

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2024 第6期
(总第436期)

本期要目

- 欧致力提升先进材料全球领先地位
- 英政府对关键矿产行业韧性建议的回应
- 美拟建人工智能制造业研究所
- 英支持电动飞机与电动汽车技术发展
- 英发布材料和制造资源效率合作研发入围项目
- 报告揭示澳大利亚材料使用与循环利用率
- 自然界中首个以矿物形式发现的非常规超导体

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

专 题

欧致力提升先进材料全球领先地位 1

英政府对关键矿产行业韧性建议的回应 4

战略规划

美拟建人工智能制造业研究所 7

英加入欧半导体研究计划 7

项目资助

英支持电动飞机与电动汽车技术发展 9

韩推动全固态电池开发 10

美 DARPA 针对供应链拒止环境打造灵活制造新范式 10

美 DOE 推出电子废料回收促进奖 11

英发布材料和制造资源效率合作研发入围项目 12

美 DARPA 发布微电子系统增材制造计划 13

行业观察

报告揭示澳大利亚材料使用与循环利用率 14

研究进展

自然界中首个以矿物形式发现的非常规超导体 15

新型阴极材料释放固态锂硫电池潜力 16

灵敏度超人类指尖的更小、更快、可拉伸电子设备 16

量子存储器候选材料的设计规则与合成 18

欧致力提升先进材料全球领先地位

2月27日，欧盟委员会发布《先进材料产业领导力》工作通讯，旨在加强欧洲材料界的全球领先地位。先进材料是欧洲产业竞争力的重要组成要素，也是欧盟产业韧性和开放战略自主的关键部分，是欧盟经济安全的10项关键技术之一。

报告指出，欧洲在先进材料领域创建包容性生态系统方面，面临着以下挑战¹。

挑战 1：研发创新生态系统的碎片化

虽然欧盟一般而言在材料科学方面领先世界，但是只有少数成员国制定了专门的材料战略，其他成员国则是把材料研究置于普通国家级项目中。由于缺乏联合协调战略，从而导致先进材料研发方面的公共资源分散，不能充分加强欧盟竞争力及创新能力，无法有效支撑欧盟双转型以及强化欧盟韧性。

挑战 2：私人投资与日益增长的需求并不相称

2020年，欧盟产业界对先进材料的研发创新投资为198亿欧元，不及美国（503亿欧元）的一半，而韩国（196亿欧元）日本（140亿欧元）和中国（77亿欧元）紧随其后。此外，欧盟在企业申请专利方面的全球地位也在削弱，在2019年排名第五，落后于美国、日本、韩国和中国。

挑战 3：在循环和材料效率方面缺乏进展

由于缺乏对物质流的深入了解等原因，欧盟材料循环使用率目前停滞在12%以下，材料研发创新尚未足够聚集到循环上。当前，可持续性和循环性对于促进欧盟经济和工业转型，以及保持欧盟公司在全球市场上的竞争力至关重要，也是《可持续产品生态设计法规》和《关键原材料法案》提出的目标的关键推动因素。新的先进材料应努力实现“设计

¹ Advanced Materials for Industrial Leadership.

https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/key-enabling-technologies/chemicals-and-advanced-materials/advanced-materials-industrial-leadership_en

上的安全和可持续”，以实现《绿色协议》提出的零污染和无毒环境目标。

挑战 4: 创新过程较慢和数字化水平不足

一般用传统方法开发先进材料所需的时间可能需要 10-30 年，但是利用数字工具进行材料研发有望加速创新材料的出现，欧洲应当从更好地利用这一领域的数字工具中受益。创新的速度和复杂性正在加剧，升级和制造先进材料需要有大量的资本投资。

挑战 5: 创新研究与工业应用相脱节

突破性研究和工业应用之间的差距限制了合作和战略协调，阻碍了先进材料和行业的整合。由于在产业需求和研究动机之间没有建立强有力的联系和协同，欧盟作为创新领导者的地位岌岌可危，使得行业难以使用先进材料解决方案。

挑战 6: 缺乏测试和实验设施

用于实验、原型设计、测试和试点的基础设施将有助于产品更快地进入市场。在科技行业，特别是初创企业和中小企业往往负担不起基础设施购置，这就需要将不同区域的现有设施设备开放共享。

挑战 7: 缺乏统一标准

在建立投资者、消费者对于创新型解决方案的信心以及实现数字化方面，标准的作用尤其重要。为了提升市场占有率和简化监管过程，同样重要的是，确保材料表征、材料性能与安全以及可持续性评估方法等的标准一致性。

挑战 8: 技能人才不足

提高先进材料的创新能力和生产需要不同学科背景且具备相关技术技能的研究人员和工人。然而，2015 年至 2021 年，绿色转型关键行业部门的劳动力和技能人才短缺却翻了一番。在与先进材料高度相关的科学、技术、工程和数学领域，女性更显不足。专业人员队伍的扩大对深度技术和清洁技术尤其重要，需要熟练的创始人来创办初创企业，同时也需要提升研究人员和工人对人工智能等数字工具的运用能力。

报告建议从以下五个方面采取行动：

建议 1：推动欧洲先进材料研发创新，实现欧盟韧性和开放战略自主

与成员国和产业界制定研发创新投资的共同目标和优先事项；鉴于新的发展和共同需求，定期更新优先领域；解决关键原材料替换的研发创新需求。

建议 2：建设从实验室到工厂的快速通道

开发“材料共享平台”（materials commons），建立起欧盟先进材料研发创新的可持续数字基础设施；为中小企业等提供技术基础设施和资助机会。

建议 3：增加资本投资和融资渠道

通过地平线欧洲伙伴关系，计划在 2025-2027 年间投入 5 亿欧元的资金；与欧洲联合论坛就“具有共同利益的欧洲重要项目”开展合作；在欧洲创新理事会的支持下，提高先进材料的使用率；增强和引导欧盟资金在技术开发及推广方面的投资。

建议 4：促进先进材料的生产和使用

与公共采购商合作，推动对先进材料的使用；创建先进材料学院；推广标准；分析生产、使用和专利布局等相关进展。

建议 5：总体治理框架

与欧盟成员国、地平线欧洲相关国家和产业界等联合建立先进材料技术委员会。

（尹 伟、万 勇）

英政府对关键矿产行业韧性建议的回应

作为 2023 年 3 月《关键矿产更新》（Critical Minerals Refresh）的一部分，英国工业和经济安全大臣组建了一个独立的关键矿产行业韧性任务和临时调查小组，旨在调查英国工业领域的关键矿产依赖性和脆弱性，设计框架以监测关键矿产供应风险，并为政府、行业和其他利益相关者制定措施提供独立建议。2023 年 12 月，该小组提交了主题为关键矿产行业韧性的分析报告。

3 月，英国政府针对该报告提出的 7 项建议做出了回应²。具体回应如下：

（1）制定英国行业韧性的长期愿景

英国政府非常同意需要有长期的愿景。《关键矿产战略》和《关键矿产更新》提供了一个总体框架，以提供广泛的活动，提高关键矿产供应链的韧性。政府继续与行业密切合作，以识别风险，并支持行业主导的方法来提高韧性。

英国商业贸易部 2024 年 1 月推出的“关键进口和供应链战略”规定了政府打算如何与行业和国际合作伙伴合作，建立安全可靠的供应链。这是英国首个专注于建立包括关键矿产在内的进口韧性的总体战略。

（2）通过提高数据可用性来支持决策，提高关键矿产供应链透明度

英国政府支持这项建议。英国的技术部门在可追溯系统方面拥有重要的专业知识。此外，政府与行业和研究界合作，已制定了多项数据和透明度举措。关键矿产情报中心（Critical Minerals Intelligence Centre, CMIC）通过一系列供应链研究、需求预测和市场监测，为关键矿产界提供有关矿产供应链和相关风险的见解。英国税务海关总署和国家统计局，以及来自行业和学术界的专家联盟，已经完成了一个数据池试点项目，

² UK government response to the Task and Finish Group's recommendations on industry resilience for critical minerals. <https://www.gov.uk/government/publications/critical-minerals-task-and-finish-group-government-response/uk-government-response-to-the-task-and-finish-groups-recommendations-on-industry-resilience-for-critical-minerals>

展示了数据共享环境，以提高循环经济中的可追溯性和透明度。内阁办公室还领导了“关键矿产市场信息系统”（CriMMIS）的工作，该系统旨在提高全球层面的数据标准和市场透明度。政府将继续在透明度和可追溯性方面发挥作用，以提高对经济中关键矿产流动的了解，并支持企业管理其供应风险。

（3）发挥英国的竞争优势，发展中游经济

英国政府认同英国在关键矿产方面拥有独特优势。英国是包括炼油和材料制造在内的中游加工的战略要地，在该领域具有很强的全球竞争力。英国在从废物中回收关键矿物方面也有重大创新，例如从电池中回收锂以及在稀土磁体回收方面的相关研究均处于世界领先水平。

为了加快这些国内能力的增长，英国政府部署了各种财政支持机制和举措，包括：汽车转型基金（ATF）、英国出口融资署（UKEF）、以及英国基础设施银行投资 2400 万英镑支持康沃尔锂业等。此外，为吸引私人投资进入关键矿产价值链，政府已采取果断措施降低能源价格，并承诺将改善规划过程。在这些基础上，英国商业贸易部将考虑新的支持性政策建议，以巩固英国现有的竞争优势，特别是在中游经济体。

（4）采取政府和行业共享方法，为关键矿产建立强大的循环经济

英国政府鼓励行业更好地利用已经在流通的关键原材料，并提高其回收、再利用的比例和效率，以缓解初级供应压力。

英国政府正在通过解锁资源效率研究等项目，以最大限度地减少新资源的使用，最大限度地利用回收、再利用、再制造和低碳材料，以帮助行业脱碳。其他的举措包括：循环经济技术金属中心（Met4Tech）、循环关键材料供应链（CLIMATES）计划。在监管机制方面，英国环境、食品和农村事务部正在就废弃电气和电子设备法规的改革进行咨询。

关于简化英国化学品注册、评估、授权和限制（REACH）指南的建议。相关部门正在探索英国 REACH 的替代过渡注册模式的选择，这将降低行业成本和行政负担。

（5）实施战略性国际伙伴关系和贸易协议

英国政府完全同意这一建议。英国广泛地参与了多边国际活动，并与生产国和消费市场建立了牢固关系。考虑到了贸易、外交、发展和经济安全目标，英国正根据其他国家的立场，将伙伴关系瞄准以下国家：关键矿产的生产国、有意愿共同构建市场主导、透明和多样化的关键矿产供应链的国家、以及表示希望与英国合作的国家。

此外，英国出口融资署正在探索政府支持的融资如何为英国公司建立供应链韧性的机会。英国地质调查局还与其他地质调查机构开展国际合作，以加强中低收入国家的关键矿产供应链和能力建设。

（6）采用整体方法评估关键矿产供应链的环境和社会影响

英国政府承诺在全球提升环境、社会和治理绩效的努力中发挥主导作用，为负责任的企业创造公平的竞争环境，并通过降低易受破坏性来提高供应链的韧性。

英国参与国际标准化组织相关工作，支持建立统一的关键矿产国际标准，包括环境、社会和治理标准。英国支持联合国资源管理系统，以支持资源可持续发展和利用。英国还将继续与企业和国际合作伙伴合作，应对关键矿产供应链中的环境、社会和治理风险。

（7）支持英国自身技能和创新的发展

政府认可需要技能和创新，以支持英国在关键矿产中游和循环经济方面发展国内能力。英国政府在关键矿产技能方面面临着一系列支持关键矿产行业的机会和挑战。自《关键矿产战略》发布以来，英国商业贸易部一直与高等教育部门合作。例如，能源转型矿产资源培训和研究小组将培训多达 36 名多学科矿产资源研究人员，将提供涵盖整个资源生命周期的技能和知识，并提升英国在可持续矿产资源方面的专业知识。通过绿色就业交付小组，政府、行业、技能和教育部门、地方政府和其他利益相关方正在共同制定净零和自然劳动力行动计划。

（董金鑫）

战略规划

美拟建人工智能制造业研究所

3月12日，美国国家标准与技术研究院（NIST）网站发布消息称，拟成立一家新的“制造业美国”研究所，重点聚焦利用人工智能提高制造业韧性。预计未来五年，NIST将代表联邦政府拨款7000万美元，私人和其他非联邦部门将至少匹配等额资金³。

新建所将主要关注人工智能在制造工艺、新型材料、使能技术、供应链集成方法或先进制造其他相关方面的应用，如纳米技术应用、先进陶瓷、光子与光学器件、复合材料、生物基与先进材料、柔性混合技术、微电子工具开发、食品制造、超导材料、先进电池技术、机器人、先进传感器、量子信息科学、供应链优化、航空与先进材料以及石墨烯及其商业化等。

NIST期望该研究所能够为实现制造业韧性，及时产出相关成果，包括但不限于：加快对新生产技术、设施和工艺的认证；对结构和设备进行预测性维护，消除因设备故障导致的停机时间；优化制造工艺，减少资源投入和质量事故；优化流动资金，预测库存需求；预测并减轻由于极端气候事件等因素导致的制造业供应链网络中断风险，同时提高潜在美国国内供应商的显示度等⁴。

（万 勇）

英加入欧半导体研究计划

3月，为了深化半导体科技领域国际合作，推动英国半导体产业发展，英国政府宣布加入欧洲芯片计划（The Chips for Europe Initiative），并承诺将提供3500万英镑的资金资助⁵。

³ NIST to Launch Competition for AI-Focused Manufacturing USA Institute.

<https://www.nist.gov/news-events/news/2024/03/nist-launch-competition-ai-focused-manufacturing-usa-institute>

⁴ Manufacturing USA Institute Competition: AI for Resilient Manufacturing.

<https://www.federalregister.gov/documents/2024/03/13/2024-05228/manufacturing-usa-institute-competition-ai-for-resilient-manufacturing>

⁵ £35 million boost for British semiconductor scientists and businesses on international chip research.

本次投资将主要用于支持创新活动，包括新器件的设计、制造工艺的改进以及芯片测试等方面，将帮助推动关键材料、设计工具、制造技术等领域发展。英国还将与欧盟共享资源，降低研发成本，还能借助欧盟的整体实力，提高在关键技术领域的竞争力。

（黄 健）

【快报延伸】

欧洲《芯片法案》于 2023 年 9 月正式生效，明确了公共+私营部门总投资 13 亿欧元的“欧洲芯片计划”由芯片联合执行体（Chips Joint Undertaking）贯彻落实，支持大规模技术能力建设和尖端数字创新，开发并部署尖端和下一代半导体及量子技术，加强欧盟的先进设计、系统集成、芯片生产能力和技能。

项目资助

英支持电动飞机与电动汽车技术发展

3月4日，英国财政大臣宣布，将分别向新能源飞机及汽车领域投入2亿英镑及7300万英镑资金，加快推动英国向净零社会过渡，推动英国成为世界先进制造业的领导者⁶。

本次节能和零碳飞机资助项目共9个，空客将牵头其中3个项目，包括开发提高碳纤维机翼生产率的高新技术，开发适应不同燃料的超高效发动机技术，开发更轻、更高效飞机的机翼设计与制造技术。其余项目包括：马歇尔集团将为下一代零排放飞机开发和测试液氢（LH2）燃料系统，Spirit AeroSystems将开发大型飞机液氢储存和集成技术，Goodrich将为混合动力和电动飞机开发功率密集型电力推进电机驱动系统，TT Electronics将开发全电动飞机用高压电力转换和电机技术，赛峰公司为新一代起落架开发新设计、方法和技术，Phoenix Scientific Industries将利用“冷坩埚”气体雾化开发新型钛粉生产技术。

电动汽车资助项目包括4项合作研发项目和1项放大准备验证项目。4项合作研究项目包括：日产汽车欧洲技术中心将建立英国电动汽车研发能力，增强英国电动汽车电池行业的整体知识基础；捷豹路虎将为未来车辆平台的电机、逆变器和变速器的模块化系列开发下一代工具箱；YASA公司将开发纯电动汽车反馈制动的双逆变器，优化电子设备和安全系统；EMPEL公司将开发创新碳化硅功率模块，用于高效汽车逆变器和DC-DC转换器。此外，Integrals Power牵头放大准备验证项目，推动高性能、低成本磷酸铁锂（LFP）电池规模化生产。

（黄 健）

⁶ £360 million to boost British manufacturing and R&D.
<https://www.gov.uk/government/news/360-million-to-boost-british-manufacturing-and-rd>

韩推动全固态电池开发

3月11日，韩国产业通商资源部（MOTIE）部长出席公私电池联盟会议，与韩国三大电池制造商，讨论了下一代电池相关的关键问题和未来的应对措施⁷。

公共和私营部门代表讨论了今年将启动的一系列联合项目。韩国主要电池生产商正在推动与磷酸铁锂产品相关的投资，MOTIE 在 2023 年为这些公司的技术开发提供了支持。2024 年，MOTIE 计划支持私营部门开发钠离子电池的安全技术。

目前，韩国的下一代电池开发由三大电池生产商牵头，以单个公司为基础进行的，但上述项目预计将有助于培育出包括所有专业从事零部件、材料、设备和电池的韩国公司，以及成品汽车制造商的有机生态系统。韩国政府计划到 2028 年投入 1172 亿韩元开发三种有前景的电池：全固态电池、锂金属电池和锂硫电池。

（董金鑫）

美 DARPA 针对供应链拒止环境打造灵活制造新范式

3月11日，美国国防部先进研究计划局（DARPA）发布“从碎石到火箭”（Rubble to Rockets, R²）项目，通过开发能够适应广泛可变输入材料的生产和设计方法，克服目前供应链拒止环境（supply chain-denied environments）中制造的限制⁸。项目执行者将专注于为结构制造中使用的原材料的生产和表征打造一个廉价、灵活且强大的平台。此外，还将寻求应用该平台自适应地更新探空火箭的结构设计。

建立一个方法框架，能够从任何东西、任意地方和各种尺寸来制造所需的结构，将打破资源竞争环境中的制造现状。该项目专注于探空火箭的概念验证，因为其代表了具有多个组件和复杂结构要求的单一用途

⁷ Public and private sectors join hands for development of all-solid-state batteries.

<https://english.motie.go.kr/eng/article/EATCLdfa319ada/1715/view?pageIndex=3&bbsCdN=2>

⁸ Enabling a New Paradigm for Flexible, Point of Need Design and Manufacturing.

<https://www.darpa.mil/news-events/2024-03-11>

结构，但预计将会广泛适用于大范围的制造用例，包括备用件、基础设施维修、系统生产等。

项目还将利用材料信息学和创新s的加工与制造技术，大幅降低生产所需的时间和规模。预计该项目开发的分析框架能够快速升级，以纳入越来越多的新材料开发和制造方法，从而显著降低使用风险。此外，材料转化方面的进步和从该项目中吸取的经验，可能会为具有较低供应链风险和能源足迹的高可用性材料开辟全新的空间。

（蒿巧利）

美 DOE 推出电子废料回收促进奖

3 月 5 日，美国能源部（DOE）启动了“电子废料回收促进奖”（Electronics Scrap Recycling Advancement Prize, E-SCRAP），向参赛者提供高达 400 万美元的奖金。E-SCRAP 奖旨在激励创新方法，大幅提高从电子废料中回收关键材料的产量，降低回收成本和对环境的影响。预计到 2030 年，电子废料的产生量将比 2014 年翻一番。2019 年，全球仅收集和回收了 17% 的电子废料，丢弃了 83% 的电子废料和价值 570 亿美元的原材料。然而，电子废料回收面临着诸多障碍，包括分散的回收价值链、复杂多变的原料以及快速发展的终端市场等⁹。

E-SCRAP 奖项包括三个阶段。第 1 阶段为孵化，参赛者将提出解决方案，即大幅提高从电子废料中回收关键材料的产量并应用于美国制造业。第 2 阶段为原型设计，参赛者将设计创新原型，收集和/或生成数据，这些数据可用于优化回收价值链上合作伙伴之间的技术经济战略和生命周期影响。第 3 阶段为示范，参赛者将开始应用其创新成果，并提出解决方案的规模扩大计划。

（冯瑞华）

⁹ DOE Launches Prize to Recycle Critical Materials from Electronic Scrap.
<https://www.energy.gov/eere/articles/doe-launches-prize-recycle-critical-materials-electronic-scrap>

英发布材料和制造资源效率合作研发入围项目

3 月，英国创新机构（Innovate UK）发布了入围“材料和制造资源效率”（Resource Efficiency for Materials and Manufacturing, REforMM）合作研发的 18 个项目。这些项目将开发创新方案并完善商业模式，通过技术规范、人才培养和促进私人投资等降低采用资源效率新方法的风险。项目研究方向涉及增材制造、高效节能、轻工材料等¹⁰。

（1）增材制造相关项目

包括：晶格超材料结构设计和增材制造的数字化框架；用于铸件修复和再利用的增材制造技术；基于增材制造记录可提高复用性的智能模型；制动器资源节约增材制造等。

（2）高效节能相关项目

包括：应用于汽车行业的碳中和生物基树脂材料；用于减少生产或热电冷却器中材料浪费的净成形制造；具有循环和可持续碳支架的高性能 3D 锂阳极；通过低温低压合成氨技术提高资源利用效率并减少碳排放；可持续复合材料助力汽车工业生命周期脱碳；用于高效绿色电解氢的新型碳化钨电催化剂；利用负碳材料实现碳中和生产改变英国材料和制造工艺；优化碳化硅纤维的生产资源实现净零效率目标；纯铜的资源效率等。

（3）轻工材料相关项目

包括：石墨烯强化混凝土的规模放大；通过光学混色和机器学习色彩配方预测，彻底改变无水纺织品染色技术；完全不含塑料聚氨酯的真正可持续的素皮革替代品；绵羊毛外墙保温材料；作为替代建筑材料的工业副产品等。

（冯瑞华）

¹⁰ Winners of £12 million REforMM CR&D competition announced.
<https://www.ukri.org/news/winners-of-12-million-reformm-crd-competition-announced/>

美 DARPA 发布微电子系统增材制造计划

美国国防部先进研究计划局(DARPA)发布“微电子系统增材制造”(Additive Manufacturing of MicrosystEms, AMME)计划,通过极高的速度、产量和分辨率来生产新型多材料微系统,推动微系统制造跨越式发展¹¹。

该计划的目标是创建具有新型几何形状的微系统,并集成到机械、电气和生物子组件中。这就需要开放用于复杂几何微系统的全新 3D 打印方法,并实现亚微米分辨率高速打印。该计划如果进展顺利的话,将有望在三分钟内创建一个硬币大小的、500 nm 分辨率的微系统。该计划还将专注于技术的商业化,生产出可以迅速被更广泛的工业界采用的制造系统。

(熊 萍)

¹¹ DARPA Explores Additive Manufacturing's Revolutionary Potential for Futuristic Microsystems.
<https://www.darpa.mil/news-events/2024-3-8>

报告揭示澳大利亚材料使用与循环利用率

3月，澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）发布《澳大利亚通过物质流分析推动循环经济发展》（*Australian material flow analysis to progress to a circular economy*）报告，通过物质流分析揭示了澳大利亚的材料使用和循环利用率。作为CSIRO循环经济使命计划的一部分，报告强调了向更加循环、可持续的经济转型的机会¹²。

澳大利亚是世界上十大自然资源开采国之一，按绝对值和人均计算，澳大利亚是世界上最大的原材料出口国。为了保护环境，尽可能高效、可持续开采和使用材料成为重要选择。物质流分析作为一种研究经济活动中物质资源新陈代谢的方法，关注物质在生态系统、经济系统和社会系统中的流动和转化过程，可以通过定量分析评估物质流动对环境和生态系统的影响，找到节约资源、改善环境的途径，推动经济可持续发展。

报告使用2019年的物质流数据分析了澳大利亚的循环经济情况。研究发现，澳大利亚的循环效率（衡量系统内资源再利用和循环效率的指标）仅为全球平均水平（8%）的一半（4%）。计算发现在目前的经济结构下，澳大利亚可以实现的最大理论循环效率为32%；交通和住房占澳大利亚物质足迹的一半以上，其次是食品；2019年澳大利亚共开采了25.87亿吨原材料，进口1.19亿吨材料，回收了3900万吨材料，这些材料有一半用于出口。

CSIRO科学家兼报告作者Alessio Miatto博士表示，过去十年，澳大利亚成功减少了物质足迹、提高了循环效率、减少了碳排放，然而，澳大利亚目前的循环效率偏低，拥有向更循环、可持续经济转型的巨大潜力。CSIRO循环经济研究负责人Heinz Schandl博士表示，如果在住房、交通、食品和能源供应方面充分开展循环利用，澳大利亚的循环效

¹² Australian material flow analysis to progress to a circular economy.
<https://research.csiro.au/circulareconomy/material-flow-report/>

率可以提高一倍。为了推动循环经济的发展，必须致力于增加材料回收产量，探索减少材料消耗的产品方案，寻求延长产品使用寿命的策略。

（李娜娜）

研究进展

自然界中首个以矿物形式发现的非常规超导体

美国埃姆斯国家实验室 Ruslan Prozorov 团队发现了首个天然存在的非常规超导体：miassite，其性质与高温超导体相似。这是一种天然矿物，也是自然界仅有的可在实验室生长制备超导体的四种矿物之一¹³。

研究团队通过结合高熔点铑（Rh）元素和挥发性硫（S）元素，合成出高质量的 $\text{Rh}_{17}\text{S}_{15}$ 晶体。“伦敦穿透深度”（London penetration depth）测试可以测量弱磁场从表面穿透超导体的距离。结果显示，该距离随温度线性变化，而在传统超导体中，这个距离在低温下基本是恒定的。非常规超导体对非磁性无序高度敏感，利用高能电子轰击材料，引入缺陷，从而导致临界温度发生改变。

上述研究工作发表在 *Communications Materials*（文章标题：Nodal superconductivity in miassite $\text{Rh}_{17}\text{S}_{15}$ ）。

（万 勇）

¹³ Scientists reveal the first unconventional superconductor that can be found in mineral form in nature.
<https://www.ameslab.gov/news/scientists-reveal-the-first-unconventional-superconductor-that-can-be-found-in-mineral-form-in>

新型阴极材料释放固态锂硫电池潜力

固态锂硫电池能量密度是传统锂离子电池的两倍，且材料来源丰富，成本更低。然而，硫是不良导体，并且硫阴极在充放电过程中会经历显著的膨胀和收缩，导致结构损坏和与固体电解质的接触减少等问题，严重阻碍了固态锂硫电池的进一步应用。

美国加州大学圣地亚哥分校 Ping Liu 教授率领的研究团队开发出一种新型阴极材料，具有导电性和结构可修复性，克服了上述问题的限制，有望解决锂硫电池商业化的主要障碍¹⁴。

研究人员通过将碘分子插入晶体硫结构中，得到一种由硫和碘组成的晶体。这种新型晶体材料具有 65 °C 的低熔点，意味着在充电后，阴极可以很容易地重新熔化，以修复循环中损坏的界面。此外，与仅由硫制成的晶体相比，这种材料的电导率提高了 11 个数量级。实验结果显示，由这种材料组成的测试电池，在 400 多次充放电循环后，仍保留了 87% 的容量。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Healable and Conductive Sulfur Iodide for Solid-State Li-S Batteries）。

（董金鑫）

灵敏度超人类指尖的更小、更快、可拉伸电子设备

美国斯坦福大学鲍哲南团队开发了一种类皮肤可拉伸集成电路，灵敏度超人类指尖 10 倍，体积比早期版本小 5 倍，运行速度快 1000 倍，可驱动商用电脑显示器，甚至还能用于脑机接口¹⁵。

电路的核心是由半导体碳纳米管和研究团队开发的软弹性电子材料制成的可拉伸晶体管。夹在弹性材料之间的碳纳米管具有类似渔网的结构，使它们在拉伸和变形时能够继续发挥作用。晶体管和电路与可拉

¹⁴ Healable Cathode Could Unlock Potential of Solid-state Lithium-sulfur Batteries.

<https://today.ucsd.edu/story/healable-cathode-could-unlock-potential-of-solid-state-lithium-sulfur-batteries>

¹⁵ Smaller, more powerful stretchable electronics for wearables and implantables.

<https://news.stanford.edu/2024/03/13/advancing-toward-wearable-stretchable-electronics/>

伸半导体、导体和介电材料一起图案化在可拉伸的基板上。研究团队在一平方厘米的空间内安装了 2500 多个传感器和晶体管，形成了一个有源矩阵触觉阵列，其灵敏度是指尖的十多倍。传感器阵列还可以检测微小形状的位置和方向，或者识别盲文中的整个单词。研究团队还使用可拉伸电路来驱动刷新率为 60 Hz 的 micro-LED 显示器，这是计算机或电视屏幕的典型刷新率。早期版本的可拉伸电路在小尺寸下速度不够快，无法产生足够的电流来实现这一目标。高密度、柔软和可适配的传感阵列可以大范围、高分辨率地感知人体信号，如来自大脑和肌肉的信号，这可能会带来下一代高性能和生物兼容的脑机接口。

研究人员特意开发了可与现有制造工具配合使用的材料和工艺，以便电路可以更容易地进入商业制造阶段。这项技术为可穿戴和植入式电子产品开辟了一些非常令人兴奋的生物医学应用。



可拉伸变形的晶体管和集成电路

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：High-speed and large-scale intrinsically stretchable integrated circuits）。

（冯瑞华）

量子存储器候选材料的设计规则与合成

美国伊利诺伊大学香槟分校 Daniel Shoemaker 团队使用密度泛函理论确定了可能作为新量子存储平台的铕 (Eu) 化合物，同时还合成了一种预测中的化合物。这是一种全新的、空气稳定的材料，是量子存储器的有力候选材料¹⁶。

量子存储器是一种存储光子或其他纠缠粒子的量子态而不破坏该粒子所持有信息的系统。稀土金属离子因其独特的原子结构而具有长寿命电子态（几秒钟甚至几个小时），也因此成为长时间存储量子信息甚至量子比特的有力候选者。

进行计算前 Daniel 团队首先制定了一些材料寻找规则，包括：①使用离子结构 Eu^{3+} 而非 Eu^{2+} ，以确保光学写入时材料是透明的；②只有一种稳定同位素的材料，以防止来自不同核质量的略有不同的振动频率打乱存储的信息；③铕离子之间要有较大的分离，防止离子间相互作用。在这些前提下，研究人员利用密度泛函理论筛选和预测材料，最终确定了新的 Eu 候选化合物，并合成了排名第一的候选材料：双钙钛矿卤化物 $\text{Cs}_2\text{NaEuF}_6$ 。该新化合物是空气稳定的，意味着它可以与其他组件进行集成，这是可扩展量子计算的关键。

上述研究工作发表在 *Journal of the American Chemical Society*（文章标题：Design Rules, Accurate Enthalpy Prediction, and Synthesis of Stoichiometric Eu^{3+} Quantum Memory Candidates）。

（蒿巧利）

¹⁶ Design rules and synthesis of quantum memory candidates.
<https://mrl.illinois.edu/news/65215>

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