

证券代码：688433

华曙高科  
FARSOON TECHNOLOGIES

# 重塑竞争力

华曙高科增材制造产业应用白皮书

Reinventing Competitiveness  
Farsoon Additive Manufacturing  
Applications White Paper

从消费电子、医疗到航空航天，50多个真实产业应用案例见证用户重塑竞争力，助力“十五五”新型工业化。



# Foreword

## 前言



制造业是立国之本，强国之基。党的二十大报告擘画“制造强国”蓝图，将增材制造列为战略性新兴产业的关键赛道；“十五五”新型工业化部署明确以创新掌握核心技术、以高质量发展践行绿色减碳理念、以数字化转型激活发展动能，为产业升级锚定方向。增材制造作为新质生产力的核心代表，正是支撑“十五五”规划落地的关键力量。短短十余年，中国增材制造产业近5年复合增长率达27%，从“跟跑”到“并跑”，在航空航天、3C、消费品、模具等领域率先“领跑”，即便当前全球市场规模约200亿美元，仅为铸造、锻造、注塑等传统制造业规模的3%左右，但其契合新型工业化的天然优势，预示着万亿级增长空间。

作为这场深刻变革的推动者之一，华曙高科始终笃信：持续创新，才能让增材制造真正成为新质生产力的落地引擎。15年来，我们与航空航天、汽车、医疗、消费品、机器人、模具、加工服务、教育科研等行业的领军者并肩，将增材制造从“原型验证”推向“批量生产”，从“单点开花”扩展为“全链赋能”，在数字化转型、减排降能等关键领域持续突破。今天，我们把散落全球超50个应用案例汇编成册，尽力展现增材制造如何重塑制造业竞争力。

在航空航天领域，飞而康携手华曙高科打造金属增材制造超级工厂，依托全流程数字化管控实现超大尺寸、复杂构件一体成形，大国重器的研发周期以“月”计缩至以“日”计，材料利用率

提升数倍，这是创新驱动下“工程效率竞争力”的重构，更是新质生产力的直接体现。

在模具领域，龙行天下集团采用华曙高科3D打印解决方案打印鞋模，已支撑超10亿双成品鞋走向市场。传统鞋模高污染、高人工、长周期、低良率的痛点被一一破解，通过材料循环利用、流程绿色优化实现减排降能，让绿色、高效、可持续成为产业新标签，这是高质量发展导向下“绿色生产竞争力”的升级，精准契合新型工业化要求。

然而，白皮书不是句号，而是逗号。增材制造要迈向“千行百业”，真正成为新型工业化的核心支撑，仍需翻越效率、成本、一致性三座大山。华曙高科愿与所有生态伙伴一道，以更高性能装备筑牢创新根基，以更开放材料体系强化绿色属性，以更智能软件平台深化数字化赋能，以更系统解决方案破解产业痛点，推动增材制造从“可用”走向“好用”，从“好用”走向“必用”，让新质生产力在更多行业落地生根。

所当乘者势也，不可失者时也。让我们以这本白皮书为新起点，把每一次打印都化作数字化转型与减排降能的双重足迹，把每一个案例都升级为产业跃升与新型工业化对接的阶梯，共同迎接一个智能、高效、可持续的制造未来！

华曙高科创始人、董事长  
2026年1月

# CONTENTS

## 目录

### 航空航天 Aerospace & Aviation

- 02 飞而康的产业化之路：从高端材料研发到金属增材制造超级工厂
- 06 “苍穹”试车，华曙助力火箭发动机实现重大创新
- 08 华曙 3D 打印设备助力深蓝航天火箭发动机大尺寸喷管一体化快速制造
- 11 华曙高科 3D 打印助力长五“天问一号”成功发射
- 12 宁夏东方智造实现铌钨等难熔金属大尺寸增材制造产业化应用
- 15 Saturne Technology 引进华曙 FS811M-U 系统，欧洲航空航天大尺寸金属增材制造迎新突破
- 17 华曙高科携手空客 启动民用航空高分子增材制造合作研发项目
- 18 华曙 3D 打印助力鹰眼警用无人机量产
- 20 合肥若森应用华曙 3D 打印实现龙伯透镜天线小批量生产

### 汽车 Automotive

- 24 中国生产级 3D 打印机 C 位列装宝马 3D 打印新工厂
- 26 创新绿色生产力！德国博泽 Brose 携手华曙高科推出汽车行业增材制造批产新方案
- 28 大众汽车吴宏涛：把 3D 打印工装夹具“玩”出新高度
- 31 武汉萨普自主研发越野房车，应用 40+ 金属与尼龙 3D 打印件
- 35 华曙 3D 打印助力曼胡默尔汽车滤芯制造升级

### 医疗 Healthcare

- 38 新型个性化生物功能植入物国际领先，华曙 3D 打印助力上海九院精准医疗创新突破
- 41 华翔医疗多款钛合金植入物产品获批，引领骨科治疗创新
- 44 华翔医疗双款钽金属 3D 打印医械获批，引领高端医疗增材制造产业突破
- 47 中南大学湘雅医院：华曙高科 3D 打印辅助全髋关节置换术成功率达 100%
- 49 大洲医学：基于华曙 3D 打印解决方案的全球首款钽金属骨填充重建棒成功获证

### 消费品 Consumer Goods

- 52 全球最大钛合金自行车制造商航轮科技，携手华曙 3D 打印驰骋“新赛道”
- 55 德国 rpm GmbH：华曙高科 SLS 技术与巴斯夫 Forward AM 实现 18000+ 自行车支架批量生产销售
- 57 美国 Competition Distributing：华曙金属 3D 打印让古董摩托车重获新生
- 60 西班牙 Stark Future：华曙大尺寸金属 3D 打印助力钛合金电动越野摩托车部件量产



- 62 福钛科技：年产超 15000 件！华曙 3D 打印助力高尔夫行业创新突破
- 66 法国 FABULOUS 采用华曙 Flight® 技术，重塑食品药品绿色新未来
- 67 华曙 Flight 技术赋能九阳小家电创新加速度，年产万件手板领跑市场
- 69 航越科技：采用华曙 3D 打印助力传统银饰产业实现按需定制
- 72 匹克携手华曙高科 3D 打印复刻比利时经典地标原子塔

## 机器人 Robotics

- 76 机器人臂端夹具、火车电气保护罩……加拿大 Solaxis 公司 CEO 介绍高性能尼龙终端应用
- 78 北美 Sofos 引进华曙高科 Flight® 解决方案及巴斯夫高性能材料，助力机器人集成业务发展
- 81 华曙 SLS 技术赋能仿生机器人创新，助力礼翼团队 CYBATHLON 问鼎冠军
- 83 首款全向水下无人机用上了华曙 Flight® 3D 打印
- 86 华曙高科 3D 打印为世界首款 AI 发球机器人赋能

## 模具 & 鞋模 Molds & Tooling

- 90 华曙高科一站式模具解决方案助力电子烟模具生产效率提升 60%
- 92 博通精密金属 3D 打印压铸模具冲击韧性达 22J
- 94 华曙高科鞋模增材解决方案实现全面突破，量产成品鞋超千万双
- 98 华曙高科：鞋模金属打印设备装机量超百台，效率与稳定性领跑行业
- 101 单次生产可超 2700 片，华曙高科助力软控联合实现轮胎模具钢片 3D 打印量产
- 103 凯奔三维：3D 打印是模具行业不可或缺的新质生产力

## 加工服务 3D Printing Service

- 106 华曙高科全面助力深圳未来工场加速走向增材批量制造
- 108 迅捷三维：以品质和服务走出“内卷”式竞争
- 111 设备“三代同堂”，服役超 10 年，华曙高科首批用户深圳大业回访
- 113 贵州森远携手华曙高科深耕白尼龙 3D 打印批量加工主赛道
- 114 江苏星创未：9 台设备开机率超 95%，年产电动工具超 3000 套
- 116 华曙高科双激光 Flight 技术助力汇联智通大幅提升生产力

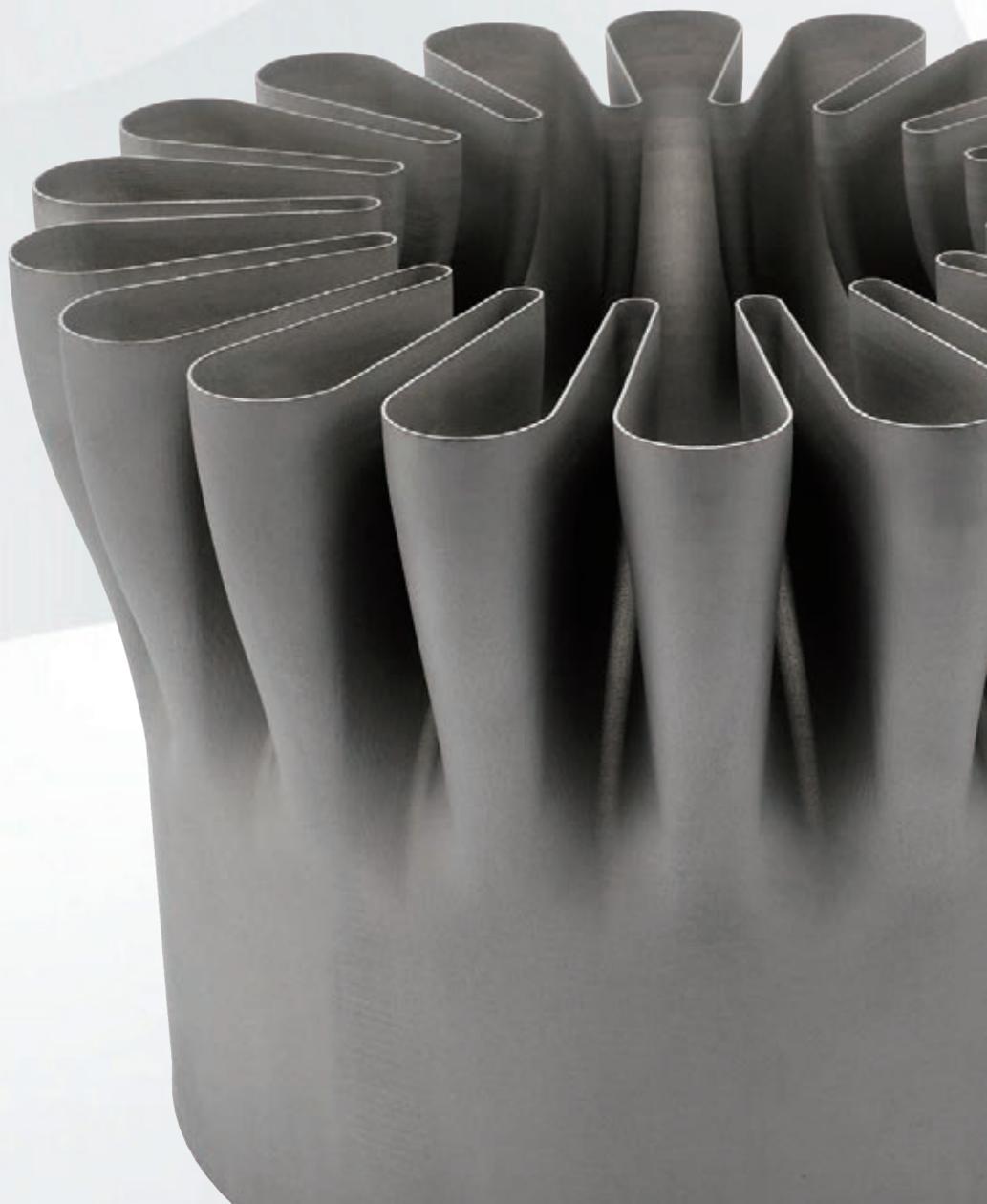
## 教育 & 科研 Research & Institution

- 118 清华大学赵沧副教授课题组引进华曙高科 FS191M 开展增材制造前沿研究
- 120 德国科研机构 NMB 引进 Flight® HT601P-4 设备加速高分子增材制造量产
- 122 中科院固体物理研究所高性能特种钢材增材制造工艺获得突破
- 124 华曙高科首批金属用户中南大学回访，攻克多项难熔金属材料增材制造工艺
- 126 华曙高科 3D 打印助哈尔滨工业大学新型材料研发取得多项成果
- 128 华曙高科助力沈阳航空航天大学孟庆实团队发表聚酰胺 / 石墨烯纳米复合材料制备新成果
- 130 华中科大李晨辉教授：碳化硅基陶瓷复合材料 SLS 工艺取得重大突破
- 133 南理工汤海斌课题组突破多项 PEEK 复合材料增材制造关键工艺  
华曙高科助力川大高分子科学与工程学院 2024 年两度在《Additive Manufacturing》发表重要创
- 137 新成果  
华曙高科助力方醴技术成功研发国产 PPS 高性能 3D 打印材料

# 航空航天

Aerospace & Aviation

华曙高科深植航空航天领域，参与和支持多项国家重点型号工程研制与生产，在解决产品“结构功能一体化设计”、“低成本、短周期研制”、“新产品一体化快速制造”等方面取得巨大突破。



# 飞而康的产业化之路： 从高端材料研发到金属增材制造超级工厂



2020年6月，太湖之滨的飞而康快速制造科技有限责任公司（以下简称“飞而康”）与工业级3D打印领航企业华曙高科联合宣布，共同部署金属增材制造产业化超级工厂，消息一经发布便引发行业广泛关注。

截至2020年10月底，双方稳步推进的金属增材制造设备装机计划已提前完成24台验收；如今，飞而康列装的华曙高科金属增材制造设备已超40台，其中以400mm尺寸以上中大型设备为主，这场深度合作不仅是中国金属增材制造行业崛起的缩影，更成为设备厂商与产业化客户协同共赢的标杆。

## 飞而康的产业化铺垫：从材料突破到航空认证

飞而康的产业化根基，始于对金属增材制造核心价值的早期洞察。2010年前后，中国金属增材制造（尤其是工业应用最广的粉床技术）尚处萌芽阶段，高分子增材制造虽有应用，但航空航天、高端医疗等领域对“复杂结构+快速迭代+定制化”部件的需求，已对传统铸造、锻造工艺形成挑战。时任银邦金属核心股东的沈于蓝，敏锐捕捉到欧美市场成熟的金属增材制造粉床技术潜力，于2012年8月在长三角经贸区创立飞而康——依托区域内的人才优势，飞而康迅速组建起一支涵盖冶金材料、增材制造的科研团队，并确立了“以产业化为核心，服务航空航天、医疗等高端领域”的愿景。

金属增材制造的核心是“材料为王”。2012年前，中国航空航天级高端金属材料长期依赖进口，加拿大、德国企业的垄断既无法满足市场需求，也制约规模化生产。飞而康成立之初便搭建闭环技术路线图，设立特种金属粉末、3D打印解决方案、特种制造技术三大事业部，形成“材料研发-工艺开发-部件生产-后处理检验”的全链条能力。其引入的电子气雾化粉末生产线（EIGA），通过惰性气体保护、无坩埚冶炼，确保钛合金粉末的高纯度与稳定性，该粉末不仅通过中国民用航空局（CAAC）认证，还可适配增材制造、热等静压等多场景应用。

与中国商飞的合作，成为飞而康叩开民用航空市场的关键。2013年，双方启动C919大飞机钛合金部件研发项目。为满足航空行业严苛的质量标准，飞而康耗时数年建立航空航天钛合金材料测试数据库，于2014年拿下AS9100C（航空航天质量管理体系）与ISO 9001:2008认证。2015年，C919项目成功验收，飞而康生产的28个金属增材制造部件获准装机，成为中国首家为民用航空提供该类零件的企业，至今已为6架C919供货。此次合作更印证了金属增材制造的效率优势：以航空发动机零件为例，传统制造需10余项流程、6-24个月，而增材制造可将设计迭代与生产速度提升3-4倍，使全新发动机原型研发周期从10-15年压缩至3年。

## 选择华曙高科：四大核心需求锁定“最佳合作伙伴”

随着C919项目落地，飞而康启动“两个五年计划”，加速向规模化产业化迈进：2012-2016年聚焦材料、工艺等基础研究，采购国际主流设备验证技术稳定性，并拿下ISO13485医疗认证；2017-2021年则进入“产业化攻坚期”，目标是构建具备批量产能、差异化服务能力的超级工厂。而要实现这一目标，选择合适的设备合作伙伴成为关键——飞而康此前使用的国际品牌设备，因参数闭源、定制化能力弱、服务响应慢，难以满足产业化需求。

经过一年多深度评估，飞而康最终选择与华曙高科牵手，核心源于华曙精准匹配了其四大核心诉求：

- **定制化研发能力：**飞而康需要可适配超大尺寸零件、高产能需求的设备，华曙具备为工业级场景开发定制化平台的实力，能针对航空航天等领域的大部件制造需求优化设备参数；





- **开源灵活的软件系统：**与国际设备“参数封闭”不同，华曙的工艺参数控制软件开源，允许飞而康自由调整激光功率、扫描路径、层厚等关键参数，为特殊材料研发提供空间；
- **数据库构建支持：**华曙的设备架构便于飞而康积累不同材料的打印数据，为生产质量控制、工艺迭代提供基础，这对航空航天等高标准领域至关重要；
- **经济的运行成本：**作为本土企业，华曙在设备维护、备件供应上更具成本优势，能帮助飞而康降低规模化生产的单位成本，契合“经济化增材制造”的目标。

正如飞而康总经理沈于蓝所言：“我们需要的不是单纯的设备供应商，而是能共同突破技术、服务产业化的伙伴。华曙的产业基础、创新能力与快速响应，完全满足我们对‘高层次合作’的期待。”



在飞而康金属增材制造超级工厂内安装运行的华曙高科 FS421M 设备

## 合作成果：从设备突破到技术攻坚，铸就产业化核心能力

双方合作的首个重磅成果，便是针对超级工厂需求定制的超大型金属增材制造设备 FS621M。这款 2020 年初面世的设备，以行业领先的成型尺寸、高效激光加工速度，解决了高端市场的“产能 - 尺寸 - 粉末管

理”痛点，可适配航空航天、能源、船舶等领域的超大部件制造。目前，飞而康已在 FS621M 平台上开发出钛合金、铝合金、镍基高温合金等多种材料的工艺参数，进一步拓展了大尺寸零件的应用场景。

另一主力机型 FS421M，作为华曙连续增材制造解决方案（CAMS）的首款金属设备，凭借多激光系统与连续生产能力，成为飞而康批量生产的核心支撑。该设备全球累计销量超 30 台，在飞而康工厂中展现出卓越的稳定性——不仅加工的零件性能达标，还能通过优化层厚提升生产速度，助力飞而康应对日益增长的订单需求。飞而康相关负责人评价：

“FS421M 的长时间运行稳定性超出预期，随着订单增加，我们会继续采购华曙设备以缩短加工周期。”

技术攻坚层面，双方联合突破了“超大尺寸 TA15 钛合金零件制造”这一行业难题。TA15 钛合金是航空航天关键材料，但制造中易因高内应力产生裂纹、孔隙，此前国际设备因参数限制，仅能生产中小型零件。而华曙开源设备允许飞而康自由调整风场、激光功率，再结合华曙应用团队的驻场支持，双方通过多轮热处理、后处理实验，最终在 FS421M 与 FS301M 设备上实现突破：不仅成功制造出超大尺寸 TA15 零件，还将零件表面粗糙度控制在 Ra6.3 微米，800 毫米高度零件的整体控形精度达  $\pm 0.5\text{mm}$  以内，0.5 毫米薄壁零件可整体成形。

截至目前，飞而康已基于华曙设备开发出 20 余种材料的工艺参数，涵盖多级别钛合金、铝合金、镍基高温合金，还建立了航空航天材料加工数据库，为后续研发与质量管控提供支撑。开源平台的优势在此过程中尤为凸显：飞而康材料团队可灵活探索参数组合，

针对高温合金等高端材料优化工艺；生产中还能通过调整层厚平衡“速度-精度”，相比封闭系统，长期为产业化提供更多可能性。

## 服务与共赢：以客户为中心，共推行业产业化

华曙高科的“服务赋能”，是双方合作持续深化的重要保障。随着飞而康 24 台华曙设备接近满负荷运行，华曙针对性推出定制化服务：安装 4 台 FS621M 期间，指派专属工程师驻场培训，确保设备调试与人员操作无缝衔接；还在飞而康工厂内设立现场备件库，储备关键易耗零件，最大限度减少设备停机时间。飞而康相关负责人坦言：“华曙的服务团队专业且高效，现场备件库这种创新模式，大幅提升了我们的管理效率，这才是‘以客户为中心’的真正体现。”

在市场层面，双方的合作正加速金属增材制造的“应用渗透”。尽管受 2020 年疫情影响，但飞而康仍观察到市场复苏迹象：中国民用航空持续崛起，载人飞行器、卫星、空间站对复杂结构零件需求增加；汽车、机械、重工业等传统行业巨头也开始布局金属增材制造，市场资金投入持续加大。而全球市场对“多激光、高效率、大幅面”增材制造系统，以及专用

高温合金材料的需求，也与飞而康、华曙的合作方向高度契合。

如今，飞而康已凭借超 40 台华曙设备的综合产能，成为国际领先的金属 3D 打印全套解决方案提供商，可提供从材料研发、批量生产到后处理检验的全链条服务。正如李伟所说：“华曙不只是设备供应商，更是我们的‘战友’。依托开源理念，我们会继续携手探索更多应用场景，向市场传递增材制造的价值，共同推动行业从‘技术可行’迈向‘批量可行’。”

从高端材料研发到超级工厂落地，从技术攻坚到市场拓展，飞而康与华曙高科的合作，不仅实现了“1+1>2”的共赢，更为中国金属增材制造产业化提供了可借鉴的“设备-客户”协同模式——未来，随着更多大尺寸、高效率设备的落地，以及更多材料工艺的突破，双方或将进一步引领全球金属增材制造的发展方向。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



## “苍穹”试车

# 华曙助力火箭发动机实现重大创新

近日，我国航天民营企业星河动力公司 50 吨级液氧 / 煤油发动机首次全系统试车圆满成功！这是“苍穹”发动机的首次全系统试车，本次试车成功，标志着我国民营商业航天领域最大推力的液氧 / 煤油发动机正式进入工程研制阶段。

“苍穹”50 吨级可重复使用液氧 / 煤油发动机是国内首款采用针栓式喷注技术的大推力液体火箭发动机，具备深度变推能力，是 200-300 吨级液体火箭垂直回收的最佳选择。其中，该发动机的涡轮泵和液氧煤油主阀壳体等多款零件由飞而康科技采用华曙高科金属 3D 打印解决方案生产。



“苍穹”可重复使用液氧 / 煤油发动机（来源：星河动力、飞而康科技）

此次全系统试车目的是验证发动机启动关机时序、系统和结构方案可行性、各组合件工作协调性。试车过程中，发动机按预定程序启动，点火、启动和转级正常，各组件工作正常，燃烧稳定，喷管出口火焰明亮，主要参数与调整计算值一致，按程序关机，试后产品完整，试验取得圆满成功。

### 开发多项专属定制金属 3D 打印工艺

2019 年 7 月，飞而康科技与星河动力公司建立了联系，并在 9 月正式承接了此项目，各大小零件总计 30 多件。该批零件在设计制造的过程中，使用了华曙高科金属 3D 打印解决方案，历时 4 个月顺利完成所有零件的交付。期间，飞而康团队在华曙高科开源金属 3D 打印设备上开发了针对火箭发动机部件的激光束焊接，叶轮、转轴的五轴加工工艺，动平衡实验，阳极氧化处理，以及气压液压测试多套专属定制试验工装。此次与星河动力公司的合作是在火箭发动机部件增材制造发展上的一个大胆突破。



飞而康金属增材制造超级工厂

“苍穹”液氧/煤油发动机作为星河动力公司“智神星一号”可重复使用液氧/煤油运载火箭第一级（7台并联）和第二级（1台）的主动力装置，是新型多次启动变推力燃气发生器循环液体火箭发动机。每台发动机海平面额定推力50吨（第一级具备1台“Engine-out”能力），最小工况海平面推力10吨，变推工作时满足助推级垂直下降和软着陆回收要求，发动机具备多次重复使用和故障检测与隔离能力。每台发动机重复使用次数50次，具备±6°摇摆能力，发动机推重比大于120。



该发动机自正式启动研制以来，已完成全部核心部组件地面试验及产品交付，陆续完成了燃气发生器液流试验、燃气发生器挤压热试车、涡轮泵水力试验、针栓喷注器试验、泵燃联试、全尺寸推力室液流试验等部组件地面试验，成功考核了各部组件的工作协调性，获取了核心组件的工作特性，同时验证了发动机启动、关机时序等，这些都为顺利完成发动机全系统地面热试车奠定了坚实基础。

## 3D 打印解决方案缩短制造周期80%

大推力液体火箭发动机推力室通常采用再生冷却的方式进行燃烧室热防护工作，其制造工艺过程都极其细致和复杂，整个制造过程通常都长达数月之久，生产过程中任何一个小小的失误，都可能导致整个推力室的报废，因此推力室的造价也非常高。

涡轮泵的泵轮与蜗壳在设计之初，分别进行了简单型面的机加方案与复杂型面的3D打印方案设计，后者较前者效率提高约5%。另外，涡轮盘也同样采取了机加成型与3D打印成型两种方案，机加成型需要20~25天，3D打印仅需要3~4天，缩短80%制造周期，降低了生产成本。

星河动力希望能够借助这项技术使产品更轻、数量更少、强度更高、可靠性更好。未来，在“苍穹”液氧/煤油火箭发动机、“边界”轨姿控等复杂系统中，星河动力将更多的采用3D打印技术。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案  
[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华曙 3D 打印设备助力深蓝航天 火箭发动机大尺寸喷管一体化快速制造

江苏深蓝航天有限公司是国内早期将 3D 打印技术作为生产手段的火箭研制公司，2021 年 7 月，深蓝航天完成了国内首次液氧煤油火箭垂直起飞和垂直降落的飞行回收试验；同年 10 月，再次成功完成百米级垂直回收飞行试验；2022 年 5 月，又成功完成公里级垂直回收飞行试验；6 月底，深蓝航天 20 吨级液氧

煤油发动机“雷霆-R1”试车圆满成功。目前，深蓝航天已经成为世界上除了 Space X 以外，第二家完成液氧煤油火箭垂直回收复用全部低空工程试验的公司。

在火箭自主制造能力建设方面，深蓝航天今年加大了投入，采用华曙高科大尺寸金属增材制造解决方案 FS621M，进行了新的金属增材制造工程应用探索。深蓝航天发动机中 80% 以上零部件采用增材制造工艺生产，利用增材制造技术一体化和轻量化制造的特点，大幅减少零部件数量并提高产品生产速度，同时获得优质的产品性能，提高产品的可靠性。

2022 年，深蓝航天采用华曙高科面向航空航天批量生产的高效增材制造系统 FS621M，成功实现多批次火箭发动机大尺寸喷管一体化快速制造。该喷管具有复杂型面和再生冷却通道，内部夹层密排上百条流道，一体化设计程度和成形要求较高，高度方向尺寸达到 780mm，在设计和工艺上的创新点包括多功能零件一体化设计、局部点阵减重设计，局部自支撑工艺优化设计等。如采用传统的机加、焊接工艺则实现成本高、周期长，合格率低。通过华曙高科金属增材制造解决方案 FS621M，深蓝航天成功实现其一体化制造成形，将产品“设计、试验、改进”周期大幅缩短。

发动机是火箭的核心部件，结构复杂、精密，使用环境苛刻，对结构和材料性能要求极其严格。深蓝航天增材制造项目经理田彩兰博士表



示：“华曙高科 FS621M 设备打印速度快，运行稳定可靠，符合深蓝航天对 3D 打印设备的要求。产品的研发过程饱含了深蓝航天设计师们的创新智慧和艰辛付出。感谢华曙高科提供稳定的设备，助力深蓝航天攻克了发动机制造难题，实现了发动机喷管的一体化快速制造，不但大大减少了零部件数量，还提高了产品的质量可靠性。”

未来，华曙高科与深蓝航天还将继续携手深入合作，充分进行技术交流，为液体火箭特有构件一体化快速成型、超大幅面精密结构件轻量化制造等 3D 打印技术提供工程应用场景，共同推进 3D 打印技术在航天领域的应用和发展。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 华曙高科 3D 打印

# 助力长五“天问一号”成功发射



7月23日12时41分，长征五号运载火箭在中国文昌航天发射场成功点火起飞，中国迈出行星探测的第一步——奔向火星！这是长征五号运载火箭首次执行应用性发射，成功将天问一号火星探测器送入预定轨道。

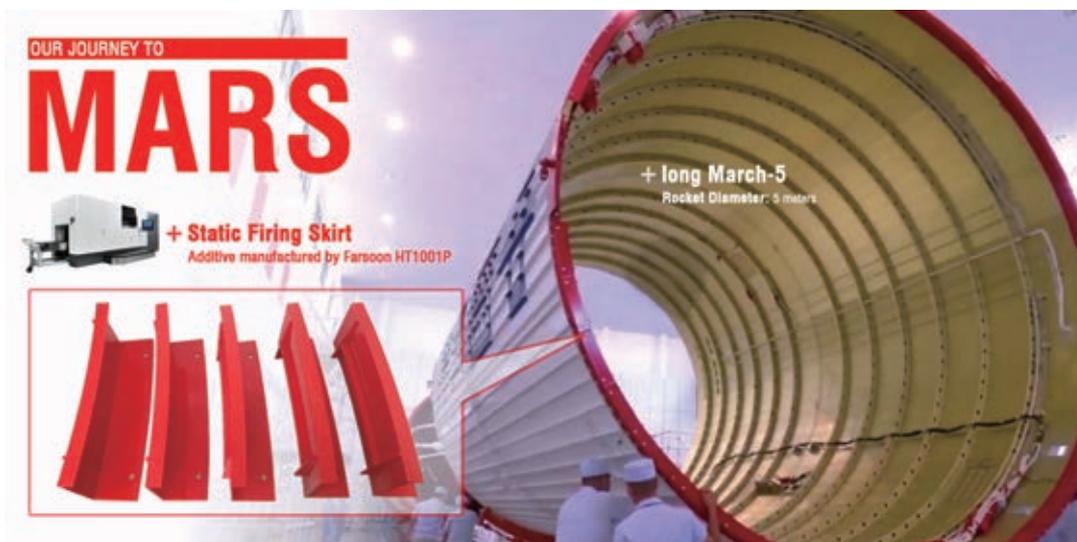
其中，长征五号运载火箭上的一个重要部件——级间解锁装置保护板，正是中国航天科技集团公司中国运载火箭技术研究院航天材料及工艺研究所通过采用华曙高科连续增材制造系统（CAMS）HT1001P 解决方案加工而成。

航天是一项高风险的行业，航天飞行器总体设计的过程就是将看似神秘的诸多技术指标细化分解成对各个系统兼具可行性和可靠性的具体设计要求，并最终通过各个具体技术细节的有机结合，完成人类翱翔太空的使命。其中航天

分离技术恰恰是航天飞行器总体设计中的一项极为关键技术。

火箭在工作期间所获得的速度增量与发动机开始工作时的火箭总重  $m_0$  和发动机结束工作时的总重  $m_1$  相关， $m_0/m_1$  的比值越大，火箭就能获得越大的速度增量。有效载荷要进入太空工作，至少要被加速到第一宇宙速度，多级火箭通过不断将完成工作的部分抛弃，火箭  $m_0/m_1$  的比值将不断变化，火箭得以被“接力”加速，最终达到理想的入轨速度，在这一过程中，火箭的各级间的分离过程极为重要。

长征五号运载火箭总长约57米，箭体直径达5米，不仅是我国最高、体积最大的火箭，也是运载能力最强的火箭。级间解锁装置保护板其单批次加工件数较少，加工频次较低，如采



用传统注塑方式需要使用模具，模具成本高，且模具的保存成本也较高。而采用 3D 打印技术，则无需开模，一体成型。

此外，较之原有铝合金材质，该保护板采用 3D 打印高分子材料，安装更为灵活便捷，表面的红色喷漆具有防水、防盐雾功能，可起到良好的防护作用。



华曙高科连续增材制造系统 (CAMS) HT1001P 是目前超大打印幅面的尼龙增材制造解决方案，1000×500×450mm 的超大成型缸，可实现大型产品的一体化成型和小型产品的批量化生产。级间解锁装置保护板每个部件尺寸约为 370mm\*100mm\*125mm，最终整个部件尺寸直径约 5000mm，采用 HT1001P 打印近 50 件拼接而成，耗时仅 48 小时。

本次任务成功后，我国将成为世界上第一个首次通过一次任务实现火星环绕和着陆巡视探测的国家，也将成为世界上第二个实现火星车安全着陆和巡视探测的国家。此次华曙高科与航天材料及工艺研究所的成功合作，既推动了增材制造技术在我国航天航空领域的深化应用，又实现了国产新型大幅面增材制造装备的应用验证，标志着我国航天增材制造迈出了坚实一步。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 宁夏东方智造实现钨钼等难熔金属 大尺寸增材制造产业化应用

难熔金属材料具有良好的高温力学性能和高温稳定性，主要包括钨 (W)、铌 (Nb)、钼 (Mo)、钽 (Ta)、铼 (Re) 等元素。常用于制备耐热部件，被广泛应用于航空航天、医疗、化工等领域。然而，难熔金属具有高熔点、高硬度的特点，使用传统的加工方式制备大尺寸、复杂结构件时存在加工困难或无法加工等问题。

金属 3D 打印技术作为一种先进的绿色智能制造技术，其材料利用率高，无需模具即可成形复杂构件，这为难熔金属加工制造提供了新方法。

宁夏东方智造与华曙高科携手，基于华曙高科设备开源优势，联合进行了新材料和针对性工艺的开发，解决了难熔金属的激光精密成形难题，产品打印性能稳定，持续为航空航天、医疗、化工等领域提供难熔金属大尺寸、产业化 3D 打印解决方案及打印服务。



成立于 2021 年的宁夏东方智造科技有限公司，由宁夏东方钽业股份有限公司和内部核心项目团队人员共同出资成立，以难熔金属、难熔金属基合金、难熔高熵合金冶炼加工、球形钽粉、钽钨合金粉、铌粉、铌钨合金粉加工与销售 3D 打印产品设计、3D 打印服务、3D 打印产品销售为主营业务。

2021 年，东方智造引入华曙高科金属 3D 打印设备 FS271M，用于钽铌及其合金 3D 打印生产；2023-2024 年，再次引入华曙高科面向生产型用户的高效成熟金属 3D 打印设备 FS273M、大尺寸高效率批产金属 3D 打印设备 FS511M。

基于华曙高科开源、创新的金属增材制造解决方案，东方智造在钽铌金属及其合金的开发与应用方面，积累了大量的经验和技術储备，目前已成为国内唯一难熔金属 3D 打印全产业链研发生产基地，也是国内唯一实现难熔金属大尺寸 3D 打印 (530mm×530mm) 企业，其产品市场占有率达 100%。



## 成功突破难熔金属大尺寸打印

在高端材料领域，钽铌及其合金球形粉末的制备及 3D 打印技术长期被国际巨头如美国 Zimmer 公司所垄断。这一现状不仅导致我国在该领域的关键原材料供应存在显著依赖，更制约了国内航空航天、生物医疗等高端产业的自主发展。

面对重重挑战，东方智造组建了一支由跨学科技术工程师组成的研发团队，通过深入分析了国内外市场需求，对行业发展趋势进行了细致的研判。团队意识到，要想在钽铌难熔金属球形粉末制备和 3D 打印技术领域取得突破，必须摒弃传统思维，采用创新的技术路线。经过反复的实验验证和方案比选，东方智造最终确定了以射频等离子球化制粉技术（PS）与选区激光熔覆技术（SLM）为核心的技术路线。

2021 年开始，东方智造与华曙高科携手合作，引入华曙高科金属 3D 打印设备 FS271M。但是，受钽铌等材料的成本制约，国内多激光钽钨合金增材制造仍处于小尺寸生产场景，2023 年，在华曙高科大幅度金属 3D 打印设备 FS511M 助力下，东方智造成为国内唯一难熔金属大尺寸增材制造企业。



FS511M 是华曙高科于 2023 年发布，针对批量化增材制造推出的四激光双向铺粉金属增材制造设备。FS511M 配备自研全套操

作系统，可实现产线布局，其成形缸尺寸为 540mm×540mm×670mm（含成形基板厚度），标配 4×500W 激光，最大体积成形效率可达 100cm<sup>3</sup>/h。

在大尺寸难熔金属的打印过程中，激光烧结会产生烟尘，下风向激光穿过烟尘时易造成散射，能量耗散，从而导致球化、未熔合等冶金缺陷。在多激光扫描系统中必须充分考虑上风向烟尘的影响。华曙高科通过优化 FS511M 设备大幅度风场设计，既可实现同时出光避烟打印，又减少了各激光等待时间，在保证打印质量的前提下，有效提高打印效率。

## 3D 打印难熔金属应用广泛

在航空航天领域，以钽钨、铌钨为代表的难熔金属是制造高温部件的理想材料；消费电子领域中，钽钨、铌钨等难熔金属具有高电容密度、稳定性好、漏电流小等优点，被广泛应用于各种电子设备中；在化工领域里，铌钨等难熔金属的耐腐蚀性使其成为制造化学反应容器和管道的不二之选，保障生产的安全和高效；高端医疗器械产品中，可用于植入物，制作的射线屏蔽防护部件可保护患者和医护人员免受辐射伤害。

样品名称	样品编号	Rm	Rp0.2	A
		(MPa)	(MPa)	(%)
标准值	/	≥430	≥280	≥20
常规样	/	478.4	298.8	25.2
3D打印板样	1	491.2	335.1	20.8
3D打印板样	2	500.1	332.4	22.8
3D打印板样	3	535.9	335.8	22.0

以铌合金（Nb）为例，属 VB 族难熔金属，熔点 2468℃，为 bcc 结构，强度能保持到



1649.90°C，并能承受一定的机械变形。由东方智造自主研发的 3D 打印铌钨合金 Nb521，性能有显著提升，主要应用于航空航天领域，包括燃烧室、发动机鼻椎、排气管、喷油嘴及其重要高温部件。

截至目前，东方智造科研团队已完成 5 种增材制造用球形粉工艺、3 种难熔金属的 3D 打印工艺研发；完成某医疗器械公司多例人体骨置换多孔钽结构件打印并应用于生物学验证；简

化设计了火法分厂电子束炉反应电极，经过验证后实现 3D 打印批产；完成数十件钽钨合金表壳及多件钽和钽钨首饰、制品 3D 打印，成功实现难熔合金个性化定制。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# Saturne Technology 引进华曙 FS811M-U 系统 欧洲航空航天大尺寸金属增材制造迎新突破

卢森堡，德国辛德芬根 - 2025 年 11 月，华曙欧洲和 Saturne Technology 荣幸宣布，Saturne Technology 正式引进华曙高科 FS811M-U 大尺寸金属增材制造系统，这标志着欧洲及全球航空航天行业在大尺寸金属增材制造能力方面取得了重要进展。



此次战略性设备采购，标志着在欧洲实现大尺寸、高价值航空航天部件的工业化生产和验证迈出了关键一步。该合作提供了本地化生产能力、可靠的工艺流程以及符合航空航天 OEM 原始设备制造商和一级供应商要求的质量体系。

通过此次合作，将华曙高科工业级增材制造技术与 Saturne 在精密工程、后处理和认证方面的专业知识相结合，旨在为下一代航空航天制造树立新的标准。双方将携手推动金属增材制造从原型生产，向航空航天级生产以及严苛工业应用项目验证的转型升级。

Saturne 引进的 FS811M-U 设备拥有  $840 \times 840 \times 1700\text{mm}^3$  大尺寸成形缸体积，配备  $10 \times 1000\text{W}$  光纤激光器和华曙光束整形技术，同时采用先进的多激光扫描策略，确保在超大成形幅面内大尺寸部件的性能一致和高效率生

产。该设备具有优化的风场管理、密闭的腔体设计，可减少氧气和惰性气体的消耗，以及长效过滤系统，能在长时间生产周期中稳定保障产品质量与生产效率。

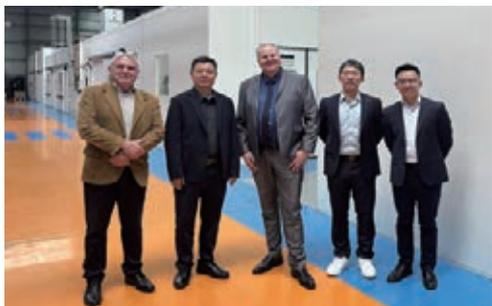
“我们非常高兴宣布与工业级增材制造领航企业华曙高科建立合作伙伴关系。这一合作对 Saturne Technology 来说是一个重要的里程碑，它使我们能够扩展我们的设备阵容，并为客户提供更高效、更灵活的生产解决方案。我们将共同推动增材制造技术在严苛工业场景中的普及应用。”

——Walter Grzymlas, Saturne Technology CEO



FS811M-U 设备配备  $10 \times 1000\text{W}$  光束整形激光器，具备 1.7 米的成形高度

FS811M-U 设备将成为 Saturne 全新大尺寸金属增材制造中心的核心部分，集成到 Saturne 的机加工、热处理和质量控制体系中。设备投产后，将实现合格金属零部件的工业级量产，有效弥补原型制作、产品验证与批量生产之间的差距。



Saturne 与华曙欧洲共同庆祝 FS811M-U 合作项目达成。

“我谨代表华曙高科团队，衷心祝贺 Saturne Technology 取得这一令人振奋的突破性进展。华曙高科的使命一直是提供高性能、真正开源的工业级增材制造解决方案，但我们始终秉持务实态度，深知真正的进步离不开强大的合作伙伴。与 Saturne 的合作，将实现华曙技术优势与 Saturne 在制造及认证领域深厚经验的互补，共同推动金属增材制造技术在最严苛的航空航天应用中加速落地。”

——**Oliver Li**，华曙高科欧洲公司总经理

## 关于 Saturne Technology

Saturne Technology 成立于 2001 年，总部位于卢森堡孔特恩，是一家精密制造领域的领军企业。该公司专注于金属增材制造、激光加工和先进机械加工，能够满足航空航天、能源和工业等领域的严苛要求。凭借卓越的专业技术背景，Saturne Technology 为客户提供从设计到生产的全方位服务，拥有经过认证的制造能力，并始终致力于产品质量和可追溯性。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 华曙高科携手空客 启动民用航空高分子增材制造合作研发项目

2019年1月29日，工业级3D打印领航企业华曙高科与空客（北京）工程技术中心有限公司在长沙签署合作协议，双方将合作研发应用于民用航空领域的新型高分子3D打印解决方案。这标志着空客首次与中国企业在高分子增材制造领域开展合作研发。



前排（从左至右）：华曙高科创始人、董事长许小曙博士，空客（北京）总经理程龙（Michel TRAN VAN）  
 后排（从左至右）：袁博，Don Xu，程杰，鹿志兴，雷鸣，Miguel L. San Gregorio，陈礼

此次合作，空客与华曙将共享资源，通过华曙高科开源平台，联合开发应用于民用航空领域的新型高分子增材制造解决方案。秉承"Open for industry"的开源理念，华曙高科将与空客携手，在工业领域不断进行创新，开发并优化新型材料的工艺参数，空客将依据民用航空要求验证打印产品的性能。基于华曙高科设备、材料开源的独特优势，双方深入而广泛的合作，将加速推进增材制造技术、航空新材料在航空制造领域的产业化应用。



空客（北京）团队参观华曙高科3D打印展厅及园区并合影

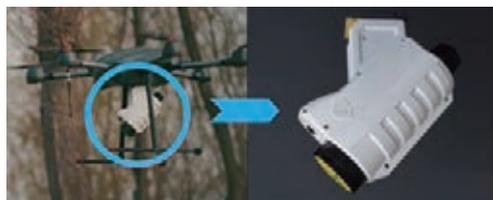
许小曙博士表示，我们非常高兴和业界领先的航空制造商空客开启科研合作。作为工业级3D打印领航企业，华曙高科已有近10年的技术沉淀，正在推动增材制造从原型设计转向真正的工业制造。增材制造技术正在越来越多地应用于航空制造业，华曙高科此次与空客强强联手，将在航空增材制造领域开展创新合作，以满足民用航空市场巨大的需求。

程龙总经理表示，这是空客首次与中国企业在高分子增材制造领域开展合作研发。空客一直关注增材制造技术的发展，我们对华曙的创新能力和产业化聚焦印象深刻。空客寻求的不仅是新型材料的性能开发，我们更关注增材制造的产业化需求，包括工业流程开发、生产成本、工业产能和效率等。空客与华曙的产业化目标高度一致，我们非常期待此次研发成果，并相信双方今后会开展更多合作。

# 华曙 3D 打印助力鹰眼警用无人机量产

鹰眼电子科技有限公司是我国顶尖的“察、打、管、控、救、通”一体化警用无人机系统提供商，致力于为警用航空事业提供贴近公安实战、解决公安工作盲点痛点的专业级警用无人机系统及解决方案。

自 2014 年起，鹰眼电子便将 3D 打印 FDM 技术应用于无人机新品研发及小批量结构件的直接制造中。2017 年又引入华曙高科 PLS 技术（Polymer Laser Sintering，高分子选择性激光烧结），PLS 生产的零部件，不仅材质轻、强度和精度高，与传统制造工艺相比，还具有成本低、周期短等特点。



## 3D 打印应用一：无人机新品设计验证

目前，鹰眼电子每年所研发的三款新品，均采用了 3D 打印技术，主要优势体现在生产周期短、加工精度高、强度高等方面。

轻木蒙皮是指包围在飞机骨架结构外且用粘接剂或铆钉固定于骨架上，形成飞机气动力外形的雏形构件。蒙皮烫塑工序中，熨斗温度需要适中，太热容易造成蒙皮损坏，温度太低又不容易粘合，且烫塑过程中，很多接口、边缘部分需要精细处

理。此工序繁琐，精细度较高，主要依靠技师高超的手工艺及丰富的工作经验。

鹰眼电子科技有限公司总经理胡成浩介绍：“过去，我们做试制的时候，最难的就是做样件，一架新型无人机的研发周期历经三个大阶段，需要 6 至 9 个月。有了 3D 打印，我们就可以免除做首件所需要的专用工卡具、刀具、模具等等，因此大大简化了工艺流程，可以快速做出首件来进行装配、试验、验证。”

	传统制作	3D 打印 (PLS)
生产方式	轻木蒙皮、开模、机械加工等	一体成型 + 后处理
生产周期	6—9 个月	2—3 个月
部件强度	强度较差，试飞容易损坏	强度高，试飞不易损坏
部件精度	手工制作，有误差	无需考虑加工方向，一体成型
生产成本 (以无人机电插头为例)	开模费用约 2—3 万	打印成本约 1000—2000 元

在采用 3D 打印技术后，鹰眼电子无人机新品研发速度明显提高，从最初样机——厚型机——试制机，整个过程不超过 3 个月。同时，一些采用传统方式制作的，结构复杂的零部件

还需合模，其成品有一条明显的合模线，在试飞过程中容易裂开，而 3D 打印不用考虑加工方向，可一次成型，也确保了零部件的强度。

在 3D 打印技术的助力下，鹰眼电子研发出多款新品，填补了国内警用无人机领域的空白。目前，第三代鹰眼警用无人机系统已定型，具备高机动性、高集成化、高智能化、操作简单化等特点，大大提高了警用无人机的可靠性和应用范围。



鹰眼轻转旋翼无人机

### 3D 打印应用二：小批量结构件直接使用

与传统工艺及其他 3D 打印技术相比起来，华曙高科 PLS 解决方案具有不可替代的优势，其成型件对环境（温度、湿度和化学腐蚀）的抵抗能力类似于热塑性材料，具有良好的强度和优异的抗冲击性能，适合小批量生产部分无人机结构件。



胡成浩总经理表示：“采用传统方式开模制造结构件，需要开两版以上，历时需一个月左右。如果试飞不成功需要改动设计的话，时间则更长，因为一般来说，仅改动设计的 10% 就需要十天左右的时间。而 3D 打印技术对于小批量定制来说非常经济，而且效率很高。”

目前，鹰眼科技直接使用的 3D 打印无人机结构件占有所有 3D 打印零部件的 20%-30%，主要是一些结构复杂的连接器、衔接件及支撑件等。从设计、实验、运行再到小批量生产，周期仅需一个月左右。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 合肥若森应用华曙 3D 打印 实现龙伯透镜天线小批量生产



合肥若森智能科技有限公司是一家全球领先卫星互联网终端提供商，为用户提供安全、稳定、高效的卫星通信天线、终端和核心部件。

消防救援、抢险救灾、油气石化、电力电网……亟需高效可靠的数据通信保障。当前在城市普及的“5G 通信”，只解决了一小部分的问题。在通信设计师看来，6G 时代，即卫星通信与地面通信互相整合，地球上每一个角落都可联接的时代即将来临。

合肥若森正是一家卫星互联网终端提供商。传统的车载卫星互联网终端体积功耗大，并且十分沉重，通常需要拖挂一个发电装置提供电源，很不方便。

2020 年，合肥若森智能科技有限公司与重庆华港科技有限公司合作，引入增材制造思维，采用华曙高科高分子 3D 打印解决方案，研发新型龙伯透镜天线，经过多次迭代成功实现小批量生产，有效实现提高龙伯球透镜天线增益效果，成功研发创新型动中通相控阵卫星互联网终端。它既可以为移动网络覆盖薄弱的地区提供基本的互联网通信服务，也可

以在地面网络中断的极端情况下承担起应急通信保障的重任。

## 什么是龙伯透镜天线？

龙伯透镜，Luneberg lens 是由物理学家 R.K.Luneberg 于 1944 年发明的。龙伯透镜天线是一种具有梯度介电常数结构的介质球天线，可以实现电磁波的会聚和定向发射。由于龙伯透镜天线自身的球对称性和良好的天线性能参数能使其具有多波束、宽频带、宽扫描角范围、造价低等优点，在未来的移动卫星通信领域有着广阔的应用前景。



## 为什么要采用 3D 打印技术？

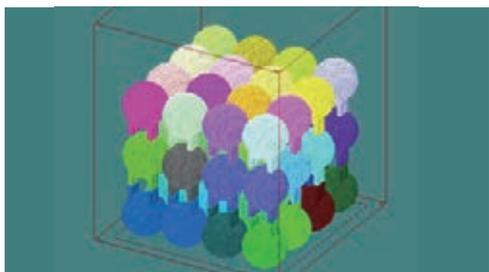


### 复杂结构一体成型，提高龙伯球透镜天线增益效果

龙伯透镜天线设计复杂，它就像一个洋葱结构，从外到内，是一层一层的。每层材料的折射率不一样，从而导致了电磁波（光线）的拐弯。采用 3D 打印技术，能实现一体成型和微小尺寸的精确控制，从而提高龙伯球透镜天线增益效果。

### 工艺成熟，成品质量稳定

华曙高科高分子 3D 打印解决方案采用动态聚焦技术，同时配置了独有的八区独立温控专利技术，热场均匀稳定，确保不同区域龙伯透镜天线表面质量及性能具有一致性。



### 小批量生产周期短，成本低

以  $\phi 80\text{mm}$  龙伯透镜天线为例，华曙高科高分子 3D 打印设备成型缸内一次可以摆放 16 件。由于不需支撑，一个成型缸可以摆放三层，

24 小时内可以打印完成，即单日产能达到 48 件，其生产周期和制作成本大大降低。

### 高分子 3D 打印材料介电常数稳定

龙伯透镜天线制作材料采用的是华曙高科自主研发的 FS3300PA 和 FS3401GB 尼龙材料，经测试透镜介质材料介电常数在 2.5-3.0 之间损耗正切角最小，介电常数稳定，是最佳选择。

“华曙高科 3D 打印解决方案可以实现微小尺寸的精确控制（mm 级别），解决了复杂结构 Luneberg 透镜（以下简称龙伯透镜）天线制造工艺的问题，也大幅降低了成本，能满足我们各类移动场景下的宽带卫星通信需求。”

3D 打印龙伯透镜，让若森智能的“动中通”成为了可能，他们针对低轨卫星的多波束卫星通信技术，直接让他们站在了生态链的顶端。

若森智能公司董事长季文涛说，若森智能 3D 打印的新型卫星天线体量小、性能可靠。在中国首座以创新为主题的安徽创新馆内，有一个圆形飞碟状的装置，这就是若森智能公司研发的新型卫星天线，也是他们装在车辆上的同款天线。

未来，随着技术的更新，卫星天线的体量有望进一步减小到笔记本大小，成本也会大幅下降，甚至降到一万元以下，到那时，它就可以走进千家万户，服务大众，卫星通信与地面通信整合一体，极限应用与日常应用合二为一。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 汽车

Automotive

整车及空调、内外饰的研发过程需要经历多次的设计迭代和验证，增材制造具有无模生产的特点，能够在保证性能的前提下，大大缩短研发周期。



# 中国生产级 3D 打印机

## C 位列装宝马 3D 打印新工厂



2020年6月，宝马投资1500万欧元（约合超1亿元人民币）新的慕尼黑3D打印工厂正式启动，部署了EOS、SLM Solutions、HP、华曙高科、Desktop Metal、Exone、Carbon3d、Nexa3D等品牌的主力3D打印设备，这奠定了宝马集团在汽车行业增材制造技术的领先地位。

南极熊也对宝马新3D打印工厂的情况进行了报道《BMW汽车新3D打印工厂开张，部署了这8家厂商的3D打印机》，在其官方发布的视频中，南极熊注意到，在众多国际大牌的3D打印设备中间，有一台来自中国制造的超大型增材制造设备。这台3D打印机位于车间的正中央位置，十分引人注目。它就是来自华曙高科的连续增材制造解决方案(CAMS)——高分子激光烧结系统HT1001P。

### 宝马3D打印工厂，为什么会出现中国华曙高科？

中国华曙高科的超大型SLS激光烧结3D打印机HT1001P，提供超大幅面的高分子高温增材制造解决方案，让生产效率提升接近100%，包含三个模块功能的一站式自动化生产线。以CAMS（连续增材制造解决方案）理念设计的高分子激光烧结设备，专为增材制造产业化量身定制，拥有1000mm x 500mm x 450mm的超大成型缸尺寸。





因为具有当前全球最大 SLS 打印幅面、连续制造能力、高温烧结能力和优异的打印质量和稳定性，成为宝马在德国最新启动的慕尼黑 3D 打印工厂部署的唯一中国品牌高分子选择激光烧结设备，这标志着中国 3D 打印品牌的质量，得到全球产业化客户的认可。

HT1001P 具备鲜明的创新性和差异性——它是目前 SLS 技术领域全球最大打印幅面的 3D 打印设备，成型缸尺寸长达 1000mm，大型工件可以一次成型，无需拼接，大大节省人工和提升整件成型质量。HT1001P 的成型缸可以移动更换，可实现设备不间断生产，加上双激光的配置，大大提高打印效率，从而最大化用户的产能，非常适合产业化用户的批量生产需求。不仅如此，HT1001P 还具备高温烧结能力，这大大扩展了可打印材料的种类，从常见的 PA12 到 TPU，乃至 PA6 等等，成为汽车、航空航天、Service Bureau 的主力机型。

## 中国华曙高科生产级 3D 打印机已经走向全球

其实，除了宝马之外，德国著名 3D 打印服务商 Modellbau Kurz GmbH、FKM Sintertechnik GmbH 等都已于 2019 年初列装 HT1001P，并均已正式进入完全商业化生产阶段，进行大部件日常生产或小部件批量生产。



德国 Modellbau Kurz 增材制造负责人兼董事 Niko Kurz 说：“针对超过 1 米或者更大尺寸的部件，我们就在成型缸中进行对角线角度排包，即可实现一体打印成型，这在以前则无法实现。即使是生产小尺寸部件，HT1001P 的批量化生产能力也能大大降低成本。所有这些优势，都将帮助我们的客户实现产品多样化，促进 3D 打印部件的广泛工业应用。”



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



## 创新绿色生产力!

# 德国博泽 Brose 携手华曙高科 推出汽车行业增材制造批产新方案

全球领先的汽车零部件供应商德国博泽集团 (Brose) 携手华曙欧洲, 成功列装一款专为汽车行业高要求量身打造的金属 3D 打印设备。该创新设备的一个显著特点是兼容可持续性金属粉末, 该粉末完全是由博泽 Brose 冲压车间的钢铁废料回收制成。这款高性能 3D 打印设备助力博泽 Brose 在确保产品质量和性能的前提下, 实现了严格的二氧化碳减排目标。



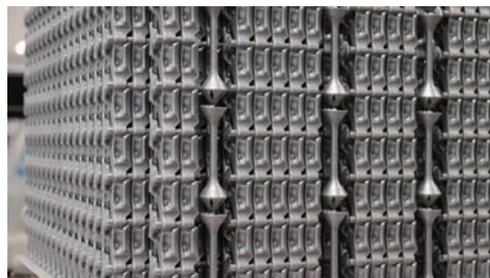
这款定制的金属 3D 打印设备是基于华曙高科 FS721M-8-CAMS 平台, 成形体积为  $720 \times 420 \times 390 \text{mm}^3$ 。此外华曙高科还提供成形高度为 650mm 的选配。华曙为博泽 Brose 定制设计的这款设备, 配备 8 个激光器, 非常适合高效零部件生产。其激光功率  $8 \times 2000 \text{W}$ , 远远高于市场标准, 这一组合使博泽 Brose 实现更高效的增材制造批量化生产。

该设备的一个非常独特的优势是采用了华曙高科自主研发的光束整形技术, 能够高效且经济地利用高功率激光。华曙光束整形技术以环形

光斑的形式适用于较大的激光光斑直径, 形成非常均匀的熔池, 生产出高质量部件。

该设备的另一个亮点是采用了先进的 CAMS 技术 (连续增材制造系统), 使打印完成后的工件包能够立即从设备中转运出来, 然后将一个新的成形缸转运至打印设备中, 开始下一次打印工作, 大大缩短设备的停机时间。

除了硬件之外, 该设备的软件在处理单个任务中众多部件的简便性和快速性方面也进行了进一步优化。通过这些措施共同作用, 使得该设备成为一款高效 3D 打印系统, 极大降低单个零件成本。



博泽 Brose 采用 FS721M-8-CAMS 设备和环保钢打印的工件包

博泽 Brose 采用 FS721M-8-CAMS 设备和环保钢打印的工件包, 以高密度堆叠、无支撑打印而成, 一共包含两万多个零部件。在零部件的

设计阶段，工程师特别注意确保部件的后处理能够完全自动化，无需人工操作。

“采用华曙先进增材制造系统，使我们能够以更高的产能和更短的生产时间来批量生产更多产品，从而实现盈利。凭借 FS721M-8-CAMS 设备，现在博泽 Brose 能够实现更大批量的生产订单，缩短生产周期，提高整体盈利能力，增材制造已成为大批量应用的理想之选。

这款创新 3D 打印设备的一个突出特点是它兼容‘环保钢’，这是一种低合金钢材料，符合我们对可持续生产的承诺。”

——Eric Fritzsche, 博泽 Brose 增材制造负责人

“通过与 Brose 博泽合作，我们将创新转化为真正的生产效率，这是强强合作和开源理念达成成果的绝佳范例，是材料、零部件设计与 3D 打印设备的完美结合，对于增材制造未来而言也是一个非常有价值的里程碑。”

——Oliver Li, 华曙高科欧洲公司总经理

## 关于博泽 Brose

博泽是德国汽车零部件行业中最大的私营企业。每三辆新车中就至少有一辆配备了博泽的产品。该公司是机电一体化专家，研发并制造用于车门、挡板和座椅的系统。此外，博泽还生产电动机，功率范围从 200 瓦到 14 千瓦，用于转向系统、热管理和电动滑板车等广泛应用。该家族企业在全世界 24 个国家 68 个地点拥有约 31,000 名员工。2024 年，博泽集团实现销售额 77 亿欧元。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

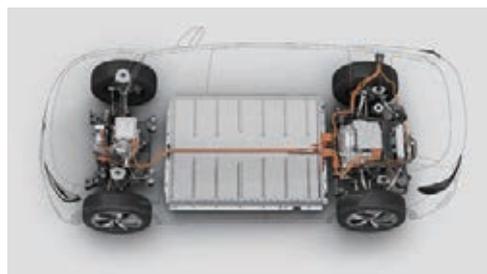
# 大众汽车吴宏涛： 把 3D 打印工装夹具“玩”出新高度

从传统的动力总成技术向电气化的转型，从传统的交通工具向“第三生活空间”的转变，从传统的加工技术向新兴的制造模式转身……全球汽车产业正经历动力系统革命、产品形态重构与制造范式迭代的三重变革浪潮，驱动着 3D 打印技术从辅助工具向战略级制造技术跃升。

作为中国汽车制造数字化转型的标杆企业，一汽大众自 2005 年起系统性推进 3D 打印技术应用——

- 2005 年，构建数字化原型生产体系，一汽大众长春开发部通过 FDM（熔融沉积成型）技术实现年产能 500+ 件的快速零件和原型制造；
- 2017 年，试制工艺升级，一汽大众引入华曙高科 SS402P 选择性激光烧结设备，助力概念车开发试制周期大大缩短；
- 2022 年，高精度制造突破，大众（安徽）汽车再度引进华曙高科 Flight 403P，每年打印 9000+ 件汽车零部件、工装夹具及检具，耗费超 1 吨粉末材料；
- 2025 年，大众汽车（中国）科技有限公司正式部署华曙高科金属 3D 打印设备 FS273M，应用于匹配验证的汽车金属零件、高强度汽车工装夹具、特殊工具及检具生产。

目前，3D 打印在汽车工装夹具领域的潜力已从局部试点迈向规模化应用，其核心价值在于打破传统制造约束，推动汽车制造向灵活化、轻量化、可持续化转型。



图为大众汽车 ID.5 GTX，图片来源于大众汽车官网

在汽车生产中，3D 打印技术的应用现状如何？3D 打印工装夹具与检具有何优缺点？从业 20 年的大众汽车（中国）科技有限公司 3D 打印专家吴宏涛，为我们列举了 3D 打印在汽车研发与生产中的应用实例，以及其在汽车行业的未来。



吴宏涛、3D 打印专家、大众汽车（中国）科技有限公司

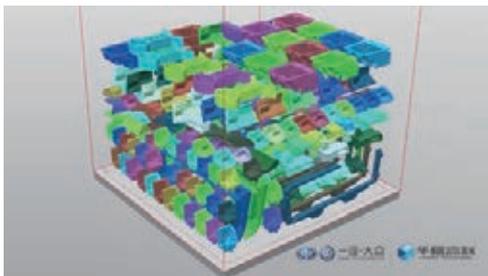
吴宏涛先生自 2005 年开始从事 3D 打印工作，先后服务于一汽-大众汽车有限公司，大众（安徽）汽车有限公司，大众汽车（中国）科技有限公司。从业 20 年里他积累了丰富的 3D 打印工作经验，对 3D 打印技术也有自己独特的见解。

## 3D 打印汽车工装初具规模

“3D 打印技术真正的优势还是在单件和小批量方面，作为研发手段来说，现在还是蛮成熟的，也已形成规模化。这 20 年里，像 SLA、SLS、FDM 等 3D 打印零件，在试制上，无论是价格还是性能方面都很有优势。目前我们 3D 打印的零件用于试制装车时，主要用作搭载零件使用，即我们不测试零件本身的性能，只是用作搭载其他的零件做实验或者做整车性能实验，作为搭载的打印零件对于整车实验的性能影响不大。

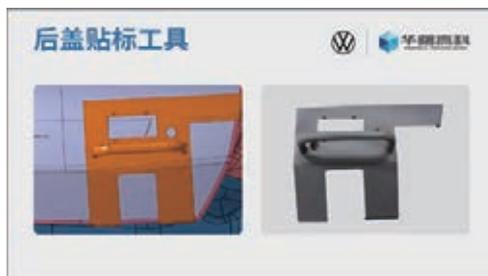
3D 打印不是替代传统制造，而是开辟第三条赛道。在试制环节，它让创意设计不再受模具成本制约；在生产端，它使个性化定制与小规模化制造成为可能。”

——吴宏涛



## Flight 技术：薄壁工装精度新标杆

华曙高科 Flight 技术具有高精度、高效率的优势，非常适合精细薄壁复杂的工装件打印，在白车身试制的工装检具上应用广泛。据不完全统计，大众汽车（中国）科技有限公司采用 Flight 403P 设备，每年平均生产 9000 多个汽车零部件、工装夹具及检具，耗费超 1 吨粉末材料。3D 打印设备的效能释放程度，关键取决于工程师对增材制造工艺的系统化设计能力，从而突破传统制造思维的局限，充分释放设备潜能。



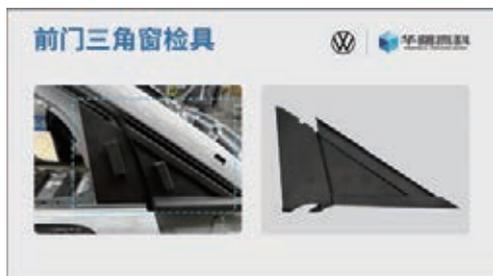
**后盖贴标工具：**采用 Flight 技术打印的定位工装，实现  $\pm 0.1\text{mm}$  级打印精度，3 天快速交付，较传统 CNC 工艺周期缩短 50%。



**雨刮安装夹具：**无需开模，可直接打印与雨刮臂曲面完全贴合的装配定位夹具，Flight 技术具有高精度、复杂结构一体成形等优势，设计者可以针对不同车型定制设计。



**地毯漏雨检具：**通过  $\pm 0.3\text{mm}$  公差控制，可以精准定位地毯上需要检测的位置，以检测淋雨实验后地毯是否有积水。



**前门三角窗检具：**属于 Flight 高精度薄壁件，检测点定位误差 $\leq 0.05\text{mm}$ ，确保前门与白车身本体的匹配精度。

吴宏涛总结，3D 打印工装检具具有结构紧凑、设计自由度高、响应快等优势，还可以节约发包的时间和人力成本，快速响应生产的需求，制造成本也有很大优势。3D 打印单件、小批量、个性化的属性与工装检具的特性相契合，决定了 3D 打印未来在工装夹具和检具领域具有广阔的空间。

### SLM 技术：高强度工装新篇

“目前，金属 3D 打印零件用于批量装车暂时还不具备条件，究其根本原因还是成本。但在试制车辆上的使用完全具备条件，尤其对于数量要求很少的复杂且小尺寸的试制金属零件，完全可以采用金属 3D 打印。我们在华曙设备上进行了多轮测试，其打印的金属件品质高，性能稳定，完全符合我们的使用标准。”

——吴宏涛

2025 年初，基于对华曙品牌的高度认可，大众汽车（中国）科技有限公司引入华曙高科金属 3D 打印设备 FS273M，将应用于汽车开发金属零件、高强度工装夹具及小批量试制装车金属零件的生产。比如传统汽车铰链，它是通过冲压和焊接制成，借助螺栓固定在车门和车身框架上，形成车门开合的旋转支点，其核心作用是传递载荷，包括车门自重和外部冲击力。采用金属 3D 打印技术可在确保强度的同时，实现轻量化设计，同时降低时间和生产成本。

从一汽大众长春开发部第 1 台华曙 SLS 设备的投产，到 FS273M 金属设备在大众汽车（中国）工厂的启动，大众汽车的 3D 打印之旅，正是中国汽车产业智造升级的缩影。正如吴宏涛所说：“从汽车行业，看未来 3D 打印技术的发展趋势，相信未来将会诞生机械性能更好并且更便宜的材料，打印零件的表面质量将会更好，成形速度也将更快。”



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 武汉萨普自主研发越野房车 应用 40+ 金属与尼龙 3D 打印件



“3D 打印技术对整套汽车工业生产体系，正展现出非比寻常的意义，它不仅是制造手段，还是创新手段。它的存在，或许就是支撑未来汽车革命的关键支柱之一。”武汉萨普科技股份有限公司总经理蒋晓冬的这番话，精准道出了 3D 打印技术在汽车制造领域的核心价值。在增材制造（3D 打印）产业快速崛起的当下，武汉萨普作为国内较早从事专业造型及大批量工业级 3D 打印系统化应用的先锋企业，正以技术创新为锚点，携手华曙高科，在汽车制造的研发、生产、应用全链条中开辟新路径，推动 3D 打印从“小众技术”走向“产业化应用”。

### 汽车制造成 3D 打印核心应用领域， 新能源汽车增速领跑

根据 AMPOWER 的市场研究数据，若按垂直应用领域划分增材制造市场，汽车制造始终位居前列。预计到 2026 年，全球增材制造行业的整体规模将达到 192.3 亿欧元，其中汽车行业的市场份额占比高达 18.6%，成为 3D 打印技术落地的核心场景之一。值得关注的是，新能源汽车对增材制造技术的需求增长速度远超传统燃油车——复杂热管理部件、轻量化结构件、定制化功能件等需求，正推动 3D 打印技术在新能源汽车领域的应用不断深化，为行业发展注入新动能。



图为武汉萨普 3D 打印车间一隅

## 国内 3D 打印先行者，打造“高分子+金属”完整工艺链

武汉萨普与 3D 打印技术的深度绑定，始于 2014 年。作为华曙高科最早的产业化用户之一，萨普科技从引入华曙高科高分子 3D 打印设备起步，率先将其应用于汽车行业的前期研发设计与零部件生产；随着市场需求的持续扩大，在随后的 8 年间，萨普又陆续配置多台金属 3D 打印设备，逐步构建起“高分子+金属”一体化的增材制造完整工艺链，成为国内少数能覆盖汽车制造全流程 3D 打印需求的企业。

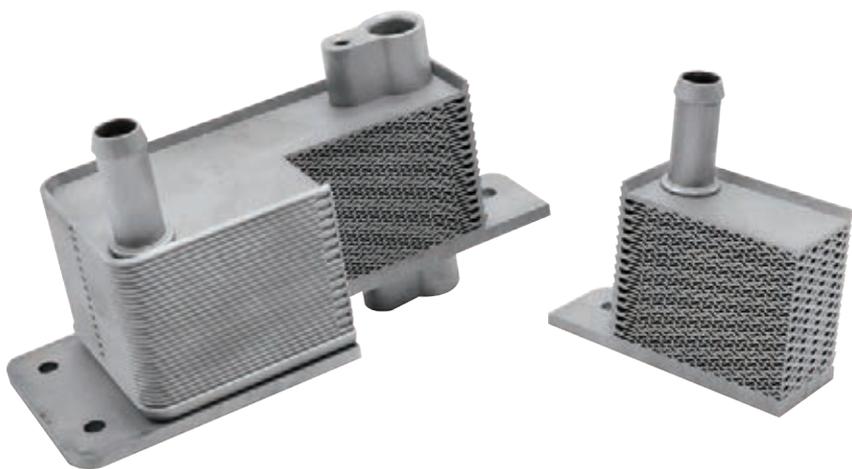
## 设备与产能：满负荷生产支撑规模化应用

截至目前，萨普科技共拥有华曙高科 5 台金属 3D 打印设备（涵盖 FS271M、FS273M、FS200M 等系列）与 8 台高分子（尼龙）3D 打印设备（包括 402P、403P 等系列），所有设备长期处于满负荷持续生产状态。仅 2022 年一年，萨普科技通过这些设备生产的汽车零部件成品重量就超过 3000kg，且良品率稳定在 90% 以上，为汽车行业的小批量生产、定制化需求提供了可靠的产能支撑。



## 技术服务：覆盖全流程的 3D 打印解决方案

萨普科技不仅具备设备与产能优势，更建立了全套增材制造工艺流程，能为客户提供“从设计到交付”的一站式服务：从零件的初始设计、结构优化分析，到 3D 打印生产，再到



热处理、精加工等后处理工艺，最后通过严格的零件质量检测，确保每一个交付的零部件都符合汽车制造的严苛标准。



## 创新方向：聚焦汽车制造六大核心需求

在汽车行业的 3D 打印应用中，萨普科技围绕六大核心方向持续创新，全面覆盖汽车研发、生产、后市场全周期：

- **快速实现设计件：**缩短汽车新车型研发中的原型验证周期，让设计方案快速落地测试；
- **结构复杂终端件的直接生产：**突破传统制造工艺的限制，直接打印具有复杂内部结构（如镂空、流道）的终端功能件；
- **轻量化结构零件：**通过拓扑优化设计与 3D 打印技术结合，减少零件重量，助力汽车（尤其是新能源汽车）降低能耗；
- **专用工件和检测器具的定制：**为汽车生产环节定制专用工装夹具、检测工具，提升生产与检测效率；
- **整车（展车）制作：**快速制作汽车展车或概念车车身，满足车企的市场推广与品牌展示需求；
- **维修及数字备件仓库：**建立数字化备件库，按需打印维修备件，减少传统备件库存压力，降低车企运维成本。

## 产业化实践：突破批量生产难题

汽车行业对零部件的需求往往以“百万级”为单位，而传统 3D 打印技术多适用于“十几个、几十个”的小批量生产，如何突破经济性、效率性难题，实现规模化应用，成为 3D 打印进入汽车制造主流领域的关键。对此，萨普科技通过持续的技术创新，在终端零部件生产中开辟出多条产业化路径，让 3D 打印真正服务于汽车制造的实际需求。

### 场景一：新能源汽车热管理部件，降本减重双突破

新能源汽车的热管理系统直接影响电池寿命与整车安全，而散热器、冷却流道板等核心部件对结构复杂度、散热效率要求极高。萨普科技采用华曙高科金属 3D 打印解决方案，批量生产新能源汽车专用铝合金散热器——通过 3D 打印技术，散热器的复杂流体通道可实现一体成型，无需后续拼接，不仅体积比传统产品更紧凑，重量显著降低，散热效率也大幅提升；同时，该散热器采用自支撑结构设计，减少了打印支撑材料的消耗，相比传统生产方式，成本直接下降 50%。

在高分子部件领域，萨普科技采用华曙高科 403P 系列 3D 打印设备及 PA6 材料，每年批量生产新能源汽车冷却流道板超百件。PA6 材料具备优异的耐高温、耐腐蚀性，搭配 3D 打印的精准流道设计，能有效满足新能源汽车冷却系统的长期稳定运行需求。





**场景二：汽车动力总成管道，实现规模化量产**  
动力总成是汽车的“心脏”，其管道部件对密封性、耐油性、结构稳定性要求严苛。萨普科技采用华曙高科高分子 3D 打印解决方案生产的汽车动力总成管道，凭借 3D 打印技术的灵活性与材料的可靠性，已成为萨普生产数量最多的汽车终端件之一，成功突破小批量局限，实现规模化量产，为车企提供了高效、低成本的动力系统部件解决方案。

### 场景三：Faraway 法拉唯房车，43 个 3D 打印件定义“科技智能房车”

在自主研发领域，萨普科技将 3D 打印技术的优势发挥到极致——其自主研发生产的 Faraway 法拉唯系列越野拖挂房车，成为 3D 打印赋能汽车产品创新的典型案例。

在每一台 Faraway 法拉唯城市越野拖挂房车上，华曙高科 3D 打印技术共生产了 43 个终端功能零部件，广泛应用于空调系统、底盘、内饰等关键部位。这些 3D 打印部件不仅简化了传统生产中的模具开发流程，还实现了三个核心价值：一是缩短房车研发周期，让新产品快速通过测试并上市；二是降低生产成本，减少传统工艺中的材料浪费；三是减轻房车整体重量，进而降低燃料消耗，符合绿色出行理念。

这些创新设计的实现，离不开萨普团队在汽车行业 20 余年的技术积累，更依赖于 3D 打印技术对复杂结构、定制化需求的精准支撑——例如，房车内饰的异形支架、空调系统的定制



化流道部件等，均通过 3D 打印技术快速落地，让“科技智能房车”的概念从设计变为现实。

作为工业级 3D 打印领航企业，华曙高科将继续加大技术研发力度，为萨普科技等客户提供更具竞争力的解决方案；而武汉萨普科技也将持续深耕汽车制造领域，以 3D 打印技术为核心，不断探索创新应用场景，推动 3D 打印从“支撑创新”走向“引领变革”，为汽车行业的绿色化、智能化、个性化发展注入更多动力，助力全球汽车产业实现可持续发展。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 华曙 3D 打印助力 曼胡默尔汽车滤芯制造升级

“曼胡默尔自创建以来一直积极鼓励技术创新，对我们来说，真正具有市场价值和盈利潜力的研发与创新，不仅能为客户带来增值，更能推动社会的前进；而也正是因为拥有前瞻性的目光和脚踏实地的精神，才让曼胡默尔始终领跑于过滤行业的最前沿。”



作为过滤行业领导者的曼胡默尔集团以其领先的乘用车，商用车和工业领域过滤解决方案而闻名。近年来，变革迭起的汽车市场左右着汽车售后市场的发展，令这一产业迈入“变局”。曼胡默尔滤清器（上海）有限公司在这些年极富前瞻性地进行战略升级，引入华曙高科高分子 3D 打印解决方案，大幅度提高生产效率，降低制作成本，让新品研发更加快速经济，让个性化制造成为现实。

- 采用华曙 3D 打印技术超 2 年 每月开机率达 100%；
- 生产 3D 打印终端件 30% 生产 3D 打印原型件 5000+；
- 小批量生产成本仅为传统生产成本的 1/5。

### 传统痛点倒逼技术改革

汽车市场竞争愈加激烈，对汽车过滤解决方案有着更加高性能、低成本、短开发周期的要求，客户都希望在不增加成本的情况下，得到更优化的性能——产品研发速度要快。现在的市场竞争越来越激烈，需要汽车厂家提高车型换代速度，越来越快的推出新的车型，研发时间规划越来越短。有的车企已经从早先的一款车型 36 个月的时间缩短到 18 个月，时间上缩短了一半，其汽车配件如过滤系统等研发速度也要求大幅提高。

控制设计制作成本。采用传统制作方式的过滤系统部件开模需花费 20 万—100 万元，耗时约 3-4 周乃至半年。如果测试不成功需要改动设计的话，成本则更大，一般仅改动设计的 10% 就需要十天左右的时间，而且需重新开模。

更多个性化定制需求。研发不同型号产品需要不同的设计，传统开模无法做到个性化定制。





### 3D 打印终端件占比 30%

自 2019 年与华曙高科合作以来，曼胡默尔滤清器（上海）有限公司在新品设计环节均采用了 3D 打印技术，目前用于设计验证的 3D 打印原型件已超过 5000 件，其主要优势体现在生产周期短、加工精度高、强度高等方面。

曼胡默尔滤清器（上海）有限公司测试与样件研发部王怀谷先生介绍，3D 打印技术使整个新品研发过程大幅缩短。同时，一些采用传统方式制作的，结构复杂的零部件还需合模，其成品有一条明显的合模线，在测试过程中容易裂开，而 3D 打印不用考虑加工方向，可一次成型，也确保了零部件的强度，打印完成后经过简单后处理即可交付客户。3D 打印技术使企业内部研发 - 生产 - 验证 - 交付的闭环供应链更加顺畅自由，具有很重要的意义。

与此同时，与传统工艺及其他 3D 打印技术相比起来，华曙高科高分子 3D 打印解决方案具有不可替代的优势，其成型件对环境（温度、湿度和化学腐蚀）的抵抗能力类似于热塑性材料，具有良好的强度和优异的抗冲击性能，适合小批量生产部分终端结构件。目前，曼胡默尔滤清器（上海）有限公司直接使用的 3D 打印终端结构件占有 3D 打印零部件的 30%。

### 曼胡默尔部分 3D 打印结构件展示

某汽车发动机进气管，长度超过 600mm，使用 3D 打印快速成型工艺，通过燕尾槽设计连



接卡槽，在短时间内完成制作，并通过了一系列功能试验以及环境试验。满足了客户的快速改版要求同时避免了模具费用。



某款新型滤材的 500 倍放大图，其滤材的微观构造的复杂细节和工艺用传统方式无法制作，3D 打印技术可使其一体成型。

据统计，曼胡默尔集团保持稳健的发展步伐并取得了业绩的增长，在 2019 年创下近 80 年的历史新高，达成 42 亿欧元的营业收入。正如王怀谷先生所说，“作为过滤产品的领先供应商，曼胡默尔一直以来坚持通过研发创新，推出更多满足市场需求的产品和解决方案，深耕中国市场。”专注于产品品质，注重技术的革故鼎新，这些皆是曼胡默尔得以长久屹立于市场的秘诀。未来，华曙高科还将与曼胡默尔继续携手同行，为客户提供更加优质的产品和服务。



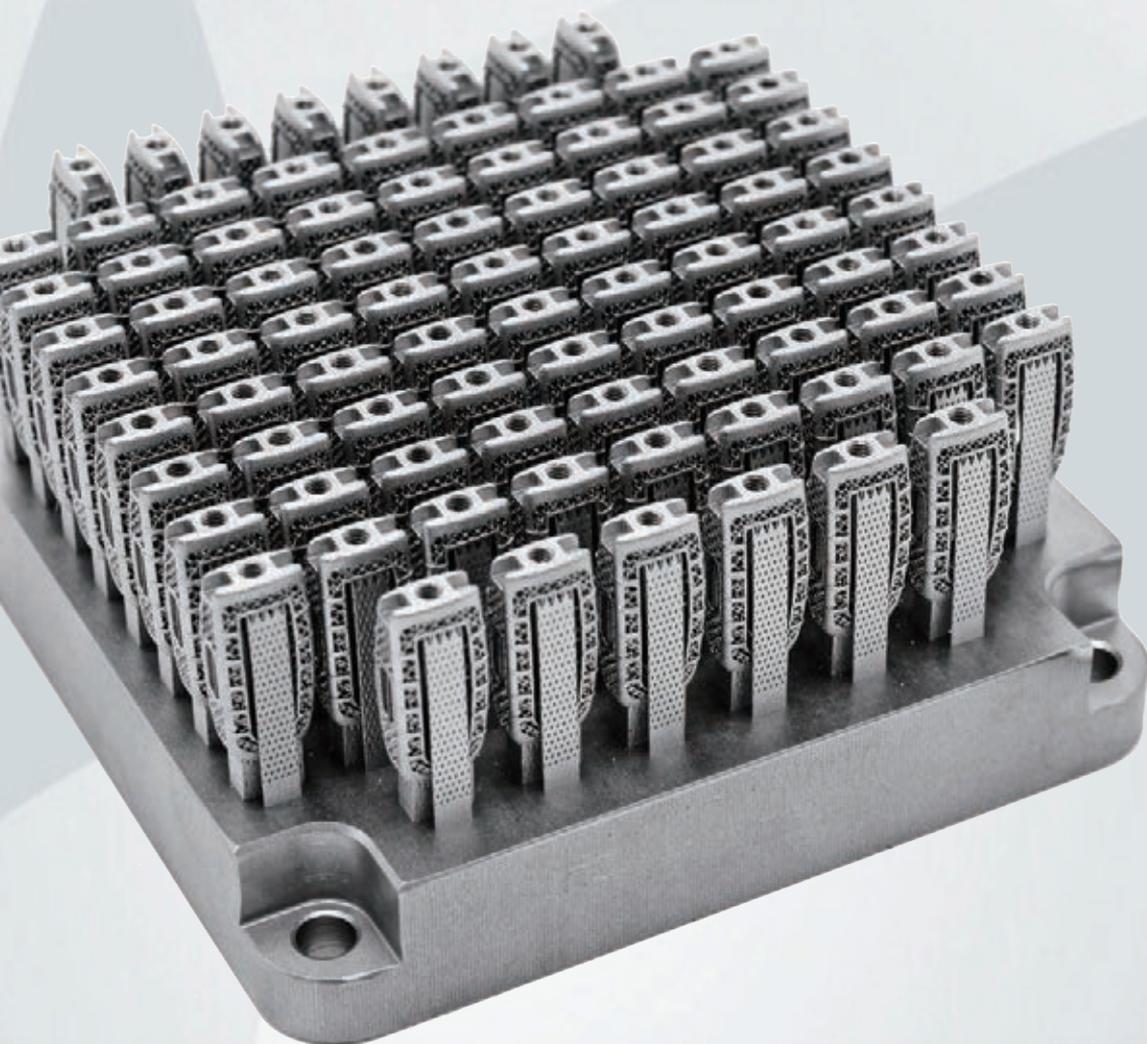
立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 医疗

Healthcare

3D 打印已被广泛应用于医疗行业，包括医疗模型、医疗辅具、个性化手术导板、植入物等，在提升手术精度和手术成功率的同时，大大节省了治疗时间和成本，改善了医患关系。



# 新型个性化生物功能植入物国际领先， 华曙3D打印助力上海九院精准医疗创新突破



3D打印技术变革了临床骨科疾病的治疗方式，开启了个性化医疗的新时代。上海交通大学医学院附属第九人民医院（以下简称“上海九院”）作为国内骨科领域的领军者，早在医疗3D打印技术萌芽之际，便以行业前瞻视野率先与华曙高科达成战略合作，引入华曙高科金属3D打印设备、高分子高温3D打印设备，构建起从材料研发、植入物设计到临床转化的全链条创新平台。

近年来，上海九院戴尅戎教授、郝永强教授团队在个性化骨科植入物、生物功能植入物等领域取得一系列突破性成果，为国内骨科增材制造技术的临床应用树立了标杆。

## 多类金属植入物临床应用

3D打印技术为个性化钛合金骨植入物的研发与应用提供了核心支撑，上海九院戴尅戎、郝永强教授团队深耕数十年，实现了从技术探索到临床落地的全方位突破。

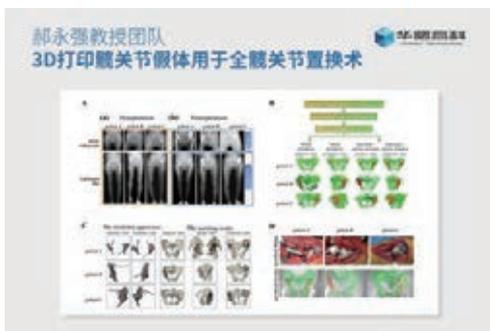
早在上世纪70年代末，戴教授便启动个性化骨关节假体研究，80年代初推出第一代人工半骨盆等假体，90年代结合计算机辅助设计创建数字化制造系统。2003年，团队获定制化人工关节生产注册证，但传统制造技术难以满足复杂设计与时效需求。



2010年金属3D打印技术成熟后，郝教授团队启动第三代个性化假体研发，联合合作伙伴构建自主技术体系，2014年在全球首次将3D打印个性化骨盆假体应用于临床。依托华曙高科3D打印平台，郝教授团队在国内率先开展3D打印骨病变模型、3D打印辅助导板及3D

打印个性化金属假体的研发应用，2016 年成功为严重骨缺损患者定制重建假体，术后患者运动功能恢复良好。

在骨盆肿瘤重建中，3D 打印技术实现精准手术规划与假体定制，通过多孔结构促进骨与假体界面整合，保证假体长期力学稳定。针对全髌关节置换翻修难题，团队研发“综合修复假体”（专利号：ZL201821515389.3），针对髌臼周围骨盆复杂缺损创新提出“郝氏分型”，为临床治疗提供标准指南，实现了复杂骨关节缺损的个性化精准治疗。



截至目前，上海九院 3D 打印个性化骨盆、髌关节、膝关节、肩关节、肘关节、足踝、椎体等内植物已应用于临床，临床随访显示，定制化假体不仅能精准匹配骨缺损区域，还能快速实现假体 - 骨界面整合，显著降低假体松动等并发症的发生率，延长假体使用寿命，有望改善患者治疗结局。

### 新型多孔钛合金支架赋能骨修复

上海九院郝永强教授团队聚焦新型多孔钛合金支架研发，通过材料改良、表面改性及功能整合等多维创新，显著提升支架生物相容性与骨修复效能，为骨科骨缺损治疗提供新思路。

郝教授团队探索多金属合金与功能涂层技术，采用华曙高科 SLM 技术制备的 Ti-Ta-Nb-

Zr 合金支架，在细胞增殖、黏附及骨再生整合方面表现优于传统 Ti6Al4V 合金。为优化 Ti6Al4V 支架性能，团队施加 TiCu/Ti-Cu-N 涂层，有效促进人骨髓间充质干细胞细胞增殖黏附，助力骨修复；通过飞秒激光处理改善支架表面粗糙度与亲水性，加速成骨细胞骨内生长，提升骨整合能力。



在功能拓展方面，新型含锆钛支架联合骨折愈合期免血清外泌体 (BF EXO)，可显著加速严重骨缺损修复，其成骨与血管再生效果优于健康供体来源的 sEXO，相关机制已通过 RNA 测序阐明。此外，团队将辛伐他汀负载于 PLGA 水凝胶，与 3D 打印钛合金支架结合，实现药物局部控释，既增强成骨与骨整合效果，又能通过铁死亡机制抑制骨肉瘤，兼具治疗与修复双重功效。

郝教授团队进行的一系列研究，覆盖材料、细胞及临床前多个维度，通过基材筛选、结构设计、表面改性等创新，构建了高性能多孔钛合金支架体系，为骨科植入物研发奠定坚实基础，具有广阔临床转化前景。

### 新型个性化生物功能植入物国际领先

钛合金骨植入物虽临床应用广泛，但存在生物活性不足、不可降解的局限。为满足临床高生物相容性、促骨整合需求，上海九院郝



永强教授团队聚焦钽、镁新型生物功能金属，借助华曙高科 SLM 技术实现 3D 打印植入物的技术突破与临床转化。



钽金属凭借高生物活性成为骨修复优选材料。团队通过 SLM 技术制备的多孔钽支架、钽合金支架（孔径 300-400 $\mu\text{m}$ ），孔隙规则且连通性佳，力学性能适配人体骨骼，可避免应力遮挡，其细胞黏附、增殖及成骨分化效果均优于传统 Ti6Al4V 支架。为进一步扩展临床应用前景，团队开发了 3D 打印钛合金表面钽涂层技术，团队制备的钽涂层与 3D 打印钛合金基体结合强度超 100MPa，且力学性能优于现有的多孔钽产品，相关实验表明，钽及钽 - 铜复合涂层具有优异的促成骨功能，且兼具抗菌、促血管生成功能。

目前，郝永强教授团队已率先将钽涂层 3D 打印个性化假体应用于临床，3-5 年随访记录显示，钽涂层假体临床疗效优于现有钛合金假体。

镁合金方面，团队研发的 JDBM (Mg-Nd-Zn-Zr) 合金植入物，降解释放的镁离子兼具抗菌与成骨诱导作用，对 MRSA 和大肠杆菌抑制率分别达 90.0% 和 92.1%。2021 年临床研究显示，9 例内踝骨折患者采用 JDBM 螺钉治疗后，复位固定良好且无并发症。载唑来膦酸陶瓷复合涂层 JDBM 支架，实现药物缓释与成骨作用协同，显著提升骨质疏松性骨折愈合质量。SLM 技术则克服了传统制造的诸多局限，SLM 制备的 JDBM 合金力学性能优异，优于 WE43、AZ31 等商用镁合金。

目前，郝教授团队在 3D 打印骨活性金属钽个性化内固定器械、钽涂层 3D 打印个性化假体、可降解镁合金内固定螺钉等新型生物功能植入物的国际临床应用方面处于领先地位，为骨科复杂疾病治疗提供了更优解决方案。

# 华翔医疗多款钛合金植入物产品获批 引领骨科治疗创新

在医疗 3D 打印产业化加速推进的背景下，湖南华翔医疗科技有限公司（下称“华翔医疗”）与华曙高科深度合作，聚焦钛合金骨科植入物研发与生产，凭借自主技术与精密制造，先后推出多款通过国家药品监督管理局（NMPA）批准的钛合金 3D 打印植入产品，累计斩获多张骨科植入物三类医疗器械注册证，覆盖颈椎、胸腰椎等脊柱融合核心领域，为骨科患者提供更贴合临床需求的治疗选择，推动国产钛合金 3D 打印医疗植入物技术迈向临床应用新高度。

## 2021 年：国内首个钛合金 3D 打印骨科植入物获批

依托华曙高科金属增材制造解决方案支持，华翔医疗于 2021 年 2 月自主研发的钛合金 3D 打印多孔型椎体融合成功获得 NMPA 三类医疗器械注册证。该产品不仅是华翔医疗在钛合金植入物领域的首次重大突破，更成为国内首个获得三类医疗器械许可证的金属 3D 打印骨科植入假体产品，填补了国内钛合金 3D 打印椎体融合器的技术与临床应用空白。

**材料与工艺：**采用医用钛合金粉末为原材料，通过华曙高科 FS121M/FS273M 金属 3D 打印设备，以选择性激光熔化（SLM）工艺精密制造，确保产品纯度与力学性能符合医用标准，避免传统铸造工艺的杂质风险，降低术后排斥反应。

**结构设计：**创新采用仿生骨小梁结构，模拟人体自然骨组织的多孔形态，一方面使产品弹性模量与自然骨相当，符合生理性应力分布，最大程度减少“应力遮挡效应”（避免周围骨骼因长期受力不足导致骨量流失）；另一方面，多孔结构形成的三维通道为骨髓细胞长入与增殖提供充足空间，显著提升植入后的骨融合效率，保障远期康复效果。

**临床应用：**应用范围广泛，可用于颈椎、胸腰椎等部位的椎体融合术，适配椎间盘突出、椎体骨折、脊柱畸形等病症治疗；同时具备微米级至纳米级表面粗糙度，能增大与骨床



的摩擦系数，确保植入后的初始稳定性，降低术后移位风险。



## 2022年：国内首款 SLM 技术钛合金椎间融合器上市

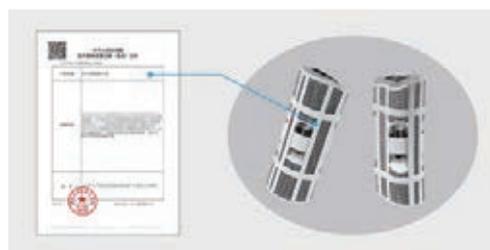
2022年2月11日，华翔医疗钛合金3D打印多孔型椎间融合器正式通过NMPA审批上市。该产品是国内首款基于SLM技术获批的椎间融合系列产品，标志着我国脊柱椎间融合治疗正式进入“激光3D打印钛合金植入物”新时代。

**性能优化：**延续钛合金材料与仿生骨小梁结构的优势，同时针对椎间融合需求升级：一是适配性更强，可灵活匹配颈椎与胸腰椎的不同解剖结构，减少对周围软组织的压迫；二是通过精准调控多孔结构的孔隙率与孔径，进一步引导骨组织再生，缩短融合周期，助力患者加速康复。

**临床价值：**为脊柱外科医生提供更贴合解剖结构的植入选择，优异的初始稳定性与远期融合效果，能减少患者术后卧床时间；全自主化解决方案也为产品规模化生产与后续迭代奠定基础，推动国产钛合金3D打印植入物从“技术突破”向“临床普及”迈进。

## 2024年：钛合金植入物密集获批，适配临床细分需求

2024年，华翔医疗钛合金3D打印植入物研发迎来“收获期”，短短两个月内，两款针对不同脊柱部位的钛合金产品相继通过NMPA审批，进一步完善脊柱融合领域产品矩阵，体现“精细化、个性化”的创新方向。



2024年4月，华翔医疗申请增补的金属3D打印胸腰椎椎体“多孔型椎体融合器”成功获得NMPA三类医疗器械注册证。该产品是2021年钛合金多孔型椎体融合器的升级增补款，专门针对胸腰椎的解剖特点与临床需求设计，进一步细化脊柱融合治疗的产品覆盖。



2024年5月，华翔医疗自主研发生产的3D打印仿生骨小梁结构“自稳型颈椎椎间融合器系统”国内率先获得NMPA批准上市。该系统以钛合金为核心材料，针对传统颈椎融合手术痛点进行颠覆性设计，显著提升手术安全性与患者术后体验。

这一系列成果不仅彰显了华翔医疗在钛合金 3D 打印植入物领域的研发实力，更开创了“企业协同创新”的国产医疗技术突破模式——以临床需求为导向，以华曙高科金属 3D 打印技术为支撑，以自主知识产权为壁垒，逐步打破国外高端钛合金骨科植入物的市场垄断，让国产钛合金 3D 打印植入物在提升治疗效果的同时，为患者提供更高性价比的选择，推动我国骨科医疗设备向“自主化、高端化”转型。

## 2025 年：3D 打印钛合金椎间融合器获批上市

2025 年 10 月，华翔医疗再传喜讯，其采用华曙高科金属 3D 打印解决方案研发的全新增材制造钛合金椎间融合器获 NMPA 批准上市，3D 打印脊柱系列再添“利器”！

这款 2025 年度新品可与脊柱内固定系统配合使用，适用于颈椎（C2/3-C7/T1）及胸腰椎（T1/2-L5/S1）的椎间融合术（需在产品周围植骨），以最新技术成果为骨科临床治疗提供了更贴合需求的国产选择。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华翔医疗双款钽金属 3D 打印医械获批 引领高端医疗增材制造产业突破

2023 年，我国医疗增材制造领域迎来两大里程碑事件——1 月，湖南华翔医疗科技有限公司（曾用名：湖南华翔增量制造股份有限公司，下称“华翔医疗”）采用华曙高科金属 3D 打印解决方案研发的“钽金属增材制造椎间融合器”，斩获国内首张以钽金属粉末为材料的仿生骨小梁结构三类医疗器械注册证；11 月 30 日，华翔医疗再传捷报，其“多孔钽腕关节填充块”同样凭借华曙高科核心技术支撑，成功获批三类医疗器械注册证。

这两款产品的相继落地，不仅填补了我国多孔钽材料增材制造领域的市场空白，更标志着我国在高端医用金属 3D 打印技术领域实现从“跟跑”到“领跑”的跨越，为全球精准医疗、个性化医疗发展贡献民族力量。

## 双款钽金属植入物突破

作为人体运动系统的核心支撑部位，脊柱与腕关节的损伤修复一直是骨科领域的技术难点。传统植入器械常因材料生物相容性不足、力学性能与人体骨骼不匹配等问题，导致骨融合率低、术后疼痛、器械松动等并发症。华翔医疗采用华曙高科金属 3D 打印技术研发的双款钽金属 3D 打印器械，精准破解了这一系列行业痛点，实现了骨科植入器械的“仿生适配”与“高效修复”。

## 国内首款钽金属椎间融合器：脊柱修复的“生物相容性标杆”

2023 年 1 月获批的“钽金属增材制造椎间融合器”，是华翔医疗研发的首款钽金属骨科植



入产品。这款产品以钽金属粉末为核心原料，采用华曙高科激光选区熔化 3D 打印技术，打出具有三维贯通结构的仿生骨小梁植入体。

### 多孔钽髌关节填充块：关节修复的“精准适配新选择”



2023 年 11 月获批的“多孔钽髌关节填充块”，是华翔医疗在钽金属增材制造领域的又一延伸突破，进一步拓展了 3D 打印钽金属器械的临床应用场景。这款产品同样基于华曙高科金属 3D 打印技术研发，针对髌关节置换、骨缺损修复等临床需求，实现了“精准性”与“稳定性”的双重升级。

值得关注的是，这两款钽金属产品的相继获批，并非孤立的技术突破——此前，华翔医疗已在华曙高科支持下完成了钛合金 3D 打印器械的技术积累：2021 年，“3D 打印钛合金多孔型椎体融合器”获得医疗器械许可证；2022 年，“钛合金多孔型椎间融合器”成功获批三类医疗器械注册证。从钛合金到钽金属，从脊柱到髌关节，华翔医疗的产品矩阵扩张，背后是华曙高科医用级增材制造解决方案的全流程支撑。

### 华曙高科医用级增材制造解决方案

华曙高科医用级增材制造解决方案包括产品设计、3D 打印设备、打印材料、打印工艺，以及产品检测和无菌生产等全套流程，核心技术

已申请专利，拥有完全自主知识产权，为精准医疗提供标准化和定制式医疗器械及服务。



#### • 医疗定制 3D 打印设备

华曙高科医用级 3D 打印设备涵盖了金属与高分子二类技术四个系列机型，并已获得一类医疗器械备案。

华曙高科设备开源优势支持用户自主调节参数，打印不同试验组进行试验（测试杆径、粗糙度等）；设备成型尺寸灵活，打印效率能够满足临床急诊手术需求；3D 打印医疗产品表面质量、力学性能、尺寸精度均能达到医用级别。



三类医疗器械认证流程对产品的生产工艺要求非常严格，工艺连续性要求非常高，使用华曙高科金属增材制造设备 FS273M 大小缸配置的解决方案，能助力医疗用户完美兼顾研发与批产，在不改变工艺参数的前提下灵活切换，降低材料使用成本。



- **生物相容性 3D 打印材料**

采用医用级粉末材料，可打印材料丰富多样，具有良好的生物相容性。

- **全套自主软件和专业培训**

可提供全套医用三维设计软件，以及全方位的技术和医工结合的应用培训服务，帮助客户快速掌握 3D 打印技术，助力精准医疗。

- **成熟的工艺研发和创新**

提供工艺开发与优化支持，创新开发产品设计堆叠打印方案，提升打印效率。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 中南大学湘雅医院： 华曙高科 3D 打印辅助 全髌关节置换术成功率达 100%

当前，3D 打印术前模型和 3D 打印手术导板被誉为实现临床精准医疗的两大“神器”，当它们强强联手时，带来的效果更是 1+1>2。

中南大学湘雅医院骨科副教授钟达团队与湖南华翔增量制造股份有限公司合作，采用华曙高科选择性激光烧结（Plastic Laser Sintering，简称 PLS）技术，为患者量身定制了全套 3D 打印髌关节术前模型与 3D 打印髌关节截骨导板，在 18 个月内成功完成 40 余例临床案例，成功率达 100%，并获得“BoneTech 创新奖之最佳 3D 打印创新应用奖”等多个全国奖项的认可和科研经费的支持，成为“3D 打印在人工关节手术领域中的应用典范”。

### 传统手术高度依赖医生临床经验 成功率不理想

髌关节置换术是用人造髌关节置换所有或部分髌关节以重建关节运动功能的一种修复手术，医生将沿着患者侧髌关节作一个切口，暴露髌关节，切除股骨头和髌关节窝，并用人工关节置换被疾病或损伤所破坏的关节面。这是外科很常见的手术，湘雅医院骨科每年进行上千台关节置换与翻修手术，数量与质量均达到国内一流水平。

据介绍，髌关节置换术的关键在于找准下肢力线，但“力线”其实是摸不着的，在传统膝

关节置换手术中，医生通过开髓插管后，只能根据自身经验与身体标志对下肢力线进行定位。成人 DDH（先天性髌关节发育不良）的病理生理改变复杂，髌关节有不同程度脱位、患肢短缩畸形等各种症状，传统 X 线、CT、MRI 等检查在反应髌关节变异性质和程度方面不全面、不精准、不直观，导致此类患者髌关节置换手术高度依赖医生的临床经验和手术技巧。

“髌关节解剖位置的精准重建非常重要，”钟达副教授举例说，以髌臼侧前倾角为例，在手术中，必须恢复其原有的角度，“多一毫不行，减一毫都不行。”

如何解决“传统全髌关节置换术方式处理成人 DDH 成功率不理想，且手术治疗难普及”，一直是骨关节外科面临的难题之一。为此，钟达副教授带领其团队进行创新，将 3D 打印技术应用到临床，务求将髌关节置换术“做精”。

### 3D 打印助力精准医疗，实现关节 置换手术新突破

手术前，钟达副教授团队为患者量身定制了全套 3D 打印髌关节术前模型与 3D 打印髌关节截骨导板，帮助医生精准地进行髌关节置换手术。

“说到底就是精准医学的运用和创新。”钟达副教授说，3D 打印术前模型有利于医生与患



者家属解释沟通病情，手术团队术前即开展模拟手术，在模型上开展真臼寻找、髌臼旋转中心定位、髌臼测量与磨锉、股骨颈截骨、股骨峡部髓腔测量和股骨截骨等关键操作，术前即可确定假体的大致型号。



而 3D 打印手术导板则可以帮助医生在手术中可以快速确定髌臼的定位、磨锉的大小、深度、角度以及髌臼螺钉打入位置、角度、长度等，实现精确手术方案、减少手术损伤、缩短手术时间、提高复杂人工髌关节置换术的成功率、降低高难度人工髌关节置换术的失败率。

代表着 3D 技术应用于临床的两大“神器”强强联手，将原本复杂的手术完美解决，在有效地减少创伤、控制出血量的同时，做到了精细、精准，实现了骨科在复杂的关节置换术上又一次技术突破。

该新技术近 1 年多来已在湘雅医院骨关节外科成功开展，并顺利实施了 40 余例手术，成功率达 100%，同时，湘雅骨科团队围绕该技术申请了国家发明专利一项（钟达等，201610819251.1），获得相关国家实用新型专利授权一项（钟达等，201620586108.8），凭借对该技术高超的专业水准和经验积累，钟达副教授还荣获 2016“金手奖”骨科手术病例邀请赛全国总决赛第一名。



中南大学湘雅医院骨科钟达副教授（右）代表团队领取 BoneTech 创新奖之“最佳 3D 打印创新应用奖”，并与中国工程院院士、上海交大医学院附属市九医院骨科戴克戎教授（左）合影

## 华曙高科高品质全产业链服务医疗客户

近年来，在华曙高科与合作伙伴湖南华翔增量制造股份有限公司的积极推动下，3D 打印在湖南医疗领域的应用发展迅速。华曙高科大力推崇“开源”3D 打印理念和产业化战略，为医疗行业客户提供 3D 打印设备、材料、操作系统、客户服务全产业链，以及应用开发、实操培训等多种增值服务。

一方面，华曙高科 3D 打印设备拥有自主研发全套软件操作系统，开源可定制，能根据医疗行业要求更灵活地选择多种材料，定制更多个性化手术器械；另一方面，华曙高科自主研发的 3D 打印高分子粉末材料相比市面上同类产品，具有更高的强度和韧性，非常适合制作手术导板，及康复辅助夹具器械等，材料熔点较高、惰性好，切割时不粘工具，易于消毒。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 大洲医学： 基于华曙 3D 打印解决方案的 全球首款钽金属骨填充重建棒成功获证



大洲医学坦瑞生® 系列 3D 打印骨科植入物

2024 年初，由大洲医学采用华曙高科金属 3D 打印解决方案，研发生产的全球首款 3D 打印仿生骨结构钽金属骨填充重建棒（坦瑞生®）获国家药品监督管理局（NMPA）颁发三类医疗器械注册证。这也是华曙高科 3D 打印解决方案助力医疗行业合作伙伴取得的第 5 个三类医疗器械注册证。



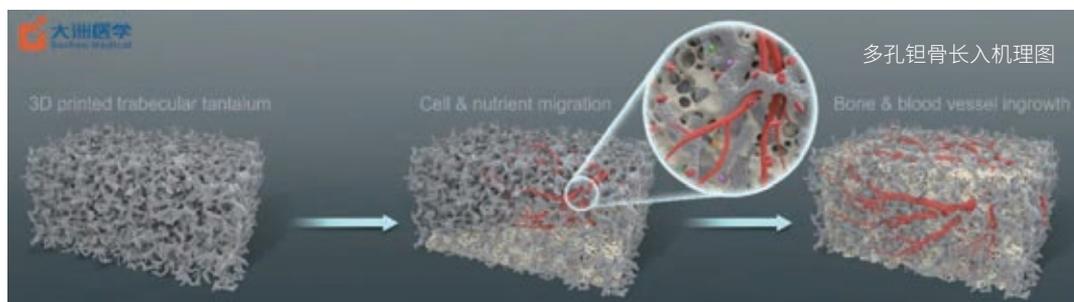
该产品属深圳市和粤港澳大湾区首个获得注册的 3D 打印金属植入器械，广东省首个注册

人跨省委托生产获得产品注册证三类无源植入器械。

基于国内唯一获得国家授权发明专利 3D 打印仿生骨骼多孔钽核心技术开发，全球首款 3D 打印仿生骨结构钽金属骨填充重建棒（坦瑞生®）具有仿生骨骼多孔结构，100% 三维连通，孔隙率大于 70%，平均孔径 400~800 $\mu$ m，为骨结合和骨长入以及血管长入提供三维贯通的超大空间，促进骨再生和血管再生。

早在 2018 年，河北大洲智造科技有限公司（为大洲医学全资子公司，以下简称大洲智造）便与华曙高科研发团队联合开发了钽金属 3D 打印技术，其工艺指数达到全球领先水平。

钽金属在工业领域和医疗领域应用广泛。3D 打印高致密度和高力学性能钽金属核心技术



将为我国在高端骨科植入物、医疗器械和难熔金属工业零件的发展做出积极贡献。

坚持以“创新为生命健康”为发展理念，解决临床难题，造福广大患者，打造具有国际竞争力的民族品牌。



大洲医学增材制造车间一隅

目前，大洲医学基于华曙高科金属 3D 打印解决方案的多款 first/best-in-class 新型医学材料和植入器械产品，已进入注册阶段，未来将

3D 打印植入物正以其个性化定制，批量化生产、更好的骨长入效果，更好的解剖匹配和生物适配性、更有利于医工交互等优势，为医疗行业带来革命性改变。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 消费品

Consumer Goods

华曙高科在消费品领域以高精度、高效率、高产能、全流程的 3D 打印技术和服务赋能产品创新和批量生产。



# 全球最大钛合金自行车制造商航轮科技， 携手华曙 3D 打印驰骋“新赛道”

自诞生以来，人类就在不断追寻脚步和视野、身体与思想的双重延伸。从代步工具到专业骑行，一个个新发明背后，无不是我们渴望走向未知、探索世界的见证。

现代社会里，自行车可以用来运动，可以用来通勤，也可以用来骑行探索生活空间的边界。而金属 3D 打印技术的加入，使其具备了优化设计、快速成形、小批量生产、个性化定制和减重等重要优势，让大家更关注人与环境、与科技之间的关系，真正用行动去传递绿色环保、可持续发展的理念。

钛合金重量轻、强度高、韧性好、耐腐蚀，被广泛运用于航空航天、汽车、医疗、3C 等领域。河北航轮科技有限公司通过不断研究、试验，成功将钛合金焊接技术运用于自行车架、车把等零部件的生产，在 1992 年自主研发出国内第一台钛合金自行车，并创办国内首个钛合金自行车品牌 Hi-Light。



图为航轮科技 Hi-Light 品牌自行车专卖店。为满足不同功能需求，Hi-Light 品牌分为山地、公路、郊游、铁人三项、小轮车、小径车、滑步车等近 10 个系列、50 多种型号规格。



航轮科技是目前全球最大钛合金自行车制造商，世界上大部分知名钛合金品牌车架均为航轮科技生产，每年钛合金自行车架产能近 20000 件，国内市场占有率达 80%，海外市场覆盖北美、欧洲、东南亚等国家地区，属高端运动自行车生产研发排头兵。

## 3D 打印钛合金零件年产将超五万件

钛材料的传统加工过程极其不易。由于钛材料组成结构特殊，在焊接时必须一次到位，一开始就要焊在最精确、最完美的角度，一旦焊接

完成，就几乎没有校正空间；而涂装部分，也因为其分子附着性低，造成上色不易。这些工艺难点，都非常考验工艺师傅的经验与手艺，因此大幅提高了制造成本，并反映在产品高昂的价格上。



2023年，航轮科技采用华曙高科4激光金属3D打印解决方案FS350M，实现了高端定制与批量生产的完美结合。

“3D打印是高端技术，而且是整个行业发展的大趋势，它正以星星之火燎原的势头，与传统精铸完美结合。

目前，我们在大批量生产上采用精铸，小批量定制产品采用3D打印，它能兼顾自行车产品减重、复杂结构一体成形、高端定制等需求，同时避免了单件或小批量产品制造成本高、环境污染等问题，有效缩短了产品交期，让生产更加高效便捷。”河北航轮科技有限公司，副总经理杨彦鹏说。

### 加快设计迭代，生产效率提升

对于消费品而言，缩短生产周期将会加快品牌对市场的响应速度，在产品设计与开发环节中，3D打印尤其能满足设计原型的快速迭代，不仅为钛合金自行车零部件带来了设计自由，还能加快产品上市的步伐。

传统方式需经精密铸造、CNC加工、线切割、焊接、校正到表面处理等多道工序，3D打印

可实现钛合金自行车部件复杂结构一体成形，节省材料，降低成本，并避免复杂结构焊接带来的潜在风险，如焊接残余应力导致的变形、疲劳破坏，螺纹连接的不准确性等。

3D打印自行车后上叉yoke采用华曙高科FS350M-4设备生产，整版一次性打印38个，仅需24小时，比传统铸造生产效率提升超60%。其采用扁平气动管形设计，3D打印一体成形，采用钛合金材质，不仅非常坚固耐用，而且非常轻便，可以减少轮组的扰流对车架的影响，提高骑行舒适性。



### 拓扑优化减重，工件使用寿命长

钛合金的密度一般在 $4.51\text{g}/\text{cm}^3$ 左右，仅为钢的60%。采用传统焊接方式制作的钛合金车架较重一些，经拓扑优化与3D打印技术相结合，其重量可减至1.4kg，并成功通过ISO4210-6冲击及疲劳测试，助力骑行者提高速度，在长距离运动时减少体力消耗。

与此同时，在采用相同钛合金材料的情况下，3D打印钛合金的强度和延伸性都要高



于普通锻造件。经性能测试，采用华曙高科 FS350M-4 设备打印的钛合金自行车零部件，具有卓越的机械性能，其拉伸强度、屈服强度及断裂伸长率分别达到 1035MPa、998MPa、13.5%，工件使用寿命提升。

## 荣获多项大奖，3D 打印为高端品牌赋能

近年来，航轮科技针对自行车的运动特性，在车架的设计、制造和组装等工艺过程中，尽可能减小风阻，其尖端技术包括内走线和异形管的设计，可以将所有线组包括刹车系统变速系统等隐藏在车架内部，提高骑行效率，目前已经拥有近 20 项专利，设计制造方案荣获创新奖、金奖、最佳工业设计奖等多项大奖。

3D 打印技术的引进，体现了航轮科技对于 Hi-Light 品牌经典的传承，和不断的研发创新，未来将持续以 3D 打印“高定制化”的产品亮点满足消费者多元化需求，为高端品牌赋能。

创新发展，技术革新，3D 打印正在以前所未有的速度影响着人们的生活方式。华曙高科为航轮科技钛合金自行车赋能，既是金属 3D 打印技术和自行车生产技术的一次碰撞，也是对现有出行方式的突破创新，未来，双方将继续深度合作，携手驰骋科技“新赛道”。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 德国 rpm GmbH： 华曙高科 SLS 技术与巴斯夫 Forward AM 实现 18000+ 自行车支架批量生产销售



德国 rpm GmbH 增材制造车间内的华曙高科 SLS 设备。（图片来源：巴斯夫 3D 打印 Forward AM）

德国 rpm (rapid product manufacturing) 首席技术官 Jörg Gerken 接受了巴斯夫 Forward AM 《LAYERbyLAYER: 3D 打印服务访谈》。

在访谈中，Jörg Gerken 重点介绍了华曙高科 SLS 技术与巴斯夫 Forward AM 的 Ultrasint® PA11 CF 和 Ultrasint® TPU 88A 材料，如何彻底改变了 rpm GmbH 的 SLS 能力——其批量生产的 Canyon 自行车码表支架，仅四个月内便成功售出 18,000 个，这些支架不仅轻盈（仅重 17 克），且更具备卓越的耐用性。

德国 rpm GmbH 是一家拥有 25 年行业经验和深厚创新热情的 3D 打印服务商，以其技术专长和对质量的追求而闻名。公司在利用 SLS、DLS 和 DLP 等技术生产快速、耐用和精

密零件方面拥有显著优势，特别是在批量生产领域，其主要服务于对精度和耐用性要求极高的行业，如汽车、医疗器械和消费品等。

早在 2020 年，rpm 便引入华曙高科 SLS 解决方案——SS403P 超速高分子增材制造设备和 HT403P 高温高分子增材制造设备，进行快速原型制造和小批量生产，后又引入 Flight 403P 设备。凭借优异的表面质量测试结果、高效生产速度、更适合的成型尺寸，华曙高科 SLS 解决方案为 rpm 公司提供了稳定的产品质量和更高产能。





Dr. Jörg Gerken 与华曙高科欧洲公司 Head of Sales, Dr. Tobias Todzy 在华曙设备前合影。

在访谈中，Jörg 表示：“Canyon 自行车码表支架是一个值得关注的應用。到今天为止，我们已经售出了 18,000 个支架，上市时间仅为四个月。这种支架采用巴斯夫 Forward AM PA11 CF 材料，在华曙高科设备 Farsoon HT403P 上打印，由 AMSolutions 脱粉，并使用 AMT PostPro 蒸汽平滑技术，重量仅为 17 克，具有卓越的耐用性和性能。

在紧密合作下，基于华曙高科 SLS 设备，Forward AM、rpm 和 Canyon 充分发挥了 3D 打印的潜力——将虚拟工程与实现设计所需的最佳材料相结合，并充分利用 3D 打印的可能



性，从而开发出了市面上最轻的一款自行车码表支架。

rpm 正在扩大数字化工厂，提高批量化生产的专业知识和能力。技术和材料的进步，拓宽了增材制造的应用范围，特别是在其 SLS、DLS 和 DLP 生产项目上具有独特的优势，以获得更多的市场机会。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 美国 Competition Distributing： 华曙金属 3D 打印让古董摩托车重获新生



美国 Competition Distributing LLC 作为全球古董摩托车零部件制造与供应领域的标杆企业，长期致力于为哈雷戴维森（Harley-Davidson）及印第安（Indian Motorcycle）等传奇品牌提供专业级修复解决方案。公司总部坐落于美国宾夕法尼亚州，凭借其深厚的行业积淀，为全球收藏家、顶级修复师及博物馆机构提供稀缺原装零部件与精密售后配件，守护着跨越三个世纪的机车文化遗产。

面对部分诞生于 1930 年代及更早的古董摩托车面临零部件灭绝的危机——其中不乏陈列于博物馆的世纪珍品，Competition Distributing 创始人 Sean 与 Kevin 创新性地引入华曙高科金属增材制造解决方案 FS200M-2，突破了传统修复瓶颈，实现了不

可替代零部件的精确复制，为古董机车的历史真实性认证提供了技术保障。

“这些零部件不仅服务于博物馆的藏品，我们更希望让普通爱好者也能像 100 年前那样亲手制造、驾驶并体验早期摩托车。” Competition Distributing 运营总监 Sean 表示。通过将尖端增材制造技术与复古工程相融合，Competition Distributing 不仅让历史重焕生机，更让经典机车文化在现代制造体系中持续驰骋。

4 月 8-10 日，底特律 Rapid+TCT 2025 展会期间，华曙北美展台 #1701 将现场展示 Competition Distributing 复刻修复的百年古董摩托车。欢迎近距离感受金属增材制造如何



让经典重焕新生，见证百年机车文化在科技赋能下的惊艳传承！

近日，华曙高科北美公司市场专员 Alex Gao 与 Competition Distributing 运营总监 Sean 进行了访谈，探讨该公司如何通过增材制造技术实现业务转型。

### 探索向金属 3D 打印的转型

Alex: Sean, 感谢您接受我们的采访。Competition Distributing 在摩托车零部件复刻领域一直是重要参与者。是什么促使贵公司采用金属粉末床熔融 (PBF) 技术?

Sean: 谢谢 Alex, 很高兴参与讨论! 我和团队伙伴 Kevin 此前有高分子增材制造经验, 深知 3D 打印的潜力。

最初我们完全外包金属 3D 打印, 主要使用 SLM 技术。但很快发现, 相比传统模具铸造需要数月周期的工艺, SLM 技术效率更高、灵活性更强。正是这种对比促使我们决定自购金属 3D 打印机, 就在那时, 我们决定开始与华曙北美联系。

### 引进华曙高科 FS200M-2 扩大产能

Alex: 很高兴能与您合作! FS200M-2 投入使用以来, 运行情况如何?

Sean: 自 2024 年 10 月引入 FS200M-2 双激光金属增材制造设备后, 它的表现远超预期。现在我们能数日内交付终端零件, 而过去依赖传统工艺需要数月, 客户对精度和表面质量尤为满意!



这台设备对我们的业务产生了深远影响, 尤其是在高端藏家定制项目领域。它让我们能够实现过去完全无法企及的技术突破。

得益于其卓越的可靠性, 我们几乎可以全天候运行该设备, 始终保持稳定、一致的生产, 这也正是支撑我们未来战略扩张的核心基础。

### 成功案例: 修复无可替代的零部件

Alex: 我们很高兴听到这个消息! FS200M-2 是否对任何具体的项目产生过重大影响?



Sean：当然。复古摩托车修复领域最大的挑战之一是采购车架部件，尤其是铸件——这类零件不仅稀有，且市面几乎绝迹。

如今借助 FS200M-2 的金属 3D 打印能力，我们能对原始部件（部分超过百年历史）进行扫描，并以超高的精度复刻打印，甚至完整保留原铸件的表面瑕疵与铸造纹理。这种对历史细节的极致还原，正是藏家们梦寐以求的，也彻底颠覆了我们的修复流程。

## 材料选择和未来计划

Alex 目前 FS200M-2 设备主要使用哪些材料？

Sean：目前，我们主要使用 316L 不锈钢，它适用于我们大多数的车架部件。我们还计划在未来的项目中扩展到铝合金、17-4PH 不锈钢以及钛合金。

从长远来看，随着我们的生产规模不断扩大，我们希望将固定的设备专用固定的材料，以确保更高的生产效率和一致性。

## 技术支持和学习曲线

Alex：您对华曙本地化的技术支持体验如何？

Sean：真的很扎实。我们的团队由工程师和机械师组成，因此与华曙北美技术团队的沟通非常高效。

最大的挑战在于学习曲线——我们此前从未操作过如此规模的金属增材制造设备。我们花了大约三到四周的时间连续打印，才最终实现稳定生产。由于我们的零件基于复古铸件设计（非对称且并非专为增材制造优化），支撑布局和工艺参数的调试需要反复推敲，但一旦攻克难点，成件品质的一致性表现堪称卓越。

这里必须特别点赞华曙北美团队的 Drew 和 Ty，他们总能第一时间解决技术难题。我强烈推荐你们的团队。

## 华曙软件：创新变革者

Alex：在设备的使用过程中，还有什么特别之处吗？

Sean：华曙软件功能简直是意外之喜。我现在可以直接用手机远程监控和控制打印进程，实时调整粉末参数，甚至可以在不取消整个打印工作包的情况下实时删除单个部件。这种灵活性为我们节省了大量时间和材料成本。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 西班牙 Stark Future： 华曙大尺寸金属 3D 打印助力钛合金电动 越野摩托车部件量产



西班牙巴塞罗那，德国斯图加特 – 高端电动摩托车创新领导者 Stark Future 和工业级 3D 打印领航企业华曙高科联合宣布建立战略合作伙伴关系，并通过华曙高科大尺寸金属 3D 打印解决方案，助力高端电动越野摩托车钛合金关键部件实现批量生产。

Stark Future S.L. 是电动摩托车行业的创新领导者，致力于开发高端、高性能、可持续发展的摩托车。该公司总部位于巴塞罗那 Sant Boi de Llobregat，公司将尖端技术与绿色环保的社会承诺相结合，处于向可持续发展升级的前沿端。

凭借双方在各领域的专业知识和市场经验，Stark Future 和华曙高科将创建持续扩展的生产计划，为高端电动摩托车市场提供高性能、高效经济的解决方案。此次合作将专注于产品设计创新、工艺开发和批量生产，以提高生产流程的创新和可持续性。

Stark Future 引进华曙高科大尺寸金属 3D 打印设备 FS721M-H-8-CAMS。该设备配备 720 x 420 x 650 mm 大尺寸长条形成形缸和 8×1000W 高功率光纤激光器，可显著提高生产效率，降低单个部件生产成本。



华曙高科 FS721M-H-8-CAMS，配备 8×1000W 光纤激光器，成形缸尺寸为 720 mmx 420mm x 650 mm

此外，FS721M-H-8-CAMS 设备集成了华曙高科连续增材制造解决方案（CAMS）理念，采用内部传送系统和独特的可替换成形缸策略，最大限度地延长开机时间，使建造工作之间的停机时间最短，实现了真正的连续生产。

“与华曙高科的战略合作伙伴关系标志着 Stark Future 迈出了关键一步。一直以来，Stark Future 致力于通过高端电动摩托车推动摩托车行业创新，它具有优异的性能、质量、工艺和可持续性。”

我们坚信，3D 打印钛合金部件的量产，是打造更优质摩托车的不二选择。华曙高科大尺寸金属 3D 打印解决方案，使我们能够使用与 F1、航空航天和原型制造等行业相同的高端金属增材制造技术，进行摩托车部件批量生产，并能满足我们对产品性能和耐用性的严格标准。

这一合作将提高摩托车行业标准，并推动行业的巨大创新。Stark Future 期望成为世界首家大规模生产 3D 打印钛合金部件的摩托车制造商。”

**Anton Wass 创始人兼首席执行官 Stark Future**



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



# 福钛科技： 年产超 15000 件！ 华曙 3D 打印助力高尔夫行业创新突破

华曙 3D 打印赋能福钛科技：钛合金高尔夫杆头引领行业变革，Designer 品牌全球首发开启新纪元



福钛生产车间中华曙高科增材制造设备

在全球产业升级的浪潮中，每一次关键技术的突破都为行业带来“弯道超车”的机遇。尤其在消费品领域，3D 打印技术以其对“效率”与“成本”的颠覆性重塑，成为近年来市场竞争的核心焦点。

当前，国民经济实力提升与科技创新力增强正共同推动运动户外行业迎来新风口——据行业数据显示，全球运动与户外用品市场规模已突破 600 亿美元，覆盖消费者近 9 亿人；其中高尔夫运动作为户外品类的重要分支，市场潜力持续释放，根据 AMR 预测，未来几年全球高尔夫市场销售额将达 96 亿美元，年复合增长率稳定保持在 2.2%。

在此背景下，江西福钛科技与华曙高科携手，以金属 3D 打印技术为核心，在钛合金高尔夫杆头领域实现多重突破，不仅打破传统生产局限，更推出全球首发的 Designer 品牌产品，为高尔夫行业创新注入强劲动力。

## 福钛科技：钛合金领域专精企业， 3D 打印开启产能新篇

江西福钛科技成立于 2021 年，自创立之初便聚焦钛及钛合金产品的研发、生产与服务，凭借对钛材料特性的深度掌握，其产品广泛应用于体育运动器材（尤其是高尔夫领域），并已建成年产 100 万件各类铸件的稳定产能，成为钛合金运动器材制造领域的新锐力量。



为突破传统制造在高尔夫杆头生产中的瓶颈，福钛科技引入华曙高科 FS200M、FS273M 等 7 台中型金属增材制造设备，专门用于高尔夫杆头的批量生产。得益于设备的高稳定性与福钛成熟的生产管理体系，这些 3D 打印设备开

机率始终保持在 90% 以上，每年可生产高尔夫杆头超 15000 件，产品凭借卓越的性能与设计，远销日本、韩国及欧美等高尔夫核心市场，成功实现“小批量生产”与“个性化定制”的高效融合，打破了传统制造中“批量与定制难以兼顾”的行业痛点。

### 3D 打印的三重革命：重构高尔夫杆头研发、设计与性能

江西福钛科技副总经理、增材制造部负责人谢昌化指出，金属 3D 打印技术对高尔夫产品领域的变革并非单一维度的升级，而是从研发周期、设计空间到产品性能的全链条突破，具体可概括为三大核心优势：

#### 研发周期“从月到周”，成本降幅超 70%

传统高尔夫杆头生产需历经“设计 - 定型 - 开模 - 成品”等多个繁琐阶段，一款新产品的研发周期通常长达 45-70 天，且模具生产成本高昂——根据产品规格不同，传统模具成本介于 2500-3000 美金（常规款）至 8500-14000 美金（复杂款）之间，使用寿命却仅为 8000-10000 次，一旦产品迭代，模具便面临淘汰，造成大量资源浪费。

而采用华曙高科金属 3D 打印技术后，这一局面被彻底改变：新产品研发周期从“月级”压缩至“周级”，仅需 7 天即可完成从设计文件到成品的转化；以华曙 FS200M 设备为例，其单次打印（一缸）可生产 6-9 件高尔夫杆头（根据产品尺寸调整），无需依赖传统模具，综合计算可节省超 70% 的研发成本。同时，FS200M 配备的 500W 双激光系统及可定制化多层厚打印工艺，进一步将生产效率提升超 60%，让品牌能够更快响应市场需求，加速产品迭代节奏。

#### 突破设计局限，实现“复杂结构一体成形”

高尔夫杆头的性能与设计高度相关，传统制造因依赖“外骨骼支撑”和“分件拼接”，难以实现复杂内腔与精准重心控制，极大限制了产品创新。而 3D 打印技术的“分层制造”特性，让福钛科技得以打破这一壁垒，成功实现 1# 钛合金杆头复杂结构的一体成型，创造出兼具功能性与艺术性的产品设计。

#### 在结构创新上，福钛科技的 3D 打印杆头呈现三大亮点：

其一，流线型空气动力学设计，通过精准计算杆头重心配置与气流轨迹，减少挥杆时的空气阻力，让球手挥杆更轻松、杆头速度更快，直接提升击球距离；





其二，轻量化与防右曲双重优化，在杆头设计中引入镂空点阵结构，在降低重量的同时保持强度，并融入防右曲弹道科技，帮助球手减少击球偏差；

其三，蛛网式内腔与三次元骨架，以 Designer 品牌产品为代表，其杆头无需传统外骨骼支撑，通过 3D 打印实现冠面、底面与内面的三次元骨架一体化构造，内腔呈现蛛网般的复杂网格，既保证了杆头整体刚性，又能制造出更薄、更坚固的打击面板，容积较传统杆头提升明显。



## 钛合金材质 +3D 打印，解锁“精准远距”新体验

钛合金本身具备“高强度、好成形性、高可靠性”的特性，是制造轻量化、高耐久性高尔夫杆头的理想材料。而 3D 打印技术则进一步放大了钛合金的优势——通过精准控制打印参数，福钛科技能够制造出厚度更薄的打击面板与容积更大的球头，让球手在击球时既能获得更敏锐的反馈，又能显著提升击球精准度与距离。

同时，3D 打印技术还为“个性化体验”提供了可能：福钛科技在杆头设计中融入全球独有的“音窗结构”，搭配自主研发的音箱设计，让击球时产生的声音更悦耳，满足不同用户对击球音效的偏好；杆头表面采用 3D 打印独有的点阵晶格结构，不仅视觉上更具科技感，还

可根据用户需求定制纹理、颜色，让每一款杆头都能展现使用者的独特风格。

## Designer 品牌全球首发：1600 天研发打磨，3D 打印标杆之作

2024 年作为“3D 打印赋能高尔夫行业的新纪元”，迎来了标志性事件——1 月 16 日，由日本顶级高尔夫设计公司主导设计、江西福钛科技采用华曙高科金属 3D 打印技术生产的全新钛合金高尔夫杆头品牌“Designer”，在日本举行全球首发仪式，并在 1 月 18 日正式开启中国地区预定。

这款产品的诞生，背后是长达 1600 多天的研发探索、超 1000 次的性能测试与 19 次的迭代优化，最终凭借多项专利技术，成为 3D 打印高尔夫杆头的标杆之作。在核心性能上，Designer 品牌延续并升级了福钛科技的 3D 打印优势：其杆面采用超强 1# 钛合金，通过华曙 3D 打印技术实现“高延展性与高强度并存”，击球时的弹簧效果更显著；全新空气动力学设计进一步减少气流阻力，配合贯穿式气流通道，让挥杆速度与击球距离再上新台阶；而三次元骨架一体化构造带来的超高抗阻重心，则让球手获得更稳定的打感，即使是偏离甜区的击球，也能保持较好的飞行轨迹。



在试用期内，Designer 产品已获得众多职业球手及高尔夫爱好者的高度认可，大家一致反馈其手感、击球反馈均优于传统制造工艺的杆

头，成为 3D 打印技术“从实验室走向市场”的成功范例。

## 华曙高科：技术支撑为核，共拓智能制造未来

Designer 品牌的成功与福钛科技的产能突破，离不开华曙高科在金属增材制造领域的技术积累。作为国内金属 3D 打印设备的领军企业，华曙高科的 FS200M 设备之所以成为福钛科技的核心选择，关键在于其两大优势：

一是高效稳定的打印能力，500W 双激光系统可同时作业，配合多层厚打印工艺的灵活调整，既能满足批量生产需求，又能保证每件产品的精度一致性；

二是适配钛合金的专业参数，针对钛合金的熔点、流动性等特性，华曙高科优化了设备的温

控系统粉末床管理，确保打印过程中无缺陷，成品合格率始终保持高位。

华曙高科与福钛科技的合作，不仅是“设备供应商与生产企业”的简单联动，更是“金属 3D 打印技术与传统消费品制造”的深度融合——通过技术赋能，传统高尔夫生产方式被革新，“小批量定制”与“规模化生产”的矛盾得以化解，为行业提供了可复制的创新模式。

未来，华曙高科将持续发挥增材制造技术优势，与更多消费品行业用户携手，探索 3D 打印在运动器材、医疗、汽车等领域的更多可能，共同推动智能制造的创新升级。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

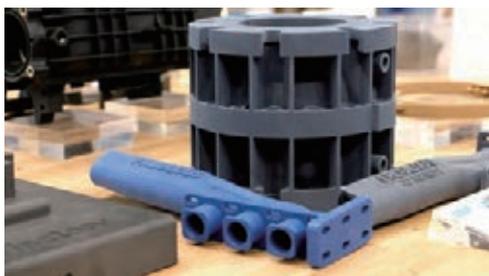
# 法国 FABULOUS 采用华曙 Flight® 技术， 重塑食品药品绿色新未来

工业级 3D 打印领航企业华曙高科与法国 3D 打印聚合物材料专家 FABULOUS 共同宣布了一项重大突破。

在食品和制药行业中，利用 FABULOUS 创新的安全认证材料 DETECT 与华曙高科 Flight® 技术 3D 打印解决方案，成功实现了适用于食品、药品行业接触部件的高精度、批量化生产。



采用华曙高科 Flight® 3D 打印设备和 FABULOUS 食品安全材料 DETECT 生产的食品挤出喷嘴（图片来源：FABULOUS）



德国 Formnext 2024，双方在华曙高科展台上联合展示食品药品行业的批产应用案例，包括食品挤出喷嘴及便携式水力涡轮机机身（图片来源：华曙高科）

FABULOUS 开发的 DETECT 材料独具优势，其中蓝色 PA11 材料能确保对部件实施最佳光学检测，DETECT 材料不仅已通过 EU 10/2011 和 FDA CFR 21 标准的食品接触认证，还严格遵循欧盟法规 EU Regulation 2023/06 中的 Good Manufacturing Practice (GMP) 指南，因此成为了可持续发展和绿色安全生物基材料的优选。



华曙高科 Flight® 3D 打印设备性能卓越，具备超快的生产速度，实现高分辨率打印，展现出精细入微的细节。其开源优势进一步增强了与创新材料的兼容性，大幅提升了生产灵活性。

值得一提的是，采用 FABULOUS 的 DETECT 材料完成的首批量产部件正是由比利时 3D 打印服务商 3D INFINITY 生产的，这些部件已应用于制药行业。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 华曙 Flight 技术赋能九阳小家电 创新加速度年产万件手板领跑市场

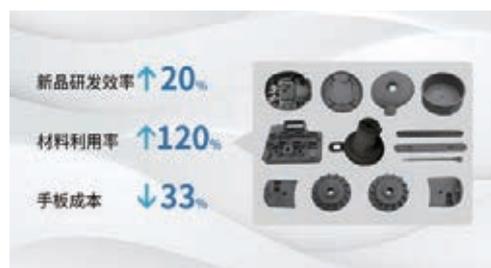


九阳股份有限公司主要从事小家电系列产品的研发、生产和销售，于1994年发明第一台全自动家用豆浆机。秉承健康、创新的核心DNA，九阳小家电以三十年如一日的专注，将科技创新的温度注入中国家庭的日常，如今已将业务版图从厨房电器扩展到客厅电器、全屋电器等多个领域，逐步成长为小家电行业的标杆企业。凭借持续的技术创新，九阳在多个细分市场保持领先地位，创造了行业多项第一的佳绩。

在小家电行业“内卷化”加剧的背景下，3D打印技术已深度融入九阳小家电新品研发过程中。据九阳小家电研发工坊吴闯经理介绍，2024年，九阳通过华曙高科 Flight 403P 设备完成近10000件手板制作，使用材料超1吨，涵盖功能验证、市场测试、3C认证等关键环节。相较于传统CNC工艺，Flight技术使新品研发效率提升20%，为九阳小家电新品快速上市提供助力，抢占市场先机。

### 效率高，实现快速迭代与小批量试制

Flight可实现设计快速迭代与小批量试制，将手板加工周期从传统工艺的3-5天缩短至1-2天，效率提升60%，整个研发周期提升20%。例如，九阳使用Flight技术生产新品0涂层电饭煲及破壁机等手板件，可在48小时内完成整机零件打印，快速支持装配验证和功能测试（如强度、耐高温性等），显著提升研发灵活性与市场响应速度，构建了竞争壁垒。





## 降成本，手板成本降低 33%

在成本控制方面，3D 打印技术展现出极大优势：采用传统方式生产，九阳每年手板成本约 1500 万，3D 打印（包含 Flight、SLA 技术）可降至 1000 万左右，成本降低 33%。同时，采用 Flight 技术的粉末可循环利用，材料利用率达 90% 以上，符合绿色制造趋势。



## 品质优，耐高温、高强度、高精度

Flight 技术支持尼龙、玻纤增强尼龙等材料，满足小家电对耐高温、绝缘性、强度高要求。例如，华曙高科面向产业化应用的高性能尼龙材料 FS3201PA-F，打印的手板件可承受

145°C 高温不变形，为豆浆机沸腾萃取、电饭煲高温蒸煮等场景产品提供了可靠验证方案。与此同时，Flight 技术以  $\pm 0.1\text{mm}$  打印精度的优势，能满足微孔等精密结构需求。

## 保密强，全流程闭环打造安全体系

在竞争激烈的小家电行业，九阳采用 3D 打印技术构建起数字化研发安全体系，实现从图纸到成品全流程保密闭环，避免新品信息泄密风险。

面对小家电行业智能化转型浪潮，吴闯经理表示，Flight 技术通过加速新品研发、高品质、成本控制等优势，正推动小家电研发向更快速、更创新的方向发展，期待未来将有更多新的结合点，取得更大的技术突破。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 航越科技： 采用华曙 3D 打印助力传统银饰产业 实现按需定制

在贵州，悠久的苗族银饰文化底蕴深厚，但其产业的规模和经济效益都还处于相对落后的阶段。千百年来，在这里的苗族同胞们仍然保持着传统的生活习俗，各种精美绝伦的苗银工艺品，在匠人们的手上要经历锻打、镶嵌、打磨等十多道工序，才造就出它瑰丽华美的风格。

如今，3D 打印技术为银制品的个性化、数字化、智能化创造了有利契机。3D 打印通过数字技术缩短生产流程，拓宽设计灵感，实现按需定制，使工艺品呈现出前所未有的艺术视觉效果，让传统工艺焕发新生机，为银产业发展提供了新动能。

相关研究报告显示，随着消费需求多元化，在未来五年中，中国经济大环境趋向稳定，国内银饰行业也将稳步增长，预计银制品市场规模将超 300 亿元。

作为 3D 打印先行者，坐落于贵阳市经济技术开发区的贵州航越科技有限公司，早在 2018 年便已引入华曙高科金属 3D 打印技术。

航越科技采用华曙高科金属增材制造解决方案 FS273M，将 3D 打印技术与贵金属文创工艺品相结合，其产品涵盖材料、旅游产品、文创、饰品、宗教等诸多领域，具有推介、引流、观赏、把玩、收藏、装饰等多功能，成功地在传统工艺中融入创新元素，为贵金属文创工艺品注入鲜活的创造力，并被纳入国家工业和信息化部 2023 年度增材制造典型应用场景名单。

甲秀楼地处贵州省贵阳市城南的南明河上，是一座三层三檐四角攒尖顶阁楼，这种构造在中国古建筑史上独一无二。贵州航越采用金属 3D 打印技术，完美呈现了它的精致独特之美。



3D 打印纯银工艺品—甲秀楼



该工艺品重量约 4.5 公斤，由 37 个 3D 打印零部件拼装焊接组成，具有内部悬空等精细复杂结构。成品工件致密度高，细节精致，历时一周制作完成，相比传统方式生产效率提升超 80%。

### 3D 打印银材料实现可循环

在 3D 打印银制品过程中，将产生支撑废料，当使用量达到一定的规模时，废料回收就变得势在必行。

为了降低生产成本，实现可循环经济，航越科技成功自主研发并生产了国内首款适用于贵金属 3D 打印的 Ag 粉体材料，并将金属材料二次回收利用，转化为优质金属增材制造原料。根据不同段位，其中段粉末主要是应用在 3D 打印领域，末段粉末应用在注射压铸成型领域，两种工艺能形成互补，使其产品在民用市场拥有广阔的应用场景和市场竞争能力，实现绿色环保、可持续发展。



### 攻克贵金属成形难题

银属于贵金属，具有很高的导热性和反光性，这使得其会在激光熔融工艺中反射大量的激光能量，对激光吸收率较低，打印过程中容易出现翘曲变形等问题，种种困难使得此类贵金属 3D 打印技术历来被认为是增材制造领域的一项工艺难题。

航越科技与华曙高科双方携手，经过深度合作，成功攻克贵金属成形难题——



航越科技增材制造车间一隅

首先，华曙高科 FS273M 具备 500W 高功率和稳定的高光束质量，为银材料的熔化成形创造了先决条件，设备具备高精度、稳定的光学控制系统，光斑全幅面均匀性高，能确保工艺精度，出色展现成品细节，打印出最精细的结构；其次，SLM 工艺中内填充部分的核心参数包括激光功率、扫描速度、线间距、层厚等，华曙高科自主研发的数据处理软件 BuildStar，参数开源，航越科技在此基础上进行了反复多次工艺参数优化，以达到最佳成形效果；比如，航越科技通过加强支撑设计的强度和厚度等方式，分别验证了包括桁架、不同角度斜面、不同直径半圆孔、桥等测试件的成形状况，提高了打件成功率，成型试块的硬度达 70HV，满足使用标准。

与此同时，FS273M 设备具有良好气密性，为工件的成形提供了近乎纯净的成形环境，能多方面保证成形质量。

### 3D 打印增效降本，快速响应

在传统工艺领域，打银锻造工序非常复杂，每个步骤都十分细致和复杂，经过量圈尺、锻打、打磨、雕刻、打磨、塑形、刷面、抛光等十多道工序，一件精美的银制品才能制作完成。

金属 3D 打印技术具有操作简单、快速成型、节省成本、品质稳定等优点，生产效率相比传统方式可提升 80% 以上，并能快速生产传统制造无法实现的，如空心、镂空等复杂结构，适合个性化定制，抢占高端市场，提升市场满意度。

另外，3D 打印技术能快速响应市场需求，实现定制化生产。传统工艺品生产行业对市场变化反应较慢，供应链一般 5 ~ 10 个月才能响应市场热度，而采用 3D 打印技术可以实现按需即时生产、零库存销售。

在传承中创新，在创新中延续。中华文化源远流长，作为新兴技术之一，3D 打印技术将在这一领域发挥独特优势，助推文创消费品实现智能化生产，引领传统工艺品转型升级，迸发出全新的活力。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



## 匹克携手华曙高科

# 3D 打印复刻比利时经典地标原子塔

2025 年 10 月，在比利时驻广州总领事馆建馆 20 周年之际，由匹克精心打造的金属 3D 打印“原子塔”模型（布鲁塞尔标志性建筑），作为纪念礼物由比利时总领事正式赠予广东省外事办公室。

原子塔建筑诞生于 1958 年世博会，以 9 颗金属球体寓意欧洲团结与原子能的和平利用，是比利时及欧洲重要的文化符号。匹克采用华曙高科金属 3D 打印少支撑技术一体成形，精准还原了原子塔复杂晶格结构，不仅彰显中国尖端制造实力，更成为中比科技与文化交流的全新纽带。

### 华曙少支撑技术：减少支撑用量超 60%

匹克 3D 打印原子塔模型需复刻交错晶格结构，包含 0.2-0.3mm 的悬空细杆，若采用传统金属 3D 打印技术，需加大量支撑，不仅易与杆体粘连破坏孔隙，去支撑时还常致细杆断裂。华曙高科通过少支撑技术，实现悬空细杆自支撑成形，支撑用量减少 60% 以上。既提升了后处理效率，又避免结构损伤，最终以微米级精度还原模型，让这一文化载体兼具技术质感与艺术完整性。

### 匹克 & 华曙：3D 打印为运动装备赋能

匹克与华曙高科合作并非首次。早在 2022 年，华曙高科便为匹克运动装备研发提供高分子 3D 打印技术支持，将鞋面制造工序缩减 1/3，进一步验证了其技术在多场景下的适配性与高效性。



自 2018 年布宜诺斯艾利斯青奥会起，匹克就作为比利时奥委会的官方合作伙伴，持续为比





利时运动员在国际赛事中斩获佳绩提供坚实支持。今年 1 月，双方再度续约，确立未来八年继续携手同行。匹克将依托不断迭代的创新科技，为比利时代表团量身打造更高性能、更具竞争力的专业装备。从夏季运动会至冬季项目，从青年赛场到顶级国际舞台，匹克致力于以科技赋能运动表现，陪伴比利时健儿突破极限、再创辉煌。

比利时总领事裴伟岷表示，广东与比利时在经贸和科技领域的合作已结出丰硕成果。这座象征欧洲一体化的建筑，经由金属 3D 打印技术的重新诠释，具体而微地体现了双方合作的深度与创新。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 机器人

Robotics

3D 打印技术正从原型制造向规模化生产跨越，为机器人行业提供轻量化、定制化、高效率的制造新范式。随着材料与工艺持续突破，它将彻底改变机器人研发生产模式，成为人形机器人、特种机器人等前沿领域的核心支撑，推动整个行业向更轻、更强、更智能的方向飞跃。



# 加拿大 Solaxis 公司 CEO 介绍高性能尼龙终端应用 机器人臂端夹具、火车电气保护罩



加拿大 Solaxis Ingenious Manufacturing 公司首席执行官 François Guilbault 接受了巴斯夫 Forward AM 《LAYERbyLAYER: 3D 打印服务访谈》。

在访谈中，François Guilbault 重点介绍了华曙高科 SLS 技术与巴斯夫 Forward AM 的 Ultrasint® PA11 材料，如何应用于机器人臂端夹具、定制矫形器、火车电气保护罩等高强度终端部件的小批量生产。



图为 Solaxis 公司 3D 打印车间一隅

2010 年，Solaxis Ingenious Manufacturing 公司在加拿大成立。Solaxis 一直专注于采用先进的热塑性工程材料进行大幅面工业级 3D

打印，用于生产终端应用部件、功能性原型件和专用工具，致力于采用 3D 打印技术使用最佳的材料和工艺来生产部件。

François 介绍，Solaxis 配备多台华曙高科 SLS 设备，可加工多种高性能热塑性工程材料，华曙 SLS 技术与巴斯夫 Forward AM 材料 Ultrasint® PA11 相结合，适用于对机械强度要求更高的应用场景，例如原型件、终端应用部件、机器人夹具和工具。Ultrasint® PA11 对于正在寻找更环保材料作为 PA12 替代品的客户来说更为重要，华曙高科 SLS 设备持续稳定运行多年，且具备灵活生产、高效率等优势。

在访谈中，François 还重点介绍了几个批产终端件的典型应用案例——



## 3D 打印臂端夹具

**客户：**yourbarfactory – 食品行业

**应用：**真空拾取和放置设备的臂端夹具，是连接到机器人手臂末端的工具。该夹具用于搬运盒子。

**技术：**SLS 技术非常适合中小批量生产。Solaxis 配备的华曙高科 SLS 设备提供了更高的细节精度、表面光洁度和更快的生产速度。

**解决方案：**考虑到该特定应用需求，客户需要一个非常坚固的部件，要求具有高强度、高刚度。华曙 SLS 技术和巴斯夫 Forward AM 材料提供了优异的表面光洁度和良好的密封性，这对于真空件来说必不可少。客户满意后，Solaxis 根据需要搬运的盒子的不同尺寸，生产了多批次不同型号的臂端夹具。



### 3D 打印定制矫形器

**客户：**医疗行业 – 足病诊所

**应用：**使用增材制造技术生产的定制矫形器。该诊所需要耐用、定制化的矫形器，来提高患者的生活质量，每个矫形器都与患者的足部或者假肢完美匹配。

**技术：**Ultrasint® PA11 与 PA12 相比，具备更优异的机械性能和防潮性。Solaxis 配备的华曙高科 SLS 设备提供了更高的细节精度、表面光洁度和更快的生产速度。

**解决方案：**矫形器以小批量生产（每两周生产 40-100 件），制造周期时间为 5-7 天。其设计过程包括精准扫描，以确保完美贴合且耐用。生产完成后，矫形器经过生态学蒸汽熔融后处理，以密封部件，这一关键步骤对提高工件的机械性能和防潮性，发挥了重要作用。Solaxis 生产的高品质矫形器，具有更优异的机械性能、防潮性和耐用性，提高了患者的舒适度和满意度。



### 3D 打印保护罩

**客户：**Ekyrail Entreprises Inc. – 铁路行业

**应用：**火车电气开关保护罩，确保铁路工人的健康和安​​全。该保护罩保护敏感的电子元件。

**技术：**Ultrasint® PA11 与 PA12 相比，具备更优异的机械性能和防潮性。Solaxis 配备的华曙高科 SLS 设备提供了更高的细节精度、表面光洁度和更快的生产速度。

**解决方案：**3D 打印保护罩每年约 100 件，按需生产，并具有复杂几何结构，传统生产困难，其内部尺寸为 6.73 x 3.76 x 2.28 英寸。保护罩必须耐用、尺寸精度高、表面光洁度高。为了安全起见，深度漂染成红色。Solaxis 提供了坚固、耐用、高精度的保护罩，提高了火车开关的安全性。灵活的 SLS 生产工艺，可以轻松进行设计修改，实现高效率小批量生产。

François 表示，在精加工 / 后处理方面，Solaxis 还能提供深度漂染着色、强制气相沉积平滑和传统喷漆。这些表面处理使 Solaxis 能够提供一系列更美观的产品，以满足客户的各种需求，确保了产品从设计到市场的快速生产周期。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 北美 Sofos 引进华曙高科 Flight® 解决方案及巴斯夫高性能材料

## 助力机器人集成业务发展

2019 年，华曙高科全球首推 Flight® 技术（或 Fiber Light® 技术），通过独创的高分子光纤激光烧结技术，打造行业领先生产率；2021 年，华曙高科发布 Flight® 403P 系列双激光设备，提供更高生产力。自此，华曙众多客户采用强大的光纤激光设备实现批量化生产高品质终端应用部件。

Sofos Robotics Co.（以下简称 Sofos Robotics）引进华曙高科开源的 Flight® HT403P 设备及巴斯夫高性能材料，进行原型设计及批量化生产。



图为华曙高科 Flight® HT403P 设备安装于 Sofos Robotics 公司（图片来源：Sofos Robotics）

近期，华曙高科北美子公司市场专员 Jason Rodriguez 有幸采访了 Sofos Robotics 公司总经理 John Huster，深入了解 Sofos Robotics

如何应用 Flight® 技术。以下为报道全文。

Rodriguez: 您能分享一下 Sofos 增材制造的历史吗？

*Huster: Sofos Robotics 是一家自动化和机器人集成服务提供商，旨在最大限度地提高工业生产效率。我们引进增材制造技术改进自动化单元所需的部件，比如定制化支架、安装板、零件夹具和夹持器。*

*起初我们有几台 FDM 设备，为公司内部和少数客户打印部件，那时我们专注于原型设计和小批量生产。但是随着业务的不断增长，我们意识到 FDM 技术无法快速生产我们需要的部件数量。于是我们开始研究其它生产技术，经过对比，最终决定引进华曙高科 Flight® 技术设备，因为该技术优异的速度和灵活性。*

*我们认为增材制造是一项具有巨大潜力的技术。我们计划通过寻找新市场、帮助客户解决问题继续推动我们业务的发展。*

*Huster: 和许多其他公司一样，起初我们采用 FDM 设备开始增材制造生产，为客户生产零部件原型。后来，客户开始关注我们的产能，我们看到了发展机会，开始研究不同的 3D 打印技术。最终，我们选择华曙高科 Flight® HT403P 设备，因为它的成型体积大、打印速*

速度快，而且材料 / 参数开源。此外，华曙设备耗材更少，售后服务比我们对比的其它设备更具成本效益。

**Rodriguez:** 您能分享一下 Sofos 增材制造的具体应用案例吗？

**Huster:** 有一位客户委托我们生产一种定制的防静电尼龙防护罩。针对这个部件，由于环境要求，我们必须使用防静电材料。

在采用增材制造技术之前，该防护罩由不锈钢制成，将两半焊接在一起。然而客户想实现一体化成型，降低报废率。

通过采用华曙高科 Flight® 设备和巴斯夫的防静电尼龙材料，我们能够以更低的成本和更快的生产效率为客户提供一体化成型解决方案。

在引进华曙设备之前，我们的一台 FDM 设备需要 12 小时才能打印出 1 个防护罩，现在采用华曙 Flight® 技术，我们能够在相同时间内打印 12 个保护罩以及配套的支架。

**Rodriguez:** 我们了解到 Sofos 许多项目都使用特殊的工程材料。您对华曙高科材料 / 参数开源的设备体验如何？

**Huster:** 这是我们在考虑购买设备时的关键点之一。材料开源的设备非常符合我们的需求，而且我们能够从不同供应商那里购买材料，以便为我们的客户找到最佳解决方案。我们收到客户的各种不同生产需求，能够自主选择不同供应商的材料，这让我们受益颇丰。

参数开源的设备很棒！这使我们能在完成 1-2 缸打印任务后快速更换新材料。我们能够自主调节很多参数，比如工作温度、激光扫描功率、

扫描距离等。

开源平台使我们能够为打印过程中的每个部件设置不同的打印参数，并测试多种参数组合，以找到最佳解决方案。我们还可以在打印过程中实时添加或删除工件。当我们第一次尝试一种新材料时，这些功能非常实用。

**Rodriguez:** 我们了解到 Sofos 已经成功测试了一些巴斯夫材料。您能否与我们分享更多测试结果以及针对的应用行业？

**Huster:** 我们对巴斯夫的体验非常好。巴斯夫提供的多样材料选择，我们已经在 Flight® 设备上开发了相应的烧结参数。目前，我们使用巴斯夫的 PA11 ESD、TPU 和 PA6 矿物纤维复合材料，已经完成了这些材料的测试和应用验证，我们期待将来使用更多的巴斯夫材料。

我们正在使用 TPU 材料开发的项目是定制吸盘和定制的悬垂式控制器防护罩。开发过程中不断解锁材料的新性能，我们期待 TPU 材料的更多应用。

**Rodriguez:** 您能分享一下您与华曙高科合作以及应用 Flight® HT403P 设备的经验吗？

**Huster:** 我们与华曙高科的合作非常愉快，华曙在整个过程中都积极帮助我们，我们遇到任何问题，华曙都积极提供支持。

“Flight® HT403 设备提供了高速和高精度，无论您需要应用于什么行业，开源材料的平台都带来无限的生产应用。”华曙北美子公司销售总监 Jim Braddick 表示，“通过我们的材料合作伙伴巴斯夫和华曙 Flight® HT403 光纤激光设备，Sofos Robotics 为终端客户带来了终端应用部件，这是传统生产技术无法实现的。”



巴斯夫业务发展经理 Jeremy Vos 表示：“我们与 Sofos 团队合作了很多材料，包括 PA11 ESD。我们认为与一个强大的团队合作，帮助他们为客户快速提供解决方案，这种经验意义重大！”



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华曙 SLS 技术赋能仿生机器人创新 助力礼翼团队 CYBATHLON 问鼎冠军



据国家统计局发布的数据，截止 2024 年底，中国持证残疾人总数为 8591.4 万，占总人口比重 6.34%，其中肢体残疾约有 2472 万人，约占 29%，是残疾人中最大的群体。

随着国家科技助残政策的不断深入发展，已有越来越多的助残黑科技产品问世，智能假肢也是其中之一。作为肢体残疾人行动的“得力伙伴”，智能假肢正帮助越来越多的残疾人回归“正常生活”。

2024 年，全球瞩目的 "CYBATHLON 2024" 第三届全球辅助技术奥运会在瑞士苏黎世圆满落幕。礼翼仿生团队携手东南大学研发的 "上肢

义肢"，凭借卓越性能再度问鼎冠军。



该产品由 wenext 稳诺（深圳未来工场）采用华曙高科 SLS 解决方案生产，将传统机加工需数周的仿生手关节原型在 24 小时内完成生产，72 小时内直接用于功能性测试，有效缩短研



发周期，大幅降低研发成本。这不仅是人类与仿生科技融合的里程碑，更是华曙高科 SLS 技术赋能高端制造的又一力证。



## 礼翼仿生：让仿生机器人从实验室走向普惠

礼翼仿生在半机械人领域耕耘多年，专注与仿生假肢研发，成立以来始终秉持“让肢体残缺人群装得起、用的上”的初心，致力于研发实用、适用、好用、耐用的仿生产品。

经过多年投入研究，礼翼仿生研发的仿生手通过优化连接方式和连接结构，实现自适应抓取，并持续改进材料和结构，让仿生手耐用且易维护，给用户带来极低的“使用成本”。

目前礼翼仿生已推出了一系列革命性 sEMG 神经义肢，适用于不同的应用场景，并以极小重量、极低能耗和极高实用性让适配者更加安心、便捷。

## 华曙 SLS 技术：实现个性化定制与快速量产

在面临定制化与轻量化需求及应对仿生结构的复杂设计等一系列挑战时，礼翼仿生与 wenext 稳诺采用华曙高科 SLS 解决方案，通过“快速迭代设计 - 模块化结构 - 柔性生产落地”的闭环，持续推动仿生机器人技术在工业和医疗场景的应用突破。

礼翼仿生通过 wenext 稳诺将传统机加工需数周的仿生手关节原型在 24 小时内完成生产，72 小时内直接用于功能性测试，有效缩短研发周期，并免去复杂的成本高昂的模具开发和注塑、机加工等流程，有效解决小批量试产的经济性难题。

与此同时，采用华曙高科 SLS 技术打印的仿生手，可根据用户需求实现个性化定制，不仅能自适应抓取，还能提升耐用性和易维护性，降低了用户的使用成本。

## wenext 稳诺（未来工场）：国内标杆产业化加工服务平台

深圳未来工场成立于 2015 年，是以 3D 打印、CNC、钣金、模具为核心的多工艺一站式供应链管理服务企业。其配备近 20 台华曙高科 SLS 设备构建的尼龙加工中心，已发展成为国内标杆性产业化加工服务平台。截至目前，未来工场服务客户约 20 万家，年生产零部件超 3,000 万件。卓越的成绩背后一方面验证了市场的巨大需求，另一方面也验证了未来工场在提升传统制造业效率中创造的巨大价值。

未来，华曙高科将持续深耕增材制造技术的创新，携手未来工场等产业化伙伴，在仿生医疗、工业机器人等更多领域拓展应用边界，让 3D 打印技术真正成为“赛博进化”的引擎，为人类生活带来更轻、更好、更耐用的科技体验。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 首款全向水下无人机用上了华曙 Flight 3D 打印



地球是我们的蓝色家园，在海洋中，我们拥有更广的范围，更独特的视角和更多的应用场景以及题材。由于海洋环境的独特性和艰难程度，人类探索海洋的工具大多限制于军事和工业，而让大众参与的消费级产品选择稀少并且科技滞后。

2019年4月，国内水下机器人著名品牌深圳鳍源科技在海外发布了全球第一款全向水下无人机 FIFISH V6，其智能推进器的保护罩全部采用 3D 打印。鳍源科技从 2018 年开始，就与国内知名“互联网+制造”的供应链服务平台——未来工场合作，应用华曙高科 3D 打印技术研制水下机器人推进器保护罩。自 2019 年以来，未来工场通过华曙 Flight 高分子光纤激光烧结技术，已成功量产 3D 打印推进器保护罩超过 30000 件。

*“由于开模和技术成本居高不下，让我们的研发有一定的困难。不过现在有了 3D 打印，这些问题得到有效解决，因为这种技术能让新品研发更加快速经济，让个性化制造成为现实。”*

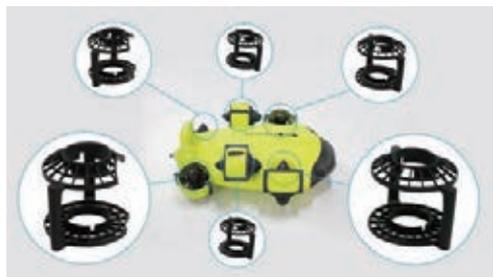
——鳍源科技

鳍源科技成立于 2016 年 6 月，是一家集水下机器人研发、服务、制造、销售为一体的高科技企业。目前产品覆盖了消费及轻工业应用两个方面。FIFISH V6 所搭载的 3D 打印推进器保护罩，拥有 6 大运动维度，以此进行全方位的水下拍摄作业，超高清水下视频拍摄、高达 240 帧慢镜拍摄和 166 度 FOV 的超广角镜头，使水下的每一个精彩瞬间都能清晰捕捉，致力于“改变人类水下的生产及生活方式”。

FIFISH V6 是一款有缆水下无人机 (ROV)，售价人民币 11999 元起。其最大下潜深度为 100 米，运行时长 4.5 小时，自重 3.9 千克。



机器人配置 166 度超广角镜头和专业补光灯，支持 HDMI 输出。其设计更是斩获两项世界级大奖：日本 G-MARK 大赛优秀设计获奖作品及德国 IF 大奖！



每台 FIFISH V6 安装 6 个 3D 打印保护罩，用于保护推进器

当 FIFISH V6 在水下工作时，如何保持充足的动力，避免干扰物阻碍前行？一个不起眼的部件——推进器保护罩发挥了重要作用。这个设计由一个保护罩包裹着类似轮毂的嵌入式推进器，通过电能驱动保护罩内的环形电动机，推动环形发动机中心的泵叶腔体内的叶片转子转

动而产生推力。而这个推进器保护罩，正是采用了华曙高科 Flight 3D 打印技术制作而成。自 2019 年开始，已经 3D 打印了 30000 多个成品，安装在 FIFISH V6 上直接使用。

## 新品设计快速响应

在 FIFISH V6 前期研发中，推进器保护罩的制作一直是痛点之一。如果运用传统开模方式生产，有三大缺点：一是成本居高不下，仅开模费用至少 20 万；二是时间长，生产周期约 30 天，将影响新品研发进度；三是无法定制，研发不同机型需要不同的设计，传统开模无法做到个性化定制。

2019 年，未来工场引进华曙高科 Flight 高分子光纤激光烧结技术，为鳍源科技个性化定制水下无人机推进器保护罩。

与传统制造工艺相比，Flight 技术不仅强度和精度高，还具有成本低、周期短等特点；与其它高分子粉末床技术相比，Flight 技术生产的



部件具有更佳细节,最小可达0.3毫米(0.012英寸)薄壁极限,同时具备与普通激光烧结部件相同的性能。

	传统方式	Flight® 高分子光纤激光烧结技术
<b>迭代周期</b>	≥ 30 天	≤ 7 天
<b>部件精度</b>	手工开模有误差	一体成型,最小可达0.3毫米薄壁极限
<b>生产成本</b>	开模约 20 万	小批量生产成本仅为传统生产成本的 1/5
<b>库存成本</b>	实物库存量大	无需库存,减少浪费

在与未来工场的通力合作下,并采用Flight™ 3D打印技术后,鳍源水下无人机新品研发速度明显提高。目前鳍源科技已和来自马来西亚、澳大利亚、美国等国家的企业达成合作,水下无人机已被广泛应用于渔业、大坝勘测、水下救援、海底考古、个人水下摄影、海钓探测等领域。

### 小批量结构件直接使用

近年来,无论是空中无人机还是水下无人机,都朝着结构复杂化、轻型化、高度定制的趋势高速发展,这注定了无人机与3D打印技术的“牵手”。鳍源科技水下无人机FIFISH V6推

进器保护罩,采用客户定制材料打印而成,直接装机使用,具有以下四大优势:

- 打印成品性能优良,表面光洁度高,耐候性好,吸水率低,适用于水下作业环境;
- 3D打印一体成型后,仅需简单喷砂后即可直接装机使用,无需做其他后处理加工;
- 经过冷热高低温、碰撞测试等专业测试,可经受极端环境考验,其成品不易老化变形;
- 华曙Flight 3D打印技术,能以远高于其他高速烧结技术的速度,让生产的部件呈现极高的精度。

同时,在未来工场,华曙Flight设备的大尺寸成型缸可实现单次150个保护罩生产,大大提高了单位时间产能,并降低生产成本。

无论快速迭代的设计,还是优异的性能,3D打印与水下无人机的相结合,给用户带去的,除了不断革新的黑科技,还有对水下探索追求的无限可能。



立即扫描二维码,  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华曙高科 3D 打印 为世界首款 AI 发球机器人赋能

电影《夺冠》里有一句台词“未来体育，靠的是科技”。竞技体育场上的对决，某种意义上也是场下科技实力的比拼，科技与体育的深度融合，将为体育发展带来更多可能性，也将推动体育事业朝着更加数字化、智能化、个性化的方向发展。

2020年3月，庞伯特第一次正式上线，出现在人们的视野里，它的到来是一个划时代的科技产品——这位AI乒乓球发球机器人，是世界上第一个手执球拍发球的机器人。它不仅能够还原自然发球动作，打出落点不一、旋转不同的球，还能任意组合发球节奏，帮助运动员进行针对性的加强训练。

在第一代庞伯特乒乓球发球机器人推出后，上海创屹科技有限公司与重庆华港科技有限公司合作，在即将推出的升级款庞伯特乒乓球发球机器人产品的设计研发阶段，采用了华曙高科高温高分子3D打印解决方案（Plastic Laser Sintering，选择性激光烧结）——HT403P设备及玻璃纤维复合尼龙6材料FS6140GF，对设计及性能进行了优化升级。



华曙高科自主研发的高熔点、高强度的玻璃纤维复合尼龙6材料FS6140GF，耐热性和韧性优异，非常适合机器人关键活动件的设计验证，同时3D打印轻量化设计使升级款机器人的重量减轻，运动更加灵活。

## 面临挑战

### 试制件强度、耐磨性等要求高

在设计验证环节，机器人的运动部件因为经常需要活动，所以要求试制件高韧耐磨，减少损坏。引入华曙高科高温PLS解决方案之前，上海创屹采用的普通尼龙材料，因模量太低导致重复定位精度不够，在机器人运动过程中存在动作变形等情况。

### 产品研发周期短，设计迭代率高

丰富的多样性和持续迭代的开放性，让庞伯特

乒乓球发球机器人深受用户欢迎。在新品上市前期，它经历多次升级与优化，面临研发周期长、成本高、设计迭代率高等情况。

## 华曙高科高温 3D 打印 FS6140GF 材料解决方案优势

- 机械强度高。FS6140GF 添加了玻璃纤维，相对传统的 3D 打印尼龙 12 复合玻璃微珠材料，拉伸强度提高 50% 以上，拉伸模量提升 200% 以上，非常适合机器人运动部件的生产；
- 耐疲劳性能突出。机器人关键部位活动件经多次反复屈伸运动仍能保持原有机械强度；
- 制件摩擦系数小，耐磨。作机器人活动机械构件时有自润滑性，噪声低，使用寿命长；
- 有优良的电气性能，电绝缘性好。使机器人即使在高湿环境下仍具有较好的电绝缘性；
- 3D 打印制件结构轻量化设计、易成型。能快速定型，生产效率高。

另一方面，PLS 技术成型时工件周围的粉末就构成了支撑，所以无需专门的支撑结构，这不

但简化了设计、制作过程，提高了成型效率，而且不会由于需要去除支撑结构而影响制件表面的品质。

“与传统工艺及其他 3D 打印技术相比起来，采用华曙高温高分子解决方案制作的机器人关键部件具有良好的强度及灵活性，使其关键部位活动件经多次反复屈伸运动仍能保持原有机械强度。同时能够实现快速修改设计方案并反复大量迭代，在确保原型产品设计灵活性的同时，提高了研发效率。”

——上海创屹科技有限公司

从设计—测试—批量生产，华曙高温高分子 3D 打印解决方案的引进给庞伯特乒乓球发球机器人带来了设计研发方式的创新。未来，华曙高科将与合作伙伴继续携手，为科技赋能的人文、体育交流贡献力量。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

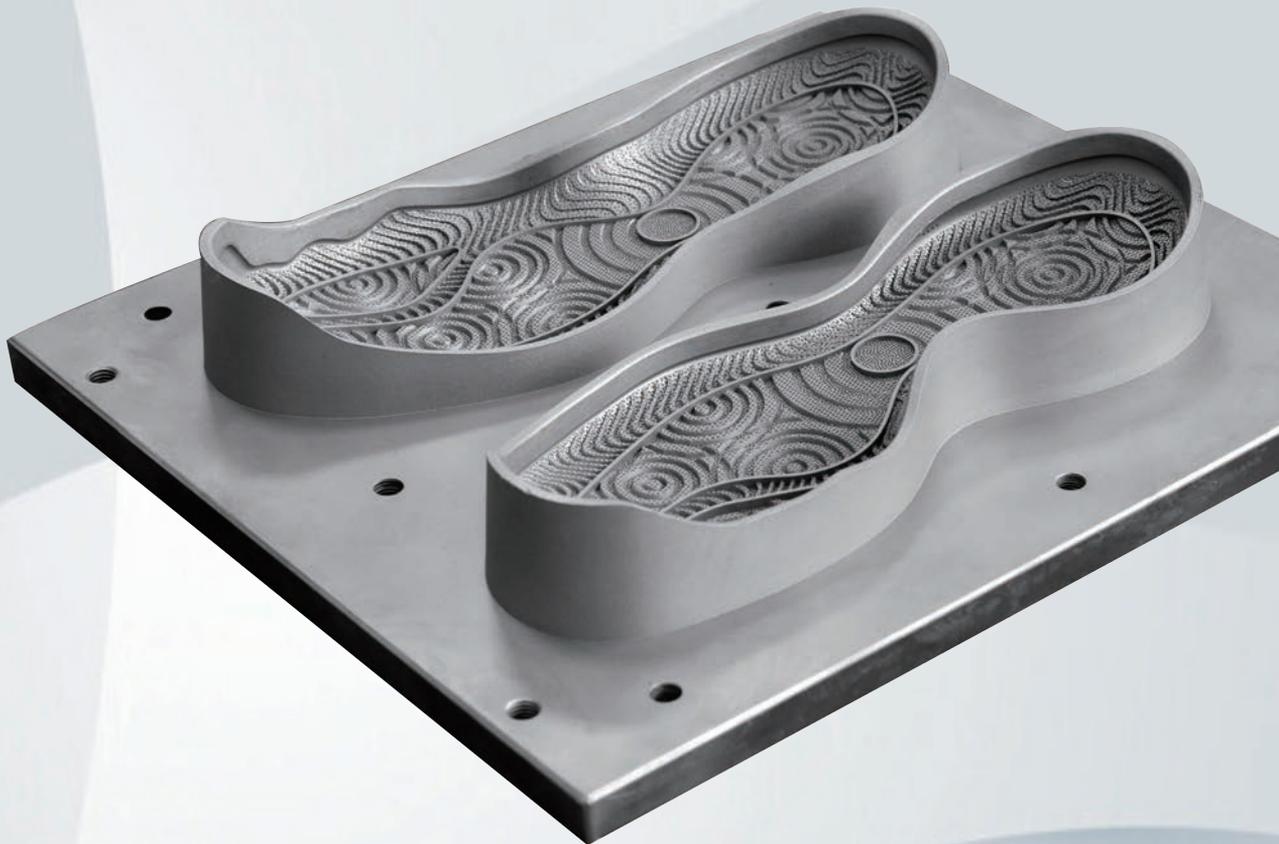
[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 模具 & 鞋模

## Molds & Tooling

华曙高科是金属鞋模增材制造技术与应用的先驱，藉由我们对鞋模行业需求的深刻理解，率先推出行业领先的定制解决方案和工艺，助力客户实现前沿创新，并降低全生命周期碳足迹，推动全球鞋业向低碳化、数字化升级。

3D 打印已广泛应用于随形冷却模具，优化冷却水路设计，不受水路复杂程度的限制，大大提升模具的冷却效率和生产效率。



# 华曙高科一站式模具解决方案助力 电子烟模具生产效率提升 60%

据相关资料显示，全世界约有 80% 的零部件是通过模具制造的，因此模具也被称为“工业之母”。但是基于传统工艺制造的模具，往往会因为工艺链复杂、内部构造简单等特点导致在产品生产过程中很难找到质量、效率与成本的最佳平衡点。



图为博通精密 3D 打印车间一隅

广东东莞市博通精密科技有限公司是一家专注于提供模具 3D 打印解决方案的服务商，提供从水路 / 排气的设计、模流仿真、3D 打印、热处理及后精加工的全套流程，帮助客户实现从一个 idea 到完整产品的无缝对接。

目前，博通精密将华曙金属 3D 打印解决方案应用在各类的塑胶模具、压铸模具、硅橡胶模具、夹治具等有设计需求的产品上。博通精密董事长周利平表示，模具属于非标准小批量产品，3D 打印技术作为一种更加先进的数字化制造技术，可以很好地解决模具制造过程中的结构与工艺优化问题，带来模具性能的大幅提升。

## 3D 打印电子烟模具生产效率提升 60%

周利平董事长介绍：“在引入金属 3D 打印技术之前，我们充分调研了市场上所有金属 3D 打印设备的性能，在运营成本、设备功能、大层厚打印效率、交货周期、品牌口碑等多方面进行了详细对比，最终选择了华曙高科金属 3D 打印解决方案。目前博通已连续采购 5 台华曙高科金属 3D 打印设备，现阶段主营业务是电子烟模具的打印服务。”

以前，传统模具加工主要受制于产品的细长多特征的结构，模具镶件无法上运水，导致传统注塑面临成型困难、周期过长、效率低下等问题。现在，3D 打印技术使注塑零件的冷却能力大幅提升。3D 打印随形水路可以更加均匀地接近产品外壁，减少冷却盲点，从而更快更



好地带走热量，让注塑效率和产品光洁度大幅提升，同时还能有效解决产品的变形开裂问题，提高成品的良品率。

目前，博通精密采用华曙金属 3D 打印解决方案生产的电子烟模具生产效率提升 60%，真正实现了免加工目的。



## 华曙自动嫁接技术实现快速精准定位

众所周知，当模具工件在各种不同的设备之间轮转时，需要重新装夹和调校水平度以确保其精度。在传统加工中，操作人员已经可以非常熟练地使用夹具来解决这个问题。而在 3D 打印的模具上，由于没有增材专用夹具，业内普遍使用人工调校工件水平度、手动找中心点的方式，而这一环节又十分依赖于人员的熟练程度并受工件大小及复杂程度的影响，一般耗时 10—60 分钟。试想当下使用 3D 打印技术较普遍的模具制造电子烟外壳模具，一个批次超过 100 个的需求并不罕见，若每个零件都需要花上 10 分钟定位，浪费的时间则相当惊人。

周利平董事长介绍，嫁接打印的技术难点在于定位。3D 打印的工作面积要与底材完全重合，不然就会产生错位。如果零件内部有流道，定位错误会引起流道错位，从而导致零件不能达到设计要求。对于要求高的零件，尺寸公差小于 0.1mm 才是有效的嫁接。

## 自动嫁接技术优势

- **快速对位**  
能实现对基座特征的快速抓取，大幅缩短对位时间，不但可以节约开机成本，而且减轻了操作人员工作负担；
- **对位精准**  
对于模具行业常用参考特征能精确识别，多工件重复定位精度达到 0.1mm 以内；
- **为模具修复提供便利**  
在进行模具修复时，在基座精加工到位没有足够轮廓参考线的情况下，可实现内部特征自动识别对位；
- **实现基座特征的自动识别**  
可自动识别基座加工的异常情况，给工件打印提供参考，大幅降低成品不良率。

## 3D 打印模具表面抛光等级可达 A1 以上

周利平董事长表示：“博通在模具行业多年的经验积累，与华曙 3D 打印研发创新相结合，双方携手建立了领先的技术优势。例如在大部分透明材料的注塑产品上，其一般要求模具表面达到 A1 以上抛光等级 (Ra0.016μm)，这个标准对 3D 打印技术的要求非常高，但采用华曙设备打印的全幅面、大层厚模具产品都可以达到这个标准，那么，其他小尺寸模具件就更加没问题了，这在国内厂商中是极为少见的，这也是我们选择与华曙合作的主要原因之一。”



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



## 博通精密金属 3D 打印 压铸模具冲击韧性达 22J

压铸模具作为铸造行业的重要分支，在汽车、家电、电子、航空航天等多个领域发挥着不可或缺的作用。随着压铸件市场需求的日益增长，对铸件的品质、功能和结构要求也愈发多样化，传统的模具制造技术已难以满足复杂多变的开模需求，而金属 3D 打印技术以其独特的优势，可以最大程度发挥随形控温的价值，实现精准模温控制，提升产品良率，改善压铸生产工况，具有巨大的经济价值。

东莞市博通精密科技有限公司专注于模具 3D 打印服务。2021 年，博通精密引入华曙高科 FS273M 系列、FS200M 系列金属 3D 打印设备，提供从水路 / 排气的设计、模流仿真、3D 打印、热处理及后精加工的全套服务，已为超

500 家客户提供数十万件增材制造模具镶件产品，为客户产业化助力。



图为博通精密 3D 打印车间一隅

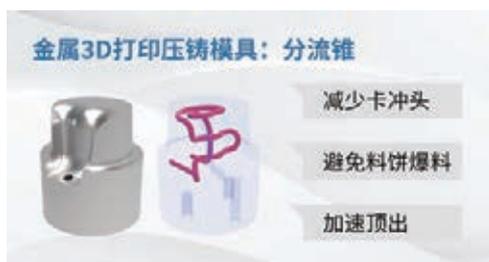
最近，博通精密通过持续创新和实践，成功突破了压铸模具的技术应用——3D 打印一体化压铸模具镶块使用寿命超 5 万次，冲击韧性达



22J（热处理后硬度 48-50HRC），产品良品率达 100%，这标志着材料强度、耐磨性以及整体结构设计都达到了客户标准。

另外，3D 打印可降低模具镶件局部热点，减少产品上的缩陷，避免气泡、粘膜、冷接和变形等异常情况。

分流锥是压铸模具里面受压和受热最高的地方，其冷却标准非常高。金属 3D 打印技术能够实现高度自由的设计，打破传统设计思路禁锢，可以使内部异形流道结构一体成形，解决了复杂深腔类模具温控不均衡问题，实现模具精准控温。



快速的降温有助于缩短冷却周期来加速顶出，有助于保留完整的料饼，方便后续自动化装夹取出，也可以减少热膨胀出现的卡锤头的情况，提高锤头的寿命。

### 3D 打印技术在压铸模具应用中的优势

生产效率可提升 50% 不需要额外速冷（如喷雾冷却），节省冷却液，节约喷洒脱模剂的时间；避免收缩凹陷，提升表面光洁度，减少产品报废率；缩短成形周期，生产效率提升 50% 以上；

模具使用寿命延长金属 3D 打印能避免热集中和应力集中产生裂纹，降低热冲击的能量。可有效改善结晶层，细化晶粒，稳定产品强度，提升产品的力学性能；减少热变形和内应力；稳定收缩率，提高产品尺寸公差等级；高效灵活布设控温流道在压铸过程中，铸件各部位的温度控制对最终产品的质量至关重要。通过 3D 打印随形控温模芯，可以精确地模拟并优化铸件凝固过程中的温度分布，实现了根据铸件凝固过程中的具体控温需求，高度灵活地在模具内部布设控温流道。

为满足产业化客户的批量生产需求，华曙高科面向模具、汽车、医疗、消费品等行业，推出全产业链金属增材制造解决方案，包括 FS350M 系列、FS200M 系列、FS273M 系列等多型号设备，从可打印材料种类、致密度、成形幅面和打印效率等方面提供完善的金属增材制造解决方案，助力工业生产降本、提质、增效，让生产过程更节能、更环保，在跨行业、多个应用场景的零件批产中发挥价值。

与此同时，华曙高科面向模具行业客户推出自动嫁接功能，可为零件提供基准点，省去繁琐费时的传统定位工作，定位精度最高可达 0.05mm。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华曙高科鞋模增材解决方案实现全面突破 量产成品鞋超千万双



广东站胜数字化模具 3D 打印车间一隅

作为典型劳动密集型产业，传统鞋模制造业正面临繁琐复杂的工序、断层的劳动力、严格的环保要求、更满足市场需求的产品创新迭代等多项挑战，而新工艺新技术的出现，必定带动着整个产业的升级与发展。3D 打印作为鞋业制造升级的代表性智能制造工艺，将为新产品研发和市场注入无限活力。

工业级 3D 打印领航企业华曙高科，自 2019 年以来与鞋模行业合作伙伴深入市场调研、高度重视和理解国际品牌方对供应链的需求，面向鞋模行业持续创新，推出了涵盖设备、材料、工艺及软件等方面鞋模行业专属的解决方案，成功应用于爆米花鞋模、EVA 鞋模及 RB 鞋模等多类产品，3D 打印鞋模已实现超 1000 万双成品鞋量产，产业化客户遍及国内华南区域和海外东南亚地区，有效改善了传统鞋模制造

流程中环境污染、人力成本高、流程长、良品率低等痛点，助力鞋模客户和品牌方打造环境友好企业，加速数字化革新，实现可持续成长。

## 应用：多样化、创新性典型案例

传统鞋模制作需要经过 CNC 代木模、木模修饰、硅胶翻模、翻石膏模、石膏烧结、铸造金属模、咬花等环节，整体工艺流程繁琐冗杂，且无法完成对部分特殊鞋模精细咬花的制作。

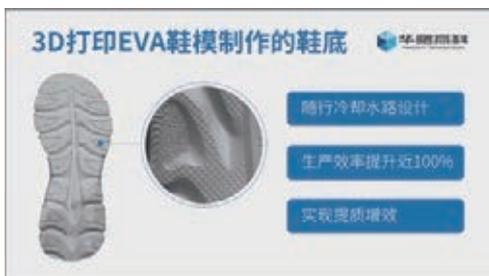
通过金属 3D 打印，鞋模整体生产周期缩短，且数字咬花技术可以做到鞋模精密纹理的高度还原，最大程度简化生产流程、提高生产效率及产品更新迭代速度，助力鞋模企业实现高效生产，降低制造成本，增强产品功能及性能。

自 2019 年以来，华曙高科金属 3D 打印技术主要应用于爆米花鞋模、EVA 鞋模及 RB 鞋模等多类产品，创新开发十余种工艺，将传统鞋模制造经验与先进 3D 打印技术优势相结合，助力鞋业用户在竞争激烈的市场中保持优势，实现可持续增长和发展——



### 典型案例一：爆米花鞋模

爆米花鞋模是目前 3D 打印工艺应用于传统鞋模行业的典型创新案例。华曙金属 3D 打印大幅提升了鞋底模具精细度，爆米花鞋模的单模气孔达到 1.6 万个，孔洞直径突破 0.1mm，既实现了优良的透气性又避免结构孔堵塞问题，保证成品鞋的轻量化与高弹性。



### 典型案例二：EVA 鞋模

将金属 3D 打印技术应用于 EVA 鞋模，是鞋模产业链又一创新突破。传统 EVA 发泡鞋模生产过程通常需要热压成形与冷却定型，生产效率往往取决于冷却的时间。3D 打印 EVA 水路鞋模集成随形水路，实现水路与模具表面的紧密贴合，使生产效率提升近 100%，达到提质增效目标。



### 典型案例三：RB 鞋模

将 3D 打印技术应用于传统 RB 鞋模，可实现复杂精细、成百上千个花纹一体成形，细节精度达  $\pm 0.02\text{mm}$ ，各种图案可在同一模具上实现，相比传统加工交货时间缩短 20%，模具耐久性提高 20%，外观设计更加自由。

### 设备：行业解决方案为鞋模智造赋能

华曙高科本着开放创新的经营理念，倾听市场及客户声音，深刻理解鞋模应用场景需求，推出与鞋模行业匹配度极高的多款金属增材制造设备，为产业化用户提供“降本、提质、增效”的批量化生产解决方案。





以 FS350M 系列为例，其不仅适用于航空航天、汽车、医疗、模具等行业产业化应用，在鞋模行业也极具效率、产能优势。该设备成形缸经过特别设计，尺寸为 433×358×400mm（含成形基板厚度），一次可打印一双鞋模，覆盖市面上 99% 鞋模尺码；标配 4 激光，扫描速度最高 10m/s，采用稳定成熟双向铺粉技术；充气效率高，时间仅需 11 分钟，加工时耗气量仅为 3-5 L/min，远低于行业均值；多层风场设计，保证风场均匀性，打印品质优异。

## 材料：开发专用材料参数包

2021 年，面向鞋模行业特殊材料需求，华曙高科与合作伙伴携手突破材料关键元素烧损与成分、形貌控制等关键核心技术，为客户研发



定制业内首款可 3D 打印 ST1 材料。ST1 是一种低碳合金钢，可腐蚀花纹、电镀、焊接等，在鞋模行业常用于咬花、修补。

目前，华曙高科已开发不锈钢、铝合金等系列鞋模常用材料参数包，并解决了合金材料硬度过高、咬花深度不够等难题，确保了鞋模耐用性和稳定性。

## 工艺：效率 & 精度兼具，形成护城河

### 悬空设计 / 无支撑工艺

在悬空（倒插）的地方设计支撑结构确保打印效果，是 3D 打印常用做法，虽有助于防止复杂零件在打印过程中出现变形、坍塌等问题，但支撑结构可能会破坏设计细节，也增加了生产成本和后处理难度。目前，在鞋模结构悬空（倒插）与水平面的夹角大于 45°时，可实现鞋模结构自支撑；若采用华曙高科采用“无支撑 / 少支撑设计”工艺，则可实现部分鞋模结构 25°夹角无支撑。

### 大小层厚组合

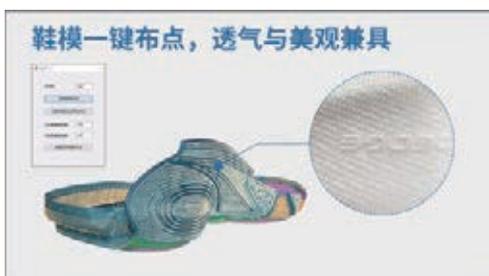
同一个工作包内可应用不同层厚的打印工艺，不同层厚的工作面，铺粉层厚可变，通过组合优化可提升 30%-40% 生产效率。

### 智能搭接

根据每层任务量调整搭接位置，使两个激光器单层工作时间接近，减少激光之间的等待时间，达到多激光最大使用率。

### 抽壳功能

可将鞋模工件划分为外观区和实体区，分别应用精细参数和高速参数，保证表面质量的同时提升效率。



### 软件：鞋模选区布点功能

华曙高科于 2024 年 5 月发布专为鞋模用户开发的鞋模选区布点技术。用户可根据鞋模不同曲面的特征，自动计算合理的布孔点位，也可以自定义规则来对不同类型的曲面，形成个性

化或均匀性的布孔分布效果，在满足透气需求的同时生成美观图案，打孔效率提高 25%。

近几年，华曙高科与国内外众多鞋业合作伙伴强强联合，共同见证了 3D 打印技术对制鞋业数字化革新。未来，华曙高科将继续深耕鞋业市场，不断加强技术革新，助力产业化用户实现降本增效、创新升级。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华曙高科鞋模金属打印设备装机量超百台

## 效率与稳定性领跑行业



当前，全球鞋模制造业竞争日趋激烈，各鞋模企业围绕生产效率、精密化水平与本地化服务展开角逐，市场格局加速迭代。华曙高科凭借成熟的产业化解决方案，在同等激光器配置下实现设备生产效率行业领先，为产业化用户提供兼具高品质与稳定性的批产解决方案，推动金属 3D 打印设备装机量持续增长。

目前，华曙高科金属增材制造设备已覆盖美国、东南亚、韩国、深圳大湾区、福建省等国家及全球主要鞋模生产基地，累计装机量突破百台，通过软硬件协同创新实现鞋模生产效能升级，赋能传统鞋模制造转型升级。

### 深耕鞋模市场，实现超百台装机

华曙高科多年深耕金属 3D 打印鞋模市场，凭借对行业需求的深度把控、技术创新实力以及

卓越的软件、工艺优势，在激烈的市场竞争中脱颖而出。目前已在印尼、越南等海外市场设立本地化服务网络，累计装机量成功突破百台，成为全球鞋模企业转型升级的重要合作伙伴。

在美国，某国际顶尖运动鞋品牌引入华曙 3D 打印解决方案，提升其鞋类核心部件的生产与研发效率；东南亚市场中，印尼最大模具制造商批量部署多台 FS350M 设备，完成双激光到四激光系统迭代，实现知名品牌的量产订单；越南 2025 年新增超 10 台设备入驻多家鞋模头部企业；韩国多家传统知名鞋企引入华曙解决方案，有效解决减碳降耗、环保合规及人工依赖问题，兼顾绿色生产与效率提升。在国内，龙行天下集团旗下东莞站胜模具集中部署 50+ 台华曙设备，实现全天候规模化生产。

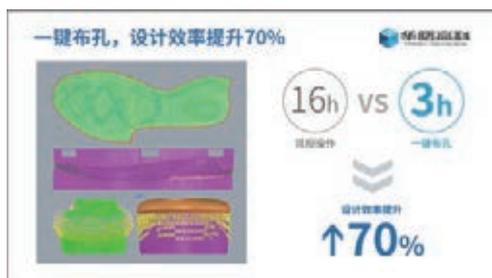
截至目前，采用华曙金属 3D 打印的鞋模，已实现超 10 亿双成品鞋可持续生产，为全球鞋业注入增材制造新动能。

### 深度定制持续优化，同配设备效率领先

华曙高科作为行业率先推出 400mm 成形尺寸设备 4 激光配置的企业，经鞋模行业多年市场验证，已形成鞋模高效成熟生产方案，在同等激光器配置下实现设备生产效率行业领先。

FS350M 设备成形尺寸达 425×350×400mm，覆盖市面 99% 的鞋模尺寸，最大支持 EUR 23 码鞋模，可同时打印一 EUR 15 码鞋模，进一步缩短批量生产周期。

与此同时，其高质量光路系统和均匀风场是保障鞋模打印品质与一致性的核心：激光器排布科学，能量分布均匀、功率输出一致，保障批量化生产质量稳定；风场采用多层设计，优化风口与风管布局，应用智能避风打印技术，减少腔内乱流，提升打印均匀性与一致性，还能保护平光镜、降低清洁成本，助力鞋模批产提效降本。

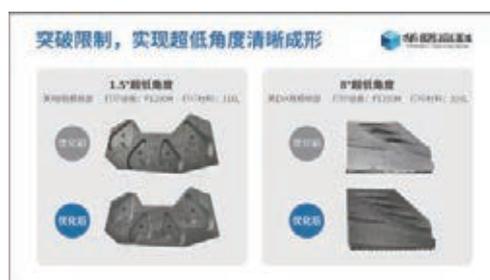


值得一提的是，其自主研发的鞋模专用软件工具已实现客户端批产应用：智能选区布点功能可依鞋模曲面特征自动计算布孔点位；一键布孔功能适配爆米花鞋模打孔全场景，将设计耗时从 16 小时压缩至 3 小时，助力设计效率提

升 70%，帮助鞋企快速响应市场需求。

### 工艺优化破难题，周期缩短激活产能

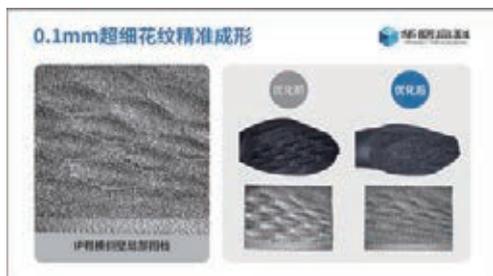
与此同时，华曙高科通过持续工艺迭代，不仅攻克鞋模制造低角度成形难、表面质量差、花纹精度低三大核心难题，更以工艺突破为支点，为客户带来生产效率提升。



#### 超低角度成形突破：

经工艺优化，某 EVA 鞋模局部实现 8° 超低角度成形，突破常规 45° 限制，解决低角度表面粗糙、边缘翘曲痛点，省去人工去除支撑的时间；针对 RB 鞋模 1.5° 极限角度场景，优化参数后消除堆叠式台阶纹缺陷，降低人工后处理成本。





### 花纹细节精准呈现：

针对铝合金 IP 鞋模侧壁，攻克了铝合金熔池过宽导致细节丢失的难题，使最小深度约 0.13mm、宽度约 0.1mm 的花纹细节精准呈现，让其高度贴近设计图档。

秉承创新推动增材制造产业化理念，华曙将持续深化技术创新与本地化服务，助力更多鞋模企业在转型升级中抢占先机，共同推动鞋模制造业迈向高质量发展的新高度。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 单次生产可超 2700 片

# 华曙高科助力软控联合实现 轮胎模具钢片 3D 打印量产



轮胎工业发展至今已有 160 多年的历史，中国轮胎工业发展迅速，如今已成为全球最大的轮胎生产国、消耗国及出口国。

随着汽车工业的快速发展，市场对轮胎的要求趋向于个性化、高性能及环保化，对轮胎配套的模具要求也相应的提高。轮胎模具是高技术含量、高精密度和高附加值的产品，直接决定了汽车轮胎的安全性、排水性、抓地力、驾驶舒适度等性能，其花纹造型、加工工艺与普通模具有较大差异，存在较高的生产技术难度。

坐落于山东青岛的软控联合科技有限公司，集研发、制造、试验轮胎模具于一体，是国内较早引进增材制造技术的高科技企业。软控联合轮胎模具产品设计与检验全面贯彻欧洲标准，

建有大型的轮胎花纹数据库，实现参数化造型与加工，拥有多项研究与创新成果专利。

为了更好地满足市场需求，软控联合引入华曙高科量产型金属增材制造系统 FS200M，成功解决传统铸造与机加工技术难以实现的轮胎模具复杂纹理制造等难题。其尺寸精度达  $\pm 0.04\text{mm}$ ，致密度超 99.9%，硬度超 50HRC，性能优异，加速了创新设计迭代，减少了人力成本，有效提升产品市场竞争力。

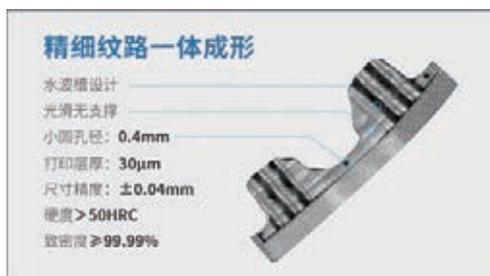




## PART.01 加速迭代 定制与量产结合

轮胎性能取决于模具花纹，花纹的关键取决于钢片设计。

轮胎模具钢片花纹的设计结构往往呈现出空间三维扭曲、多弧度、多角度的特点，采用传统的铣削、冲压等手段对机床、刀具的要求很高，难以保证模具精度，而且步骤繁琐，容易影响轮胎质量。与此同时，拥有复杂花纹的轮胎模具，不但需要复杂零件加工死角，还需要手工镶嵌钢片修饰。



华曙高科金属 3D 打印解决方案，可一体成形整块复杂花纹模具钢片，细节高度还原。满版可打印 1000-3000 件，其尺寸精度达 ±0.04mm，致密度超 99.9%，硬度超 50HRC，且同一批次的生产可以打印多种尺寸、形状的花纹钢片，加速产品设计迭代，真正实现个性化定制与稳定批量生产相结合。

与此同时，采用金属 3D 打印技术，无需手工修饰和钢片镶嵌，缩短了生产周期，提高了整体效率，节约了大量的人力成本和生产时间。

## PART.02 工艺优化 实现精细与稳定生产

华曙高科针对轮胎模具行业细节精细、生产稳定的需求，采用创新扫描策略和个性化层厚，量身定制工艺参数；采用自主研发优化搭接策略和精校准系统，实现全幅面打印工件质量优异。



## PART.03 绿色低碳 助力可持续发展

在“双碳”目标的驱动下，推广绿色生产工艺、实现产业升级已成为中国轮胎产业的主要发展方向，越来越多的轮胎模具企业正不断淘汰落后产能，打造环境友好企业。

华曙高科增材制造技术不仅能节能减排，减少污染，而且能够实现轮胎模具按需、即时生产，这样既可以提升供应链弹性，又能够降低库存成本，并大幅减少运输产生的碳排放，实现可持续发展。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 凯奔三维： 3D打印是模具行业不可或缺的新质生产力

随着现代化工业的发展，模具已广泛应用于汽车、家电、消费电子、仪器仪表、航空航天和医疗器械等产品，其中约 60%-80% 的零部件产品需要依靠模具加工成型，作为新质生产力之一的金属 3D 打印技术，在注塑和压铸模具领域正呈现出强劲的增长势头和广泛的应用前景。

广东凯奔三维科技有限公司是国内最早推动金属 3D 打印模具产业化应用的专业团队之一，专注工业 3D 打印应用已有 14 年，其中 3D 随形冷却模具 / 排气应用 8 年，是国内为数不多的同时具备丰富模具经验和 SLM 金属 3D 打印应用经验的团队之一，目前配置多台华曙高科 FS200M 系列金属 3D 打印设备，用于注塑、压铸模具产业化生产。



图为凯奔三维 3D 打印车间一隅

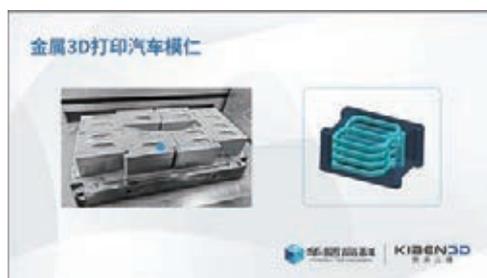
自创立以来，凯奔三维已助力美的、美泰、立讯、伟创力、TTI、富士康、泰科、领益精密等超 600 家工业制造企业通过 3D 打印技术实现降本增效，并参与 Facebook、PMI、Dyson、Sonos、Jabra、Hallmark 等众多全球品牌客户的模具项目，主持制订了 3D 随形水路设计

规范、模具钢打印工艺规范等标准文件。凯奔三维以专业的服务、稳定的品质、极高的性价比获得了众多模具企业的高度认可。

*“金属 3D 打印以其高效性、精准性、灵活性、高效率 and 环保等优势，对改善注塑 / 压铸生产节拍，提升产品品质的显著价值已得到广泛验证，正在模具行业中扮演着不可或缺的新质生产力角色。这一技术将逐步改变模具制造的传统模式，推动模具行业的创新及产业化发展。”*

张磊凯奔三维总经理

凯奔三维总经理张磊先生详细介绍了金属 3D 打印技术在随形冷却模具应用的几个典型问题：

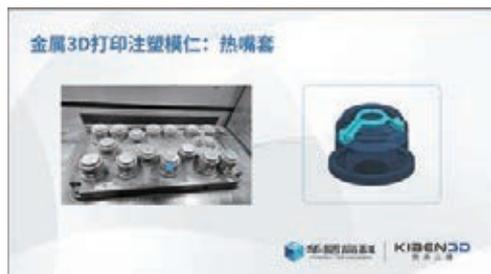


### 镶件、模仁更适合 3D 打印

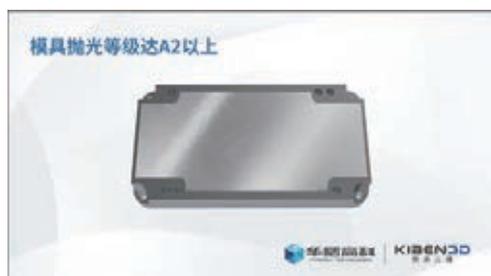
凯奔三维张总介绍，金属 3D 打印可助力大部分注塑、压铸模具快速冷却优化，但从成本和时间上考虑，模具整体打印尚不适合，更适合金属 3D 打印技术的是部分镶件、模仁，比如浇口套、斜顶、模仁垫板、后模镶件、前模镶件、滑块等。



与此同时，注塑量大、结构复杂、多深筋位、尺寸 / 平面度要求高的产品，都可以优先考虑 3D 打印。一些存在注塑品质问题的模具，比如浇口烫伤、拉丝、太阳圈、困气等现象，也可以通过 3D 打印技术来改善。

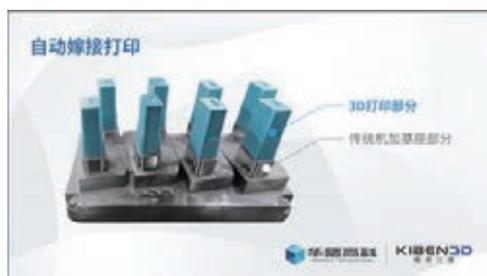


金属 3D 打印的模具工件是开粗件，一般需要进行二次精加工。初始打印的尺寸精度为  $\pm 0.2\text{mm}$ ，表面粗糙度为 Ra8-12，通常打印时会预留 0.8mm 余量以便做二次精加工，精加工方法和传统模具钢无差别。



### 模具抛光等级达 A2 以上

目前，凯奔三维采用华曙金属 3D 打印设备生产的模具工件致密度近 100%，抛光等级处于 A2 以上，可达到绝大部分的模具使用要求，比如化妆品包装、各种透明容器等。对于少数要求更高抛光等级（A1 等级及以上）的零件，可采用专门的模具工艺参数包来满足生产需求。



### 70% 采用自动嫁接打印

华曙高科面向模具行业客户推出自动嫁接功能，可为零件提供基准点，省去繁琐费时的传统定位工作，定位精度最高可达 0.05mm。在打印尺寸较大的模具工件时，底座的部分可采用传统机加工，在机加工基座上面进行自动嫁接打印，可显著降低打印成本，缩短打印时间。

部分客户往往会担心嫁接打印的强度问题，比如结合处是否会开裂渗水、整体寿命是否牺牲等，事实上嫁接打印已经是非常成熟的工艺，嫁接打印寿命与整体打印并无明显差别。目前凯奔三维超 70% 的模具会采用自动嫁接打印。但需要注意的是，打印材质和嫁接材质需严格对应才能保证结合强度。

### 3D 打印模具应用越来越广

伴随着金属 3D 打印设备、材料逐步国产化，近几年模具打印的成本正逐年下降。由于快速随形冷却可显著缩短 20%—40% 脱模周期，增加的成本在注塑阶段很容易回收。模具打印成本主要取决于打印复杂度，跟工件体积、结构、工时都会有关系，未来金属 3D 打印在注塑模具制造中的应用会越来越广泛。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 加工服务

## 3D Printing Service

华曙高科持续扩充为客户打样、产品验证和为产业化用户补充产能的产品打印服务能力，助力用户加速增材制造产业化。



# 华曙高科全面助力深圳未来工场 加速走向增材批量制造



深圳未来工场是亚太地区最大的互联网制造服务平台和增材制造产业化先锋，也是华曙高科重要的高分子增材制造产业化合作伙伴。目前，在未来工场已列装近 20 台华曙高分子设备，均满负荷运行，华曙创新的 PMS 系统和舱外冷却站也已在此正式投入产业化生产。

通过与未来工场的深入合作，华曙高科高分子增材制造系统解决了产业化客户对于生产速度、粉末管理和成本控制等重要需求。目前，未来工场服务客户约 20 万家，年生产零部件超 3,000 万件，为多品种小批量的非标零部件各产业提供“生产+流通+服务”全链条解决方案。

华曙高科作为国内增材制造行业的领军企业，始终以技术创新为核心驱动力，专注于工业级增材制造设备、材料及解决方案的研发与产业

化。自成立以来，华曙高科坚持自主创新，在 高分子、金属等增材制造领域积累了深厚的技术底蕴，其研发的系列设备不仅通过了多项国际认证，更在全球多个国家和地区实现了规模化应用。此次与深圳未来工场的深度合作，是华曙高科产业化成果的又一次成功落地，也是其以技术赋能合作伙伴、推动增材制造行业规模化发展的重要实践。

PMS 粉末管理系统的投入使用，彻底解决了传统增材制造中粉末回收利用率低、管理流程复杂、质量稳定性不足等行业痛点。该系统通过自动化粉末输送、筛选、存储等全流程管控，不仅将粉末回收利用率提升至新高度，有效降低了生产成本，更确保了每一批次粉末性能的一致性，为批量生产提供了稳定的材料保障。而舱外冷却站则实现了打印件的高效冷却与快速脱模，大幅缩短了生产周期，提升了设备的

连续运行能力，使单台设备的产能得到进一步释放。

增材制造的产业化、规模化应用是行业发展的必然趋势，而解决生产速度、粉末管理、成本控制等核心问题是实现这一目标的关键。华曙403P系列设备与PMS系统、舱外冷却站的组合解决方案，正是针对产业化客户的核心需求量身打造，能够帮助客户快速提升生产效率、降低运营成本、保障产品品质。未来，华曙高科将继续深化与深圳未来工场的合作，共同探索增材批量制造的更多应用场景，推动增材制造技术在更多行业实现规模化落地。

深圳未来工场负责人也对双方的合作给予了高度评价：“华曙高科的增材制造设备与解决方案，为我们破解了批量生产中的诸多难题，让我们在效率、成本和品质上都获得了显著提升。依托华曙的技术支持，我们能够更好地满足全球客户的多样化需求，进一步巩固在互联网制造服务领域的领先地位。期待与华曙高科携手，共同推动增材制造行业的技术进步与产业化升级。”

当前，全球制造业正面临着个性化需求增长、产品生命周期缩短、供应链重构等多重挑战，增材制造技术作为一种颠覆性的生产方式，为制造业的转型升级提供了全新路径。华曙高科与深圳未来工场的深度合作，不仅实现了双方的优势互补，更树立了增材制造产业化合作的典范。通过技术创新与产业协同，双方正共同推动增材制造从“小众应用”走向“大众生产”，从“原型制作”迈向“批量制造”，为全球制造业的高质量发展贡献中国力量。

展望未来，随着增材制造技术的不断迭代升级，以及产业化应用的持续深化，华曙高科将继续秉持“创新驱动、产业赋能”的理念，不断突破技术瓶颈，完善解决方案，与更多行业伙伴展开深度合作，共同构建增材制造产业生态，推动全球增材制造行业迈入规模化、高质量发展的新纪元。而深圳未来工场也将依托与华曙高科的合作优势，持续拓展全球市场，提升服务能力，成为全球增材批量制造领域的标杆企业，为全球客户提供更高效、更优质的制造服务。



## 迅捷三维： 以品质和服务走出“内卷”式竞争

伴随着市场不断扩大，加工服务行业已是一片红海，竞争日趋白热化，各厂商正面临着前所未有的挑战与机遇。在这场激烈的角逐中，低价竞争、行业内卷等逐渐成为常态，造成了厂商利润被吞噬、陷入增收不增利的泥潭等现象。

面对行业内卷，深耕加工服务行业超十年的江阴迅捷快速成型科技有限公司，则有自己的应对之策：专注于产品品质，聚焦于优质服务，建立并维系了一批又一批的老客户，在激烈的市场竞争中不断提升实力，脱颖而出。



图为迅捷三维 3D 打印车间一隅

### 携手华曙，积极布局，实现可持续发展

在迅捷三维办公室内，迅捷三维总经理、技术总监张道正在向客户电话交流产品交付后的使用情况。“你们打印的小批量手板件，精度控制得很好，装配便捷顺利，很不错！”得到这样的反馈，张道很欣慰。

坐落于美丽富饶太湖平原的江阴迅捷快速成型科技有限公司，是一家经验丰富的 3D 打印综合解决方案提供商，配备 SLS、SLM、SLA 等 100 多台国内专业的成型及加工设备，有专业的设计和技术人员，可根据客户的需求提供一整套的解决方案，涵盖常规尼龙、纤维复合尼龙、金属、光敏树脂等多种材料，并能提供真空复模、表面处理等全产业链服务，可满足汽车、消费品、医疗、家电等多个行业应用的要求。

张道介绍，3D 打印手板可以帮助客户大大降低生产成本和缩短产品上市的时间，随着客户对应用的深入理解，对打印件的力学性能、抗疲劳性能、恶劣环境的耐受性能等提出了更加苛刻的要求，希望 3D 打印件不但可以满足外观要求，还可以进行功能性测试以进一步验证产品设计在最终使用时的效果，甚至直接可以将打印件用于产线的工装夹具以及产品的小批量生产。

而对于上游 3D 打印设备厂商的选择，迅捷三维更是尤为看重。“3D 打印设备直接关系到成品品质，对企业的生产有着至关重要的影响，我们秉承对终端客户负责的态度，从源头上把控生产品质，严格评估 3D 打印设备稳定性和打印质量，而且对设备的打印效率、运行成本、安全与易用性、投资回报率等各个方面都进行了多维度考察。”张道说。



2022 年，迅捷三维对市场上的设备厂商进行了深入调研和评估，最后选择与华曙高科合作，购置了 1 台 Flight 尼龙设备和 2 台金属设备。设备投产后一直保持了 90% 以上的开机率，Flight 设备每月产能约 12 万克，其打印效率、打印品质和稳定性得到了客户的好评。

“华曙在 3D 打印行业的用户口碑、设备的打印效率、品质、稳定性和售后技术支持能力，都符合我们的需求。”张道表示，随着近年

来技术工艺不断成熟、市场需求持续升温，迅捷三维已将 SLS、SLM 技术作为业务新的增长点和突破点，自 2022 年以来，双方合作非常愉快，并且复购了 5 台华曙尼龙设备，目前累计拥有华曙高科 6 台尼龙设备和 2 台金属设备，以及 1 台高分子粉末管理系统 FS-PMS-02P。

### 品质为上，服务致胜，为客户提供价值

“拼低价是没有前途的，永远会有比你更便宜的产品出现，我们一定要靠自己的产品品质和优质服务去征服客户。”在迅捷三维副总经理、销售总监王真玮看来，以客户为中心，根据客户需求进行个性化定制服务是迅捷三维的一大优势。这种个性化定制服务能够提高产品的附加值，增加客户的黏性，为企业带来了更多的回头客。

王真玮介绍，“比如这个金属小型飞行器散热片，是我们小批量定制典型案例之一，客户对变形要求比较高，经过多次设计和工艺优化，最终实现 0.4mm 以内的薄壁要求。”





为更加精准地满足客户需求，迅捷三维成立技术攻关团队，深入了解客户对当前产品的加工、使用要求等，制订了专属的加工方案。并与华曙高科技术支持团队合作，进行多轮设备调试，探索最佳的工艺参数；攻克了薄壁件打印过程中容易变形等难题，保证了批量生产后工件性能及表面质量全部满足交付要求。



“首批产品交货后，客户非常满意，然后接二连三地追加订单，目前该产品批量生产已超过10000件。我们认为，回头客就是对我们服务质量的最佳证明。”王真玮说。

这样的客户还有很多，目前迅捷三维超过50%的订单都是回头客带来的。王真玮指出，客户需要放心、有保障的服务，价格并不是其最担忧的问题。迅捷三维坚守品质高地，拒绝卷入低价竞争的漩涡，在其他方面也花了不少力气。

比如，引入国内首批新一代数字振镜 SLS 高效解决方案 pFormics Plus 403P 系列，这是华曙高科面向手板行业推出的高效增材制造



SLS 高效解决方案 pFormics Plus 403P 系列设备

解决方案，其配备高精度三轴数字扫描振镜，生产效率比普通 SLS 设备提升超 30%，并能达到极高品质的表面效果。

比如，加强企业文化建设、将员工关怀放在重要位置，保持核心团队人员不流失，确保为客户持续提供稳定、优质的服务。

在加工服务市场竞争白热化的背景下，迅捷三维选择了一条更为稳健的发展道路，不低价竞争，不随波逐流，而是脚踏实地，每一步都走得坚实而有力。正如总经理张道所说，“我们内心始终有着一种使命感，要把最好的产品给客户，让对方知道，3D 打印批量件的品质就应该是这样的。”



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 设备“三代同堂”，服役超 10 年， 华曙高科首批用户深圳大业回访

国内从事尼龙 3D 打印的人大概没有不知道大业三维的，因为它是中国第一批进入尼龙服务的玩家！

## 首选华曙 10 年陪伴

2012 年，在国内 3D 打印服务正值起步之时，深圳市大业激光成型技术有限公司（简称“大业三维”）正式成立，公司定位于 3D 打印加工服务。

“大业刚成立的时候，国内只有做 SLA 和 FDM 技术的加工服务厂商，SLA 和 FDM 的产品精度和强度一般，只能用来做一些前期验证，而无法作为终端样件使用。我们判断尼龙 3D 打印应用是一个较大的市场，而 SLS 技术在机械性能上更胜一筹，所以决定进入尼龙 3D 打印市场。

“谈到大业成立之初的规划，苏州大业激光成型技术有限公司副总经理吴展名如是说。

2012 年，大业三维在做了详细市场调研后，从众多进口品牌中，选择了华曙高科，采购了第一台 SLS 设备 FS401P。



图中左 1、左 2 为大业三维购置的华曙第一代尼龙机 FS401P

“我们当年选择华曙高科，主要看中了它的两点优势：一是许小曙博士在 3D 打印行业内丰富的技术经验，二是华曙技术团队能与我们保持密切合作，共同开发创新性的工艺方案。后来也证明，华曙设备保持稳定运行，且操作便捷，能够满足我们的使用需求。”

——吴展名，苏州大业激光成型技术有限公司  
副总经理

如今，这台 FS401P 已在大业三维稳定地服役 10 年，助力大业三维成功开辟尼龙 3D 打印服务市场，并发展成为集 3D 打印设备研发、3D 打印产品设计，并专业提供 3D 打印服务于一体的综合性 3D 打印高新技术企业。

10 年的时间，似乎可以改变很多东西，但华曙高科的这台 FS401P 设备却依然“宝刀未老”，仍具备生产能力，并经常开机，在自己的工作岗位默默奉献。

## 三次复购 三代同堂

自 2012 年以来，大业三维高速发展，先后成立了苏州大业、北京大业，公司目前在深圳、苏州、北京、徐州等地建立了研发及服务基地。

“从客户需求的角度来看，SLS 加工服务正从生产外观件和结构件到生产功能件和直接零件的方向发展，拥有广泛的市场发展空间，单一设备已无法满足客户的需求，采购多台能够打印多样化材料和批量加工功能性样件的 3D 打



印设备是必然趋势。”吴展名副总经理表示。

加工服务行业区别于教育、材料研发等行业，客户不但重视设备稳定性和打印质量，对设备的打印效率、运行成本、安全与易用性、投资回报率等各个方面都尤其看重，并且加工服务厂家本身就对各类 3D 打印技术和各个品牌的厂商非常了解，对设备的前期调研也更加深入，这就对 3D 打印设备的所有性能指标，以及综合性价比提出了更高的要求。

正是基于对华曙高科设备的品质、投资回报率和华曙服务的高度认可，大业三维在 2013-2014 年间，增购了 2 台华曙高科 FS401P 设备，在 2015-2017 年间，增购了 2 台 402P 系列设备，在 2018-2020 年间，增购了 1 台 403P 系列设备。目前共保有 6 台华曙高科高分子 3D 打印设备，涵盖了华曙第一代到第三代的中型尼龙产品型号，月平均开机率达 28 天以上，有效满足了深圳、苏州、北京、徐州及全国打印服务订单需求。



苏州大业车间内正在运行的华曙高分子 3D 打印设备

## 笃定前行 走向批量

在谈到 SLS 加工服务市场的发展趋势时，吴展名副总经理说：“这两年 SLS 打印的订单量随着成本单价的降低，数量上有较大的增长。我们判断随着单价的继续走低，越来越多的小批量终端产品将使用尼龙材料生产。行业的前景在于批量生产，目前还属于样品到批量的过渡

阶段。需要在设备的打印速度、产品性能、设备价格、材料价格、软件的智能型、后期应用处理等方面共同提升，以加速量产时代的到来。”

而作为 3D 打印行业的领军企业，华曙高科也一直在紧跟市场的变化为客户不断提供更丰富的、具有更高效率、更高精度且更低成本的解决方案，通过创新和快速迭代，不断满足市场的苛刻需求，帮助用户降本增效，加速产业化进程。

目前，华曙在航空航天、模具、汽车、医疗、加工服务等行业的产业化用户遍布全国并经历了市场的验证，装机量不断增长。



大业三维加工的部分尼龙产品

正所谓“十年磨一剑”，华曙高科 403P 系列以 10 年之功，创造了中国 3D 打印品牌不朽的传奇。大业三维不仅见证了华曙高科高分子 3D 打印解决方案的持续升级和步步成长，更见证了华曙高科成为增材制造行业先驱和引领者的历程，对于这份信赖，亦可谓重如泰山。

未来，华曙高科与大业三维还将继续携手，共促 3D 打印产业化发展。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 贵州森远携手华曙高科 深耕白尼龙 3D 打印批量加工主赛道

贵州森远增材制造科技有限公司成立于 2015 年，隶属于贵州科学院冶金化工研究所，位于贵阳国家高新技术产业开发区，2019 年被认定为国家高新技术企业，拥有多个行业内领先的尼龙 3D 打印创新应用技术与服务经验，自 2017 年开始，贵州森远与华曙高科成功建立战略合作关系，目前共拥有华曙高科选择性激光烧结设备 10 台，装机数量位于全国前列，是目前国内最大的白尼龙选择性激光烧结制件生产企业之一。在华曙高科先进的 SLS 技术的助力下，其产品交付时间最快可以达到 24 小时，验收合格率超过 98%。



贵州森远车间内正在运行的华曙高分子 3D 打印设备

“华曙高科是国内尼龙领域的知名品牌，从设备、材料、服务等方面都非常注重产业化用户的实际诉求，比如打印效率、打印质量、使用成本、售后服务等方面非常契合我们的需求，华曙设备的工艺开源，给我们提供了一个很大的材料和工艺自由度，能够为客户提供更加个性化和更加优质的服务，这也是我们所看中的。”

后期贵州森远还会继续保持跟华曙高科深度合作，为客户提供更高效、更优质的增材制造加工、技术服务，帮助客户提高产品市场竞争力，促进产业内企业技术革新与转型升级。”

——贵州森远总经理，吴泽宏



作为专业的增材制造、3D 打印创新应用解决方案提供商，贵州森远重点面向制造业发展需求，提供增材制造技术咨询、产品数据处理、快速原型制造、终端零部件批量制造到产品后处理的全链条技术服务，为客户提供优质、高效的增材制造加工、技术服务，帮助客户提高产品市场竞争力，并实现数字化智能制造技术与相关产业的密切结合。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



## 江苏星创未： 9 台设备开机率超 95% 年产电动工具超 3000 套

坐落在江苏盐城的江苏星创未智能科技股份有限公司，持续深耕手板模型加工服务行业，现有加工设备数量 300 余台，检测设备 20 余台，生产实力雄厚，每年为超过 1000 家研发机构和富有创新能力的企业做快速制造服务，年制造零件数量超 10 万件。

2020 年底，星创未在行业内率先引入 2 台华曙高科高分子 3D 打印设备，随着业务范围和订单量的持续扩大，又于 2022 年复购 3 台高分子设备，2023 年复购 4 台高分子设备，其型号包含 403P 系列、Flight 403P 系列。目前已有华曙高科 9 台高分子 3D 打印设备。



图为江苏星创未 3D 打印车间一隅

如今，星创未的 3D 打印服务涵盖了多个领域，包括家电手板、机器人模型、园林工具手板、塑胶手板模型等，业务覆盖超 50 个国家和地区，海外市场占总销量 10%，为产品研发、产品小批量试产、特殊产品定制以及后期的

量产提供了“短平快、精简少”的便捷服务。从最早熟练使用 CNC 数控机床提供加工服务到成为国内使用 3D 打印技术的先行者，星创未一路走来，坚持与时俱进，不断敏锐捕捉、快速响应市场需求，在产业升级转型的潮流中把握机遇、勇立潮头。

### 手板加工行业的机遇与挑战

得益于技术创新和工业发展的推动，手板加工市场规模在过去几年中持续增长，这也让传统的手板加工行业面临着前所未有的挑战与机遇。星创未总经理闫国兵介绍，以前制作手板主要采用的设备是 CNC 等减材设备，很多工艺环节需要手工进行处理，随着客户对手板强度、发货时间等提出了更高要求，行业竞争日趋激烈，3D 打印设备成为了手板厂新的选择。

“2020 年星创未开始引入华曙高科高分子解决方案，为客户提供尼龙件打印服务，装机以来订单一直很饱和，且呈现上升趋势，后又持续购入华曙高分子 3D 打印设备，目前已有 9 台华曙设备。与此同时，我们不断提升打印精度、速度和材料利用率，以满足客户对复杂结构和高精度零件的需求。与 CO 激光器设备相比，Flight 403P 设备配备光纤激光器，具备超高生产效率，且部分特殊工件的极限薄壁可达 0.3mm，我们最快能做到前

一天下单，第二天发货，客户对生产效率和工件品质的满意度大大提升。”闫总表示。

### 3D 打印电动工具每年超 3000 套

园林电动工具手板是星创未 3D 打印批量生产的典型案例之一。



闫总介绍，通过尼龙 3D 打印技术，园林工具可以根据使用者的具体需求进行个性化定制。例如，可以根据使用者的手型、使用习惯或特定作业需求来定制工具的形状、尺寸和材质，提高使用的舒适度和效率。与此同时，还可进行快速原型制作与迭代，大大缩短了产品开发周期，加速新产品上市时间。

“对于小批量或定制化的园林工具生产，传统制造技术需要开模、铸造等复杂工艺，成本较高；而 3D 打印技术可以直接从数字模型打印出成品，无需开模等额外成本，且可作为终端件直接使用。目前我们每年可做三千多套，订单金额超百万元，其应用效果可媲美注塑件。”闫总表示。

当谈到使用华曙设备的感受时，闫总说：“星创未对设备要求很高，需要具有较高的生产一致性和稳定性，其成形精度、质量、效率要达到日常生产的要求。我们是 24 小时开机作业，每个月开机率达到 95% 以上，从使用情况来看，华曙设备很稳定，打印品质也获得了客户的认可。另外，华曙本地化、专业化的技术支持与售后服务也能及时响应我们的生产需求，双方合作非常愉快。”



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华曙高科双激光 Flight 技术 助力汇联智通大幅提升生产力

佛山汇联智通打印科技有限公司是一家专业从事 3D 打印服务的高新科技企业，也是华曙高科合作多年的老客户。目前，汇联智通拥有数十台先进的 3D 打印设备，其中包括 4 台华曙高科高分子 3D 打印设备 FS402P，1 台 Flight SS403P 双激光设备，其规模在行业内处于领先水平。



汇联智通车间内正在运行的 Flight SS403P

汇联智通创始人姚齐介绍，3D 打印手板可以帮助客户降低生产成本和缩短产品上市的时间，当前 3D 打印技术已经广泛渗透应用于手板的生产制造。随着客户对应用的深入理解，对打印件的力学性能、抗疲劳性能、恶劣环境的耐受性能，以及订单交付时间等提出了更加苛刻的要求，“Flight SS403P 双激

光解决方案帮助我们加快了订单交付时间，以往打印一缸工件需要 1 天，现在仅需要半天，生产效率提升了 2 倍。引入华曙 Flight SS403P 双激光解决方案，正是为汇联智通在未来能更好地适应市场变化和发展奠定坚实的技术基础。”

姚总深知，“工欲善其事，必先利其器”，故而多年来在设备投入上格外注重。从 2015 年入手华曙高科 FS402P，再到 2021 年引进 Flight SS403P 双激光设备，汇联智通不仅见证了华曙高科高分子 3D 打印解决方案的持续升级和步步成长，更见证了华曙高科成为增材制造行业先驱和引领者的历程，对于汇联智通的这份信赖，亦可谓重如泰山。

未来，华曙高科与汇联智通还将继续携手，共促 3D 打印手板行业产业化发展。



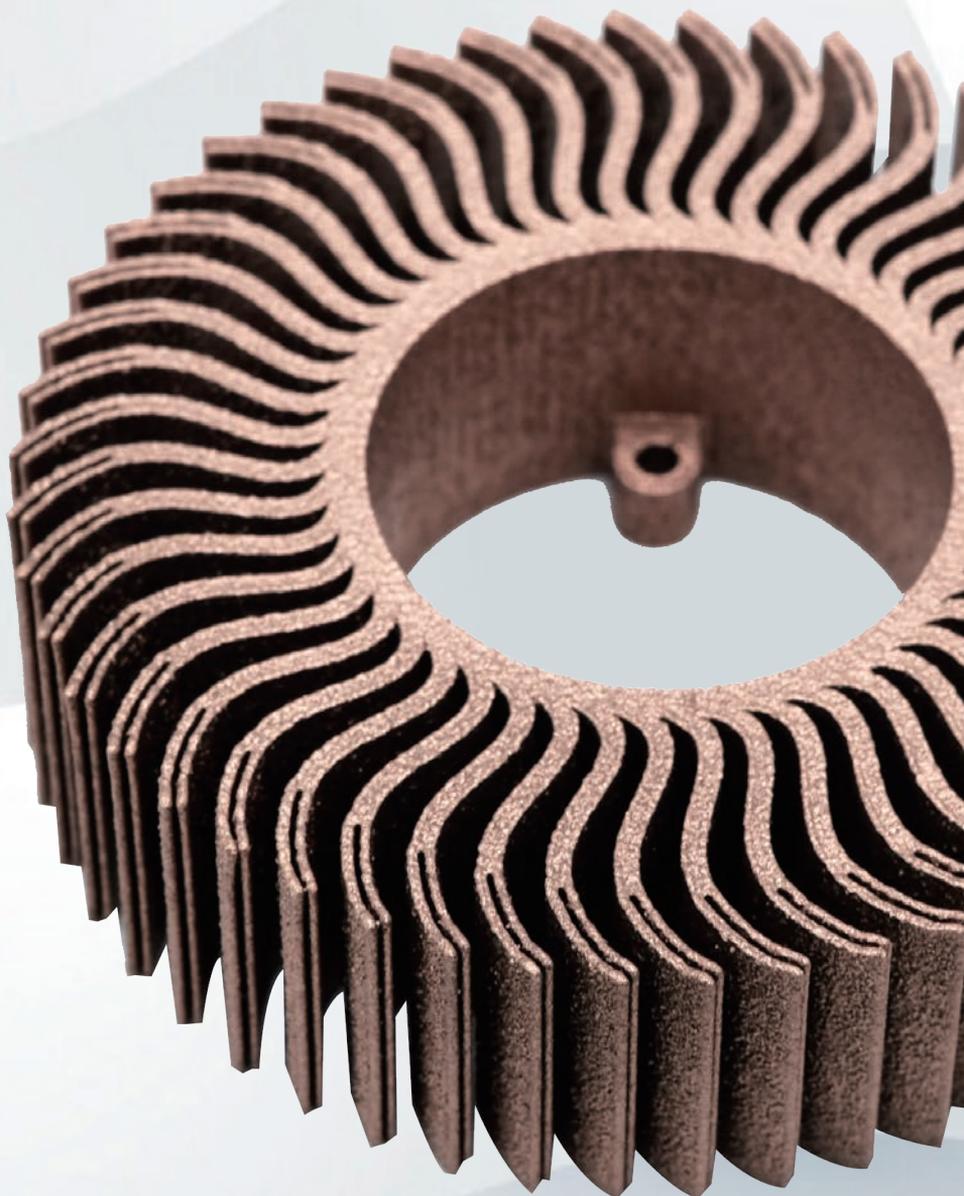
立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 教育 & 科研

Research & Institution

3D 打印可以帮助教育科研机构开展 3D 打印的课题研究和教育培训工作，同时，也可以进行 3D 打印新设备、材料的研发和创新。



# 清华大学赵沧副教授课题组引进 华曙高科 FS191M 开展增材制造前沿研究

2024 年，华曙高科针对高校科研及产业化工业用户需求，发布紧凑型、多场景金属增材制造系统 FS191M，其以丰富功能、开源系统及多场景适配能力为核心优势，精准覆盖新材料研发、工艺验证及小批量试制等；同年年底，清华大学机械工程系正式引入 FS191M，成为国内首家部署该设备的顶尖高校。这一合作标志着国产高端装备为高校科研深度赋能，为“产学研用”协同创新树立了标杆。



清华大学机械工程系赵沧副教授，专注于金属激光增材制造原位监测及成形理论，作为主要完成人设计建设了国际上第一个金属增材制造同步辐射 X 射线原位实时监测平台，并深入研究了激光增材制造中匙孔形貌演化、熔融液滴飞溅、匙孔气泡缺陷、激光熔化模式等基础问题。代表性论文（第一或通讯作者）发表在《科学》（Science，2 篇，含中国增材制造领域以第一完成单位、第一通讯单位发表的首篇）、《现代物理评论》（Reviews of Modern Physics，国际增材制造领域首篇，且为清华大学以第一完成单位、唯一通讯单位发表的首篇）、《物理评论 X》（Physical Review X）、《科学通报》（中文）等国内外学术期刊上。

这些研究成果对增材制造微缺陷抑制、微结构调控、长寿命设计具有重要指导意义。

目前，赵沧副教授课题组采用华曙高科 FS191M 设备，主要进行定制成分合金小批量打印测试、结合可见光 / 近红外相机进行打印过程质量评判、使用自主设计的功能模块进行打印过程监测。

FS191M 的设计充分考虑了高校科研场景的特殊需求，其高度的灵活性和强大的可扩展性获得该课题组肯定。



FS191M 配备  $\phi 191\text{mm} \times 220\text{mm}$  成形平台，课题组选配了  $\phi 78\text{mm} \times 80\text{mm}$  高温小平台，赵沧副教授课题组成员——杨源祺博士介绍：“对于高校用户，小缸的配置在节约原材料方面具有明显的优势。设备现有的小缸设计留有一定的空间，便于我们在此基础上进行设计优化和创新开发，从而实现更丰富的功能。小缸设计和大缸行程一致，断电重启能接续打印，小缸模块能够整体拆卸，便于清粉操作。”

与此同时，FS191M 设备开源系统赋予了科研团队极大自由度。杨源祺博士表示：“设备的参数开源设计为我们提供了高度自主的工艺调试空间。与此同时，基于开源架构开发的信号接口协议，实现了设备运行状态的实时反馈，为材料研发提供了高精度数据支撑。”

秉承“持续创新助力增材制造产业化”理念，截止目前，华曙高科已与美国路易斯维尔大学、美国田纳西大学、捷克国家物理研究院、德国图林根纺织与塑料研究所、香港城市大学、新

加坡南洋理工大学、韩国庆北大学、中南大学、四川大学等全球近 100 家知名科研院校合作，提供了以设备为中心的金属、高分子增材制造全套解决方案，助力科研教育事业创造更大的价值和效益。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 德国科研机构 NMB 引进 Flight® HT601P-4 设备 加速高分子增材制造量产

德国，拜罗伊特和辛德芬根——专注于新材料和工艺创新的德国科研机构 Neue Materialien Bayreuth GmbH (NMB) 携手工业级高分子和金属激光烧结系统供应商华曙欧洲，在双方合作中达成新里程碑：Flight® HT601P-4 系统已在 NMB 位于拜罗伊特的基地成功完成安装与调试。

这款先进的高分子增材制造平台即将迈入下一阶段——批量生产验证，为高分子增材制造的工业级量产应用奠定重要基础。



NMB 安装的 Flight® HT601P-4 设备。图片来源：NMB 和华曙高科

## 工业级高分子增材制造的新阶段

在过去几年里，NMB 和华曙高科一直紧密合作，开发并优化用于批量生产的高分子增材制造的完整工作流程。此次合作在系统集成、流程自动化以及材料认证方面取得了突破性进展，为可扩展、高性价比的高分子增材制造树

立了新标准。新安装的 Flight® HT601P-4 设备将成为下一阶段的核心支柱，助力在真实工业环境下对批量化生产流程开展严格验证。



### Flight® HT601P-4 的优势包括：

- 大尺寸：成形尺寸 600×600×600mm，实现高效率生产和真正的批量生产；
- 高温加工能力：最高可达 220 °C，支持 PA6 等高性能材料的打印；
- 全数字化过程控制：实时监控、数据记录、确保生产批次一致性；
- 智能粉末管理：自动化和高效操作，降低单个零件成本。

华曙高科 Flight® HT601P-4 设备的安装，标志着 NMB 验证高分子增材制造在工业量产中的应用迈出了重要一步。该设备使我们能够弥合新材料研发与可扩展的自动化生产之间的差距，这对我们的合作伙伴和行业客户来说是一个关键的推动因素。

——Nico Geis, NMB 技术转化专家，高分子增材制造负责人

看到与 NMB 的合作迈入真实工业应用阶段，我们深感自豪。Flight® HT601P-4 系统兼具高产能与材料灵活性，这与 NMB 加速高分子增材制造批量化生产创新的使命高度契合。

——Leon Xu，华曙欧洲高级技术销售经理

## 关于 Neue Materialien Bayreuth GmbH (NMB)

Neue Materialien Bayreuth GmbH 是一家位于德国拜罗伊特的非高校科研机构，专注于

高分子、金属和复合材料的新材料开发以及节能工艺的开发。凭借在轻量化设计和先进制造方面的深厚专业知识，NMB 通过应用研发项目将科研与工业紧密相连。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



## 中科院固体物理研究所 高性能特种钢材增材制造工艺获得突破

中国科学院合肥物质科学研究院固体物理研究所（简称固体所），依托华曙高科金属增材制造系统 FS273M 系列，在高性能特种钢材的增材制造领域取得重要进展——成功攻克了高锰系奥氏体钢在激光粉末床熔融（LPBF）过程中的非平衡凝固难题，实现了高致密度的 Fe-Mn-Al-Si 系及 Fe-Mn-C 系 LPBF 基体及点阵材料制备，为航空航天等领域的轻量化与承载-吸能一体化设计提供了关键材料支撑。

相关成果以《Microstructures and mechanical properties of additively manufactured Fe-30Mn-3Al-3Si TWIP steel using laser powder bed fusion》和《Microstructures and mechanical properties of additively manufactured Fe-21Mn-0.6 C TWIP steel using laser powder bed fusion》为题，发表在 Materials Science and Engineering: A 和 Journal of Materials Research and Technology 期刊上，署名作者均为 Youyun Chen, Wengang Zhai, Juhua Liang, Modi Zhao, Fusheng Han。



图为采用 LPBF 制备的高锰奥氏体钢点阵及块体

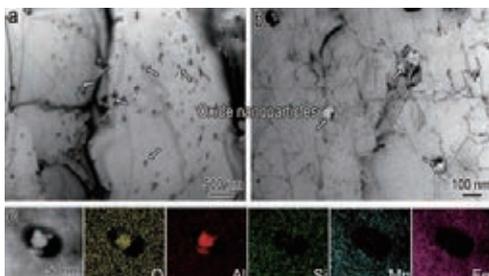
自 2023 年至今，FS273M 系列设备运行稳定、一致性高，为项目提供了多场景、多维度的测试数据及打印支持。



中国科学院合肥物质科学研究院固体物理研究所，由国际著名物理学家、中国科学院院士葛庭燧先生于 1982 年创建。葛庭燧先生发明了“葛氏扭摆”，揭示了晶粒间界内耗峰（葛氏峰）的微观机制，带领固体所在内耗与固体缺陷研究领域取得了卓越成就，确立了我国在非线弹性滞弹性学科的国际领先地位。

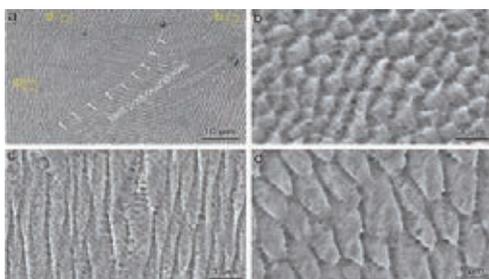
近期，固体所面向国家重大需求，基于固体缺陷研究机理以及晶体组织调控方法，开发出系列高性能金属材料，为我国空天极端环境用关键材料研发提供了重要支持。

在高锰奥氏体钢缓冲部件成功应用于探月 / 火任务后，本研究系统考察了高锰钢 LPBF 过程中熔池内晶粒生长、纳米富铝氧化物颗粒的强化与细化作用、固溶元素及亚结构的强化效应等。



图为 Fe-Mn-Al-Si 系 LPBF 基体中发现的大量纳米级富铝氧化物颗粒

其中，在 Fe-Mn-Al-Si 系非平衡凝固组织中发现了大量纳米级富铝氧化物颗粒，这些原位形成的富铝氧化物颗粒（约 30nm）均匀的分布在基体中，极大细化了 Fe-Mn-Al-Si 系奥氏体钢晶粒，平均晶粒尺寸为 5.4 $\mu\text{m}$ ，仅为同成分锻造态样品晶粒尺寸的十分之一。高密度位错、纳米氧化物析出相以及超细晶粒共同促使 LPBF 样品屈服强度大幅提升，达到锻造态材料的 2.2 倍，各强化因素对强度的理论贡献量分别为：位错强化约 114.7 MPa，析出强化约 140.9 MPa，细晶强化约 289.7 MPa。纳米级富铝氧化物对奥氏体基体强化以及 LPBF 奥氏体合金成分设计提供了新思路。



图为 Fe-Mn-C 系 LPBF 样品中的非平衡凝固亚结

与 Fe-Mn-Al-Si 系相比，Fe-Mn-C 系 LPBF 样品表现出更高的强度和韧性，其中屈服强度为

657  $\pm$  5 MPa，断裂强度为 1089  $\pm$  12 MPa，延伸率为 47.9  $\pm$  1.4%。显微组织表征及强韧化机制分析表明，更高的屈服强度主要源于碳锰元素的固溶强化约 131.1 MPa，激光熔融热循环与快速凝固导致的细晶强化约 247.1 MPa，以及间隙元素碳引发的强烈位错强化约 261.4 MPa。碳元素的增加也导致 Fe-Mn-C 系 TWIP 钢 LPBF 样品在变形过程中展现出显著的间隙原子与位错、孪晶等强烈交互作用，表现为应力应变曲线上的锯齿状流变应力。



图为中国科学院内正在运行的 FS273M

华曙高科 FS273M 系列是面向生产型用户的高效成熟金属增材制造系统，其搭载多激光配置与光束整形技术，可打印不锈钢、钛合金、高温合金、铜合金等多种成形材料，满足从科研试制到小批量生产的多场景需求。其工艺参数开源，能助力更多新材料研发，已成为国内外科研院所与企业创新研发的得力助手。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华曙高科首批金属用户中南大学回访 攻克多项难熔金属材料增材制造工艺

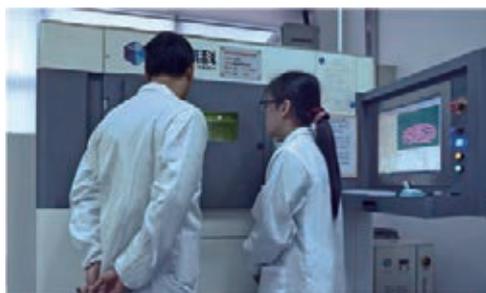
中南大学粉末冶金国家重点实验室于 1989 年经国家计委批准依托于中南大学进行建设，1995 年通过国家验收并正式对外开放运行。实验室立足于服务国家重大战略和经济建设对新材料的重大需求，为我国重点战略提供了上百种特种粉末冶金材料，是我国粉末冶金高层次科研、人才培养与合作交流的综合基地。



2015 年，华曙高科发布了首款金属增材制造设备——FS271M，基于前沿增材制造新材料的研究需求，中南大学粉末冶金国家重点实验室引入了华曙高科首台 FS271M 设备，进行了铝合金、钛合金、难熔金属合金等多种金属材料研发，其性能优异，在国际上处于先进水平，承担了国家重点研发计划、国家自然科学基金等国家项目 10 余项，发表增材制造相关的学术论文 80 余篇，在新材料科研领域取得突破性进展。

## 第 1 台开源金属设备落户中南大学

2015 年，中南大学粉末冶金国家重点实验室引入华曙高科首台金属增材制造设备 FS271M，用于新材料研发项目。



陈超教授（图左）在 FS271M 设备前与学生讨论新材料研发项目

7 年来，始终稳定运行的 FS271M 设备成为中南大学粉末冶金国家重点实验室科研攻关、新材料研发的“坚实后盾”——

首先，FS271M 开源参数可灵活调整，充分满足了研发人员在研发过程中根据打印实况多次调整分层厚度、激光功率等参数的需求；

其次，FS271M 高稳定性确保了在多批次重复打印时成形样件综合性能的一致性，使新材料在强度、屈服度、塑性、光滑度等方面达到需求，最大程度确保了实验数据的准确性；

第三，其光斑大小可调整，具备的精细小光斑契合了科研人员对于成形精细度的要求。

与此同时，本地化售后服务和专业培训，以及华曙高科创始人、董事长许小曙博士在增材制造领域深厚的技术沉淀，都让中南大学粉末冶金国家重点实验室对与华曙高科的合作充满信心。

## 7 年结出丰硕科研成果

一直以来，铝合金、钛合金等轻合金材料以其质轻、高比强、抗腐蚀等优异性能，广泛应用于航空航天、轨道交通、汽车等领域的轻量化结构。但实际应用于增材制造的合金种类非常少，难以满足承重、耐热等复杂服役环境对合金构件的迫切需求。因此，亟需开发兼具良好成形性与强韧性的增材制造合金。

中南大学粉末冶金国家重点实验室陈超教授团队，在 FS271M 设备上开展了一系列研究工作，在开发增材制造高强耐热合金材料难熔金属材料方面取得重要进展——研发的铝合金、钛合金、难熔金属合金等多种金属材料性能优异，在国际上处于先进水平，并承担了国家重点研发计划、国家自然科学基金等国家项目 10 余项，发表增材制造相关的学术论文 80 余篇。



中南大学粉末冶金国家重点实验室与湖南湘电动力有限公司，在 FS271M 设备上联合研发一体成型铝合金大热流密度电机壳体。

## 金属增材制造系统 FS273M 发布

2020 年，华曙高科发布了 FS271M 全面升级换代产品——FS273M，它承袭了 FS271M 的开源和优良品质，增加了双激光配置，并专为科



研用户开发了大小缸配置。其中小缸进行材料开发，大缸进行零件试制，左右激光光斑一大一小，光斑尺寸连续可调，不仅能帮助科研用户降低使用成本，还能达到最佳打印效果。

“随着近年来技术发展，3D 打印已经成为了一种不可缺少的材料加工方法，今后我们仍然有许多研发工作值得去探索：一方面要开发适合 3D 打印的材料体系，根据 3D 打印技术特点去调整材料成分，使其更适合 3D 打印并获得更优异的性能；另一方面，多材料 3D 打印、梯度 3D 打印都是未来发展的大趋势。”谈及下一步研发方向，陈超教授表示。

未来，华曙高科将继续与中南大学粉末冶金国家重点实验室等高校科研用户精诚合作，支持全球高校科研用户在新材料研发等领域不断深入研究，充分发挥金属增材制造技术优势，提供更多技术支持，助力开发更多具有参考价值的研究成果。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 华曙高科 3D 打印助

# 哈尔滨工业大学新型材料研发取得多项成果

哈尔滨工业大学机电工程学院是哈工大历史最悠久的院系之一，其发展过程中创造了许多中国第一：如我国第一台弧焊机器人和第一台点焊机器人、第一台数控超精密加工机床、第一台空间在轨维护机器人等，是全国首批硕士点（1981）和博士点（1986）学科、首批（1987）博士后流动站、首批（1998）一级学科博士学位授权点单位，双一流学科，2007 年被评为国家首批一级重点学科，学院机械工程学科在全国第四轮学科评估中获评 A+ 档。



华曙高科金属 3D 打印系统 FS271M 在哈尔滨工业大学机电工程学院稳定运行多年。

近年来，哈工大机电工程学院采用华曙高科开源金属增材制造解决方案 FS271M，聚焦国家重大需求，立足航天、服务国防、面向国民经济主战场，开展了一系列科研工作，其中包括：增材制造及精密加工技术研究、新

型高强铝制造技术研究、新型高强铝纳米复合材料先进模拟与成型技术研究等，解决了尖端、精密部件国外垄断难题。

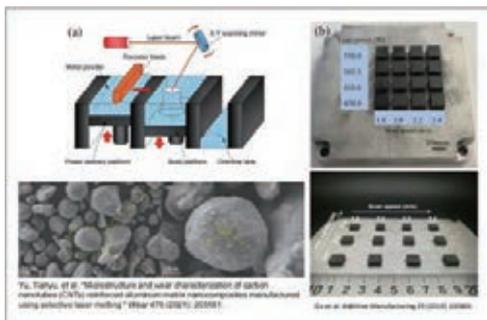
与此同时，哈工大机电工程学院博士生导师于天宇教授入选国家高层次人才青年项目，在增材制造领域主持过自然青年，科技部外专项目，留学基金委加拿大高层次人才培养项目 10 余项，并发表高水平 SCI 论文 30 余篇，1 区 Top16 篇。

对研发型用户而言，可成形材料范围、工艺参数丰富性和开放性、关键参数的实时监控、设备稳定性等都是其重点考虑的因素。2015 年，华曙高科推出了开源金属增材制造系统 FS271M，该设备在海内外航空航天、汽车、医疗、模具、教育等行业的单一机型装机量超 100 台，其参数开源、人机友好、操作便捷、高效成熟等优势获得了产业化用户的一致好评。

于天宇教授表示：“在双一流学科经费支持下，我们通过广泛市场调研，配置了华曙高科金属 3D 打印设备 FS271M，它参数开源，运行稳定，激光功率可达 450W，打印的点阵结构工件品质稳定，比强度优异，为我们的科研工作提供了强有力的支持。”

随着航空航天、汽车工业的高速发展，产品复杂化、个性化趋势明显，传统制造方法很难满足航空航天中晶格、内流道等复杂形状模型的制造需求，新型复合材料亟待向着更

高设计制造自由度的方向发展。而金属增材制造技术适合复杂结构的快速制造，能实现个性化定制、缩短制造周期，以及航空航天领域高附加值产品的制造。



基于华曙高科金属 3D 打印技术的 SLM 多壁碳纳米管增强 AlSi10Mg 研究

2020 年，华曙高科发布了 FS271M 全面升级换代产品——FS273M，它承袭了 FS271M 的开源和优良品质，增加了双激光配置，并专为科研用户开发了大小缸配置，小缸进行材

料开发，大缸进行零件试制，左右激光光斑一大一小，光斑尺寸连续可调，不仅能帮助科研用户降低使用成本，还能达到最佳打印效果，获得科研用户认可好评。

秉承“持续创新助力增材制造产业化”理念，华曙高科已与美国路易斯维尔大学、美国田纳西大学、捷克国家物理研究院、德国图林根纺织与塑料研究所、香港城市大学、新加坡南洋理工大学、韩国庆北大学、清华大学、中南大学、四川大学等全球近 100 家知名科研院校合作，为科研院校开展科学研究提供坚实技术与设备支撑，成为推动全球教育科研领域增材制造技术发展的关键力量。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



## 华曙高科助力沈阳航空航天大学孟庆实团队发表 聚酰胺 / 石墨烯纳米复合材料制备新成果

沈阳航空航天大学孟庆实教授团队在聚酰胺 / 石墨烯纳米复合材料制备项目中取得创新成果，采用华曙高科 SLS 解决方案成功制备出具有优异机械性能和功能性的 PA/GnP 复合粉末材料，其打印零件的杨氏模量和抗拉强度分别提高了 59% 和 18%。

该项研究成果以“Mechanical and functional properties of polyamide/graphene nanocomposite prepared by chemicals free-approach and selective laser sintering”为题，发表于国际学术期刊《Composites Communications》上。

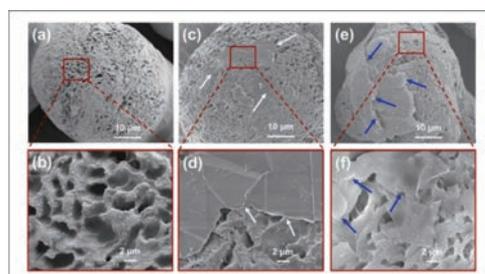


论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.coco.2022.101396>

孟庆实教授团队研究结果表明——具有 3 纳米厚度的石墨烯薄片（GnPs）通过静电法成功涂覆于聚酰胺（PA）粉末，用于选择性激光烧结（SLS）工艺。研究表明，在 SLS 工艺烧结之前，GnPs 与 PA 粉末的附着和分散质量对 SLS 生产的零件性能起着关键作用。

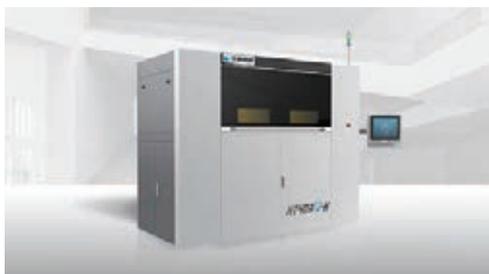
通过对 PA 粉末的 SEM 分析表明，当 GnPs 含量低于 0.2 wt% 时，对 PA 粉末具有良好的附着性和较强的粘结性，这一点在 PA/GnP 复合粉末材料 SLS 打印零件的机械性能和功能性能上得到了高度体现。例如，仅添加 0.1 wt% 的 GnPs 时，PA/GnP 复合粉末材料打印零件的杨氏模量和抗拉强度分别提高了 59% 和 18%。

此外，利用 Chaboche 运动硬化和机械损伤定律开发了数值模型，该数值模型不仅能够高精度地预测 3D 打印 PA 复合材料的变形行为，而且可以预测其在机械载荷后形成的断裂区域。此外，当 GnPs 含量为 0.2 wt% 时，电导率的渗流阈值被标记出来。



结果表明，随着 GnPs 的添加，SLS 打印 PA 零件的热稳定性也随之增加；当 GnPs 含量为 1 wt% 时，Tonset 和 Tmax 分别增加了 7.2 °C 和 21.1 °C。在相同的 GnPs 含量下，纯 PA 的导热系数从 0.19 W/m · k 提高到 0.41 W/m · k。

华曙高科为该项研究提供了设备及材料支持，研究人员采用华曙高科自主研发的 403P 系列设备及 FS3300PA 材料进行制备试样。



403P 系列设备具有深度开源、材料适应广、打印质量高等优势，其主要参数面向用户开放，适合科研培训与新材料的研发应用；对于材料适用性强，打印成功率高；采用动态聚焦技术，并配置华曙多区独立温控专利技术，热场十分

均匀稳定，温差严格控制在  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  内，确保工件表面质量及性能一致，能满足科研项目需求。

目前，华曙高科已与美国路易斯维尔大学、美国田纳西大学、捷克国家物理研究院、德国图林根纺织与塑料研究所、香港城市大学、新加坡南洋理工大学、韩国庆北大学、中南大学、四川大学等全球近百家知名科研院校合作，为增材制造领域重大科研成果落地开花结果提供了坚实保障，共同推动 3D 打印创新。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)



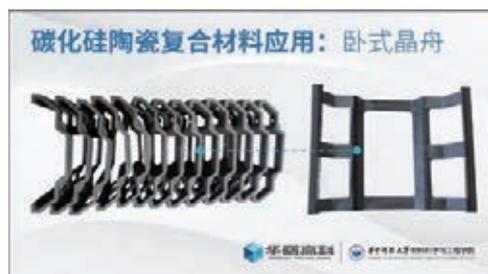
## 华中科大李晨辉教授： 碳化硅基陶瓷复合材料 SLS 工艺 取得重大突破

近年来，航空航天制造领域对材料的要求不断提升。碳化硅（SiC）基陶瓷复合材料（CMC）因具有高比强、耐高温、低膨胀等众多优点，被广泛应用于航空航天、光伏电子、半导体等国家重大战略装备、核心支柱产业。

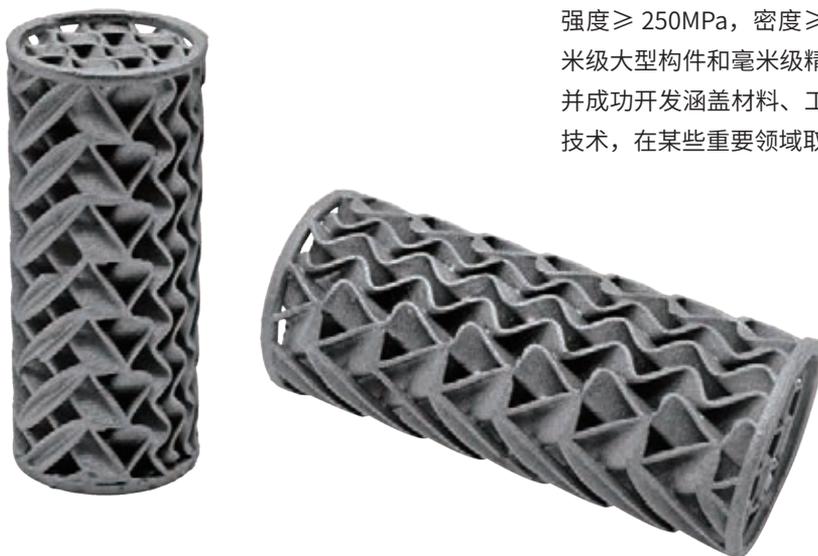
但 CMC-SiC 属于高硬度、高脆性且各向异性的难加工新型材料，传统制造工艺存在复杂构件成形难、废品率高、工序长、成本高等诸多问题，复杂结构难以甚至无法制造，严重制约了其在高新技术领域的发展步伐。

华中科技大学材料科学与工程学院史玉升教授团队专注于增材制造材料、设备、工艺及软件的系统化研究。该团队的李晨辉教授从事陶瓷

材料研究 20 余年，自 2013 年开始聚焦于 3D 打印陶瓷材料的制备、成形、烧结全流程技术的开发、研究与技术服务。目前，李晨辉教授采用 SLS 增材制造 + 反应熔渗方法，在华曙高科 403P 系列设备上成功实现复杂碳化硅陶瓷零件打印和后续烧结工艺，取得重大突破。

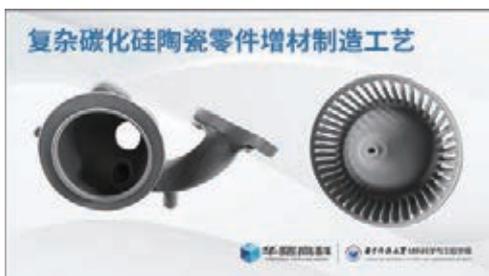


3D 打印碳化硅基陶瓷材料可以稳定做到抗弯强度  $\geq 250\text{MPa}$ ，密度  $\geq 2.95\text{g/cm}^3$ ，可实现米级大型构件和毫米级精细结构的增材制造，并成功开发涵盖材料、工艺、后处理全套工艺技术，在某些重要领域取得实质性应用。

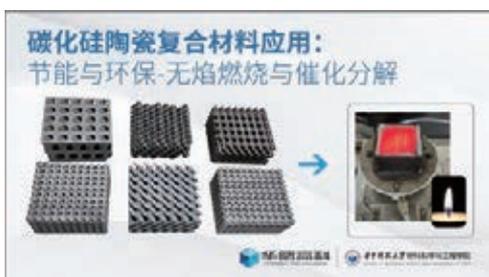


### 3D 打印碳化硅陶瓷典型应用

随着光伏电子、半导体行业的崛起，科技的发展对芯片的需求量日益剧增。李晨辉教授等人采用华曙 SLS 设备，可直接成形大跨距、小杆径等复杂精细结构 SiC 陶瓷构件，成形尺寸精度高（变形小于 1%），满足半导体等领域对 SiC 构件高纯度要求，且纯度最高可达 99.95%。



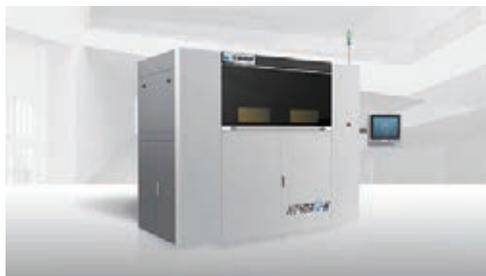
在节能环保领域，SiC 陶瓷构件可实现无焰充分燃烧，节约能源并减少排放，负载催化剂会大幅降低污染物分解温度，在低热值气体利用、废气处理和垃圾焚烧等领域有很大的应用前景。



### 华曙高科 SLS 解决方案优势

作为工业级 3D 打印领航企业，华曙高科充分发挥自身在金属、高分子增材制造领域的技术优势，提供涵盖设备、材料、工艺、技术支持于一体的全产业链解决方案，助力高校科研用户在新材料、新应用等领域不断深入探索，不

断实现碳化硅陶瓷等新型材料在不同应用领域的创新突破。



**材料范围广：**对于材料适用性强，打印成功率高。

**多区温控专利技术：**403P 系列设备采用动态聚焦技术，同时配置华曙独创多区独立温控专利技术，热场十分均匀稳定，温差严格控制在  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  以内，确保碳化硅基陶瓷材料烧结过程的稳定性和均匀性。

**深度开源：**主要的温场和能量参数开放用户，适合科研培训和新材料的研发应用。

碳化硅陶瓷制备技术的高速发展，使得其性能不断提高，这将进一步推动碳化硅市场的发展。3D 打印技术作为高端装备制造领域的重要技术手段，始终致力于解决传统制造工艺提出的挑战，在实现陶瓷材料无模成形、缩减产品设计周期、精细陶瓷微结构等方面发挥着极其重要的作用。华曙高科也将持续技术创新，助力科研事业创造更大的价值和效益。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 南理工汤海斌课题组

# 突破多项 PEEK 复合材料增材制造关键工艺

自 2024 年起，南京理工大学智能制造学院汤海斌课题组，依托华曙高科自主研发的开源超高温高分子增材制造设备 UT252P，在高性能聚合物材料增材制造领域持续深耕，取得多项重要科研进展。值得一提的是，这套设备自投入使用尚不足两年，已高效助力课题组在该领域相继突破多项关键技术瓶颈，展现出国产高端增材制造装备对前沿研究的高效赋能。



图为南京理工大学内正在运行的高分子增材制造设备 UT252P

聚醚醚酮（PEEK）是一种高性能工程塑料，因其卓越的机械性能、耐极端温度的持久性以及抗辐射特性，被广泛应用于航空航天、医疗器械等领域。与传统的聚合物材料相比，PEEK 材料在承载能力和环境适应性方面具有显著优势。然而，PEEK 的加工难度较大，尤其是在选择性激光烧结（SLS）过程中，面临着粉末流动性差、界面粘结不良等问题，这给高性能复合材料的制备带来了挑战。

汤海斌课题组持续深化研究，围绕高性能 PEEK 复合材料增材制造的关键工艺与技术问题展开攻关，陆续取得多项重要成果。

### 成果一：SLS 技术打印碳纤维增强 PEEK 复合材料获突破

2024 年初，汤海斌课题组以《Effect of fabrication process on the microstructure and mechanical performance of carbon fiber reinforced PEEK composites via selective laser sintering》为题，在国际著名期刊《Composites Science and Technology》发表了首项相关研究成果，署名作者为 Shuxiang Zhang, Haibin Tang, Danna Tang, Tingting Liu, Wenhe Liao。



此项研究成果表明：采用选择性激光烧结（SLS）技术打印碳纤维增强 PEEK（CF/PEEK）复合材料，生产具有优异机械性能的高分子部件，是一项非常有前景的技术。

为了进一步提高采用 SLS 技术打印 CF/PEEK 复合材料的性能，汤海斌课题组开发了 CF/PEEK 复合粉末材料，并开发出不同的打印工艺参数，研究了激光功率、层厚、铺粉速度、碳纤维重量分数、微观结构下的碳纤维长度、铺粉方向对制件的机械性能的影响。研究成果表明：在采用 0.08 mm 层厚的工艺参数下，破坏强度高达 117 MPa。

## 成果二：高性能碳纤维增强 PEEK 复合材料的 LPBF 工艺设计与正交各向异性行为分析

2025 年 9 月，复合材料顶刊《Composites Part A: Applied Science and Manufacturing》发表了汤海斌课题组的研究成果《Laser powder bed fusion of high-performance carbon fiber reinforced PEEK composites: Process design and orthotropic behavior analysis》。该研究系统研究了碳纤维增强 PEEK 复合材料的 LPBF 工艺设计、力学行为及本构模型，为高性能复合材料的增材制造提供了重要的理论和实验基础。

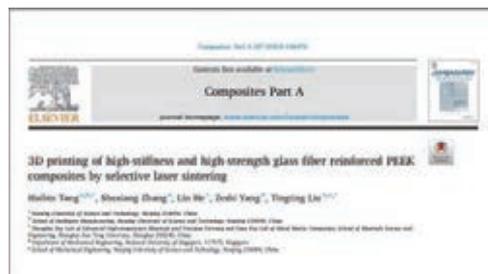


文章介绍了 LPBF 技术在高性能和高精度零部件制造中的重要性，以及 PEEK 基复合材料作为关键材料的优势。研究了其工艺参数优化、纳米级 SiO<sub>2</sub> 流化剂含量对粉末流动性和机械性能的影响。通过优化工艺参数，研究团队成功 3D 打印出具有 142 MPa 极限抗拉强度和 11.3 GPa 模量的 LPBF-CF/PEEK 复合材料。

## 成果三：玻璃纤维增强 PEEK 复合材料 SLS 研究新进展

2024 年 10 月，汤海斌课题组联合上海交通大学及新加坡国立大学，依托华曙高科 UT252P 超高温高分子增材制造设备，在玻璃纤维增强 PEEK 复合材料的 SLS 技术领域取得重大突破。研究团队设计了一种新型玻璃纤维 /PEEK 混合粉末体系，通过预热和表面处理玻璃纤维（采用 KH550 硅烷偶联剂和磺化 PEEK 改性），显著提升了纤维与基体的界面结合强度。

同时，引入纳米级 SiO<sub>2</sub> 流动剂（重量分数 0.5%）优化粉末流动性，解决了 SLS 过程中粉末流动性差和界面粘结不良的挑战。这一创新方法不仅确保了高质量的 3D 打印效果，还为高性能复合材料的制备提供了新思路，相关成果发表于国际顶刊《Composites Part A》。



通过优化 SLS 工艺参数（包括激光功率 10.8W、扫描速度 3000mm/s、层厚 0.08mm），团队成功实现了 30% 纤维重量比下的复合材料制造。测试结果显示，材料平均拉伸强度达 100MPa、弹性模量约 7GPa，并展现出优异的电绝缘性能和力学特性。扫描电子显微镜（SEM）分析进一步证实，改性后复合材料的界面粘结性显著提升，玻璃纤维拔出表面粗糙度改善，断裂形态更均匀。

该研究不仅推动了 PEEK 复合材料在航天结构件的应用，还通过揭示界面结合机制与工艺 -



性能关联，为未来高性能聚合物材料的开发奠定了理论和实验基础。

## 成果四：玻璃纤维增强 PEEK 复合材料太空热变形力学研究获突破

2025 年 1 月，汤海斌课题组针对激光粉末床熔融（L-PBF）成型的玻璃纤维（GF）增强聚醚醚酮（PEEK）复合材料在太空应用中易发生热翘曲的难题，开展了系统性研究。

相关成果以《Effect of heterogeneity on thermal warping of L-PBFed GF/PEEK composites》为题，发表于力学顶刊《International Journal of Mechanical Sciences》。



团队依托华曙高科 UT252P 超高温增材制造设备，采用最优工艺参数，粉床温度 323°C，添加 0.5wt% 纳米 SiO<sub>2</sub> 流动剂及表面改性技术，开展 SLS 制造导致的各向异性对太空热变形性能影响分析。实验发现，当纤维重量分数提升至 30% 并沿铺粉方向（X 方向）取向时，复合材料在 150°C 热环境下的翘曲变形量较纯 PEEK 降低 39%（从 4.4mm 降至 2.7mm），且 X 方向纤维排列更优（取向张量达 0.5），有效抑制了热变形。

研究进一步开发了多尺度计算工具，融合微观纤维分布重建（基于 XCT 扫描）及本构模型（Tschoegel 屈服准则），实现了太空热环境下复合材料变形的高精度预测（150°C 时

30wt% 试样 X 方向变形误差 <5%），为航天复合材料设计提供了关键工具。

## UT252P 设备解决高熔点材料成形难题

华曙高科 UT252P 于 2023 年 9 月正式面市，目前已实现多台销售装机。对于科研型用户而言，可成形材料种类、工艺参数的丰富性和开放性、关键参数的实时监控、设备开机成本及稳定性等都是其科研应用中需要重点考虑的因素。



“科研与其他行业不同，我们需要进行反复测试，通过不断调整和优化烧结参数，以获得最佳效果，并测试材料的耐热性、强度及韧性等，华曙 UT252P 系统开源，给予了我们很大便利。同时，UT252P 设备具备烧结 350°C 熔点材料的能力，具有良好的稳定性与易操作性，也为 PEEK 系列复合材料工艺的开发提供了重要保障。”

——汤海斌，南京理工大学智能制造学院

未来，华曙高科将携手更多高校科研用户，发挥增材制造技术优势，合力推进新材料、新工艺、新应用的创新探索，为我国科研事业添砖加瓦。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

## 华曙高科助力川大高分子科学与工程学院 2024年两度在《Additive Manufacturing》 发表重要创新成果

四川大学高分子学科是在 1953 年 6 月建立的我国高校中最早的高分子化合物专业（1954 年更名为塑料工学专业）的基础上发展起来的，以先进高分子为特色的材料科学与工程学科进入世界一流学科建设名单，2024 年 1 月 ESI 排名全球第 35 位，相对位次 0.255‰，是全国高分子材料与工程专业人才培养的重要基地。

早在 2014 年，四川大学高分子研究所便引入全国第一台高温高分子 3D 打印设备——华曙高科 HT251P；2015 年，四川大学高分子科学与工程学院再度购置第二台 HT251P 设备。基于其开源、高温等优势，川大在新型 3D 打印材料的研发、传统 3D 打印材料改性以及高温材料等研发项目上，取得了一系列卓有成效的科研成果。



在华曙高科高温高分子增材制造解决方案的助力下，四川大学高分子科学与工程学院李光宪

教授 / 黄亚江教授团队瞄准高分子粉末床熔融加工技术领域的关键需求，结合团队在多组分高分子形态控制、老化降解稳定性等领域开展的长期基础研究，2024 年两度在增材制造领域著名期刊《Additive Manufacturing》发表重要创新成果——



针对自研 PA1012 粉末用于 PBF-LB/P 技术时，面临的加工窗口窄、成型温度高等关键挑战，李光宪教授 / 黄亚江教授团队创新性地利用金属离子 - 高分子络合相互作用，优化了 PA1012 粉末的加工行为和烧结制品的机械性能，其拉伸强度、拉伸模量和断裂伸长率分别提高了 51%、67% 和 43%，达到甚至超过 PA12 和 PA11 粉末烧结制品的力学性能水平。

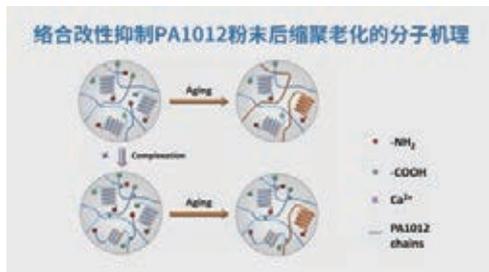
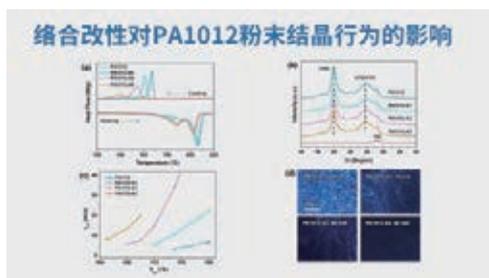
针对共聚 PP 粉末 PBF-LB 工艺性不佳的突出问题，李光宪 / 黄亚江教授团队提出新颖的“熔融挤出 - 共混物退火”策略。相比未经



历退火 PP 粉末，利用“共混物退火”处理后的 PP 粉末烧结打印的制件翘曲量大幅降低了 82%，而力学性能几乎不变。

## 创新成果一：通过络合作用优化聚酰胺粉末的增材制造加工性能和力学性能

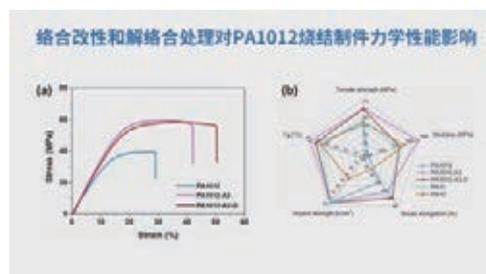
PA1012 是一种我国可自主生产的半生物来源的长碳链聚酰胺，其力学性能可与 PA12 和 PA11 相媲美。然而，将 PA1012 用于 PBF-LB/P 技术主要面临加工窗口窄（对设备控温要求较高）、成型温度高（导致后缩聚老化严重）等关键挑战。



受聚酰胺纺丝工艺启发，李光宪教授 / 黄亚江教授团队创新性地利用金属离子 - 高分子络合相互作用优化了自研 PA1012 粉末的加工行为和烧结制件的机械性能。

研究发现，廉价的金属卤化物（CaCl<sub>2</sub>）显著改善了 PA1012 粉末的表面形貌和粉体流变行为、延缓 / 抑制了熔体结晶、大幅拓宽了粉末

的烧结成型窗口。对 PA1012 粉末用 3 wt% 的 CaCl<sub>2</sub> 改性后，烧结制件成型精度得到明显改善，拉伸强度、拉伸模量和断裂伸长率分别提高了 51%、67% 和 43%，达到甚至超过了商品 PA12 和 PA11 粉末烧结制品的力学性能水平。同时，改性 PA1012 粉末在加工中的后缩聚老化反应得到了明显抑制，复用率得到改善。



该研究从多价金属离子“交联点”破坏分子间氢键、限制高分子链运动性等微观角度，首次阐明了金属离子 - 高分子络合作用在优化粉末的成型性能和烧结制件的结构 - 性能关系中的巨大潜力，为拓宽 PBF-LB/P 加工技术的材料来源提供了新的思路。

相关工作以“Optimization of polyamide 1012 powder for laser powder bed fusion via complexation with metal ions”为题，发表在增材制造领域著名期刊《Additive Manufacturing》上。

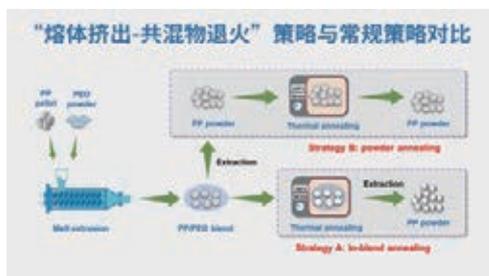
近年来，研究团队瞄准高分子粉末床熔融加工技术领域的关键需求，结合团队在多组分高分子形态控制、老化降解稳定性等领域开展的长期基础研究，相继突破了聚酰胺球形粉末的溶液法制备、聚烯烃球形粉末的熔体法制备、工程塑料粉末球形化等高分子球形粉末规模

化制备的关键技术 (Powder Technol., 2023, 415, 118189; Powder Technol., 2023, 426, 118605; 中国发明专利 2023109461642、2023111467736、202311371441.8), 研究成果具有良好的应用前景。

## 创新成果二：通过共混物退火策略改善聚丙烯球形粉末的增材制造加工性能

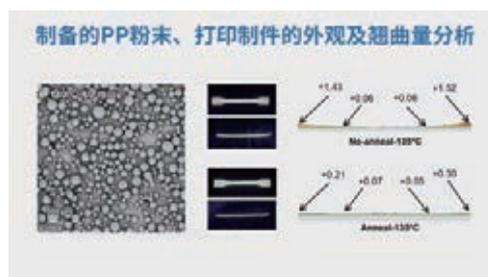
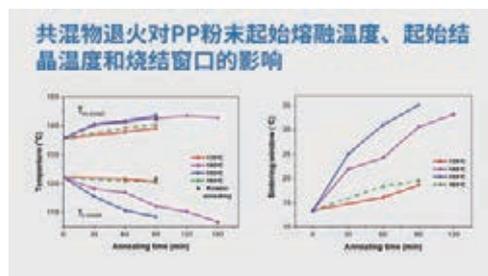
高流动性、宽烧结窗口 (SW) 的高分子粉末是激光粉末床熔融 (PBF-LB) 增材制造技术中急需的关键原料。聚丙烯 (PP) 是目前使用量最大、最廉价的通用高分子之一, 具有较低的密度和加工温度、较好的耐溶剂性及阻水性, 在汽车等行业中应用广泛。

针对共聚 PP 粉末 PBF-LB 工艺性不佳的突出问题, 李光宪 / 黄亚江教授团队提出了一种新颖的“熔融挤出 - 共混物退火”策略。

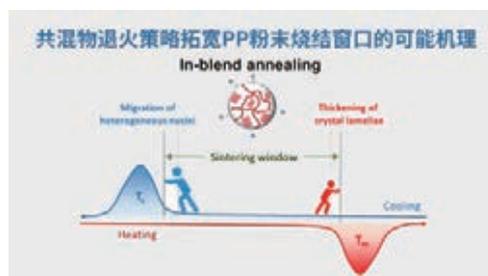


该策略首先将共聚 PP 熔融分散在水溶性高分子基体中, 然后在接近共聚 PP 熔点的温度下将共混物退火一定时间, 在去除基体后得到了 SW 显著拓宽的共聚 PP 球形粉末。热分析、XRD 等结果证实, 共混物退火给 PP 粉末带来了两个有利于拓宽 SW 的效应: 第一个是由于晶体完善 (片晶等温增厚) 而导致的起始熔融温度 ( $T_{m-onset}$ ) 的升高; 另一个是由于异相

成核物质迁徙出部分熔融的 PP 颗粒而导致的起始结晶温度 ( $T_{c-onset}$ ) 的下降 (类似分级结晶)。其中, 第二个效应对 SW 拓宽的贡献更大。发现过高的退火温度和过长的退火时间会导致不利的粉末尺寸增长, 并诱发粉末的降解、削弱 SW 拓宽效应。相比原始 PP 树脂, 在最佳的退火温度和时间下获得的 PP 粉末的 SW 拓宽了  $24^{\circ}\text{C}$ , 达到了  $30^{\circ}\text{C}$ 。



并且, 这种退火导致的 SW 拓宽效应不受流动改性剂、吸光剂等助剂影响。相比未经历退火 PP 粉末, 利用“共混物退火”处理后的 PP 粉末烧结打印的制件翘曲量大幅降低了 82%, 而力学性能几乎不变。





该研究提出的新策略为基于通用聚烯烃等结晶性材料制备增材制造领域急需的关键高分子粉末、实现这些材料的高值化利用提供了新的思路。

相关工作以“Developing polypropylene copolymer powder with a wide sintering window for laser powder bed fusion via extrusion and in-blend annealing”为题，发表在增材制造领域著名期刊《Additive Manufacturing》上。

目前，华曙高科已与众多高校、科研院所建立了深度合作关系，为科研领域客户提供金属、高分子 3D 打印技术、设备支持，帮助客户开展印新工艺、新材料、前沿应用的科学研究工作。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

# 华曙高科助力方醞技术 成功研发国产 PPS 高性能 3D 打印材料

2021 年以来，SLS 加工市场经历了从“蓝海红利”到“红海厮杀”的剧烈转折。四年前，市场需求激增与加工能力不足的矛盾，让 SLS 服务成为投资热点；如今，传统材料赛道的拥挤导致加工费持续下滑，尼龙每克加工费从 3 元跌破 1 元，行业利润空间被严重挤压，寻找差异化解决方案成为当务之急。

2025 年 10 月，由清华 x-lab 与新加坡 SMU 联合孵化的方醞技术（Fluxo Technologies，以下简称“方醞”），基于华曙高科 SLS 解决方案，成功推出高性能、高性价比的 Rytexint™ PPS 特种材料，打破日本、德国企业对商用 SLS PPS 材料的国际垄断。



## 新材料性能接近 PEEK，成本更亲民

Rytexint™ PPS 以聚苯硫醚为基材，不仅具备阻燃、自润滑、耐水解、抗化学腐蚀等优异性能，更在机械强度、热性能、电性能等关键指标上接近“塑料黄金”PEEK，同时成本仅为 PEEK 的一半以下，实现了“近 80% 顶尖性能 + 不

到 50% 成本”的性价比平衡，精准满足高性价比与高性能双重需求。

与此同时，该款材料在加工适配性上具备显著优势：建造温度低于 280°C，常规成型速度高达 20,000mm/s，且同时适配二氧化碳激光器与光纤激光器，设备兼容性与同类进口材料相当。这一特性，让更多 SLS 加工服务商能够低成本接入这款新材料，开辟高附加值市场。

Rytexint™ PPS 的商业化突破，打破了全球仅日本、德国企业垄断商用 SLS PPS 材料的格局，让国内 SLS 行业在汽车“三电”（电池、电机、电控）、飞机 J 型机翼和内饰组件、机器人关节传动、热管理系统组件等高性能应用场景具备了“国产替代”能力。

## 华曙 SLS 方案破解新材料开发难题

方醞创始人 & CEO 白渊斌表示，Rytexint™ PPS 的研发成功，离不开华曙高科全方位支持。方醞基于华曙高科 Flight ST252P 与 UT252P 两款设备，完成了 Rytexint™ PPS 的配方优化与工艺验证。华曙高科高分子解决方案的“开源、稳定、专业”三大优势，成为方醞突破技术壁垒的关键保障。

## 优势一：系统开源

新材料开发的核心需求之一，是能够根据材料特性灵活调整工艺参数。华曙高科高分子解决方案的开源平台，为方醞提供了充分的自主创新空间。



“开发新材料，不能被固定的工艺参数束缚。华曙的开源系统允许我们根据 Rytexint™ PPS 的分子结构、配方体系、流变和结晶特性，自主设定烧结温度、扫描速度、激光功率等关键参数，这是我们能够快速迭代配方的基础，大幅缩短了材料研发周期。”白渊斌表示。

## 优势二：烧结稳定

对于 SLS 材料而言，烧结稳定性直接决定了产品质量一致性与研发效率。华曙高科设备的高精度温控系统与均匀的烧结环境，不仅保障了 Rytexint™ PPS 批量生产时的性能稳定性，更在新配方开发阶段发挥了关键作用。



白渊斌指出：“在测试不同配方时，只有设备烧结状态稳定，才能准确判断配方调整对材料性能的影响。如果设备本身波动大，我们就难以判断是材料问题还是设备问题，如何优化更无从谈起，研发效率会大打折扣。”

## 优势三：专业支持

除了硬件优势，华曙高科高分子产品线团队为 Rytexint™ PPS 的研发提供了重要支持。华曙技术人员基于丰富的 SLS 工艺经验，为方醒团队提供了设备操作技巧、参数优化思路等建议，为新材料快速落地提供了保障。

未来，华曙高科将持续凭借创新高分子解决方案的技术沉淀，为更多 3D 打印材料研发提供支持，让更多像 Rytexint™ PPS 这样的国产新材料突破技术壁垒，加速走向汽车、航空航天、机器人等高端应用场景，以创新推动增材制造产业化进程。



立即扫描二维码，  
了解详细解决方案

[www.farsoon.com](http://www.farsoon.com)

华曙高科是全球领先的工业级 3D 打印（增材制造）企业，由著名 3D 打印科学家许小曙博士于 2009 年 10 月在湖南长沙创立。公司拥有高分子复杂结构增材制造国家工程研究中心，是国家级专精特新“小巨人”企业、工信部智能制造试点示范企业、科创板上市企业。公司致力于为全球客户提供金属（SLM）3D 打印设备和高分子（SLS）3D 打印设备，并提供 3D 打印材料、工艺及服务。是全球极少数同时具备 3D 打印设备、材料及软件自主研发与生产能力的 3D 打印企业。

有关更多华曙高科的解决方案信息, 请访问:



华曙微信公众号



华曙视频号



免责声明：本白皮书内容仅供参考，不构成法律、商业或投资建议。文中信息可能随技术或市场变化而调整，湖南华曙高科技股份有限公司不对依赖本文内容导致的任何损失或风险承担责任。

版权声明：© 2026 湖南华曙高科技股份有限公司。版权所有。未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式复制、修改、分发或用于商业用途。(FS-202601-CN)