

# 科学研究动态监测快报

---

2023 年 10 月 5 日 第 19 期 (总第 373 期)

## 气候变化科学专辑

- ◇ 美国能源部系统部署工业脱碳路径
- ◇ 美国能源部发布《美国大西洋地区海上风电传输发展行动计划》
- ◇ 联合国环境规划署联合耶鲁大学发布建筑行业脱碳路线图
- ◇ 国际机构联合发布《2023 年突破性议程报告》
- ◇ 全球实现净零排放每年需要投资 2.7 万亿美元
- ◇ 主要减排领域需加速能源转型来实现气候目标
- ◇ 9 大地球行星边界中已有 6 个超出界限
- ◇ 美研究揭示保护碳和社区免受林火影响的机会热点地区
- ◇ 美研究分析美国脱碳政策对空气质量的影响
- ◇ 多年拉尼娜事件与西太平洋变暖有关
- ◇ 欧盟委员会发布《2023 年世界各国温室气体排放》报告

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

美国能源部系统部署工业脱碳路径 ..... 1

## 气候政策与战略

美国能源部发布《美国大西洋地区海上风电传输发展行动计划》 ..... 4

联合国环境规划署联合耶鲁大学发布建筑行业脱碳路线图 ..... 5

## 气候变化减缓与适应

国际机构联合发布《2023 年突破性议程报告》 ..... 6

全球实现净零排放每年需要投资 2.7 万亿美元 ..... 8

主要减排领域需加速能源转型来实现气候目标 ..... 9

## 前沿研究进展

9 大地球行星边界中已有 6 个超出界限 ..... 10

## 前沿研究动态

美研究揭示保护碳和社区免受林火影响的机会热点地区 ..... 11

美研究分析美国脱碳政策对空气质量的影响 ..... 11

多年拉尼娜事件与西太平洋变暖有关 ..... 12

## GHG 排放评估与预测

欧盟委员会发布《2023 年世界各国温室气体排放》报告 ..... 13

---

专辑主编：曲建升

本期责编：董利苹

执行主编：曾静静

E-mail: donglp@llas.ac.cn

# 美国能源部系统部署工业脱碳路径

9月18日，美国能源部发布3份工业脱碳报告——《实现商业化的路径：工业脱碳》（*Pathway to Commercial Liftoff: Industrial Decarbonization*）、《实现商业化的路径：化工与炼油行业脱碳》（*Pathways to Commercial Liftoff: Decarbonizing Chemicals & Refining*）、《实现商业化的路径：低碳水泥行业》（*Pathways to Commercial Liftoff: Low-Carbon Cement*），勾画了美国工业的商业化脱碳路径与技术部署，分析了主要挑战，提出了优先解决方案。该系列商业化脱碳路径报告旨在为私营部门主导的工业脱碳提供指导。

## 1 脱碳路径与技术部署

(1) **工业**。化工、钢铁、炼油、食品和饮料、造纸、水泥、铝、玻璃8个重点工业部门是美国重要的排放源，2021年的排放量约为0.88 Gt CO<sub>2</sub>eq（10亿吨二氧化碳当量），约占美国排放总量的14%。相较于基准年2021年水平，在常规情景下，到2030年美国工业部门的排放份额将升高至27%。在工业脱碳的商业化路径下，到2030年工业部门通过电网脱碳、碳捕集与封存（CCS）、低碳燃料与原材料替代、能效提高、技术创新等措施将实现减排40%。作为美国工业脱碳的关键性因素，到2030年电网脱碳和技术创新对工业减排的贡献分别约为15%和10%。到2050年，美国工业部门实现净零排放至少需要700~1100亿美元的资金支持。

在工业脱碳的商业化路径下，脱碳技术将沿着以下3条平行路径部署：**①将在2030年完成规模化部署的技术**。对于2023年已完成商业化、到2030年将完成规模化部署的以下技术：能源系统的能效提高技术、玻璃制造中的原料替代、氨生产与精炼技术、清洁氢技术、电弧炉炼钢技术、生物质能源在纸浆和纸张生产中的应用、CCS在天然气开采与加工中的应用。**②将在2040年完成规模化部署的技术**。对于2023年已完成初创孵化、到2030年完成商业化、到2040年完成规模化部署的以下技术：CCS在炼油、水泥、乙烯生产中的应用，清洁电力与电池，电热泵在纸浆和纸张生产中的应用。**(3) 将在2050年完成规模化部署的技术**。对于2023年已完成研发/试点、到2030年完成创业孵化、到2040年完成商业化、到2050年完成规模化部署的以下技术：水泥生产中的化学物质替代，乙烯生产电气化，生物甲烷在玻璃生产中的应用，碳捕集、利用与封存（CCUS）。

(2) **化工与炼油行业**。化工与炼油作为在工业排放中占比最大的子行业（60%以上），占美国二氧化碳排放总量的7%左右。在常规情景下，到2050年，由于需求

增长，化工与炼油行业的排放量将增加 35%。为了实现美国的工业脱碳目标，化工与炼油行业必须采取电网脱碳、技术创新、减少需求等措施，在 2030 年前减排 35%，在 2050 年前减排 90%以上。

在化工与炼油行业脱碳的商业化路径下，脱碳技术将沿着以下 3 条平行路径部署：**①将在 2030 年完成规模化部署的技术**。对于 2023 年已完成商业化、到 2030 年将完成规模化部署的以下技术：电动压缩机研发、电解氢技术在化工与炼油行业中的应用、能效提高技术。**②将在 2040 年完成规模化部署的技术**。对于 2023 年已完成初创孵化、到 2030 年完成商业化、到 2040 年完成规模化部署的以下技术：CCS、清洁电力、燃料锅炉电气化、生物原料和燃料替代。**③将在 2050 年完成规模化部署的技术**。对于 2023 年已完成研发/试点到 2030 年完成创业孵化、到 2040 年完成商业化、到 2050 年完成规模化部署的以下技术：工业电气化、过氧化氢异丙苯+模块化核反应堆、替代脱碳生产方法（如生物塑料、酶工程、可持续燃料）。

**（3）水泥行业**。美国水泥行业每年的排放量约为 70 t CO<sub>2</sub>eq（吨二氧化碳当量），约占美国排放总量的 1%~2%。水泥行业潜在的脱碳方法很多，但几乎都处于试点阶段，要实现规模化部署还面临着重重挑战。通过关键技术升级换代可以实现水泥行业净零排放，到 2030 年需累计投资 50~200 亿美元，到 2050 年累计投资额将达到 600~1200 亿美元。

在水泥行业脱碳的商业化路径下，脱碳技术将沿着以下 3 条平行路径部署：**①原料和燃料替代**。2023—2030 年，原料和燃料替代将减少约 30%的排放量。**②CCUS 和化学粘结剂**。2023—2040 年，全面部署 CCUS 技术和化学粘结剂。目前该技术尚处于起步阶段。**③新兴技术**。2023—2050 年，支持高比例掺氢设备、窑炉与预分解炉电气化、碳纳米材料、CCUS 替代技术等新兴技术的研发与应用。

## 2 商业化挑战

**（1）工业**。美国工业商业化脱碳面临着以下七大挑战：**①经济回报期长**。**②运营/操作障碍**延迟了脱碳方案的实施。**③过度依赖**进入采用准备水平（Adoption Readiness Levels）的小型技术组合。**④新技术缺乏配套的基础设施**。**⑤低碳技术研发的投资风险大**。**⑥监管不力，激励措施不足**。**⑦公众对工业脱碳的接受度较低**。

**（2）化工与炼油行业**。美国化工与炼油行业商业化脱碳面临着来自资金、技术、基础设施和政策等多方面的挑战。

**（3）水泥行业**。美国水泥行业商业化脱碳面临的主要挑战如下：**①市场缺乏统一的标准来定义低碳材料**。**②新材料从研发到采用的周期很长（10~20 年）**。**③目前的采购模式不足以吸引所需的规模资本**。**④新的脱碳技术可能会随着结构成本的增加而出现**。**⑤关键技术的性能和成本具有不确定性**。**⑥新技术得不到公众的支持**。

### 3 解决方案

(1) **工业**。为了确保工业部门与国家脱碳目标保持一致，并为先行者提供机遇，建议考虑以下 7 个优先解决方案：①通过逐步示范，降低公共和私营部门的投资风险，缩小现有技术和脱碳技术之间的成本差距。②将脱碳战略整合到近期和中长期工业规划、设施改造和设备停机时间中。③支持高潜力替代技术研发与试点应用，提倡跨行业知识共享，促进脱碳技术组合多样化。④支持公共基础设施建设，优化并加快审批流程，提高公众认可度，促进技术共享。⑤通过贷款、合作协议或竞争性税收抵免等多种措施，降低低碳技术投资风险。⑥通过制定公共部门计划、加强监管、先行示范等提振脱碳的抱负。⑦通过制定社区福利计划、项目劳动协议，开展负责任的商业实践，回应公众关切，提高公众对工业脱碳的认可度。

(2) **化工与炼油行业**。优先解决方案如下：①引导激励合资企业、私人股本、绿色债券等为化工与炼油行业脱碳供资，并持续将资本用于维持现有的脱碳资产运转，而不是投资于新的脱碳资产。②通过顶层设计，升级改造工厂布局、设施、日常运营，甚至商业模式。③通过大型公共基础设施建设与共享，显著提高新兴技术的经济性和可行性。④通过税收抵免、减排奖励等额外的政策措施激励化工与炼油行业商业化脱碳。

(3) **水泥行业**。优先解决方案如下：①构建低碳产品共享标准和数据库。②有针对性地采取干预措施，将新材料的采用周期压缩到 5~10 年。③创新采购模式，为水泥项目提供长期的承销承诺，以吸引资本。④提出科学计划，支持开发能够抵消结构性成本的政策和市场模型，更新建筑法规，支持公共和私营部门协调采购低碳材料。⑤在技术部署方面，持续加大支持力度，加速变革性技术的研发和应用进程。⑥面向公众关切，实施强有力的社区福利计划，精准规范执行问责制，减轻潜在的环境和健康危害。

(董利苹 编译)

#### 参考文献：

- [1] U.S. Department of Energy Reports Identify Transformative Opportunities for Widescale Clean Energy Deployment. <https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-reports-identify-transformative-opportunities-widescale-clean-energy>
- [2] Pathway to Commercial Liftoff: Industrial Decarbonization. <https://liftoff.energy.gov/wp-content/uploads/2023/09/20230921-Pathways-to-Commercial-Liftoff-Industrial-Decarb.pdf>
- [3] Pathways to Commercial Liftoff: Decarbonizing Chemicals & Refining. <https://liftoff.energy.gov/wp-content/uploads/2023/09/20230918-Pathways-to-Commercial-Liftoff-Chemicals-Refining.pdf>
- [4] Pathways to Commercial Liftoff: Low-Carbon Cement. <https://liftoff.energy.gov/wp-content/uploads/2023/09/20230918-Pathways-to-Commercial-Liftoff-Cement.pdf>

## 气候政策与战略

### 美国能源部发布《美国大西洋地区海上风电传输发展行动计划》

9月19日，美国能源部（DOE）发布《美国大西洋地区海上风电传输发展行动计划》（*An Action Plan for Offshore Wind Transmission Development in the U.S. Atlantic Region*），概述了美国海上风电的发展现状、潜力与面临的挑战，详细介绍了如何有效地捕获美国大西洋沿岸的风能资源，并将其作为清洁、可靠的电力输送给社区。报告提出了将第一代大西洋海上风电项目连接到电网的中长期行动计划。

报告指出，美国的海上风电将在美国向清洁能源转型的过程中发挥关键作用，同时可提高电力系统的可靠性和弹性，并为美国提供经济机遇和就业机会。海上风电具有巨大的潜力，可以满足美国的电力需求。大西洋沿岸已经启动了海上风电产业，目前已安装了42 MW（兆瓦）的海上风电设备，还有两个商业规模的项目正在开发中。州一级的清洁能源政策正在推动大西洋沿岸地区项目管道输电量超过40 GW（吉瓦）。2021年，拜登政府宣布了到2030年海上风电装机容量达到30 GW的目标，这将为到2050年风电装机规模达到110 GW的目标奠定基础。

美国海上风电发展面临的挑战包括：①由于目前还不存在海上输电网，海上风电的整合需要大幅扩建输电基础设施；②许多海上风电场计划建在离海岸16 km或更远的地方，建成后可能需要向内陆更远的地方输送电力，以连接到能够整合大量海上风电的强大高压输电设施上；③海上输电基础设施的开发商面临诸多挑战，包括应对恶劣的海洋环境，在深海铺设电缆，缺少可用组件、港口设施和安装船只，以及跨越联邦、部落民族、州和地方司法管辖区的许可要求；④跨电网规划区域的联网输电——在该行动计划中称为跨区输电，为规划、所有权和成本分配带来了新的挑战；⑤需要确保适当地保护海洋环境和沿海社区，并通过避免、尽量减少和缓解战略来解决海洋共用导致的冲突。这些挑战表明，迫切需要积极、协调的跨区输电规划来支持海上风电的开发。协调规划可以最大限度地减少与电缆线路开发和陆上升级相关的环境影响，改善与许可决策和施工相关的时间安排，并通过增加电网容量与稳定性来降低成本。

为了实现美国海上风电的巨大潜力，需要采取以下行动解决目前和预期中影响将风电输送到电网的输电难题：

（1）**立即行动**。2025年之前需要采取的关键行动包括：①建立横跨大西洋沿岸地区的合作机构；②明确输电规划的基本要素，包括确定海上输电的并网点（points of interconnection, POI）和北美电力可靠性公司（North American Electric Reliability Corporation, NERC）的可靠性标准；③通过自愿成本分配来解决成本问题。其他重要工作包括：①技术与环境领域的标准化和研发；②支持不断增长的供应链和劳动力；③改善选址和许可。

(2) **近期行动**。2025—2030 年需要采取的关键行动包括：①各州联合规划离岸网络；②各行业共同规范高压直流技术的要求；③联邦机构、部落民族和利益相关者共同确定外大陆架输电路径的优先顺序。其他重要建议包括：①为决策实体提供监管指导和数据、发放通行权；②各州之间就清洁能源标准和海上风电目标开展合作，以帮助推广整体输电设计解决方案，使整个区域的利益最大化；③通过队列改革简化发电互联；④加强开发商与当地社区之间的合作，将其作为持续开展的活动和实践。

(3) **中期行动**。2030—2040 年需要采取的关键行动包括：①建设跨区海上输电，开发雄心勃勃的跨州项目；②建立国家高压直流输电（HDVC）测试和认证中心，确保正在建设的新型多终端高压直流输电系统（MT-HVDC）网络的兼容性。通过规范的区域间联合规划、最低输电能力和市场监测，更新输电规划。其他重要行动包括：规划离岸输电资产的退役和重新利用，以确保未来几十年系统的持久价值。

(4) **持续行动**。2050 年及以后的关键行动包括：①改进环境审查和许可框架；②强有力的州政府领导；③授权许可机构；④深思熟虑的成本分配实践；⑤考虑利用国家利益输电走廊（National Interest Electric Transmission Corridors, NIETC）。辅助行动的重点是最大限度地利用现有基础设施和资源，建议包括：①沟通和信息共享；②使用电网增强技术以最大限度地提高现有陆上输电网的容量；③考虑利用联邦土地；④突出对纳税人的保护，重点是利益评估实践、纳税人权益和消费者权益。

（裴惠娟 编译）

原文题目：An Action Plan for Offshore Wind Transmission Development in the U.S. Atlantic Region

来源：[https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-09/Atlantic-Offshore-Ind-Transmission-Plan-Report\\_September-2023.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-09/Atlantic-Offshore-Ind-Transmission-Plan-Report_September-2023.pdf)

## 联合国环境规划署联合耶鲁大学发布建筑行业脱碳路线图

建筑行业是最大的温室气体排放源，占全球总排放量的 37%，其中，混凝土、水泥、钢铁等材料的生产和使用产生了大量碳足迹。9 月 12 日，联合国环境规划署（UNEP）和耶鲁大学生态建筑研究中心（Yale CEA）联合发布《建筑材料与气候：构建一个全新未来》（*Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*）报告，制定污染建筑业脱碳路线图，呼吁建筑行业考虑避免浪费的循环模式。

### 1 脱碳路径

报告指出建筑行业脱碳需要全生命周期环节的利益相关者参与，直接脱碳路径大致分为 3 条路径：

(1) **“避免”碳排放**。利用循环经济模式生产和使用建筑材料，建造过程以重建、翻新或重新利用为主，并在可行情况下回收再利用建材。相较于新建建筑，减少建筑和改造现有建筑可以避免 50%~75%的碳排放。

(2) **“转向”可再生**。尽可能使用低碳混凝土、生物基建筑材料和可再生材料，

如通过可持续方式生产的砖块、木材、竹子、木质碎屑等。若改用木材和生物质等可再生生物基材料，预计到 2050 年可以减少高达 40% 的碳排放。

(3) “改进”材料生产。建筑行业完全脱碳需要改进混凝土、钢铁和铝等传统材料的生产方法，并在绝对必要的情况下才使用不可再生、碳密集型材料。同时，建材设计生产充分考虑拆卸便利、循环利用，减少废弃建材直接填埋。2020—2060 年，全球建筑行业混凝土份额应减少一半，且实现 2/3 的混凝土回收再利用，以实现行业有效脱碳，其次使用低排放水泥。

## 2 脱碳建议

报告建议从 7 个方面开展建筑行业脱碳：①多层级管理，制定国家及次国家领导机构的路线图和行动计划，确保各个层级协调合作，避免受到短期政策干扰；②数据可靠性与透明度，分享最佳实践案例，收集建筑行业全流程数据，建立共享数据库，保证数据可靠、透明、可验证；③规范标准，制定建筑行业各环节的国际低碳/脱碳标准，支持传统材料快速脱碳；④循环模式，建筑设计逐渐模块化，便于拆卸回收，并在设计新产品时考虑回收策略，鼓励材料回收再利用，建立监管严格的材料回收再利用市场；⑤低碳生物材料，扩大低碳可持续生物材料规模，规范生物材料工业应用，推广生物材料产品，保证生物材料供应；⑥公正转型，资助转型项目、标签和认证，解决现有的不平等现象，执行国家和市政工地安全条例；⑦合作协作，达成一致、明确的行业碳标签标准，确保国内标签监管和执行符合国际标准化组织 (ISO) 标准，建立建筑行业碳标签委员会，发展支持新兴经济体的贸易机制，支持多边参与，构建低碳建筑材料公平竞争环境。

(秦冰雪 编译)

原文题目：Building Materials and the Climate: Constructing a New Future

来源：<https://www.unep.org/resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future>

## 气候变化减缓与适应

### 国际机构联合发布《2023 年突破性议程报告》

9 月 18 日，国际能源署 (IEA)、国际可再生能源署 (IRENA) 和联合国气候变化高级别倡导者 (United Nations Climate Change High-Level Champions) 联合发布《2023 年突破性议程报告》(Breakthrough Agenda Report 2023) 指出，目前在清洁能源和可持续解决办法方面的努力没有达到实现国际气候目标所需的投资和部署水平。呼吁各国政府加强在标准和监管、财政和技术援助、市场创造等关键领域的合作，以推动转型进程。

“突破性议程” (Breakthrough Agenda) 是 48 个国家于 2021 年在第 26 届联合国气候变化大会 (COP26) 上签署的清洁技术承诺。其目的是协调各国的行动，以

减少排放、扩大投资和降低关键部门的清洁技术成本。此次报告是系列年度报告中的第 2 份，评估了 7 个主要排放行业的国际合作进展，其中包括 2022 年报告中涉及的 5 个行业（电力、氢、道路交通、钢铁和农业）以及 2023 年报告中新增的 2 个行业（建筑和水泥）。这 7 个部门合计占全球温室气体排放量的 60% 以上。

## 1 主要结论

(1) 在许多部门，向清洁能源和可持续解决方案的过渡正在加快，太阳能光伏和电动汽车等清洁技术得到空前发展。尽管有这些积极的变化，全球碳排放仍在上升。许多国家在联合国气候变化谈判中提出的国家贡献目标与限制全球温度上升的国际目标不符。加上近年来气候异常和极端天气事件的频繁发生，迫切需要采取行动来抵御气候变化的严重影响。

(2) 许多必要的去碳化解方案尚未大规模部署，而且可能需要数年时间来开发。特别是，清洁技术的投资更多地集中在发达经济体，而不是那些正在快速发展的国家。这突出了国际合作的重要性，通过合作，各国可以分享创新实践，提高技术的部署速度，降低转型的难度，并使清洁技术和可持续解决方案更加普及和实惠。

(3) 所有行业都有加强国际合作的巨大空间。这需要所有参与方提高承诺和参与的力度。优先事项包括：政府和企业发出更强烈的、集体的对可持续产品的需求信号（如低碳氢、钢铁和水泥）；持续改进对发展中国家提供的财务和技术援助的协调、规模和效果；加强公私合作研究和创新；在贸易上的有针对性的合作。国际合作的具体形式包括：技术研发和创新、部署协调、市场需求信号的统一、技术和金融援助的扩大、以及行业标准的统一。这些都可以增强对清洁技术投资的信心，并通过规模经济加速成本降低。

## 2 国际合作优先事项

(1) **电力**。有必要扩大可再生能源在电力部门的部署范围，以降低发展中国家的资本成本，并支持煤炭依赖地区的转型。各国可以商定提高电器最低能源性能标准，将全球市场转向更有效的产品，以降低成本和减少排放。

(2) **氢**。在统一排放、安全标准和认证方面以及在增加发展中国家财政和技术援助方面取得了一些进展。紧迫需求之一是加强公共和私人用户对可再生与低碳氢的集体需求信号，从承诺转向合同和政策。

(3) **道路运输**。道路运输业的进展正在加快，在国际贸易中排除污染最大的二手车方面取得了进展。拥有最大市场的国家仍然需要商定向零排放新车过渡的速度，在商定电池可持续性国际标准方面需要取得更多进展。

(4) **钢铁**。钢铁行业在调整近零排放钢的排放核算方法和定义方面取得了良好进展，在向发展中国家提供财政和技术援助方面也有一些进展。迫切需要加强集体

努力，以创造对近零排放钢的需求。

(5) **农业**。需要增加发展援助、持续和实质性的政策交流以及在标准和贸易方面的合作。在可持续农业解决方案方面，可采取的行动包括农业生态学、低排放化肥、替代蛋白质、作物和牲畜饲养、减少牲畜甲烷排放、减少粮食损失和废物以及数字农业和气候服务。

(6) **建筑**。强制性建筑节能法规是一项关键的国家政策，需要扩大技术援助，以确保所有国家都有这些规则。对零排放建筑物作出一致的公共采购承诺有助于扩大新的建筑市场。

(7) **水泥**。需要创造对近零排放产品的需求，确保早期示范和商业规模的项目知识能够迅速分享，以加速更广泛的建设。

(王田宇 刘燕飞 编译)

原文题目：Breakthrough Agenda Report 2023

来源：[https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Sep/Breakthrough-agenda-report\\_2023.pdf?rev=204ca3ceac1c40f79f0376081b467616](https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Sep/Breakthrough-agenda-report_2023.pdf?rev=204ca3ceac1c40f79f0376081b467616)

## 全球实现净零排放每年需要投资 2.7 万亿美元

9月14日，能源咨询公司伍德麦肯兹（Wood Mackenzie）发布《能源转型展望》（*Energy Transition Outlook*）报告，分析了能源部门在基本情景（升温 2.5 °C）、国家承诺情景（升温 2 °C）和 2050 年净零情景（升温 1.5 °C）3 种不同路径下的发展情况，指出如果不立即采取行动，全球气温将上升 2.5 °C。全球每年需要投资 2.7 万亿美元，才能在 2050 年前实现净零排放。报告的主要结论如下：

(1) 全球仍然可能实现 1.5 °C 温控目标，但需要采取紧急行动，快速建设低碳电力供应和基础设施。在基本情景下，低碳供应占发电总量的比例将从目前的 42% 上升至 2050 年的 78%；风能和太阳能占比将从 13% 上升至 53% 以上。可再生能源开发商目前面临的供应链和通胀压力将在几年内得到缓解。输电基础设施也需要与可再生能源一起扩大，下一阶段的增长将需要电网连接。

(2) 每年必须至少投资 1.9 万亿美元（基本情景）用于可再生能源、基础设施和能源转型技术。在净零情景下，这些领域的年度支出需要增加到 2.7 万亿美元。持续投资对于零碳和低碳能源供应至关重要。全球合作和制度框架是推动创新和技术发展的关键。

(3) 石油和天然气在转型中仍然可以发挥作用。在基本情景下，化石燃料占终端能源需求的比例在 2023 年为 69%，到 2050 年，随着最终用能效率的提高和电气化的推动，这一比例将降至 53%。在所有情景下，石油需求量在 2032 年都将达到峰值。液化天然气市场的增长将使天然气在一次能源供应中的份额在 2023 年增加到 25%，由于其广泛的应用，预计天然气需求将在所有情景下增长 10 年。

(4) 电力成为主要的能源市场，可再生能源成为主要的电力供应来源。在基本情景下，电力在终端能源需求中的份额将从目前的 20% 上升到 2030 年的 22% 和 2050 年的 30%。在国家承诺情景和净零情景下，到 2050 年这一比例将分别上升至 41% 和 50%。在净零情景下，能源效率将大幅提高，需求侧管理将成为主要组成部分，从而减轻其他部门的影响或提高电气化程度。

(5) 碳捕集、利用与封存 (CCUS) 和直接空气捕集 (DAC) 解决了难以脱碳行业的减排问题，并有助于长期恢复碳循环。CCUS 和 DAC 减少了化石燃料的使用，同时发展了低碳和零碳能源供应。在净零情景下，到 2050 年，CCUS 和 DAC 部署需要达到约 70 亿吨，这需要在发展运输、航运和存储基础设施方面进行大幅扩张。

(6) 作为电动汽车的核心材料，铜、镍和锂供应的快速发展对于支持可再生能源、电动汽车和输电基础设施至关重要。到 2030 年，预计锂需求将增长 2 倍 (基本情景)。

(廖琴 编译)

原文题目：Energy Transition Outlook

来源：<https://www.woodmac.com/press-releases/energy-transition-outlook-2023/>

## 主要减排领域需加速能源转型来实现气候目标

9 月 14 日，美国前副总统阿尔·戈尔 (Al Gore) 领导的可持续投资管理公司 (Generation Investment Management) 发布《2023 年能源可持续发展趋势报告》(Energy Sustainability Trends Report 2023)，概述了当前主要领域的能源转型趋势，指出虽然许多领域取得了重大进展，但仍没有达到气候目标，尤其是发达国家和发展中国家都没有实现公平转型。报告的主要结论如下：

(1) **电力**。一些国家在摆脱对化石燃料的依赖方面取得了显著进展。在欧洲，电力行业的排放量在 2023 年将大幅下降。随着太阳能和风能等可再生能源的持续增长以及化石燃料在能源结构中的份额逐渐减少，全球电力排放量已接近峰值。然而，政府迫切需要解决的瓶颈是电网的扩建滞后，阻碍了可再生能源开发的进展。

(2) **交通**。在全球最大的几个汽车市场，电动汽车正在快速发展。然而，电动汽车的普及仍面临许多障碍，包括缺乏充电基础设施、缺乏制造电池所需的关键矿物质以及需要有效的电池回收。更重要的是，电动汽车只是交通运输的一部分。公路运输、船舶和飞机都在寻找替代能源，而电气化对它们的用处可能有限。可持续航空燃料可能成为航空公司的最佳选择，而航运业可能会选择氨作为燃料。

(3) **建筑**。热泵是减少建筑物排放的关键技术，其销量已连续两年增长。在欧洲一些市场，热泵的销量增长了 50%；在美国，热泵的销量已经超过了煤气炉。但各国政府在鼓励其他类型的改造方面进展不大，距离减少建筑物排放的一揽子政策还有很长的路要走。

(4) **工业**。工业是最难摆脱化石燃料的行业之一，迄今为止工业脱碳进展甚微，

但各国政府已开始制定政策，支持清洁制氢等技术。事实上，2030年宣布的氢能项目远远超过了预期的氢市场所能支持的规模。即使是储量丰富、成本低廉的氢气，其潜在用途也将受到限制。

(5) **土地和食品**。2022年，全球达成一项在2030年前制止生物多样性丧失和停止森林砍伐的全球协议。欧盟通过立法从2025年开始禁止进口森林砍伐产品。然而，2022年“碳补偿”市场陷入动荡，某些类型的“碳补偿”交易量和价格均下跌。“碳补偿”是旨在限制森林破坏或以其他方式抵消二氧化碳排放量的项目。

(6) **转型融资**。能源转型方面的投资正在迅速增加。目前，清洁能源领域的投资比化石燃料领域的投资多70%。但这一增长在很大程度上来自于电动汽车，而在其他领域投资仍然滞后，目前仍远未达到2030年实现《巴黎协定》目标所需的投资水平。

(廖琴 编译)

原文题目：Energy Sustainability Trends Report 2023

来源：<https://str2023.generationim.com/chapters/introduction>

## 前沿研究进展

### 9 大地球行星边界中已有 6 个超出界限

9月13日，来自丹麦哥本哈根大学（University of Copenhagen）、澳大利亚国立大学（Australian National University）等机构的研究人员在《科学进展》（*Science Advances*）发表题为《9个地球行星边界中已有6个超出界限》（Earth Beyond Six of Nine Planetary Boundaries）的研究文章指出，人类活动已使6大行星边界超出界限，这意味着地球可能已经超出了对人类安全运行空间。

目前，对于全球环境扰动主要进行单独分析，例如只关心气候变化或生物多样性丧失。然而，这种方法忽略了扰动的非线性交互和对整个地球系统状态的累积影响。

文章根据“行星边界框架”来评估地球的当前状态。该框架确定了9个对于维持地球整体稳定和恢复力至关重要的过程，这些行星边界包括：气候变化、生物圈完整性、平流层臭氧消耗、海洋酸化、生物地球化学循环、土地系统变化、淡水利用、大气气溶胶负荷和新兴污染物。目前这些过程都受到了人类活动的严重干扰。当人类活动达到或超出这些界限时，可能会导致地球系统进入一种无法恢复的、对人类生活不利的状态。此次框架更新不仅汇集了不同科学领域的最新进展，还首次为框架的每一个组成部分提出了界限。研究结果令人担忧：在9个行星边界中，气候变化、生物圈完整性、生物地球化学循环、土地系统变化、淡水利用和新兴污染物这6个行星边界已经超出界限。

文章指出，自地球形成以来，地质（地球和大气中的能量流动和非生命物质）与生物圈（所有生物/生态系统）之间的互动控制了全球环境条件。但现在，具有地球规模效应的人类活动已成为地球系统的额外驱动力。这意味着人类现在不仅是地

球上的生物，还成为了能够改变地球状态的力量。整个行星边界框架已经吸引了大量的科学和社会关注，并启发了各个层面的治理策略和政策。

(王田宇 刘燕飞 编译)

原文题目: Earth Beyond Six of Nine Planetary Boundaries

来源: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh2458>

## 前沿研究动态

### 美研究揭示保护碳和社区免受林火影响的机会热点地区

9月6日,《环境研究快报》(*Environmental Research Letters*)发表题为《在美国西部针叶林确定减少野火造成的碳损失风险的机会热点地区》(*Identifying Opportunity Hot Spots for Reducing the Risk of Wildfire-Caused Carbon Loss in Western US Conifer Forests*)的文章,探讨如何优化减轻野火灾害的工作,确定减少野火造成的碳损失风险的机会热点地区,使野火管理工作可同时降低野火造成的碳损失。

随着近年来气候与野火危机的不断升级,全球日益关注如何采用主动森林管理(如森林疏伐、计划性焚烧)来减轻野火造成的森林碳损失风险。为了评估美国西部针叶林野火造成的碳损失风险,来自美国蒙大拿大学(*University of Montana*)、大自然保护协会(*The Nature Conservancy*)和美国农业部林务局(*USDA Forest Service*)的研究人员,评估了哪些地方的树木及其储存的碳在未来有燃烧的风险,并将这些地区与林务局《野火危机战略》(*Wildfire Crisis Strategy*)中确定的易受野火影响的社区进行比较。二者重叠的区域就是机会热点地区,在这些地区采取行动可以减少野火对碳和社区的风险。研究表明,加利福尼亚州、新墨西哥州和亚利桑那州的森林碳最容易因野火影响而造成损失。也就是说,在美国西部,广泛存在采用积极主动的森林管理来降低野火造成的碳损失风险的机会,许多地区都有机会同时减轻野火对碳和人类社会造成的最大风险。

(裴惠娟 编译)

原文题目: *Identifying Opportunity Hot Spots for Reducing the Risk of Wildfire -Caused Carbon Loss in Western US Conifer Forests*

来源: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/acf05a>

### 美研究分析美国脱碳政策对空气质量的影响

9月19日,《自然·通讯》(*Nature Communications*)发表题为《美国脱碳政策对空气质量相关公平性的影响》(*Air Quality Related Equity Implications of U.S. Decarbonization Policy*)的文章,分析了美国脱碳政策对空气质量分布的影响,研究发现二氧化碳减排的替代组合方案可更好地解决空气污染暴露差距问题。

以温室气体排放为目标的气候政策可以通过协同减排来改善空气质量。然而，气候政策在多大程度上有助于缩小不同人群之间污染差距目标这一问题尚不清楚。基于此，来自美国麻省理工学院（Massachusetts Institute of Technology）、斯坦福大学（Stanford University）等机构的研究人员，量化分析了美国脱碳政策潜在的空气污染暴露减少量，同时考虑了美国各种族/族裔群体暴露差异的影响。研究发现：①研究案例在碳定价政策下，与 2005 年的碳排放量相比，到 2030 年将降低 40%~60%。其中，碳减排主要由电力部门（77%）驱动，其次是交通（10%）、工业（7%）及居民和商业部门（6%）。②在主要政策案例中，到 2030 年，上限为 50% 的情况下，所有种族/族裔群体的平均暴露量低于基线，其中，黑人（ $-0.44\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）和白人（ $-0.37\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）的平均暴露量下降幅度最大。③种族/族裔少数群体的平均暴露差异由 12.4% 上升到 13.1%。④仅以二氧化碳为基础的减排策略不足以充分缓解白人和种族/族裔少数群体的  $\text{PM}_{2.5}$  暴露差异，不同二氧化碳减排的替代组合方案可大幅降低空气污染暴露量。研究发现，有效解决空气污染暴露差异这一问题亟需更大规模的结构变革。

（刘莉娜 编译）

原文题目：Air Quality Related Equity Implications of U.S. Decarbonization Policy

来源：<https://www.nature.com/articles/s41467-023-41131-x>

## 多年拉尼娜事件与西太平洋变暖有关

1998 年以来发生的 6 次拉尼娜（La Niñas）事件中，有 5 次的周期持续了 2~3 年，目前，拉尼娜事件频发原因和未来发展情况仍不可知。9 月 18 日，美国夏威夷大学（University of Hawaii）和南京师范大学（Nanjing Normal University）等机构在《自然·气候变化》（*Nature Climate Change*）发表题为《了解近年来多年拉尼娜事件的增长》（*Understanding the Recent Increase in Multiyear La Niñas*）的文章指出，多年拉尼娜事件与西太平洋变暖有关。

研究人员基于 1920—2022 年的英国哈德利（Hadley）中心和美国国家海洋和大气管理局（NOAA）的两个月平均海表温度数据（HadISST1、ERSSTv5）得到的平均海温值，结合欧洲中期天气预报中心的大气再分析资料（ERA-40）地表风和大气环流数据，探究多年拉尼娜事件的驱动机制和未来变化。结果显示，单年拉尼娜事件与多年拉尼娜事件的发生频率不同，原因在于涉及不同的大气-海洋反馈机制：单年拉尼娜事件与温跃层反馈有关，多年拉尼娜事件与和纬向平流反馈有关。其中，西太平洋变暖可能会通过引发超级厄尔尼诺（El Niño）现象和中太平洋相关厄尔尼诺现象促进多年拉尼娜事件发生。

（秦冰雪 编译）

原文题目：Understanding the Recent Increase in Multiyear La Niñas

来源：<https://www.nature.com/articles/s41558-023-01801-6>

## GHG 排放评估与预测

### 欧盟委员会发布《2023 年世界各国温室气体排放》报告

9月8日，欧盟委员会（European Commission）发布题为《2023年世界各国温室气体排放》（*GHG Emissions of All World Countries 2023*）报告，根据全球大气研究排放数据库（Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR）最新数据，重点分析了世界各国的温室气体排放现状。主要包括以下3方面内容：

（1）2022年全球温室气体排放量达到历史最高水平，为53.8 GtCO<sub>2</sub>eq（10亿吨二氧化碳当量）。与2021年相比，2022年全球温室气体排放量增加了1.4%，即730 MtCO<sub>2</sub>eq（百万吨二氧化碳当量）。这一上升趋势预示着后疫情时代再现温室气体排放的反弹趋势。实际上，2022年全球温室气体排放量比2020年增加了6.2%，比2019年增加了2.3%。

（2）分析主要国家1990—2022年温室气体排放量变化趋势发现，欧盟、俄罗斯和美国呈现出不同程度的下降趋势，中国和印度呈现出不同程度的上升趋势。与1990年相比，2022年欧盟的温室气体排放量下降趋势最显著，降低了27%，其温室气体排放与经济增长脱钩；同期，俄罗斯和美国的温室气体排放量分别下降了15.5%和2.4%。而中国和印度等新兴经济体的温室气体排放量大幅增加，中国和印度分别增加了2.85倍和1.70倍。事实上，即使在温室气体排放量最高的新兴经济体中，新兴国家也必须达到峰值，使其与经济增长脱钩，继而才能实现其气候中立承诺。

（3）全球范围内，如果不包括野火相关的温室气体排放，自2000年以来，土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）一直是相对稳定的净二氧化碳汇（简称净汇，net sink）。2022年，全球净汇约为0.18 GtCO<sub>2</sub>eq（或1.35 GtCO<sub>2</sub>（10亿吨二氧化碳），不包括野火），相当于该年全球温室气体排放量的0.33%。同时，2022年，全球森林砍伐造成的净二氧化碳排放约为4.0 GtCO<sub>2</sub>，相当于人为二氧化碳（或温室气体）排放总量的10.4%（或7.5%）。在欧盟27国（EU27）中，2022年的LULUCF净汇约为0.21 Gt CO<sub>2</sub>eq（或0.22 GtCO<sub>2</sub>eq，不包括野火），比1990年减少了约40%。

（刘莉娜 编译）

原文题目：GHG Emissions of All World Countries 2023

来源：[https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2023](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023)

## 《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）8270057; 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