

科学研究动态监测快报

2025 年 8 月 20 日 第 16 期 (总第 418 期)

气候变化科学专辑

- ◇ 美国气象学会发布《2024 年气候状况》报告
- ◇ 加拿大政府为推动交通行业减排投入 2100 万加元
- ◇ 美智库称超过 2.55 亿的美国人正在遭受极端高温
- ◇ 极端高温的加剧导致热带鸟类数量减少近 1/3
- ◇ 人类活动引起的气候变暖导致美国加利福尼亚州野火季节提前
- ◇ 国际能源署解析全球电力市场趋势与未来展望
- ◇ 能源转型委员会称可再生能源发电系统具备可靠性与韧性
- ◇ 德国提交 1990—2023 年国家温室气体清单报告
- ◇ 全球南方中低收入国家的黑碳排放量普遍被低估
- ◇ 欧洲研究称全球生态系统恢复的碳封存潜力有限
- ◇ 美研究揭示全球净初级生产力呈现“陆增海减”趋势
- ◇ 国际研究呼吁关注热带雨林恢复对土壤碳的影响
- ◇ 湖泊沿岸带在全球碳循环中的作用长期被低估

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

目 录

本期热点

美国气象学会发布《2024 年气候状况》报告 1

气候政策与战略

加拿大政府为推动交通行业减排投入 2100 万加元 3

气候变化事实与影响

美智库称超过 2.55 亿的美国人正在遭受极端高温 4

极端高温的加剧导致热带鸟类数量减少近 1/3 5

人类活动引起的气候变暖导致美国加利福尼亚州野火季节提前 5

气候变化减缓与适应

国际能源署解析全球电力市场趋势与未来展望 6

能源转型委员会称可再生能源发电系统具备可靠性与韧性 8

GHG 排放评估与预测

德国提交 1990—2023 年国家温室气体清单报告 9

全球南方中低收入国家的黑碳排放量普遍被低估 10

前沿研究动态

欧洲研究称全球生态系统恢复的碳封存潜力有限 11

美研究揭示全球净初级生产力呈现“陆增海减”趋势 12

国际研究呼吁关注热带雨林恢复对土壤碳的影响 12

湖泊沿岸带在全球碳循环中的作用长期被低估 13

美国气象学会发布《2024 年气候状况》报告

8 月 14 日，美国气象学会（American Meteorological Society）发布《2024 年气候状况》（*State of the Climate in 2024*）报告，汇集来自 58 个国家 589 名科学家的研究成果，揭示了全球温室气体浓度等关键指标，并分析了重大天气事件、区域现象以及遍布陆地、水域、冰川和太空的环境监测站与仪器收集的数据。报告指出，2024 年全球温室气体浓度、陆地和海洋温度、海平面及海洋热含量均创历史新高，全球冰川损失量也达到有记录以来的最高水平。报告的主要结论如下：

（1）**地球温室气体浓度再创新高**。2024 年，二氧化碳、甲烷和一氧化二氮 3 种主要温室气体的浓度达到有记录以来的最高水平。全球二氧化碳平均浓度达到 422.8 ± 0.1 ppm，比工业化前水平（约 278 ppm）高 52%，年增长率从 20 世纪 60 年代初的每年 0.6 ± 0.1 ppm 增加到 2011—2020 年的每年 2.4 ppm，2023—2024 年的增幅为 3.4 ppm，与 2015—2016 年持平，是自 20 世纪 60 年代以来的最高记录。

（2）**全球气温创历史新高**。2024 年，全球地表平均温度连续第二年创下有记录以来（可追溯至 19 世纪中叶）新高。一系列科学分析表明，全球地表温度比 1991—2020 年的平均水平高 $0.63 \sim 0.72$ °C（ $1.13 \sim 1.30$ °F）。2023 年年中至 2024 年春季的强厄尔尼诺现象是导致创纪录高温的原因之一。上一次连续两年创下全球地表温度新纪录是在 2015 年和 2016 年，当时强烈的厄尔尼诺现象在 2015 年下半年形成，并于 2016 年 5 月消退。报告中用于分析的 6 个主要全球温度数据集都表明，过去 10 年（2015—2024 年）是有记录以来最热的 10 年。

（3）**水循环持续加剧**。全球气温升高影响了水循环。2024 年，北半球陆地的水分蒸发量达到有记录以来的最高年度值之一。全球大气中的水汽含量达到有记录以来的最高水平，超过 1/5 的地区在 2024 年创下最高值（2023 年该比例为 1/10）。全球降水量普遍偏多，2024 年是 1983 年有记录以来降水量第三多的年份，以年最大日降水量为特征的极端降水创下有记录以来的最高值。4 月，阿拉伯联合酋长国的迪拜在 24 小时内降水量达到 250 毫米，接近其年平均降水量的 3 倍。

（4）**厄尔尼诺现象导致海面温度创历史新高**。2023 年底在赤道太平洋出现的强厄尔尼诺现象持续到 2024 年初，到北半球春季才恢复到中性状态。从 2024 年初到 6 月下旬，全球日均海面温度均处于历史最高水平。2024 年，全球平均海面温度创下历史新高，比 2023 年的纪录高 0.06 °C（ 0.11 °F）。约 91% 的海洋表面至少经历了一次海洋热浪（定义为特定地点海表温度至少连续 5 天超出气候平均态的 90 百分位阈值），仅有 26% 的海洋表面至少经历了一次海洋寒潮。全球平均海洋热浪天数达到创纪录的 100 天，海洋寒潮则降至 9 天。

(5) **海洋热量和全球海平面均创下历史新高。**过去半个世纪，海洋吸收了地球系统中超 90% 的多余能量。从海洋表面至 2000 m 深度的全球海洋热含量持续上升，并在 2024 年达到历史新高。2024 年，全球平均海平面连续第 13 年创下历史新高，比 1993 年卫星测量初期的平均值高出约 105.8 mm，较 2023 年上升 4.6 ± 1.4 mm。自 2005 年以来，海洋变暖平均每年使海平面上升 1.5 ± 0.3 mm，而冰盖和冰川融化平均每年使海平面上升 2.1 ± 0.4 mm。

(6) **北极地区气温接近历史最高水平。**2024 年，北极地区迎来 125 年来第二热年份，其中秋季（10—12 月）的气温创下历史纪录。在夏季，8 月的热浪使北美北极西北部部分地区出现历史最高温，斯瓦尔巴机场（Svalbard Airport）的 8 月平均气温超过 $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($52\text{ }^{\circ}\text{F}$)。9 月，挪威观测到超过 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($86\text{ }^{\circ}\text{F}$) 的高温，这是观测记录中当地一年中出现如此高温的最晚时间。在 2023—2024 年的雪季，北极地区积雪持续时间存在明显的区域和大陆尺度差异，加拿大部分地区积雪持续时间为 21 世纪迄今最短，而北欧和亚洲北极部分地区的积雪持续时间则接近或达到 21 世纪最长。2024 年，北极最大海冰面积是 46 年卫星记录中的第二小值，而最小海冰面积则是第六小值。

(7) **南极海冰面积持续处于较低水平。**虽然较 2023 年的历史最低水平有所回升，但 2024 年南极海冰面积仍远低于平均水平。南极年度最小和最大海冰面积均为有记录以来的第二低值（仅次于 2023 年），这标志着自 2016 年以来海冰面积持续处于较低水平。

(8) **全球各地的冰川持续融化。**2024 年，全球五大洲的 58 个参照冰川连续第二年出现消融现象，导致 55 年来的平均冰量损失达到最大值。在南美洲，委内瑞拉成为安第斯山脉首个冰川消失的国家，哥伦比亚科内赫拉斯冰川（Conejeras Glacier）宣告消失，加入了近年来消失的冰川名单。

(9) **热带气旋活动低于平均水平，但全球风暴事件仍创下纪录。**2024 年，在北半球和南半球的风暴季节，共观测到 82 个被命名的热带气旋，低于 1991—2020 年的平均值（87 个），与 2023 年的记录数量相同。一些风暴的登陆造成了重大破坏。从佛罗里达州到阿巴拉契亚山脉南部，飓风“海伦”（Helene）造成了创纪录的毁灭性洪水，导致 200 多人死亡，这是自 2005 年“卡特里娜”（Katrina）飓风以来美国死亡人数最多的一次。在飓风“海伦”（Helene）发生 12 天后，飓风“米尔顿”（Milton）再次袭击了佛罗里达州的墨西哥湾沿岸，创佛罗里达州 3 级以上飓风最短登陆时间间隔纪录。在西北太平洋盆地，超强台风“摩羯”（Yagi）成为近年来影响中国和越南的最具破坏性风暴之一，导致 800 多人死亡。

（廖 琴 编译）

原文题目：State of the Climate in 2024

来源：<https://ametsoc.net/sotc2024/SotC2024.pdf>

加拿大政府为推动交通行业减排投入 2100 万加元

7 月 30 日，加拿大自然资源部（Natural Resources Canada）向 9 个项目资助 2100 万加元，用于支持交通行业的温室气体减排。具体项目信息如下：

（1）**零排放移动发电机组示范**。项目将示范 AlumaPower 公司的铝燃料电流发电机组（Aluminum Fueled Galvanic Generator）如何为加拿大邮政子公司 Purolator 快速充电站的多种电动汽车（EV）供电。

（2）**重型专用车辆零排放动力系统的研发与示范**。项目将研发并示范一种创新的电动中型和重型汽车（MHDVs）动力传动系统与充电系统，用于降低车辆购置成本，同时解决电池重量和尺寸方面的限制问题。

（3）**商用电动货车的低能耗除霜除雾系统示范**。项目将示范一种用于电动 MHDVs 除霜除雾的创新系统，能耗比传统系统低，除霜时间将从 20~25 分钟减少至 1 分钟。

（4）**氢燃料电动卡车研发**。项目将研发一款高性能、重 63.5 吨的氢燃料电动卡车，优化当前重型氢燃料电池卡车成本和性能。

（5）**多单元住宅 EV 充电基础设施**。项目将设计、测试并验证一种适用于多单元住宅建筑的支持旋转式停车设施的 EV 充电基础设施，设施包括能源、通信和网络安全系统。

（6）**MHDVs 齿轮传动系统研发**。项目将研发一种创新的齿轮传动系统，在保持电池容量不变的情况下，提高电动混合动力车辆的续航里程。

（7）**AlectraDrive 车队项目**。项目将采用由公用事业公司控制的磁流体动力车辆的充电和放电创新方式，优化电网性能，支持磁流体动力车辆脱碳所需的峰值负荷管理。

（8）**基于人工智能的数字支持工具包研发**。项目将研发一个基于人工智能技术的联网工具包，系统规划与优化加拿大公共交通机构的电动公交车辆与充电基础设施相关服务。

（9）**车用无线通信（V2X）技术应用**。项目将采用轻型和中型车辆的双向充电方式，结合 V2X 技术应用程序调度车辆车队，从而降低拥堵区域的电力需求。

（秦冰雪 编译）

原文题目：Canada Drives Innovative Technology to Reduce Emissions from Commercial

来源：<https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2025/07/canada-drives-innovative-technology-to-reduce-emissions-from-commercial-transportation-fleets.html>

气候变化事实与影响

美智库称超过 2.55 亿美国人正在遭受极端高温

7 月 31 日，美国进步中心（Center for American Progress, CAP）发布题为《气候变化正在使更多的美国人遭受难以忍受的极端高温》（*Climate Change is Subjecting More Americans to Unbearable Extreme Heat*）的报告指出，2025 年夏季，美国中西部与东岸地区遭遇强烈“热穹顶”（Heat Dome）现象，致使超过 2.55 亿美国人遭受极端高温。随着气候变化不断助长极端高温，到 2060 年，预计美国 240 多个主要城市的平均气温将上升约 2 °C（3.6 °F）。报告发现：

（1）**气候变化正在助长极端高温。**相较于 20 世纪，化石燃料使用导致的气候变化使得当前热浪发生的频率更频繁、持续时间更长。全球平均气温的上升速度比过去 2000 年的任何时期更快。到 2060 年，美国 240 多个主要城市的平均气温将上升 2 °C。

（2）**极端高温被严重低估。**在大多数年份，极端高温导致的死亡人数比洪水、龙卷风和飓风的总和还要多，1999—2023 年，超过 21000 名美国人因高温而死亡，2016 年起，高温相关死亡率开始急剧上升。2025 年夏季，美国中西部与东海岸地区遭遇强烈“热穹顶”现象，致使超过 2.55 亿美国人遭受极端高温。与 21 世纪最初 10 年（2000s）相比，越来越多的美国人生活在每年极端高温天数超过 9 天的地区，预计到 21 世纪 90 年代（2090s），美国主要城市每年因极端高温而死亡的人数将累计增至 2.8 万人。此外，极端高温也在影响自然生态系统的稳定性，如降低农业生产力、增加入侵物种传播。

（3）**气候变化正在导致海洋过热。**2023 年 7 月 24 日，佛罗里达群岛海牛湾的浮标记录显示当时的海面温度达到约 38.4 °C（101.1 °F），导致该区域珊瑚礁白化，并使珊瑚礁修复项目遭受重创，损毁 78% 的鹿角珊瑚和 95% 的鹿角珊瑚移植体。海带森林的生长和存活同样受到气候变化的威胁。

（4）**极端高温对美国的影响日益严重。**极端高温对美国经济产生了重大而深远的影响，包括增加医疗保健成本、加剧基础设施和能源系统压力、降低劳动生产率、威胁农业种植和粮食供应。

（5）**保护美国人免受极端高温影响的政策行动。**①顶层设计：2024 年，联邦政府发布《国家高温战略》（*National Heat Strategy*），用于协调机构行动，保护社区免受极端高温的影响。②保护劳动人员：2024 年，联邦政府提出一项规定，用于保护在高温环境下工作的人员免受健康和安全方面的威胁。③热泵空调和能源效率改进的补贴和税收抵免：联邦政府和马里兰州、华盛顿州、德克萨斯州、佛蒙特州和纽约州等地为中低收入家庭升级高效且具有成本效益的热泵空调和其它家庭用具提供补贴，《通胀削减法案》（*Inflation Reduction Act*）还通过“能效家居改善抵免（25C）”将家庭能效升级成本降低 30%。④降低家庭能源成本：“低收入家庭能源援助计划”（*Low Income Home Energy Assistance Program*）为低收入家庭支付电费，“绿色和韧

性改造计划”(Green and Resilient Retrofit Program)旨在投资提高能源效率和有益健康的经济适用房。⑤扩大清洁能源投资：极端天气事件加剧电力供应系统压力，太阳能、风能等清洁能源可以平衡供需问题，为此，美国必须扩大清洁能源投资，同时需要优先建设一个能够通过扩大和升级区域间输电容量、投资电网增强技术、更新与简化电网互连流程来满足不断增长的电力需求的电网系统。⑥植树降温：美国农业部(USDA)通过“城市和社区林业计划”(Urban and Community Forestry Program)帮助各州、各城市及其他合作伙伴在社区内扩大公园面积和增加树木覆盖率，用于降低极端高温带来的健康风险和缓解城市热岛效应。⑦集中供冷：纽约、凤凰城和华盛顿等城市在高温时期开放空调场所，为民众提供避暑场地。

(秦冰雪 编译)

原文题目：Climate Change Is Subjecting More Americans to Unbearable Extreme Heat

来源：<https://www.americanprogress.org/article/climate-change-is-subjecting-more-americans-to-unbearable-extreme-heat/>

极端高温的加剧导致热带鸟类数量减少近 1/3

物种对生态环境的改变较为敏感，但人为引起的气候变化能在多大程度上影响其丰度仍不清楚。8月11日，来自西班牙巴塞罗那超级计算中心(Barcelona Supercomputing Centre)和澳大利亚昆士兰大学(University of Queensland)的研究团队在《自然·生态与进化》(*Nature Ecology & Evolution*)发表题为《极端高温加剧导致热带鸟类丰度大幅减少》(Large Reductions in Tropical Bird Abundance Attributable to Heat Extreme Intensification)的文章指出，与没有气候变化影响的假设条件相比，1950—2020年，极端高温的加剧导致热带鸟类数量减少近 1/3。

研究人员利用混合效应模型(Mixed-Effects Models)和气候归因框架(Climate Attribution Framework)，确定气候条件(包括极端高温)的年际波动和极端天气的外部强迫作用对鸟类丰度增长率的影响。结果表明，1950—2020年，鸟类种群暴露在日益严重的极端高温和人为影响下，极端高温通过导致额外死亡、降低生育能力、改变繁殖行为和降低后代存活率，对鸟类丰度增长的影响起到主导作用，导致低纬度地区(热带)鸟类数量减少 25%~38%，中纬度地区减少 3%~5%，高纬度地区变化不显著。其中，1980—2020年，热带鸟类暴露在极端高温条件下的频率增加了 10 倍，每年经历的极端高温天气天数从 3 天增至 30 天。

(秦冰雪 编译)

原文题目：Large Reductions in Tropical Bird Abundance Attributable to Heat Extreme Intensification

来源：<https://www.nature.com/articles/s41559-025-02811-7>

人类活动引起的气候变暖导致美国加利福尼亚州野火季节提前

8月6日，《科学进展》(*Science Advances*)发表题为《人为变暖导致加利福尼亚州野火季节提前》(Anthropogenic Warming Drives Earlier Wildfire Season Onset)

in California) 的文章, 探讨了人类活动引起的全球变暖如何导致加利福尼亚州 (以下简称“加州”) 野火季节的提前到来。

近年来, 美国西部, 尤其是加州的野火规模和破坏力度显著增加, 对人类生命、财产和基础设施造成了巨大损失。尽管已有假设认为人类活动导致的气候变暖是推动野火季节提前的因素, 但这一假设尚未得到定量归因。对此, 来自美国加州大学洛杉矶分校 (University of California, Los Angeles) 和加州大学圣巴巴拉分校 (University of California, Santa Barbara) 的研究人员, 通过详细分析 1992—2020 年加州 13 个生态区的野火发生数据, 揭示了人类活动导致的变暖是野火季节提前的主要原因。

研究发现: ①1992—2020 年, 除了索诺兰盆地和山脉生态区外, 加州所有生态区的野火季节开始时间均呈现提前趋势。其中, 北部生态区的提前趋势更为显著, 例如, 东喀斯喀特斜坡和山麓的野火季节每年提前约 2.46 天。②野火季节开始时间的年际变化主要由气候变率控制, 特别是凉季 (12 月至次年 3 月) 的土壤湿度和降水影响最大。其中, 降水量、雪水当量及春季温度是影响野火季节开始的关键气候因子。③1992—2020 年, 在研究的 13 个生态区中, 有 11 个生态区的人类活动导致的变暖促使野火季节提前了 6~46 天。北部生态区 (如喀斯喀特山脉和内华达山脉) 的野火季节受人类活动变暖的影响尤为显著, 而南部沙漠生态区 (如莫哈韦盆地) 所受影响较小, 甚至局部出现野火季节略微延迟的现象。研究结果对于理解野火季节性预测、灾害预防以及管理策略具有重要意义。研究人员指出, 政策制定者和应急管理部门需要考虑人类活动引起的变暖对野火风险的长远影响, 并采取相应的适应措施, 例如优化森林管理、加强早期预警系统及调整土地利用规划等。

(刘莉娜 编译)

原文题目: Anthropogenic Warming Drives Earlier Wildfire Season Onset in California

来源: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adt2041>

气候变化减缓与适应

国际能源署解析全球电力市场趋势与未来展望

7 月 29 日, 国际能源署 (International Energy Agency, IEA) 发布题为《2025 年电力市场年中更新》(Electricity Mid-Year Update 2025) 的报告, 深入分析了电力市场最新趋势及下半年展望。报告包含 2024 年的修正数据及 2025—2026 年的最新预测, 涵盖全球电力需求、各燃料类型发电结构、电力行业二氧化碳排放等关键领域, 重点解读了中国、欧盟、印度和美国等主要经济体的最新发展动态, 同时更新了全球各市场电力批发价格的追踪数据。报告的主要结论如下:

(1) 尽管经济面临逆风, 但全球电力需求有望在 2025 年和 2026 年强劲增长。

①尽管全球电力需求增速较 2024 年有所放缓, 但 2025 年和 2026 年的预测增长率显著高于 2015—2023 年的平均水平。②虽然 2025 年 1—6 月经济活动的放缓抑制了全

球用电量，但多地持续的热浪仍在推高用电需求。③到 2026 年，工业用电增长、家用电器普及、空调使用量上升、数据中心扩张以及持续深化的电气化进程，将成为全球电力需求强劲增长的主要驱动力。④预计到 2025 年，电力需求的增长速度将是总能源需求的 2 倍多，并将在 2026 年继续保持这一趋势。

(2) 中国和印度电力需求增速预计在 2025 年趋于温和，较 2024 年的快速增长有所放缓。①中国电力消费在 2024 年激增 7% 后，2025 年预计增长 5%，这主要受工业领域的需求增速放缓影响。②印度电力需求在 2024 年增长 6% 后，2025 年增速预计回落至 4%。③随着工业和服务业活动复苏，预计到 2026 年，中印两国增速将再度提升，共同贡献全球电力需求增量的 60%。

(3) 2025 年美国电力需求呈增长态势，而欧盟仍在经历前期大幅下滑后的温和复苏。①美国电力需求在 2024 年增长 2.1% 的基础上，受数据中心快速扩张驱动，2025 年和 2026 年的增速预计将分别达 2.3% 和 2.2%，较 2015—2025 年平均增长率高出 1 倍以上。②欧盟电力需求 2025 年预计增长 1.1%，2026 年加速至 1.5%，与 2024 年 1.6% 的增幅基本持平。③尽管欧盟工业部门电力需求在经历 2022—2023 年连续下滑后，于 2024 年止跌回稳，但截至 2025 年 1—6 月仍未出现显著回升态势。

(4) 2025 年 1—6 月，各国热力发电趋势差异明显。①2025 年 1—6 月，中国和印度的燃煤发电量同比下滑，而美国和欧盟则呈现增长态势。②中印两国下降的主要原因在于相较 2024 年同期电力需求增速放缓，以及可再生能源发电量的强劲扩张。③受可再生能源发电量显著增长及天然气价格同比上涨引发的“气转煤”效应等多重因素驱动，美国燃煤发电量呈现大幅攀升态势。④欧盟方面，尽管光伏发电量创下历史新高，但风能和水力发电量的下降导致燃气与燃煤发电量同比上升。

(5) 可再生能源发电量预计将超过燃煤发电。①受天气趋势和经济发展影响，可再生能源发电量最早将于 2025 年或最迟 2026 年超越燃煤发电。②风能和太阳能光伏将成为这一转型的核心驱动力，其合计发电占比预计将从 2024 年的 15% 提升至 2025 年的 17%，到 2026 年接近 20%，较 2015 年增长近 5 倍。③2025 年，风能和太阳能光伏预计将覆盖全球电力需求增长的 90% 以上。

(6) 燃煤发电量呈收缩态势，燃气和核电发电量创历史新高。①继 2024 年实现 1.3% 增长后，全球燃煤发电量预计将在 2025 年转入微幅负增长趋势。②随着可再生能源持续扩张及多地区“煤转气”加速，2026 年全球燃煤发电量预计将进一步收缩 1.3%。③继 2024 年增长 1.9% 后，2025 年全球燃气发电量预计增长 1.3%，创下历史新高。④尽管 2025 年上半年美国因天然气价格上涨出现“气转煤”回流，但欧洲地区风能和水力发电量的下降反而推高了燃气发电需求。⑤全球核电发电量预计将在 2025 年创下历史新高，并将在 2026 年保持增长态势。

(7) 电力行业碳排放进入平台期，低碳排放源强势增长。①随着低碳排放源逐步替代化石燃料发电，全球电力行业二氧化碳排放量预计将在 2025 年达到峰值，2026 年或将出现小幅下降。②2024 年电力碳排放增速已显现放缓迹象，其 1.2% 的

增幅低于 2023 年的 1.6%。③可再生能源的快速部署有效抑制了化石能源发电增长，但异常气候条件（如极端热浪、寒潮）仍可能导致碳排放量出现年际波动。

（8）2025 年 1—6 月全球电力批发价格呈现区域分化。①受天然气价格上涨驱动，欧盟和美国市场批发电价同比上涨 30%~40%。②2025 年，印度和澳大利亚等国家的市场电价较 2024 年下降了约 5%~15%。③德国、荷兰和西班牙等国的负电价时段占比已从 2024 年的 4%~5%攀升至 2025 年 1—6 月的 8%~9%。

（9）各地区能源密集型行业的电价仍存在显著差异。①继 2023—2024 年电价回落，受批发电价上涨影响，欧盟能源密集型行业电价预计将在 2025 年再度攀升。②欧盟能源密集型行业平均电价仍维持在美国水平的 2 倍左右，较中国高出 50%。回溯 2019 年，欧盟电价仅较美国高出约 50%、较中国高出 20%。

（10）构建安全韧性的电力系统比以往任何时候都更为重要。①近期全球多起重大停电事故的发生，深刻凸显出电力安全在现代经济和社会运行中的关键作用。②随着电气化进程深入到经济各领域，电力系统规模持续扩大、复杂程度日益攀升，确保安全、可靠的电力供应已然成为新型电力系统建设的核心要务。③可靠的电网基础设施、安全的供应链体系，辅以多元灵活性资源和技术稳定性解决方案，共同构成电力安全的关键支柱。④在电力系统转型过程中，利益相关方亟需通过更新电网规程、备用容量要求和监管框架来完善运营体系。

（董利苹 杜海霞 编译）

原文题目：Electricity Mid-Year Update 2025

来源：<https://www.iea.org/reports/electricity-mid-year-update-2025/executive-summary>

能源转型委员会称可再生能源发电系统具备可靠性与韧性

7 月 28 日，能源转型委员会（Energy Transitions Commission）发布题为《电力系统转型：在可再生能源占比高的系统中提供具有竞争力与韧性的电力》（*Power Systems Transformation: Delivering Competitive, Resilient Electricity in High-Renewable Systems*）的报告指出，以风能与太阳能发电为主导的全球电力系统可以提供可靠电力，且其在世界大部分地区的成本可媲美化石燃料电力系统或更低。许多国家可以利用目前可用的成熟技术，如电池储能、其他储能、远距离输电和灵活的能源使用方式，运行风能与太阳能占比 70%或更多的电力系统。报告探讨了风能与太阳能发电占比较高的电力系统如何实现供需平衡及其对电力成本的影响。主要结论如下：

（1）技术可行性。通过合理组合均衡技术和电网技术，风能与太阳能占主导地位的电力系统在技术上可保持稳定性和韧性，且其停电可能性不会高于火电主导的系统。

（2）成本竞争力。与当前的批发电价和电网成本相比，风能与太阳能占比较高的电力系统具有竞争力。到 2050 年，依赖太阳能的国家电力成本可能会降低 50%以上，降至每 MWh（兆瓦时）30~40 美元。依赖风能的国家电力成本较高，但在未来可能与当前水平相当，届时会低于化石燃料发电系统的成本。

（3）脱碳的关键性阶段。脱碳的“最后一英里”（last mile）成本最高，特别对

于需要超长时程平衡来应对供需季节性波动的国家。一旦各国将电力碳强度降至极低水平（例如低于每千瓦时 50 克二氧化碳），重点就应该转向电气化，而不是加速实现最后一英里脱碳进程。

（4）**平衡电力供需**。全球高达 30% 的电力需求可以通过需求侧灵活性实现时移（time-shifted），这需要开发动态定价机制并采用智能管理技术。

（5）**电网扩建及其成本**。到 2050 年，全球电网总长度需要增加 1 倍以上，达到 1.5 亿~2 亿公里。年度电网投资额可能会从 2024 年的 3700 亿美元增加到 2030 年的 8700 亿美元。然而，当前开始截止到 2050 年，通过使用创新的电网技术，可以避免约 35% 的电网扩建成本。

（6）**政策与行动建议**。提供低成本、高可变性的可再生能源电力系统，需要具备战略眼光和规划能力，包括进行市场改革以将所有技术置于公平竞争的环境中、利用创新技术实现电网现代化、制定供应链发展战略、推动客户参与等。

（裴惠娟 编译）

原文题目：Power Systems Transformation: Delivering Competitive, Resilient Electricity in High-Renewable Systems

来源：<https://www.energy-transitions.org/publications/power-systems-transformation/>

GHG 排放评估与预测

德国提交 1990—2023 年国家温室气体清单报告

7 月，德国环境署（Umwelt Bundesamt）发布《根据<联合国气候变化框架公约>提交的 1990—2023 年德国温室气体清单的 2025 年国家清单报告》（*Submission Under the United Nations Framework Convention 2025 National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990-2023*），详细分析了 1990—2023 年德国温室气体排放情况，旨在确保温室气体清单报告的透明度、一致性和可比性。报告内容主要包括以下两个方面：

（1）**德国温室气体排放概况**。①**排放总量与趋势**。自 1990 年以来，德国温室气体排放总量显著下降，到 2023 年已下降 46.3%，这一趋势主要归因于能源转型和能效提升。与 2022 年相比，2023 年德国温室气体排放量下降了 10.3%，这主要得益于德国可再生能源占比的增加、化石能源发电量的降低以及工业和商业能源需求的减少。②**不同类别温室气体排放情况**。自 1990 年以来，由于其他类别温室气体排放量的大幅降低，二氧化碳排在温室气体排放总量中的占比增加了约 4.1 个百分点。2023 年，德国二氧化碳排放量占温室气体排放总量的比例达到了 88.4%。甲烷排放约占 6.7%，主要来自畜牧业、能源燃烧和垃圾填埋。氧化亚氮排放约占 3.6%，主要来自农业、工业过程和化石燃料燃烧。

（2）**不同行业温室气体排放趋势**。①**能源行业**。能源相关的二氧化碳排放是德

国温室气体排放的主要来源，但其占温室气体排放总量的比例自 1990 年以来有所下降。截至 2023 年，能源消费产生的温室气体排放量减少了 45.9%。这主要是得益于从固体燃料向液体和气体燃料的转变，以及可再生能源使用的增加。②工业过程。工业过程中的温室气体排放与生产水平紧密相关，特别是矿物、化学和金属生产行业。自 1990 年以来，工业过程中的氧化亚氮排放大幅降低，这主要与己二酸生产过程中的减排措施相关。③农业。1990—2023 年，德国农业温室气体排放降低了 25.2%。农业温室排放减少的主要原因在于牲畜数量减少、农业土壤和肥料使用降低。④废弃物与废水。废弃物和废水领域的温室气体排放显著降低，这主要得益于回收材料的增加和生物降解废弃物填埋的禁止。自 1990 年以来，该领域温室气体排放降低了 86.8%。⑤土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）。LULUCF 部门的净排放量主要受到森林生物量和木材产品储存的影响。因森林生物碳储量的自然干扰（包括干旱、风暴和虫害等），有机土壤和水体中的排放量一直很高，且不再被充分抵消。因此，与 1990 年相比，2023 年 LULUCF 部门的净排放量增加了 90.6%。

（刘莉娜 编译）

原文题目：Submission Under the United Nations Framework Convention 2025

来源：https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/40_2025_cc.pdf

全球南方中低收入国家的黑碳排放量普遍被低估

7 月 29 日，《自然·通讯》（*Nature Communications*）发表题为《全球分布式测量显示全球南方黑碳排放量普遍被低估》（*Black Carbon Emissions Generally Underestimated in the Global South as Revealed by Globally Distributed Measurements*）的文章指出，全球南方中低收入国家的黑碳排放量被低估约 38%。

黑碳是不完全燃烧产生的独特含碳物质。准确估算黑碳排放量对于评估其对气候强迫和人类健康的影响至关重要。然而，世界不同地区黑碳质量的测量数据缺乏和模型分辨率不高，阻碍了对全球黑碳排放清单的评估。来自美国华盛顿大学（Washington University）、加利福尼亚大学戴维斯分校（University of California Davis）、尼日利亚伊洛林大学（University of Ilorin）等 30 个机构的研究人员，利用“表面颗粒物网络”（Surface Particulate Matter Network, SPARTAN）的全球分布式黑碳质量测量数据以及其他测量网络，评估了当前的黑碳排放清单，重点关注了研究较少的全球南方地区（包括非洲、亚洲、拉丁美洲和加勒比地区的发展中国家）。

研究人员使用全球化学传输模型（GEOS-Chem）的高性能版本（GCHP），通过高分辨率模拟，将黑碳排放量与环境浓度联系起来，以便与测量结果进行比较。研究发现，使用“社区排放数据系统”（Community Emissions Data System, CEDS）排放清单进行的模拟在主要发达国家（这些地区的黑碳浓度较低）能够较好地反映黑碳测量结果（ $r^2=0.73$ ），但在全球南方黑碳浓度较高的地区却存在显著差异

($r^2=0.00019$)，黑碳浓度平均被低估达 38%。全球大气研究排放数据库 (Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR)、半球空气污染运输特别工作组 (Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution, HTAP) 等排放清单也得出类似的结果。研究结果促使人们需要重新准确地描述中低收入国家的黑碳排放特征。

(廖 琴 编译)

原文题目: Black Carbon Emissions Generally Underestimated in the Global South as Revealed by Globally Distributed Measurements

来源: <https://www.nature.com/articles/s41467-025-62468-5>

前沿研究动态

欧洲研究称全球生态系统恢复的碳封存潜力有限

7 月 31 日,《自然·地球科学》(*Nature Geoscience*)发表题为《全球生态系统恢复的碳封存潜力有限》(Limited Carbon Sequestration Potential from Global Ecosystem Restoration)的文章指出,由于生态系统的气候减缓潜力受到植被类型及其状态转变的影响,全球生态系统恢复在减缓气候变化方面只能发挥有限的作用。

生态系统恢复日益被认为是减缓气候变化的一种手段。近年来全球范围的研究表明,生态系统恢复可以抵消自工业革命以来人类碳排放的很大一部分。然而,由于一些模型重点关注树木,以及在模拟不同生态系统类型的恢复方面存在困难,使得全球生态系统的碳封存潜力仍然难以确定。来自匈牙利塞格德大学 (University of Szeged)、德国吕讷堡大学 (Leuphana University Lüneburg)、法国阿维尼翁大学 (Avignon Université) 等机构的科研人员,利用气候、土壤和地形等预测因子数据,应用机器学习评估了森林、灌丛、草地、湿地等不同类型生态系统的潜在可恢复面积,基于已公布的每种生态系统类型的碳封存率,估算了到 2100 年生态系统恢复的全球碳增益。

研究发现:①在当前气候条件下,地球陆地表面潜在的自然生态系统面积为森林 4248 万平方千米、灌丛 1414 万平方千米、草地 3607 万平方千米、湿地 310 万平方千米。②2876 万平方千米的生态系统可得到恢复,其中包括森林 1166 万平方千米 (占可恢复总面积的 40.5%),草地 937 万平方千米 (32.6%),湿地 283 万平方千米 (9.8%)。③恢复可用的生态系统每年可封存 19.2 亿吨碳,2030—2100 年总计将封存 1363 亿吨碳。实际上,到 2030 年所有可用土地都得到恢复的可能性极小。④鉴于到 2100 年恢复的生态系统大多数不会达到成熟,在 21 世纪逐步实施恢复,某些生态系统类型需要 70~100 年才能建立稳定的碳储量。考虑到恢复的可能性和生态系统状态的转变,到 2100 年全球生态系统恢复的碳封存潜力最大为 969 亿吨碳,相当于迄今为止人为排放量的 17.6%,如果考虑到 2100 年前的未来排放量,则相当于人为排放量的 3.7%~12.0%。研究人员指出,生态系统的气候减缓潜力将因植被类型

之间的状态转变而异，生态系统恢复对减缓气候变化的潜力非常有限，建议开展生态系统恢复的目标应该聚焦恢复生物多样性、支持生计和加强生态系统服务的韧性。

（裴惠娟 编译）

原文题目：Limited Carbon Sequestration Potential from Global Ecosystem Restoration

来源：<https://www.nature.com/articles/s41561-025-01742-z>

美研究揭示全球净初级生产力呈现“陆增海减”趋势

8月1日，《自然·气候变化》（*Nature Climate Change*）发表题为《陆地与海洋生物生产力趋势对比》（*Contrasting Biological Production Trends over Land and Ocean*）的文章表明，陆地系统净初级生产力显著增强，而海洋系统则呈现相反趋势。

陆地和海洋生态系统是地球生物圈的主要组成部分，但二者的光合作用生产力通常被分开研究，这限制了对行星碳吸收和生物圈健康的理解。来自美国杜克大学（Duke University）、美国农业部林业局（United States Department of Agriculture Forest Service, USDA Forest Service）、橡树岭国家实验室（Oak Ridge National Laboratory）等机构的研究人员，基于多源卫星遥感数据产品，揭示了陆地与海洋净初级生产力（Net Primary Production, NPP）的变化趋势。

结果表明：①2003—2021年，全球NPP总体呈现增长趋势，其中陆地系统的显著增强是主要驱动力，而海洋系统生产力的下降则部分抵消了这一增长。②虽然陆地主导了NPP的长期增长趋势，但全球NPP的年际变化主要受海洋驱动，在强厄尔尼诺-南方涛动（El Niño–Southern Oscillation）事件期间表现尤为突出。该研究既揭示了生物圈初级生产力在气候变暖背景下的韧性，也警示其潜在脆弱性，呼吁建立陆海协同监测评估体系以支撑气候治理行动。

（董利苹 杜海霞 编译）

原文题目：Contrasting Biological Production Trends over Land and Ocean

来源：<https://www.nature.com/articles/s41558-025-02375-1>

国际研究呼吁关注热带雨林恢复对土壤碳的影响

8月4日，《当代生物学》（*Current Biology*）发表题为《土壤碳是热带雨林恢复的盲点》（*Soil Carbon as a Blind Spot in Tropical Rainforest Restoration*）的文章指出，土壤碳是热带雨林恢复工程固碳研究中的一大盲区。

经历了多年的退化后，热带雨林如今已成为生态系统主动恢复的重点区域，其中包括利用植树造林等策略最大限度地提高地上生物量。然而，尽管热带雨林恢复对生态系统碳预算有重要贡献，其在恢复管理与碳抵消项目中的作用通常被忽视。来自新加坡国立大学（National University of Singapore）、奥地利维也纳大学（University of Vienna）、英国莱斯特大学（University of Leicester）等机构的科研人员，研究了热带雨林的主动恢复如何影响所有主要热带地区（涵盖东南亚、中非和包括了美洲热带地区与整个南美洲温带的新热带）的土壤碳储量，以探讨热带雨林

主动恢复对土壤碳的直接与间接影响。通过对现有的关于热带和其他森林生态系统恢复结果的项目报告与文献进行跨学科范围审查，研究确定了热带雨林主动恢复可以影响土壤碳储量的 5 个途径，即地上生物量的增加，树木多样性的增加，土壤的扰动和养分有效性的提高，入侵物种管理，以及与树木相关的菌根真菌共生体的改变（即外生菌根真菌共生的增加）。

研究结果表明：①地上生物量与生物多样性的增加，以及具有特定菌根真菌共生的树木的增加，有助于促进土壤碳的积累。②植树前实施的造林地整地等措施会改变森林结构和养分有效性，但对土壤碳储量的影响并不显著。③入侵物种管理可能会减少土壤碳储量，但这种途径得到的研究相对较少。④当前针对造林地整地与入侵物种管理对热带雨林碳储量的影响存在研究空白，对深层土壤碳和来自中非热带雨林的研究尤其缺乏代表性，同时需要加强对碳在地下储存的速度及其持久性的研究。研究人员指出，鉴于土壤中储存了大量碳，即使主动恢复措施引起的变化幅度较小，其引起的土壤碳储量净变化对碳循环和碳抵消项目仍具有重要意义。研究呼吁在数据稀缺的热带区域开展有针对性的地下调查，为碳抵消项目和生态恢复管理提供急需的数据支持。

（裴惠娟 编译）

原文题目：Soil Carbon as a Blind Spot in Tropical Rainforest Restoration

来源：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982225006761>

湖泊沿岸带在全球碳循环中的作用长期被低估

8 月 4 日，《自然·地球科学》（*Nature Geoscience*）发表题为《湖泊沿岸带对大陆碳预算的贡献》（*Contribution of Lake Littoral Zones to the Continental Carbon Budget*）的文章表明，忽视湖泊沿岸带的作用会导致对大陆碳循环的评估产生偏差。

湖泊沿岸带是陆地与水域的交界处，水生植被的单位面积生产力可与热带雨林相媲美，具有极高的碳周转潜力。尽管潮汐湿地已被纳入全球碳预算，但湖泊沿岸带目前尚未被充分考虑。来自瑞典乌普萨拉大学（Uppsala University）和加拿大蒙特利尔大学（Université de Montréal）的研究人员，通过质量平衡法和沿岸带-敞水区碳输出模型，量化了湖泊沿岸带对全球碳循环的贡献，揭示了其作为潜在碳汇的重要性。

结果表明：①忽视湖泊沿岸带的碳周转可能会导致对大陆碳循环的评估出现偏差。②考虑沿岸带对碳循环的作用后，全球湖泊可能从净碳源转变为净碳汇，即碳封存量可能超过碳排放量。③敞水区释放的碳有相当部分源自沿岸带，这意味着传统估算方法可能高估了陆地系统向内陆水域输入的碳通量。该研究强调准确量化并模拟湖泊沿岸带的碳通量，对于精确评估大陆与气候之间的反馈机制至关重要。

（董利苹 杜海霞 编译）

原文题目：Contribution of Lake Littoral Zones to the Continental Carbon Budget

来源：<https://www.nature.com/articles/s41561-025-01739-8>

《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 刘莉娜

电话:(0931)8270035;8270063

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

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