

科学研究动态监测快报

2025 年 3 月 20 日 第 6 期 (总第 408 期)

气候变化科学专辑

- ◇ 国际组织分析气候变化对可再生能源供需的影响
- ◇ 英国气候变化委员会为英国第七个碳预算制定建言
- ◇ 国际研究指出南极冰架加速融化减缓南极环流强度
- ◇ 欧洲研究称气候变化将严重威胁低纬度地区的作物多样性
- ◇ 国际研究评估两栖动物对全球变暖的脆弱性
- ◇ 德机构提出实现 2045 年气候目标的能源转型路径
- ◇ 世界资源研究所提出农业甲烷减排的综合技术指南
- ◇ WMO 牵头启动 iClimateAction 气候情报项目
- ◇ 国际研究分析屋顶光伏发电对气候变化和能源安全的影响
- ◇ 英研究称植树仍然是最具成本效益的碳去除方式
- ◇ 国际研究揭示温室气体对近地轨道卫星承载能力的影响
- ◇ 美研究发现消耗臭氧层物质的减少使南极臭氧层正在恢复

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

国际组织分析气候变化对可再生能源供需的影响.....1

气候政策与战略

英国气候变化委员会为英国第七个碳预算制定建言.....2

气候变化事实与影响

国际研究指出南极冰架加速融化减缓南极环流强度.....5

欧洲研究称气候变化将严重威胁低纬度地区的作物多样性.....5

国际研究评估两栖动物对全球变暖的脆弱性.....6

气候变化减缓与适应

德机构提出实现 2045 年气候目标的能源转型路径.....7

世界资源研究所提出农业甲烷减排的综合技术指南.....9

WMO 牵头启动 iClimateAction 气候情报项目.....10

国际研究分析屋顶光伏发电对气候变化和能源安全的影响.....10

英研究称植树仍然是最具成本效益的碳去除方式.....12

前沿研究动态

国际研究揭示温室气体对近地轨道卫星承载能力的影响.....12

美研究发现消耗臭氧层物质的减少使南极臭氧层正在恢复.....13

国际组织分析气候变化对可再生能源供需的影响

3月4日，世界气象组织（World Meteorological Organization, WMO）、国际可再生能源署（International Renewable Energy Agency, IRENA）和欧洲中期天气预报中心（European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF）联合发布题为《2023年回顾：气候驱动的全球可再生能源潜在资源和能源需求》（*2023 Year in Review: Climate-driven Global Renewable Energy Potential Resources and Energy Demand*）的报告，分析了气候变化/变率与可再生能源之间的关系，强调了气候条件对太阳能、风能和水力发电等能源供需的影响。报告指出，要实现到2030年将可再生能源容量增加2倍、能源效率提高1倍的目标，了解气候驱动因素和采取多样化的能源解决方案至关重要。报告的主要内容包括：

（1）**气候变率和气候变化显著影响能源指标。**2023年，与长期气候平均值（1991—2020年）相比，在气候变率和气候变化的驱动下，风电容量因子（CF）、光伏（PV）容量因子、水力发电近似值和能源度日（EDDs）等主要能源指标变化显著。这些影响因技术和国家而异，在年平均值和月平均值中都观察到明显的百分数异常。虽然光伏容量因子显示的年度异常相对较小（与1991—2020年气候参考期相比，变化低于10%），但风电容量因子表现出明显的变化，在许多地区每年超过15%。这强调了在能源系统规划和运行中考虑气候变率和气候变化的重要性。

（2）**了解气候驱动因素对能源韧性至关重要。**2023年，从拉尼娜到厄尔尼诺的转变是厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）的两个相反阶段，突出了ENSO等大规模气候驱动因素在塑造能源系统中的关键作用。厄尔尼诺更加干燥和温暖的条件显著影响了能源指标，其结果包括南美洲太阳能光伏发电增加3.9%，东亚风力发电增长4.1%。提高对这些驱动因素的理解和准确预测，可以使利益相关者更有效地管理能源资源，优化发电并预测需求波动，从而促进更具韧性和高效的能源转型。

（3）**需要将气候变率信息纳入到能源系统的规划和管理中。**2023年，创纪录的气温和气候驱动的能源变化凸显了将气候变化纳入到能源规划的必要性。这种整合可以支持建立早期预警系统，以改善能源负荷管理、资源优化和维护调度，还可以指导能源基础设施的现代化和扩建，促进技术、市场和政策方面的创新，以确保在多变气候中的韧性。

（4）**灵活的市场结构对能源转型至关重要。**调整电力市场结构对于确保从集中式电力系统向分布式电力系统转型过程的灵活性至关重要。灵活的市场设计必须促进最高价值可再生资源的采购，同时适应灵活的解决方案。支持可再生资源优化和

灵活资源部署的“双重采购”系统是实现这一目标的有效方法。

(5) **应通过多样化和促进区域合作来增强韧性。**结合太阳能、风能、水电和新兴技术的多样化能源组合，对于管理气候变化的影响和确保能源安全至关重要。区域合作对平衡跨境能源供需至关重要。合作可以最大限度地发挥可再生能源潜力，增强电网稳定性，并建立有韧性的能源系统。

(6) **发展中国家拥有巨大的发展机遇。**发展中国家可以利用其可再生能源潜力和气候变化方面的知识来应对能源获取方面的挑战。例如，尽管非洲拥有丰富的可再生能源资源，但其可再生能源装机容量仅占全球装机容量的 2%。通过将资源潜力与气候信息相结合，非洲各国可以有效地发展可再生能源基础设施，支持工业化和经济增长，加速整个非洲大陆的可持续发展。

(7) **全面的能源数据收集和共享至关重要。**系统和详细的能源数据收集和共享对于促进对气候变化对能源供需影响的理解至关重要。虽然此处展示的能源指标提供了简化的视角，但更具代表性的指标需要获取到稳健的数据集，包括有关装机容量和实际发电量的详细信息。透明和协调的数据共享实践将使整个能源部门能够进行更准确的建模和明智的决策。

(廖 琴 编译)

原文题目：2023 Year in Review: Climate-driven Global Renewable Energy Potential Resources and Energy Demand

来源：<https://wmo.int/publication-series/2023-year-review-climate-driven-global-renewable-energy-potential-resources-and-energy-demand>

气候政策与战略

英国气候变化委员会为英国第七个碳预算制定建言

2月26日，英国气候变化委员会（CCC）发布题为《第七个碳预算：对英国政府的建议》（*The Seventh Carbon Budget: Advice for the UK Government*）的报告，建议英国将第七个碳预算（即2038—2042年温室气体排放量上限）设定为535 MtCO₂e（百万吨二氧化碳当量），其中包括国际航空和航运的排放。报告表示，英国2040年的温室气体排放量要比1990年水平减少87%，才能实现2050年的净零排放目标。基于经济和社会因素，报告制定了电力系统、低碳燃料和碳捕集与封存（CCS）、基于自然的解决方案、碳去除和公民需求等5条排放路径，并针对地面交通、建筑、工业等行业提出了优先建议。

1 排放路径

(1) **电力系统。**①**低碳电力供应：**到2040年，海上风电装机容量将从2023年的15 GW（吉瓦）增长至88 GW；陆上风电装机容量将翻一番，达到32 GW；太

太阳能装机容量将增加到 82 GW；发展可再生能源、核能、低碳可调度电力、电池等可储存能源以及与邻近地区的电网互联，确保在恶劣天气下的稳定供电。②电动汽车：到 2040 年，3/4 的汽车和货车以及近 2/3 的重型货车将实现电动化；电动汽车在新车和货车中的销售份额迅速增长，到 2030 年达到 95%，到 2035 年达到 100%。③热泵：到 2040 年，英国约一半的家庭将使用热泵供暖，现有住宅的热泵安装从 2023 年的 6 万台增加到 2030 年的近 45 万台，到 2035 年增至 150 万台左右。④工业电气化：到 2040 年，电力将满足 61% 的工业能源需求，工业中的主要热源被电力所替代，包括电锅炉、电烤箱、电热泵。

（2）低碳燃料和 CCS。①可持续航空燃料（SAF）和航运燃料：到 2040 年，SAF 将满足 17% 的航空燃料需求，氨燃料将满足 22% 的航运能源使用。②氢：到 2040 年，将在陶瓷和化工生产等工业部门使用氢能。③CCS：到 2040 年，CCS 将被用于化工、水泥和石灰等难以减排的工业部门。

（3）基于自然的解决方案。①新的林地：到 2030 年，植树率将增加 1 倍以上，达到每年 3.7 万公顷。到 2040 年，英国林地覆盖率将超过 16%。②泥炭地恢复：到 2040 年，英国泥炭地比例将从 2023 年的 26% 上升到 55%。

（4）碳去除。到 2040 年，采用 CCS 技术的生物能源和直接空气捕集（DAC）技术都将得到应用。

（5）公民需求。①提高效率：到 2040 年，多数行业均有部署具有成本效益的资源和能源效率措施，如家庭隔热、工业资源利用、减少浪费等。②低碳选择：到 2040 年，越来越多的人将选择低碳生活方式，如低碳出行、减少肉类和乳制品的消费。

2 优先建议

（1）地面交通。①实施法规，要求 2030 年以后销售的所有新车和货车能够仅靠电力驱动长距离行驶。②为无法使用私人路外停车场的司机提供低成本的公共充电设施，使公共充电比私人充电更便利。③制定进一步的政策和激励措施，加速零排放货车的使用。④设计和实施监管机制，要求扩大零排放重型货车的销售规模。⑤为地方当局提供权力和获得长期资金与资源的机会，用于增加公共交通等低碳出行方式。

（2）建筑。①确保氢气不会用于家庭供暖。②确保从 2026 年起竣工的新建建筑不接入天然气管网。修改《建筑法规》（*Building Regulations*），保证最迟从 2026 年开始，所有新建建筑都配备低碳供暖系统。③恢复相关规定，保证 2035 年以后，所有建筑安装的供暖系统均为低碳型。④确保前期成本不会成为热泵推广的阻碍，保证家庭可以负担整个建筑行业低碳转型过程和最终能源使用所产生的家用费用。⑤为提高社会住房能效提供长期资金，并制定针对性的支持措施，确保隔热不良的

房屋不会成为低收入家庭采用低碳供暖系统的阻碍。⑥引入一项全面的公共部门建筑脱碳多年计划。

(3) 工业。①开发支持工业电气化的商业模式，激励企业转向电动技术，完善英国排放交易体系（UK ETS）。②针对有可能增加英国进口排放风险的产品，设定全生命周期碳影响的最低标准。③出台法规，必要时给予补贴，推动非交通移动式机械的脱碳。

(4) 农业和土地利用。①发布土地利用框架，阐述土地如何发挥减缓和适应气候等多种功能。②为农民和土地管理者提供激励并解决障碍，使土地利用和管理多样化。③为减少农作物和牲畜管理排放的农业实践与技术提供长期的公共资金，并确保农民和土地管理者按照农业支持机制中的法规或最低要求采用低风险和低成本的措施。

(5) 能源供应。①确保第七轮和未来几轮分配的资金与拍卖设计足以保证提供脱碳电力系统所需的可再生能源容量水平。②改革关键流程和规则，实现能源基础设施的快速扩张。③尽快明确电力市场的转型步骤和未来措施。④确保大型生物质发电厂在 2027 年之后不会获得延长合同。

(6) 航空。①制定和实施政策，确保航空业承担起减少排放的责任。②承诺在 2050 年后防止航空业造成的温室气体排放（非二氧化碳）增加以外的其他变暖影响，开始监测此类影响后，支持调查、开发和试验补充缓解措施。③加强国际民用航空组织（ICAO）目标和国际航空碳抵销与减排计划（CORSIA）的雄心和有效性。与和英国立场一致的国家结盟，在排放和非二氧化碳影响方面超越 ICAO。

(7) 废弃物。①在消除送往垃圾填埋场的可生物降解废弃物并将废弃物能源纳入 UK ETS 之前，确保在英国各地制定改善回收和减少废弃物的政策。②改进废水排放监测，鼓励相关技术开发与部署的投资，以减少废水排放。③防止能源因产能扩张而产生浪费。

(8) 航运。①根据欧盟排放交易体系（EU ETS）规定，将国内和国际航运排放纳入 UK ETS，确保为所有类型船舶的脱碳提供激励措施和基础设施。②加强和实施国际海事组织（IMO）的减排目标，与其他各方合作，建立多边伙伴关系，解决国际航运排放问题。

(9) 碳去除。①公布生物质共同可持续性框架以及健全的监测、报告和核查程序。②确定碳去除的商业规模，包括明确近期融资途径以及公共和私营部门的责任。

（秦冰雪 编译）

原文题目：The Seventh Carbon Budget: Advice for the UK Government

来源：<https://www.theccc.org.uk/publication/the-seventh-carbon-budget/#publication-downloads>

气候变化事实与影响

国际研究指出南极冰架加速融化减缓南极环流强度

南极环流（Antarctic Circumpolar Current, ACC）围绕南极洲由西向东流动，连接大西洋、太平洋和印度洋，与地球上其他洋流都有关联。3月3日，澳大利亚新南威尔士大学（University of New South Wales）、墨尔本大学（University of Melbourne）和印度科学学院（Indian Institute of Science）等机构在《环境研究快报》（*Environmental Research Letters*）发布题为《极地海洋盐分减少导致南极环流减缓》（Decline of Antarctic Circumpolar Current Due to Polar Ocean Freshening）的文章指出，南极冰架不断消融，淡水输入南大洋，导致南极环流强度减缓。

研究人员使用澳大利亚社区气候与地球系统模拟器（ACCESS）系列中的高分辨率海洋-海冰模型——ACCESS-OM2-01，探究冰架融化和气候变暖对南极环流的影响。结果发现，随着气候变暖，南极大陆沿岸的冰架不断消融，大量淡水通过南极中层水（Antarctic Intermediate Water）被输入南大洋低纬度海域，改变了南大洋表层和深层水体的密度结构，进而减缓南极环流动力。模型模拟预计，到2050年，在共享社会经济路径的最高排放情景（SSP5~8.5）下，南极环流强度将减缓20%。南极环流的持续减弱会对全球洋流系统产生重大影响：水平方向上，可能会改变海洋热量和二氧化碳在海洋各层中的分布情况；垂直方向上，可能会影响深层海水的上升和下沉。上述变化将对全球气候、海洋生态系统以及生物多样性产生深远影响。

（秦冰雪 编译）

原文题目：Decline of Antarctic Circumpolar Current Due to Polar Ocean Freshening

来源：<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/adb31c>

欧洲研究称气候变化将严重威胁低纬度地区的作物多样性

3月4日，《自然·食品》（*Nature Food*）发表题为《气候变化威胁低纬度地区的作物多样性》（Climate Change Threatens Crop Diversity at Low Latitudes）的文章表明，气候变化将对低纬度地区的作物多样性构成严重威胁。

气候变化正在改变耕地的气候适应性，可能会对全球粮食作物生产的空间分布及多样性产生深远影响。然而，目前相关研究仍局限于少数作物种类。来自芬兰阿尔托大学（Aalto University）和瑞士苏黎世大学（University of Zürich）的研究人员，通过预测在1.5~4℃全球变暖情景下，30种主要粮食作物的气候适宜地变迁，分析了其对当前粮食生产和潜在粮食作物多样性的影响。

结果表明：①在低纬度地区，即使在2℃全球变暖情景下，仍有10%~31%的粮

食作物生产区域不再适宜其生长，在 3℃ 变暖情景下这一比例将增加到 20%~48%。②在 2℃ 和 3℃ 变暖情景下，全球超 1/2 的耕地将面临潜在粮食作物多样性减少的挑战。③在全球变暖情景下，全球粮食系统的适应潜力和脆弱性在纬度上存在巨大差异，其中，中高纬度地区耕地的潜在粮食作物多样性随气候变暖而显著增加。该研究呼吁全球开展气候变化减缓行动，减轻气候变化对粮食作物生产和未来潜在作物多样性的负面影响。

（董利苹 杜海霞 编译）

原文题目：Climate Change Threatens Crop Diversity at Low Latitudes

来源：<https://www.nature.com/articles/s43016-025-01135-w>

国际研究评估两栖动物对全球变暖的脆弱性

3 月 5 日，《自然》（*Nature*）发表题为《两栖动物对全球变暖的脆弱性》（*Vulnerability of Amphibians to Global Warming*）的文章指出，两栖动物越来越容易受到全球变暖的影响。

两栖动物是受全球变暖威胁最严重的脊椎动物之一，但人们对两栖动物在不断上升的气温下的适应能力却知之甚少。关于两栖动物热耐受性的研究存在着地域和分类学上的偏差，这使得对两栖动物开展的全球气候脆弱性评估的准确性大打折扣。来自澳大利亚新南威尔士大学（University of New South Wales）、澳大利亚国立大学（The Australian National University）、美国杜兰大学（Tulane University）等机构的科研人员，采用基于系统发育的数据插补方法，预测了 5203 种（占全球总量的 60%）两栖动物物种的耐热性，评估了它们在热避难所中对日温度变化的脆弱性。

研究发现：①当处于荫蔽的陆地环境中时，5203 个物种中有 104 种（2%）暴露于过热事件。即使考虑到耐热性的可塑性，全球气温上升 4℃ 将导致影响的严重程度发生阶跃变化，使 7.5% 的物种面临的生存温度超出其生理极限。②两栖动物的脆弱性存在很大的空间异质性。南半球的热带物种会遭遇不成比例的过热事件，而北半球的非热带物种更容易受到影响。研究人员指出，研究中假设两栖动物在陆地进入了阴凉的微环境，因此做出的预测较为保守，实际情况下全球变暖的影响可能会超过上述预测结果。文章通过微气候显式分析表明，将全球气温上升幅度限制在 2℃ 以内对于减少两栖动物过热风险至关重要。同时，植被与水体在缓冲两栖动物抵御热浪影响方面意义重大，需要立即采取行动来保护和管理这些微生境的特征。

（裴惠娟 编译）

原文题目：Vulnerability of Amphibians to Global Warming

来源：<https://www.nature.com/articles/s41586-025-08665-0>

德机构提出实现 2045 年气候目标的能源转型路径

3 月 6 日,德国联邦教育与研究部(Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF)发布题为《以具有成本效益的方式实现能源转型——2045 年气候中和情景》(Shaping the Energy Transition Cost-effectively—Scenarios for Climate Neutrality in 2045)的报告,分析了 2024 年全球气候变化的严峻形势以及德国能源转型的进展,探讨了德国为实现 2045 年气候中和目标的能源转型路径。报告的主要结论如下:

1 全球气候挑战和德国能源转型进展

(1) 全球气候面临挑战,德国能源转型成效显著。①2024 年,全球平均气温首次比工业化前水平高出 1.5 °C,与此同时,全球二氧化碳排放量也达到历史新高。②与 1990 年相比,2024 年德国温室气体排放量几乎减少了 1/2。③2024 年,超 60% 的发电量来自可再生能源,煤炭发电量降至 1950 年以来的最低水平。

(2) 风能太阳能引领电力脱碳,系统灵活性大幅提升。①到 2035 年,电力生产将实现全面脱碳,风能和太阳能在电力结构中的占比将大幅增加。②电力系统的灵活性增加,主要通过电力存储、电动汽车充电以及与欧洲邻国的电力交易来实现。③区域电价机制有助于降低终端用户的电价,提高电网的效率。

(3) 建筑与交通电气化加速能源转型,工业与航空脱碳依赖氢能与电子燃料。①建筑供暖和交通部门的电气化是实现气候中和的关键路径。通过节能改造和循环经济综合措施,预计到 2045 年,能源需求将大幅降低,进而显著加速能源转型。②工业和航空运输部门的脱碳依赖于氢能和电子燃料的使用,然而,这些能源的成本较高,德国未来将严重依赖进口以满足需求。

(4) 能源转型投资激增,建筑与能源行业成重点投资领域。①为实现气候中和目标,能源转型预计每年需投入约 1160~1310 亿欧元的资金,约占 2024 年德国 GDP 的 3.5%。②建筑供暖转型是能源转型的重要组成部分,每年需要 400~500 亿欧元的投资,主要用于建筑能效改造和安装气候友好型供暖系统。③能源行业每年需要 520~600 亿欧元的投资,主要用于可再生能源发电的扩展和电网升级。

(5) 能源转型重塑成本结构,各行业影响各异。①能源转型重塑了各行业的成本结构,带来了额外的成本和节约,具体影响因终端使用部门而异。②额外成本主要源于电网扩建引发的短期电价上涨、化石能源价格攀升,以及工业部门对氢能等高成本非电绿色能源的依赖。③节约则得益于更高效的能源利用,例如热泵和电动汽车的广泛应用,显著降低了能源消耗和运营成本。

(6) 气候中和成本效益显著,政府补贴助力转型。①为实现 2045 年气候中和

目标，预计每年将产生 160~260 亿欧元的额外成本，但这些成本远低于因气候行动而避免的气候损害。②政府补贴计划在推动新技术市场化、基础设施建设以及减少额外成本方面具有重要作用。

2 实现气候中和目标的路径

(1) 实施多元措施降低电力系统成本。①向各消费领域推广可变电价，以降低电力系统成本并缓解电网负荷压力。②引入区域电价机制，激励发电、储能和电解槽的合理布局，从而减少电网扩建和调度成本，有效缓解电网瓶颈问题。③设立摊销账户，实现在较长时间内均衡分摊电网扩建成本，进而减轻短期内的经济负担。④通过跨部门的综合规划策略和区域定价等措施，预计可节省高达 920 亿欧元的电网扩建成本。

(2) 出台政策推进交通领域电气化。①电动汽车在中长期内的总成本显著低于传统燃油汽车，应通过政策导向加速电气化进程。②欧盟针对汽车和卡车制定的排放标准是推动交通领域电气化转型的关键驱动力，德国应继续保持并强化这一标准。③合成燃料是实现航空和航运碳中和不可或缺的解决方案，应通过政策推动其市场发展。

(3) 积极推广热泵应用和“最差优先”策略，加速建筑行业能效改造与能源转型。①热泵是建筑行业脱碳最具成本效益的选择。可通过提高建筑物中化石燃料的二氧化碳价格以及减轻电力的附加费负担，促进热泵的广泛应用。②针对现有建筑节能改造和供暖系统更新换代，提供精准的投资支持，促进气候中和目标实现。③“最差优先”原则强调在建筑改造中统筹节能措施和能源转型，优先对能耗最高的建筑进行改造。通过节能改造措施，显著降低能源需求，推动经济高效的能源转型。

(4) 推动电气化和氢能并行，循环经济助力工业能源转型。①工业领域的电气化具有效率优势，应优先考虑，但在钢铁和化工等行业，氢能仍不可或缺，需加快氢能供应和基础设施建设。②消除气候中和解决方案的市场化障碍，充分发挥循环经济潜力，以降低能源需求并提升能源利用效率，进而有效推动工业能源转型。

(5) 通过欧洲一体化实现协同增效。①成功的欧盟碳排放交易体系（EU ETS）表明，全面的碳定价是实现气候中和的关键。德国需确保第二阶段 ETS 的顺利引入并获得广泛支持，同时积极推动 ETS 第一阶段与第二阶段的有效整合。②通过推动跨境基础设施的建设与发展，进一步强化德国国内能源市场。③欧洲内部的氢能生产和进口协调对于德国的氢能需求至关重要，德国应加强与欧洲国家的合作，以减少对第三国的依赖。

（董利苹 杜海霞 编译）

原文题目：Shaping the Energy Transition Cost-effectively—Scenarios for Climate Neutrality in 2045
来源：<https://ariadneprojekt.de/publikation/report-szenarien-zur-klimaneutralitat-2045/#1-einleitung-und-methoden>

世界资源研究所提出农业甲烷减排的综合技术指南

3月6日，世界资源研究所（WRI）发布题为《农业甲烷减排机遇：技术、经济 and 法规方面的考虑》（*Opportunities for Methane Mitigation in Agriculture: Technological, Economic and Regulatory Considerations*）的报告，综合分析了全球农业主要排放源及减排策略，评估了减排成本和效益，并提出了农业甲烷减排的政策建议。

1 全球农业甲烷排放源及减排策略

（1）**肠道发酵**。畜牧业是全球甲烷排放的主要来源，其中，肠道发酵产生的甲烷占农业甲烷排放总量的近 2/3。主要减排策略包括：①提高饲料效率，通过改善饲料质量和消化率，降低单位产量甲烷排放；②使用甲烷抑制剂，如 3-硝基氧基丙醇（3-NOP）、红海藻、硝酸盐等，通过改变瘤胃微生物活动降低甲烷排放；③遗传改良，通过培养低甲烷排放的牲畜品种，或利用基因编辑技术降低动物甲烷排放量；④新兴技术方案，如可穿戴设备、甲烷疫苗等技术正在研发中。

（2）**粪便管理**。粪便管理中的厌氧环境是甲烷排放的主要来源。主要减排策略包括：①粪便收集与储存干预，通过使用不透气覆盖物、生物炭等措施减少粪便在储存设施中的停留时间；②粪便处理，采用好氧处理（如堆肥）和厌氧消化技术，产生能源（如沼气）的同时降低甲烷排放；③添加剂，如在粪便中添加化学物质来抑制甲烷产生。

（3）**水稻种植**。水稻种植中的淹水方式导致大量甲烷排放。主要减排策略包括：①提高产量，通过选育高产、低甲烷排放的水稻品种，或优化灌溉、施肥管理等措施提高产量，从而降低单位面积甲烷排放；②改变灌溉实践，如采用间歇灌溉、滴灌等节水灌溉技术，减少稻田淹水时间，从而降低甲烷排放；③使用生物炭和秸秆还田等措施实现土壤管理；④新兴技术方法，如使用硝化抑制剂和改变肥料类型等。

2 减排成本和效益评估

（1）**减排成本**。①不同减排策略成本差异较大。例如，提高饲料效率的减排成本相对较低，而甲烷抑制剂的减排成本则相对较高。对于粪便管理和水稻种植策略，成本也取决于具体的实施方式和地区条件。②减排成本还受到技术成熟度、市场接受度、政策支持等多因素的影响。

（2）**效益评估**。①环境效益。农业甲烷减排对于减缓全球气候变暖具有重要意义。甲烷的温室效应是二氧化碳的几十倍，因此降低甲烷排放可显著减缓全球变暖速度。②经济效益。一些减排策略（如厌氧消化）除了可以降低甲烷排放外，还可以产生额外的经济效益，如沼气发电、有机肥生产等。同时，提高饲料效率和水稻产量也可以增加农民收入。③社会效益。农业甲烷减排有助于提高农业生产的可持续性，保障粮食安全，促进农村经济发展。

3 政策建议

(1) **政策支持**。①政府应制定相关政策，鼓励农业甲烷减排。例如，提供财政补贴、税收优惠等激励措施，支持农民采用减排技术和措施。②加强技术研发和推广，提高减排技术的可行性和经济性。

(2) **国际合作**。农业甲烷减排是全球性挑战，需要国际社会共同努力。各国应加强合作，共享减排技术和经验，共同推动全球农业甲烷减排进程。

(3) **公众教育参与**。提高公众对农业甲烷减排的认识和重视程度，鼓励消费者选择低碳农产品，推动农业绿色转型。

(刘莉娜 编译)

原文题目：Opportunities for Methane Mitigation in Agriculture: Technological, Economic and Regulatory Considerations

来源：https://www.wri.org/research/opportunities-methane-mitigation-agriculture-technological-economic-regulatory?auHash=6K_QH2NVcx31pM57Niq711n45mFBG8Mx4-G-XaFFBjg

WMO 牵头启动 iClimateAction 气候情报项目

3月7日，世界气象组织（WMO）与全球气候观测系统（GCOS）、地球观测组织（GEO）和欧盟委员会（European Commission）联合启动 iClimateAction 项目，旨在缩小地球观测方面的关键差距，增强全球抵御气候灾害的能力。

面对气候挑战不断升级，iClimateAction 将解决当前地球观测系统中气候数据收集和可访问方面的碎片化问题，这种碎片化限制了气候数据在科学研究、政策制定和各级知情决策中的有效利用。

iClimateAction 将通过标准化基本气候变量（Essential Climate Variables, ECVs）和提高地球观测网络之间互作性，加强全球气候情报系统建设与 WMO、GCOS、GEO 等地球观测机构之间的协作性，建立标准、开放、可访问、可使用和可互作的 ECVs 全球观测系统，使得观测系统更加连贯、可持续和全面。各个机构还要制定共享和协调的战略，确保气候情报对于全球科学家、政策制定者和社区的可用性。

(秦冰雪 编译)

原文题目：WMO Launches iClimateAction to Strengthen Global Climate Intelligence

来源：<https://wmo.int/media/project-update/wmo-launches-iclimateaction-strengthen-global-climate-intelligence>

国际研究分析屋顶光伏发电对气候变化和能源安全的影响

屋顶光伏发电（Rooftop photovoltaic, RPV）有助于减缓气候变化的风险。同时，住宅屋顶光伏可作为中低收入家庭能源不安全的预防性解决方案。3月，《自然·气候变化》（*Nature Climate Change*）和《自然·能源》（*Nature Energy*）分别发表文章，分析了屋顶光伏对气候变化和能源安全产生的影响。

3月7日,《自然·气候变化》发表题为《全球屋顶光伏发电可减缓全球变暖》(Worldwide Rooftop Photovoltaic Electricity Generation may Mitigate Global Warming)的文章,来自南京师范大学、德国波茨坦气候影响研究所(PIK)、新加坡科技研究局(Agency for Science, Technology and Research)等机构的研究人员,通过地理空间数据挖掘和人工智能技术估算了全球屋顶面积,并以1 km的分辨率绘制了全球RPV分布地图。研究发现:①全球可用屋顶面积为286393 km²。②使用第六次耦合模式比较计划(CMIP6)中的9个先进地球系统模型发现,广泛应用RPV有望在2050年前将全球温度显著降低0.05~0.13℃。③RPV潜力存在区域差异,需要考虑当地太阳能资源、现有基础设施和电网碳密度等因素,采取定制化方法以优化RPV的部署。④利用RPV系统是一种可行且影响深远的策略,有助于降低碳足迹和减缓气候变化。同时,文章强调采取针对性的干预措施来增强屋顶光伏效益,尤其是在太阳能资源禀赋较好的地区以及城市化发展比较迅速的地区。

3月5日,《自然·能源》发表题为《住宅太阳能对中低收入家庭能源不安全的影响》(The Effect of Residential Solar on Energy Insecurity Among Low- to Moderate-income Households)的文章,来自美国印第安纳大学(Indiana University)、劳伦斯伯克利国家实验室(Lawrence Berkeley National Laboratory)、宾夕法尼亚大学(University of Pennsylvania)等机构的科研人员,评估了住宅屋顶太阳能对美国中低收入家庭能源安全的影响。研究发现:①住宅太阳能可显著降低美国中低收入家庭的能源不安全性。例如,住宅太阳能家庭无法支付电费账单的可能性降低了44%;收到断电通知的可能性降低了46%;为节省电费而减少能源消费的可能性降低了15%;为支付电费而削减必要开支的可能性降低了34%;保持家中舒适温度的可能性增加了20%。②住宅屋顶太阳能不仅能够显著降低家庭在电费支出上的压力,还有助于改善家庭支付其他能源账单的能力。③不同太阳能融资方式(如一次性支付、贷款、租赁等)对家庭能源不安全性的影响具有差异。例如,一次性支付住宅太阳能系统的家庭在某些能源不安全性指标(如降低能源消耗和放弃基本生活必需品支出)上具有更显著的效果。④研究结果证明了住宅太阳能系统在显著降低家庭能源不安全性方面的稳健效果。研究建议,政策制定者可考虑将支持屋顶太阳能作为解决能源不安全问题的重要措施之一,通过提供激励措施、降低安装成本等方式鼓励更多家庭采用住宅太阳能系统。

(刘莉娜 编译)

参考文献:

- [1] Worldwide Rooftop Photovoltaic Electricity Generation may Mitigate Global Warming. <https://www.nature.com/articles/s41558-025-02276-3>
- [2] The Effect of Residential Solar on Energy Insecurity Among Low- to Moderate-income Households. <https://www.nature.com/articles/s41560-025-01730-y>

英研究称植树仍然是最具成本效益的碳去除方式

3月3日,《美国国家科学院院刊》(PNAS)发表题为《在复合的气候与经济不确定性下,针对二氧化碳去除的韧性植树策略》(Resilient Tree-Planting Strategies for Carbon Dioxide Removal Under Compounding Climate and Economic Uncertainties)的文章指出,尽管存在气候与经济风险,只要慎重选择种植的树种和合适的种植地点,植树仍然是最具成本效益的碳去除方式。

为了实现脱碳目标,全球各国都做出了雄心勃勃的承诺,要扩大森林面积。落实这些承诺需要选择一种种植策略,确定种植树的树木数量、树种类型以及种植地点。鉴于这些选择必须在当下做出,但会在未来产生长期影响,因此这些决定受到不确定性的困扰。例如,非常适合当前条件的物种在未来气候条件下可能表现不佳,而这些未来气候本身是高度不确定的。来自英国埃克塞特大学(University of Exeter)、伦敦大学学院(University College London)、东英吉利大学(University of East Anglia)等机构的科研人员,以致力于在21世纪中叶实现净零排放的英国为例,量化了与气候变化和经济条件变化有关的关键不确定性,并研究了不确定性背景下现代决策方法如何为种植选择提供建议。

研究表明:①“高排放”未来情景下的最佳种植策略与“接近历史”路径下的种植策略截然不同。在“高排放”情景下制定种植策略,同时在“接近历史”路径下体验植树的效果,将给英国社会带来巨大的净成本。②种植策略中忽视不确定性将带来巨大的成本风险。将不确定性纳入种植策略的决策过程,有助于分散风险,并显著降低产生高成本结果的可能性。③“组合式”的植树方法,即选择多样化的物种与种植地点,有助于平衡风险。这种策略可最大限度地减少押注错误未来的危险,确保植树决策在未来不确定性下仍能保持韧性。④尽管存在持续的气候与经济风险,与其他替代技术相比,植树仍然是一种成本效益很高的碳去除解决方案。

(裴惠娟 编译)

原文题目: Resilient Tree-Planting Strategies for Carbon Dioxide Removal Under Compounding Climate and Economic Uncertainties

来源: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2320961122>

前沿研究动态

国际研究揭示温室气体对近地轨道卫星承载能力的影响

3月10日,《自然·可持续发展》(Nature Sustainability)发表题为《温室气体降低近地轨道卫星承载能力》(Greenhouse Gases Reduce the Satellite Carrying Capacity of Low Earth Orbit)的文章表明,温室气体排放降低了卫星在近地轨道上的承载能力。

温室气体(Greenhouse Gas, GHG)驱动地球气候变化研究多聚焦于对流层这一关键领域。然而,随着近地轨道(Low Earth Orbit, LEO)卫星在通信、天气预报、导航和国防等领域的快速扩展,人类对这一区域的关注也日益增强。来自美国麻省

理工学院（Massachusetts Institute of Technology）和英国伯明翰大学（University of Birmingham）的研究人员，通过模拟 2000—2100 年的二氧化碳排放情景，探讨了温室气体排放对近地轨道卫星承载能力的影响。结果表明：①温室气体排放导致地球热层冷却和收缩，进而降低了近地轨道的大气质量密度。②质量密度的降低将减少轨道碎片的阻力，延长其在轨道上的寿命，进而增加了与其他卫星碰撞的风险，同时还可能导致更多碎片的产生。③在 200~1000 公里高度范围内，受温室气体排放影响，卫星承载能力将减少 50%~66%。该研究指出，鉴于近期近地轨道卫星数量的急剧增长，亟需深入了解该区域的环境变化特征及其对卫星可持续运行的影响。

（董利苹 杜海霞 编译）

原文题目：Greenhouse Gases Reduce the Satellite Carrying Capacity of Low Earth Orbit

来源：<https://www.nature.com/articles/s41893-025-01512-0>

美研究发现消耗臭氧层物质的减少使南极臭氧层正在恢复

3 月 5 日,《自然》(*Nature*)发表题为《指纹识别南极臭氧层的恢复》(*Fingerprinting the Recovery of Antarctic Ozone*)的文章,首次以极高的统计可信度表明,南极臭氧层正在恢复,这是全球努力减少消耗臭氧层物质(ODSs)的直接结果,而不是自然天气变化等影响的结果。

南极臭氧层“空洞”于 1985 年被发现,人为 ODSs 是其主要原因。在《蒙特利尔议定书》(*Montreal Protocol*)规定减少 ODSs 之后,根据观测和广泛的模型数据比较,臭氧层有恢复的迹象。尽管这些方法非常有价值,但在内部自然气候变率存在的情况下,这些方法不能对南极臭氧层恢复的时空结构进行严格的统计检测。来自美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology)、伍兹霍尔海洋研究所(Woods Hole Oceanographic Institution)、美国国家科学基金会国家大气研究中心(National Science Foundation National Center for Atmospheric Research)等机构的研究人员,采用气候变化研究中使用的基于模式的检测和归因方法,依靠趋势模式信息作为月份和高度的函数,将人为强迫的臭氧响应与内部变率分开。该分析使用卫星观测以及单模型和多模型集成模拟,以识别和量化南极臭氧层恢复的月高“指纹”。

通过分析季节与高度的特定模式的信噪比,研究结果表明,自 2005 年以来,臭氧层对 ODSs 减少的响应的指纹模式令人信服。同时还表明,ODSs 的强迫作用增强了南半球春季臭氧的内部变率,影响了强迫响应的检测及其出现时间。研究认为,如果按照这样的趋势,臭氧层恢复的指纹将变得更强,到 2035 年前后可能出现首个没有臭氧层损耗的南极春季。该研究结果提供了强有力的统计和物理证据,表明根据《蒙特利尔议定书》采取的减少 ODSs 的行动确实是使南极臭氧层恢复的开始,即臭氧的增加与预期的月高模式一致。

（廖 琴 编译）

原文题目：Fingerprinting the Recovery of Antarctic Ozone

来源：<https://www.nature.com/articles/s41586-025-08640-9>

《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