

增材制造产业发展 简报

2023年8月31日

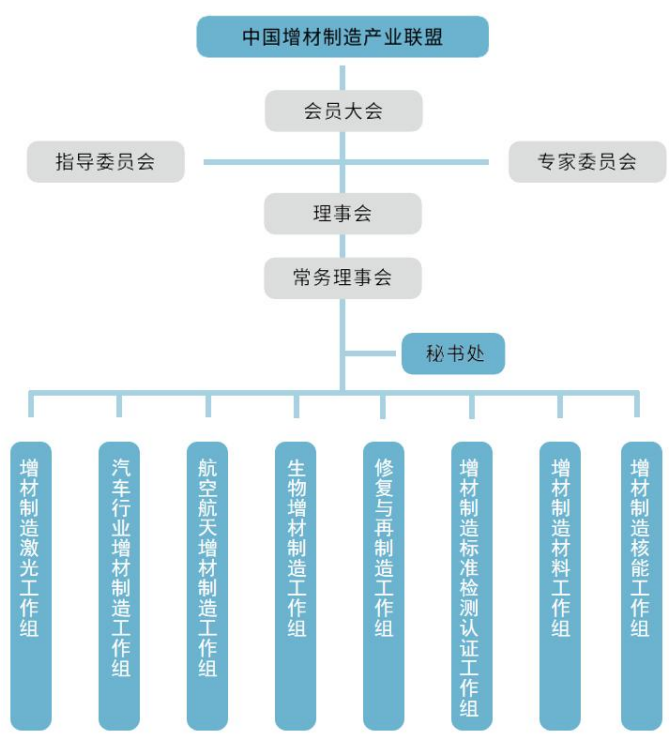
第08期

总第048期

【内容提要】

- 本期关注：深圳国际增材制造、粉末冶金与先进陶瓷展览会成功举办
- 政策追踪：高标准引领高质量发展 | 增材制造明确纳入《新产业标准化领航工程实施方案（2023—2035年）》
- 技术进展：增材制造燃料电池重新定义可持续能源发电
- 行业动态：多家联盟成员单位宣布中标第二届全国技能大赛，成为设备、软件供应商
- 典型应用：“增材制造+铸造技术”试制新能源汽车铝合金副车架机
- 成员展示：西安欧中材料科技有限公司

中国增材制造产业联盟成立于2016年10月19日，是在工业和信息化部指导下，由增材制造领域的企事业单位、高等院校、科研机构、产业园区等128家相关单位，按照自愿、平等、互利、合作的原则，共同发起组成的跨行业、开放性、非营利性的社会组织，秘书处设在工业和信息化部装备工业发展中心。联盟现有成员330余家，已设立工作组7个，是中国增材制造领域**层次最高、规模最大的**行业组织。中国增材制造产业联盟立足于为我国增材制造产业搭建合作与促进平台，着眼于将政府与产业界、顶层设计与企业实践紧密结合起来，致力于支撑行业管理、聚拢行业资源、营造创新环境、促进交流合作，助力中国增材制造产业发展壮大。



●本期关注

深圳国际增材制造、粉末冶金与先进陶瓷展览会 成功举办

8月29-31日，第二届深圳国际增材制造、粉末冶金与先进陶瓷展览会(Formnext + PM South China)在深圳国际会展中心成功举办。惠普、汉邦、西门子、巴斯夫、铂力特、联泰、华曙、镭明、赢创、纵维立方等275家展商参展，较上届增加38.2%。现场接待行业观众共13183人，合计23913人次，较上届增加41.3%。联泰科技、镭明激光等企业在展会发布新设备，展会同期还召开了“新能源汽车增材制造应用峰会”“增材制造 Binder Jetting 粘结剂喷射成形技术论坛”“第一届国际定向能量沉积增材制造前沿技术及应用高峰论坛”“消费品3D打印应用论坛”等主题峰会。

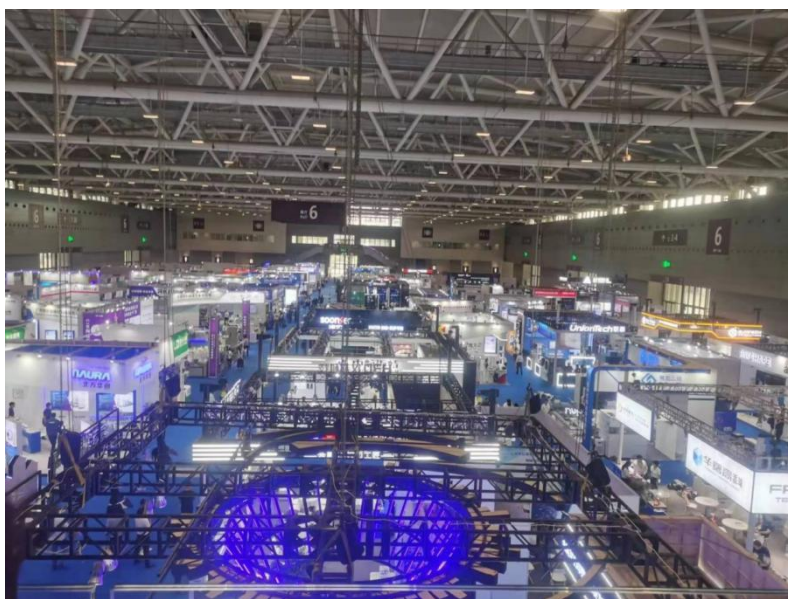


图1 深圳国际增材制造、粉末冶金与先进陶瓷展览会现场

1.各公司推出面向细分领域的专用装备

联泰科技携带最新的工业级 SLM 金属打印机 Muees 310 亮相本次展会，智能技术搭载工业级稳定内核，可在短时间内实现薄壁结构、复杂结构的零部件打印及小批量生产。联泰科技工业级 SLM 金属打印机 Muees 310，实现 310mm×310mm×400mm 的成型尺寸，搭载高稳定工业级光学系统，可实现高效打印，大幅面场镜全幅面光斑均匀性最高可达 92%，将打印精度大幅度提升，500W 进口高倍率激光器能量密度均匀打印质量优秀。

镭明激光推出模具专用设备 LiM-X400M 系列，该设备成形尺寸为 260mm×400mm×390mm，配备三激光实现高效打印；全新的风场设计有效去除烟尘、飞溅，保证成形质量稳定；升级自动嫁接工艺，依靠自研软件，将嫁接操作原地闭环，缩短流程至 5min 以内，升级后，嫁接效率更高、精度更准；冶金级质量控制，打印成品更优秀。

2.粘结剂喷射金属增材制造市场巨大

相对于粉末床激光熔融金属增材制造，粘结剂喷射金属增材制造成本更低、吞吐量更高；相对于传统的注射成形，其无需模具。当零件制造数量处于某一个区间时，粘结剂喷射金属增材制造是具有成本效益的选择。本次展会上，惠普、DM、武汉易制、共享装备、三帝科技、德亿纬等厂商展示了粘接剂喷射金属增材制造装备，铂力特也展示了金属粘接

剂喷射装备打印的刀片、喷嘴等产品。IDTechEx 预测到 2025 年将会有 37,000 台粘结剂喷射设备，这意味着粘结剂喷射金属增材制造技术将迎来新的发展。目前，国内外多个 3C 设备制造厂家正在积极探索应用此技术，据悉，Apple Watch 的表壳采用金属粘结剂喷射增材制造。

3.消费品打印成为“破圈”利器

随着应用场景不断拓展，各增材制造厂家都在积极尝试进入消费品市场。本次展会上，Stratasys 展示了带有增材制造立体图案的服装，铂力特展示了彩色增材制造陶俑，巴斯夫展示了增材制造自行车鞍座和汽车座椅，惠普展示了增材制造的眼镜框等。苏州博理通过高速光固化技术，实现了增材制造鞋履的量产，其合作的星世线品牌洞洞鞋也已成为网络爆款。展会也吸引了华为、苹果、高露洁、李宁、3M 等知名厂家代表，需求端也开始积极探索采用增材制造进行技术革新。

长期以来，增材制造受困于成本较高、效率偏低等短板，鲜有向消费品领域进军，荣耀 Magic V2 铰链的轴盖部分首次采用钛合金 3D 打印工艺，“宽度相较于铝合金材质降低 27%，强度却提升 150%，实现轻薄与可靠性的平衡”。打破了传统增材制造无法真正实现量产的固有认知，预计到 2025 年，增材制造在 3C 市场中的应用规模将与传统高端装备制造业规模相近。

● 政策追踪

（一）高标准引领高质量发展 | 增材制造明确纳入《新产业标准化领航工程实施方案（2023—2035年）》

2023年8月22日，工业和信息化部联合科技部、国家能源局、国家标准委正式印发《新产业标准化领航工程实施方案（2023—2035年）》（以下简称《实施方案》）。其中，在**新材料与高端装备**两个专栏中明确提出研制**增材制造**相关标准，面向产业融合发展需求和应用场景探索，开展相关标准预研工作，全面推进增材制造产业的标准体系建设。



图 2 工业和信息化部等四部门关于印发《新产业标准化领航工程实施方案(2023—2035年)》的通知

《实施方案》在重点任务的新材料专栏中，面向先进钢铁材料方向提出要研制高强韧汽车用钢、高品质零部件用钢、长寿命耐磨钢、高品质工模具钢、超高强度钢、新一代高温合金、增材制造用黑色金属粉末等机械结构材料标准；面向

前沿新材料方向提出要加强超导材料、智能仿生、液态金属材料、**增材制造材料**等前沿新材料的技术路线图研究，开展前沿新材料关键技术标准和检测方法标准预研，支撑前沿新材料首批次应用和推广。

《实施方案》在重点任务的高端装备专栏中，将增材制造装备单独作为一个分类，明确指出研制**增材制造装备核心工艺和部件、关键技术、测试评估**等标准。重点提出要研制**增材制造粘结剂喷射、定向能量沉积、粉末床熔融**等基础工艺和装备标准，以及**多材料、多色流、阵列式、复合增材制造**等新工艺和装备标准；研制**工艺数据库、数据转换、编码要求、文件格式**等数据和接口标准；研制**装备验收、人员评定、关键零部件检测**等标准。

当前，我国正处于加快推动制造业高质量发展的关键阶段，制造新需求和新模式对增材制造提出了更高的标准和要求，增材制造技术的不断发展与应用，对标准化的需求也将持续增加。增材制造产业标准体系的建立健全，在保证产品性能、提高产品可靠性与一致性、促进技术创新及应用、提高生产效率、显著降低研发与生产成本等方面具有重要作用，对于推动增材制造产业高质量发展具有重要意义。

下一步，国家有关部门将会同行业协会、中央企业、标准化技术组织、标准化专业机构等各有关单位，持续完善增材制造产业标准体系建设，充分发挥标准对推动技术进步、

服务企业发展、加强行业指导、引领产业升级的先导性作用，不断提升增材制造产业标准的技术水平和国际化程度，为加快增材制造产业高质量发展、建设现代化产业体系提供坚实的技术支撑。

（二）北京市药品监督管理局发布《北京市增材制造定制式义齿生产质量管理规范检查指南（2023 版）（征求意见稿）》

2023 年 8 月 7 日，北京市药品监督管理局发布了关于对《北京市增材制造定制式义齿生产质量管理规范检查指南（2023 版）（征求意见稿）》（以下简称《指南》）公开征集意见的公告，并向社会公开征求意见，以推动定制式义齿行业增材制造技术的健康有序发展。



图 3 北京市药品监督管理局关于对《北京市增材制造定制式义齿生产质量管理规范检查指南（2023 版）（征求意见稿）》公开征集意见的公告

近年来，增材制造工艺在定制式义齿生产企业逐渐得以应用，在一定程度上提升了义齿的加工质量。但由于增材制

造工艺与传统义齿加工工艺有较大不同，在日常监管中需要进行针对性的监管，才能有效防控质量安全风险。《指南》由**机构与人员、厂房与设施、设备、文件管理、设计开发、采购、生产管理、质量控制**等八部分内容及三个附件组成，详细归纳明确了增材制造定制式义齿生产质量管理体系检查要求。附件作为知识点连接，为检查员提供专业知识补充，内容主要包括**增材制造工艺及设备简介、增材制造工艺在定制式义齿生产中的应用，以及医工交互等名词释义。**

一是**机构与人员**，企业应当明确与质量管理体系运行相关的人员职责，对职责进行文件和制度上的规定，目的是评价企业能否建立一个充分和有效的质量管理体系。在生产企业开展增材制造定制式义齿生产活动中，应当建立相应的组织机构，明确相关负责人的相应职责。

二是**厂房与设施**，增材制造定制式义齿生产企业应具有与所生产的医疗器械相适应的工作环境和基础设施，并应满足与产品的生产规模和质量管理要求相符合的生产能力。

三是**设备**，企业应结合自身产品的生产工艺等实际情况配备满足生产要求的相关设备，并建立生产设备台账。企业生产产品的生产规模应当和质量管理的**要求相符合。**

四是**文件管理**，企业质量管理体系的运行所需要的文件和记录，应满足《医疗器械生产质量管理规范》及《医疗器械生产质量管理规范附录定制式义齿》的相关要求。

五是**设计开发**，企业产品的设计开发的相关控制要求，应满足《医疗器械生产质量管理规范》及《医疗器械生产质量管理规范附录定制式义齿》的相关内容。

六是**采购**，企业应确定采购物料并分类，建立采购物料清单，编制物料的技术指标和质量要求。对被采购物资供方的资质、信誉、能力等进行评价，以确保物料的质量稳定性。

七是**生产管理**，企业应制定生产工艺规范和作业指导书，并按文件要求，保存活动记录。企业应明确并充分识别关键工序、特殊过程等需要进行验证的生产工艺，形成文件，并明确特殊过程的工艺参数的验证范围、工艺验证的方案、记录以及报告的要求。

八是**质量控制**，企业应建立产品放行程序文件、检验方法、留样管理制度。

此外，《指南》对提及的增材制造定制式义齿覆盖的品种及增材制造工艺及材料进行了详细界定。其中增材制造定制式义齿是指通过增材制造工艺完成的金属（内）冠、固定桥、嵌体、桩核、可摘局部义齿支架、全口义齿基托等定制式义齿产品或部件；增材制造工艺仅限于激光选区熔化工艺；增材制造工艺选用材料仅限于钴铬合金、钛和钛合金等已取得Ⅲ类医疗器械产品注册证的金属义齿制作材料。

《指南》的发布，一方面能够指导北京市医疗器械监管人员进一步认知和掌握增材制造这一新兴加工技术，提升对

相关企业的监督检查效能，同时也对增材制造定制式义齿注册人及生产企业落实主体责任，有效提升生产管理水平提供有益参考，更有助于增材制造技术在定制式义齿等医疗领域的深入推广应用。

(三)陕西省工信厅征集增材制造等 24 条重点产业链“卡脖子”补短板关键核心技术产业化项目需求清单

2023 年 8 月 15 日，陕西省工业和信息化厅正式发布《关于征集重点产业链“卡脖子”补短板关键核心技术产业化项目需求清单的通知》，面向全社会征集可以在陕西落地的“卡脖子”补短板关键核心技术产业化项目，以加快陕西省制造业重点产业链基础创新能力建设。



图 4 《关于征集重点产业链“卡脖子”补短板关键核心技术产业化项目需求清单的通知》

本次征集，重点面向目前确定的输变电装备、数控机床、乘用车（新能源）、商用车（重卡）、航空、无人机、增材制造、光子、半导体及集成电路、太阳能光伏、智能终端、物联网、新型显示、传感器、钛及钛合金、铝镁深加工、陶

瓷基复合材料、钢铁深加工、煤制烯烃（芳烃）、氢能、生物医药、富硒食品、乳制品、白酒等 24 条制造业重点产业链，征集可实现产业化的技术榜单。

通知要求，技术榜单中“卡脖子”补短板的关键核心技术必须是处于国内领先、陕西补短板技术，属于产业发展的“卡脖子”前沿技术、关键核心技术、关键零部件、材料及工艺，并且在技术攻关中已完成原理样机、小试，达到中试等成果，拥有拟转化成果的自主知识产权且无产权纠纷，具备产业化和推广应用条件，市场用户和应用范围明确，且符合陕西省 24 条重点产业链发展方向。此外，技术榜单还要明确已解决的主要技术问题、核心指标、时限要求、产权归属、适用领域、推广价值、资金投入及揭榜方需具备的条件等。

下一步，征集到的重点产业链“卡脖子”补短板关键核心技术产业化项目需求清单，将经专家论证遴选出影响力大、带动作用强、应用面广的关键核心技术，由陕西省工信厅分批次张榜发布，并由有技术需要、符合项目产业化条件的陕西省内企业揭榜，按照程序实施项目建设并给予揭榜方省级专项资金支持，通过揭榜挂帅形式，加速科技成果转移转化，不断提升科技创新对产业发展的支撑作用。

● 技术进展

(一) 增材制造燃料电池重新定义可持续能源发电

2023年8月,著名期刊《ACS Energy Letters》上发表一项最新研究成果,来自克莱姆森大学的研究人员利用增材制造技术制备出具有高功率输出和长寿命的质子陶瓷燃料电池(PCFC),这是一项具有开创性的成就,为可扩展管状PCFC的商业化带来了新的可能性,有望重新塑造可再生能源的格局。

质子陶瓷燃料电池(PCFC)是一种清洁、高效的中温发电装置,与严重依赖化石燃料的传统能源不同,PCFC使用氢、氨、酒精和可持续碳氢化合物等可再生燃料。然而,制造难度限制了它们的商业化生产和应用,特别是管状PCFC。基于此,研究团队报告了一种具有成本效益的增材制造技术,用于制造大面积管状PCFC(如15.7 cm²)。该技术的优势为可采用低成本的材料,高效地实现多孔阳极支撑、致密电解质和多孔阴极中形状尺寸控制均匀的微结构。

增材制造管状PCFC(~12.5 cm²)在650°C时的输出功率为2.45 W,同时在200 h的运行过程中验证了系统的长期稳定性。这种新颖的增材制造制造工艺为将PCFC从实验室推进到更大规模的实际应用提供了巨大的可能性。

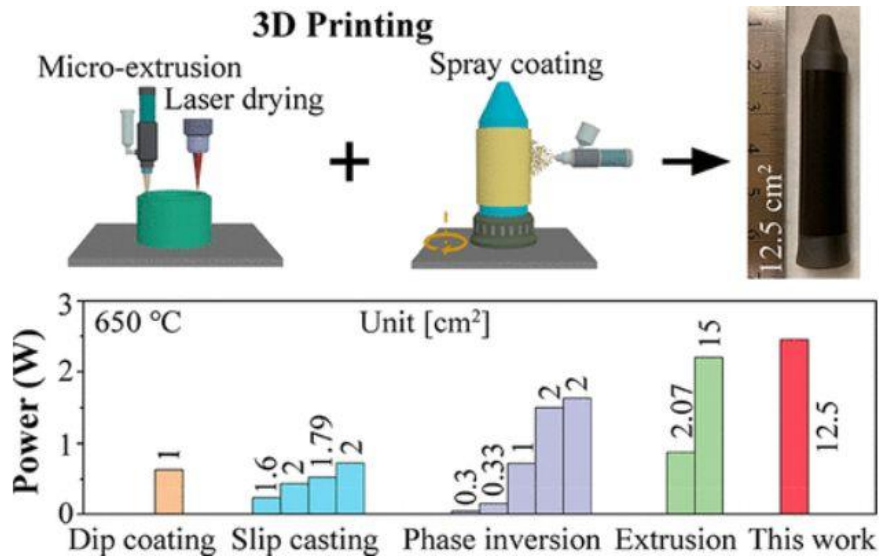


图 5 通过增材制造实现可扩展的管状质子陶瓷燃料电池

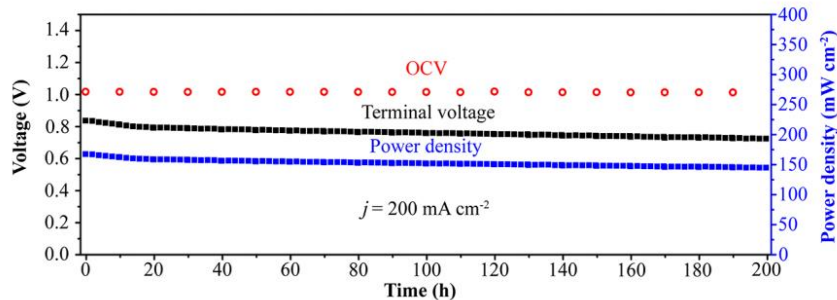


图 6 管状 PCFC 在 650 ° C 下电流密度为 200 mA cm⁻² 的长期稳定性

这项研究的独特之处在于该团队成功地在单一集成过程中增材制造燃料电池的三个关键层，具体包括管状 BCZY27- NiO 阳极支撑、致密的 BCZY27 电解质薄膜和多孔的 BCFZY0.1 阴极薄膜组成。管状 PCFC 具有增强的耐用性和密封性，使其更具弹性并适合实际应用，通过增材制造质子陶瓷燃料电池与传统制造技术相比具有更高的精度、一致性和成本效益的潜力。

尽管当前通过增材制造方式生产单个燃料电池所需的时间约为三个小时，但研究人员已经在为下一阶段的工作设想更先进的设计。凭借技术的不断进步，研究团队预计增材

制造质子陶瓷燃料电池在未来五年内有望实现商业化。随着可再生能源在全球可持续发展进程中受到越来越多的关注，通过增材制造这一先进制造技术来制备高功率输出和长寿命的质子陶瓷燃料电池，让我们得以进一步迈向更绿色、更可持续的发电方法，更高效、更有效地利用清洁能源。

参考文献：《ACS Energy Letters》期刊《3D Printing Enabled Highly Scalable Tubular Protonic Ceramic Fuel Cells》作者：Minda Zou, Jacob Conrad, Bridget Sheridan, Jiawei Zhang, Hua Huang, Shenglong Mu, Tianyi Zhou, Zeyu Zhao, Kyle S. Brinkman, Hai Xiao, Fei Peng, and Jianhua Tong.

（二）4D 增减材复合制造高精度、高度复杂结构陶瓷

2023 年 8 月，《Advanced Materials》期刊刊登一项原创性成果，来自香港城市大学的吕坚院士研究组实现了 4D 增减材复合制造形状记忆陶瓷。

陶瓷等高温结构材料的发展受限于其极高的熔点和创建复杂结构的难度。4D 打印工艺作为增强陶瓷的几何灵活性的新工具，其在陶瓷领域的应用受到繁琐的形状转变（变形）和材料转变（变质）独立分步的工艺过程、低精度的 4D 变形机制/3D 结构特征/2D 表面质量等的限制。此外，现有 4D 打印技术制备的陶瓷材料的形状不能发生变化，而现有形状记忆陶瓷的研究受限于低材料普适性、低几何灵活性、小结构尺寸、及低形状记忆功能灵活性。

基于此，研究团队开发了一种高效率 and 可扩展的 4D 形状记忆陶瓷增减法复合制造的新策略，实现了一步式变形变

质 4D 打印陶瓷，兼具高 2D/3D/4D 精度、高效率、及大尺寸；研发了具有初始/反向、整体/局部多模式形状记忆功能的宏观尺寸形状记忆陶瓷；提升了所打印复杂网格轻质结构 SiOC 基陶瓷材料的火焰烧蚀性能。该研究有望拓展高温结构材料在航空航天、3C 电子、生物医疗和艺术等领域的应用。

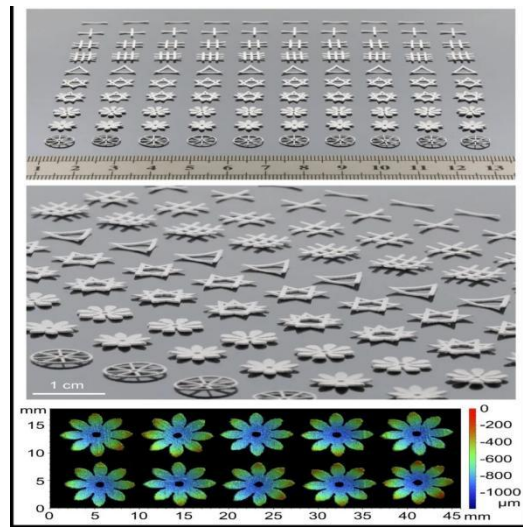


图 7 批量化高速高精 4D 打印陶瓷

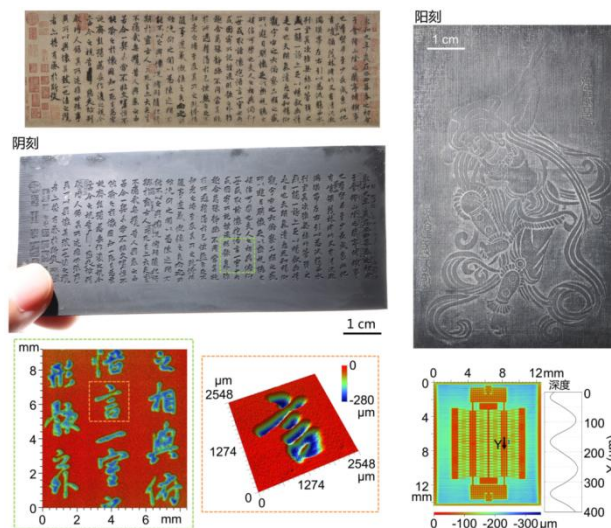


图 8 打印特征尺寸可达十微米级

研究团队研发了 4D 打印形状记忆陶瓷技术，实现了整体/局部、初始/反向多模式形状记忆功能，建立了智能化控材控形控性策略，填补了大尺寸形状记忆陶瓷、4D 打印形

状记忆陶瓷两项研究国际空白，并通过 4D 打印全陶瓷叶盘模型验证了高 4D 变形精度、大尺寸、复杂结构形状记忆陶瓷材料制备的可行性。

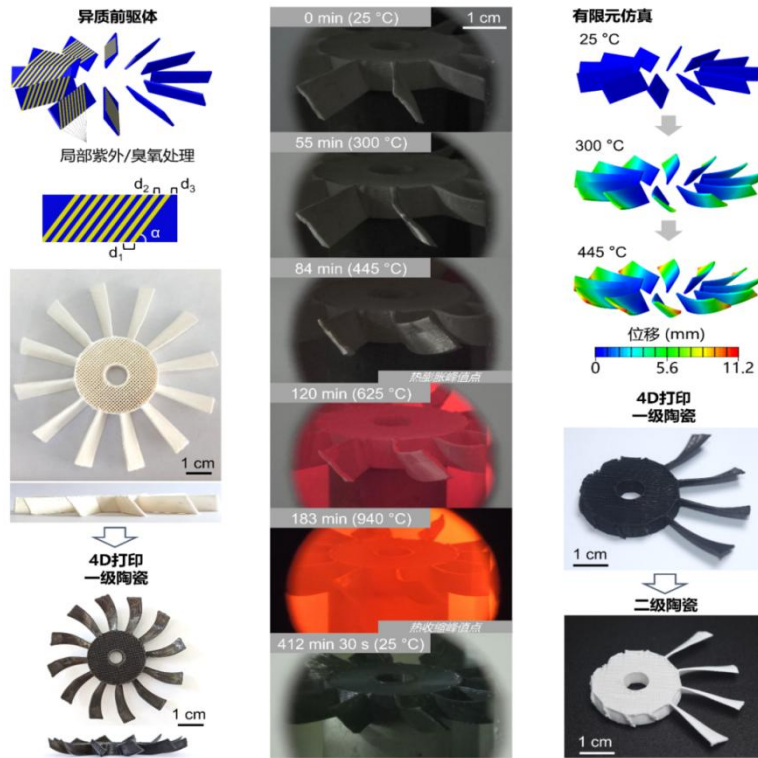


图9 4D 打印全陶瓷叶盘模型

此外，研究团队还研发了基于高能束或机械研磨的 2D/3D/4D 前驱体抛光技术，化陶瓷抛光为前驱体抛光，化曲面抛光为平面抛光，并利用前驱体在陶瓷化过程伴随的收缩效应，改善了 3D/4D 打印领域普遍存在的台阶效应，为高 2D 表面质量、复杂形状陶瓷材料的制备提供了新思路。在全陶瓷叶盘模型示范中，通过机械研磨和激光抛光，曲面陶瓷叶片的表面粗糙度分别降低了 65%和 37%，有助于延长叶片的使用寿命。

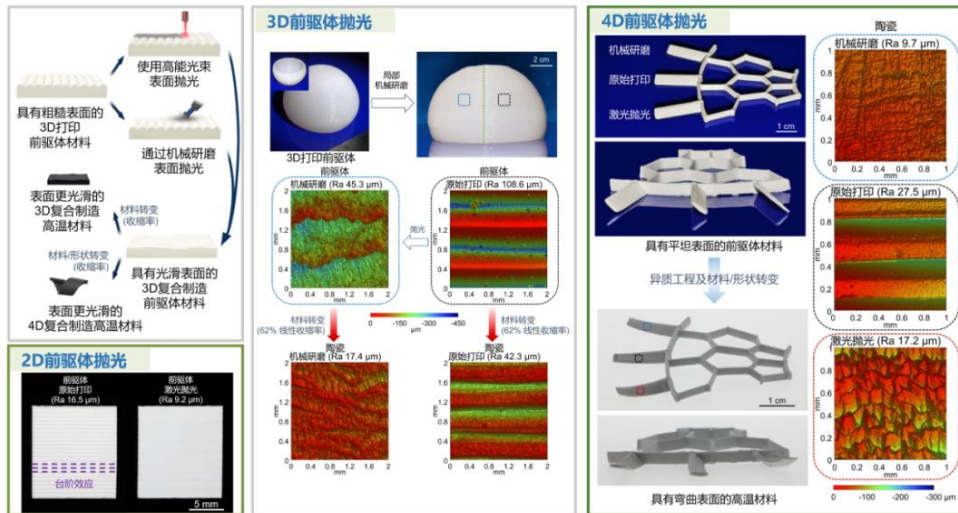


图 10 先驱体抛光技术

研究人员针对 SiOC 非晶陶瓷材料高温应用受限的痛点，探究了原子层沉积 (ALD) 技术对 3D/4D 打印复杂网格轻质结构 SiOC 基陶瓷材料火焰烧蚀性能的提升作用机制，拓展了复杂结构 SiOC 基陶瓷材料的高温应用前景。研究表明，该研究的 3D/4D 可打印复杂结构 SiOC 基陶瓷也表现出异常的高火焰烧蚀性能。Al₂O₃ 沉积的纳晶-非晶双相 (NCADP) 陶瓷网格的火焰烧蚀性能明显高于未受原子层沉积的对应物。在 1400 °C 的火焰烧蚀试验 (1 分钟) 中，Al₂O₃ 沉积的 AlON - SiOC NCADP 陶瓷网格表现出的热稳定性，是典型热障涂层 (TBC) 增强的 IN718 合金块材的 6 倍。所制备的陶瓷网格的平均密度为 1.2-1.9 g cm⁻³，是 TBC 增强的 IN718 合金块材的 16%-25%。所制备的 Al₂O₃ 沉积的 NCADP 陶瓷可在高达 1500 °C 的火焰烧蚀试验 (1 分钟) 中保持其网格结构，其试验前后的比质量变化只有 0.9 mg cm⁻²。

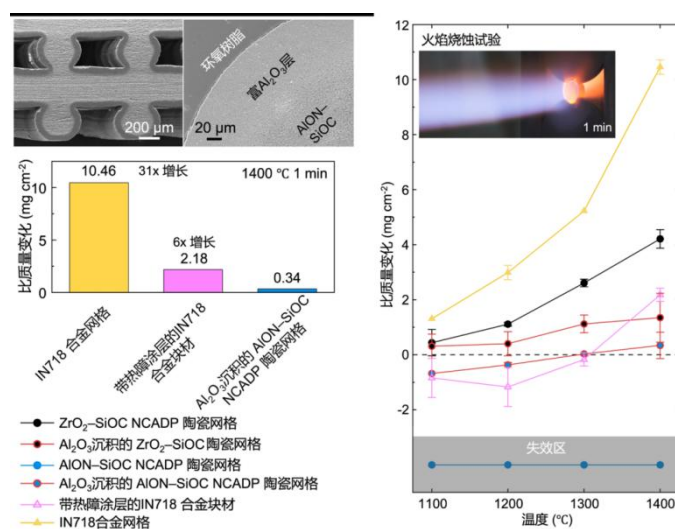


图 11 火焰灼烧试验

据悉，该研究首次实现了 4D 增减材复合制造陶瓷，亦首次实现了 4D 打印形状记忆陶瓷。研究团队提出的 4D 增减材复合制造形状记忆陶瓷技术可实现高精度（十微米级），大尺寸（十厘米级），超快的前驱体转变为陶瓷的速度（几秒钟内），以及前驱体材料的快速制造（批量生产能力），有力推动了陶瓷 4D 打印技术的潜在应用发展，有望应用于航空航天（全陶瓷整体涡轮叶盘、可变形热防护系统，太空折叠系统，在轨制造和修复，原位太空打印和殖民等）、3C 电子（可折叠陶瓷手机背板、微机电系统等）、生物医疗（生物植入物等）、和艺术（文物研究和修复、首饰、装饰品等）等领域。

参考文献：《Advanced Materials》期刊《4D Additive - Subtractive Manufacturing of Shape Memory Ceramics》作者：Guo Liu, Xiaofeng Zhang, Xinya Lu, Yan Zhao, Zhifeng Zhou, Jingjun Xu, Jianan Yin, Tao Tang, Peiyu Wang, Shenghui Yi, Jiafeng Fan, Xueshi Zhuo, Yu Hin Chan, Wui Leung Wong, Haidong Bian, Jun Zuo, Yu Dai, Jian Wu, Jian Lu

（三）增材制造骨支架实现梯度密度颌骨功能性重建

2023年8月，浙江大学医学院附属口腔医院谢志坚教授团队与浙江大学化学系唐睿康教授团队、机械工程学院贺永教授团队合作，通过深入剖析颌骨组织与长骨组织在结构上的异同，明确颌骨在生理过程中的特殊的解剖基础，并根据现有研究制备了一种新型功能化纳米墨水，通过光固化增材制造技术制造了具有天然颌骨微结构的仿生骨支架，为未来研发具有生理功能的骨移植体提供了新的思路。

临床的颅面骨缺陷通常采用骨移植的方式进行治疗，为避免自体 and 异体移植的诸多缺点，造骨异体移植（Bio-Oss）逐渐流行起来。近年来，为了设计出更多合适的仿生骨，生物增材制造技术的兴起为个性化修复骨缺损提供了有利的条件。然而，生物增材制造技术相关研究更多是针对长骨进行设计的，相比之下，具备更复杂咀嚼功能的颌骨研究甚少。颌骨组织工程支架的设计不仅要考虑高效的骨诱导性能，还需恢复天然颌骨微结构以适应生理性咬合负荷。现有的骨组织工程支架大多强调骨量的再生，而忽略了功能相关的结构重建。

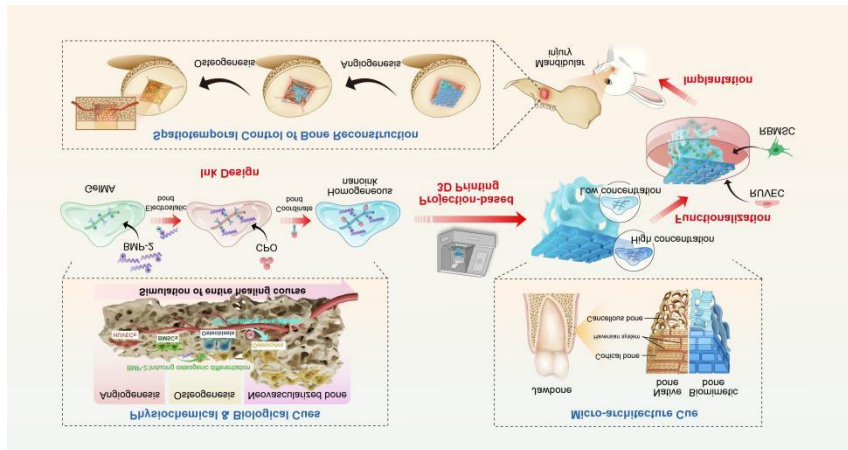


图 12 仿生骨支架制备示意图

从宏观角度看，颌骨拥有典型的皮质骨和松质骨结构，皮质骨含哈弗氏系统保证着血液营养供应，松质骨则为沿咬合力方向分布的网状结构，支撑并分散着咀嚼应力的同时，维持颌骨快速的代谢活动。从微观角度看，骨再生过程中涉及炎症阶段、骨形成阶段和骨矿化成熟阶段，其中间充质干细胞的有效成骨向分化和骨基质的快速矿化是最为核心的再生过程。因此，研究人员将骨形成蛋白和前期研发的纳米级磷酸钙加入到墨水中，通过静电作用和配位键的结合实现有机无机复合纳米墨水的构建，同时设计含有哈弗氏脉管系统的皮质骨和三周期最小曲面为基本结构单元的多孔状松质骨，利用高精度投影式光固化增材制造技术构建了仿生骨支架。

家兔颌骨缺损模型证实，该仿生骨支架能高效诱导新骨的生理性重建，且降解速度与再生速度匹配。与口腔临床最主流的骨修复产品 **Bio-Oss** 骨粉相比，后者诱导的新骨组织虽然密度较高，但缺乏典型的皮质-松质样密度梯度结构，导

致在模拟植入种植体并负载生理性咀嚼力时出现了种植体周围的应力集中，而仿生骨支架诱导的近似天然的新生组织使得应力能在皮质骨的介导下分散至更为广泛的松质骨区域，降低了种植体周围的平均应力，为其行使正常咀嚼功能、确保远期治疗效果提供了结构基础。

该项工作提出从多维度构建仿生体系，理想地解决了具有复杂咀嚼功能的颌骨缺损再生修复，该功能为导向的组织工程策略为功能化再生医学提供了新思路。

参考文献：《Advanced Functional Materials》期刊《A Hierarchical 3D Graft Printed with Nanoink for Functional Craniofacial Bone Restoration》作者：Yang Shi, Jue Shi, Yuan Sun, Qiqi Liu, Chun Zhang, Changyu Shao, Kang Yu, Mingjie Ge, Rui Mi, Jingyi Gu, Wenzhi Wu, Weiyang Lu, Zhuo Chen, Yong He, Ruikang Tang, Zhijian Xie

● 行业动态

（一）多家联盟成员单位宣布中标第二届全国技能大赛，成为设备、软件供应商

2023年8月，西安铂力特、联泰科技、远铸智能、先临三维、Geomagic 杰魔等多家中国增材制造产业联盟成员单位宣布成功中标中华人民共和国第二届职业技能大赛，成为相关赛项的设备实施或软件支持单位。



图 13 中华人民共和国第二届职业技能大赛

据悉，人力资源和社会保障部从 2020 年开始，定期举办中华人民共和国职业技能大赛，简称全国技能大赛，这是新中国成立以来，规格最高、项目最多、规模最大、水平最高、影响最广的综合性国家职业技能赛事。

西安铂力特：作为本次增材制造赛项中指定的金属增材制造设备提供商，铂力特将专供 16 台 BLT-A300+设备用于

增材制造赛项，并组建专业赛项服务小组给予一线支持，为赛事提供设备支持、技术保障及服务工作，确保参赛人员能够充分发挥设备的潜力、创造优异成绩。据悉，BLT-A300+设备之所以再次成功入选国赛-世赛选拔项目增材制造赛项指定 SLM 金属打印机，源于在第一届国赛中良好的安全性和较强的稳定性，同时，铂力特保障团队在赛事的前、中、后期提供严谨、细致、全天候的服务，帮助参赛选手赛出风采、赛出水平。

联泰科技：作为本次增材制造赛项中指定的光固化增材制造设备提供商，联泰科技将提供 16 台光固化增材制造设备 AME RH2500，并组建专业赛项服务小组给予现场支持，为赛事提供软件+硬件+服务的全方位服务，确保参赛者良好发挥并取得优异的成绩。

远铸智能：远铸智能中标世赛选拔项目 CAD 机械设计赛项设备支持单位，将专供 34 台 FUNMAT PRO 310E 增材制造设备和专用耗材用于 CAD 机械设计赛项，并组建现场技术支持团队，支持现场选手作品模型的打印及封存，确保充分发挥增材制造设备的性能，精准再现选手的设计创意。

先临三维：先临三维 EinScan Pro EP 多功能三维扫描仪中标世赛选拔项目 CAD 机械设计赛项设备设施支持单位。作为第一届中华人民共和国职业技能大赛的官方合作伙伴及赞助商，先临三维再次为全国职业技能大赛提供技术保障

工作。先临三维所提供的高精度 3D 视觉产品凭借其性能稳定，精度出色的优势，不断在国际赛事中彰显“中国创造”硬核科技的强大实力。

Geomagic 杰魔： Geomagic 杰魔提供国赛精选 CAD 机械设计、世赛选拔增材制造、国赛精选增材制造设备操作。作为国赛的长期合作伙伴，杰魔一如既往积极响应国家职业人才培养政策，通过提供专业软件技术支持和专家课程培训，为参赛选手提供全方位的指导和帮助，使选手们获得对 3D 建模更深层次的认知，也为未来从事增材制造行业打下专业基础。

技能人才队伍是支撑中国制造、中国创造的重要基石，对推动经济高质量发展具有重要作用。未来，将会有更多的增材制造企业以专业的知识和成熟的助赛经验持续赋能各项增材制造赛事，进一步推动增材制造技术领域相关教育体系的建设，完善增材制造人才培养机制，为我国高素质职业技能人才的培养以及工匠精神的弘扬添砖加瓦，为我国增材制造的产业发展贡献出自身的力量。

（二）美国国防部延长与 AML3D 的合金测试合同，进一步深化国防增材制造应用

2023 年 8 月，澳大利亚大幅面增材制造装备制造商 AML3D 宣布了一项重要决定，他们将延长与美国海军潜艇

项目的合同，继续深入进行镍铝青铜（**NAB**）合金的表征和强度测试工作。今年 3 月，该公司与美国国防企业科技公司签署了一项合金表征和测试计划的合同，旨在通过利用 AML3D 的电弧增材制造（**WAAM**）技术，为美国国防部提供高质量、可定制的金属部件。

据悉，新的续约合同与专注于支持美国海军潜艇工业基础的增强和维持（包括通过先进制造技术的开发实现）的非营利性中立集成商 **BlueForge Alliance** 签署，合同价值约为 28 万美元（折合人民币约为 204 万人民币）。测试工作将立即在 AML3D 位于阿德莱德的工厂中展开，并计划持续进行 8 至 10 周的时间。该公司表示，新的续约合同旨在巩固 AML3D **ARCEMY** 金属增材制造技术在满足美国海军潜艇项目特定标准方面的能力，这不仅是一项业务决策，更是该公司持续战略的重要一步。

AML3D 的临时首席执行官 **Sean Ebert** 表示：“我们很高兴能够继续进行 **NAB** 合金的表征和强度测试，以支持美国国防部门采用 AML3D 的 **ARCEMY** 金属增材制造技术。该合同进一步证明了我们在美国扩大战略方面的取得成果，以及与美国海军潜艇工业基地长期战略合作伙伴关系的不断发展。”



图 14 AML3D 的大幅面增材制造系统 ARCEMY X-Edition 6700

此外，今年 2 月 AML3D 还宣布成功销售了一台大规模工业级的 ARCEMY X-Edition 6700 金属增材制造系统，以支持美国海军实施 WAAM 技术。据悉，这款 WAAM 系统在迅速提供组件供应方面对于美国海军潜艇工业基地至关重要，被认为是 AML3D 最全面的 ARCEMY 系统之一。目前，这台增材制造装备已经部署在田纳西州橡树岭国家实验室，价值约为 100 万澳元（约 480 万人民币）。

增材制造技术的应用能够有效缓解海军潜艇供应链中日益严重的全面积压等问题，加之增材制造在重工业中使用的可行性，以及与先进制造生产线中其他标准元件的兼容性，使得该技术有望在国防领域中大放异彩。

（三）连续纤维增材制造开创者 Anisoprint 总部迁至中国，实现技术国产化

2023 年 8 月，全球知名的连续纤维增材制造公司 Anisoprint 宣布，已经将公司整体搬迁至中国并更名为阿奈

索三维打印有限公司，以上海为营销中心，苏州常熟为研发制造总部，并已于今年7月在国内完成了数千万元人民币的首轮融资。这一举动标志着连续纤维增材制造这一曾被视为“卡脖子”的关键技术，如今实现了技术国有化和装备国产化。



图 15 阿奈索三维打印有限公司苏州研发制造总部

Anisoprint 起源于俄罗斯航天局的一个宇宙飞船建造项目，由四位世界航空航天领域顶尖的复合材料科学家于“俄罗斯硅谷”——斯科尔科沃创新中心联合创立。初创团队经过不断的探索与研究，成功地攻关了连续纤维增材制造这一世界性的技术难题，并开发出了独特的复合纤维共挤技术（CFC），且顺利向市场推出了桌面级和工业级的连续纤维增材制造装备。

CFC 技术可灵活地改变纤维排布方向、体积比和材料密度，在全世界范围内唯一做到将连续纤维直接以点阵结构进行增材制造。传统的点阵结构复合材料制备工艺复杂，流程漫长，得益于 CFC 技术带来的灵活的纤维体积分数，

Anisoprint 产品可以打印出多种形状的点阵结构连续纤维填充，在大幅降低制造成本与制造时间的同时，保持结构强度的均衡分布，能够快速为客户制作出坚韧可靠，灵活轻盈的最终零部件。

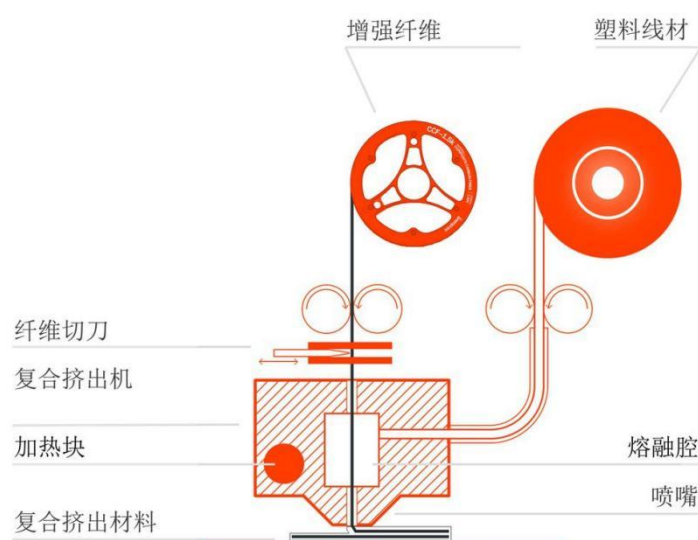


图 16 CFC 复合纤维共挤技术

当前，连续纤维增材制造以其高强度、高刚度和轻量化特性，已被成功应用于航空航天、汽车工业、医疗器械和工业制造等领域。借助中国完备的工业体系以及丰富的应用场景优势，Anisoprint 在中国的发展既是全新的开始又是不可多得的机遇，必将进一步探索开发出更加智能、高效、灵活、便捷的复合材料点阵结构，为增材制造在各领域的深化应用带来更大的可能。

● 典型应用

（一）“增材制造+铸造技术”试制新能源汽车铝合金副车架机

2023年8月,湖州美迈科技有限公司(简称“美迈科技”),采用增材制造结合铸造技术和专用铝合金材料,试制出新能源汽车副车架成品,在新能源汽车行业蓬勃发展的今天,有望为副车架的研发生产带来变革。



图 17 美迈科技新能源汽车副车架

据介绍,美迈科技此次试制的副车架,拥有高度功能集成,多连接点可用于安装控制臂、支柱和稳定器、电驱动装置以及将部件连接固定在车身上。值得一提的是,在压铸工艺中,通过集成到铸造过程中的中空型材创造了一个封闭的空腔,与上壳体的拓扑优化设计相结合,满足了所有强度、

刚度和噪声、振动与声振粗糙度（NVH）的要求。副车架的整体设计则避免了复杂的连接过程，减少各种单一部件的生产组装工序，降低产品的生产成本。

该试制的副车架采用无模化快速制造，在试制之前，美迈科技就基于先进的砂型增材制造技术和专业的 RWP 铸造模拟软件进行浇铸系统设计、充型、凝固。完成以上工作后进行砂型拆分、增材制造，进行合箱浇铸，可以有效缩短工期，最终得到副车架零件。

随着新能源汽车技术的不断发展，电池性能不断变化，电动汽车底盘平台不断升级，动力总成也有后驱驱动的发展趋势，这些变化对新能源汽车副车架不断提出新的要求，也为副车架的研发、生产、交期带来挑战。采用增材制造+铸造的方式，可以不受传统成型方式的束缚，在研发过程中也可以多次更改设计、快速制样，能够有效帮助新能源汽车相关企业快速研制，抢占先机，积极助力我国新能源汽车产业的蓬勃发展。

（二）雷尼绍为英国场地自行车队提供增材制造零件， 显著提高自行车性能

2023 年 8 月，国际领先的增材制造企业雷尼绍宣布与英国自行车队及其他合作伙伴合作，利用增材制造技术开发新型 Hope-Lotus 场地自行车。英国场地自行车手将在 2023 年

于格拉斯哥举行的 UCI 自行车世界锦标赛上使用这款自行车，然后参加 2024 年巴黎夏季奥运会。



图 18 Hope-Lotus 场地自行车的座椅

据悉，为了进一步开发这款增强型自行车，雷尼绍利用增材制造技术快速生产塑料和金属原型零件，包括来自 Lotus Engineering 的前叉和车把以及 Hope Technology 的 HBT Paris 车架，并对新设计进行空气动力学测试，确保零件重量轻、几何形状正确且足够坚固，能够承受骑手的压力。雷尼绍在确认这些零件可行性后，使用其 RenAM 500Q 增材制造装备为竞赛自行车制造铝和钛零件。



图 19 雷尼绍 RenAM 500Q 增材制造装备

RenAM 500Q 采用四台高功率 500W 激光器，能够同时照射整个粉床表面，其成型率明显高于以前的系统，从而大大提高了生产率并降低了单位成本，能够生产高质量的金属零件。此外，RenAM 500Q 还具有智能气流系统，有助于消除激光路径中的工艺排放，从而形成稳定的加工环境。

雷尼绍增材制造总监 Louise Callanan 表示：“非常高兴看到新款自行车能够在 2023 年 UCI 自行车世界锦标赛上首次亮相。与英国自行车协会合作是一个绝佳的机会，可以展示我们的增材制造技术，能够帮助提高自行车的性能并对骑手的骑行进行优化。”

英国自行车队表现总监 (Stephen Park) 表示：“我们与 Lotus 工程公司、Hope Technology 和雷尼绍的合作关系正在不断加强，这些公司结合了高质量的制造标准、著名的轻量化设计、空气动力学效率以及对细节的敏锐洞察力，帮助我们提高了自行车的性能，可以说，这是英国运动员骑过的最先进的自行车之一。”

(三)激光器巨头 Coherent 推出新陶瓷增材制造技术， 用于半导体热管理系统

2023 年 8 月，美国专业激光器制造商 Coherent 公司宣称开发出一种新的陶瓷增材制造工艺，取代现有的注射成型工

艺，对下一代半导体设备市场以及芯片封装具有特别的潜力。据悉，Coherent 很有可能利用自己的激光器技术优势，实现直接激光烧结陶瓷粉末材料，实现陶瓷增材制造。



图 20 Coherent 公司的注射陶瓷部件

Coherent 公司专有的增材制造工艺生产的陶瓷组件，可实现高达 365 GPa 的弹性模量和 290 MPa 的弯曲强度，是各种半导体设备的理想选择，包括光刻、沉积和蚀刻；也是具有集成冷却通道的高级封装组件以及 CPU 和 GPU 等高性能计算机处理器的绝佳解决方案。

关于陶瓷增材制造工艺的成功开发，Coherent 工程材料和激光光学业务部高级副总裁 Steve Rummel 表示：“陶瓷增材制造使组件变得更轻且具有全新的几何形状，这正是下一代半导体设备设计所需。迄今为止，与传统模制陶瓷部件相比，这些部件的质量和精度较低。通过这一创新突破，我们的客户将能够获得双重好处。我们正在迅速行动，在加利福尼亚州特曼库拉建立新的陶瓷增材制造生产线。此外，我们还与客户合作制定了战略路线图，以扩展增材制造能力，从

陶瓷材料扩展至更广泛的材料，包括金属。”

从 **Coherent** 公司与它的客户为增材制造合作制定的“战略路线图”中能够看出，增材制造正在积极融入美国半导体供应链的未来发展结构中。除半导体热管理系统领域外，增材制造技术还能够应用于制造和修复半导体生产中所使用的高价值机器和通用硬件。半导体行业庞大的市场规模，将为增材制造带来更加广阔的应用空间，增材制造技术的加持，同样为半导体行业的高速发展注入新的动力。

● 成员展示

西安欧中材料科技有限公司

西安欧中材料科技有限公司（简称欧中科技）是西北有色金属研究院（集团）下属的专业从事金属球形粉末及制件生产与服务的国家级高新技术企业，自成立以来通过“引进消化吸收再创新”，组建了具备国际先进水平的国内首条超高转速（30000rpm）等离子旋转电极雾化（SS-PREP®）金属球形粉末工业化生产线和国内首条高温合金粉末盘“超高转速 PREP 粉末+热等静压 HIP”（SS-PREP Disk®）短流程生产线，主要致力于钛合金、高温合金及其他金属球形粉末制备，发动机叶片的精深加工服务，粉末冶金制件、增材制造金属丝材的研发、生产及货物的进出口贸易等。



图 21 西安欧中材料科技有限公司

作为国内高端金属球形粉末材料的领军企业，欧中科技

在高端新材料、新技术的研发和推广应用方面具有较强的自主创新能力，依托西安市院士专家工作站、特种金属球形粉末工程研究中心和增材制造金属材料工程实验室等创新研发平台，先后承担国家省市级各类科研项目 60 余项，同时组建了一支以工程院院士、全国杰出专业技术人才、新世纪百千万人才、国务院政府特殊津贴专家、国家万人计划百千万工程领军人才为带头人、以 7 名材料专业博士和 20 余名材料及机械专业硕士为骨干的专业技术创新研发团队。

欧中科技始终秉承“品质为本、要求为尚、服务为您”的理念，不断开拓进取，满足客户不同需求，提供符合要求的产品体系。此外，欧中科技也在不断探索增材制造、粉末冶金、喷涂等应用领域的技术发展，通过掌握更多的核心技术以不断提高企业以及行业的核心竞争力。

报：工业和信息化部装备工业一司，各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆
生产建设兵团工业和信息化主管部门

送：联盟各成员单位

工业和信息化部装备工业发展中心

中国增材制造产业联盟

通讯地址：北京市海淀区万寿路 27 号院 8 号楼 13 层

邮政编码：100846

联系电话：010-63942029

欢迎联盟企业提供各版块相关信息

供稿邮箱：amac@miit-eidc.com.cn



联盟官方网站



微信公众号