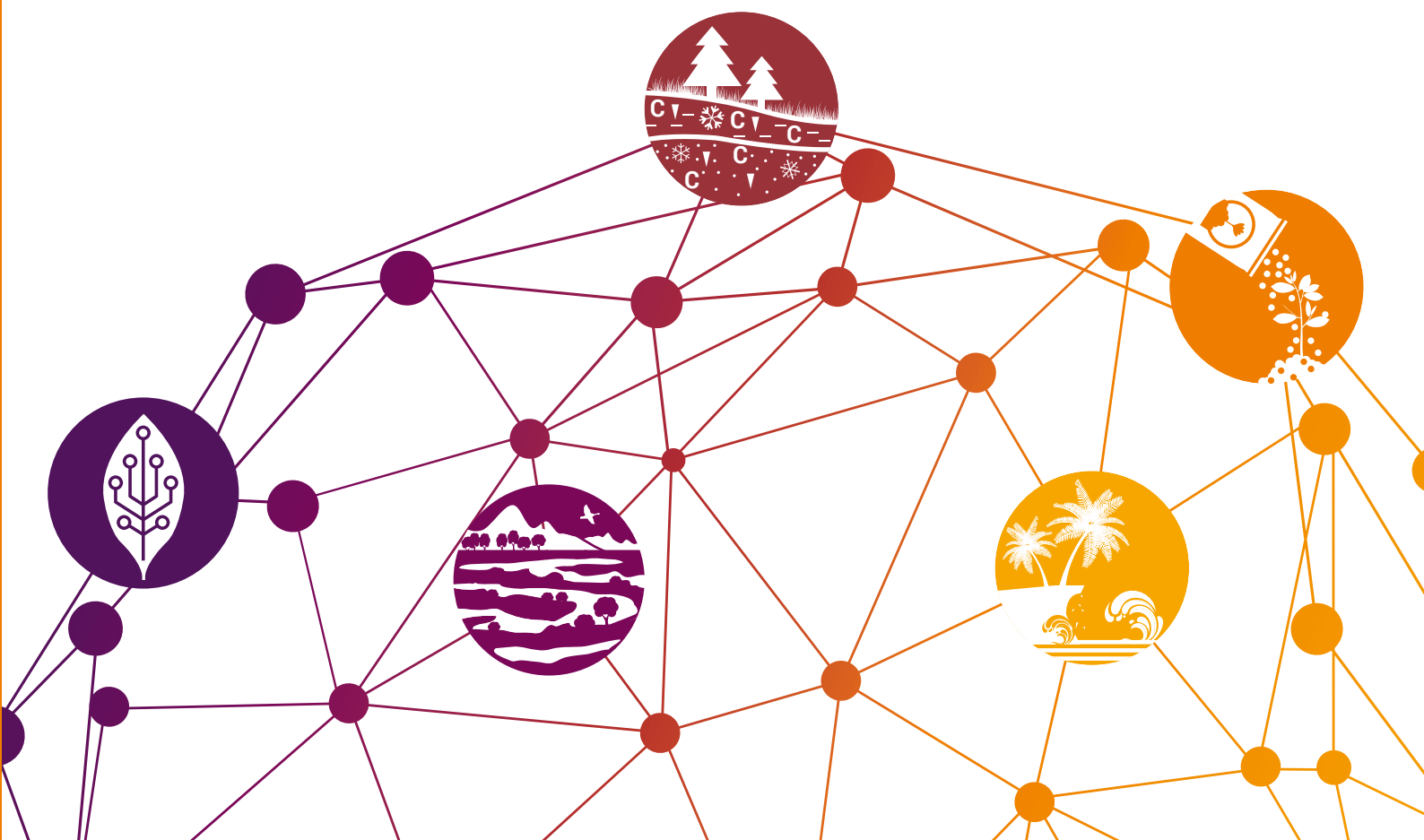


联合国
环境署



2018/19 前沿报告

全球环境的新兴问题



© 2019联合国环境署
ISBN: 978-92-807-3736-3
Job No: DEW/2220/NA

免责声明

本出版物可以全篇或部分复制，以任何形式用于教育或非营利目的，无需版权许可，但请注明来源。联合国环境署将感谢使用者向我们寄送任何使用本报告而形成的新的出版物。

未经联合国环境署事先书面许可，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，请向联合国环境署通信司司长提出申请，说明复制的目的和范围。通信地址为：P. O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenya。

本出版物所采用的名称与材料的呈现方式并非表明联合国环境署关于任何国家、领土或城市或其当局的法律地位或其权力的任何意见，亦非关于其边界划定的任何意见。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>

本出版物中提到的商业公司或产品并不代表联合国环境署的认可。禁止在宣传或广告中使用本出版物中关于专利产品的信息。

© 地图、照片和插图来源请参照说明。

建议引用格式

联合国环境署(2019)。《2018/19年前沿报告》：全球环境的新兴问题。联合国环境署（UNEP），内罗毕，肯尼亚

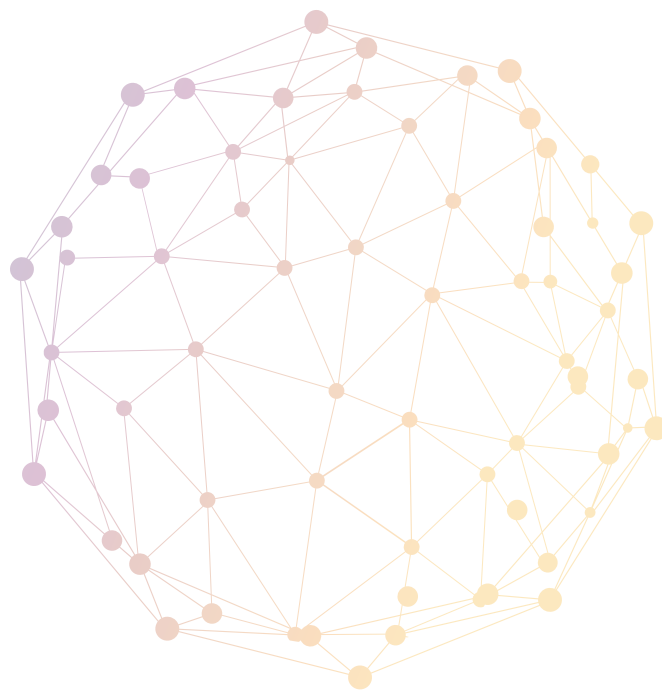
Production

Science Division
UN Environment
P.O.Box 30552
Nairobi, 00100, Kenya
电话：(+254) 20 7621234
电子信箱：publications@unenvironment.org
网站：www.unenvironment.org

联合国环境署致力于在全球倡导环保做法，并从自身行为做起。我们的出版发行政策旨在减少联合国环境署的碳足迹。




2018/19前沿报告

全球环境的新兴问题





目录

	前言	7
	致谢	8
	合成生物学：重新设计整合环境	10
	机遇和挑战	10
	重写生命代码	12
	重新定义应用：从实验室到生态系统	16
	用智慧创新	18
	参考文献	20
	生态连接度：搭建保护生物多样性的桥梁	24
	把支离破碎的生态系统重新连接起来	24
	推动破碎化的力量	26
	推广连接度解决方案	30
	为未来的连接度设定目标	32
	参考文献	34
	多年冻土区泥炭地：拯救气候变暖下不断缩减的湿地生态系统	38
	加快北极的变革	38
	融化的永久冻土、腐烂的泥炭和复杂的相互作用	40
	增进对多年冻土区泥炭地的认识	44
	知识重点和网络扩展	46
	参考文献	48
	氮固定：从氮循环污染到氮循环经济	52
	全球氮挑战	52
	氮的已知问题和已知的未知问题	54
	政策碎片化和循环经济解决方案	58
	迈向整体式的国际氮处理方法	60
	参考文献	62
	气候变化适应不良：避免陷阱	66
	定义气候变化背景下的适应和适应不良	66
	大规模适应不良	68
	在1.5°C的受限制未来避免适应不良	73
	参考文献	74



前言



在20世纪第一个十年，弗里茨·哈伯（Fritz Haber）和卡尔·博世（Carl Bosch）这两位德国化学家开发出了一种低成本、大规模生产合成氨的方法。他们的发明推动了氮肥的大规模生产，从而改变了全世界的农业。这也标志着我们开始长期干扰地球的氮平衡。现在每年估计有价值2000亿美元的活性氮损失到环境中。活性氮造成我们的土壤退化，污染我们的空气，造成“死区”蔓延和有毒的藻华在我们的水道中爆发。

难怪很多科学家认为“人类世”应该成为当前地质时代的正式名称。在短短几十年时间里，人类导致全球升温的速度比自然升温速度快170倍。我们还故意改变了地球75%以上的陆地表面，并永久改变了全世界93%以上河流的流动。我们不仅引起了生物圈的剧变，而且现在也有能力重新搭建（甚至从零开始创造）生命的构成单元。

每年，由来自世界各地的科学家、专家和机构组成的网络与联合国环境署携手合作，以确定和分析将对我们的社会、经济和环境产生深远影响的新兴问题。其中一些问题与能带来惊人应用和具有不确定风险的新技术有关，而另一些问题则是长期存在的问题，例如野生陆地景观的破碎化和长期冻土的融化问题。另一个问题——氮污染，代表了人类在生物圈中数十年的活动产生的意外后果。虽然这里分析的最后一个问题——气候变化适应不良，凸显了我们未能充分和恰当地适应我们周围不断变化的世界。

但还是要报告一些好消息。正如您稍后将看到的一样，应对氮管理全球挑战的整体式方法正在开始出现。在中国、印度和欧盟，我们正在看到减少氮肥损失和提高氮肥效率的新举措。最终，氮和其他有价值的营养素和材料的回收和再循环利用能帮助我们以清洁和可持续的方式耕种，这是真正的循环经济的标志。

前沿报告中审查的问题应该提醒我们，无论我们何时干涉自然，无论我们在全球范围还是在分子层面进行干涉，我们都在冒着使我们的地球家园遭受长期影响的风险。但通过具有远见的行动和共同努力，我们能够防患于未然，并制定能够惠及我们所有人以及子孙后代的解决方案。

乔伊斯·姆苏亚(Joyce Msuya)
代理执行主任
联合国环境署

致谢

合成生物学：重新设计整合环境

首席作者

Bartłomiej Kolodziejczyk, H2SG Energy Pte. Ltd., 新加坡
Natalie Kofler, 耶鲁生物圈研究所, 耶鲁大学, 康涅狄格州, 美国

撰稿人和审稿人

Mariana Araya, 《生物多样性公约》, 蒙特利尔, 加拿大
James Bull, 自然科学学院, 德克萨斯大学奥斯汀分校, 德克萨斯州, 美国
Jackson Chamber, 生物统计与计算生物学系, 康奈尔大学, 纽约州, 美国
Chen Liu, 生物统计与计算生物学系, 康奈尔大学, 纽约州, 美国
Yongyuth Yuthavong, 泰国国家科学技术发展署, 巴吞他尼, 泰国

生态连接度：搭建保护生物多样性的桥梁

首席作者

Gary Tabor, 大型陆地景观保护中心, 蒙大拿州, 美国

撰稿人和审稿人

Maya Bankova-Todorova, 穆罕默德本扎耶德物种保护基金, 阿布扎比, 阿拉伯联合酋长国
Camilo Andrés Correa Ayram, 亚历山大冯洪堡生物资源研究所, 波哥大, 哥伦比亚
Leticia Couto Garcia, 马托格罗索联邦大学, 大坎普, 巴西
Valerie Kapos, 联合国环境署-世界保护监测中心, 剑桥, 英国
Andrew Olds, 科学与工程学院, 阳光海岸大学, 墨尔本, 澳大利亚
Ileana Stupariu, 地理系, 布加勒斯特大学, 罗马尼亚

多年冻土区泥炭地：拯救气候变暖下不断缩减的湿地生态系统

首席作者

Hans Joosten, 格赖夫斯瓦尔德大学 / 格赖夫斯瓦尔德大学沼泽中心, 格赖夫斯瓦尔德, 德国

撰稿人和审稿人

Dianna Kopansky, 联合国环境署, 内罗毕, 肯尼亚
David Olefeldt, 农业、生命和环境科学学院, 埃德蒙顿, 阿尔伯塔大学, 加拿大
Dmitry Streletskiy, 地理系, 乔治华盛顿大学, 华盛顿特区, 美国

氮固定：从氮循环污染到氮循环经济

首席作者

Mark Sutton, 生态与水文中心, 爱丁堡, 英国
Nandula Raghuram, 德里洲际大学, 新德里, 印度
Tapan Kumar Adhya, 卡林加工业技术研究所, 布巴内斯瓦尔, 奥里萨邦, 印度

撰稿人和审稿人

Jill Baron, 美国地质调查局, 科罗拉多州, 美国
Christopher Cox, 联合国环境署, 内罗毕, 肯尼亚
Wim de Vries, 瓦格宁根大学, 瓦宁根, 荷兰
Kevin Hicks, 斯德哥尔摩环境研究所, 约克, 英国
Clare Howard, 生态与水文中心, 爱丁堡, 英国
Xiaotang Ju, 农业资源与环境科学学院, 中国农业大学, 北京, 中国
David Kanter, 艺术与科学学院, 纽约大学, 纽约州, 美国
Cargele Masso, 国际热带农业研究所, 伊巴丹, 尼日利亚

Jean Pierre Ometto, 国家太空研究院, 圣若泽多斯坎波斯, 巴西

Ramesh Ramachandran, 国家可持续海岸管理中心, 环境、森林和气候变化部, 金奈, 印度

Hans Van Grinsven, 荷兰环境评估署, 海牙, 荷兰

Wilfried Winiwarter, 国际应用系统分析研究所, 拉克森堡, 奥地利

气候变化适应不良：避免陷阱

首席作者

Catherine McMullen, 斯德哥尔摩环境研究所, 曼谷, 泰国

撰稿人和审稿人

Thomas Downing, 全球气候适应伙伴关系, 牛津, 英国

Anthony Patt, 环境决策研究所, 苏黎世联邦理工学院, 苏黎世, 瑞士

Bernadette Resurrección, 斯德哥尔摩环境研究所, 曼谷, 泰国

Jessica Troni, 联合国环境署, 内罗毕, 肯尼亚

特别鸣谢：

Alexandra Barthelmes和Cosima Tegetmeyer, 格赖夫斯瓦尔德沼泽中心, 德国; Marin Klinger, 国家冰雪数据中心, 科罗拉多州, 美国; Salome Chamanje、David Cole、Nicolien Delange、Angeline Djampou、Philip Drost、Virginia Gitari、Jian Liu、Ariana Magini、Nada Matta、Pauline Mugo、Susan Mutebi-Richards、Shari Nijman、Andreas Obrecht、Samuel Opiyo、Moses Osani、Roxanna Samii、Rajinder Sian、Nandita Surendran和Josephine Wambua, 联合国环境署

制作顾问

Maarten Kappelle和Edoardo Zandri, 联合国环境署

制作团队

主编：Pinya Sarasas, 联合国环境署

技术支持：Allan Lelei, 联合国环境署

文字编辑：Alexandra Horton, 英国

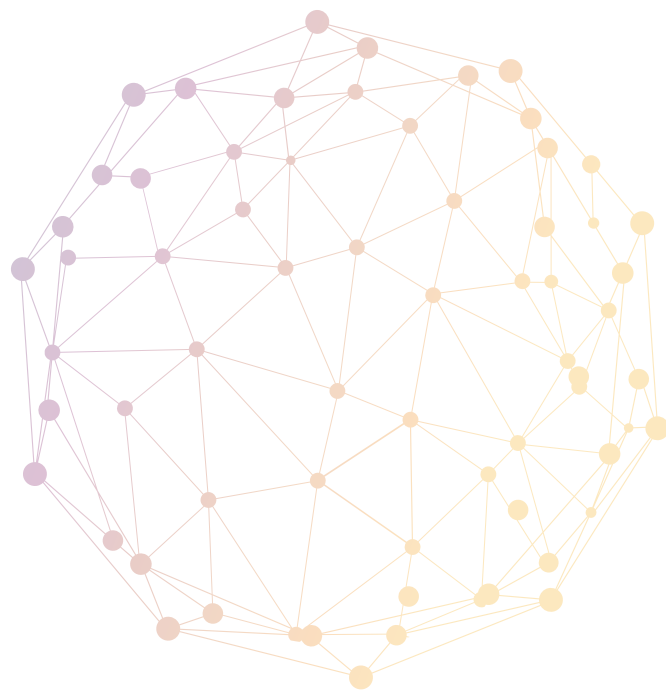
图形、设计和排版

美术设计：Audrey Ringler, 联合国环境署

制图：Jane Muriithi, 联合国环境署

印制

联合国内罗毕办事处/印刷服务科/内罗毕, ISO 14001:2004-认证





2011年泰国曼谷的洪水
图片来源: Wutthichai/Shutterstock.com

气候变化适应不良： 避免陷阱

定义气候变化背景下的适应和适应不良

隐喻对逻辑思维至关重要。用于气候变化研究和政策的适应和适应不良这两个术语来源于进化生物学。¹基本上，遗传突变自发地出现在物种的每一代和由外部环境施加的自然选择过程中，决定了这些突变以及作为自然选择结果的物种的成败。这个概念可以应用于细菌、动植物、生态系统，甚至人类行为。成功适应的一个重要特征是可进化性，即随着周围环境的不断变化，通过进一步适应继续进化的能力。²在进化生物学中，适应不良的一个识别特征是可进化性缺失。这是一条死胡同。

虽然适应的起源来自进化生物学，但采用这个术语表示人类对环境变化做出的成功反应始于灾难管

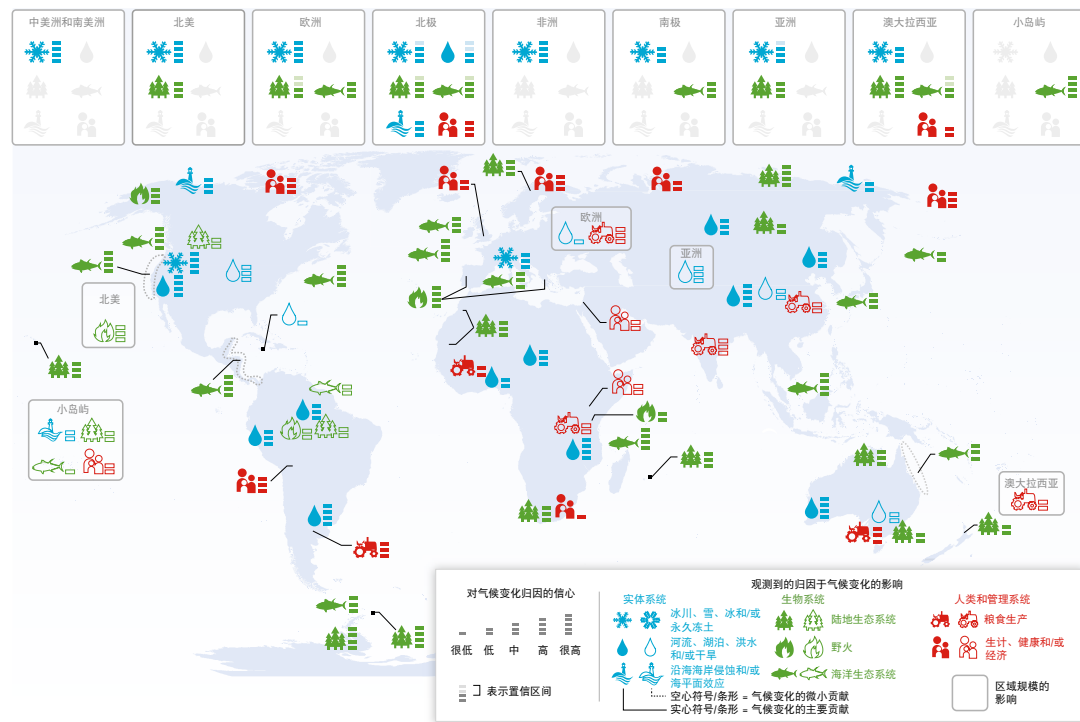
理。在这个领域，人类对灾难的所有反应都是对变化的条件的适应，其中包括努力减轻或切断灾难的源头。³在围绕《联合国气候变化框架公约》进行的谈判中实现了所谓的减轻和适应的分离。把它们分开的一个理由是，如果适应作为更容易的方案可用，那么谈判人员就会从关于减轻或减缓途径的协定上分心。⁴另一种解释是，发达国家将只支持具有全球成果的努力，如减少大气中的二氧化碳，而不会支持侧重于当地的适应目标。⁵

随着气候变化谈判的进展，研究人员研究了一些适应行动是如何失败的，以及失败的原因，特别是那些浪费了大量人力、自然资源或财政资源的行动。⁶随着这些观点的发展，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）认识到到精确、明确的术语的重要

性。2001年，专家组为适应不良提出了一个微妙的定义，它不同于生物学或行为科学中的用法，其形式是“……一种不能成功减少脆弱性，反而增加了脆弱性的适应”。⁷ 讨论进一步侧重于适应不良和不成功的适应之间的区别。不成功的适应可能是中性的——它可能仅仅意味着行动不起作用。但是，当预期的适应导致其他群体和部门的脆弱性增加时，即使这种情况出现在未来，它也是一种适应不良。⁸ 同时，无论是不成功的适应还是适应不良都不应与虚假的适应相混淆：表现为适应的浪费性项目，例如仅为小群体利益服务的昂贵的基础设施，但实际上没有增强复原力，或减少气候变化的脆弱性。⁹

适应不良的思维仍在继续发展，一项有影响的研究根据结果考虑了这个问题，与其他替代性选择相比，确定了五类适应不良。根据这一分析，适应不良是指增加温室气体排放、不成比例地加重最脆弱者的负担、招致高机会成本、减少适应动机或设定限制后代可选择的路径的行为。⁸ 政府间气候变化专门委员会在2014年的第五次评估报告中进一步阐明和拓展了这些参数。¹⁰ 由于适应与适应不良的概念变得越来越清晰而且我们现在能更好地区分它们，管理气候变化的后果应变得不那么令人敬畏了。

观测到的气候变化影响全球模式



顶部面板中每一个实心符号表示一类系统，在相应区域，气候变化对于在该类别的至少一个系统中所观察到的变化起到了主要作用，条形图表示把这些区域范围内的影响归因于气候变化的置信区间。气候变化起到次要作用的区域规模的影响用相应区域内方框中的空心符号表示。地图上的符号表示次区域影响，位于发生影响的大致区域。受影响的区域可能各不相同，从具体位置到主要河流域等更广泛的区域。按颜色区分对实体（蓝色）、生物（绿色）和人类（红色）系统的影响。此图没有气候变化影响并不意味着这些影响没有发生。

图形和图片说明来源：政府间气候变化专门委员会第五次评估报告¹¹

大规模适应不良

面对气候变化，适应不良的概念已经从不起作用的适应发展到破坏资源、缩小未来的选择范围、使脆弱人口的问题恶化或将制定解决办法的责任转嫁给子孙后代的适应行动。如果适应行动违反了可持续发展、社会公平和消除贫困目标，特别是在给弱势群体造成不相称负担的意义上，那么这项行动就属于适应不良。¹² 在更大范围内避免适应不良的努力包括确定主要风险的研究和整个基础设施资产生命周期内的负责任的适应战略，这些战略能为规划人员和监管者、设计人员、建筑施工人员、运营商、投资者和保险公司的决策和行动提供依据。¹³ 随着行动规模的增加，适应不良带来的威胁可能会升级。回顾生物学上的可进化性的特征可以初步筛选适应不良行为，而优先保留可进化性可以预先阻止严重的错误。

通过在家庭房产周围建造防波堤大规模限制未来的选择可能被认为是适应不良，因为这将引起问题，限制邻居的选择，但这种后果通常局限于当地附近。然而，如果考虑不周的行动加剧了最初的问题，或在区域或全球范围内限制了未来的选择，那么它就成为了更加危险的适应不良。在更大范围内，这种适应不良不仅会限制可进化性，而且还会威胁生态系统的复原力、生活方式和整个社会。这种适应不良行为的规模，特别是那些增加温室气体排放或加剧生态系统退化的行为，可能会有助于生物地球物理反馈，从而推动地球系统走向全球引爆点。其中许多引爆因素是不可逆转的，例如永久冻土、珊瑚礁或亚马逊雨林的损失，这种不可逆性可能会引领我们超过行星阈值。¹⁴

IPCC的2018年《全球升温1.5°C》报告确定了有效适应的多种要求，证明了气候友好型的规划和实施在向可接受的温度升高过渡期间的重要性。¹⁵ 避免适应不良是这一转变的重要组成部分。在我们面对被气候变化破坏的未来时，许多区域性案例，无论是否自识别为气候变化应对措施，都可以作为有用的



政府间气候变化专门委员会第五次评估报告中的适应不良节略¹⁰

在政府间气候变化专门委员会2014年第五次评估报告中，负责影响、脆弱性和适应的第二工作组（WGII）将适应不良定义为“……无论是现在还是将来，可能导致与气候有关的不利结果的风险增加、气候变化脆弱性增加或福利减少的行动”。它还提供了12大类适应不良的汇总表。

第二工作组的两个类别描述了故意忽略已知情况的行动：未能预测预期的气候变化，以及未能考虑到更广泛的影响。其他类别还涉及以长期脆弱性换取短期效益，其中包括导致后期脆弱性的资源枯竭；拖延与冲动行为；安装无法持久的基础设施；以及卷入道德风险，在这种情况下，各种方案提供开销以鼓励承担风险。

进一步分类强调了宣扬一个群体（通常是精英群体）而不是其他群体的行动，警告说延续特权可能导致冲突和忽视当地知识、传统和关系的行动。然而，坚持传统但不适当的反应也被认为属于适应不良。

第二工作组还对以下行动提出了警告：设定不易纠正的路径依赖的行动；排除替代方法（例如基于生态系统适应）的行动，尤其是设计防御措施和解决方案的行动。最后，迁徙可能是恰当的适应，也可能是适应不良，或两者兼而有之，这取决于环境和结果。

调查的例子。这些案例是政府间气候变化专门委员会的第五次评估报告和其他现有文献的摘录所呈现的类别的快速样本。

根据长期复原力规划平衡短期需求

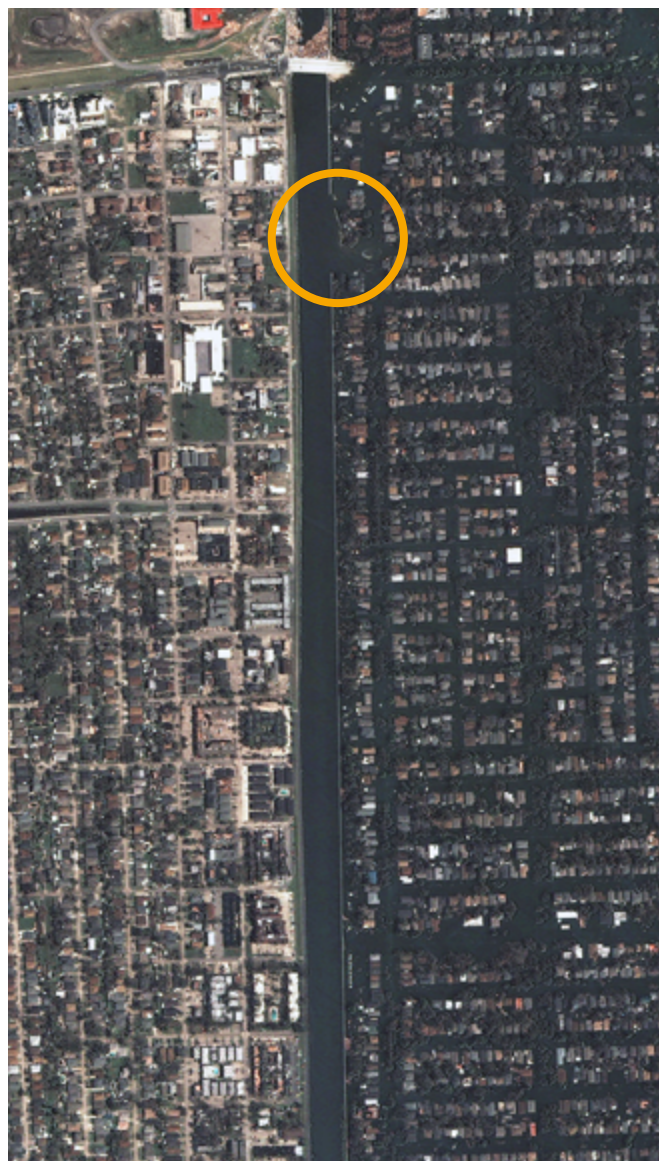
孟加拉国西南部的沿海气候复原力基础设施项目是短期和长期效益之间平衡的例子，提出该项目是为了把它作为可能的适应不良案例进行研究。¹⁶ 构成问题的条件是未来20年的适应效益与长期适应不良的成本。随着海平面上升淹没该地区，到2050年适应不良的成本将占主导地位。¹⁶ 潜在的适应不良结果包括复杂的移民问题——迁入和迁出该地区的移民问题。投资者期望，当沿海人口也许应该迁移到内陆时，新的市场和更好的道路、桥梁、排水系统和飓风庇护所将鼓励他们留下来。这些设施极有可能吸引新来者，其中可能包括达卡的一些非正式居民，他们因环境灾难而流离失所。¹⁹

不成比例地加重最脆弱者的负担

在某些情况下，试图适应多方面不断变化的条件可能会导致特定的人群适应不良。在2005年的卡特里娜飓风摧毁了美国新奥尔良和周边地区之后，建立抵御未来洪水的城市复原力的新绿化区初步计划似乎集中在获得低洼的土地上，这些土地传统上属于贫穷的非洲裔美国人，而不是其他群体。^{12,19} 这项特别的的城市改造建议未被接受。然而，十多年后的研究表明，该市许多最贫穷和最边缘化的人从未重新获得他们确实曾经拥有的哪怕很少的东西，其中很大一部分人不得不从该地区迁移出去。^{12,20}

限制未来行动的选项

石油地质学家和工程师开发了从被盖层构造封闭的地球深处的储层中提取石油和天然气的能力。²¹ 人们认为一些枯竭的储层非常适合在几个世纪和更长时间里封存二氧化碳。²² 它们之所以适合是因为我们了解封闭储层的盖层的渗透性和质量。^{21,23} 当天然气作为缓解策略被推广时，也就是说，将天然气作为从煤和石油到可再生能源的过渡燃料时，投资出现了增长，技术得到了发展。²⁴ 但是，这一过渡带来的问题比起初预期的要多。其中很大一部分问



2005年8月的卡特里娜飓风毁坏了堤防系统的很多部分，这些堤防系统旨在保护新奥尔良这个地势低洼的城市，使它免受洪水和风暴潮的侵袭。卫星图像显示了堤坝决口（黄色圆圈）是如何让第17街运河的洪水淹没了运河东侧的居民区，造成数十亿美元的财产损失，而运河西侧却保持了干燥。

图片来源：Digital Globe (www.digitalglobe.com)

气候变化适应不良

信息图表中的案例研究显示了一系列不同规模的气候变化适应行动。由于意外的后果，有些案例变得适应不良，或者在不久的将来会变得适应不良。其他是在为避免适应不良考虑了许多因素后采取的行动。

IPCC定义的适应不良是一种有意的适应，无论是现在还是将来，它导致与气候有关的不利结果的风险增加、气候变化脆弱性增加或福利减少。

适应不良是替代方法中的糟糕选择，它增加了温室气体，不公平地加重了最脆弱者身上的负担，产生了不合理的费用，减少了适应的动机，或限制了后代的选择。

忽视科学、更广泛影响或可能产生的后果的决策

有利于一个利益集团而不是另一个利益集团的行为，为未来的冲突和损害埋下了伏笔

不明智的权衡：
短期与长期利益、风险与回报（道德风险）、过短与过久的考虑期

决定路径依赖和锁定或消除子孙后代选择的行动

使人口处于更危险环境中的重新安置

干旱

干旱将变得更加强烈、频繁和持久，对人类的所有用途和生态功能构成威胁。长期的干旱环境导致地下水过度开采，降雨到来时，含水层很少得到充分的补给。

到2025年，全球48%的土地可能变成旱地

反复发生的干旱迫使索马里70%的贫困牧民生产木炭，导致林地被清除，这加速了沙漠化，增加了脆弱性

农业

持续的极端气候变化威胁着农业生产系统。农民为自己的适应能力感到自豪，但这些极端情况的出现频率如此之高，而且持续时间如此难以预测，以至于适应成为一个受到持续关注的问题。

一些津巴布韦农民通过增加杀虫剂的使用抵消气候的不确定性。有益的昆虫往往也被消灭，使情况变得更糟。

在引进了适合特定气候的栽培品种之后，巴西开始了双作。随着降雨开始时间的变化，这些做法变得适应不良。

缺水

到2050年，57亿人可能生活在缺水地区。各地区已经通过开采地下水、限时供水或海水淡化来适应缺水。从长远来看，这些措施可能变得适应不良。

墨西哥城面临缺水。开采遥远的地下水是短期解决方案。实际的适应投资于长期解决方案，如雨水收集和污水处理和再利用。



健康

变化的气候带，极端气候事件的频率和强度的增加会产生健康后果。这种变异导致作物损失，并扩大了威胁关键动植物物种以及人类种群的疾病媒介的范围。

在预防和治疗兽医面临的挑战时，抗生素被过度使用和误用。这种通过媒介传播的疾病的适应不良加剧了抗生素耐药性的威胁。

一项研究表明，经过抗生素处理的牛粪比不含抗生素的牛粪释放出更多甲烷。抗生素残留也改变了苍蝇的肠道微生物。



海平面上升

全球海平面继续上升，对基础设施、地下水资源、天然屏障岛屿和沿海社区构成威胁。对低洼国家和小岛屿国家的威胁发展到对数百万人生活方式的威胁。

佛罗里达州的运河水位被用于补充地下水，并保持对海水的压力，避免海水侵入地下水。提高运河水位以防止海水侵入地下水不经意间增加了洪水的威胁。

国家法律保证夏威夷土著为文化目的进入沿海地区，并为了自给自足的目的捕鱼。海平面上升限制了公众进入，不成比例地影响了穷人，而为了私人利益的开发仍在继续。

洪水

洪水是全球最常见的气候变化影响之一。适应过去情况的洪水和水管理系统已不足以满足现在的需求。随着气候持续变化，需要适应性管理和广泛的利益攸关方的同意，以避免适应不良。

由于缺乏规划和投资，曼谷大都市区容易发生洪水。没有计划和不协调的自主适应导致下游洪水泛滥，削弱了整个公共排水系统。2011年，官方对洪水的反应保护了富裕群体和负担沉重的弱势群体。

野火

在全球范围，从1979年到2013年，火灾季节的长度增长了19%。野火在全球生态系统中发挥着重要作用，但其造成的破坏可能会破坏社会经济系统。在某些地区，标准管理战略使情况恶化。

经过几十年的火灾扑救和五年与气候有关的干旱后，加利福尼亚的森林遍布野火的燃料。认识到转型的必要性后，该州开始用规划内烧荒来管理这种威胁。

城市

到2050年，全球70%的人口将生活在城市。在世界各地，城市已经经历了各种形式的气候变化，其中包括热浪、洪水和适应失败等。城市适应可以是政策、基础设施开发或技术性修复。补救措施很少惠及所有人，它们会威胁到一些边缘化群体。

升温 and 缺水促使澳大利亚墨尔本增加了空调和海水淡化。这些都属于适应不良：通过增加温室气体排放，它们加剧了其他系统、部门和社区的脆弱性。

社会脆弱性

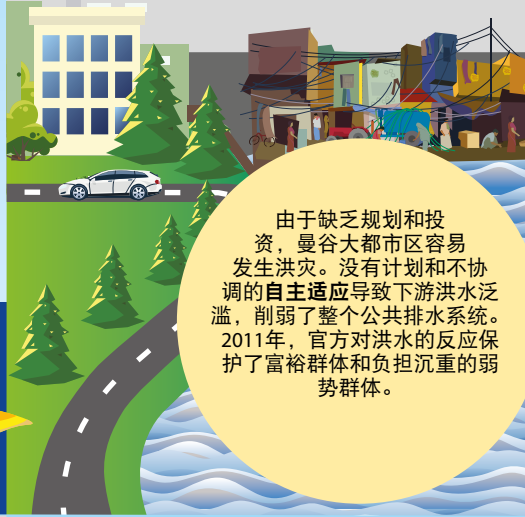
全世界的人们已经以各种方式适应气候影响：重新思考供水、保险计划、生计策略变化、自愿或强制移民以及移民安置项目。当这些善意的方方法不适合当地情况，或没有考虑问题的多个方面时，脆弱性可能会增加。

中国的气候适应移民项目提供了资金奖励，并改善了生活水平。它们也不成比例地加重了落在后面的人、已经流离失所的人和穷人身上的负担。

一些农民通过农作物保险寻求保护，免受极端气候的影响，这可能会抑制进一步的适应策略。

当保险单支持风险行为时，例如在危险地点重建，或者促成替换，而不是根据不断变化的条件重新设计时，它们就属于适应不良。随着气候威胁的加剧，保险可能会提供一种虚假的安全感。

在小岛屿国家，不断上升的潮水冲刷海岸线，破坏淡水资源和农作物。研究人员认为，劳动力流动是避免与移民安置有关的适应不良的最佳长期解决方案。



题与一种名为水力压裂的开采技术的发展有关。^{25,26} 这种技术通过注入高压水、砂和化学品的混合物，把储层压开裂缝和裂纹以释放天然气。水力压裂带来了许多环境挑战，其中包括含水层枯竭、钻井和注入所用的化学品导致的污染、甲烷泄漏到环境中以及地震活动性增加。²⁷⁻³⁰ 此外，一些人认为水力压裂可能破坏盖层密封，而正是盖层密封使枯竭的储层变得对碳封存有用。^{31,32}

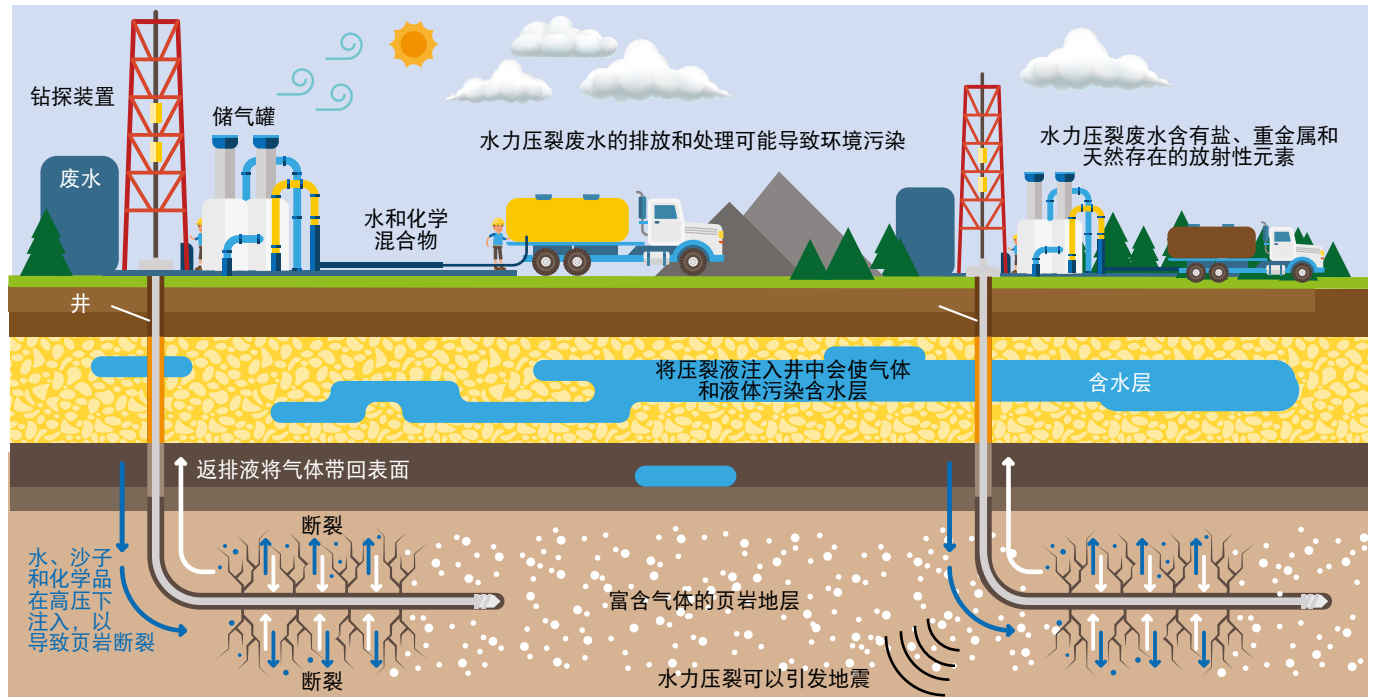
IPCC的《全球升温1.5°C》报告详细说明了两种减排和限制大气温室气体的途径，这两种途径将实现把全球平均气温较工业化前水平升幅控制在1.5°C之内的目标。这两种途径严重依赖于将碳封存在地质构造中的承诺。¹⁵ 水力压裂产业政策在两个方面表现出适应不良：为短期效益放弃长期效益的可能性，

以及通过破坏未来资源受困于路径依赖的可能性。同时，由于在整个生产周期泄漏甲烷，水力压裂增加了温室气体排放。^{26,33-35}

在1.5°C的受限制未来避免适应不良

IPCC的《全球升温1.5°C》报告提出的愿景以及把升温保持在这一水平的智慧表明，在公共部门和私营部门以及民间团体做出的决定中，需要更广泛地考虑气候变化的后果。¹⁴ 而不是把适应不良的概念缩小到以前被正式称为适应的遗憾而复杂的结果，各级以及各种机构中的政策顾问和决策者可能会扩大他们的审议范围，以避免在规划中出现气候变化适应不良的情况。

水力压裂





乔纳气田，怀俄明州，美国

图片来源：EcoFlight

1.5°C报告还强调了联合国2030年议程及其可持续发展目标，特别是关于平等和公平的目标。¹⁴ 这一应对未来气候挑战的愿景着眼于一个值得在其中生活的未来，它比今天太多人所经历过的未来更好。减少导致冲突、战争、不安全、贫穷和移民的根源是这一愿景的重要组成部分。人类总是适应不断变化的环境，我们天生就是适应性强的生物。试错学习是指导我们适应的可靠方法。但我们也是深谋远虑和未雨绸缪的物种。我们可以设计我们的未来。避免适应不良意味着我们不但要从自己的错误中学习，而且还要从世界各地的个人和社区所经历的错误中学习。深谋远虑不限于每个团体的怀疑、假设，甚至是愿望，还需要以科学证据和现实可能性为基础。

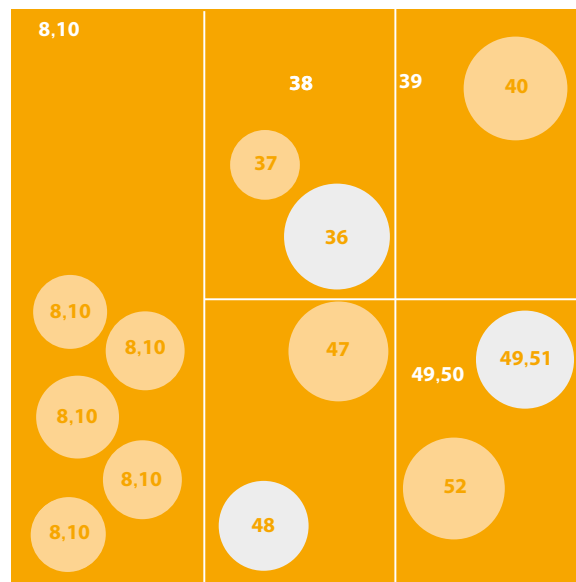
有证据表明，通过评价社会上所有群体的所有成本和效益，包括共同效益，明确谁是赢家和输家，以及如何更好地分担负担，可以避免适应不良。根深蒂固的不考虑子孙后代利益的习惯不适合将全球平均温度保持在可控制范围内的IPCC 1.5°C路径。我们现在生活的时代正是在1992年达成《气候变化框架公约》时被过分低估的未来。避免适应不良意味着要避免锁定和路径依赖，改为优化可进化性。否则，用生物学的术语来说，我们会发现自己走入了一条死胡同。

参考文献

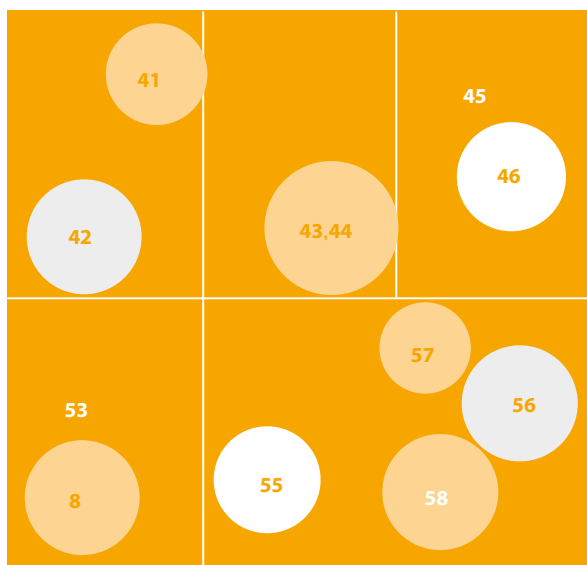
- Darwin, C.R. (1859). *On the origin of the species by means of natural selection*. London: John Murray.
- Martínez-Padilla, J., Estrada, A., Early, R. and García-González, F. (2017). Evolvability meets biogeography: evolutionary potential decreases at high and low environmental favourability. *Proceedings of the Royal Society B*, 284(1856), 20170516. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0516>
- Burton, I., Kates, R.W. and White, G.F. (1993). *The environment as hazard*. New York: Guilford Press.
- Greenhill, B., Dolšák, N. and Prakash, A. (2018). Exploring the adaptation-mitigation relationship: Does information on the costs of adapting to climate change influence support for mitigation? *Environmental Communication*, 12(7), 911-927. <https://doi.org/10.1080/17524032.2018.1508046>
- Bodansky, D. (1993). The United Nations Framework Convention on Climate Change: A commentary. *Yale Journal of International Law*, 18, 451. <https://digitalcommons.law.yale.edu/yjil/vol18/iss2/2>
- Burton, I. and van Aalst, M.K. (1999). Come hell or high water: integrating climate change vulnerability and adaptation into Bank work. Environment Department working paper No. 72, Climate change series. Washington DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/212171468756566936/pdf/multi-page.pdf>
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S. (eds.). (2001). Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Barnett, J., and O'Neill, S. (2010). Maladaptation. *Global Environmental Change*, 2(20), 211-213. <https://www.sciencedirect.com/journal/global-environmental-change/vol/20/issue/2>
- Dolšák, N. and Prakash, A. (2018). The politics of climate change adaptation. *Annual Review of Environment and Resources*, 43, 317-341. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025739>
- Noble, I.R., Huq, S., Anokhin, Y.A., Carmin, J., Goudou, D., Lansigan, F.P. et al. (2014). Adaptation needs and options. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. et al. (eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press. 833-868. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIAR5-Chap14_FINAL.pdf
- Cramer, W., Yohe, G.W., Aufferhammer, M., Huggel, C., Molau, U., da Silva Dias, M.A.F. et al. (2014) Detection and attribution of observed impacts. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E. et al. (eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press. 979-1037. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- Anguelovski, I., Shi, L., Chu, E., Gallagher, D., Goh, K., Lamb, Z. et al. (2016). Equity impacts of urban land use planning for climate adaptation: critical perspectives from the global north and south. *Journal of Planning Education and Research*, 36(3), 333-348. <https://doi.org/10.1177%2F0739456X16645166>
- Hayes, S. (2019). Adapting infrastructure to climate change: who bears the risk and responsibility? In *Asset Intelligence through Integration and Interoperability and Contemporary Vibration Engineering Technologies*. Mathew, J., Lim, C.W., Ma, L., Sands, D., Cholette, M.E. and Borghesani, P. (eds.). Proceedings of the 12th World Congress on Engineering Asset Management and the 13th International Conference on Vibration Engineering and Technology of Machinery. Switzerland: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95711-1_24
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D. et al. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252-8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- 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.). Switzerland: IPCC. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Magnan, A.K., Schipper, E.L.F., Burkett, M., Bharwani, S., Burton, I., Eriksen, S. et al. (2016). Addressing the risk of maladaptation to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(5), 646-665. <https://doi.org/10.1002/wcc.409>
- Asian Development Bank (2018). *Bangladesh: Coastal Climate-Resilient Infrastructure Project*. Sovereign (Public) Project 45084-002. <https://www.adb.org/projects/45084-002/main>
- International Organization for Migration (2009). Climate Change and Displacement in Bangladesh - A Silent Crisis? <https://www.iom.int/migrant-stories/climate-change-and-displacement-bangladesh-silent-crisis>
- Kates, R.W., Colten, C.E., Laska, S., and Leatherman, S.P. (2006). Reconstruction of New Orleans after Hurricane Katrina: a research perspective. *Proceedings of the National Academy of Science*, 103(40), 14653-14660. <https://doi.org/10.1073/pnas.0605726103>
- Bleemer, Z. and van der Klaauw, W. (2017). Disaster (over-)insurance: the long-term financial and socioeconomic consequences of Hurricane Katrina. Staff Report, No. 807. New York, NY: Federal Reserve Bank of New York. https://www.newyorkfed.org/research/staff_reports/sr807
- Orr Jr, F.M. (2003). Sequestration via injection of carbon dioxide into the deep earth. In *The Carbon Dioxide Dilemma: Promising Technologies and Policies*. National Academy of Engineering and National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press. <https://www.nap.edu/read/10798/chapter/3#17>
- Benson, S. M. and Orr, F. M. (2008). Carbon dioxide capture and storage. *MRS bulletin*, 33(4), 303-305. <https://doi.org/10.1557/mrs2008.63>
- Huppert, H.E. and Neufeld, J.A. (2014). The fluid mechanics of carbon dioxide sequestration. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 46, 255-272. <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-011212-140627>

24. Weissman, S. (2016). Natural Gas as a Bridge Fuel – Measuring the Bridge. Center for Sustainable Energy, San Diego. http://energycenter.org/sites/default/files/docs/nav/policy/research-and-reports/Natural_Gas_Bridge_Fuel.pdf
25. Howarth, R.W., Santoro, R., and Ingraffea, A. (2011). Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. *Climatic Change*, 106(4), 679. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0061-5>
26. United Nations Conference on Trade and Development (2018). Commodities at a glance. *Special Issue on Shale Gas 9*. New York and Geneva: UNCTAD. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/suc2017d10_en.pdf
27. Chen, H. and Carter, K.E. (2016). Water usage for natural gas production through hydraulic fracturing in the United States from 2008 to 2014. *Journal of Environmental Management*, 170, 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.023>
28. U.S. EPA. (2016). Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States. United States Environmental Protection Agency/Office of Research and Development, Washington, DC. EPA/600/R-16/236Fa. <https://cfpub.epa.gov/ncea/hfstudy/recordisplay.cfm?deid=332990>
29. Drollette, B.D., Hoelzer, K., Warner, N.R., Darrah, T.H., Karatum, O., O'Connor, M.P., Nelson, R.K. et al. (2015). Elevated levels of diesel range organic compounds in groundwater near Marcellus gas operations are derived from surface activities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 112(43), 13184-13189. <https://doi.org/10.1073/pnas.1511474112>
30. Skoumal, R.J., Brudzinski, M.R. and Currie, B.S. (2015). Earthquakes Induced by Hydraulic Fracturing in Poland Township, Ohio. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 105(1), 189-197. <https://doi.org/10.1785/0120140168>
31. Elliot, T.R. and Celia, M.A. (2012). Potential restrictions for CO2 sequestration sites due to shale and tight gas production. *Environmental Science & Technology*, 46(7), 4223-4227. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es2040015>.
32. Moriarty, P. and Honnery, D. (2018). Energy policy and economics under climate change. *AIMS Energy*, 6(2): 272-290. <https://doi.org/10.3934/energy.2018.2.272>
33. Jackson, R.B., Vengosh, A., Darrah, T.H., Warner, N.R., Down, A., Poreda, R.J., Osborn, S.G., Zhao, K. and Karr, J.D. (2013). Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28), 11250–11255. <https://doi.org/10.1073/pnas.1221635110>
34. Omara, M., Sullivan, M.R., Li, X., Subramanian, R., Robinson, A.L. and Presto, A.A. (2016). Methane Emissions from Conventional and Unconventional Natural Gas Production Sites in the Marcellus Shale Basin. *Environmental Science & Technology*, 50, 2099–2107. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05503>
35. Osborn, S.G., Vengosh, A., Warner, N.R. and Jackson, R.B. (2011). Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8172–8176. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100682108>

图片参考文献



36. Hartmann, I., Sugulle, A.J. and Awale, A.I. (2010). The Impact of Climate Change on Pastoralism in Salahley and Bali-gubadle Districts, Somaliland. Heinrich Böll Stiftung, East and Horn of Africa, Nairobi. https://ke.boell.org/sites/default/files/the_impact_of_climate_change_on_pastoralism_in_salahley_and_bali-gubadle_districts_-_somaliland.pdf
37. Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G. and Guo, R. (2015). Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*, 6, pages166–171. <https://doi.org/10.1038/nclimate2837>
38. IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
39. WWAP (2018). The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>
40. Tellman, B., Bausch, J.C., Eakin, H., Anderies, J.M., Mazari-Hiriart, M., Manuel-Navarrete, D. and Redman, C.L. (2018). Adaptive pathways and coupled infrastructure: seven centuries of adaptation to water risk and the production of vulnerability in Mexico City. *Ecology and Society*, 23(1):1. <https://doi.org/10.5751/ES-09712-230101>



41. Czajkowski, J., Engel, V., Martinez, C., Mirchi, A., Watkins, D., Hughes, J., Sukop, M. (2015). Economic impacts of urban flooding in south Florida: Potential consequences of managing groundwater to prevent salt water intrusion. Working paper no. 2015-10, Risk Management and Decision Processes Center, University of Pennsylvania. http://opim.wharton.upenn.edu/risk/library/WP201510_GWLevelsFloodClaims_Czajkowski-etal.pdf

42. Finkbeiner, E.M., Micheli, F., Bennett, N.J., Ayers, A.L., Le Cornu, E. and Doerr, A.N. (2017). Exploring trade-offs in climate change response in the context of Pacific Island fisheries. *Marine Policy*, 88, 359-364. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.032>

43. Limthongsakul, S., Nitivattananon, V. and Arifwidodo, S.D. (2017). Localized flooding and autonomous adaptation in peri-urban Bangkok. *Environment and Urbanization*, 29(1), 51-68. <https://doi.org/10.1177/0956247816683854>

44. Marks, D. (2015). The Urban Political Ecology of the 2011 Floods in Bangkok: The Creation of Uneven Vulnerabilities. *Pacific Affairs*, 88(3), 623-651. <http://dx.doi.org/10.5509/2015883623>

45. Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J. and Bowman, D.M. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6:7537. <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>

46. Little, J. B. (2018) Fighting Fire with Fire: California Turns to Prescribed Burning. Yale Environment 360. Yale School of Forestry & Environmental Studies. <https://e360.yale.edu/features/fighting-fire-with-fire-california-turns-to-prescribed-burning>

47. Zinyemba, C., Archer, E. and Rother, H-A. (2018). Climate variability, perceptions and political ecology: Factors influencing changes in pesticide use over 30 years

by Zimbabwean smallholder cotton producers. *PLoS ONE*, 13(5): e0196901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196901>

48. Pires, G.F., Abrahão, G.M., Brumatti, L.M., Oliveira, L.J.C., Costa, M.H., Liddicoat, S. and Ladle, R.J. (2016). Increased climate risk in Brazilian double cropping agriculture systems: Implications for land use in Northern Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, 228: 286-298. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.07.005>

49. Bett, B., Kiunga, P., Gachohi, J., Sindato, C., Mbotha, D., Robinson, T., Lindahl, J. and Grace, D. (2017). Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. *Preventive Veterinary Medicine*, 137, Part B, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.11.019>

50. UNEP (2016). UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging Issues of Environmental Concern. United Nations Environment Programme, Nairobi. www.unenvironment.org/frontiers

51. UNEP (2017). Frontiers 2017: Emerging Issues of Environmental Concern. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.unenvironment.org/frontiers>

52. Hammer, T.J., Fierer, N., Hardwick, B., Simojoki, A., Slade, E., Taponen, J., Viljanen, H. and Roslin, T. (2016). Treating cattle with antibiotics affects greenhouse gas emissions, and microbiota in dung and dung beetles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283:20160150. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0150>

53. UN (2014). World Urbanisation Prospects: the 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER. A/352). Department of Economic and Social Affairs. Population Division, New York: United Nations.

54. Ford, J.D., Labbé, J., Flynn, M., Araos, M. and IHACC Research Team (2017). Readiness for climate change adaptation in the Arctic: a case study from Nunavut, Canada. *Climatic Change*, 145(1-2), 85-100. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2071-4>

55. Lei, Y., Finlayson, C.M., Thwaites, R., Shi, G. and Cui, L. (2017). Using Government Resettlement Projects as a Sustainable Adaptation Strategy for Climate Change. *Sustainability*, 9, 1373. <https://doi.org/10.3390/su9081373>

56. O'Hare, P., White, I. and Connelly, A. (2016). Insurance as maladaptation: Resilience and the 'business as usual' paradox. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 34(6), 1175-1193. <https://doi.org/10.1177/0263774X15602022>

57. Bryant, C.R., Bousbaine, A.D., Akkari, C., Daouda, O., Delusca, K., Épule, T.E. and Drouin-Lavigne, C. (2016). The roles of governments and other actors in adaptation to climate change and variability: The examples of agriculture and coastal communities. *AIMS Environmental Science*, 3(3), 326-346. <https://doi.org/10.3934/environsci.2016.3.326>

58. ILO (2016). Labour Mobility and Regional Climate Adaptation. International Labour Organization Technical Note https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---migrant/documents/publication/wcms_534341.pdf