衰退), 都可以提供重塑生活方式的机会 (Birkmann 等, 2010; Verplanken 等, 2018), 如从开车通勤转向在家工作 (Marsden 等, 2020) 或投资于节能住房和在家中使用 LED (Khosla, 2019; Kamat 等, 2020)。

6.3.6 新型冠状病毒肺炎的经验教训：锁定积极变化的机会

新型冠状病毒肺炎影响了世界各地的日常生活, 扰乱了许多既定的行为模式。正如本报告第 2 章所指出的, 封锁政策的意外副作用是碳排放出现了前所未有的急剧下降 (Le Quéré 等, 2020), 这是自二战以来全球最大的相对减少。然而, 遏制新型冠状病毒肺炎的政策与遏制碳排放所需的政策在许多重要方面存在差异, 并且存在这些截然不同的问题之间进行简单的相似性划分的风险。锁定政策迅速制定, 旨在暂时破坏现状。相比之下, 为应对气候变化而进行的生活方式改变需要从现状到更加可持续和公平的做法进行精心管理和长期过渡 (Howarth 等, 2020)。但新型冠状病毒肺炎表明, 在政府和民间社会的协调下, 生活方式有可能发生迅速、广泛和深刻的变化。新型冠状病毒肺炎下缓解气候变化的经验教训不在于观察到的排放量下降的幅度或持续时间, 而在于对生活方式的快速变化所获得的见解。

首先, 政府必须带头并创造条件, 使生活方式的改变成为可能 (例如, 采取经济措施, 使工人能够留在家里)。第二, 积极的社会规范和集体力量意识对行为改变很重要。最后, 通过基础设施来控制行为变化至关重要——例如, 在应对肺炎时, 一些城市采取行动促进步行和骑自行车, 并鼓励当地粮食生产 (C40 城市网络, 2020)。新习惯需要大约两到三个月的时间才能形成 (Lally 等, 2010), 这意味着如果有长期措施的支持, 许多国家的封锁期可能足够长, 就可以建立新的持久常规。

在规划新型冠状病毒肺炎的复苏过程中, 各国政府有机会通过破坏根深蒂固的做法、重新思考基础设施和保护环境标准来催化低碳生活方式的改变 (Büchs 等, 2020 年, 参见第 4 章)。

6.4 各部门的综合政策

根据上述机制, 以下章节概述了在交通、居住和食品部门改变生活方式的综合方法, 提供了已实施措施的实际例子, 以及可能有效的方法。

6.4.1 迈向低碳交通

改变交通部门生活方式的方法包括优先考虑积极出行的果断政策, 鼓励转向低碳交通方式, 不鼓励非必要的出行, 特别是在高消费群体中。

在世界各地, 作为对新型冠状病毒肺炎疫情的直接回应, 人们改变了出行方式和做法。由约 100 个大城市组成的 C40 组织呼吁从新型冠状病毒肺炎疫情的经济影响中绿色复苏 (C40 城市网络, 2020), 其中包括一项全球倡议, 即进行城市规划, 使大多数居民能够步行或骑自行车在 15 分钟车程内满足日常需求。

社会影响在决定移动生活方式时非常重要。例如, 挪威的电动汽车拥有量呈指数级增长, 这与气候政策带来的价格优势密切相关, 而 p2p (peer-to-peer) 通信 (Figenbaum, 2017) 以及邻里效应 (例如, 以及对预期和期望的感知 (Pettifor 等人, 2017))。同样, 社会影响力可能会在围绕飞行的可取性制定规范 (“飞行羞辱”; Gössling 等, 2020) 中发挥作用, 并可能与诸如经常性征收飞行者税等政策相结合 (Fouquet 和 O’ Garra, 2020)。

公民的参与也可以动员对低碳流动政策的支持。例如, 在英国利兹, 该市市民的陪审团建议停止当地机场的扩建 (基于位置的气候行动网络 [PCAN], 2019); 法国《公约》建议禁止新机场和扩展现有机场, 并在 2025 年之前停止大多数国内航班 (《联合国气候变化框架公约》, 2020), 印度的 “开通” 组织动员了有关公民反对计划对自行车和非机动车的限制 (Roy, 2015)。

世界各地的断断续续的政策已经挑战了汽车的社会地位。例如, 在波哥大, 街道空间的重新分配, 路外自行车道的

建设和无车日鼓励了人们转向骑自行车和步行（ROSAS-SATIZÁBALA 和 Rodriguez-Valencia, 2019）。这些措施可以公平地实现：在荷兰，德国和丹麦，自行车在收入、性别和年龄组之间平均分配（Pucher 和 Buehler, 2008）。

在中国，纯电动汽车的普及是通过对汽油汽车的强制性限制（限制购买和使用）和市场导向的政策来实现的（政府补贴、免税和专用牌照以提供停车优惠，并具有象征价值；Li 等, 2019）。卫生从业人员还主张在化石燃料的销售点（例如在加油站）和高碳服务的背景下（例如在机票上）使用警告标签（Gill 等, 2020）。

在发展中国家，有很多机会超越依赖于汽车的碳密集型基础设施，而这些基础设施占据了許多发达国家的主导地位。从排放的角度看，高密度，多用途的城市形式强调了除汽车以外的其他交通方式的通行，这是有益的，而且还使人们能够更公平地参与就业，文化和娱乐活动（Kenworthy, 2006）。这种模式转换还减少了当地空气污染，从而强调了更积极、碳排放量更少的出行方式的多重好处。

6.4.2 迈向低碳住宅领域

使住宅生活方式发生改变的政策——尤其是在个人或家庭层面上运行的低碳技术（例如，节能的建筑围护结构，热泵，电动汽车充电站，家用太阳能），已被证明会导致更快速的技术扩散和更广泛的社会回报（如创造就业机会）（Wilson 等, 2020）。

激励措施，信息和关于选择方式的改变（行为“推动”）取得了一些成功，尤其是在实现公平获得低碳选择权方面。绿色违约（即向新客户自动分配绿色能源关税）可以显著地增加了其采用率（Ebeling 和 Lotz, 2015; Kaiser 等, 2020）。2017年，美国加利福尼亚州约有500万客户能够通过国家支持的社区选择聚合计划提供的绿色默认设置，能够以更低的成本获得更多的可再生能源（O’Shaughnessy 等, 2019）。

更广泛地讲，成功的居住生活方式的改变需要预测政策将如何影响日常生活。鼓励发展中国家采用高效和改良炊具的财政激励措施表明，政策还需要考虑到使用和维护的持续成本（Pattanayak 等, 2019），赋予女性权力的作用以及对传统烹饪技术的依赖（Lewis 和 Pattanayak, 2012）。

住宅部门是经济中寿命最长的组成部分之一，因此提供了重大的缓解机会和风险。在许多发展中国家，快速的城市

化进程和人口增长超过了提供足够的、负担得起的住房的速度（联合国, 2017）。据研究估计，为连接社区和促进城市发展而进行的基础设施升级和建设，到2050年可能导致额外排放2260亿吨二氧化碳（Müller 等, 2013; Bai 等, 2018）。

类似地，空调技术的提高，使得空调拥有量得到预计增长（预计在未来30年内每秒购买10台空调），尤其是在中国，印度和印度尼西亚，都确认了对低能耗和低碳制冷的需求选项（国际能源署, 2019）。基础设施的变化可以减缓这种增长：例如，在越南和印度，成功的本土建筑实例（使用当地知识和材料设计以满足当地需求的建筑）所需的能源输入要低得多（Creutzig 等, 2016）。

在过去，经济衰退期间的复苏措施被用来鼓励家庭进行可持续的改变（例如，启用改造，太阳能电池板和保温材料；气候行动追踪组织, 2020）。此类政策通过加快能源转型，为低收入家庭提供更多低碳生活，刺激经济并减轻高昂能源成本带来的收入负担，带来了多项收益。

6.4.3 迈向低碳饮食

与目前的平均饮食相比，完全或部分素食有可能将食物消费的排放减少约31%，而鱼素饮食将减少约27%（Aleksandrowicz 等, 2016）。然而，鼓励更可持续饮食的尝试往往仅限于信息和宣传活动，通常收效甚微（Traill 等, 2014; Schanes 等, 2016; Bianchi 等, 2018）。最近的模型显示，为了实现对排放、全球福祉、土地利用和其他因素的最佳结果，粮食政策应为营养不良的人提供粮食，同时减少高消费地区的过度消费和粮食浪费（Hasegawa 等, 2019）。

在牛肉和羊肉等排放量大的食品上花费成本，加上鼓励健康水果和蔬菜消费的财政支持，可以改变需求并在全球范围内将与食品相关的排放量减少近10%（Springmann 等, 2017）。低碳饮食也往往更健康，因此为健康和气候政策的调整提供了契机（Aleksandrowicz 等, 2016; Willett 等, 2019）。在拉丁美洲、北美、欧洲和亚洲许多地区，红肉的摄入量远高于健康低碳饮食所建议的水平（Willett 等, 2019）。虽然改变通常的饮食习惯和文化上可接受的饮食观念并不容易（Bailey 等, 2014; Mozaffarian 等, 2018），近期历史表明，这可能迅速发生，因为世界许多地区的饮食正在变化（Vermeulen 等, 2019）。

类似措施有效地影响了购买选择，如对不健康食品征税（Colchero 等, 2016）和对水果和蔬菜的补贴（例如，通

过美国的食品援助计划；Olsho 等，2016）。补充措施，如限制高碳食品的广告（Hyseni 等，2017），同时改善获得低碳食品，如增加餐厅和其他食品销售点的素食餐，有可能使饮食改变（Garnett 等，2019）。在全球范围内，近三分之一的全球食品销售来自仅仅 10 家连锁超市（IPES-Food，2017）；主要零售商有能力影响消费者的行为，例如通过确保肉类蛋白的供应和在商店中的突出地位，鼓励替代肉类蛋白（Gravelly 和 Fraser，2018）。

反对食物浪费的政策可以带来很多好处，例如在不减少消费量的情况下为消费者省钱（Hasegawa 等，2019）。食物浪费禁令和其他政策也可以让新鲜水果和蔬菜供应商更好地解决服务不足或贫困社区的需求（Pearson 和 Wilson，2013）。在政府直接控制食品供应的地方，包括公共部门，可以减少其碳足迹：例如，英国利兹市将无肉和素食餐饮引入 182 所小学，以缓解气候变化（利兹市议会，2020）。在菲律宾奎松市，针对城市农业区的立法正在制定中，该计划被称为“车轮上的新鲜市场”，从当地农场向城市周围的弱势社区运送新鲜农产品（C40 城市网络，2020）。然而，由于全球人口中仍有很大一部分仍然缺乏足够的粮食（Willett 等，2019），因此，如果要在满足人类基本需求的同时减少食品部门的排放，承认收入和获取方面的差异是重要的。

6.5 展望

6.5.1 交流生活方式的改变

流行的辩论经常使“行为改变”和“制度改变”相互对立，呈现为两种选择之间的权衡。然而，正如本章所说明的，系统变化和行为变化是同一枚硬币的两面。在就生活方式的改变进行交流时，重要的是要认识到个人的生活方式与他们所生活并帮助形成的社会、文化、政治和经济系统之间的持续相互作用。

沟通和公众参与的核心作用是改变公共论坛上讨论可持续生活方式的方式，并强调系统和行为之间的动态和复杂关系。认识到人际影响的作用还有助于强调生活方式改变的社会和集体性质，这可能比认为个人行动孤立发生或与大规模减缓气候变化的需要相比微不足道的个人行动更具权能（Maniates，2001；Capstick，2013；Kubit，2020）。沟通行动最具影响力的领域，以及改变生活方式是实现全球减

排目标的必要组成部分，是各种行动者都可以使用的有力工具。

6.5.2 克服障碍，实现持久变革

在寻求将关注点从经济增长转移到生态限制内的公平和福祉方面，向可持续生活方式的转变可能会挑战强大的既得利益。例如，全球经济对有偿就业的关注以及维持它的无偿护理工作的贬值，是低碳生活方式的一个被忽视的障碍。更高的收入往往与更高的排放相关；相比之下，另一种经济体制将照顾责任和福利置于社区和经济生活的中心（例如，通过缩短工作周和更公平地分配照顾工作）有可能减少排放。如果有相应的扶持政策，这种方法可以减少排放，性别和收入不平等，同时改善生活水平（Coote 等，2010；Biesecker 等，2014；Gottschlich 和 Bellina，2017；Wiedenhofer 等，2018；Fremstad 和 Underwood，2019）。另一方面，这种方法与世界上许多地区当前的经济和政治体系并不一致，在这种体系中，大公司越来越多地确定如何满足私人和社会需求并塑造日常生活条件（Dauvergne 和 Lister，2013）。

与短暂的行为改变相比，对潜在的社会和文化规范的改变更难实现，但一旦确立，它们可能更持久，并支持更广泛的低碳生活方式（De Young，2011）。相比之下，改变法律和行为规范的过程可能只发生在几年之内（Williamson，1998），大型基础设施项目可以使公民选择数十年或更长时间（Seto 等，2016；Otto 等，2020b）。

一个试图纠正长期可持续社会的权力平衡的例子是为子孙后代设立的监察员（Beckman，2016），他干预对低碳转型构成结构性障碍的公共政策设计和投资。这种方法已经在英国威尔士（Davidson，2020）和匈牙利（Vincent，2012）实施。Moberg 等（2018）通过一项与 1.5°C 路径一致的跨欧洲需求侧选择研究得出结论，尽管当前的政策不足以实现与此一致的减排，但家庭希望看到更强有力的政府干预，并且公众对各种缓解方案的“命令与控制”措施接受程度很高。

最终，实现低碳生活方式将需要社会经济制度和习俗的深刻变革。需要民间社会各行动者和团体以及政府的参与，以确保在保持人民福祉的同时，实现温室气体排放的大幅减少。

参考文献

第 1 章

- C** CarbonBrief (2020). State of the climate: 2020 on course to be the warmest year on record, 23 October. <https://www.carbonbrief.org/state-of-the-climate-2020-on-course-to-be-warmest-year-on-record>. Accessed 23 November 2020.
- F** Forster, P.M., Forster, H.I., Evans, M.J., Gidden, M. J., Jones, C. D., Keller, C. A. et al. (2020). Current and future global climate impacts resulting from COVID-19. *Nature Climate Change* 10, 913–919. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0883-0>.
- N** National Aeronautics and Space Administration (2020). 2020 Arctic sea ice minimum at second lowest on record, 21 September. <https://climate.nasa.gov/news/3023/2020-arctic-sea-ice-minimum-at-second-lowest-on-record/>. Accessed 23 November 2020.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (2020). Billion-dollar weather and climate disasters: Overview. <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/>. Accessed 23 November 2020.
- U** United Nations (2020). Climate change and COVID-19: UN urges nations to ‘recover better’, 22 April. <https://www.un.org/en/un-coronavirus-communications-team/un-urges-countries-%E2%80%98build-back-better%E2%80%99>. Accessed 23 November 2020.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2020). An economic recovery that builds a greener future, 13 July. <https://unfccc.int/news/an-economic-recovery-that-builds-a-greener-future>. Accessed 23 November 2020.
- W** World Meteorological Organization (2020). *United in Science. High-level Synthesis Report of Latest Climate Science Information Convened by the Science Advisory Group of the UN Climate Action Summit 2019*. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9937.

第 2 章

- B** Biden, J. (2020). *The Biden Plan for a Clean Energy Revolution and Environmental Justice*. <https://joebiden.com/climate-plan/>. Accessed 15 November 2020.
- Blanco, G., Gerlagh, R., Suh, S., Barrett, J., de Coninck, H.C., Diaz Morejon, C.F. et al. (2014). Drivers, trends and mitigation. 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, Y., Sokona, E., Farahani, S., Kadner, K. et al. (eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, United States of America: IPCC. Chapter 5. 351–411.
- BP (2020). *Statistical Review of World Energy 2020*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>. Accessed 20 November 2020.
- C** Chai, Q., Fu, S., Xu, H., Li, W. and Zhong, Y. (2017). The gap report of global climate change mitigation, finance, and governance after the United States declared its withdrawal from the Paris Agreement. *Chinese Journal of Population Resources and Environment* 15(3), 196–208. <https://doi.org/10.1080/10042857.2017.1365450>.
- Cheong Wa Dae (2020). Address by President Moon Jae-in at National Assembly to propose government budget for 2021, 28 October. <http://english1.president.go.kr/BriefingSpeeches/Speeches/898>. Accessed 13 November 2020.
- Climate Action Tracker (2019). Countries. <https://climateactiontracker.org/countries/>. Accessed 13 August 2019.

- (2020a). Biden's election could bring a tipping point putting Paris Agreement 1.5 degree limit "within striking distance", 7 November. <https://climateactiontracker.org/press/bidens-election-could-bring-a-tipping-point-putting-paris-agreement-15-degree-limit-within-striking-distance/>. Accessed 10 November 2020.
- (2020b). USA, 30 July. <https://climateactiontracker.org/countries/usa/>. Accessed 30 September 2020.
- (2020c). *Pandemic Recovery: Positive Intentions vs Policy Rollbacks, with Just a Hint of Green*. https://climateactiontracker.org/documents/790/CAT_2020-09-23_Briefing_GlobalUpdate_Sept2020.pdf. Accessed 1 October 2020.
- Climate Transparency (2020). *Climate Transparency Report: Comparing G20 Climate Action and Responses to the COVID-19 Crisis*. <http://climate-transparency.org>.
- ClimateWorks Australia (2018). *Tracking Progress to Net Zero Emissions: National Progress on Reducing Emissions across the Australian Economy and Outlook to 2030*. <https://climateworksaustralia.org/wp-content/uploads/2018/09/climateworksaustralia-tracking-progress-report-2018-1.pdf>.
- Commonwealth of Australia (2019). *Australia's Emissions Projections 2019*. Department of the Environment and Energy. <https://industry.gov.au/sites/default/files/2020-07/australias-emissions-projections-2019-report.pdf>.
- Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaff, E., Solazzo, E., Monforti-Ferrario, F. et al. (2020). *Fossil CO₂ Emissions of all World Countries: 2020 Report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC121460>.
- Croatian Presidency of the Council of the European Union and the European Commission (2020). Submission by Croatia and the European Commission on behalf of the European Union and its Member States. Long-term low greenhouse gas emission development strategy of the European Union and its Member States. 6 March. Zagreb. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/HR-03-06-2020%20EU%20Submission%20on%20Long%20term%20strategy.pdf>.
- D**
- den Elzen, M., Kuramochi, T., Höhne, N., Cantzler, J., Esmeijer, K., Fekete, H. et al. (2019). Are the G20 economies making enough progress to meet their NDC targets? *Energy Policy* 126, 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.027>.
- Dubash, N., Khosla, R., Rao, N.D. and Bhardwaj, A. (2018). India's energy and emissions future: an interpretive analysis of model scenarios. *Environmental Research Letters* 13(7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aacc74>.
- E**
- Enerdata (2020). *Global Energy Trends 2020 Edition*. <https://enerdata.net/system/files/publications/global-energy-trends-2020-edition-enerdata.pdf>.
- Energy and Climate Intelligence Unit (2020). Net Zero Tracker. <https://eciu.net/netzerotracker>. Accessed 30 October 2020.
- Environment and Climate Change Canada (2020a). *Progress Towards Canada's Greenhouse Gas Emissions Reduction Target*. Gatineau. <https://canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/progress-towards-canada-greenhouse-gas-emissions-reduction-target.html>.
- (2020b). *Canada's 4th Biennial Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*. Gatineau. <https://unfccc.int/documents/209928>.
- European Commission (2018). *In-depth Analysis in Support of the Commission Communication COM(2018) 773: A Clean Planet for All – A European Strategic Long-term Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy*. Brussels. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/depth-analysis-support-com2018-773-clean-planet-all-european-strategic-long-term-vision_en.
- (2020a). *An EU-wide Assessment of National Energy and Climate Plans: Driving Forward the Green Transition and Promoting Economic Recovery through Integrated Energy and Climate Planning*. Brussels. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0564&from=EN>.
- (2020b). *Impact Assessment: Stepping up Europe's 2030 Climate Ambition – Investing in a Climate-neutral Future for the Benefit of our People*. Brussels. https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/2030_ctp_en.
- European Environment Agency (2019). *Trends and Projections in Europe 2019: Tracking Progress Towards Europe's Climate and Energy Targets*. EEA Report No. 15/2019. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-1>.
- F**
- Fawcett, A.A., Iyer, G.C., Clarke, L.E., Edmonds, J.A., Hultman, N.E., McJeon, H.C. et al. (2015). Can Paris pledges avert severe climate change? *Science* 350(6265), 1168–1169. <https://doi.org/10.1126/science.aad5761>.

- Forster, P.M., Forster, H.I., Evans, M.J., Gidden, M.J., Jones, C.D., Keller, A. et al. (2020). Current and future global climate impacts resulting from COVID-19. *Nature Climate Change* 10, 913–919. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0883-0>.
- Fransen, T. and Höhne, N. (2018). Bridging the gap: strengthening NDCs and domestic policies. In *Emissions Gap Report 2018*. Nairobi: UNEP. Chapter 4.
- Friedlingstein, P., Jones, M.W., O'Sullivan, M., Andrew, R.M., Hauck, J., Peters, G.P. et al. (2019). Global Carbon Budget 2019. *Earth System Science Data* 11, 1783–1838. <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>.
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M.W., Andrew, R.M., Hauck, J., Olsen, A. et al. (in review). Global Carbon Budget 2020. *Earth System Science Data*. <https://doi.org/10.5194/essd-2020-286>.
- Fu, S., Zou, J. and Liu, L. (2017). *An Analysis of China's INDC (Updated Analysis 2017)*. MILES Report. Beijing: National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC).
- G**
- Government of Argentina (2016). *First Revision of its Nationally Determined Contribution*. www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Argentina%20First/Traducci%C3%B3n%20NDC_Argentina.pdf.
- Government of Japan (2019a). *Japan's Fourth Biennial Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Tokyo.
- (2019b). *The Long-term Strategy under the Paris Agreement*. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/The Long-term Strategy under the Paris Agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/The%20Long-term%20Strategy%20under%20the%20Paris%20Agreement.pdf).
- Government of Mexico (2015). *First Biennial Update Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/ica/technical_support_for_the_ica_process/application/pdf/executive_summary.pdf.
- Governor General of Canada (2020). *A Stronger and More Resilient Canada: Speech from the Throne to Open the Second Session of the Forty-third Parliament of Canada*. https://canada.ca/content/dam/pco-bcp/documents/pm/SFT_2020_EN_WEB.pdf.
- Grassi, G., House, J., Kurz, W.A., Cescatti, A., Houghton, R.A., Peters, G.P. et al. (2018). Reconciling global-model estimates and country reporting of anthropogenic forest CO₂ sinks. *Nature Climate Change* 8, 914–920. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0283-x>.
- H**
- Hanna, R., Xu, Y. and Victor, D.G. (2019). After COVID-19, green investment must deliver jobs to get political traction. *Nature* 582(7811), 178–180. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01682-1>.
- Hansis, E., Davis, S.J. and Pongratz, J. (2015). Relevance of methodological choices for accounting of land use change carbon fluxes. *Global Biogeochemical Cycles* 29(8), 1230–1246. <https://doi.org/10.1002/2014GB004997>.
- Höhne, N., Fransen, T., Hans, F., Bhardwaj, A., Blanco, G., den Elzen, M. et al. (2019). *Bridging the Gap – Enhancing Mitigation Ambition and Action at G20 Level and Globally: Pre-release Version of a Chapter in the forthcoming UNEP Emissions Gap Report 2019*. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP).
- Höhne, N., den Elzen, M., Rogelj, J., Metz, B., Fransen, T., Kuramochi, T. et al. (2020). Emissions: world has four times the work or one-third of the time. *Nature*, 579(7797), 25–28. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00571-x>.
- Houghton, R.A. and Nassikas, A.A. (2017). Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850–2015. *Global Biogeochemical Cycles* 31(3), 456–472. <https://doi.org/10.1002/2016GB005546>.
- I**
- International Energy Agency (2020a). Global CO₂ emissions in 2019, 11 February. <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>.
- (2020b). *Global Energy Review 2020*. Paris. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>.
- (2020c). *Sustainable Recovery. World Energy Outlook Special Report in Collaboration with the International Monetary Fund*. Paris. <https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery>.
- (2020d). *World Energy Investment 2020*. Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020>.
- (2020e). *World Energy Outlook 2020*. Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.
- J**
- Journal officiel de la République Française (2019). *LOI n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat (1)* [Law No. 2019-1147 of 8 November 2019 on energy and the climate]. <https://legifrance.gouv.fr/eli/loi/2019/11/8/TREX1911204L/jo/texte>.
- K**
- King Abdullah University of Science and Technology (2014). *Appraisal and Evaluation of Energy Utilization and Efficiency in the Kingdom of Saudi Arabia*. <http://studylib.net/doc/8408427/appraisal-and-evaluation-of-energy-utilization-and-effici...>

- Keesler, D., Orifici, L. and Blanco, G. (2019). *Situación actual y proyección de emisiones de gases de efecto invernadero en la Argentina* [Current Status and Projection of Greenhouse Gas Emissions in Argentina]. Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. https://fio.unicen.edu.ar/images/pdf/2019/Informe_GREENPEACE_-_CTAE-FIO-UNICEN.pdf.
- Keramidas, K., Diaz Vazquez, A., Weitzel, M., Vandyc, T., Tamba, M., Tchung-Ming, S. et al. (2020). *Global Energy and Climate Outlook 2019 : Electrification for the Low-carbon Transition*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Kuramochi, T., Nascimento, L., Jose de Villafranca Casas, M., Fekete, H., de Vivero, G., Lui, S. et al. (2019). *Greenhouse Gas Mitigation Scenarios for Major Emitting Countries. Analysis of Current Climate Policies and Mitigation Commitments: 2019 Update*. NewClimate Institute, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). <https://newclimate.org/wp-content/uploads/2019/12/GHG-Mitigation-Scenarios-Dec2019.pdf>.
- L**
- Larsen, K., Pitt, H., Larsen, J., Herndon, W., Houser, T., Kolus, H. et al. (2020). *Taking Stock 2020: The COVID-19 Edition*. Rhodium Group. <https://rhg.com/research/taking-stock-2020/>.
- Le Quéré, C., Korsbakken, J.I., Wilson, C., Tosun, J., Andrew, R., Andres, R.J. et al. (2019). Drivers of declining CO₂ emissions in 18 developed economies. *Nature Climate Change* 9, 213–217. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0419-7>.
- Le Quéré, C., Jackson, R.B., Jones, M.W., Smith, A.J.P., Abernethy, S., Andrew, R.M. et al. (2020). Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change* 10, 647–653. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>.
- Levin, K. and Fransen, T. (2019). *Climate Action for Today and Tomorrow: The Relationship Between NDCs and LTSs*. <https://wriorg.s3.amazonaws.com/s3fs-public/wri-commentary-climate-action-today.pdf>.
- Levin, K., Rich, D., Ross, K., Fransen, T and Elliott, C. (2020). *Designing and Communicating Net-Zero Targets*. Washington, DC: World Resources Institute. www.wri.org/design-net-zero.
- Liu, Z., Ciais, P., Deng, Z., Lei, R., Davis, S.J., Feng, S. et al. (2020). COVID-19 causes record decline in global CO₂ emissions. <http://arxiv.org/abs/2004.13614>.
- M**
- Meinshausen, M. and Alexander, R. (2017). NDC & INDC factsheets. <http://climatecollege.unimelb.edu.au/ndc-indc-factsheets>.
- Ministry of Foreign Affairs of Japan (2020). Press conference by Foreign Minister MOTEGI Toshimitsu, 27 October. https://www.mofa.go.jp/press/kaiken/kaiken4e_000862.html. Accessed 2 November 2020.
- Ministry of Foreign Affairs of the People's Republic of China (2020). Statement by H.E. Xi Jinping President of the People's Republic of China at the general debate of the 75th session of the United Nations General Assembly, 22 September. https://www.fmprc.gov.cn/mfa_eng/zxxx_662805/t1817098.shtml. Accessed 25 September 2020.
- Mitra, A., Ross, K., Latamirano, J.-C., Fransen, T., Citkara, P., Singh, M. et al. (2017). *Pathways For Meeting India's Climate Goals*. Washington, DC: World Resources Institute. <https://wri.org/publication/meeting-indias-climate-goals>.
- Moiso, M., Nascimento, L., de Vivero, G., Gonzales, S., Hans, F., Lui, S. et al. (2020). *Overview Of Recently Adopted Mitigation Policies and Climate-relevant Policy Responses to COVID-19: 2020 Update*. NewClimate Institute, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
- N**
- NBC News (2020). U.S. Presidential Election Results 2020: Biden wins. <https://nbcnews.com/politics/2020-elections/president-results>. Accessed 15 November 2020.
- O**
- Olivier, J.G.J. and Peters, J.A.H.W. (2019). *Trends in Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions: Summary of the 2019 Report*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. https://pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-summary-of-the-2019-report_4004.pdf.
- Olivier, J.G.J. and Peters, J.A.H.W. (2020, in preparation). *Trends in Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions: 2019 Report*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. https://pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2019-report_4068.pdf.
- Olivier, J.G.J., Schure, K.M. and Peters, J.A.H.W. (2017). *Trends in Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions: 2017 Report*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. <http://pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2017-report>.

- P** Pan, C., Peters, G.P., Andrew, R.M., Korsbakken, J.I., Li, S., Zhou, D. *et al.* (2017). Emissions embodied in global trade have plateaued due to structural changes in China. *Earth's Future* 5(9), 934–946. <https://doi.org/10.1002/2017EF000625>.
- PBL (2020). PBL Climate Pledge NDC tool. www.pbl.nl/indc. Accessed 17 June 2020.
- People's Republic of China (2016). 中华人民共和国气候变化 第一次两年更新报告 [First Biennial Update Report on Climate Change of the People's Republic of China]. http://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/biennial_update_reports/submitted_burs/application/pdf/chnbur1.pdf.
- Peters, G.P., Marland, G., Le Quéré, C., Boden, T., Canadell, J.G. and Raupach, M.R. (2012). Rapid growth in CO₂ emissions after the 2008–2009 global financial crisis. *Nature Climate Change* 2, 2–4. <https://doi.org/10.1038/nclimate1332>.
- Peters, G.P., Andrew, R.M., Canadekk, J.G., Friedlingstein, P., Jackson, R.B., Korsbakken, J.I. *et al.* (2020). Carbon dioxide emissions continue to grow amidst slowly emerging climate policies. *Nature Climate Change* 10, 3–6. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0659-6>.
- R** Republic of South Africa (2020). *South Africa's Low-emission Development Strategy 2050*. https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/2020lowemission_developmentstrategy.pdf.
- Republic of South Africa, Department of Energy (2019). *Integrated Resource Plan (IRP2019)*. https://gov.za/sites/default/files/gcis_document/201910/42778gon1359.pdf.
- Rochedo, P.R.R., Soares-Filho, B., Schaeffer, R., Viola, E., Szklo, A., Lucena, A.F.P. *et al.* (2018). The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change* 8, 695–699. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0213-y>.
- Roelfsema, M., van Soest, H.L., Harmsen, M., van Vuuren, D.P., Bertram, C., den Elzen, M. *et al.* (2020). Taking stock of national climate policies to evaluate implementation of the Paris Agreement. *Nature Communications* 11, 2096. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15414-6>.
- S** Shukla, P.R., Skea, J., Calvo Buendía, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. *et al.* (2019). *Summary for Policymakers, Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf.
- T** Tavoni, M., Kriegler, E., Riahi, K., van Vuuren, D.P., Aboumehboub, T., Bowen, A. *et al.* (2014). Post-2020 climate agreements in the major economies assessed in the light of global models. *Nature Climate Change* 5, 119–126. <https://doi.org/10.1038/nclimate2475>.
- Tubiello, F. N., Pekkarinen, A., Marklund, L., Wanner, N., Conchedda, G., Federici, S. *et al.* (in review). Carbon emissions and removals by forests: new estimates 1990–2020. *Earth System Science Data*. <https://doi.org/10.5194/essd-2020-203>.
- U** U.S. Department of State (2016). *Second Biennial Report of the United States of America under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. http://unfccc.int/national_reports/biennial_reports_and_iar/submitted_biennial_reports/items/7550.php.
- U.S. Energy Information Administration (2020). Short-term energy outlook, 9 September. <https://eia.gov/outlooks/steo/>.
- United Kingdom (2019). The Climate Change Act 2008 (2050 Target Amendment) Order 2019. <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2019/1056/contents/made>.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2019). World population prospects 2019. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>. Accessed 13 August 2019.
- United Nations Environment Programme (2015). *The Emissions Gap Report 2015: A UNEP Synthesis Report*. Nairobi. <https://newclimateinstitute.files.wordpress.com/2015/12/unep-emissions-gap-report-2015.pdf>.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2017). INDCs as communicated by Parties. <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Submission%20Pages/submissions.aspx>. Accessed 10 September 2019.
- _____ (2019). Climate Ambition Alliance: Nations renew their push to upscale action by 2020 and achieve net zero CO₂ emissions by 2050, 11 December. <https://unfccc.int/news/climate-ambition-alliance-nations-renew-their-push-to-upscale-action-by-2020-and-achieve-net-zero>. Accessed 30 September 2020.
- _____ (undated a). NDC Registry (interim). www4.unfccc.int/ndcregistry/Pages/Home.aspx.
- _____ (undated b). Progress towards achieving the target – mitigation actions. www4.unfccc.int/sites/br-di/Pages/MitigationActions.aspx.

- W** Weitzel, M., Vandyck, T., Keramides, K., Amann, M., Capros, P., den Elzen, M. *et al.* (2019). Model-based assessments for long-term climate strategies. *Nature Climate Change* 9(5), 345–347. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0453-5>.

第 3 章

- A** Amador-Jiménez, M., Millner, N., Palmer, C., Pennington, R.T. and Sileci, L. (2020). The unintended impact of Colombia's Covid-19 lockdown on forest fires. *Environmental and Resource Economics* 76, 1081–1105. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00501-5>.
- Azevedo, T. (2020). *Impacto da pandemia de Covid-19 nas emissões de gases de efeito estufa no Brasil* [Impact of the COVID-19 Pandemic on Greenhouse Gas Emissions in Brazil]. SEEG. https://seeg-br.s3.amazonaws.com/OC_nota_tecnica_FINAL.pdf.
- B** 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>.
- C** Clarke, L., Jiang, K., Akimoto, K., Babiker, M., Blanford, G., Fisher-Vanden, K. *et al.* (2014). Assessing transformation pathways. 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, A. *et al.* (eds). Cambridge, United Kingdom and New York, United States of America: Cambridge University Press. Chapter 6. 413–510.
- Climate Action Tracker (2019). *Warming Projections Global Update: December 2019*. https://climateactiontracker.org/documents/698/CAT_2019-12-10_BriefingCOP25_WarmingProjectionsGlobalUpdate_Dec2019.pdf.
- _____ (2020a). *Warming Projections Global Update: September 2020*. https://climateactiontracker.org/documents/790/CAT_2020-09-23_Briefing_GlobalUpdate_Sept2020.pdf.
- _____ (2020b). A government roadmap for addressing the climate and post COVID-19 economic crises, 27 April. <https://climateactiontracker.org/publications/addressing-the-climate-and-post-covid-19-economic-crises/>. Accessed 25 November 2020.
- _____ (2020c). Biden's election could bring a tipping point putting Paris Agreement 1.5 degree limit "within striking distance", 7 November. <https://climateactiontracker.org/press/bidens-election-could-bring-a-tipping-point-putting-paris-agreement-15-degree-limit-within-striking-distance/>. Accessed 26 November 2020.
- D** Dafnomilis, I., den Elzen, M.G.J., van Soest, H., Hans, F., Kuramochi, T. and Höhne, N. (2020). *Exploring the Impact of the COVID-19 Pandemic on Global Emission Projections: Assessment of Green versus Non-green Recovery*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and NewClimate Institute. <https://www.pbl.nl/en/news/2020/long-term-impact-of-covid-19-on-co2-emissions-dependent-on-greenness-of-recovery-packages>.
- den Elzen, M., Kuramochi, T., Höhne, N., Cantzler, J., Esmeijer, K., Fekete, H. *et al.* (2019). Are the G20 economies making enough progress to meet their NDC targets? *Energy Policy* 126, 238–250.
- E** Emmerling, J., Drouet, L., Reis, L., Bevione, M., Berger, L., Bosetti, V. *et al.* (2019). *The WITCH 2016 model – Documentation and implementation of the Shared Socioeconomic Pathways*. Working Paper 42.2016. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2800970.
- F** Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). *Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets*. Rome. <http://fao.org/3/ca9509en/ca9509en.pdf>.
- Forster, P.M., Forster, H.I., Evans, M.J., Gidden, M.J., Jones, C.D., Keller, C.A. *et al.* (2020a). Current and future global climate impacts resulting from COVID-19. *Nature Climate Change* 10, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0883-0>.
- 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.
- Fujimori, S., Hasegawa, T., Masui, T., Takahashi, K., Herran, D.S., Dai, H. *et al.* (2017). SSP3: AIM implementation of Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change* 42, 268–283.

- G** 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, 515–527. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>.
- H** Höhne, N., den Elzen, M., Rogelj, J., Metz, B., Fransen, T., Kuramochi, T. et al. (2020). Emissions: world has four times the work or one-third of the time. *Nature* 579, 25–28. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00571-x>.
 Holz, C., Siegel, L.S., Johnston, E., Jones, A.P. and Sterman, J. (2018). Ratcheting ambition to limit warming to 1.5°C—trade-offs between emission reductions and carbon dioxide removal. *Environmental Research Letters* 13(6), 064028. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac0c1>.
 Huppmann, D., Rogelj, J., Kriegler, E., Krey, V. and Riahi, K. (2018a). A new scenario resource for integrated 1.5°C research. *Nature Climate Change* 8, 1027–1030. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0317-4>.
 Huppmann, D., Kriegler, E., Krey, V., Riahi, K., Rogelj, J., Rose, S.K. et al. (2018b). IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA. <https://data.ene.iiasa.ac.at/DOI/SR15/08-2018.15429/>. Accessed 25 November 2020.
- I** International Energy Agency (2019). *World Energy Outlook 2019*. Paris.
 ----- (2020a). *Sustainable Recovery. World Energy Outlook Special Report in Collaboration with the International Monetary Fund*. Paris. <https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery>.
 ----- (2020b). *World Energy Outlook 2020*. Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.
 International Monetary Fund (2020). *World Economic Outlook Update, June 2020*. Washington, D.C.
 Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). Summary for policymakers. In *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*. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R. et al. (eds.). Geneva.
- J** Jeffery, M.L., Gütschow, J., Rocha, M.R. and Gieseke, R. (2018). Measuring success: improving assessments of aggregate greenhouse gas emissions reduction goals. *Earth's Future* 6(9), 1260–1274. <https://doi.org/10.1029/2018ef000865>.
- K** Kaya, Y. (1990). Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios. Paper presented to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group.
 Keramidas, K., Diaz Vazquez, A., Weitzel, M., Vandyck, T., Tamba, M., Tchung-Ming, S. et al. (2020). *Global Energy and Climate Outlook 2019 : Electrification for the Low-carbon Transition*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
 Kriegler, E., Bertram, C., Kuramochi, T., Jakob, M., Pehl, M., Stevanović, M. et al. (2018). Short term policies to keep the door open for Paris climate goals. *Environmental Research Letters* 13(7), 074022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac4f1>.
 Kuramochi, T., Nascimento, L., Jose de Villafranca Casas, M., Fekete, H., de Vivero, G., Lui, S. et al. (2019). *Greenhouse Gas Mitigation Scenarios for Major Emitting Countries. Analysis of Current Climate Policies and Mitigation Commitments: 2019 Update*. NewClimate Institute, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). <https://newclimate.org/wp-content/uploads/2019/12/GHG-Mitigation-Scenarios-Dec2019.pdf>.
- L** Le Quéré, C., Andrew, R.M., Friedlingstein, P., Sitch, S., Pongratz, J., Manning, A.C. et al. (2018). Global Carbon Budget 2017. *Earth System Science Data* 10, 405–448. <https://doi.org/10.5194/essd-10-405-2018>.
 Le Quéré, C., Jackson, R.B., Jones, M.W., Smith, A.J.P., Abernethy, S., Andrew, R.M. et al. (2020). Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change* 10, 647–653. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>.
 López-Feldman, A., Chávez, C., Vélez, M.A., Bejarano, H., Chimeli, A., Feres, J. et al. (2020). Environmental impacts and policy responses to Covid-19: a view from Latin America. *Environmental and Resource Economics*, 1–6.
 Luderer, G., Leimbach, M., Bauer, N., Kriegler, E., Baumstark, L., Bertram, C. et al. (2015). *Description of the REMIND Model (Version 1.6)*. Potsdam. <https://ssrn.com/abstract=2697070>.
 Luderer, G., Rogelj, J., den Elzen, M.G.J., Jiang, K. and Huppmann, D. (2018). The emissions gap. In *Emissions Gap Report 2018*. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP). Chapter 3. 16–22.
- M** McCollum, D.L., Zhou, W., Bertram, C., de Boer, H.-S., Bosetti, V., Busch, S. et al. (2018). Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Energy* 3(7), 589–599. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0179-z>.

- Meinshausen, M., Raper, S.C.B., and Wigley, T.M.L. (2011). Emulating coupled atmosphere-ocean and carbon cycle models with a simpler model, MAGICC6 – Part 1: Model description and calibration. *Atmospheric Chemistry and Physics* 11, 1417–1456. <https://doi.org/10.5194/acp-11-1417-2011>.
- Miosio, M., Nascimientto, L., de Vivero, G., Gonzales, S., Hans, F., Lui, S. et al. (2020). *Overview of Recently Adopted Mitigation Policies and Climate-relevant Policy Responses to COVID-19: 2020 Update*. https://newclimate.org/wp-content/uploads/2020/10/NewClimate_PBL-CLIMA_2020OctUpdate.pdf.
- O**
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2020a). Economic Outlook No 107 – June 2020 Double-hit scenario. https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=EO107_INTERNET_2. Accessed 25 November 2020.
- (2020b). Economic Outlook No 107 – June 2020 – Single-hit scenario. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EO107_INTERNET_1#. Accessed 25 November 2020.
- (2020c). *OECD Economic Outlook, Interim Report September 2020*. Paris. <https://doi.org/10.1787/34ffc900-en>.
- P**
- PBL (2020). PBL Climate Pledge NDC tool. www.pbl.nl/indc. Accessed 17 June 2020.
- R**
- Rochedo, P.R.R., Soares-Filho, B., Schaeffer, R., Viola, E., Szklo, A., Lucena, A.F.P. et al. (2018). The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change* 8, 695–699. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0213-y>.
- Roelfsema, M., van Soest, H.L., Harmsen, M., van Vuuren, D.P., Bertram, C., den Elzen, M. et al. (2020). Taking stock of national climate policies to evaluate implementation of the Paris Agreement. *Nature Communications* 11, 2096. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15414-6>.
- Rogelj, J., den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H. et al. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature* 534, 631–639. <https://doi.org/10.1038/nature18307>.
- Rogelj, J., Shindell, D., Jiang, K., Fifita, S., Forster, P., Ginzburg, V. et al. (2018). Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development. In *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*. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R. et al. (eds.). Geneva: IPCC. Chapter 2. 93–174.
- Rondeau, D., Perry, B. and Grimard, F. (2020). The consequences of COVID-19 and other disasters for wildlife and biodiversity. *Environmental and Resource Economics* 76, 945–961. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00480-7>.
- S**
- Schleussner, C.-F., Rogelj, J., Schaeffer, M., Lissner, T., Licker, R. et al. (2016). Science and policy characteristics of the Paris Agreement temperature goal. *Nature Climate Change* 6, 827–835. <https://doi.org/10.1038/nclimate3096>.
- U**
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *Adoption of the Paris Agreement*. 12 December. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1.
- United Nations Environment Programme (2019). *Emissions Gap Report 2019*. Nairobi.
- V**
- 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 to the 1.5 °C target reduce the need for negative emission technologies. *Nature Climate Change* 8, 391–397. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0119-8>.
- Vivid Economics (2020). *Green Stimulus Index: An Assessment of the Orientation of COVID-19 Stimulus in Relation to Climate Change, Biodiversity and Other Environmental Impacts*. <https://www.vivideconomics.com/casestudy/greenness-for-stimulus-index/>.

第 4 章

- A**
- African Development Bank (2020a). African Development Bank launches record breaking \$3 billion “Fight COVID-19” Social Bond, 27 March. <https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases/african-development-bank-launches-record-breaking-3-billion-fight-covid-19-social-bond-34982>. Accessed 12 November 2020.

- (2020b). African Development Bank Group unveils \$10 billion Response Facility to curb COVID-19, 8 April. <https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases/african-development-bank-group-unveils-10-billion-response-facility-curb-covid-19-35174>. Accessed 12 November 2020.
- (2020c). African Development Fund approves \$9.52 million to enhance coordinated COVID-19 response in East and Horn of Africa and the Comoros, 30 June. <https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases/african-development-fund-approves-952-million-enhance-coordinated-covid-19-response-east-and-horn-africa-and-comoros-36627>. Accessed 12 November 2020.
- Akrofi, M.M.C., and Antwi, S.H. (2020). COVID-19 energy sector responses in Africa: A review of preliminary government interventions. *Energy Research & Social Science* 68, 101681. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101681>.
- Aratani, L. (2020). Treasury begins payments to airlines for coronavirus-related relief, 21 April 2020. <https://www.washingtonpost.com/transportation/2020/04/20/treasury-officials-finalize-agreements-with-airlines-coronavirus-related-relief/>. Accessed 17 November 2020.
- B**
- Bala-Gbogbo, E. (2020). Oil crash spurs Nigeria to end fuel subsidies, risk backlash, 9 May. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-05-09/oil-crash-spurs-nigeria-to-end-fuel-subsidies-risk-backlash>.
- Bannon, E. (2020a). Austrian Airlines' bailout 'climate conditions' explained, 30 June. <https://www.transportenvironment.org/publications/austrian-airlines-bailout-climate-conditions-explained>. Accessed 8 September 2020.
- (2020b). Air France's bailout 'climate conditions' explained, 3 June. <https://www.transportenvironment.org/publications/air-frances-bailout-climate-conditions-explained>. Accessed 8 September 2020.
- Bennett, V. (2020). EBRD unveils proposal to be majority green bank by 2025, 8 July. <https://www.ebrd.com/news/2020/ebrd-unveils-proposal-to-be-majority-green-bank-by-2025.html>. Accessed 14 October 2020.
- Brazil, National Energy Policy Council (2020). Resolution No. 4 of 4 June 2020. Brasilia, Brazil: Diário Oficial da União.
- Business Development Bank of Canada (2020). BDC to increase support to Canadian oil and gas sector companies, 17 April. <https://www.bdc.ca/en/about/mediaroom/news-releases/bdc-increase-support-canadian-oil-gas-sector-companies>.
- C**
- Carbon Copy Editorial Team (2019). No new coal plants for Gujarat, Chhattisgarh, 17 September 2019. <https://carboncopy.info/no-new-coal-plants-for-gujarat-chhattisgarh/>.
- CarbonBrief (2020). Coronavirus: Tracking how the world's 'green recovery' plans aim to cut emissions, 16 June. <https://www.carbonbrief.org/coronavirus-tracking-how-the-worlds-green-recovery-plans-aim-to-cut-emissions>. Accessed 20 June 2020.
- Carnell, R., Prakash Sakpal, Pang, I., Mapa, N. and Patterson, W. (2020). *Asia's Lamentable Green Response to Covid-19*. ING. https://think.ing.com/uploads/reports/Asias_green_response_100820_AOT.pdf.
- Canada, Office of the Prime Minister of Canada (2020). Prime Minister announces additional support for businesses to help save Canadian jobs, 11 May. <https://pm.gc.ca/en/news/news-releases/2020/05/11/prime-minister-announces-additional-support-businesses-help-save>. Accessed 31 August 2020.
- Central Electricity Authority (2020a). *Broad Status Report June 2020: Under Construction Thermal Power Projects*. New Delhi: Central Electricity Authority, Ministry of Power, Government of India. https://www.cea.nic.in/reports/monthly/broadstatus/2020/broad_status-06.pdf.
- China Energy Portal (2020). *National Energy Administration Circular on 2023 Risk and Early Warning for Coal Power Planning and Construction*. <https://chinaenergyportal.org/en/circular-on-2023-risk-and-early-warning-for-coal-power-planning-and-construction/>. Accessed 31 August 2020.
- City Government of Mexico City (2020). Boletín: presenta semovi lineamientos para implementación de ciclovías emergentes [SEMOVI Presents Guidelines for the Implementation of Cycle-Lines], 4 June. Mexico City, Mexico. <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/boletin-guia-ciclovias-emergentes>.
- Climate Action Tracker (2020). Global update: Pandemic recovery with just a hint of green, 23 September. <https://climateactiontracker.org/publications/global-update-pandemic-recovery-with-just-a-hint-of-green/>.
- Columbia Law School (2020). Climate Deregulation Tracker. <https://climate.law.columbia.edu/climate-deregulation-tracker>. Accessed October 2020.
- D**
- Dang, H., Nuwal, V. and Acharya, M. (2020). Powering reforms: transforming India's power sector through GARUDA, 8 August. <https://www.financialexpress.com/opinion/powering-reforms-transforming-indias-power-sector-through-garuda/2048378/>.
- De Freitas Paes, C. (2020). Researchers are worried that the recent spike in deforestation and land grabbing will worsen the damage done by the Amazon fires this year, 21 May. <https://therising.co/2020/05/21/amazon-fires-may-be-worse-2020/>. Accessed 29 September 2020.

- E** Energy Policy Tracker (2020). Energy Policy Tracker: About. <https://www.energypolicytracker.org/about/>. Accessed 12 November 2020.
- Environmental Protection Agency (2020). *Continuous Emission Monitoring; Quality-Assurance Requirements During the COVID-19 National Emergency*. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-04-22/pdf/2020-08581.pdf>.
- F** Fernandes, A. and Sharma, H. (2020). *The 3Rs of DISCOM Recovery: Retirement, Renewables and Rationalisation*. Bengaluru: Climate Risk Horizons.
- Flyvbjerg, B. (2020). The law of regression to the tail: How to survive Covid-19, the climate crisis, and other disasters. *Environmental Science & Policy* 114, 614–618. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.08.013>.
- France, Ministry for the Economy and Finance (2020a). Plan de relance - Technologies vertes: Développer une filière d'hydrogène vert en France. <https://www.economie.gouv.fr/plan-de-relance/technologies-vertes>. Accessed 10 November 2020.
- Friedman, L. (2020). E.P.A., citing coronavirus, drastically relaxes rules for polluters, 26 March (updated 14 April). <https://www.nytimes.com/2020/03/26/climate/epa-coronavirus-pollution-rules.html>.
- G** Gao, B. (2020). China relaxes restrictions on coal power expansion for third year running. <https://chinadialogue.net/en/energy/11966-china-relaxes-restrictions-on-coal-power-expansion-for-third-year-running/>. Accessed 17 July 2020.
- Germany, Federal Ministry of Finance 2020 (2020). "Zukunftspaket 2020": Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken. Berlin, Germany.
- Ghosh, A. and Ruha, S. (2020). *Jobs, Growth and Sustainability: A New Social Contract for India's Recovery*. New Delhi: Council on Energy, Environment and Water and National Institute of Public Finance and Policy.
- Global Energy Monitor (2020). *A New Coal Boom in China*. <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2020/06/China-coal-plant-brief-June-2020v2.pdf>.
- Gonzales, J. (2020). Brazil dismantles environmental laws via huge surge in executive acts: study, 5 August. <https://news.mongabay.com/2020/08/brazil-end-runs-environmental-laws-via-huge-surge-in-executive-acts-study/>.
- Government of Chile (2020). Programa "Crédito verde". Santiago, Chile.
- Government of Denmark (2020). Markante drivhusgasreduktioner og investeringer i den grønne omstilling. Copenhagen, Denmark.
- Government of France (2020). Support plan for a competitive green automotive industry. Paris, France.
- Government of India (2020). Finance Minister announces short term and long-term measures for supporting the poor, including migrants, farmers, tiny businesses and street vendors, 14 May.
- Government of Italy (2020a). Decreto Rilancio. Rome, Italy.
- _____ (2020b). Comunicato stampa del Consiglio dei Ministri n. 61. Rome, Italy.
- Government of Malaysia (2020). *Request for Proposal (RFP) Bagi Pemilihan Pemaju Berkelayakan & Tapak Projek*. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Government of Nigeria (2020). *Bouncing Back: Nigeria Economic Plan Sustainability Plan*. Abuja, Nigeria.
- Government of Spain (2020). *Plan to Promote the Value Chain of the Automotive Industry*. Madrid, Spain.
- Government of the Russian Federation (2020). Government allocated 25 billion rubles to support the Russian car industry. Moscow, Russia.
- Government of the United Kingdom (2020a). £2 billion package to create new era for cycling and walking, 9 May. <https://www.gov.uk/government/news/2-billion-package-to-create-new-era-for-cycling-and-walking>.
- _____ (2020b). Government grants Transport for London funding package, 15 May. <https://www.gov.uk/government/news/government-grants-transport-for-london-funding-package>.
- _____ (2020c). PM commits £350 million to fuel green recovery, 22 July. <https://www.gov.uk/government/news/pm-commits-350-million-to-fuel-green-recovery>. Accessed 8 September 2020.
- Greenpeace (2020). European Airline Bailout Tracker (October 2020). <https://www.greenpeace.org/eu-unit/issues/climate-energy/2725/airline-bailout-tracker/>. Accessed 20 November 2020.
- H** Hepburn, C., O'Callaghan, B., Stern, N., Stiglitz, J. and Zenghelis, D. (2020). Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change? *Oxford Review of Economic Policy* 36(S1), 46.
- Höhne, N., Fransen, T., Hans, F., Bhardwaj, A., Blanco, G., den Elzen, M. et al. (2019). *Bridging the Gap: Enhancing Mitigation Ambition and Action at G20 Level and Globally*. Pre-release version of a chapter in the UNEP Emissions Gap Report 2019. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- Ho-Jeong, L. (2020). Car consumption tax cut remains, but discount less, 29 June. <https://koreajoongangdaily.joins.com/2020/06/29/business/economy/individual-consumption-2ndhalf-changes/20200629173700373.html>. Accessed 17 November 2020.

- Hove, A. (2020). Trends and contradictions in China's renewable energy policy, 28 August. <https://www.energypolicy.columbia.edu/research/commentary/trends-and-contradictions-china-s-renewable-energy-policy>.
- I**
- India, Ministry of Power (2018). *Stressed/Non-Performing Assets in Electricity Sector: Thirty-seventh Report, Standing Committee on Energy (2017–2018)*. New Delhi: Lok Sabha Secretariat.
- (2020a). *Rajya Sabha Unstarred Question No.2701: Closure of Old Polluted Coal-Based Power Plants*. https://powermin.nic.in/sites/default/files/uploads/RS17032020_Eng.pdf.
- (2020b). *Executive Summary on Power Sector: March 2020*. New Delhi. https://www.cea.nic.in/reports/monthly/executivesummary/2020/exe_summary-03.pdf.
- India, Prime Minister's Office (2020). Prime Minister Modi to address launching of auction of 41 coal mines for commercial mining on 18th June, 2020. <https://pib.gov.in/PressReleaseDetailm.aspx?PRID=1632147>. Accessed 8 September 2020.
- International Energy Agency (2020). *Sustainable Recovery. World Energy Outlook Special Report in collaboration with the International Monetary Fund*. Paris, France. https://emis.vito.be/sites/emis/files/articles/91/2020/Sustainable_Recovery.pdf.
- International Monetary Fund (2020a). Fiscal Monitor Database of Country Fiscal Measures in Response to the COVID-19 Pandemic (October 2020). <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19/Fiscal-Policies-Database-in-Response-to-COVID-19>. Accessed 14 October 2020.
- (2020b). *Fiscal Monitor: Policies for the Recovery*. Washington, D.C.
- (2020c). IMF makes available \$50 billion to help address Coronavirus, 4 March. <https://www.imf.org/en/News/Articles/2020/03/04/sp030420-imf-makes-available-50-billion-to-help-address-coronavirus>. Accessed 11 November 2020.
- (2020d). *IMF Executive Board approves proposals to enhance the fund's emergency financing toolkit to US\$100 billion. Press Release No. 20/143*, 9 April. <https://www.imf.org/en/News/Articles/2020/04/09/pr20143-imf-executive-board-approves-proposals-enhance-emergency-financing-toolkit-us-billion>. Accessed 12 November 2020.
- (2020e). The IMF's response to COVID-19, 28 October 2020. <https://www.imf.org/en/About/FAQ/imf-response-to-covid-19#q1.1>. Accessed 12 November 2020.
- J**
- Japan, Cabinet Office (2020). *Emergency Economic Measures to Cope with the Novel Coronavirus (COVID-19)*. Tentative translation by Cabinet Office. 7 April 2020, amended on 20 April 2020. Tokyo, Japan: Cabinet Office, Government of Japan.
- Japan, Ministry of the Environment (2020). Support for conversion to a carbon free society by installing self-consumption type solar power generation facilities that contribute to companies in light of bringing back the production bases to Japan. [In Japanese.] Tokyo, Japan.
- Jotzo, F., Longden, T. and Anjum, Z. (2020). *Fiscal stimulus for low-carbon compatible COVID-19 recovery: criteria for infrastructure investment*. CCEP Working Paper 2005. Australia: Crawford School of Public Policy, Australian National University.
- Juhasz, A. (2020). Bailout: Billions of dollars of federal COVID-19 relief money flow to the oil industry, 26 August. <https://www.sierraclub.org/sierra/bailout-billions-dollars-federal-covid-19-relief-money-flow-oil-industry>. Accessed 18 November 2020.
- K**
- Khan, M.A.A. (2020). Opinion: Pakistan's 'Green Stimulus' to combat Covid-19, protect nature, 4 May. <https://www.thethirdpole.net/2020/05/04/pakistans-green-stimulus-to-combat-covid-19-protect-nature/>. Accessed 18 November 2020.
- Kim, D. (2020). S. Korea to center on post-pandemic recovery, job creation in H2, 1 June. <https://en.yna.co.kr/view/AEN20200529008100320>. Accessed 8 September 2020.
- Kishore, R. (2020). The political economy of petrol-diesel price hike, updated 6 July. <https://www.hindustantimes.com/india-news/the-political-economy-of-petrol-diesel-price-hike/story-n1wUkMkOa86mPvgNng0LsJ.html>. Accessed 18 November 2020.
- L**
- Larsen, K., Chaudhuri, P.P., Kirkegaard, J.F., Larsen, J., Wright, L., Rivera, A. and Pitt, H. (2020). *It's Not Easy Being Green: Stimulus Spending in the World's Major Economies*. New York, USA: Rhodium Group.
- M**
- Mackenna, J.F., Bustamante, J.M., Hurley, J.T. and Mendoza, V. (2020). CORFO creates Green Credit to boost investment in renewable energy, energy efficiency and circular economy projects, 15 June. <https://www.carey.cl/en/corfo-creates-green-credit-to-boost-investment-in-renewable-energy-energy-efficiency-and-circular-economy-projects/>. Accessed 18 November 2020.

- Malik, A., Bertram, C., Despres, J., Emmerling, J., Fujimori, S., Garg, A. et al. (2020). Reducing stranded assets through early action in the Indian power sector. *Environmental Research Letters* 15 (9), 094091. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8033>.
- Martín, J.R. (2020). Malaysia eyes pandemic recovery with 1GW new solar tender, 1 June. <https://www.py-tech.org/news/malaysia-eyes-pandemic-recovery-with-1gw-new-solar-tender>. Accessed 10 November 2020.
- Moisio, M., Nascimento, L., Vivero, G. De, Gonzales, S., Hans, F., Lui, S. et al. (2020). *Overview of Recently Adopted Mitigation Policies and Climate-Relevant Policy Responses to COVID-19: 2020 Update*. https://newclimate.org/wp-content/uploads/2020/10/NewClimate_PBL-CLIMA_2020OctUpdate.pdf
- Morton, A. (2020). Decision to renew Victorian logging agreements criticised after summer bushfires, 2 April. <https://www.theguardian.com/australia-news/2020/apr/03/decision-to-renew-victorian-logging-agreements-criticised-after-summer-bushfires>. Accessed 10 November 2020.
- N**
- National Energy Administration (2020). National Energy Administration Circular on 2023 risk and early warning for coal power planning and construction. [In Chinese.] http://www.nea.gov.cn/2020-02/26/c_138820419.htm. Accessed 31 August 2020.
- O**
- O'Callaghan, B., Yau, N., Janz, A., Flodell, H., Blackwood, A., Purroy Sanchez et al. (2020). *Oxford Economic Stimulus Observatory*. <https://www.smithschool.ox.ac.uk/publications/wpapers/Oxford-Economic-Stimulus-Observatory.xlsx>. Accessed 9 November 2020.
- Observatório do Clima (2020). How threatened is the environment under the Bolsano Administration, so far? <http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2020/06/Doc-Response-OC2.pdf>.
- Overseas Development Institute (2020). Country policy responses to Covid-19 (as of 12 August 2020). https://set.odi.org/wp-content/uploads/2020/09/Country-fiscal-and-monetary-policy-responses-to-coronavirus_12-Aug-2020_updated.pdf.
- P**
- Parashar, U. (2020). Petrol, diesel price hike temporary, says Assam minister; cites fall in monthly revenue, 23 April. <https://www.hindustantimes.com/india-news/petrol-diesel-price-hike-temporary-says-assam-minister-cites-fall-in-monthly-revenue/story-y6DmRwFisr6WfkEeLSbON.html>. Accessed 18 November 2020.
- R**
- Ranjan, R. (2020). 5.1 GW of coal-based capacity to be shut down as part of India's phase-out plan, 18 September. <https://mercomindia.com/5-1-gw-coal-based-capacity-to-be-shut-down/>. Accessed 10 November 2020.
- Republic of Korea, Ministry of Economy and Finance (2020). *National Strategy for a Great Transformation: Korean New Deal*. Seoul, Republic of Korea.
- S**
- Sarkar, S. (2020). India seeks to open new coal mines in setback to climate action, 22 June. <https://indiadialogue.net/2020/06/22/india-to-open-new-coal-mines-in-setback-to-climate-action/>. Accessed 18 November 2020.
- Shen, J. (2020). China is investing RMB 10 billion in EV charging infrastructure, 10 April. <https://technode.com/2020/04/10/china-is-investing-rmb-10-billion-in-ev-charging-infrastructure/>. Accessed 18 November 2020.
- Shrimali, G. (2020). Making India's power system clean: retirement of expensive coal plants. *Energy Policy* 139 (April), 111305. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111305>.
- Spencer, T. (2020). *Bending the Curve: 2025 Forecasts for Electricity Demand by Sector and State in the Light of the Covid-19 Epidemic*. TERI Discussion Paper. New Delhi: The Energy and Resources Institute (TERI). https://www.teriin.org/sites/default/files/2020-07/Bending-the-Curve_Report.pdf.
- Srikanth, R. and Krishnan, A.V. (2020). *Transition Plan for Thermal Power Plants in India*. Policy Brief NIAS/NSE/EEP/U/PB/17/2020. Bengaluru: National Institute of Advanced Studies-Energy and Environment Programme.
- State Government of Queensland (2020). COVID relief extends for explorers, 6 October. <https://www.dnrme.qld.gov.au/home/news-publications/news/2020/october/covid-relief-extends-for-explorers>. Accessed 18 November 2020.
- State Government of South Australia (2020). Fee relief for COVID19-hit resources sector, 3 April. <https://www.premier.sa.gov.au/news/media-releases/news/fee-relief-for-covid19-hit-resources-sector2>. Accessed 18 November 2020.
- Sweden, Ministry of Finance (2020). *Budget Statement*. <https://www.government.se/4a73a0/contentassets/ddfaf5ce78494ce991ec231acf9c5b83/summary-budget-statement.pdf>.
- T**
- Tiftik, E., Della Guardia, P., McDaniels, J., Standbridge, K. and Gibbs, S. (2020). Green Weekly Insight: Will COVID-19 reinvigorate the ESG agenda? 25 June 2020. <https://www.iif.com/Publications/ID/3972/Green-Weekly-Insight-Will-COVID-19-reinvigorate-the-ESG-agenda>. Accessed 18 November 2020.

- Transport & Environment (2020). Bailout Tracker. <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/flying-and-climate-change/bailout-tracker>. Accessed 10 November 2020.
- U**
- UN Regional Commissions (2020). *Covid-19: Towards an Inclusive, Resilient and Green Recovery – Building Back Better through Regional Cooperation*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45551/4/COVID19TowardsAnInclusive_en.pdf.
- United Nations Economic Commission of Africa (2020). ECA, Government of Ethiopia launch Decade of Action with tree planting, green jobs, livelihoods and health at the center, 13 August 2020. <https://www.uneca.org/stories/eca-government-ethiopia-launch-decade-action-tree-planting-green-jobs-livelihoods-and-health>. Accessed 18 November 2020.
- V**
- Vivid Economics (2020a). *Green Stimulus Index - August 2020 Update*. https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2020/08/200820-GreenStimulusIndex_web.pdf.
- Vivid Economics (2020b). *Green Employment and Growth: Integrating Climate Change and Biodiversity into the Response to COVID-19*. <https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2020/07/200720-green-labour-note.pdf>.
- W**
- Webber, J. (2020). Mexico City gets pedalling, 21 July. <https://www.ft.com/content/989be646-90ef-43a0-b17a-7ab191e6bec9>. Accessed 18 November 2020.
- World Bank (2020a). World Bank Group increases COVID-19 response to \$14 billion to help sustain economies, protect jobs, 17 March. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/03/17/world-bank-group-increases-covid-19-response-to-14-billion-to-help-sustain-economies-protect-jobs>. Accessed 14 October 2020.
- (2020b). The World Bank Group moves quickly to help countries respond to COVID-19, 2 April. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2020/04/02/the-world-bank-group-moves-quickly-to-help-countries-respond-to-covid-19>. Accessed 18 November 2020.
- (2020c). World Bank COVID-19 response, 14 October 2020. <https://www.worldbank.org/en/news/factsheet/2020/10/14/world-bank-covid-19-response>. Accessed 12 November 2020.
- (2020d). *Proposed Sustainability Checklist for Assessing Economic Recovery Interventions - April 2020*. Washington D.C, US.
- Y**
- Yim, H. (2020). How major South Korean airlines made profits during pandemic, 14 August. <https://www.thejakartapost.com/news/2020/08/14/how-major-south-korean-airlines-made-profits-during-pandemic.html>.

第 5 章

- A**
- Ash, N. and Scarbrough, T. (2019). *Sailing on Solar: Could Green Ammonia Decarbonise International Shipping?* London: Environmental Defense Fund (EDF).
- B**
- Balcombe, P., Brierley, J., Lewis, C., Skatvedt, L., Speirs, J., Hawkes, A. et al. (2019). How to decarbonise international shipping: options for fuels, technologies and policies. *Energy Conversion and Management* 182, 72–88.
- Becken S. and Mackey B. (2017). What role for offsetting aviation greenhouse gas emissions in a deep-cut carbon world? *Journal of Air Transport Management* 63, 71–83.
- Becken, S. and Pant, P. (2019). *Airline Initiatives to Reduce Climate Impact. Ways to Accelerate Action*. Madrid: Amadeus. <https://amadeus.com/en/insights/white-paper/airline-initiatives-to-reduce-climate-impact>.
- Becken, S. and Carmignani, F. (2020). Are the current expectations for growing air travel demand realistic? *Annals of Tourism Research* 80, 102840. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.102840>.
- Bier A. and Burkhardt U. (2019). Variability in contrail ice nucleation and its dependence on soot number emissions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 124, 3384–3400. <https://doi.org/10.1029/2018JD029155>.
- Bier A., Burkhardt U. and Bock L. (2017). Synoptic control of contrail cirrus life cycles and their modification due to reduced soot number emissions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 122(21), 11584–11603. <https://doi.org/10.1002/2017JD027011>.
- Brain D. and Voorbach, N. (2019). ICAO's global horizontal flight efficiency analysis. In *ICAO Environmental Report 2019: Aviation and Environment – Destination Green the Next Chapter*. Montreal: International Civil Aviation Organization (ICAO). Chapter 4. 138–144. https://icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2019/ENVReport2019_pg17-23.pdf.

- C**
- Carlo, R., Marc, B.J., de la Fuente Santiago, S., Smith, T. and Søggaard, K. (2020). Aggregate investment for the decarbonisation of the shipping industry. University Maritime Advisory Services. <https://www.globalmaritimeforum.org/content/2020/01/Aggregate-investment-for-the-decarbonisation-of-the-shipping-industry.pdf>.
- CE Delft and Ecorys (forthcoming). *Assessment of Impacts from Accelerating the Uptake of Sustainable Alternative Fuels in Maritime Transport*.
- Chen, Z., Zhang, M., Chen, Y., Sang, W., Tan, Z., Li, D. et al. (2019). Assessment on critical technologies for conceptual design of blended-wing-body civil aircraft. *Chinese Journal of Aeronautics* 32(8), 1797–1827 <https://doi.org/10.1016/j.cja.2019.06.006>.
- Chiriboga, G., De La Rosa, A., Molina, C., Velarde, S. and Carvajal, C.G. (2020). Energy return on investment (EROI) and life cycle analysis (LCA) of biofuels in Ecuador. *Heliyon* 6(6), e04213. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04213>.
- Comer, B., Olmer, N., Mao, X., Roy, B. and Rutherford, D. (2017). *Black Carbon Emissions and Fuel Use in Global Shipping 2015*. Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation (ICCT). <https://theicct.org/publications/black-carbon-emissions-global-shipping-2015>.
- D**
- DNV GL (2017). *Navigating a Low-carbon Future*. Report No. 2017-0205. <https://brandcentral.dnvgl.com/download/DownloadGateway.dll?h=BE1B38BB718539CC0AB58A5FF2EA7A8378092E52D63A591F82C3E4881009D09A607E236EBE9C1CFBCF51DA76AF6BA7C8>.
- DNV GL (2019). *Maritime Forecast to 2019*. <https://eto.dnvgl.com/2019/Maritime/forecast>.
- DNV GL (2020). *Maritime Forecast to 2050*. <https://eto.dnvgl.com/2020/Maritime/forecast>.
- E**
- Eide, M.S., Dalsøren, S.B., Endresen, Ø., Samset, B., Myhre G., Fuglestad, J. et al. (2013). Reducing CO₂ from shipping – do non-CO₂ effects matter? *Atmospheric Chemistry and Physics* 13, 4183–4201. <https://doi.org/10.5194/acp-13-4183-2013>.
- Epstein, A.H. and O’Flarity, S.M. (2019). Considerations for reducing aviation’s CO₂ with aircraft electric propulsion. *Journal of Propulsions and Power* 35(3). <https://doi.org/10.2514/1.B37015>.
- Erling, U.M. (2018). How to reconcile the European Union Emissions Trading System (EU-ETS) for aviation with the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)? *Air and Space Law* 43(4/5), 371–386.
- Eyring, V., Isaksen, I.S.A., Berntsen, T., Collins, W.J., Corbett, J.J., Endresen, Ø. et al. (2010). Transport impacts on atmosphere and climate: shipping. *Atmospheric Environment* 44(37), 4735–4771. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.04.059>.
- F**
- Faber, J., Behrends, B., Lee, D.S., Nelissen, D. and Smit, M. (2012). *The Fuel Efficiency of Maritime Transport: Potential for Improvement and Analysis of Barriers*. Delft: CE Delft. <https://cedelft.eu/en/publications/1320/the-fuel-efficiency-of-maritime-transport>.
- Faber, J., ’t Hoen, M., Vergeer, R. and Calleya, J. (2016). *Historical Trends in Ship Design Efficiency: The Impact of Hull Form on Efficiency*. Delft: CE Delft. https://www.cedelft.eu/publicatie/historical_trends_in_ship_design_efficiency/1761.
- Faber, J. and ’t Hoen, M. (2017). *Estimated Index Value of Ships 2009-2016: Analysis of the Design Efficiency of Ships that have Entered the Fleet since 2009*. Delft: CE Delft. <https://cedelft.eu/en/publications/1977/estimated-index-values-of-ships-2009-2016>.
- Fleming, G. and de Lépinay, I. (2019). Environmental trends in aviation to 2050. In *ICAO Environmental Report 2019: Aviation and Environment – Destination Green the Next Chapter*. Montreal: International Civil Aviation Organization (ICAO). Chapter 1. 17–23. https://icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2019/ENVReport2019_pg17-23.pdf.
- Fuglestad, J.S., Berntsen, T., Eyring, V., Isaksen, I., Lee, D.S. and Sausen R. (2009). Shipping emissions: from cooling to warming of climate – and reducing impacts on health. *Environmental Science and Technology* 43, 9057–9062. <https://doi.org/10.1021/es901944r>.
- Fuglestad, J., Rogelj, J., Millar, R. J., Allen, M., Boucher, O., Cain, M. et al. (2018). Implications of possible interpretations of ‘greenhouse gas balance’ in the Paris Agreement. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 376(2199), 20160445. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0445>.
- Fuhrman, J., McJeon, H., Patel, P., Doney, S.C., Shobe, W.M. and Clarens, A.F. (2020). Food–energy–water implications of negative emissions technologies in a +1.5 °C future. *Nature Climate Change* 10, 920–927. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0876-z>.

- G** Global Business Travel Association (2020). GBTA COVID-19 member poll results: semi-weekly polls track the impact of COVID-19 on the business travel industry. <https://www.gbta.org/research-tools/covid-19-member-polls>. Accessed 1 November 2020.
- Global Maritime Forum (2020). Getting to Zero Coalition. <https://www.globalmaritimeforum.org/getting-to-zero-coalition/>.
- Gössling, S. and Humpe, A. (2020). The global scale, distribution and growth of aviation: Implications for climate change. *Global Environmental Change* 65, 102194. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102194>.
- H** Halim, R.A., Smith, T and Englert, D. (2019). *Understanding the Economic Impacts of Greenhouse Gas Emissions Mitigation Policies on Shipping*. Policy Research Working Paper 8695. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/31167/WPS8695.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Hall, C.A.S., Lambert, J.G. and Balogh, S.B. (2014). EROI of different fuels and the implications for society. *Energy Policy* 64, 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.049>.
- I** 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*. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R. et al. (eds.). Geneva.
- International Air Transport Association (2020a). Industry statistics. Fact sheet. June 2020. <https://iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airline-industry-economic-performance-june-2020-data-tables/>.
- (2020b). Recovery delayed as international travel remains locked down, 28 July. <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2020-07-28-02/>.
- (2020c). Air cargo market analysis: air cargo traffic recovers slowly amid insufficient capacity. <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis--august-2020/>.
- International Civil Aviation Organization (undated a). Climate change technology standards https://icao.int/environmental-protection/Pages/ClimateChange_TechnologyStandards.aspx.
- (undated b). Operational measures. <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/operational-measures.aspx>.
- (2010). *Report of the Independent Experts on the Medium and Long Term Goals for Aviation Fuel Burn Reduction from Technology*. ICAO Document 9963. Montreal.
- (2016). Resolution A39-3: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection – Global Market-based Measure (MBM) scheme. https://www.icao.int/environmental-protection/documents/resolution_a39_3.pdf.
- (2019a). *Independent Expert Integrated Technology Goals and Review for Engines and Aircraft*. ICAO Document 10127. Montreal.
- (2019b). Resolution A40-19: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection - Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Assembly/Resolution_A40-19_CORSIA.pdf.
- (2020). ICAO Council agrees to the safeguard adjustment for CORSIA in light of COVID-19 pandemic, 30 June. <https://icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-Council-agrees-to-the-safeguard-adjustment-for-CORSIA-in-light-of-COVID19-pandemic.aspx>. Accessed 27 November 2020.
- International Energy Agency (2018). *Renewables 2018. Analysis and Forecasts to 2023*. Paris.
- (2019). *Renewables 2019. Analysis and forecast to 2024*. Paris.
- (2020). *Energy Technology Perspectives 2020*. Paris. <https://iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>.
- International Maritime Organization (2020). *Fourth IMO GHG Study 2020: Final Report*. <https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2020/08/MEPC-75-7-15-Fourth-IMO-GHG-Study-2020-Final-report-Secretariat.pdf>.
- K** Kober, T and Bauer, C. (eds.) (2019). *Perspectives of Power-to-X Technologies in Switzerland*. http://www.sccer-hae.ch/resources/WP_P2X/Kober-et-al_2019_WhitePaper-P2X.pdf.
- L** Langford, J.S. and Hall, D.K. (2020). Electrified aircraft propulsion. *The Bridge* 50(20).
- Lee, D.S., Fahey, D.W., Skowron, A., Allen, M.R., Burkhardt, U., Chen, Q. et al. (in press). The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment* 244, 117834. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>.

- Lindstad, H. and Eskeland, G.S. (2015). Low carbon maritime transport: how speed, size and slenderness amounts to substantial capital energy substitution. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 41, 2015, 244–256. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.10.006>.
- Lloyd's Register and University Marine Advisory Services (2019). *Zero-Emission Vessels: Transition Pathways*. <https://www.lr.org/en/insights/global-marine-trends-2030/zero-emission-vessels-transition-pathways/>.
- M**
- Maertens, S., Grimme, W., Scheelhaase, J. and Jung M. (2019). Options to continue the EU ETS for Aviation in a CORSIA-World. *Sustainability* 11(20), 5703. <https://doi.org/10.3390/su11205703>.
- Martinez Romera, B. (2016). The Paris Agreement and the Regulation of International Bunker Fuels. *Review of European Community and International Environmental Law* 25(2), 215–227. <https://doi.org/10.1111/reel.12170>.
- McKinsey and Company (2020). *Hydrogen-powered Aviation: A Fact-based Study of Hydrogen Technology, Economics, and Climate Impact by 2050*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH%20Docs/20200720_Hydrogen%20Powered%20Aviation%20report_FINAL%20web.pdf.
- N**
- Nuffield Council on Bioethics (2011). *Biofuels: Ethical Issues*. London. https://www.nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/2014/07/Biofuels_ethical_issues_FULL-REPORT_0.pdf.
- P**
- Peters, K., Stier, P., Quaas, J. and Graßl, H. (2012). Aerosol indirect effects from shipping emissions: sensitivity studies with the global aerosol-climate model ECHAM-HAM. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12, 5985–6007. <https://doi.org/10.5194/acp-12-5985-2012>.
- Poseidon Principles (undated). A global framework for responsible ship finance. <https://poseidonprinciples.org>.
- R**
- Rehmatulla, N., and T. Smith (2015). Barriers to energy efficiency in shipping: a triangulated approach to investigate the principal agent problem. *Energy Policy* 84, 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.04.019>.
- S**
- Scheelhaase, J., Maertens, S., Grimme, W. and Jung, M. (2018). EU ETS versus CORSIA – a critical assessment of two approaches to limit air transport's CO₂ emissions by market-based measures. *Journal of Air Transport Management* 67, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.11.007>.
- Schmidt, P., Batteiger, V., Roth, A., Weindorf, W. and Raksha, T. (2018). Power-to-liquids as renewable fuel option for aviation: a review. *Chemie Ingenieur Technik* 90(1–2), 127–140. <https://doi.org/10.1002/cite.201700129>.
- Sea Cargo Charter (undated). Aligning global shipping with society's goals. <https://seacargocharter.org>.
- Searchinger, T., Hamburg, S.P., Melillo, J., Chameides, W., Havlik, P., Kammen, D.M. et al. (2009). Fixing a critical climate accounting error. *Science* 326(5952), 527–528. <https://doi.org/10.1126/science.1178797>.
- Ship & Bunker (undated). World bunker prices. <https://shipandbunker.com/prices/>. Accessed 29 September 2020.
- Smyth, M. and Pearce, B. (2008). *Air Travel Demand*. IATA Economics Briefing No 9. Geneva.
- Sofiev, M., Winebrake, J.J., Johansson, L., Carr, E.W., Prank, M., Soares, J. et al. (2018). Cleaner fuels for ships provide public health benefits with climate tradeoffs. *Nature Communications* 9, 406. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02774-9>.
- T**
- The Royal Society (2019). *Sustainable Synthetic Carbon Based Fuels for Transport*. <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/synthetic-fuels/synthetic-fuels-briefing.pdf>.
- U**
- United Nations Conference on Trade and Development (2019). *Review of Maritime Transport 2019*. E.19.II.D.20.
- United Nations World Tourism Organization (2019). International tourism highlights: 2019 edition. <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284421152>.
- University College London (2020). Greenhouse gas emissions from international shipping increasing, 4 August. <https://www.ucl.ac.uk/news/2020/aug/greenhouse-gas-emissions-international-shipping-increasing>.
- V**
- Valera-Medina, A., Xiao, H., Owen-Jones, M., David, W.I.F. and Bowen, P.J. (2018). Ammonia for power. *Progress in Energy and Combustion Science* 69, 2018, 63–102. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2018.07.001>.
- W**
- Warnecke, C., Schneider, L., Day, T., La Hoz Theuer, S. and Fearnough, H. (2019). Robust eligibility criteria essential for new global scheme to offset aviation emissions. *Nature Climate Change* 9, 218–221. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0415-y>.

第 6 章

A

- Aasness, M. A. and Odeck, J. (2015). The increase of electric vehicle usage in Norway—incentives and adverse effects. *European Transport Research Review* 7(34). <https://doi.org/10.1007/s12544-015-0182-4>.
- Abrahamse, W. and Steg, L. (2013). Social influence approaches to encourage resource conservation: A meta-analysis. *Global Environmental Change* 23(6), 1773-1785.
- Akenji, L. and Bengtsson, M. (2014). Making sustainable consumption and production the core of Sustainable Development Goals. *Sustainability* 6(2), 513-529.
- Akenji, L., Bengtsson, M., and Olsen, S. (2012). Global outlook on SCP policies: Asia-Pacific. In *Global Outlook on Sustainable Consumption and Production Policies: Taking Action Together*. UNEP.
- Akenji, L., Lettenmeier, M., Koide, R., Toivio, V. and Amellina, A. (2019). *1.5-Degree Lifestyles: Targets and Options for Reducing Lifestyle Carbon Footprints*. Technical Report. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies, Aalto University, and D-mat Ltd.
- Aleksandrowicz, L., Green, R., Joy, E. J., 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.
- Amel, E., Manning, C., Scott, B. and Koger, S. (2017). Beyond the roots of human inaction: Fostering collective effort toward ecosystem conservation. *Science* 356(6335), 275-279.
- Asia Energy Efficiency and Conservation Collaboration Center (2020). Final Reports on the Top Runner Target Product Standards. <https://www.asiaeec-col.eccj.or.jp/top-runner-target-standards>. Accessed 14 October 2020.
- Attari, S. Z., Krantz, D. H. and Weber, E. U. (2016). Statements about climate researchers' carbon footprints affect their credibility and the impact of their advice. *Climatic Change* 138(1-2), 325-338.
- Attari, S. Z., Krantz, D. H. and Weber, E. U. (2019). Climate change communicators' carbon footprints affect their audience's policy support. *Climatic Change* 154(3-4), 529-545.

B

- Bai, X., Dawson, R. J., Ürge-Vorsatz, D., Delgado, G. C., Barau, A. S., Dhakal, S. et al. (2018). Six research priorities for cities and climate change. *Nature* 555, 23-25. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-02409-z>.
- Bailey, R., Froggatt, A. and Wellesley, L. (2014). *Livestock – Climate Change's Forgotten Sector: Global Public Opinion on Meat and Dairy Consumption*. Chatham House.
- Beckman, L. and Ugglå, F. (2016). An ombudsman for future generations. In *Institutions for Future Generations*. González-Ricoy, I. and Gosseries, A. (eds.). Oxford Scholarship Online.
- Beevor, J., Murray, L., Simms, A., Tricarico, E. and Gillett, R. (2020). *Upselling Smoke: the Case to End Advertising of the Largest, Most Polluting New Cars*. London: New Weather Institute. <https://static1.squarespace.com/static/5ebd0080238e863d04911b51/t/5f21659998148a15d80ba9be/1596024223673/Upselling+Smoke+FINAL+23+07+20.pdf>.
- Bianchi, F., Dorsel, C., Garnett, E., Aveyard, P. and Jebb, S. A. (2018). Interventions targeting conscious determinants of human behaviour to reduce the demand for meat: a systematic review with qualitative comparative analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 15(1), 1-25.
- Biesecker, A., Darooka, P., Gottschlich, D., Lanuza, M., Röhr, U., Schildberg, C. et al. (2014). *A Caring and Sustainable Economy: A Concept Note from a Feminist Perspective*. Berlin, Germany: Friedrich-Ebert-Stiftung. <https://library.fes.de/pdf-files/iez/10809.pdf>.
- Birkmann, J., Buckle, P., Jaeger, J., Pelling, M., Setiadi, N., Garschagen, M. et al. (2010). Extreme events and disasters: a window of opportunity for change? Analysis of organizational, institutional and political changes, formal and informal responses after mega-disasters. *Natural Hazards* 55, 637–655.
- Bollinger, B. and Gillingham, K. (2012). Peer effects in the diffusion of solar photovoltaic panels. *Marketing Science* 31(6), 900-912.
- Breadsell, J. K., Eon, C. and Morrison, G. M. (2019). Understanding resource consumption in the home, community and society through behaviour and social practice theories. *Sustainability* 11(22), 6513.
- Briguglio, M., and Formosa, G. (2017). When households go solar: Determinants of uptake of a Photovoltaic Scheme and policy insights. *Energy Policy* 108(C), 154-162.
- Büchs, M., Baltruszewicz, M., Bohnenberger, K., Busch, J., Dyke, J., Elf, P. et al. (2020). *Wellbeing Economics for the COVID19 recovery: Ten Principles to Build Back Better*. Wellbeing Economy Alliance, WEAll Briefing Papers: Short summaries of big issues. https://wellbeingeconomy.org/wp-content/uploads/2020/05/Wellbeing_Economics_for_the_COVID-19_recovery_10Principles.pdf

C

- C40 Cities Network (2020). *C40 Mayors' Agenda for a Green and Just Recovery*. https://c40-production-images.s3.amazonaws.com/other_uploads/images/2093_C40_Cities_%282020%29_Mayors_Agenda_for_a_Green_and_Just_Recovery.original.pdf?1594824518.
- Capstick, S. B. (2013). Public understanding of climate change as a social dilemma. *Sustainability* 5(8), 3484-3501.
- Capstick, S., Lorenzoni, I., Corner, A. and Whitmarsh, L. (2014). Prospects for radical emissions reduction through behavior and lifestyle change. *Carbon Management* 5(4), 429-445. <https://doi.org/10.1080/17583004.2015.1020011>.
- Carbon Trust (2020). *Product Carbon Footprint Labelling: Consumer Research 2020*. London: Carbon Trust. <https://www.carbontrust.com/resources/product-carbon-footprint-labelling-consumer-research-2020>.
- Carroll, N., and Conboy, K. (2020). Normalising the "new normal": Changing tech-driven work practices under pandemic time pressure. *International Journal of Information Management* 55, 102186.
- Carstensen, T.A., Olafsson, A.S., Bech, N.M., Schmidt Poulsen, T. and Zhao, C. (2015). The spatio-temporal development of Copenhagen's bicycle infrastructure 1912–2013. *Danish Journal of Geography* 115(2), 142-156. <https://doi.org/10.1080/00167223.2015.1034151>.
- Casamayor, J. L. and Su, D. (2020). Review of directives, regulations and standards related to sustainable product design and manufacture. In *Sustainable Product Development*. Su D. (eds.). Switzerland: Springer, Cham. 15-37. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39149-2>.
- Centola, D., Becker, J., Brackbill, D. and Baronchelli, A. (2018). Experimental evidence for tipping points in social convention. *Science* 360(6393), 1116-1119. <https://doi.org/10.1126/science.aas8827>.
- Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F. and Neiman, A. (2009). Influences of built environments on walking and cycling: lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation* 3(4), 203-226.
- Chakravarty, S., Chikkatur, A., de Coninck, H., Pacala, S., Socolow, R. and Tavoni, M. (2009). Sharing global CO₂ emission reductions among one billion high emitters. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(29), 11884-11888. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905232106>.
- Chancel, L. and Piketty, T. (2015). *Carbon and inequality: from Kyoto to Paris*. Paris School of Economics. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3536.0082>.
- Charter, M. and Keiller, S. (2016). *The Second Global Survey of Repair Cafés: A Summary of Findings*. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-second-global-survey-of-repair-caf%C3%A9s%3A-a-summary-Charter-Keiller/eefae4fa18581395083c968c87646d3d366f8c9d>.
- Chen, H., Wang, L., and Chen, W. (2018). Modeling on building sector's carbon mitigation in China to achieve the 1.5 °C climate target. *Energy Efficiency*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9687-8>.
- Cherry, E. (2006). Veganism as a cultural movement: A relational approach. *Social Movement Studies* 5(2), 155-170.
- Cherry, C., Scott, K., Barrett, J. and Pidgeon, N. (2018). Public acceptance of resource-efficiency strategies to mitigate climate change. *Nature Climate Change* 8(11), 1007-1012.
- Ciccone, A. (2018). Environmental effects of a vehicle tax reform: empirical evidence from Norway. *Transport Policy* 69(C), 141-157.
- Cleveland, D. A., Phares, N., Nightingale, K. D., Weatherby, R. L., Radis, W., Ballard, J. et al. (2017). The potential for urban household vegetable gardens to reduce greenhouse gas emissions. *Landscape and Urban Planning* 157, 365-374.
- Clewlow, R.R., Sussman, J.M. and Balakrishnan, H. (2014). The impact of high-speed rail and low-cost carriers on European air passenger traffic. *Transport Policy*, 33, 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.01.015>.
- Climate Action Tracker (2020). *A Government Roadmap for Addressing the Climate and Post COVID-19 Economic Crises*. https://climateactiontracker.org/documents/706/CAT_2020-04-27_Briefing_COVID19_Apr2020.pdf.
- 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. *British Medical Journal* 352:h6704.
- Convention Citoyenne pour le Climat (2020). *Les Propositions de la Convention Citoyenne pour le Climat, Thématique: se déplacer*. Paris. <https://propositions.conventioncitoyennepourleclimat.fr/pdf/ccc-rapport-final-sedeplacer.pdf>.
- Coote, A., Franklin, J. and Simms, A. (2010). *21 Hours. Why a Shorter Working Week Can Help Us All to Flourish in the 21st Century*. New Economics Foundation https://b3cdn.net/nefoundation/f49406d81b9ed9c977_p1m6ibgje.pdf.
- Creutzig, F., Fernandez, B., Haber, H., Khosla, R., Mulugetta, Y. and Seto, K. (2016). Beyond technology: Demand-side solutions to climate change mitigation. *Annual Review of Environment and Resources* 41, 173-198. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085428>.
- Creutzig, F., Roy, J., Lamb, W., Azevedo, I., Bruin de Bruin, W., Dalkmann, H. et al. (2018). Towards demand-side solutions for mitigating climate change. *Nature Climate Change* 8, 268-271. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0121-1>.

- D**
- Dauvergne, P. and Lister, J. (2013). *Eco-Business: A Big-Brand Takeover of Sustainability*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Davidson, J. (2020). #futuregen: Lessons From a Small Country. United Kingdom: Chelsea Green Publishing Co.
- Davis, S. J. and Caldeira, K. (2010). Consumption-based accounting of CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(12), 5687-5692.
- De Young, R. (2011). Slow wins: patience, perseverance and behavior change. *Carbon Management* 2(6), 607-611.
- Devaney, L., Torney, D., Brereton, P. and Coleman, M. (2020). Ireland's Citizens' Assembly on climate change: Lessons for deliberative public engagement and communication. *Environmental Communication* 14(2), 141-146.
- Dietz, T., Gardner, G., Gilligan, J., Stern, P.C. and Vandenberg, M.P. (2009). Household actions can provide a behavioral wedge to rapidly reduce US carbon emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(44), 18452-18456. <https://doi.org/10.1073/pnas.0908738106>.
- Donthu, N., and Gustafsson, A. (2020). Effects of COVID-19 on business and research. *Journal of Business Research* 117, 284-289. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.06.008>.
- Dorband, I.I., Jakob, M., Kalkuhl, M. and Steckel, J.C. (2019). Poverty and distributional effects of carbon pricing in low- and middle-income countries – A global comparative analysis. *World Development* 115(C), 246-257. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.11.015>.
- Dryzek, J.S. and Niemeyer, S. (2019). Deliberative democracy and climate governance. *Nature Human Behaviour* 3, 411-413. <https://www.nature.com/articles/s41562-019-0591-9>.
- E**
- Ebeling, F. and Lotz, S. (2015). Domestic uptake of green energy promoted by opt-out tariffs. *Nature Climate Change* 5(9), 868-871.
- Econcept (2013). Konsum, Suffizienzpotenziale und Auswirkungen suffizienzfördernder Massnahmen. Unterschiede nach Einkommensklassen und Haushaltstypen. Available at <https://www.stadt-zuerich.ch/suffizienz>.
- European Commission (2020a). Sustainable product policy & ecodesign. https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/product-policy-and-ecodesign_en. Accessed 14 October 2020.
- (2020b). *A Farm to Fork Strategy for a Fair, Healthy and Environmentally-Friendly Food System*. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-annex-farm-fork-green-deal_en.pdf.
- F**
- Figenbaum, E. (2017). Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 25, 14-34.
- Feygin, S. and Pozdnoukhov, A. (2018). Peer pressure enables actuation of mobility lifestyles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 87, 26-45.
- Fleming, S. (2019). The Netherlands is paying people to cycle to work, 21 February. <https://www.weforum.org/agenda/2019/02/the-netherlands-is-giving-tax-breaks-to-cycling-commuters-and-they-re-not-the-only-ones>. Accessed 14 October 2020.
- Fouquet R. and O'Garra, T. (2020). *The behavioural, welfare and environmental impacts of air travel reductions during and beyond COVID-19*. Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper 372/Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper 342. London: London School of Economics and Political Science.
- France, Ministère de la Transition écologique (2017). Adoption du projet de loi mettant fin à la recherche et à l'exploitation des hydrocarbures, 19 December. <https://www.ecologie.gouv.fr/adoption-du-projet-loi-mettant-fin-recherche-et-l'exploitation-des-hydrocarbures-france-tourne-dos>. Accessed 14 October 2020.
- Fremstad, A., Paul, M. and Underwood, A. (2019). Work hours and CO₂ emissions: evidence from us households. *Review of Political Economy* 31(1), 42-59.
- Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Hauck, J., Peters, G. P. et al. (2019). Global carbon budget 2019. *Earth System Science Data* 11(4), 1783-1838.
- G**
- Gächter, S. and Renner, E. (2018). Leaders as role models and 'belief managers' in social dilemmas. *Journal of Economic Behavior & Organization* 154, 321-334. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2018.08.001>.
- Garnett, E. E., Balmford, A., Sandbrook, C., Pilling, M. A. and Marteau, T. M. (2019). Impact of increasing vegetarian availability on meal selection and sales in cafeterias. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(42), 20923-20929.

- Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (2016). Legge sugli sprechi alimentari (Legge 19 agosto 2016 n.166): Disposizioni concernenti la donazione e la distribuzione di prodotti alimentari e farmaceutici a fini di solidarietà sociale e per la limitazione degli sprechi (16G00179) GU Serie Generale n.202 del 30-08-2016. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/08/30/16G00179/sg>.
- Gill, M., Ebi, K. L., Smith, K. R., Whitmarsh, L. and Haines, A. (2020). We need health warning labels on points of sale of fossil fuels, 31 March. <https://blogs.bmj.com/bmj/2020/03/31/we-need-health-warning-labels-on-points-of-sale-of-fossil-fuels/>.
- Gladwell, M. (2006). *The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference*. United States: Little, Brown.
- Gössling, S., Humpe, A. and Bausch, T. (2020). Does 'flight shame' affect social norms? Changing perspectives on the desirability of air travel in Germany. *Journal of Cleaner Production* 266, 122015.
- Gottschlich, D. and Bellina, L. (2017). Environmental justice and care: critical emancipatory contributions to sustainability discourse. *Agriculture and Human Values* 34(4), 941-953.
- Gravelly, E. and Fraser, E. (2018). Transitions on the shopping floor: Investigating the role of Canadian supermarkets in alternative protein consumption. *Appetite* 130, 146-156.
- Graziano, M. and Gillingham, K. (2015). Spatial patterns of solar photovoltaic system adoption: the influence of neighbors and the built environment. *Journal of Economic Geography* 15(4), 815-839.
- Guilbeault, D., Becker, J. and Centola, D. (2018). Complex contagions: A decade in review. In *Complex Spreading Dynamics in Social Systems*. S. Lehmann and Y. Ahn (eds.). New York: Springer. 3–25.
- H**
- Hagedorn, G., Kalmus, P., Mann, M., Vicca, S., Van den Berge, J., van Ypersele, J. P. et al. (2019). Concerns of young protesters are justified. *Science* 364, 139-140.
- Hasegawa, T., Havlik, P., Frank, S., Palazzo, A. and Valin, H. (2019). Tackling food consumption inequality to fight hunger without pressuring the environment. *Nature Sustainability* 2, 826-833. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0371-6>.
- Heindl, P. and P. Kanschik (2016). Ecological sufficiency, individual liberties, and distributive justice: Implications for policy making. *Ecological Economics* 126, 42–50. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2016.03.019>.
- Henrich, J., Chudek, M. and Boyd, R. (2015). The Big Man Mechanism: how prestige fosters cooperation and creates prosocial leaders. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370(1683), 20150013.
- Hertwich, E. G. and Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental science & technology* 43(16), 6414-6420.
- Hoolohan, C. and Browne, A.L. (2020). Design thinking for practice-based intervention: Co-producing the change points toolkit to unlock (un)sustainable practices. *Design Studies* 67, 102–132.
- Hoolohan, C., McLachlan, C. and Mander, S. (2016). Trends and drivers of end-use energy demand and the implications for managing energy in food supply chains: Synthesising insights from the social sciences. *Sustainable Production and Consumption* 8, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.06.002>.
- House of Lords (2011). *Behaviour Change*. London: House of Lords Select Committee on Science & Technology.
- Howarth, C., Bryant, P., Corner, A., Fankhauser, S., Gouldson, A., Whitmarsh, L. and Willis, R. (2020). Building a social mandate for climate action: Lessons from COVID-19. *Environmental and Resource Economics* 76, 1107–1115. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00446-9>.
- Hubacek, K., Baiocchi, G., Feng, K., Muñoz Castillo, R., Sun, L. and Xue, J. (2017). Global carbon inequality, *Energy, Ecology & Environment* 2, 361-369. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0072-9>.
- Hyseni, L., Atkinson, M., Bromley, H., Orton, L., Lloyd-Williams, F., McGill, R. and Capewell, S. (2017). The effects of policy actions to improve population dietary patterns and prevent diet-related non-communicable diseases: scoping review. *European Journal of Clinical Nutrition* 71(6), 694-711.
- I**
- IPES-Food (2017). *Too Big to Feed: Exploring the Impacts of Mega-Mergers, Concentration and Concentration of Power in the Agri-Food Sector*. http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/Concentration_FullReport.pdf.
- Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Aalto University and D-mat Ltd. (2019). *1.5-Degree Lifestyles: Targets and Options for Reducing Lifestyle Carbon Footprints*. Technical Report. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies.
- India, Bureau of Energy Efficiency (2020). Mandatory appliances. <https://beeindia.gov.in/content/mandatory-appliances>. Accessed 14 October 2020.
- International Energy Agency (2019). *World Energy Outlook 2019*. Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>.
- (2020). *Global Energy Review 2020: The Impacts of the Covid-19 Crisis on Global Energy Demand and CO₂ Emissions*. Paris. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>.

- Ipsos (2020). *How Much Is the World Yearning for Change After the COVID-19 Crisis? Ipsos Survey for the World Economic Forum*. <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2020-09/global-yearning-for-change-after-the-covid-19-crisis-2020-09-ipsos.pdf>.
- Ivanova, D., Barrett, J., Wiedenhofer, D., Macura, B., Callahan, M. and Creutzig, F. (2020). Quantifying the potential for climate change mitigation of consumption options. *Environmental Research Letters* 15(9). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8589>.
- Ivanova, D. and Wood, R. (2020). The unequal distribution of household carbon footprints in Europe and its link to sustainability. *Global Sustainability* 3(e18), 1-12. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.12>.
- Ivanova, D., Stadler, K., Steen-Olsen, K., Wood, R., Vita, G., Tukker, A. and Hertwich, E. G. (2016). Environmental impact assessment of household consumption. *Journal of Industrial Ecology* 20(3), 526-536.
- Jain, R.K., Gulbinas, R., Taylor, J.E. and Culligan, P.J. (2013). Can social influence drive energy savings? Detecting the impact of social influence on the energy consumption behavior of networked users exposed to normative eco-feedback. *Energy and Buildings* 66, 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.06.029>.
- Jebb, A., Tay, L., Diener, E. and Oishi, S. (2018). Happiness, income satiation and turning points around the world. *Nature Human Behaviour* 2(1), 33-38.
- Kaiser, M., Bernauer, M., Sunstein, C.R. and Reisch, L.A. (2020). The power of green defaults: the impact of regional variation of opt-out tariffs on green energy demand in Germany. *Ecological Economics* 174, 106685. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106685>.
- Kamat, A., Khosla, R., and Narayanamurti, V. (2020). Illuminating homes with LEDs in India: Rapid market creation towards low-carbon technology transition in a developing country. *Energy Research and Social Sciences* 66, 101488. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101488>.
- Kashwan, P. (2016). What explains the demand for collective forest rights amidst land use conflicts? *Journal of Environmental Management* 183, 657-666.
- Kennedy, S.F. and Rosen, B. (2020). The rise of community choice aggregation and its implications for California's energy transition: A preliminary assessment. *Energy & Environment*. <https://doi.org/10.1177%2F0958305X20927381>.
- Kenworthy, J.R. (2006). The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development. *Environment and Urbanization* 18(1), 67-85. <https://doi.org/10.1177/0956247806063947>.
- Khosla, R., Sircar, N. and Bhardwaj, A. (2019). Energy demand transitions and climate mitigation in low-income urban households in India. *Environmental Research Letters* 14(9), 095008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3760>.
- Kraft-Todd, G. T., Bollinger, B., Gillingham, K., Lamp, S. and Rand, D. G. (2018). Credibility-enhancing displays promote the provision of non-normative public goods. *Nature* 563(7730), 245-248.
- Kraus, S. and Koch, N. (2020). *Effect of Pop-Up Bike Lanes on Cycling in European Cities*. <https://arxiv.org/pdf/2008.05883.pdf>.
- Kubit, J. (2020). *Linking Individual Behavior and Systems Change: Framing the Conversation*. KR Foundation. <https://www.rapidtransition.org/resources/individual-behaviour-and-system-change-how-they-are-connected/>.
- Kumar, R. (2016). Significance of domestic tourism in India as a major revenue generator. *Asia Pacific Journal of Research* I(XXXVIII).
- Kunreuther, H. and Weber, E. U. (2014). Aiding decision making to reduce the impacts of climate change. *Journal of Consumer Policy* 37(3), 397-411.
- Kurz, T., Gardner, B. Verplanken, B. and Abraham, C. (2015). Habitual behaviors or patterns of practice? Explaining and changing repetitive climate-relevant actions. *WIREs Climate Change* 6, 113-128.
- Kyle, W. C., Jr. (2020). Youth are demanding action regarding climate change: Will educators have the wisdom and courage to respond? *APeDuC Revista/APeDuC Journal* 1(1), 150-160.
- Kythreotis, A. P., Mantyka-Pringle, C., Mercer, T. G., Whitmarsh, L. E., Corner, A., Paavola, J. et al. (2019). Citizen social science for more integrative and effective climate action: A science-policy perspective. *Frontiers in Environmental Science* 7, 10.
- Lally, P., van Jaarsveld, C., Potts, H. and Wardle, J. (2010). How habits are formed: Modelling habit formation in the real world. *European Journal of Social Psychology* 40 (6), 998-1009.
- Layard, R., Mayraz, G. and Nickell, S. (2008). The marginal utility of income. *Journal of Public Economics* 92(8-9), 1846-1857.
- Langley, E., Dickman, A., Jenner, M., Duke, C., Suter, J., Sinn, M., Boulos, S., Dolley, P. (2012). *Research on EU Product Label Options: Final Report*. London: Ipsos MORI. <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2012-12-research-eu-product-label-options.pdf>.

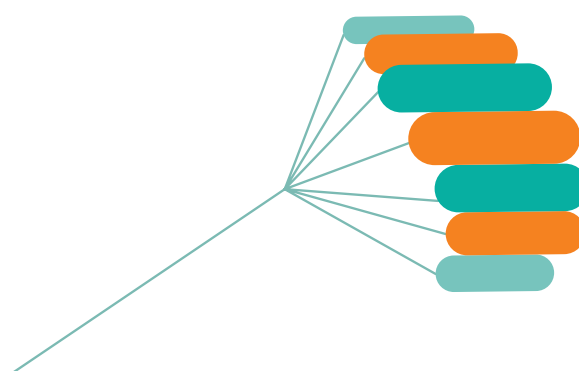
- Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J., Abernethy, S., Andrew, R. M., De-Gol, A. J., Willis, D. R., Shan, Y., Canadell, J. G., Friedlingstein, P., Creutzig, F. and Peters, G. P. (2020). Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change* 10, 647-653.
- Leeds City Council (2020). *Report of Director of Resources and Housing: Climate Emergency Update*. Leeds, UK. <https://democracy.leeds.gov.uk/documents/s198403/Climate%20Emergency%20Cover%20Report%20191219.pdf>.
- Lewis, J.J. and Pattanayak, S.K. (2012). Who adopts improved fuels and cookstoves? A systematic review. *Environmental Health Perspectives* 120(5), 637-645. <https://dx.doi.org/10.1289%2Fehp.1104194>.
- Li, W., Long, R., Chen, H., Chen, F., Zeng, X. and Yang, M. (2019). Effect of policy incentives on the uptake of electric vehicles in China. *Sustainability* 11(12), 3323. <https://doi.org/10.3390/su11123323>.
- Liobikienė, G. and Dagiliūtė, R. (2016). The relationship between economic and carbon footprint changes in EU: the achievements of the EU sustainable consumption and production policy implementation. *Environmental Science & Policy* 61, 204-211.
- M**
- McCauley, D. and Heffron, R. (2018). Just transition: Integrating climate, energy and environmental justice. *Energy Policy* 119, 1-7.
- Maniates, M. F. (2001). Individualization: Plant a tree, buy a bike, save the world? *Global environmental politics*, 1(3), 31-52.
- Maréchal, K. (2010). Not irrational but habitual: The importance of “behavioural lock-in” in energy consumption. *Ecological Economics* 69(5), 1104-1114. <https://econpapers.repec.org/RePEc:eee:ecolec:v:69:y:2010:i:5:p:1104-1114>.
- Maréchal, K. and Lazaric, N. (2011). Overcoming inertia: insights from evolutionary economics into improved energy and climate policies. *Climate Policy* 10, 103-119.
- Marquardt, J. (2020). Fridays for Future’s disruptive potential: An inconvenient youth between moderate and radical ideas. *Front. Commun.* 5, 48. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2020.00048>.
- Marsden, G., Anable, J., Chatterton, T., Docherty, I., Faulconbridge, J., Murray, L., Roby, H. and Shires, J. (2020). Studying disruptive events: innovations in behaviour, opportunities for lower carbon transport policy? *Transport Policy* 94, 89-101.
- Martin, E. and Shaheen, S.A. (2011). The impact of carsharing on public transit and non-motorized travel: an exploration of North American carsharing survey data. *Energies* 4(12), 2094-2114. <https://doi.org/10.3390/en4112094>.
- Mattioli, G., Roberts, C., Steinberger, J. K. and Brown, A. (2020). The political economy of car dependence: A systems of provision approach. *Energy Research and Social Science* 66, 101486.
- Meddin, R., DeMaio, P., O’Brien, O., Rabello, R., Yu, C. and Seamon, J. (2020). The Meddin Bike-sharing World Map. <http://bikesharingworldmap.com>. Accessed 14 October 2020.
- Méndez, M. (2020). *Climate Change From the Streets: How Conflict and Collaboration Strengthen the Environmental Justice Movement*. Yale University Press.
- Milford, B. and Kildal, C. (2019). Meat Reduction by Force: The Case of “Meatless Monday” in the Norwegian Armed Forces. *Sustainability* 11(10), 1-13.
- Millward-Hopkins, J., Steinberger, J.K., Rao, N.D. and Oswald, Y. (2020). Providing a decent living with minimum energy: A global scenario. *Global Environmental Change* 65, 102168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102168>.
- Mitchell, E. (2020). Climate change and nationally significant infrastructure projects: R (on the application of Plan B Earth) v Secretary of State for Transport. *Environmental Law Review* 22(2), 125-132. <https://doi.org/10.1177/1461452920931325>.
- Moberg, K. R., Aall, C., Dorner, F., Reimerson, E., Ceron, J.-P., Sköld, B. et al. (2018). Mobility, food and housing: responsibility, individual consumption and demand-side policies in European deep decarbonisation pathways. *Energy Efficiency*, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9708-7>.
- Mogles, N., Walker, I., Ramallo-Gonzalez, A. P., Lee, J., Natarajan, S., Padget, J. et al. (2017). How smart do smart meters need to be? *Building and Environment* 125, 439-450. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.09.008>.
- Mourad, M. (2016). Recycling, recovering and preventing “food waste”: Competing solutions for food systems sustainability in the United States and France. *Journal of Cleaner Production* 126, 461-477.
- Mozaffarian, D., Angell, S. Y., Lang, T. and Rivera, J. A. (2018). Role of government policy in nutrition—barriers to and opportunities for healthier eating. *British Medical Journal* 361:k2426.
- Müller, D. B., Liu, G., Løvik, A. N., Modaresi, R., Pauliuk, S., Steinhoff, F. S. and Brattebø, H. (2013). Carbon emissions of infrastructure development. *Environmental Science & Technology* 47, 11739-11746. <http://dx.doi.org/10.1021/es402618m>.
- Mulugetta, Y., Carvajal, P. E., Haselip, J. A. and Spencer, T. (2019). Bridging the gap: Global transformation of the energy system. In *Emissions Gap Report 2019*. Chapter 6. UNEP, 46-55.

- Mundaca, L. and Samahita, M. (2020). What drives home solar PV uptake? Subsidies, peer effects and visibility in Sweden. *Energy Research and Social Science* 60, 101319.
- Mundaca, L., Ürge-Voratz, D. and Wilson, C. (2018). Demand-side approaches for limiting global warming to 1.5 °C. *Energy Efficiency* 12, 343-362. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9722-9>.
- Muradova, L., Walker, H. and Colli, F. (2020). Climate change communication and public engagement in interpersonal deliberative settings: evidence from the Irish citizens' assembly. *Climate Policy* 20(10), 1-14.
- N**
- New Zealand, Parliamentary Commissioner for the Environment (2020). *Restricting the Production of Fossil Fuels in Aotearoa New Zealand*. <https://www.pce.parliament.nz/media/197019/report-restricting-the-production-of-fossil-fuels-in-aotearoa-new-zealand.pdf>. Accessed 14 October 2020.
- Nicolson, M., Huebner, G. M., Shipworth, D. and Elam, S. (2017). Tailored emails prompt electric vehicle owners to engage with tariff switching information. *Nature Energy* 2, 17073. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.73>.
- Nielsen, K. S., Clayton, S., Stern, P. C., Dietz, T., Capstick, S. and Whitmarsh, L. (2020). How psychology can help limit climate change. Advance online publication. *American Psychologist*. <https://doi.org/10.1037/amp0000624>.
- Nyborg, K., Anderies, J. M., Dannenberg, A., Lindahl, T., Schill, C., Schlüter, M. et al. (2016). Social norms as solutions. *Science* 354(6308), 42-43. <https://spia.princeton.edu/system/files/research/documents/Social%20Norms%20as%20Solutions.pdf>.
- O**
- Okin, G.S. (2017). Environmental impacts of food consumption by dogs and cats. *PLoS ONE* 12(8), e0181301. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181301>.
- Olsho, L. E., Klerman, J. A., Wilde, P. E. and Bartlett, S. (2016). Financial incentives increase fruit and vegetable intake among Supplemental Nutrition Assistance Program participants: a randomized controlled trial of the USDA Healthy Incentives Pilot. *The American Journal of Clinical Nutrition* 104(2), 423-435.
- Ordner, J. (2017). Community action and climate change. *Nature Climate Change* 7, 161-163. <https://doi.org/10.1038/nclimate3236>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2003). *Voluntary Approaches for Environmental Policy*. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/voluntary-approaches-for-environmental-policy_9789264101784-en. Accessed 14 October 2020.
- Ornetzeder, M., Hertwich, E.G., Klaus, H., Korytarova, K. and Haas, W. (2008). The environmental effect of car-free housing: A case in Vienna. *Ecological Economics* 65(3), 516-530.
- O'Shaughnessy, E., Heeter, J., Gattaciecce, J., Sauer, J., Trumbull, K., and Chen, E. (2019). Empowered communities: The rise of community choice aggregation in the United States. *Energy Policy* 132, 1110-1119. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.07.001>.
- Oswald, Y., Owen, A. and Steinberger, J. K. (2020). Large inequality in international and intranational energy footprints between income groups and across consumption categories. *Nature Energy* 5(349), 231-239.
- Otto, I. M., Donges, J. F., Cremades, R., Bhowmik, A., Hewitt, R. J., Lucht, W. et al. (2020a). Social tipping dynamics for stabilizing Earth's climate by 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(5), 2354-2365. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900577117>.
- Otto, I. M., Wiedermann, M., Cremades, R., Auer, C., Donges, J. and Lucht, W. (2020b). Human agency in the Anthropocene. *Ecological Economics* 167, 106463.
- Otto, I. M., Kim, K. M., Dubrovsky, N. and Lucht, W. (2019). Shift the focus from the super-poor to the super-rich. *Nature Climate Change* 9(2), 82-84. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0402-3>.
- Oxfam (2015). *Extreme Carbon Inequality. Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first*. <https://oxfamlibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/582545/mb-extreme-carbon-inequality-021215-en.pdf?sequence=9>.
- Oxfam and Stockholm Environment Institute (2020). *The Carbon Inequality Era: An Assessment of the Global Distribution of Consumption Emissions Among Individuals from 1990 to 2015 and Beyond*. <https://policy-practice.oxfam.org.uk/publications/the-carbon-inequality-era-an-assessment-of-the-global-distribution-of-consumpti-621049>.
- P**
- Page, N. C. and Nilsson, V. O. (2017). Active commuting: Workplace health promotion for improved employee well-being and organizational behavior. *Frontiers in Psychology* 7, 1994. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01994>.
- Pattanayak, S.K., Jeuland, M., Lewis, J.J., Usmani, F., Brooks, N., Bhojvaid, V. et al. (2019). Experimental evidence on promotion of electric and improved biomass cookstoves. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(27), 13282-287. <https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1808827116>.
- Place-based Climate Action Network (2019). *The Leeds Climate Change Citizens' Jury. September – November 2019*. <https://leedsclimate.org.uk/sites/default/files/REPORT%20V1.2%20FINAL.pdf>.

- Pearson, A. L. and Wilson, N. (2013). Optimising locational access of deprived populations to farmers' markets at a national scale: one route to improved fruit and vegetable consumption? *PeerJ* 1, e94.
- Pettifor, H., Wilson, C., Axsen, J., Abrahamse, W. and Anable, J. (2017). Social influence in the global diffusion of alternative fuel vehicles – a meta-analysis. *Journal of Transport Geography* 62, 247-261.
- Pettifor, H., Wilson, C., McCollum, D. and Edelenbosch, O. (2017). Modelling social influence and cultural variation in global low-carbon vehicle transitions. *Global Environmental Change* 47, 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.008>.
- Pietinen, P., Nissinen, A., Vartiainen, E., Tuomilehto, A., Uusitalo, U., Ketola, A. et al. (1988). Dietary changes in the North Karelia project (1972–1982). *Preventive Medicine* 17(2), 183-193.
- Ploll, U., Petritz, H. and Stern, T. (2020). A social innovation perspective on dietary transitions: Diffusion of vegetarianism and veganism in Austria. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 36, 164-176.
- Power, K. (2020). The COVID-19 pandemic has increased the care burden of women and families. *Sustainability: Science, Practice and Policy* 16 (1) 67-73. <https://doi.org/10.1080/15487733.2020.1776561>.
- Priye, S. and Manoj, M. (2020). Exploring usage patterns and safety perceptions of the users of electric three-wheeled paratransit in Patna, India. *Case Studies on Transport Policy* 8(1).
- Pucher, J. and Buehler, R. (2008). Making cycling irresistible: lessons from the Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews* 28(4), 495-528.
- Pulker, C. E., Trapp, G. S., Scott, J. A. and Pollard, C. M. (2018). Global supermarkets' corporate social responsibility commitments to public health: a content analysis. *Globalization and Health* 14(1), 121.
- Pykett, J., Jones, R., Whitehead, M., Huxley, M., Strauss, K., Gill, N., McGeevor, K. et al. (2011). Interventions in the political geography of 'libertarian paternalism'. *Political Geography* 30(6), 301-310.
- R**
- Railway Gazette (2020). Trains replace planes on Wien – Salzburg route, 2 July. <https://www.railwaygazette.com/passenger/trains-replace-planes-on-wien-salzburg-route/56871.article>. Accessed 14 October 2020.
- Ralph, K. M. and Brown, A. E. (2017). The role of habit and residential location in travel behavior change programs, a field experiment. *Transportation* 46, 719-734. <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9842-7>.
- Rao, N. D., Min, J. and Mastrucci, A. (2019). Energy requirements for decent living in India, Brazil and South Africa. *Nature Energy* 6, 1025-1032. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0497-9>.
- Rao, N. D., van Ruijven, B. J., Riahi, K. and Bosetti, V. (2017). Improving poverty and inequality modelling in climate research. *Nature Climate Change* 7, 857-862. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0004-x>.
- Richter, L. (2013). *Social Effects in the Diffusion of Solar Photovoltaic Technology in the UK*. Cambridge Working Papers in Economics 1357, EPRG Working Paper 1332. <https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/255233/cwpe1357.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Roberts, J. T., Steinberger, J., Dietz, T. and Lamb, W.F. (2020). Four agendas for research and policy on emissions mitigation and well-being. *Global Sustainability* 3, e3. <https://doi.org/10.1017/sus.2019.25>.
- Rosas-Satizábal, D. and Rodríguez-Valencia, A. (2019). Factors and policies explaining the emergence of the bicycle commuter in Bogotá. *Case Studies on Transport Policy* 7(1), 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.12.007>.
- Roy, D. (2015). A subaltern view of climate change. *Economic & Political Weekly* 50(31), 31-39.
- Roy, J., Dowd, A. M., Muller, A., Pal, S. and Prata, N. (2012). Lifestyles, well-being and energy. In *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Chapter 21. 1527–1548.
- S**
- Sachs, W. (1993). Die vier E's: Merkposten für einen massvollen Wirtschaftsstil. *Politische Ökologie* 33, 69-72. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-668>.
- Schanes, K., Giljum, S. and Hertwich, E. (2016). Low carbon lifestyles: A framework to structure consumption strategies and options to reduce carbon footprints. *Journal of Cleaner Production* 139, 1033-1043.
- Schultz, W., Nolan, J. M. and Cialdini, R. (2007). The constructive, destructive, and reconstructive power of social norms. *Psychological Science* 18(5), 429-434. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1467-9280.2007.01917.x>.
- 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>.
- Shindell, D., Faluvegi, G., Walsh, M., Anenberg, S.C., Van Dingenen, R., Muller, N. Z. et al. (2011). Climate, health, agricultural and economic impacts of tighter vehicle-emission standards. *Nature Climate Change* 1, 59-66.
- Shwom, R. and Lorenzen, J. A. (2012). Changing household consumption to address climate change: social scientific insights and challenges. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 3(5), 379-395.
- Sovacool, B. K., Burke, M., Baker, L., Kotikalapudi, C. K. and Wlokas, H. (2017). New frontiers and conceptual frameworks for energy justice. *Energy Policy* 105, 677-691. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.005>.

- Sørensen, N. N., Tetens, I., Løje, H. and Lassen, A. D. (2016). The effectiveness of the Danish Organic Action Plan 2020 to increase the level of organic public procurement in Danish public kitchens. *Public Health Nutrition*. Cambridge University Press 19(18), 3428–3435. <https://doi.org/10.1017/S1368980016001737>.
- Sparkman, G. and Attari, S. Z. (2020). Credibility, communication, and climate change: How lifestyle inconsistency and do-gooder derogation impact decarbonization advocacy. *Energy Research and Social Science* 59, 101290. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101290>.
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Wiebe, K., Godfray, H. C. J., Rayner, M. and Scarborough, P. (2017). Mitigation potential and global health impacts from emissions pricing of food commodities. *Nature Climate Change* 7(1), 69-74.
- Stern, P. C. (2000). New environmental theories: toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of Social Issues* 56(3), 407-424.
- Sustainable Consumption Roundtable (2006). *Looking Back, Looking Forward: Lessons in Choice-Editing for Sustainability*. National Consumer Council and the Sustainable Development Commission. <http://www.sd-commission.org.uk/publications.php?id=1046.html>.
- Swift, S., Green, M., Hillage, J. and Nafilyan, V. (2016). *Impact of the Cycle to Work Scheme*. Report 509. Brighton, UK: Institute for Employment Studies. <http://www.socialvalueuk.org/app/uploads/2016/09/impact-of-cycling-to-work-scheme.pdf>.
- Sztompka, P. (1991). *Society in Action: The Theory of Social Becoming*. University of Chicago Press.
- T**
- Thompson, S., Michaelson, J., Abdallah, S., Johnson, V., Morris, D., Riley, K. et al. (2011). 'Moments of Change' as Opportunities for Influencing Behaviour. A Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. New Economics Foundation. London: Defra.
- Torney, D., and O'Gorman, R. (2019). A laggard in good times and bad? The limited impact of EU membership on Ireland's climate change and environmental policy. *Irish Political Studies* 34(4), 575–594.
- Truill, W. B., Mazzocchi, M., Shankar, B. and Hallam, D. (2014). Importance of government policies and other influences in transforming global diets. *Nutrition Reviews* 72(9), 591-604.
- Tudela, F. (2019). Obstacles and opportunities for moratoria on oil and gas exploration or extraction in Latin America and the Caribbean. *Climate Policy* 20(8), 922-930. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1760772>.
- U**
- Unander, F. (2004). Oil crises and climate challenges: 30 years of energy use in IEA countries. *Energy & Security in the Changing World, International Conference, 2004: International Association for Energy Economics*.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2016). *The Emissions Gap Report 2016*. Nairobi.
- United Nations (2017). *One United Nations for Habitat III*. <https://habitat3.org/wp-content/uploads/One-UN-for-HabitatIII.pdf>.
- Urge-Vorsatz, D., Eyre, N., Graham, D., Harvey, D., Hertwich, E., Jiang, Y., Kornevall, C. et al. (2012). Energy end-use: buildings. In *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*. Johansson, T.B., Patwardhan, A., Nakicenovic, N. and Gomez-Echeverri, L. (eds.). Laxenburg, Austria: Cambridge University Press and IIASA. Chapter 10. 649-760.
- V**
- Van den Berg, N., Hof, A. F., Akenji, L., Edelenbosch, O. Y., van Sluisveld, M. A. E., Timmer, V. J. and van Vuuren, D. P. (2019). Improved modelling of lifestyle changes in Integrated Assessment Models: Cross-disciplinary insights from methodologies and theories. *Energy Strategy Reviews* 26, 100420. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100420>.
- Vávra, J., Daněk, P. and Jehlička, P. (2018). What is the contribution of food self-provisioning towards environmental sustainability? A case study of active gardeners. *Journal of Cleaner Production* 185, 1015-1023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.261>.
- Vermeulen S, Park T, Khoury CK, Mockshell J, Béné C, Thi HT, Heard B, Wilson B. (2019). *Changing Diets and Transforming Food Systems*. CCAFS Working Paper no. 282. Wageningen, the Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Verplanken, B., Roy, D. and Whitmarsh, L. (2018). Cracks in the wall: Habit discontinuities as vehicles for behavior change. In *The Psychology of Habit*. Verplanken, B. (ed.). Springer, Cham.
- Verplanken, B., Walker, I., Davis, A. and Jurasek, M. (2008). Context change and travel mode choice: Combining the habit discontinuity and self-activation hypotheses. *Journal of Environmental Psychology* 28, 121-127.
- Vincent, A. (2012). Ombudspersons for future generations: Bringing intergenerational justice into the heart of policymaking. <https://www.un.org/en/chronicle/article/ombudspersons-future-generations-bringing-intergenerational-justice-heart-policymaking>. Accessed 14 October 2020.
- W**
- Walker, I. (2014). A social scientist's view of science adoption and uptake. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 9, 31-34. <https://doi.org/10.1007/s00003-014-0896-6>.

- Welsch, H. and Kühling, J. (2009). Determinants of pro-environmental consumption: The role of reference groups and routine behavior. *Ecological Economics* 69(1), 166-176.
- Whittle, C., Brocklehurst, F., McAlister, C., Whitmarsh, L. (2019). The Effectiveness of Providing Pre-Purchase Factual Information in encouraging more Environmentally Sustainable Product Purchase Decisions: Expert Interviews and a Rapid Evidence Assessment. Waste and Resources Action Programme (WRAP).
- Wiedenhofer, D., Smetschka, B., Akenji, A., Jalas, M. and Haberl, H. (2018). Household time use, carbon footprints, and urban form: a review of the potential contributions of everyday living to the 1.5 °C climate target. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 30, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.007>.
- Wiedman, T., Lenzen, M., Keyeßer, L. T. and Steinberger, J. (2020). Scientists' warning on affluence. *Nature Communications* 11, 3107. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16941-y>.
- Willett, W., Rockstrom, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S. et al. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).
- Williamson, O.E. (1998). Transaction costs economics: how it works; where it is headed. *De Economist* 146 (1), 23–58.
- Wilson, C., Kerr, L., Sprei, F., Vrain, E. and Wilson, M. (2020). Potential climate benefits of digital consumer innovations. *Annual Review of Environment and Resources* 45, 113–144.
- Wolske, K. S., Gillingham, K. T. and Schultz, W. (2020). Peer influence on household energy behaviours. *Nature Energy* 5, 202–212. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0541-9>.
- Wood, W., Tam, L. and Guerrero Witt, M. (2005). Changing circumstances, disrupting habits. *Journal of Personality and Social Psychology* 88(6), 918–933.
- X** Xiong, X., Zhang, L., Hao, Y., Zhang, P., Chang, Y. and Liu, G. (2020). Urban dietary changes and linked carbon footprint in China: A case study of Beijing. *Journal of Environmental Management* 255, 109877.
- Y** Yadama, G. N. (2013). *Fires, Fuel, and The Fate of 3 Billion: The State of The Energy Impoverished*. Oxford University Press.





United Nations Avenue, Gigiri
P.O. Box 30552, 00100 Nairobi, Kenya
Tel. +254 20 762 1234
unep-publications@un.org
www.unep.org