

科学研究动态监测快报

2026 年 6 月 20 日 第 12 期 (总第 438 期)

气候变化科学专辑

- ◇ 世界气象组织发布《2026—2035 年全球年度至年代际气候更新》报告
- ◇ 联合国环境规划署提出迈向积极临界点的 5 大气候技术
- ◇ 英国政府发布第七次碳预算声明
- ◇ 澳大利亚智库为应对气候变化引发的高热高湿威胁建言
- ◇ 国际研究称全球变暖可能导致冰雹危害加剧
- ◇ 国际研究揭示复合天气与气候事件的影响更为深远
- ◇ 美研究发现野火的频发加剧美国地表臭氧污染
- ◇ 国际机构联合发布《二氧化碳移除的全球独立科学评估》第三版
- ◇ 国际研究综述氢排放对气候的影响
- ◇ 国际研究显示中国对北极黑碳的贡献有所下降
- ◇ 全球早期预警系统助力预测生物多样性极端高温风险

中国科学院西北生态环境资源研究院
文献情报中心

中国科学院西北生态环境资源研究院文献情报中心
地址：甘肃兰州市天水中路 8 号

网址：<http://llas.ac.cn>
电话：0931-8270063

目 录

本期热点

世界气象组织发布《2026—2035 年全球年度至年代际气候更新》报告 1

气候政策与战略

联合国环境规划署提出迈向积极临界点的 5 大气候技术 2

英国政府发布第七次碳预算声明 4

澳大利亚智库为应对气候变化引发的高热高湿威胁建言 5

气候变化事实与影响

国际研究称全球变暖可能导致冰雹危害加剧 6

国际研究揭示复合天气与气候事件的影响更为深远 7

美研究发现野火的频发加剧美国地表臭氧污染 8

气候变化减缓与适应

国际机构联合发布《二氧化碳移除的全球独立科学评估》第三版 9

前沿研究动态

国际研究综述氢排放对气候的影响 10

国际研究显示中国对北极黑碳的贡献有所下降 11

全球早期预警系统助力预测生物多样性极端高温风险 12

本期热点

世界气象组织发布《2026—2035 年全球年度至年代际气候更新》报告

5 月 28 日，世界气象组织（World Meteorological Organization, WMO）发布题为《2026—2035 年全球年度至十年气候更新》（*Global Annual to Decadal Climate Update 2026-2035*）的报告指出，全球升温正加速逼近 1.5 °C 阈值，极有可能在 2026—2030 年首次突破该阈值。

1 2021—2025 年全球气候状况

（1）全球平均气温持续走高。2025 年是有记录以来最热的三个年份之一（2023—2025 年为有记录以来最热的三年），全球年均近地表气温预计比 1850—1900 年的平均值高出 1.43 ± 0.13 °C。过去五年（2021—2025 年）异常暖区广泛分布，仅热带东太平洋和南美洲、澳大利亚和印度部分地区除外；北半球高纬度（尤其是北极）增温最显著，陆地增温普遍高于海洋（北太平洋除外）。

（2）关键气候指标状态。①大西洋多年代际变率（AMV）在 2021—2025 年呈正相位，北大西洋近地表温度高于全球其他海域。②厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）方面，2024 年初出现厄尔尼诺（El Niño），随后转为拉尼娜（La Niña），2021—2025 年中有 4 年为拉尼娜状态。

（3）降水格局。2025 年，南美中部降水偏少，南非和海洋性大陆降水偏多。2021—2025 年，亚洲部分地区和非洲萨赫勒地区偏湿，南非、西澳大利亚、南美中南部、西南欧和北美部分地区偏干。

2 2026—2035 年全球气候关键指标预测

（1）2026—2030 年全球核心指标预测。①全球气温。预计 2026—2030 年全球年均近地表气温将维持在或接近历史记录水平，每年的年均气温预计比 1850—1900 年平均值偏高 1.3~1.9 °C（90%置信区间）。2026—2030 年，至少有一年的全球平均地表温度很可能（91%的几率）暂时超过 1850—1900 年平均水平的 1.5 °C，5 年平均气温很可能（75%的几率）比 1850—1900 年的平均值高出 1.5 °C，某一年可能（86%的几率）超过 2024 年，成为有记录以来的最暖的一年，全球平均气温较 1850—1900 年平均值高出 2 °C 的可能性低于 1%。②海洋环流与振荡。2026—2030 年，大西洋多年代际变率指数平均为正的校准概率为 75%，预计北大西洋副极地涡旋持续偏暖。2026 年以拉尼娜开局，但预计异常将减弱，预计 2026—2030 年厄尔尼诺条件占优势（概率为 64%）。预测显示大西洋经向翻转环流将出现异常偏弱迹象，特别是 1000 m 以下深度，偏弱异常比预估结果更深且更偏南。

(2) 2026—2030 年区域性与季节性预测。①北极放大效应。冬季（11 月至次年 3 月），北极气温预计比 1991—2020 年平均值高出 2.8 °C，这是同期全球平均气温异常值的 3.5 倍以上。②降水格局。暖季（5 月至 9 月）全球气温普遍偏高，北半球陆地增温更明显，高纬度地区尤为突出，地中海、北美气压偏低。③区域案例。以东南欧为例，该区域在 2009 年后降水偏多，近期冬季异常干燥，但预测结果显示其 2026—2030 年可能再次出现异常多雨（偏湿概率 77%）；该预测后报技巧偏低，置信度有限。

(3) 2026—2035 年年代际预测。①气温。整体趋势与气候预估结果一致，但亚马孙、北非、斯堪的纳维亚北部、格陵兰海增温幅度显著高于预估；南极周边海域、热带东太平洋增温低于预估结果。②降水。亚马孙、东印度洋降水少于预估结果；巴伦支海、喀拉海及沿岸降水多于预估结果。③大西洋经向翻转环流。2026—2035 年，大西洋 1000 m 以下深层环流整体减弱，异常深度与南扩范围超出常规预估；受观测数据限制，该预测置信度低。

（刘莉娜 编译）

原文题目：Global Annual to Decadal Climate Update 2026-2035

来源：<https://wmo.int/resources/publication-series/wmo-global-annual-decadal-climate-update/global-annual-decadal-climate-update-2026-2035?access-token=3lFdZD0gV4kivzyyo4DpH2gB-5hF-uUDAp4smApldU>

气候政策与战略

联合国环境规划署提出迈向积极临界点的 5 大气候技术

6 月 3 日，联合国环境规划署（UNEP）发布题为《更便宜、更清洁、势不可挡：为气候助力的清洁技术》（*Cheaper. Cleaner. Unstoppable. Clean Technologies that Are Delivering for the Climate*）的政策简报指出，在能源、交通、建筑、粮食等领域，多项低碳技术和实践正在接近，甚至在某些情况下已经越过关键临界点，使得其普及速度能够大幅提升，并形成自我强化的发展态势。当成本下降、基础设施扩张、政策支持以及市场预期转变等强化反馈机制，推动技术普及速度呈现非线性增长，超过线性预测结果时，便会出现这些“积极临界点”。这一发展态势有助于控制气温上升幅度、增强气候适应能力。报告提出了 5 项值得关注的“积极临界点”技术，包括在某些地区已经处于或越过临界点的技术（如可再生能源）、在主要市场接近临界点的技术（如电动出行）、仍处于早期阶段但具有强劲加速潜力的技术（如被动式降温、热泵和可持续粮食体系）。

(1) 可再生能源发电与储能。全球多数地区的可再生能源发电与储能已步入稳定发展阶段。近年来，可再生能源发电成本大幅下降。在大多数地区，新建的太阳能和陆上风电已比新建的燃煤或燃气电厂更便宜。目前，太阳能和陆上风电已成为全球能源投资的最大流向，2024 年投资规模达 4500 亿美元。自 2020 年以来，可再

生能源占全球新增发电装机容量的 75%以上，其中太阳能和风能的增长速度超过了以往任何其他能源。电池储能已成为可再生能源转型的关键支撑技术，太阳能、风能等间歇性可再生能源供应量的增加，有效提升了电网的灵活性、韧性和能源安全。2025 年，电池储能是电力行业增长最快的技术，全球新增装机容量达 108 GW（吉瓦），较 2024 年增长 40%。2025 年，全球电池储能系统的成本已降至 2020 年的 1/3，进一步推动了储能技术在电力系统中的普及。

（2）电动出行。电动汽车在全球几个主要市场正进入加速阶段。随着电池成本下降和产能提升，电动汽车在众多市场实现与燃油车成本持平。基础设施建设、成本降低和续航里程提升形成多重正向循环，正加速电动化普及。2025 年，电动汽车占全球新车销量的 1/4 以上，而 2019 年这一比例不足 3%。在中低收入国家，电动两轮车和三轮车市场尤为强劲，全球约有 5.7 亿辆。电动公交车成为城市交通领域新的积极转折机遇，2025 年全球已突破 7 万辆。电动汽车的规模化普及，可减少石油的需求，改善空气质量，促进与可再生能源的融合。

（3）被动式降温与基于自然的解决方案。被动式降温与基于自然的解决方案仍处于萌芽阶段，但随着配套政策和城市规划落地，其具备快速进入加速阶段的潜力。气候行动中的积极临界点不仅涉及减排，还在于提升气候适应能力与系统韧性。“被动优先”的降温策略，即在无需机械制冷的情况下，优先采用建筑设计和基于自然的解决方案，是低成本、易推广的应对方案。结合遮阳、反光表面、隔热和通风等被动措施，可在某些气候条件下使室内温度降低 6~9 °C，显著减少甚至完全消除对机械制冷的依赖。在城市地区，被动式降温与自然降温策略最高可减少 25%的碳排放量。城市绿化、林地、绿色屋顶和植被廊道不仅能够降温，还能改善空气质量、生物多样性和公众健康。

（4）热泵、主动制冷与建筑能效。热泵、主动制冷与建筑能效中的部分技术在领先市场已进入加速阶段，其余仍处于萌芽阶段，发展潜力尚未完全释放。建筑约占全球温室气体排放量的 21%，其中超半数为外购电力和热力产生的间接二氧化碳排放。寒冷地区建筑排放主要来自供暖，而新兴经济体的制冷需求增长最快。热泵提供了一种更高效的替代方案，既能供暖也能制冷，成本竞争力日益增强。在主要市场中，热泵的应用正在加速推进，北欧国家已实现了较高的热泵普及率。与此同时，一些发展中国家也在收紧制冷设备的最低能源性能标准。推广高效的供暖与制冷系统有助于减少碳排放、降低峰值负荷，并避免快速发展的城市陷入高碳发展路径，是未来十年最重要的积极转折机遇之一。

（5）可持续粮食体系、减少食物浪费与行为转变。可持续粮食体系整体处于萌芽阶段，早期的行为转变和政策干预表明，通过协同行动，有望实现加速发展并迎来未来的积极临界点。粮食系统约占全球温室气体排放量的 30%，其中畜禽产品相

关排放占近 60%。然而，粮食损失与浪费占全球温室气体排放量的 8%~10%。减少食物损失和浪费是转变食物系统的重要措施，但常被忽视。减少食物浪费往往是触发积极连锁正向反馈机制的最快途径之一：减少排放、提升粮食安全并增强系统韧性。家庭是食物浪费的主要来源，约占全球总量的 60%，这凸显了改变消费者行为、在整个食品价值链实施系统性措施的重要性。随着城市化进程加快，城市正逐渐成为粮食系统与资源系统交汇的关键节点，也是开展综合且有效行动的关键载体。

（廖 琴 编译）

原文题目：Cheaper. Cleaner. Unstoppable. Clean Technologies that Are Delivering for the Climate

来源：<https://wedocs.unep.org/items/e287f9a0-9c47-432b-9476-cbb726f40478>

英国政府发布第七次碳预算声明

6月2日，英国议会（UK Parliament）发布题为《设定第七次碳预算》（*Setting the Seventh Carbon Budget*）的声明，明确提出英国 2038—2042 年温室气体排放量相较于 1990 年水平减少 87%。声明主要内容如下：

（1）预算目标及现有政策框架基础。①英国第七次碳预算（即 2038—2042 年英国温室气体净排放的法定上限）设定的碳预算限额为 535 MtCO₂e（百万吨二氧化碳当量），较 1990 年水平减少约 87%，这是英国迈向 2050 年温室气体净零排放的重要阶段性目标。②英国严格遵循 2008 年《气候变化法案》（*Climate Change Act*）落实各阶段碳预算，第七次碳预算具备扎实的政策延续性。英国已于 2024 年 10 月发布《碳预算增长与实施计划》（*Carbon Budget Growth and Delivery Plan*），覆盖至 2037 年的第四至第六次碳预算，其中大部分减排举措将持续发挥作用，为第七次碳预算（2038—2042 年）完成主要减排任务奠定基础。

（2）实施该预算的多维效益。实现该预算目标不仅是应对气候危机的举措，更是改善国民生活、提振经济的重大机遇。①强化能源安全，降低民众用能成本：从能源结构转型来看，到 2050 年，化石燃料依赖度从当前约 75%降至约 15%；从电气化效益来看，零排放车辆运行成本低于燃油车，热泵在合适电价下可低于燃气锅炉；从家庭成本来看，安装太阳能每年可节省 500 英镑，电动汽车每年可节省 1400 英镑，新电动车平均购买价格低于燃油车。②拉动经济增长，创造优质就业：清洁能源已是 21 世纪的核心经济机遇，风电、光伏、核电、电网、氢能、热泵等领域持续吸纳劳动力。2025 年，英国净零相关产业已支撑超过 100 万个就业岗位，为英国经济贡献 1050 亿英镑总增加值。积极推进气候行动可长期压降转型成本，夯实经济长期增长基础，英国政府计划到 2030 年新增 40 万个清洁能源相关岗位。③改善人居环境，减轻医疗体系压力。经济脱碳可大幅减少大气污染，预计到 2050 年，空气质量改善累计将带来 800 亿英镑健康效益，每年减少约 8000 例入院，避免 3.9 万~11.9 万个生命年损失。④修复自然生态，守护生物多样性。气候危机与生态危机相互交

织，英国本土减排行动将助力野生动物、自然景观与生态系统修复、保障粮食与水资源安全、泥炭地修复、林地新建等项目，到 2050 年，可创造约 500 亿英镑生态价值，提升防洪能力并优化水质。⑤巩固国际地位，引领全球气候治理。英国是全球首个出台《气候变化法案》、首个立法确立 2050 年净零目标的主要经济体。英国的气候政策框架成为多国范本，英国减排行动保护了本国粮食与水安全，同时降低了关键基础设施的国家安全风险。

（刘莉娜 编译）

原文题目：Setting the Seventh Carbon Budget

来源：<https://questions-statements.parliament.uk/written-statements/detail/2026-06-02/hcws75>

澳大利亚智库为应对气候变化引发的高热高湿威胁建言

5 月 27 日，澳大利亚战略政策研究所（Australian Strategic Policy Institute）发布题为《致命湿度和气候变化的系统性风险》（*Lethal Humidity and the Systemic Risks of Climate Change*）的报告指出，湿度逐渐成为气候变化最致命的新兴风险之一，到 2100 年，50%~75% 的人类可能暴露在威胁生命的高热和高湿环境中，届时生活在热带沿海城市的 30 多亿人口将面临严重的湿热压力。针对这一新兴气候风险，报告建议：

（1）**加强关于湿热影响和人类生存能力的研究。**扩大实验室、野外和流行病学研究，加深对人类生理极限的理解，包括环境宜居性如何随着生存阈值的趋近而下降，此外，研究还必须探讨仍被忽视的社会经济与环境的影响。

（2）**扩大并聚焦欠发达国家相关研究。**湿热研究应优先关注更容易暴露在高温高湿环境中的脆弱的热带国家，加强其国内科研能力，以支撑国家层面的政策规划与应对措施。

（3）**调查气候变暖对经济和劳动生产率的影响。**湿热造成的劳动力损失影响已与新型冠状病毒疫情相当，应利用这一证据进行更大力度的宣传倡导和政策推广。

（4）**识别并减缓连锁性的社会影响。**潮湿热浪可能会导致电力需求激增，进而引发停电、中断供水系统、扰乱交通等加剧湿热暴露风险的影响。研究应明确上述连锁性的反应发生的地点和条件，以及时中断或减缓风险。

（5）**湿热与其他气候灾害之间的相互作用研究。**湿热和干热的热浪愈发频繁地同时出现，对农业等产业造成严重影响，与此同时，极端降水、风暴潮和沿海洪涝事件的发生频率也在上升，尤其是在低纬度沿海地区。亟需深入研究上述与气候变化相关的多重风险，以帮助制定减缓其影响的有效措施。

（6）**优先制定热带沿海城市的适应性规划。**到 2100 年，约有 30 多亿人口生活在面临高湿高热压力、海平面上升、风暴潮、洪水、城市热岛效应、严重社会脆弱性的热带沿海城市。印度金奈、菲律宾马尼拉和孟加拉国达卡等城市应是开展科学研究、适应投资和减缓风险的重点区域。

(7) **评估中国面临的巨大风险。**在高排放情景下，中国 80%的人口正日益频繁地遭遇极端高温高湿天气。因此，评估中国面临的巨大风险应成为国内外政策与安全分析人员的优先关注事项。

(8) **意识到恢复时间减少会放大影响。**气候变化正在增加潮湿炎热天气、洪水、干旱和沿海淹没事件的频率和时序。随着气候事件的恢复时间减少，社区的抗灾能力也将迅速减弱。应急管理和适应规划人员必须意识到这一问题，而非依赖过时的对罕见或季节性灾害的假设结论。

(9) **加强和改革热浪行动计划。**热浪行动计划（HAPs）应将人类生理学整合到气候预警系统模型；将“湿度”纳入预警、沟通、规划与响应的各个方面；解决社会不平等和弱势群体需求；融入气候预测并制定长期投资计划，如城市基础设施改善；应广泛向各国政府、开发银行和援助机构分享一套全面的措施工具，包括从加强基本服务和社会保障举措到城市规划设计调整、工作场所适应性、冷却基础设施、社区层面的项目。

(10) **将在气候变暖中保持凉爽视为全球重大挑战。**目前，已有超过 11 亿人口缺少足够的制冷设施，25 年以后，近 20 亿生活在炎热气候国家的居民可能无法使用空调。因此，确保电网韧性至关重要，同时也需要集中供电替代方案，如推广基于离网太阳能光伏的制冷系统。此外，从景观、建筑（如采用反光屋顶）到个人层面实施多种制冷干预措施，也应成为应对重大挑战的重要组成部分。

(11) **立即投资于规划和准备工作。**来自上海、美国芝加哥和巴基斯坦卡拉奇的证据表明，投资规划、准备和公众意识能显著降低极端事件中的死亡率。因此，应广泛分享并推广这种成功经验。随着减缓气候影响的机会窗口的逐渐关闭，政府、私营部门和民间社会必须采取迅速、果断且有目的的行动，确保致命湿度保持其罕见性，而非成为数十亿人将要面临的现实威胁。

（秦冰雪 编译）

原文题目：Lethal Humidity and the Systemic Risks of Climate Change

来源：<https://www.aspi.org.au/report/lethal-humidity-and-the-systemic-risks-of-climate-change/>

气候变化事实与影响

国际研究称全球变暖可能导致冰雹危害加剧

冰雹灾害极其危险，会对人类的生命和财产安全构成严重威胁，并对车辆、农作物和基础设施造成经济损失。随着全球气候变暖，这一系列问题可能会进一步加剧。5月27日和6月3日，《自然》(Nature)和《自然·气候变化》(Nature Climate Change)先后发表文章，量化了全球变暖背景下冰雹灾害风险及其影响的变化趋势。

第一篇文章题为《全球变暖背景下冰雹破坏风险上升》(Rising Global Hail

Damage Potential in a Warming World），来自北京大学和美国中密歇根大学（Central Michigan University）的科研团队，采用 EC-Earth3 集合输出数据模拟了历史与未来情景下的冰雹轨迹。研究发现，到 21 世纪末，全球冰雹引发的潜在灾害损失预计将增加 36.5%~42.1%，具体增幅取决于排放情景。在全球范围内，低层温度和比湿的升高促使冰雹粒径增大，其中直径 ≥ 30 mm 的冰雹发生频率上升 37.9%~51.8%，而直径 < 30 mm 的冰雹发生频率则下降 4.2%~12.3%。在区域层面，中高纬度地区的潜在冰雹破坏性增加，这是由于强增温和弱润湿，放大了气候的不稳定性。相反，热带与季风区由于升温较弱、湿度增加明显且冰雹生长深度有限，冰雹破坏潜力将降低。研究强调，气候变化对全球冰雹灾害的影响具有非均匀性，为未来防灾减灾策略提供了重要参考依据。

第二篇文章题为《全球变暖下的冰雹灾害变化及其对作物冰雹风险的影响》（Shifting Hail Hazard Under Global Warming and Effects on Crop Hail Risk），来自澳大利亚新南威尔士大学（The University of New South Wales）和瑞士联邦农业科学院（Agroscope）的研究团队，采用 3 种冰雹代用指标分析多组全球气候模式预测结果，揭示全球范围内易发冰雹的气象条件频率变化趋势。研究结果表明，这种变化取决于所选指标如何权衡大气不稳定性增强与温度或湿度升高之间的相互抵消效应。目前，冰雹预测的不确定性仍然较高，尤其是在热带地区。在全球平均变暖 2 °C 和 3 °C 的情景下，易发冰雹条件的区域分布呈现向高纬度（极地）移动的特征，中纬度地区的冰雹风险降低，而较寒冷地区的冰雹风险上升。在 26 种假设暴露度与脆弱性保持不变的作物类型中，预计小麦等冬季作物的冰雹风险会增加，玉米等夏季作物的冰雹风险会降低。上述变化可能导致欧洲北部、加拿大、澳大利亚东南部以及新西兰南岛等地出现更多的冰雹风暴。研究结果意味着，冰雹风险向极地方向的转移可能会削弱气候变化导致作物分布向高纬度迁移所带来的产量增长效益。

（裴惠娟 编译）

参考文献：

[1] Rising Global Hail Damage Potential in a Warming World.

<https://www.nature.com/articles/s41586-026-10543-2>

[2] Shifting Hail Hazard Under Global Warming and Effects on Crop Hail Risk.

<https://www.nature.com/articles/s41558-026-02660-7>

国际研究揭示复合天气与气候事件的影响更为深远

6 月 3 日，《自然综述：地球与环境》（*Nature Reviews Earth & Environment*）发表题为《2025 年复合天气与气候事件》（Compound Weather and Climate Events in 2025）的文章指出，2025 年发生的多起高影响复合事件揭示了极端天气与气候变化的非线性相互作用，亟需将复合事件纳入适应规划，并建立从单变量到深度复杂事件的概念层级体系。

天气与气候事件在时空尺度上的叠加，往往会产生比单一事件更为严重的影响。这类复合事件是 21 世纪以来许多高影响灾害的重要成因，其部分原因在于全球持续升温以及水循环加剧。2025 年发生了多起影响显著的复合事件，对自然与人工系统均造成了影响。来自美国加利福尼亚大学洛杉矶分校（University of California, Los Angeles）、墨西哥恩塞纳达科学研究和高等教育中心（Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE）、澳大利亚气象局（Bureau of Meteorology, Australia）等机构的研究团队，基于文献综述分析了 2025 年全球范围内有充分记录且影响显著的复合天气与气候事件。

结果表明：①2025 年，空间、时间与多变量上的复合相互作用事件，在亚洲和北美引发了灾难性的洪水和野火。②南北美洲的严重洪灾，源于异常湿润期与干旱期之后出现的强降水共同作用。③高温事件与生物极端事件复合，对澳大利亚附近的海洋生态系统造成了破坏；其与干旱事件复合，则使美索不达米亚地区（Mesopotamia）的粮食和能源系统面临严峻压力。该研究强调，应将复合事件纳入适应规划，并建立一个概念层级体系。该体系从单变量事件，到包含多种灾害的复合事件，再到涉及众多偶然性灾害与系统相互作用的深度复杂事件。

（董利苹 杜海霞 编译）

原文题目：Compound Weather and Climate Events in 2025

来源：<https://www.nature.com/articles/s43017-026-00797-9>

美研究发现野火的频发加剧美国地表臭氧污染

6 月 4 日，《科学》（*Science*）发表题为《野火逆转美国臭氧空气质量标准的治理成效》（Fires Reverse Progress Toward Ozone Air Quality Standards in the United States）的文章，分析了 2003—2024 年美国野火对地表臭氧浓度的影响，发现随着野火的日益频发，美国减少地表臭氧污染的进展在 2015 年左右出现逆转。

森林火灾会产生臭氧。近年来，野火排放量的激增加剧了美国地表臭氧污染问题。来自美国爱荷华大学（The University of Iowa）、美国国家航空航天局戈达德太空飞行中心（NASA Goddard Space Flight Center）、美国马里兰大学（University of Maryland）等机构的研究人员，利用深度学习技术，构建了 2003—2024 年 1 km 分辨率的美国本土每日地表臭氧数据集，量化了野火对政策管控下臭氧水平及其相关全因过早死亡长期变化趋势的影响，并评估了实施更严格空气质量标准的可行性。

基于该数据集，研究发现了现有稀疏监测网络未能察觉的国家政策相关的臭氧浓度趋势逆转：2003—2015 年，臭氧浓度年均下降 0.65 ppb（十亿分之一）；2015—2024 年，臭氧浓度转为年均增加 0.13 ppb。这一逆转主要由野火排放量增加导致，相当于抵消了此前 3.9 年的污染治理成效。自 2013 年以来，因火灾产生的臭氧造成的过早死亡人数每年增加 318 人，比 2013 年之前高出 46%。2022—2024 年，野火

排放使 4300 万人暴露于臭氧超标区域，阻碍了将臭氧标准收紧至 4 ppb 的目标。研究结果表明，气候变化背景下野火日益频发，使得空气质量改善工作面临越来越严峻的挑战。

（廖 琴 编译）

原文题目：Fires Reverse Progress Toward Ozone Air Quality Standards in the United States

来源：<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aed3197>

气候变化减缓与适应

国际机构联合发布《二氧化碳移除的全球独立科学评估》第三版

6 月 2 日，美国威斯康星大学（University of Wisconsin）、马里兰大学（University of Maryland）、德国国际与安全事务研究所（German Institute for International and Security Affairs）等机构合作发布《二氧化碳移除的全球独立科学评估》（A Global, Independent Scientific Assessment of Carbon Dioxide Removal）报告，梳理了当前二氧化碳移除（CDR）的规模和缺口，对实现《巴黎协定》温控目标具有重要参考意义。报告主要内容如下：

（1）CDR 和减排是实现《巴黎协定》温控目标的必要手段。在与《巴黎协定》目标相符的成本效益情景中，减排至少贡献了实现净零排放所需努力的 80%，CDR 贡献了剩余部分。

（2）CDR 方法众多，在成本、潜力和社会接受度方面差异较大。CDR 可分为传统 CDR（涉及森林和土壤）和新型 CDR（涉及生物炭、增强风化、直接空气碳捕集与封存）。不同 CDR 方法的预期成本差别较大，每吨二氧化碳从低于 10 美元到超过 1000 美元不等；大多数方法的独立移除潜力约为每年 1 GtCO₂（10 亿吨二氧化碳）；移除成本和公众支持存在不确定性。

（3）目前，CDR 几乎完全来自陆基传统 CDR；新型 CDR 发展迅速，但占总移除量的比例较低。CDR 年均总移除量约为 2.2 GtCO₂，约占二氧化碳总排放量的 5%。传统 CDR 约占总移除量的 99.9%，新型 CDR 年均移除量约为 0.002 GtCO₂，但年均增速约 40%。

（4）各国认捐的 CDR 数额与《巴黎协定》兼容情景中 CDR 数额之间存在明显差距，且差距不断扩大。在所有场景中，均部署了传统 CDR 和新型 CDR。各国承诺到 2030 年实现 CDR 约为每年 2.5 GtCO₂，而与《巴黎协定》兼容的最高目标情景的中位数为 2.9 GtCO₂，导致约 0.3 GtCO₂ 的缺口。到 2035 年，这一缺口扩大到每年 1.2 GtCO₂；到 2050 年，进一步扩大到每年 5.2 GtCO₂。各国 2035 年和 2050 年的承诺水平均低于所有与《巴黎协定》相符的情景。

（5）CDR 处在更广泛的背景中，涉及多重目标与潜在副作用。传统 CDR 政策服务于生态系统恢复、生物多样性保护、经济机会，以及稳定气候等多重目标。CDR 的副作用因部署情景而异，通常随着规模的扩大而增加，可能涉及对生物多样性、

资源消耗、能源使用和粮食生产的影响。

(6) CDR 需求增长有助于弥合 CDR 缺口。但目前创新力度相对于预期缺口仍显不足。CDR 领域的研发、出版物、示范、自愿利基市场和启动资金均呈现不稳定增长，但高价值专利申请有所下降。创新延伸到政策层面，欧盟、英国和瑞士等司法管辖区积极探索将新型 CDR 纳入监管计划。

(7) 目前 CDR 系统中的关键方面过于集中，容易造成系统脆弱；若能在方法、参与主体及国家之间实现多元化，将大为有益。传统 CDR 部署和认捐集中于造林和再造林方式；自愿市场中超过 2/3 的传统 CDR 项目位于拉丁美洲；新型 CDR 集中于生物炭和生物质能碳捕集与封存技术 (BECCS) 两种方法；示范资金集中在瑞典、丹麦和美国等少数几个国家的一些项目。

(8) 鉴于 CDR 的规模化部署是循序渐进的长期过程，填补 CDR 缺口迫在眉睫。2026—2030 年这一窗口期，对于确立 CDR 在限制气候损害方面的作用至关重要。前期减排越迅速，对 CDR 规模扩张的紧迫性越低，从而也越能减轻对土地、水、生态系统和资源方面的可持续性压力。新型 CDR 正处于形成阶段，需要在此期间建立合法性，证明可靠性，并实现充分发展，才能确保其长期为《巴黎协定》目标作出实质性贡献。

(徐丽 编译)

原文题目：A Global, Independent Scientific Assessment of Carbon Dioxide Removal

来源：<https://www.stateofcdr.org/report/3rd-edition>

前沿研究动态

国际研究综述氢排放对气候的影响

6 月 1 日，《自然综述：地球与环境》(Nature Reviews Earth & Environment) 发表题为《氢排放对气候的影响》(Climate Impacts of Hydrogen Emissions) 的综述文章，讨论了大气氢的源和汇及其带来的气候影响，强调了未来研究应侧重于改进氢气排放量化，约束土壤汇，以及提升氢化学表现。

在全球低碳能源系统转型的关键时期，氢作为关键组成部分，其需求快速增长，从 1975 年的 20 Mt (百万吨) 激增至 2024 年的 100 Mt。氢气虽不是直接温室气体，但它可以通过大气中的化学反应间接促进气候变暖。为此，来自挪威国际气候研究中心 (Center for International Climate Research, CICERO)、美国非营利机构“星火气候解决方案” (Spark Climate Solutions) 和美国环保协会 (Environmental Defense Fund) 等机构的科研人员，围绕氢的源和汇，系统探讨了其对气候变化的影响。主要结论如下：

(1) 从氢源来看，价值链上的氢排放来源于运行排放、意外排放和逸散性排放。地表氢排放主要来源于化石燃料不完全燃烧，排放量约为 7~20 Tg H₂/年 (百万吨氢/年)，其中，生物质燃烧产生的氢排放约为 13~16 Tg H₂/年；豆科根部释放氢约为 3 Tg

H₂/年。光化学制氢：大气中的氢气主要通过甲醛的光解作用产生，甲醛光解产生的光化学氢产量约为 35~55 Tg H₂/年。

(2) 从氢汇来看，土壤吸收占总氢气去除的 70%~80%，约为 33~90 Tg H₂/年。

(3) 从氢对气候的影响途径来看，氢通过增加大气中 CH₄ 的浓度而具有间接的增温效应，大气中的氢和 CH₄ 也会改变对流层中 O₃ 的形成，氢和 CH₄ 氧化产生的水蒸气有助于温室变暖。

(4) 从氢气的升温效应来看，2010—2020 年，大气中氢浓度上升预计导致全球地表空气温度上升约 0.02±0.006 °C。在 SSP1-1.9、SSP1-2.6、SSP2.4.5、SSP4-6.0 和 SSP5-8.5 情景下，到 2100 年，大气氢浓度变化预计导致全球地表气温升高 0.01~0.05 °C。未来氢经济可能带来巨大的气候效益。2030—2100 年，每年使用 528~660 Tg H₂ 可以避免 0.12~0.19 °C 的全球变暖。

(5) 从氢气估算的不确定性来看，最大的不确定性来源于土壤氢汇，约为 ±25 Tg H₂/年。

(6) 研究建议，应加强全球氢气排放监测、建立基于实证数据的清单和报告框架、有效管理氢气排放，以最大化未来氢气部署的气候效益。

(徐丽 编译)

原文题目：Climate Impacts of Hydrogen Emissions

来源：<https://www.nature.com/articles/s43017-026-00792-0#Sec19>

国际研究显示中国对北极黑碳的贡献有所下降

黑碳气溶胶是北极变暖的重要驱动因素，中国排放的黑碳曾通过长距离大气传输成为北极黑碳污染的主要来源之一。6 月 7 日，日本国立环境研究所 (National Institute for Environmental Studies)、美国科罗拉多大学博尔德分校 (University of Colorado, Boulder)、美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 等在《地球的未来》(Earth's Future) 发表题为《中国对北极黑碳的贡献在 2009—2022 年有所下降》(China's Contribution to Arctic Black Carbon Declined from 2009 to 2022) 的文章指出，2009—2022 年，由于中国实施清洁空气相关政策和气候引起的大气输送模式变化，中国排放的黑碳传输到北极的趋势明显下降。

在中国黑碳排放下降以及气候变化可能影响黑碳传输的背景下，研究人员基于全球化学传输模型 (GEOS-Chem)，结合国际应用系统分析研究所 (IIASA) 提出的第 6b 版《短寿命污染物对气候和空气质量影响评估》(Evaluating of the Climate and Air Quality Impacts of Short-lived Pollutants Version 6b, ECLIPSEv6b) 中的人为排放清单数据，分析了 2009—2022 年中国对北极黑碳贡献的变化趋势。

结果表明：①2009—2022 年，北极的黑碳排放趋势在冬春季（灰霾多发期）显著下降，在夏季反而增加。②2009—2022 年的 2—4 月，中国黑碳排放对北极 750~300 百帕大气高度中黑碳含量的贡献比例超过 30%，并在 500 百帕大气高度达到峰值，

而对地表黑碳的贡献相对较小。③2009—2022 年的冬春季，中国黑碳排放减少对北极地表、500 百帕大气高度和整个对流层中黑碳排放呈现下降趋势的贡献比例分别为 19%、48%和 38%，而在夏季，假设中国黑碳排放保持在 2010 年的水平，数值模拟显示北极 500 百帕大气高度和对流层的黑碳排放趋势分别增加 8%和 1.6%，地表黑碳的趋势变化并不显著。④2009—2022 年，气候引起的大气输送模式变化对北极黑碳排放趋势下降的贡献比例达到 36%~49%，其中，由此变化引发的中国黑碳排放对北极排放的贡献比例下降 51%~64%。这一研究说明，中国的黑碳排放情况对北极黑碳浓度有着重要影响，其在减缓北极空气污染和变暖方面发挥着重要作用，也表明中纬度地区的黑碳减排能够为北极带来明显的气候效益。

（秦冰雪 编译）

原文题目：China's Contribution to Arctic Black Carbon Declined from 2009 to 2022

来源：<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2025EF007441>

全球早期预警系统助力预测生物多样性极端高温风险

6 月 8 日，《自然·气候变化》（*Nature Climate Change*）发表题为《用于预测生物多样性面临极端高温暴露风险的全球早期预警系统》（A Global Early Warning System for Predicting Exposure of Biodiversity to Extreme Heat）的文章发现，新开发的全球早期预警系统，可实现提前 1~2 个月预测生物多样性面临极端高温的暴露风险。

当前，气候变化导致极端高温事件频发，对生物多样性造成严重威胁。在此类环境快速变化时期，要实现有效的生物多样性保护，首先要识别出风险最高的物种和区域。然而，现有预测多聚焦于未来数十年的生物多样性变化，难以为当下的保护行动提供有效指导。来自美国康涅狄格大学（University of Connecticut）、美国国家航空航天局戈达德太空飞行中心（NASA Goddard Space Flight Center）、南非开普敦大学（University of Cape Town）的研究人员，基于 9 个月的季节性天气预报以及特定物种的历史温度阈值，开发了一套生物多样性早期预警系统，用于提前预测生物多样性面临极端高温的暴露风险。

结果表明：①超过 3500 种脊椎动物将平均提前 1~2 个月显著暴露于极端高温之下，其中包括 1250 余种受保护关注物种。②暴露高风险区域主要集中在墨西哥、撒哈拉以南非洲、喜马拉雅地区，以及印度北部、巴基斯坦等。③索诺兰沙漠（Sonoran Desert）、印度河流域沙漠（Indus Valley Desert）等生态区，以及印度北方邦、墨西哥塔巴斯科州等行政区域均被识别为“严重暴露”等级。该预警系统弥补了全球范围内无法对近期极端气候威胁进行预报的不足，为提前开展监测及气候减缓行动提供了操作指南，进而推动生物多样性保护实现从被动响应转向主动管理。

（董利苹 杜海霞 编译）

原文题目：A Global Early Warning System for Predicting Exposure of Biodiversity to Extreme Heat

来源：<https://www.nature.com/articles/s41558-026-02642-9>

《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、中国科学院西北生态环境资源研究院文献情报中心(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营养与健康研究所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;由中国科学院西北生态环境资源研究院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《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由中国科学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》;由中国科学院上海营养与健康研究所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、中国科学院西北生态环境资源研究院文献情报中心(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营养与健康研究所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:中国科学院西北生态环境资源研究院文献情报中心

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