

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2025 第7期
(总第461期)

本期要目

- 剑桥大学发布英国创新报告 2025
- 欧发布《钢铁和金属行业行动计划》
- 英国向创新加速器计划追加 3000 万英镑资助
- 英半导体产业获千万英镑资助提升先进封装与设计能力
- 欧议会发布乌克兰稀土矿报告
- 首次实现 3D 纳米电子器件自主构建

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

专 题

剑桥大学发布英国创新报告 2025 1

战略规划

欧发布《钢铁和金属行业行动计划》 4

项目资助

英国向创新加速器计划追加 3000 万英镑资助 6

欧委会宣布关键原材料供应链战略资助计划 7

英半导体产业获千万英镑资助提升先进封装与设计能力 7

英罗伊斯研究所启动新一轮工业合作计划 8

行业观察

欧议会发布乌克兰稀土矿报告 10

研究进展

美学者在磁性材料中发现新型电子自旋相态 12

首次实现 3D 纳米电子器件自主构建 13

铁基超导体中发现“库珀对密度调制”新超导态 13

动量空间中超导能隙的精准调控 14

创造新型量子物质：时间准晶体 15

基于钻石自旋量子比特的高精度量子门 15

利用贫铀核废料开发出首个铀基可充电电池 16

剑桥大学发布英国创新报告 2025

编者按：3月20日，英国剑桥大学制造业研究所发布《英国创新报告 2025》(*UK Innovation Report 2025*)，通过对行业数据进行分析，全面评估了英国在全球背景下的工业和创新绩效，深入探讨了英国经济结构、创新投资、工业国际竞争力、科学与工程劳动力以及净零创新等关键领域的现状、趋势和国际对比情况，为相关政策讨论提供了重要依据¹。本期专题对该报告的主要内容进行了编译。

一、经济结构与绩效

在过去二十年里，英国的经济结构发生了显著变化。制造业增加值占 GDP 比重从 2000 年的 14.8% 降至 2023 年的 9.1%，而人类健康和社会工作、专业科学技术活动以及金融和保险活动等领域占比上升。尽管如此，制造业依旧是英国经济的关键支柱。2023 年，制造业是英国第二大增加值贡献行业，并拥有最大的资本投资，劳动生产率增长位居第二，就业人数位居第七。从制造业内部来看，食品产品行业就业人数最多、增加值最高，在制造业中的资本投资位列第二，但其出口仅占制造业的 4.2%，属于国内导向型行业。相比之下，汽车、机械和设备、金属制品等行业出口导向明显，合计占据了制造业近一半的出口份额。制药业则凭借高增加值、较大的服务出口以及制造业中最高的资本投资脱颖而出。同时，知识密集型和劳动密集型服务业在英国经济中占据主导，2023 年贡献了约 80% 的增加值和就业岗位。

二、创新投资

创新投资是衡量一个国家创新能力的重要指标，英国在这方面表现出一定特点。2022 年，英国在研发方面的国内总支出达到 707 亿英镑，

¹ Cambridge's Institute for Manufacturing launches 2025 UK Innovation Report.
<https://www.cam.ac.uk/news/cambridges-institute-for-manufacturing-launches-2025-uk-innovation-report>

占英国 GDP 的 2.77%，略高于经合组织 2.73% 的平均水平，但与韩国、美国、日本和德国等领先国家相比仍有差距。在政府支持方面，2021 年英国政府对企业研发的财政支持占 GDP 的 0.48%，在经合组织国家中位居首位，高出经合组织平均水平（0.21%）一倍，但其中大部分以研发税收减免的形式提供，占 GDP 的 0.33%，直接资金仅占 0.15%。从企业研发情况来看，2023 年英国企业研发投入 499 亿英镑，制造业产品占企业研发总投入的 48%，服务业占 47%，其他生产活动仅占 5%，其中研发投入排在前四位的产品和服务分别是制药（87 亿英镑）、汽车（49 亿英镑）、软件开发（76 亿英镑）和其他商业活动（70 亿英镑）。然而，英国在全球研发投资公司中的地位有所下降，2013-2023 年间，进入全球前 2000 名研发投资公司的英国企业数量几乎减半，从 118 家减少到 63 家，且在通信技术和汽车等关键领域的研发投入落后于其他领先国家，企业研发多集中在健康和金融领域。

三、工业国际竞争力

在国际范围内比较英国的工业绩效，凸显了英国在全球制造业格局中的变化。自 2000 年以来，G7 国家制造业整体呈现下滑态势，在全球制造业增加值方面的合计占比从 2000 年的 56% 降至 2022 年的 33.1%，在全球制造业出口方面的占比从 51.9% 降至 30%。英国的制造业部门也呈现出类似的趋势，其全球制造业增加值份额从 2000 年的 3.1% 降至 2022 年的 1.9%，就业份额从 1.3% 降至 0.6%，出口份额从 2000 年的 3.7% 降至 2020 年的 1.5%。与此同时，中国在全球制造业中的地位迅速崛起，其制造业增加值份额从 2000 年的 6.4% 上升至 2022 年的 31%。按照增加值计算，英国排名前七位的制造业分别为食品、饮料和烟草、制药业、金属制品业、计算机和电子业、机械和设备业、汽车及其他运输设备业。在这七个制造业中，汽车制造业在 2010-2022 年间增长最为迅猛，增加值上升 72%，就业增长 18.7%，出口也显著增长 51.9%。然而，英国在制药和其他运输设备等传统优势行业的竞争力下降明显，在先进产业的

全球市场份额和专业化程度也有所降低。

四、科学与工程劳动力

科学与工程劳动力是推动创新和工业发展的核心力量，英国在这方面存在一些问题与挑战。2023 年，英国劳动力市场出现了经合组织成员国中最高学历、技能与需求匹配度失衡现象，37%的工人认为自己的资格高于岗位要求，34%认为自身技能过剩，41%的工人所学专业与工作领域不相关，均高于经合组织平均水平。在教育体系方面，英国是经合组织成员国中高等教育普及程度最高的国家之一。2023 年，25-34 岁人群中拥有大学学位的比例达 60%，高于经合组织 48% 的平均水平。然而，其职业教育参与率较低，仅为 22%，远低于经合组织 31% 的平均水平以及法国、德国和意大利等欧洲国家。在工程、制造和建筑领域，英国毕业生占比仅 9.3%，低于 G7 平均水平 13.9%，仅高于美国（6.9%）。不过，英国在科学、技术、工程和数学（STEM）领域的劳动力在 2023 年占总就业的 28.7%，且预计到 2030 年还将持续增长。

五、净零创新

在净零创新领域，英国取得了一定成果。在碳排放方面，英国已实现了 GDP 增长与温室气体排放脱钩，完成了此前设定的碳预算目标，其中超过一半的减排量来自能源供应部门，未来的减排任务将主要依赖交通、建筑和农业等行业。在研发投入方面，国际能源署数据显示，2013-2023 年英国在低碳可再生能源技术方面的公共研究、开发和示范支出位居世界第四。2023 年，英国公共研发预算为 18 亿美元，低于美国（103 亿美元）、法国（40 亿美元）和日本（29 亿美元），但高于德国（15 亿美元）和加拿大（14 亿美元）。在低碳技术领域，核能技术获得的公共研发支出最高，其次是能源效率和可再生能源。在环境相关专利申请方面，2010-2021 年英国排名世界第七，在海上风能、绿色建筑、先进核能、绿色汽车以及碳捕获利用与储存等技术领域表现出较高的专业化程度。

（吴文涛）

欧发布《钢铁和金属行业行动计划》

钢铁行业是欧洲经济的基础，为汽车、清洁技术和国防等关键行业提供支撑。当前，该行业正处于一个关键转折点，面临着高能源成本、不公平全球竞争以及温室气体减排投资不足等挑战。3月19日，欧盟委员会发布《钢铁和金属行业行动计划》，旨在增强该行业的竞争力，并保障未来发展。该行动计划将重点聚焦以下六个方面的优先事项²。

（1）确保提供负担得起且安全的能源供应

能源成本在金属生产成本中的份额大于其他行业。该行动计划将促进使用电力采购协议，鼓励成员国利用能源税灵活性和降低电网关税来缓解电价波动。该计划将促进能源密集型行业更快接入电网，支持增加可再生和低碳氢能使用。

（2）防止碳泄漏

欧盟引入“碳边境调节机制”（Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM）应对碳泄露问题。今年二季度将发布官方通报，针对欧盟出口至第三国的 CBAM 商品的碳泄露问题进行分析并提出应对措施。年底前提出一份立法提案，将 CBAM 覆盖范围延伸至钢铁和铝的一些下游产品。同时，制定针对“洗绿”等的反规避战略，维护公平的贸易环境。

（3）扩大并保护欧洲工业产能

在今年年底前，欧委会将提出一项新的长期措施，以便现有保障措施在 2026 年年中到期后，继续对欧盟钢铁行业进行有效保护。为防止出口商绕过贸易防卫措施，欧委会还将评估引入“熔炼和浇铸规则”，以确定金属商品的最初来源。

（4）促进循环

在汽车、建筑等关键行业设定回收钢和铝的目标，评估是否应有更

² Commission's Action Plan to secure a competitive and decarbonised steel and metals industry in Europe.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_805

多产品（如建筑材料和电子产品）符合回收或回收成分的要求。此外，对脱碳钢材的重要来源——金属废料采取贸易措施，确保废钢的充足供应。

（5）降低脱碳风险

《工业脱碳加速法案》将引入韧性和可持续性标准，提振欧盟低碳金属的生产需求。欧委会将在 2026-2027 年通过煤炭和钢铁研究基金出资 1.5 亿欧元，并通过“地平线欧洲”额外拨款 6 亿欧元，用于清洁工业新政。通过“工业脱碳银行”在 2025 年进行 10 亿欧元的试点拍卖，推动工业脱碳和电气化。

（6）维系高质量的工作岗位

钢铁和金属行业直接或间接从业人员近 260 万人。通过提供有针对性的再培训和就业安置服务来促进工人转岗，帮助工人掌握新兴产业所需的技能，支持创业活动，促进高质量就业。

（尹 伟、万 勇）

项目资助

英国向创新加速器计划追加 3000 万英镑资助

3 月，英国科研与创新署（UKRI）宣布，向“创新加速器计划”（Innovation Accelerator, IA）追加 3000 万英镑资助，并将资助期延长一年³。该计划原本总投资 1 亿英镑，支持格拉斯哥市、大曼彻斯特地区、西米德兰兹地区共三个城市或地区的 26 个高潜力研究项目，促进商业和工业、当地政府、研发机构和其他相关机构的合作共创，将国家战略与地方特色优势和发展需求相结合，共同探索创新发展之路，促进城市创新集群发展。

格拉斯哥市创新加速器计划推动了格拉斯哥大学和斯特拉斯克莱德大学的开创性研究成果商业化，并在每一步都确保产业的深度参与，从而促进了学术界与企业之间的合作。该计划在先进制造、航天与光子学、医疗保健、精准医疗等领域资助了 11 个项目，英国政府 3300 万公共资助撬动了 4700 万英镑投资，超过 250 家公司参与其中。

大曼彻斯特地区创新加速器计划由大曼彻斯特创新联盟与 UKRI 共同设计试点项目，围绕高性能材料、医疗创新、先进制造、数字技术等领域，支持了 500 多家企业的创新活动。大曼彻斯特地区创新加速器计划采用本地化、生态系统导向的方法，较少关注基础设施建设，而是更多地关注创建合作伙伴关系，培育健全的创新生态系统。

西米德兰兹创新加速器计划利用先进制造业的优势，加强了大学与产业之间的联系，解锁医疗保健、健康诊断以及向净零排放转型等新机会和新领域。如阿斯顿大学生物炭加速器推动环境和经济效益，支持低碳工程产业集群，并创造新的市场机会。该项目将学术卓越转化为商业成功，创建了一种可以复制到其他研究领域的自我造血模式。

（黄 健）

³ Innovation Accelerator programme boosts growth across the UK.
<https://www.ukri.org/news/innovation-accelerator-programme-boosts-growth-across-the-uk/>

欧委会宣布关键原材料供应链战略资助计划

3月20日，欧盟委员会授予欧洲创新与技术研究院可持续能源中心（EIT InnoEnergy）及原材料中心（EIT RawMaterials）关键原材料项目资助，覆盖非洲、拉丁美洲、亚洲、东南欧和格陵兰等的16个资源伙伴国⁴。

该项目旨在通过建立全球矿产合作网络，形成从矿产勘探到精炼加工的完整技术协作体系，重点保障锂、钴、镍、锰四大战略材料供应，降低欧洲工业对外依存度并增强供应链韧性。

核心实施路径包含：①中下游价值链开发：筛选合作国矿产加工项目，建立欧洲企业与资源国的联合投资机制；②技术能力建设：开展可持续原材料管理培训计划，强化矿产开发环境、社会与治理标准实施能力；③战略协同支撑：对接《欧盟关键原材料法案》目标，依托欧洲电池联盟成熟经验深化产业链布局。

（董金鑫）

英半导体产业获千万英镑资助提升先进封装与设计能力

3月20日，英国创新机构（Innovate UK）宣布向苏格兰国家制造研究院（NMIS）提供900万英镑资助⁵，该项目联合英国化合物半导体应用弹射中心（CSA Catapult）等机构，重点打造功率电子半导体先进封装中试线。次日，威尔士政府联合CSA Catapult与Cadence设计公司宣布投入250万英镑成立半导体设计中心⁶。这两项投资将推动英国半导体产业在先进封装和集成电路设计领域的发展，提升英国在全球半导体产业链中的地位。

⁴ InnoEnergy and EIT Raw Materials awarded critical minerals project by the European Commission.
<https://www.innoenergy.com/news-resources/innoenergy-takes-center-stage-in-groundbreaking-eu-project-to-strengthen-critical-raw-materials-supply-chains/>

⁵ £9 million funding boost to bring key semiconductor manufacturing capability to Scotland.
<https://csa.catapult.org.uk/news-insights/9-million-funding-boost-to-bring-key-semiconductor-manufacturing-capability-to-scotland/>

⁶ New semiconductor design centre strengthens Wales' and UK's leadership in chip design.
<https://csa.catapult.org.uk/news-insights/new-semiconductor-design-centre-strengthens-wales-and-uks-leadership-in-chip-design/>

Innovate UK 的资助项目将助力 NMIS 建设 600 平方米的洁净室，用于功率电子半导体先进封装工艺的研发与中试。该中试线将显著提升英国企业的封装效率，封装周期可缩短至数日，并计划于 2025 年开放。其技术体系适配 CSA Catapult 技术路线，基于斯特拉斯克莱德大学技术中心，强化功率电子-机械-驱动硬件能力，为 NMIS 封装中试线提供坚实的技术基础。同时，通过高价值制造弹射中心提供技术协作网络，培养专业人才。

威尔士政府的资助项目则专注于集成电路设计服务，该设计中心将适配 Cadence AI 驱动解决方案，整合 CSA Catapult 测试能力，于 2025 年启动。同时，为电子工程/计算机科学毕业生提供职业发展机会，培养未来半导体设计领域的专业人才。

（董金鑫）

英罗伊斯研究所启动新一轮工业合作计划

3 月 17 日，英国亨利·罗伊斯材料研究所启动第 5 轮“工业合作计划”（Industrial Collaboration Programme, ICP），为研究、开发和创新加速项目提供新的资助。该计划将拥有相关项目的公司与英国材料科学和尖端设施领域专家进行匹配，加速新技术的转化与应用。大学等组织机构可以申请总金额 5 万至 13 万英镑的项目资金支持，每个项目最多可以由 3 个合作机构共同参与。这些资助不用于支持基础研究项目，而是专注于以下具体领域⁷。

（1）可持续材料创新

重点支持水泥、金属、玻璃、化学品、聚合物、造纸和陶瓷等基础工业向可持续材料创新的方向发展，涵盖从设计、生产、使用到寿命终结的全过程管理。在资源效率和关键矿物稀缺性方面，通过材料使用的创新和回收技术来减少对有限资源的依赖。

⁷ Royce Industrial Collaboration Programme (ICP5) Launch: Funding Applications Now Open.
<https://www.royce.ac.uk/news/icp5-funding-applications-open-mar25/>

（2）延长基础设施寿命的材料科学

致力于提升大型基础设施资产的性能并缓解退化问题，开发表面处理、涂层或修复策略以延长使用寿命。同时支持智能基础设施管理相关的解决方案，如结构材料健康建模（预测）、测量和监测技术。

（3）面向下一代量子 and 半导体器件的先进材料

涵盖高频电信、传感和功率电子器件，新功能、异质集成和超材料，面向低功耗电子设备的薄膜开发。

（4）能源材料与绿色氢能技术

涵盖气态氢和液态氢的生产、储存、运输和利用所需的材料创新。在先进能源材料方面，支持高效、可规模化应用的能源收集、存储和转换技术研究。

（5）医疗保健领域的材料创新

聚焦与生物系统高效交互的医疗应用材料，实现更健康的人群目标。

（6）跨领域融合与创新

鼓励在上述领域内结合材料 4.0 方法，推动数字化技术转化，可融合先进实验方法。例如：

加速材料设计：利用模拟、建模、人工智能（AI）、机器学习（ML）和大型语言模型（LLM）预测材料行为并优化性能，减少对传统实验的依赖。

材料智能制造：运用数字孪生、数据驱动控制和自动化技术优化生产流程，提高效率。

数据驱动发现：借助 AI、ML、LLM 等手段进行材料信息学分析，加速数据发现和分析。

建模能力：预测和解释材料行为，加速新材料设计。

模拟能力：开发快速（实时）模拟方法，包括数据驱动模型和代理模型，支持构建反映物理过程的数字孪生。

（冯瑞华）

欧议会发布乌克兰稀土矿报告

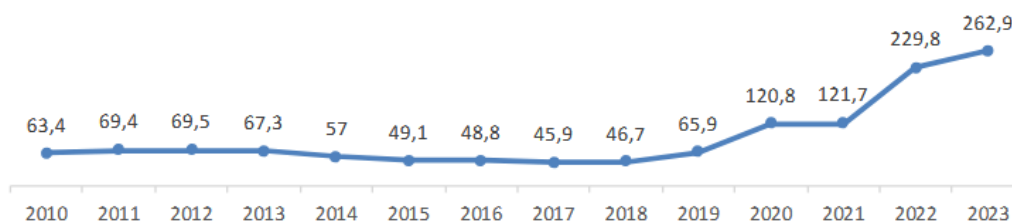
美国特朗普政府已经将目光投向了乌克兰丰富的矿产资源，并向乌克兰提出了美乌矿产协议，以补偿美国在俄乌冲突中对乌克兰的援助。乌克兰是欧盟候选成员国，2021 年达成的早期战略伙伴关系意味着未来欧盟在乌克兰矿产问题上存在利益关系。3 月，欧洲议会研究服务处（European Parliamentary Research Service, EPRS）发布《乌克兰稀土矿的未来》报告，分析了美国和欧盟的立场，以及乌克兰稀土开采的潜在未来⁸。以下简要编译该报告主要观点。

（1）乌克兰拥有庞大矿产资源储备

据乌克兰国家地质局统计，该国钛矿储量位居欧洲首位，锂矿储量约 50 万吨，是欧洲最大的锂资源国之一，并且其石墨储量占全球的 20%，这些是当前电动汽车电池的核心材料。乌克兰境内发现的关键矿产还包括铍、锰、镓、铀、锆、石墨、磷灰石和萤石等，这些资源对国防和半导体等行业至关重要。

（2）乌克兰可能成为全球关键原材料的重要供应国

乌克兰不仅拥有大量矿产资源，还拥有大量素质优良且成本相对较低的劳动力，基础设施较为完善，其矿业领域对投资者仍具吸引力。俄乌冲突前，乌克兰采矿和冶金产业约占 GDP 的 10%，占出口总额的 33%。俄乌冲突爆发后，乌克兰矿业收入翻倍有余（图 1）。



Data source: Macroeconomic statistics database [Trading Economics](https://tradingeconomics.com/ukraine/macroeconomic-statistics); €1 was roughly UAH43.40 in February 2025.

图 1 乌克兰历年矿业收入图（单位：十亿格里夫纳）

⁸ The future of rare earth mining in Ukraine.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2025/765789/EPRS_ATA\(2025\)765789_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2025/765789/EPRS_ATA(2025)765789_EN.pdf)

（3）乌克兰的稀土资源可增强欧盟的战略自主性

欧盟 98% 的稀土依赖中国进口。《欧盟关键原材料法案》指出，俄罗斯对乌克兰的侵略战争暴露出欧盟存在结构性供应依赖，这种依赖在危机期间可能产生破坏性影响。例如，受俄乌战争影响，对电动汽车和可再生能源至关重要的镍和锂价格分别上涨 36% 和 15%。鉴于乌克兰将是关键原材料重要来源，欧盟早在 2021 年便与其签署战略伙伴关系，旨在深化关键原材料和电池价值链整合。乌克兰关键原材料开发也被纳入入盟谈判框架。

（4）开发乌克兰矿产资源（尤其是稀土资源）面临一系列阻碍

一是乌克兰的许多资源位于东部和南部，这些地区要么存在争议，要么被俄罗斯占领。据乌克兰政府称，约 20% 的乌克兰矿产和一半的稀土矿藏处于俄罗斯的占领之下（图 2，红色区域为俄罗斯占领区）。二是目前乌克兰矿产资源测绘还依赖于苏联时期的地质调查数据，尚无法评估开发这些矿藏的成本或可行性，许多稀土矿点的开采预计无利可图。三是乌克兰在关键原材料领域仍缺乏专项法规与战略规划，需在《关键原材料法案》通过后与欧盟标准接轨。



图 2 乌克兰矿产资源分布图

报告最后指出，在地缘政治竞争加剧背景下，美欧在乌克兰稀土开发中各有重大利益诉求。最终美欧哪方受益更多，将取决于未来投资战略、监管框架及乌克兰自身战略取向。

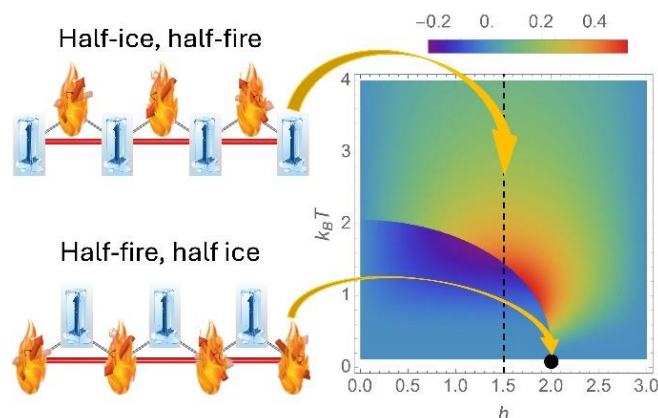
（黄 健）

研究进展

美学者在磁性材料中发现新型电子自旋相态

在量子力学框架下，每个电子携带着微小的“向上”或“向下”磁矩。美国布鲁克海文国家实验室 Weiguo Yin、Alexei Tsvetlik 团队在研究亚铁磁体（ferrimagnet）的一维模型时，发现了一种“半冰半火”的电子自旋新相态，该相态能够在特定有限温度下，实现相态之间迅速切换，有望推动量子计算和自旋电子学等技术的进步⁹。

2016 年，该团队在锆铜铱氧化物（ $\text{Sr}_3\text{CuIrO}_6$ ）中首次发现“半火半冰”相态，铜位点的“热”自旋在原子晶格中完全无序且磁矩较小，而铱位点的“冷”自旋则高度有序且磁矩较大。本次研究发现的“半冰半火”相态是“半火半冰”相态的孪生状态，热自旋和冷自旋的位置发生了切换，即热自旋变冷、冷自旋变热，就成了“半冰半火”相态。



左图：“半冰半火”和“半火半冰”相态示意图；右图：磁场（ h ）与温度（ T ）平面的磁熵变化。零温度下的黑点表示“半火半冰”相态出现的位置；虚线表示“半冰半火”相态隐藏的位置。

上述研究工作发表在 *Physical Review Letters*（文章标题：Phase Switch Driven by the Hidden Half-Ice, Half-Fire State in a Ferrimagnet）。

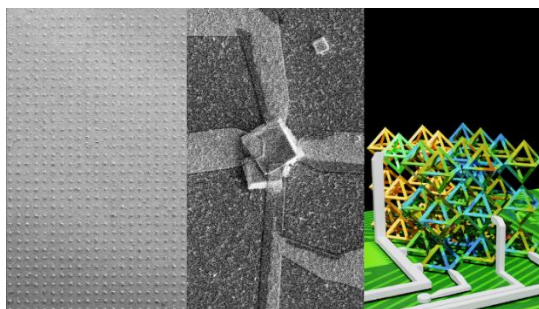
（尹 伟）

⁹ Brookhaven Physicists Discover New Phase of Matter in a Magnetic Material.
<https://www.bnl.gov/newsroom/news.php?a=122362>

首次实现 3D 纳米电子器件自主构建

美国哥伦比亚大学 Oleg Gang、明尼苏达大学 Vlad Pribyl 联合研究团队利用 DNA 分子自组装技术，首次创建出具有纳米级特征的 3D 电子器件¹⁰。

研究人员受 DNA 折纸技术启发，首先在基底表面上铺设金微型方块阵列，并附着有短链 DNA。通过将八面体 DNA 框架固定在特定区域，自组装形成 3D 框架。接下来，研究人员利用纳米二氧化硅（ SiO_2 ）涂覆这些 DNA 框架，镶嵌半导体氧化锡（ SnO_x ），并将电极连接到每个结构上。制备得到的光传感器在被照亮时，展现出良好的电响应性能。



利用 DNA 分子自组装技术，首次实现 3D 纳米电子器件自主构建

上述研究工作发表在 *Science Advances*（文章标题：Scalable fabrication of Chip-integrated 3D-nanostructured electronic devices via DNA-programmable assembly）。

（尹 伟）

铁基超导体中发现“库珀对密度调制”新超导态

美国加州理工学院 Stevan Nadj-Perge 团队首次在铁基超导体中发现“库珀对密度调制态”新超导态，为强关联电子系统开辟了新的前沿，有望推动高温超导与量子计算应用突破¹¹。

研究人员在研究铁基超导体 $\text{FeTe}_{0.55}\text{Se}_{0.45}$ 极薄薄片时，发现了一种

¹⁰ DNA Helps Electronics to Leave Flatland.

<https://www.engineering.columbia.edu/about/news/dna-helps-electronics-leave-flatland>

¹¹ Caltech-led Team Finds New Superconducting State.

<https://www.caltech.edu/about/news/caltech-led-team-finds-new-superconducting-state>

以尽可能小的波长调制超导间隙的方法，波长与晶体中原子间距相匹配。研究人员将该超导现象命名为“库珀对密度调制（Cooper-pair density modulation, PDM）态”。该研究观测到的能隙波动幅度高达 40%，是迄今为止报道的最大值。该研究开发的理论模型显示，这种 PDM 态是由于亚晶格对称性和薄片特有的旋转对称性均被打破而产生的。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Cooper-pair density modulation state in an iron-based superconductor）。

（万 勇）

动量空间中超导能隙的精准调控

超导现象是实现更高效能源技术及量子计算的关键，但超导能隙的调控一直是研究领域的关键难点。此前的研究主要集中在物理空间的调控，而在动量空间的调控尚未取得实质性突破。日本理化学研究所新兴物质科学中心研究团队通过扭转原子级薄层，成功实现了在动量空间精准调控超导能隙，为下一代超导材料、量子设备和节能技术的发展提供了新的思路¹²。

研究团队采用二硒化铌超薄层，并将其沉积在石墨烯基底上。通过先进的成像和制备技术，如扫描隧道显微镜和分子束外延技术，团队精确调整了二硒化铌层的扭曲角度。这一调整在动量空间中引发了超导能隙的显著变化，从而实现了对超导性质的精准调控。研究发现，扭曲角度的调整能够选择性地抑制特定动量区域的超导能隙。在能隙中还出现了类似花朵的调制模式，这种模式与两种材料的晶体学轴不一致，进一步凸显了扭曲在塑造超导性质中的独特作用。

上述研究工作发表在 *Nature Physics*（文章标题：Superconductivity controlled by twist angle in monolayer NbSe₂ on graphene）。

（蒿巧利）

¹² A simple way to control superconductivity.
https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/pr/2025/20250320_1/index.html

创造新型量子物质：时间准晶体

科学家们一直致力于探索新的物质形态和量子现象。时间晶体作为一种新型的量子物质，因其独特的时空周期性结构而备受关注。华盛顿大学、麻省理工学院和哈佛大学创造出一种新型的时间准晶体，在量子传感器、量子计算和高精度时间测量等领域具有广阔的应用前景¹³。

研究人员通过在钻石内部制造微小的空穴，并利用微波脉冲激发这些空位中的电子，成功创建了时间准晶体。这种新型物质在时间和空间上均呈现出高度有序且复杂的周期性结构，与传统晶体仅在空间上重复不同，时间准晶体在时间维度上也表现出独特的周期性振动。研究人员通过精确控制微波脉冲的频率和强度，实现了对时间准晶体振动频率的精准调控。实验中，时间准晶体能够维持数百个周期的稳定振动，展现了其在量子环境中的独特稳定性。

上述研究工作发表在 *Physical Review X*（文章标题：Experimental Realization of Discrete Time Quasicrystals）。

（蒿巧利）

基于钻石自旋量子比特的高精度量子门

量子计算作为未来计算技术的重要发展方向，其核心在于量子比特的高精度操控。然而，量子比特极易受到环境噪声干扰，导致量子门操作的错误率较高，限制了量子计算的实用化进程。日本富士通公司与荷兰代尔夫特理工大学 QuTech 研究所合作，成功实现了钻石自旋量子比特的高精度量子门操作，将错误率降低至 0.1% 以下，达到了量子纠错的阈值要求，为实现容错量子计算奠定了基础¹⁴。

研究人员利用高纯度钻石和先进的性能测量技术，成功构建了一个稳定的双量子比特系统。通过降低钻石中碳-13 同位素的浓度，降低了环

¹³ WashU physicists have created a new phase of matter in the center of a diamond.

<https://artsci.washu.edu/ampersand/what-is-a-time-crystal-quasicrystal>

¹⁴ Fujitsu and QuTech realize high-precision quantum gates.

<https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2025/0324-02.html>

境噪声对量子比特的影响，实现了单量子比特门和双量子比特门操作均超过 99.9% 的保真度。此外，研究团队还设计了动态去耦技术，通过控制脉冲序列消除环境噪声对量子比特的干扰，并应用量子过程层析成像技术对量子门操作进行全面优化，进一步提高了量子门的性能。未来，富士通和 QuTech 将继续合作，增加使用的量子比特数量，并开发光量子芯片和控制电路，以推进金刚石自旋量子计算机早期实际应用的研究。

上述研究工作发表在 *Physical Review Applied*（文章标题：Universal high-fidelity quantum gates for spin qubits in diamond）。

（蒿巧利）

利用贫铀核废料开发出首个铀基可充电电池

日本原子能研究开发机构（JAEA）核科学研究所 NXR 开发中心研发出全球首个铀基可充电电池，该技术有望为核燃料制造过程中产生的大量放射性废料开辟新用途^{15,16}。

研究团队开发了一种以铀为活性材料的可充电电池，并对其充放电性能进行了研究。该电池宽 10 cm、高 5 cm，采用含铀电解质作为负极，含铁电解质作为正极。原型电池的电压达到 1.3 V，接近标准碱性电池的 1.5 V。经 10 次充放电循环后，电池性能基本保持稳定。

若铀基可充电电池实现规模化应用，该技术可有效利用日本国内约 1.6 万吨、全球约 160 万吨的贫铀库存。为进一步提升电池容量，该研究机构计划自 2025 财年起研发一种通过泵循环电解质的“氧化还原液流电池”。不过，由于辐射风险，这种电池的安装预计将仅限于辐射控制区域，例如核电站等场所。

（冯瑞华）

¹⁵ Japan develops uranium-based battery to reuse radioactive waste.

<https://sj.jst.go.jp/news/202503/n0331-01n.html>

¹⁶ First Assembly of a Uranium-Based Rechargeable Battery—Maximize synergies with renewable energy sources by converting depleted uranium into resources.

<https://www.jaea.go.jp/english/news/press/2025/031301/>

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)