

先进制造与新材料动态

ADVANCED MANUFACTURING AND MATERIALS NEWSLETTER

监测快报

2023 第 15 期
(总第 421 期)

本期要目

- 美行政令支持科技研发促进制造业与就业
- 美发布《增材制造标准化路线图 3.0》
- 英资助材料与制造资源效率可行性项目研究
- 美 DARPA 推进下一代微电子制造、固体废弃物循环利用
- 英拟建立新一批未来可持续发展研究制造中心
- 一氧化硼分子结构获确定
- 自动折叠折纸技术创建喷墨 4D 打印

中国科学院武汉文献情报中心

目 录

战略规划

美行政令支持科技研发促进制造业与就业 1

美发布《增材制造标准化路线图 3.0》 2

英成立基础工业新联盟推动重要材料低碳创新 3

韩着力打造 7+5 尖端战略产业基地 3

欧盟与智利加强可持续关键原材料供应链合作 4

项目资助

英资助材料与制造资源效率可行性项目研究 6

欧盟投资 28.5 亿欧元推动钢铁行业脱碳..... 7

美 DARPA 推进下一代微电子制造计划..... 7

美 DARPA 推进固体废弃物循环利用..... 8

韩企着手研制发动机高性能合金材料 9

英新建研究中心开发可持续材料 9

英拟建立新一批未来可持续发展研究制造中心 10

研究进展

一氧化硼分子结构获确定 11

半导体纳米结构中的新型量子比特 11

可控制电磁波行为的双谐振动态超表面技术 12

自动折叠折纸技术创建喷墨 4D 打印 13

形状记忆合金驱动的聚酰胺软水母机器人 14

仿生结构提升 SiC 陶瓷强度 15

战略规划

美行政令支持科技研发促进制造业与就业

7月28日，美国总统拜登签署一项支持科技研发的行政令，以促进美国制造与就业。该行政令优先考虑美国“在这里发明，在这里制造”的政策，旨在使美国工人和社区获利，并加强全球供应链韧性¹。为了实现这一目标，该行政令制定了以下四类核心举措。

（1）简化联邦研发过程中的报告要求并提高其透明度

具体措施包括：①提高政府报告系统（iEdison）现代化水平，并计划在2025年底将报告要求过渡到单一的报告门户网站；②指示商务部制定合同条款，供各机构使用，并鼓励各机构使用这些条款来收集有关发明及其制造地点的数据；③鼓励各机构简化报告要求，以减轻受资助者的行政事务性负担，并提供更一致的创新和商业化数据；④自该行政令发布之日起两年内，进行大量研发投资的机构将每年向管理和预算办公室报告其利用研发奖励开发的发明使用情况及产品的生产地点。

（2）提供联邦资金开发新发明，并促进发明成果在美国商业化

该行政令鼓励各机构在其研发奖项征集过程中考虑如何在美国国内商业化问题。白宫科技政策办公室（OSTP）将通过国家科技委员会，寻求将美国制造业纳入联邦政府的技术研发路线图中。鼓励联邦资助的潜在接受者将美国制造业纳入其长期计划，以将其发明商业化。此外，该行政令鼓励各机构利用购买或投资尖端技术的机构权限来支持其在美国的生产，扩大对国内生产的激励。

（3）鼓励关键行业的美国本土生产活动，保持国际研发伙伴关系灵活性

行政令要求各机构应考虑美国的经济和国家安全利益。对于关键和

¹ FACT SHEET: Amidst Manufacturing Boom, President Biden Will Sign an Executive Order on Federal Research and Development in Support of Domestic Manufacturing and United States Jobs to Encourage “Invent it Here, Make it Here” in Industries of the Future. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/07/28/fact-sheet-amidst-manufacturing-boom-president-biden-will-sign-an-executive-order-on-federal-research-and-development-in-support-of-domestic-manufacturing-and-united-states-jobs-to-encourage/>

新兴技术，鼓励各机构不仅对独家许可证持有人提出美国国内制造的要求，还应对其他实体提出相同的要求。此外，行政令还保持了创建关键国际研发伙伴关系的灵活性，以支持供应链韧性和经济安全。

（4）明确国内制造业豁免程序，并提高其及时性和一致性

具体措施包括：①要求商务部制定一套通用豁免程序，供美国政府使用，豁免申请人也将被要求进行说明；②鼓励各机构在 10 个工作日内确认收到豁免申请，并尽快敲定豁免决定，从而提高豁免程序的及时性；③指示商务部通过制定关于各机构如何处理豁免决定的公共指导，提高豁免程序的透明度。

（董金鑫）

美发布《增材制造标准化路线图 3.0》

7 月 18 日，美国国家增材制造创新研究所（America Makes）和美国国家标准协会（ANSI）联合发布了《增材制造标准化路线图 3.0》²。该路线图的制定得到了 150 个公共和私营部门组织的 300 名专业人士的支持，也是增材制造标准化合作组织（AMSC）³自 2022 年 9 月以来工作的总结。

路线图总共确定了 141 个标准缺项（即解决实际应用问题上缺失的标准），其中包含 60 个新标准缺项，并在设计、材料、工艺控制、后处理、零件材料特性、资格和认证、无损评估、维护和修理以及数据等增材制造全生命周期领域提供了相应建议。路线图还对标准缺项优先级进行了划分，54、64、23 个缺项/建议分别被确定为高、中、低优先级别，91 个缺项/建议需要额外的预标准化研究与开发。

（黄 健）

² America Makes and ANSI Publish Standardization Roadmap for Additive Manufacturing Version 3.0.
<https://www.ncdmm.org/2023/07/18/america-makes-and-ansi-publish-standardization-roadmap-for-additive-manufacturing-version-3-0/>

³ 该组织于 2016 年 3 月正式启动，作为跨部门协调机构，负责制定符合利益相关方需求的全行业增材制造标准和规范。

英成立基础工业新联盟推动重要材料低碳创新

7月23日，英国来自水泥、金属、玻璃等基础工业领域的部分领先机构联合成立了基础行业可持续发展联盟（FISC）⁴。该联盟汇集了工艺创新中心（Centre for Process Innovation, CPI）、Glass Futures、亨利·罗伊斯研究所、材料加工研究院（Materials Processing Institute）以及材料加工与测试企业 Lucideon 等机构。

基本材料对日常生活至关重要，但它们也造成了全球 10% 的二氧化碳排放。因此，FISC 致力于提供低碳、资源高效、可持续的解决方案，帮助这些重要行业转型。

FISC 首个项目名为“可持续且高效利用资源的经济材料创新”（EconoMISER），作为基础产业转型挑战的一部分，由英国创新机构（Innovate UK）资助。该项目拟在 FISC 合作伙伴关系中开发一个扩大中心网络，以与联盟主题保持一致，并利用经验丰富的行业研究员和应用科学家团队为基础行业提供专业支持。

（董金鑫）

韩着力打造 7+5 尖端战略产业基地

7月，韩国政府根据工业生态系统发展和区域平衡发展潜力以及其他评估标准，设定了七大国家尖端战略产业特别园区和五大材料、零部件、设备特别园区^{5,6}。

韩国产业通商资源部（MOTIE）在尖端战略产业委员会会议上宣布，将 7 处半导体、电池、显示面板等产业集中区域指定为国家尖端战略产业特别园区。其中龙仁、平泽打造为世界最大半导体集群；龟尾保障半导体供应链稳定；新万金、浦项、清州、蔚山打造核心矿产、原材料、

⁴ New Foundation Industries Consortium Created to Drive Low Carbon Innovation for the UK's Vital Materials. <https://www.royce.ac.uk/news/new-foundation-industries-consortium-created-to-drive-low-carbon-innovation-for-the-uks-vital-materials/>

⁵ Korea designates 7 specialized complexes for national high-tech industries. https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=1367&bbs_cd_n=2¤tPage=9&search_key_n=&search_val_v=&cate_n=

⁶ Korea newly designates 5 MPE-specialized complexes. https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=1366&bbs_cd_n=2¤tPage=9&search_key_n=&search_val_v=&cate_n=

电芯及未来研发等全链条发展格局；天安、牙山将确保实现显示面板技术代差优势。到 2042 年将向其注入总计 614 万亿韩元的私人投资。为了吸引私人投资，韩国政府将在许可证、放松管制、税收、建筑面积比和水电等基本基础设施方面提供激励措施。MOTIE 还在会议上选定了 8 所国家尖端战略产业特色大学，仅今年就为其提供了总计 540 亿韩元的资助⁷。

在另外一场材料、零部件、设备（materials, parts, equipment, MPE）竞争力委员会会议上，MOTIE 宣布将扩大未来交通和生物等新产业的范围，并相应增加五个特别园区，包括光州和大邱未来交通特别园区、忠北生物特别园区、釜山和安城的半导体特别园区，总投资约 6.7 万亿韩元。韩国政府将支持采购方-供应商的联合研发、试验台、商业化和技术本地化，同时为每个特别园区组建指导小组，提供一站式放松管制援助。

（黄 健）

欧盟与智利加强可持续关键原材料供应链合作

7 月 17 至 18 日，在布鲁塞尔举行的拉丁美洲和加勒比国家共同体峰会上，欧盟主席冯德莱恩与智利总统共同见证了谅解备忘录的签署，确立了欧盟和智利之间的可持续原材料价值链伙伴关系，这将有助于推动欧盟和智利经济的可持续发展⁸。

新的合作伙伴关系主要围绕以下五个领域：

（1）整合可持续原材料价值链，包括通过联合开发项目、新商业模式、促进和便利双方的贸易及投资；

（2）加强在原材料价值链上的研究和创新合作，包括矿物知识以及环境和气候足迹最小化；

（3）合作利用环境、社会和治理（ESG）标准，并与国际标准保持

⁷ Korea designates 7 'specialized complexes' for strategic, advanced industries.

https://program.koreatimes.co.kr/www/tech/2023/07/133_355401.html

⁸ Global Gateway: EU and Chile strengthen cooperation on sustainable critical raw materials supply chains.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3897

一致；

（4）为项目开发部署软硬件基础设施，同时尽量减少其对环境 and 气候的影响；

（5）根据国际劳工标准，加强可持续原材料价值链能力、职业教育与培训以及技能开发。

在欧洲，对于关键原材料需求还在不断增加，其中大部分也依赖进口，同时这些原材料对于包括净零工业、数字工业、航空航天和国防在内的一系列战略性产业来说又是不可或缺的。欧盟希望减轻在原材料供应链的风险，增强其经济韧性，同时实现其气候和数字目标。因此，欧盟正在努力与资源丰富的第三国建立战略伙伴关系，包括加拿大（2021 年 6 月）、乌克兰（2021 年 7 月）、哈萨克斯坦、纳米比亚（2022 年 11 月）和阿根廷（2023 年 6 月）等国家。这些伙伴关系使双方能够推动贸易和投资进入安全、可持续和有韧性的原材料价值链，助力实现气候中和及数字化经济转型。

（李 喻）

项目资助

英资助材料与制造资源效率可行性项目研究

7月，英国创新机构（Innovate UK）发布了“材料与制造资源效率”（Resource Efficiency for Materials and Manufacturing, REforMM）可行性研究的20个入围项目名单。每个项目将获得130万英镑的资助，用于开发提高资源利用效率的新方法⁹。

其中，15个项目经分类梳理，主要涉及以下3个领域。

（1）工艺与设计

预测产量优化和实时跟踪的自动化机器学习平台；增材制造产品跟踪系统；纤维导向复合材料结构设计；电铸复合保护系统；提高硬碳合成的资源效率和可持续性；近零浪费的3D机织服装部件；合金工艺参数建模；羊毛天然纤维复合材料的节能加工技术等。

（2）材料应用

用于光伏的无铅红外量子点墨水；可印刷的光学涂料；钯电镀钨半导体探针，减少钯的使用等。

（3）资源回收利用

整个供应链中废旧PLA的可追溯性；金属银的回收再利用；从食物垃圾中生产L-乳酸；建筑塑料废料处理等。

除此以外，还有5个是基础产业转型项目，包括：用于低碳混凝土的煅烧粘土供应链；提升建筑用钢的可追溯性助力再利用；提高涂料行业循环性：从废涂料到新型涂料遮光剂；铝冶炼废弃物处理设施；硅酸盐和铝硅酸盐的价值链创新与环境责任等。

（万 勇）

⁹ REforMM feasibility study competition winners announced.
<https://www.ukri.org/news/reformmm-feasibility-study-competition-winners-announced/>

欧盟投资 28.5 亿欧元推动钢铁行业脱碳

7 月 20 日，欧盟委员会根据欧盟国家援助规则批准总额 28.5 亿欧元（约合 32 亿美元）一揽子资金补贴。此举不仅有助于推动钢铁行业脱碳，同时有助于减少欧盟对进口化石能源的依赖，并在欧盟发展可再生氢产业链¹⁰。

蒂森克虏伯将获得 5.5 亿欧元直接拨款和 14.5 亿欧元有条件拨款。蒂森克虏伯将利用 5.5 亿欧元直接拨款建设新工厂，该工厂将配备两台 100% 使用氢气还原的高炉，每年将生产 250 万吨直接还原铁以及 230 万吨热钢。剩余 14.5 亿欧元有条件拨款将被用于该工厂前十年的运营，支付采购和利用绿氢的额外成本（拨款总额依据绿氢使用总量确定，须得到独立专家验证）¹¹。

安赛乐米塔尔将获得 8.5 亿欧元补贴，对其在法国敦刻尔克的生产进行脱碳改造，打造一座直接还原铁厂和两座电弧炉，取代现有的三座焦炭高炉中的两座，以及三座炼钢用碱性氧炉中的两座。安赛乐米塔尔敦刻尔克工厂将于 2026 年投产，年产能 400 万吨液态钢¹²。

（黄 健）

美 DARPA 推进下一代微电子制造计划

美国国防部先进研究计划局（DARPA）已遴选出 11 家机构共同推进“下一代微电子制造计划”（Next-Generation Microelectronics Manufacturing, NGMM），初期将开展基础研究工作，为下一步创建美国国内 3D 异构集成（3D heterogeneously integrated, 3DHI）微系统设计与制造中心提供指导¹³。

¹⁰ European Commission Approves € 2.85 Billion Aid to Support Decarbonization Efforts of Steel Giants ArcelorMittal and ThyssenKrupp. <https://www.steelradar.com/en/haber/european-commission-approves-285-billion-in-subsidies-for-thyssenkrupp-and-arcelormittal/>

¹¹ Commission approves German €550 million direct grant and conditional payment mechanism of up to €1.45 billion to support ThyssenKrupp Steel Europe in decarbonising its steel production and accelerating renewable hydrogen uptake. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3928

¹² State aid: Commission approves € 850 million French measure to support ArcelorMittal decarbonise its steel production. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3925

¹³ Next-Generation Microelectronics Manufacturing Aims to Sustain R&D Ecosystem.

NGMM 是“电子复兴计划 2.0”的基石，包括 0、1 和 2 三个阶段。**第 0 阶段**为确定制造代表性 3DHI 微系统所需的软件和硬件工具、工艺模块、电子设计自动化工具以及封装和组装工具。**第 1 阶段**将研究国防和商业公司的异构互连组件，包括化合物半导体、光子学与微机电系统、电源、模拟、射频、数字逻辑和存储器等。**第 2 阶段**将致力于优化 3DHI 流程，提高封装自动化能力，并与外部微电子组织合作研究。第 2 阶段完成后，下一代微系统制造中心将获得开发的设备、工艺以及设计技术转让权，以支持外部商业和国防封装设施进行相关制造活动¹⁴。

（闫泽坤、万 勇）

美 DARPA 推进固体废弃物循环利用

数据显示，美国国防部前沿作战基地产生的固体废弃物中，超过 80% 是废弃木材、纸板和纸张。这相当于每位士兵每天产生近 13 磅的废弃物，通常被送往垃圾填埋场或在基地就地掩埋。

美国国防部先进研究计划局(DARPA)启动“国防废弃物升级回收”(Waste Upcycling for Defense, WUD)项目，旨在研究和开发一种从废弃木材和其他纤维素废弃物（如纸板、纸张）到轻质、强韧、可持续的材料的工艺流程，以供国防部门再利用¹⁵。

近期相关研究表明，通过化学处理和压制，木材可实现致密化，并增强机械性能。致密木材具有独特的能量分布模式，耐用性增强，并且比钢材具有更高的强度重量比。

除了增强的力学性能，这些材料还需要具备用于建材的更好的耐久性，包括耐火性、耐水性、耐腐蚀性和耐候性，并且可实现规模化，减少化学试剂的使用。

（闫泽坤、万 勇）

<https://www.darpa.mil/news-updates/2023-07-20>

¹⁴ Military researchers seek to start domestic research center for 3DHI microsystems design and manufacturing.

<https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14296788/research-center-3dhi-manufacturing>

¹⁵ Turning Scrap Wood into Strong, Sustainable Materials for Re-use.

<https://www.darpa.mil/news-events/2023-07-20>

韩企着手研制发动机高性能合金材料

7月26日，韩国航空发动机制造商韩华航空公司表示，正在研发喷气式战斗机的发动机材料，这将有助于增强韩国的自卫能力¹⁶。

目前，韩国所需发动机材料一直依赖于进口。此次韩华联合韩国相关研究机构、大学和企业，共同致力于 Inconel 718 的开发、锻造和浇铸。该材料是用于飞机发动机的特殊合金，可承受 1500 °C 以上的高温。在此之前，韩华已经开始研发无人战斗飞行器的燃气涡轮发动机的关键材料，而且还投资 488 亿韩元（合 3820 万美元）计划于 2027 年之前生产出钛和镍合金等材料，用在飞机发动机的六个关键部件上。这是韩国公司第一次开始开发超过 1000 小时寿命的燃气涡轮发动机材料。

（李 喻）

英新建研究中心开发可持续材料

随着全球可再生能源发电、使用和储存领域不断发展，包括金属和稀土元素在内的关键材料的需求大幅增长。采矿业在增加这些材料的供应方面发挥着至关重要的作用。然而，采矿业属于能源和水资源密集型产业，会对生态造成破坏。因此，采矿业需要发生巨大而迅速的变化。

7月，力拓承诺在十年内投入 1.5 亿美元，并与英国帝国理工学院合作新建力拓未来材料中心，试图改变目前的矿物开采方法，以支持全球从化石燃料向可再生能源的过渡¹⁷。该中心将基于帝国理工学院的“向零污染过渡倡议”（Transition to Zero Pollution Initiative）所制定的系统方法，从全局考虑，汇集不同的跨学科团队，提供以环境、社会和治理为核心的创新和变革性解决方案。

（董金鑫）

¹⁶ Hanwha Aerospace to develop fighter jet engine materials
http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20230726000507&ACE_SEARCH=1

¹⁷ New centre to develop sustainable materials for a green future.
<https://www.imperial.ac.uk/news/246581/new-centre-develop-sustainable-materials-green/>

英拟建立新一批未来可持续发展研究制造中心

7 月，英国工程与自然科学研究理事会（EPSRC）计划在未来七年投入 5500 万英镑，推动建立一个大规模的多学科研究中心，以支持制造业、环境可持续性和净零排放的发展¹⁸。

此次资助将进行工程和自然科学方面的创新研究，并与相关制造业密切合作。关注的优先领域涉及：工程净零排放；人工智能、数字化和数据；推动价值与安全；健康和医疗保健；量子技术；物理和数学科学强国；工程与技术前沿；数字期货等。

研究中心将成为该领域的领导者，推动其所在领域的国家制造业研究议程，并与其他参与者建立联系，包括用户、政策制定者和其他公共投资等。研究中心拟实现下述目标：

（1）提供与早期研究和制造商业化挑战相关的高质量多学科研究计划；

（2）作为领域的领导者，创造战略优势并推动特定领域的国家制造研究议程；

（3）考虑每个中心特定研究领域的背景，在整个中心的宗旨、目标、运营和研究成果中聚焦环境可持续性；

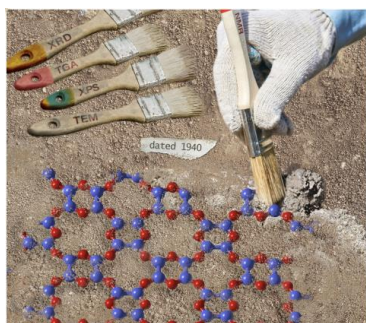
（4）与各类相关伙伴合作，确保与用户共同创建并共同完成研究。

同时，研究中心应充分利用基础科学与技术取得的进展；专注于新的和现有的制造工艺、系统和网络的设计与开发；明确制造路径，包括生产规模扩大，在更广泛的工业体系中进行整合等。

（闫泽坤、万勇）

¹⁸ Manufacturing research hubs for a sustainable future two: full stage.
<https://www.ukri.org/opportunity/manufacturing-research-hubs-for-a-sustainable-future-two-outline-stage/>

一氧化硼分子结构获确定



BO 结构是一个可以追溯到 1940 年的问题，该研究犹如“考古挖掘”

美国埃姆斯国家实验室 Frédéric Perras、Wenyu Huang 及其同事利用核磁共振方法和分析工具，揭示了早在 1940 年就合成出的一氧化硼（BO）这种看似简单的材料的结构¹⁹。

研究人员通过脱水反应，将前驱体分子黏在一起，这些分子发挥着“搭积木”的作用。核磁共振表征显示，相邻的前驱体分子彼此平行，与先前提出的一种模型相匹配。研究人员还利用粉末 X-射线衍射等进一步揭示了 BO 的结构。

上述研究工作发表在 *J. Am. Chem. Soc.*（文章标题：The Structure of Boron Monoxide）。

（王 轩）

半导体纳米结构中的新型量子比特

浙江大学刘峰团队与德国波鸿鲁尔大学 Arne Ludwig 团队在半导体纳米结构中创造了一个新型量子比特²⁰，有望成为量子计算的基础，为开发新型基于轨道的量子光子器件开辟了新的可能。

研究人员使用两个短波长光学激光脉冲成功激发了辐射俄歇跃迁（radiative Auger transition），在量子点（半导体的一个小区域）中创造了一种叠加态，其中电子空穴同时具有两个不同的能级。这种叠加是量子比特的基础，与传统比特不同，量子比特不仅存在于状态“0”和“1”中，而且存在于两者的叠加中。

¹⁹ Structure of the elusive boron monoxide finally determined after 83 years.

<https://www.ameslab.gov/news/structure-of-the-elusive-boron-monoxide-finally-determined-after-83-years>

²⁰ A new type of quantum bit in semiconductor nanostructures.

<https://news.rub.de/english/press-releases/2023-07-25-physics-new-type-quantum-bit-semiconductor-nanostructures>

上述研究工作发表在 *Nature Nanotechnology*（文章标题：Coherent control of a high-orbital hole in a semiconductor quantum dot）。

（董金鑫）

可控制电磁波行为的双谐振动态超表面技术

可重构智能表面（reconfigurable intelligent surfaces, RIS）是一种可编程的表面结构，能够反射、重定向和调制电磁信号，从而提高数据传输速率并实现理想的性能。研究人员一直认为，超表面将是实现 RIS 的理想技术。

美国约翰霍普金斯大学应用物理实验室首次开发出一种超表面技术，增强了 RIS 的反射行为，为先进通信、新型低功耗传感等关键应用带来希望²¹。

大多数超表面能同时改变电磁波的振幅和相位，但通常改变其中一个另一个也会改变。分别控制振幅和相位使超表面以多种方式调整信号，以满足特定情况的需求。研究团队研究了双层超表面的反射行为，采用了一系列类似贴片的元件、控制旋钮、变容二极管和电阻器，以便对关键参数进行更多控制。通过这种复杂的设计，研究团队创造出一种双谐振动态超表面，可以分别控制振幅和相位，同时又能安装在小巧、经济的印刷电路板上。这种新型材料解决了超表面以前存在的信号损失不均匀的问题，包含两种谐振材料，避免了只使用一种材料的缺点。该超表面可以通过反射其图案表面来增强信号，有助于制造更小、更轻的传感器，可以在使用极少电力的情况下收集和提供数据。

上述研究工作发表在 *Physical Review Applied*（文章标题：Dual-Resonance Dynamic Metasurface for Independent Magnitude and Phase Modulation）。

（冯瑞华）

²¹ Breakthrough Metasurface Materials Tech Unleashes Enhanced Control for Advanced Telecommunications and Beyond. <https://www.jhuapl.edu/news/news-releases/230719-breakthrough-metasurface-materials-tech>

自动折叠折纸技术创建喷墨 4D 打印

复杂物体 3D 打印通常需要很长时间，因为打印过程必须铺设大量的 2D 层来构建物体。该过程通常会浪费支撑未完成物体所需的大量材料。目前一些使平面材料自折叠成 3D 形状的新方法，但耗时较长。

日本东京大学 Koya Narumi 领导的研究团队首次将 2D 打印、折纸和化学方法相结合，创造了一种实现快速制造 3D 物体而不会产生任何废料的方法，新方法可使材料几秒钟内即完成自动折叠²²。

研究团队发现了如何使用工具和材料来创建自折叠的对象。从本质上讲，他们制作的其实是带有折纸图案的平板，这些图案非常复杂，即使是熟练的折纸艺术家也需要几个小时才能完成。但是凭借新开发的特殊工艺，将热水倒在平板上，几秒钟内材料即可变成复杂的 3D 形状。

该技术利用一种特殊的喷墨打印机，将 2D 折纸设计打印到塑料片的两面，塑料片会因加热而收缩，但它使用的墨水却不会收缩，干燥时可保持柔韧性。这一微妙的“差别”可在一侧或另一侧的墨水部分之间留出间隙，让设计人员可控制纸张的某个部分的折叠方式。与之前相比，研究团队将输出分辨率提高了 1200 倍，这意味着创建的设计不仅具有新颖性，而且还可以用于实际应用，在物流或存储紧缺时发挥巨大作用。

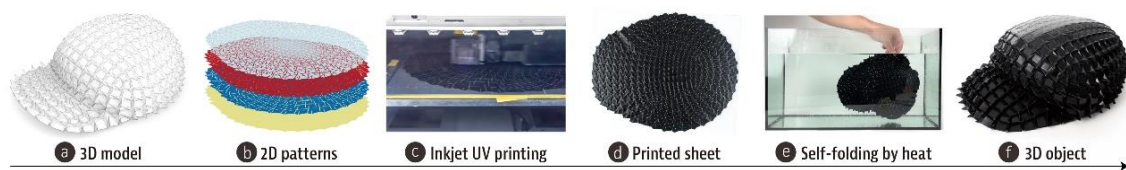


图 喷墨 4D 打印工艺流程，软件将输入的 3D 模型转换为 2D 图案，然后进行喷墨打印，将打印件浸入热水中，自行折叠成最终的 3D 对象

相关研究工作发表在 *ACM Transactions on Graphics*（文章标题：Inkjet 4D Print: Self-folding Tessellated Origami Objects by Inkjet UV Printing）。

（冯瑞华）

²² A whole new dimension for 3D printing. https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/en/press/z0508_00295.html

形状记忆合金驱动的聚酰胺软水母机器人

印度理工学院 Muralidharan 领导的研究团队利用形状记忆合金 (SMA) 制作了一种新型柔性聚酰亚胺软水母机器人，并模仿了水母的生物过程，可用于远程监测海洋生物或在水下执行任务²³。

研究团队首先将 75 μm 厚的 Kapton 聚酰胺薄膜切割成类似于水母身体的对称结构，直径为 25 cm。然后在该结构的特定位置打孔，插入镍钛诺 SMA 线，并在机器人身体顶部粘贴另一块聚酰胺薄膜以将电线固定，还使用橡胶绳将每个触手的末端连接到机器人身体的中心。研究人员研究了水母机器人结构的行为，测量了模拟过程中水母触手的位移和速度，对 SMA 嵌入结构进行了温度建模和挠度建模。

该水母机器人柔软、灵活且非常轻，仅重 45 g；所采用材料价格合理、易于采购，且很容易大规模制造。在最初的测试中，机器人原型表现非常好，以 10 mm/s 的速度水平游动，以 0.2 mm/s 的速度垂直游动。



图 测试聚酰胺软水母机器人

上述研究工作发表在 *International Journal of Intelligent Robotics and Applications* (文章标题: Bio-inspired soft jellyfish robot: a novel polyimide-based structure actuated by shape memory alloy)。

(冯瑞华)

²³ IIT Indore students develop Jellyfish Robot.
<https://techxplore.com/news/2023-07-polyamide-based-soft-jellyfish-robot-actuated.html>

仿生结构提升 SiC 陶瓷强度

珍珠和贝壳主要由碳酸钙组成，与构成粉笔的材料相同。它们不易破碎的原因在于其微观结构：珍珠层采用“砖块+砂浆”的设计，即碳酸钙薄片结合在一种具有弹性的生物聚合物（如几丁质和各种蛋白质）砂浆中。

欧洲航天局（ESA）与英国帝国理工学院合作，从珍珠和贝壳的微观结构中汲取设计灵感，开发更加坚固、不易断裂的 SiC 陶瓷材料，在太空领域具有广泛应用前景²⁴。根据复合材料的构建方式，还可以添加各向异性特性，使其沿着材料的特定方向实现更高强度。研究团队正在探索增材制造、冷冻浇注成型（freeze casting）等一系列制造方法，后者是将陶瓷悬浮液在水中进行定向冷冻，从而构建出层状无机支架。

该项目于 2022 年启动，帝国理工学院成功合成出了样品，并在德国航空航天公司 Azimut Space 进行了测试，英国制造技术中心正在扩大其生产流程。

（李良琦、万 勇）

²⁴ Secrets of pearl harnessed for stronger space structures. https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Secrets_of_pearl_harnessed_for_stronger_space_structures

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)