

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2025 第4期
(总第458期)

本期要目

- 英发布智能机器战略 2035 报告
- 英增材制造协会发布 2025 年度行动计划
- 澳推出电池用石墨研发项目
- 首次在“魔角”石墨烯中测得超流刚度
- 高熵氧化物快速制备新方法
- 压力诱导实现常压稳定的铋锑碲超导相

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

战略规划

英发布智能机器战略 2035 报告..... 1

英增材制造协会发布 2025 年度行动计划..... 3

项目资助

澳推出电池用石墨研发项目 4

研究进展

首次在“魔角”石墨烯中测得超流刚度 5

高熵氧化物快速制备新方法 6

压力诱导实现常压稳定的铋锑碲超导相 7

海绵纳米复合材料可回收金属和磷酸盐污染物 8

“活体”电极赋能传统硅电子器件 8

全回收钙钛矿太阳能电池问世 9

基于里德堡原子的量子温度计：精密测量新突破 10

喷墨打印纳米颗粒阵列实现生物标志物精准监测 11

首创 3D 打印超高强韧金属间化合物 12

英发布智能机器战略 2035 报告

2 月 11 日，英国机器人增长伙伴关系委员会（Robotics Growth Partnership, RGP）发布《智能机器战略 2035》（*Smart Machines Strategy 2035*）报告，将英国定位为机器人和智能机器的全球领导者。该战略以英国在研究、创新和创业方面的优势为基础，制定了到 2035 年释放智能机器全部潜力的战略目标和路径，旨在利用智能机器推动英国经济增长、社会进步并提升国家安全¹。

报告首先分析了智能机器的重要性及英国智能机器领域的发展现状。报告指出，智能机器在未来将扮演极为关键的角色，到 2035 年将广泛且深入地融入英国社会的各个层面，在医疗、交通、制造、农业等众多领域发挥重要作用。然而，英国当前在智能机器领域的发展面临诸多问题。在国际对比中，英国在工业机器人应用和智能机器部署方面较为滞后。从需求侧来看，英国工业机器人的使用率较低；在供给侧，虽然具有较为良好的科研成果，但相关企业规模普遍较小，融资难度较大，整个智能机器生态系统存在碎片化问题，各环节之间缺乏有效协作，极大限制了英国智能机器产业的发展。为此，该战略围绕两个核心目标展开规划，共提出十项建议。

目标一：驱动需求与应用，推动公共服务、国家基础设施以及各行业企业积极采用智能机器技术，并建立起一套支持创新且符合伦理规范的监管框架

为实现这一目标，报告提出以下建议：

①设立智能机器办公室，通过公共采购、联合产业项目、经济激励措施等方式来促进对智能机器的需求和采用；

②基于现有设施，建立更广泛的区域智能机器转化中心网络，为企

¹ Smart Machines Strategy 2035.

<https://www.gov.uk/government/publications/smart-machines-strategy-2035/smart-machines-strategy-2035>

业提供试用和测试智能机器的环境；

③推动政府和工业部门形成系统思维，识别并推广智能机器组件的重复利用，以提高效率并降低成本；

④不断完善法规和标准，增强社会对智能机器的信任；

⑤推动智能机器的模块化、互操作性和通用标准的发展，确保英国标准与国际接轨，促进智能机器的集成和应用。

目标二：发展创新与商业生态系统，致力于将英国打造成为智能机器创新和商业发展的核心区域，吸引全球的人才和投资

具体行动建议包括：

①建立卓越中心，开发开放的软件和硬件工具，推动智能机器组件的模块化和商品化；

②依托区域转化中心，为新企业提供孵化空间和商业培训，促进智能机器企业的成长和制造的本土化；

③设立 1 亿英镑的智能机器风险投资基金，为智能机器初创企业提供资金支持；

④开展为期 10 年的智能机器科研创新计划，推动关键领域的研究，加强国际合作，促进创新成果的转化；

⑤建立国家技能维持和发展计划，涵盖高等教育和继续教育等多个阶段，为智能机器产业的发展提供充足的人才保障。

此外，为确保战略有效实施，报告规划了以下四个实施阶段：

①“冷启动”阶段：重点刺激需求，为智能机器产业发展奠定基础；

②“引爆点”阶段：通过开发共享工具、支持技术创新和人才培养，使产业发展实现自我持续；

③“加速增长”阶段：强化供给和需求的相互促进，加速产业增长；

④“成熟和护城河”阶段：聚焦于减少发展中的阻碍，保持英国在国际上的竞争优势。

（吴文涛）

英增材制造协会发布 2025 年度行动计划

1 月 30 日，作为代表英国增材制造产业链各环节机构的行业协会，英国增材制造协会（Additive Manufacturing UK，AMUK）在其网站发布了 2025 年度行动计划²。

该计划在 2024 年度首个行动计划的基础上进行了更新，旨在提升英国在增材制造研究、开发、应用和推广方面的地位。该计划重点强调了 2024 年取得的进展，包括会员数量增长、推进战略举措实施和加强服务，有效提升了英国在增材制造领域的全球竞争力。此外，该计划还论述了在供应链、技能和标准等方面的关键挑战，并提出了新的行动措施，以推动英国增材制造生态的完善。这些关键挑战包括扩展和完善英国供应链、建立行业认可的培训计划，以及简化和规划增材制造标准体系等。为了让复杂的增材制造标准体系更加简洁，AMUK 计划制定针对特定行业的标准路线图，提供免费查阅关键标准的权限，并举办专门活动以促进对标准的理解和最佳实践的应用。此外，该计划还提出扩展 AMUK 的案例库，创建全面的应用指南，探索开发在线增材制造适用性评估工具，以帮助企业评估增材制造技术在其业务中的适用性。

（商 飞）

² Additive Manufacturing UK Launches 2025 Annual Action Plan to Advance the UK's Leadership in Additive Manufacturing.
<https://additivemanufacturinguk.org.uk/additive-manufacturing-uk-launches-2025-annual-action-plan-to-advance-the-uks-leadership-in-additive-manufacturing/>

项目资助

澳推出电池用石墨研发项目

为加速澳大利亚本土电池行业的增长并开拓出口机会，澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）发布了电池用石墨研发项目，将与矿业企业或制造业中小企业合作，提升石墨的质量、效率和可持续性，满足澳大利亚不断增长的电池行业需求³。该项目是澳大利亚联邦政府电池研发计划的一部分，该计划支持澳大利亚国家电池战略、关键矿物战略以及“未来在澳大利亚制造”议程。

本次资助的重点领域包括天然石墨的球形化、纯化和电化学测试，合成石墨生产的新来源，探索在电池寿命结束时更好地回收和再利用石墨的方法，研究提高石墨在电池应用中的质量和性能的技术，以及在提高生产效率和可持续性等方面开展创新等。受资助企业还有权使用CSIRO的先进表征设施，以分析特定天然石墨资源的质量和潜力。

当前，澳大利亚在电池用石墨出口市场份额占比较低。恰逢全球供应链面临中断、各国寻求多元化关键矿物来源的关键时刻，澳大利亚希望凭借其丰富的自然资源，发展电池用石墨创新技术和工艺，成为电池应用领域天然石墨生产的全球领导者，创造新的就业机会，推动经济增长。

（黄 健）

³ CSIRO's new graphite R&D grants to supercharge SME battery innovation.
<https://www.csiro.au/en/news/All/News/2025/February/New-graphite-RandD-grants-to-supercharge-SME-battery-innovation>

首次在“魔角”石墨烯中测得超流刚度

“超流刚度”（superfluid stiffness）是衡量材料超导性质的关键指标之一。美国麻省理工学院首次在“魔角”石墨烯中直接测量了超流刚度，为人们了解这种材料的超导机制提供了新的见解⁴。

研究团队采用传统方法组装得到“魔角”扭转双层石墨烯（magic-angle twisted bilayer graphene, MATBG），将其夹在两个六方氮化硼绝缘层之间，以维持其原子结构和特性。研究人员利用特殊技术锐化 MATBG 的一端，就像用锋利的刀切割一样，暴露出新鲜的 MATBG 表面，再将铝沉积在其表面上，构造出良好的超导接触并形成铝引线。然后，研究人员将这个带有 MATBG 的铝引线连接到更大的铝制微波谐振器上，通过谐振器发送微波信号，并测量由此产生的谐振频率偏移，从中推断出 MATBG 的动电感（kinetic inductance），这是与超流刚度直接相关的参数。研究人员将电感值转换为超流刚度时，发现数值提高了 10 倍，远大于传统超导理论的预测。测量结果表明，“魔角”石墨烯的超导性主要受量子几何的影响，量子几何是特定材料中存在的量子态之间的特殊相互关联方式。

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题: Superfluid stiffness of magic-angle twisted bilayer graphene）。

（尹 伟）

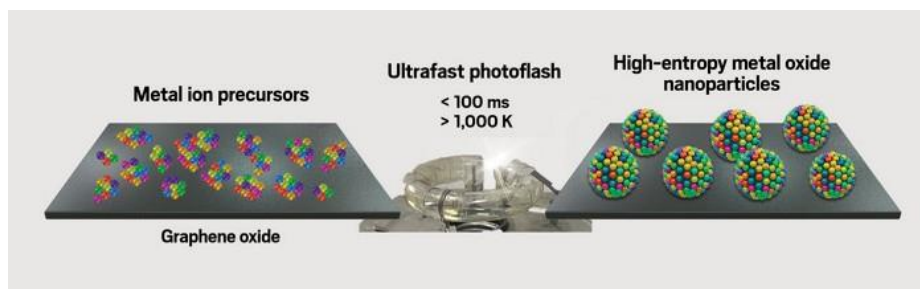
⁴ Physicists measure a key aspect of superconductivity in “magic-angle” graphene.
<https://news.mit.edu/2025/physicists-measure-key-aspect-superconductivity-magic-angle-graphene-0205>

高熵氧化物快速制备新方法

高熵氧化物是一类由 5 种及以上元素以近乎相同比例制成的新型材料，与其他材料相比较，其具有更多的活性位点，且使用寿命更长。当前制备高熵氧化物的方法，或是制备时间较长（数小时或数天）且需要大量能量，或是制备时间较短（几分钟或几分之一秒），但反应难以控制且设备昂贵。

美国斯坦福大学 Xaolin Zheng 团队发展了一种基于氙气闪光灯的低成本制备方法，只需 10-100 毫秒即可在各种基底上合成高熵氧化物，为高熵氧化物的研究提供了新的视角⁵。

研究人员首先将等量的钴、镍、铁、铬和锰金属盐混合在乙醇中，并将氧化石墨烯薄膜浸入溶液，对其进行干燥处理。随后，使用氙灯对材料进行照射，短暂而强烈的闪光能够被氧化石墨烯吸收，将其加热至 2000-3000 K。氧化石墨烯进一步将热量传递给金属，形成高熵氧化物纳米颗粒，并迅速冷却。高熵氧化物的合成能够在多种基底上进行，包括氟掺杂氧化锡（FTO）导电玻璃、碳纸、打印纸等，例如在 FTO 上合成的高熵氧化物可直接用于电化学析氧反应的研究。此外，还可根据应用需求，将氧化石墨烯替换为其他吸光材料。



高熵氧化物制备示意图

上述研究工作发表在 *ACS Nano*（文章标题：Ultrafast Photoflash Synthesis of High-Entropy Oxide Nanoparticles）。

（吴文涛）

⁵ New method makes high-entropy oxides in a flash.
<https://cen.acs.org/synthesis/New-method-makes-high-entropy/103/web/2025/02>

压力诱导实现常压稳定的铋锑碲超导相

美国休斯顿大学得克萨斯超导中心 Ching-Wu Chu 领导的研究团队在实现常压高温超导性方面取得了重要进展，有可能开启高效能技术的新时代⁶。

研究团队通过压力淬灭方案（pressure-quench protocol, PQP），在不改变材料化学成分或结构的情况下，对铋锑碲化合物（ $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$, BST）进行压力诱导，使其在常压下保留高压诱导的超导相。在高达约 50 GPa 的压力下，观察到了三个超导相（BST-I、-II 和 -III）。在约 4 GPa 压力下，BST-I 中出现了超导相，且未发生结构转变，表明该相可能具有拓扑性质。这一成果展示了在室温下从金刚石压砧中恢复样品，同时保留该压力诱导相态的方法。其他超导相在常压下保留在 BST-II 和 -III 中，并进行了热稳定性和时间稳定性测试。研究人员成功在常压下保留了 BST 的高压诱导，BST 的临界温度（ T_c ）最高可达 10.2 K。虽然 PQP 技术能在常压下维持 BST 中的超导相态，但减压和 PQP 均能提高其 T_c ，这可能是由于在这些过程中形成了微观结构，从而提高 T_c 提供了另一条途径。PQP 是一种探索和创造新材料相图未知区域的强大工具，通过 PQP 技术，研究人员能够在常压下稳定和探索高压诱导的超导相态。

上述研究工作发表在 *Proceedings of the National Academy of Sciences*（文章标题：Creation, stabilization, and investigation at ambient pressure of pressure-induced superconductivity in $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ ）。

（冯瑞华）

⁶ UH Physicists Hit Major Milestone in Advancing Superconductor Applications.
<https://www.uh.edu/news-events/stories/2025/february/02102025-tcsuh-breakthrough.php>

海绵纳米复合材料可回收金属和磷酸盐污染物

受过量磷酸盐和金属污染的水会对人类健康和环境构成重大风险。美国西北大学 Vinayak P. Dravid 研究团队开发出一种特殊的海绵纳米复合材料，能够吸附水中的污染物，为解决水污染问题提供了一种可重复使用且成本低廉的解决方案⁷。

该海绵纳米复合材料经过氧化铁纳米粒子涂层处理，具有强大的多级孔隙率和结构，对特定污染物具有亲和力，能够吸附包括锌、铜在内的金属离子以及磷酸盐，并在之前的实验中已成功从水中去除铅、微塑料和油污。然后通过使用 pH 辅助选择性提取方法实现回收，其中磷在弱碱性环境下回收，而金属在弱酸性环境下回收。通过调节 pH 值可以实现对海绵上吸附的金属离子的释放，随后再将 pH 值调回以释放磷酸盐。实验表明，经过五个吸附和释放周期后，海绵仍能保持原有的吸附效率，并且能够使水中的污染物浓度降至无法检测水平。研究团队根据芝加哥地区特定污染物的特点，开发了一种定制化的污染治理方法，并能够选择性地回收污染物，使原本需要通过采矿获取的资源得以回收再利用。研究团队计划在实际应用场景中测试该技术，还将评估海绵纳米复合材料的实际载污能力。

上述研究工作发表在 *ACS EST Water*（文章标题：Rinse, Recover, Repeat: pH-Assisted Selective Extraction of Phosphate and Metals with a Sponge Nanocomposite）。

（冯瑞华）

“活体”电极赋能传统硅电子器件

高速低功耗电子器件是无线通信技术的核心需求。长期以来，器件小型化是实现高速化的主要路径，但随着尺寸逼近物理极限，制造难度急剧增加。日本大阪大学 Ai I. Osaka 研究团队通过二氧化钒（VO₂）温

⁷ This sponge soaks up pollutants but saves valuable minerals.
<https://news.northwestern.edu/stories/2025/02/this-sponge-soaks-up-pollutants-but-saves-valuable-minerals/>

度调控实现动态导电网络，成功提升了硅基器件对太赫兹光的灵敏度，为突破传统材料性能瓶颈提供了新范式⁸。

研究团队在硅基底上制备了含有 VO₂ 超材料的太赫兹光电探测器，通过精准加工技术实现了高质量 VO₂ 层的集成。当温度调控至特定范围时，VO₂ 层中的绝缘区域会选择性转变为金属态，形成微米级动态导电网络，这些动态微电极通过局域电场调控，显著增强了硅基底对太赫兹光的响应。该技术的核心突破在于 VO₂ 金属域的尺寸调控能力，其形成的导电网络可达传统方法的数十倍规模。

上述研究工作发表在 *ACS Applied Electronic Materials*（文章标题：Si-VO₂ Hybrid Materials with Tunable Networks of Submicrometer Metallic VO₂ Domains Provide Enhanced Diode Functionality）。

（董金鑫）

全回收钙钛矿太阳能电池问世

随着人工智能发展与交通电动化进程的加速，全球电力需求激增，可持续能源技术面临更严苛的环保要求。传统硅基太阳能电池虽已商用 30 余年，但面临寿命终结后难以回收的困境。瑞典林雪平大学 Feng Gao 研究团队通过水基溶剂技术实现钙钛矿太阳能电池全组件循环利用，回收电池效率与原始器件持平，为下一代光伏技术注入绿色基因⁹。

研究团队开发出以水为核心的溶剂，其中主要包括三种低成本添加剂：醋酸钠（NaOAc）、碘化钠（NaI）和亚磷酸（H₃PO₂），以解决水环境中钙钛矿的溶解度、相纯度和稳定性问题。水溶液提取的高纯度钙钛矿材料性能未受任何损耗，新器件光电转换效率仍可达 25%，与硅基电池相当。该技术还同步解决了铅元素回收难题，满足全球对光伏组件可持续处理的法规要求。

⁸ 'Living' electrodes breathe new life into traditional silicon electronics.
https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/en/achievement/release/20250205_osaka.html

⁹ The next-generation solar cell is fully recyclable.
<https://liu.se/en/news-item/nasta-generations-solcell-ar-helt-atervinningsbar>

上述研究工作发表在 *Nature*（文章标题：Aqueous-based recycling of perovskite photovoltaics）。

（董金鑫）

基于里德堡原子的量子温度计：精密测量新突破

传统温度计在使用前需在工厂进行调整或校准。美国国家标准与技术研究院（NIST）研究人员首次利用里德堡原子对环境变化的敏感性，开发出一种新型温度计。该技术无需初始校准，具备“开箱即用”特性，有望改善量子研究、先进制造、航天设备等极端环境中的温度传感和测量¹⁰。

研究人员在真空腔中填充铷原子气体，通过激光与磁场将其捕获并冷却至接近绝对零度（约 0.5 毫开尔文）。在此温度下，原子几乎停止运动。随后，研究人员利用激光将原子最外层电子激发至高能轨道，形成体积约为正常铷原子 1000 倍的里德堡原子。由于里德堡原子的最外层电子远离原子核，其对黑体辐射、电场、磁场等外部环境极为敏感。当环境温度升高时，黑体辐射增强，促使里德堡原子中的电子跃迁至更高能级轨道。研究人员通过监测电子能量的变化，实现对温度的精准测量。

新型量子温度计基于量子物理学的基本原理，可实现对 0 °C~100 °C 范围的非接触式测量，其测量结果能够直接溯源至国际计量标准。这一技术突破对原子钟的发展具有重要意义。原子钟对温度变化（如黑体辐射）极为敏感，而量子温度计可实时监测环境温度，有效降低因温度变化导致的时间测量误差，从而显著提升原子钟的准确性。

上述研究工作发表在 *Physical Review Research*（文章标题：Primary quantum thermometry of mm-wave blackbody radiation via induced state transfer in Rydberg states of cold atoms）。

（蒿巧利）

¹⁰ New Atom-Based Thermometer Measures Temperature More Accurately.
<https://www.nist.gov/news-events/news/2025/01/new-atom-based-thermometer-measures-temperature-more-accurately>

喷墨打印纳米颗粒阵列实现生物标志物精准监测

未来的个性化医疗需要持续监测表征人体健康程度的生物标志物。为此，美国加州理工学院的工程师开发了一种喷墨打印特殊纳米颗粒阵列的新技术，能够大规模生产持久耐用的可穿戴汗液传感器。这些传感器可用于实时监测汗液中的维生素、激素、代谢物和药物等多种生物标志物，使患者和医生能够持续跟踪这些生物标志物的变化¹¹。

研究中所使用的纳米颗粒为核壳立方纳米颗粒。这些纳米颗粒在包含待检测分子（如维生素 C）的溶液中形成。当单体自发组装形成聚合物时，维生素 C 等目标分子会被包裹在立方纳米颗粒内部。首先，研究人员通过特定溶剂将维生素 C 分子移除，从而在聚合物外壳上留下与维生素 C 分子形状完全匹配的孔隙。这些孔隙类似于人工抗体，能够选择性地识别特定分子的形状。然后，研究人员将这种特殊形成的聚合物与六氰基铁酸镍（NiHCF）纳米颗粒核心相结合，构建出核壳结构。当该核壳材料与人体汗液或其他体液接触时，在施加电压的条件下，NiHCF 核心会发生氧化或还原反应。以维生素 C 的监测为例，当维生素 C 分子未与聚合物外壳上的孔隙结合时，体液能够与 NiHCF 核心接触并产生电信号；而当维生素 C 分子与聚合物外壳上的孔隙结合后，会阻止体液与 NiHCF 核心接触，从而减弱电信号。因此，通过检测电信号的强度变化，即可实现对维生素 C 含量的精准监测。

新型传感器为连续、非侵入式监测多种慢性疾病及其生物标志物提供了新的可能性。目前，该传感器已成功应用于长期 COVID 患者的代谢物监测，以及癌症患者的化疗药物水平监测等。

上述研究工作发表在 *Nature Materials* (文章标题: Printable molecule-selective core-shell nanoparticles for wearable and implantable sensing)。

(蒿巧利)

¹¹ Printable Molecule-Selective Nanoparticles Enable Mass Production of Wearable Biosensors.
<https://www.caltech.edu/about/news/printable-molecule-selective-nanoparticles-enable-mass-production-of-wearable-biosensors>

首创 3D 打印超高强韧金属间化合物

香港城市大学杨涛、哈尔滨工业大学赵怡潞团队开发了新型化学复杂型金属间化合物，首次实现 3D 打印超高强韧金属间化合物的可控制备，突破了传统金属间化合物脆性大、加工难的技术瓶颈。

研究团队基于 $L1_2$ 型有序超晶格结构的特点，通过热力学相图计算并开发了新型 $(\text{Ni}, \text{Co})_3(\text{Si}, \text{Al}, \text{Ti})$ -B 系多主元金属间化合物，利用激光 3D 打印技术进行增材制造与成型。实验结果显示，该新型金属间化合物具有非常高的尺寸精度（孔隙率低至 0.005%），而且其抗拉强度（约 16 GPa）、均匀延伸率（约 35%）等性能远超 3D 打印传统金属间化合物及其他高性能合金。

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题：Highly printable, strong, and ductile ordered intermetallic alloy）。

（尹 伟）

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)