

增材制造产业发展 简报

2022年10月31日

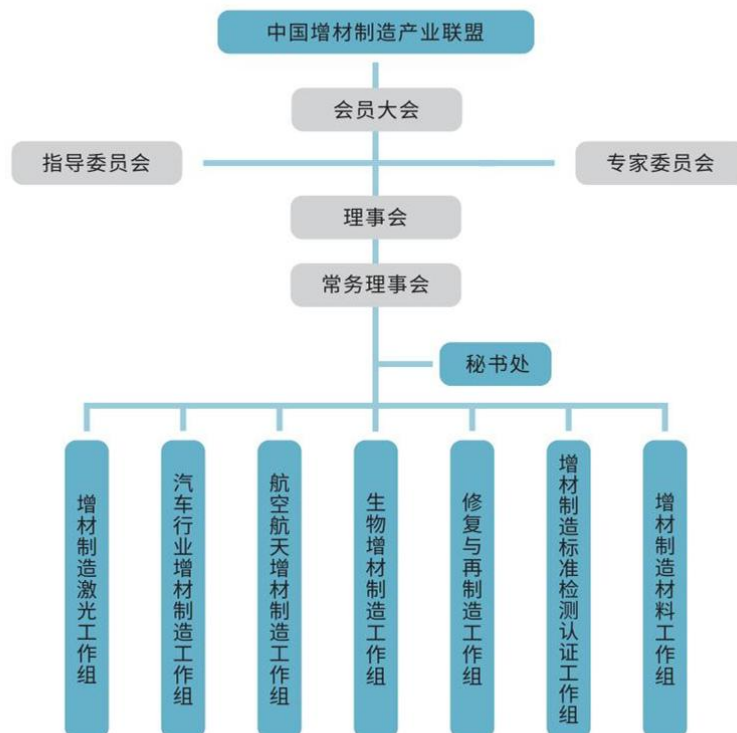
第10期

总第038期

【内容提要】

- 本期关注：工业和信息化部规划司征集重点产品、工艺“一条龙”应用示范推进机构
- 政策追踪：五项增材制造相关项目入选“机械工业科学技术奖”
- 技术进展：增材制造锌镁支架的腐蚀疲劳行为及抗疲劳机理
- 行业动态：《先进制造业国家战略》发布，明确增材制造发展方向
- 典型应用：增材制造变压器外壳助力中海油导向钻井技术实现突破
- 成员展示：上海漫格科技有限公司

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

工业和信息化部规划司征集重点产品、工艺“一条龙”应用示范推进机构

2022年10月19日,工业和信息化部规划司现开展2022年度重点产品、工艺“一条龙”应用示范推进机构征集工作,以加快推动优质基础产品和先进工艺推广应用,着力解决“不好用、不敢用”难题。

该项目以推动优质基础产品和工艺应用示范为目标,采用揭榜挂帅模式遴选推进机构,聚焦“高端增材制造装备用扫描振镜”等16个重点方向,由推进机构组织产业链上中下游、产学研各环节推动上述重点产品、工艺的适配应用,促进形成整机(系统)和基础产品互动发展、上中下游互融共生的产业链协同创新格局。

2019年,增材制造相关项目“高性能难熔难加工合金大型复杂增材制造(3D打印)‘一条龙’应用计划”成功被纳入第三次重点产品、工艺“一条龙”应用示范的征集范围。该项目瞄准高端应用领域,以产业链上下游供需能力为基础,以铝合金、钛合金、高温难熔难加工合金等高性能合金大型复杂构件高效工艺、系列化工程化成套装备、质量和性能控制及工程化应用等关键环节的基础材料、工艺和装备为导向,推动相关重点项目建设和技术突破,形成上下游产业

对接的应用示范链条，对于推动增材制造产业和技术发展具有极强的示范效应。

此次，工业和信息化部装备工业发展中心作为增材制造相关项目推进机构的申报单位，由中国增材制造产业联盟协助组织相关产业链上中下游单位。该项目聚焦扫描振镜关键指标，以提升扫描振镜可靠性和稳定性为基础，开展激光选区工艺优化，编制相关工艺规范或标准，增强国产高端增材制造装备服务航空、船舶等领域的能力。



图 1 高性能难熔难加工合金大型复杂增材制造（3D 打印）“一条龙”应用计划

● 政策追踪

(一) 五项增材制造相关项目入选“机械工业科学技术奖”

2022年10月20日，中国机械工程联合会和机械工程学会联合发布《关于表彰2022年度“机械工业科学技术奖”奖励项目的通知》。共表彰奖励项目446项，其中技术发明奖25项，科技进步奖421项。其中，增材制造技术相关奖项5项，分别包括技术发明奖2项和科技进步奖3项，具体如下表所示。

表1 增材制造企业获“机械工业科学技术奖”情况

奖项类型	奖项名次	获奖项目	完成单位
技术发明奖	二等奖	低成本高性能钛金属粉末近终成形制造关键技术	北京科技大学、中国航发北京航空材料研究院、深圳艾利佳材料科技有限公司、航天增材科技(北京)有限公司
技术发明奖	二等奖	材料-结构-性能一体化激光选区熔化技术及应用	华中科技大学、北京卫星制造厂有限公司、中国地质大学(武汉)
科技进步奖	二等奖	复杂关键铸件砂型增材制造成形技术	沈阳铸造所有限公司、一汽铸造有限公司、康硕电气集团有限公司、沈阳铸研科技有限公司
科技进步奖	三等奖	GB/T 37463-2019《增材制造塑性材料粉末床熔融工艺规范》国家标准	中级生产力促进中心有限公司、上海材料研究所、华中科技大学、湖南华曙高科技股份有限公司、无锡市检验检测认证研究院
科技进步奖	三等奖	工业级大幅面高速高精光固化增材制造关键技术与成套装备	湖南理工学院、苏州大学、苏州中瑞科技股份有限公司

中国机械工业科学技术奖的宗旨在于表彰在机械工业科技工作中做出突出贡献的单位和个人，鼓励机械工业广大

科技工作者的积极性和创造性，促进机械工业科学技术的发展，提高我国机械工业的综合实力和水平。望获奖企业后续努力做好获奖科技成果的推广工作，加速科技成果转化，为促进机械工业科技进步做出更大贡献。

中国机械工业联合会文件 中国机械工程学会

中机联科〔2022〕194号

关于表彰 2022 年度“机械工业科学技术奖” 奖励项目的通报

各有关单位：

2022 年度“机械工业科学技术奖”拟授奖项目公示工作已结束。现决定表彰奖励项目共 446 项，其中，特等奖 5 项、一等奖 41 项、二等奖 178 项、三等奖 222 项。

现将获奖名单予以公布。各获奖单位可根据国家或地方有关规定给予获奖人员相应奖励。

图 2 关于表彰 2022 年度“机械工业科学技术奖”奖励项目的通报

2023 年中国机械工业科学技术奖推荐工作预计将在 2023 年 3 月份进行，请各增材制造相关企业关注“中国机械工业科学技术奖”官网，并提前准备相关资料。

（二）深圳市将大力扶持“激光与增材制造”等 2023 年战略新兴产业

2022 年 10 月 18 日，深圳市工业和信息化局发布《2023 年战略性新兴产业扶持计划（工业母机、智能机器人、激光

与增材制造、精密仪器设备、海洋装备、智能网联汽车、医疗装备)项目申报指南的通知》(以下简称“通知”)。

通知显示,该计划支持领域主要涵盖工业母机、智能机器人、激光与增材制造等七大领域,旨在扶持产业链关键环节提升项目、产业服务体系项目、国家配套项目。激光与增材制造领域将重点支持超快激光精细切割、超薄晶圆激光切片机、Micro-LED 激光剥离、巨量转移等激光装备,以及相关打印设备、增材制造装备和核心零部件。



图 3 深圳市工信局发布 2023 年战略新兴扶持计划申报指南

通知明确,项目申请将采用事后资助的方式,分为产业链关键环节提升项目、产业服务体系项目、国家配套项目进行资助。其中产业链关键环节提升项目、产业服务体系项目,单个项目获支持的金额最高不超过 300 万元。国家配套项目,按照项目中深圳市的申报单位获国家资助资金实际到账金额最高 1:1 予以配套,单个项目配套资金最高不超过 1500 万元,且配套资金与国家资助金额总和不超过项目总投资的 40%。

● 技术进展

增材制造锌镁支架的腐蚀疲劳行为及抗疲劳机理

锌镁(Zn-Mg)合金由于其可控的降解速率、良好的机械强度和优异的生物相容性，已经成为最有潜力的生物可降解骨科替代材料。传统的方法(如铸造、轧制)已被用于锌镁合金的制造，但在复杂形状结构件中控制合金元素的均匀性仍然是一项学术难题。

华中科技大学科研团队通过激光选区熔化成形技术制造了一种具有优异的耐疲劳极限和抗疲劳性能的锌镁多孔支架。并对锌镁支架的组织演化、腐蚀疲劳行为及抗疲劳机理进行了探究。

在纯锌支架的显微组织中可以观察到大小范围在 $1\sim 10\mu\text{m}$ 的板条状晶粒，而锌镁支架中则为任意分散的细小的胞晶和柱状亚晶粒($<1\mu\text{m}$)和枝晶，激光选区熔化锌镁支架的晶粒尺寸远小于铸造锌镁支架(大约 $30\mu\text{m}$)，晶粒尺寸的细化可能由于镁元素的晶粒细化能力及增材制造成形过程中的快速凝固形成的温度梯度。在 HAADF 图像中观察到枝晶颗粒和共晶结构(图 4e)，TEM-EDS 图谱分析表明镁元素在共晶相中相对富集，Mg 的加入促进了板条粗晶向细晶+柱状晶的转变和 $\text{Mg}_2\text{Zn}_{11}$ 沉淀的产生。而熔池中的强对流和快速凝固有利于元素的扩散和均匀化。

腐蚀疲劳测试结果表明激光选区熔化纯锌和锌镁支架的疲劳强度分别为 9.59 MPa(累积应变为 2.82%)和 31.4

MPa(累积应变为 2.35%)。纯锌支架的高应力/屈服应力比(0.8)可能在于其良好的延展性，合金元素 Mg 的加入可以提高锌基体的腐蚀疲劳强度，并减少其应变积累。而支架的应变累积主要是由疲劳棘轮效应引起的。结果表明，两种支架在腐蚀疲劳过程中均未出现穿透性裂纹，具有良好的抗疲劳能力。

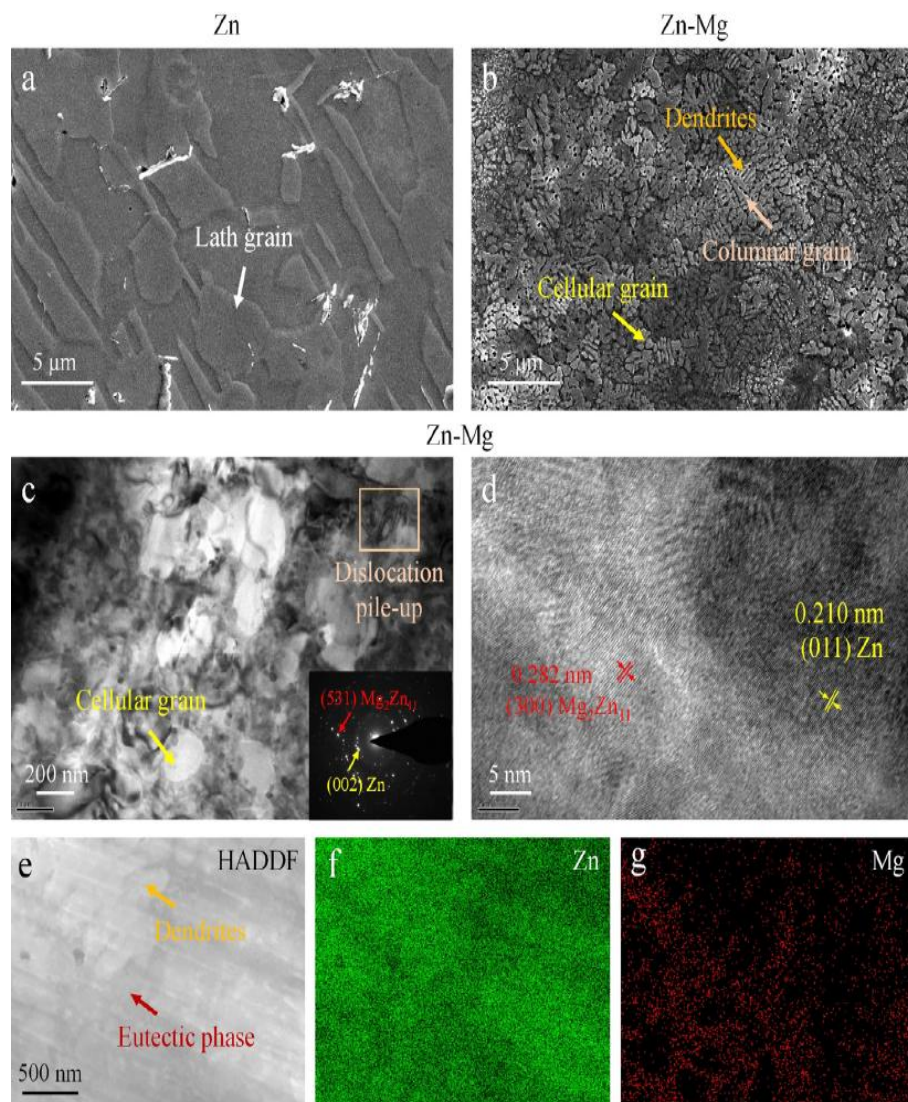
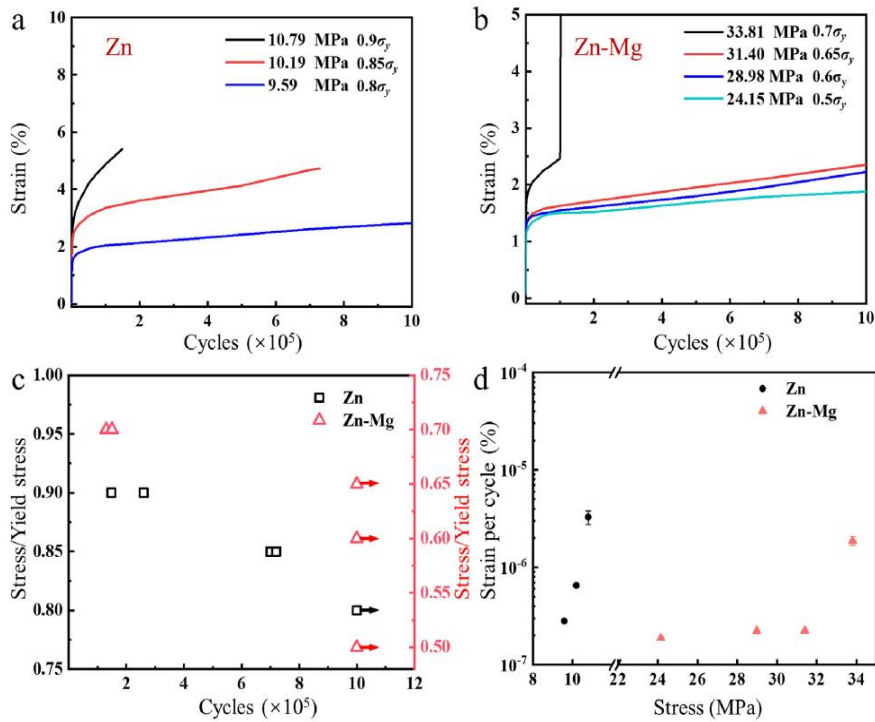


图 4 Zn 与 Zn-Mg 支架的显微组织分析

支架的晶粒细化、位错堆积和应力分布均匀有助于提高抗疲劳能力和降低疲劳损伤应变。锌镁支架表面形成的腐蚀产物有利于抑制疲劳棘轮和疲劳损伤。锌镁支架晶界的位错

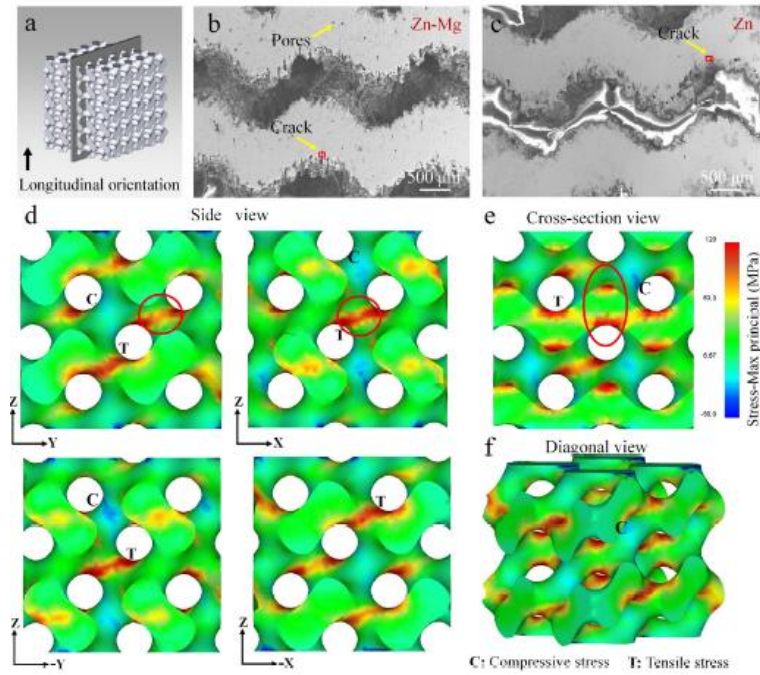
堆积和固溶相能够延缓裂纹尖端的扩展，抑制晶粒的过度粗化，提高支架的疲劳寿命极限，抑制支架的择优取向。更重要的是，锌镁支架可以通过适度的晶界迁移来消耗疲劳能量，减少其塑性变形。



(a, b) 纯锌、锌镁合金支架的累积应变曲线 (c)应力/屈服应力与循环率的关系
(d)不同应力下每个周期的累积应变

图 5 纯锌、锌镁合金支架在不同载荷下的腐蚀疲劳性能

生物可降解金属的增材制造在骨组织再生医学中展现出**前所未有的**前景，腐蚀疲劳性能是影响增材制造生物降解支架性能的关键因素之一。在该研究中制造一种具有良好疲劳极限和抗疲劳能力的锌镁陀螺支架，对其进行了测试表征，表明增材制造的锌镁支架在治疗承重骨缺损方面具有良好的潜力。



(a)纵向方向图;(b, c) Zn- Mg 和 Zn 支架的截面;(d-f)有限元模拟。

图 6 LPBF Zn 和 Zn-Mg 支架的断裂行为分析

翻译自《Acta Biomaterialia》杂志《Corrosion fatigue behavior and anti-fatigue mechanisms of an additively manufactured biodegradable zinc-magnesium gyroid scaffold》作者: DanleiZhao, ChangjunHan, BoPeng, TanCheng, JunxiangFan, LeiYang, LiliChen, QingsongWei

● 行业动态

(一) 美国发布《先进制造业国家战略》，重点布局增材制造

2022年10月7日，美国科技政策办公室(OSTP)发布了新版《先进制造业国家战略(NSAM)》(以下简称“《战略》”)，《战略》在增材制造应用领域提出新要求，并明确具体发展方向。

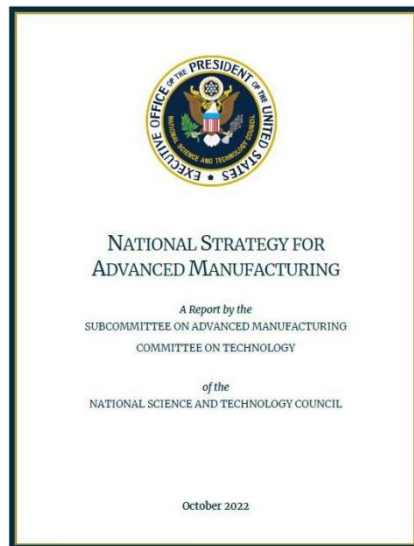


图7 美国先进制造业国家战略

《战略》在半导体、电子、医疗和航天领域的应用范围提出新要求。《战略》指出，支持直写打印等技术应用于电子和半导体的纳米制造，强调开发可应用于太空制造的新型微重力增材制造技术，优先发展基础生物领域的增材制造和机械加工技术。

《战略》指出，开发用户可访问的增材制造过程优化框架，通过开发新型传感器来提升增材制造工艺过程的监测和

控制能力，开发相关分析大型、安全、交互数据的学习算法，并实现反馈控制，开发新型增材制造专用材料，加强与智能制造平台的融合。

与 2018 年相比，此次发布的《战略》扩大了增材制造技术的应用范围，明确了工艺过程控制、程序开发、专用材料开发和加强与智能平台互联的迫切需求，为美国增材制造产业进步和提升提供指引，并为外国增材制造产业发展提供借鉴意义。

（二）电动汽车电池将是增材制造可广泛应用的下一个重要领域

2022 年 10 月 20 日，美国能源部(DOE) 对 20 家公司美国电动汽车(EV)电池制造厂商拨款 28 亿美元，用于开发锂、石墨和镍电池级材料。

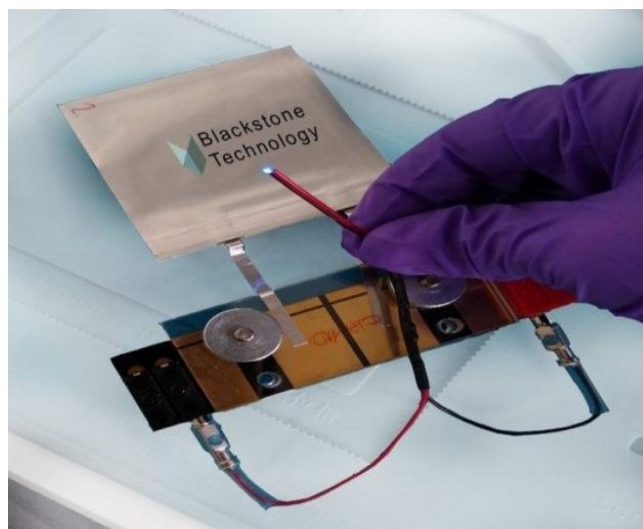


图 8 由德国 Blackstone Resources 公司生产的锂电池

美国政府积极推进国内清洁能源领域发展，以实现绿色制造，尤其强调加快汽车动力源从化石燃料向电力驱动的转

变。2016年，美国能源部 SunShot 计划资助劳伦斯利物莫国家实验室 220 万美元，利用增材制造技术开发提高太阳能转化效率的光学微结构。2022 年，美国能源部资助加州大学洛杉矶分校 90 万美元用于制造锂离子电池的新设计和增材制造工艺。近日，电池增材制造巨头企业 6K Energy 已经完成了电池材料研究阶段。

美国、德国等发达国家纷纷开始布局电池相增材制造技术领域，并且多个厂商将在短时间内实现电动汽车电池生产线落地。未来，电动汽车电池可能是增材制造可广泛应用的下一个重要领域。

（三）10 月全球典型增材制造装备发布汇总

2022 年 10 月，全球各大供应商纷纷发布各应用领域的新增材制造装备，此次选取三款典型装备重点介绍，分别是集装箱式增材制造装备、双点胶电子增材制造装备和大型（15 米级）混凝土增材制造装备。

1、集装箱式增材制造装备

澳大利亚金属增材制造装备商 SPEE3D 推出新型集装箱式增材制造装备“XSPEE3D”，为偏远地区部署生产、解决现场关键配件需求提供解决方案。XSPEE3D 增材制造装备以冷喷涂技术为基础，采用粒子喷射、撞击形式进行熔合与制造，该装备具有米级成形幅面，兼容铜、碳化镍、不锈钢和钛等多种材料，成形速率达到 100g/min，成形速度是传统增材制造技术的 100 倍以上。自推出以来，多次被运用至部

队前线和演习基地进行关键部件的修复和制造。



图9 SPEE3D 的冷喷涂新款金属增材制造装备 XSPEE3D

2、双点胶电子增材制造装备

Nano3Dprint 宣布该公司将推出双点胶电子增材制造装备 B3300，可实现材料组合电子产品制造，极大提升产品的功能集成性。该装备配备视频检测系统，可实时监控进度以及监测制造过程中层高、表面光洁度、公差和圆度。装备的广泛粘度范围达到 $1\text{mPa}\cdot\text{s}\sim 54000\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，打印宽度线在 0.2mm ，可实现高导电性油墨和浆料的混合制造。目前该装备可以打印带有嵌入式导体的可穿戴设备、带有内部天线的手机部件和带有内部传感器的电子设备，被广泛用于医疗设备、通信以及其它涉及嵌入式电路功能的重要领域。

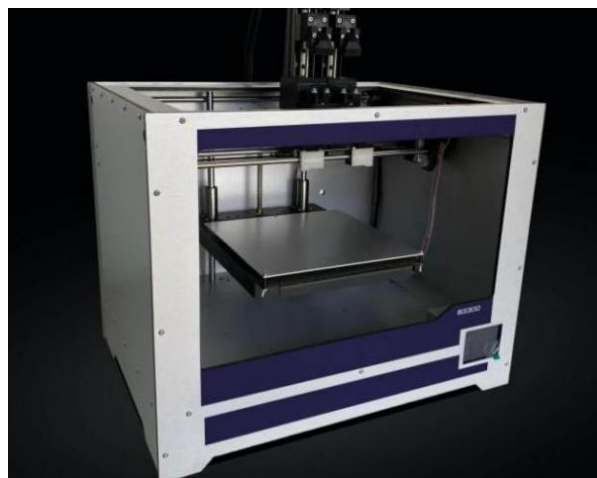


图 10 B3300 双点胶电子增材制造装备

3、大型（15 米级）混凝土增材制造装备

三峡大学开发大型（15 米级）混凝土增材制造装备，可实现基于数字建筑设计方法及机器人控制系统实现复杂结构建造。增材制造装备打印幅面达到 $15\text{m} \times 15\text{m} \times 10\text{m}$ ，打印精度高，打印位置准确，显著提升打印效率。现阶段该类型增材制造装备可服务于乡村振兴和新农村建设，未来有望将技术运用在楼房、大坝等基础设施建设领域，并推广水电智能建造领域。



图 11 混凝土增材制造技术建造两座 2.5 米的小型建筑

随着应用场景日益拓展，新型先进增材制造装备不断涌现，创新成为企业发展和行业进步的重要驱动力，也是提升各企业的核心竞争力的重要组成部分。在新的发展阶段，更多先进的技术领域等待被挖掘，更多先进增材制造装备等待被开发。

● 典型应用

(一) 增材制造变压器外壳助力中海油导向钻井技术突破

2022年10月，中国海洋石油集团有限公司宣布在自主研发的旋转导向系统中应用增材制造CF-PEEK碳纤维旋转变压器外壳，极大降低制造成本，助力我国旋转导向钻井技术取得重大突破。

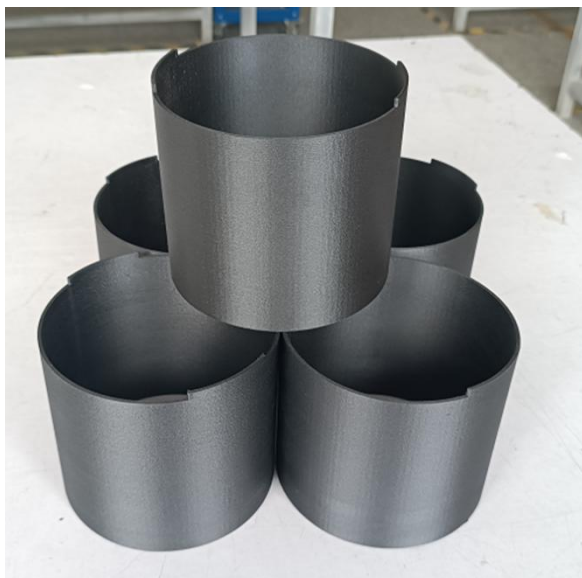


图 12 增材制造碳纤维增强材料旋转变压器外壳

旋转导向钻井技术又称“贪吃蛇”钻井技术，其具有摩阻与扭阻小、钻速高、成本低、建井周期短、井眼轨迹平滑、易调控并可延长水平段长度等特点，被认为是现代导向钻井技术的发展方向，但该项技术一直受限于国外发达国家。

在旋转导向系统中，用于稳定供电的旋转变压器是非常重要的一个部件。为了保证旋转变压器在地下高温高压环境中稳定工作，制造商需要对PEEK棒材进行机械加工，材料

利用率仅为 10%，极大增加工程项目的成本。一迈智能利用自主研发高温（450℃）增材制造装备，选取碳纤维增强的聚醚醚酮（CF-PEEK）线材，进行一体化制造，得到高强度、耐高压的轻量化旋转变压器外壳。增材制造碳纤维增强材料旋转变压器外壳具有优异的耐磨性、耐热性和机械性能。

碳纤维增强产品解决了普通增材制造塑料强度和耐磨性的问题并逐渐被大规模应用。

（二）增材制造卡钳助力小鹏汇天飞行汽车成功试飞

2022 年 10 月 24 日，西安铂力特增材技术股份有限公司（以下简称“铂力特”）的增材制造轻量化钛合金卡钳成功应用于小鹏飞行汽车，或实现批量生产。



图 13 增材制造轻量化钛合金卡钳

广州汇天航空航天科技有限公司（以下简称“小鹏汇天”）在飞行汽车的研发过程中，从材料的选择、制造技术选择和产品设计等三方面进行全面分析，最终采用金属增材制造技术完成轻量化卡钳的制造。

针对产品性能强度、预估重量、外观造型的需求，铂力特设计团队对卡钳及卡钳支架制定了整体解决方案。在外观造型设计中结合曲面拓扑、点阵晶格等特征结构，在材料使用方面，采用钛合金材料。零件打印完成之后经过系列热处理和机械加工，测试结果显示零件性能良好，与汽车适配度高，并且将会批量生产。

未来，金属增材制造技术将继续赋能汽车行业，助力汽车突破制造瓶颈，向更迅捷、更轻盈、更环保的方向变革。

（三）乌拉尔联邦大学采用 SLS 技术制造微型永磁体

2022 年 10 月 26 日，乌拉尔联邦大学利用激光选区烧结（SLS）技术开发出微型稀土合金永磁体，将用于微型起搏器和发电机等领域。



图 14 激光选区烧结永磁体样件

永磁体是一种能够长期保持其磁性的磁体，广泛用于家用、计算机设备以及精密医疗器械装备制造等，传统通过切割制造永磁体的工艺仅能制造出较尺寸较大重型产品，磁极数量较少，在切割过程造成大量缺陷，导致磁体性能下降。

乌拉尔联邦大学研究团队开发出最佳 SLS 工艺参数，并完成微型薄壁永磁体制造。基于 SLS 制造的永磁体，具有结构复杂、化学成分活跃的特点，具备多对磁极和强矫顽力。

乌拉尔联邦大学研究团队正在建立硬磁性材料的微观结构和磁性能的形成规律的基本基础模型，确定制造永磁体的材料种类，并制造大型复杂永磁体。并正在确定哪些磁性材料可以通过 SLS 工艺制造永磁体。

● 成员展示

上海漫格科技有限公司

上海漫格科技有限公司成立于 2019 年 3 月，是一家创新的增材制造软件公司，致力于增材制造工业软件 CAD/CAM 的自主研发，为智能制造提供专业的软件解决方案和服务。

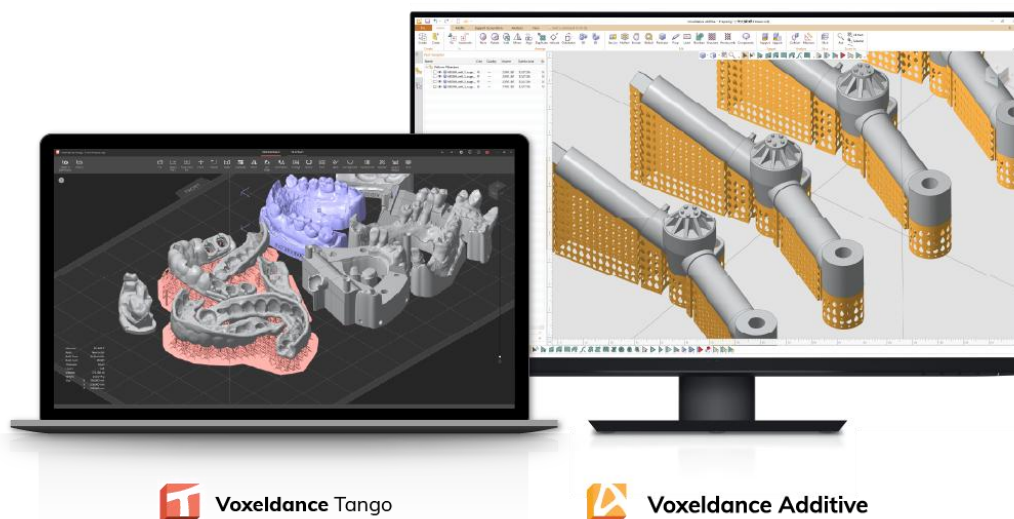


图 15 上海漫格科技有限公司

漫格科技研发的产品 **Voxeldance Additive** 数据处理软件，位居增材制造工业软件全球前三，国内唯一，真正实现了国产自主可控替代进口，填补了增材制造产业链中的重要空白，扭转了增材制造工业软件被卡脖子的局面。目前，全球越来越多的增材制造顶尖厂商、服务商已选择与漫格科技深度合作，联合探索增材制造技术各个应用领域的创新和发展。

公司已累计获得:授权发明专利 1 项，1 个高转项目、4

件软件产品，并已获得国家高新技术企业认定。公司研发项目《实现进口替代的 3D 打印前处理软件开发及品牌推广》获批 2020 年上海市促进文化创意产业发展财政扶持资金。

目前公司研发团队 20 余人，占公司总人数 70%，其中硕博占比达 50%，有近 10 年相关的计算机图形学算法、增材制造算法的经验，并致力于增材制造工业软件 CAD/CAM 的研究。

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：ccidlfz@163.com



联盟官方网站



微信公众号