

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2024 第 21 期
(总第 451 期)

本期要目

- 美 NIST 发布《美国制造业经济 2024 年度报告》
- 通过研究与创新增强欧洲竞争力
- 韩发布《机器人技术国际标准战略》
- 美推动基于人工智能的新型可持续半导体材料开发
- 美 DOE 投资 1800 万美元开发高性能隔热玻璃
- 美 DOC 开放资助竞赛以促进半导体先进封装技术发展
- 英建立国家量子计算中心助力能源、医疗、AI 突破

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

专 题

美 NIST 发布《美国制造业经济 2024 年度报告》 1

战略规划

通过研究与创新增强欧洲竞争力 4

韩发布《机器人技术国际标准战略》 5

项目资助

美推动基于人工智能的新型可持续半导体材料开发 6

美 DOE 投资 1800 万美元开发高性能隔热玻璃 7

美 DOC 开放资助竞赛以促进半导体先进封装技术发展 8

美 DOE 关注产品及材料循环 10

美 DOE 推动化学与材料量子模拟创新 12

英建立国家量子计算中心助力能源、医疗、AI 突破 12

美 DOC 投资 9300 万美元加强 InP PIC 制造和封装能力 14

美 DOC 投资 3.25 亿美元加强美国多晶硅制造 14

研究进展

利用生物技术回收碳纤维增强复合材料 15

机器学习结合显微成像技术识别材料缺陷 16

量子模拟器助力高性能电子材料的发现 17

美 NIST 发布《美国制造业经济 2024 年度报告》

10 月，美国标准与技术研究院（NIST）发布《美国制造业经济 2024 年度报告》（*Annual Report on the U.S. Manufacturing Economy: 2024*），围绕美国工业与其他国家对比、美国工业发展趋势、美国与其他国家工业趋势对比等三个方面分析了美国制造业经济。报告认为，美国仍然是一个举足轻重的制造业国家，但是其他国家正在迅速崛起。尽管美国制造业在许多方面表现良好，但其竞争力仍有望进一步增强。这将需要战略性地配置资源，以确保美国对制造业的投资获得尽可能高的回报¹。

制造业规模方面，根据联合国统计机构数据，2022 年全球制造业增加值为 15.0 万亿美元（以 2015 年不变美元计），占有所有行业增加值（86.1 万亿美元）的 17.5%。美国制造业增加值为 2.6 万亿美元（占比 15.1%），而中国为 5.1 万亿美元（占比 31.0%）。在十大制造业国家中，美国人均制造业增加值位居第二（图 1）。在 2020 年，中国在 11 个子行业中有 9 个超过了美国（图 2）。

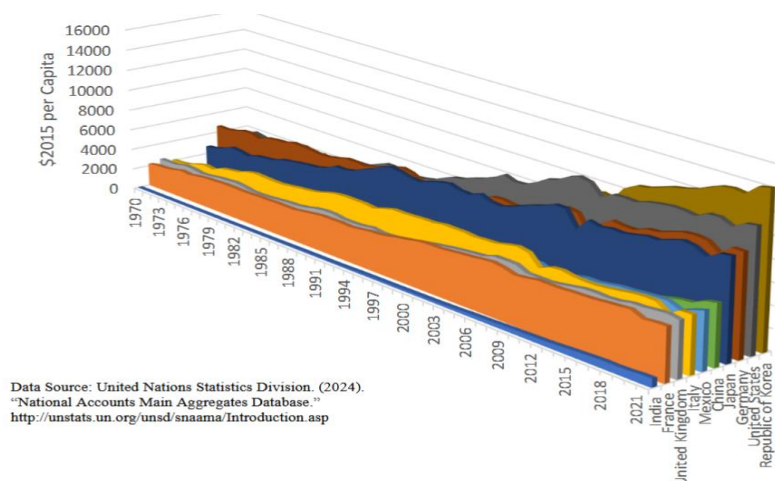


图 1 十大制造业国家人均制造业增加值排名

¹ Annual Report on the U.S. Manufacturing Economy: 2024.
<https://www.nist.gov/publications/annual-report-us-manufacturing-economy-2024>

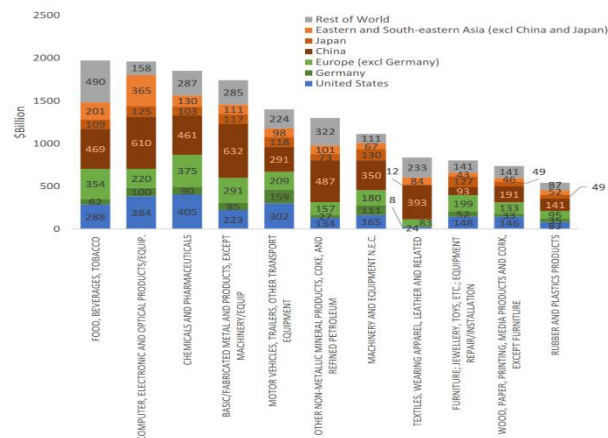


图2 主要国家/地区制造业细分子行业增加值情况图

制造业增长情况方面，1997 年至 2022 年期间，美国的实际（扣除通货膨胀）年均复合增长率为 1.7%，高于德国（1.6%）、法国（1.0%）、日本（0.9%）等国（图 3）。2017 年至 2022 年期间，美国复合年增长率为 1.5%，高于加拿大和德国等国。

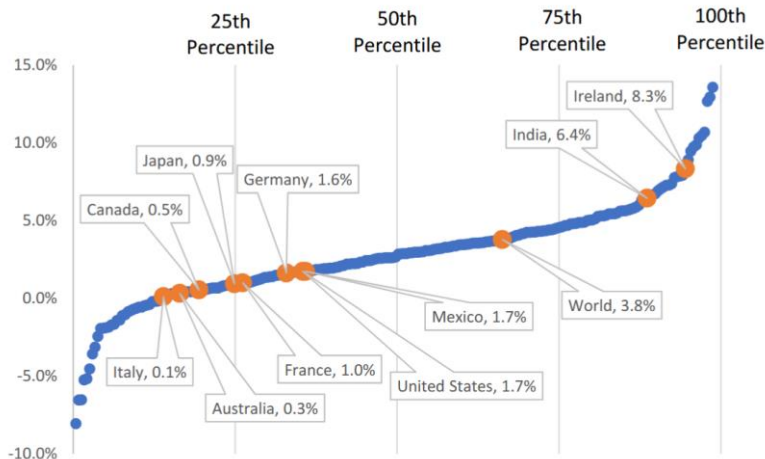


图3 1997 年至 2022 年各国制造业增加值增速排行

生产率方面，美国 2021 年至 2022 年总要素生产率下降了 1.3%，五年复合年增长率为 0.1%（图 4）。近年来，包括美国在内的多个国家的生产力增长呈现负增长或停滞不前。需要注意的是，生产力很难衡量，更难以在各国之间进行比较。此外，尚无切确证据能够解释生产力停滞不前的原因。

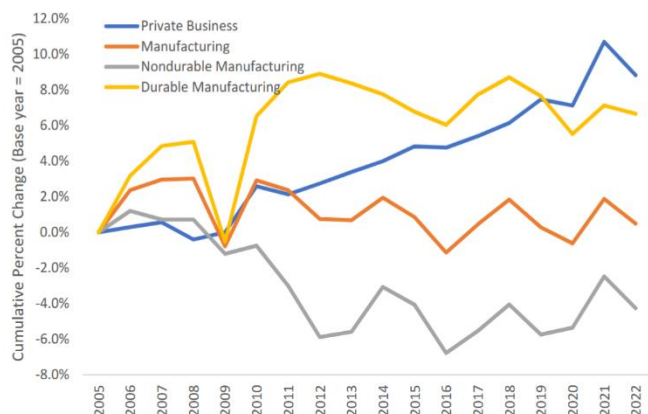


图 4 2005-2022 美国生产率变化情况

经济环境方面，美国在不同衡量标准中的排名结果参差不齐。例如，美国每百万人的专利申请量排名第 4，但研究人员人均排名第 18，期刊文章发表量人均排名第 24。在衡量商业竞争力的“IMD 世界竞争力指数”排名中，美国商业竞争力排在第 12 位；而在衡量生产力竞争力的世界经济论坛排名中，美国排在第 5 位。

生产商品类型方面，美国最大的制造业子行业是化学制造，其次是食品、饮料和烟草产品，随后是计算机和电子产品。离散技术产品占美国制造业的 39%。

离散制造业供应链成本方面，根据 NAICS 代码，最大的供应链项目包括批发贸易、初级金属、金属制品、公司和企业管理以及化学产品。流程制造业供应链成本方面，最大的项目是石油和天然气开采、批发贸易、公司和企业管理，以及各种专业、科学和技术服务。

制造业薪酬方面，包括福利在内的制造业员工薪酬五年复合年增长率为-1.9%。近年来，制造业薪酬负增长，而私营行业的薪酬呈现正增长。制造业薪酬虽仍略高于整个私营行业，但差距已显著缩小。制造业安全方面，自 2002 年以来，伤害和伤害率总体呈下降趋势，而近年来死亡人数已趋于平稳甚至略有增加。制造业利润方面，制造业企业利润五年复合年增长率为 11.1%，非农业业主制造业收入五年复合年增长率为 14.9%。

（黄 健）

战略规划

通过研究与创新增强欧洲竞争力

10月，欧洲创新与技术研究院制造业社区（EIT Manufacturing）、欧洲未来工厂研究协会和未来制造技术平台（ManuFuture）共同签署了一份联合文件，强调了研发与创新投资在推动数字化转型、人工智能和可持续生产等领域中的重要性，这将对提升欧洲制造业的长期竞争力、可持续性和技术自主性等起到关键作用²。该文件强调了以下四个对欧洲制造业格局具有巨大潜在影响的研发与创新领域。

（1）数字化转型与工业 4.0

强调采用先进的数字技术，如 AI、机器人和物联网等，提高生产力、灵活性和制造过程创新。

（2）可持续制造

优先考虑发展环保实践、减少浪费和推广循环经济原则等方面的研发与创新，推动行业与欧洲可持续发展目标保持一致。

（3）劳动力培养

帮助劳动者接触新技术，提高劳动技能以满足未来需求，确保欧洲的劳动力队伍为即将到来的行业变革做好准备。

（4）供应链韧性

加强供应链物流和材料采购的研发与创新，以加强欧洲的供应链，使其对外部干扰的应对和抵抗力更强。

为了使研发与创新计划顺利开展，联合文件还强调了行业领导者、学术机构和政府之间的合作。通过协调工作和战略性地调整资源，各利益相关方能够开展资金充足、高效且及时的研发与创新活动，以应对制造业中的新机遇和挑战。

（尹 伟）

² Strengthening Europe's manufacturing competitiveness through research & innovation.
<https://www.eitmanufacturing.eu/news-events/news/strengthening-europes-manufacturing-competitiveness-through-research-innovation/>

韩发布《机器人技术国际标准战略》

10月25日，韩国产业通商资源部（MOTIE）下属的韩国技术与标准署（KATS）发布了《韩国机器人技术国际标准战略》，以支持韩国机器人产业在全球范围内维持领先优势³。

根据韩国今年5月公布的先进产业国家标准战略，韩国政府组织机器人产学研专家参与国际机器人标准化论坛，进而研究制定了《韩国机器人技术国际标准战略》。战略认为，随着基于人工智能（AI）和5G的数字化转型加速，对机器人的需求范围正在从工业用途扩展到物流、家务、配送和护理服务等更广泛的领域。围绕这一趋势，战略提出了到2028年需要推动的21项韩国标准立法和16项关键国际标准提案计划，这些提案涉及可穿戴、康复和家庭服务机器人。

该战略还包含了一项关于残疾人康复机器人使用者安全预防措施的国际标准提案，这是韩国机器人产业协会（KARI）和北美康复工程和辅助技术协会（RESNA）正在进行的联合研究项目。这两家协会已签署谅解备忘录，共同开发、利用和共享更多机器人国际标准。

（黄 健）

³ Korea announces International Standards Strategy on Convergence Robot Technology.
<https://english.motie.go.kr/eng/article/EATCLdfa319ada/2092/view?pageIndex=1&bbsCdN=2>

项目资助

美推动基于人工智能的新型可持续半导体材料开发

美国商务部拟启动基于人工智能的自主实验(AI/AE)产学研合作项目公开竞赛，利用人工智能技术协助开发可持续半导体材料和工艺，满足半导体行业的技术、经济和可持续目标⁴。

研究目标包括但不限于提升前沿半导体产品性能，提高制造产量、能源和水资源效率以及供应链的韧性，减少全氟和多氟烷基物质等废弃物的制造与排放以保护人类健康和安全等。美国政府将在未来五年总共投资约1亿美元资金，以支持至少两个大型、团队导向的奖项。联邦资助将用于采购、升级或维护必要的研究设备，社会范围内降低此类设备的使用门槛，基础和应用研发，劳动力发展，技术转移等。参与竞赛的新型可持续半导体材料和工艺提案应满足行业需求，且能在五年内提供成套技术供半导体行业测试。

AI/AE 是加速材料研究与开发的变革性方法。研发人员可以利用 AI/AE 更加高效地分析和处理大量的实验数据，从而更快地发现新型半导体材料的性能和特点。同时，人工智能还可以帮助研发人员优化实验设计，加速实验进程，并减少不必要的资源浪费。AI/AE 项目将在多个地点启用联合研究，促进型大学、新兴研究机构、行业和国家实验室之间的合作，充分发挥各方的优势和资源，共同推动半导体材料创新。

(黄 健)

⁴ Notice of Funding Opportunity: CARISSMA.
<https://www.nist.gov/chips/notice-funding-opportunity-carissma>

美 DOE 投资 1800 万美元开发高性能隔热玻璃

美国每年有 38% 的能源用于空间供暖和制冷，其中约 35% 的能量经由建筑围护结构（例如窗户、墙壁、门、阁楼和空气泄漏）发生流失。为了提高建筑物能效、降低能源浪费，10 月 29 日，美国能源部（DOE）先进能源研究计划署（ARPA-E）宣布将投资 1800 万美元启动高性能隔热玻璃项目（Galvanizing Leaps in Advanced Super INsulating Glass, GLASING），支持高性能隔热玻璃单元（IGUs）的研究开发，降低公用事业成本和二氧化碳排放⁵。

关注的技术领域包括但不限于以下方面：①基于新型边缘密封材料和工艺，利用创新方法创建或放置间隔条，并高效建立所需的真空，以快速制造真空隔热玻璃（VIGs）；②在保持可接受透明度和雾度水平的同时，大幅缩短制造所需厚度气凝胶的时间。该隔热玻璃的热性能将比广泛使用的双层隔热玻璃高出三倍以上，同时在成本和光学性能上具有竞争力。GLASING 技术的应用将包括新建和改造的单层和双层悬窗、凸窗、平开窗、遮阳窗、天窗等。

GLASING 项目将支持组建跨学科团队，整合相关领域的专业知识，如材料、仿真、热分析、制造、工业工程、技术经济分析、可靠性、化学等领域，以克服技术障碍。团队开发的技术设计和流程成果将交由工业设备设计师评估，以确保商业化的可行性。热性能、光学性能和耐久性测试将由第三方认证机构执行。

（黄 健）

⁵ U.S. Department of Energy Announces \$18 Million to Reduce Buildings' Energy Waste.
<https://arpa-e.energy.gov/news-and-media/press-releases/us-department-energy-announces-18-million-reduce-buildings-energy>

美 DOC 开放资助竞赛以促进半导体先进封装技术发展

10 月 18 日，美国商务部（DOC）发布“国家先进封装制造计划”（NAPMP）资助机会通知^{6,7}，旨在支持美国半导体行业发展先进封装流程。每个奖项从 1000 万美元到 1.5 亿美元不等，将在五年内颁发，总资助额度最高将达到 16 亿美元。其中，约 5000 万美元将被保留以支持获奖者后续的原型制作。该资助机会涵盖了以下五个研发领域：

（1）设备、工具、工艺和技术集成

该领域计划投入 4.5 亿美元，旨在研发先进的芯片封装工艺、组装方法和相关设备，以及端到端封装流程。主要涉及五个针对封装流程关键工艺集群：芯片分割、芯片到基板的组装与键合、三维异构集成（3DHI）、集成芯片处理、抛光等。

（2）电力输送和热管理

该领域计划投入 2.5 亿美元，旨在解决先进封装中的电源分配、电源效率和热管理问题，以支持持续改进半导体系统的速度和效率，提升电子设备的性能。主要涉及四个方向：优化电力传输网络，开发高效的电压调节器，支持动态电源管理；开发新型热管理解决方案，以降低热点温度，并确保 3DHI 多层堆叠的可靠性；创建高保真度的热和电力模型，利用人工智能和机器学习（AI/ML）加速设计和评估；将电力和热管理进行集成，以实现最大性能，提高整体可靠性。

（3）连接器技术

该领域计划投入 2.5 亿美元，旨在推动连接器技术的发展，包括光子学和射频（RF）技术，以实现高性能计算和低功耗电子设备中数据传输的高数据率、低延迟、小尺寸、无误差和能效。该领域的主要目标包括：开发短程、有线连接，以实现相邻封装之间的高速连接（每通道约

⁶ Biden-Harris Administration Opens Funding Competition for Up to \$1.6 Billion to Accelerate U.S. Semiconductor Advanced Packaging Technologies.

<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/10/biden-harris-administration-opens-funding-competition-16-billion>

⁷ National Advanced Packaging Manufacturing Program (NAPMP) Advanced Packaging Research and Development (R&D) 2025-NIST-CHIPS-NAPMP-01.

<https://www.nist.gov/system/files/documents/2024/10/18/CHIPS%20NAPMP%20NOFO%202.pdf>

10 Gb/s 的数据速率)；开发中程、有线或无线连接器，以实现局部晶圆级系统之间的高速数据传输（在 1 米范围内实现超过 100 Tb/s 的双向数据速率）；开发长程连接器，以实现晶圆级系统之间的高速数据传输（使用光纤实现超过 100 Tb/s 的双向数据速率），范围可达 1 公里。

（4）芯片生态系统

该领域计划投入高达 3 亿美元，旨在开发新的芯片生态系统，并利用先进封装的关键属性，以提高性能、实现模块化组合，并加快灵活、成本效益高的设计和开发。该领域聚焦于以下几个目标：开发更简单、更便宜的高并行芯片间接口，从而缩小规模；开发规模扩展技术，利用缩小规模和超大型封装，创建由数百到数千个芯片组成的高性能系统；开发模块化设计的新型概念，以成本效益高的方式构建和操作可适应的系统；将上述成果整合到一个系统中，并展示其适用性和实用性。

（5）联合设计/电子设计自动化（EDA）

该领域计划投入高达 2.5 亿美元，旨在开发先进的电子设计自动化（EDA）工具，以支持基于芯片系统的端到端设计，这些工具能够处理数百甚至更多芯片的系统，可能涉及不同的尺寸，并在先进封装设计中实现。该领域主要集中于以下几个目标：开发一个全面的商业质量设计平台，能够设计和共同优化缩小规模和扩展规模的系统；开发一个安全平台，用于全生命周期的安全设计，包括威胁模型识别以及选择、实施、验证和维护安全；开发一个集成的弹性平台，适合于先进封装设计；开发用于验证、集成和托管共同设计和 EDA 研发成果的平台。

（董金鑫）

美 DOE 关注产品及材料循环

10 月，美国能源部（DOE）能源效率与可再生能源办公室（EERE）发布《安全和可持续产品及材料循环：战略框架草案》（*Circularity for Secure and Sustainable Products and Materials: A Draft Strategic Framework*），并征求公众意见。该草案指出，提高产品及材料的循环性，可为脱碳做出贡献，创造就业机会，并使美国产品在全球更具竞争力。草案确定了产品及材料在使用寿命结束（end-of-use, EOU）或寿命终结（end-of-life, EOL）后，重新进入经济中的相关挑战和潜在解决方案⁸。

一、产品及材料循环推进实现相关使命

通过创建循环供应链推进产品和材料循环性，能够帮助美国抓住更加循环的经济所提供的战略机遇，并对脱碳、社区利益、美国供应安全和就业创造产生积极影响（图 1）。

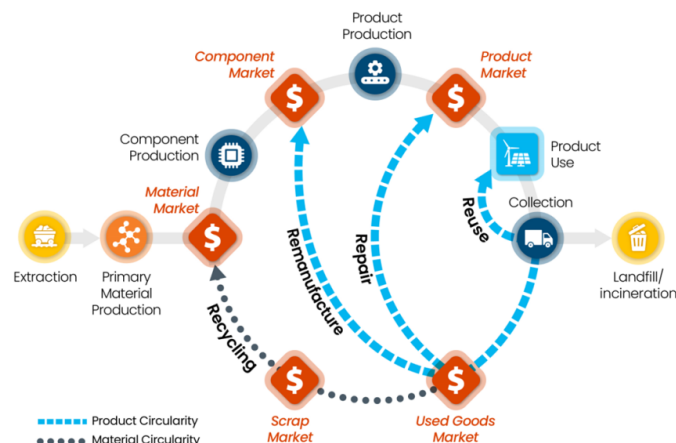


图 1 EERE 战略机遇图示

产品及材料循环是实现 EERE 使命的战略机遇，可以：

- 使美国制造产品的环境生命周期影响最小化；
- 减少材料开采和加工对当地社区的负担；
- 提升供应链的安全性和韧性；
- 强化美国本土制造业，创造就业机会；
- 引领全生命周期处理技术的发展及商业化。

⁸ DoE Solicits Feedback on Plan to Increase Products & Materials Circularity.
<https://remadeinstitute.org/news/doe-solicits-feedback-on-plan-to-increase-products-materials-circularity/>

二、当前聚焦领域

主要包括：

- （1）清洁能源技术所需的材料，如关键材料和复合材料。
- （2）能源需求较高和排放足迹较大的材料，如钢铁和铝、建筑材料、塑料等。
- （3）通过再利用、维修、翻新和/或重新设计，可显著减少全经济范围内能源和碳排放的产品，包括建筑、电池、风力涡轮机叶片及机舱、太阳能电池板、汽车部件、电解槽和燃料电池。
- （4）加速技术部署和指导可行决策的跨领域促进因素，如促进创新生态系统、设施共享、分析研判（包括模型和数据）的联盟。

三、推进产品和材料循环性的后续工作

该草案提出一个由三步法组成的框架，用于确定研发资源投入的优先级，从而推动实际影响。该三步法包括：①评估提高循环性的潜在影响，以确定优先级产品或材料；②确定转型路径和推广可能面临的障碍；③考虑推广和规模化的时间表。

未来，EERE 工作将包括开发解锁产品及材料循环性的技术，以及支持技术援助、数据和工具开发，以支撑决策。技术进步和分析将集中在降低成本、加快循环供应链开发速度，并提供最大效益的交叉领域，如：①开发更快速、成本效益更高的产品、组件和材料识别/分类/分离技术，使经济上可行的循环供应链成为可能；②增加关键材料的回收和再利用，实现清洁能源技术的快速推广；③解锁循环设计，包括使产品及材料循环成为可能的设计和材料方法，并利用数字工具和方法进行系统监控、评估和跟踪。

政策和商业模式创新对于将技术转型到市场以实现全国规模影响至关重要。为此，EERE 将继续积极协调与 DOE、联邦政府和外部利益相关方的沟通交流。

（张顺顺）

美 DOE 推动化学与材料量子模拟创新

10月24日，美国能源部先进能源研究计划署（ARPA-E）宣布启动“用于计算化学的量子计算”（Quantum Computing for Computational Chemistry, QC³）项目，出资3000万美元资助化学和材料研究新方法，旨在开发新的量子算法，变革能源研究的各个领域，如设计新型和可持续的工业催化剂、发现能提高输电效率的新型超导体、开发先进的电池化学材料等⁹。

化学和材料的计算机模拟推动了能源研发工作，然而经典计算在模拟复杂性方面存在局限。QC³侧重在经典方法不足的关键能源研究领域开发和应用量子算法，包括开发量子化学算法，将其转化为量子电路或模拟程序，并根据经典基准和实验进行严格验证。QC³的目标是在一台拥有约100个逻辑量子比特的量子计算机上验证这些算法，以展示其在能源应用领域的可扩展性以及相较于经典计算的实际优势¹⁰。

（蒿巧利）

英建立国家量子计算中心助力能源、医疗、AI突破

10月25日，英国正式启动建设国家量子计算中心（NQCC），旨在为设计、建造、运行和托管各种量子计算机提供必要的基础设施和环境，同时展示、演示和评估量子计算机原型也即测试平台的能力，确定并克服阻碍开发可扩展量子处理器的关键挑战，以运行复杂的计算任务¹¹。

新中心将开发和部署12台量子计算机，其中8台由公司主导，4台由科学家主导，为工业界、学术界和其他部门提供开放访问，利用量子计算解决影响个人和行业的现实问题。该中心将重点关注以下关键领域，

⁹ U.S. Department of Energy Announces \$30 Million to Use Quantum Computing for Groundbreaking Chemistry and Materials Science Simulations.
<https://arpa-e.energy.gov/news-and-media/press-releases/us-department-energy-announces-30-million-use-quantum-computing>

¹⁰ Quantum Computing for Computational Chemistry.

<https://arpa-e.energy.gov/technologies/programs/qc3>

¹¹ Science minister opens National Quantum Computing Centre.

<https://www.ukri.org/news/science-minister-opens-national-quantum-computing-centre/>

包括¹²：

（1）优化能源网络

量子计算机可以实时分析大量数据，找出平衡能源供需的最有效方法，防止停电并最大限度地减少能源损失。

（2）加速药物发现

通过加快分子结构分析，量子计算可以大大加快新药的研发速度，尽快为重大疾病提供有效治疗方法。

（3）提高气候预测准确性

量子技术能够处理大量数据，因此可以加强气候建模，进行更准确的预测，更好地应对全球环境挑战。

（4）推动人工智能进步

量子计算可以为人工智能提供超级动力，增强医疗诊断和欺诈检测等领域的能力，带来更好的医疗效果和更安全的金融系统。

迄今为止，英国科研与创新署（UKRI）已通过初始资金和技术任务基金等方式向 NQCC 投入 1.43 亿英镑。NQCC 将通过支持量子硬件、软件和应用的开发，在建立英国量子生态系统方面发挥核心作用。该中心还将提供一系列学习机会，包括全球首个专门的量子学徒计划、博士生奖学金、暑期实习以及为工业界人士提供的速成课程。

【快报延伸】

今年 7 月，英 UKRI 已投资 1.06 亿英镑建设五个量子技术中心，包括英国量子生物医学传感研究中心，英国传感、成像和计时量子技术中心，集成式量子网络量子技术中心，基于集成和互联的量子计算中心，英国量子定位、导航和授时中心¹³。

（蒿巧利）

¹² New national quantum laboratory to open up access to quantum computing, unleashing a revolution in AI, energy, healthcare and more.

<https://www.gov.uk/government/news/new-national-quantum-laboratory-to-open-up-access-to-quantum-computing-unleashing-a-revolution-in-ai-energy-healthcare-and-more>

¹³ Five hubs launched to ensure the UK benefits from quantum future.

<https://www.ukri.org/news/five-hubs-launched-to-ensure-the-uk-benefits-from-quantum-future/>

美 DOC 投资 9300 万美元加强 InP PIC 制造和封装能力

10 月 17 日，美国商务部（DOC）和 Infinera 公司签署了一份初步条款备忘录¹⁴，将提供高达 9300 万美元的拟议资金，支持在加利福尼亚州新建一座制造工厂，以及在宾夕法尼亚州新建一个先进测试和封装设施，提升美国在基于磷化铟的光子集成电路（indium phosphide-based photonic integrated circuits, InP PICs）方面的制造能力，加强本土供应链韧性。

计划在加利福尼亚州建造的晶圆厂将拥有超 4 万平方英尺的洁净室，预计将 Infinera 的产能提高 10 倍；而宾夕法尼亚州测试和封装设施，除将用于 InP PICs 的测试和封装外，还将设置新型光学封装技术专门研发区域，专注于 2.5D 和 3D 封装以及共封装光学技术等。

（董金鑫）

美 DOC 投资 3.25 亿美元加强美国多晶硅制造

10 月 21 日，美国商务部（DOC）和 Hemlock Semiconductor（HSC）公司签署了一份初步条款备忘录¹⁵，将提供高达 3.25 亿美元的拟议资金，支持在密歇根州 HSC 公司现有园区内建设一个新的制造设施，专门用于生产和提纯超高纯度的半导体级多晶硅，推动美国半导体制造业的复苏，并确保其技术领先地位。

该项投资将专门划拨 500 万美元，支持公司生产建设和劳动力开发。HSC 公司与 Delta 学院和 Saginaw 职业机构合作，支持和提供半导体培训和就业机会。

（董金鑫）

¹⁴ Biden-Harris Administration Announces Preliminary Terms with Infinera to Support Development of Semiconductor Technology Important for Communications and National Security.
<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/10/biden-harris-administration-announces-preliminary-terms-infinera>

¹⁵ Biden-Harris Administration Announces Preliminary Terms with Hemlock Semiconductor to Significantly Expand U.S. Production Capacity of Semiconductor-Grade Polysilicon.
<https://www.commerce.gov/news/press-releases/2024/10/biden-harris-administration-announces-preliminary-terms-hemlock>

利用生物技术回收碳纤维增强复合材料

碳纤维增强聚合物复合材料（CFRP）正日益取代汽车、航空航天和能源领域使用的传统材料，但 CFRP 面临着无法熔化或重新粘合等挑战，因此开发可保留碳纤维和聚合物基体价值的 CFRP 回收工艺至关重要。

美国南加利福尼亚大学 Travis J. Williams 团队利用生物技术开发出一种新工艺，使 CFRP 能够以保持材料完整性的方式进行回收和再循环，以应对运输和能源领域的环境挑战¹⁶。

研究人员引入了一种名为构巢曲霉（*Aspergillus nidulans*）的特殊真菌，该真菌最初是由堪萨斯大学的 Berl Oakley 实验室培养出来。研究发现，这种真菌可以将含聚苯乙烯的 CFRP 聚合物分解成苯甲酸，利用复合物基质重建材料，然后将苯甲酸作为真菌的食物来源，利用这种真菌的工程菌株生产出一种名为 OTA 的化学物质。OTA 可用于制造具有潜在医疗应用的产品，例如抗生素或抗炎药。新工艺可以保留碳纤维的大部分尺寸，从而将分离的碳纤维层制成新的复合材料，其机械性能可与原始制造基材相媲美，回收利用的碳纤维可保持其原始强度的 97% 以上。该回收工艺方法不仅展示了利用真菌对废料进行生物催化升级的潜力，而且还提出了通过将纤维和基质成分回收为高价值产品来回收复合材料的新方法。据预测，未来几十年 CFRP 废物将显著增加，该方法为可持续材料管理提供了具有前景的解决方案。

相关研究工作发表在 *J. Am. Chem. Soc.*（文章标题：Composite Recycling with Biocatalytic Thermoset Reforming）。

（冯瑞华）

¹⁶ New method successfully recycles carbon fiber composite into reusable materials.
<https://today.usc.edu/new-method-successfully-recycles-carbon-fiber-composite-into-reusable-materials/>

机器学习结合显微成像技术识别材料缺陷

透射电子显微镜（TEM）可以揭示样品的原子级、纳米级细节，包括晶体结构或因表面相互作用而产生的微小变化。机器学习技术卷积神经网络（CNN）可对时间序列数据进行建模来研究随时间发生的变化。

美国弗吉尼亚大学 Kory Burns 团队将 CNN 和 TEM 两种技术相结合，对时间序列显微照片中辐照诱导的材料缺陷进行探测和表征，评估缺陷生成速率、缺陷簇密度和缺陷饱和度，以更好地确定辐照对材料的影响¹⁷。

研究团队利用 TEM 的先进时间序列成像技术，汇编了 1000 多张图像，捕获了离子照射过程中形成的 250000 多处缺陷。这些缺陷包括氦气泡和称为“位错环”的平面缺陷。研究表明，与钯相比，铜和金等材料的缺陷表现出不同的行为。这种区别需要专门的分析模型来准确研究受到辐照的材料。研究人员解耦了以 100 毫秒为间隔发生的反应，并部署了既准确又可转移到类似实验的模型。研究人员遇到的一个主要挑战是图像“漂移”问题，即图像会因实验环境的变化而移动，从而导致潜在的不准确性。为了解决这个问题，团队建议使用去噪自动编码器等先进技术，以清理图像并提高数据可靠性。

该研究模型减少了人为错误，加快了分析速度，定量揭示了快速反应。通过研究材料内部的基本相互作用，可以设计出更好的策略来延长材料的使用寿命。

上述研究工作发表在 *APL Machine Learning*（文章标题：Deep learning-enabled probing of irradiation-induced defects in time-series micrographs）。

（冯瑞华）

¹⁷ Kory Burns Leads AI-Enhanced Breakthrough That Illuminates Materials Reactions at Nanoscale.
<https://engineering.virginia.edu/news-events/news/kory-burns-leads-ai-enhanced-breakthrough-illuminates-materials-reactions-nanoscale>

量子模拟器助力高性能电子材料的发现

量子计算机具有模拟复杂材料的潜力，能够帮助研究人员更好地理解与原子和电子相互作用产生的物理特性，助力发现或设计出更好的半导体、绝缘体或超导体，用于制造速度更快、功能更强、能效更高的电子产品。然而，材料中的一些重要组成部分，比如磁场，并不能轻易地反映在量子计算硬件上。麻省理工学院 William D. Oliver 团队开发了一种新技术，能够在超导量子处理器上生成合成电磁场，使得科学家能够更深入地探索材料的物理属性，为设计更快速、更强大、更节能的电子设备铺平道路¹⁸。

研究人员通过微波调制动态控制 16 个量子比特处理器中的量子比特相互耦合，模拟了电子在电磁场存在时如何在原子间移动。这一技术的关键是通过微波信号精确调制量子比特的能量水平，利用光子在量子比特间的跃迁行为模拟电子在磁场中的复杂跃迁。未来，这项技术可以揭示电子系统的关键特性，如导电性、极化和磁化。通过改变调制微波的幅度或频率，研究人员可以模拟不同的材料系统，而无需每次都物理制造新设备。这项作为精确研究凝聚态物理中的复杂现象（如材料从导体变为绝缘体的相变）提供了可能。

上述研究工作发表在 *Nature Physics* (文章标题: A synthetic magnetic vector potential in a 2D superconducting qubit array)。

(蒿巧利)

¹⁸ Quantum simulator could help uncover materials for high-performance electronics.
<https://news.mit.edu/2024/quantum-simulator-could-uncover-materials-high-performance-electronics-1030>

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)