

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2023 第16期
(总第422期)

本期要目

- NIST 发布美国关键高科技产业竞争力报告
- CSIRO 联合波音发布可持续航空燃料路线图
- 日机构拟开发基于氢氧化细菌的生物制造技术
- 美资助增材制造高温合金开发和数据库建设
- 美 CHIPS 法案一年成果总结
- 利用微交联法创制高弹性铁电材料

目 录

专 题

NIST 发布美国关键高科技产业竞争力报告 1

战略规划

澳大利亚拟更新关键矿产清单 6

CSIRO 联合波音发布可持续航空燃料路线图 6

项目资助

日机构拟开发基于氢氧化细菌的生物制造技术 7

美资助增材制造高温合金开发和数据库建设 8

行业观察

美 CHIPS 法案一年成果总结 9

研究进展

人工智能设计先进合金材料 12

英 Nuclear AMRC 开发焊接修复新技术 12

调整材料导热性以获得更节能的设备 13

受贻贝启发的纳米纤维素涂层可回收稀土元素 14

氮化硼基纳米复合材料特性 14

新型头孢唑林连续流生产工艺 15

利用微交联法创制高弹性铁电材料 16

NIST 发布美国关键高科技产业竞争力报告

【编者按】7月，美国国家标准与技术研究院（NIST）发布《美国更具生产力的新兴技术经济竞争力报告》（*American Competitiveness Of a More Productive Emerging Tech Economy Act*）¹最终版。该报告列举了七项新兴技术，分别是：人工智能、物联网、量子计算、区块链、新型与先进材料、无人配送服务、增材制造与3D打印等。报告从当前研究活动、公私合作伙伴关系、标准制定，以及经济影响、供应链风险和劳动力需求等角度对这七项技术展开了研究分析，并提出了供应链、市场发展等相关建议。本期专题围绕新型与先进材料、增材制造与3D打印两项技术领域的部分主要内容进行了编译。

一、新型与先进材料

在联邦标准与法规方面，美国国防部、能源部、国家科学基金会和国家标准与技术研究院是新型与先进材料（New and Advanced Materials, NAMs）生态系统的关键推动者，他们支持相关研究并提供资助用于推动 NAMs 的开发及应用，包括标准的制定。联邦航空管理局、食品药品监督管理局以及环境保护署则在各自领域监管着 NAMs 的某些应用。国务院和商务部工业与安全局有权根据美国法律和法规，控制 NAMs 相关出口和使用。各机构可能会针对特定应用开发自己的 NAMs 标准，如国家航空航天局已为其任务操作制定了标准。联邦机构工作人员通常参与 NAMs 标准的制定过程。

在机构间相互作用方面，材料基因组计划、国家纳米技术计划、“制造业美国”网络和国家量子计划是材料领域四个主要的联邦研究计划。其他的一些跨机构合作互动包括：联邦机构间材料代表会议、联邦先进

¹ American Competitiveness Of a More Productive Emerging Tech Economy Act.
<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2023/NIST.GCR.23-039.pdf#page=1>

电池联盟、国家科技委员会关键矿物子委员会等。

在提及涉及经济安全的国家安全事项时，确保 NAMs 上游矿产的可靠供应是一项关键网络安全和国家安全问题。许多关键矿物的开采和加工高度集中在竞争对手国家，构成了严重的国家安全风险。围绕高需求和新兴技术对于关键矿产的依赖，例如应对全球气候变化的可再生能源技术，推动了不使用关键矿物的 NAMs 研发，并可以在这些技术中替代关键矿物的功能。围绕关键矿产依赖，美国盟友和竞争对手国家正在优先考虑 NAMs 的开发，并进行了投资；如果材料资源在全球范围内变得有限，这可能对美国构成长期风险。

在发展挑战及对应的建议部分，该报告提出了以下几点：

挑战 1: NAMs 领域的资助和支持需求差异很大。

建议 1: 美国政府应评估相关联邦机构当前用于 NAMs 开发的资助和支持机制，包括现有机制的识别，并在可能的情况下评估其有效性。需要考虑 NAMs 开发的不同规模，并确定哪些地方存在障碍。需要考虑基础研究是否有效地转化为材料应用。

挑战 2: 全球对 NAMs 的投资不断增加。

建议 2: 美国政府应评估 NAMs 相关的全球投资和战略，并适时发布相关结果，提供促进国际合作和提升美国领导地位的机会。与国际伙伴一起参与标准制定，以强化美国利益，并努力实现全球协调的标准。评估现有出口管制法规对 NAMs 开发和提升的影响。

挑战 3: 许多 NAMs 基于关键矿物，引发了供应链和可持续性关切。

建议 3: 美国政府应继续支持识别替代材料的研究工作，包括替代关键矿产，制定措施用于恢复含有关键矿物的 NAMs 的现有供应，以及开发新的方法，通过改进生产和加工来增强关键矿物供应等。还需将包括原料、能源效率和可回收性评估在内的生命周期方法纳入 NAMs 的开发，以积极应对可持续性问题。

挑战 4: NAMs 性质和应用的多样性意味着其供应链复杂且全球化，

这会给它们的提升和使用带来障碍。

建议 4：美国政府应继续制定联邦层面的路线图，向材料团体提供有关 NAMs 供应链认知与决策的信息和工具，包括供应链中断分析。在路线图工作中，还需充分利用 NAMs 团体的专家力量。

挑战 5：NAMs 应用的多样性以及 NAMs 对各种技术进步的基础性赋能特性，要求美国具有领先的研究基础设施和熟练的联邦工作人员，以推动并增强联邦机构和部门之间的协调。

建议 5：美国政府应在联邦机构中保持核心竞争力，包括直接支持 NAMs 研究与应用的机构以及发挥更间接作用的机构，以确保美国政府在 NAMs 开发中发挥关键作用。

建议 5a：确保联邦政府继续拥有用于 NAMs 表征和合成的领先研究基础设备、设施。

建议 5b：在特定 NAMs 领域，培训更多现有人员并雇佣新进人员，以确保联邦机构维持熟练的工作人员队伍。

建议 5c：利用现有的机构间机制，确保机构有效协调工作，包括与大型 NAMs 团体的协调。继续协调并提供基础设施，推动产业界、政府和学术界在 NAMs 制造领域的竞争前参与。明确机构定位，为 NAMs 团体与联邦政府的互动提供清晰路径。

挑战 6：NAMs 团体需要有关于 NAMs 的最佳实践、标准和指导，包括安全使用、数据和网络安全。

建议 6：美国政府应通过材料基因组计划和其他高级联邦计划，积极领导 NAMs 团体，进而制定并推广 NAMs 的最佳实践方式、标准、风险管理和指导方案等，包括数据和网络安全标准以及知识产权保护，以促进资本投资和进一步发展。

二、增材制造与 3D 打印

在产业部门和公私合作伙伴关系方面，报告指出，2022 年 5 月，白宫发动“增材制造推进”（AM Forward）计划，旨在强化供应链、支持中

小型企业发展、克服未来产业的协调挑战，并扩展地区制造生态系统。除了 AM Forward 之外，还有许多公私合作伙伴关系支持在许多行业领域开展增材制造技术的研究、开发和创新，包括“制造业美国”增材制造研究所、增材制造联盟、ASTM 增材制造卓越中心、国家增材制造卓越中心和增材技术发展联盟等。此外，许多以特定工业领域为重点的公私合作伙伴也在推动着增材制造技术和应用在这些领域的发展。

在联邦政府资源方面，除了小企业创新研究项目（SBIR）、小企业技术转移项目（STTR）为包括 AM 在内的各项技术提供资助外，“制造业美国”的一些研究所（如增材料制造研究所 America Makes、轻质材料研究所 LIFT、生物制造研究所 BioFabUSA、复合材料研究所 IACMI 和数字制造研究所 M×D）通过各种机制向中小企业提供与 AM 相关的资源。NIST 制造业扩展伙伴关系计划通过全国性的技术和商业专家网络支持 AM 的进步。能源部橡树岭、劳伦斯利弗莫尔和桑迪亚三个国家实验室也在向私营部门实体提供最先进的 AM 研发能力。

在供应链风险方面，无论是工业级 AM 设备、桌面 3D 打印机，还是用于 AM 的各种原材料，均暂未发现有供应链脆弱性问题。

在发展挑战及对应的建议部分，该报告提出了以下几点：

确保 AM 完全融入现代数字制造环境

建议 1a：扩大联邦资源，加速制定技术标准、通用文件格式和指南，以助力新的 AM 技术更快速地在数字制造环境中获得资格并被采用。

建议 1b：美国政府应继续支持“制造业美国”研究所的工作，制定多所合作项目，推进 AM 技术融入制造环境的整合。

识别并缓解 AM 原料供应链中的漏洞

建议 2a：美国政府应全面评估国内 AM 材料供应链的能力和产能，以满足国家安全，包括经济安全需求，并准备应对未来的危机。

建议 2b：将 AM 能力和产能的评估用于制定联邦战略，实现 AM 材料的多样化，以减轻潜在的材料供应链中断风险。

建议 2c: 美国政府应评估研发、标准制定和其他工作的必要性, 以推动再生材料作为 AM 原料来源的相关回收和安全使用, 并相应地支持这些活动。

在整个联邦政府内, 协调和支持对 AM 研发的投资

建议 3a: 评估是否需要设立一个联邦级别的 AM 研发跨机构实体部门, 其使命是协调各机构和跨机构的工作, 以加速 AM 技术的进步, 具体包括: 辨识美国 AM 研发领域的空白; 辨识和减少不同机构间 AM 重复研发; 鼓励和促进不同机构和工业领域之间的 AM 研发交流; 围绕 AM 技术的战略开发、采购和负责使用, 制定指南并分享最佳实践, 推动联邦政府成为先进 AM 系统的智能购买方等。

建议 3b: 通过进行竞争前研究并将研究结果转移到 AM 团体中, 确保充足的联邦投资用于解决高优先级的研发空白。

支持跨行业部门的制造商扩大 AM 规模, 促进小型企业和制造商采用 AM

建议 4a: 美国政府应通过 SBIR/STTR, 增加对 AM 技术开发和应用小微企业和创业者的支持。

建议 4b: 美国政府应承诺用于实现 AM Forward 目标所需的资源: 包括鼓励小微企业更多参与 AM 供应链; 向寻求采用 AM 技术的中小制造商提供资金和技术支持; 制定行业标准; 投资于 AM 劳动力等。

在 AM 领域扩大技术培训和劳动力开发

建议 5a: 美国政府应继续鼓励 AM 利益相关方 (大学、社区学院、产业界、标准制定组织和专业学会) 合作, 制定和认可 AM 操作的认证和资格证书。

建议 5b: 美国政府应该确定并解决扩充 AM 劳动力的职业和大学教育项目的主要差距。

(闫泽坤、万 勇)

澳大利亚拟更新关键矿产清单

澳大利亚政府正在与产业界、学术界及其他利益相关者协商，为更新澳大利亚关键矿产清单提供信息²。澳大利亚资源部长 Madeleine King 称，清单最晚将于年底前更新，并将根据清单优先支持关键矿产项目。

澳大利亚除了是世界上最大的锂生产国、第三大钴生产国和第四大稀土生产国，还拥有大量镍和铜矿产资源。根据澳大利亚政府 6 月发布的《2023-2030 年关键矿产战略》，更新《关键矿产清单》被列为政府优先事项。《2023-2030 年关键矿产战略》提出，到 2030 年将澳大利亚打造成全球原材料和加工关键矿产供应商，支撑电池、电动汽车、太阳能电池板和风力涡轮机等低排放技术及产业发展。为此，审查和更新《关键矿产清单》是极为重要的过程，可以明确并集中政府努力以发展关键矿产产业，并将澳大利亚纳入全球关键矿产供应链。

（黄 健）

CSIRO 联合波音发布可持续航空燃料路线图

澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）与波音公司联合发布了可持续航空燃料路线图（Sustainable Aviation Fuel Roadmap）³。与传统喷气燃料不同，可持续航空燃料在燃料生命周期内可显著减少碳排放，使其成为更可持续的飞机燃料替代品。

根据路线图，短期内澳大利亚将利用甘蔗、锯木厂残留物和城市固体废物合成可持续航空燃料，中长期将利用氢气和二氧化碳合成可持续航空燃料。2025 年，澳大利亚每年将生产近 50 亿升可持续航空燃料，这可满足当年飞行燃料需求的近 60%，足以为 64 万架波音 737 从墨尔

² Consultations open for update of critical minerals list. <https://www.minister.industry.gov.au/ministers/king/media-releases/consultations-open-update-critical-minerals-list>

³ CSIRO, Boeing roadmap charts flight path to sustainable skies. <https://www.csiro.au/en/news/All/News/2023/August/CSIRO-Boeing-roadmap-charts-flight-path-to-sustainable-skies>

本飞往悉尼提供燃料。可持续航空燃料还将保证澳大利亚国防安全，目前澳大利亚 90%液体燃料依赖进口，未来可能面临地缘政治和气候变化风险，以及与质量问题相关的延误。

（黄 健）

项目资助

日机构拟开发基于氢氧化细菌的生物制造技术

日本双日株式会社、中央电力工业研究所、东丽株式会社等机构与日本新能源和产业技术开发组织（NEDO）签订了一项联合项目协议，将开发变革性的生物制造技术，研制出利用 CO₂ 的氢氧化细菌（hydrogen-oxidizing bacteria），进而制造各种化学产品和饲料原料⁴。

该项目受到 NEDO 绿色创新基金项目“利用 CO₂ 作为生物制造直接原材料促进碳循环利用”的资助，将是世界上首个直接使用 CO₂ 和 H₂ 生产原材料的商业化生物工艺的案例。

本项目将通过基因工程改造具有高固碳能力的细菌，设计出能够高效生产有用化学产品的细菌菌株，然后生产出塑料、油墨、涂料、纺织品和化妆品等的原材料。此外，生物制造过程中产生的细菌残留物可用作饲料的替代蛋白质来源。

（万 勇）

⁴ Development of Innovative Biomanufacturing Technologies Using CO₂ and H₂ as Feedstocks for Hydrogen-oxidizing Bacteria. <https://www.sojitz.com/en/news/2023/08/20230804.php>

美资助增材制造高温合金开发和数据库建设

8月15日，美国国家国防制造和加工中心（NCDMM）和“制造业美国”增材制造研究所（America Makes）宣布了两个新的公开项目征集，由国防部副部长办公室下属的研究与工程办公室（OSD(R&E)）和空军研究实验室（AFRL）资助，总计达1175万美元，每个项目征集都有两个重点领域，预计每个主题领域都会获得资助⁵。

（1）增材制造粉末合金开发项目

资助金额为600万美元，由AFRL资助。America Makes及成员和政府利益相关方在2021年的合金开发研讨会上评估了通过开发和推广新型增材制造材料所带来的效益和战略机遇。该项目旨在加速增材制造用高温金属的成熟，以证明在特定应用性能标准方面取得了可衡量的改进。其中主题1为耐高温合金（360万美元），主题2为高温镍基合金（240万美元）。

（2）扩展增材制造材料数据集项目

OSD(R&E)和AFRL共资助575万美元。除Ti-6Al-4V钛合金之外，还有更多的材料系统可以使增材制造行业受益，该项目旨在增加基于统计的、与工业相关的增材制造材料数据集的数量和类型。该项目还希望通过与小型企业合作，鼓励将这些经验、实践和数据推广到更广泛的增材制造供应链中。其中主题1为铝合金材料数据集（287.5万美元），主题2为高温镍基合金数据集（287.5万美元）。

该项目可为航空航天、国防和能源行业使用的高温耐火合金突破性开发奠定基础。该项目制定和共享的数据和最佳实践将有助于通过吸纳全国各地的小型企业来扩大增材制造供应链。

（冯瑞华）

⁵ America Makes Announces Two Project Calls Worth Nearly \$12M in Funding
<https://www.americamakes.us/america-makes-announces-two-project-calls-worth-nearly-12m-in-funding/>

美 CHIPS 法案一年成果总结

一年前，美国总统拜登签署了《芯片与科学法案》（CHIPS），该法案在美国半导体制造、研发和劳动力等方面投资近 530 亿美元，并为半导体制造业的资本投资提供 25% 的税收抵免。此外，这一年里，各公司宣布在半导体和电子制造业投入超过 1660 亿美元的资金，19 个州的至少 50 所社区大学宣布了新的或扩展计划，以帮助美国工人在半导体行业获得高薪工作。自拜登政府成立以来，各公司在美国半导体和电子产品领域，总共宣布了超过 2310 亿美元的投资。

这一年里，美国政府各机构一直在制定和执行与 CHIPS 相关的计划，以鼓励国内半导体制造业投资研发，并加强供应链韧性和劳动力发展⁶。主要的进展及成果包括：

（1）支持美国半导体制造业

美国商务部为 CHIPS 中提供的 390 亿美元半导体制造激励措施提供了第一次融资机会，包括为建造、扩建或更新半导体生产设施的项目以及对生产半导体材料和制造设备的设施进行大规模投资的项目提供资金。此外，商务部已经收到了来自 42 个州的 460 多家公司的项目意向书，这些项目将投资从制造到供应链再到商业研发的半导体价值链。商务部还成立了“美国芯片”组织，该组织由 140 多人组成，致力于支持芯片激励计划的实施。

美国财政部于 2023 年 3 月发布了一项拟议规则（proposed rule），为先进制造业投资信贷提供指导，该信贷为从事半导体制造和生产半导体制造设备的公司提供 25% 的投资税收抵免。财政部还在 2023 年 6 月发布了一项拟议规则，允许公司从美国国税局直接获得全额先进制造业投

⁶ FACT SHEET: One Year after the CHIPS and Science Act, Biden-Harris Administration Marks Historic Progress in Bringing Semiconductor Supply Chains Home, Supporting Innovation, and Protecting National Security.
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/08/09/fact-sheet-one-year-after-the-chips-and-science-act-biden-harris-administration-marks-historic-progress-in-bringing-semiconductor-supply-chains-home-supporting-innovation-and-protecting-national-s/>

资信贷。

（2）保护美国国家安全并与盟国和合作伙伴合作

美国商务部于 2023 年 3 月发布了一项拟议规则，以实施 CHIPS 中的国家安全护栏，意在增强美国技术安全和国家安全，确保 CHIPS 资助的创新和技术不被外国竞争对手利用。美国财政部在 2023 年 3 月提出的拟议规则为先进制造业投资信贷实施了平行护栏。

美国国务院于 2023 年 3 月宣布启动国际技术安全与创新基金（International Technology Security and Innovation Fund），以支持半导体供应链的安全和多样化，以及采用值得信赖和安全的电信网络。美国国务院已经宣布与哥斯达黎加、巴拿马和经济合作与发展组织（OECD）建立伙伴关系，探索在全球半导体供应链上合作的机会。美国国防部和商务部签署了一项扩大合作的协议，以确保芯片投资将使美国能够制造对国家安全和国防计划至关重要的半导体。

（3）为美国工人创造就业机会和劳动力通道

至少有 50 所社区大学已经宣布了新的或扩展半导体劳动力计划。7 月，白宫在俄亥俄州哥伦布市启动了第一个劳动力中心，哥伦布州立社区学院宣布与英特尔建立新的合作伙伴关系，将开设一门新的半导体技术员资格认证课程，将于今年秋季开设。

美国国家科学基金会通过支持研究人员和课程开发的方式，与主要半导体和科技公司合作，对美国半导体劳动力进行投资。

（4）投资创新技术

美国商务部正在与国防部、能源部和国家科学基金会合作，建立国家半导体技术中心（NSTC），将支持美国在半导体创新方面的领导地位，减少新技术商业化的时间和成本，以及发展半导体劳动力。商务部还概述了 NSTC 在提升美国在半导体创新方面的领导地位、缩短商业化时间以及建立强大的微电子劳动力方面的战略。

此外，美国商务部还在继续处理其 110 亿美元研发资金的其他部分，

包括计量计划、国家先进包装制造计划和三个新的美国制造研究所。国防部于 2022 年 12 月发布了微电子公共研发项目的解决方案征集。该项目将支持硬件原型设计、新技术从实验室到晶圆厂的过渡以及员工培训。

（5）支持区域创新经济发展和创新

美国商务部于 2023 年 5 月发布了 5 亿美元技术中心计划第一阶段的资助机会，旨在通过支持区域制造、商业化和关键技术部署，在全国范围内发展创新中心。2023 年 6 月，商务部发布了 2 亿美元重组试点计划第一阶段的融资机会，旨在支持经济机会，并在持续陷入困境的社区创造良好的就业机会。

美国国家科学基金会成立了新的技术、创新和伙伴关系学部。该学部已经启动了美国国家科学基金会区域创新引擎计划（NSF Regional Innovation Engines program），该计划正在帮助支持在过去几十年中没有充分受益于技术进步的地区的创新。2023 年 5 月，美国国家科学基金会宣布了 44 项引擎开发奖，涵盖美国 46 个州和地区，每个奖项的资金在两年内高达 100 万美元。2023 年 8 月，美国国家科学基金会宣布了首届美国国家科学委员会引擎奖的 16 名入围者，预计将于今年年底揭晓，并将在 10 年内为每位获奖者提供高达 1.6 亿美元的奖金。

（6）支持无线创新和安全

2023 年 8 月，美国商务部宣布了其 15 亿美元的公共无线供应链创新基金的第一轮拨款，以支持开放和可互相操作的无线网络发展。

（董金鑫）

研究进展

人工智能设计先进合金材料

德国马普学会钢铁研究所 Kasturi Narasimha Sasidhar 团队开发出一种新型模型，通过利用数字和文本数据的融合，提高了耐腐蚀合金设计的预测准确性⁷。

当前，每年因腐蚀造成的经济损失超过 2.5 万亿美元，人们长期致力于对耐腐蚀合金和防护涂层的研究。人工智能虽然在设计新型合金方面发挥着越来越重要的作用，但在预测腐蚀行为和建议最佳合金配方方面仍有不足。与现有框架相比，该机器学习模型预测准确性提高了 15%。

研究团队通过使用类似 ChatGPT 的语言处理方法，结合数值数据的机器学习技术，开发出全自动自然语言处理框架。将包含有腐蚀特性和组成成分信息的文本数据纳入机器学习框架，可识别抗点蚀的强化合金成分。目前团队还在继续完善该模型，目标是实现自动化数据挖掘并将其无缝集成到现有框架中。后续，显微图像也将作为数据信息源。

上述研究工作发表在 *Science Advances*（文章标题：Enhancing corrosion resistant alloy design through natural language processing and deep learning）。

（李 喻）

英 Nuclear AMRC 开发焊接修复新技术

自 2018 年以来，英国核能先进制造研究中心（Nuclear AMRC）与美国电力研究所（EPRI）合作开发小型模块化反应堆压力容器的电子束焊接技术。该团队成功展示了电子束焊接如何通过用单个深穿透功率束焊接取代多道次电弧焊接，削减了新一代小型模块化反应堆压力容器的生产时间和成本。然而，新技术与任何焊接工艺一样，存在缺陷的风险，

⁷ Artificial intelligence designs advanced materials.
<https://www.mpg.de/20737739/artificial-intelligence-designs-advanced-materials>

这可能导致巨大的成本和延误，甚至整个制造过程的报废。

因此，Nuclear AMRC 与南非纳尔逊·曼德拉大学工程技术研究所合作开发了 WeldCore 技术，从蒸汽管等高压部件上切割用于材料分析的芯样，并使用一种称为摩擦锥形液压柱处理（friction tapered hydro pillar processing, FTHPP）的固态焊接技术永久堵塞小孔，使部件保持运行⁸。

该技术得到初步概念验证试验后，在小型模块化反应堆压力容器的模型上进行了演示。在反复试验中，WeldCore 设备切割出 SA508 钢壁的锥形部分，并用类似材料的塞子进行修复。塞子在高达 35 kN 的载荷下以约 5000 rpm 的转速旋入孔中，产生足够的摩擦和热量来永久连接表面。该修复过程不含填充材料，这对容器的长期性能至关重要。此外，焊接的热影响区域较小，降低了修复过程中材料影响的风险。

（董金鑫）

调整材料导热性以获得更节能的设备

热导率描述了材料传输热量的能力，而通常材料的热导率是恒定不变。美国明尼苏达大学双城分校 Xiaojia Wang 副教授领导的研究团队发现了一种调整材料导热性的新方法，其调谐范围是该领域一步法工艺中有史以来最高的，将为开发更节能、更耐用的电子设备提供基础⁹。

与开关控制流向灯泡的电流的方式类似，研究人员使用电解质门控（electrolyte gating）工艺制造了镧锆钴酸盐器件。在该器件中离子被驱动到材料表面，通过向材料施加低电压，实现了低功耗、连续可调的热导率。实验显示，镧锆钴酸盐纳米级膜的热导率连续调节了 5 倍以上。

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题: Wide-range continuous tuning of the thermal conductivity of $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_{3-\delta}$ films via room-temperature ion-gel gating）。

（闫泽坤、董金鑫）

⁸ International project takes new approach to weld repair. <https://namrc.co.uk/centre/weldcore-trials/>

⁹ Researchers tune thermal conductivity of materials ‘on the fly’ for more energy-efficient devices. <https://cse.umn.edu/college/news/researchers-tune-thermal-conductivity-materials-fly-more-energy-efficient-devices>

受贻贝启发的纳米纤维素涂层可回收稀土元素

稀土元素在清洁能源领域发挥着关键作用，对生产轻质高效电池和风力涡轮机的重要部件至关重要，但传统的稀土元素提取和加工会引发环境问题。美国宾夕法尼亚州立大学 Amir Sheikhi 研究团队通过模仿天然胶水——贻贝粘性，开发出一种受贻贝启发的纳米纤维素涂层（MINC），这种涂层在不使用高能量的情况下，可从工业废水等二次资源中回收稀土元素¹⁰。

MINC 由超细毛纤维素纳米晶体组成，具有独特的粘性。MINC 在多巴胺介导下与基底正交连接。化学反应使 MINC 在表面上形成一层薄薄的分子层，使其能够粘附在各种基底上。研究人员重点应用 MINC 提取稀土元素——钕。MINC 涂层对钕的作用就像磁铁对铁的作用一样，即使钕元素的含量只有百万分之几，它也能将其从水中提取出来。这种选择性使 MINC 能够避免回收钠和钙等不需要的元素。这种可持续和高效的钕回收方法还可应用其他稀土元素回收。该方法为传统提取方法提供了一种可持续和环保的替代方法，最大限度地减少了对环境的影响，并有助于稀土关键元素的长期供应。

上述研究工作发表在 *ACS Applied Materials and Interfaces*（文章标题：Mussel-Inspired Nanocellulose Coating for Selective Neodymium Recovery）。

（冯瑞华）

氮化硼基纳米复合材料特性

美国莱斯大学 Abhijit Biswas 研究团队将 h-BN 与 c-BN 混合在一起，发现由此产生的纳米复合材料能以意想不到的方式与光和热相互作用，可用于下一代微芯片、量子设备等¹¹。

¹⁰ Mussels inspire an eco-friendly way to extract critical rare earth elements. <https://www.psu.edu/news/materials-research-institute/story/mussels-inspire-eco-friendly-way-extract-critical-rare-earth/>

¹¹ Rice lab's boron nitride composite could be useful for advanced technology applications. <https://news.rice.edu/news/2023/rice-labs-boron-nitride-composite-could-be-useful-advanced-technology-applications>

这种两相共存的纳米复合材料在室温下具有较强的非线性光学性能和低导热系数，意味着可作为电子设备中的隔热材料。对纳米复合材料进行快速高温技术（即火花等离子体烧结）处理时，完全相变为具有改善晶体质量的二维 h-BN，其中三维 c-BN 可能控制成核和生长动力学。该研究将对基于氮化硼多晶体的纳米复合材料的相工程学产生深远影响，使其具有光电子学和热能管理应用所需的理想特性。

上述研究工作发表在 *Nano Letters*（文章标题：Phase Stability of Hexagonal/Cubic Boron Nitride Nanocomposites）。

（冯瑞华）

新型头孢唑林连续流生产工艺

目前，头孢唑林批次生产工艺较为耗时，并且需要精心控制以最大限度地减少污染风险，导致生产成本居高不下。日本东京大学研究人员开发了一种新型头孢唑林连续流生产工艺，可以在紧凑的生产设施内进行大规模生产，且不会产生巨大的设备成本¹²。

与批次生产方法不同，连续流制造不需要在多个独立生产步骤之间暂停。该团队使用两个串联的反应器，用现成的商业原料生产头孢唑林。原料和试剂被泵送到第一个类似卷曲薄金属管的反应器中，然后被送入第二个反应器混入另一种原料，最后完成高纯度头孢唑林合成。该团队面临的挑战是优化反应器内的温度、转移速度和试剂混合比等生产环境，以获得高纯度产品。实验结果显示，这种方法明显优于传统的批次生产工艺，甚至可以进一步优化。

上述研究工作发表在 *Bulletin of the Chemical Society of Japan*（文章标题：A Practical and Convenient Synthesis of the Essential Antibiotic Drug Cefazolin under Sequential One-Flow Conditions）。

（黄 健）

¹² Go with the flow: Continuous-flow manufacturing of essential antibiotic cefazolin enables more flexible production while reducing cost and waste. https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/en/press/z0508_00303.html

利用微交联法创制高弹性铁电材料

可穿戴设备、柔弹性电子和智能感知等的快速发展，对材料提出了越来越高的要求，需要在复杂形变下依旧保持稳定的性能。根据导电性，电子器件中所使用的材料可分为导体、半导体和绝缘材料。其中，导体和半导体目前已实现弹性化；而铁电材料作为绝缘材料中性能最丰富的功能材料之一，尚未实现弹性化，这极大限制了其在柔弹性电子等领域的应用。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所胡本林研究员、李润伟研究员率领的研究团队开辟了全新的学科方向——弹性铁电材料，并提出了一种铁电材料的本征弹性化方法，即采用微交联法使铁电聚合物从线性结构转变为网络状结构，通过精准调控交联密度在实现弹性化的同时，降低结构改变对材料结晶性能的影响，开创性地同时将弹性与铁电性赋予同一材料¹³。

研究人员利用聚(偏氟乙烯-三氟乙烯)(P(VDF-TrFE), 55/45 mol%)作为反应基体材料，带有软而长链的聚氧化乙烯二胺(PEG-diamine)作为交联剂材料，使用 1%-2%的低交联密度赋予线性铁电聚合材料弹性的同时保持较高的结晶度。研究表明，交联后的铁电薄膜结晶相以 β 相为主，结晶均匀分散在聚合物交联网络中。在受力时，网络状结构能够均匀地将外力分散，并且更多地承受应力，避免结晶区受到破坏。实验显示，交联后铁电薄膜在 70%的应变下依旧具有较好的铁电响应，剩余极化约 $4.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ，并在拉伸过程中能够保持稳定，且具有较好的耐机械和铁电翻转疲劳性，大大提高了可靠性和使用寿命，拓展了使用范围。

上述研究工作发表在 *Science* (文章标题: Intrinsically elastic polymer ferroelectric by precise slight crosslinking)。

(宁波材料所)

¹³ Science|宁波材料所以“微交联法”创制高弹性铁电材料.
https://www.nimte.ac.cn/news/news/202307/t20230719_6812595.html

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)