

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2025 第16期
(总第470期)

本期要目

- 美 MIT 启动新型制造业计划
- 美 NSF 研究培训计划资助人工智能等领域
- 英启动 1300 万英镑核石墨创新计划
- 苹果对美投资拟增至 6000 亿美元 启动“美国制造计划”
- 欧发布塑料物质流及其环境影响报告
- 联合国报告关注利用贸易遏制塑料污染
- 可穿戴机器人为患者提供运动辅助

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

项目资助

美 MIT 启动新型制造业计划	1
美 NSF 研究培训计划资助人工智能等领域	2
英启动 1300 万英镑核石墨创新计划	3
苹果对美投资拟增至 6000 亿美元 启动“美国制造计划”	4

行业观察

欧发布塑料物质流及其环境影响报告	6
联合国报告关注利用贸易遏制塑料污染	7

研究进展

可穿戴机器人为患者提供运动辅助	11
钕氧八面体网络实现 SOFC 电池低温高效质子传导	12
AI+机器人闭环系统实现阴极材料自主开发	12
利用声波实现量子信息存储	13
太赫兹调制器实现超高调制深度	14
AI 协助开发出超强黏性水凝胶	15
自修复可形变高强度复合材料	16

美 MIT 启动新型制造业计划

5月，美国麻省理工学院（MIT）启动“新型制造业计划”（Initiative for New Manufacturing, INM），旨在通过技术创新、人才培养和规模化制造等方式，推动制造业转型¹。该计划聚焦四个核心主题：重构制造技术与系统、提升制造业生产力与人力经验、扩大新型制造业规模、重塑制造业根基。

安进、欧特克、伟创力、通用电气、参数技术公司、赛诺菲和西门子等企业作为 INM 行业联盟的创始成员，将与 MIT 的教职员工、研究人员及学生等在制造业的多个领域展开深度合作，既涵盖大规模战略倡议，也包括双方共同关注的特定研究方向。联盟成员承诺在三年内，每年向 MIT 的制造业相关活动投入至少 50 万美元，其中包括每年 27.5 万美元的 INM 会员费，这笔费用将用于支持多项重要活动，以促进行业成员的深度参与。

INM 行业合作的一大核心方向是推动人工智能与自动化技术在制造业的部署和应用，涵盖 MIT 的种子研究项目、合作案例研究以及共享战略制定等。INM 还将为企业提供参与 MIT “新型制造业研究”项目的机会，该项目聚焦特定制造行业的发展轨迹，同时探究技术、融资等跨领域主题。在劳动力培训方面，INM 计划与企业广泛合作，助力梳理行业挑战并制定整体劳动力规划，针对企业的具体需求开展合作。此外，MIT 还计划新建制造业相关实验室，并在现有共享设施中深化与行业的合作。

（吴文涛）

¹ MIT gears up to transform manufacturing.
<https://news.mit.edu/2025/mit-gears-transform-manufacturing-0813>

美 NSF 研究培训计划资助人工智能等领域

8月4日，美国国家科学基金会（NSF）宣布，将通过“NSF 研究培训计划”资助 15 个新的项目，总金额达 4500 万美元²。

这些项目聚焦于人工智能、量子技术、生物技术和转化科学等领域，致力于培养下一代 STEM（科学、技术、工程和数学）领导者。此次资助将充分利用关键和新兴技术，开发人工智能和量子劳动力，以满足区域经济需求，加强医疗保健系统，支持农村农业和经济发展，改善基础设施，培养生物工程师等。受资助项目如下表。

	承担机构	项目名称
1	阿拉巴马大学南部分校	边缘人工智能研究与培训增强的汇聚研究
2	圣地亚哥州立大学、弗吉尼亚大学	智能建筑、基础设施与建筑：通过教育、研究和尖端技术实现
3	加劳德特大学、罗切斯特理工学院	通用人工智能
4	迈阿密大学	海岸韧性汇聚研究生培训项目
5	博伊西州立大学	培养负责任的人工智能研究人员：推进人工智能与人类行为交叉领域的研究与创新
6	马萨诸塞大学阿默斯特分校	通过护士-工程师教育加强医疗创新
7	温特沃斯理工学院、波士顿大学	通过实践培训和行业合作，为生物技术与生物制造职业培养未来生物工程师
8	密西西比州立大学	智能农业能源创新网络：为可持续农村能源社区建设劳动力
9	北达科他大学	培训下一代资源管理者：利用融合技术助力水资源与土地的可持续利用
10	俄克拉荷马州立大学	加速俄克拉荷马州人工智能和量子革命的跨学科劳动力培训
11	俄克拉荷马大学	加速基础科学转化的跨学科培训项目
12	宾夕法尼亚州立大学	数据驱动、可持续性为中心的先进材料加工
13	南达科他矿业理工学院	利用人工智能和智能材料解决生物膜挑战的科学家培训
14	中田纳西州立大学	中田纳西量子信息科学与人工智能跨学科研究生研究与培训
15	得克萨斯大学奥斯汀分校	量子跨平台未来创新者高级培训

（蒿巧利）

² Innovative traineeships prepare the next generation of STEM leaders in AI, quantum, biotech and more. <https://www.nsf.gov/news/innovative-traineeships-prepare-next-generation-stem-leaders>

英启动 1300 万英镑核石墨创新计划

英国启动一项五年期、总投资 1300 万英镑的 ENLIGHT 计划，将探究先进模块化反应堆（ARM）石墨生命周期方法，旨在确保用于 ARM 的新型石墨材料的可持续自主供应，并解决现存超过 10 万吨的辐照石墨废料的回收利用问题。该计划由曼彻斯特大学牵头，联合牛津大学、普利茅斯大学和拉夫堡大学共同实施，获得了英国工程与自然科学研究理事会（EPSRC）、高等教育机构 820 万英镑的资助，以及约 500 万英镑的行业配套资金³。

ENLIGHT 计划将通过三个研究方向推进：开发可持续的辐照石墨废料回收利用技术；设计适用于极端环境的新石墨材料；建立新石墨材料在 ARM 条件下的性能评估预测体系。曼彻斯特大学作为项目主导方，将整合其先进的核材料研究设施，包括辐照材料实验室和熔盐技术实验室，为相关研究提供支持。牛津大学将在新石墨材料研发领域发挥关键作用，重点解决材料在 ARM 等极端环境中的性能优化问题。拉夫堡大学的研究团队主要负责建立计算模型，预测石墨材料在核反应堆环境下的长期表现。普利茅斯大学则重点研究多孔材料复杂特性，为石墨的回收利用提供科学依据。

ENLIGHT 计划将为英国 2050 年实现 24 GW 新核电的战略目标提供关键技术支撑，同时有望将未来核废料处理成本降低 20 亿英镑。在当前全球加速能源转型的背景下，该计划代表核能技术向更可持续方向发展迈出重要一步。项目预计将培养一批核石墨研究领域的专业人才，为英国在核能技术创新方面的进步奠定基础。如果计划顺利实施，不仅能够显著降低英国的能源安全风险，还可能开创核能废弃物资源化利用的新模式，为世界核能发展提供示范。

（胡松涛）

³ New £13m nuclear programme to boost UK energy security through sustainable graphite innovation.
<https://www.manchester.ac.uk/about/news/new-13m-nuclear-programme-to-boost-uk-energy-security-through-sustainable-graphite-innovation/>

苹果对美投资拟增至 6000 亿美元 启动“美国制造计划”

8 月 13 日，苹果公司宣布新增 1000 亿美元对美投资承诺，此举标志着其在美投资加速升级，未来四年总投资将达 6000 亿美元。本次公告包含全新的“美国制造计划”（American Manufacturing Program, AMP），致力于将更多苹果供应链和高精尖制造技术迁回美国⁴。

一、苹果“美国制造计划”

苹果首批 AMP 合作伙伴包括康宁、相干公司、环球晶圆美国公司、应用材料公司、德州仪器、三星、格罗方德、安靠与博通公司。这是对苹果 7 月承诺从 MP Materials 采购美国造稀土磁体计划的进一步拓展。

AMP 将资助苹果与康宁的重大扩产项目，将全球规模最大、技术最先进的智能手机玻璃生产线引入肯塔基州哈罗兹堡工厂。此次扩产意味着，不久后全球销售的每部 iPhone 和 Apple Watch 都将搭载产自肯塔基的盖板玻璃，两家公司还将共同设立苹果-康宁创新中心。苹果还与相干公司达成了新的多年期协议，相干公司生产的垂直腔面发射激光器（VCSEL）为全球 iPhone 和 iPad 的多项功能（包括 Face ID）提供支持。此外，苹果已于 7 月承诺，采购由美国唯一实现全产业链整合的稀土生产商 MP Materials 开发的美国造稀土磁体，并大幅扩建其位于得克萨斯州沃斯堡的旗舰工厂 Independence，两家公司还将在加州芒廷帕斯建立尖端稀土回收生产线⁵。

二、苹果构建端到端美国芯片供应链

通过上述新合作，苹果正引领构建美国端到端芯片供应链，覆盖芯片生产的各个环节。这条美国芯片供应链预计将在 2025 年为苹果产品生产超过 190 亿枚芯片，其中包括亚利桑那州台积电工厂生产的数千万枚芯片。

苹果正与环球晶圆美国公司合作，首次在美国本土半导体工厂生产

⁴ Apple increases U.S. commitment to \$600 billion, announces American Manufacturing Program. <https://www.apple.com/newsroom/2025/08/apple-increases-us-commitment-to-600-billion-usd-announces-ambitious-program/>

⁵ 具体内容可参见 2025 年第 15 期《先进制造与新材料动态监测快报》。

先进晶圆。台积电工厂和德州仪器等美国芯片制造厂将采用环球晶圆美国公司的 300 mm 晶圆，为销往美国及全球的 iPhone 和 iPad 设备生产芯片。苹果还与应用材料公司合作提升美国半导体制造设备产量，应用材料公司的奥斯汀工厂是制造尖端芯片设备的关键枢纽。

在将晶圆加工成芯片方面，苹果与德州仪器达成新的合作协议，支持其在犹他州利哈伊的工厂以及在得克萨斯州谢尔曼新建的工厂增加设备安装。这些工厂采用德州仪器的工艺技术，使用来自应用材料奥斯汀工厂的美国制造芯片设备，以及环球晶圆美国公司的先进硅晶圆，生产用于苹果产品的关键基础半导体。苹果还与三星在其得克萨斯州奥斯汀的工厂合作，推出一项在全球尚未应用的创新芯片制造技术，生产功耗及性能优化的芯片。格罗方德与苹果也达成相关协议，将重点研发制造尖端无线技术和先进电源管理芯片，为苹果设备带来更长续航和更强连接性。

在封装方面，苹果正投资位于亚利桑那州新建的先进芯片封装测试工厂，并成为其首家也是最大的客户。该工厂将对附近台积电工厂生产的苹果硅芯片进行封装测试，生产的芯片将用于全球销售的 iPhone 设备。

苹果还与博通、格罗方德合作，在美国开发生产更多蜂窝网络半导体组件，这些组件对苹果产品的 5G 通信至关重要。

三、苹果在全美新建与扩建设施

今年初，休斯顿的先进苹果服务器生产工厂启动建设，并于 7 月生产出首台测试设备并计划于 2026 年量产。苹果还在全美多个州扩充数据中心容量，其奥斯汀第二个园区也在持续建设中，目前园区在建的三座设施将包含为苹果硬件工程、硬件技术和软件工程团队打造的大型全新研发实验室。

(郭文娟)

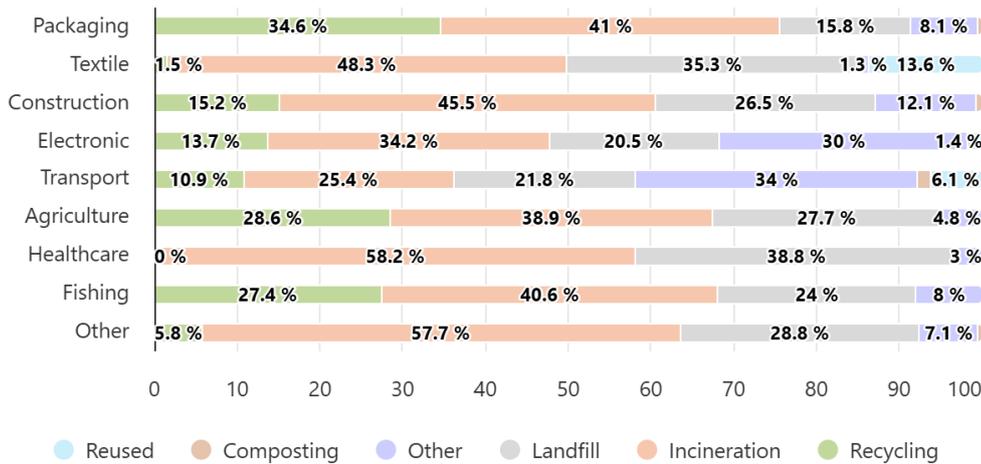
欧发布塑料物质流及其环境影响报告

7月30日，欧盟联合研究中心（JRC）发布《欧盟27国塑料物质流及其环境影响》（*Plastics materials flows in the EU-27 and their environmental impacts*）报告，通过物质流分析（Material Flow Analysis, MFA）模型分析了2022年欧盟27国的塑料价值链，覆盖从生产到报废和回收的全生命周期环节，涵盖9个行业和15种聚合物⁶。

2022年，欧盟27国塑料消费量为6280万吨，平均每人140公斤，其中5790万吨是欧洲本土生产，生物基塑料仅满足1.1%的需求。在本土生产塑料中，物质流分析显示包装行业是最大的消费端，占比37.9%，建筑行业占22.3%，汽车行业占8.1%。另外，纺织行业原料进口占欧盟塑料总进口量的32.4%。

欧盟在2022年产生了4250万吨塑料垃圾，尽管约3660万吨（86%）的废弃物被焚烧或填埋妥善收集，但仍有660万吨塑料在价值链中流失或管理不当。自1996年以来，欧盟的回收能力增加了五倍，但欧盟27国平均废弃回收率仅为19.6%，主要依赖机械回收。2022年，欧盟塑料价值链全生命周期的碳排放量超2.52亿吨，其中包装行业的影响约占气候变化总影响的29%。

⁶ Can the plastics sector become more sustainable?
https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/can-plastics-sector-become-more-sustainable-2025-08-11_en



各行业塑料废弃物的处理方式占比 (%)

2018 年至 2022 年间，受油价波动或全球产能过剩等多因素影响，欧盟塑料产量呈下降态势。展望未来，加速从原生化石原料向塑料废弃物、生物质等替代来源转型，将是促进回收利用和减少环境影响的有效途径。生物基塑料的总体使用量仍然非常低，但在塑料应用最广泛的包装领域，其使用正逐渐普及。采用更环保的材料将有助于减少与化石基塑料生产相关的排放。同时，优化塑料垃圾的收集与分类体系，能最大限度降低塑料环境污染风险，提升回收利用率，并最终推动价值链向更循环的方向发展。

(冯瑞华)

联合国报告关注利用贸易遏制塑料污染

8 月，联合国贸易和发展会议 (UNCTAD) 发布《利用贸易遏制塑料污染》(*Mobilising trade to curb plastic pollution*) 报告，指出贸易在终结塑料污染中起到关键作用。塑料在推动全球各行业增长方面发挥了重要作用，但其环境、经济和社会成本却在不断攀升。如今，塑料污染已演变为一场系统性、跨国界的危机，其对废弃物管理能力有限的发展中国家造成的冲击和影响尤为突出⁷。

⁷ Global Trade Update (August 2025): Mobilising trade to curb plastic pollution. <https://unctad.org/publication/global-trade-update-august-2025-mobilising-trade-curb-plastic-pollution>

一、塑料贸易与污染现状

2023 年，全球塑料产量达到 4.36 亿吨，贸易额超过 1.1 万亿美元，占全球商品贸易总额的 5%，超 78% 的塑料制品参与国际贸易，贸易量达 3.23 亿吨。塑料虽有力驱动全球各行业增长，却让地球环境和生态付出沉重代价。人类迄今生产的塑料中有 75% 沦为废弃物，最终大多流入海洋和生态系统，造成超 1.5 万亿美元环境社会成本。塑料污染导致每年至少 1400 种野生动物受负面影响。全球 98% 的塑料来源于化石燃料，产生大量二氧化碳，且塑料废弃物常跨境流动。报告强调，这类污染正威胁粮食安全与人类健康，对应对能力薄弱的小岛屿发展中国家和沿海地区造成的冲击尤为严峻。



过去 20 年间全球塑料贸易的价值和规模

二、国际应对措施的发展

国际社会应对塑料污染问题的措施不断演变：最初聚焦于塑料对海洋生态系统的危害问题，随后逐渐意识到塑料污染具有跨境特性，且涉及贸易投入品和产品，进而对进口国的废弃物管理系统构成压力。应对塑料污染的主要国际行动包括：

1988 年，国际海事组织通过《防止船舶造成污染国际公约》附则 V，首次禁止将塑料作为与船舶排放相关的污染物。

2012 年，里约+20 峰会《我们期望的未来》宣言将海洋塑料污染视为威胁海洋健康和生物多样性的因素。

2015 年，《2030 年可持续发展议程》呼吁减少废弃物、实现可持续消费和控制海洋污染，包括塑料污染。

2019 年，《巴塞尔公约》塑料废弃物修正案将塑料废弃物纳入全球通知和审批系统。

2020 年代，联合国贸易和发展会议呼吁贸易政策支持塑料替代品，WTO 启动塑料污染对话。

2022-2025 年，根据联合国环境大会决议，成立政府间谈判委员会，谈判关于塑料污染的国际法律文书（ILBI），全面解决塑料的全生命周期问题。

三、贸易政策作为解决方案

随着全球对塑料污染与贸易相关维度的认识不断加深，贸易政策应成为控制塑料流动并减轻环境和社会影响的政策组合部分。贸易措施包括对有害塑料产品实施限制和禁止，同时推动非塑料替代品及相关服务和基础设施的贸易自由化、投资和创新。2023 年全球非塑料替代品贸易额达 4850 亿美元，发展中经济体年增长率达 5.6%。这类替代材料多源自矿物、植物或动物等天然资源，可回收利用或转化为堆肥。但关税政策加剧塑料价格优势，抑制天然替代品发展，过去 30 年间，塑料与橡胶制品的平均最惠国关税税率已从 34% 降至 7.2%，而非塑料替代品的最惠国关税平均税率高达 14.4%。这种关税差异可能阻碍替代品领域投资，抑制发展中国家创新活力，延缓全球摆脱化石基塑料的转型进程。

监管体系的碎片化严重阻碍塑料污染的有效治理。多国通过禁令、标签要求和产品标准等非关税措施限制有害塑料流通，但现行法规要求参差不齐，甚至相互矛盾，导致监管体系支离破碎，合规产品成本居高不下，中小企业和低收入出口商举步维艰，难以参与可持续贸易并从中获益。

到 2040 年终结塑料污染的全球行动正迎来新势头。联合国 8 月主导的最后一轮政府间谈判旨在制定具有法律约束力的国际文书以对抗塑料污染。该公约将在公平全面的框架下，涵盖塑料整个生命周期——生产、消费和废弃物处理。

四、政策建议

随着关于塑料污染 ILBI 谈判的推进，协调贸易、投资、金融和发展政策以应对减少塑料污染的迫切需求变得愈发关键。报告提出以下建议：

(1) 调整贸易措施：重新设计关税和非关税措施，促进非塑料替代品的市场准入和贸易竞争力。

(2) 促进监管趋同：推进塑料和非塑料产品的材料和标签要求等非关税措施的相互认可。

(3) 投资新产品和升级生产流程：扩大对污染较少的投入物和生产流程、废弃物管理和回收基础设施的投资。

(4) 促进政策协调：使贸易和投资政策与 ILBI 和其他多边框架相协调。

(5) 利用数字工具：扩大数字海关和追溯系统的使用，促进塑料条约和海关法规的遵守。

(6) 增强数据系统：加强国家和国际塑料数据系统，提高透明度和可比性。

(冯瑞华)

研究进展

可穿戴机器人为患者提供运动辅助

中风和肌萎缩侧索硬化症患者的肩部、手臂等部位存在运动障碍，对其日常生活造成了严重影响。哈佛大学 Conor J. Walsh 团队开发了一种柔软可穿戴机器人设备，不仅能为行动不便者提供运动辅助，甚至有望增强治疗效果，帮助他们重新恢复行动能力⁸。

该机器人设备包含一件装有传感器的背心，其手臂下方连接着一个气袋，通过充放气为虚弱或受损的肢体提供机械辅助。研究人员采用了一种机器学习模型，通过运动和压力传感器来感知用户试图完成的动作，进而为每位用户个性化调整辅助强度。此外，研究人员还开发了一种物理模型，能够测算运动过程中支撑手臂所需的最小压力，将其与机器学习模型结合后，机器人能基于对用户日常运动模式的学习，随时灵活调整辅助力度的大小。该机器人设备在 5 名中风患者和 4 名肌萎缩侧索硬化症患者中开展了测试，结果显示，基于运动数据训练的机器人对患者肩部动作的识别准确率可达 94%，患者的肩、肘、腕关节活动范围显著扩大，整体动作也更加精准高效。

上述研究工作发表在 *Nature Communications*（文章标题：Personalized ML-based wearable robot control improves impaired arm function）。

（吴文涛）

⁸ A Wearable Robot That Learns.
<https://seas.harvard.edu/news/2025/08/wearable-robot-learns>

钪氧八面体网络实现 SOFC 电池低温高效质子传导

固体氧化物燃料电池（SOFC）需要在 700 °C-800 °C 下运行以维持电解质质子导电效率，这一要求导致材料成本激增，并使其应用场景受限。日本九州大学 Yoshihiro Yamazaki 领导的研究团队开发出钪（Sc）掺杂 BaSnO₃ 和 BaTiO₃ 电解质材料，在低温条件下实现较高质子导电率，为氢能装置提供关键材料支撑⁹。

研究人员采用高温固相法合成 BaSnO₃/BaTiO₃ 基体后，采用机器学习模拟质子扩散机制。通过钪原子与氧配位，形成 ScO₆ 八面体网络从而构建低迁移势垒通道，同时材料本征晶格软化吸收高掺杂应力。实验数据表明：在 300 °C 条件下，BaSn_{0.3}Sc_{0.7}O_{3-δ} 的导电率达 0.01 S/cm，其 CO₂ 耐受性经 398 小时加速实验验证，表现良好且未出现相分解现象。

上述研究工作发表在 *Nature Materials*（文章标题：Mitigating proton trapping in cubic perovskite oxides via ScO₆ octahedral networks）。

（董金鑫）

AI+机器人闭环系统实现阴极材料自主开发

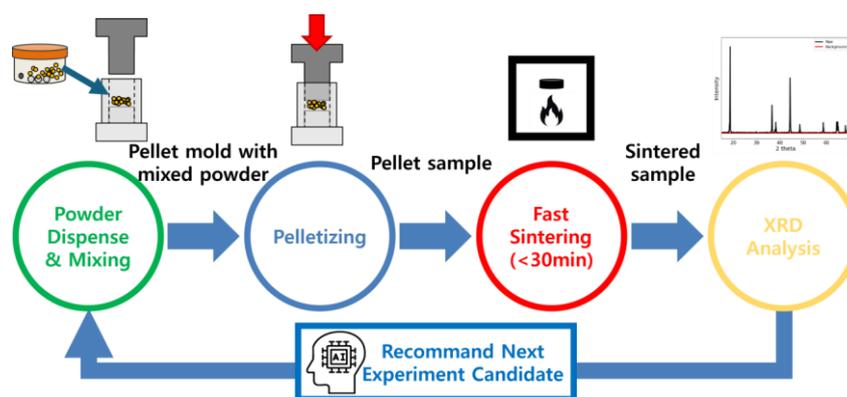
二次电池正极材料的传统制备流程主要依赖人工经验迭代，面临实验参数组合爆炸式增长、试错成本高昂等瓶颈。韩国科学技术院（KAIST）与浦项制铁集团公司（POSCO）的联合团队研发出全自动材料筛查实验室系统，通过模块机器人集群与 AI 模型协同，实现称量-烧结-解析全流程自主闭环。该技术使 500 组实验周期由 84 天压缩至 6 天¹⁰。

该系统采用分布式模块架构，由机械臂统筹多工位机械臂协同作业：高通量配混模块实现高精度称量，微波辅助闪烧模块将烧结速度提升 50 倍，原位 XRD 解析模块自动生成结构-电化学关联数据，创建高质量数据库，用于训练 AI 模型。AI 模型自动化系统推荐正极成分和合成条件，

⁹ Researchers succeed in building a low temperature hydrogen fuel cell, thanks to a scandium superhighway.
<https://www.kyushu-u.ac.jp/en/researches/view/346/>

¹⁰ Material Innovation Realized with Robotic Arms and AI, Without Human Researchers.
https://news.kaist.ac.kr/newsen/html/news/?mode=V&mng_no=50190&skey=category&sval=research&list_s_date=&list_e_date=&GotoPage=1

最终实现实验效率 12.3 倍的显著跃升。



阳极材料自主探索实验室概览

(董金鑫)

利用声波实现量子信息存储

随着量子计算技术的不断发展，如何高效地存储量子信息成为了一个关键问题。传统量子计算机基于超导电子系统，虽然在逻辑运算方面表现出色，但在信息存储方面存在局限性。为解决这一问题，美国加州理工学院 Mohammad Mirhosseini 教授领导的研究团队利用声波存储量子信息，成功将量子态的存储时间延长了 30 倍，为量子计算的发展开辟了新的道路¹¹。

研究团队采用混合方法来构建量子存储器，将一个超导量子比特集成在芯片上，并与一个微型机械振荡器相连。这个振荡器类似于一个微型音叉，能够以吉赫兹频率产生振动。当电荷施加到振荡器的柔性板上时，这些板可以与携带量子信息的电信号相互作用。通过这种方式，量子信息可以被存储在振荡器中，随后再被提取出来。研究人员发现，这种振荡器的量子态寿命比现有的超导量子比特长 30 倍。这是因为声波的传播速度远低于电磁波，使得设备更加紧凑，且机械振动不会在自由空间中传播，从而避免了能量泄漏，延长了存储时间。此外，这种设计还允许在同一芯片上集成多个振荡器，为量子存储器的可扩展性提供了

¹¹ Using Sound to Remember Quantum Information.
<https://www.caltech.edu/about/news/using-sound-to-remember-quantum-information>

可能。同时，为了使该平台真正适用于量子计算，还需要进一步提高电磁波与声波之间的相互作用速率。

上述研究工作发表在 *Nature Physics*（文章标题：A mechanical quantum memory for microwave photons）。

（蒿巧利）

太赫兹调制器实现超高调制深度

太赫兹波段介于微波和红外光之间，在机场安检、皮肤癌检测等多领域极具应用潜力。但由于其波长较短，传统光学方法和电磁操控方法难以对其进行高效操控。英国剑桥大学卡文迪许实验室 Wladislaw Michailow 领导的研究团队在太赫兹调制器领域取得重大突破，提出创新方法，显著提升调制器动态范围和响应速度。这一成果为通信、成像和传感等先进技术的发展铺平了道路，并标志着太赫兹波段实用设备开发取得重大进展¹²。

研究人员将纳米石墨烯电容嵌入超材料谐振器高电场区域间隙，采用电容调谐替代传统阻尼模式，并通过基板侧激发器件，进一步扩大光调制范围，实现对太赫兹波的高效调制。实验显示，太赫兹调制器在 1.68 太赫兹处调制深度达 45.7 分贝，2.15 太赫兹处达 40.1 分贝，且调制深度超 99.99%，调制速度达 30 兆赫兹。这种电控固态可调电容调制器，即使在石墨烯电导率低于 0.7 mS 的情况下，也能实现完全调制。该方法适用于含二维电子气的超材料调制器，性能超越了许多同类技术，并且可以通过调整设计来适配整个太赫兹波段。

上述研究工作发表在 *Light: Science & Applications*（文章标题：Achieving 100% amplitude modulation depth in the terahertz range with graphene-based tuneable capacitance metamaterials）。

（冯瑞华）

¹² Cavendish Researchers achieve ultra-high modulation depths in terahertz modulators.
<https://www.phy.cam.ac.uk/news/cavendish-researchers-achieve-ultra-high-modulation-depths-in-terahertz-modulators/>

AI 协助开发出超强黏性水凝胶

水凝胶是一种由聚合物网络和水组成的渗透性软材料，黏附水凝胶因在高精尖领域具备广阔应用前景而备受关注，然而实现快速、强效且可重复的水下黏合仍面临挑战。日本北海道大学龚剑萍教授研究团队联合深圳大学、苏州实验室、中央财经大学等开发出具有自强化、自修复、水下黏合等特性的水凝胶¹³。

研究团队创新性地提出了一种融合数据挖掘、仿生实验设计与机器学习的“三位一体”智能设计策略，成功预测并开发出水下黏附强度达到兆帕级的超黏水凝胶。该凝胶不仅能瞬间实现强黏合，还具有可重复使用特性，在从纯水到海水等不同盐度环境下均能适用于多种表面。受生物学启发，这些水凝胶的聚合物网络设计源自古菌、细菌、真核生物和病毒中发现的黏附蛋白。尽管这些生物体存在多样性，但其黏附蛋白共有的序列模式赋予了潮湿环境下的黏合能力。为获取关键序列，研究团队从美国国家生物技术信息中心（NCBI）的蛋白质数据库中收集了约 2.5 万个黏附蛋白数据集，并通过数据挖掘筛选出对水下黏合至关重要的氨基酸序列。将上述序列转化为聚合物网络，合成了 180 种具有独特聚合物网络的水凝胶。通过机器学习分析这些水凝胶的研究数据，进一步推算出最有效的聚合物序列。结果显示，仅通过数据挖掘合成的 180 种水凝胶，其黏合性能已优于文献记载的现有水凝胶；而基于机器学习优化设计的水凝胶性能则更令人惊叹，完全达到了上述“快速、强效、可重复”的高需求标准。

¹³ Getting sticky: the highest-performing underwater adhesive hydrogel polymer.
https://www.global.hokudai.ac.jp/news/23001?utm_source=miragenews&utm_medium=miragenews&utm_campaign=news



采用新型水凝胶技术黏附在海边岩石上的橡皮鸭，经受住多次潮汐与海浪冲击

上述研究工作发表在 *Nature* (文章标题: Data-Driven De Novo Design of Super-Adhesive Hydrogels)。

(郭文娟)

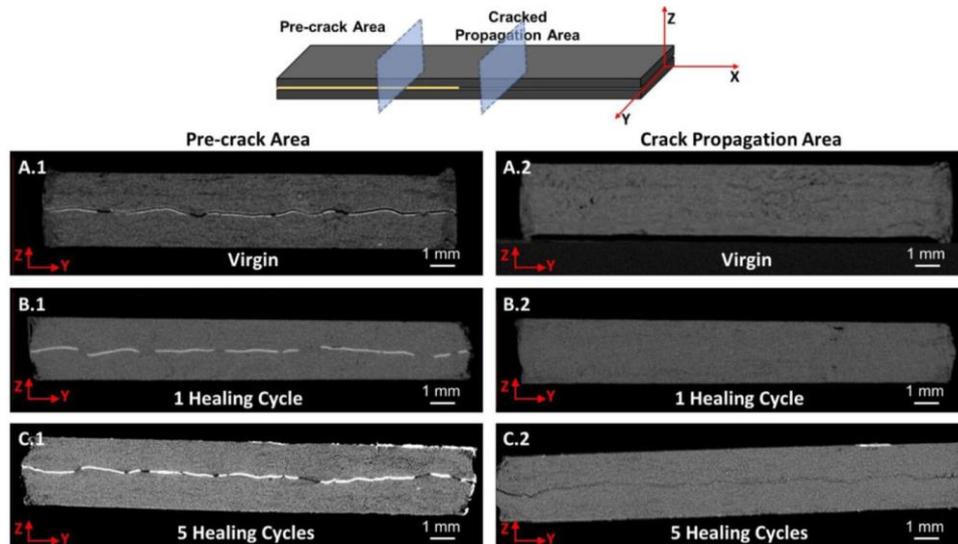
自修复可形变高强度复合材料

在航空航天和汽车工业等领域中，材料常面临极端应力、高温和机械损伤的挑战。传统复合材料一旦受损，往往需要复杂维修或直接更换，不仅成本高昂，还可能引发安全隐患，这种风险对材料强度、自修复能力等性能提出了更高的要求。

美国得克萨斯农工大学 Mohammad Naraghi 团队开发了一种名为“芳香族热固性共聚酯”(Aromatic Thermosetting Copolyester, ATSP) 的先进碳纤维塑料复合材料，并对其机械完整性、形状恢复能力和自修复性能等进行了系统研究。经碳纤维加固后，ATSP 能够在多次塑化过程中保持良好的化学稳定性。当这种材料加热至临界温度时，其内部会发生大量化学键交换，触发自修复机制，这种特性有望在飞行器损伤修复、事故车辆结构复原，以及减少工业废料等方面发挥作用¹⁴。

¹⁴ Breakthrough Smart Plastic: Self-Healing, Shape-Shifting and Stronger Than Steel.
<https://stories.tamu.edu/news/2025/08/11/breakthrough-smart-plastic-self-healing-shape-shifting-and-stronger-than-steel/>

研究团队首先对材料进行了循环蠕变测试，对样品施加反复循环的拉伸载荷，监测材料积累、存储和释放应变能的过程，以此确定了材料自修复的触发温度。在深弯折疲劳测试中，将材料加热到 160 °C 左右以触发自修复，样品稳定通过了数百次应力和加热循环验证，同时其强度在自修复过程中出现了一些提升。研究团队对 ATSP 进行了五次高强度的应力循环，并在每次应力循环后在 280 °C 环境中处理样品。X 射线成像显示，经过两个完整的损伤愈合周期后，材料的形状和强度能够完全恢复；到第五个周期时，由于机械疲劳，愈合效率降至约 80%，但材料的耐久性和化学稳定性没有受到影响。



ATSP 在五个不同损伤愈合周期中的 X 射线图像

上述研究工作发表在 *Journal of Composite Materials* (文章标题: Identifying the origin of intrinsic self-healing gradual decay in vitrimer carbon fiber reinforced polymer composites)。

(胡松涛)

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)