

科学研究动态监测快报

2024 年 8 月 5 日 第 15 期 (总第 393 期)

气候变化科学专辑

- ◇ 加拿大发布首个绿色建筑战略
- ◇ 全球碳捕集与封存研究院为全球碳捕集、封存与利用建言
- ◇ 荷兰环境评估署探索荷兰 2050 年实现气候中和的路径
- ◇ 清洁能源协会称全球储能系统供过于求将进一步加剧
- ◇ 非洲国家层面的气候变化适应目标进展亟需加强跟踪
- ◇ 欧盟宣布资助 6740 万欧元支持 5 个跨境可再生能源项目
- ◇ 多机构联合发布利用气候手段干预冰川保护的研究展望报告
- ◇ 国际研究揭示森林碳汇的时空格局及其影响因素
- ◇ 中国农村新型沼气生产与分配系统可实现产能与气候减缓协同效益
- ◇ 中国学者指出中国碳排放和健康损害来源差异显著
- ◇ 中外联合研究发现中国三种强温室气体排放量激增

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

加拿大发布首个绿色建筑战略 1

气候政策与战略

全球碳捕集与封存研究院为全球碳捕集、封存与利用建言 3

荷兰环境评估署探索荷兰 2050 年实现气候中和的路径 4

气候变化减缓与适应

清洁能源协会称全球储能系统供过于求将进一步加剧 5

非洲国家层面的气候变化适应目标进展亟需加强跟踪 7

欧盟宣布资助 6740 万欧元支持 5 个跨境可再生能源项目 7

前沿研究进展

多机构联合发布利用气候手段干预冰川保护的研究展望报告 8

国际研究揭示森林碳汇的时空格局及其影响因素 9

前沿研究动态

中国农村新型沼气生产与分配系统可实现产能与气候减缓协同效益 11

中国学者指出中国碳排放和健康损害来源差异显著 12

GHG 排放评估与预测

中外联合研究发现中国三种强温室气体排放量激增 12

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

加拿大发布首个绿色建筑战略

7月16日，加拿大自然资源部（Natural Resources Canada）发布首个绿色建筑战略——《加拿大绿色建筑战略：为净零和有韧性的未来改造加拿大的建筑行业（以下简称“战略”）》（*The Canada Green Buildings Strategy: Transforming Canada's Buildings Sector for a Net-Zero and Resilient Future*），提出3大重点优先事项，并将从住宅楼、商业和机构建筑、联邦政府大楼3个方面采取行动，旨在加速加拿大建筑脱碳并提高其韧性，支持可负担性、创造就业机会和经济增长。

1 战略重点

基于对加速加拿大建筑脱碳和韧性所需条件的分析，战略提出了3大优先事项：

（1）**加速现有建筑改造**。战略的首要任务是迅速提高节能、深度改造和气候韧性建筑改造的比率。超过96%的建筑物直接排放来自供热，因此，建筑改造应以提高效率 and 减少供热排放为中心。要在2050年前实现加拿大建筑部门净零排放的目标，需要实现每年约3%的现有住宅和建筑改造率。绿色改造还意味着提高建筑物对洪水、野火和飓风等气候灾害的抵抗力，例如提高房屋抵御洪水的 ability、改善排水、在野火易发社区使用特定材料以及安装抗冲击门窗。

（2）**确保节能、气候适应能力强和可负担的新建建筑**。战略的第2个优先事项是从一开始就建立绿色建筑，即以低碳、节能、气候适应和负担得起的方式建造建筑结构。使用低碳建筑材料建造绿色和有韧性的电气建筑，比以后进行改造和电气化相比，可以更快地实现脱碳和韧性目标，而且成本更低。

（3）**塑造未来的建筑行业**。战略的第3个优先事项是塑造未来的建筑行业。鉴于化石燃料供暖是建筑领域最大的排放源，因此，需重点关注供暖电气化。为了实现这一目标，需要开发和部署创新技术，例如热泵。在某些情况下，生物供热和区域供热也可以是负担得起且可靠的净零选择。这种转型需要充足的清洁电力供应。除电气化之外，建筑行业还需要大量技术工人的流入，特别是供暖、制冷、通风、电力和气候适应能力方面的专业人员。

2 关键行动

加拿大政府将从住宅楼、商业和机构建筑、联邦政府大楼3个方面采取行动。

（1）住宅楼

加拿大绿色住宅补助计划（Canada Greener Homes Grants program）于2021年启动，旨在支持房屋改造，以提高能源效率，为符合条件的投资提供5000加元的赠款。

加拿大绿色房屋贷款（Canada Greener Homes Loan）于 2022 年推出，向所有房主及申请加拿大绿色家园补助金计划的人提供 4 万加元的无息贷款。

2024 年，预算宣布：①向加拿大绿色住宅负担能力计划（Canada Greener Homes Affordability Program, CGHAP）投入 8 亿加元，支持中低收入的加拿大人提升家庭能源效率和韧性，减少取暖费用；②投入 3000 万加元用于制定国家建筑标签方法（National Labelling Approach），在现有的 EnerGuide 房屋评级系统的基础上，制定一套通用的标签标准、工具和指南，以支持加拿大各地的房屋标签计划；③启动 60 亿加元的加拿大住房基础设施基金（Canada Housing Infrastructure Fund），以加快建设和升级住房基础设施，例如水、废水、雨水和固体废物基础设施。

石油转向热泵的可负担性补助金（Oil to Heat Pump Affordability Grant, OHPA）计划于 2022 年推出，旨在支持低收入至中等收入家庭从石油供暖转向热泵。

3 亿加元的绿色市政基金（Green Municipal Fund, GMF）将资金和能力建设相结合，帮助市政当局为低层住宅物业提供能源融资计划。

绿色社区试点计划（Greener Neighbourhoods Pilot Program, GNPP）探索使经济适用房大型集群脱碳的新方法，通过将整个社区中的类似房屋和建筑物聚集在一起，加快改造的速度和规模，以创造对深度能源改造的大规模需求。

加拿大绿色经济适用房计划（Canada Greener Affordable Housing Program, CGAH）为低息贷款提供资金，以帮助经济适用房供应商对现有多单元建筑进行深度能源改造。

绿色木材建筑（Green Construction through Wood, GCWood）计划为木材创新用途的示范项目提供资金，支持能力建设、研发、技术指导和相关优先事项。

经济适用房基金（Affordable Housing Fund）用于新建经济适用房以及现有经济适用房和社区住房的翻新与维修。2024 年，预算宣布从 2024—2028 年拨款 9.76 亿加元。

能源创新计划（Energy Innovation Program）为研究、开发和示范项目以及相关科学活动每年提供超过 7000 万加元的资金，针对与建筑相关最具影响力的技术。

加拿大自然资源部 CanmetENERGY 实验室进行与建筑相关的研发，以改善建筑能源系统，开发实现碳中和住房和建筑的途径，推动能源技术、设计和分析工具的发展。

（2）商业和机构建筑

绿色和包容性社区建筑计划（Green and Inclusive Community Buildings Program, GICB）耗资 15 亿加元，旨在支持现有公共社区建筑的绿色和无障碍改造、维修或升级，以及建造新的公共无障碍社区建筑。

加拿大基础设施银行（CIB）的建筑改造计划（Building Retrofits Initiative）有

助于为商业、工业和多单元住宅建筑改造提供资金，利用节能、能源效率和降低运营成本来偿还。

绿色市政基金计划由加拿大政府资助了 16.5 亿加元，已改造了 2,000 座大型建筑。

深度改造加速器计划（Deep Retrofit Accelerator Initiative）为旨在帮助建筑业主在加拿大的商业、机构和中高层多单元住宅建筑中进行深度改造，并推动加拿大各地的市场转型。

“能源之星”投资组合经理平台（ENERGY STAR Portfolio Manager Platform）为商业、机构和多户住宅建筑的能源绩效基准和比较设定了行业标准，帮助业主和运营商跟踪和提高其物业组合的能源效率。

（3）联邦政府大楼

《绿色政府战略》（*Greening Government Strategy, GGS*）旨在减少与加拿大政府运营相关的环境影响，包括房地产运营和新政府建设项目的温室气体排放，增强联邦政府资产、服务和活动的气候适应能力，支持绿色供应链市场。

加拿大政府实施“购买清洁”（Buy Clean）政策方法，利用联邦采购和投资，通过考虑隐含碳或与产品生命周期所有阶段相关的碳，促进低碳或净零碳建筑材料和设计的使用。

（刘燕飞 编译）

原文题目：The Canada Green Buildings Strategy: Transforming Canada's Buildings Sector for a Net-Zero and Resilient Future

来源：<https://natural-resources.canada.ca/transparency/reporting-and-accountability/plans-and-performance-reports/departmental-strategies/the-canada-green-buildings-strategy-transforming-canadas-buildings-sector-for-net-zero/26065>

气候政策与战略

全球碳捕集与封存研究院为全球碳捕集、封存与利用建言

《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）第二十九次缔约方大会（COP29）将于 2024 年 11 月 11 日—22 日在阿塞拜疆召开。7 月 17 日，全球碳捕集与封存研究院（GCCSI）发布题为《COP29 中场：国际气候变化政策中的碳捕集与封存发展》（*COP29 Half-time: CCS Developments in International Climate Change Policy*）的报告显示，第一次全球盘点后，碳捕集、封存与利用（CCUS）的政治势头仍在增长。

近年来，国际方面正在积极布局 CCUS：①UNFCCC 缔约方正在就执行《阿联酋共识》（Uae Consensus）关于通过淘汰煤炭进行能源转型的协议第 28 段进行谈判；②各缔约方也将在 2024 年 12 月前提交第一份半年期透明度报告，用于评估实现巴黎气候目标的进展情况，并将在 2025 年 2 月之前更新国家自主贡献（NDCs）目标；③联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）以一份关于二氧化碳去除（CDR）和

CCUS 的方法报告开始第 7 次评估报告 (AR7) 评估规划; ④绿色气候基金 (GCF) 在特立尼达和多巴哥资助了其第一个与 CCUS 相关的项目; ⑤《巴黎协定》第 6 条扩大有关 CDR 的相关信息; ⑥COP30 轮值主席国巴西将进一步推动 CCUS 实施; ⑦公众对能源部门“公正转型”相关问题的认知正在提高。

基于上述行动, GCCSI 建议: ①协调 NDCs 目标, 到 2030 年将碳管理项目推进到 10 亿吨规模; ②政府和工业部门就协议第 28 段采取行动; ③提高发展中国家对将 CCUS 纳入 NDCs、技术需要评估 (TNAs)、气候融资科学行动计划 (TAPs) 的必要性的认识; ④通过 CCUS 网络, 特别是针对难以减排的部门, 开展具有成本效益的气候融资研究、开发和知识共享; ⑤CCUS 社区和利益相关者积极参与有关公正转型和可持续发展目标的事务。

(秦冰雪 编译)

原文题目: COP29 Half-time: CCS Developments in International Climate Change Policy

来源: <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/cop29-half-time-ccs-developments-in-international-climate-change-policy/>

荷兰环境评估署探索荷兰 2050 年实现气候中和的路径

7 月 17 日, 荷兰环境评估署 (PBL) 发布题为《探索 2050 年迈向气候中和的路径: 2050 年荷兰迈向气候中和社会的路径》(*Exploration of Pathways Towards Climate Neutrality 2050: Pathways Towards a Climate-neutral Society for the Netherlands in 2050*) 的报告, 探索了荷兰到 2050 年实现气候中和的路径。主要包括以下 4 个方面:

(1) **替代化石能源需要扩大零碳电力 (CO₂-free electricity)、零碳热能 (CO₂-free heat)、生物资源和绿色氢生产。**2050 年, 荷兰发电量将是 2022 年的 3~5 倍, 零碳电力产量将增加 7~9 倍。2022 年, 荷兰大约 7% 的能源直接或间接来自风能、太阳能与核能, 预计到 2030 年这一比例将达到 14% 左右, 到 2050 年这一比例将达到 50%~60%。这就需要通过更多地电气化来减少荷兰对国际能源市场和化石能源的依赖, 亟需进一步发展可再生电力生产和电网容量。同时, 还需要其他方案来解决不能被电力取代的化石能源转型。这就需要国际范围内大幅增加生物资源和绿色氢供应, 以及探索二氧化碳封存能力, 但生物资源和绿色氢的可用性可能会受到限制。因此, 如果生物资源供应、绿色氢生产和二氧化碳封存能力不及时扩大, 实现气候中和的代价将大幅增加。

(2) **通过降低燃料需求和增加二氧化碳封存能力, 可以缓解生物资源和绿色氢的可获得性及成本影响。**报告提出, 到 2050 年, 荷兰生物资源的需求将是 2022 年的 4~7 倍; 到 2050 年, 绿色氢生产能力将达到 250~500 Pj (petajoules, 拍焦耳), 该评估结果与荷兰计划到 2040 年绿色氢项目的绿色氢生产能力一致。由于荷兰氢气产量有限, 氢气进口也将发挥重要作用。要实现气候中和, 大量进口生物资源是必

要的，尤其是先进生物燃料生产。同时，该报告指出生物资源与绿色氢的有限性和安全可用性对荷兰 2050 年是否实现气候中和构成风险。因此，建议荷兰通过减少燃料需求，同时增加二氧化碳封存来降低该风险，并通过电气化、节能、地热、余热和环境热等热源来降低燃料需求。

(3) 到 2050 年，荷兰可能实现气候中和，但不一定意味着无化石能源使用。根据报告提出的大部分气候中和路径，到 2050 年，荷兰仍将使用少量化石能源。只有及时获得更多的生物资源和绿色氢，才有可能完全淘汰化石能源。2050 年，与化石能源使用相关的二氧化碳排放必须被捕获或储存，例如储存在海底。或者通过碳捕集、利用与封存 (CCUS) 技术来捕集二氧化碳。根据报告评估结果，到 2050 年，荷兰的二氧化碳封存能力将达到 20~50 Mt (百万吨)。然而，二氧化碳封存能力有限，在 2050 年后还需要负排放，这意味着需要进一步降低与能源无关的排放，逐步淘汰化石能源。

(4) 为实现负排放，在先进生物燃料生产中，碳捕集与封存 (CCS) 技术变得尤为重要。先进生物燃料可以在航空和航运领域替代化石能源。这些生物燃料生产需要在 2030 年之前进行，也是为了在 2050 年实现气候中和。从成本和长远角度来看，即使在先进生物燃料生产落后情况下，在低碳工业过程中，CCS 技术比电力替代更有吸引力。

(刘莉娜 编译)

原文题目: Exploration of Pathways Towards Climate Neutrality 2050: Pathways Towards a Climate-neutral Society for the Netherlands in 2050

来源: https://www.pbl.nl/system/files/document/2024-07/pbl-2024-exploration-of-pathways-towards-climate-neutrality-2050_5535.pdf

气候变化减缓与适应

清洁能源协会称全球储能系统供过于求将进一步加剧

6月26日、7月3日，清洁能源协会 (Clean Energy Associates, CEA) 先后发布题为《储能系统供应链、技术与政策》(Energy Storage Systems Supply, Technology, and Policy Report) 和《储能系统价格预测报告》(Energy Storage Systems Price Forecasting Report) 的报告，分析了全球储能系统 (包括锂离子电池、钠离子电池和固态电池) 的供应、技术和政策趋势，并预测了其价格。报告的主要结论如下：

(1) 尽管全球储能系统的增长率在 2023 年达到创纪录的高值后有所放缓，但仍高达 20% 以上。①巨额投资导致全球储能系统供过于求。②尽管面临重大阻力，但即使在美国，储能系统的增长仍然异常强劲。③可再生能源装机扩容、价格的降低和技术的改进都增加了对储能系统的需求。

(2) 2024 年全球电池供过于求的问题将加剧。①预计 2024 年全球电动汽车销量将继续增长，尽管增速较慢，但仍将增长 1500~1700 万辆。就电池容量而言，这相当于将同比增长约 25%。②在电池供应方面，受到消费者对新能源车里程焦虑的持续影响，到 2024 年，插电式混合动力汽车将受到更多买家的青睐，这将降低全球每辆电动汽车的电池总需求。③据中国汽车电池创新联盟估计，2023 年中国储能系统产能利用率仅约为 41%~50%。

(3) 原材料价格低迷给电池回收技术创新带来压力。①目前电池回收技术主要包括火法冶金、湿法冶金萃取和直接回收 3 种。②火法冶金是利用热量将电池直接在熔炉中熔炼，将电池材料中的金属氧化物转化为金属或金属化合物，再以合金的形式回收钴、镍和铜，其他成分（如锂、铝和锰）大多为炉渣，该技术会排放有毒气体。③湿法冶金萃取，主要是利用可溶解金属的酸溶液对电池进行广泛处理，然后经过一系列“溶剂萃取”、“结晶”、“沉淀”等步骤，从电池中提取和分离不同的金属离子。④直接回收是一种非破坏性的缺损阴极靶向愈合技术，通过直接修复或再生已降解的阴极颗粒，获得新的活性颗粒。⑤直接回收因其工艺相对简化、能源效率提高的潜力较大，可能会在磷酸铁锂（LFP）电池回收中获利。

(4) 国际贸易政策仍存在很大的不确定性。①美国政策最重要的进展是 2024 年 5 月初实施的 301 条款（非电动汽车锂离子电池总关税从 10.9% 提高到 28.4%）。②301 条款将对中国电池产品征收更高的关税，这使得非中国 LFP 电池更具成本竞争力。③鉴于美国现有关键矿物加工能力不足，新关税对关键矿物的影响可能微乎其微。④欧洲政策的实施仍在继续，但仍缺乏强有力的激励框架，预计到 2025 年，欧洲电池产业链产能将同比下降约 3%。

(5) 全球电池的价格将继续呈下降趋势。①毛利下滑是全球电池的主要趋势。②2023 年，每千克碳酸锂当量（Lithium Carbonate Equivalent, LCE）的上游原材料价格打破了 2021 年以来的最低水平，其加权成本已低至 9.72 美元。③受原材料价格下降、竞争加剧、技术创新影响，预计 2024 年中国电池的价格将继续呈下降趋势。④在 301 条款的影响下，预计美国电池价格将上涨 11%~16%。⑤欧盟制造的 LFP 电池成本高于中国和美国，欧盟集成商可以从当前的低关税中受益。

清洁能源协会（CEA）成立于 2008 年，主要聚焦清洁能源领域，目标定位是通过市场调研与分析，为全球清洁行业的制造商、项目开发商、承包商以及投资者，提供采购、质量保证方案等咨询服务。

（董利苹 编译）

主要参考文献

[1] Energy Storage Systems Supply, Technology, and Policy Report.

<https://info.cea3.com/hubfs/STP%20Reports/CEA%20Q1%202024%20ESS%20STPR%20Report%20Sample.pdf>

[2] ESS Price Forecasting Report.

<https://info.cea3.com/hubfs/ESS%20PFR/CEA%20ESS%20PFR%20Q1%202024%20Report%20Sample.pdf>

非洲国家层面的气候变化适应目标进展亟需加强跟踪

7月19日,《自然·气候变化》(*Nature Climate Change*)发表题为《加强非洲追踪国家层面气候变化适应行动的机遇》(*Opportunities to Strengthen Africa's Efforts to Track National-level Climate Adaptation*)的文章,通过对截至2022年9月30日非洲53个国家自主贡献目标(Nationally Determined Contributions, NDCs)和15个国家适应计划(National Adaptation Plans, NAPs)的适应性进行分析,提出亟需加强追踪非洲国家层面气候变化适应目标的进展情况。

要跟踪全球气候变化适应目标的进展情况,就需要记录各国承诺基线(baselines)。然而,现有国家政策文件在多大程度上实现这一目标,尚不清楚。来自意大利国际生物多样性中心(Biodiversity International)、荷兰瓦赫宁根大学及研究中心(Wageningen University and Research)、肯尼亚国际热带农业中心(International Center for Tropical Agriculture, CIAT)等机构的研究人员,根据覆盖范围、一致性和稳健性3个标准,对非洲53个NDCs和15个NAPs的适用性进行分析,旨在了解各国气候承诺的基线。主要结论包括:①各国NDCs和NAPs在跟踪气候变化适应进展方面存在显著差异。只有40%的NAPs和9%的NDCs在气候风险评估、规划、实施与跟踪之间具有一致性。②审查的所有政策文件中,没有任何文件提供完全可靠的指标来实施跟踪。尤其是NAPs,亟需在适应性方面做出努力。③研究结果说明了非洲在国家尺度跟踪气候变化适应目标进展方面存在不足,并强调了在即将进行的NDCs和NAPs修订中存在机遇,以增强未来跟踪的覆盖范围、一致性和稳健性。研究结果为非洲明确了未来NDCs和NAPs跟踪与报告进程的步骤。

(刘莉娜 编译)

原文题目: Opportunities to Strengthen Africa's Efforts to Track National-level Climate Adaptation

来源: <https://www.nature.com/articles/s41558-024-02054-7>

欧盟宣布资助 6740 万欧元支持 5 个跨境可再生能源项目

7月19日,欧盟“连接欧洲设施-能源”(Connecting Europe Facility - Energy)基金宣布资助6740万欧元支持5个跨境可再生能源项目,涉及欧盟5个国家(爱沙尼亚、拉脱维亚、荷兰、德国和波兰)的海上和陆上风电、生物质能、区域供热和绿氢/氨等行业。项目包括:①1000万欧元支持在爱沙尼亚沿海水域建造和运营海上风电场。2660万欧元支持在爱沙尼亚和拉脱维亚边境地区建立可再生能源跨境绿地陆上风电场的项目,总容量高达200MW(兆瓦)。②在欧洲城市Görlitz/Zgorzelec进行全面转型,实现区域供热生产的深度脱碳。其中480万欧元用于技术研究,包括各可再生能源工厂建筑许可的设计和审批规划、新电网路线和热能储存,以及相关公司之间的供热传输和供应;1450万欧元用于建设与调试生物质供热厂和区域供热管道,将供热

区与污水处理厂连接起来，以整合污水气体热电联产的废热。③1160 万欧元支持在欧洲建立首个集成的跨境可再生氢价值链，同时整合来自西班牙的可再生能源。

(刘燕飞 编译)

原文题目: CEF Energy: EUR 67.4 Million to Support Works & Studies for Cross-Border Renewable Energy Projects.

来源: https://cinea.ec.europa.eu/news-events/news/cef-energy-eur-674-million-support-works-studies-cross-border-renewable-energy-projects-2024-07-19_en

前沿研究进展

多机构联合发布利用气候手段干预冰川保护的研究展望报告

7 月 11 日，美国芝加哥大学 (The University of Chicago)、芬兰拉普兰大学 (University of Lapland)、美国国家航空航天局戈达德太空研究所 (Goddard Institute for Space Studies) 等机构联合发布题为《冰川气候干预：研究展望》(Glacial Climate Intervention: A Research Vision) 的里程碑报告指出，冰川退化和海平面上升的科学研究主要关注导致冰量损失、直接或间接引起海平面上升的物理过程和气候变化对上述物理过程的影响等基本问题，解决减缓冰川融化的自然过程、人类是否可以干预增强以上自然过程、实施干预措施的机遇等问题对推动未来冰川研究至关重要。基于上述问题，报告整理了目前已有相关研究的冰川保护干预措施，并就未来的冰川保护研究提出建议。

1 冰川保护干预措施

冰川气候干预旨在减少人类活动引起的冰川崩解损失，进而减缓海平面上升。据联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第 6 次评估报告 (AR6) 预测，到 2100 年，海平面上升幅度和高度分别可达 4~8 mm/a (毫米/年) 和 40~80 cm (厘米)。20 世纪 80 年代初，冰川研究学者已经开始非正式地讨论干预措施，意识到全球气候变化对海洋冰盖的潜在影响。之后的研究逐渐打破传统冰冻圈科学和其他相关学科之间的界限，揭示冰冻圈与大气圈等圈层之间能量、质量和动量交换的相互作用过程机理。目前，较为突出的冰川干预措施有两种：海洋热输送干预和基础水文干预。

(1) **海洋热输送干预**。旨在阻止温暖的环极深水在边缘冰架下部循环，可以通过在冰架前面的海床上设置沉积物堤或纤维帘幕来阻止极地周围深水的流动，使得冰架下的空洞充满冬季海冰形成的冷水。

(2) **基础水文干预**。模仿卡姆布 (Kamb) 冰流关闭时冰下水流减少、摩擦增大的原理，通过从冰川表面钻孔或利用自然形成的冰下通道去除冰川下的流水，减缓、阻止冰川流动。

(3) **其他干预措施**。建立防风林带阻止雪粒流失以增加冰川物质沉积；使用电

缆和锚来延缓浮动冰架的断裂和破裂；在冰川表面添加反射太阳辐射材料以减少消融；在冰盖表面上挖出横向排水池防止向下排水到深层冰川；将海水抽到冰川表面，待其冷冻后增加冰川质量平衡。

2. 冰川保护研究愿景

(1) 自然过程研究。了解自然过程对冰川融化的减缓作用，并进一步研究气候变化对冰川以及上述自然过程的具体影响，预测未来的变化趋势。

(2) 技术干预措施探究与优化。冰川保护研究学者应该慎重考虑冰川气候干预手段，评估极地保护和沿海近岸项目中加入冰川保护研究的收益与风险。地球工程干预方面，利用工程分析确定干预措施的技术可行性和成本。

(3) 全球合作与治理。鼓励南极研究科学委员、冰川保护研究学者、当地（如格陵兰自治政府）利益攸关方等参与冰川保护与治理工作，探讨全球合作机制，在遵循国际法规与公约的基础上，制定科学、公正的治理框架。

(4) 社会与伦理考量。冰川地球工程不仅是一个技术问题，还涉及社会、伦理和法律等多方面的考量。未来的冰川保护研究应注重这些方面的讨论，确保干预措施的实施符合社会公正和道德规范。

（秦冰雪 编译）

原文题目：Glacial Climate Intervention: A Research Vision

来源：<https://epic.uchicago.edu/news/scientists-call-for-major-initiative-to-study-whether-geoengineering-should-be-used-on-glaciers/>

国际研究揭示森林碳汇的时空格局及其影响因素

森林通过从大气中吸收二氧化碳，在减缓气候变化方面发挥着关键作用。近几年，森林碳汇与碳储量一直是研究界关注的热点问题。7月，《自然》(*Nature*)、《自然·通讯》(*Nature Communications*)与《地球的未来》(*Earth's Future*)先后发表文章，评估了全球森林碳汇的时空格局，探讨了外生菌根(Ectomycorrhizal, EcM)树种优势对森林碳储量的影响，分析了美国西部森林碳储量的分布及其影响因素。

随着全球森林砍伐和森林野火肆虐，科学家们开始担心，森林的碳汇潜力可能会受到威胁。7月17日，《自然》发表题为《持久的世界森林碳汇》(*The Enduring World Forest Carbon Sink*)的文章，来自美国农业部(USDA)林务局(Forest Service)、伍德威尔气候研究中心(Woodwell Climate Research Center)、英国利兹大学(University of Leeds)等机构的科研人员，综合了来自北方、温带和热带生物群落的1990—2019年森林数据，基于长期地面测量数据和遥感数据，评估森林对陆地二氧化碳吸收的贡献。研究表明：①1990—2019年，全球森林的碳汇保持稳定，在20世纪90年代和21世纪初为 $3.6\pm 0.4 \text{ PgCyr}^{-1}$ （十亿吨碳/每年），在2010年代为 $3.5\pm 0.4 \text{ PgCyr}^{-1}$ 。②由于森林面积的增加，温带森林（增加 $30\%\pm 5\%$ ）和热带再生森

林（增加 $29\% \pm 8\%$ ）的碳汇有所增加，而北方针叶林（减少 $36\% \pm 6\%$ ）和热带原始森林（减少 $31\% \pm 7\%$ ）的碳汇则分别由于干扰和原始森林面积损失的加剧而减少。③全球森林碳汇几乎相当于化石燃料碳排放量的 $1/2$ ，1990—2019 年，全球化石燃料碳排放量为 $7.8 \pm 0.4 \text{ PgCyr}^{-1}$ 。然而， $2/3$ 的碳汇效益被热带森林砍伐所抵消，1990—2019 年，被抵消的碳汇效益为 $2.2 \pm 0.5 \text{ PgCyr}^{-1}$ 。④尽管 1990—2019 年全球森林碳汇一直没有减少，但这种碳汇可能因森林老化、继续砍伐森林和干扰机制的进一步加剧而减弱，这种减弱会存在区域差异。⑤为了保护碳汇，需要制定土地管理政策来限制森林砍伐，促进森林恢复，改善木材采伐实践。同时，有必要进行研究和监测，以减少森林碳汇评估的不确定性，特别加强对热带地区以及地下生物量和土壤碳的评估。

了解森林碳积累的控制机制对预测和减缓未来气候变化至关重要。然而，目前尚不清楚 EcM 树种的优势是否影响整个森林的碳积累。7 月 16 日，《自然·通讯》发表题为《高纬度森林碳储量随外生菌根树种优势度的增加而增加》（Forest Carbon Stocks Increase with Higher Dominance of Ectomycorrhizal Trees in High Latitude Forests）的文章，来自曲阜师范大学、北华大学、河南大学等机构的科研人员，分析了中国东北地区 4000 多个森林样地的森林清查数据。研究发现：①EcM 树种的优势地位持续地对树木、土壤和森林碳储量产生积极影响。在不利的的气候条件下、较低的树种丰富度和演替的早期阶段，这些积极影响更为明显。②上述结论强调了增加本地 EcM 树种的优势地位的潜力，不仅可以增加碳储量，还可以增强高纬度森林对气候变化的适应能力。③森林管理者可以通过考虑菌根类型、气候、演替阶段和物种丰富度等多种因素，做出明智的决策来优化碳积累。

建立森林碳基线对于跟踪气候减缓目标至关重要。美国西部的森林是自然气候解决方案的热点区域，但受到干旱和干扰状况改变的严重威胁。这些因素如何影响碳储存以及碳储量的时空格局尚不清楚。7 月 11 日，《地球的未来》发表题为《美国西部森林碳储量：分布、驱动因素和趋势》（Forest Carbon Storage in the Western United States: Distribution, Drivers, and Trends）的文章，来自美国卡里生态系统研究所（Cary Institute of Ecosystem Studies）、华盛顿大学（University of Washington）、美国林务局等机构的科研人员，利用 2005—2019 年的国家森林清查数据估算了美国西部 19 个森林生态区的活森林和死森林的碳密度，以确定当前的碳分布、基础驱动因素和近期趋势。当前碳吸收的潜在驱动因素包括采伐、野火、病虫害、地形和气候。研究发现：①太平洋西北地区碳密度最高，西南地区生态区碳密度最低。②在太平洋西南地区和下落基山脉（Lower Rockies）地区，气候是重要的碳驱动因素。火灾减少了活碳（Live Carbon）¹，增加了死碳（Dead Carbon），这在上落基山脉和加利福尼亚州尤为重要。所有地区都会受到火灾的影响。采伐和私有制减少了碳排放，特别是在西北太平洋地区。③2005 年以来，美国西部大部分地区的活碳量下降，影

¹ 活碳和死碳分别用于描述有机碳的两种状态。活碳通常指处于活跃状态的有机碳，即那些还在生物体或生物体过程中进行活跃代谢和循环的碳。死碳指那些不再参与活跃生物代谢或循环过程的有机碳。

响因素可能是干旱和火灾。④太平洋西北地区生态区的碳储量有所增加，可能是从过去的采伐中恢复过来的。⑤该研究结果提供了对美国西部森林碳功能和未来脆弱性的洞察，这对于有效的气候变化减缓战略至关重要。

(裴惠娟 编译)

参考文献:

- [1]. The Enduring World Forest Carbon Sink. <https://www.nature.com/articles/s41586-024-07602-x>
- [2]. Forest Carbon Stocks Increase with Higher Dominance of Ectomycorrhizal Trees in High Latitude Forests. <https://www.nature.com/articles/s41467-024-50423-9#Ack1>
- [3]. Forest Carbon Storage in the Western United States: Distribution, Drivers, and Trends. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2023EF004399>

前沿研究动态

中国农村新型沼气生产与分配系统可实现产能与气候减缓协同效益

7月13日,《自然·通讯》(*Nature Communications*)发表题为《释放农村社区沼气系统用于能源生产和气候解决方案的潜力》(*Unlocking the Potential of Biogas Systems for Energy Production and Climate Solutions in Rural Communities*)的文章,设计了一种农村社区创新型沼气生产和分配系统,可以实现能源生产与气候变化减缓协同效益。

文章指出,中国种植和养殖脱节,村落规模小且散布,畜禽粪便和秸秆生产分散、转运储存能量损失大。农村社区现场将有机废物转化为沼气以满足消费者的能源需求,有可能实现能源平等,并减缓气候变化。然而,当供求不匹配时,现有方法忽略了实时充分供应或甲烷泄漏。来自中国农业农村部成都沼气研究所、美国劳伦斯伯克利国家实验室(Lawrence Berkeley National Laboratory)、英国牛津能源研究所(Oxford Institute for Energy Studies)的研究人员,设计了一种农村社区创新型沼气生产和分配系统,克服了上述问题,并在发展中经济体中获得了协同效益。

来自全球10个城市的实证结果显示:①农村社区创新型沼气生产和分配系统中,在生产侧和用户侧启用了分支管路沼气流协同调节控制机制,使沼气产量与消费量之比接近1,从而在满足农村居民能源需求的同时,避免了甲烷泄漏。②中国全面部署该系统,加之粪肥管理优化,将为实现全球1.5°C目标贡献3.77%的减排。③该系统部署后,全球平均每户每天的温室气体排放量减少了0.88~0.95 kg CO₂ eq(千克二氧化碳当量)。这表明,该系统在气候减缓方面具有显著优势。④该系统有望在满足全球消费者能源需求、减缓气候变化方面发挥重要作用。

(董利苹 编译)

原文题目: *Unlocking the Potential of Biogas Systems for Energy Production and Climate Solutions in Rural Communities*

来源: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-50091-9>

中国学者指出中国碳排放和健康损害来源差异显著

7月13日,《自然·通讯》(*Nature Communications*)发表题为《中国碳排放和健康损害来源的巨大差异需要平衡的协同控制计划》(*Substantial Differences in Source Contributions to Carbon Emissions and Health Damage Necessitate Balanced Synergistic Control Plans in China*)的文章指出,中国主要人为排放源对碳排放和空气污染健康损害贡献存在显著差异,需制定协同控制计划,以有效平衡减污降碳目标。

中国正面临应对气候变化和空气污染的双重挑战。鉴于两者有共同的来源,中国优先考虑采取协同控制方法应对这一挑战。然而,目前缺乏对健康损害和碳排放来源贡献的全面信息。来自北京大学、南方科技大学、德国马克斯·普朗克化学研究所(Max Planck Institute for Chemistry)等机构的研究人员,采用基于区域空气质量模型及其伴随敏感性分析模型,结合高分辨率排放清单,详细分析了不同部门及其相关燃料/过程组合对中国二氧化碳排放和空气污染健康损害贡献。分析的部门涵盖了能源生产、工业、交通、生活(包括居民和商业)和农业等关键部门,共53个行业及其燃料/过程组合。

研究发现,尽管两者都主要来自化石燃料燃烧,但威胁健康的空气污染物的来源贡献与二氧化碳不同。86%的二氧化碳排放量主要来自能源生产和工业部门,煤炭燃烧是两个部门的主要贡献者。由于实施了多种燃烧前和燃烧后控制技术,这些部门的煤炭燃烧占PM_{2.5}排放的17%。相反地,生活部门对二氧化碳排放的贡献仅为4%,但其对PM_{2.5}归因死亡的贡献超过1/4。同一部门中不同燃料类型和工业过程对二氧化碳排放和健康损害贡献也存在显著差异。在人口密集的东部和中部地区以及四川盆地,各个部门对健康损害贡献显著高于二氧化碳排放。通过将健康损害和气候影响货币化发现,除燃煤发电机组和工业锅炉外,能源密集型工业过程、柴油动力车辆、生活燃煤和农业活动造成的健康和气候成本合计超过1000亿美元,其中与健康相关的成本占主导地位。研究强调,迫切需要将健康损害的社会成本与气候影响结合起来,制定更加平衡的协同控制战略,特别是在燃料转型和产业结构升级期间。

(廖琴 编译)

原文题目: Substantial Differences in Source Contributions to Carbon Emissions and Health Damage Necessitate Balanced Synergistic Control Plans in China

来源: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-50327-8#MOESM3>

GHG 排放评估与预测

中外联合研究发现中国三种强温室气体排放量激增

6月14日和7月15日,来自美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology)、复旦大学、北京大学、英国布里斯托大学(University of Bristol)等机

构的研究人员，相继在《环境科学与技术》(*Environmental Science & Technology*)和《美国国家科学院院刊》(PNAS)发表题为《从大气观测推断 2011—2020 年中国全氟环丁烷排放量增加》(Rising Perfluorocyclobutane (PFC-318, $c\text{-C}_4\text{F}_8$) Emissions in China from 2011 to 2020 Inferred from Atmospheric Observations)和《中国四氟化碳和六氟化二碳排放量大幅增加》(Substantial Increase in Perfluorocarbons CF_4 (PFC-14) and C_2F_6 (PFC-116) Emissions in China)的文章指出，过去 10 年(2011 年至 2020 年或 2021 年)，中国全氟环丁烷(PFC-318)、四氟化碳(PFC-14)和六氟化二碳(PFC-116)三种全氟碳化合物(PFC)的排放量大幅增加。

PFC 是一种强效温室气体，其排放以前受《京都议定书》管制，目前被列入《巴黎协定》中。对于 PFC-318，其百年尺度的全球增温潜势值(GWP)高达 10200。PFC-318 是氢氯氟烃-22(HCFC-22)热解生成四氟乙烯(TFE)和六氟丙烯(HFP)过程中的副产物，同时也来自半导体等行业。TFE 主要用于生产聚四氟乙烯(PTFE)。目前，中国关于 PFC-318 的排放研究十分有限。PFC-14 和 PFC-116 是大气中含量最高的两种 PFC，其百年尺度的 GWP 分别高达 7380 和 12400。铝工业、稀土金属工业以及半导体和平板显示器生产行业的 PFC 排放，对于了解全球 PFC-14 和 PFC-116 预算非常重要。

在《环境科学与技术》一文中，研究人员结合中国 9 个站点的大气观测数据和大气反演模型，估算了 2011—2020 年中国 PFC-318 的排放量变化，并进一步探讨了 HCFC-22 原料使用与 PFC-318 排放的关系。研究发现，2011—2020 年，中国 PFC-318 排放量从 650 吨增加到 1120 吨，增加了约 70%，占全球排放量增长的 58%。中国东部地区是 PFC-318 排放的主要来源地区。中国 PFC-318 排放量高的地区与 PTFE 工厂密集的地区重叠，意味着含氟聚合物工厂是中国 PFC-318 排放的重要来源。进一步研究发现，PFC-318 排放量与中国 HCFC-22 原料使用之间呈很强的相关性，这表明在 HCFC-22 原料使用过程中，副产品 PFC-318 的排放对全国 PFC-318 的排放有重要贡献。

在《美国国家科学院院刊》一文中，研究人员基于中国长期大气观测数据结合反演模型，分析了 PFC-14 和 PFC-116 排放量和变化，并确定了其潜在排放源。研究发现，2011—2021 年，PFC-14 和 PFC-116 排放量均大幅增加，增加了约 78%，占全球这些气体排放量增长的大部分。2021 年中国这两种气体的排放总量达到 7800 万吨二氧化碳当量。中国人口较少的西北地区是 PFC-14 和 PFC-116 的最大排放地区，这可能是由于这些地区存在大量的铝工业。经济较发达的东部地区也有较强的 PFC-116 排放，主要来自半导体和平板显示器行业的排放。在中国，铝工业很可能是 PFC-14 排放的主要来源，而铝和半导体工业都是 PFC-116 排放的主要来源。

(廖琴 编译)

参考文献：

- [1] Rising Perfluorocyclobutane (PFC-318, $c\text{-C}_4\text{F}_8$) Emissions in China from 2011 to 2020 Inferred from Atmospheric Observations. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.3c10325>
- [2] Substantial Increase in Perfluorocarbons CF_4 (PFC-14) and C_2F_6 (PFC-116) Emissions in China. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2400168121>

《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