

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2025 第 24 期
(总第 478 期)

本期要目

- 中国科学院东莞材料所成立
- 韩陶瓷研发路线图旨在提升先进产业关键材料竞争力
- 欧行动计划强化关键原材料自主及安全
- 欧量子产业联盟发布白皮书回应量子法案征求意见
- 美智库分析无人机供应链薄弱环节
- 《物理世界》评选出 2025 年十大突破
- 欧报告提出光子技术将支撑 AI 发展

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

战略规划

中国科学院东莞材料所成立 1

韩陶瓷研发路线图旨在提升先进产业关键材料竞争力 1

欧行动计划强化关键原材料自主及安全 2

欧量子产业联盟发布白皮书回应量子法案征求意见 4

项目资助

量子传感先驱 QD 建设新一代量子芯片检测设施..... 5

欧石墨烯旗舰计划发布晶圆研发项目 6

英机构正式启动第六轮工业合作计划 6

行业观察

美智库分析无人机供应链薄弱环节 7

《物理世界》评选出 2025 年十大突破..... 9

欧报告提出光子技术将支撑 AI 发展..... 11

研究进展

机械化学方法用有机钠取代有机锂 13

全球首个采用高功率铝离子技术的储能电池系统 14

可生物降解无芯片传感器实现敏感货物温敏监测 14

新型蜂鸟级高速飞行微型机器人问世 15

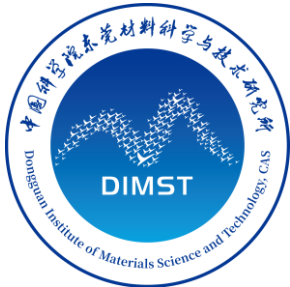
古老珠宝匠技艺或革新下一代核时钟 16

加企实现稀土元素高效提取 17

基于单芯片的新一代脑机接口 18

战略规划

中国科学院东莞材料所成立



东莞材料所形象标识

12月6日，中国科学院东莞材料科学与技术研究所成立大会在广东省东莞市举行。

该所于2025年1月20日由中国科学院、广东省人民政府、东莞市人民政府合作共建，坐落于大湾区综合性国家科学中心先行启动区（松山湖科学城），一期园区面积263亩。研究所面向新材料领域世界前沿科学、产业重大需求、研发范式变革三大板块布局建设，主要承担战略和前沿材料探索及基础科学问题研究，开展先进金属材料、清洁能源材料、电子信息材料、功能陶瓷材料及“人工智能+新材料”等领域的研究，致力于打造具有全球影响力和引领力的新材料研究中心。

（中国科学院、南方日报）

韩陶瓷研发路线图旨在提升先进产业关键材料竞争力

12月3日，韩国产业通商资源部（MOTIR）公布了《陶瓷研发路线图》，旨在提升韩国陶瓷产业的附加值并稳定其供应链。政府计划通过该路线图，系统支持陶瓷技术的战略发展及产业基础升级¹。路线图围绕以下四大战略支柱构建，涵盖了12个优先领域的46项关键任务。

（1）满足新一代主导产业需求，包括人工智能、半导体、显示等领域，例如开发AI用电子陶瓷材料、宽禁带半导体陶瓷晶圆等；

（2）提升陶瓷的耐用性，面向半导体、新一代通信、国防与航空、氢能技术等领域，开发高可靠性光学材料、耐极端环境结构陶瓷等；

（3）提升能源及环保领域应用可靠性，包括二次电池、先进生物技术、未来移动出行等领域，如高可靠性氢能材料、生物相容性陶瓷复合

¹ MOTIR Reveals Ceramic R&D Roadmap to Boost Competitiveness of Key Materials for Advanced Industries.
<https://english.motir.go.kr/eng/article/EATCLdfa319ada/2438/view>

材料等；

（4）夯实陶瓷产业发展基础，推动耐火材料、水泥、玻璃等传统陶瓷产业向高附加值转型，包括开发碳中和陶瓷材料、智能制造工艺等。

路线图提出了加强先进陶瓷与传统陶瓷产业的措施，以全面提升行业竞争力。为促进新开发技术的早期市场应用，政府将提供后续支持，包括建立商业化试验平台、协助制定面向全球市场的知识产权战略。为系统推进实施，MOTIR 计划在 2030 年前，通过利用材料与零部件技术开发项目、新增预算拨款以及对韩国陶瓷工程技术研究院的资助，投入约 1000 亿韩元资金。

来自产业界、学术界和研究机构的专家强调，掌握核心陶瓷技术是增强产业竞争力和稳定国家供应链的基础，需要持续管理，确保新发布的研发路线图能及时反映全球趋势。

（冯瑞华）

欧行动计划强化关键原材料自主及安全

12 月 3 日，欧盟委员会发布 ReSourceEU 行动计划，旨在加快并加强保障关键原材料（如稀土元素、钴、锂等）的供应。该计划基于《关键原材料法案》提出，将通过提供资金和具体工具，保护工业免受地缘政治和价格波动冲击，推动欧盟内外的关键原材料项目，并与理念相近的国家合作实现供应链多元化²。主要措施如下：

（1）保护欧洲工业免受地缘政治和价格波动冲击

欧盟将于 2026 年初成立欧洲关键原材料中心，通过与私营及公共部门合作，运用定制化工具提供市场情报、引导并资助战略项目。同时，该中心将担任多元化、具韧性供应链的投资组合管理者，通过联合采购、战略储备等方式推动供应链建设。为保护工业免受地缘政治和价格波动影响，同时提高对潜在短缺的认识，原材料中心将协助企业整合需求、

² Commission adopts RESourceEU to secure raw materials, reduce dependencies and boost competitiveness.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_2891

联合采购战略原材料并确保承购协议。欧盟正与成员国合作，制定协调统一的关键原材料储备方案，试点计划预计于 2026 年初投入运行。为保护单一市场并增强供应链韧性，该行动计划规定了监测、危机协调和应对恶意干扰的机制。

为提升欧洲回收能力，欧盟将于 2026 年初在全面评估基础上，对永磁体废料和废弃物的出口实施限制，并对铝废料采取针对性措施。如有必要，也将考虑对铜废料采取类似行动。《关键原材料法案》的修订扩大了产品标签要求，并鼓励回收利用永磁体生产前废料（如边角料、切屑和次品）。永磁体中再生材料含量的规定将进一步支持欧盟回收产业的发展。

（2）通过降低投资风险和加快审批促进关键原材料项目

欧盟将通过调动金融风险降低工具和消除监管瓶颈，加快具有欧盟战略重要性项目的审批流程。这些项目有望在 2029 年前将对外依赖度最高降低 50%。未来 12 个月内，欧盟将动员高达 30 亿欧元的资金，支持能够在短期内提供替代供应的具体项目。目前，欧盟、欧洲投资银行和成员国已在为优先项目提供资金，例如德国 Vulcan 公司的锂提取项目和格陵兰资源公司的 Malmbjerg 钼项目。

（3）与理念相近国家合作，构建强大且多元化的供应链

欧盟将深化与理念相近伙伴的合作，以实现供应多元化并加快工业合作进程。目前，欧盟已与资源丰富的国家签署了 15 项战略伙伴关系，其中最新的一项是与南非达成的合作。欧盟委员会还将启动与巴西的谈判。针对乌克兰、西巴尔干地区和南部邻国，欧盟正在制定专门的关键原材料价值链综合投资框架。此外，欧盟将通过“全球门户”计划，与新兴市场和发展中经济体推进互利共赢的投资项目。在国际层面，欧盟支持加拿大主导的七国集团关键矿产生产联盟及基于标准的市场路线图，并将通过二十国集团关键矿产框架促进强有力的供应链多元化。

（冯瑞华）

欧量子产业联盟发布白皮书回应量子法案征求意见

12月，欧洲量子产业联盟（QuIC）针对欧盟委员会就《欧盟量子法案》发出的征求意见，发布白皮书进行回应。《欧盟量子法案》是一项旨在增强欧洲量子技术能力的立法倡议，QuIC 的这份白皮书阐述了欧洲量子生态系统的需求与优先事项，并为构建具有竞争力和韧性的量子产业提出了明确的政策建议³。

在治理和战略方向方面，QuIC 建议制定一项“欧洲量子联合计划”（Euro Quantum Joint Undertaking），通过协调治理和精简行政管理，使欧盟和各成员国的努力保持一致。对于工业能力与投资，QuIC 呼吁建立适配深科技的融资机制、实施长期公共投资以及推行基于绩效的采购模式，以加速欧洲量子企业的成长。在供应链韧性方面，QuIC 强调需要建立统一的框架来监测和强化量子供应链。该框架应以欧盟层面的标准和定向投资为支撑，确保供应链的稳定性和安全性。在技能和人才方面，该文件提出了全面的人才发展措施，包括教育途径、人才流动计划以及欧盟量子人才签证，以保持欧洲的竞争力。在国际合作方面，QuIC 建议在保障欧洲战略技术的同时，积极推动与全球伙伴的开放互利合作，并促进系统间互操作性。

（蒿巧利）

³ QuIC's Response to the Call for Evidence on the EU Quantum Act.
<https://www.euroquic.org/quics-response-to-the-call-for-evidence-on-the-eu-quantum-act/>

项目资助

量子传感先驱 QD 建设新一代量子芯片检测设施

12 月 15 日，量子传感技术先驱量子金刚石（QuantumDiamonds，QD）宣布投资 1.52 亿欧元，在德国慕尼黑建立全球首座先进芯片测试系统生产基地。该基地作为提升欧洲在全球半导体产业话语权的关键战略资产，预计将依据《欧洲芯片法案》规定，获得德国联邦政府和巴伐利亚州政府数千万欧元的公共资金支持⁴。

高性能人工智能芯片需求的激增，加剧了半导体行业面临的核心挑战：随着芯片密度与性能提升，良品率正急剧下滑，进而导致供应减少、成本上升、创新放缓。传统测试方法已难以满足行业发展的需求，亟需寻找新的解决方案，而先进封装中的无损故障定位更是业界亟待攻克的极端难题。

QD 的技术有望填补这一领域的空白。其量子钻石显微镜系统利用钻石中的氮空位（NV）中心，通过检测磁场追踪电流，能够在数秒内以微米级精度实现对最复杂芯片封装内部电流的无损映射。这一技术为传统热成像或 X 射线等检测工具无法探测的缺陷开辟了可视化检测的新路径，对于支撑人工智能、移动设备和汽车电子的先进 2.5D 及 3D 架构至关重要。借助 QD 的工具，晶圆厂无需拆封封装，即可精准定位硅通孔、微凸点和芯片片层的电流路径。随着异构集成逐渐成为行业标准，这种级别的检测已从可选升级为必需。

在与全球十大芯片制造商中的九家成功完成概念验证项目后，QD 正迎来系统需求的激增。目前，首批部署已在欧洲完成，美国和台湾地区的安装工作也在持续推进。欧盟委员会在评估报告中特别指出，QD 具备成为下一个 ASML（全球半导体光刻技术的领导者）的潜力。

（蒿巧利）

⁴ QD Plans €152 Million Investment in Next-Gen Quantum-Based Chip Inspection Facility in Munich, German. <https://www.qd-st.com/press/qd-plans-eu152-million-investment-in-next-gen-quantum-based-chip-inspection-facility-in-munich-germany>

欧石墨烯旗舰计划发布晶圆研发项目

12月4日，欧盟石墨烯旗舰计划 2D Pilot Line (2D-PL) 项目启动第四轮多项目晶圆研发，涵盖 AMO GmbH、VTT 等欧洲多地合作机构，旨在推动石墨烯及 2D 材料产业化，助力下一代半导体技术研发⁵。

该项目第四轮研发由 AMO GmbH 主导，支持石墨烯场效应晶体管等器件原型制造，采用 Si/SiO₂ (90 nm) 晶圆，标准管芯尺寸 1×1 cm²，最小设计规则低至约 10 μm，工艺流程涵盖介质沉积、石墨烯转移等关键环节。同时仍开放往期轮次的项目，包括 VTT 主导的聚焦 CMOS 集成石墨烯器件，IHP 负责的专注 200 mm 晶圆石墨烯光子集成电路，Graphenea Semiconductors 开展的针对生物传感与液体样本器件。项目通过共享晶圆和掩模资源降低原型制造成本，赋能欧洲初创企业、中小企业及科研机构创新。

(董金鑫)

英机构正式启动第六轮工业合作计划

12月1日，英国亨利·罗伊斯研究所依照此前发布的资助预告⁶，正式启动第六轮工业合作计划，提供最高 400 万英镑资金，重点支持聚焦国家战略优先级的研究与创新快速攻关项目，助力英国巩固在材料科学与工程领域的全球领先地位⁷。

项目资助领域包括能源解决方案，未来医疗，结构创新，先进表面技术与材料耐用性，下一代电子设备、电信与传感器，以及消费品、包装及特种聚合物等，并且特别鼓励将设计可持续原则或“材料 4.0”方法纳入项目。

(吴文涛)

⁵ 2D Pilot Line launches fourth multi-project wafer run.

<https://graphene-flagship.eu/materials/news/2d-pilot-line-launches-fourth-multi-project-wafer-run/>

⁶ 具体内容可参见 2025 年第 22 期《先进制造与新材料动态监测快报》。

⁷ Henry Royce Institute Launches ICP6 with Up to £4 Million for Collaborative Materials Innovation.

<https://www.royce.ac.uk/news/henry-royce-institute-launches-icp6-with-up-to-4-million-for-collaborative-materials-innovation/>

美智库分析无人机供应链薄弱环节

12月9日，美国战略与国际研究中心网站发布题为“无人机供应链之战：找出无人机制造过程中的瓶颈”的评论文章。文章指出，大多数决策者和军事领袖倾向于关注更高阶的硬件和软件，从机身到自动驾驶、人工智能和伦理，却忽视了其底层的化学和冶金等基础科学。无人机能够大规模量产，需要持续获得专有复合材料、合金和半导体等。当前，无人机关键部件与材料严重依赖中国供应链，碳纤维、稀土磁铁、锂离子电池和氮化镓芯片是中国供应链中支撑现代无人机战争构架的关键节点。文章认为，当前美国无人机生产基础薄弱，存在以下五项重大战略风险⁸。

(1) 主体结构 涉及碳纤维、铝锂合金和钛合金等。碳纤维增强复合材料是大多数无人机的框架基础材料，主要产自日本、美国和中国。2025年，全球聚丙烯腈基碳纤维产量接近15万吨，到2030年可能增长三倍。然而，航空级碳纤维等复合材料产能集中于少数企业且无法快速提升，供应中断将直接制约所有相关航空项目。此外，金属飞机结构以铝锂合金和专用钛合金（Ti-6Al-4V）为主。

(2) 推进系统 主要涉及磁体、铜和发动机合金等。钕铁硼磁体将电流转化为升力和扭矩，尽管每台小型电机大约含有5-15g磁体，但在整个无人机编队中总量可达吨级。美国商务部报告指出，约90%的烧结钕铁硼磁体产自中国，加工环节高度集中，面临出口管制风险。此外，在大型无人机方面，动力系统依赖铝硅铜活塞合金，并使用钢或钛气门机构部件，部分机壳还用镁铸件来减轻重量。

(3) 电池 主要涉及锂离子电池、铜、石墨和氮化镓电子元件等。每千瓦时电池容量需要0.5-1kg铜、铝和石墨，以及数十到数百克锂、

⁸ The Drone Supply Chain War: Identifying the Chokepoints to Making a Drone.
<https://www.csis.org/analysis/drone-supply-chain-war-identifying-chokepoints-making-drone>

镍、钴或锰。这些资源的精炼是瓶颈。中国主导全球 2/3 锂、超 70% 负极石墨的精炼加工，使电池供应链极易受地缘政策影响。例如，中国 2023 年开展的石墨出口管制，有可能仅需几周时间就可中断无人机组装。此外，市场变化也加剧了供应链压力，磷酸铁锂电池在储能领域变得越来越受欢迎，而非镍或钴电池，导致上游金属需求发生变化。

（4）半导体与传感器 主要涉及氮化镓放大器、铟化镓、碲镉汞等。无人机的“大脑”和“眼睛”依赖于氮化镓功率放大器以及由铟化镓、碲镉汞等制成的红外探测器。这些特殊半导体在少数西方企业生产，且产能有限。此外，飞行控制器、导航系统和数据链等也依赖于专用半导体。

（5）后勤物流与集成 国防部门对关键供应商的主承包商缺乏追溯能力。更轻且更有效的无人机弹药也是重点，意味着推进剂和含能材料也是关注点。在战争时期，单一材料断供可能导致整线停产。风险在于不透明度，无法追踪就无法被保护。

针对上述战略风险，报告指出，美国可通过以下四个步骤弥补供应链缺陷。

第一，提升供应链透明度。建立国家级追溯数据库，实现从国防采购到原材料来源的全程可视，提前识别脆弱环节。

第二，构建盟友合作网络。与澳大利亚（稀土）、日韩（碳纤维）、加拿大（石墨与锂）等关键材料产地国共建分布式生产体系，参照五眼联盟情报共享模式建立“五大材料”国防工业合作机制，形成多节点、抗冲击的供应链。

第三，调整战略储备方向。将储备重点从成品武器转向稀土磁体、碳纤维预浸料、电池前驱体等关键原材料，建立缓冲库存应对短期断供。

第四，将工业韧性提升为国防原则。把可持续、规模化的装备生产能力纳入威慑战略与动员体系核心。

（周 鼎）

《物理世界》评选出 2025 年十大突破

12 月 11 日，英国物理学会主办的《物理世界》杂志公布了 2025 年度十大科学突破榜单，研究成果覆盖天文学、反物质、原子分子物理等多个领域。其中，中国科学院团队在二维材料领域的重大进展——研制出首例二维金属材料入选，这也是本年度唯一入选的中国成果。以下是本年度十大突破的简要介绍（排名不分先后）⁹。

（1）小行星样本揭示生命起源线索

一支国际研究团队在近地小行星“贝努”的返回样本中，发现了盐、氨、糖、富氮/氧有机物以及富含金属的超新星尘埃痕迹，这些复杂的化学成分支持了小行星撞击可能为早期地球带来生命形成所需原材料的假说。该研究不仅深化了对生命起源的理解，也揭示了太阳系天体的形成机制。

（2）分子超流现象首获观测

加拿大不列颠哥伦比亚大学、日本理化学研究所首次在分子氢中观测到超流性，克服了氢在超流温度下会凝固的难题。团队通过将氢分子簇束缚在氦液滴中，并嵌入甲烷分子作为探针，历时近 20 年，成功探测到超流转变。该突破为探索量子与经典行为的边界开辟了新途径。

（3）空心光纤突破通信传输极限

英国南安普敦大学、微软 Azure Fiber 用空气替代传统纤维的玻璃芯，利用玻璃膜反射光波，开发出新型空心光纤。测试表明，该光纤信号衰减较标准光纤降低 35%，传输速度提升 45%，有望减少长距离通信对放大器的数量需求，为更快速、环保的网络基础设施奠定基础。

（4）质子弧疗法用于临床治疗

意大利特伦托质子治疗中心率先完成质子弧疗法（proton arc therapy, PAT）的临床应用。该技术通过弧形路径多角度输送质子束，优化了肿瘤靶向剂量分布。在与传统扫描方案进行对比验证后，团队成功对 9 名癌

⁹ Top 10 Breakthroughs of the Year in physics for 2025 revealed.
<https://physicsworld.com/a/top-10-breakthroughs-of-the-year-in-physics-for-2025-revealed/>

症患者实施了 PAT 治疗，标志着质子治疗技术进入新阶段。

（5）蛋白质量子比特实现活细胞磁传感

美国芝加哥大学利用荧光蛋白开发出可在活细胞内合成的量子比特。这种直径 3 nm 的蛋白质具备类似钻石氮空位中心的光学与自旋特性，经基因改造后能在细菌中表达，并以 8% 的自旋对比度实现磁场传感，为细胞内原位磁共振测量提供了全新工具。

（6）首例二维金属材料制备成功

中国科学院物理所突破传统认知，首次制备出单原子层超薄金属，厚度仅为头发丝直径的二十万分之一。团队通过将金属熔化并利用单层 MoS₂ 作为范德华压砧挤压，成功实现原子极限厚度下各种二维金属的普适制备¹⁰。

（7）反质子自旋获量子精密测量

欧洲核子研究中心首次实现对单个反质子的相干自旋操控。通过将反质子冷却并囚禁于电磁阱中，利用微波脉冲操控其自旋态，测量精度较此前提升 16 倍。这一突破为检验物质与反物质对称性提供了前所未有的精度，有望揭示标准模型之外的新物理现象。

（8）智能手机网络构建地震预警系统

美国加州大学伯克利分校与谷歌合作，利用 98 个国家的安卓手机内置加速度计构建地震警报网络。2021-2024 年测试期间，系统平均每月检测到 312 次地震，震级 1.9-7.8 级，并向受影响用户发送警报。该低成本方案有望弥补传统地震监测网络的覆盖空白，助力灾后应急响应。

（9）系外气态巨行星首张天气图绘成

德国哥廷根大学通过光谱分析系外行星 WASP-127b 的大气，绘制出首张系外行星天气图。研究发现该行星存在时速达 3.3 万公里的超音速风，极地与赤道温差超 1000 °C，大气中水蒸气的检测暗示可能存在特殊降雨过程，为系外行星气候研究树立了新标杆。

¹⁰ 具体内容可参见 2025 年第 6 期《先进制造与新材料动态监测快报》。

（10）单原子显微成像更清晰

美国马里兰大学、伊利诺伊大学香槟分校借助电子显微镜技术，以 15 皮米分辨率捕获二维材料二硒化钨中单个原子的清晰图像，分辨率达原子尺寸的 1/10。该技术首次直接观测到莫尔晶格中的集体振动，为理解材料微观相互作用和设计新型量子材料提供了关键手段。

（王 轩）

欧报告提出光子技术将支撑 AI 发展

12 月 1 日，欧洲光子学技术平台 Photonics21 与市场情报机构 TEMATYS 联合发布《AI 发展亟需光子学》(*AI desperately needs photonics*) 研究报告。报告指出，人工智能（AI）对算力的需求正引发严重的能源危机，而传统电子芯片已难以应对，使得欧洲的绿色转型与战略自主面临严峻挑战。报告强调，发展基于光子的计算技术，是协调 AI 发展与可持续目标的关键路径¹¹。

AI 模型规模与复杂度的指数级增长，使其对计算能力的需求远超现有电子硬件（如 CPU 与 GPU）的物理极限，并对全球电网构成空前压力。根据国际能源署的数据，2024 年全球数据中心能耗约 415 太瓦时，TEMATYS 预测，随着 AI 工作负载主导数字基础设施，到 2030 年这一数字可能增长一倍以上。

报告分析指出，通过共封装光学等光子集成技术让光子更接近计算核心，利用光来处理高速数据传输或特定计算任务，可以显著改善 AI 的能耗和成本。例如 2024 年麻省理工学院成功演示完全采用光进行神经网络计算的集成光子芯片，已验证了该技术的可行性。光子学并非完全取代电子处理器，而是作为关键的协同技术，通过分担高速互连、矩阵运算等特定任务，极大缓解整个系统的能耗与算力压力。

报告肯定欧洲在光子学领域拥有深厚的研究积累与活跃的初创生

¹¹ Photonics21: New Report Shows Only Photonics Can Satisfy AI's Insatiable Appetite for Compute Power.
<https://www.photonics21.org/2025/photonics21-new-report-shows-only-photonics-can-satisfy-ai%E2%80%99s-insatiable-appetite-for-compute-powe>

态，却对其产业化能力发出警告。目前，数据中心设备市场已由美国与亚洲厂商主导。如果欧洲无法将技术优势转化为产业规模，不仅将丧失未来 AI 硬件价值链的战略自主权，还可能被迫承受因高能耗 AI 模式带来的更高能源成本与排放代价。

报告敦促欧洲机构、各国政府和私人投资者将光子学视为 AI 的战略基础设施。建议采取的行动包括：设立专项资金支持试点制造、制定政策激励光子学初创公司扩大规模、将光子学纳入芯片/AI/绿色技术的资金支持范围，以及启动技能计划以培养专业制造人才。报告警告，若不采取这些措施，欧洲可能将 AI 硬件价值链的关键部分拱手让于海外竞争者，同时面临能源成本上升和排放增加的风险。

（冯瑞华）

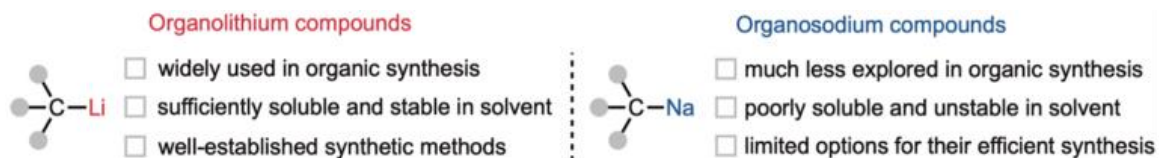
研究进展

机械化学方法用有机钠取代有机锂

有机锂是一类具有高反应性的有机金属试剂，广泛用于高分子合成、制药等领域。由于矿产资源限制以及开采面临的环境成本，锂资源的获取难度较高。钠的丰度比锂高出千倍，而且可以从海水中持续低成本提取。因此，用钠替代锂将会是一个重要的进步。然而，传统有机钠试剂合成方法需要用到高毒性试剂，且涉及复杂的实验过程。

日本北海道大学、英国纽卡斯尔大学和伯明翰大学联合开发出首个环境友好的有机钠合成方法，有望减少对锂的依赖，提升有机合成的可持续性¹²。

研究人员采用机械化学技术，在球磨机内，以少量己烷作为液体添加剂，促使有机盐与钠金属块反应，5 分钟即可生成有机钠试剂。在相同机械化学条件下，该有机钠试剂可用于与多种反应物的反应，并以高产率获得多功能的新化合物。该方法成功转化了在传统方法下难溶解、难反应的有机卤化物，显著扩大了有机钠在有机合成中的应用范围。



有机合成中，有机锂与有机钠的比较

上述研究工作发表在 *Nature Synthesis* (文章标题: Mechanochemical synthesis of organosodium compounds through direct sodiation of organic halides)。

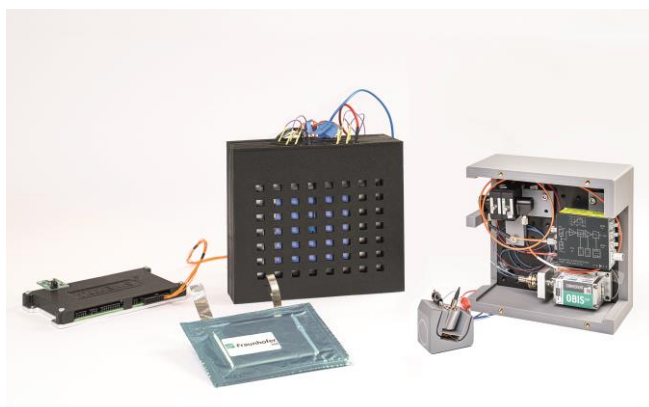
(万 勇)

¹² Towards sustainable organic synthesis – Mechanochemistry replaces lithium with sodium in organic reactions.
<https://www.global.hokudai.ac.jp/news/24400/>

全球首个采用高功率铝离子技术的储能电池系统

可再生能源存储需求日益攀升，但无锂电池技术多停留在实验室层面，系统级验证成果稀缺。德国弗劳恩霍夫协会牵头组建的 INNOBATT 项目联盟研发出铝-石墨双离子电池（AGDIB）系统验证机，为电网稳定提供低成本无锂储能方案¹³。

研究团队将 8 块 AGDIB 软包电池以 4 串 2 并构型组装，集成基于 foxBMS[®] 的无线电池管理系统与金刚石量子传感器，通过优化活性材料与电池设计提升稳定性。量子传感器测量范围覆盖五个数量级，配合无线通信实现高精度监测，系统在 10 C 高倍率动态负载下长期运行性能稳定，经真实频率数据模拟验证适配电网应用需求，且采用物理分离回收工艺规避有毒化学试剂。



铝-石墨双离子电池系统示意图

（董金鑫）

可生物降解无芯片传感器实现敏感货物温敏监测

温敏货物运输需全程温控，但硅基传感器成本高、环保性不佳，2022 年全球电子垃圾达 62 兆吨，仅 22% 被妥善回收。洛桑联邦理工学院（EPFL）、瑞士联邦材料科学与技术研究所（Empa）和瑞士电子与微技术中心（CSEM）联合团队研发出可生物降解无芯片传感器，其作为无硅

¹³ Worldwide First Battery System Employing High-Power Aluminum Ion Technology for Energy Storage.
https://www.iisb.fraunhofer.de/en/press_media/press_releases/pressearchiv/archiv_2025/INNOBATT-demonstrator.html

无线设备，可监测货物温控阈值是否超标¹⁴。

该传感器以 Empa 的生物聚合物纤维素复合基板为载体，采用 CSEM 的设计与读取技术。通过添加锌导电轨迹构成无线谐振器并以天然蜡保护，无需电池与芯片，经无线阅读器的电磁场即可激发可解码谐振信号；结合生物基油实现温敏响应，不同油类（如冷冻橄榄油、荷荷巴油）对应不同融化温度，超标后油体融化被下方纤维素吸收，引发不可逆谐振频率偏移，确保不同倾角下的可靠监测。

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题：Ecoresorbable chipless temperature-responsive tag made from biodegradable materials for sustainable IoT）。

（董金鑫）

新型蜂鸟级高速飞行微型机器人问世

麻省理工学院 Kevin Chen 研究团队成功开发出一种飞行速度与敏捷性堪比蜂鸟的微型飞行机器人，该技术不仅标志着微型机器人控制领域的范式转变，更因其能灵巧穿越狭窄混乱空间，为地震等灾害后的废墟搜救、复杂环境探测提供全新解决方案，有望解决传统大型无人机无法触及的救援难题¹⁵。

为突破传统手动调试控制器的瓶颈，研究团队设计了一种创新的两步式 AI 驱动控制方案，既满足复杂快速机动的鲁棒性需求，又具备实时部署的计算效率。第一步，研究人员构建了一个强大的模型预测控制器，能够利用动态数学模型预测机器人行为，并规划出执行高难度动作（如空中翻腾与急转弯）的最优轨迹，同时确保其符合物理约束以避免碰撞。第二步，通过模仿学习，训练出一个高效的深度学习“策略”模型，该策略作为机器人的决策引擎，指挥其飞行方向和方式，最终形成

¹⁴ A biodegradable smart sensor to monitor sensitive goods.

<https://news.epfl.ch/news/a-biodegradable-smart-sensor-to-monitor-sensitive-2/>

¹⁵ MIT engineers design an aerial microrobot that can fly as fast as a bumblebee.

<https://news.mit.edu/2025/mit-engineers-design-aerial-microrobot-fly-like-bumblebee-1203>

一个能实时响应、高速运行的轻量级 AI 模型。该机器人体积如微型磁带盒，重量不及一枚回形针。实验数据显示，采用新型两步式 AI 控制方法的微型机器人取得了突破性性能提升：飞行速度较团队此前版本提高 447%，加速度增加 255%。该机器人能在 11 秒内连续完成 10 次空翻，且飞行轨迹偏差不超过 4-5 厘米。

上述研究工作发表在 *Science Advances*（文章标题：Aerobic maneuvers in insect-scale flapping-wing aerial robots via deep-learned robust tube model predictive control）。

（郭文娟）

古老珠宝匠技艺或革新下一代核时钟

加州大学洛杉矶分校 Eric Hudson 领导的国际研究团队在核钟技术领域取得突破性进展。团队开发出一种更简洁、高效的方法，用镀在不锈钢上的钍替代复杂晶体，首次观察到激光激发钍核产生可测电流，为核时钟的小型化与应用拓展奠定了基础，未来不仅可用于手机、腕表，取代电网、信号塔和 GPS 卫星的现有时钟，还可在深空、潜艇等 GPS 拒止情况下完成导航任务¹⁶。

研究团队通过改良传统珠宝电镀工艺，将微量钍-229 电镀到不锈钢表面，替代此前耗时 15 年研发的掺钍氟化物晶体。该方法的钍使用量减少了 1000 倍，且成品更为坚固。关键发现在于，团队打破了“钍必须嵌入透明材料中才能被激光激发”的传统假设，证明即使在非透明基底上，激光仍能激发表层钍核并引发电子发射，进而通过检测电流观测跃迁。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Laser-based conversion electron Mössbauer spectroscopy of ²²⁹ThO₂）。

（郭文娟）

¹⁶ An old jeweler's trick could unlock next-generation nuclear clocks.
<https://newsroom.ucla.edu/releases/thorium-could-power-next-generation-atomic-clocks>

加企实现稀土元素高效提取

加拿大锂勘探公司 Century Lithium 宣布，其全资拥有的美国内华达州天使岛锂矿项目在稀土元素提取方面取得重要进展。Century Lithium 采用正在申请专利的氯化物基工艺，结合靶向离子交换技术开展试验，发现溶液中稀土元素含量具备潜在商业价值，且离子交换过程中稀土元素的回收率极高。这一成果表明，稀土元素有望成为天使岛项目主产品碳酸锂之外的重要副产品¹⁷。

此次稀土元素提取样品取自天使岛项目采集的 500 吨黏土岩样品，研究显示，该黏土岩样品的锂含量为 1101 ppm，稀土氧化物总量(TREO)为 239 ppm，其中轻稀土元素约占 75%，重稀土元素约占 25%。采用氯化物浸出工艺处理样品后，浸出液中锂浓度达 210 mg/L，稀土元素浓度为 36 mg/L，表明稀土元素可与锂在相同的工艺条件下进行提取。研究采用两种离子交换介质从富矿浸出液中回收稀土元素，两种介质均对所有稀土元素展现出高回收率。

全球范围内，大量稀土产自规模大但品位相对较低的矿床。例如，中国南方及东南亚的离子吸附型黏土矿床长期以来是全球重稀土的主要来源，其品位为 0.03%~0.15% TREO。美国怀俄明州和得克萨斯州的主要稀土项目正处于开发阶段，其矿床品位为 0.05%~0.20% TREO。这些案例表明，只要具备高效的提取技术和可观的矿石处理量，此类低品位矿床就能具备技术可行性与战略重要性，这也突显了天使岛项目的稀土含量作为大规模锂矿开采副产品的潜在价值。根据规划，天使岛项目一期和二期每年将处理 275~550 万吨黏土岩，年产浸出液 1000~2000 万吨。在此规模下，即便稀土品位不高，其总产量也将具备重要战略意义。

(吴文涛)

¹⁷ Century Lithium Highlights Rare Earth Potential at Angel Island, Nevada.
<https://centurylithium.com/news/century-lithium-highlights-rare-earth-potential--at-angel-island-nevada>

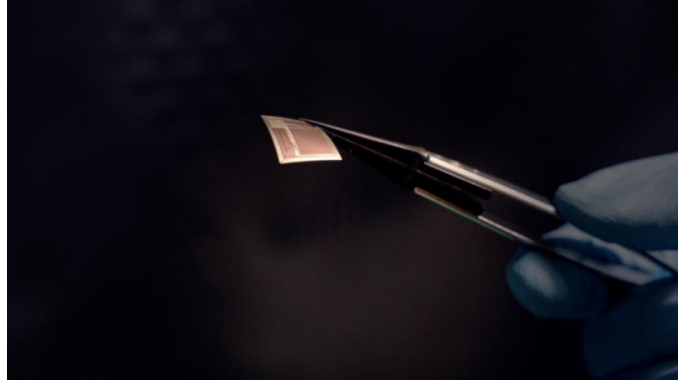
基于单芯片的新一代脑机接口

目前医疗领域使用的最先进脑机接口由多个微电子元件构成，包括放大器、数据转换器、无线电发射器和电源管理电路等。为容纳所有这些元件，必须通过手术在体内植入一个大型电子元件罐：要么通过开颅术移除部分颅骨，将装置直接固定于颅内合适区域；要么将设备植入胸部等其他部位，再通过导线连接至大脑。这些方案显著影响患者的术后生活质量与治疗依从性，也对手术操作精度和术后护理提出了极高要求。

哥伦比亚大学、纽约长老会医院、斯坦福大学及宾夕法尼亚大学等机构联合开发出“大脑皮层生物接口系统”（BISC），该系统具有超小尺寸和高速数据传输能力，有望变革人机交互方式，并拓展癫痫、脊髓损伤、肌萎缩侧索硬化症、中风及失明等神经疾病的治疗可能性¹⁸。

BISC 系统由单芯片植入体、可穿戴中继站及运行所需的定制软件构成。植入体采用台积电“0.13 μm 双极型-互补金属氧化物半导体-双扩散金属氧化物半导体”工艺制造，厚度仅 50 μm ，体积约 3 mm^3 ，仅为传统设备体积的 1/1000，且具有良好柔韧性，可贴合大脑表面形态。植入体集成了 65536 个电极、1024 个同步记录通道和 16384 个刺激通道，凭借半导体行业成熟的大规模制造技术，可实现高效的规模化生产。可穿戴中继站能为植入体供电并与之通信，通过定制超宽带无线电链路传输数据，带宽可达 100 Mbps，比同类无线脑机接口至少高出 100 倍。此外，BISC 系统还拥有专属指令集，配套完善的软件栈，共同构成了专为脑机接口设计的计算架构。研究表明，其高带宽记录能力可将脑信号模式输入先进的机器学习或深度学习框架，从而解码复杂的意图、感知或状态。目前该系统已完成临床前安全植入验证，正在推进人体短期术中记录研究，且通过衍生公司加速商用转化，有望为神经疾病治疗及脑-AI 无缝交互提供革新性方案。

¹⁸ Silicon Chips on the Brain: Researchers Announce a New Generation of Brain-Computer Interface.
<https://www.engineering.columbia.edu/about/news/silicon-chips-brain-researchers-announce-new-generation-brain-computer-interface>



BISC 单芯片植入体

上述研究工作发表在 *Nature Electronics*（文章标题：A wireless subdural-contained brain-computer interface with 65536 electrodes and 1024 channels）。

（吴文涛）

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研究部

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)