

新材料监测快报

MATERIALS NEWSLETTER

2024.01

本期要目

- 美发布《空间制造技术报告》
- 澳大利亚更新关键矿产清单
- 美 NIST 资助小企业推进半导体制造及药物开发
- 英推动电池工业化中心建设
- 美报告建议建立安全基础设施以推动智能制造发展
- 英发布关键矿物工业韧性报告

中国新材料产业技术创新平台
中国科学院武汉文献情报中心

目 录

专 题

美发布《空间制造技术报告》	1
---------------------	---

战略规划

澳大利亚更新关键矿产清单	3
韩成立造船超差距技术联盟	3

项目资助

美 NIST 资助小企业推进半导体制造及药物开发	4
英推动电池工业化中心建设	6
美国防部 2.8 亿美元打造八大微电子创新中心	7

行业观察

美报告建议建立安全基础设施以推动智能制造发展	8
英发布关键矿物工业韧性报告	10

研究进展

美开发关键技术扩大关键材料可持续回收	12
在铜中添加少量固体碳大幅提高导电性	12
原子射频器件实际部署 或彻底改变射频安全和通信	13
超快激光绘制石墨烯子弹道轨迹 影响下一代电子设备	14
深度学习模型促进新材料发现	14
带有开关的超导体有望用于未来超导电路	15
仿生可编织气凝胶纤维织出“北极熊毛衣”	16

美发布《空间制造技术报告》

编者按：2023年12月，美国航空航天局、国防部和商务部联合发布了《空间制造技术报告》¹。报告分析了对新兴太空制造技术的需求，制造业美国计划（Manufacturing USA）、美国商务部“技术中心”（Tech Hubs）计划等相关联邦计划的协同作用，并分析了未来机遇及建议。本期专题编译了该报告的主要内容。

航天部门具有巨大的经济增长潜力。全球航天工业的价值已超过4000亿美元，而且正在迅速扩大和发展。该行业每年为美国国家贸易平衡增加数百亿美元，并为美国的高科技工业基地提供支持和刺激，提供数万个高薪和技术工作岗位。在世界范围内，随着越来越多的国家进入太空领域，美国将有令人兴奋的国际合作、和平与外交机会。

当前太空经济正处于转折点，面临着新的变化、挑战和机遇，这主要是由于较低的发射成本，以及各国意识到太空经济具备巨大潜在社会效益。世界各国的大小公司都对利用太空非常感兴趣。这将要求美国转变从学术研究到产品交付的整个制造领域的运营方式，应对未来行业面临的挑战。政府在促进和支持对科学进步和经济增长至关重要的研发方面发挥着至关重要的作用，蓬勃发展的航天商业也正在刺激研发投入，从而为各种应用开展技术研究和改进。

（1）开发新兴太空制造技术

美国航空航天局、国防部和商务部对七种新兴太空制造技术存在巨大需求，包括：增材制造、先进材料、机器人与自动化、数字化制造系统、清洁及可持续制造、电子制造和高超音速飞行技术等。报告建议，^①各联邦机构拟定并动态更新新兴的太空制造技术能力清单，以及差距

¹ Space Manufacturing Technology Report.
<https://www.manufacturingusa.com/reports/space-manufacturing-technology-report>

清单和正在进行的活动清单，各联邦机构间应加强沟通和协调。②与其他政府机构、行业、私营部门组织和学术界在太空制造技术方面建立伙伴关系。各机构应寻求召集一个国家联盟，改善政府、工业界和学术界之间的沟通，以评估太空制造技术的机会和需求。③利用国际合作，评估与国际社会合作以实现共同目标将如何提高美国竞争力。

（2）扩大制造业美国计划，确保以太空为中心的成果产出

报告建议，①支持国家标准与技术研究院制定太空制造领域的先进制造技术路线图，以明确太空制造的优先事项、技术开发差距和团队合作机会。②评估行业需求以及通过美国制造业创新网络中现有的或新机构以支持未来任务需求的能力。这一建议与 2022 年《芯片与科学法案》的目标一致。③加强美国制造业创新网络与商务部经济发展管理局相关项目在太空制造领域的合作。

（3）商务部经济发展管理局（EDA）推动太空产业发展

报告建议，①EDA 应探索与航空航天局、国家标准与技术研究院、国防部和其他机构间合作提供资助，推动太空制造企业孵化，提高企业的新业务能力。②在强化区域技术商业化和示范基础设施方面，EDA 应探索与联邦机构间合作，建设共享基础设施（如众创空间、示范设施、公共实验室等），使太空制造企业能够快速把新产品推向市场。

（4）培育中小企业

报告建议，①识别 10-20 家有潜力扩大和/或调整其航空航天领域能力的中小企业。②美国制造业创新研究所、联邦机构和国家实验室建立至少三个合作伙伴关系，支持向中小企业转让太空制造技术。

（5）强化教育和劳动力发展举措，满足空间制造产业需求

报告建议，①提高公众对先进制造业职业的认识，扩大空间制造业的人才库并使其多样化。②扩展现有 EDA 项目（如 STEM 人才挑战等），与其他机构合作以专门解决航空航天培训需求。③确定与航天部门相关的制造业扩展伙伴关系计划的劳动力发展服务，并通过该网络提供服务。

（黄 健）

战略规划

澳大利亚更新关键矿产清单

2023年12月16日，澳大利亚政府更新了关键矿产清单，并补充了一份“战略矿产清单”²。

关键矿产清单方面，澳大利亚提出了新关键矿产清单的入选要求，包括：在澳大利亚具有地质资源潜力、满足澳大利亚战略国际合作伙伴的需求、容易受到供应链中断的影响等，本次更新将氟（萤石）、钼、砷、硒和碲纳入清单，同时将氦移出清单。

战略矿产清单方面，共有铝、铜、镍、磷、锡、锌6个品种。澳大利亚政府表示，战略矿产清单中的矿种对于全球向净零排放过渡和更广泛的战略应用至关重要。同时，这些矿种在澳大利亚具有地质资源潜力，且可以满足澳大利亚战略国际合作伙伴的需求。目前这6种矿产目前均没有供应链中断的风险，澳大利亚政府将继续支持这些矿物的开采和加工，并监测其市场发展。

（黄健）

韩成立造船超差距技术联盟

2023年12月27日，韩国产业通商资源部（MOTIE）、产业技术评价院（KEIT）和海洋造船协会（Korea Offshore & Shipbuilding Association）联合在首尔举行了“韩国造船超差距技术联盟”启动仪式³。

成立该联盟是11月韩国政府发布《韩国造船业新一代领先战略》的后续措施。该联盟由来自产业通商资源部、造船企业、配套企业、研究机构、学术界等15家机构的首席技术官组成，由未来环保船舶、数字化转型、智能自主航行等3个业务工作组运营，韩国国内的50多名顶级

² Updates to Australia's Critical Minerals List.

<https://www.industry.gov.au/news/updates-australias-critical-minerals-list>

³ “K-Shipbuilding Super Gap Tech Alliance” sets sail.

https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=1628&bbs_cd_n=2¤tPage=1&search_key_n=&search_val_v=&cate_n=

专家将参与其中。

参与该联盟的专家们将负责识别未来船舶海工产业所必需的“卡脖子”（choke point）技术，并提出技术水平诊断和具体的技术确保方案及优先顺序。

该联盟计划通过与海外优秀研究院所、高校等科研机构开展国际合作、技术投资、强化产业价值链等多种形式确保相关技术，并与政府研发政策相结合。

（黄 健）

项目资助

美 NIST 资助小企业推进半导体制造及药物开发

2023 年 12 月，美国国家标准与技术研究院（NIST）根据“小企业创新研究计划”（SBIR）向 9 个州的 15 家小企业提供了近 300 万美元的资金。这笔资金将用于项目研发和商业化，以支持半导体、药物研发和柔性电子制造等方向的发展⁴。

SBIR 第一阶段获奖者将获得高达 10 万美元的奖金，以确定拟议研发项目的优点、可行性和商业潜力。在完成第一阶段项目后，获奖者将有资格申请高达 40 万美元的第二阶段资金。这一批的 15 家企业及其研发方向如下。

⁴ NIST Awards Nearly \$3 Million to Small Businesses to Advance Semiconductor Manufacturing, Drug Development and More.
<https://www.nist.gov/news-events/news/2023/12/nist-awards-nearly-3-million-small-businesses-advance-semiconductor>

第一阶段项目		
	企业名称	研发方向
1	Actoprobe LLC	带有主动光学探针的扫描探针显微镜：一种新的测量和纳米制造方法，可以在单分子甚至亚分子尺度上进行精确的光学表征，将应用于生物技术、3D 打印等领域
2	应用研究转化公司	Sentinel 4.0TM：一种在多种环境条件下测量和控制 3D 打印混凝土粘结强度质量的商业系统
3	ChemCubed LLC	柔性混合电子设备的可打印电介质：可拉伸的电介质油墨，用于打印柔性电子电路，可用于可穿戴传感器、超轻量级柔性光伏电池等
4	Exabyte Inc.	制定数据标准，以加快纳米级半导体材料的数字研发。
5	Framergy Inc.	新型聚合物复合材料制造方法：将金属有机框架（MOF）直接结合到聚合物海绵中，可用于处理含有有害化学物质的空气和水
6	ITA International LLC	口罩和呼吸器产品拟合过滤效率的量化方法：开发新型拟合过滤效率协议，以评估口罩/呼吸器在佩戴条件下的有效性
7	QuantTera LLC	异质毫米波氮化镓异质结双极晶体管：开发用于无线网络通信系统的高性能射频功率放大器
8	Rownd Inc.	加快采用反钓鱼式身份验证方法：通过分析从基于密码的系统转向无密码系统的成本、了解各种无密码选项及其优点、评估无密码方法给防钓鱼系统带来的风险等方式，推进无密码身份验证的采用
9	SyгнаMap	建立用于空间代谢组学的代谢物参考标准：开发创新计算平台，用于分析空间代谢组学数据，旨在更详细地观察细胞生物过程，推动药物开发
10	Xmark Labs LLC	进行联网、经济实惠的环境传感器的可行性和概念验证，旨在增强商业建筑的能源控制和空气质量调节能力
第二阶段项目		
	企业名称	研发方向
1	临界科学公司	对级联失效的网络韧性研究：验证数据输入和输出，并开发方法，使用指标来支持关键基础设施（如水和电力公用事业）的韧性投资和融资
2	InfraTrac Inc.	3D 打印小分子药物的分析质量管理：开发 3D 药物打印的预测模型和近红外光谱技术，以实现定制剂量、儿童友好配方和易于记忆的组合药丸
3	Interlink Electronics Inc.	化学气体传感器凹版印刷材料：开发制造技术，如卷对卷印刷技术，以及所需的化学物质和测试方法，以实现电化学气体传感器的大规模生产
4	Julia Jean LLC	用于 X 射线生成和成像的片上冷阴极电子源：旨在识别和比较新光刻程序中的变量，以获得大规模制造该技术的最佳工艺方案
5	Tiami LLC	基于便携式数字电视位置接收器的原型设计，并通过空中先进电视系统委员会 3.0 广播传输技术，用于改善 GPS 无法覆盖的室内定位和导航

（董金鑫）

英推动电池工业化中心建设

根据 2023 年 11 月发布的秋季申明，英国研究与创新署（UKRI）拟通过法拉第电池挑战赛出资 3800 万英镑，用于“英国电池工业化中心”（UK Battery Industrialisation Centre, UKBIC）的设备升级，支持高新技术开发商和用户开展创新项目研究，填补该中心现有批量工业化生产线与公斤级示范生产线之间的差距，计划在 2025 年投运⁵。此笔投资将用于以下升级建设：①增建电极生产线，为电极涂覆、干燥和压延提供新的模块化生产能力，使用户能够在扩大规模的同时，开发更多创新加工方法。②建立灵活的工业化生产空间，将建设 800 平方米生产空间，提供专用的洁净干燥环境，并可根据不同用途进行细分。该设施将允许用户在严格控制的环境条件下开发个性化工艺或组件设备。③引入先进的数字化制造能力，提供数据分析、先进机器学习以及学习和可视化工具，通过不断了解、开发和改进过程，提供实时知识服务，为电池行业智能制造的发展奠定基础。

此外，法拉第电池挑战赛还向高价值制造弹射中心（HVM Catapult）投入了 1200 万英镑，用于建立“先进材料电池工业化中心”（Advanced Materials Battery Industrialisation Centre, AMBIC）⁶。该中心专注于为当代和下一代电池材料提供合成与加工的创新能力，由同属于高价值制造弹射中心的工艺创新中心和华威大学华威制造集团联合负责。该中心将综合利用工艺创新中心在化学品加工方面的专业知识以及华威集团的电池开发能力，把创新成果从实验室扩展到商业规模，并实现从粉末到电池的全过程支持。

（董金鑫 汤 匀）

⁵ £38m funding to upgrade the UK Battery Industrialisation Centre.

<https://www.ukri.org/news/38m-funding-to-upgrade-the-uk-battery-industrialisation-centre/>

⁶ £12m to deliver UK's national battery materials scale up facility.

<https://www.ukri.org/news/12m-to-deliver-uks-national-battery-materials-scale-up-facility/>

美国国防部 2.8 亿美元打造八家微电子创新中心

美国国防部计划为“微电子共享”项目投入 2.8 亿美元的资金，以推动国内微电子制造并减少对外国供应商的依赖。该项目将支持 6 个技术领域，包括边缘安全和物联网计算、5G 和 6G 通信技术、人工智能硬件、量子技术、电磁战以及“跨越式”的商业技术⁷。

微电子是现代武器系统的基础，但在从实验室到制造的过程中面临着挑战。“微电子共享”项目将支持应用研究所、亚利桑那州立大学、斯坦福大学、麻省理工学院、中西部微电子联盟、北卡罗来纳州立大学、美国东北区域国防技术中心(Northeast Regional Defense Technology Hub)、南加利福尼亚大学建立八家微电子创新中心。创新中心将研究人员、设计师与中心技术主题领域的区域优势原型设计能力联系起来。每个中心都管理着各自小型和大型、传统和非传统商业创新网络。

基于此，国防部将可以利用潜在的新兴技术创造者。招标文件指出，成功完成原型工作后，可能会通过合同或交易的方式进行后续生产，而无需启动竞争程序。

(黄 健)

⁷ DOD Releases Microelectronics Commons FY24 Call for Projects to Catalyze U.S. Microelectronics Innovation. <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3620694/dod-releases-microelectronics-commons-fy24-call-for-projects-to-catalyze-us-mic/>

美报告建议建立安全基础设施以推动智能制造发展

美国国家科学、工程与医学院发布题为《国家智能制造计划选项》（*Options for a National Plan for Smart Manufacturing*）的报告。报告提出，能源部和其他政府机构应支持发展智能制造劳动力培训、建设实时数据共享的“网络州际公路”，并向人工智能等关键技术进行投资等⁸。

一、推动高需求技术发展

报告明确了六项需求较大的跨学科技术，并推荐了相关的资助机会。这六项技术分别是：

（1）人机协同驾驶

建立相关程序，用于研究人类如何在复杂的智能制造部署中保持态势感知，并做出明智决策，与机器和其他同事进行有效交互。

（2）传感

确保数字模型与其物理模型之间的一致性；探索增材制造，提高传感器的适应性和可访问性，以实现高保真数据采集；鼓励开发坚固、可靠和具有成本效益的传感器。

（3）人工智能和机器学习（AI/ML）

降低利用先进 AI/ML 方法的计算成本，创建经数据验证的 AI/ML 诊断工具；资助生成式人工智能的研究，优化智能制造工作流程。

（4）平台

通过平台和通用工具，支持在运营技术与信息技术集成方面的持续投资和研究。

（5）数字孪生

资助相关项目，使用能源部协调的制造数据库开发数字孪生模块；

⁸ U.S. Should Build Out Secure ‘Cyber Interstate’ and Other Infrastructure to Support Smart Manufacturing and Circular Economy Efforts, Says New Report.
<https://www.nationalacademies.org/news/2023/12/u-s-should-build-out-secure-cyber-interstate-and-other-infrastructure-to-support-smart-manufacturing-and-circular-economy-efforts-says-new-report>

邀请美国的制造研究机构，向制造商推介数字孪生提高生产力和效率的成功案例。

(6) 不确定性量化

资助相关研究，开发将不确定性量化纳入数据管理和建模过程的方法等。

二、对行业数据进行互连及保护

报告指出，智能制造行业缺乏技术基础设施，无法安全地交换分析工作、分享宝贵的经验与数据，限制了在整个行业内交流最佳实践。这阻碍了进步，使小公司难以采用尖端技术。对于最大限度地提高创新和竞争力来说，安全、数字化的国家数据基础设施不可或缺。

能源部智能制造计划应支持创建“网络州际公路”，作为连接更广泛的智能制造社区（包括美国政府机构、公司、学术界和其他利益相关方）的渠道，助力能够安全地实时、大规模共享数据。为此，需要采用一些新的业务结构和网络安全实践，使企业能够利用网络化和互联的优势，同时降低网络风险。

需要更好地向制造商承诺，保证他们的数据在共享和汇总时受到保护。报告称，能源部应与国家标准与技术研究院、国防部和制造机构合作，建立新的、设计安全的数据架构与协议，并结合人工智能支持的威胁检测与响应机制以及其他先进技术。

三、推进可持续发展

智能制造是环境可持续性的关键推动因素之一。值得注意的是，如果智能制造解决方案在全行业范围内推广并实现互操作，它们可以提供维持循环经济所需的端到端生命周期测量、监控和管理——循环经济是一个生产和消费系统，旨在最大限度地重复使用材料并最大限度地减少浪费。例如，这包括测量材料消耗以及产品的能源和碳足迹、优化回收利用、监控废弃物产生，以及开展具有更高产率、精度和性能的制造。报告建议能源部制定一个框架，更好地了解智能制造的可持续性效益，

政府应采取措施确保任何收益或成本得到公平分配。

四、培训和维系劳动力队伍

制造商认为熟练劳动力不足是实施智能制造的主要瓶颈。尽管许多组织机构都在为快速发展的智能制造领域开发课程和培训工人，但这些努力是分散的，而且不是这些机构的工作重心。这在一些领域造成了低效的重复，而在另一些领域则形成了明显的差距。

报告建议，国家智能制造计划应扩大现有劳动力开发系统的工作，并采取更多以教育为重点的举措。要确保制造业劳动力保持相关性、创新性，并适应不断变化的技术和经济格局，就需要有一致、规模化且高效的劳动力培训与教育资源。采取独立的非政府机构或组织形式，例如智能制造教育与培训学院，或将是一个有效的举措。

（万 勇）

英发布关键矿物工业韧性报告

2023 年 12 月 19 日，为支持英国“关键矿物战略”实施，增强英国关键矿物供应链韧性，英国相关工作小组发布了《关键矿物工业韧性》（*Industry Resilience for Critical Minerals*）报告⁹。

该报告分析确定了英国工业最重要的 10 种关键原材料，概述了其价值链相关的关键依赖性和风险；评估分析了航空航天与国防、汽车、化工、电子、能源和医疗技术等六个优先行业的供应链风险（其中，环境、社会与治理（ESG）风险和供应风险的总体评分情况如下图所示）；并向英国政府及关键行业提出了七条总体和针对性的建议。

⁹ Task and Finish Group: industry resilience for critical minerals.

<https://www.gov.uk/government/publications/task-and-finish-group-industry-resilience-for-critical-minerals>

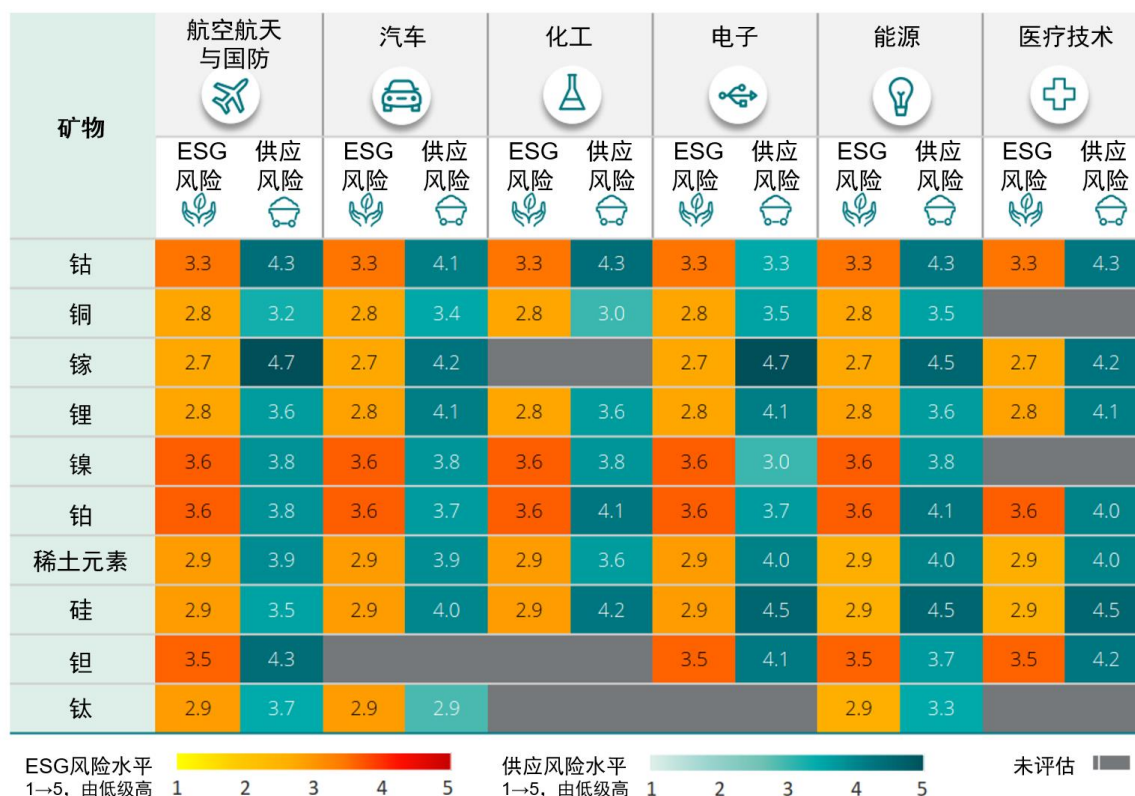


图 跨领域行业的风险评估总体情况

这七条建议分别是：①制定包括关键矿物在内的行业韧性的长期愿景；②通过提高数据可获得性，提升关键矿物供应链透明度，从而支撑决策；③发挥英国竞争优势，发展中游经济；④政府和行业协同，为关键矿物建立强大的循环经济；⑤实施战略国际合作伙伴关系、贸易协议、友岸外包；⑥采用整体方法评估关键矿物供应链的环境和社会影响；⑦支持英国技能和创新发展的。

其中，针对航空航天与国防领域的风险评估结果为：①高度专业化的材料限制了可替代性，阻碍了回收利用；②高温合金中需要添加稀有金属，其供应依赖于其他初级金属的提取；③英国的供应链主要依赖半成品材料和零部件，限制了关键矿物供应风险的可见性；④英国工业可依赖的能够提供关键矿物的管辖区很少。

（李良琦 万勇）

美开发关键技术扩大关键材料可持续回收

永磁体被广泛应用于清洁能源和国防领域，而稀土材料是关键。对稀土材料进行回收再利用，是当前研究的热点。美国橡树岭国家实验室科学家 Ramesh Bhave 带领的研究团队开发了新型回收工艺，能以超过 99.5% 的纯度回收 95% 以上的稀土¹⁰。该技术有望为美国建立国家航空航天和国防应用的关键材料储备提供支持。

研究人员将废弃永磁体粉碎并溶解在无机酸中，随后将溶液倒入微孔聚丙烯中空纤维膜组里。通过嵌入其中的中性萃取剂——四辛基二甘醇酰胺 (TODGA)，对稀土元素进行萃取，最后转化成稀土氧化物粉末。铁作为副产品单独收集的。实验结果显示，使用表面积为 20m² 的模块，每月可处理高达 1 吨的废弃永磁体。此外，相较于基于湿法冶金的溶剂萃取方法，该方法成本仅为前者的 1%，且能在低温低压下工作，所产生的废弃物也少于前者。

上述研究工作发表在 *Advanced Engineering Materials* (文章标题: Process Scale-Up of an Energy-Efficient Membrane Solvent Extraction Process for Rare Earth Recycling from Electronic Wastes)。

(董金鑫)

在铜中添加少量固体碳大幅提高导电性

美国西北太平洋国家实验室 Keerti Kappagantula 带领的研究团队发现，单层石墨烯可以显著改变金属的电阻温度系数 (temperature coefficient of resistance, TCR)¹¹。这一发现颠覆了关于金属导电的传统观念，有望提高家庭和企业的配电效率，并为电动汽车和工业设备提供

¹⁰ Revolutionizing resource renewal: Scaling up sustainable recycling for critical materials.
<https://www.ornl.gov/news/revolutionizing-resource-renewal-scaling-sustainable-recycling-critical-materials>

¹¹ An Electrifying Improvement in Copper Conductivity.
<https://www.pnnl.gov/news-media/electrifying-improvement-copper-conductivity>

更高效的动力电机。

研究人员使用先进制造平台 ShAPE 合成宏观尺度铜—石墨烯复合材料。这种材料不仅具有比纯铜样品更低的 TCR（低 11%），而且电导率也更高（高 1.4%）。表征结果显示，剪切挤压过程可能将一些石墨烯添加剂转化为更高缺陷密度的团聚体，同时大部分仍保留了具有较低的缺陷密度的薄片结构。这些异质结构的结合可能是导致复合材料 TCR 降低的原因。

上述研究工作发表在 *Materials & Design*（文章标题：Unprecedented electrical performance of friction-extruded copper-graphene composites）。

（董金鑫）

原子射频器件实际部署 或彻底改变射频安全和通信

与传统天线相比，里德堡原子接收器使用单个原子探测器元件，具有高灵敏度、高选择性和宽带覆盖等特色 and 优势。未来原子器件有可能彻底改变从长波长射频到毫米波和太赫兹频段的射频监控、安全、通信和网络等领域。

在美国陆军作战能力发展司令部 C5ISR 中心网络现代化实验 2023 活动中，里德堡技术公司推出了体积小、重量轻、功耗低的原子接收器，该活动是下一代通信与情报技术的试验场。在操作环境中，原子接收器在高频到超高频频段上表现出了无与伦比的灵敏度，并展示出远距离空中原子射频通信能力，由此在里德堡原子量子传感器的尺寸、性能和环境弹性方面设定了新的行业标准。里德堡技术公司还展示了该技术的信号选择性、低检测概率和电磁环境抗扰度等重要特性¹²。

原子接收器原型的推出及其在真实世界中的成功部署，为里德堡原子量子技术从实验室应用过渡到现实世界应用指明了道路。

（蒿巧利）

¹² Rydberg Technologies Demonstrates World's First Long-Range Atomic RF Communication with Quantum Sensor. <https://www.einpresswire.com/article/676562237/rydberg-technologies-demonstrates-world-s-first-long-range-atomic-rf-communication-with-quantum-sensor>

超快激光绘制石墨烯电子弹道轨迹 影响下一代电子设备

美国堪萨斯大学 Hui Zhao 团队实时揭示了电子在石墨烯中的弹道运动轨迹，可能为半导体中的电子控制带来新突破¹³。

在目前基于硅基场效应晶体管的电子设备中，电子频繁与其它粒子碰撞，每秒只能漂移几厘米并产生不必要的热量。相比之下，石墨烯中的超轻电子有可能避免碰撞，进行弹道运动，意味着更快、更强大、更节能的电子设备。

目前科学界还无法追踪石墨烯中的电子轨迹，因为正电荷空位的存在使得墨烯中的电子移动只能保持大约万亿分之一秒。研究人员设计了一种两层石墨烯被二硫化钼和二硒化钼两种单层材料隔开的四层结构，将电子引导到一个石墨烯层，同时将带正电荷的空穴保留在另一个石墨烯层，由此将电子的移动时间延长至大约 50 万亿分之一秒。在这段时间内，研究人员使用脉宽为 0.1 万亿分之一秒的超快激光释放样品中的电子，并通过测量反射光的百分比成功追踪电子，最终发现电子平均以 22 千米/秒的速度弹道移动了约 20 万亿分之一秒。下一步研究人员将完善材料设计，让电子以弹道方式移动更长距离。

上述研究工作发表在 *ACS Nano*（文章标题：Spatiotemporal Observation of Quasi-Ballistic Transport of Electrons in Graphene）。

（蒿巧利）

深度学习模型促进新材料发现

X-射线衍射实验中产生的衍射图像包含有关材料结构和性能的重要信息，传统的图像分析方法耗时且可能无效。美国罗切斯特大学 Niaz Abdolrahim 团队开发出一种深度学习模型，可以筛选 X-射线衍射技术产生的大量数据，助力材料创新和发现¹⁴。

¹³ Ultrafast Lasers Map Electrons 'Going Ballistic' in Graphene, With Implications for Next-Gen Electronic Devices. <https://news.ku.edu/2023/12/15/ultrafast-lasers-map-electrons-going-ballistic-graphene-implications-next-gen>

¹⁴ Machine learning boosts search for new materials. <https://www.rochester.edu/newscenter/machine-learning-x-ray-diffraction-new-materials-576352/>

研究团队通过研究极端条件下材料相位改变的精确时刻，可以发现创造新材料的方法；结合无机材料实验的真实数据来训练和改进深度学习模型，而以往模型主要使用合成数据进行训练和评估。研究团队表示需要更多公开的 X-射线衍射分析实验数据，以完善深度学习模型。研究团队正努力创建平台以共享数据，帮助训练和评估系统，使其更加有效。

上述研究工作发表在 *npj Computational Materials*（文章标题：Automated classification of big X-ray diffraction data using deep learning models）。

（冯瑞华）

带有开关的超导体有望用于未来超导电路

美国华盛顿大学和阿贡国家实验室 Joshua J. Sanchez 团队发现了一种对外界刺激特别敏感的超导材料，超导特性能够随意增强或抑制，为高效的可切换超导电路提供新机会¹⁵。

研究团队研究了一种不寻常的铁磁超导体 $\text{Eu}(\text{Fe}_{0.88}\text{Co}_{0.12})_2\text{As}_2$ ，该超导晶体由铁、钴和砷原子超导层和铕原子铁磁层组成，具有出色的可调性。在自然界中同时发现铁磁性和超导性是极其罕见的。研究团队开发了一个全面的表征平台，能够探测复杂材料的微观细节。通过结合 X 射线技术，证明对晶体施加磁场可以重新定向铕磁力线，使其平行于超导层。研究团队对晶体施加了应力，即使不重新定向磁场，超导性也可以被提升到足以克服磁性，或者减弱到足以使磁重新定向不再产生零电阻状态。即通过施加一个小的应力或磁场，可以将一个相提升到另一个相上，以打开和关闭超导性。

¹⁵ Scientists reveal superconductor with on-off switches.
<https://www.anl.gov/article/scientists-reveal-superconductor-with-onoff-switches>

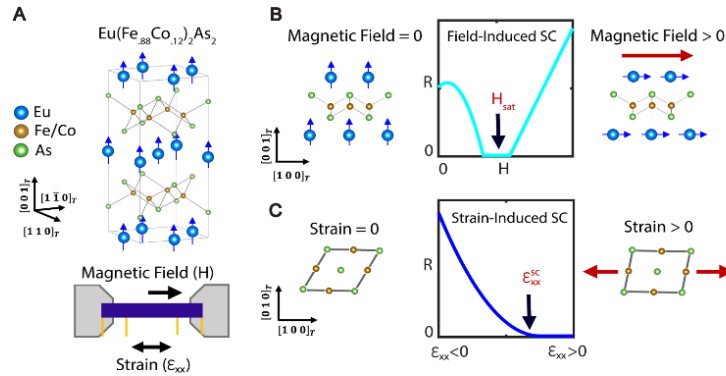


图 (A) 铁磁超导体结构 (蓝色铁磁原子层和金色超导原子层); (B) 施加小磁场会诱发超导电性; (C) 施加应变会诱发或抑制超导电性

上述研究工作发表在 *Science Advances* (文章标题: Strain-switchable field-induced superconductivity)。

(冯瑞华)

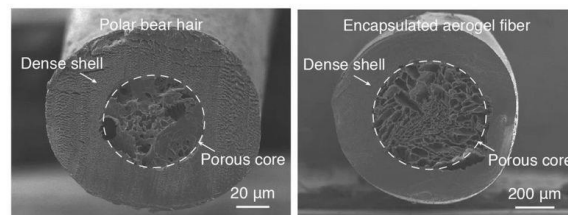
仿生可编织气凝胶纤维织出“北极熊毛衣”

北极熊的毛是中空结构，里面封装了大量“静止”的空气，通过抑制热传导和热对流减少热量的流失。浙江大学柏浩教授研究团队模仿北极熊毛的“核-壳”结构制备出一种封装了气凝胶的超保暖人造纤维，它不但有传统保温材料的隔热功能，还能“封锁”人体向外辐射的红外线，耐拉伸等力学性能也大大提升，可直接机织，能真正实现把气凝胶穿在身上¹⁶。

新型纤维的中心是高分子气凝胶，其内部分布着直径大约为 10-30 μm 的纤长的小孔，它们朝着同一个方向排列，像一个个存储空气的“仓库”；同时，一层 TPU（热塑性聚氨酯弹性体）外壳将内部的气凝胶包裹起来。“核”负责实现超强保暖。仿生气凝胶纤维核层可以锁住大量静止空气，从而阻隔热传导、限制热对流。更重要的是，取向片层孔结构提供了大量的气-固界面，对人体发出的红外辐射进行多级反射，实现

¹⁶ 就在今天！浙大化工连发两篇 SCIENCE.
<http://che.zju.edu.cn/che.cn/2023/1225/c37210a2842962/page.htm>

更加高效的保暖。通过调控纤维内部小孔的方向与尺寸，有望“锁住”红外辐射。TPU 外壳是一种常见的弹性材料。在实验中，新型纤维能被拉伸到自身长度的两倍而不断裂，很好地满足了衣物纤维的抗拉伸需求。经测试，从实验室连续宏量制备出来的仿生纤维，可以直接在商用纺织机上编织成面料。核与壳各司其职，缺一不可，共同成就了自然界最抗寒的材料之一。



左图为北极熊毛的微观结构；右图为仿北极熊毛的微观结构

上述研究工作发表在 *Science*（文章标题：Biomimetic, knittable aerogel fiber for thermal insulation textile）。

（浙江大学）