

Science & Technology Frontiers

科技前沿快报

国家高端智库
中国科学院

2023年2月5日

本期要目

- 美国白宫发布“国家太空服务、组装和制造”实施计划
- 美国国家量子信息科学研究中心发布《量子互连路线图》
- 欧盟委员会发布2023~2024年“地平线欧洲”健康工作计划
- 欧洲能源研究联盟提出碳去除技术研发挑战
- 美国发布全球变化研究计划2022~2031年战略规划
- 美国IARPC发布北极研究《2022~2024两年期实施计划》

2023年
总第104期 第**02**期

目 录

深度关注

美国白宫发布“国家太空服务、组装和制造”实施计划..... 1

基础前沿

美国国家量子信息科学研究中心发布《量子互连路线图》..... 5

信息与材料制造

欧盟正式发布《材料 2030 路线图》..... 6

澳大利亚 CSIRO 发布硅行动计划..... 8

美国 NSF 资助可持续材料解决方案研究..... 9

生物与医药农业

欧盟委员会发布 2023~2024 年“地平线欧洲”健康工作计划..... 10

欧盟 CBE JU 宣布 2023 年资助优先项目..... 12

英国宣布 1.75 亿英镑资助基因组学研究..... 13

英国资助农业领域自动化与机器人技术开发..... 14

能源与资源环境

欧洲能源研究联盟提出碳去除技术研发挑战..... 15

美国发布全球变化研究计划 2022~2031 年战略规划..... 17

澳大利亚可再生能源署发布氧化铝精炼脱碳路线图..... 21

欧洲能源研究联盟发布工业储热技术研发白皮书..... 23

美国能源部近 45 亿美元推进多项清洁能源技术研发..... 29

欧盟创新基金资助清洁技术创新..... 32

英国 2.55 亿英镑推进核能、氢能技术及交通和供热脱碳技术..... 34

日本绿色创新基金资助食品、农林渔业碳减排和吸收技术..... 36

美国能源部资助 5 个前沿项目推进国内关键矿产生产..... 37

英国 UKRI 资助河流水质研究..... 38

空间与海洋

美国 IARPC 发布北极研究《2022~2024 两年期实施计划》..... 40

南极研究科学委员会发文阐述南极科学研究计划..... 42

深度关注

美国白宫发布“国家太空服务、组装和制造”实施计划

2022年12月16日，美国白宫科技政策办公室（OSTP）公布“国家太空服务、组装和制造”（ISAM）实施计划¹，以推进美国首个“ISAM 国家战略”中概述的战略愿景。

一、ISAM 的概念和内涵

ISAM 是在轨道上、天体表面以及在这些系统之间运输所使用的一整套能力。这些能力能实现特定的活动，包括：服务，在航天器首次发射后能开展空间检查、寿命延长、维修或改装等，涵盖视觉获取、交会或接近操作、对接、停泊、加燃料、升级、重新定位、轨道运输和迁移、及时收集和清除碎片等；组装，使用预先制造的部件组装太空系统；制造，将原材料或回收材料转化为空间中的组件、产品或基础设施。实现 ISAM 的这些能力可能需要使用以下技术：机器人；可信自主的传感器和软件；再入/脱离轨道系统；先进的太空计算；验证和确认；标准接口；推进系统；支持航天器可服务性的系统工程工具和技术；低成本可重复使用的太空机动、物流和运输系统。

ISAM 能力可以促进可持续的太空环境，提高航天器和仪器的科学产出，并建立稳健、可持续和持久的太空基础设施。培育 ISAM 生态系统可以提高太空系统的性能、可用性、弹性和寿命，可实现太空机动、物流和可复用性，可为遥感、气候科学、人类探索等领域带来经济效益。

二、ISAM 国家战略

2022年4月，OSTP 发布了“ISAM 国家战略”²，概述了在美国《太

¹ National In-Space Servicing, Assembly, and Manufacturing Implementation Plan. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/NATIONAL-ISAM-IMPLEMENTATION-PLAN.pdf>

² In-Space Servicing, Assembly, And Manufacturing National Strategy. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/04/04-2022-ISAM-National-Strategy-Final.pdf>

空优先框架》下推进 ISAM 的 6 项战略目标,以支持航天器补给、维护、空间制造等技术与服务。

1、推进 ISAM 研究和开发。美国政府将协调各界以促进高价值 ISAM 能力研发,如鼓励学术界、产业界和政府的研发机构开发由 ISAM 能力支持的任务概念与架构,调研未来 10 年任务计划的需求等。同时,美国政府还计划基于现有能力建立一个能满足未来需求的 ISAM 生态系统,如开展相关技术、接口和系统的标准化工作,加强体系架构和任务的技术储备,开发使能系统成本模型等。

2、优先扩建可扩展的基础设施。美国政府将协调各界合作伙伴,利用 ISAM 标准、技术和经验扩建地面和天基基础设施。地面基础设施工作包括改善数字基础设施、识别现有设施的不足等;天基基础设施工作包括识别和开发用于演示验证的项目、打造基础设施生态系统等。

3、加速发展新兴的 ISAM 产业。美国政府计划从两个方面加速发展 ISAM 产业。一是向市场持续释放政府需求信号,支持商业界拥有 ISAM 服务的所有权和运营权,并评估新兴商业 ISAM 能力对于航天任务的适用性;二是促进政府与利益相关者合作,包括建立国家级联盟、吸引私企参与标准制定、提供资金支持等。

4、促进国际合作,以实现 ISAM 目标。重点发展与盟友、合作伙伴的国际合作,包括共同明确有潜力的合作领域、促进签订符合美国优先事项的合作协议等,同时积极推动制定非强制性的国际标准、指导方针和规范。

5、推进 ISAM 能力的同时,优先考虑环境可持续性。在全球制定和推广相关标准和最佳实践方法;与合作伙伴利用 ISAM 能力支持高效费比空间碎片移除活动;通过直接付费、信贷、奖励等多种方式激励服务商移除空间碎片。

6、发展和培养多元化的未来人才队伍。在全球范围内招聘人才，鼓励多元化人才投身太空科学研究；设置 ISAM 课程，制定人才培养计划；同时针对下一代技术培养政策和法律专家。

三、ISAM 实施计划

美国政府将协调和组织民事、商业和国家安全领域的力量，以实施 ISAM 国家战略，着力发展在太空系统轨道、月球周围和深空中的制造、组装和维修技术，加强美国的领导地位。ISAM 实施计划围绕上述 6 项战略目标进行组织，分解为 28 项独立的实施活动，联邦各部门和机构将开展相关活动。

1、在“推进 ISAM 研究和开发”方面，将定义使用 ISAM 能力的未来任务和架构，国防部和国家航空航天局（NASA）牵头评估在未来架构和项目中使用 ISAM 能力的价值，以及为特定 ISAM 技术开发测试或示范能力；研究 ISAM 能力需求、技术差距，并制定推进 ISAM 技术的计划，国防部和 NASA 牵头维护现有 ISAM 能力、差距、正在进行的活动和现有设施组成的知识库，优先考虑与 ISAM 相关的基础和应用研究，国家情报总监办公室（ODNI）牵头推进情报高级研究计划局（IARPA）的非机密研究以改善太空储能，以及改进 IARPA 与自主作战、机载决策和其他可能有助于 ISAM 的人工智能相关的非机密研究。

2、在“优先扩建可扩展的基础设施”方面，将制定标准以促进 ISAM 能力的使用，商务部牵头促进 ISAM 技术通用标准的制定，NASA 牵头将已定义的标准和合作特征纳入政府航天器，国防部牵头支持标准接口硬件的飞行资格认证；支持空基和地面基础设施的发展，国防部和 NASA 牵头确定和评估美国政府现有空基基础设施和地面测试设施基础设施的差距并制定弥补这些差距的计划，国防部牵头制定购买商用太空推进剂服务和基础设施的方法。

3、在“加速发展新兴的 ISAM 产业”方面，将鼓励政府太空活动中的 ISAM 能力，国防部和 NASA 牵头采用商业开发的模块化基础设施以减少 ISAM 创新的进入壁垒；使商业太空服务和基础设施蓬勃发展，NASA 牵头召集一个国家联合会以改善政府、行业和学术界之间的沟通，国防部和 NASA 牵头促进对美国政府地面设施的商业和学术访问；平衡政府和产业的角色和责任，国防部和 NASA 牵头描画美国政府打算采购的 ISAM 能力，以及航天器采购中的合同选项和条款。

4、在“促进国际合作，以实现 ISAM 目标”方面，将由国务院牵头鼓励开展国际合作，制定和有效实施准则、最佳做法和负责任行为规范；评估当前和新兴的 ISAM 技术和服务；保持对 ISAM 创新和能力的持续认识，并将这些信息传达给监管机构；促进美国的双边和多边监管意图以促进 ISAM 操作的互操作性和协调性；促进与合作伙伴就 ISAM 能力和活动开展国际合作的机会；探索盟国在地面和太空适当使用美国政府测试设施的可能安排。

5、在“推进 ISAM 能力的同时，优先考虑环境可持续性”方面，将由国防部牵头制定备选方案以获得维修、升级和延长美国政府太空资产寿命的服务；由商务部和国务院牵头修订用于交会接近操作的在轨成像设备的政策；交通部和联邦通信委员会探讨需求的航天器、部件和运输工具在任务完成后实现安全处置以减少空间碎片的政策影响。

6、在“发展和培养多元化的未来人才队伍”方面，将由 NASA 牵头，增加教育机会，让 K-12 学生了解 ISAM 能力，并鼓励学生发现 ISAM 的教育和职业可能性；教育部和国家科学基金会（NSF）牵头，扩大中等和高等教育项目的入学机会；教育部和 NSF 牵头，扩大高中、本科、研究生和博士后水平的机会。

（杨况骏瑜）

基础前沿

美国国家量子信息科学研究中心发布《量子互连路线图》

2022年12月14日，美国“下一代量子科学与工程”（Q-NEXT）国家量子信息科学研究中心发布《量子互连路线图》³。量子互连在各种系统之间以及在不同长度尺度上连接和分发相干的量子信息，以实现量子计算、量子通信和量子传感。该路线图概述了未来10~15年开发量子信息技术所需的研究和科学发现，将为量子互连的研发提供指南。

1、量子计算路线图。未来10年的科技重点包括：在低温下提高量子比特的输入/输出、寻址能力和连接性；相干控制和解决<20 nm 横向精度的光学活性自旋/晶格缺陷；开发网络架构；示范从物质量子比特转换到电信光学光子，具有99%的保真度。未来的关键技术研发需求包括：提高量子比特的保真度和相干性；改进量子比特的经典控制以及门的高效和可扩展驱动；研究和示范大型系统的全栈量子计算；实现物理量子比特之间的量子信息互相转换。

2、量子通信路线图。未来10年的科技重点包括：为商业、政府或科学提供具有明确需求的精确应用和近期应用；开发与可见光、近红外和电信波长的光子量子比特兼容的关键量子组件；示范支持量子中继器的量子通信，成功可能性超过直接传输；使用中继器示范远程（城际）纠缠分发；开发真正的多节点量子网络架构；示范城际规模的同质多节点量子网络；在州际尺度上示范非均匀量子网络。未来的关键技术研发需求包括：低温单光子探测器，半导体单光子雪崩光电二极管，纠缠/超纠缠光子对源，超低损耗光信道研究，空间-地面连接，与经典网络、同步和完整网络安全协议的集成，转换器，量子存储器，高速低损耗的

³ Q-NEXT quantum center releases roadmap for the development of quantum information technologies. <https://www.anl.gov/article/qnext-quantum-center-releases-roadmap-for-the-development-of-quantum-information-technologies>

量子交换机、多路复用技术等关键量子网络组件，网络协议优化，网络架构，与经典计算和通信服务的集成，容错量子网络功能，链路、节点和网络的监控和管理，应用程序编程模型和接口。

3、量子传感路线图。未来 10 年的科技重点包括：实现纠缠多量子比特传感（在局部尺度上），并在实际传感目标上证明对非纠缠传感器的改进；使用远程纠缠开发严格的量子计量理论，以确定可从量子优越性中受益的分布式传感任务类型，评估该优越性的规模化性质，并评估实现该优越性所需的互连传感系统的性能指标；开发新的传感模式，利用多个传感器之间的相关性和纠缠来测量单个传感器无法达到的可观测量；了解并减少固态传感器中界面诱导的退相干；以<5nm 的精度确定可寻址的活性自旋/晶格缺陷/杂质的位置，并预测其在材料中的特性；实现具有单核自旋灵敏度的分子结构的量子传感；实现具有量子优越性的宽频（DC-THz）电磁场的传感。未来的关键技术研发需求包括：度量的控制与确定，如探测器效率、传感器的灵敏度和带宽、量子非破坏性方法、联网传感器的互连带宽等；材料，如传感量子比特的确定性定位或产生，界面和表面的稳健可靠控制，低损耗稳健的量子光源，先进表征方法的获取和开发等；理论进展，如严格的量子计量理论、协议等；系统规模化和传感平台成熟度；拓宽频率空间。 （黄龙光）

信息与材料制造

欧盟正式发布《材料 2030 路线图》

2022 年 12 月，欧盟“先进材料 2030”计划正式发布《材料 2030 路线图》⁴。该路线图由欧洲技术平台、能源材料工业研究计划、宣言签署单位等组织机构联合制定，提出了 9 个材料创新市场和 5 个共同优

⁴ Materials 2030 Roadmap. <https://www.ami2030.eu/roadmap/>

先发展领域。9 个材料创新市场跟《材料 2030 路线图》草案的描述是一致的(详见本刊 2022 年第 9 期),下面将介绍 5 个共同优先发展领域。

1、材料数字化。路线图提出 4 个优先发展方向,包括:开发数字化和创新的方法生成材料数据和知识;开发通用、标准化的语言本体用于数据交换和知识管理,并遵循可发现、可访问、可互操作、可重用原则;为各方所信任的提供数据获取和交换的分布式公共数据存储空间;开发语义和人工智能技术以处理和利用数据。路线图认为材料开发的数字化是加速材料设计和开发的主要需求,将使材料设计速度超过以往并可控制材料的行为。实现数字化需要新的研究和开发方法,需要在建模、模拟和高通量表征的基础上结合计算和实验材料科学。可靠和容易获取的数据是数字化成功的核心。

2、新材料加工和大规模生产。路线图提出 7 个优先发展方向,包括:工艺优化,如高速、节约资源、分离过程优化等;脱碳,如电气化、可再生能源、碳捕获等;大规模定制,如灵活可重置的流程、供应链管理等;零缺陷生产,如产品与过程的在线监控和反馈等;循环经济,如废物价值化、环保设计、再生材料信赖使用等;多材料加工,如设计、生产、3D 打印等;新材料加工,如柔性透明聚合物、生物基和生物可降解原料、纳米材料、基于人工智能的高通量扫描方法等。

3、材料创新市场。路线图提出 7 个优先发展方向,包括:生物基、生物可降解、可循环使用的材料;嵌入式电子器件和后硅时代电子器件;先进涂层和表面纹理材料;用于增材制造的先进材料;传感器和多功能材料;用于循环目的的材料和材料再使用;纤维基材料。路线图认为上述方向可以改变 9 个材料创新市场(健康和医疗、可持续建筑、新能源、可持续交通、家庭和个人护理、可持续包装、可持续农业、可持续织物、电子应用)的游戏规则,满足行业和学界的需求,改善欧盟主权,减少

环境足迹，提高可持续性。

4、政策。路线图突出了使能的政策框架的重要性，包括安全和可持续的化学品和材料的统一设计标准，基于证据的生命周期评估，统一的规范和标准，强大的健康和安全协议，以及覆盖整个价值链的有针对性的教育和培训行动。

5、治理。路线图提出包容性治理的原则，认为强大的社会基础对于成功治理必不可少，需要让材料的利益相关者、工业界、设计师、工会、工人和民间社会都能参与讨论，从而推动新材料的价值化。（边文越）

澳大利亚 CSIRO 发布硅行动计划

2022 年 12 月 9 日，澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）发布《澳大利亚硅行动计划》⁵，提出了以可再生能源为动力，建立一体化国内供应链的愿景。《澳大利亚硅行动计划》重点关注太阳能电池的硅供应链投入，主要包括三大领域的 14 项行动。

1、硅生产。该领域聚焦澳大利亚硅生产行业的发展行动，这是迈向集成硅和太阳能电池供应链的第一步。将鼓励原材料供应，建设澳大利亚硅产能，包括 9 项行动：建立用于太阳能电池供应链的石英质量行业标准；将可再生能源发电和能源回收纳入硅生产工艺；确保太阳能项目开发者和运营商分担开发风险与收益；资助和建立测试设施以支持硅产业；分阶段对新太阳能项目开发实行“国产化”激励；与国际伙伴共同发挥“市场开辟者”作用；通过有针对性的资金支持降低开发新供应链的风险；开发硅冶炼的替代还原剂，研究下一代工艺和技术；参与相关的国际研发举措。

2、太阳能电池制造。行动重点是扩大澳大利亚的供应链活动，包

⁵ Australian Silicon Action Plan: A blueprint for jobs and prosperity in Australia's solar future. <https://www.csiro.au/en/news/News-releases/2022/Australian-Silicon-Action-Plan>

括开发额外的国内硅生产能力，过渡到铸锭、晶圆和电池制造，并继续资助相关研发活动，包括 3 项行动：发展晶锭、晶圆和太阳能电池制造能力；投资于模块制造和回收计划；探索和评估新兴技术。

3、集成供应链。该领域聚焦澳大利亚向集成、低碳和循环太阳能电池供应链转移的行动，包括 2 项行动：发展多晶硅制造能力；将研发工作重点放在开发和推广新兴技术与未来技术上。（刘燕飞）

美国 NSF 资助可持续材料解决方案研究

2022 年 12 月，美国国家科学基金会（NSF）通过“融合加速器计划”资助 1150 万美元，加速材料发现与开发以及生产与制造之间的融合研究，以应对与关键材料和产品的制造、再利用和回收相关的挑战⁶。该轮可持续材料解决方案研究主要包括两个资助方向。

1、基础材料科学。涉及材料设计与制造工艺，包括：开发关键矿物发现和预测方法；面向可持续电子技术融合的新型高能效导体；通过微生物生产的丝蛋白增强生物基纺织品和复合材料；“社会韧性材料设计”用于材料研发决策过程；开发全氟和多氟烷基物质替代品；用于气候变化修复解决方案的可持续自然纳米材料等。

2、循环设计。创造具有环境和经济可持续价值的材料及产品，包括：开发从分子到材料和建筑环境等多个尺度上的材料再利用循环模型；创建微芯片制造可持续创新生态系统；开发可部署、净零足迹的增材制造系统；通过预测算法构建塑料回收平台；为增材制造设计、生产和供应更环保油墨提供融合平台；面向未来循环和负碳的波特兰水泥混凝土创新制造；改进光伏材料生命周期；再生纺织品和服装制造生态系统；可持续拓扑能源材料的节能应用；从高盐水提取氢和关键元素等。（冯瑞华）

⁶ NSF advances sustainable materials solutions and capabilities. <https://beta.nsf.gov/news/nsf-advances-sustainable-materials-solutions>

生物与医药农业

欧盟委员会发布 2023~2024 年“地平线欧洲”健康工作计划

2022 年 12 月 6 日，欧盟委员会发布了 2023~2024 年“地平线欧洲”工作计划，拟投资 135 亿欧元（约合 991.16 亿元人民币），支持欧洲科研人员针对环境、能源、数字和地缘政治等挑战提出突破性解决方案。该计划下设的健康主题规划了六大发展目标和相应的资助方向⁷。

1、在快速发展的社会中保持健康。主要资助 3 个方向：基于以人为本的理念，开展高质量的保健和护理研究，提高疾病预防和应对能力，提升民众生活质量；利用数字化赋能，使儿童和青少年能够在其身心健康和社会福利管理中发挥积极作用；实现非传染性疾病的个性化预防，按照个人特征进行人口分层，进而提出针对性干预措施。

2、在有益健康的环境中生活和工作。主要资助 5 个方向：探索地球环境系统与人类健康之间的相互作用；设计循证干预措施，保障各行业的从业人员的身心健康；评估内分泌干扰物对健康的影响；建立欧洲和全球研究网络，协调开展环境暴露研究；监测空气、噪音、光污染以及有害垃圾等环境污染对非传染性疾病发生发展的影响。

3、积极应对疾病，减轻疾病负担。主要资助 16 个方向：针对非癌症患者，制定姑息治疗和临终护理的新策略；制定干预策略，降低城市环境中非传染性疾病发生风险；针对具有流行潜力的传染性疾病，研发广谱抗病毒疗法，以防范和应对疾病大流行；维持和强化欧洲各适应性平台（Adaptive Platform）的研究之间和各队列之间的现有协调机制，以防范和应对疾病大流行；通过建立信息交流系统、制定战略研究框架以及构建合理的治理结构，推动欧洲脑健康协同研究；开展传染性疾病

⁷ Horizon Europe Work Programme 2023-2024: 4. Health. https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-4-health_horizon-2023-2024_en.pdf

与非传染性疾病的关联研究；探索疫苗诱导免疫持续时间和强度的影响因素；针对具有传播和大流行可能性的病毒，开展病毒蛋白免疫原性研究；建立欧洲罕见病研究合作网络，为欧洲乃至全球罕见病患者提供健康产品和干预措施；评估卫生保健干预措施在儿童、老人、孕妇等具有较高卫生保健需求人群中的实施成效；为适应性平台的临床研究提供资金，使其在疾病流行或大流行的情况下，能够及时开展新型诊断方法、治疗方法和疫苗的评估；发现能够有效预测、预防脑疾病的体液生物标志物；针对患者负担重、研究不足的问题开展攻关；维持欧洲防范大流行疾病伙伴关系；对传染病的宿主-病原体相互作用机制开展研究；加强抗菌素耐药的研究和创新。

4、提供可持续和高质量的创新医疗保健服务。主要资助 5 个方向：制定管理框架，确保患者在跨境紧急情况下也能获得常规护理与保健服务；为卫生护理人员维持心理健康和缓解工作压力提供干预方案；建立环境可持续和碳中和的卫生保健系统；建立欧洲个性化医疗伙伴关系；为提高弱势群体对卫生保健的可及性提供创新解决方案。

5、充分发挥新型工具、技术和数字化解决方案的潜力，促进构建健康社会。主要资助 8 个方向：开展联合先进疗法与产品（ATMPs）的临床试验；建立整合患者病理-生理特征的综合性、多尺度计算模型（虚拟孪生），优化患者个性化疾病管理策略；更好地利用与健康相关的真实世界和基因组数据，以改善临床结果；利用实时数据分析和安全即时计算的潜力，实现持续、快速的健康状态监测，促进以人为本的保健护理；建立体外诊断设备，解决跨境健康威胁；为欧洲卫生数据空间建立数据质量和效度标准；开发创新型非动物工具和策略，促进生物医学研究；开展活细胞的生物打印研究，促进再生医学发展。

6、保持健康产业的创新力、可持续性和全球竞争力。主要资助 7 个方向：支持采用创新卫生技术评估（HTA）方法，并在欧盟推广 HTA 专业知识；拓展“欧洲电子健康记录交换格式”，以提高欧洲健康数据空间内的互操作性；解决孤儿药和儿科药物研发中的监管需求；分析 ATMPs 临床应用的障碍；开发欧洲数字卫生技术的评估方法；开发欧盟范围内的方法框架，用于医疗器械和体外诊断医疗器械的临床评估，以及上市后的临床随访；获得非动物新方法安全性和有效性监管的经验，增加监管机构使用这些新型方法的信心。（靳晨琦）

欧盟 CBE JU 宣布 2023 年资助优先项目

2022 年 12 月 19 日，欧洲循环生物基产业联盟（CBE JU）发布其 2023 年度工作计划⁸，包括下一次项目提案征集的信息，将投入 2.155 亿欧元（约合 15.81 亿元人民币），用于在 18 个主题中推动欧洲具有竞争力的循环生物基产业发展。

1、创新行动-旗舰项目。项目提案包括：优化和整合以木质为基础的价值链，1700 万欧元；扩建或改造生物炼制厂，以获得更高价值的生物基化学品和中间体，1700 万欧元；研发具有阻隔性、食品接触性、成型性、可印刷性、安全性、可回收性/通过设计获得的循环性等改进性能的生物基包装材料，1700 万欧元；水生生物质废料和残留物的价值化，1000 万欧元。

2、创新行动。项目提案包括：农村地区的小规模生物炼制，1500 万欧元；生产安全、可持续、高效的生物基肥料，改善土壤健康和质量，1500 万欧元；改进发酵过程（包括下游净化），使之成为最终的生物基产品，1500 万欧元；回收生物基塑料，增加分类和回收成分，1500

⁸ CBE JU sets funding priorities for 2023. <https://www.cbe.europa.eu/news/cbe-ju-sets-funding-priorities-2023>

万欧元；开发可扩展、安全的生物基表面活性剂，提高其可持续性，1500 万欧元；可选择、可持续的生产途径，以替代化石基化学构件的生物基替代品，1500 万欧元；高性能、通过设计获得的循环性的生物基复合材料，1500 万欧元。

3、研究和创新行动。项目提案包括：植物管理，用工业作物固化土壤，利用受污染的盐碱地进行工业作物生产，1000 万欧元；优化基于森林的高价值应用价值链，改善森林管理，1000 万欧元；健全和优化工业生物技术和化学/工业生物技术工艺，1000 万欧元；开发新型、高性能的生物基聚合物和共聚物，1000 万欧元；为制定生物基产品在受控和开放环境中的生物降解性标准而进行的规范前研究，500 万欧元。

4、协调和支撑行动。项目提案包括：创建欧盟范围内的试验工厂和测试设施网络，改善中小企业和初创企业的扩大规模的机会，150 万欧元；支持各地区在生物基部门的环境可持续性评估方面的能力建设，300 万欧元。

（郑颖）

英国宣布 1.75 亿英镑资助基因组学研究

2022 年 12 月 13 日，英国卫生和社会保障部部长宣布提供 1.75 亿英镑（约合 14.54 亿元人民币）的资助，用以创建世界上最先进的基因组医疗系统，拯救生命和提升医疗健康水平⁹。癌症患者和患有可治疗的罕见遗传病的儿童将从早期诊断和更快地获得治疗中受益。该资助将推进一项新的 3 年计划，名为“英国基因组：2022~2025 年英格兰实施计划”。该计划的研究内容包括：

1、启动一项世界领先的研究。资助金额为 1.05 亿英镑，由英格兰基因组学协会（Genomics England）与英国国家医疗服务系统（NHS）

⁹ Over £175 million for cutting-edge genomics research. <https://www.gov.uk/government/news/over-175-million-for-cutting-edge-genomics-research>

共同领导，以探索使用全基因组测序来发现和治疗新生儿罕见遗传疾病的有效性。例如罕见的遗传性甲状腺激素疾病，这些疾病无法通过 NHS 常规的足跟采血试验检测出来，如果不进行治疗，可能会导致发育和学习困难以及长期的健康并发症。该研究在 2023 年开始对 10 万名婴儿的基因组进行测序，并将收集是否可以在全国范围内推广的证据。

2、支持一项创新癌症计划。资助金额为 2600 万英镑，由英格兰基因组学协会领导与 NHS 和国家病理成像合作组织合作领导，评估尖端的基因组测序技术，并使用人工智能来分析个体基因组数据和数字组织病理放射学图像，以提高癌症患者诊断的准确性和速度。

3、支持英格兰基因组学协会领导的一项计划。资助金额为 2200 万英镑，至 2025 年，将对来自不同背景的 1.5 万~2.5 万名参与者的基因组进行测序，以进一步理解 DNA 及其对健康结果的影响，解决基因组医学中的健康不平等问题。

4、资助一项为期 4 年的功能基因组学计划。资助金额为 2500 万英镑，由英国医学研究理事会（MRC）领导，将利用基因编辑等分子工具来提高对遗传变异如何导致疾病的理解，并支持更智能的诊断和新疗法的发现。

（郑颖）

英国资助农业领域自动化与机器人技术开发

2023 年 1 月，英国国家研究与创新署（UKRI）与环境、食品和农村事务部（Defra）围绕自动化与机器人技术开展新一轮资助¹⁰。此次资助分为合作产业化研究和实验性开发两类项目，前者将推动英国世界领先的研究基地、农业科技企业、中小企业和英国农业部门的合作研发，后者将推动自动化和机器人实验开发以加快农业及园艺机器人和自动化

¹⁰ £12.5m funding call open for automation and robotics in farming. <https://www.ukri.org/news/12-5m-funding-call-open-for-automation-and-robotics-in-farming/>

创新的商业化推广，预计投入为 1250 万英镑。这些项目旨在显著提升英国农业生产率及其可持续性，降低农业对环境的影响，提升农业韧性。

本次资助范围包括园艺、耕作作物生产和牲畜，以及受控环境和垂直农业系统等。重点资助领域包括：用于静态或移动操作的机器人和自动化机器和系统；用于收集和存储数据的成像、传感和监控设备和系统，以及支撑管理决策和自动化操作的数据处理等；用于农场加工和包装操作的系统等。

（黄健）

能源与资源环境

欧洲能源研究联盟提出碳去除技术研发挑战

2022 年 12 月 21 日，欧洲能源研究联盟（EERA）发布《可持续碳循环：挑战与机遇》政策简报¹¹，提出了碳捕集利用与封存（CCUS）、直接空气碳捕集与封存（DACCS）、生物能源碳捕集与封存（BECCS）等碳去除技术的研究创新优先事项及挑战。

一、研究创新优先事项及挑战

1、低碳农业。该技术的创新挑战包括：扭转森林碳去除量的下降趋势，并使其恢复到每年去除超过 3 亿吨二氧化碳当量的水平（2013 年之前水平）；为土地管理者建立合适且有效的激励机制，以增加碳去除量并保护碳汇；使可持续碳管理的主要利益相关者能实现生物多样性恢复和自然保护；提高低碳农业实践的可行性，为生物多样性和生态系统服务提供共同利益；推动和定制培训与咨询服务，增加土地管理者的知识及其参与低碳农业的机会；推进监测、报告和验证方法及规则的标准化；低碳农业相关举措应有助于增加 4200 万吨二氧化碳当

¹¹ Sustainable Carbon Cycles Policy Brief assesses status of carbon removal technologies in broader R&I implications. <https://www.eera-set.eu/news-resources/3913-sustainable-carbon-cycles-policy-brief-assesses-status-of-carbon-removal-technologies-in-broader-r-i-implications.html>

量的碳汇，以实现到 2030 年净去除 3.1 亿吨二氧化碳当量的目标；协调欧盟的森林相关信息；推动部署气候智能型农业示范网络；充分利用数字技术，更准确、经济和高效地估算碳排放量；提供解决方案以增强欧盟沿海地区的恢复和保护；增加蓝碳量化相关的知识和数据。

2、工业 CCUS。该技术的创新挑战包括：改善建筑物的气候性能，减少建筑行业的总体排放量，同时封存大量碳；开发科学合理的方法，以实现在欧洲所有与产品气候性能相关的框架中承认碳封存；开发创新技术以替代能源密集型材料，如用生物基材料和产品来替代水泥和钢铁；改进将二氧化碳从废物转化为资源的解决方案，并将其用作生产化学品、塑料或燃料的原料；降低用二氧化碳生产甲醇的成本，为生产乙烯或丙烯等多种化学品开辟道路；研究利用枯竭油气藏和咸水层在海上封存数十亿吨二氧化碳的可行性；确保到 2030 年，至少 20% 的化学和塑料制品中使用的碳来自可持续的非化石资源；到 2030 年，每年从大气中移除并永久封存 500 万吨二氧化碳；提高二氧化碳封存和运输基础设施的容量；开发可用于追踪捕集的二氧化碳的有效系统，可以分别追踪来自化石能源、生物和大气中的二氧化碳被运输、加工、封存以及可能被重新排放到大气中的数量。

二、推进碳捕集技术发展的研发需求

1、直接空气碳捕集与封存 (DACCS)。目前全球有 19 家 DACCS 工厂在运营，每年捕集超过 1 万吨二氧化碳，该技术的最大挑战是能源需求问题，预计到 2100 年，从空气中捕集二氧化碳所需的能源将占能源供应总量的 1/4。因此，该技术必须解决其对能源系统的影响。

2、生物能源碳捕集与封存 (BECCS)。生物乙醇是该领域最具前景的领先技术，其他技术仍缺乏适当的政策环境以促进发展。该领域仍需采取措施以降低前期成本、缩短投资回报期，并推动生物质供应的可

持续性以及运输和封存基础设施的进一步发展。其他需要公私投入的未来研发领域包括：先进生物质气化制氢；低能耗碳捕集技术；基于金属有机骨架的固体吸附碳捕集；进一步研究 BECCS 与土地使用之间的关系。

3、数据收集和管理。数据的可用性是技术发展的基础，收集整个 CCS 价值链的关键数据将使立法者、研究人员和行业更好地了解碳去除和环境因素所带来的实际影响。重点关注的领域包括：将废物转化为能源和混燃原料的生物碳含量的核算和验证；二氧化碳封存的持久性和风险评估；涵盖 BECCS 价值链和多方利益相关者的碳去除分配量化研究。

4、基础设施建设。主要包括：CCS 基础设施选址；碳捕集水耗研究；碳排放源的互连设施。

5、捕集二氧化碳的转化利用。主要包括：二氧化碳转化为化学品、材料和食品；二氧化碳转化为能源载体和燃料的创新技术，包括利用二氧化碳和氢气模块化合成设备制碳氢化合物燃料，以及通过低碳氢将生物质转化为液体燃料。
(岳芳)

美国发布全球变化研究计划 2022~2031 年战略规划

2022 年 12 月 5 日，美国全球变化研究计划 (USGCRP) 和美国国家科学技术委员会 (NSTC) 全球变化研究小组委员会联合发布《美国全球变化研究计划 2022~2031 年战略规划》¹²，确定推进科学、国家参与、支撑决策、国际合作四大支柱，以扩大美国联邦全球变化科学的影响，更好地向美国与世界提供应对气候变化和全球变化迫切需要的信息。

支柱 1：推进科学——提高关于相互关联的自然系统和人类系统以及全球变化给社会带来的风险的科学认识。

1、地球系统变化。USGCRP 各机构保持了解地球系统变化所需的

¹² The U.S. Global Change Research Program 2022–2031 Strategic Plan. <https://www.globalchange.gov/browse/reports/us-global-change-research-program-2022%E2%80%932031-strategic-plan>

观测、建模、数据获取与管理方面的核心科技能力，主要聚焦 6 个重点。

(1) 极端事件。加深对驱动极端事件的过程及其对社会的影响的理解。USGCRP 各机构将对能够改进对极端事件的人类和自然影响的估计的相关因素开展基础研究，包括以下内容：归因，即确定极端事件的自然、生物地球化学和人为原因；表征和限制不确定性；改进观测；改进模型表示和准确性；改进气候预测。

(2) 临界点。提高对物理、自然和人类系统中发生突然、广泛变化的可能性的理解。USGCRP 各机构将继续开展研究、开发模型和设计观测系统，以促进对地球系统潜在临界点的了解，强调了自然系统和社会系统之间复杂的相互作用，这有助于识别临界点的阈值和潜在爆点。

(3) 生物多样性。监测并评估气候变化、全球变化与物种的分布、生产力、多样性之间的关系。USGCRP 各机构将继续记录海洋、淡水和陆地生态系统的生物多样性丧失、全球趋势和潜在的未来损失，以及这些趋势与气候变化的相互作用，研究活动包括：遥感和原位观测；实地考察；生物监测网络；模拟物种和生态系统对环境条件变化的响应；模型-观测实验，以更好地理解工作过程和变化模式；开发并提供工具与综合产品，为保护生物多样性和采用基于自然的解决方案应对多种威胁的行动提供信息。

(4) 陆地与海洋变化。了解人类驱动的地球陆地与海洋变化的趋势和未来演变。USGCRP 各机构将继续使用多种方法来表征陆地和海洋变化：通过陆地卫星计划、海洋模式和过程监测以及国内和许多国际合作伙伴的兼容陆地成像卫星进行的大规模卫星监测；原位测量；与越来越多收集超高分辨率数据的商业实体合作；建模以表征正在进行的变化、它们的起源和潜在的未来演变；由自然科学和社会科学领域的个人调查员和跨学科团队进行的研究；人工智能和机器学习中的新兴技术，从可

用数据源和方法中提取所有可能的信息。

(5) 气候敏感性和碳循环反馈。减少对未来气候系统行为估计的不确定性。为提高对气候敏感性的估计，USGCRP 各机构将开展以下活动：维护观测网络并扩展现有的观测时间序列；使用最新一代的模型、新的统计和理论方法、古气候重建和新的观测数据。主要研究目标包括：提高模拟气候系统反馈的能力，包括云量、大气水汽和海洋环流的变化，以及北极地区的加速变暖；了解地球的气候历史以及自然系统如何在地质时期响应气候强迫。

(6) 不确定性。推进地球观测和模拟中不确定性的量化。USGCRP 各机构将使用改进的模型过程表达、机器学习、人工智能，以更快地推进不确定性的量化，包括：使用先进的统计技术将不确定性量化直接整合到模型开发和比对过程中；开发综合的不确定性框架，结合气候变化研究、反馈和应用。

2、人与自然耦合系统面临的风险。USGCRP 各机构保持核心能力以了解多样化、动态、复杂的人类系统：观测，通过土地利用、健康、经济和其他社会活动，资源开发和使用以及其他措施，观察多样化、动态人类系统的状况和变化；建模和分析，开发并使用综合评估模型以及社会和物理科学方法，了解自然系统和人类系统现在如何相互作用以及这些相互作用在未来可能如何变化。

(1) 复杂、自适应、相互关联的系统。了解人-自然耦合系统的动态如何影响脆弱性和风险。研究主题包括：复杂系统中的非线性变化；临界点；跨学科方法；正义与公平。

(2) 气候变化影响、风险和脆弱性。理解影响人类-自然系统对全球变化影响脆弱性的动态。USGCRP 各机构将使用基于系统的综合方法开展研究，通过 USGCRP 机构间小组协调努力，了解人类-自然耦合系

统对全球变化影响的脆弱性，为政策行动提供信息。

(3) 社区驱动力、影响和响应。使用社会科学见解和方法来理解全球变化风险、建立韧性的机会以及全球变化信息的有效传递。USGCRP 各机构将探讨以下主题：人类系统作为全球变化的驱动力和反馈的作用；人类系统如何影响全球变化的风险和影响，又如何受其影响；理解和响应全球变化信息、数据和知识的社会背景；了解受全球变化影响的重要文化习俗和资源的不同方式，包括承认和纳入本土知识，以及将这种认识纳入决策分析的方法；制定、通过和实施应对全球变化的政治经济；不确定性下的地方决策方法；与社区和研究用户进行沟通、参与和合作的方法，以了解如何最有效地将科学信息转化为决策用途。

(4) 应对措施。评估管理气候变化风险和全球变化风险行动的有效性、社会背景和影响。USGCRP 各机构将进行研究、分析和建模，为旨在管理和减轻与气候变化和全球变化相关风险的决策提供信息。

支柱 2：国家参与——通过扩大对联邦研究企业的参与，提高国家理解和应对全球变化的能力。主要聚焦：扩大与那些开发和利用全球变化信息的组织的联系以确定科学需求；积极联系面临较高的气候变化和全球变化风险且适应能力可能较低的社区，并向其学习；促进更具包容性的科学队伍的发展；加强用户对研究设计过程的参与，以改进面向决策支持的关键风险信息。

支柱 3：支撑决策——提供可访问、可用的信息，为有关减缓、适应和恢复力的决策提供支撑。主要聚焦：提高使用联邦数据、信息和分析工具进行决策的可用性与公共能力；评估全球变化科学和社会风险以支持决策；加强用户在研究设计过程中的参与，以确保关键风险得以解决，信息满足决策者的需求；提升全球变化研究单位的本土知识；衡量评估和决策支持工作的有效性。

支柱 4：国际合作——通过国际合作与协作，进行应对全球变化的全球能力建设。主要聚焦：参与形成有关全球变化的国际科学共识；加强国际科学合作，增强全球理解和应对地球系统变化的能力；分享提高发展中国家理解、评估和应对全球变化风险能力的实践；提供相关的观测、科学和信息，以支持国际政策的制定。 (曾静静)

澳大利亚可再生能源署发布氧化铝精炼脱碳路线图

2022 年 11 月 23 日，澳大利亚可再生能源署（ARENA）发布《澳大利亚氧化铝精炼脱碳路线图》¹³，展示了澳大利亚氧化铝精炼行业到 2050 年实现净零排放的实现路径。

澳大利亚是全球最大的氧化铝出口国，氧化铝精炼行业碳排放占其总排放量的 3%，是难以减排的行业之一，且成熟的减排途径有限、脱碳成本较高。路线图确定了 4 种关键脱碳技术，包括机械蒸汽再压缩技术、电热锅炉技术、氢煅烧（氢替代化石燃料）技术和电煅烧技术。其中，电蒸汽方法（包括机械蒸汽再压缩和电热锅炉）解决了拜耳法工艺蒸汽生产的排放问题，属于近期方案（2030 年之前可行）；电煅烧和氢煅烧技术主要解决煅烧工艺的排放问题，属于中期方案（2030 年之后可行）。4 项技术结合有可能将澳大利亚氧化铝精炼行业的排放量减少 98%。

1、机械蒸汽再压缩技术。机械蒸汽再压缩技术可在相对较低的温度和压力下捕集多余的水蒸气，并通过一系列涡流风扇和压缩机装置实现再压缩，使其达到拜耳法工艺所需的温度和压力。如果该技术应用于所有氧化铝精炼行业，每年可减少约 1000 万吨二氧化碳当量排放量。机械蒸汽再压缩技术属于高效技术，可大幅降低精炼厂的能源强度。

¹³ Roadmap for Australia to be global leader in net zero alumina refining. <https://arena.gov.au/news/roadmap-for-australia-to-be-global-leader-in-net-zero-alumina-refining/>

该技术的实施可从两个方面增加电网供电需求，包括为机械蒸汽再压缩设备供电和取代之前热电联产部分的电力供应。该技术节省了运营成本，同时抵消了与化石燃料锅炉相比增加的设备成本，预计该技术将成为澳大利亚低温氧化铝精炼厂拜耳法脱碳的首选技术。

2、电热锅炉技术。电热锅炉可产生氧化铝精炼过程所需的一次蒸汽，可用于替代低温和高温精炼厂的燃煤或燃气锅炉。虽然在高温精炼所需压力运行的电力制蒸汽技术尚未得到商业验证，但业界认为是最具前景的高温精炼厂蒸汽脱碳技术。采用可再生能源供电的电热锅炉取代传统锅炉可大幅降低或消除拜耳法工艺中的碳排放量。低温电热锅炉属于成熟技术，可提供近期减排解决方案，但电力供应基础设施存在高昂的运营和资本成本，且技术实现存在诸多限制。

3、氢煅烧技术。通过可再生能源制取氢气代替天然气，可消除煅烧过程中的碳排放，该过程占氧化铝精炼工艺碳排放量的 30%，且氢气直接燃烧唯一产物为纯蒸汽。蒸汽可通过机械蒸汽再压缩技术捕集利用，从而提高能源效率、减少蒸汽需求量并降低用水量。目前使用氢气代替天然气不具备经济性，同时也无法按照所需规模供应，对此需大规模部署外部基础设施，且降低制氢成本，当成本低于 2 澳元/千克（约合 9.164 元人民币/千克）该行业才具备大规模商用的可行性。澳大利亚氧化铝煅烧炉大多以天然气作为燃料，煅烧过程每年产生约 350 万吨二氧化碳当量排放，若完全实现氢煅烧可完全消除碳排放。此外，氢气富氧煅烧产生的蒸汽可在拜耳法工艺中实现重复使用，进一步降低碳排放。与电力制蒸汽技术相结合时，氢煅烧过程可降低精炼厂约 98% 的碳排放量，还可减少用水量。

4、电煅烧技术。电煅烧旨在通过电力供热替代化石燃料的燃烧过程。与氢煅烧类似，可捕集和回收拜耳法工艺中产生的纯蒸汽，从而降

低其他锅炉或机械蒸汽再压缩的蒸汽需求。电煅烧处于早期发展阶段（TRL 4），属于资本密集型技术，以低成本、大规模可靠的可再生能源电力供应为前提。电煅烧可通过可再生能源替代化石燃料，消除煅烧过程中部分或全部碳排放。若澳大利亚所有精炼厂均采用该技术，每年可减少约 350 万吨二氧化碳当量排放量。与机械蒸汽再压缩技术结合使用时，电煅烧可减少高达 98% 的碳排放量，降低约 50% 的能源强度，并减少用水量。

氢煅烧和电煅烧均属于前瞻性脱碳技术，其应用可能取决于具体场地位置。其中，电煅烧资本集约程度高于氢煅烧，改造难度更大，而氢煅烧炉的运营成本更高。此外，其他使能技术还包括储热、储能、高温双重溶出、聚光太阳能热利用、生物质、有机朗肯循环和卡琳娜循环、碳捕集利用与封存（CCUS）和其他过程改进，有助于降低氧化铝精炼过程的碳排放，并提高经济可行性。（李岚春）

欧洲能源研究联盟发布工业储热技术研发白皮书

2022 年 12 月 13 日，欧洲能源研究联盟（EERA）工业过程能效联合研究计划（JP EEIP）发布《工业储热：支持向脱碳工业转型》白皮书，提出了工业储热技术现状、挑战和研发建议¹⁴。

一、储热在工业中的潜在应用

1、工业过程供热或制冷。根据气候条件，可将工业太阳能供热系统与储热系统结合使用。有前景的应用包括：对于高温工艺热需求（400℃），可使用电加热与多孔固体储热相结合；对于中温热水和工艺蒸汽需求（最高 200℃），有多种选择，包括工业热泵与储热结合，太阳能供热系统与储热结合；对于工业冷库（低于 6℃）、制冷系统（如

¹⁴ Industrial Thermal Energy Storage: Supporting the transition to decarbonise industry. <https://d2m9e9.n3cdn1.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2022/12/DU-WP-Ind-TES-web.pdf>

冷风机或空调），可以向显热或相变材料储热系统提供低温能源，以满足新制冷周期开始时的冷需求高峰，并利用低成本可再生电力。

2、工业余热利用。有前景的应用包括：短期储热，批量处理过程中的剩余热量被用于下一批次的预热，以减少能源输入并提高能源效率，使用的储热技术取决于可用的剩余热量，短期储热也可提高利用波动的工业剩余热量进行区域供热的潜力；长期储热，将工业生产过程中的剩余热量储存起来，在冬季为工业基地提供空间供暖，或输出到区域供热网络，这要求储热温度在 $70^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，或者对存储的低温热量进行升级，以及为有低温需求的热用户提供热量。

3、工业备用储热。工业备用储热可作为不间断的热能供应，以应对突发事件，这需要具备快速响应和高可靠性。目前工业界大多依靠燃气锅炉作为备用热源，而储热系统能够提供备用蒸汽，避免使用蒸汽锅炉。当前市场可用产品为蒸汽蓄能器，而相变材料储热和热化学储热方案则是未来发展的重点。对于更高温度的储热，可使用多孔固体储热，未来可发展高温相变材料储热和热化学储热。

4、工业热供电。除了电池之外，储热可以提供低成本的解决方案，以满足未来对高功率、高容量和长时间储能的需求，工业热供电需要重点开发几种技术：高温卡诺电池，利用电加热在多孔固体中存储热量至 800°C ；中温卡诺电池，使用热泵将电力转换为热量，最高可达 200°C ，为了提高性能，可将工业余热作为热泵的热源；绝热压缩空气系统，需要配备高温储热（通常使用陶瓷多孔固体）。

二、工业储热技术现状及挑战

1、显热储热。显热储热通过升高或降低材料的温度而实现热量的存储或释放，典型储热材料包括水、热油、岩石、砂岩、粘土、砖、钢、混凝土和熔盐等。

(1) 基于液体的显热储热技术成熟度 (TRL) 已经达到 9 级, 主要应用于成本低且空间不受限的情况, 储热周期为几个小时到几天。该类技术面临的主要挑战为: 增加体积能量密度, 从而减少空间需求; 降低温度、压力和减缓熔融盐腐蚀; 减少因缺乏紧凑性而造成的热损失。

(2) 基于固体的显热储热 TRL 达到 7 级, 主要应用于成本低且空间不受限的情况, 储热周期为几个小时到几天。该类技术面临的主要挑战为: 减少重量, 增加体积能量密度, 从而减少空间需求和系统重量; 改进热交换过程。

(3) 基于含水层等地下储层的显热储热 TRL 达到 7 级, 主要应用于低于 90°C 的大规模季节性储热, 充热期间热量也可以使用。该类技术面临的主要挑战为: 减少面积需求; 减少对特定地质条件的依赖; 减少高温热损失; 减少启动时间; 增加温度范围。

(4) 基于矿井的显热储热 TRL 达到 7 级, 主要应用于 60°C~80°C 温度范围内数周至数月的大规模储热, 充热期间热量也可以使用。该类技术面临的主要挑战为: 减少地表空间需求; 提高储热效率, 改进储热温度水平和分层特性的影响。

2、潜热储热。潜热储热利用储存材料的相变, 典型相变材料包括冰、石蜡、脂肪酸、糖醇、盐水合物、无机盐和金属等。该技术的 TRL 为 4~7 级, 主要应用于小型储热装置, 储热周期为几个小时到几天。该类技术面临的主要挑战为: 提高传热速率; 改进相变材料的标准化和商业化工艺; 提高解决方案的通用性; 改进相变材料耐用性; 提高储热材料纯度。

3、吸附储热。吸附储热基于吸附质 (气体) 和固体或液体吸附剂之间的可逆气固反应, 通常温度低于 200°C。这种可逆吸附/脱附过程中涉及的吸附热通常大于显热和潜热储热, 其优点是能以最小的热损失长

期存储热量。典型固体吸附剂包括沸石、硅胶和活性氧化铝等多孔结构材料，典型液体吸附剂为浓盐溶液，如氯化锂、溴化锂和氢氧化钠的水溶液。吸附储热的 TRL 为 6~8 级，主要应用于空间受限情况下，储热周期为几个小时到几个月。该类技术面临的主要挑战：增加可用于 200℃ 以上的商用材料；利用产生的冷能提高效率；缩小充/放热温度差值。

4、热化学储热。热化学储热也基于可逆气固反应，与吸附储热类似，因而也具有热损失小的优点，但具有更高的储热密度和更低的成本。其与吸附储热的主要区别在于气体直接被固体晶格吸收，从而改变了晶体结构。热化学储热的 TRL 为 4~6 级，主要应用于空间受限情况下，储热周期为几个小时到几个月。该类技术面临的主要挑战为：提高材料的耐久性和稳定性；消除成团/结块问题；缩小充/放热温度差。

三、新兴储热技术解决方案

1、固体显热储热。固体显热储热系统为存储高温热提供了一种可靠和安全的方法，近期新兴技术包括混凝土储热和填充床储热。挪威 EnergyNest 公司开发并示范了一种基于高导电混凝土的模块化储热系统，称为 Heatcrete[®]，该技术最近应用于挪威一家化工厂的蒸汽管网，未来将应用在奥地利 Senftenbacher 公司的砖厂和荷兰 Sloecentrale 联合循环发电厂。西门子歌美飒的卡诺电池试验工厂中，使用了 740℃ 的玄武岩填充床储热系统，其储热容量为 130 兆瓦时；安赛乐米塔尔在西班牙的钢铁回收厂也使用填充床储热进行余热回收。

2、相变材料储热。相变材料储热的新发展是高温相变储热材料，其熔化温度超过 100℃，如硝酸盐共晶、二羧酸、糖醇甚至金属材料。近年来对改进相变材料储热性能开展了大量研究，如通过添加导电填料增强导热性能，从而提高充/放热速率。通过减少传热表面积（例如金属翅片），可建造更紧凑和低成本的储热系统。此外，正在开发新型耐

高温封装材料，以提高高温相变储热材料的应用前景。

3、热化学和吸附储热。热化学和吸附储热技术正开发具有高能量密度和稳定性的复合材料。研发部门正在探究在多孔基质中加入盐的复合材料及其制备技术，旨在提高储能密度，增强吸附/反应的稳定性，同时延长寿命。此外，还开发了涂层技术，以防止热化学材料结块或粉碎。瑞典能源公司 SaltX Technology 已经证实了该方案的可行性，该公司开发了一种纳米涂层盐，用于名为 EnerStore 的热化学储热系统，实现了以低成本材料完成多次充/放热循环，该系统基于氧化钙与水/蒸汽之间的热化学反应，已经在柏林的 Vattenfall 热电联产工厂进行了电制热（Power-To-Heat）的试点示范，自 2019 年 3 月起投入使用。其储热容量为 10 兆瓦时，电制热总效率为 72%~85%，理论最大值为 92%，可以高精度地控制放热速率和水平。

4、先进仿真。仿真模型的开发可以有效地支持储热系统在综合工业能源系统中的应用，可以快速地设计储热系统，对创新配置进行灵敏度分析。例如，潜热储热领域新开发出一种基于仿真的系统设计性能评估。尤其是对于工业热化学储热系统，反应器和工艺设计中的热化学反应动力学可以通过先进的非参数模型来预测。通过将原来的吸附单元改变为混合吸附/压缩冷却器的一部分，可以提升整个系统的效率。该方案通过将热能和电能结合，增加了对可再生能源的利用，特别是用于低温储热应用，如食品加工。

四、工业储热系统集成

1、电制热发电（Power-to-Heat-to-Power）。工业生产电气化已成为研究和应用的重点，但电能代替工业过程燃料将出现与波动性电力供应和电网容量相关的问题，需要储能系统加以解决。到目前为止，还缺乏不受限于地理位置且经济高效的储能系统，电力转化为其他载体发电

(Power-to-X-to-Power, PXP) 被认为是有前途的解决方案, 其将电能转换为其他形式的能量载体并储存, 在需要时重新转换为电能。电制热发电是 PXP 的一个低成本选择, 也称为卡诺电池解决方案, 西门子歌美飒已经做出了成功示范, 其位于汉堡的卡诺电池储热电站于 2019 年夏季投入运营, 使用了玄武岩填充床储热, 通过电加热器和鼓风机充入空气。该系统利用蒸汽朗肯循环将存储的热量转换为电能, 其电-热-电效率为 45%, 最高发电功率为 1.5 兆瓦。

2、改造现有发电厂。集成储热系统也有助于改造现有的化石燃料发电厂, 尤其是在二氧化碳减排目标下一部分面临关闭的燃煤电厂。如德国 I-Tess 项目将现有燃煤电厂的剩余电力转换为热量, 在电力紧缺时使用电厂的蒸汽循环进行热能转换。德国 Store To Power 项目正在开发储热发电试点工厂, 将现有燃煤电厂与高温储热相结合, 包括电加热和蒸汽发生器, 可输送燃煤电厂蒸汽循环中约 10% 的蒸汽。西门子歌美飒是致力于燃煤电厂改造的领先企业之一, 通过整合储热系统, 以波动性可再生能源电力为输入, 提供电力、热量或蒸汽, 其已经进行了 30 兆瓦玄武岩储热系统示范。

五、技术行动建议

为促进工业储热的大规模采用, 需立即采取技术行动, 尤其是针对预商业化阶段 (P 阶段) 和商业化阶段 (C 阶段) 开展行动, 建议:

(1) 开展工业储热研发项目 (P 阶段), 重点关注前文所述技术挑战。

(2) 进行储热及其工业应用的技术经济性研究 (P 阶段), 包括: 在可再生能源电力-热/冷-发电中应用储热技术, 如卡诺电池; 在可再生能源电力供热/制冷中使用储热技术, 使波动性电力供应与工业热需求相匹配; 利用地热能和太阳能来满足热需求; 工业余热的回收、存储和利用; 储热在工业制冷和冷链中的应用; 将储热作为其他供热技术故障

时的可靠备用系统。

(3) 确定并共享储热比其他储能形式（电池或氢能）更具经济、环境、操作优势的应用（P 阶段）。

(4) 开发和运营储热示范项目，并提供开放获取结果和数据（P 阶段）。

(5) 通过出版物、演讲和其他形式的媒体参与，积极向行业、决策者和其他利益相关方分享最佳实践，传播知识和数据（P 阶段）。

(6) 开发具有统一关键绩效指标的可访问储热材料数据库（C 阶段）。

(7) 与监管机构、专业机构和行业合作，开发标准化储热系统（C 阶段）。

（岳芳）

美国能源部近 45 亿美元推进多项清洁能源技术研发

2022 年 12 月，美国能源部（DOE）宣布多项资助，共计投入 44.76 亿美元支持发展可再生能源、氢能和直接空气碳捕集技术。

一、可再生能源技术

1、农业光伏。12 月 8 日，DOE 宣布为 6 个太阳能研究项目提供 800 万美元支持农业光伏发电¹⁵，包括：太阳能站点的园艺和养蜂技术，开发太阳能光伏支撑装置；在两个太阳能电池阵列试验台上进行作物和放牧实验，并创建一个区域农业光伏示范网络；确定实施农业光伏发电的主要障碍，并提供解决方案；使用精准农业技术进行放牧和饲料生产试验，并研究公共事业规模太阳能站点对土壤健康的影响；研究太阳能光照不足的高纬度地区农业光伏发电技术；发展气候智能型农业技术。

2、地热钻探技术。12 月 14 日，DOE 宣布为两个项目提供超 1500 万美元¹⁶，实现地热钻探成本的降低。DOE 设定了 2035 年实现增强型

¹⁵ DOE Announces \$8 Million to Integrate Solar Energy Production with Farming. <https://www.energy.gov/articles/doe-announces-8-million-integrate-solar-energy-production-farming>

¹⁶ U.S. Department of Energy Announces Over \$15 Million to Drive Down Costs of Geothermal Drilling. <https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-announces-over-15-million-drive-down-costs-geothermal-drilling>

地热系统应用成本降低 90%，到 2050 年至少为 4000 万美国家庭提供可再生地热发电的目标。此次资助包括：开发新型钻井技术进行双高温地热井的钻探研究；研究部署创新的钻井技术，在一系列温度和条件下将钻探效率提高至少 25% 以上。

3、中小型风力涡轮机。12 月 15 日，DOE 国家可再生能源实验室（NREL）宣布计划向 11 家中小型风力涡轮机制造商提供 290 万美元的资助¹⁷，以支持技术创新，减轻技术应用的市场和监管障碍，提高分布式风力涡轮机的应用范围。资助技术包括：优化风力涡轮机设计降低制造成本，增加风力发电量，增强电网可靠性，并实现与太阳能和储能系统的兼容协同；开发先进的制造工艺，提高风力涡轮机产量并降低成本；进行风力涡轮机和相关组件测试以支持分布式风能的应用，并获得国家性能和安全标准的认证；加快中小型风力涡轮机商业化应用。

二、清洁氢能

12 月 16 日，DOE 宣布根据《两党基础设施法案》拨款，投入 7.5 亿美元加速清洁氢能技术开发，特别是电解槽和燃料电池技术，降低氢能技术成本，最终推进到 2026 年实现电解槽制氢成本降至每千克 2 美元以下的目标¹⁸。

1、电解制氢技术

（1）低成本、高通量电解槽制造技术。重点关注已验证技术的创新，包括质子交换膜（PEM）、固体氧化物电解槽（SOEC）、先进的碱性电解槽（LA）技术等。具体包括电池和堆栈组装自动化、卷对卷制造、质量控制、在线检测、泄漏检查和调节以及连续热加工技术。

¹⁷ DOE Projects Will Accelerate Deployment of Small- and Medium-Sized Wind Turbines Across the United States. <https://www.energy.gov/eere/articles/doe-projects-will-accelerate-deployment-small-and-medium-sized-wind-turbines-across>

¹⁸ Biden-Harris Administration Announces \$750 Million To Accelerate Clean Hydrogen Technologies. <https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-announces-750-million-accelerate-clean-hydrogen-technologies>

(2) 电解槽组件和供应链开发。将支持先进、高性能电解槽组件和制造工艺/设备的研发，使其在短期内实现商业化应用；支持国内电解槽供应链，包括材料和组件供应商，使其开发的先进高性能组件具有低成本、高通量制造能力，从而满足堆栈和系统成本、效率、耐用性和其他指标要求。具体关注的组件技术包括隔膜、多孔传输层、双极板、催化剂等。

(3) 先进的电解槽技术及组件开发技术。将支持先进或颠覆性的电解槽材料、组件和电解槽技术研发，以满足电解槽未来性能、耐用性和应用成本目标。与主题 1 和主题 2 相比，预计应用风险更高，技术成熟度水平（TRL：3~5）更低，可能产生更深远的影响。具体而言，本主题将支持实验室规模的技术研发，重点提高电解槽性能、耐用性，降低材料和组件（如催化剂、电极、隔膜、分离器）成本。

2、燃料电池制造和回收利用技术

(1) 燃料电池膜电极、堆栈制造与自动化技术。旨在提高质子交换膜（PEM）燃料电池制造能力以解决重型车辆的实际应用。重点关注大容量膜电极（MEA）组件制造、堆栈组装制造、自动化制造、质量控制方法、组装和/或组装后测试、重型车辆燃料电池系统控制、其他大批量低成本制造技术等。此外，还将支持和鼓励退役装置再制造工艺和技术开发，促进关键材料回收利用。

(2) 燃料电池供应链建设。将支持研发部门建立或扩大美国关键 PEM 燃料电池材料和组件稳定的供应链。重点关注 4 个关键领域，包括气体扩散层、催化剂、双极板、非-全氟磺酸（PFSA）膜，以生产具有成本竞争力、可扩展、高性能和耐用的 PEM 燃料电池材料和组件。技术和制造工艺必须能够满足每个组件的成本和性能指标要求，重点是满足 2030 年重型车辆燃料电池系统所需的指标，即生产成本 80 美元/

千瓦，25000 小时耐用性和 68% 的燃料电池系统峰值效率。

3、燃料电池循环和再利用技术。旨在建立一个由工业界、学术界、非营利组织和国家实验室组成的合作联盟，以解决低温环境下 PEM 燃料电池和电解槽系统寿命缩短和关键供应链安全问题。随着低温燃料电池和电解槽市场将达到吉瓦级规模，报废电池的数量将大幅增加，特别是贵金属等关键矿物的短缺将是一大挑战。该合作联盟将开发和验证燃料电池回收和循环利用方法，重点关注铂族金属材料、膜电极组件、离子聚合物和自动拆卸技术等，从而实现低成本、低碳足迹的高效回收循环利用。

三、直接空气碳捕集

12 月 13 日，DOE 宣布启动 4 项计划，共资助 37 亿美元推动直接空气碳捕集技术商业化应用¹⁹，具体内容包括：化石能源和碳管理办公室（FECM）投入 1.15 亿美元设立直接空气碳捕集项目，以推进直接空气碳捕集技术的研发；清洁能源示范办公室（OCED）与 FECM 合作投入 35 亿美元启动区域直接空气碳捕集枢纽计划，建立 4 个国内区域直接空气碳捕集中心，每个中心都将展示一种直接空气碳捕集技术或一套商业规模的技术；FECM 将管理碳利用采购补助金，支持减少碳排放的技术商业化，同时采购和使用由捕集的碳开发的商业或工业产品；技术转移办公室（OTT）将投入 1500 万美元加速二氧化碳脱除技术（包括直接空气捕集）的商业化。

（汤匀 朱丹晨 秦冰雪）

欧盟创新基金资助清洁技术创新

2022 年 12 月 13 日，欧盟宣布通过“创新基金”投入 6200 万欧元（约合 4.56 亿元人民币）支持 17 个小规模清洁技术创新项目²⁰，以推

¹⁹ Biden-Harris Administration Announces \$3.7 Billion to Kick-Start America's Carbon Dioxide Removal Industry. <https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-announces-37-billion-kick-start-americas-carbon-dioxide>

²⁰ Innovation Fund: EU invests €62 million in small-scale clean tech projects. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7667

进能源密集型工业、可再生能源、氢能和储能突破性技术的市场化进程。

1、能源密集型工业。共资助 10 个项目，包括：

(1) 玻璃、陶瓷和建材：利用石灰制造工艺中排放的二氧化碳和不锈钢生产中的废弃物制造无碳建筑材料；示范集成电炉的混合型蓄热式熔炉，用于玻璃生产；示范创新的混合式玻璃棉窑炉，其所需温度（或压力）中 50% 由电加热（或增压）提供；通过对不同生产线余热的回收以及采用混合式熔炉实现高质量水晶玻璃生产的脱碳，并进行商业规模的可行性示范；通过工艺整合以及应用节能、循环、数字化和自动化解决方案，实现高品质玻璃容器生产的脱碳转型，进行商业规模转型方案的可行性验证。

(2) 炼油和氢能：将林业和农业残留物转化为木质纤维素，提取糖分用于生产船舶发动机燃料油；示范基于光伏和生物质热电联产供电的电解制氢技术，该项目还包括煤制生物质、光伏+储能系统等，以确保氢气在全年内可用；示范运行 2 兆瓦质子交换膜电解槽以生产卡车用氢燃料，使用经过二次处理的废水为原料，该项目还将为用户提供储氢和加氢服务；示范集成光伏和余热回收的模块化可扩展的电解制氢系统，该系统将建设在炼油厂旁边，为炼油厂提供绿氢，并实现对余热的二次利用。

(3) 水泥和石灰：示范利用垃圾气化制合成气替代石油焦，用于生产水泥。

(4) 其他能源密集型工业：利用容积式压缩热泵将工业低温余热转化为高温热，并整合至炼油厂生产流程中。

2、可再生能源。共资助 5 个项目，包括：为电动汽车开发高效节能的电池冷却器技术，使用激光焊接来组装电池冷却器换热器中的铝板，并减小材料厚度和电池组重量以节能；在内陆河道示范使用氢燃料电池和锂电池作为动力源的重型驳船；示范大规模农用光伏顶棚，可用于所

有类型的农业机械，并可提高农作物产量；示范自主式可倾斜翼帆海上船舶动力技术，以提供经济高效的解决方案，减少海运燃油使用和温室气体排放；在建筑群中部署创新的地热供暖和制冷系统，将中深度地热井和新型能源管理系统相结合。

3、储能。共资助 1 个项目：示范公用事业规模光伏和储能系统以及工业用户现场的光伏和储能系统，以此为基础示范创新的“能源即服务”商业模式，确保以最经济的方式实现年度用电需求的 100% 覆盖，并探索将更多可再生能源整合到现有的容量有限的电网中。（岳芳）

英国 2.55 亿英镑推进核能、氢能技术及交通和供热脱碳技术

2022 年 12 月至 2023 年 1 月，英国商业、能源与产业战略部(BEIS)先后宣布多项资助，共计投入 2.55 亿英镑（约合 21.19 亿元人民币）支持先进核能、氢能技术以及清洁交通和供热网络脱碳技术。

1、核能技术

2022 年 12 月 13 日，投入 7700 万英镑支持核燃料生产及下一代先进核反应堆开发²¹，包括：6000 万英镑支持新的高温气冷堆（HTGR）的下一阶段研究，这是一种先进模块化反应堆（AMR），计划 2030 年代初启动运行，提供清洁电力和高温热源、低碳氢副产品等；400 万英镑支持 AMR 知识获取和共享，作为 AMR 研发计划的补充；1300 万英镑支持核燃料制造商西屋电气，提升再加工铀和新开采铀转化为新燃料的能力，以减少英国对外进口依赖。

2023 年 1 月 2 日，设立 7500 万英镑的“核燃料基金”（NFF）²²，支持英国的核燃料生产以替代俄罗斯核燃料，加强英国能源安全。该基

²¹ £102 million government backing for nuclear and hydrogen innovation in the UK. <https://www.gov.uk/government/news/102-million-government-backing-for-nuclear-and-hydrogen-innovation-in-the-uk>

²² £102 million government backing for nuclear and hydrogen innovation in the UK. <https://www.gov.uk/government/news/102-million-government-backing-for-nuclear-and-hydrogen-innovation-in-the-uk>

金将鼓励国内核燃料生产的开发和商业化投资，包括铀开采和再处理能力，以实现到 2050 年核电装机 25 吉瓦的目标。当日，BEIS 宣布启动该基金中的 5000 万英镑招标，包括如下技术主题：①轻水堆燃料制造，包括轻水堆燃料或用于生产轻水堆燃料的中间铀产品生产；轻水堆事故容错型燃料技术开发或商业化相关活动，如通过浓缩、涂层、化学成分强化燃料；浓缩铀产品生产和相关支持活动，U²³⁵ 含量高达 10%；轻水堆燃料生产活动的许可和监督。②高含量低浓缩铀（HALEU）供应链，包括 U²³⁵ 含量达 19.75% 的高含量低浓缩铀生产；高含量低浓缩铀运输；高含量低浓缩铀存储；高含量低浓缩铀的许可和监管。③先进模块化反应堆燃料制造，包括先进模块化反应堆燃料制造技术的开发或商业化；先进模块化反应堆燃料制造的许可和监管。④增强英国燃料制造能力，支持可在近期内增强英国前端燃料循环能力的市场化项目。

2、氢能技术。2022 年 12 月 13 日，投入 2500 万英镑支持生物质和废弃物清洁制氢技术开发²³，关注的主题包括：原料预处理技术，开发低成本和节能的生物质和废物原料预处理技术，用于先进气化工艺；先进气化组件开发，目的是提高合成气质量，优化制氢过程；新型生物质制氢技术，开发可与碳捕集技术结合的新型生物质制氢技术。

3、绿色交通。2022 年 12 月 2 日，投入 7300 万英镑推动清洁交通技术发展²⁴，重点发展包括氢动力重型货车、生物甲烷驱动的重型拖拉机以及更有效的电动机制造技术，包括：开发氢燃料电池驱动的重型货车和牵引车；利用农场废弃物产生的甲烷气体，开发世界上首台甲烷驱动的越野重型拖拉机；开发氢燃料电池皮卡；创新可再生铝制造工艺，减少汽车行业的碳足迹；提出一种制造更具成本效益、更高效电动机的

²³ £102 million government backing for nuclear and hydrogen innovation in the UK. <https://www.gov.uk/government/news/102-million-government-backing-for-nuclear-and-hydrogen-innovation-in-the-uk>

²⁴ More than £70 million to turbocharge the future of clean transport. <https://www.gov.uk/government/news/more-than-70-million-to-turbocharge-the-future-of-clean-transport>

颠覆性新方法。

4、低碳供热技术。2022年12月20日，通过“绿色供热网络基金”（GHNF）投入超过3000万英镑支持3个低碳供热项目²⁵，推进开发热泵、太阳能、地热能等低碳技术以减少供热网络的碳排放，包括：1441万英镑支持使用不可回收的生活垃圾来发电和供暖；1296万英镑支持供热网络建设，通过集中热源向建筑供热来减少碳排放，并每年为46家公共和私营部门用户另外提供22吉瓦时的电力；266万英镑支持开发地源热泵系统，用于供应热量和热水。（岳芳 李岚春 汤匀 刘燕飞）

日本绿色创新基金资助食品、农林渔业碳减排和吸收技术

2022年12月19日，日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）在“绿色创新基金”框架下正式启动“食品、农业、林业和渔业的二氧化碳减排和吸收技术”²⁶资助项目，旨在进一步加强农田、森林和海洋生态系统的固碳技术开发与示范，助力食品、农业、林业和渔业的碳中和目标实现。该项目经费预算159.2亿日元（约合8.11亿元人民币），下设高性能生物炭供应和利用（约94.6亿日元）、高层建筑木材化的大截面构件（约51.6亿日元）、利用渔港海藻开发蓝碳系统（约13亿日元）3项课题。

1、高性能生物炭供应和利用。为扩大生物炭的普及，在降低生物炭制造和使用成本的同时，通过改性培育能够促进农作物生长的有用微生物，开发提高农作物产量的高性能生物炭。建立客观评价方法，以评估利用农地碳封存所生产农产品的“环境价值”，并将其纳入交易价格范畴，通过奖励改善生物炭耕作的收益性。

²⁵ First Green Heat Network Fund awards for cutting-edge low carbon energy projects. <https://www.gov.uk/government/news/first-green-heat-network-fund-awards-for-cutting-edge-low-carbon-energy-projects>

²⁶ グリーンイノベーション基金事業「食料・農林水産業のCO2等削減・吸収技術の開発」に着手. https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101602.html

2、高层建筑木材化的大截面构件。以国产木材为原料，生产与以往性能（纵向和横向强度相同）不同的各向同性大截面构件技术，扩大高层建筑等对国产木材的需求，确立人工林“伐、用、植”的循环利用，实现增加森林二氧化碳吸收量的目标。包括：确定各向同性大截面构件的制造要素；开发各向同性大截面构件的连续制造技术；提出各向同性大截面构件标准化性能评价和设计方法。

3、利用渔港海藻开发蓝碳系统。为促进蓝碳生态系统发展，利用渔港大量稳定培育海藻，利用 5 千克左右（原来的 1/4）的海藻移植盒和营养盐溶出，使用强度为 10~18 牛顿/平方毫米的海藻培育基块高效移植到周边海域，构建实现广域藻场建造和恢复的海藻供给系统(海藻库)。

（李岚春）

美国能源部资助 5 个前沿项目推进国内关键矿产生产

2022 年 12 月 13 日，美国能源部（DOE）化石能源和碳管理办公室（FECM）宣布为 5 个前沿项目提供 530 万美元资金，以推进支持其国内稀土元素和其他关键矿产生产的研究²⁷。这些项目将利用 5 个美国能源部国家实验室的独特专业知识来开发技术，以改进对含有稀土元素和其他关键矿产的非常规和二次资源的检测和表征。

1、机器学习辅助的多物理场识别和表征尾矿中的稀土元素-关键矿产热区以促进经济复苏。劳伦斯伯克利国家实验室负责，将开发机器学习辅助的多物理场方法，用于快速识别和表征矿山尾矿中的稀土元素和其他关键矿产热区，以高效回收煤炭和硫化物矿山尾矿以及其他加工或利用的副产品。

²⁷ DOE Invests Over \$5 Million to Help Secure Domestic Supply Chain for Critical Minerals to Support Development of Clean Energy Technologies. <https://www.energy.gov/fecm/articles/doe-invests-over-5-million-help-secure-domestic-supply-chain-critical-minerals>

2、**矿山规模稀土元素和关键矿产的机器学习筛选工具**。洛斯阿拉莫斯国家实验室负责，将开发用于矿山规模稀土元素-关键矿产评估的机器学习工具。

3、**基于无人机的地球物理测量和实时人工智能/机器学习分析，用于关键矿产的可持续生产**。太平洋西北国家实验室负责，将开发和示范基于无人机的地球物理和遥感技术，以量化煤炭相关、非常规和二次来源或能源相关废物流中的关键矿产。

4、**用于关键矿产回收的含非常规油气页岩资源评估**。桑迪亚国家实验室负责，将评估美国主要含油气页岩地层中关键矿产的可提取性，包括稀土元素以及贵金属和过渡金属。

5、**能源生产废液中关键矿产的表征和提取**。SLAC 国家加速器实验室负责，将对整个钻井过程中产生的钻屑进行表征，确定关键矿产的形态及其在原料中的整体成分，并利用这些信息开发可被行业快速应用的提取方案。
(刘学)

英国 UKRI 资助河流水质研究

2022 年 11 月 28 日，英国国家研究与创新署（UKRI）宣布启动 5 个新的研究项目²⁸，由自然环境研究理事会（NERC）与环境、食品和农村事务部（Defra）联合资助 840 万英镑（约合 6980 万人民币），以调查研究英国淡水质量的变化和污染对河流的影响。

英国淡水生态系统正面临着化学品、微塑料、药物、入侵物种和土地管理措施等多种污染物的多重压力，该系列项目的启动将推动英国改善英国河流质量问题，主要工作有：调查污染物进入和离开河流的方式以及与河流和生态系统的相互作用；将确定污染物的移动将如何随着水

²⁸ New research will improve the quality of UK rivers. <https://www.ukri.org/news/new-research-will-improve-the-quality-of-uk-rivers/>

循环的变化而改变；创造更好的工具来监测和检测污染；由气候变化引起的水循环变化将如何放大或减轻污染物的渗透和移动；改善或维持英国河流质量的策略。5 个项目包括：

1、全球变化中评估和管理化学混合物对英国淡水生物多样性的影响。 资助 160 万英镑，由约克大学牵头。利用 9 个具有不同土地用途和污染压力的约克郡河流域，项目将：调查排放到英国淡水中最具破坏性的化学物质；描述当前（2002~2022 年）和未来（2061~2080 年）的化学物质和一般水质参数概况；估计化学物质对英国相关物种的影响；预测当前和未来化学混合物对生物多样性和生态系统功能的影响；应用这些发现来确定干预措施，以减轻化学品在当前和未来气候和流域变化下对生物多样性的影响。

2、长期和大规模尺度下淡水生态系统影响因素的未来情景分析。 资助 159 万英镑，由英国生态与水文中心牵头。将开发一个预测未来的化学品投入、河流质量和河流生物多样性的模型，并根据社会和气候的一系列可能变化制定未来情景。通过模型预测，项目将提供一系列英国范围内的未来河流水质和生物多样性的“未来情景”，支持决策者制定适应计划，缓解和检测与未来河流质量变化相关的风险。

3、化学物质进入淡水的途径及其生态影响。 资助 160 万英镑，由英国生态与水文中心牵头。将确定可以改变淡水微生物生态系统结构和功能的化学污染物；了解化学污染物对淡水微生物所执行的生物地球化学过程的影响；开发模型，预测化学污染物对河流生态系统的威胁规模；与监管机构、行业和慈善机构合作，制定解决方案，管理化学品对淡水的影响。

4、量化畜牧业对英国河流的综合营养富集、致病和生态毒理学影响。 资助 160 万英镑，由布里斯托尔大学牵头。将在 50 个流域进一步研究畜牧业导致的压力源、环境特征和管理工作之间的相互作用，从而

推动以畜牧业为主的流域水质变化的新认识。

5、在全球变化中监测、建模和减轻污染影响：未来河流的科学和工具。资助 160 英镑，由斯特灵大学牵头。将在洛锡安区阿尔蒙德河流域结合不同化学混合物对淡水物种的影响，解决关于水文气候和土地利用变化的影响的知识缺口。该项目将利用下一代传感技术，在具有复杂污染历史的流域内，了解污染事件对水生生态系统的影响。此外，还在全国范围内，通过一套人工智能方法来了解化学物质暴露对生态敏感性的长期影响。

(牛艺博)

空间与海洋

美国 IARPC 发布北极研究《2022~2024 两年期实施计划》

美国政府于 2021 年 12 月发布由“机构间北极研究政策委员会”（IARPC）编写的《2022~2026 年北极研究计划》，旨在解决美国和北极周边地区的关键研究需求和新挑战。该计划将通过两年一次的具体计划来实现。2022 年 12 月，IARPC 发布该计划的《2022~2024 两年期实施计划》²⁹，明确了 IARPC 及其成员机构将采取的具体行动，以促进旨在提高社区复原力和福祉的研究，促进对北极系统当前变化的科学认识，创造更可持续的经济和生计，以及改善风险管理和减灾。

一、优先领域的目标

1、社区恢复力和健康。整体目标是：通过加强研究和开发工具，提高对北极地区相互依存的社会、自然和建筑系统的理解，提高社区的抵御能力和福祉。具体目标包括：通过研究公共卫生需求、差距和落实情况，支持北极居民的健康；通过研究气候和环境变化如何影响传统食物的丰富度、可获得性和使用以及传统生活方式，应对北极地区粮食安

²⁹ Biennial Implementation Plan 2022-2024. <https://www.iarpccollaborations.org/arp-2022-2026-implementation.html>

全和获取以及粮食和营养安全面临的新威胁；为水和卫生基础设施提供研究和技术支持。

2、北极系统相互作用。整体目标是：提高观察、理解、预报和预测北极动态互联系统及其与地球系统联系的能力。具体目标包括：提高对北极放大效应及其与低纬度联系的认识；观察、了解、预报和预测北极生态系统变化及其对人类和整个地球系统的影响；了解北极社会、生态和物理系统之间的相互作用，特别是在海岸、气候和冰冻圈变化的背景下。

3、可持续经济和生计。整体目标是：观察和了解北极的自然、社会和建筑系统，以促进可持续经济和生计。具体目标包括：开展和支持研究，促进北极基础设施的发展；提高对北极地区经济重要性和价值的认识；改进多物种和生态系统方法，以预测未来 50 年气候变化对物种分布的影响以及对经济上可行的商业和生存物种获取的影响。

4、风险管理和减轻危害。整体目标是：通过研究促进对灾害风险暴露、危害的敏感性和适应能力的理解，保障和改善生活质量。具体目标包括：总结目前与减轻危害和风险、适应和应对工作有关的现有数据和信息需求。综合社区主导的活动和信息，以确定未来工作的潜在需求；更新和改进“全州威胁评估：阿拉斯加偏远社区侵蚀、洪水和冻土融化威胁的识别”；开展研究，支持更具复原力和变革性的基础设施，以抵御突发和长期灾害的潜在影响，包括气候变化带来的灾害。

二、基本活动的目标

1、数据管理。在北极地区鼓励和实施 FAIR（可查找、可访问、可互操作和可重用）和 CARE（集体利益、控制权、责任和道德）数据管理原则。

2、教育、培训和能力建设。打造 STEM（科学、技术、工程和数学）中心，作为所有联邦计划及其所服务的社区的纽带。

3、监测、观测、建模和预测。协调活动和实践社区，将北极建模、观测、监测和预测结合起来，以推进北极研究；支持评估、差距分析和相互比较，以了解北极研究中的观测和建模需求；支持与正在开展北极监测、观测、建模和预测的联邦、国际和非联邦合作伙伴的协调和参与；支持现场观测和建模的最佳实践。

4、确保原住社区参与并领导研究。满足联邦政府要求，与联邦政府认可的部落和阿拉斯加本土公司进行协商；鼓励北极社区和个人以对他们有意义的方式参与研究；引导相关政府机构持续关注原住社区参与并领导研究。

5、技术创新与应用。技术是许多优先领域研究活动的重要组成部分，技术创新和应用基础活动协作小组需在该两年期实施计划中支持可交付成果。（刘文浩）

南极研究科学委员会发文阐述南极科学研究计划

2022年12月2日，南极研究科学委员会（SCAR）在《南极科学》期刊上发表文章《为南极和南大洋保护提供信息的综合科学（Ant ICON）：新的SCAR科研计划》³⁰，阐述了Ant ICON计划的重要性、研究主题和研究成果。

南极研究科学委员会是国际非政府科学组织“国际科学理事会”（ISC）的一个主题组织，其愿景是通过科学研究和国际合作，广泛了解南极洲的性质、南极洲在地球系统中的作用以及全球变化对南极洲的影响。Ant ICON计划是其重要的科学研究计划之一，于2021年启动，为期8年，旨在促进和协调高质量的跨学科研究，为南极大陆、南大洋和亚南极地区的保护与管理提供信息。Ant ICON计划聚焦3个主题，

³⁰ New publication on Ant-ICON in Antarctic Science. <https://scar.org/scar-news/ant-icon-news/ant-icon-ant-science/>

其研究成果将解决南极洲面临的最紧迫环境挑战，并为包括南极条约协商会议、南极环境保护委员会和南极海洋生物资源养护委员会在内的南极政策与咨询机构提供高质量的科学信息。

1、南极生态系统、物种和功能的现状和未来预测。该主题的重点是确定知识差距以及已经存在但未数字化的数据集。拟解决的关键问题包括：不同的物种、生态系统和环境有多脆弱？它们将如何在多个时间尺度（几年到几十年）和空间尺度上发生变化？多重压力因素（例如人类活动、气候变化、外来物种）对南极和南大洋物种、生态系统和环境的预计影响是什么？变革的主要驱动力是什么——能否确定临界点、弹性、阈值和不可逆转性？南极物种/生态系统和环境在减缓全球变化方面的作用是什么？在未来的预测下，这种作用会如何变化？

2、人类影响和可持续性。该主题加强有力的监测策略来衡量已建立和新出现的基线的变化，并阐明这种变化与关键压力源的关系，包括新出现和不断增加的基础设施、人类访问、气候变化、非本地物种和海洋生态系统中的其他人为压力因素（例如捕鱼）。拟解决的关键问题包括：当前和预计未来人类活动（尤其是科学研究、旅游、生物勘探和渔业）的范围是什么？与这些人类活动相关的风险是什么？人类活动与其他变化驱动因素（包括气候变化）相结合的协同和累积影响是什么？如何减轻风险和影响？

3、南极和南大洋保护的社会生态学方法。该主题将在复杂且紧密关联的社会生态系统研究背景下，研究南极人类活动、认知、观点和行为之间的相互作用、其地缘政治和社会经济驱动因素以及南极生态系统动态。拟解决的关键问题包括：考虑到社会生态连通性，南极洲环境变化的社会政治及经济影响和后果是什么？21世纪南极洲负责任和道德治理的特点和意义是什么？南极洲和南大洋的社会生态恢复力是什么

样的？全球社会、健康和经济变化对南极活动的潜在影响是什么？

Ant-ICON 计划将面临预期和不可预见的挑战，包括：在理解政策制定者的科学需求上面临困难，进而难以提供满足政策需求并有助于政策制定和协议的科学产出；让研究人员参与更多的应用研究，以满足决策者的科学需求；由国家科学资助机构提供资金，以开展解决应用保护或管理问题的研究；鉴于南极地区面临的保护问题的广度，了解利用现有资源开展研究的局限性；自然科学家、社会科学家以及从业者之间有效的交流，形成共同想法，以确保真正的跨学科研究方法；在不同小组之间建立明确的界限，以减少重复工作的可能性；科学进步的步伐与政策制定的步伐不匹配，这使得在相对较短的时间内产生实质性影响具有挑战性。

（吴秀平）

中国科学院科技战略咨询研究院

科技动态类产品系列简介

《科技前沿快报》：

聚焦国内外基础学科与前沿交叉综合、能源资源、环境生态、信息网络、新材料与先进制造、生命科学与生物技术、现代农业、空间与海洋等战略必争领域，以科技创新价值链为主线，监测分析这些领域的发展态势、前瞻预见、战略布局、行动举措等重要科技动态，研判其中的新思想、新方向、新热点、新问题、新布局，凝练识别新的重大科技问题、前沿技术和创新路径，为科技与创新决策服务。

《科技政策与咨询快报》：

监测分析国内外科技发展的新战略、新思想、新政策、新举措，洞察科技与经济、社会、文化、可持续发展互动的趋势、新规律，研究识别科技创新活动与管理的新特点、新机制，揭示解读科技体制机制、科技投入、科技评价、创新人才等现代科研管理的制度变革，简述中国科学院学部就重大问题组织开展的咨询建议，研判智库的重要咨询报告，剖析智库的决策咨询运行机制与决策影响途径，追踪国内外科学院、智库的咨询活动与研究方法等，为科技决策者、科技管理者、战略科学家等提供决策参考。

《科技前沿快报》和《科技政策与咨询快报》内容供个人研究、学习使用，请勿公开发布或整期转载。如有其它需要，请与我们联系。

科技前沿快报

主 办：中国科学院发展规划局
中国科学院科技战略咨询研究院

专家组（按姓氏笔画排序）

于贵瑞 于海斌 马延和 王天然 王 赤 王志峰 王启明 王跃飞 王 琛
甘为群 石晶林 卢 柯 包信和 巩馥洲 吕才典 朱日祥 朱永官 朱 江
朱道本 向 涛 许洪华 孙 松 严陆光 李国杰 李家洋 李 寅 杨 乐
肖 灵 吴 季 吴家睿 何天白 沈竞康 张双南 张建国 张 偲 张德清
陈和生 武向平 林其谁 罗宏杰 罗晓容 周其凤 郑厚植 赵 刚 赵红卫
赵其国 赵忠贤 赵黛青 胡敦欣 南 凯 段子渊 段恩奎 姜晓明 骆永明
袁亚湘 顾逸东 徐志伟 郭光灿 郭 莉 郭 雷 席南华 康 乐

编辑部

主 任：冷伏海
副 主 任：陶 诚 李鹏飞 朱 涛 杨 帆 徐 萍 安培浚 陈 方 马廷灿 黄龙光 王海霞
地 址：北京市海淀区中关村北一条 15 号，100190
电 话：（010）62538705
邮 箱：lengfuhai@casisd.cn