

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2025 第12期
(总第466期)

本期要目

- 英国与加拿大达成多项合作倡议
- 欧盟确立 13 个境外战略原材料项目清单
- 美 ASTM 宣布增材制造供应商认证计划
- GENESIS 项目引领欧洲向可持续半导体制造转型
- 美 GAO 发布“制造业美国”评估报告
- 国外学者评论中国 2030 年计量发展目标
- 世界首台非硅二维材料计算机

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

战略规划

英国与加拿大达成多项合作倡议 1

欧盟确立 13 个境外战略原材料项目清单 2

项目资助

美 ASTM 宣布增材制造供应商认证计划 4

国际原子能机构利用核技术促进塑料回收 4

GENESIS 项目引领欧洲向可持续半导体制造转型 5

行业观察

美 GAO 发布“制造业美国”评估报告 7

国外学者评论中国 2030 年计量发展目标 8

研究进展

铈氧化物催化剂突破界面电子传输瓶颈 10

世界首台非硅二维材料计算机 11

镍提取新技术实现绿色可持续化 12

3D 打印新方法可实现复杂设计并减少浪费 13

eCryoEM 技术成功捕捉锂金属电池电化学反应动态过程 13

利用最纯净的人工量子系统模拟超导量子材料 14

单量子比特操作精度创世界纪录 15

战略规划

英国与加拿大达成多项合作倡议

6月15日，英国首相基尔·斯塔默与加拿大总理马克·卡尼在渥太华会面，重申两国深厚友谊与共同价值观，聚焦为两国劳动人民实现繁荣与安全，并就贸易、科技、安全等多方面展开讨论，达成了多项合作倡议¹。

（1）贸易

通过《加拿大-英国贸易连续性协议》加强贸易联系，建立英加经济贸易工作组，以解决现有市场准入壁垒，拓展数字贸易等新领域合作，探索关键矿产和主权人工智能基础设施开发合作。加拿大计划今年秋季引入立法，批准英国加入《全面与进步跨太平洋伙伴关系协定》。

（2）半导体

开展工业研发项目，提升两国在半导体、光子学、新兴材料和芯片设计方面的互补优势，加深两国创新丰富的半导体生态系统之间的联系，以构建弹性供应链，加速该关键领域的突破。

（3）量子技术

共同致力于利用量子技术开发安全的跨大西洋通信系统，实现两国国家网络的连接，为创建真正全球化的下一代网络奠定基础。

（4）数字领域

通过共同制定政策措施、标准以及通用技术组件，来相互强化国家建设所需的数字公共基础设施。

（5）人工智能（AI）

深化并探索前沿 AI 系统的新合作，以支持两国国家安全。两国将签署一项合作协议，以加强两国 AI 安全研究所现有的 AI 安全与保障合作。此外，两国还将与加拿大领先的人工智能公司 Cohere 签署新的谅解备忘

¹ Joint statement between the Prime Minister of the United Kingdom and the Prime Minister of Canada.
<https://www.gov.uk/government/news/joint-statement-between-the-prime-minister-of-the-united-kingdom-and-the-prime-minister-of-canada>

录。根据加拿大谅解备忘录，Cohere 公司将与加拿大 AI 安全研究所合作，致力于在加拿大建设先进的数据中心；根据英国谅解备忘录，Cohere 公司将扩大其在英国的业务，以支持英国“人工智能机会行动计划”的实施。

（6）生物制造

加强合作以促进经济增长，并为未来可能出现的健康紧急情况做好更充分的准备，其中包括共同投资 1480 万美元，用于支持联合生物制造研发，这将促进两国在人才和技能方面的培养，并帮助企业扩大规模。

（7）民用核能

开展世界领先的核聚变能源合作项目，深化从裂变到核能的合作，以减少俄罗斯对国际燃料供应链的影响。

（8）关键矿产

通过开展战略规划工作来加强双边合作，以明确关键矿产、基础设施、生产和加工能力的关键点。确定联合投资项目，以支持安全和可持续的关键矿产供应链发展，并利用所有可用的金融工具筹集资金并推动生产，以增强制造业和采矿业。

（吴文涛）

欧盟确立 13 个境外战略原材料项目清单

6 月 4 日，欧盟委员会通过了一份包含 13 个战略项目的清单，涉及位于欧盟境外的战略原材料。这些战略项目将使欧盟的供应来源多样化并提高经济安全，同时还将促进第三方国家的当地价值创造。该清单补充了 3 月 25 日通过的欧盟 47 个战略项目清单²。两次清单的所有 60 个战略项目都将有助于提高欧盟工业竞争力，特别是电动汽车、可再生能源、国防和航空航天等行业³。这些项目是 2024 年 5 月生效的《关键原

² 可参见 2025 年第 8 期《先进制造和新材料监测快报》。

³ Commission selects 13 Strategic Projects in third countries to secure access to raw materials and to support local value creation.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_1419?utm_source=miragenews&utm_medium=miragenews&utm_campaign=news

材料法案》实施的初步成果。

在这 13 个战略原材料项目中，有 7 个位于加拿大、格陵兰岛、哈萨克斯坦、挪威、塞尔维亚、乌克兰、赞比亚，欧盟与这些国家在原材料价值链上建立了战略伙伴关系；其余的位于巴西、马达加斯加、马拉维、新喀里多尼亚、南非和英国。其中，10 个战略原材料项目涉及电动汽车、电池和电池存储所必需的战略原材料，如锂、镍、钴、锰和石墨；2 个涉及稀土元素的开采，这些稀土元素在生产用于风力涡轮机或电动机的高性能磁体方面发挥着关键作用。同时，结合欧盟范围内另外 3 个涉及稀土加工的战略项目，这些新增的战略项目将有助于提高欧盟的稀土供应安全。战略项目还涉及从电力电网到微电子领域所使用的铜，以及应用于汽车、可再生能源、航空航天和国防等领域的钨和硼。

据估计，这 13 个战略项目需要 55 亿欧元的总资本投资才能开始运营。欧盟委员会还将加强与有关第三方国家的合作，特别是通过与部分国家已缔结的原材料价值链战略伙伴关系。确保这些项目的顺利推进。

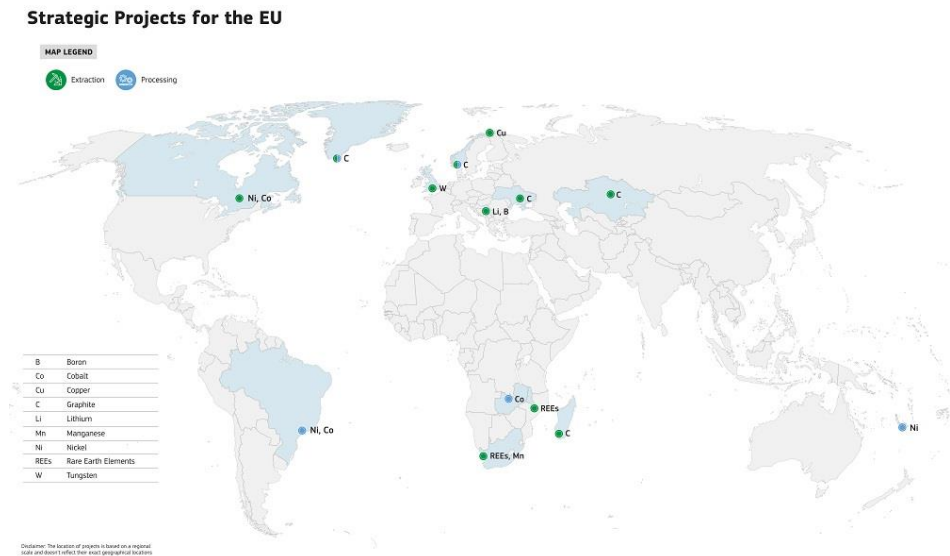


图 欧盟 13 个境外战略原材料项目

(冯瑞华)

项目资助

美 ASTM 宣布增材制造供应商认证计划

6月3日，美国材料与试验协会（ASTM）增材制造卓越中心宣布推出 OEM（原始设备制造商）主导的增材制造供应商认证计划⁴，该计划已与 25 家 OEM 达成合作意向，覆盖航空航天、国防、医疗、汽车等领域。其战略目标是通过统一透明的标准框架，解决增材制造领域的质量保障、监管合规及流程控制问题，满足各行业的特定需求。

通过与波音、洛克希德·马丁、福特汽车等 OEM 合作，ASTM 增材制造卓越中心开发了该认证计划，以验证增材制造业务的特定流程、材料和风险。为确保跨行业的相关性，审计标准基于国际公认的标准，包括 ISO/ASTM 52901、ISO/ASTM 52904 和 ISO/ASTM 52920，并根据 OEM 的特定要求进行了定制。该认证计划能够助力制造商削减重复审计环节，节省时间和资金投入，增强 OEM 与供应商之间的透明度，助力符合标准的增材制造技术推向市场。

（董金鑫）

国际原子能机构利用核技术促进塑料回收

塑料制品在日常生活中必不可少，但只有约 9% 的塑料被回收利用，其余的则作为垃圾处置，对环境和人类健康造成了严重危害。国际原子能机构已于 2021 年启动了“NUTEC Plastics”倡议，帮助各国研究海洋中的微塑料，并利用核技术改善塑料回收利用，最终减少塑料垃圾流入海洋⁵。国际原子能机构正围绕以下两方面开展工作：

（1）利用核技术制造生物基塑料，为传统的石油基塑料提供一种可持续的替代品。这种生物基塑料可生物降解且易于回收，不仅减少了对

⁴ ASTM International Partners with Major OEMs to Launch Additive Manufacturing Certification Program.
<https://www.astm.org/news/press-releases/amcc-program>

⁵ How Nuclear Tech Could Revolutionise Plastic Recycling.
<https://www.iaea.org/newscenter/news/how-nuclear-tech-could-revolutionise-plastic-recycling>

化石燃料的依赖，还通过将有机废弃物转化为有价值的资源，实现循环经济。

(2) 利用核技术将塑料废弃物转化为更耐用、更坚固且价值更高的产品。例如，核技术可使用回收塑料部分替代水泥，以提升混凝土的性能。此外，核技术在改进混合塑料分类和分离，以及将塑料转化为蜡、燃料等有价值化学品方面，也具有巨大潜力。

核技术是一种清洁高效的环境友好型技术，无需有毒化学试剂及高温高压等严苛条件。在“NUTEC Plastics”倡议的支持下，已有 52 个国家与国际原子能机构开展合作，并取得了切实的成果。例如，印度尼西亚和菲律宾开发用于可持续建筑的木塑复合材料；马来西亚研究塑料垃圾转化为燃料的技术；阿根廷将回收塑料制成铁路轨枕，并在早期试验中表现出优异性能。

(吴文涛)

GENESIS 项目引领欧洲向可持续半导体制造转型

6 月 6 日，GENESIS 项目宣布启动，该项目旨在助力欧洲芯片产业实现从材料开发到最终废弃物处理的可持续发展目标。在法国原子能委员会电子与信息技术实验室（CEA-LETI）的协调下，这项为期三年的项目预算近 5500 万欧元，汇聚了涵盖欧洲半导体全价值链的 58 家合作伙伴，包括大型企业、中小型企业、科研机构、高校及行业协会⁶。

GENESIS 项目将推动排放控制、环保材料（如全氟和多氟烷基物质（PFAS）替代品）、废弃物减量化及原材料再利用等创新解决方案，直接响应《欧洲绿色协议》和《欧洲芯片法案》。

项目团队预计将围绕半导体全生命周期交付约 45 项可持续创新成果，这些创新由构成欧洲绿色半导体产业愿景的四大技术支柱引领：

⁶ Leti (english) - GENESIS Project Launches to Lead Europe's Transition To Sustainable Semiconductor Manufacturing.
<https://www.leti-cea.com/cea-tech/leti/english/Pages/What's-On/Press%20release/genesis-project-lead-europe-transition-sustainable-semiconductor-manufacturing.aspx>

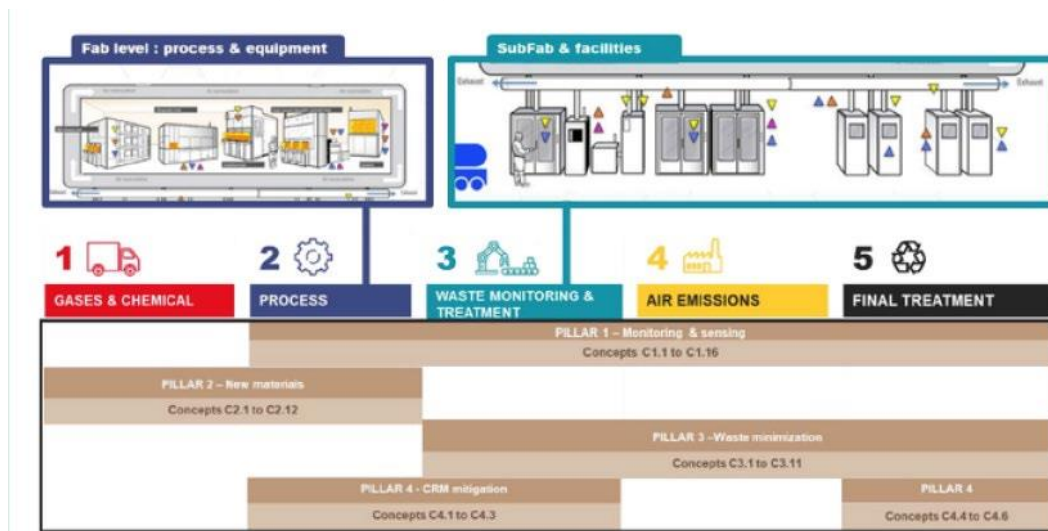
支柱一 监测与传感：实时排放追踪、溯源及工艺反馈系统；

支柱二 新型材料：用于先进半导体工艺的无 PFAS 化学品及低全球变暖潜能值（GWP）替代品；

支柱三 废弃物减量：溶剂/气体/浆料回收、再利用及可持续替代方面的创新；

支柱四 缓解关键原材料影响：降低对关键原材料的依赖并加强资源安全的策略。

除上述支柱外，项目目标还构建了一个整体框架，其中包括部署传感器集成减排系统，以减少 PFAS 和温室气体的排放，并通过使供应链实践与环保法规保持一致，助力欧洲成为绿色半导体创新的领导者。



GENESIS 项目重点攻关芯片制造全生命周期的五个关键环节

GENESIS 综合路线图围绕半导体制造生命周期的五个关键环节：材料（无 PFAS 替代品及气体与化学品）、工艺、废弃物监测与处理、废气排放和终端处置，制定了环境影响最小化方案。这种结构化的方法通过传感技术、新型材料、废弃物减量和缓解关键原材料影响四大技术支柱，指导项目实现减排控污、消除有害物质及资源回收利用的目标。

（郭文娟）

美 GAO 发布“制造业美国”评估报告

6月4日，美国政府问责办公室（GAO）发布《先进制造：协调战略和优化审查助力机构实现国家目标》报告，系统评估了“制造业美国”（Manufacturing USA）17家研究所对国家目标的贡献，并针对国会、国防部和能源部提出改革建议⁷。

美国国会于2014年启动“制造业美国”计划，旨在通过全国性公私合作网络推动先进制造领域的高价值技术突破。GAO基于商务部、国防部、能源部及17家研究所的文件数据，结合对6家研究所及22名成员的访谈，重点分析评估了2019财年以来的调整成效。

在计划治理方面，商务部于2024年10月牵头实施“制造业美国”。在结构调整方面，商务部与国防部和能源部组建跨部门任务组，制定全网络的绩效指标，并制定针对中国及其他相关国家/地区实体成员资格的共同政策。在资金与能力提升方面，17家研究所总体资金、成员规模、技术能力及研发和劳动力培训活动显著增长；资金来源多元化，包括联邦资金、非联邦资金、成员资助或会费等。在面临的挑战方面，法案要求的3年更新周期与美国先进制造战略的4年更新周期不一致；国防部和能源部审批新项目资金或成员申请的时间过长且不确定，可能阻碍计划目标达成或降低成员参与意愿。

针对上述情况，GAO提出以下建议：在规划协调方面，建议国会修订《美国国家标准与技术研究法案》第34条，要求商务部先进制造国家计划办公室同步更新战略规划周期，确保与美国先进制造战略一致；在审查流程优化方面，建议国防部和能源部追踪项目资金审批及成员申请的处理时间，并分析潜在改进空间。

（冯瑞华）

⁷ Advanced Manufacturing: Aligning Strategies and Improving Agency Reviews Could Help Institutes Achieve National Goals.
https://www.gao.gov/products/gao-25-107369#summary_recommend.

国外学者评论中国 2030 年计量发展目标

编者按：计量学作为测量科学，支撑着从原子钟、全球定位系统到半导体和电动汽车制造的几乎所有现代技术。在纳米级元件制造和近原子级公差要求的产业中，精度的细微提升都可能带来显著的竞争优势。2025 年 5 月，我国国家市场监督管理总局发布《计量测试关键技术创新攻关行动方案》。在此背景下，国外有学者阐述了中国的应对举措，以下是相关内容的编译⁸。

评述指出，该行动方案旨在强化国家计量能力，重点聚焦先进半导体、量子 and 稀土测量技术。在中美科技博弈紧张局势加剧的背景下，该方案瞄准 50 余项计量关键核心技术，涵盖芯片级计量、量子传感及稀土磁体标准等领域。目标是到 2030 年新建 20 项以上国际计量基准，研制不少于 100 台新型计量装置，为人工智能、国防军工、环境监测及航天等领域提供支撑。这可能会影响全球技术供应链的未来。

（1）量子突破和战略自主

方案中最具雄心的部分在于量子计量，提出研制可分发量子测量标准参考器件及仪器，包括可不依赖 GPS 实现超精密导航的量子陀螺仪等，这些仪器在航天航空、深海导航及军事制导领域具有重要的应用价值。除硬件外，还计划变革计量标准，研究量子化复现的新途径等。这意味着中国可能重新定义某些物理量的校准方式，最终摆脱对国际计量局等由西方主导的标准机构的依赖。这些目标与中国努力实现关键核心技术自主可控的战略目标是一致的。

（2）高科技博弈焦点

方案重点关注的另两个领域——半导体和稀土磁体，同样处于地缘政治敏感地带。在半导体领域，美国持续以国家安全为由收紧对华芯片

⁸ China Sets 2030 Metrology Goals in Push for Chip, Quantum And Rare Earth Precision.
<https://thequantuminsider.com/2025/06/02/china-sets-2030-metrology-goals-in-push-for-chip-quantum-and-rare-earth-precision/>

出口管制，限制范围涵盖从先进光刻设备到人工智能芯片的全产业链。作为应对，中国正加速提升本土芯片性能测量、验证与优化能力。方案强调了发展芯片尺度计量技术、开发神经网络芯片测试平台及纳米级集成电路测量设备的研发目标。这些技术及设备对智能手机、数据中心和军事系统所用尖端芯片的设计及制造至关重要。在稀土磁体领域，目前中国掌控着全球 80% 以上的稀土加工产能。方案明确提出加强稀土永磁材料计量技术攻关，旨在强化质量管控能力，摆脱对国外标准的依赖。

（3）应对全球变化

中国的计量战略也展现出与美国针锋相对的博弈态势。2024 年，美国商务部“CHIPS for America”启动了一项计量项目，聚焦改进半导体研究和制造的工具。此次行动方案被视为直接回应。随着芯片设计日趋复杂且制造工艺缩小至原子尺度，传统测量方法已难以满足需求。要量产和验证在纳米级尺寸上集成数十亿晶体管的器件，各国必须研发新型计量工具，以满足在无尘室、高辐射等环境中，保持超高精度的需求。该方案特别强调要发展极端环境计量技术，涵盖核设施、太空探测等高风险特殊场景。其他重点领域还包括人工智能、智慧传感、环境监测、防灾减灾和食品安全等依赖数据精度的产业。

（4）国家支持和军事关联

该方案的相关消息最先由中国科技部下属的《科技日报》报道。这份报纸被广泛视为中国军工领域的重要信息发布渠道。虽然该行动计划以国家科研项目名义推进，但其涉及的量子导航、卫星计量等军民两用技术，体现出战略与产业的双重意图。路线图还包括建设新型研发平台和国家级计量比对中心，以促进“产学研政”协同。这些平台将使中国企业和机构能够联合开发并验证技术，从而避免依赖日益受到地缘政治审查的国际合作伙伴。

（5）展望未来

该方案的推出标志着中美科技竞争进入新阶段——这场较量正从

显性的产品创新层面，转向支撑现代工业的隐形基础架构。中国在量子尺度、芯片尺度和稀土测量领域的投入若获成功，不仅能为更广泛的技术自给自足奠定基础，还将在全球科技竞争格局中赢得更大话语权。

（郭文娟）

研究进展

铱氧化物催化剂突破界面电子传输瓶颈

质子交换膜水电解（PEMWE）技术因依赖铂涂层材料，面临成本高昂与商业化受限的双重困境。韩国科学技术院 Hee-Tak Kim 教授领导的联合研究团队在无需铂涂层的高性能水电解技术领域取得关键突破。该成果通过优化催化剂界面结构，解决了长期困扰 PEMWE 技术的电子传输效率问题，为氢能源经济的商业化铺平道路⁹。

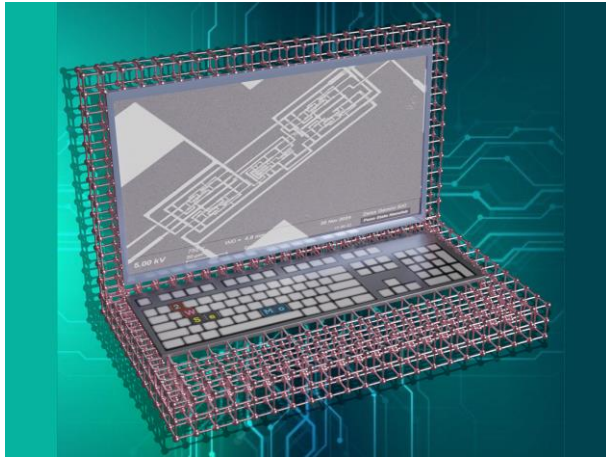
研究团队聚焦于铱氧化物（IrOx）催化剂性能受限的核心原因，首次揭示了催化剂、离子导体（ionomer）与钛基底界面处的“电子传输阻力”机制。通过精准控制 IrOx 催化剂颗粒尺寸（20 nm 及以上），有效减少离子膜混合区域，恢复电子传输路径。此外，通过精确设计优化界面结构，同时确保了反应性和电子传输，突破了传统技术中活性与导电性难以兼得的瓶颈。

上述研究工作发表在 *Energy & Environmental Science*（文章标题：On the interface electron transport problem of highly active IrOx catalysts）。

（董金鑫）

⁹ KAIST Successfully Develops High-Performance Water Electrolysis Without Platinum, Bringing Hydrogen Economy Closer.
https://news.kaist.ac.kr/newsen/html/news/?mode=V&mng_no=47610&skey=category&sval=research&list_s_date=&list_e_date=&GotoPage=1

世界首台非硅二维材料计算机



基于二维分子的计算机概念图

美国宾夕法尼亚州立大学 Saptarshi Das 团队利用单原子厚度的二维材料制造出世界首台能够执行简单操作的计算机，这向着实现更轻薄、更快速、更节能的电子产品迈出了重要一步¹⁰。

研究人员借助金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 技术，生长出大面积的二硫化钼和二硒化钨薄膜，并分别制造出 1000 多个 n 型和 p 型晶体管。通过精确调整制造工艺和后续处理步骤，研究人员成功调控了 n 型和 p 型晶体管的阈值电压，构建出功能完备的互补金属氧化物半导体 (CMOS) 逻辑电路。该二维 CMOS 计算机称为“单指令集计算机” (one instruction set computer)，能够在低电源电压下运行，功耗极低，并且可以在高达 25 kHz 的频率下执行简单的逻辑运算。与传统的硅基 CMOS 电路相比，该计算机的工作频率尽管较低，但仍可以完成基本的计算任务。

上述研究工作发表在 *Nature* (文章标题: A complementary two-dimensional material-based one instruction set computer)。

(万 勇)

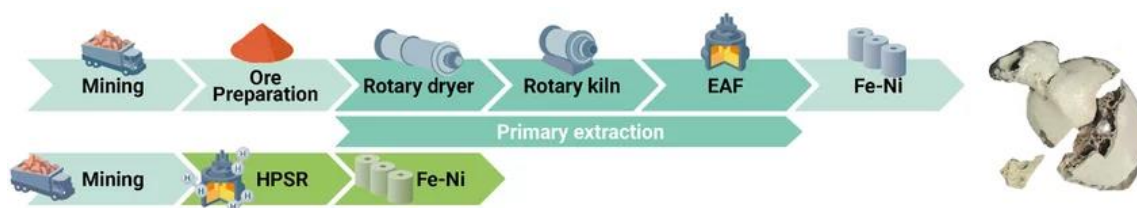
¹⁰ World's first 2D, non-silicon computer developed.
<https://www.psu.edu/news/research/story/worlds-first-2d-non-silicon-computer-developed>

镍提取新技术实现绿色可持续化

镍是一种战略性且难以替代的关键金属，广泛应用于不锈钢、有色金属合金及高温合金等领域，推动了高温制造和锂电池相关产业的可持续发展。然而，镍的传统生产工艺高度依赖碳基还原剂，该流程容易导致大量 CO₂ 排放（约 20 吨 CO₂/吨镍），且能耗高、过程复杂，造成了资源利用和环境保护的双重挑战。

德国马普学会可持续材料研究所开发了“氢等离子体熔炼还原”（hydrogen plasma smelting reduction, HPSR）一步镍提取新技术，通过使用绿色氢源替代传统碳还原剂，显著改善了镍提取过程的能源效率与碳排放特性¹¹。

为全面验证该方法的实用性，科学家对该单一冶金还原技术进行了系统的热力学建模与中试炉实验研究。数据显示，该技术在使用绿色电力与少量氢气的前提下，仅需 2-4 分钟即可将低品质镍矿转化为高纯度合金。更为关键的是，该技术可将镍提取过程中的碳排放量降低 84%，同时能耗降低 18%。此外，该技术也可以处理占全球储量 60% 的低品位镍矿，从而大幅拓展了镍资源的经济开采边界。该技术展现出了向不锈钢制造、电池电极材料制备以及建筑材料副产物开发等多个方向延伸的应用潜力，从而为低品位镍矿的利用范围提供了新的技术方向。



传统镍生产方法和新开发绿色方法比较

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Sustainable nickel enabled by hydrogen-based reduction）。

（陈安邦、吴文涛）

¹¹ Green nickel for sustainable electrification.

<https://www.mpg.de/24637660/0429-eifo-green-nickel-for-sustainable-electrification-152925-x?c=2249>

3D 打印新方法可实现复杂设计并减少浪费

传统立体光固化（vat photopolymerization）3D 打印方法在产品成型后，往往需手动拆除并丢弃打印过程中的支撑材料，造成材料浪费以及后处理繁琐等问题。

美国麻省理工学院 A. John Hart 团队开发出一种新型双相响应光固化树脂，能够根据所照射光的波长分别形成坚固主体结构和可溶支撑结构¹²。研究人员在紫外光照射下，通过添加“桥接”单体，将树脂材料编织形成坚固的框架；在可见光条件下，将其置于特定溶液中时，可被快速溶解，并回收再利用。

上述研究工作发表在 *Advanced Materials Technologies*（文章标题：Dual-Wavelength Vat Photopolymerization With Dissolvable, Recyclable Support Structures）。

（陈安邦）

eCryoEM 技术成功捕捉锂金属电池电化学反应动态过程

锂金属电池的能量密度可达现有锂离子电池的两倍，但因循环寿命最高仅为 200 次而难以商业化。美国加州大学洛杉矶分校 Yuzhang Li 团队开发出新型成像技术：电冷冻电子显微镜（eCryoEM），首次在小于光波长的尺度下捕捉了锂金属电池充电过程，有望加速锂金属电池研发¹³。

研究人员开发的 eCryoEM 技术通过将充电中的超薄电池快速浸入液氮（毫秒级冷冻），实现了对电池电化学反应动态过程的序列成像。通过对比在高性能和低性能电解液（循环寿命分别为 100 次和 50 次）中腐蚀层的生长速率，发现在早期反应限制阶段，腐蚀速率差异达三倍，而在后期扩散限制阶段差异仅约 10%。这一发现颠覆了过往聚焦于降低电子扩散速率的思路，揭示电解液的化学惰性对抑制腐蚀更为关键。通过

¹² New 3D printing method enables complex designs and creates less waste.

<https://news.mit.edu/2025/new-3d-printing-method-enables-complex-designs-creates-less-waste-0603>

¹³ Next generation of batteries may get lifespan boost with help from new UCLA imaging techniques.

<https://newsroom.ucla.edu/stories/next-generation-of-batteries-may-get-lifespan-boost-with-help-from-new-ucla-imaging-techniques>

优化电解液配方或添加剂，有望显著提升锂金属电池的循环稳定性，使其更接近锂离子电池的千次循环寿命水平。

该研究工作发表在 *Science Advances*（文章标题：Trapping and imaging dynamic battery nanointerfaces via electrified cryo-EM）。

（董金鑫）

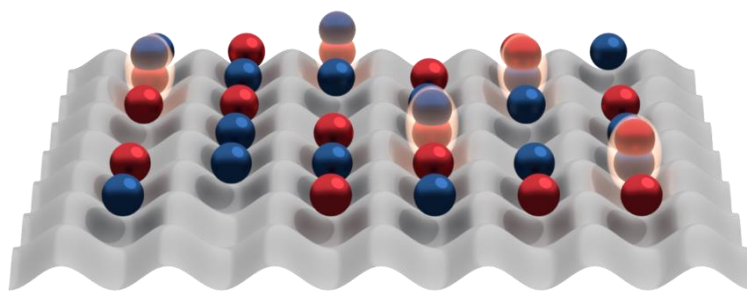
利用最纯净的人工量子系统模拟超导量子材料

超导体可实现电力的 100%传输效率，但目前科学家尚未完全理解某些材料（如铜氧化物）的超导原理。传统计算方法在处理量子材料复杂性时面临巨大挑战。美国哈佛大学 Markus Greiner 教授与纽约熨斗研究所（Flatiron Institute）合作，成功将费米-哈伯德系统冷却至比室温低一百亿倍的纳开尔文级别，创造了“最纯净的人工量子系统”，为模拟超导材料提供了传统计算机无法实现的条件。这一成果为开发更高临界温度的超导材料奠定了基础，其应用前景广阔，有望在能源传输、交通、计算和微波电子等领域带来革命性突破¹⁴。

研究团队利用高精度激光和数字微镜技术，将锂-6 原子冷却至极低温并置于光学晶格中模拟哈伯德模型（Hubbard model）。该模型用于描述相互作用电子的量子行为，其复杂性难以通过传统计算机模拟。通过改变晶格结构，团队将原子压缩成能带绝缘体，并通过热交换与系统扩展进一步降低温度，首次达到研究高温超导所需的低温条件。此外，研究人员利用量子气体显微镜技术，实现了对单个原子的高精度观察和操控。该技术通过激发原子发射光子并收集其荧光，以晶格位点分辨率水平观察单个原子的行为，类似于将电影投影到屏幕上。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：A neutral-atom Hubbard quantum simulator in the cryogenic regime）。

¹⁴ The Coldest Experiment Ever: Harvard physicists break temperature records to unlock secrets of quantum materials.
<https://gsas.harvard.edu/news/coldest-experiment-ever>



锂-6 原子在光晶格中以量子力学方式移动和相互作用，成功实现了哈伯德模型

（蒿巧利）

单量子比特操作精度创世界纪录

量子比特操作精度是制约量子计算机发展的关键因素。高错误率会使计算结果不可靠，而传统量子纠错方法需大量额外量子比特，增加了量子计算机的复杂性和成本。英国牛津大学 David Lucas 团队将单量子比特操作错误率降至最低——仅为 0.000015%，即每 670 万次操作仅出现一次错误。这一成果是迈向强大且实用量子计算机的重要一步¹⁵。

研究团队采用钙离子作为量子比特，以电子（微波）信号代替传统激光控制量子态，不仅提升了操作稳定性，还降低了成本与硬件复杂性。实验在常温下开展，无需磁屏蔽，进一步简化了技术要求。此前，该团队于 2014 年创下每百万次操作出现一次错误的最佳单量子比特错误率纪录，此次成果在此基础上实现了近一个数量级的提升。本研究中，量子比特的精确控制技术也适用于其他量子技术，如量子时钟和量子传感器等。

上述研究工作发表在 *Physical Review Letters*（文章标题: Single-Qubit Gates with Errors at the 10^{-7} Level）。

（蒿巧利）

¹⁵ Oxford physicists set new world record for qubit operation accuracy.
<https://www.ox.ac.uk/news/2025-06-10-oxford-physicists-set-new-world-record-qubit-operation-accuracy>

中国科学院武汉文献情报中心

先进制造与新材料情报研究



微信扫一扫，关注我们

编辑：中国科学院武汉文献情报中心战略情报部

地址：湖北省武汉市武昌区小洪山西 25 号

电话：027-8719 9180

传真：027-8719 9202

邮箱：[amto at whlib.ac.cn](mailto:amto@whlib.ac.cn)