

# 科学研究动态监测快报

---

2022 年 10 月 20 日 第 20 期 (总第 350 期)

## 气候变化科学专辑

- ◇ 改革全球废物处理方式对实现 1.5 °C 目标至关重要
- ◇ 加拿大发布甲烷减排战略
- ◇ 2021 年全球风能和太阳能发电量占比首次超过 10%
- ◇ 美国政府问责局发布《脱碳: CCUS 现状、挑战和政策措施》报告
- ◇ 彭博新能源财经指出日本氨煤共燃策略是一种昂贵的脱碳方法
- ◇ 德国全球地球系统模拟实现 1.2 公里分辨率技术里程碑
- ◇ 气候变化加剧的高温促使 2022 年北半球干旱发生
- ◇ 气候变化增加了沿海生态系统生物量中的净碳储存量
- ◇ 斯德哥尔摩大学研究揭示环北极陆地碳释放的差异性
- ◇ 低效燃烧和未点燃的天然气火炬均排放大量甲烷
- ◇ 研究分析航空业实现净零气候的成本和排放路径
- ◇ 二次胶凝材料替代水泥可将全球 CO<sub>2</sub> 排放每年减少 13 亿吨
- ◇ 研究分析 1990—2019 年全球碳不平等状况

中国科学院兰州文献情报中心  
中国科学院资源环境科学信息中心

---

中国科学院兰州文献情报中心  
邮编: 730000 电话: 0931-8270063

地址: 甘肃兰州市天水中路 8 号  
网址: <http://www.llas.ac.cn>

# 目 录

## 本期热点

改革全球废物处理方式对实现 1.5 °C 目标至关重要..... 1

## 气候政策与战略

加拿大发布甲烷减排战略..... 3

## 气候变化减缓与适应

2021 年全球风能和太阳能发电量占比首次超过 10% ..... 5

美国政府问责局发布《脱碳：CCUS 现状、挑战和政策措施》报告..... 5

彭博新能源财经指出日本氨煤共燃策略是一种昂贵的脱碳方法..... 7

德国全球地球系统模拟实现 1.2 公里分辨率技术里程碑..... 8

## 气候变化事实与影响

气候变化加剧的高温促使 2022 年北半球干旱发生..... 9

气候变化增加了沿海生态系统生物量中的净碳储存量..... 9

## 前沿研究动态

斯德哥尔摩大学研究揭示环北极陆地碳释放的差异性..... 10

低效燃烧和未点燃的天然气的火炬均排放大量甲烷..... 11

研究分析航空业实现净零气候的成本和排放路径..... 11

二次胶凝材料替代水泥可将全球 CO<sub>2</sub> 排放每年减少 13 亿吨..... 12

研究分析 1990—2019 年全球碳不平等状况..... 13

# 改革全球废物处理方式对实现 1.5 °C 目标至关重要

10月4日,全球焚化炉替代方案联盟(Global Alliance for Incinerator Alternatives, GAIA)<sup>1</sup>发布题为《从零废物到零排放》(Zero Waste to Zero Emissions)的报告指出,在全球各城市引入零废物系统是将全球变暖幅度控制在 1.5 °C 以内的最快和最实惠的方法之一。

全球至少 70% 的温室气体排放来自于商品的制造、运输、使用和处置。控制废物的产生和实施更好的废物管理策略可以避免物质商品在整个生命周期(从开采到生命结束)的温室气体排放。因此,废物管理部门的减缓潜力在很大程度上被低估。零废物系统既是一种目标又是一种战略,旨在通过减少来源、分类收集、堆肥和回收利用持续减少废物。全球已有 550 多个城市实施了零废物战略。报告分析了零废物系统在气候减缓、气候适应和其他社会效益方面带来的积极影响,并提出了实现零废物系统的行动建议。

## 1 气候减缓

零废物系统通过 3 种方式减少废物管理部门的温室气体排放:减少有机废物的来源,并进行分类收集和处理,避免垃圾填埋场的甲烷排放;堆肥或沼气的应用提高了土壤对碳的吸收;减少城市废物流的所有来源并进行回收,可以减少自然资源开采、制造和运输过程产生的上游排放。关键信息包括:

(1) **堆肥是有效减少甲烷排放的有机废物处理方法。**有机废物的源头分类收集和堆肥处理,可以减少垃圾填埋场 62% 的甲烷排放。废物的机械回收和生物处理以及生物活性填埋场覆盖层是有机废物的源头分离收集的良好补充措施,这些措施可平均减少 95% 的甲烷排放。

(2) **零废物策略可将废物管理部门转变为温室气体排放的净负源。**实行更好的废物管理政策,如废物分类、再循环和堆肥处理,可使废物管理部门的温室气体排放总量减少 84%。有机废物的分类收集和处理是大幅减少废物管理部门温室气体排放的关键,积极的回收计划可减少采矿业、林业、制造业和能源行业的排放,这两种方法带来的减排量大于废物管理部门的排放量。案例研究显示,在“零废物路径”情景下,美国底特律、巴西圣保罗和韩国首尔都将实现净负排放。

(3) **减少废物来源是减少温室气体排放的最佳方法,特别是在食物和塑料方面(优于回收利用)。**减少废物来源是解决食物浪费的一项关键策略,目前,全球每年

---

<sup>1</sup>全球焚化炉替代方案联盟(Global Alliance for Incinerator Alternatives, GAIA)是一个非营利性环保组织,重点研究焚烧、零废物、塑料和气候 4 个方面的干预措施。

浪费的食物占生产食物的 1/3，造成的温室气体排放占全球温室气体排放量的 10%。减少废物来源的其他策略包括限制一次性物品及包装的生产和销售。塑料产量每 20 年翻一番，并且大多数塑料不可回收，因此，减少废物来源对塑料尤其重要。

(4) **能源回收并不是一种有效的减缓策略。**垃圾填埋气体的捕获是不可靠的，因为该过程会导致大量的甲烷泄漏。焚烧是温室气体排放的主要来源：即使在能源回收之后，每燃烧一吨塑料也会释放 1.43 吨二氧化碳。回收的能源不足以抵消能源回收技术的碳足迹。

## 2 气候适应

零废物系统有助于城市建立抵御气候变化带来的日益频繁的极端天气事件和健康危害的能力。废物收集和管理不善是使城市特别容易受到这些事件影响的因素之一。零废物系统通过以下方式帮助城市提高韧性：减轻洪水，减少疾病传播，改善土壤质量。关键信息包括：

(1) **禁止使用一次性塑料是必要的，因为塑料废物会加剧洪水风险。**塑料禁令和通用收集系统是防洪的关键，因为管理不当的废物（尤其是塑料袋）会导致排水系统堵塞。在一些洪水事件之后，许多城市成功且迅速地通过了塑料禁令。

(2) **禁止使用一次性塑料和更好的废物收集可阻止病媒传播。**未收集的废物，特别是塑料，为病媒创造了栖息地，而食物废物则为害虫提供了食物来源。通过禁止使用一次性塑料和减少废弃的食物来减少废物，有助于中断疾病传播链。

(3) **堆肥可以提高土壤韧性。**通过增加养分储存能力、生物化学特性、作物产量和保水能力，堆肥在土地上的应用有助于增加土壤养分。更好的土壤质量可以防止洪水、泥石流并减轻粮食作物的损失。

## 3 额外效益

除了遏制气候变化的影响外，实施良好的零废物策略还可以带来额外的效益，包括改善公共卫生、减少环境污染、鼓励创造就业机会、支持社区发展以及解决不平等和社会不公正现象。关键信息包括：

(1) **零废物系统比减少温室气体排放更有利于人类健康和环境。**零废物系统可以降低与有毒灰分（来自焚化炉和垃圾填埋场）传播相关的癌症和疾病风险；通过减少对原材料的需求节约自然资源；通过减少塑料污染保护生态系统健康。

(2) **零废物系统有助于经济繁荣。**零废物系统可以比传统的废物管理策略更经济；提供比传统废物管理工作更多和更好的就业机会；通过禁止使用一次性塑料促进企业创新发展。

(3) **零废物系统提供了广泛的社会效益。**零废物系统可以通过纳入非正式的废物收集者（即废物拾荒者），减少贫困和不平等；通过减少环境中有毒化学品的数量，

改善公众健康；通过应用堆肥和厌氧消化，改善粮食和水安全；减少与废物处理设施有关的环境压力。

## 4 建议

(1) **将零废物目标和政策纳入气候减缓和适应计划。**城市对废物管理负有首要责任，应采取全面的零废物计划，强调源头分类、有机物处理和非正规部门一体化。资助者和金融机构应通过财政和技术措施，支持城市向零废物转型。各国政府可以将零废物纳入其国家自主贡献（NDC）和相关的国家气候政策。

(2) **优先考虑防止食物浪费和颁布一次性塑料禁令。**防止食物浪费需要一项专门战略，在整个供应链采取干预措施。可在地方或国家层面采取禁止一次性产品和包装（特别是塑料包装）的措施。

(3) **对有机废物进行分类收集和处理。**城市应开发易于使用的系统，配备统一的标识和专门的推广项目，以提高合规率。堆肥是最简单、最便宜和最可扩展的有机废物处理方法。

(4) **对废物管理系统、回收和堆肥技术进行投资。**源头分类收集、材料回收设施、有机物处理等所需的资本投入相对较少。市政当局应制定计划，以满足较低的零废物运营成本。

(5) **建立适当的零废物制度框架，并通过对回收和堆肥的补贴提供财政激励。**建立全面的关于零废物系统的规章制度，是促进良性废物管理系统的关键。对堆肥生产和使用的补贴以及其他奖励措施有助于发展这些良性系统，以抵制受到大量补贴的合成农用化学品。

(6) **认识到废物拾荒者的作用，并将其充分纳入废物管理系统。**建立协商机制，促使废物拾荒者积极合作设计零废物，并利用就业或创业的新机会。城市需要采取措施终止对废物拾荒者的歧视。

（廖琴 编译）

原文题目：Zero Waste to Zero Emissions

来源：<https://www.no-burn.org/zerowaste-zero-emissions/>

## 气候政策与战略

### 加拿大发布甲烷减排战略

10月4日，加拿大环境与气候变化部（Environment and Climate Change Canada）发布《更快、更远：加拿大的甲烷战略》（*Faster and Further: Canada's Methane Strategy*），为进一步减少加拿大全经济领域的甲烷排放提供了路径。该战略指出，2020年加拿大甲烷排放量占温室气体排放总量的14%，95%以上的人为甲烷排放主要来自石油与天然气生产（占38%）、农业（占30%）与废物/垃圾填埋（占28%）

等 3 种来源。其他行业也会产生少量的甲烷排放，如交通、住宅建筑和煤炭开采。相关行业的减排措施如下：

(1) **石油与天然气生产**。关键减排措施：①2018 年颁布的减少油气行业甲烷排放的国家法规提出，到 2025 年将油气行业甲烷排放量在 2012 年的基础上减少 40%~45%；②利用减排基金投资于绿色技术，以降低或消除油气行业的甲烷和其他温室气体排放；③制定加强的甲烷法规，以实现到 2030 年油气行业的甲烷排放量在 2012 年的基础上减少至少 75% 的目标，拟议的法规将于 2023 年公布。

(2) **农业**。关键减排措施：①农场气候行动基金（On-Farm Climate Action Fund, OFCAF）将提供6.7亿加元，支持农场采取行动应对气候变化，包括减少甲烷排放的行动；②4.957亿加元的农业清洁技术项目（Agricultural Clean Technology Program, ACT）将支持农业清洁技术的开发和利用；③制定牲畜饲料管理协议，用于加拿大的温室气体抵消信用体系，同时开发畜禽粪便管理与厌氧消化协议。

(3) **废物/垃圾填埋**。关键减排措施：①制定新法规，到2030年将大型城市固体废物填埋场的甲烷回收与销毁量在2019年的水平上提高约50%；②与各省和地区合作，支持并加快生物可降解废物的资源与能源回收工作，促进进一步减排。

(4) **煤矿开采**。关键减排措施：①到2030年逐步淘汰燃煤发电；②领导全球逐步淘汰煤电的行动，减少动力煤的开采；③到203年禁止从加拿大出口动力煤。

(5) **住宅建筑**。关键减排措施：①目前已有多种针对建筑脱碳的投资，包括加拿大绿色家园补助金、能源效率建筑项目、绿色市政基金、绿色包容性社区建筑项目、低碳经济基金；②制定《加拿大绿色建筑战略》（*Canada Green Buildings Strategy*），在2050年前实现建筑的净零排放，为更绿色、更高效的住宅与建筑设定标准，包括停止使用基于化石燃料的家庭供暖系统。

(6) **运输行业**。关键减排措施：①制定减少轻型和重型道路车辆温室气体排放的法规；②支持采用零排放汽车的购买激励措施；③投资电动汽车充电基础设施，如零排放汽车基础设施计划。

(7) **自然源与自然汇**。关键减排措施：①保护和养护海洋与沿海地区；②限制新项目对湿地的工业干扰，使项目开发者采取行动最大限度地减少或抵消负面的环境影响（如温室气体排放、生物多样性丧失）；③2022年政府预算提供7.8亿加元扩大自然智慧气候解决方案基金（Nature Smart Climate Solutions Fund），提高自然环境储存碳以及减少温室气体排放的潜力。

（裴惠娟 编译）

原文题目：Faster and Further: Canada's Methane Strategy

来源：[https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2022/eccc/En4-491-2022-eng.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/eccc/En4-491-2022-eng.pdf)

## 气候变化减缓与适应

### 2021 年全球风能和太阳能发电量占比首次超过 10%

9月21日，彭博新能源财经（BNEF）发布题为《电力转型趋势 2022》（*Power Transition Trends 2022*）的报告指出，2021 年全球风能和太阳能发电量首次满足了全球 1/10 以上的电力需求。同时，全球燃煤电厂的发电量和排放量在 2021 年出现激增。报告的主要结论包括：

（1）由于经济复苏导致电力需求回升、全球干旱导致水力发电量减少以及天然气价格上涨，全球燃煤发电量在 2020—2021 年出现了前所未有的增长（增加了 8.5%）。煤炭使用量的增加使电力部门的二氧化碳排放量增加了 7%。

（2）随着各经济体从新型冠状病毒肺炎（Covid-19）的影响中复苏，全球发电总量从 2020 年的 25800 TWh（太瓦时）飙升至 2021 年的 27300 TWh，增长了 5.6%。

（3）2021 年，风能和太阳能发电量接近 3000 TWh，占全球发电总量的 10.5%。其中，风能发电量接近 2000 TWh，太阳能发电量达到 1000 TWh。零碳能源发电总量超过 10000 TWh，可满足全球近 40% 的电力需求。

（4）2021 年全球新增发电装机容量为 364 GW（吉瓦）。其中，太阳能占到新增发电装机容量的 50%，风能占到 25%，化石燃料占到 14%。2021 年太阳能新增发电装机容量比 2020 年高 25%。

（5）太阳能也在迅速向新市场扩张。2021 年有 112 个国家拥有至少 1 MW（兆瓦）的太阳能装机容量，是新增煤炭市场数量的 7.5 倍。这一数字高于 2020 年的 101 个国家和 2012 年的 55 个国家。

（6）2021 年有 53 个经济体增加了风电装机容量，高于 2020 年的 44 个。尽管如此，清洁能源的大规模部署仍然比较集中，有 10 个国家的太阳能新增发电装机容量占到全球太阳能新增发电装机容量的 85%，另外有 10 个国家的风能新增发电装机容量占到全球风能新增发电装机容量的 89%。

（7）2006—2021 年全球发电装机总容量几乎翻了一番，并在 2021 年达到 7.9 TW（太瓦）的新高。亚太地区的发电装机容量增长最快，为 191%。煤炭仍占全球装机容量的 1/4 以上。

（廖琴 编译）

原文题目：Power Transition Trends 2022

来源：[https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/BNEF-Power-Transition-Trends-2022\\_FINAL.pdf](https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/BNEF-Power-Transition-Trends-2022_FINAL.pdf)

### 美国政府问责局发布《脱碳：CCUS 现状、挑战和政策措​​施》报告

9月29日，美国政府问责局（GAO）发布题为《脱碳：CCUS 现状、挑战和政策措​​施》（*Decarbonization: Status, Challenges, and Policy Options for Carbon Capture, Utilization, and Storage*）的报告，梳理了全球碳捕集、利用与封存（CCUS）部署现

状，分析了美国 CCUS 发展、示范和部署面临的关键挑战，并为决策者建议了可采取的政策措施。

## 1 部署现状

根据全球碳捕集与封存研究院（GCCSI）调查数据，截止 2021 年，全球处于运行状态的大规模商业 CCUS 项目有 27 个，其中 12 个在美国。这些项目涵盖电力、水泥、钢铁、生物乙醇等：电力行业，加拿大萨斯喀彻温省的“边界大坝”于 2014 年开始运行，是全球唯一拥有碳捕集与封存（CCS）技术的大型电站；水泥行业，暂无商业化 CCUS 设施，2020 年底挪威海德堡水泥公司（Heidelberg Cement）安装全球首个全尺寸 CCS 设施；钢铁行业，阿拉伯联合酋长国于 2016 年投入运行的 Al Reyadah 项目是全球首个也是唯一一个商业规模项目；生物乙醇行业，位于堪萨斯州的 Arkalon 是美国第一家商业化生物乙醇精炼厂，自 2009 年以来一直在运行。

## 2 关键挑战

报告指出，美国 CCUS 发展、示范和部署面临的关键挑战涉及捕集、利用、基础设施、经济激励和社区参与等环节：

（1）捕集。①建造一个成熟的 CCUS 项目需要的时间过长，从项目宣布到投入生产可能要花费 6~7 年；②前期建造项目成本高昂，后期运营维护设施仍需一定的资金支持；③水泥、钢铁等产品价格由市场决定，美国制造商将成本转嫁给消费者的能力有限。

（2）利用。①与传统产品相比，大部分二氧化碳产品不具备价格竞争力；②产品使用过程中达不到现有的行业性能标准，同时燃料标准对二氧化碳减排也没有激励作用；③缺乏标准的生命周期评估指南，难以判断产品是否真的具有减排效益。

（3）基础设施。①规划、批准和建设 CCUS 基础设施的时间较长；②由于土地使用权私有，因此大规模部署管网或其他基础设施需要进行谈判，此外，缺乏明确的地下孔隙空间使用权也使得地质封存更加复杂；③捕集设施和封存地点之间的距离影响着运输环节的成本与可行性。

（4）经济激励。①项目对税收抵免的依赖增加了政府的税收支出，同时财政奖励措施反而会增加化石燃料的开采和使用；②由于信贷的不确定性和监管机构及企业的能力限制，CCUS 企业可能难以进入低碳燃料标准（Low Carbon Fuel Standard, LCFS）市场；③仅靠出售碳信用额度不足以刺激项目部署，同时碳交易体系缺乏核算标准，难以核实某个项目的减排量；④确立联邦碳定价机制可能会增加汽油或电力等碳密集产品的成本。

（5）社区参与。①大多数美国人对 CCUS 并不了解；②甚至部分社区存在负面看法，认为社区项目部署对环境和气候有害、投资者只为自身牟利等。



### 3 政策措施

报告建议决策者尝试从以下 7 个方面切入，以解决上述问题：①加强对研发和大规模示范的持续投资，通过技术革新、规模生产降低成本，同时推进新兴技术发展，但在这一过程中，利益相关方需要集思广益、仔细监督；②创建或使用技术中立的标准，鼓励开发或使用具有最佳减排效益的产品，促进美国制造业发展；③支持制定和鼓励使用标准化生命周期评估指南，以验证二氧化碳产品的减排效益、提高利用途径或产品间比较的准确性；④支持制定有关二氧化碳储存的法律或监管框架，减少争取封存土地使用权的时间和成本，促进碳封存基础设施州内部署和跨州部署；⑤促进 CCUS 设施的战略性选址，因地制宜地部署基础设施，降低资金流动和设施部件运输成本，延长设施使用时间；⑥修改现有的激励措施和税收抵免，降低 CCUS 项目准入门槛，增加设施部署数量和种类，同时未来部署应以市场为导向；⑦支持和鼓励社区参与 CCUS 部署，推进宣传教育和公众知识竞赛，建立公众支持、了解公众意愿。

(秦冰雪 编译)

原文题目: Decarbonization: Status, Challenges, and Policy Options for Carbon Capture, Utilization, and Storage

来源: <https://www.gao.gov/assets/gao-22-105274.pdf>

## 彭博新能源财经指出日本氨煤共燃策略是一种昂贵的脱碳方法

9 月 28 日，彭博新能源财经 (BNEF) 发布题为《日本昂贵的氨煤共燃策略》(*Japan's Costly Ammonia Coal Co-firing Strategy*) 的报告，分析了日本燃煤电厂氨煤共燃策略的潜在减排效益、能源安全问题以及经济效益，指出氨煤共燃不太可能成为日本减少电力部门二氧化碳排放的经济可行途径。

日本政府承诺，到 2030 年将日本的二氧化碳排放量在 2013 年的水平上减少 46%，到 2050 年达到净零排放。由于严重依赖火电厂，发电仍是日本最大的排放源，包括近年来新建的燃煤电厂。日本政府支持的公用事业公司正在探索改造现有的燃煤电厂，使煤与氨共燃，以减少二氧化碳排放。然而，报告发现：

(1) 经过改造后，燃煤电厂在清洁氨共燃比低于 50% 时排放的二氧化碳，仍比天然气燃料联合循环燃气轮机电厂多。燃煤电厂联合燃烧氨也可能会排放更多的氧化亚氮，这种温室气体的全球变暖潜势在 100 年时间尺度上是二氧化碳的 273 倍。此外，由于氨具有挥发性和毒性，与煤炭相比，需要更小心地处理氨。

(2) 到 2030 年，日本一座采用 50% 清洁氨共燃比的燃煤电厂的平准化度电成本 (Levelized Cost of Electricity, LCOE) 预计将至少为 136 美元/兆瓦时；到 2050 年，一座采用 100% 清洁氨的燃煤电厂的 LCOE 将至少为 168 美元/兆瓦时。这些成本将高于可再生替代能源的 LCOE，例如海上风能、陆地风能或带有储能电池的太阳能等。清洁氨更适用于化肥生产的脱碳应用。

(3) 需要大幅提高日本的碳税，氨共燃技术才能在经济上可行。到 2030 年，要使混合率达到 20% 的清洁氨共燃在经济上可行，每吨二氧化碳至少需要定价为 300 美元；到 2050 年，要使 100% 以氨为燃料的改造燃煤电厂在经济上可行，所需的碳价格可能会降至 159 美元/吨二氧化碳，远高于日本目前设定的每吨二氧化碳低于 3 美元的“减缓气候变化税”。

(4) 由于日本国内清洁氨的生产成本很高，仍然高于澳大利亚生产的绿色氨和中东地区生产的蓝色氨，而且改造燃煤电厂需要大量氨气，因此大规模使用氨气改造燃煤设施也会给日本的能源安全带来风险。日本政府提出的 2050 年氨需求目标是目前其国内氨市场的 30 倍，这将造成新的能源进口依赖。

(廖琴 编译)

原文题目: Japan's Costly Ammonia Coal Co-firing Strategy

来源: [https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/BNEF-Japans-Costly-Ammonia-Coal-Co-Firing-Strategy\\_FINAL.pdf](https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/BNEF-Japans-Costly-Ammonia-Coal-Co-Firing-Strategy_FINAL.pdf)

## 德国全球地球系统模拟实现 1.2 公里分辨率技术里程碑

9 月 22 日，一台名为“Levante”的新型超级计算机在德国气候计算中心（German Climate Computing Center, DKRZ）落成，它代表了马克斯·普朗克气象研究所（MPI-M）最重要的气候模拟研究基础设施。新的高性能计算机系统的功能比以前的系统强 5 倍左右，为基于计算机的气候研究开辟了新的前景。

该开发项目是德国联邦预算基金资助的“暖世界”（WarmWorld）项目和欧盟资助的“新一代地球系统模式”（NextGEMS）项目的一部分，将为欧盟“目的地地球”（Destination Earth, DestinE）计划开发地球系统数字孪生做出贡献。通过对湿对流、重力波和海洋漩涡过程进行运动方程模拟，而不是参数化，使模式代码更简单，结果更容易理解，从而能够更好地了解形成过去、现在和未来气候的物理过程。

10 月 6 日，来自 MPI-M 和 DKRZ 的建模专家团队首次在 Levante 上展示了在大气和海洋中以 1.2 km 的水平分辨率运行基于 ICON 的地球系统模式（ESM）的全 3D 耦合全球版本的技术可能性。首次运行使用了 Levante 大约 1/3 的 CPU 分区容量（2520 个计算节点，2 个 CPU 256 GB 主内存），每天进行 2.5 天的气候模拟，使其成为欧洲唯一一个使用二十面体非静力（ICON）网格进行高分辨率模拟的超级计算机。ICON-ESM 此前已经以水平分辨率 10 km、5 km 和 2.5 km 的配置用于科学目的的生产模式。现在有了 1.2 km 的配置，将为新一类的数值模式打开了大门，能够研究气候变化的局部影响，如极端降水、风暴和干旱。

(迪里努尔 刘燕飞 编译)

原文题目: Technical Milestone Reached: Global Earth System Simulations with 1.2 km Resolution

来源: <https://mpimet.mpg.de/en/communication/news/single-news/technical-milestone-reached-global-earth-system-simulations-with-12-km-resolution>

## 气候变化事实与影响

### 气候变化加剧的高温促使 2022 年北半球干旱发生

10月5日，世界气候归因组织（World Weather Attribution）发布题为《气候变化加剧的高温使 2022 年北半球干旱发生的可能性更大》（*High Temperatures Exacerbated by Climate Change Made 2022 Northern Hemisphere Droughts More Likely*）的报告，调查了 2022 年 6—8 月整个北半球（不包括热带地区）土壤湿度的变化，通过测量 0~7 cm 表层和 0~100 cm 根区的土壤湿度，确定土壤干旱程度。报告指出，人为气候变化引起的气温上升使得 2022 年北半球温带地区严重干旱发生的可能性增加了 20 倍以上，换言之，如果没有气候变化的影响，即使降水量骤减，北半球极端干旱发生的可能性微乎其微。报告的主要结论包括：

（1）欧洲中西部地区的高温和降水减少对人类健康、能源、农业和市政供水等产生了深远影响。同时，薄弱的供水设施和频繁发生的管道漏水更是加剧了这一情况。

（2）研究特别关注整个北半球（不包括热带地区）因干燥土壤造成的经济和生态影响，其中，西欧和中欧尤其严重，与 1950—2022 年的平均水平相比，类似 2022 年的干旱事件平均每 20 年就会发生一次。

（3）基于西欧和中欧现有土壤水分观测数据进行趋势预测发现，2022 年观测到的土壤水分条件几乎不可能发生。

（4）为了确定气候变化在 2022 年北半球干旱中所起的作用，研究人员将土壤水分数据集与气候模型结合，得出人为气候变化增加了北半球干旱事件发生的可能性的结论。通过进一步分析气候变化对这些地区的温度和降水的影响，发现温度持续上升是干旱增加的主要原因，而降水减少影响较小。

（5）人为气候变化使西欧和中欧根区土壤水分干旱的可能性增加了 3~4 倍，表层土壤水分干旱的可能性增加了 5~6 倍；使北半球温带地区土壤干旱的可能性大大增加，根区土壤干旱的可能性增加了 20 倍以上，表层土壤干旱的可能性增加了至少 5 倍。

（6）模型分析结果表明，随着全球变暖的加剧，土壤干旱程度将继续增加，这与联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告预测的长期趋势一致。

（秦冰雪 编译）

原文题目：High Temperatures Exacerbated by Climate Change Made 2022 Northern Hemisphere Droughts More Likely

来源：<https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/WCE-NH-drought-scientific-report.pdf>

### 气候变化增加了沿海生态系统生物量中的净碳储存量

10月6日，《自然·地球科学》（*Nature Geoscience*）发表题为《气候驱动的大西洋中部沿海湿地与高地生物量趋势的脱钩》（*Climate-Driven Decoupling of Wetland and Upland Biomass Trends on the Mid-Atlantic Coast*）的文章指出，气候变化导致大西洋中部沿海生态系统生物量中的净碳储存量增加。

沿海生态系统中存在规模巨大但非常脆弱的全球碳汇。海平面驱动的潮汐湿地退化和高地森林死亡威胁着沿海碳库，但外界对更广泛的沿海景观如何响应气候变化仍知之甚少。来自美国弗吉尼亚海洋科学研究所（Virginia Institute of Marine Science）的科研人员，通过分析 1984—2020 年整个大西洋中部海平面上升热点地区的卫星观测数据，探究气候变化对沿海生态系统碳储量的影响。

研究表明，尽管沿海生态系统的面积大幅减少，但气候变化实际增加了沿海生态系统生物量中储存的碳量。海平面驱动的湿地和低地森林生物量的减少主要局限于海平面以上不到 2 m 的地区，而更温暖、更潮湿的气候导致了邻近高地森林生物量的增加。在整个沿海地区，气候驱动的高地绿化抵消了海平面驱动的生物量损失，因此，气候变化的净影响增加了沿海植被的碳储量。这些结果表明，沿海高地和湿地的碳趋势之间存在着根本性的脱钩。

（裴惠娟 编译）

原文题目：Climate -Driven Decoupling of Wetland and Upland Biomass Trends on the Mid-Atlantic Coast

来源：<https://www.nature.com/articles/s41561-022-01041-x>

## 前沿研究动态

### 斯德哥尔摩大学研究揭示环北极陆地碳释放的差异性

北极变暖使得土壤和多年冻土中的陆地碳（terrestrial carbon, terrOC）不稳定，而大规模陆地碳释放的定量化对预测北极未来的气候反馈至关重要。10月4日，瑞典斯德哥尔摩大学（Stockholm University）领导的科研团体在《自然·通讯》（*Nature Communications*）发表题为《环北极陆地碳释放因区域和来源而异》（Circum-Arctic Release of Terrestrial Carbon Varies Between Regions and Sources）的文章利用环北极沉积物碳数据库（Circum-Arctic Sediment Carbon Database, CASCADE）结合源示踪技术（ $\delta^{13}\text{C}-\Delta^{14}\text{C}$ ）和碳累积数据揭示了北极地区不同源区陆地碳释放的差异。

研究人员计算了不同源区的沉积物对陆地碳的相对贡献，还引入了综合碳排放指数（Integrated Carbon Release Index, I-CRI）来比对整个北极地区陆地碳释放的地理位置和特定来源。结果表明：①北极气温的放大上升可能是陆地碳释放主要的驱动因素，各地区不同的温升程度可能导致碳释放产生区域差异；②欧亚北极地区的陆地碳释放量是美洲地区的 5 倍；③约 61% 的环北极陆地碳来自近地表土壤释放，30% 的来自更新世时期的多年冻土释放；④环北极地区之间的陆地碳迁移量比其他大陆低 5 倍；⑤陆地碳迁移量较高的陆架海符合近期北极变暖的空间格局，迁移量较低的陆架海则反映了长距离的横向运输和有机碳再矿化。

（秦冰雪 编译）

原文题目：Circum-Arctic Release of Terrestrial Carbon Varies Between Regions and Sources

来源：<https://www.nature.com/articles/s41467-022-33541-0>

## 低效燃烧和未点燃的天然气火炬均排放大量甲烷

9月29日,《科学》(*Sciences*)发表题为《低效和未点燃的天然气火炬都排放大量甲烷》(*Inefficient and Unlit Natural Gas Flares Both Emit Large Quantities of Methane*)的文章指出,美国天然气产区未点燃和低效燃烧的天然气火炬排放了大量甲烷( $\text{CH}_4$ ),占美国油气 $\text{CH}_4$ 排放总量的4%~10%。

燃烧从油井和气井中泄漏的天然气的过程称为燃除,这一过程是为了燃烧温室气体 $\text{CH}_4$ 以减少其排放。工业界和监管部门通常认为,天然气火炬保持燃烧状态,并以98%的效率破坏天然气的主要成分 $\text{CH}_4$ ,然而,这种假设不是基于现实观察得到的。由美国密歇根大学(*University of Michigan*)研究人员领衔的团队利用空气采样测量了美国3个主要天然气产区的燃除效率,发现未点燃的和低效燃烧的天然气火炬对无效 $\text{CH}_4$ 破坏的贡献都相当大,火炬有效破坏的 $\text{CH}_4$ 只有91.1%。这意味着 $\text{CH}_4$ 排放量比目前的假设增加了5倍,占美国油气 $\text{CH}_4$ 排放总量的4%~10%。该研究突显出此前未被重视的 $\text{CH}_4$ 排放来源和减缓机会。

天然气的主要成分通常是 $\text{CH}_4$ ,其具有导致全球变暖的潜力和相对较短的大气寿命。在2020年和2021年的12次研究飞行中,研究人员通过飞机取样方法,直接测量了火炬燃烧羽流中的 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、一氧化氮( $\text{NO}$ )和二氧化氮( $\text{NO}_2$ ),通过计算每个羽流拦截的 $\text{CH}_4$ 破坏去除效率,量化了天然气火炬的性能。同时测量天然气火炬燃烧羽流中的 $\text{CO}_2$ 和 $\text{CH}_4$ ,可以计算 $\text{CH}_4$ 破坏去除效率(DRE),表征天然气火炬燃烧对 $\text{CH}_4$ 的破坏程度。研究人员发现对于所有天然气产区盆地,观测到的DRE值呈偏态分布,观测值的中位数接近98%,但有效效率要低得多,火炬燃烧的贡献很大,其DRE可低至60%。

燃烧天然气火炬的效率低,加上未点燃天然气火炬的比率,导致3个盆地的有效天然气火炬效率都大幅低于98%。这表明燃除活动在 $\text{CH}_4$ 油气足迹中所占的比例比之前估计的要大得多。此外,燃烧不良和未点燃的火炬对 $\text{CH}_4$ 燃除总排放量的相对贡献是相似的。如果采取措施确保美国火炬以98%的效率运行并保持燃烧,这将相当于每年从道路上减少290万辆汽车。这一计算采用的是100年 $\text{CH}_4$ 全球变暖潜势(GWP)为28,一辆典型乘用车每年排放4.6吨二氧化碳。如果20年的全球变暖潜能值为84,这一减缓措施的效果就相当于淘汰880万辆汽车。

(王田宇 刘燕飞 编译)

原文题目: *Inefficient and Unlit Natural Gas Flares Both Emit Large Quantities of Methane*

来源: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abq0385>

## 研究分析航空业实现净零气候的成本和排放路径

减少气候影响对航空业来说极具挑战性。9月29日,《自然·气候变化》(*Nature Climate Change*)发表题为《航空业实现净零气候的成本和排放路径》(*Cost and*

Emissions Pathways Towards Net-Zero Climate Impacts in Aviation) 的文章, 分析了航空业实现净零气候的成本和排放路径。

以往航空业净零排放研究指出替代燃料(简易燃料或氢)的大规模使用及潜在减少需求等措施被广泛认为是航空业实现净零排放的必要条件。基于此, 来自英国伦敦大学学院(University College London)、美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology)、英国帝国理工学院(Imperial College London)等机构的研究人员采用全球航空集成模型(aviation integrated model, AIM), 从系统层面评估了航空业实现净零的技术方案, 并提供了与此相关的气候成本和需求影响。

研究发现: ①使用生物质合成燃料、绿氢和大气二氧化碳合成燃料以及直接使用液态绿氢可以在很大程度上实现航空业净零气候。到 2050 年能源需求增长了 2~3 倍, 通过上述措施与持续提高效率和避免违规行为, 并没有完全抵消能源需求, 但这种能源转型可以将航空业整个生命周期的二氧化碳排放量与 2019 年相比降低 89%~94%。②与基准情景相比, 控制航空业成本增加, 将机票价格上涨控制在 15% 以内, 航空需求抑制低于 14% 等路径可将航空业二氧化碳排放减少 46%~69%。③到 2050 年, 与航空能源转型所需的贴现投资约为 1.7 万亿美元, 其中约 45% 与可再生能源发电相关。④由于增加的燃料成本被能源效率的提高抵消, 航空业能够完全支付转型的成本, 继而在能源转型中保持行业的稳定增长。

(刘莉娜 编译)

原文题目: Cost and Emissions Pathways Towards Net-Zero Climate Impacts in Aviation

来源: <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01485-4>

## 二次胶凝材料替代水泥可将全球 CO<sub>2</sub> 排放每年减少 13 亿吨

9 月 30 日, 《自然·通讯》(*Nature Communications*) 发表题为《用二次材料替代水泥可将全球每年二氧化碳排放量减少 13 亿吨》(Cement Substitution with Secondary Materials Can Reduce Annual Global CO<sub>2</sub> Emissions by Up to 1.3 Gigatons) 的文章, 分析了二次胶凝材料(cementitious materials, CMs) 最大限度地替代水泥熟料对全球 CO<sub>2</sub> 排放的影响。

水泥生产已经成为最难减缓的二氧化碳排放源之一。然而, 粉煤灰等传统二次胶凝材料(CMs)的可用性正在下降。基于此, 来自英国帝国理工学院(Imperial College London)、美国加州大学(University of California)、美国阿拉巴马大学(University of Alabama)等机构的研究人员收集了与二次凝胶材料的生产相关数据, 采用生命周期分析(life cycle assessment, LCA)方法对其环境影响进行评价, 并形成了 2018 年和潜在水泥生产(最大化利用二次 CMs)的综合温室气体排放估算基础。

研究发现: ①2002—2018 年, 全球水泥产量由 18 亿吨增长至 40.5 亿吨, 增长了 1 倍多, 其中二次 CMs 占比却下降约 10%; ②2018 年全球二次 CMs 生产量约为

35 亿吨，如果将这些材料替代硅酸盐水泥熟料可将 CO<sub>2</sub> 排放量减少高达 13 亿吨（约占 2018 年水泥生产量的 44%，人为 CO<sub>2</sub> 排放量的 2.8%）；③几乎所有水泥产量最高的国家都可以在当地使用二次 CMs 替代水泥熟料，替代率高达 50%，甚至有些国家可以实现 100% 的替代。中国由于二次 CMs 供应有限，只能实现相对较低的替代比例，理论上每年可将 CO<sub>2</sub> 排放减少 5.48 亿吨。研究强调了区域优化的二次 CMs 混合设计和系统化方法对全球水泥脱碳至关重要，同时需推进全球建筑部门的转型升级，以支持二次 CMs 的更广泛应用。

（刘莉娜 编译）

原文题目：Cement Substitution with Secondary Materials Can Reduce Annual Global CO<sub>2</sub> Emissions by Up to 1.3 Gigatons

来源：<https://www.nature.com/articles/s41467-022-33289-7>

## 研究分析 1990—2019 年全球碳不平等状况

9 月 29 日，《自然·可持续发展》（*Nature Sustainability*）发表题为《1990—2019 年全球碳不平等状况》（*Global Carbon Inequality Over 1990–2019*）的文章，指出提高个人碳足迹和社会经济团体参与脱碳行动的透明度，对于保证公平公正的气候过渡至关重要。

所有人对气候变化都肩负责任，但每个人承担的责任都不平等。为了正确理解经济不平等和气候变化之间的关系，亟需从个人角度评估全球范围内温室气体（GHG）排放现状。基于此，来自法国巴黎经济学院（Paris School of Economics）的研究人员采用最新的收入和财富不平等数据集、环境投入产出表以及区分消费和投资的碳排放测算框架，评估了 1990—2019 年全球个人温室气体排放不平等状况。

研究发现：①2019 年，全球最贫穷 50% 的人口仅占世界总排放量的 12%，而收入前 10% 的人口占世界总排放量的 48%。②1990 年以来，全球最贫穷的 50% 人口人均碳排放量增加了 16%，而全球收入前 1% 的人口其人均碳排放量增加了 23%。③1990 年以来，全球收入前 1% 人口的人均排放量增加，而富裕国家内部中低收入群体的人均排放量下降。与 1990 年的情况相反，2019 年全球个人碳排放不平等的 63% 是由国家内部不平等导致的，国家间不平等有所下降，但二者均保持在高位。④全球收入前 1% 人口产生的碳排放总量主要来自他们的投资，而非消费。现有气候政策工具，如碳税，并未解决碳足迹的巨大不平等。因此，亟需推进当代公平气候政策的辩论，鼓励政府更好开发个人碳排放数据，以减缓气候变化并降低其对于社会不公平的潜在影响。

（陈竹君 刘莉娜 编译）

原文题目：Global Carbon Inequality Over 1990–2019

来源：<https://www.nature.com/articles/s41893-022-00955-z>

## 《科学研究动态监测快报》

《科学研究动态监测快报》(以下简称《监测快报》)是由中国科学院文献情报中心、中国科学院兰州文献情报中心、中国科学院成都文献情报中心、中国科学院武汉文献情报中心以及中国科学院上海生命科学信息中心分别编辑的主要科学创新研究领域的科学前沿研究进展动态监测报道类信息快报。按照“统筹规划、系统布局、分工负责、整体集成、长期积累、深度分析、协同服务、支撑决策”的发展思路,《监测快报》的不同专门学科领域专辑,分别聚焦特定的专门科学创新研究领域,介绍特定专门科学创新研究领域的前沿研究进展动态。《监测快报》的内容主要聚焦于报道各相应专门科学研究领域的科学前沿研究进展、科学研究热点方向、科学研究重大发现与突破等,以及相应专门科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、重大研发布局、重要科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。《监测快报》的重点服务对象,一是相应专门科学创新研究领域的科学家;二是相应专门科学创新研究领域的主要学科战略研究专家;三是关注相关科学创新研究领域前沿进展动态的科研管理与决策者。

《监测快报》主要有以下专门性科学领域专辑,分别为由中国科学院文献情报中心编辑的《空间光电科技专辑》等;由中国科学院兰州文献情报中心编辑的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由中国科学院成都文献情报中心编辑的《信息技术专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由中科院武汉文献情报中心编辑的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由中国科学院上海生命科学信息中心编辑的《BioInsight》等。

《监测快报》是内部资料,不公开出版发行;除了其所报道的专题分析报告代表相应署名作者的观点外,其所刊载报道的中文翻译信息并不代表译者及其所在单位的观点。



## 版权及合理使用声明

《科学研究动态监测快报》(以下简称《监测快报》)是由中国科学院文献情报中心、中国科学院兰州文献情报中心、中国科学院成都文献情报中心、中国科学院武汉文献情报中心以及中国科学院上海生命科学信息中心按照主要科学研究领域分工编辑的科学研究进展动态监测报道类信息快报。

《监测快报》遵守国家知识产权法的规定,保护知识产权,保障著作权人的合法利益,并要求参阅人员及研究人员遵守中国版权法的有关规定,严禁将《监测快报》用于任何商业或其他营利性用途。读者在个人学习、研究目的中使用信息报道稿件,应注明版权信息和信息来源。未经编辑单位允许,有关单位和用户不能以任何方式全辑转载、链接或发布相关科学领域专辑《监测快报》内容。有关用户单位要链接、整期发布或转载相关学科领域专辑《监测快报》内容,应向具体编辑单位发送正式的需求函,说明其用途,征得同意,并与具体编辑单位签订服务协议。

欢迎对《科学研究动态监测快报》提出意见与建议。

### 气候变化科学专辑:

编辑出版:中国科学院兰州文献情报中心(中国科学院资源环境科学信息中心)

联系地址:兰州市天水中路8号(730000)

联系人:曾静静 董利苹 裴惠娟 廖琴 刘燕飞 刘莉娜

电话:(0931)8270063

电子邮件:zengjj@llas.ac.cn; donglp@llas.ac.cn; peihj@llas.ac.cn;

liaoqin@llas.ac.cn; liuyf@llas.ac.cn; liuln@llas.ac.cn