

3D PRINTING WORLD

2017年1月 | 第23期

3D 打印世界

ISSN 2058-7600

Stratasys大中华区总经理翟莲子：

三大战略 决胜中国市场

市场朝夕变幻，生存还是毁灭？对老牌3D打印企业Stratasys来说，市场策略的制定变得尤为重要。

封面人物 / P14



THE NEXT
INDUSTRIAL
REVOLUTION
STARTS NOW
WELCOME TO
A 3D WORLD



P8
2017 3D打印十大发展趋势

未来，3D打印有哪些值得关注的商业模式？



P30
核工业的3D打印之路

从“形似”到“神似”，3D打印在核行业的应用之路才刚刚开启。

以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com



鸡年新春来临之际，谨恭祝大家：
新年大吉！阖家安康！

《3D打印世界》全体同仁敬上



3D PRINTING WORLD
3D 打印世界

EDITORIAL

刊首语



新的一年又开始了。新年伊始，总是会有很多美好的愿望期待在这一年实现。你的 2017 愿望是什么呢？

在刚刚过去的 2016 年，我们和读者一起，经历了 3D 打印行业许多激动人心的事件和瞬间，也见证了技术的日新月异和行业的高速发展。甚至岁末年初交替之时，国内的 3D 打印行业也显得并不平静：“四川造”3D 打印血管在猴体内实验成功；大族激光推出高度 DLP 3D 打印机，让产品从液体树脂中快速“生长”出来；佳能在中国市场推出首款桌面 3D 打印机 Marv“魅立方”；浙江工业大学利用超音速冷喷涂沉积与激光技术相结合实现金属 3D 打印……

这也难怪国内某资深行业人士感言：“经过 2016 年之后，我发现如果离开这个行业哪怕几个月，我可能都会成为一个外行”。新旧技术的飞速更迭改进、应用市场的持续拓荒深入，大众和行业媒体的每一次报道，都在不断刷新着人们对于 3D 打印的认识，刺激着行业人士使出全身力气，在这场长跑中不敢有丝毫松懈。

日前，知名研究与咨询机构 Gartner 近期发布了关于 3D 打印行业的 2017 年预测报告，给出的一组数据非常鼓舞人心：到 2020 年，10% 的工业级企业将把 3D 打印技术整合到他们的制造业当中，30% 的医疗植入物和设备将采用 3D 打印。3D 打印将整体产品推出时间压缩 25%，全球 75% 的制造企业将会把 3D 打印的工具、夹具等用于生产成品。这意味着从原型制造到深入制造业各个环节，并最终成为直接产品的生产方式——3D 打印逐步“入侵”制造行业已经成为大势所趋。

面对 12 万亿美元这样庞大的制造业市场，仅仅 50 亿美元规模的 3D 打印影响力还显得非常微弱。如何撬动制造业这个庞然大物？几乎所有 3D 打印龙头企业都在考虑这个命题作文，并正在进行富有成效的试探和努力。Stratasys 大中华区总经理翟莲女士在本期封面专访中，也给出了自己独到的观点。3D 打印在工业和制造领域的应用无疑是极具前景的，本期我们将聚焦 3D 打印在工业领域的应用，探索国内外在核电、消费电子、汽车等领域的先进经验。

3D 打印发展伊始就面临来自技术、材料、行业应用等各个方面的挑战，所以 3D 打印的发展更像是一场又一场打破桎梏的蜕变：技术层面，3D 打印需要打破速度与精度不可兼得的悖论；材料层面，3D 打印需要得到更多应用于精分行业的材料；行业应用层面，3D 打印需要在各个行业内得到更广、更深入的应用。2016 年的 3D 打印行业正式循环着“桎梏 - 打破 - 成长”的过程，实现着一次又一次的跨越。而在 2017 年，我们期待着这样的跨越不断实现并升级。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年 戴尅戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焘 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义许
王蕾 宋波纹 吴文恒

主编

余佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编辑

张艳萍 曾伟清 王莉
伍颖珊 刘盛娟 黄珊珊

美术设计

邓德胜 罗宇洪 周婵媛
钟晓俊 王清梅

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

刘勇

Davis.Liu@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤 C）Y0155102 号



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017 年 10 月 12-14 日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

06 环球 World News

观察 Observation

08 2017：3D 打印十大发展趋势

人物 People

14 Stratasys 中华区总经理翟莲子： 三大战略决胜中国市场

技术 Technology

20 3D 打印技术对组合式空调发展的影响

25 3D 打印在汽车空调中的应用开发

29 一种低成本实用新型金属熔融沉积 3D 打印技术

应用 Applications

30 核工业的 3D 打印之路

34 3D 打印在国内外核电领域有哪些应用？

37 西亚基向空客公司交付大型工业级 金属 3D 打印机

38 源于大自然的灵感：世界首辆 3D 打印 摩托车 Airbus APWorks Light Rider

41 新加坡南洋理工大学利用航空级材料 3D 打印了第一台全功能直升机

42 跨国公司施耐德用 3D 打印技术塑造 未来工厂

44 创客 Marker

14
PEOPLE
人物

“3D 打印一定要往后端发展，成为生产制造行业中一个最终的生产制造工具，这个数字才会向级数级爆发。”



新品速览



大族激光推出 100 倍速度的 DLP 3D 打印机

大族新推出的睿逸DLP800系列3D打印机，由大族激光自主研发的分子筛过滤系统配以精密光学系统，比传统3D打印机的加工速度提高了上百倍，十几分钟即可得到一件3D打印成品，能够实现 $\pm 20\mu\text{m}$ 的尺寸精度，适配多种类型、多种用途的材料。



佳能推出首款桌面3D打印机Marv“魅立方”

2016年12月14日，佳能面向中国市场推出首款桌面3D打印机，由佳能韩国研发制造，机身重量仅8kg，成型空间140mm x 140mm x 150mm，最小分层达到0.2mm，高速模式下能够实现110mm/秒的快速输出。当前盖揭开时设备会自动进入安全模式，加热器自动关掉，打印机也会停止运作。



深圳哈钧益科技推出专业级光固化 3D 打印机 WIZART

WIZART使用数字光处理技术，拥有专业级精度，成型精度92微米时，构建尺寸可大至178×100×200毫米，成型精度52微米时，则可以构建小至100×56×200毫米以内的作品。目前该技术集树脂成型、金属铸造、陶瓷生坯三种材料工艺于一体，此外，还实现了定制打印物品颜色的功能，定价预计为3-4万。



Micron3DP 玻璃 3D 打印机逆天精度达 100 微米

以色列公司Micron3DP将推出一台熔丝制造（FFF）的高精度液体玻璃3D打印机，能够在极端高温条件下（ $\geq 1500^\circ\text{C}$ ）打印作业，精细的分辨率可达100微米，打印尺寸为200x200x200 mm，材料可为苏打石灰玻璃和硼硅酸盐玻璃，应用于医疗、航天航空、国防、建筑与艺术品创作。

4 资讯 Information | 3D 打印世界



日本富士施乐公司拟 2017 年推出中国 3D 打印服务

近日，位于东京的印刷巨头富士施乐（Fuji Xerox）对外发布消息称，其计划在今年晚些时候在中国推出3D打印业务和云服务。去年，富士施乐宣布与日本庆应大学合作，开发了一种新的3D打印数据格式。新的数据格式旨在克服3D打印中存在的限制，例如保留3D模型的颜色、材料和内部结构。

富士施乐是目前亚太地区最大的办公打印机和文件管理解决方案供应商，该公司希望扩大经营范围，将资源集中于越来越先进的技术产品和服务。而实现这一目标的很大一部分将来自公司计划进入3D打印机市场不断增长的中国。根据IDC报告，预计到2020年，中国大陆3D打印机的总出货量预计将达到44万台（2015年为77,000台）。

CONTEXT : 2016 年前三季度全球 3D 打印机出货量增长 25%

市场研究公司 CONTEXT 日前发布数据显示，2016年前三季度，全球3D打印机出货量同比增长25%，而这主要归功于低价桌面3D打印机出货量的增长。

2016年全球已交付的3D打印机达217073台，其中96%是个人或桌面3D打印机，平均价格低于1000美元；工业级3D打印机出货量减少了12%，仅出售7726台。

桌面3D打印机领域，台湾公司三纬国际仍是全球领先者，份额为22%；闪铸（FlashForge）成功位列第四，份额为6%。2016年前三季度，Stratasys再次荣登榜首，其工业级3D打印机收入占该领域市场份额的35%；其次是EOS，占19%。



Gartner : 2017年, 3D打印加速“入侵”制造业

知名研究与咨询机构 Gartner 近期发布了关于 3D 打印行业的 2017 年预测, 这份预测报告显示出积极的趋势: 未来几年, 3D 打印将在各大应用领域中获得持续发展与增长。

报告预测, 到 2020 年, 10% 的工业级企业将把 3D 打印技术整合到他们的制造业当中, 30% 的医疗植入物和设备将采用 3D 打印 (并且在当地进行)。3D 打印将整体产品推出时间压缩 25%, 全球 75% 的制造企业将会把 3D 打印的工具、夹具等用于生产成品。

Gartner 分析指出, 在过去十年中, 3D 打印已经从原本主要用于原型生产的技术转变为适用于快速制造市场产品、专业设计和小批量生产的一种技术。可以预见, 这一技术将继续迎来发展, 直至更加成熟复杂。

三纬国际全面进军商用和工业市场

三纬国际 (XYZprinting) 日前在 1 月 5-8 日举行的美国消费性电子展 (CES) 上, 发表多款全新产品, 展示了从 3D 打印、智能家居到机器人等各项尖端领域的最新商品。除了继续发力教育消费市场外, 三纬国际还携其最新研发的 DLP、树脂喷射型、粉体熔化和黏着剂喷涂成型等 3D 打印设备重磅亮相, 全面进军商用和工业市场。

3D JET 为商用型 3D 打印机, 可制作小型精密对象, 配有专用喷头, 可打印支撑材质,

锁定客群为工程师、玩具制作人员、创业家、项目设计师及其他专业级消费者, 预定于 2017 年第四季开始供货。

3PP0A 3D Printer 是三纬国际首款粉体熔化和黏着剂喷涂成型的复合式 3D 打印机, 非常适合工业级原型制造。



联泰发布 EPM 打印管理系统

2016 年 12 月 27 日和 29 日, 联泰科技分别在上海、东莞举行发布会, 正式推出 EPM 打印管理系统。

E 打印管理系统 (EPM) 是联泰科技为了实现在 3D 打印技术的分布式规模化生产而设计开发的多设备远程控制平台。可实现多



台打印设备实时监控、管理、记录和储存, 对订单进行批量排产, 优化模型数据, 历史数据可追溯; 交互对比物料消耗, 减少时间浪费, 有效节约成本并提高效益; 能在不影响设备工作的情况下远程完成打印文件的队列传输, 真正实现无人值守生产。既适合中小客户的标准化流程管理, 也适合跨区域甚至跨国公司的超大平台型整合管理。

该系统开发历经一年之久, 其中 α 测试两个月, β 测试六个月。测试过程创建了超过 1600 份打印文件, 累计 90G 以上的数据传输存储, 累计两万多小时无故障运行时间。

新品速览



浙江迅实成功开发多材料 DLP 陶瓷 3D 打印机

近日, 迅实成功研发出陶瓷 3D 打印机, 类似 DLP 原理, 支持陶瓷材料氧化铝、ATZ、氧化锆、羟基磷灰石材质等, 打印出来的陶瓷件固含量最高可达 70%, 充分保证了后期产品的性能。只需将打印好的陶瓷样件从陶瓷浆料中挖出来, 经过清理就可以放到高温炉中直接烧结。



德国 Additive Element 推出适用于粘合剂喷射打印的优质材料

新的 3D 打印材料名为 AE12, 基于甲基丙烯酸甲酯, 目的是要解决粘合剂喷射的限制, 目前的增材制造需要在石膏中做出多孔部件或在沙中做出模形后再用环氧树脂进行后处理, 使用 AE12, 用户可以直接使用粘合剂喷射技术打印致密的功能性塑料部件。



小巧版的桌面喷墨打印机 NexD1

德国 Next Dynamics 推出了一款可进行多色、多材料打印的 3D 打印机 NexD1, 工作原理类似喷墨打印, 拥有六个打印头, 每个打印头含有 200 个喷嘴, 每个喷嘴的直径仅仅为 5 微米, 该机器能够在 20 立方厘米的空间内以低至 10 微米的分辨率进行 3D 打印, NexD1 3D 打印机专为快速原型制造而设计, 甚至可以设计、构建 3D 电路板。



这支 20°C 低温光固化 3D 打印笔淘宝众筹超 300 万

启跑线光固化 3D 打印笔于近期登陆淘宝众筹平台, 众筹金额已突破 300 万元人民币。它无需加热, 笔尖及所有部件均保持 20°C 低温运行, LED 固化灯为波长 465nm 的可见光, 无紫外线辐射伤害, 100% 低电压部件, 3.7V 低电压运行, USB 安全标准充电设计, 运行电压仅相当于 2 节 5 号电池。



01 | 德国

德国申请一次性 3D 打印机专利 用于无菌医疗器械

德国 Sartorius Stedim Biotech 最近获得了一种一次性医疗 3D 打印机的专利，该机器可制造生物安全的无菌 3D 打印器官模型、生物处理设备。

该打印机可在完全无菌的环境下包装，一组医疗专业人员对其使用一次后，可像扔掉被使用过的橡胶手套或绷带一样将其扔掉。这家德国公司还没开始制造这样的 3D 打印机，但声称他们正在认真研究这个概念，并认为可将其用来制造用于药物筛选的器官模型等。



02 | 德国

全球第一支 3D 打印口香糖 形状、颜色、口味自由搭配

食品 3D 打印界又出了一个新品种——3D 打印口香糖，这是由德国化学公司 Wacker 研发的一种技术：CANDY2GUM，据说可以在今年 1 月份的德国科隆 ProSweets 展会上观看到这个神奇的技术。

CANDY2GUM 打印出来的其实是一种混合型糖果，入口更像橡皮糖，嚼着嚼着就接近于口香糖了。他们还开发出了配套的软件，用户可以自定义口香糖的形状，自由搭配口味和颜色。

03 | 印度

印度初创企业开发出可以替代 FDM 的专利成型工艺

来自印度孟买的 3D 打印初创公司 Divide By Zero 表示，其专有的热塑成型技术（Advanced Fusion Plastic Modeling）可以精确控制 3D 打印温度及材料挤出，从而实现优于一般 FDM 打印的质量效果——精度 / 强度 / 拉伸性更高、动态控制、质量更可靠。另外，相比 SLS 等一些高精度的打印工艺，该工艺仅 0.09 美元 / 立方厘米的成本也比较有吸引力。公司已经将 AFPM 技术集成到自己的 massive Aion 500 3D 打印机（500 x 500 x 500 mm）上，这是南亚国家成功申请的首个专利 3D 打印工艺流程。



04 | 斯里兰卡

中国首批使用 3D 打印技术的军用机运 -20 被斯里兰卡政府看中

斯里兰卡政府刚刚宣布，他们正在考虑购买中国制造的运 -20 飞机，打算将其作为作为一种军用运输机。运 -20 是中国在生产的最大的军用飞机，也是首批使用 3D 打印技术制造的货机。交易若完成，斯里兰卡将成为首个购买运 -20 的国家。

3D 打印在运 -20 的开发中发挥了重要作用，因为该技术加快了原型的周转时间并显著地降低了成本。据报道，运 -20 可以装载 40-73 吨的货物，每一架大约需要花费 1.6 亿美元。



07 | 日本

极度仿真！3D 打印机制作的“心脏”将在日本量产

日本国立循环器官疾病研究中心和日本 crossEffect 公司一直使用患者的 CT 图像数据和 3D 打印机，开发和制作再现幼儿心脏形状的心脏复制品。据了解，他们以喷墨方式射入特殊树脂——制模剂（内脏器官模型部分）和支撑剂（覆盖内脏器官以外部分的树脂），进行内脏器官造型。3D 打印的方式帮助打造柔软逼真的质感，削减模型制造时间和成本，有利于术前模拟缩短缺血时间。

此次的系统目标是 1 年后将量产技术提高到实用水平。首要目标是获批成为小儿用心脏复制品及纳入保险，正在争取获批。



08 | 韩国

韩国欲三年内建立 5 家全球 3D 打印领航企业

12 月 27 日，韩国召开了第八届信息和沟通战略委员会会议，3D 打印将作为新兴技术得到政府重点扶持。韩国政府预计明年将拿出 350 亿韩元（约为 2 亿人民币）分拨预算，并在 2019 年之前培养五个 3D 打印领域的全球领导企业，占据 6.0% 的市场份额。此外，他们希望其国内外的专利将技术自主率提升到 20%。

这批预算将通过科技、信息通信技术和未来规划部，韩国贸易、工业和能源部下发，主要分配到公共部门（国防、铁道）、生物医疗与齿科、工业（造船、汽车和机械设备）等应用中。

06 | 澳洲

澳洲科学家 3D 打印出跳动的心脏细胞

悉尼心脏研究所（HRI）开发了一种能 3D 打印人类细胞的生物打印机，这些 3D 打印细胞可用来修复受损的心脏组织。

患者只需向医务人员提供自己的皮肤细胞，随后这些细胞会被用来产生干细胞，然后再产生心脏细胞。由于具有产生和打印定制化的心脏细胞的能力，医生可以创造出可植入患者心脏的组织来修复损坏的地方。常见的心脏病治疗包括血管成形术和再灌注治疗，而 3D 打印组织则为患者提供了一种更可行的选择。



05 | 中国

“四川造”3D 打印血管在猴体内实验成功

四川成都的康裕建教授日前带领他的团队研制出了第二代 3D 生物血管打印机。把干细胞生物砖放置其中，即可轻松打印出一段生物血管——外层是人工血管，里面半透明的物质是生物砖（干细胞）。

实验对象恒河猴的基因以及身体结构和人类比较接近，该团队已经成功在 26 只猴子身上进行了实验，最新一轮实验选择的部位是猴子的腹主动脉。实验人员通过 B 超发现，生物血管和原有血管的血流速度几乎相同，在外观上也和恒河猴自身血管非常相似。



2017 3D 打印 十大发展趋势

撰文：赛迪顾问

20世纪80年代后期，3D打印机的横空出世，开启了增材制造新时代。近年来，借着新一轮科技革命和产业变革的东风，3D打印步入快速发展期。世界各国纷纷将其作为未来产业发展新的增长点加以培育，如2012年美国将“增材制造技术”确定为首个制造业创新中心（后更名为“美国制造”），欧盟、日本、韩国、新加坡、俄罗斯、南非、印度等国也通过各种措施推进3D打印产业发展。

我国的3D打印技术与世界先进水平基本同步，但产业化仍处于起步阶段。未来，3D打印将朝着速度更快、精度更高、性能更优、质量更可靠的方向发展，成为一股强大的科技力量。

趋势一：桌面级市场已陷入“红海”，掘金工业级正当时

近几年，桌面3D打印机“叫好又叫座”，销量呈现大幅增长，而工业

级3D打印机则略显惨淡。根据大数据公司CONTEXT的数据，2015年全球桌面3D打印机销量增长了33%，工业级3D打印机则下降了9%；2016年上半年全球桌面3D打印机同比增加15%，工业级3D打印机却减少15%。桌面3D打印机门槛低、设计简单，是企业进军3D打印领域的较好入口。但经过多年的发展，桌面级市场竞争已近“白热化”，加之利润小、精度低、实用性不佳，天花板效应明显。

而工业级市场契合了智能制造的理念，可广泛运用于汽车、航空航天、机械工业、医疗等市场需求大、发展潜力大的领域，随着技术的逐渐成熟和成本的不断降低，将会爆发出难以想象的巨大能量。

2015年底，全球3D打印巨头3D Systems公司宣布停产消费级桌面3D打印机，转向更赚钱的专业级和工业级市场；2016年初，国内3D打印技

3大战略 决胜 中国市场

✍ 撰文：曾伟清

用一个词形容 2016 年 3D 打印行业的特点——心惊肉跳。惠普终于推出了全新 “Multi Jet Fusion” 3D 打印解决方案，并与宝马、耐克、欧特克、强生等国际巨头达成合作；通用电气 GE 收购了两家金属 3D 打印公司 Arcam 和 Concept Laser；以开源 FDM 3D 打印“元老 RepRapPro 为代表的消费级 3D 打印厂商相继黯然退场……市场朝夕变幻，生存还是毁灭？对老牌 3D 打印企业 Stratasys 来说，市场策略的制定变得尤为重要。



Stratasys 大中华区总经理 翟莲子：

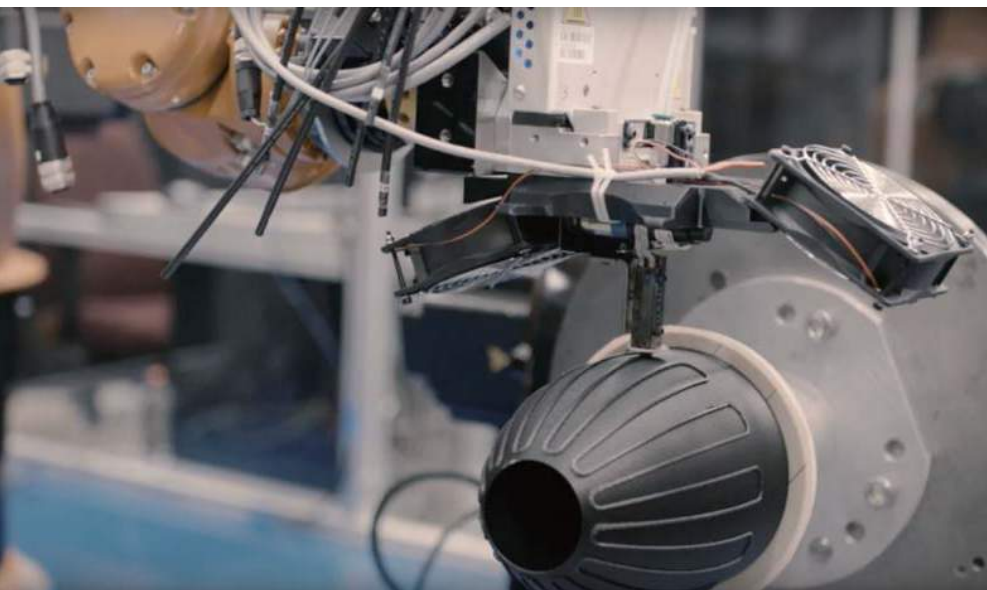
中国市场犹如蹒跚学步的巨婴，潜力巨大不易捉摸，2016年初翟莲子作为 Stratasys 大中华区的新任掌门人就此登上了 3D 打印的舞台，面对国际市场的不断变化，如何培育中国这个新兴市场，成为了摆在她面前的一道现实难题。

从传统制造跨入 3D 打印：很有意思

“嗨，你好，我是 Lucy”，初次见面翟莲子主动伸出右手，并介绍了自己的英文名字，笑容亲切而得体，这位全球最大的 3D 打印跨国公司的大中华区总经理有着职场女性独具的魅力。

尽管进入 3D 打印才短短一年的时间，但此前在 GE 和 Novelis 等全球前 500 强传统制造企业中担任过十几年的要职，接触了包括能源、电力、制造业等多种不同的工业领域，翟莲子早已对 3D 打印在原型制造中极大地节省工业用户的创新时间和成本留下了深刻的印象，在坚持以科技为核心竞争力的外企氛围中，3D 打印对于促进技术研发的重要性显更为突出。

近年来，国家开始推动工业制造升级，提出了先进制造的概念，3D 打印必然成为其中的主力军，而相对于传统行业来说 3D 打印的飞速增长也极大地引起了翟莲子的兴趣，“投身到这个行业里头是一件让人感到兴奋的事情，也有很强的使命感”。



Stratasys 最新推出的 Robotic Composite 3D Demonstrator (机器人混合 3D 展示) 技术

从工作十几年的传统工业跨入 3D 打印这个新兴行业中，翟莲子觉得“很有意思”。

3D 打印是一个新兴行业，它的发展日新月异，尽管 2014 年后股票出现了下跌和泡沫被挤出的过程，行业从狂热到趋于冷静到趋于平稳，整个行业还是处于增长的过程中，而传统行业不单是在中国，在全球都处于一个滞涨的过程，与 3D 打印行业的发展速度不可同日而语。

另外，从涉及的用户群体来讲，3D 打印作为一个基础工具，目前 90% 的应用都还在快速原型制造上，这涉及了各行各业的研发，行业用户和领域跨度之广，其他行业无法望其项背。而有着广泛工业领域工作经验的翟莲子无疑非常适合目前的工作。

尽管这些区别于传统制造业的特征让 3D 打印变得很有意思，但也让

翟莲子倍感压力。正因为 3D 打印的发展日新月异，市场容量还处于慢慢扩展的过程。一方面，每天都有新的厂家、新的技术在快速涌现，即便是像 Stratasys 这样的大厂家每年都需要花大量的经费投入到研发上，每年至少推出一到两款新产品来适应激烈的市场竞争；另一方面，新的应用也

“ 3D 打印如果只存在于快速成型领域，市场容量相对有限，要撬动制造业，必须走向更广泛的日常应用。 ”

在不断涌现，3D 打印厂商还需要不断在客户端启发需求，甚至主动创造需求，因此，Stratasys 不得不花大量的精力来进行市场挖掘。

这些都与拥有稳定技术周期和成熟客户的传统制造业不一样，“因此需要快速地给自己充电，掌握外部的信息，快速地调整业务战略来适应快速变化的市场，这个压力其实是很大

的，”翟莲子笑着表示，压力主要来源于，一是需要快速掌握行业内的信息，另一个则需要快速掌握客户的需求。

活力但应用滞后的中国 3D 打印市场

根据主流的一些市场研究报告，2015 年全球 3D 打印市场规模约 52 亿美元，中国市场约为 7.78 亿美元，占据了 14.96% 的份额，并且这个数字还在逐年增长。

翟莲子同样非常看好中国市场的增长趋势，“毫无疑问，Stratasys 把中国当做未来潜力最大的市场，公司很多决策和投资都在围绕着这样的考虑。”据保守估计，2016 年 Stratasys 在中国市场的销售占公司总销售额的 5%，翟莲子表示，虽然目前的业务量并没有占到很大比例，但能明显感觉到相对于经济和客户状况较先进的成熟市场中国的增长比较快。

尽管未来的趋势很明朗，但中国的 3D 打印用户也有其自身的特点，

翟莲子分析认为，中国用户的特点主要体现在两个方面：

一方面，中国作为新兴市场，对 3D 打印的需求正在增长，充满着活力。

在中国 Stratasys 拥有 2000 多家工业用户，这些客户对新的、尖端技术的接受速度反而更快，接受程度也非常高，一个新的技术推入市场马上能得到热烈的反应。这是中国客户相对于其他区域市场的一个很好的现象。

另一方面，尽管 Stratasys 的机器在中国市场上卖得很好，但客户使



“ 在中国 Stratasys 拥有 2000 多家工业用户，这些客户对新的、尖端技术的接受速度反而更快，接受程度也非常高。 ”

Stratasys Fortus 900mc FDM 系统，可以将大型部件的制作速度提高两到三倍

用的频率并不高。按照 Stratasys 惯例，会在机器卖出去三个月后派出售后人员做客户回访，了解机器的使用程度以及需要解决的问题，翟莲子表示，他们在回访中发现客户往往仅挖掘了几种基础应用，使用程度非常有限。

是什么原因导致中国客户对新技术反应热切但实际使用频率却不高这样的反差？对此，翟莲子有着自己的分析，她认为中国的客户非常务实，一旦看到技术对生产、研发有帮助，便会毫不犹豫地购买，但问题在于，首先是知识的局限性，很多中国客户是首次购买，需要一段时间才能很熟练地应用起来，因此，厂商还需要大力进行交流培训，才能帮助客户开发出更多高端的应用；另外跟耗材价格有关，目前，3D 打印的材料价格比较贵，客户进行反复尝试的成本很高。基于这两点，客户在使用新技术的时候非常谨慎。

“把 3D 打印作为一个基本的工具应用在日常的工作中，这一点中国

和先进市场相比还存在差距，”翟莲子表示。

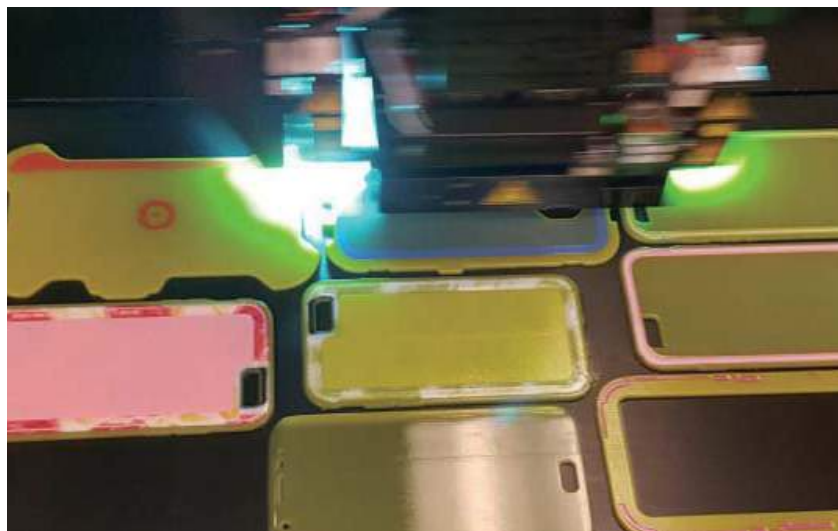
针对中国市场 三大战略转变

准确分析客户特点，快速调整市场战略。在新官上任短短一年的时间，翟莲子也烧出她的三把火，具体表现为三大战略的转变：

一、通过对垂直市场领头客户的

把握来推动和影响其他行业对 3D 打印概念的接受和使用。

如前所说，作为新兴市场的中国，潜力很大，但应用层面与欧洲、北美、日本等先进地区和国家相比存在一定差距。因此需要通过一些知名度较高的行业中的领头企业来推动整个 3D 打印的发展，推动从快速原型制造市场向模具制造、向最终的生产



Stratasys 最新推出的 J750 全彩 3D 打印机，可实现 36 万种颜色输出及多种材料打印



3D打印技术 对组合式空调发展的 影响

✍ 撰文：赵冬冬，珠海格力电器股份有限公司



摘要：随着3D打印对制造业的渗透，各个行业对于该项技术也越来越关注。本文结合3D打印技术和产品特点，分析了3D打印技术在组合式空调领域的应用前景，阐述了3D打印技术与智能设计技术融合对于制造模式的改变，指出3D打印技术在应用时存在的瓶颈，以期为3D打印在组合式空调领域的推广提供思路和方法。

引言

3D打印技术，又称为增材制造技术，是利用堆积原理，通过材料自下而上的逐渐累积来实现产品或者零件制造的技术^[1]。与传统的减材制造技术或者等材制造技术相比，因其具有无限制的成型能力和快速制造及节省材料的特点，在日用电器、航天航空、建筑、汽车、医疗器械等领域得到快速发展^[2]。随着3D打印技术的发展，组合式空调的生产制造工艺技术也必然会被其改变，并且作为客户化定制产品的组合式空调特别适用于3D打印技术。

1. 传统制造存在的问题

组合式空调是中央空调系统的重要组成部分。其功能是实现对空气进行降温、加热、加湿、除湿以及净化过滤等。组合式空调是根据机组使用场合和客户要求的风量、静压、功能要求、控制要求以及机房安装尺寸限制等因素进行开发的产品。其传统的开发流程如图1所示。

设计 > 制造 > 运输 > 安装 > 调试 > 应用 > 维护

图 1

3D 打印在汽车空调中的应用开发

✍ 撰文：周学斌 叶军祥（武汉萨普汽车科技有限公司）

3D打印，又称增材制造，就是通过打印机打出而非加工出各类日常与工业产品。从制造方式来说，铸锻焊在制造过程中质量基本不变，属于“等材制造”，已有3000年历史。随着电动机发明，车铣刨磨机床出现，通过材料的切削去除达到设计形状，称为“减材制造”，已有300年历史。而以3D打印为代表的“增材制造”，1984年提出，1986年实现样机，才30年时间，是极有前景的制造技术。

美国是最早将该技术应用于航空航天等领域的国家。中国真正引进并着手开发和应用也是近些年才开始的。特别是近5年来，3D打印技术在中国得到了快速发展。主要引领要素是低成本增材制造设备社会化应用、金属零部件直接制造技术在工业界的应用、基于增材制造的各种生物材料及生物学结构的制造技术等。就中国目前3D打印服务而言，生产、购买和应用桌面型打印机厂家较多，真正工业级3D打印的设备和实际应用，较欧美国家还存在相当大的空白和差距。

本文着眼于3D打印技术在汽车行业中的应用，特别是汽车空调HVAC方面的应用。该技术已日趋成熟且被广大客户认可。

1. 3D打印的工作原理

3D打印的工作原理类似喷墨打印机，不过喷出的不是墨水，而是粘接剂、液态的蜡、塑料或树脂。按照喷出的材料不同，可以分为粘接剂打印、熔融蜡打印和熔融塑料涂覆（FDM）。如果把打印头换成激光头，就有了激光烧结（SLS）、光固化树脂（SLA）和激光熔融（SLM）等。具体的成型过程是根据三维CAD模型，经过转换成设备能够识别加工的格式后，对零件进行分层切片，得到各层截面的二维轮廓形状。按照这些轮廓形状，用喷射源选择性的喷射一层层粘接剂或热熔性材料，或用激光束选择性地固化一层层的液态光敏树脂（SLA），或烧结一层层的粉末材料，形成每一个截面二维的平面轮廓形状，然后再一层层叠加成三维立体零件。

2. 3D打印在汽车空调HVAC中的应用开发

众所周知，汽车空调HVAC已成为汽车车身内饰中不可或缺的一部分，它主要包括以下零部件：空调壳体及风

道塑料件，空调系统中的相关运动类部件，空调系统中带软边风门，空调系统中安装点部位螺栓等嵌件，空调风道出风口栅格等。本文主要介绍3D打印在这些方面的应用开发。

2.1 3D打印在塑料壳体及风道的应用开发

汽车空调HVAC塑料壳体及风道，是其中比较大的塑料零部件，它起着承载或装配其他零部件的主要作用，对于其强度、耐冲击、耐高温及腐蚀等要求比较严格，是HVAC中比较重要的零部件。在前期的系统开发过程中，为验证设计方案的可靠性和精确性，一般公司在开模前都需要对数据进行快速成型验证。

3D打印正是满足这一需求应运而生，它不同于其他一般的快速成型，譬如CNC等。它的增材制造技术快速、精确，能够高品质地满足客户相关需求。对于这类零件的3D打印开发，主要应用SLS工艺，具体操作步骤如下。

2.1.1 对于需要3D打印的数据进行处理、检查和分析

该步骤主要是检查并确认客户数据特征的精细程度，如图1所示。

由图1可以看出，壳体上的安装支架未能和壳体有效地结合在一起，如图1剖切后所示，局部有间隙，造成支架和壳体的虚连接。由于3D打印工艺是增材制造，层层铺烧烧结而成（特别是SLS工艺），它会真实地再现客户的设计意图，间隙会在产品上打出来，结果造成了产品的安装强度出问题，或打印出来后直接自间隙处断裂。所以必须根据客户的设计意图，修订并填补间隙，使虚连接的特征真实地连接在一起，增加局部特征的强度和有效性。

其次，需要确认壳体相关壁厚是否均匀一致，特别是数据上是否有薄壁部分。针对SLS激光烧结3D打印工艺，数据上所有特征壁厚必须 $\geq 1.0\text{mm}$ （除特殊情况最小不能

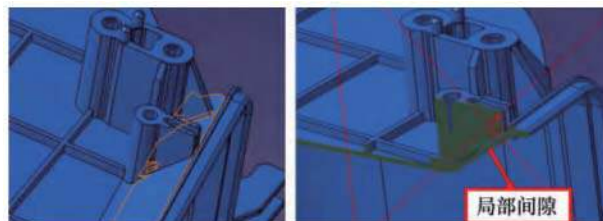


图1 数据特征检测、修复示意图

一种低成本实用新型金属熔融沉积 3D 打印技术

✍ 撰文：张远明，中国科学院宁波材料技术与工程研究所

增材制造技术是制造技术原理的一次革命性突破，它形成了最能代表信息化时代特征的制造技术，即以信息技术为支撑，以柔性化分布式的产品制造方式最大限度地满足个性化需求。增材制造技术的基本原理是先将零件三维图形离散划分成一系列薄片（切片过程），再利用2D制造工艺依次制作这些薄片，并逐层叠加（生长）获得最终的3D 零件，增材制造技术又被形象地称为“3D打印”。增材制造技术在发展初期主要应用于概念验证、模具制造、以及用于组装和功能测试的样件快速成型等方面。

近十年来，由于该项技术不断取得突破，增材制造技术逐渐被应用于实际产品的加工。金属零部件最终产品的增材制造技术发展尤其迅速，在结构复杂、材料昂贵的产品生产，以及小批量定制生产方面，成本、效率和质量优势更加突出。美欧等发达国家非常重视增材制造技术的发展，投入巨资加以研究，而金属零部件增材制造技术一直是研究和应用的热点。

通常，根据填充材料方式的不同，金属增材制造可以分为预铺粉和同步送粉或送丝两种，结合激光、电

子束两种高能束能量源，预铺粉的增材制造技术具体可分为激光选区熔化增材制造（SLM）技术以及选区电子束熔化增材制造（EBM）技术，同步送粉或送丝增材制造技术主要可分为激光熔化沉积（LMD）技术以及电子束熔丝沉积（EBFF）技术两种。

目前基于FDM原理打印的材料只局限于热塑性（尼龙、PLA和ABS等）材料，打印温度一般控制在200-300℃左右，对于不锈钢、钛合金等高温合金材料，一般用激光烧结合金粉末的方式或者以电子束、微弧焊、焊接三维成型等方式实现，而激光烧结技术制造的金属件存在组织疏松，强度达不到实际使用要求，且设备复杂昂贵等缺点。而电子束、微弧焊、焊接三维成型等方式没有喷头约束金属液滴，成型精度很难保证。

中科院宁波材料所增材制造技术与装备团队专注于提供一种低成本、结构简单、精度高、打印效率高、适合任何一种高温金属的熔融沉积成型的3D打印装备。

主要集中在解决3个主要问题，一是采用超高频电磁感应的加热方式，（非接触式，具有可靠性高、无污染、效率高以及加热温度容易控制等

优点），通过自动调节感应线圈功率，可以熔化不同种类的合金，熔化温度最高可达3000℃以上，即使是航空航天领域的钨合金和钼合金也能被瞬间熔化。

其次采用主动冷却技术，可以有效的缓解熔液回流、送丝不畅、喷头堵料等现象。最后通过设计加工特殊的喷头材质，使打印金属精度大幅提升。

与现有技术相比，中科院宁波材料所增材制造技术与装备团队的优势在于：1、用熔融沉积成型原理实现低温和高温合金的打印，从铝合金到高温合金，几乎适用于所有金属材料打印，可以大幅降低打印成本，真正实现民用化。

2、采用特殊材质的喷嘴可以大幅提高打印精度，打印精度可以根据喷嘴直径调节，打印精度明显优于弧焊和电子束。

3、感应线圈可以对打印物体局部预热和保温，有利用层与层之间的结合强度。

中科院宁波材料所增材制造技术与装备团队的研究工作初步已经证明低成本金属熔融沉积成型的可行性，未来，中科院宁波材料所增材制造技术与装备团队继续在低温合金及高温合金方面进行深入研究，力争在如何增强层与层的结合力、改善组织结构、提高打印精度等方面取得突破，实现铝、铜、钛、钨合金零部件的打印，广泛应用于医疗、模具、汽车、航空航天等行业。



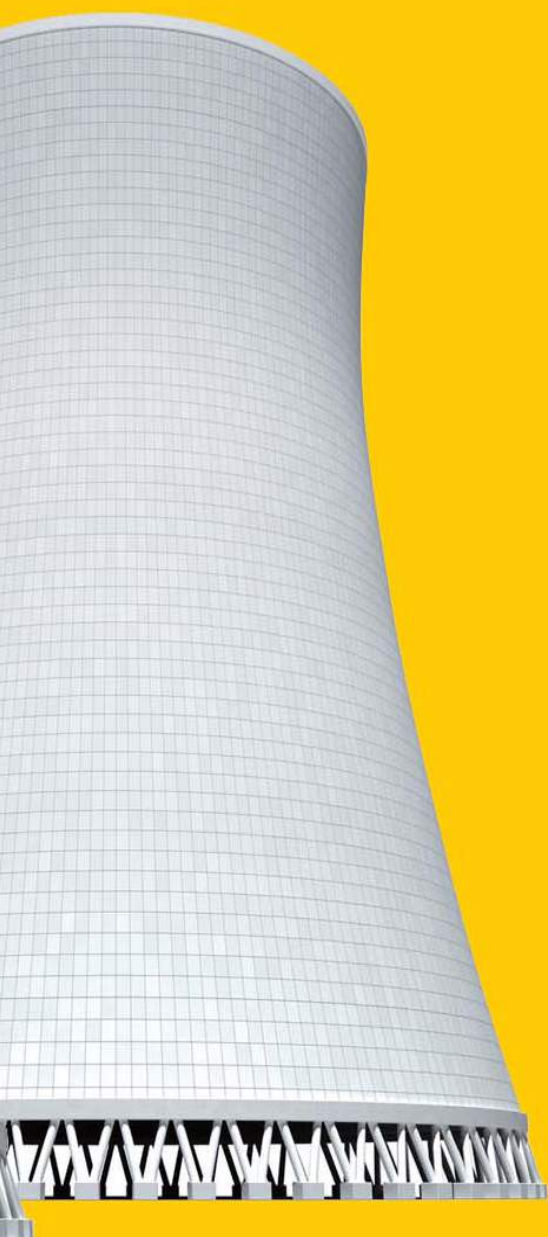
已打印成功的低温合金样件



已打印成功的高温合金样件

核工业的 3D 打印之路

撰文：廖琪，中核建中核燃料元件有限公司科技部主任工程师、研究员级高工



3D 打印技术，又称增材制造（Additive Manufacturing）技术，是有别于减材制造（如切削加工）及等材制造（如铸造、粉末冶金）的一种全新的快速成型技术，是计算机、精密机械、高能束流、材料等多种学科在加工工艺上的集成，被英国著名杂志《经济学人》描述为全球第三次工业革命中一项具有代表性的技术，美国《时代》周刊也将之列为“美国十大增长最快的工业”之一。

2015 年，为落实国务院关于发展战略性新兴产业的决策部署，抢抓新一轮科技革命和产业变革的重大机遇，加快推进我国 3D 打印产业健康发展，工信部、发改委、财政部研究制定了《国家增材制造产业发展推进计划（2015-2016 年）》。根据计划提出的目标，到 2016 年，初步建立较为完善的增材制造产业体系，整体技术水平保持与国际同步，在航空航天等直接制造领域达到国际先进水平，在国际市场上占有较大的市场份额。

3D 打印的优势

与传统的加工方式相比较，3D 打印在几个方面具有较为明显的优势。

一、数字制造，借助 CAD 等软件将产品结构数字化，驱动机器设备加工制造成器件，数字化文件还可借助网络进行传递，实现异地分散化制造的生产模式。

二、降维制造，也就是分层制造，“逐层叠加”，即把三维结构的物体先分解成二维层状结构，逐层累加形成三维物品。因此，原理上 3D 打印技

术可以制造出传统工艺难以完成的复杂结构，而且制造过程更柔性化。

三、直接制造，即对一些结构复杂、加工工序多、需要先进行分离零件加工然后再组合的部件，3D 打印可实现一次加工完成。

四、快速制造，3D 打印制造工艺流程短、全自动、可实现现场制造，因此，制造更快速、更高效。

目前已经发展起来 3D 打印的技术比较多，命名的方式也各不相同。从材料来说，有塑料、金属等；从能量形式上来说，主要有激光和电子束；从材料形态来说，主要有粉末和丝材等。近年来，3D 打印在技术、设备、材料等方面的发展势头都十分迅猛，其主要应用领域包括模具制造（汽车）、高端零部件（航空零部件）、产品设计（电子消费品等如苹果手机）、医疗保健（牙科、假肢、骨骼）等方面，其主要特征是不计成本的设计行业、尖端制造以及一对一的个性化服务方面，其中汽车行业应用规模最大，2014 年的统计显示其占到全部应用市场的 31.7%。

在核行业中也引入了 3D 打印，却面临比消费领域更多的问题。一方面，无论是电站、反应堆，还是核燃料组件，其构件多是金属。由于金属的熔点比较高，3D 打印涉及到了金属的固液相变、表面扩散以及热传导等多种物理过程，而且还需要考虑生成的晶体组织是否良好、整个试件是否均匀、内部杂质和孔隙的大小、快速加热和冷却引起的应力等。另一方面，核领域中，构件的运行工况比较复杂，维护不方便，对可靠性要求非常高，而且有的构件还必须考虑辐照

3D 打印在国内外核电领域有哪些应用?

3D 打印技术在核工业领域具有不容忽视的潜力。当前, 3D 打印技术已在国内外核工业领域进行了一些初步尝试, 但要满足高端核工业的要求, 还面临着来自机械性能、材料性能等一系列巨大的挑战。虽然 3D 打印用于核工业目前仅仅只是开始, 但通过以下几个典型案例, 我们可以一窥, 两者产生化学反应的无限想象空间。



法国核机构利用 3D 打印制作模型

位于法国圣保罗冈的国际热核实验反应堆——ITER 是世界上最昂贵和最复杂的核试验反应堆机构。ITER 在美国的团队——美国国家橡树岭实验室正在通过 3D 打印核反应器塑料模型和金属原型的方法来降低 ITER 的研究运营成本。

在电脑中查看核反应器设计的模型时候, 通常很难对反应器的每个部位产生直观的感受, 而且很容易产生疲劳感。3D 打印的模型解决了这一问题, 科学家不仅获得直观的感觉, 并且还可以用手触摸, 提出修改意见。

金属零件的设计探索过程中亦是如此, 如果要制作一个 1:1 的金属零件, 那需要上吨重的材料, 并且十分昂贵, 通过 3D 打印缩小比例的金属零件, 例如打印中断缓解系统的快速气体阀门, 来发现设计中存在的缺陷以及需要优化的地方, 从而减少设计迭代的成本, 周期和环节。

中国第四代核电铅基堆核心部件有望采用 3D 打印

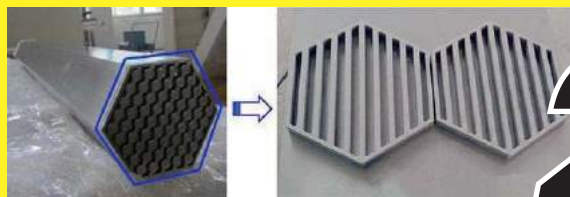
2016 年 12 月 6 日, 中国科学院核能安全技术研究所宣布, 该所科研人员利用 3D 打印技术, 首次成功制备出铅基反应堆燃料组件关键部件。据了解, 该部件有望应用于中国铅基堆核心部件。

铅基堆被“第四代核能系统国际论坛 (GIF)”组织评定为有望首个实现工业示范和商业应用的第四代反应堆, CLAM 钢因具备优良的高温性能、抗高能

中子辐照性能与抗腐蚀性能等, 已被选为中国铅基堆核心部件的候选结构材料。

相比于传统的切割、轧制、焊接等复杂加工方法, 3D 打印技术可以一次成型复杂结构部件, 具有成型精度高、结构完整性好等优点。然而, 受限於材料自身性质、技术成熟度等因素影响, 利用 3D 打印技术制备反应堆部件尚属研究前沿。

据介绍, 该所联合国内科研单位克服了高流动性 CLAM 钢粉制备、复杂部件应力消除、在线热处理等诸多技术难题, 制备出高性能 3D 打印铅基堆燃料核心部件。经检测, 部件无气孔及裂纹等缺陷, 成型致密度可达到锻件的 99.7% 以上, 具有高强度、高加工精度等特点。该研究成果对于 3D 打印技术在铅基堆关键部件模块化制备方面具有重要意义。



中广核成功 3D 打印 核电仪表阀阀体

大大提高设备制造周期和降低设备造价。在今年上半年，该项目已经实现了 3D 打印 CAP1400 自主化燃料原型组件下管座。

近日成功试制的核电站复杂流道仪表阀阀体，采用 SLM 技术，利用激光逐层扫描固化金属粉末，逐步堆叠出阀体外形及复杂的内部流道，一次成型。阀体长 140 毫米，宽 76 毫米，高 56 毫米，材料为核电常用材料 Z2CND17-12（316L 不锈钢）。据悉已确认该阀体材料化学成分和基础力学性能满足国际核电标准 RCC-M 的要求，是一个阶段性的重大成果。

本次阀体的成功试制，不仅实现了金属 3D 打印制造部件在核电领域应用“零”的突破，同时为中广核后续建立核电金属 3D 打印联合研发中心奠定基础，并树立核电金属 3D 打印应用的标杆，引领我国核电产业发展。

日前，中广核集团利用 3D 打印技术成功打印出了核电站复杂流道仪表阀阀体。该技术成熟后，意味着核电项目建造周期将大大缩小，且成本下降。

2015 年 12 月 25 日，中核集团旗下的中国核动力研究设计院和中国核电工程有限公司分别与南风股份子公司南方增材科技有限公司签署了核电装备 3D 增材打印技术研发合作协议。双方共同开启“金属 3D 打印应用于核电领域的关键技术研究”，旨在采用国际最先进的 3D 增材打印技术，制造 ACP100 多功能模块式小型堆压力容器和主蒸汽超级管道等核电站关键设备，以此来

中国中核北方核燃料 元件实现 3D 打印

核燃料元件制造是集设计与加工于一体的高端精密制造，结构复杂，需多种工序交叉作业加工才能完成。2016 年初，西安铂力特宣布，其自主研发的 SLM 系列设备 BLT-S300 为中核北方核燃料元件有限公司（二〇二厂）3D 打印 CAP1400 自主化燃料原型组件下管座。

BLT-S300 采用选择性激光熔化（SLM）技术，通过逐层熔化金属粉末的制造方式，完成传统机械加工无法制造的复杂金属结构零件，制备的成形产品拥有致密性好、尺寸精度高的特点。同时金属 3D 打印快速制造的技术特点，能够缩减产品开发周期，降低设计与制造成本，快速、高性能的实现核燃料元件开发与制备。

目前 BLT-S300 在验收调试阶段，蓄势待发，在制备产品性能经过验收合格后，BLT-S300 将为二〇二厂 3D 打印各种复杂零件建造提供重要的装备支持。

中国首个 ACP100 反应堆压力容器增材制造试件顺利通过技术鉴定

核电主设备制造一直被誉为制造业皇冠上的明珠，是核电建设的最大难关之一，代表着工业装备制造业的最高水平。日前，中国首个 ACP100 反应堆压力容器增材制造试件顺利通过技术鉴定，标志着增材制造核电压力容器最艰难的材料基础研发和工艺研发的突破。增材制造无需万吨级重型锻压设备分段制造，其后续焊接成型的压力容器可实现整体成型，产品性能可达到甚至部分优于锻件。

2015 年 10 月中国核动力研究设计院与南方增材科技有限公司，联合发起 ACP100 反应堆压力容器增材制造项目，开启了核电重型主设备增材制造研发的序幕。

核动力院是中国唯一集核反应堆工程研究、设计、试验、运行和小批量生产为一体的大型综合性科研基地，核动力院积极致力于核电研发，培育了具有自主知识产权的国产化核电站品牌 CP600/CP1000/CPR1000，承担着新一代压水堆核电站 ACP100/ACP600/ACP1000 及 CF 系列燃料元件研究开发、超临界水冷堆技术预先研究等科研项目。南方增材是拥有国际一流金属增材制造研发团队的企业，拥有国内唯一的 NFZC-WS001 型 3D 打印设备，力争抢占大型金属构件自动化智能化制造产业的制高点。

自项目启动以来，双方一直以高昂的热情积极推进各项工作，在历经四轮材料试验，两轮工艺试验后，南方增材突破了材料成分控制、工艺参数特性调整及控制对成型性能和结构的影响，顺利打印出了 ACP100 压力容器增材制造试件。核动力院专家们凭借其在核设施材料方面的丰富经验，对材料成分，性能和成型结构方式给出了精准的技术要求，并对初期材料试验过程中力学性能强度过高等问题提出了宝贵的指导意见，为有效避免核辐照后材料出现脆化等问题提供了强有力的保障，使 ACP100 压力容器增材制造试件得以顺利完成。

2016 年 12 月 3 日，在国家能源局的支持下，核动力院和南方增材联合举办 ACP100 反应堆压力容器增材制造试件 - 科研成果鉴定会，对试件进行了技术鉴定。本次技术鉴定审查组由来自国家能源局、中国核动力研究设计院、哈尔滨工业大学、北京钢铁研究总院的 13 位专家组成。经认真审查，专家审查组一致认为：材料研发的技术要求准确、合理，采用电熔增材制造技术制造的 EAM 16MND5 样件的化学成分和各项常规力学性能满足技术要求，样件组织均匀，力学性能没有厚度效应，各向异性较小，综合力学性能优良，具有较大的韧性裕量。其中，自主研发、设计和建造的国内外最大型电熔增材

制造设备（能打印最大直径 5.6 米，长度 9 米，重达 300 吨的厚壁重型金属构件），是重大设备制造技术的一次重大突破，也是传统制造业的一次变革，材料利用率高、生产周期大幅缩短，国际领先，可实现包括反应堆压力容器在内的核电大型金属构件的智能制造。专家组一致同意该阶段性成果通过鉴定。

核电站反应堆压力容器、蒸发反应器、锻造主管道等主设备，技术要求高、生产难度大，一直以来，采用传统工艺，生产周期长、投入大、产品一次合格率较低。如今，自主研发的重型金属电熔增材制造技术（3D 打印），作为一项智能化自动化制造工艺，实现了信息技术、自动化技术和大型金属装备制造技术的深度融合与集成。通过输入产品的外形参数，即可在计算机软件中完成三维模型分解，并在计算机的控制下全自动化进行金属材料逐层叠加，最终完成产品。该技术可精确地实现结构复杂的大型金属构件一体成型，可谓所想即可得，代表了未来先进制造技术发展的必然趋势。重型金属 3D 打印作为一项变革性的重型金属构件制造技术，为核电装备的高质量、高效率、低成本制造开辟了一条新的道路。





西亚基向 空客公司交 付大型工业级 金属 3D 打印机

西亚基公司，位于美国伊利诺伊州芝加哥市，为 Phillips Service Industries, Inc. (PSI) 的子公司，是金属增材制造（AM）领域全球领先的供应商。西亚基公司近日宣布，空客公司将于 2016 年 12 月接收西亚基公司交付的一套最顶尖的 EBAM™ 110（电子束增材制造）设备。

西亚基的 EBAM 工艺结合了计算机辅助设计 (CAD)、增材制造加工原理和电子束能量源。从 CAD 程序设计的 3D 模型开始，西亚基的全铰链式电子束枪，通过将送进腔室的金属丝材一层一层的熔覆构建，直至工件达到接近净形的形态。之后，近净形的工件需要接受热处理和后期数控机床的精加工。最终产生的废料极少。

西亚基通过 IRISS™（层间实时成像及传感系统）技术将打印质量和设备可控性一步到位的同时实现。IRISS 是目前金属 3D 打印领域唯一能

够实时监测和控制的系统，它可以感测并数字化自调整金属熔覆，具有极佳的精确性和可重复性。该闭环控制系统是西亚基 EBAM 金属 3D 打印工艺可以从第一件开始直到最后一件，持续打印出具有相同的几何形状、机械性能、微观结构和金属化学性质的工件的基本原因。

如上所述，EBAM 技术使用丝材原料，该原材料囊括了各种金属和难熔合金。例如：钛、钽、铌、钨、铬镍铁合金和不锈钢。西亚基的 EBAM 110 设备拥有一个高达 1778 mm x 1194 mm x 1600 mm 的工作腔室。

西亚基公司市场副总监 Bob Phillips 说：“西亚基非常自豪能够与像空客这样的世界级创新公司合作。我们都知道金属 3D 打印技术将变革航空航天工业的制造方式，西亚基致力于始终处于这一变革的前沿”。

作为行业内拥有最大金属 3D

打印工作腔室的供应商，西亚基的 EBAM 系统产品线可打印从 203 毫米到 5.79 米长的工件。EBAM 也是金属增材制造市场中熔覆速度最快的 3D 打印工艺，平均金属熔覆速率为每小时 3.18 至 9.07 公斤。🔴



上面这张照片凸显了西亚基 EBAM 工艺在使用钛金属 3D 打印空客飞机尾部上方翼梁时的两个不同阶段。左侧照片呈现了早期预成型阶段的工件。右侧图片呈现了工件的最终形态。



源于大自然的灵感： 世界首辆 3D 打印摩托车 Airbus APWorks Light Rider

撰文：Patrick Schürmann，APWorks 设计和优化项目工程师

3D 拓扑优化、新材料、增材制造技术相结合应用于 Airbus APWorks Light Rider 电动摩托车的研发，获得革命性的轻量化设计



增材制造或 3D 打印作为一种替代传统的制造方法正在落地并逐渐被大众接受，它区别于其它方法最显著的优势是轻量化。增材制造使得产品部件不仅质轻，而且刚硬，具备很高性能。航空航天工业一直是增材制造的先驱，现在其他行业如汽车行业等也越来越多地利用这种制造技术。

特别是将增材制造应用于电动摩托车的开发，它有助于达到重量目

标，同时在同样的时间，确保产品的效率，使复杂的几何形状的制造得以实现。

在此，我们以世界首辆 3D 打印的摩托车样机 Airbus APWorks Light Rider 为例，这是一个利用增材制造方法实现创新的产品。“这样一个复杂的有机分枝空心结构是不可能采用传统的制造方法，如焊接和铣削等加工方法实现。”Airbus APWorks

GmbH 首席执行官 Joachim Zettler 如此评价（APWorks GmbH 是空客 Airbus 集团的全资子公司）。“要感谢拓扑优化技术和空客公司内部开发的新材料，使得这一全新的设计得以实现。”

APWorks Light Rider: 设计研究成功案例

Light Rider 是由 APWorks 开发，



为现有的和潜在客户展示金属 3D 打印设计研究的成功案例。APWorks 这一研究标志着全新的零部件的研发、结构再造、材料的优化和 3D 打印相结合的成功。这些因素的组合导致重量和成本的节约，同时减少装配时间，并有助于在零部件和组件集成新的额外的功能。此电动摩托车车架是基于大自然原理获得的结构优化设计。从视觉上，Light Rider 的设计

有点像咖啡赛车手（Cafe Racer），自上世纪 60 年代英国的系列摩托车。在 APWorks 工程师选定了组件如车灯、座位和颜色后，他们开始了设计流程。

此外，拓扑优化技术和空客公司开发的高性能的铝合金材料 Scalmalloy®，是项目成功的关键因素。Scalmalloy® 材料不仅耐腐蚀，而且结合了铝的重量优势以及与钛等同样的强度优势。

“Light Rider 展示了如何创建一个节省重量的精致结构，这个结构选择轻质高强度材料如 Scalmalloy® 得以实现。”Zettler 解释道。

HyperWorks 仿真驱动设计

APWorks 工程师使用了 Altair HyperWorks 套件的各种仿真工具，对车架结构设计进行了仿真分析，HyperWorks 是 APWorks 自 2013 成立以来一直使用的标准的产品研发软件包。

APWorks 设计和优化项目工程师 Patrick Schürmann，也是几个月来 Light Rider 项目的技术开发支持工程师，他解释道：“在我们的研发过程中，我们使用 HyperMesh 建模，OptiStruct 软件进行有限元分析和拓扑优化，HyperView 进行后处理。对于 Light Rider 项目的车架和造型的重新设计，我们使用了一个外部 CAD 软件，未来我们打算采用 solidThinking 中的设计工具 Evolve 进行设计此项工作，这样，Altair 的产品家族将全面覆盖仿真驱动设计产品研发的整个过程。”

优化迎接 3D 打印之挑战

在一个项目如 Light Rider 中，

生成 3D 打印模型，优化模型要求工程师克服三大挑战：

1. 基于给定边界条件创建最优形状——一个可以很好处理拓扑优化结果的研发步骤；
2. 从优化的结果导出几何形状——代替使用传统的 CAD 工具，直接使用建模工具如 solidThinking Evolve 和 Inspire 获得更快更好的结果；
3. 处理 3D 打印特定的制造约束。

优化准备

对于整体结构中零部件的优化，如 Light Rider 的车架结构的优化设计，首先是要指定一些设计参数作为边界条件，例如满足整体人机工程学的车轮轴间距、车把的几何位置、脚踏板、座位定位等。在要优化区域定义一个大的设计空间，这个设计空间与摩托车车架的外尺寸相对应，有了这些定义，软件就知道载荷被引入的位置和各零部件之间的关系。

通过仿真计算，该软件可以确定最佳的传力路径，并为工程师提供详细的必要的材料布局。在这种优化运算中，需要考虑摩托车车架上多种不同的载荷工况，如各种源于数据表（如正常的轮胎上的力、摩擦等）载荷；摩托车不同点的受力情况，例如把手或脚踏板上受拉或受压等载荷。

在创建设计空间时，摩托车的所



新加坡南洋理工大学利用航空级材料 3D 打印了第一台全功能直升机



拥有一架 3D 打印的直升机是种什么样的感觉？日前，新加坡南洋理工大学（NTU）的研究人员与增材制造巨头 Stratasys 合作，使用航空级材料 3D 打印了第一台全功能直升机。所谓的航空级材料就是一种高强度，轻质 FDM 用于商用飞机制造的材料——ULTEM 9085。

无人机是由机械和航天工程学院 NTU 博士候选人 Philip Keane 设计和 3D 打印的。它可以负荷超过 60 公斤的悬挂重量，并具有能承受极高温度的嵌入式电子器件。该项目由 NTU 的新加坡 3D 打印中心（SC3DP）和 Stratasys（亚太地区）共同开发，该公司是行业领先的 3D 打印和增材制造 Solution 公司 Stratasys Ltd. 的子公司。

特别值得注意的是无人机独特

的电子元件。通常，嵌入式电子设备对 3D 打印机有很高的要求，因为大多数电子设备不能承受高达 160 摄氏度的打印过程的高温。为此，在整个打印过程的关键阶段，商用级电子器件是被特殊处理后才嵌入无人机的。

Keane 表示：“最严峻的挑战是要找到可以能耐住高温打印过程的电子元件。我们必须对元件进行一些耐热处理以确保它们能够持续使用，包括向打印电路板添加新元件和重新定制外壳等。”打印无人机仅用了不到 14 小时，其中包括了三次暂停将电子设备放置在机箱内的时间。

据了解，使用 ULTEM 9085 进行 3D 打印的原因是生产级热塑性塑料以其高强度重量比和 FST（火焰，烟雾和毒性）等级而闻名，因此非常适合用于航空航天工业。此外，用

ULTEM 9085 预打印的外壳还为 3D 打印机提供了一个平面，以便在其上继续打印。

NTU SC3DP 执行董事 Chua Chee Kai 教授指出，这个无人机是学术研究人员与行业合作伙伴合作创新的一个成功的例子。他说，“与 Stratasys 的工程师们合作，运用他们对 3D 打印的知识，我们一定能突破当今技术的极限，打印一个非常耐用，耐高温的无人机。”

Stratasys（亚太区）应用和产品总监 Fred Fischer 评论道：“该项目体现了 Stratasys 旗舰熔融沉积模拟（FDM）3D 打印技术的强大功能，并完美地展示了 ULTEM 树脂的强度。我们期待着与业界和学术界的伙伴合作，共同研究，开发更多的 3D 打印技术和材料”。📦



跨国公司施耐德用 3D 打印技术 塑造未来工厂

施耐德电气 (Schneider Electric) 是一家从事配电、自动化管理和为能源管理生产安装组件的法国跨国公司，该公司将一系列 Stratasys 3D 打印机应用在各种原型制造中，以提高生产效率与缩减成本和时间。

虽然不同的企业和个人可能对“未来工厂 (Factory of the Future)”的样子有不同的概念，但制造商对增材制造设备越来越多的采用表明，许多业内人士将数字制

造视为“未来工厂”这一愿景不可或缺的一部分。

通过使用基于 Stratasys PolyJet 和 FDM 的 3D 打印解决方案，施耐德将用 3D 打印来开发产品、制造原型以及工业化。而且在生产过程中，Stratasys 3D 打印可以实现大幅减少成本并简化工作流程，有助于提升工厂的整体生产效率并减少产品的上市时间。

Stratasys 3D 打印技术的另一个优势是：注塑模具嵌件生产用于

打印功能部件。施耐德用 3D 打印机而不是通过铝加工方法来生产用于原型设计的注塑模具嵌件，其成本缩减了 90%，从 1000 欧元降到了 100 欧元。

“我们从 3D 打印注塑模具中看到了大幅度的成本节约，我们还大大缩短了生产时间，所以每次生产我们都能看到一个双赢局面。”Gire 解释说。“用铝生产模具原型在某些情况下必须长达两个月，但 Stratasys 的 3D 打印设备的使用让



看到日本大师的这组 3D 打印雕像“破碎的肢体”我方了

日本艺术家 Yuichi Ikehata 是一位才华横溢的摄影师和艺术家，最近他利用 3D 打印技术创作了一组混合媒体雕塑杰作，这组作品的名字为“破碎的肢体 3D 打印的另类形态”。

复杂的结构、精致的细节，略带惊悚之外，Yuichi Ikehata 借助 3D 打印这种技术淋漓尽致地表达出了他的作品理念和情绪形态。

艺术家使用 3D 打印让雕像长出头发

近日，艺术家 Shir Atar 发起了一个有趣的艺术项目——“发际线”，他 3D 打印出各种各样的雕像，更有意思的是这些雕像的头发是全 3D 打印的，这个项目除了作为娱乐艺术收藏，还探索了 3D 打印作为一个有趣灵活的制作工具的可能性。

Shir Atar 尝试了很多方法来打印出不同的发型：使用 CAD 软件对每股发束进行数字建模，依靠喷头移动来形成基底，然后又探索了胶版印刷，改变对齐方式、打印机方向，尝试各种线材打印和打印速度、热量、风扇速度和方向等。这些 3D 打印的发型给人印象很深刻：卷曲的胡须、顺滑的长发、坚硬的鬃毛。虽然是用塑料做的，但是其纹理和样式都非常接近真实。



央视《极客出发》：撒贝宁穿越唐朝 3D 打印吓坏古人

在 12 月 18 日央视科技创新类节目《极客出发》中，3D 打印狠狠地赚了一回眼球：不但唐朝的苏先生吃到了用 3D 打印机里直接打印出来的“文昌塔”，两台 3D 打印机被搬进了长安街上的“三弟工坊”，一分钟内

就做出了“撒贝宁煎饼”。两位测试官高博和撒贝宁还穿上了为他俩量身定制的 3D 打印铠甲，瞬间变身唐朝大将军。



滑雪板品牌商 Burton 使用 3D 打印开发绑定装备

滑雪板品牌商 Burton 使用 3D 打印技术开发了一个新的滑雪板绑定装置。这种绑定结构改变了以往使用绑带进行固定的局限，能大大提高使用者的舒适度及安全性能，十分适合初学者及老年人，以及那些受伤的不希望弯腰调整绑带的人们。

有选择性激光烧结技术的帮忙，他们在很短的时间内完成了所有的超级棘手的细节，并且加快了原型设计周期。

脑洞真大！用葡萄做原料的 3D 打印冰桶

Matsys 的创始人、旧金山建筑师 Andrew Kudless，最近举办了一个与时尚香槟生产商 Perrier-Jouët 合作创作的展览。而这个展览里有一个 3D 打印的冰桶，它是由葡萄制成的！

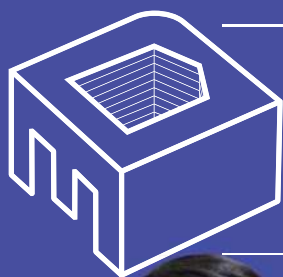
这个 3D 打印的冰桶是建筑师 Andrew Kudless 受到自然，新艺术风格和香槟制作过程启发做的新作品，基于葡萄做成的 3D 打印材料让冰桶有斑驳、粗糙的纹理。寓意森林中的清新，它为游客提供了一个放松身心的地方，暂时远离设计活动的喧嚣。冰桶的放置台也是 3D 打印的。



圣诞礼物高级定制：让人舍不得扔的 3D 打印葡萄酒瓶

去朋友家或者聚会时带上一支葡萄酒当做礼物，已经变得越来越流行。怎么让你的葡萄酒看起来更特别，甚至喝完之后还让人舍不得扔弃酒盒？圣诞节期间，比利时 3D 打印公司 Materialise 就和比利时设计公司 ARTdiVIN 合作，联合开发了一系列特殊的 3D 打印葡萄酒包装瓶，看起来非常与众不同。





3D PRINTING WORLD

2017年2月 | 第24期

3D打印世界

ISSN 2058-7600

鑫精合： 一群年轻人的 科技报国梦

作为典型的八零后，他们带领了一群更年轻的年轻人，和其领导人一样，年轻团队最不缺乏的就是精力、激情、干劲和抱负。

封面人物 / P18



P10
GKN Aerospace：看全球
一级航空航天供应商如何
开拓增材制造版图？

全球各大航空航天平台都在不断增加对增材制造技术的应用与探索。



P28
详解：工业级金属分流歧
管的3D打印重新设计

更好的设计原则和更经济的做法，应对增材制造给设计带来的挑战。



以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com



第五届亚洲3D打印展览会 The 5th iPrint 3D Expo

2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

海外买家云集的 3D打印展览会 2017 精彩再续！



“这个展外国人比广交会还多！”

“1000张名片一天发完了，根本不够用。”

——来自2016年亚洲3D打印展览会的客户心声

2016年回顾

 8395名专业观众，比2015年增长17.75%

 83个国家采购商，占专业观众比例18.3%

 100+家媒体报道

 展商平均接待客户200+



扫一扫
掌握展会动态



与全球最大打印耗材展
RemaxWorld同期同馆举办，
共享海量行业资源

参展咨询:

梁经理

☎ 0756-3959280

✉ Anna.Liang@rtmworld.com

EDITORIAL

刊首语



Malcolm Gladwell 畅销书里，“临界点”被定义为“当一个想法，趋势或社会行为越过阈值，像野火一样蔓延的神奇时刻”。正快速地从原型向生产转变的直接金属打印技术，就称得上是这样的“临界点”——它让 3D 打印在航天航空这些高精尖的行业应用变得更加成熟、更加精彩。

3D 打印对传统产业的影响正在逐步加深，金属 3D 打印无疑是其中的急先锋。日前，致力于开发桌面级金属 3D 打印机的美国初创公司 Desktop Metal（“桌面金属”）又一次站在了镁光灯下——在最新一轮（C 轮）融资中，他们获得了整整 4500 万美元（约合人民币 3.09 亿元）的巨款。这次的投资者名单中，还赫然出现了谷歌、宝马和劳氏（美国家居连锁巨头）的名字，至此，该公司拿到的投资总额接近一亿美元。

2015 年成立于麻省剑桥，这家创立仅两年的企业，官网甚至都没有太多完善和具体的细节，却频频以慑人的高姿态拿下巨额风投，让我们不禁好奇：究竟为什么它如此受到青睐？

这款 3D 打印机声称，要能够以“比市场上任何现有产品更快、更方便和更经济的方式”制造金属产品。公司联合创始人及 CEO Ric Fulop 信誓旦旦宣布，将以价格、性能、兼容材料为切入点，逐一攻破桌面金属 3D 打印的“痛点”：“塑料 3D 打印技术为快速原型开发领域打开了新的大门，但金属 3D 打印绝对会带来更大的冲击。”

Desktop Metal 还在让人遐想翩翩，而另一条好消息传来：德国制造和电子公司西门子刚刚宣布成功地完成了对其新的 3D 打印燃气涡轮机叶片的发动机测试，测试速度为 13000 转/分，温度则超过了 1250 摄氏度。长久以来，许多传统行业人士对 3D 打印心怀疑虑，但 3D 打印在高端领域频频的“过关斩将”一次次刷新了人们的认知。如此高性能的部件，可能是工业增材制造业的一个重要里程碑。

金属 3D 打印何以受到如此高的关注？不难发现，通用汽车公司（GM）、波音公司（Boeing）、霍尼韦尔公司（Honeywell）这样的大型制造公司和一些小型的工程公司都对金属 3D 打印有着巨大的需求。新设备和新技术的横空出世，必将帮助 3D 打印企业迅速打入这一市场，挣得丰厚利润。

技术和市场就像一对孪生兄弟，互生互长，彼此推动着进步。当前，金属 3D 打印企业正在朝这些方向稳扎稳打地前行：提高打印效率，降低生产成本；保持工业化的成熟度和稳定性；与工厂生产环境包括 MES 有效集成；提高整体打印过程监控与自动化水平。一个个“小目标”的实现，终将如涓涓细流，汇入更大的目标。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年 戴尅戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焘 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义许
王蕾 宋波纹 吴文恒

主编

余佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编辑

张艳萍 曾伟清 王莉
伍颖珊 刘盛娟 黄珊珊

美术设计

邓德胜 罗宇洪 周婵媛
钟晓俊 王清梅

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

刘勇

Davis.Liu@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤 C）Y0155102 号



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017 年 10 月 12-14 日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

08 环球 World News

观察 Observation

- 10 GKN Aerospace: 看全球一级航空航天
供应商如何开拓增材制造版图?

人物 People

- 18 鑫精合: 一群年轻人的科技报国梦
——访鑫精合公司孙峰、李广生

技术 Technology

- 24 鑫精合首创蜂窝式分区扫描策略:
金属 3D 打印零件性能将获得突破性提高
- 28 详解: 工业级金属分流歧管的 3D 打印
重新设计

应用 Applications

- 32 欧航局牵手 3D Systems
太空卫星发动机零件拥抱直接金属 3D 打印
- 38 像蒲公英一样轻盈!
中国造采用微单元包络体结构轻量化设计航天器结构件
尺寸获得重大突破
- 40 沈阳航空航天大学 3D 打印钛合金承力
构件助力鹞鹰 2.0 首飞圆满成功
- 42 汽车发动机革命来了! 雷诺卡车借助金属
3D 打印将发动机零部件减少 200 个
- 43 轮胎革命!
米其林 3D 打印专用模具打造高性能轮胎

44 创客 Marker

18 PEOPLE 人物

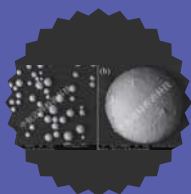
“是什么支撑着鑫精合人这样去
拼搏?那就是当鑫精合人看着自己
把一个个的产品送上祖国的蓝天
的时候,就是最幸福的时刻。”





极致“深空灰”，易生推出 eSteel 不锈钢金属线条

易生在普通PLA中添加不锈钢粉末打造出了这款 eSteel 不锈钢金属线材，环保、无气味、不易折断，打印顺畅，无翘边开裂等问题，抛光有金属质感，和其它金属耗材一样，需要多注意堵头问题，可以广泛应用于时尚创意设计/工业设计开发/创客空间等领域。



北京中航迈特公司研发3D打印TiNi记忆合金粉末材料

中航迈特采用自主研发设计的真空电极感应气雾化制粉炉，成功研制出球形度高、流动性好、非金属夹杂物少的高纯球形TiNi记忆合金粉末，率先实现 $\leq 53\mu\text{m}$ 细粉收得率的技术突破，经气体含量检测，15-53 μm TiNi粉末的氧含量为371ppm，氮含量为35ppm。填补了国内球形TiNi记忆合金粉末研制的空白。



Carbon 新推三种树脂 3D 打印材料

近日，知名3D打印公司Carbon为其CLIP平台发布了三种新的工程树脂：EPX 81，有与20%玻璃填充的PBT相当的机械性能，140摄氏度的热变形温度、高耐磨性；CE 221，高温氰酸酯材料，高热变形温度为230摄氏度，刚性非常强；UMA 90，一种增强韧性的材料，是制造模具、夹具和原型的理想选择。



Formlabs 新款工程级 3D 打印光敏树脂

美国Formlabs公司近日发布了其第四款工程系列光敏树脂Durable Resin，其主要成分是聚丙烯，优点是打印件具有较高的冲击强度和较光滑的表面，十分适用于制造原型消费品、包装、低摩擦低损耗的活动部件、会经常变形的部件，以及组装部件，比如盒子、卡扣、球状接头等。

西门子3D打印涡轮机叶片成功通过1250°C高转速测试

德国西门子刚刚宣布成功地完成了对其新的 3D 打印燃气涡轮机叶片的发动机测试，测试速度为 13000 转 / 分，温度则超过了 1250 摄氏度。据了解，新 3D 打印叶片采用了一个创新性的、用先进的 CAD 软件设计的内部冷却结构，由一种多晶镍超合金粉末制成，这种材料使得叶片能承受高压、极端温度以及涡轮机的高速运转所产生的旋转力。完成制造后，这些 3D 打印叶片被安装在一个容量为 13 兆瓦 (MW) 的西门子 SGT-400 工业燃气涡轮机上。



再砸 3.7 亿元！瑞士名企欧瑞康在北美建 3D 打印新工厂

瑞士先进制造名企欧瑞康 (Oerlikon) 宣布将斥资 5500 万美元 (约合人民币 3.7 亿元) 在美国北卡罗莱纳 (夏洛特城) 建立一座新的 3D 打印工厂，预计 2018 年正式投入 3D 打印的研发、设计、制造、应用与服务等完整流程，提供端对端的先进部件制造。

据了解，欧瑞康去年 11 月已经在密歇根建了一座工厂，最近又成功收购了德国 3D 打印公司 Citim (含 2 个工厂，分别位于德国和美国亚特兰大)，这次的新工厂将是他们的第四个增材制造工厂。

英国启动新项目将钛粉末成本降低至三分之一

近日，英国先进制造联盟透露，“创新英国”资助了一个名为“快速锻造”的项目，旨在研发更廉价、更丰富的 3D 打印钛金属粉末，该计划将于 2018 年中完成。英国创新机构认为，2020 年增材制造将为英国经济创造 10 多亿美元的财富。

“快速锻造”的成员包括赛峰着陆系统、谢菲尔德大学、斯凯莱德大学先进制造中心 (AFRC) 以及钛金属粉末厂商 MetalYSIS。MetalYSIS 将为项目提供钛金属，该公司掌握着一种低成本钛生产专利——FFC Cambridge。





上海数造机电科技股份有限公司新三板挂牌

2017年1月23日，上海数造机电科技股份有限公司在全国中小企业股转系统（新三板）获准挂牌，证券简称：数造科技，证券代码：870857。

数造科技全称上海数造机电科技股份有限公司（Shanghai Digital Manufacturing Corp.），成立于2004年，是一家致力于三维数字化、3D打印等高新技术装备的研发、生产、销售及整体解决方案和技术服务的公司，

全资控股上海数造三维科技有限公司、上海数美生物

科技有限公司、宁波数文三维科技有限公司。数造科技的使命是“数字化制造改变世界”，愿景是“打造国际领先的3D产业集团”。



先临三维 2016 年 3D 打印营收达 3 亿

2017年1月16日，先临三维披露2016年度经营情况预告。报告期内，先临三维预计营收3亿元至3.1亿元，同比增长约57-63%；预计2016年度净利润不考虑股权激励成本约2800万元至3300万元，同比增长约135%至180%。



2016年，公司3D数字化与3D打印生态系统进一步完善，在进一步完善工业制造、教育消费生态系统的基础上，重点突破了生物医疗3D打印生态系统。控股子公司捷诺飞生物收购了专业从事生物医用材料和器械研发的杭州铭众生物科技有限公司，形成了从材料到装备再到产品的生物3D打印产业链；同时，加速推进国际化战略，设立了德国子公司，而且拟与美国Bayshore Dental公司合资设立美国齿科子公司，进军美国齿科数字化市场。

新品速览



闪铸科技发布DLP技术3D打印机“狩猎者”

狩猎者HUNTER整体设计极富工业感，橙黑的色彩搭配，内部的关键零部件均采用高精度航空铝材一次成型加工件，其中对成型精度影响最大Z轴模组跳动精度为3μm，打印层厚可精确控制在0.025mm，Z轴层厚的未来预期是0.0125mm，光学引擎采用LED光源，超50000小时的使用寿命。



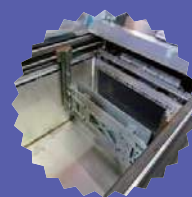
结合DMLS和铣削的Sodick OPM250L混合型3D打印机

美国机床制造商Sodick推出OPM250L混合型3D打印机，它能在模具内生产共形冷却通道。结合了高速铣削功能（使用45000转的主轴）和直接金属激光烧结（DMLS）技术，它先用500W的光纤激光器在金属粉末床上进行构建，最小层厚为50微米，打印10层后，铣削就参与进来切除多余材料，直到打印完成。



智维推出最新DLP 3D打印机MoonRay S

MoonRay S 3D打印机是一款无线3D打印机，最小打印尺寸仅为100微米，最小层厚度20微米，它具备5X3.2 X 8"的构件尺寸，使用LED DLP投影仪Ray One，整个构建平台能够达到始终如一的正确光波长，配备RayWare软件，仅需点击几下鼠标就可自动完成切片、增加支撑和打印。



从右到左纵向成型的树脂 3D 打印机 zSLTV

zSLTV源于美国Uniz公司，使用一个LCD屏对液态树脂直接照射，Z轴则将打印对象从右拉至左边而非充下至上。该公司认为，大型树脂3D打印容易出现材料断裂的现象，而这种从侧面开始打印的过程，打印对象会一直浸在树脂液体中，中性浮力和重力压力会被最小化，售价为1万美金。



01 | 美国

使用 600 个 3D 打印部件！波音造超豪华太空出租车

波音公司已聘请一家小型公司——牛津性能材料，为其 3 架“Starliner”太空出租车制造约 600 个 3D 打印部件（合同价值在 42 亿美元以内），意味着美国这一载人太空项目的一些关键零部件将使用 3D 打印技术制造。

与传统的金属和塑料部件相比，这些 3D 打印部件将使用其自有的耐高温 PEKK 材料，帮助波音降低成本，并减轻太空舱的重量。



02 | 美国

神奇！科学家研发出超轻质的 3D 打印陶瓷泡沫油墨

哈佛的研究团队受玻璃特性的启发，研发出一种全新的陶瓷打印工艺，这种工艺使用了 Lewis Lab 的 3D 打印陶瓷泡沫油墨，可以制作出使用于医疗、建筑等行业对象。

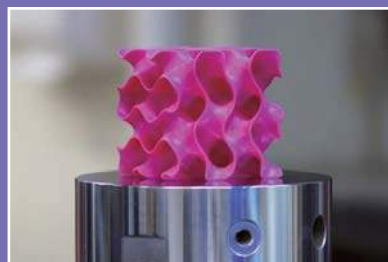
据悉，该团队研发的这种 3D 打印陶瓷泡沫油墨和传统的陶瓷材料的重量和密度特性有很大的区别，能够制作出高硬度但是非常轻的部件，可随机调节各部分的微观结构和孔隙率大小。该材料由氧化铝颗粒、空气和水组成，可以用于 3D 打印感温壁、组织支架和轻质结构。

03 | 美国

3D 打印超强石墨烯结构：强度比不锈钢高 10 倍，密度仅为 5%

麻省理工大学团队近日完成了一项研究测试，他们将石墨烯压缩和融化后，利用多材料 3D 打印机创造出一种密度仅为不锈钢的 5%、强度高出不锈钢 10 倍的新材料。

除材料本身之外，全新的 3D 打印几何结构“gyroid（螺旋）”也提供了很高的强度，其原子结构打印后不发生改变，这种结构用在其他材料上时，也会形成较高的强度、减少重量。



04 | 英国

英国巴斯大学揭秘 3D 打印在膜工业中的发展潜力

巴斯大学高级分离工程中心（CASE）的科学家将 3D 打印技术引入了膜工业中，用于制造不同形状、类型和设计的膜，科研团队研究发现，相比以前制造的膜，3D 打印膜能够进行更精确的设计、制造和控制。

研究团队表示，3D 打印非常适合用来制造带有设计孔状和表面形状的膜，这些孔状和形状可以增加膜表面的微观混合和剪切流，从而大大减少疏通堵塞所耗费的时间和能源，同时还能让膜在更长的时间内保持清洁。



07 | 中国

中国首批铸造产业化领域 3D 打印产品正式面世

四川共享铸造公司宣布制造出全国首批铸造产业化领域 3D 打印产品，投入市场后，将实现 3D 打印运用于铸造产业化领域零的突破。这批产品是共享铸造公司为中车资阳公司生产的机车发动机零件，3D 打印不仅仅降低了人工成本，还大大提高了产品成品率，实现了节能减排。

据了解，共享铸造公司将在今年 3 月底正式投入批量化生产，将主要铸造生产船舶动力、轨道交通领域的发动机等产品，规划产能将达到 2000 多吨，年产值将达 3 亿元。



08 | 迪拜

迪拜今年将开始 3D 打印牙齿

在 2017 年 1 月 30 日举行的阿拉伯健康卫生大会上，迪拜卫生局正式宣布将在未来几周内为其掌控的 11 家健康中心“植入”3D 打印和 3D 扫描技术。而作为首批试点，这些机构全部隶属于牙科服务部门。

DHA 同时也表示，一旦针对牙科机构的部署工作结束，他们就会迅速将目标转向综合性医院。DHA 牙科服务部门主管 Hamda Mesmar 医生表示，采用 3D 扫描 + 3D 打印这种新方法，牙模制造耗时就能大幅缩短。他们已经可以做到 6 小时制作出 18 个牙模。



05 | 以色列

Nano Dimension 获以色列投资 将研发 3D 打印高级陶瓷材料

Nano Dimension Technologies 宣布，将开发可使用喷墨技术进行 3D 打印的高级陶瓷材料。新项目得到了以色列创新局 MEIMAD 委员会的支持，该局已批准 140 万新谢克尔（约 37 万美元）的预算，其中 50% 的预算将作为此次项目的资金支持。

总公司 Nano Dimension 认为，在其技术的支持下，用户能更好地完成 3D 打印先进陶瓷材料的开发。这些材料有可能为航空航天领域创造下一代陶瓷元件，或者用于制造 PCB 的电介质部分，带来更优的绝缘和机械强度性能。

06 | 澳大利亚

澳洲学者 3D 打印超逼真的新型肌电假手

澳大利亚 Wollogong 大学（UOW）的软机器人科学家们近日借助 3D 打印技术开发出了一支全新的肌电假手，它不但外观十分逼真、拥有接近人类皮肤的表面纹理，而且可以通过大脑信号控制。

得益于 3D 打印和其它先进制造设备，这支假手柔软轻便又足够坚固，能够抓起相当重的物体，而且只需耗费很少的电能。此外，3D 打印技术还方便一次成型，而不是分块制造再组装。



GKN Aerospace :

看全球一级航空航天供应商如何开拓增材制造版图？

撰文：David Whittaker 博士，粉末冶金专业顾问

近期，Metal AM杂志受邀走访了GKN Aerospace位于英国布里斯托尔·菲尔顿的航空航天制造工厂及增材制造中心，了解该企业在增材制造方面的全球开发活动。GKN航空增材制造负责人Robert Sharman博士和GKN Filton增材制造中心经理Tim Hope接受了采访，并概述了公司在航空航天应用领域的现状和未来愿景。



图1 GKN 航空航天事业部 Filton 中心，一台 Arcam 的 EBAM 增材制造设备正在运作



图2 GKN 航空航天事业部开发的一个演示组件，利用 SLM 技术打印而成

GKN集团（吉凯恩集团）是一个全球性的工程业务部门，主要分为四大业务部门：航空航天（GKN Aerospace）、汽车传动（GKN Driveline）、粉末冶金（GKN Powder Metallurgy）、地面系统（GKN Land Systems）。这家企业总部设在英国，拥有超过250年的深厚积淀，如今已经发展成为一家拥有56,000名员工、年度销售额超过75亿英镑的跨国巨头。

通过领先航空制造生产商的战略要素整合，GKN Aerospace将自己的业务拓展到全球范围：

2001年，收购波音公司（Boeing）在美国圣路易斯的结构业务工厂，加强了与波音公司在金属与复合技术领域的合作关系。

2009年，收购空客（Airbus）

在英国Filton的生产和组装工厂，增强了在金属航空结构件装配方面的实力。

2012年，收购瑞典沃尔沃航空（Volvo Aero），确立在航空发动机零部件的市场领导地位，扩展了GKN航空航天引擎部件业务。

2015年，收购荷兰的福克技术（Fokker Technologies），有利于GKN增强在航空业务市场中的地位，丰富技术内容与要素，以及拓展自身的国际业务。

在这些收购的基础上，GKN Aerospace还顺利跻身成为领先的全球一级航空航天供应商，在其中几大领域都表现斐然：

- 航空结构
- 发动机系统
- 火箭发动机子系统

- 特殊产品（例如飞行甲板和客舱的窗户透明胶、防冰系统、轻型导弹罐）

- 起落架
- 布线互连系统
- 全球服务，包括MRO（维护/修理/整修），成熟/传统飞机的改版和完善

GKN Aerospace在全球15个国家拥有62个定点，2015年销售额约25亿英镑，占集团销售总收入的33%。

增材制造：GKN的跨部门项目

Robert Sharman提出，增材制造对整个GKN集团来说是一种关键性的制造技术，他表示：“增材制造开发属于GKN集团的跨部门项目，增材制造卓越中心更是与航空部门、粉末冶金部门有着密不可分的关联。另外，一些外部合作的设备供应商、研究机构也会用上增材制造。”

在GKN的粉末冶金部件卓越中心（GKN Sinter Metals，位于德国Radevormwald）和金属粉末生产卓越中心（GKN Hoeganaes，位于美国新泽西Cinnaminson），已经开展了增材制造的相关应用。

这些中心进行的增材制造开发，很大一部分重心放在了粉末床熔融技术和粘合剂喷射技术上，它们将利用这两种技术制造一系列的亚铁材料汽车零部件。此外，GKN集团的Hoeganaes金属粉末开发事业部已经将钛合金气体雾化工艺引进了自己的粉末生产线，与德国粉末生产专家TLS Technik合作签订合资协议后，其生产能力将得到进一步增强。

Sharman博士指出，GKN Sinter Metals对粘合剂喷射技术有着浓厚的兴趣，这种技术有助于提升其金属注射成形的水平（注：金属注射成形，在生胚部件成形后进行脱粘和烧结）。对汽车制造行业来说，粘合剂喷射在降低部件成本方面的优势颇具吸引力。

然而，GKN Aerospace对这种基于粘合剂的增材制造技术不太感兴趣，因为它不能在最终产品中实现完全致密。

GKN Aerospace增材制造全球布局

Sharman博士强调，航天航空部门看重的主要是金属增材制造技术，特别是钛合金/镍合金的处理工艺。当然他们也关注聚合物部件的生产和应用，在此暂不细述。

GKN在航天航空领域的增材制

造开发始于15年前，主要是通过线性沉积提升火箭发动机喷嘴的性能。GKN还是欧盟资助的增材制造研究项目的早期参与者之一，如其瑞典运营分支（沃尔沃航空，现在为GKN航空航天发动机系统）曾经参与了欧盟的框架6VITAL项目。GKN还参与了一些联合研发项目，如航空技术协会（ATI）自主的“Horizon”项目。完成收购Fokker后，又为GKN的业务带来了新的增材制造能力与机遇，特别是聚合物3D打印方面的优势，并且为GKN的增材制造开启了全新应用，如布线、起落架制造、维护、修复和整修等。因此，增材制造在GKN的航天航空部门实现了迅猛的发展，主要的增材制造工艺、整个价值链（从原材料、设计、处理和应用开发）几乎都有覆盖。GKN Aerospace之所以会涉及到如此广泛的增材制造工艺种类，与它旗下的几大卓越中心密不可分。

这几大中心主要采用的技术包括：

大规模线性沉积

使用激光束作为能量源，以线性形式进行大规模沉积。这是一个大批量吞吐的过程，并集中在大规模（> 50厘米）的零件制造。其应用包括大型的航空结构部件——这一应用最初引进是由于它能大幅提高飞行重量比，带来了巨大的成本效益。GKN位于北美的卓越中心在主导这一技术的延伸和深入。

精密沉积

精密沉积主要是使用激光束进行线性沉积，或者利用局部隔绝大气的激光束进行粉末填充。关键在于钛/镍合金材料及其应用，比如在焊接结构/铸件/锻件的基础上



▲ 图3 利用 Arcam 的 EBM 设备打印出组件后，在保护气体环境中完成粉末去除过程

鑫精合： 一群年轻人的 科技报国梦

——访鑫精合激光科技发展（北京）有限公司孙峰、李广生

✍ 撰文：曾伟清



从团队成立之初始于三百平的小别墅，到如今翻十倍的生产经营面积，从七人的小武装到建立一支听从指挥、能打胜仗的百多人的大部队，从零到过亿的产值，鑫精合激光科技发展（北京）有限公司（以下简称“鑫精合”）仅用了一年的时间。

中国 3D 打印格局风云变幻，以最初清华、北航、华科、西工大、西交大五大高校科研脉络延伸出了各方势力，群雄割据中又尤以金属 3D 打印最为称道，而短短一年时间里，鑫精合异军突起。

3D 打印行业内能挣一个亿的企业亦屈指可数，鑫精合，这个少有人耳闻的名字背后快速崛起的是一股什么样的新势力？

心怀远大 航空报国

孙峰和李广生是鑫精合两位主要的创始人，也是领导团队的中坚力量，作为典型的八零后，他们带领了一群更年轻的年轻人，和其领导人一样，年轻团队最不缺乏的就是精力、激情、干劲和抱负。

在学校期间，孙峰和李广生所学的就是与飞行器制造相关的专业，参加工作后进入中航工业系统从事航空制造相关的工作，对国家的航空国防事业产生了很深的感情，并在两位年轻人的心中种下了航空报国的远大志向。

但这些年中航工业系统型号研制的经历，使他们深切感受到中国航空制造水平通过这些年的积累和发

展，虽然取得了很大的进步，但与国外发达国家还有不小的差距，这其中的差距可以说是在设计、材料、制造工艺、管理水平上的全面落后。因此如何能够弥补差距，提升国家的航空制造水平成为了孙峰和李广生心里一直梦寐以求的事情。

于是，在他们开始慢慢接触金属增材制造技术，并了解到其鲜明的技术优势可以很好地解决航空制造面临的若干现实问题的时候，孙峰和李广生当时兴奋异常，两个年轻人就像是人类发现了新大陆一般，开始积极投身到这个技术的研发之中，并且凭借着增材制造自身的技术优势及中航工业的平台，逐渐地实现了型号应用。

金属 3D 打印担负着 3D 打印技术工程化应用的历史重任，目前在飞机机翼机身、发动机零部件、运载火箭及各型导弹、空间航天飞行器、无人机系统中都有着广泛应用。根据测算，2020 年全球 3D 打印市场份额可达 212 亿美元，按目前航空航天 3D 打印应用占比 16% 的比例不变，2020 年 3D 打印在航空航天业应用规模将达到 34 亿美元。他们认为，金属 3D 打印的市场需求很大。

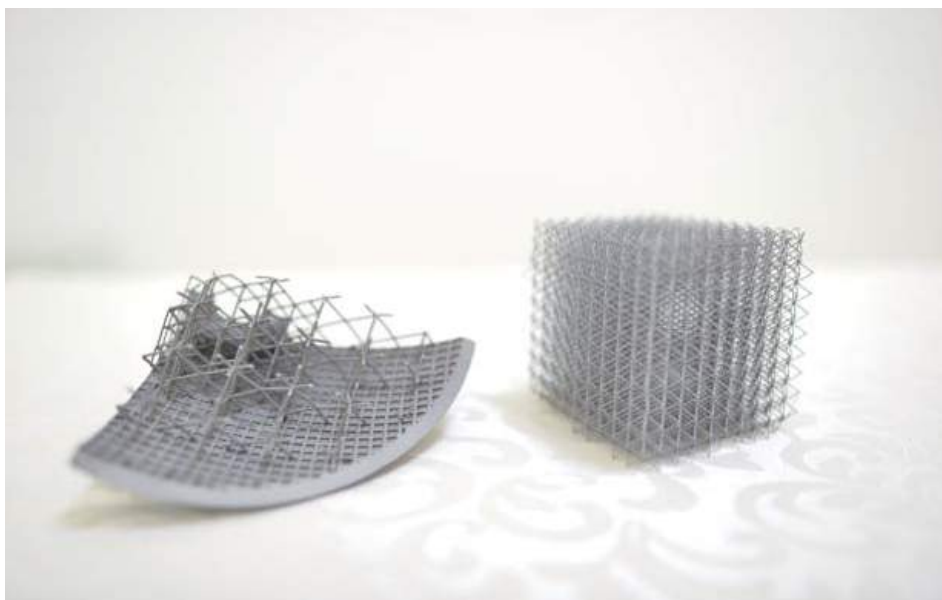
航空体系作为鑫精合技术发展的摇篮，技术发展需要后续更多的投入和引导，由于原有国有企业体制制度约束等原因，金属 3D 打印投入受到了很多限制，但是放弃大好的技术发展前景与市场预期又十分可惜。在

这种情况下，原有核心人员成立了鑫精合公司，这些核心人员从 07 年开始就已经致力于将金属增材制造产品应用于航空航天制造领域，可以说是国内最早从事金属增材制造研发的团队。

鑫精合公司的成立响应了国家十三五期间发展智能制造、实现制造强国的总体构想，希望借助团队在金

来都没有被影响过，反之，他们更加坚定事业前途光明的同时，更愿意沉下心来做工艺试验、做型号研制、做设备研发。

鑫精合人每天披星戴月，工作只有上班时间是固定的，下班时间根本没法固化，深夜里、假期里总是伴随着鑫精合人奋斗的身影，切实地体现出了鑫精合的企业文化中“特别能



▲ 鑫精合利用金属 3D 打印技术制作的晶格结构部件

属增材制造领域多年的经验，为国家的高端装备制造行业做出自己的一份贡献。

群狼作战 坚忍协作

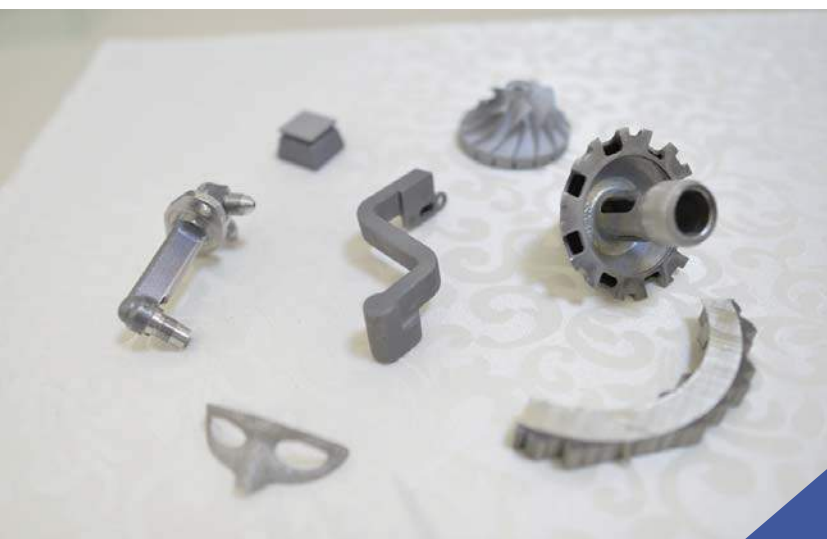
“初生牛犊”、“行业黑马”这类形容词或许已不足以支撑这支年轻团队的所有特质，这是群狼作战——沉默、坚忍、速度、协同。

3D 打印作为时下的香饽饽，趁着这股东风大肆地进行市场炒作是多数企业的运作策略，但是鑫精合人从

吃苦，特别能战斗，特别能攻关，特别能奉献”的精神。

“别人觉得我们表面光鲜，其实很多人没有看到我们背后奋斗的一面，创业都是极其艰辛的，我们也同样不例外。”孙峰感叹。

在鑫精合 2016 年的一个核心项目中，项目团队仅用 9 周时间，试验了 4 种从未尝试的材料，完成了 11 件零件的制作。时间紧、设备少、难度大、任务重，这是一个几乎不可能完成的任务，但他们丝毫没有退缩、



“ 作为技术型的公司，一定要具有啃骨头的精神，只有解决技术难题我们才能走在前面，这是鑫精合存在的价值。 ”

◀ 鑫精合利用金属 3D 打印技术制作的零部件

抱怨、犹豫，当项目评审验收之时，令客户震惊、对手悍然、行业瞩目。

“作为技术型的公司，一定要具有啃骨头的精神，只有解决技术难题我们才能走在前面，这是鑫精合存在的价值，”鑫精合董事长李澄在公司年会上的发言。

鑫精合的市场营销团队更具战斗力，在鑫精合创业初期前途未卜之时，用初生牛犊不怕虎的精神同心协力地创造了一个个的神话：在设备上市才不到半年的时间里，实现了 9 台铺粉设备的销售成绩；在不到一年的时间里完成了数千万销售业绩，保证了公司创业初期总体目标任务的超额完成。他们一个月 30 天里有 26 天在出差，而剩下的 4 天则在公司接待客户。

在鑫精合，有人甚至连续工作 36 小时都没能休息，有人的加班时间超过了 1000 小时，这样的例子不胜枚举。

是什么支撑着鑫精合人这样去拼搏？李广生认为，那就是当鑫精合人看着自己把一个个的产品送上祖国的蓝天的时候，就是最幸福的时刻。

技术为先 国之重器

“听说过我们鑫精合人的朋友也许不是最多

的，但我们在技术发展和得到国家重点型号工程化应用方面却应该是最强的。”

他们所言非虚，鑫精合在过去一年中先后与中国航发动力所、航发黎阳、中广核工程公司、中船重工、中国航天科技 / 科工集团等单位建立增材制造联合实验室，依托双发优势在增材制造



▲ 鑫精合自主研发的 TSC-X350C 金属 3D 打印设备

鑫精合首创 蜂窝式分区扫描策略： 金属 3D 打印零件性能将获得突破性提高

据悉，鑫精合激光科技发展有限公司（以下简称鑫精合）经过在激光选取熔化策略对应立场的影响方面做了大量研究，首创了蜂窝式分区扫描策略，这一策略可使用最少材料，创造出最大空间，从而大大提高金属 3D 打印零件的性能。本文将对这一创新成果的技术背景和细节进行介绍。

激光选区熔化（SLM - Selective Laser Melting）是一种金属件直接成形方法，是快速成形技术的最新发展。该技术基于快速成形的最基本思想，用逐层添加方式根据 CAD 数据直接成形具有特定几何形状的零件，成形过程中金属粉末完全熔化，产生冶金结合。该技术突破了传统加工方法去除成形的概念，采用添加材料的方法成形零件，不存在材料去除的浪费问题；成形过程不受零件复杂程度的限制，因而具有很大的柔性，特别便于单件小批量产品，尤其适合航空航天用复杂零部件的生产。SLM 技术需要高功率密度激光器，聚集到几十微米大小的光斑。

激光选区熔化快速成形技术是金属零件的一次成形技术，也是简化中间环节的终端技术，生产出的工件经抛光或简单表面处理可直接作模

具、工件或医学金属植入体使用。鑫精合核心人员从 08 年就已经意识到激光选区熔化是发展的必然趋势，开始致力于将金属增材制造产品应用于航空航天制造领域，并积累了大量经验。该技术将主要应用于航空航天中飞机机翼、复杂零件及发动机叶片制作等。无需数控铣削，无需电火花加工，无需任何专用工装和工具，直接根据数模而将复杂形状的产品制造出来。

一般来说，采用选区激光熔化快速成形技术，零件的制造时间和成本均为传统技术的 10%~50%。并且该技术在复合材料、梯度材料的工件实体制造也有很好的发展潜力。

然而，激光选区熔化过程中，往往受到各方面条件的制约而导致零件成形失败。其中，激光成形中的温度场和应力场的分布则对零件的最终质量有着重要的影响。激光选区熔化是一个热加工的过程，其中会伴随着温度场的变化，以及加工完成后，随着零件的冷却，都会存在零件内部的残余应力，这将导致零件的变形与开裂。激光选区熔化过程采用的是单点能量加载方式，由于其能量加载方式的存在，以及加工过程中时间的先后性，同一扫描层内，不同位置升降温

起点时间、散热速度和冷却收缩约束力存在较大差异，导致体积收缩在不同位置不同步、不均匀，最终同样表现为残余应力造成的零件开裂、变形。

由于激光选区熔化特殊的能量加载方式，不同的扫描填充方式将会对零件产生不同的影响。在扫描路径规划上，目前主流的方式是“S”形扫描，也就是双向扫描方式。该扫描路径是诸多扫描路径中效果最好的一种方式。接下来，本文在分区策略上，鑫精合向我们介绍了目前三大主流分区方法。

第一种，没有分区。激光完全按照零件二维轮廓的形状进行“S”形扫描，该方式由于可加工零件范围窄，且成形效率低，除了简单的薄壁件外，很少采用这种分区策略。

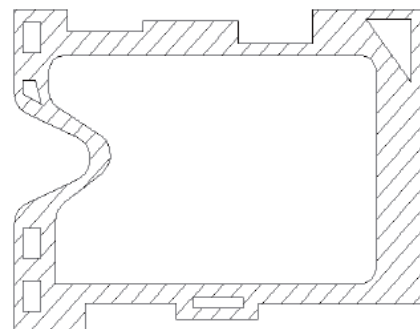


图1 无分区填充

第二种，条形分区策略。这种分区策略是将零件截面分成若干个具有一定宽度的长方形，以每个长方形为一个单位，激光在每个长方形内进行“S”形扫描。这种策略可以明显减少激光跨越型腔时的空行程，减少激光开关次数，延长激光器使用寿命。且该策略描述方式简单快速，是应用最为广泛的一种策略。

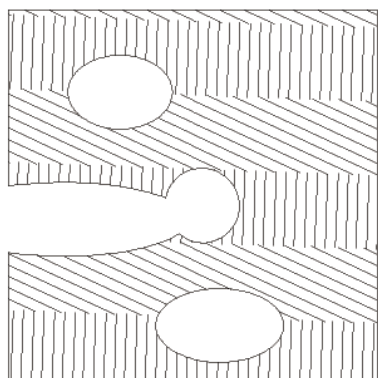


图2 条形分区填充

第三种，岛屿式分区扫描策略，又称棋盘格分区扫描策略。这种分区扫描策略是近些年发展的一种分区扫描策略，该策略是在条形分区扫描策略的基础上发展起来的。与条形分区扫描策略类似，岛屿式分区扫描策略是将零件的截面分割成若干个正方形，激光在每个正方形内进行“S”形扫描。与条形分区扫描策略不同的

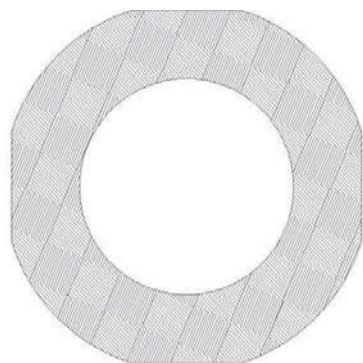


图3 岛屿式分区填充

是，激光完成每个正方形填充的顺序是随机的，也就是说，每个截面的温度场变化都是随机的。这种策略能够有效提高零件的强度，减少零件的翘曲变形。

而鑫精合在上面的基础上，自主开发了一种新型分区扫描策略——蜂窝式分区扫描策略。据鑫精合研发人员介绍，这种策略是将零件的截面分割成若干个正六边形，在每个分区内进行“S”形扫描。在建筑结构中，正六边形的密合度最高，可使用最少材料，创造出最大空间。鑫精合公司根据这一思想，将正六边形的结构引入3D打印中，将金属3D打印的零件性能进一步提高。

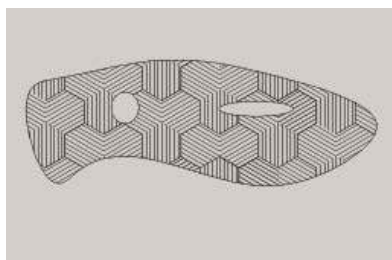


图4 蜂窝式分区填充

热力场模拟分析

将条形分区扫描策略、岛屿式分区扫描策略和蜂窝式分区扫描策略进行对比，理论模型如下图5所示，激光束按照不同的策略填充整个平面。激光加工时间为0.9s，冷却时间为0.9s。三种扫描填充方式如图6所示。

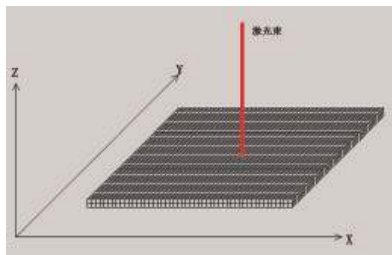
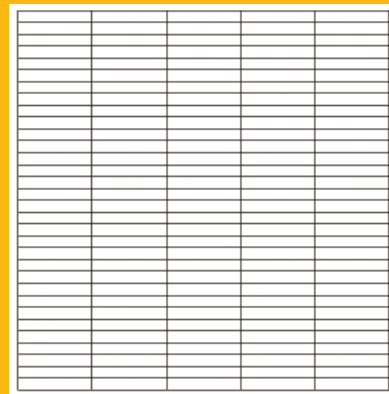
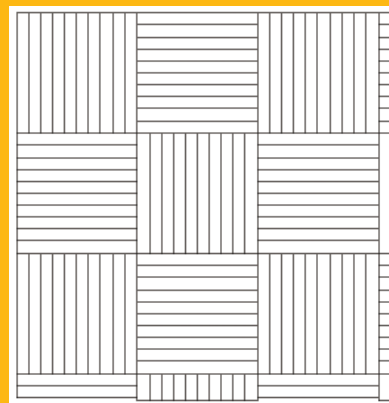


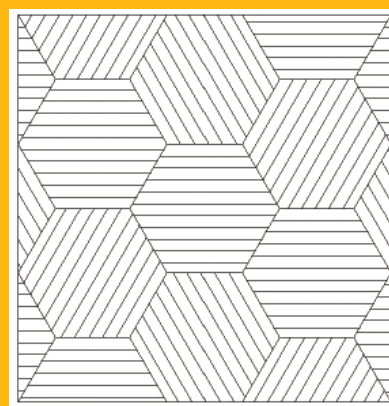
图5 激光加工示意图



(a) 条形分区



(b) 岛屿式分区



(c) 蜂窝式分区

图6 分区策略

详解：工业级金属分流歧管的 3D 打印重新设计

3D 打印就像一位神奇的魔术师，看起来有了这种技术什么都能打。但是，在实际操作中，需要掌握一些增材制造的设计原则及更为经济的做法，从而更好地应对其对设计带来的挑战及创造更好的经济价值。

本文，我们将以金属 3D 打印的工业进气歧管（不锈钢 316 材质）为例，揭示如何实现这种效益的最大化。

一．挑战与目标

图1产品是一个用于清洁安装的分歧管（分流装置）。该零件使用传统的加工和焊接技术制造，由7个不同的组件焊接组装成一个完整部件。该歧管的功能是将流入物分为2个不同的通道，同时尽可能均匀地向介质中加入溶剂。需要特别注意的是，用于流入和流出的接口（连接器）是柔性管，因此可以调整位置。

原设计

- 组装：7个部件（焊接）
- 体积：400cm³
- 成本：450欧元



优化设计

- 组装：一体化单个部件
- 体积：30cm³
- 成本：500欧元



图1

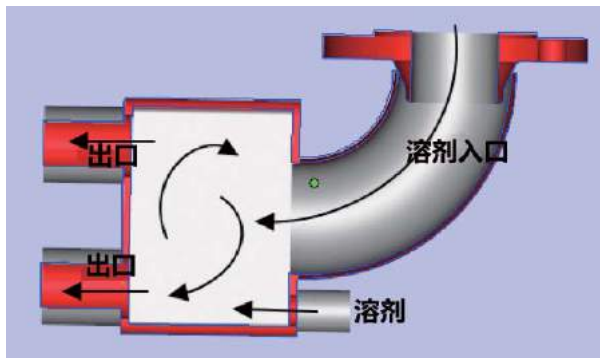


图2

从图2可以看出，本案例中的 3D 打印重新设计主要有两个方向：

- 提升部件的流动性能（流动阻力最小化、溶剂混合效率最大化）
- 减少部件的生产成本

二．为什么要用 3D 打印？

从图3可以看出，相对原来的分流歧管（左），优化设计后的分流歧管（右）的部件的体积变小了，但性能、成本却得到优化。

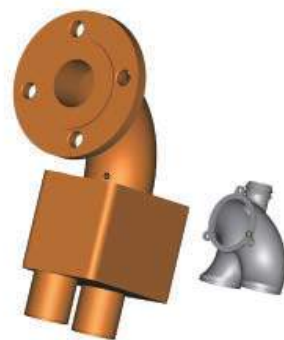


图3

三．设计策略

增材制造设计考虑了边界条件（如本案例中的进/出流速，以及歧管直径、溶液浓度）。材料选择主要是考虑其耐腐蚀性和强度。

1. 功能性：主要是提升溶剂混合效率，在不完全改动原有设计的设计上加入出口分流设计（图4）

2. 可打印性及后处理：可更改功能性设计，需要注意几个因素：（图5）

- 打印方向
- 减少表面处理和去支撑等后处理操作
- 部件表面和特征是否便于后处理

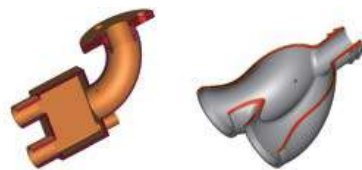


图4

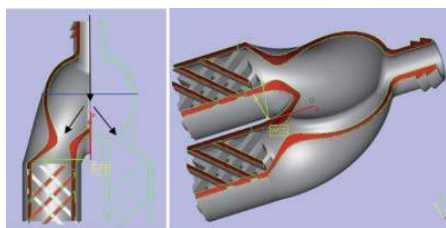


图 5



图 6

注意“网格”混合特征，同时还要考虑直接金属3D打印的角度设置（自支撑）。

四. 工具

为了得到更好的打印效果，软件和工具的选择很重要，比如SolidWorks等CAD软件、拓补优化软件等。（图6）

五. 打印部件的实现

在设计之初就选对方向会使支

撑结构设置得更好或更简单。支撑对金属3D打印来说很重要，关系到构建过程中零部件的物理以及热稳定性。设置支撑通常意味着：a、部件成本增加；b、打印耗时延长（涉及到成本）；c、后处理更复杂。（图7）

六. 得到最终的部件

为了得到最终的部件，还有几个步骤要考虑进去，特别是对本案例中的部件而言，我们必须：



图 7



春季灯博会二期

2017古镇制造及商贸展

Guzhen Lighting Manufacturing
Supply & Business Services Expo 2017

2017.3.28~31

灯都古镇会议展览中心 广东·中山

预登记买家有机会获得
百万现金奖！

\$1,000,000



马上微信预登记



☎ 0760-2235 3188



官网: www.gzlightingfair.com
灯饰在线: www.denggle.com

欧航局牵手 3D Systems 太空卫星发动机零件 拥抱直接金属 3D 打印

3D Systems 公司和欧洲航天局（简称 ESA）合作，通过直接金属打印技术（简称 DMP）和按需定制服务团队，制作出了用于一个双推进系统通信卫星发动机的喷油器、燃烧室和扩张喷嘴。这些零件可以让 ESA 评估潜在的因素，从而进一步改善产品的现有设计。

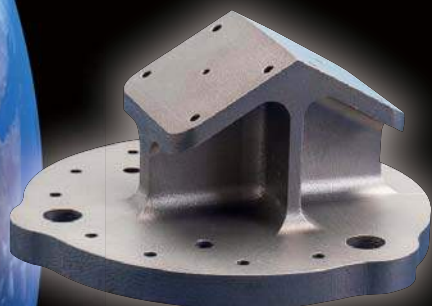
3D 打印的优势

此外，ESA 和 3D Systems 公司的专家们还探索了如何利用直接金属 3D 打印为上述卫星发动机零件提供功能性独立设计的替代方案。例如，在设计一个单片燃烧室的时候，可以考虑把一个薄壁压力容器和支持外部结构的支架结合起来。直接金属 3D 打印可以减少重量，简化组装，加速制造，并且为后期的设计调整提供支持。携手 ESA，与 3D Systems 公司的战略恰好相符，两者都希望提供自身独特的技术，从而助力更卓越的太空与航天航空制造。

DMP 技术现状

对移动互联网，银行、电视广播、天气预报之间高安全性的金融通信而言，通信卫星是必需的。太空卫星技术的开发是 ESA 的重要角色之一。作为内部





太空卫星发动机喷油器

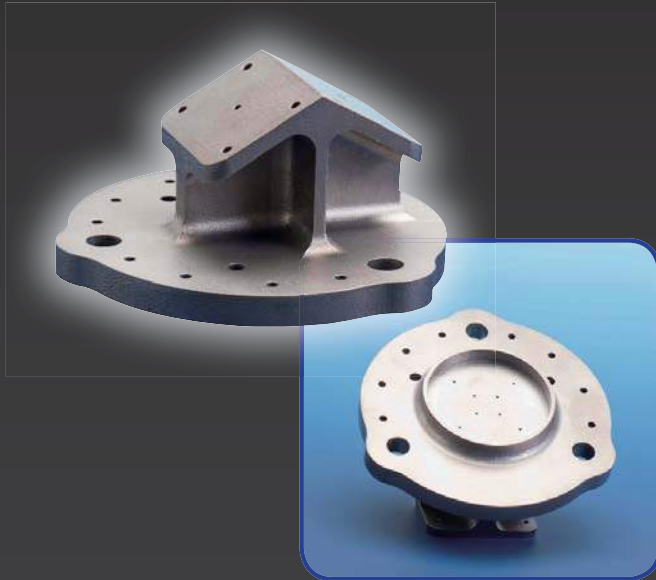


燃烧室（包含支架）



大型扩张式喷嘴

“ 分离室设计中，主要考虑这个部件要承受火箭发射时的非操作负载。火箭到达空间站开始运作后，对燃烧室的壁厚要求就没那么严苛了。 ”



▲ 创新的 DMP 工艺歧管，使阀门和燃烧室之间的推进过程更顺畅



▲ 上图是一张 130 微米分辨率的 X 射线图像，该图像细节表明使用 DMP 技术是制造喷嘴的可行方案

资金支持项目的一部分，ESA 正在研究金属增材制造 / 直接金属打印，对这种技术的潜能，尤其是它在发动机开发方面的前景。

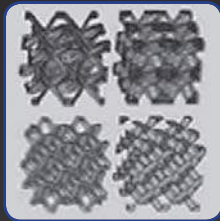
作为研究项目的一部分，ESA 与 3D Systems 公司达成了合作，专业的技术知识和优秀的客户服务是 3D Systems 的两大优势。3D Systems 完成 3 个关键发动机部件的最新设计与制造，并且提供了供选择的直接金属 3D 打印功能部件设计方案。

卫星推力器上面的喷油器以一种可控的方式把两种推进系统结合在一起，使其自发点燃且持续燃烧。文中管形状的燃烧室加速了化学气体的排放，从而推动卫星进入正确的轨道。扩张型喷管通过对下游的气流产生影响，进而再影响到其运动特性。

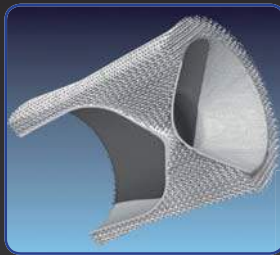
创新型的喷油器制作

“DMP 直接金属 3D 打印提供了创新的歧管装置，从而优化了从推进器阀到燃烧室的流程，”项目工程师 Simon Hyde 表示。它提供了极大的设计自由，使 ESA 将喷油器装配件的数量由 5 个减少到 1 个，也消除了对于液压喷射操作带来风险的密封焊接步骤，大大降低了成本和风险。在全面掌握增材制造流程的基础上，3D Systems 公司的直接金属 3D 打印可以制造出相对密度为 99.98% 的均匀微结构，适用的金属和合金材料也在不断丰富，包括钛合金。

DMP 技术也适合喷油器的热敏设计，可防止热量回溯到感应推进剂阀座和航天器本身。摆脱了加工处理的限制后，可以通过使用一个金属支架来控制导电率，从而实现感温支架的重新设计。喷油器

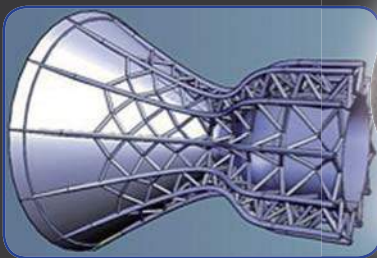


▲ DMP 一个显著的特征是构建低密度网格的能力，在 DMP 软件中这种特征已经成为标准



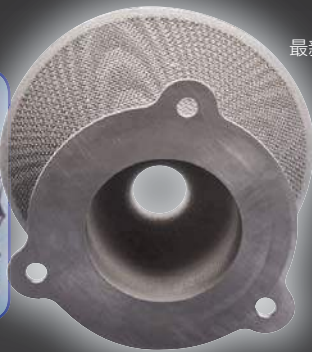
▲ 理想的设计是在辐射面上形成低密度的网格用以支撑发动机燃烧室的薄壁

原来的设计部件



▲ 燃烧室的功能在可操作和不可操作的负荷情况下分离。转化为支撑架构来支持薄的燃烧室壁

最新的设计部件



零件外壳是飞行级别的钛合金材料（Ti6Al4V），可达到航空产品认证要求、火箭发动机设计要求。

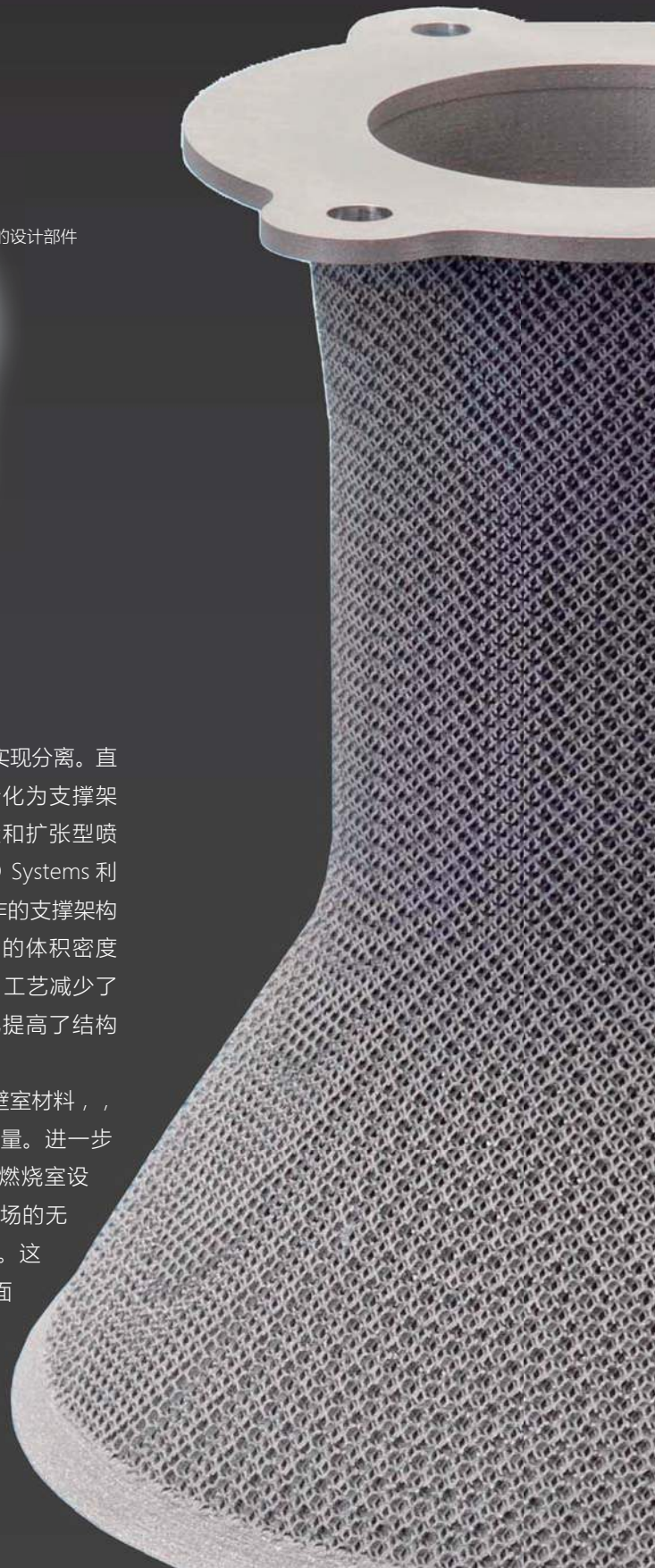
分离的燃烧室功能

紧凑型太空卫星发动机的燃烧室一般包含一个带有无支撑喷嘴口的收张喷管。推进剂会在气流在喷管的收聚部分完成化学反应，然后通过中间区段进入到扩张区段，并实现超音速扩张。在原有的分离室设计中，主要考虑这个部件要承受火箭发射时的非操作负载。火箭到达空间站开始运作后，对燃烧室的壁厚要求就没那么严苛了。

Simon Hyde 解释，DMP 直接金属 3D 打印允许燃烧室在可操作和

不可操作的负荷情况下实现分离。直观地说，新的设计将转化为支撑架构，来支持燃烧室薄壁和扩张型喷嘴附件的焊接凸缘。3D Systems 利用直接金属 3D 打印制作的支撑架构是低密度网格状的，它的体积密度低于 12%。因此，DMP 工艺减少了主要燃烧室的重量，也提高了结构的安全性能。

采用 Ti6Al4V 作为壁室材料，可以抵御极端的燃烧热量。进一步研究显示，这种创新的燃烧室设计出发点是网格在应力场的无向性和其复杂的热冲击。这个网格会提高有效的表面发射率，所以它会影响燃烧室周围的热通量。



像蒲公英一样轻盈！

中国造采用微单元包络体结构轻量化设计航天器结构件尺寸获得重大突破

晶格 / 点阵结构

由于重量轻、高强度比，逐渐成为航空航天产品设计的宠儿。日前，丹麦公司 Adimant 利用 3D 金属打印技术制作了据说是迄今为止最大的金属晶格结构，重 1.7 公斤，体积 134×28×500 毫米，用在欧洲最大的卫星制造商 Thales Alenia Space 的卫星上。

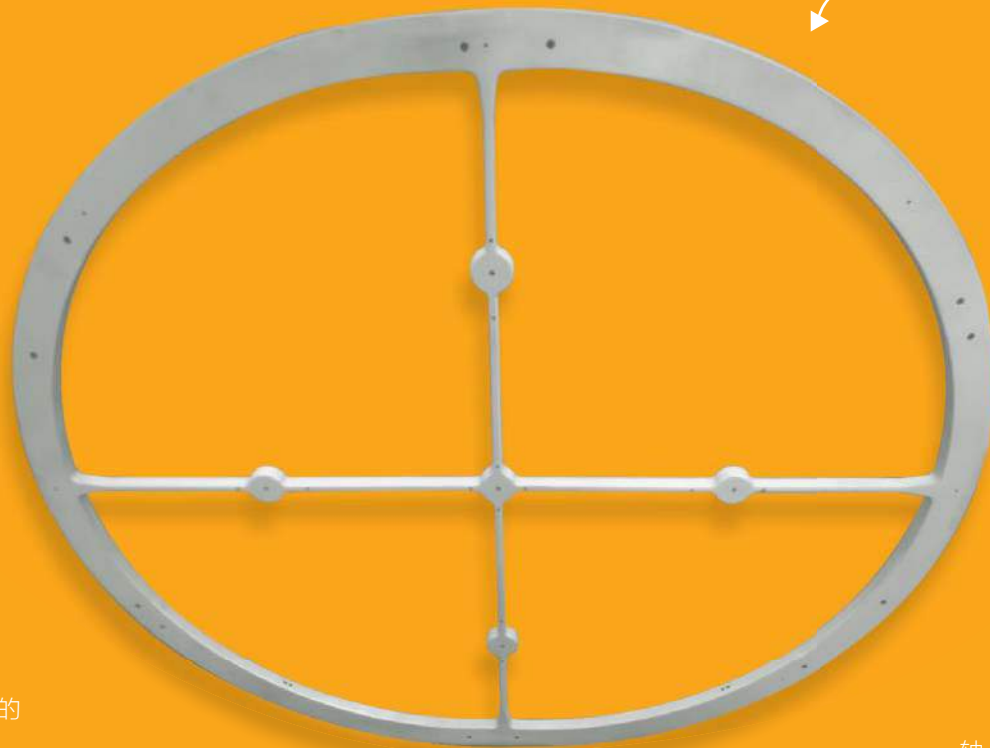
《3D 打印世界》获悉，近期，由中国空间技术研究院总体部采用微单元包络体（即点阵结构）结构进行轻量化设计的航天器结构件，通过金属 3D 打印技术研制成功，尺寸超过了 Thales Alenia Space 的卫星所采用的金属晶格结构。标志着国内金属选区熔化 3D 打印在成形尺寸极限、薄壁结构、微单元包络结构等关键技术方面取得重大突破。本文中，

我们不

但为大家揭晓此航天器结构件的真面目，还将揭秘其背后的技术难题。（编者注：本案例已获得中国空间技术研究院授权披露，但因保密要求，该航天器的具体用途不便透露）

据悉，此航天器结构件是采用钛合金研发制造、包络尺寸为长短

航天器框形

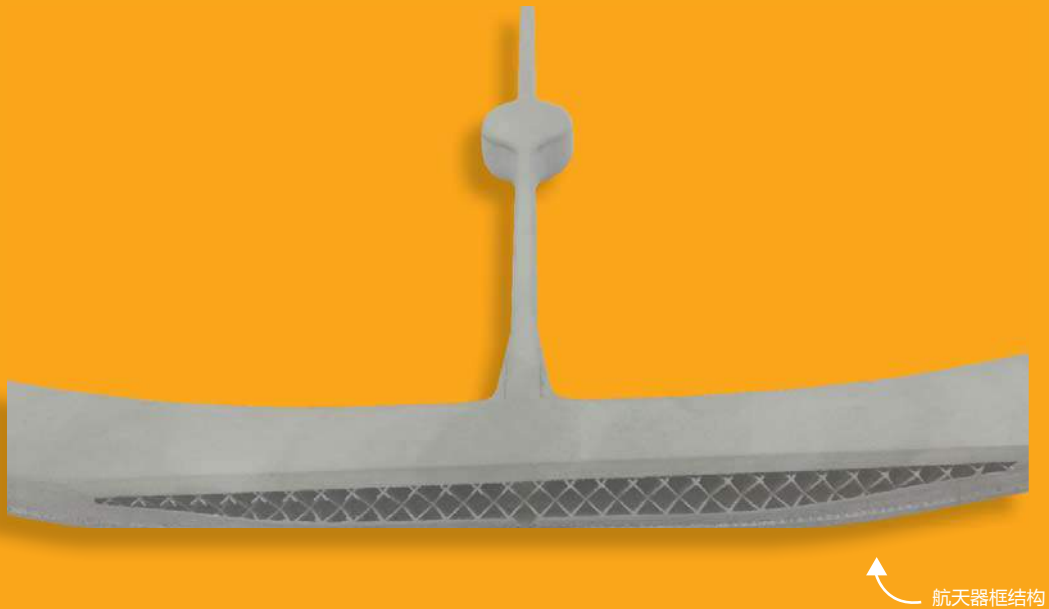


轴

在 550 至

700mm 的十字连接椭

圆形结构件（外形如图 1 所示）。如果采用传统制造工艺制造，零件内部只能为实体结构，重量将高达 1.5 公斤，无法满足产品重量要求。为达到减重的目的，设计人员在零件设计优化过程中使用了基于点阵结构的创新设计技术，用微单元包络体结构代替原有的实体结构，这种



航天器框结构

结构的理论重量远低于实体结构的重量，最终这样一个家伙的成形零件的质量仅为 600 余克！让人不得不惊叹于点阵结构的神奇魅力（内部结构如图 2 所示）。

由于传统制造工艺无法实现这种微单元包络体结构的制造，最终，通过采取金属 3D 打印技术成功研制出该航天器结构件。零件的质量仅为 600 余克，相比传统制造工艺减重 60% 左右。该钛合金零件体密度仅为 1g/cm^3 ，与水密度相当，减重效果极为明显，是尺寸获得重大突破的轻量化点阵航天器结构件。众所周知，航天器通常由众多复杂零部件构成，而这仅仅只是其中之一。如果能在更多的零部件尤其是大型结构件上实现晶格结构及金属 3D 打印，发射中的燃

料成本将可以大大节约！这对于金属 3D 打印在航天航空领域的应用无疑具有里程碑式的重要意义。

《3D 打印世界》了解到，此航天器结构件成形采用的金属 3D 打印技术为激光选区熔化成形技术。激光选区熔化成型技术成形的零件致密性好，能够成形高精度复杂异型金属零件。因其具有组织致密、综合性能优良的特点，在国内外已得到了普遍重视，并具有一定程度商业化应用。

据项目相关专家介绍，采用激光选区熔化成形技术成形此结构件的背后，存在以下技术难题：

1. 该航天器结构件尺寸大，包络体蒙皮壁厚较薄，厚度不足 0.5mm，且内部为微单元结构，结构尺寸精度要求严格；

2. 激光选区熔化成形过程中，温度梯度产生的热应力存在使零件变形的风险；

3. 包络体完全包络微单元结构，无法通过添加支撑来确保悬空的包络体蒙皮的成形。

4. 零件整体尺寸较大，超出国际金属 3D 打印厂家一般设备成形尺寸极限。

5. 重量要求严格，实物重量不得超过模型理论重量的 3%。

为了获得性能优良、重量轻的轻量化航天器结构件，设计团队及制造团队经过层层技术攻关，利用基于点阵结构的轻量化结构设计技术及金属 3D 打印技术成功研制出这一大尺寸 3D 打印轻量化航天器结构件产品，一举解决该结构件的减重难题。🧩

沈阳航空航天大学 3D 打印钛合金承力构件 助力鹞鹰 2.0 首飞圆满成功

12月23日，雪后沈阳晴空万里，目前在研的最新型四代隐身歼击机歼31的改进型——鹞鹰2.0首飞成功，标志着该项目的研制工作取得重要进展。其中，装载其上的3D打印钛合金承力构件由沈阳航空航天大学研制，成为助力鹞鹰2.0首飞成功的一个关键因素。

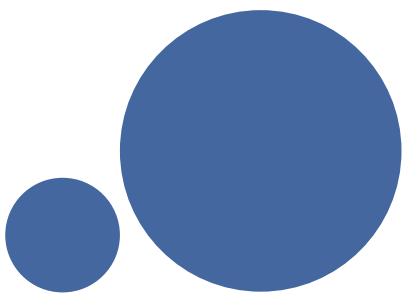
据悉，鹞鹰2.0进行了一系列重大技术改进，进一步提升了歼31的机动性能、隐身性能及挂载能力。作为一型主导未来战场的最新型多用

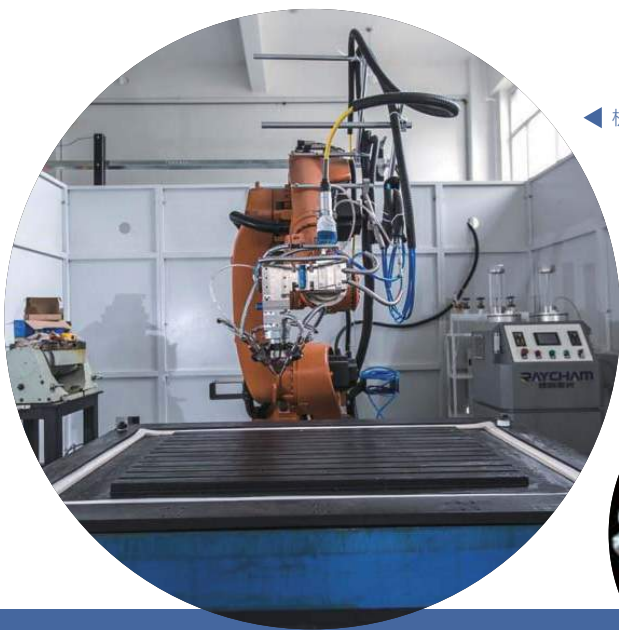
途战斗机，歼31战机具有高生存力的特点，其多任务能力能够施展强大的目标探测和外部信息综合，可实现超视距多目标攻击和大离轴角全向攻击。

经过这次近乎脱胎换骨式的技术升级，歼-31的技术更成熟也更先进了。该型战机大规模采用3D打印零件，目前较为成熟的激光送粉和电子速送丝等4种工艺均得到应用，大大激发了设计师灵感，创新性的设计多种新型结构，使其结构重量系数

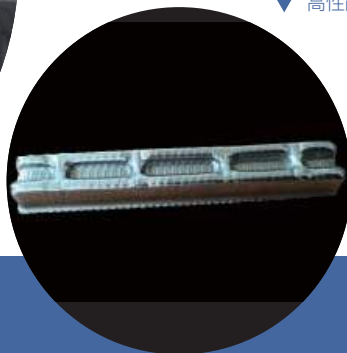
最低、研制速度最快，因而设计师们昵称为“粉丝”飞机。

沈阳航空航天大学长期致力于3D打印技术研究工作，与沈阳飞机设计研究所、沈飞公司等单位紧密合作共同致力于增材制造技术的研究和应用推广工作，先后得到国家自然科学基金、国家重大科技专项、国家重点研发计划、中航产学研、航空科学基金等课题支持，突破3D打印装备、工艺、性能等方面关键技术，研制的激光3D打印钛合金关键承力结





◀ 机器人激光增材制造装备



▼ 高性能增材制造工艺

构助力鹞鹰 2.0 首飞圆满成功。取得如下技术突破：

（1）自主研发系列化激光 3D 打印装备

沈阳航空航天大学全面掌握激光同轴送粉 3D 打印工艺设备的设计、制造及系统集成，创新性的提出柔性 and 刚性舱体结构形式及动态惰性气体保护方法，并授权装备相关发明专利 4 项，开发系列化激光增材制造设备。

（2）自主开发航空材料激光增材制造工艺

已掌握钛合金、高温合金、铝合金、不锈钢等材料激光增材制造工艺，首次提出外场辅助增材制造技术及基于红外分区的激光增材制造扫描方法，授权核心工艺发明专利 3 项，突破了激光熔池快速凝固条件下引起的应力和变形问题、组织和性能控制等关键技术。

（3）完成全流程性能考核验证
完了对 3D 打印零件试片级基本力学性能考核、模拟件的中试考核及全尺寸零件的综合性能考核，性能指

标全部达到或超过锻造钛合金，建立了质量保障体系。

（4）建立全套技术标准和规范
建立从试片级试验到全尺寸件综合性能考核、从工艺到装机的全套技术标准和规范，为全行业应用打下技术基础，主要包括 3D 打印工艺规范、3D 打印质量保障方法、3D 打印无损检测、钛合金 3D 打印热处理工艺规范等。

高性能增材制造工艺 ▶

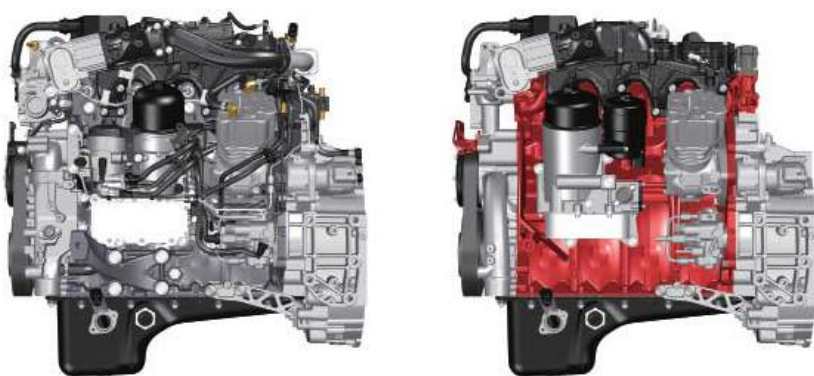


鹞鹰 2.0 翱翔长空 ▶



汽车发动机革命来了！

雷诺卡车借助金属 3D 打印将发动机零部件减少 200 个



▲ 左：雷诺卡车 DTI5 Euro 6 发动机，拥有 841 个部件
右：相同的发动机，采用 3D 金属打印技术后减少了 200 个部件

3D 打印在汽车上的应用屡见不鲜，从快速原型制造向最终功能性零部件制造的发展趋势如今已成事实。近日，雷诺卡车位于法国里昂的动力总成工程部宣布，他们使用金属 3D 打印技术制造出了 DTI 5 四驱 Euro 6 步进发动机的原型，总重量减少了 25%，经过 600 个小时的测试，取得了巨大成功。

雷诺成立于 1894，是沃尔沃集团的一部分，该公司分布在 100 多个国家，车辆设计、组装和生产大部分在法国，其商业化车辆重量范围从 2.8 到 120 吨，从长途运输到国防都能见到它的身影。雷诺卡车以低油耗的特性著称，使得公司可以更好地控制运营成本，并提供更高的生产力。

2015 年春天，3D 艺术家兼设计师 Bernhard Bauer 使用 Blender（一个免费的开源 3D 打印设计软件）创

建了一个 1:4 的雷诺卡车 3D 复制模型，为该公司的促销活动添色不少。显然，3D 打印技术给雷诺卡车留下了深刻印象。

此次，雷诺打造的 DTI 5 四驱 Euro 6 步进发动机中搭载了金属 3D 打印的轴承盖和摇臂，并通过了 600 小时的测试，雷诺卡车项目经理 Damien Lemasson 表示：“该项目是为了证明 3D 打印在发动机尺寸和重量方面的积极影响，这次试验让我们将 4 驱发动机的重量减轻了 25%，也就是说减轻了 120kg，并且 3D 打印零部件的耐用性也得到了验证，不只是徒有其表。”

雷诺 DTI5 Euro 6 发动机中原本装载了多达近 850 个零部件，使用金属 3D 打印这个数字减少了 25%，相当于减少了 200 个零件，发动机体积的减少将使发动机拥有更大的有

效载荷和更低的燃油消耗，这是雷诺最为自豪的一点。

除此之外，像雷诺这种高负荷运转的公司，金属 3D 打印还可以带来一系列的好处，比方说零部件尺寸和数量的优化，可以减少装配操作的次数，整个公司的运营成本将大大降低。

“3D 打印把我们从以前的限制中释放出来，解放了工程师的创造力，” Lemasson 表示，“它创造了发动机的未来，更轻、更多功能，从而使发动机获得更佳的性能。”

目前，雷诺还在小范围地应用 3D 打印，一旦初步测试成功完成，雷诺工程师将继续探索该技术，以不断提高卡车部件的功能和整体性能。

（翻译：张艳萍）



▲ 上：原本的 Euro 6 步进发动机摇臂
下：3D 打印的摇臂

轮胎革命！

米其林 3D 打印专用模具打造高性能轮胎

近日，米其林集团和工业工程集团 Fives Group S.A. 谈到了他们的合资的“AddUp Solutions”，这是一个有关于金属 3D 打印的项目。目前，AddUp 正在开发一系列金属 3D 打印机，并将用来生产 3D 打印模具，以提高米其林轮胎的性能。

据了解，米其林是法国轮胎制造商，也是著名的吉祥物和餐厅排名指标，其目前正在与工业工程集团 Fives 合作开发 3D 打印解决方案。一方面将生产可行的市场产品，同时也可用于提高米其林轮胎性能。米其林和 Fives 的 3D 打印关系可以追溯到 2015 年 9 月，两家公司合作，并齐力开发 3D 打印设备和生产车间。2016 年 4 月，两家公司将自己的项

目命名为“AddUp Solutions”，并展示了其 FormUp 350 DMLS 3D 打印机。

AddUp 目前专注于制造可用于制造米其林轮胎的高度详细的模具。“使用 3D 打印技术，我们能够制造具有非常复杂功能的模具。”米其林在法国 Ladoux 的研发中心主任 Pierre Robert 说，“该计划将创造更持久的轮胎，即使在 1.6 毫米法定最小胎面深度下也能提供高水平的抓地力”。

为了使用新开发的 3D 打印设备制造高性能轮胎，AddUp 开发了雕塑和模具功能，使轮胎的性能更具可持续性。“3D 打印轮胎轮胎的整个生命周期都有了新的特征。”Robert 补

充说，“这些功能将增加抓地力，补偿胎面深度的损失”。

目前，AddUp 的唯一可用的 3D 打印机是 FormUp 350，一款 DMLS 打印机，构建体积为 350 x 350 x 350 mm。它可以配备一个或两个 500W Yb 光纤激光器，提供约 35μm 的精度和最小层厚度 20μm。而米其林正在指挥其 FormUp 打印机进行轮胎生产，该系统据称其灵活和适应性足以适合各种打印应用。

米其林在 3D 打印领域的进步，令人不由遐想关于未来 3D 打印米其林轮胎的预测，是否会像看起来的那样靠谱。值得一提的是，AddUp 表示，FormUp 系列中的其它 3D 打印机将于今年陆续公布。（3D 虎）



男友力 Max ! 3D 打印“自动爱情盒”超暖心

国外一位小哥亲手 3D 打印 DIY 了一个自动爱情盒，送给异地恋的女友伊丽莎白。这种复古玩具称作“自动机”，运作不需靠电池，只要手动就可以靠着车轴与齿轮启动。决定好主题与构想后，小哥使用 SolidWorks 创建了大部分的零件模型。组件都设计好了以后，进行 3D 打印，再检查组装，最后上颜料，并用光泽釉护色，“自动爱情盒”就大功告成了。



马德里奢华品牌 Loewe 最新男装系列惊现 3D 打印手链

马德里奢华时尚品牌 Loewe(罗意威) 在其新的秋冬 2017/18 男装发布会上推出了一款新的 3D 打印手链。这款手链是与柏林 VOJD Studios 合作制作的，采用了选择性激光烧结 (SLS) 一次性 3D 打印而成。

这款新 3D 打印手链是用一种 VOJD 陶瓷复合材料制作而成的，金属化处理后看起来像一条巨大的金链。虽然是一条联锁链，但它却是一次打印而成的，无需额外的组装。

3D 打印一个蒸汽朋克风的 Apple Watch 铜质表壳

这年头，送礼不仅要奢华上档次，还得个性定制表心意。创客 Jeremy Burnich 就给 Apple Watch 量身打造了一个铜质表壳，然后作为好礼送给老友。他在网上搜索了一系列 19 世纪的蒸汽金属器具作为设计建模参考，将整只表类比为蒸汽壶供能的概念，在此基础上进行设计。3D 打印完成后，利用硫磺和热水营造出一种哑光木炭黑色的材质效果，搭配绿色的皮革表腕，个性十足！



祖父母为 3 岁孙女 3D 打印了史上最可爱的树屋

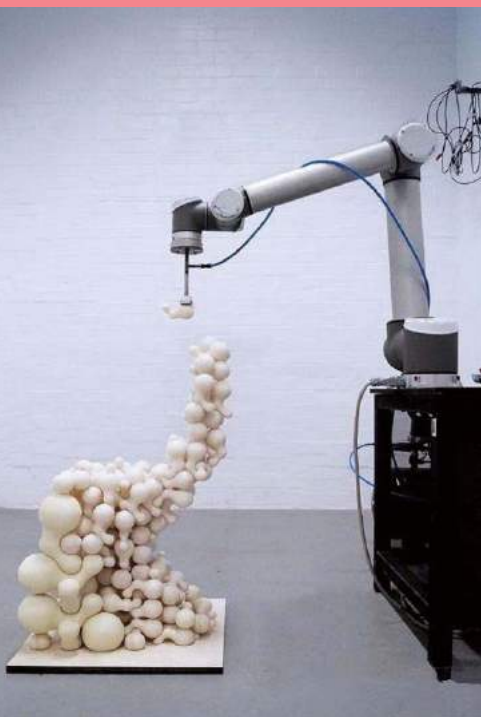
一对雄心勃勃的祖父母已经用行动向世界表明，3D 打印奇才不再是年轻人的专利！为了庆祝他们三岁孙女的生日，Chris 和 Janet Knowlton 专门制作了一棵主题为“海狸之家”的树屋，充满童话色彩。

树屋由几十个复杂的零件组成，包括活动门、梯子和拱桥等精心设计的内容，整个项目花了 600 个小时进行 3D 打印。树屋模型使用了 simplify3d 软件进行创建，各种部件的纹理经过了细心的处理。



建筑师给造的 3D 打印椅子，简直美上天了

伦敦建筑师 Gilles Retsin 制作了一系列精美的椅子。每张椅子都是通过机械臂 3D 打印出复杂的结构，独具风格，从设计的角度来看，作品背后独特的理念是最令人着迷的，似乎在唤醒一种强烈的、扭曲的骸骨式审美。



《复仇者联盟》角色艺术家打造的 3D 怪物模型

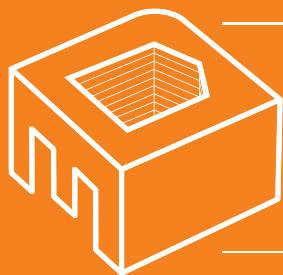
角色艺术家 Giovanni Nakpil 使用 Oculus medium 的 VR 雕刻和绘画工具打造出了一个细节惊人的 3D 怪物模型，并且还使用了 Stratasys 的全彩 3D 打印机打印出来。

对于如何做出丰富的色彩和细节，Nakpil 透露了一小部分信息：他首先在怪物的脸上

打一层光洗出暖色调，然后在缝隙和嵌入的区域用棕红做出暗色调，在一大片的面积做出细长的图案，其效果看起来就像是怪物的静脉血管。



中国3D打印行业第一本专业读物



3D PRINTING WORLD

2017年3月 | 第25期

3D打印世界



封面人物 / P18

优锐科技郑功李： 3D打印呼唤新的 “生态链”模式

单纯以产品为重心的模式已经过时。未来，商业模式将更多地向前端应用偏移。



P8
玩具设计师Mark Trageser：
3D打印释放玩具定制“疯狂”想象力

3D打印完美契合了儿童玩具小众化、个性化、多样化的需求。



P30
科技与艺术的完美结合
——张飞工作室3D打印
装饰壁画惊艳亮相

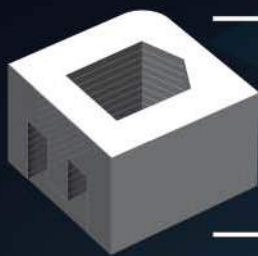
用创新的手段，为传统艺术赋予新的生命力。

以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com



3D PRINTING WORLD 3D打印世界

3D打印全媒体资讯平台

助您打造行业核心影响力

出版物：

3D打印专业读物，
每月阅读量超过
15万人次



网站：

www.i3dpworld.com

独家呈现全球行业要闻、名家访谈和应用案例

自媒体平台：



累计阅读量高达
100万



累计阅读量高达
2000万

应用行业媒体联盟：

与医疗、汽车、文创、航空航天及工业
等应用行业主流媒体强强联合



电子邮件：

15万数据库精准投放



线上课堂：

每周大咖开讲，分享行业智慧，
超过1万人收听



微信号：i3dpworld

3D打印世界
粉丝数量突破
50,000



微信号：iprint3dp

iPrint亚洲3D打印
粉丝数量突破
36,000



主编热线：0756-3919272 Jane.Yu@rtmworld.com

EDITORIAL

刊首语



3月，草长莺飞，万物萌生。这是一个创造、生长的季节，一切欣欣向荣，生机勃勃。而最近我们读到关于3D打印最有爱的一则新闻，应该是一对来自国外的祖父母为了庆祝孙女的三岁生日，亲手设计并制作了一个名为“海狸之家”的3D打印树屋，里面滑梯、秋千、绳索、鸟舍、小动物等可爱的元素一应俱全。这是一份在任何商店都买不到的珍贵礼物！这个故事也告诉我们，创作不分年龄，不论职业，只要你富有想象力，对世界充满好奇心，你就可以借3D打印之手，变成自己的上帝。

本期我们将分享玩具设计师 Mark Trageser 的一篇文章，告诉我们3D打印如何释放玩具定制“疯狂”的想象力。不久前的2月，迪士尼收购了世界上第一家玩具3D打印公司 MakieLab，意味着迪士尼或许将成为3D打印玩具制造的大玩家。事实上，迪士尼在多年前就已经将3D打印玩具付诸实践，这家巨头聪明地看到了儿童玩具小众化、个性化、多样化的需求一旦爆发，前景将多么无可估量。

据统计，美国进口玩具的1/3、欧盟进口玩具的2/3均为中国制造，中国是不折不扣的玩具制造大国。如今3D数字化是制造行业的大背景，而3D打印技术的加入，将为玩具制造带来新的机遇。

传统工艺下，一个玩具从概念到设计，再到量产和销售，可能需要几个月甚至更久的周期。而运用3D打印技术，这个过程有可能缩短到几周，甚至几天。因为利用3D打印技术可直接从计算机图形数据中打印出任何形状的零件或者整体，直接避免了传统制造的多个步骤，尤其在产品验证测试环节与制造环节，省去试制、开模与试生产等等成本，从而极大地缩短产品的研制周期，提高效率和降低成本，让玩具制造焕然一新。不光是玩具制造行业，几乎一切对产品有及时更新换代要求的产业都能从3D打印技术中受惠。

此外，本期我们还遴选了两家优秀的国内3D打印设计团队作品：北京张飞打印工作室的3D打印壁画和上海极致盛放3D打印团队的历年奖杯设计大赏。无论是张飞打印工作室3D打印“装修队”的探索，还是极致盛放将美学和3D打印完美结合的实践，都让我们看到了3D打印对于设计行业的巨大变革和影响。未来的3D打印技术不仅从根本上改变了延续近百年的现代制造业模式，也从深层影响了设计领域的方方面面。有了3D打印这匹驰骋的骏马，未来的设计师将不会再把自己的想象力固封在产品加工工艺的牢笼中，设计师的想象力与创造力会得到空前的激发。

无论是外祖母的树屋，还是迪士尼的玩具，亦或是极致盛放的奖杯，这些案例都应了一句著名的观点：3D打印颠覆的不是制造业，而是人们创造东西的方式和能力。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年	戴尅戎	黄卫东	李涤尘
史玉升	王成焄	王联凤	杨永强
韩品连	徐铭恩	张远明	沈卫东
陈继民	翟莲子	周美芳	周宏志
Kim Francois	许小曙	宗贵升	
邹波	侯锋	周钢	郑正元
郑韦	徐宏	谭颂斌	杨义许
王蕾	宋波纹	吴文恒	

主编

余佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编辑

张艳萍 曾伟清 王莉
伍颖珊 刘盛娟 黄珊珊

美术设计

邓德胜 罗宇洪 周婵媛
钟晓俊 王清梅

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

刘勇

Davis.Liu@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤C）Y0155116号



亚洲3D打印展览会
iPrint 3D Expo
2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

06 环球 World News

观察 Observation

08 玩具设计师 Mark Trageser：
3D 打印释放玩具定制“疯狂”想象力

15 3D 打印技术的发展与应用对未来产品设计的影
响

人物 People

18 优锐科技郑功李：
3D 打印呼唤新的“生态链”模式

应用 Applications

24 基于 3D 打印与智能控制的 STEAM 课程的
探索与实践

29 拳头灯饰为您照亮整个房间

30 科技与艺术的完美结合
——张飞工作室 3D 打印装饰壁画惊艳亮相

34 3D 打印鞋：3D 打印如何改变我们的走路
方式

36 当 3D 打印遇见奖杯……
——极致盛放 3D 打印奖杯大赏

40 3D 打印一副独属太阳镜：
颜值到舒适度全满分！

41 3D 打印浓缩咖啡套具
优雅和可持续性的精彩演绎

专栏 Columnists

42 郝亮：3D 打印技术将颠覆珠宝制造模式

44 创客 Marker

18
PEOPLE
人物

“一路的不懈努力和抽丝剥茧，
优锐始终坚持一个信念：主动迎
接挑战，从源头把控质量。”





面向工业级应用的 Polymaker Industrial™ 系列线材

知名3D打印材料生产商Polymaker宣布即将推出面向工业级应用的Polymaker Industrial™系列线材，包括将近20种不同的PLA、ABS、PC、TPU、PVB、尼龙等材料，涵盖了广泛的性能和功能，如增强的机械强度、优化的阻燃性等。许多材料已经投入非常特定的工业应用。



华曙发布超高温选择性激光烧结设备252P系列

252P系列3D打印设备包含三款机型，全面覆盖190℃~280℃烧结区域。超高温版ST252P为全球首款可批量烧结PA66、PEI等熔点280℃及以下材料的商用型工业级3D打印设备，高温版HT252P可用于PA6等熔点220℃及以下材料3D打印，智慧版在保证设备品质的前提下提供极具性价比的3D打印解决方案。



联泰重磅推 FM700 鞋业量产化设备

日前联泰针对鞋业市场推出一款应用于高端鞋业的高性能、高效率的3D打印鞋业模机，这款设备定位于“高端鞋业量产模具革新者”，采用双振镜高速扫描，同时兼具可变光斑技术，迅速填充大轮廓内腔；平均每只标准尺码鞋的打印时间在1.16小时左右；可还原0.06mm细节的鞋底、侧花纹。



Stratasys 推出 F123 3D 打印系列设备

Stratasys这次推出的新品共3个型号，打印体积从10英寸到14英寸不等（25.4-35.56 cm）。可使用4种不同材料（PLA/ ASA/ABS/ PC-ABS），10个颜色供选，配置Stratasys Insight软件，GrabCAD 3D建模，推广亮点是“专注提高用户体验，无需3D打印专业技能的专业级输出效果”。

迪士尼收购英国老牌3D打印玩具公司MakieLab

日前，迪士尼收购了世界上第一家玩具 3D 打印公司 MakieLab，这意味着迪士尼将成为 3D 打印玩具制造的大玩家。

迪士尼在几年前开始应用 3D 打印，在很多新的动画大片中都用到了 3D 打印技术，并申请过 3D 打印方面的专利技术。MakieLab 是英国伦敦一家 3D 打印玩具的公司，早在 2012 年，MakieLab 凭其 3D 打印娃娃获得了大量资金，并一直走在行业前端，坚定地拥抱 3D 打印。目前也尚不清楚迪士尼如何玩转 MakieLab 的技术，使用 3D 打印来定制迪士尼玩具显然很具有吸引力，至少这释放出了一个强烈的信号：3D 打印玩具将成为迪士尼独立的一个业务板块，迪士尼将成为 3D 打印玩具制造的大玩家。



Materialise 2016 年总收入增长超过 12%

近日，全球 3D 打印软件和服务领导者 Materialise 发布了其 2016 年第四季度和全年的财务业绩。总体来说，这家比利时 3D 打印巨头实现了持续的积极增长。

据 Materialise 的 2016 年四季报显示，该季度的总收入同比增长 12.3%，达到 3147.7 万欧元，其中制造、软件、医疗三块业务实现了增长。EBITDA（税息折旧及摊销前利润）增加了 12.3%，为 445.5 万欧元。

值得一提的是，2016 年终端零件的销售增长增长了 26.4%（包括 i.materialise 和 RapidFit 的）。软件和医疗部门分别增长了 10.6%（达 807.8 万欧元）和 5.1%（达 1006.1 万欧元）。其中，医疗软件销售增长了 29.8%，而复杂手术解决方案的直接销售额惊人地增长了 82.9%。

惠普关闭爱尔兰 2D 打印机工厂 继续转向 3D 打印

日前，惠普宣布将关闭其位于爱尔兰 Leixlip 的工厂。在官方声明中，惠普重申了其战略，称“惠普的全球打印业务致力于不断提高效率和节约成本，从而能够投资新的市场机会和增长点，如 3D 打印。”自 1995 年以来，该工厂一直是惠普业务战略中的一个重要部分，它的关闭意味着近 500 人将失业。去年 10 月，惠普表示将在全球裁减 3000-4000 个就业岗位，占其员工总数的十分之一。

随着便携式云计算的日益成熟和普及，对台式计算机的需求降到了一个历史低点，而打印出文档的纸质版本正在成为过去。随着 2D 打印机逐渐退出历史舞台，惠普希望能平稳过渡到 HP 3D 打印机的生产上。3D 打印技术的投资潜力已被确定为激励惠普进行战略变革的关键性因素。





MAKiES

are moving to America!

华曙高科 3D 打印涡喷发动机转子件通过 10 万转 / 次台架实验

日前，华曙高科在国内成功实现了 3D 打印技术在发动机静子、转子类零件上的直接应用性验证，有望突破航空涡喷发动机的制造技术瓶颈，为发动机关键零部件的整体设计优化提供了充分的技术论证，实现了高性能关键结构件的快速制造，显著提升了航空发动机的整体机械性能。

在台架试验测试环节，用传统工艺制造的涡喷发动机转子件在低于 10 万转 / 分钟的转速下破裂，而华曙高科 3D 打印涡喷发动

机零件顺利通过 10 万转 / 分钟的测试实验，目前正在改

装更高转速的试验平台，下一步将对航空发动机进行整体设计优化，在保证使用性能的前提下大幅减少零件数量和拼接工序，提高发动机的整体使用寿命。



世界首台 3D 打印挖掘机正式亮相

世界首台 3D 打印挖掘机将正式亮相今年拉斯维加斯工程机械展。AME 主要由三个 3D 打印部分组成：驾驶室、大型液压铰接臂和铝热交换器。首先，驾驶室是由碳纤维增强型 ABS 塑料制成的，利用 ORNL 实验室的大幅面增材制造系统，仅需 5 个小时就可制



作出来。而挖掘机的大型液压铰接臂长 7 英尺，重量 400 磅，利用 Wolf Robotics Wolf Pack 打印机制作而成，共花费 5 天时间。最后，重 13 磅的铝热交换器完全用 Concept Laser 的 X-line 1000 粉末床 3D 打印机来进行制造。

去年 4 月，来自佐治亚科技大学和明尼苏达大学的两个学生团队达成了合作，探索如何利用增材制造制作更高效的挖掘机设备，减少体积重量、降低材料和维护成本。此次展会上的亮相，AEM 挖掘机将持续处于运行状态，以检验其功能性是否良好。



国产最新五轴增减混合加工设备亮相

上市公司大连三垒旗下的大连海博瑞思科技推出一款五轴联动增减混合机床，将激光近净成形技术和铣削加工技术合二为一，弥补了对方的缺点。增减混合可以在堆积过程中交替打印堆积和切削冷加工，从而实现复杂内流道以及干涉曲面等原来无法实现的加工，打印出的零件表面质量大大提高，且无需打印辅助的支撑结构，节约了成本和时间，为国内首创。



日本罗兰发布首款齿科 3D 打印机 DWP-80S

近日，罗兰推出其首款 3D 打印机 DWP-80S，工作流程使用了专有的振镜，使用 UV 光固化树脂材料，方形工作区域（80 mm*80 mm），允许多单元同步打印，配合罗兰的 Quick Denta 软件，全面实现牙托、牙基板等牙模产品的 3D 打印定制，预售价 15995 美元。



最新售价 7 万 DLP 最高打印速度可达 100 毫米 / 小时

美国 B9 Creations 发布最新 B9 Core 系列 DLP 3D 打印机——530 和 550，其最大亮点是打印速度快，最高达 100 毫米 / 小时，是普通 DLP 速度的 4 倍。均采用了 B9 Creations 软件且可连接 WiFi、USB，但性能有所不同，前者的打印尺寸是 57.6 x 32.4 x 127 毫米，分辨率 30 微米，打印速度 40-100 毫米 / 小时；后者则是 96 x 54 x 127 毫米、50 微米、25-80 毫米 / 小时。



WELLS 3D 汽车配件 3D 打印材料正式亮相

近日，惠展举办技术交流会，分享 HP-RTM 碳纤维工艺分与 3D 打印在汽车行业的最新应用，WELLS 3D 发布专用于汽车配件的 3D 打印光敏树脂，能在研发阶段节省许多往返确认的时间、消除对成品的不确定性，更重要的是可以省去庞大的开模费用，具有极大的优势。

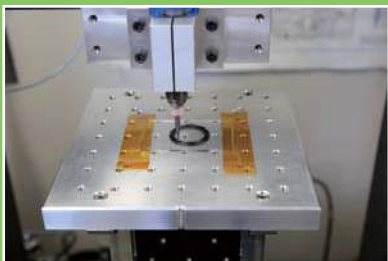


01 | 荷兰

新突破！Luxexcel 的 3D 打印眼镜镜片达到 ISO 标准

荷兰 3D 打印光学公司 Luxexcel 取得了突破性进展，该公司直接用 3D 打印机制造的眼镜镜片已达到行业要求的 ISO 标准。前不久，他们将自己的多种 3D 打印镜片样本送到佛罗里达州的 Colts 光学实验室进行独立测试，结果表明，3D 打印镜片 Luxexcel +1.00 和 -3.25 符合 ISO 8980-1:2004 焦度标准。

据报道，今年晚些时候 Luxexcel 将开始为眼科实验室运送自己的工业级 3D 打印平台。该公司的 3D 打印镜片也适用传统的工艺，如镶边、添加框架、上工业涂料。



02 | 美国

航空级复合材料新篇章！美实验室 LLNL 开发 3D 打印碳纤维墨水技术

近日，美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室 (LLNL) 宣布开发出第一个 3D 打印的高性能、航空级别的碳纤维复合材料，在高强度、轻量化材料优化控制方面迈出了非常重大的一步。

这种材料甚至比钢还要硬，质量又很轻，还能承受高电阻的温度，很适合用于汽车、航空航天、国防工业，以及摩托车竞赛和冲浪方面。

03 | 美国

美高校 3D 打印出仅 5 毫米大血管网络并成功植入动物体内

加州大学圣地亚哥分校 (UCSD) 在生物 3D 打印方面取得了重要突破——利用自行研制的 DLP 3D 打印机，成功打印出了复杂的血管网络（尺寸仅为 4×5×0.6 毫米），而此网络在被植入小鼠体内后成功与后者的血管系统实现了融合，并且表现出了正常的功能。

这项壮举由 UCSD 纳米工程教授陈少晨领导的团队完成，与之前的类似项目相比，打印出的血管更复杂，连毛细血管都包含在内；采用的材料包括了光敏聚合物、水凝胶和内皮细胞，血管网络的兼容性更好；打印速度非常快，只用了十几秒。



04 | 德国

德马吉控股 Realizer 进入 SLM 金属 3D 打印领域

德马吉森精机 -DMG MORI 宣布已经收购了德国金属 3D 打印公司 Realizer 50.1% 的股份，正式进入 SLM 金属 3D 打印领域。收购完成后，德马吉森精机 -DMG MORI 将保留 Realizer 在 Borcheln 的生产组装中心，并在 DMG MORI 位于德国 Bielefeld 的生产工厂开设选择性激光熔化 (SLM) 设备的生产线。此次收购将有望丰富德马吉森精机的制造技术，而且很有希望帮助其 3D 打印业务实现更大增长。



07 | 日本

日本罗兰成立 3D 打印分支 DGSHAPE 欲推出陶瓷 3D 打印机

世界领先的宽幅喷墨打印机和 3D 设备制造商——日本罗兰 (Roland DG) 宣布设立子公司 DGSHAPE, 专门管理 3D 打印、数字化制造及相关项目, 包括 3D 铣床、3D 打印机、雕刻机等设备的研发和销售。该分支预计今年 4 月份会正式投入运营。罗兰正准备推出一款粉末床工艺的陶瓷 3D 打印机, 在 Formnext 2016 展会上, 罗兰已经展示了一台粉末床技术成形的陶瓷 3D 打印原型机, 他们预计还会在法兰克福贸易展上展示这款设备, 以了解大众对的看法与需求程度。



08 | 中国

总投资 23 亿！河北敬业集团 3D 打印成功投产

日前, 河北敬业集团敬业增材制造科技有限公司 3D 打印项目成功投产, 并打印出航空航天用零部件。据悉, 该项目总投资 23 亿元, 项目主要包括高性能 3D 打印用金属粉末材料、激光熔覆技术再制造生产线、增材制造技术 (3D 打印) 技术开发中心、高性能粉末先进成形产品。将形成年产 20000 吨粉末先进成形产品、600 吨激光熔覆材料以及 30 吨 3D 打印航空材料生产能力。金属 3D 打印产品可广泛应用于航空航天、汽车制造、医疗、模具等方面, 最终该公司实现年销售收入 45 亿元。

06 | 香港

香港警方利用 3D 打印完美复制犯罪现场

香港警方正在利用 3D 打印技术的潜力打击犯罪, 并将罪犯绳之以法。他们将制作 3D 打印模型的犯罪现场, 用于进行调查, 以及试验和法庭审讯。

香港警方简报支援小组 (briefing support unit) 成立于 1988 年, 多年来它已建立了 18 个不同的建筑物和飞机模型, 为案件侦破提供了一个明确的可视化的模型。例如 2014 年九龙湾发生的致命枪击事件、2013 年的热气球失事事件、以及 2010 年马尼拉巴士的人质事件。



05 | 俄罗斯

24 小时, 1 万美元, 俄罗斯在高寒地带 3D 打印了一座保温建筑

日前, 俄罗斯公司 Apis Cor 成功地在 24 小时内 3D 打印了一座可以住人的 1:1 结构的房子, 并在建筑外墙中填充了专门的保温材料 (绝缘材料、聚氨酯填料以及卧式增强玻璃纤维), 足以抵抗零下 35°C 的低温。

Apis Cor 研发的设备可在低至 -35°C 的温度下工作, 可打印的最大建筑高度为 3.3 米, 平均每日可打印 100 平米的面积。该项目的建设成本共计 10134 美元, 包括窗户、门、内外家具、屋顶、地板和电线等。房子面积为 38 平方米, 每平方米成本约 275 美元。

玩具设计师 Mark Trageser : 3D 打印释放玩具定制 “疯狂”想象力

“对于玩具这个传统行业来说，谁能最先利用最新科技改造玩具生产与设计并且利用得最好，谁才能领跑市场。”





▲ 3D 打印“猛兽”

一位痴迷玩具设计25载的“老顽童”

3D打印玩具公司InsaniTOY的设计师Mark Trageser正尝试使用3D打印技术把各种天马行空的想法变成创意玩具，并且实现立等可取。他想制作一个蜘蛛形状、灯泡安装在蜘蛛躯体上的台灯。Mark说：“从产生这个想法，到我们把台灯放到亚马逊上销售，只需要7个小时。”

他表示，用户可以试验各种材料质地的玩具。比如可以在SLS（选择性激光烧结）打印机上用半柔性尼龙打印玩具汽车——汽车在打印出来的时候轮子已经组装好，车轴也安

装到减震器上面。3D打印和在线销售，让Trageser开辟了销售定制产品的小众市场，无需再担心仓储和店面问题，玩具产品可以一边生产一边出售。

“25年前，我在克利夫兰艺术学院做的一个项目中与3D打印初邂逅，当时正好在费雪玩具公司附近，有机会接触到原型制造方面的内容。而我是一个设计系的学生，喜欢机械构建的东西，玩具制造对我来说实在很有吸引力。之后美泰在1993年收购了费雪，到如今我已经在玩具制造方面积累了很多年的经验。”Mark Trageser 这样和我们谈起了他与3D

打印玩具的“相识”过程，颇有一番历练积淀后的淡然。

Mark Trageser和我们特别分享了创作3D打印铜质金属机械猎豹的过程。

“这个3D打印机械猎豹类似于一半是机器人，一半是动物。在设计的时候，就考虑了3D打印的特性，赋予其轻量、高复杂性的特点。我用抛光黄铜、柔性的强度塑料制作，之前还做了一个较小的版本，用的是Ultra Detail塑料。需要注意的是这个玩具需要进行一些装配。首先，要通过Shapeways的审查，我删除了原本的尾巴部分，并为其设置了一部分‘基



◀ 金属猎豹



3D 打印技术的发展与应用 对未来产品设计的影响

3D打印技术的发展给未来的制造业带来了革命性变革。基于对新旧生产方式的对比,3D打印技术对产品设计理念、细节、流程及产业模式带来了如下影响:产品结构与造型的设计不再受到传统制造工艺束缚;独立设计师可依靠3D打印技术将自己的创意变成真实的产品,从而催生了大量独立设计师及设计品牌;设计的社会化趋势将会打破以往设计组织的僵硬的结构划分,消费者获得了自己设计、生产产品的权力。

目前3D打印技术可使用的材料种类非常丰富,以生物细胞为材料可打印出器官、骨骼;以沙子为材料可打印建筑;以玻璃为材料可打印玻璃制品;以金属为材料可打印机械零件等。打印的材料从主流的高分子材料到金属、石料均可。截至2012年底,著名的3D打印成型公司Stratasys的产品已经可以支持123种不同材料进行3D打印。打印速度方面,垂直可达到25.4mm/h以上。随着智能制造的进一步发展成熟,新的信息技术、控制技术、材料技术等不断被广泛应用于制造领域,3D打印技术也将被推向更高的层面。

1.3D打印技术对产品设计理念的影响

传统的产品设计是建立在工业革命以来所形成的大批量生产方式之上的,这意味着消费者的差异性在设计过程中难以体现。为了追求大规模生产,消费者被假定为一模一样的人,个性需求被忽视了。如鞋的尺码是这一设计方式的典型体现:以往的设计模式是让消费者千变万化的脚型与运动习惯去适应有限的尺码与型号,而3D打印技术则可根据消费者个人脚型、运动习惯设计出与其完全匹配的产品。3D打印技术使产品的个性化设计与生产成为可能。消费者可根据自身条件、喜好甚至不同的产品使用情景自行进行设计与生产。利用3D打印技术可以实现产品的量身定做,人们从产品千人一式转向十人一式、一人一式,以至于一人十式,真正实现以人为本。

2.3D打印技术对产品细节设计的影响

增材制造是大批量制造模式向个性化制造模式发展的引领技术,其突出优势在于实现低成本、高效率、

复杂结构的制造。由于采用增式制造技术,相对于以往的减式生产方式,能够在产品造型、结构等方面做出革命性的创新。

2.1 产品造型

工业设计师新的设计造型观必将随着时代、科技和人文艺术的发展而更新。随着3D打印技术的发展与应用,产品的生产方式已不再成为设计师想象力的束缚。外观再复杂的产品都能通过3D打印机打印出来,且浑然一体。设计师能够专注于产品形态创意和功能创新,即所谓“设计即生产”。产品造型设计将呈现多元化趋势,在其技术属性、经济属性、美学属性、环境属性、人机属性等要素中,美学属性要素所占的比例得到提升,产品造型艺术化表现方式将逐渐流行,届时消费者对于产品造型的审美观也将随之发生改变。例如比利时公司MGX设计的分形桌子,其造型灵感来自于自然界中的分形生长模式,如不采用3D打印技术,用传统制造方式难以加工。

2.2 产品结构

3D打印使复杂的产品结构成为可能,同时产品结构设计的一体化趋



势逐渐显现。由于目前生产工艺的限制，一般产品大多由若干部件组装起来共同构成产品的主体结构。这种组装结构增加了产品的质量、体积、复杂度和故障几率，同时在生产和装配过程中浪费了大量的材料及能源。3D打印技术的“加式”方法使产品结构一体化，变得更加简单，甚至某些特殊铰接结构可借助辅助性材料一次成型而无需组装，不仅提高了生产效率，也提高了产品的结构强度和可靠性。如比利时公司MGX设计了另一款OneShot坐具，没有使用一个螺丝钉，中间的铰链利用3D打印一体成型，绕着中轴散开的支架能够顺畅地开合。

3.3D打印技术对产品设计流程的影响

3.1 良好的设计交流媒介

目前产品设计流程的平行化越来越受到重视，通过改进产品设计开发流程等手段，并行考虑产品生命周期各阶段因素，强调后续环节可能出现的问题要在设计的早期阶段就被析出并加以解决，最大限度地减少设计反复，缩短产品设计开发时间。在产品并行设计条件下，产品开发过程的

各环节、各要素在可能的情况下同时工作，协同运行。在产品并行设计过程中，设计团队间的交流与讨论是推进设计进程的重要手段。顺畅而高效的设计交流是产品设计开发取得成功的重要保证。在产品概念设计阶段，设计团队往往只能借助较为抽象的2D平面图纸作为可视化媒介来进行方案的设计讨论。手工制作的草模在一定程度上能够弥补平面媒介直观性的不足，但在精度、质感、触感等方面与概念的设计预期都存在较大偏差。上述状况无形中限制了团队间关于产品概念的有效交流。3D打印的应用能够将精准的概念模型引入设计讨论的时间大大提前。设计团队中的每个成员，乃至产品用户都能够直观地看到和触摸这些概念模型，比较它们之间的结构、外形和功能的差别与优劣，从而决定哪些产品概念值得继续下去。3D打印制作的概念模型能够明确地反映出产品概念存在的问题，进而修改设计，重复这个设计迭代过程，直到产品概念完善为止。

3.2 快速产品原型

产品设计开发周期的缩短意味着产品会尽快投入市场而占得先机。在一项相关调查中，17%的被调查产品，其原型制作消耗相当长的时间，是缩短上市时间的最大障碍。原型测试阶段，设计团队利用产品原型进行性能测试和严格的工程评价，及早反馈设计缺陷，从而尽可能规避产品开发风险。采用3D打印技术可大大缩短产品原型的制作时间，从以往的几天甚至几个星期变为几小时。另外使用企业内部的3D打印设备制作原型甚至小批量生产，避免了由于原型制

作生产的外包而带来的知识产权泄露的风险。

4.3D打印技术对设计产业的影响

4.1 独立设计师与品牌的崛起

传统的产品设计模式受到固有减式生产方式所制约，与制造商利益高度相关的专业设计师主导着产品设计。随着3D打印技术的日趋成熟，独立设计师对于传统加工业的依赖性将越来越小。由于以往生产模式的限制，设计师要把自己的想法变成实际产品必须与制造商合作，在付出不菲的生产费用的同时，还必须时刻防止由于信息交流不畅而造成的产品质量瑕疵，从而浪费了大量原本可用于创作的时间与精力。由于以大批量生产模式生产小批量产品导致最终商品的价格较高，从而影响到产品与品牌的推广。未来的3D打印技术可以让设



优锐科技郑功李： 3D 打印呼唤新的 “生态链”模式

撰文：张艳萍





前言

对鱼龙混杂、竞争激烈的 FDM 桌面级 3D 打印市场来说，一家企业要站稳脚跟，走出一条特色的路来并不容易。然而，就是在这样的市场环境下，却有一家企业创下了两个让业内人士印象深刻的记录：2015 年出口日本 3 万多台打印机；2016 年出口 2 万套 3D 打印机喷头。这家企业就是来自深圳的优锐科技。

优锐科技起家于 2D 打印。1999 年 11 月，怀抱梦想的郑功李（以下简称“郑总”）毅然踏入了改革开放之初的深圳，这位凭借实力白手起家的企业家，在 2003 年成功创立了深圳优特打印耗材有限公司，带领其成为了一家专业环保再生耗材的供应商。这个过程中，郑总也开始嗅到了 3D 打印市场的新商机，同年创建了深圳市优锐科技有限公司。十年沉淀后，优锐科技于 2013 年成功转型 3D 打印，如今已跃然成为中国 FDM 桌面级 3D 打印市场的一支精锐团队。

本期，《3D 打印世界》采访了优锐科技总经理郑总，请他为我们揭开桌面级 3D 打印在模式创新和市场开拓等方面的“秘诀”。

“不打不相识”，细节决定成败

2014 年底，一笔 3 万多台的订单让优锐科技绷紧了神经。一位国外客户找到了优锐，想要做一批高质量的

零部件，在此基础上打造出一台质量过硬的打印设备产品，并推向日本市场。想法很美好，但这样一个想法基本无异于从零做起，要落地又谈何容易。让人诧异的是，郑总当机立断，决定接下这个艰巨的任务。

从一开始组建核心团队，到最后成功交付，这个项目共用了 18 个月的时间。其中也一度面临重重困难。

任务接手，迎面而来的就是客户在制作工艺上的严苛要求。魔鬼存在于细节之中，郑总以 3D 打印机喷嘴制作为例，让我们看到了那些“看似很简单”背后的惊人付出和努力。制作金属喷嘴，首先要保证挤出效果，铜的强度等性能尤为关键。客户在检测时甚至会切开喷嘴，查看铜的等级、拉丝现象等，铜嘴孔的弧度（保证无公差）、内壁光洁度（挤出无阻碍）等这些细节也是检测的必经过程。“日本客户要求非常严格，打了很多次样品，全部不合格被退回

来。因为中国的生产机器本身存在误差，工艺的顺序也不对。”最后，优锐找到一家和富士康合作的公司，采用了日本的机床进行生产，成本虽然高了好几倍，但客户欣然接受了，他们看重的是两个字：质量。

一路的不懈努力和抽丝剥茧，优锐始终坚持一个信念：主动迎接挑战，从源头把控质量。虽然目前行业还没有统一的标准，但优锐出品的每一个零部件都有特定的严苛的标

准。正是这些微小的细节，让优锐科技滴水不漏地积累了整套的经验，为产品的口碑打下了很好的基本功。

创新模式，志在千里

在郑总的分享中，我们了解到这个案例正是来自于优锐科技的客户——世界500强企业中的某国际出版巨头。围绕3D打印设备生产与销售，他们在日本开发了一个很有意思的创新模式：

“将一台3D打印机化整为零，做成套件模式，随杂志定期发行。消费者想要尝试了解一台打印机，只需支付大约机器五十分之一的价格。打印机被拆成50份，先给你了解体验，

再教你怎样具体操作。”在这种模式中，零配件拼起来就能组成一台完整的3D打印机，既不用商家自己组装，也给了消费者乐趣。3D打印技能的交流，还产生了课程的需求和配套工具等盈利项目。由于杂志面向的是工科类读者，动手能力比较强，在创客和爱好者中颇受欢迎。机器组装起来之后，还会给消费者们提供源源不断的服务升级、功能升级方案。

说到这里，郑总形象地将3D打印设备与衍生项目模式比作了“吃火锅”——设备和耗材等硬件是火锅底料，模式是“调味料”，靠着“调味料”，往往可以品尝出不同的口感和滋味来。硬件有了固定的标准之后，

3D 打印设备和
耗材等硬件是火锅‘底
料’，模式是‘调味料’，
靠着‘调味料’，可以
品尝出不同的口感和
滋味来。”



剩下的就可能是“调味料”的问题了。

对于3D打印而言，往往需要很强的、长期灵活的售后支撑。在整个供应环节中，客户给了消费者体验的过程，并提供了教学课程，还省去了售后服务的环节，可谓“三赢”。郑总分析，由于省去了售后服务环节，可以基本去除后续的隐性成本，节约了极大一笔费用。如果每个零配件有了固定的、大家都承认的一致标准，在通过第三方检验的基础上，把产品交到用户手中，后续的处理维护都可以放手让消费者自己解决。

环环相扣，最大化减少风险成本，这种模式显然很大胆和新颖。“这些设备大约6000元一台，日本有

专门检测机构，消费水平也比较高，因此能够实现这种销售模式。”郑总说道。

他透露，客户准备将这种商业模式“复制”到全球其它地区。接下来客户准备出口到欧洲的大约5万台机器，零部件都将由优锐生产。

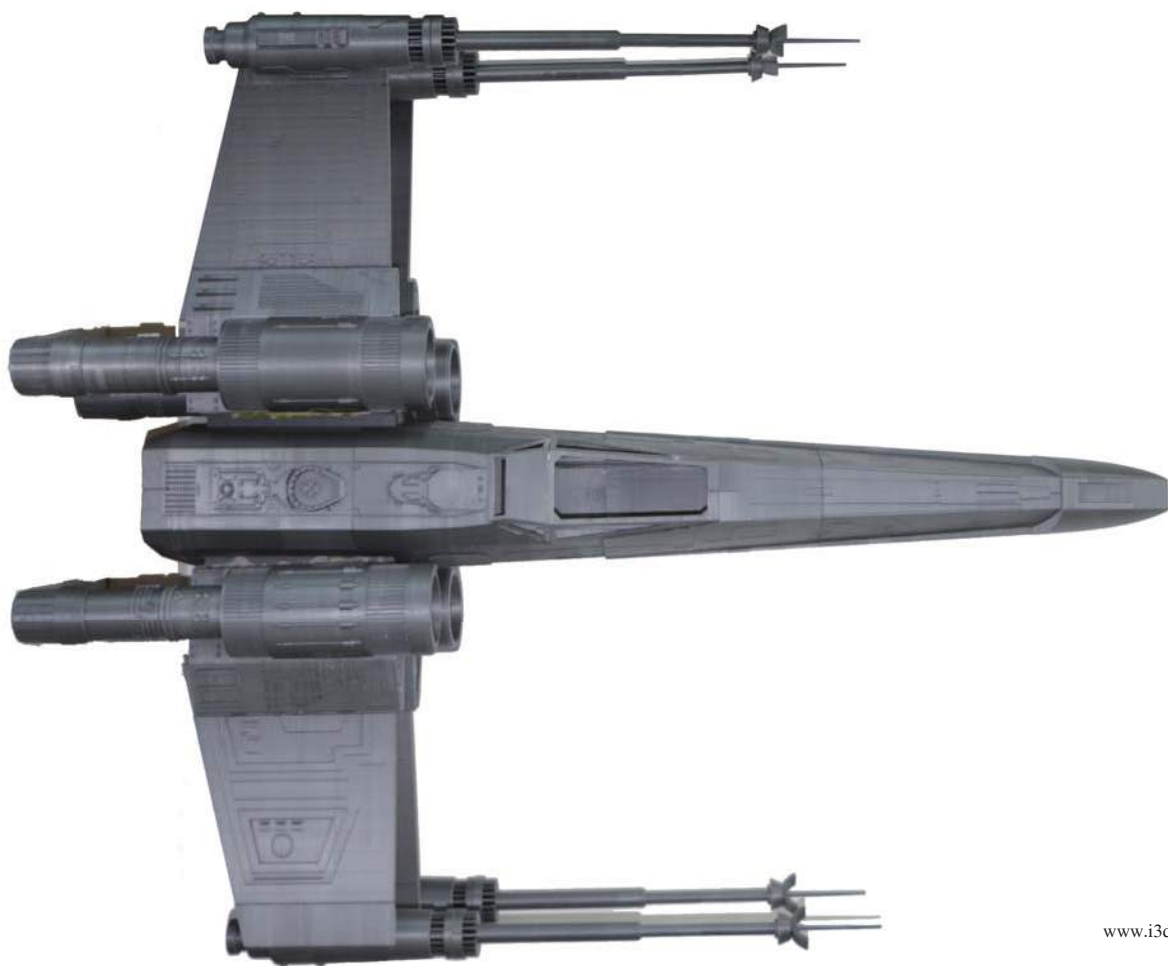
“如果不能突破模式，靠传统的创客模式的推动，量的增长就很小。这种模式比较慢，不能实现爆发性的增长。”关于模式创新，郑总认为，单纯以产品为重心的模式已经过时。未来，商业模式将更多地向前端应用偏移。这种模式重服务、低门槛，给客户长期服务。有了正确的商业模式和好的应用，他相信行业在这

样的“生态链”环境下会迎来爆发式的增长。

客户为先，打通应用环节

“在2014年，一家还不出名的企业说自己出口了3万台设备，可能很多人都难以相信。”郑总感慨。这么大的订单，客户为什么偏偏选择了优锐？他总结，这些与双方共同的价值观、优锐团队的团结和专业精神、团队与客户间的紧密配合是分不开的。

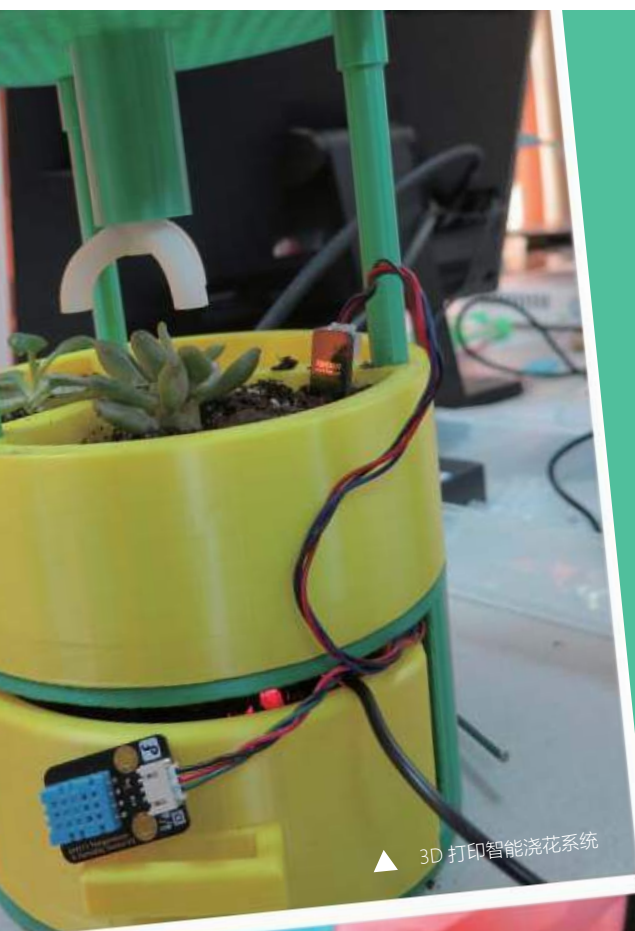
“最终决定权把握在客户手中。谁能够把客户的最后一点点核心需求挖掘出来，就能够赢得客户的青睐。另外，还要看每个公司对市场的敏锐度，根据自己公司的优劣势来挖掘市





基于 3D 打印与智能控制的 steam 课程的探索与实践

撰文：北京市第五中学分校 赵莹莹 陈求实



▲ 3D 打印智能浇花系统



一. STEAM 教育

(一) STEAM 教育的目的

STEAM 是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathematics)、艺术(Art)英文首字母的简称，是一种超学科、重实践的教育理念，STEAM 是美国为应对国际人才竞争和经济发展压力下对本国人才培养的反思。而我国在应试教育的背景下，学生解题能力强，发现和提出问题能力差，创新实践教育严重缺失，势必会影响我国高创新潜质人才的培养。美国文化的重要组成部分(创造力，企业家精神，乐观主义以及资本实力) 让美国成为全世界最适合创新的沃土，也吸引着世界各地聪明的学生来到美国，获得绿卡并留下工作。因此，无论是从国家战略，还是地方教育特色发展考虑，跨学科综合性的创新教育实践势在必行。

STEAM 教育并不是将这四门课程知识的简单叠加，而是要将多学科内容的交叉融合形成有机整体，倡导问题解决驱动的跨学科教育，旨在培养学生的问题解决能力、团队合作能力、设计能力和实践创新能力、深度思考以及自我反思的能力。

(二) STEAM 课程的特点

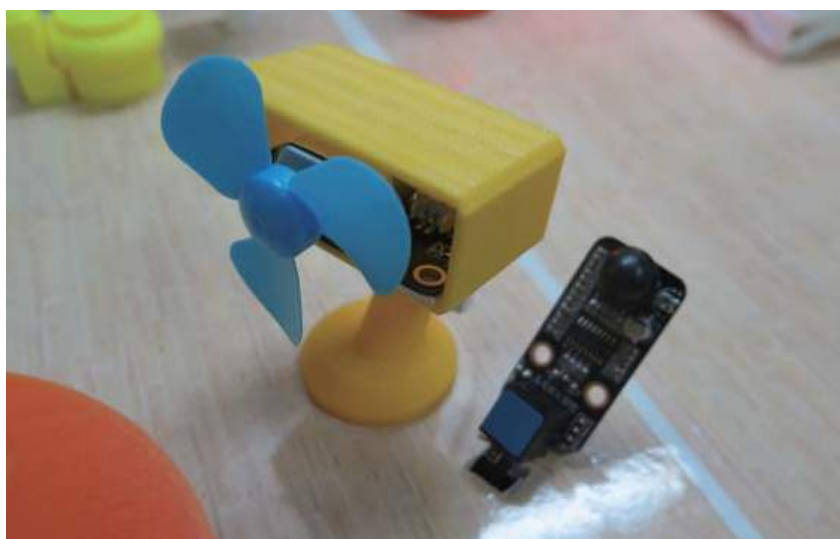
1. 接近于真实情境

首先，STEAM 课程项目的设计要基于真实的情景，让学生在生活遇到相似的问题，能够迅速调动认知，能够形成思维缜密清晰的工程思维，迅速找到问题的突破口，解决问题。

例如我校 STEAM 校本课程中，在手电筒的设计与制作中，引入了投资的概念，老师根据学生设计图的好坏决定为其投资的钱数，相应的钱数可以购买纸的好坏决定为其投资的钱数，相应的钱数可以购买相应的物品用于手电筒的制作，最后学生需要制作自己手电筒的营销海报，以高于自己成本的价钱买给其他人。

2. 挑战性

其次，学生学习的出发点为一个挑战性的任务，挑战设置不宜过难，也不宜过于简单和单一，任务需要多人合作才能完成。每个同学充当不同的角色，分担不同的任务。逐步建立学生的工程思维，教师推出某一个“工程”，引导学生确定“工程”在限定的时间内



▲ 3D 打印可感应智能厨房风扇

一定要达到某个“目标”，随后拿出相应的规划，充分利用人力、财力，在规定时间内，按照预先的计划，做出相应的成果，达到最终的目的。

3. 跨学科性

学生为了完成挑战，需要调动各方面的知识，并且在不断尝试以及互相学习中总结经验。STEAM 课程中不会制定具体的知识点，教师可以为学生提供必要的脚手架，学生为了完成挑战，自发并且选择性进行学习。因此，在 STEAM 课程的教室必须是开放，自由和谐的环境，学生学到的不止于教师提供的脚手架，还可以是更广阔的互联网世界。

4. 强调学生的自我生成

挑战任务由学生自主设计并完成，老师充当引导的作用，主要表现在引导学生按照工程思维分析问题解决问题，让学生具备时间意识、成本意识、设计意识、分享意识，以及创新意识。老师不能局限学生的思维，给予合理的建议，即使挑战失败，也是学习的过程，过程无对错，在学习

中的反思是挑战失败的成果。

二. 3D 打印与智能控制相结合的课程的特点

3D 打印技术的快速成型的特点，为 STEAM 教育的实践环节做出了杰出贡献。3D 打印是蕴含“设计思维”的个性化创造工具，以 3D one 社区为代表打造虚实结合的教育应用服务创新平台，促进学生基于创造性的学习。

智能控制是多学科交叉的学科，它的发展得益于人工智能、认知科学、模糊集理论和生物控制论等许多学科的发展，同时也促进了相关学科的发展。

用于基础教育的智能控制多为机器人公司开发的相应传感器的套件，例如 DF robot 系列。其中的 Arduino 是一款便捷灵活、方便上手的开源电子原型平台。Arduino 能通过各种各样的传感器来感知环境，通过控制灯光、马达和其他的装置来反馈、影响环境。板子上的微控制器可

以通过 Arduino 的编程语言来编写程序，编译成二进制文件，烧录进微控制器。正是由于他的开源的特点，各种厂商分别基于他的主板进行改造创新，从插针式的电路连接变为更适合基础教育的类似于电话线连接的 RJ 接口、MH1.25 接插件或 FPC 接口进行连接。

这样的接线方式有两个优点：

一、有利于学生迅速将创意变成现实，不必纠结于繁冗的电路连接。二、有利于产品原型的设计拓展，不再把智能控制的传感器模块和输出功能局限于主板上或小范围内，更有利于与 3D 打印相结合，创造出有新意的产品。程序设计也从基于 C 语言的 IDE 的运行环境过度为更适合基础教育创新的图形化编程界面，有利于学生快速理解程序设计思维，快速上手制作自己的产品。

DF robot 产品主要侧重于电子控制，在试用的众多智能控制产品中，Microduino 是尺寸最小的智能电子积木，只有一元硬币大小，能够封装在学生利用 3D 打印机制作的产品的



▲ 3D 打印新年公仔音箱

拳头灯饰

为您照亮整个房间



来自于奥地利的设计工作室Das Happy Medium推出了它们的最新作品“puno”，并为其赋予了不同的个性特点。这款由3D打印而成的产品可以作为桌子以及壁灯使用，多边形结构打造了手握根笔直的日光灯管的造型。有趣的是，这款灯的名字来自于西班牙单词“puño”，翻译过来就是拳头的意思。最终，产品将会优雅地立于使用者面前，看起来就像是随时准备为其点亮整个房间一样。

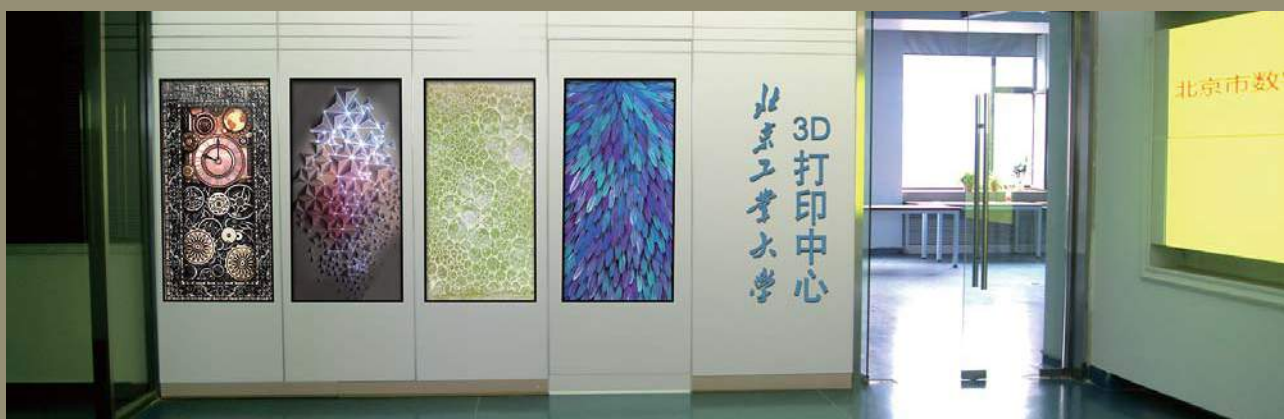
为了确保产品的最高质量，Das Happy Medium 的这款灯饰“puno”是在奥地利本地与 st.andrä-wörtern 的电子制造专家们合作一同生产打造的。采用了3D打印技术，涂色有黑白两种颜色。最后的收尾工作在设计师们的大本营维也纳完成。

正如上面所说，这款灯饰是由3D打印的拳头状多角模型打造的，由聚酰胺经过激光热压塑造而成。这种优质的材料能够为每根手指提供手臂一样的稳定性。灯光则由 osram liniestra S14D 提供，尺寸从30厘米到50厘米可供选择。将模型置于计算机数控滚花的黄铜底座上，可以安装在墙上，也可以独立使用。这款灯饰还是成对生产的，有左右手可选。👉



科技与艺术的完美结合

张飞工作室 3D 打印装饰壁画惊艳亮相



北京工业大学艺术设计学院张飞打印工作室的王文毅老师两年前开始带领团队“玩”3D 打印，并创作了大量 3D 打印精品。日前，他们为北京工业大学材料学院 3D 打印中心设计了一组特殊的 3D 打印装饰壁画，用艺术风格表现了人类的四个时代，效果非常惊艳。

3D 打印这两年虽然很火，但许多人对于 3D 打印的实际用途并不了解。所以张飞打印一直在探索 3D 打印的应用出口，并将目光瞄向了家居装饰这个市场。现代人对审美的要求千差万别，但家装市场中的成品大多千篇一律。3D 打印个性化定制的特点让张飞打印工作室看到了其在家装市场中的巨大应用潜力，并为这个小小的探索和尝试取了一个幽默的名字——“3D 打印装修队”。

为了体现北京工业大学材料学院 3D 打印中心的特色，装饰装修需要体现 3D 打印的元素。张飞打印工作室为其设计了四副 3D 打印的装饰壁画，用艺术风格表现了人类的四个时代。得到认可后，立刻开始数字建模。





蒸汽时代

壁画第一幅《蒸汽时代》模型的设计采用了蒸汽时代的齿轮元素，最终设计成一个全部能够连带转动的齿轮结构，并在上半部设计了一个时钟。齿轮、水管、时钟、花纹的大胆组合，营造了一种极具视觉冲击力的工业时代风格。工作人员经过几周反复的设计实验，模型终于完成了。打印全程的 3D 打印机由北京弘瑞提供。

组装上色更是一个浩大的工程，工作室成员按照设计图纸安装，在 ABS 背板上打眼，固定好各个零部

件的位置。安装完毕后，用黑色底漆进行打底后，开始打磨和修补。其中最关键的步骤是金属上色，为了营造怀旧感，工作人员使用了洗碗海绵来进行大面积的涂抹，比上色笔效率更高。

零部件完成上色后，再次开始拼装，虽然颜色和工序确实有点复杂，最后的整体感觉还是达到了工作室预想的效果。通过多次拼装、上色和测试，每个齿轮都相互关联并能够转动，最后再加上榉木的边框，看起来充满了浓浓的复古风，并且质感十足。





3D 打印鞋： 3D 打印如何

实用或奢侈，完美无缺或超凡出众，过去几年，3D 打印正在不断突破定制鞋类的限制，创造一个独一无二的可穿戴产品比过去变得更容易，而且 3D 打印鞋已经在全球范围内被用在竞技场和跑道上。

创造一双百分百合适的鞋子

想要一双更合脚的鞋子？3D 打印就可以搞定，比利时设计工作室 Pixel Depot 的 3D 建模师 Frederik Bussels 利用欧特克的 123D Catch 应用将一只脚的照片转化为 3D 模型，然后创建出了一个完美包围脚的 3D 鞋模。

创建好 3D 鞋模后，要做的就是打印出来。Frederik 选择用类橡胶的材料和粉基 3D 打印技术，i.materialise 将这双鞋子打印得完美



改变我们的走路方式



贴合脚，让鞋主每走一步都尽可能地舒服。

打印完美的鞋垫

除了拥有一双舒适的鞋子，完美贴合脚部的鞋垫对某些行业的人来说也非常重要，比方说运动员。RSPrint 是这样做的：他们制造了世界上第一双动态 3D 打印鞋垫，完全根据脚的移动方式私人定制而成，为了做到这一点，首先要对脚做一个高度细节的扫描。

然后，训练有素的专家会分析脚印落下的确切位置和方向，确定脚的哪些部位需要额外的支持，根据专家的分析生成模型，然后进行 3D 打印。

这项技术并非纯粹对未来的想象，目前已经用于运动员身上，当

前女子马拉松世界纪录 2 时 15 分 25 秒的保持者保拉·拉德克利夫说：

“在训练中我使用 3D 打印的鞋垫来避免身体受力过大，受伤以后，我比任何时候都谨慎，我的脚需要得到悉心照料以确保在伦敦马拉松上实现新目标。如果没有 RS Scan 和 3D 打印鞋垫的支持，我的术后恢复不会这么好，也许职业生涯就此告一段落了。”

打印设计脱颖而出

3D 打印也催生了一些奢华的设计和试验性的形态，它赋予了鞋类设计师新的自由和新的可能。Earl Stewart 的“098 XYZ 鞋”就是 3D 打印结合传统制鞋技术的一个很好的例子：鞋底是由 3D 打印的，鞋面则是

手工皮革，它生动地演示了最先进的制造技术如何与传统的成熟技术相结合。

鞋类设计师 Katrien Herdewyn 拥有电气工程、材料科学和纳米技术的专业背景，她决定将这些专业界限模糊掉，并开始将 3D 打印用于鞋子设计，于是与 Frederik Bussels 合作打造了一双非常惊艳的高跟鞋。

“凭借工程的专业背景，我尝试着将新技术和传统工艺相结合，我相信这是未来的趋势。3D 打印提供了如此多的可能：你可以做一些你能想象到的东西，但是涉及到鞋子的时候，设计师往往需要考虑你能够穿上它，并用它来走路，我想设计一双既拥有最高的科技同时又走在时尚的最顶峰的鞋子。” 🧢

当 3D 打印遇见奖杯……

——极致盛放 3D 打印奖杯大赏

提起奖杯，人们的印象中可能总是那几款简单、重复的水晶造型。由于制造工艺的限制，水晶制作的奖杯一般造型都比较简单，难以较好地体现设计感或贴近活动主题。随着 3D 打印技术的出现和其个性化定制在奖杯造型上的独特优势，也为奖杯制作行业带来了新的思想和方法。

上海顶尖 3D 打印设计团队极致盛放用两年的时间，先后为各行各业出品了九个奖杯设计，成为中国 3D 打印奖杯定制的代表之作。下面，让我们一起来欣赏这些奖杯和背后的设计故事。

1 上海市优秀工业设计奖

这是极致盛放为 2016 年上海市优秀工业设计奖独家定制的奖杯，为了纪念这座奖杯在上海市工业设计历程上的独家意义，设计师在取意时，特意选取了“上海市市花”白玉兰的形象。白玉兰向来是风雅又有风姿的花之代表，明代文征明有言，“绰约新妆玉有辉，素娥千队雪成围”。清代查慎行又说，“阆苑移根巧耐寒，此花端合雪中看。”设计保留了玉兰的花瓣外形特征，同时为体现“工业感”，设计师将“白玉兰花瓣”进行了反复叠加构成，形成层层堆积、繁而不乱的工业设计视觉效果。





2 上海国际电影节“成龙动作电影周”“钢铁人”奖杯

2015 年第 18 届上海国际电影节组委会联合发起的“成龙动作电影周”，首次向动作电影人颁发了颇具致敬含义的“钢铁人”奖。奖杯整体呈现“点赞”的“金手指”的形象，而这个金手指正是“大哥”成龙本人的手指形象。极致盛放的外籍设计师在设计过程中，在奖杯底座增加了精细的细节，让整座奖杯更有趣味。这座奖杯是目前华人娱乐圈第一座 3D 打印的奖杯。

3 “建筑师”好声音奖杯

这是为 2016 年由“风语筑”举办的“建筑师好声音”独家定制的奖杯。极致盛放设计师用几何学中最简单的元素：方形、三角、圆形等加以叠加，创造了七款不同几何元素组合的奖杯。这七款奖杯旨在自由地传递个人表达，好比俄罗斯至上主义运动，摆脱传统意识的束缚后发掘最纯粹的形态。看似简单朴素的元素进行复杂的叠加展现，这其实也是建筑师工作性质和工作状态的一种隐喻。建筑师总是用一些简单的空间元素，进行排列组合和叠加构造、创造的空间状态。

本座奖杯的造型在 3D 打印操作方面的难度系数相当高，极致盛放前后花费巨额成本进行打印制造，最终的奖杯成品在“建筑师好声音”的活动现场大放异彩，独特的造型征服了所有建筑圈同仁。而本造型的改良版展品在曾在纽约设计周、上海设计周等众多国际展览中展出，引得圈内人士流连惊叹。





3D 打印一副专属太阳镜：颜值到舒适度全满分！



说起定制，恐怕所有人第一反应就是衣服。毕竟我们经常

经常在铺天盖地的娱乐新闻中听到：XX 女星身着 XX 品牌的高端定制礼服走红毯。当然，除了定制衣服之外，定制鞋子也时有耳闻。

那完全基于用户脸型设计、个性化高端定制运动太阳镜，你听过么？

今天就来介绍一款 3D 扫描和打印的运动太阳镜 Skelmet Falcon。相信有了这款定制太阳镜之后，再也不会眼镜一直滑落、运动时常常需要扶一下这样的状况发生了。

虽然听起来定制眼镜很高大上，不过由于 3D 扫描和打印技术的加持，使得整个 Skelmet Falcon 的定制过程也变得容易起来。

首先，需要使用专业的头部扫描仪对用户的面部以及头部特征进行

3D 扫描；接下来，用户可以根据自己的喜好来选择太阳镜的风格以及镜片的颜色；最后，耐心等待专属于你的 Skelmet Falcon，并且尽情享受吧。

事实证明，传统的设计、批量生产出的太阳镜，仅仅适合 15% 的人群。而通过 3D 扫描、打印技术制作出的 Skelmet Falcon，可以满足超过 98% 的人群。也就是说，有了 Skelmet Falcon，人们就可以尽情在阳光下奔跑、跳跃、跋山涉水，完全没有任何问题。

目前这款 Skelmet Falcon 已经登陆众筹网站 Indiegogo 开始进行资金筹集，众筹目标为 5 万美元。现阶段这款 Skelmet Falcon 定制太阳镜的超级早鸟价格为 229 美元（约合人民币 1573 元），如果顺利的话预计将会在 2016 年九月正式开始出货。

如果你一直找不到适合自己的太阳镜，不妨尝试一下这款私人定制的 Skelmet Falcon 吧。（Indiegogo）👉





3D 打印浓缩咖啡套具 优雅和可持续性的精彩演绎

知名设计品牌 Kamp Studio 刚刚发布了一系列新潮的家居用品和可穿戴设备。作为一枚热衷于尝试各种全新制作工艺的新西兰设计师，Daniel Kamp 对 3D 打印情有独钟。这个 3D 打印系列的浓缩咖啡套具也绝对是一次诚意出品，值得给自己来一套哦。

Kamp 的网站倡导大众对美与独特性的追求。“KAMPstudio 为改变我们创造事物的方式而生。我们拒绝平庸，即使是大规模生产的日常用品，也可以成为艺术感和可持续性的‘代言人’。”

全新的 Kemp 套具完美传达了这种理念和情感。在 Kamp Studio，无论是取源雕塑灵感的首饰，赋予喷

泉形态的钢笔，独具一格的茶具，都会让你觉得赏心悦目。其中最受欢迎的当属下面这款奢华版的咖啡套装：挤压式咖啡冲酿壶。它采用 3D 打印模具和手工抛光工艺，整体由一个瓷壶、可搭配壶盖，以及来自大阪咖啡的金钛咖啡过滤器组成。

受人们在冲制咖啡时喜欢变换不同的组件的习惯启发，设计彰显整洁优雅，致力打造更细腻的咖啡品尝体验。该套装有石质灰和釉瓷白两种颜色可选，价格为 450 新西兰币，加壶盖 510 新西兰币。Kamp Studio 表示每个咖啡壶都是独立定制的，手工铸造和抛光过程的差异，会让每个咖啡壶都独一无二。

大阪咖啡过滤器同样优雅满分。

金钛色泽的设计，源于日本，即使是最挑剔的咖啡爱好者，相信也会被这个锥式滴漏所折服。双层网格替代了一般的纸过滤器，带来更丰富的口感，并且可以减少每一杯酿造咖啡的浪费量。

如果觉得意犹未尽，你还可以搭配上浓缩咖啡杯、杯碟、和咖啡匙。除了咖啡匙，其他都是 3D 打印后用陶瓷手工打磨而成。

这个 3D 打印系列的浓缩咖啡套具传承了 Kamp Studio“探索、大众、优雅”的理念，融合了环保意识和精致的审美实践，以及对新点子、新概念、新工艺的追求。由新西兰奥克兰的 Kamp Studio 完成设计后，会送到纽约进行生产制作。📦



嗨翻天！3D 打印整个

马来西亚游乐园

马来西亚一家名为 MinNature Malaysia 的模型建造公司利用 3D 打印，将 1.7 万英尺的马来西亚游乐园分为 12 个部分，通过 3D 打印微缩模型的方式呈现出来。他们用了 3 个月的时间打印了部分模型，相比以前效率大大提升。其中特别值得一提的是国家清真寺（Masjid Negara）的部分，共 1300 个部件，集合了 4 个团队的心血，让人印象深刻。而天后宫（Thean Hou Temple）的部分，1536 个部件的设计和细节打造只用了 2 天时间。



3D 打印足部按摩器 售价达 43800 日元

日本创客 Amadana 用 3D 打印制作了一个足部按摩器，采用木质结构，整体看上去简洁却包含复杂的内部工程，与木质地板放在一起逼格满满，凸显现代人“健康家电”新理念。

足部按摩器的可按摩范围包括整个小腿和脚部，通过不同的模式可切换按摩部位以及整体按摩，强度有强 / 中 / 弱三种选择，振动方式可选择连续或自动。



独具一格的 3D 打印贵族人偶系列

从最初的灵感到最终的图形成型，3D 打印玩具设计师 Mani Zamani 创作的这个“来自类地行星的贵族人偶”（Extra Terrestri Aristocrats）系列一共花了整整 3 个月时间。所有的玩具都是使用 SLS 工艺打印出来的，外星人的服装和皮肤形成了天然而微妙的组合。这些玩具与我们平时所见的一般玩具有所不同，他们看起来像是造型独特的摆件却又能够供人把玩，最重要的是，它们还被列入了收藏级别！



3D 打印时尚充电器 Eclipse 还床头一片净土

作为离不开电器设备的现代人，你是否经常会为床头的那一堆错乱丛生的充电线头疼？Native 设计工作室用 3D 打印技术制作出一个时尚的充电枢纽和三端口 USB 集线器——“Eclipse”，还床头一片净土将不再是难题。

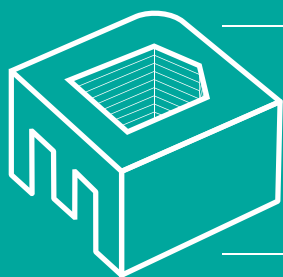
Native Union 团队依靠他们内部的 Ultimaker3 3D 打印机，并使用 PLA/PVA 和 TPU/PLA 组合，制造出了 Eclipse 的原型。3D 打印技术可以用于测试设备的内部部件和机制，并能够完成团队快速测试新的想法。设计完成后的产品可以轻松挂在墙上或放在床头，完美解决充电线互相“打架”的问题。



d+ 时尚设计工作室的“未来水世界”3D 打印珠宝系列

来自广州美术学院和华南理工大学的一群前沿设计师组成了 d+ 时尚设计工作室，并共同打造了一个“未来水世界 Water world”的 3D 打印珠宝项目。这一系列的珠宝包括球水母系列之耳钉、球水母系列之手镯、珊瑚系列之耳钉、珊瑚系列之戒指、太阳水母系列之可开合戒指，赋予了海底世界天然秩序所带来的美感，运用现代 3D 打印技术，把这些自然美，一点一点，表现在这个系列的每一个细节里面。

中国3D打印行业第一本专业读物



3D PRINTING WORLD

2017年4月 | 第26期

3D打印世界

王成焘教授： 医疗3D打印践行者

医疗3D打印产业化，是他和他的团队正
筚路蓝缕、矢志追求的目标。

封面人物 / P18



P12
生物医用材料的
3D打印技术与发展

3D打印生物医用材料现状
及面临的瓶颈是什么？



P40
我国完成首例
“3D打印+AR技术”骨科手术

虚拟的情景与真实的手术场景叠加，让医生
下刀前已成竹在胸。

以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com



第五届亚洲3D打印展览会 The 5th iPrint 3D Expo

2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

海外买家云集的 3D打印展览会 2017 精彩再续！



“这个展外国人比广交会还多！”

“1000张名片一天发完了，根本不够用。”

——来自2016年亚洲3D打印展览会的客户心声

2016年回顾

 8395名专业观众，比2015年增长17.75%

 83个国家采购商，占专业观众比例18.3%

 100+家媒体报道

 展商平均接待客户200+



扫一扫
掌握展会动态



与全球最大打印耗材展
RemaxWorld同期同馆举办，
共享海量行业资源

参展咨询:

梁经理

 0756-3959280

 Anna.Liang@rtmworld.com

EDITORIAL

刊首语



又一期医疗 3D 打印专刊如约和您见面了。

本期我们的封面人物是上海交通大学王成焘教授。他和戴尅戎院士是国内最早开展个体化人体关节的设计和研究分析的先驱，也是最早把 3D 打印带入到医学领域的引路人。两年前，王教授和深圳光韵达合作，一手组建了光韵达数字医疗团队，致力于让 3D 打印这种先进技术开花结果，造福于更多患者。数十年奋战在医疗应用一线，从这个意义上来说，他更是医疗 3D 打印产业化道路上一位矢志不渝的践行者。

老教授没有丝毫“泰斗”的架子，在采访中，更像是一位平易近人的长者，各种案例心得信手拈来。

他谈到了目前 3D 打印应用中的两大瓶颈，一是未进入医院收费系统，二是费用依旧偏高。以赫赫有名的光韵达数字医疗为上海第一人民医院“母子拼肝”手术做 3D 打印肝模型为例，按照正常的收费，打印模型费用居然高达惊心动魄的 3.5 万！尽管团队想方设法，将费用压缩到了患者可接受的范围以内，但高昂的设备及原料，无疑就像一头凶狠的拦路虎，正在阻碍 3D 打印在医疗领域的大规模应用。

老教授一语中的：“我们很多时候不是在研究怎么将这个东西做出来，而是想办法把它做到医院和病人能承受的价位。”

理想是丰满的，现实是骨感的。3D 打印描绘的美好未来，如果不能以大众能够接受的方式落地，用通俗的话来说，就是费用降低到人们可以承受的心理价位，那么，这样的技术再好，也注定只能是叫好不叫座。

这也不难解释，为什么最近波兰一个团队开发出一种高性价比的 3D 打印肝脏模型，来帮助医生执行复杂的腹腔镜切除手术的新闻，会在圈内被刷屏。根据报道，一个带有清晰肿瘤和血管的肝脏模型成本甚至不到 150 美元，也就是千元人民币。虽然这种低成本模型在表现精度和实际效果上还有待观察，但至少是一个好消息，不是吗？

3 月 25 日，由中国工程院院士、中国 3D 打印材料理事会主席周廉教授主持的中国工程院 3D 打印材料咨询项目在北京举行。周院士指出，3D 打印材料作为发展 3D 打印装备和产品的必要物质基础和保障，其产业化在我国仍处于起步阶段，与先进国家相比存在较大差距，特别是关键成型材料已经成为制约我国 3D 打印整体发展的瓶颈之一。

3D 打印对于医疗行业有着天然的匹配度，但正是因为成本昂贵、政策等因素，这项技术还只是小众的试验、新闻的谈资。虽然我们明白，这是一个渐进的过程，其成为医疗常规手段也并非一朝一夕所能至。但，我们由衷希望，3D 打印设备和材料研发者的步伐，能快一些，更快一些。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年 戴尅戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焘 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义许
王蕾 宋波纹 吴文恒

医疗专委会

戴尅戎 王成焘 吕坚伟 徐卫东
叶晓健 蔡杰 郑龙坡 王磊
陶坤 胡海

主编

余佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编辑

曾伟清 张艳萍 张紫薇
伍毓秀 王莉 刘盛娟

美术设计

邓德胜 罗宇洪 周婵媛
钟晓俊 王清梅

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

冯旭

Vincent.Feng@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤C）Y0155120号

出版地址：

Room 1310-13, 16-20, 13/F,
Hollywood Plaza, 610 Nathan Road,
Mongkok, Kowloon, HK



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo

2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

06 环球 World News

观察 Observation

- 08 “重塑”生命：
谈谈 3D 打印在医疗领域的影响
- 12 生物医用材料的 3D 打印技术与发展

人物 People

- 18 王成焘教授：医疗 3D 打印践行者
- 24 跨尺度血管结构 3D 打印工艺创始者
——访浙江大学贺永教授

技术 Technology

- 27 3D 打印的发展前沿
——类脑组织打印

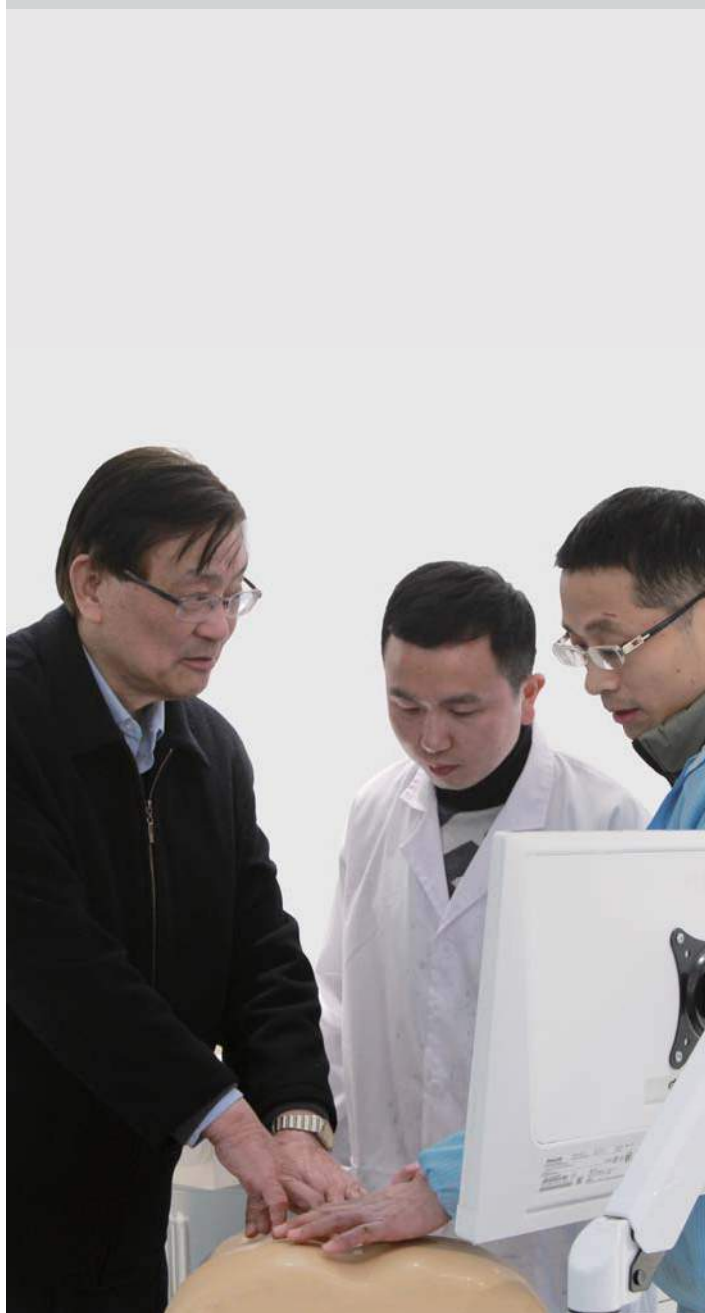
应用 Applications

- 33 医学神助攻：3D 打印婴儿骨骼
- 34 工程师为残疾人开发 3D 打印多功能助行器
- 36 复杂结构与定制设计
——3D 打印如何推进矫形技术的重大变革？
- 38 3D 打印 + 碘粒子植入：
中大医院各方联合“围剿”肿瘤的神器
- 40 我国完成首例“3D 打印 + AR 技术”骨科手术
- 42 “1+1>2”
——3D 打印与骶神经调控技术的强强联合

44 创客 Marker

18
PEOPLE
人物

“医院使用 3D 打印，就是把它很好地用在病人身上，做好手术的个体化、精准化和微创化，而企业就应该专心研究怎么用 3D 打印把产品做好，各司其职。”





DWS 发布新 SLA 3D 打印机，20 分钟内完成一个牙科产品

DWS Labs推出最新SLA 3D打印机DFAB，专为牙科和口腔修复护理而开发。它有一个桌面版本和一个诊疗椅版本，上市时间预计为2017年7月。使用Nauta Photoshade软件，可提供多种颜色和色调，让假体更接近天然牙齿。智能软件会逐步引导用户，因而用户几乎不需要任何3D技术知识。



E3D推出挤出机与热端二合一的Titan Aero：打印温度达400°C

Titan Aero为全金属设计，打印温度达400°C，非常紧凑、精确，线材的打印路径非常短，所以非常地灵活，最大限度地减少了线材的弯折和堵塞，3D打印头的快速响应能力也得以提高，可以快速开始和暂停，打印过程非常精确、简洁。售价£90（人民币约670元）。



西安智熔发布中国首台商用熔丝式电子束金属 3D 打印系统

日前，由中科创星投资孵化的西安智熔金属打印系统有限公司在西安发布了中国首台商用熔丝式电子束金属3D打印系统。熔丝式电子束金属3D打印系统为真空打印环境，成形金属内在质量好，成形速度快，残余应力小，使用成本低，材料利用率接近100%，用于打印大型复杂金属件，使用金属线材作为原材料。



杜邦推出三款高性能 3D 打印塑料

杜邦推出了包括Dupont Hytrel热塑性弹性体、DuPont Zytel尼龙和DuPont Surlyn离聚物的三种新材料。Hytrel，将橡胶的柔韧性与热塑性塑料的强度和可用性相结合；Zytel具有高耐热、耐化学和耐水解的能力；Surlyn提供了许多功能，包括化学性和耐磨性、低温冲击和高精度。

2017年Wohlers报告：2016年3D打印行业增长17.4%

3D 打印行业的知名顾问公司 Wohlers Associates 日前发布了第 22 份年度报告——2017 年度报告。这份备受关注的报告显示，2016 年 3D 打印行业增长 17.4%，低于 2015 年的 25.9% 升幅。目前整个 3D 打印行业市值为 60.63 亿美元。

Wohlers 代表表示，升幅的下降主要是因为行业两大生产商的衰退。这两大厂商占据着 3D 打印行业 13.1 亿美元（占 21.7%）的产值。与此同时，3D 打印设备制造商总数稳步上升。2016 年，报告收录了有 97 家公司生产和销售 3D 打印设备，较 2015 年的 62 家和 2014 年的 49 家均有上涨。据 Wohlers 报道，这些制造商不仅提供了有趣的产品，更重要的是促成了 3D 打印行业的史无前例的竞争盛况。



八院士与会！中国 3D 打印材料及应用发展项目启动

3 月 25 日，由中国工程院院士、中国 3D 打印材料理事会主席周廉教授主持的中国工程院 3D 打印材料咨询项目在北京工大建国饭店举行，关桥院士、卢秉恒院士、江东亮院士、戴尅戎院士、王华明院士、李仲平院士、王玉忠院士、毛新平院士等专家，中国工程院、中国 3D 打印产业联盟部分会员企业 100 多位代表出席。

周院士指出，3D 打印材料作为发展 3D 打印装备和产品的必要物质基础和保障，其产业化在我国仍处于起步阶段，与先进国家相比存在较大差距，特别是关键成型材料已经成为制约我国 3D 打印整体发展的瓶颈之一，关键材料工艺技术亟待突破。本项目的意义在于提出 3D 打印材料技术发展建议或路线图，为国家相关部门出台 3D 打印材料标准提供咨询意见。推动我国 3D 打印材料技术创新与产业化发展。与会专家就 3D 打印在航空航天，生物医疗领域的应用和技术路线发展展开充分讨论。

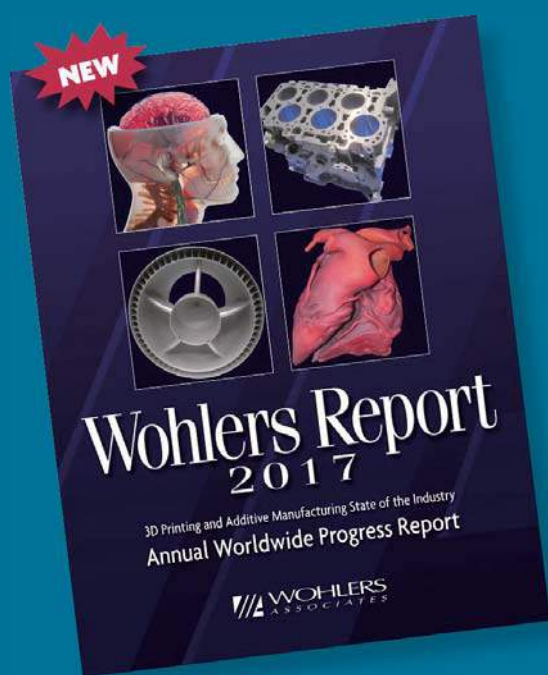
江苏基于数字化微喷工艺的三维打印成型设备成功研制

2017 年 3 月 24 日，由江苏敦超电子科技有限公司主持、南京师范大学及南京理工大学等单位参与的江苏省科技支撑计划（工业部分）重点项目课题《基于数字化微喷工艺的三维打印成型设备研制及装备集成》顺利通过验收。这也是国内基于该技术的设备研制的一次重大突破。

据悉，基于液滴喷射的光固化三维打印技术在国外发展比较成熟，以以色列的 Objet 公司（已被 Stratasys 收购）和美国的 3D Systems 公司为代表。国内市场上尚未正式推出数字微喷光固化成型装置。

江苏敦超电子科技有限公司基于此项目研发出的数字微喷 UV 光固化三维打印设备实现了高精度、高速度、多材料三维复杂零件的快速制造；本课题共申请 10 余项专利，发表 15 篇 SCI 高水平学术论文。





Stratasys 战略投资 3D 打印金属粉末制造商 LPW

知名英国金属粉末材料制造商 LPW Technology 近日获得了 3D 打印巨头 Stratasys 的战略投资。虽然双方并未透露具体的投资信息，但很明显，这是 Stratasys 向金属 3D 打印方面深入的又一个布局，因为金属粉末是当前金属 3D 打印最常用的材料，而 LPW 是当前最优秀的供应商之一。

LPW 公司成立于 2007 年，目前除了提供多种可用于 3D 打印的金属粉末，还提供先进的智能粉末管理系统——PowderLife。此系统完美集成了粉末供应、工艺处理软件、粉末处理设备，以及粉末测量与分类设备，

能在粉末的整个生命周期内对其进行追踪和监控，从而保证粉末质量达到制造需要的标准，因此广受航空航天、国防、医疗等对产品要求较高的行业欢迎。



鑫达塑料 30 万吨生物复合材料及 3D 打印复合材料项目落户南充

3 月 17 日，中国鑫达塑料有限公司（中国 XD 塑料），正式与中国四川省南充市顺庆区人民政府签署了《30 万吨生物复合材料以及增材制造用复合材料项目》以及《2 万吨功能母料项目》的正式投资协议。

项目总计固定资产投资 25 亿元，总占地

面积 250 亩，其中 30 万吨生物复合材料及增材制造用复合材料项目占地 215 亩，预计 2018 年 10 月末建成投产。

中国鑫达塑料有限公司是一家在中国主要从事汽车专用高分子复合材料研发、生产及销售的领先特种化工企业。以美国纽约为总部，通过鑫达控制（香港）有限公司，控股管理旗下分别设在迪拜、香港、北京、上海、黑龙江、四川等 10 余家独立运营子公司。2014 年年末国内汽车用高分子材料产销排名行业第一。



新品速览



帝斯曼发布耐高温 3D 打印耗材 Somos Taurus

帝斯曼（DSM）发布了一款耐高温的 SLA 材料 Somos Taurus，热变形温度为 95°C（203°F），是具有较高耐热要求的原型部件或小批量终端部件制造的理想选择。材料是木炭灰色，赋予了传统热塑性塑料的外观和质感。丰田汽车将参与这款材料的开发与测试，并有望将其应用在自己的高性能跑车制造上。



最柔软 3D 打印材料横空出世！瞄准运动装备制造

Diabase Engineering 与 MakeShaper 合作推出了一款柔性、高强度的特色线材 X60。这是目前市场上最柔软的一款 3D 打印线材，肖氏 A 硬度为 60。韧性强，具有优异的抗拉伸强度、耐磨性，断裂时伸长率超过本身 7 倍。这种材料在制作功能性、定制化运动装备中极具潜力，有 220 克线圈/29 美元、650 克线圈/79 美元两种规格。



Coobx 推出用于工业 & 医疗的 EXIGO 3D 打印机

德国 Coobx 的新机器采用专利待决的 LIFT（Light Initiated Fabrication Technology，光引发制造技术），是一款自顶向下的 SLA 3D 打印机，有一个可以优化 3D 打印的“气体构建室”，能更容易移除部件，更快地打印。其打印速度高达 >300mm/h，XY 分辨率 +/- 10 微米至 +/- 40 微米。



荷兰 Admatec 推出新的金属 3D 打印机：材料为树脂配方

近日，荷兰 Admatec Europe BV 推出了新的金属 3D 打印机 ADMETALFLEX，采用 DLP 工艺，使用的金属材料采用了一种树脂配方。当 3D 打印完后，打印对象要进一步烧结，将塑料从金属材料中剥离出去，整个过程结束后，金属 3D 打印对象将变得完全致密。新款 3D 打印机据称能创建高精度、高性能的金属结构。



01 | 英国

欧特克等十公司联合开发混合增材 / 减材制造系统

最近，包括欧特克、BAE 系统等在内的六家公司、两所大学和两家研究机构联合成立了 LASIMM(大型增减材模块化一体机) 3D 打印项目。该项目获得了欧盟 Horizon 2020 研究与创新项目的资助，旨在开发一种混合增材 / 减材制造系统。团队将尝试开发出“世界上最大的混合制造机器”，该机器将整合增材、减材、计量和冷加工能力，并且有一个先进的控制系统。



02 | 法国

3D 打印可吸收乳房植入物，将革新癌症重建手术

日前，法国研究人员创新使用 3D 打印创建了乳房植入物，适用于乳腺癌乳房切除重建手术。该项目命名为 Mat(t)isse，包括 3D 打印可吸收的壳状结构，并注射脂肪组织。这个过程本质上是将脂肪注入术和硅胶植入术这两种目前的重建技术合二为一，可以让乳房修复得更自然，并在一定程度上缓和目前既昂贵又危险的手术过程。项目结合了两种现有流程的可取之处——用 3D 打印代替硅植入物，并将自体脂肪组织即单个脂肪细胞注射到这个壳体内部。目前，里尔大学已经将这一技术申请专利。

03 | 葡萄牙

3D 打印成功将义眼制作成本从 57000 元压缩到 7540 元

近日，葡萄牙一名 47 岁的女士在 3D 打印的帮助下重建了其中一只眼睛，技术提供方为波尔图大学和机械工程和工业管理科学创新学会。

通过 3D 扫描病人眼部，设计师设计出了用于放置人工晶体的眼睑和眼窝，然后用一台 SLA 3D 打印机打印出形状，作为硅胶原型的模具。

最后，使用这个硅胶模具，更好地制作出了一个与病人右眼颜色适配的丙烯酸透镜。使用 3D 扫描和 3D 打印技术，可以将假眼制作的流程压缩到 21 个小时，成本压缩到 7540 元，比传统的 12000-57000 元大大降低。



04 | 意大利

2017 米兰设计周上展示惊人的 3D 打印叶状体结构

日前，来自伊拉克的扎哈·哈迪德建筑师事务所在米兰设计周上展示了一座惊人的 3D 打印叶状体结构。

扎哈·哈迪德建筑师事务所是伊拉克著名的建筑师事务所。这座 3D 打印雕塑被命名为“叶状体”，灵感来源于没有分化的植物茎和叶。该叶状体并不是使用传统 3D 打印技术制造的，它的缠绕模式比起电脑生成的设计看起来更自然，如同飘逸的丝带。设计师使用一个六轴机器人 3D 打印系统，通过不断挤压长达 7 公里的塑料线材，直到结构完成。这个令人惊叹的复杂的结构向我们展示了当最新的 3D 打印技术和电脑设计技术这两个领域完美地结合时，会产生怎样的成果。

07



07 | 俄罗斯

3D 打印假肢惊艳莫斯科时装周

日前举行的莫斯科时装周上展出了一组由设计师 Nikita Replyanski 与俄罗斯假肢制造商 Motorica 联合打造的 3D 打印假肢，其灵感来源于机器人和蝴蝶，科技感与大自然的美感碰撞在一起，堪称艺术。

这两个假肢使用了 Autodesk Fusion 360，一个充满未来感，一个更像芭蕾舞，售价 1700+ 美元（人民币约 12000），当然不是一个大众的消费品，但依旧让人惊叹。整个打印过程一共只花了三周的时间。“我认为他们的不同不是一种缺陷，而是拥有另一种美的契机，假肢也可以是一种时尚饰品。”设计师解释。

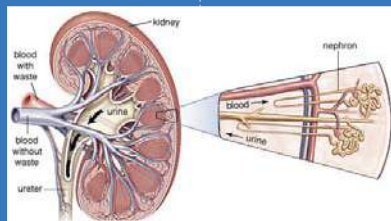
06

06 | 阿联酋

阿联酋第二大航空公司展示首个 3D 打印飞机内饰

阿联酋的第二大航空公司阿提哈德航空，日前展示了首个“3D 打印的飞机内饰”——航空座位后背显示器的边框。这一项目联合阿联酋飞机结构制造商 Strata Manufacturing 以及西门子公司共同完成。

通常来说，飞机的零件替代品通常存放在仓库中，是否生产这些零件取决于生产订单大小。而通过 3D 打印，航空公司无需储存大量实体零件，可以实时按需生产。Strata Manufacturing 的 CEO 表示，3D 打印技术将为航空航天工业带来革命性的创新，同时也发展当地的知识和技能。他们非常自豪地宣布，公司的试点项目成功完成，这是其部署 3D 打印技术在现场应用的目标实现的关键一步。



05 | 以色列

Nano Dimension 进军 3D 生物打印领域

以色列电路板 3D 打印公司 Nano Dimension 日前宣布将进行陶瓷喷墨 3D 打印技术的开发，并开设一家新的生物打印子公司。近日他们向美国专利和商标局递交申请开发喷墨 3D 打印技术，这将创造出组成细胞、细胞外基质的综合多层结构等。

该项专利申请涵盖了生物打印肾脏类似结构，与真实肾脏用同样的方式过滤全身血液。在某种意义上，Nano Dimension 用生物材料 3D 打印出一个人工肾脏。3D 打印的肾脏结构可模仿肾元的血液过滤过程。Nano Dimension 相信他们的技术将为器官移植、药物研究开发作出巨大贡献。



08 | 德国

德国 Mecuris 交付世界首个 CE 认证的 3D 打印假脚

慕尼黑 3D 打印假肢制造商 Mecuris 近日宣布装运和交付了世界首个 CE 认证（一个进入欧洲市场的医学认证）3D 打印假脚“NexStep”，可以让病人在几分钟之内就得到一个定制的假肢。

为了获取 CE 认证，3D 打印的 NexStep 经过了大量的测试，包括一个机械长期耐久性试验、负载持久测试等等。最后，NexStep 证明了它的强度和韧性，持久的脚趾负载达 8000N，通过模拟测试，病人佩戴这个假肢可以超过三年时间。最终，NexStep 在四个月的时间内就通过了 CE 认证。

“重塑”生命：

谈谈 3D 打印在医疗领域的影响

✍ 撰文：Scott Rader





在医疗行业中，技术的创新对改进工艺、完善手术结果和拯救生命有着直接的影响。

3D打印（增材制造）诞生于25年前。如今，这种技术已经能帮助我们生产面向各种行业和应用的零部件。随着医疗行业在国民生产总值中占据越来越大的比例，用于提升效率的创新方案也不断增加以适应降低成本的需求。在医疗领域，3D打印能让医生更高效地工作，缩短患者治疗护理时间，并改善手术效果。

利用3D打印改善患者诊治的案例不胜枚举。在提升效率的需求推动下，医疗器械生产商努力寻找方案，制造出更快捷、更具成本效益、更个性化、更少资源浪费的产品。医院可以在早期阶段测试3D打印医疗器具原型，并在最终生产前反馈需要进行的设计迭代。在此基础上，医疗新设备的上市时间大幅缩减，患者也能够比以前更快地受益于这些创新。

此外，3D打印在手术规划中的应用也越来越常见，并迅速成为了这

个过程中的一个组成部分。在3D打印模型上进行高效处理、熟练操作，不仅会缩短患者在手术台上的时间，还提高了手术的成功率。例如，使用颅骨植入物的实体3D打印模型，外科医生可以在手术前确定具体部位的实际尺寸和形状，减少意外的并发症，这些都是简单的CT扫描所不能做到的。

3D打印：改善医疗的全新方式

医疗保健行业快节奏的本质，通常需要快速决策以实现及时的患者护理。随着竞争加剧，医院也在“争抢”患者。许多医院将自己定位为创新者、颠覆性技术的最早采用者，在此基础上达到增加诊治病例、缩短病院护理时间、减少并发症的效果，对患者护理也会产生积极的作用。

如今，依靠3D打印技术，越来越多的医疗器械生产商得以加快生产和缩短交付周期。用户可以生产出各种各样的医疗装配工具，几天内即可生产完毕，对比传统生产方法的几周

时间，周期大大缩短。使用Stratasys增材制造解决方案，用户可以生产注塑模具插件等生产工具。因此，许多医疗机构在临床阶段就能投入产品的早期生产，成为替代昂贵医疗器械生产方式的一种成本节约方案。

根据一些客户的反馈，他们甚至能将生产周期缩短95%，成本节约高达70%。Stratasys的客户美国Worrell公司就是一个很好的例子。通过使用3D打印注塑模具，Worrell公司大大加速了医疗器械的开发，提高了市场竞争力。

传统方法中，用铝制造工具需要4-6周时间，但使用了Stratasys的PolyJet 3D打印技术，Worrell公司将交货时间缩短到两天，方便进行小批量生产。加上韧性和耐热性俱佳的DigitalABS材料，3D打印注塑模具的生产得以改善，可以承受注塑机的严格要求。最重要的是，像Worrell这类的公司能够快速、节约成本地生产医疗器具原型零件，并可直接采用最终的生产材料。

生物医用材料的3D打印技术与发展

✍ 撰文：罗文峰，杨雪香，敖宁建（暨南大学生物医学工程系，广东省教育厅生物材料重点实验室）

3D打印技术作为一项集光 / 机 / 电、计算机、数控及新材料于一体的先进制造技术，其已广泛应用于航空航天、军工与武器、汽车与赛车、电子、生物医学、牙科、首饰、游戏、消费品和日用品、食品、建筑、教育等众多领域，目前成为一种迅猛发展的潮流。理论上来说，所有的材料都可以用来打印。对于高端领域，打印材料的局限性严重阻碍了打印技术的发展。打印材料的瓶颈已经成为研究3D打印的重点问题之一。

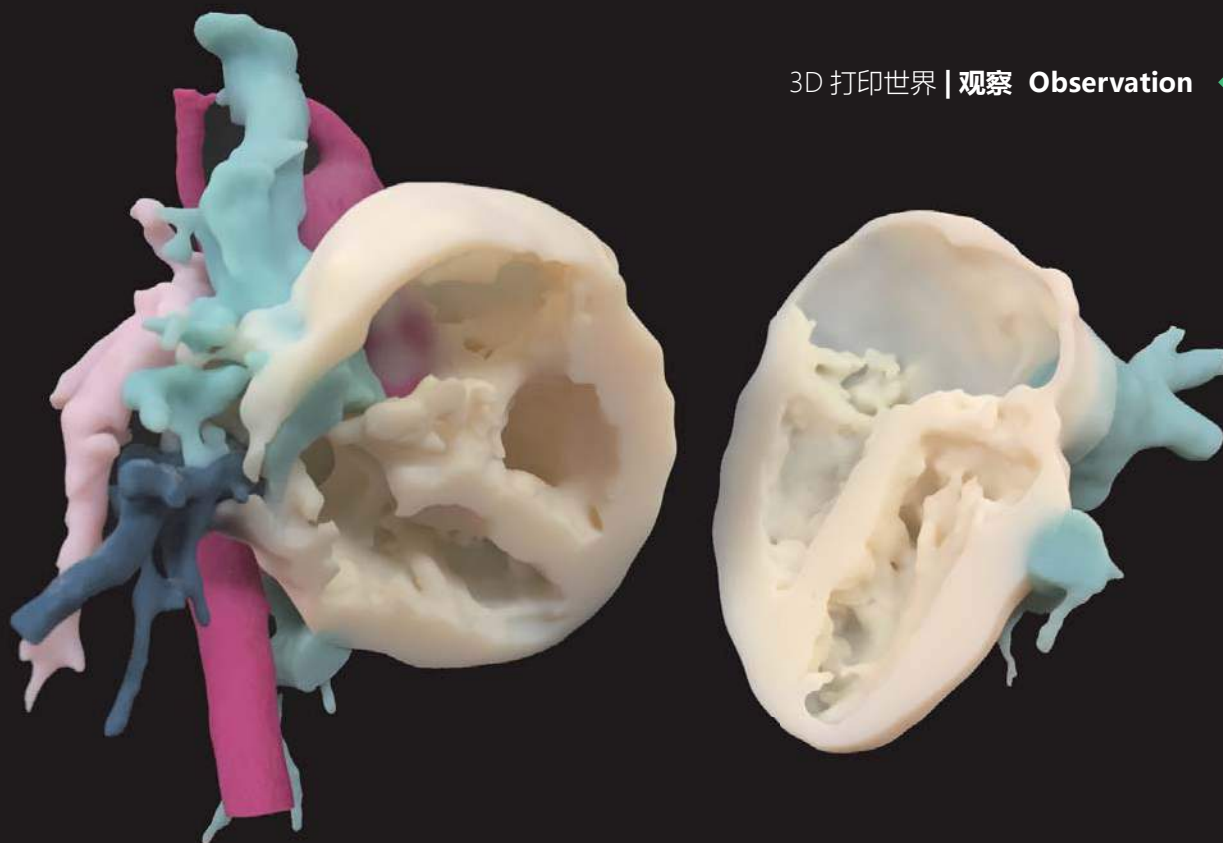
深圳光华伟业董事长杨义许认为，目前3D打印材料的问题主要体现在以下几点：可适用的材料成熟度赶不上打印市场发展的需求；材料打印流畅度不够；特种材料强度达不到要求；材料的安全性和环境友好性问题；材料的标准化及系列化管理问题等。解决打印材料的一系列问题

显得尤为重要，直接关系到3D打印技术能否带领我们进入快速制造的新时代。其中研究在生物医学上应用的材料最引人注目，因为这方面的材料最难做、费用最高。生物医用材料的3D打印尤为困难，需要考虑材料的强度、安全性、生物相容性、组织工程材料的可降解性等，目前可用于3D打印的生物医用材料主要有金属、陶瓷、聚合物、生物墨水等，其特点是分布范围较广，但是种类极少。

1.3D打印技术在生物医学工程中的应用

目前3D打印技术被广泛应用到生物医学领域，不仅包括骨骼、牙齿、人造肝脏、人造血管、药品制造等的实体制造，而且在国际上也开始将此技术用于器官模型的制造与手术

分析策划，个性化组织工程支架材料和假体植入物的制造，以及细胞或组织打印等方面的应用中。据报道，2013年12月剑桥大学再生医疗研究所开创性地通过3D打印技术，用大鼠视网膜的神经节细胞和神经胶质细胞制备得到具有三维结构的人工视网膜。该人工视网膜细胞打印出来后存活率高，并且仍具有分裂生长能力，这一突破性的进展为人类治愈失明带来了希望。目前已经可以利用3D打印技术和仿生材料制备一些无细胞的修复材料，并且已经在临床上有所应用。未来，可以利用3D打印技术打印出具有生物活性的人体器官，实现人造器官的临床应用。此外，3D打印技术可以用于个性化治疗，降低治疗成本，将来开发更多的生物相容性和生物降解材料，与3D打印技术相结合可以减轻因材料的不足而对人体



产生的伤害。这样一来3D打印技术必将引领医疗领域的革命潮流。

2.3D打印生物医用材料

2.1医用金属材料目前用于研究

3D打印的生物医用材料多为塑料，而金属材料具有比塑料更好的力学强度、导电性以及延展性，使其在硬组织修复研究领域具有天然的优越性。金属的熔融温度比较高，打印的难度较大，所以金属3D打印一般采用光固化3D打印（SLA）和选择性激光烧结（SLS）方式加工，由金属粉末在紫外光或者高能激光的照射下产生的高温实现金属粉末的熔合，逐层叠加得到所需的部件。目前用于生物医学打印的SAHOD料主要有钛合金、钴铬合金、不锈钢和铝合金等。西安第四军医大学西京骨科医院骨肿瘤科郭征教授带领的团队，采用金属

3D打印技术打印出与患者锁骨和肩胛骨完全一致的钛合金植入假体，并通过手术成功将钛合金假体植入骨肿瘤患者体内，成为世界范围内肩胛带不定形骨重建的首次应用，标志着3D打印个性化金属骨骼修复技术的进一步成熟。

与传统个性化植入假体制备技术相比，锁骨、肩胛骨等不定形骨的3D打印个性化钛合金植入假体具有更高的匹配性，功能及外形也更加得到患者和医生的认可；多孔设计石膏及软组织附着长入率高；弹性模量降低，减少应力遮挡并发症；产品质量稳定，精确度可达到1mm；制备周期短等优势。目前该技术的缺点就是打印材料昂贵，需要患者承受较大的经济负担，难以实现平民化。中国科学院理化技术研究所利用低熔点金属3D打印技术，如液态金

属Ga67In20.5Sn12.5合金（熔点约为11℃），结合微创手术的方式直接在生物体内目标组织处注射成型医疗电子器件进行了创新性的研究。他们先将生物相容的封装材料（如明胶）注射到生物组织内固化形成特定结构，再用工具（如注射针头）在固化的封装区域内刺入并拔出以形成电极区域，最后将导电金属墨水，绝缘型墨水乃至配套的微/纳尺度器件等顺次注射后形成目标电子装置。通过控制微注射器的进针方向、注射部位、注射量、针头移位及速度这样的3D打印步骤，可以在目标组织处按预定形状及功能构建出终端器件。他们利用该技术在生物体组织内制备出3D液态金属REID天线，采用这种生物体内3D打印成型技术制作的柔性器件以其较高的顺应性、适形化，以及微创性与低成本特点显示出良好的应用前



王成焘教授： 医疗 3D 打印践行者

撰文：曾伟清



三月的上海，春寒料峭。出租车留下尾烟，只剩下我们一行三人站在漕河泾开发区松江高新产业园7栋楼前与保安面面相觑，园区内高楼林立，人迹罕见。

在保安的指引下，我们推开了上海光韵达数字医疗科技有限公司（以下简称“光韵达数字医疗”）的玻璃门，王成焘教授正在前台与员工低声商量着什么。整个环境都沉浸在一种静谧的科研氛围中，不难想象，正是在这里，科研人员曾利用3D打印技术为我国首例“母子拼肝”、连体女婴分离、肝脏巨大肿瘤切除等一系列高难度手术保驾护航。

像突然的闯入者，我们连呼吸都变得小心翼翼。

王教授带着慈祥的笑容问：“你们是……？”

“我们是上午跟您约好做采访的《3D打印世界》。”

“哦……”老先生不怎么把俗务放在心上。

毋宁说是采访，不如说是学习，在空调的暖风中，王教授接待了我们这些后生小辈。

筚路蓝缕 追求医疗3D打印产业化

光韵达数字医疗由深圳光韵达光电科技股份有限公司投资成立，以上海交通大学王成焘教授的技术团队为核心，为医方、科研机构等提供灵敏、快速的个性化医学3D打印服务。这里既是一个公司，也是王教授带领的研究团队的一个产业化基地。

王教授与3D打印结缘已久，上世纪90年代，王成焘教授与戴尅戎院士在国内最早开展个体化人体关节的设计和研究分析，认识到国外的3D打印技术对研究工作非常有用，而国内还没有，最开始王教授的团队根据3D打印层层打印的原理，手工一层一层地雕刻出塑料板，王教授戏称其为“手工3D打印”，如今这个



粗糙的手工三维模型还摆放在陈列室里，纪念着研究团队当年对新技术的孜孜追求。

随后，上海上汽集团引进了全上海唯一一台3D打印机，王教授才真正得以使用上3D打印，随着211工程的推进，上海交大也获得了可以购买3D打印设备的资金，“目前国内也承认我和戴教授最早把3D打印引入到医学。”

2004年，王教授和戴院士两人领导的团队拿到了国家科研进步奖，通过产业化给全国100多家医院做了7000多例手术，近几年随着3D打印在医疗上应用越来越广泛，已经成为不可或缺的技术，上海市领导鼓励王成焘教授将产业做大，2015年王教授与深圳光韵达一拍即合，双方合作成立了光韵达数字医疗。

目前光韵达数字医疗投入了几千万的资金，引进了包括国内外的金属、树脂、尼龙等3D打印设备，严格按照国家医疗器械产业规定，设立了后方洁净室、阳性反应洁净室、细胞检测室等来一步步进行检测。

“大家一哄而上说要做医疗3D打印，但首先需要思考你是不是医疗器械单位？如果是，那么国家有一连串的医疗器械法规，必须通过ISO13485认证，我们现在就是按照这个模式在推进。”王教授带领我们参观整个数字医疗中心时，经过的每道门都设有密码加指纹的门禁。

据王教授介绍，目前他们主要在做的工作是3D打印的三大应用：手术规划模型、手术导板和金属3D打印植入物的临床科研。

“我每天的工作就是八点半来，

看着他们一个一个上班，说今天你干什么，昨天你做的怎么样。”王教授如此调侃着自己的工作，但每天来自医院、医疗器械公司、科技机构的需求，没有一个是简单的。

王教授的团队中，有来自医学的人才，但他们不懂工程设计，来自工程设计的人才又不懂医学，而两者都需要直接面向医生，医学又是一个非常广泛的学科，学习骨科的人基本听不懂心血管外科，学心血管外科的人听不懂脑外科，但这些领域王教授的团队都必须去面对，还需要学习医工融合的交叉知识。

“但是年轻人都很聪明，半年憋下来基本上就上手了，现在团队也逐渐开始专业化，你面向这个领域，他面向那个领域，培养出了这样专业化的人才。”王教授表示。



除了满足病人个体需要，还有医生自己的提出的要求——我的刀想怎么开，我想做出什么样的东西……

“所以我常常带着他们一批人像研究生一样在干活，大家一起研究怎么弄，怎么实现这些需求。”王教授感叹。

切实案例 造福病人和医生

每周发生在光韵达数字医疗的医疗3D打印应用案例有很多，除了之前新闻报道的“母子拼肝”手术、连体女婴分离手术等，王教授在访谈中信手拎来的一些案例，或许可以让读者更接近3D打印，了解它给我们的生活带来的切实改变。

这是来自上海仁济医院的需求。人的骶骨上有六个孔，医生在这

六个孔中刺进六个电极就可以通过电流控制人的大小便，这种方法在治疗老年人尿频尿急等疾病上可以发挥重要的作用。

以往，医生要把这六个电极塞到骶骨的六个孔里面，要先拿一根导针刺进去，然后观察X光判断是否刺进了准确的位置，如果没刺准，拔出来，调整方位再刺，一直到刺进孔中，再把一个管子沿着针塞进去，然后器械沿着管子通进去。这样的手术一般要三到四个小时，六个孔刺十几次才能准确刺到，不仅病人承受多余的苦痛，医生每天治疗五六个病人，一天到晚观察C型臂X光显影，这也对医生的健康造成了很大的伤害，甚至有的医生因此患上白血病。

因此仁济医院的医生提出，是不是可以预先在计算机上进行三维建

模，确定病人骶骨上六个孔的方位，打印出一个手术导板，把这个模型往病人身上一扣就可以沿着管子往下穿刺，这样一来百发百中。“医生提出这样的想法，我们说好啊，大家一起动脑筋，一个礼拜就把它试验出来了，试用的效果非常好。”王教授透露，现在仁济医院这类手术都是使用3D打印导板的方法，一个手术只要三到五分钟就可以完成。

再如，王教授团队最近和医疗器械公司美敦力合作研发仿人体心血管系统，专门提供给年轻医生做心脏起搏器植入手术锻炼，因为心脏起搏器植入是一种非常高难度的手术，而医学的学习周期又很长，因此这类的人体仿真医疗器材也能极大地加速年轻医生专业技能的提高。

光韵达数字医疗还有来自上海

跨尺度血管结构 3D 打印工艺创始者 ——访浙江大学贺永教授

编者按：医用3D打印在近几年是一个热度呈直线上升的时髦技术。3D生物打印跨过第一、第二层次，已经在医疗模型、诊疗器械、康复辅具、假肢、牙齿及人工关节等方面催生出了一个产业链雏形。然而，有关3D打印产品的审批、国家对该类产品的政策方面的决策以及产品上升过程中遇到的技术和材料、产品的价格等等瓶颈问题，如打印人体组织和器官等方面存在重重的问题。那么，如果突破这些瓶颈并掌握整个市场的方向和核心技术并具有核心的市场竞争力成为了企业长久立足的关键，也是临床医生和科研人员普遍关心的问题。

问：贺永教授，您好！我们知道3D打印在中国尚处于起步阶段，大到航天飞船、建筑、心脏，小到牙齿、血管，3D打印都可以搞定，国务院也鼓励应用大数据、云计算、互联网、增材制造等技术，构建医药产品，3D生物打印在医疗上应用有哪些？其核心技术是什么？

答：3D生物打印在生物医疗领域有着极其广泛的应用，概括来说，目前的研究有两个主要方向：其一是

为各种疾病的精准治疗研究提供新的研究手段；第二个目标更为远大，打印出活性的人造器官，并应用于器官移植中。目前疾病的机理探讨主要依赖二维的细胞实验及动物实验，二维的细胞实验与人体环境相距甚远，而动物实验除了成本高、周期长、重复性不够理想外，动物的体内环境与人体也有较大的差异。由于3D生物打印可以精确的堆叠各种细胞及支架材料，形成接近实际器官组织的结构，同时其细胞也可采用人类的细胞，恰好可以弥补目前常用的两大实验方式的缺点。目前生物3D打印在肿瘤模型、药物代谢所带来的肝脏毒性评估、肠道微环境的构造、心血管疾病病例探讨等领域都开始有报道，生物3D打印技术在疾病的精准治疗中将会有非常广泛的应用，也是目前就可以很快开展的工作。第二个目标打印可供替代的器官，目前也有很多的尝试，但总体而言还有很长的路要走，人体器官的结构远比我们想象的要复杂的多，器官的生长发育机制等机理上还有很多问题有待揭开。目前媒体报道的所谓肝打印、肾打印等研究其实更多的是实验室再现了器官众多功

能中的一到两个而已，在这方面我很担心媒体的过度捧杀。

对于生物3D打印而言，目前的核心难点包括：一是精确控制多种细胞沉积到指定位置，以更好的模拟实际组织结构。由于生物墨水是一种典型的水凝胶类软材料，打印中的变形控制、打印后结构适宜强度的保持、细胞外基质结构的营造等都对这个制造过程提出了很大的挑战；二是组织打印“成型”后，如何对细胞输送营养，实现初步的体外培养；器官内部所遍布的血管网络是维系器官活性的根本，也是打印的器官从mm级尺寸到cm级尺寸所必须的环节，打印时必须构造出有效的营养输送通道网络。三是培养过程中，如何调控培养环境使得独立的细胞个体融合成功能性组织。目前打印的组织结构，主要还是形似，神似还有较大距离。也就是说打印后细胞间如何能彼此融合，建立起cross-talking，从而具备真实器官的功能，目前还只是走了万里长征的一小步。

问：我们了解到您之前进行的一项血管3D打印的研究，提出了一种血管3D打印工艺可应用于药物筛

选、细胞共培养、细胞力学等领域。可以向大家介绍一下这项研究在心血管疾病的治疗上做出了哪些突破的进展吗？

答：15年的时候我们发表了一篇论文提出了一种在打印的同时在组织内部有效构造出营养流道网络的生物3D打印新方法，这项研究算是该工作的持续深化，我们聚焦到血管领域的病例探讨中。大家知道随着生活条件的提高，血管病变及功能退化是一大类非常广泛的慢性疾病。相对于很多其他疾病而言，血管的病理及药物效果研究做动物实验非常麻烦，也难以表征出实际的病变环境。我们通过两年多的探索，提出了一种复合微/宏通道的血管结构，并通过生物打印的方法制造了与真实血管组织类似的结构（打印的血管含内皮、平滑肌及成纤维细胞）。这种血管结构最大的特点是管壁自带微米尺度的通道，这个通道可用于血管的营养输送、各种生长因子、药物的刺激等，非常便于做药物筛选、细胞共培养、细胞力学等相关的研究。在论文中我们演示了这种全新的结构作为血管病理模型、细胞共培养、动态灌注等方面的应用，由于这里面能够展开的工作非常多，我们也欢迎与更多相关的医学研究人员合作，加速推进这一工具在更多领域的应用。

问：1990年Manz等人首次提出了微型全分析系统的概念，微流控芯片技术作为当前分析科学的重要发展前沿，在生物、化学、医药等领域都发挥着巨大的作用，成为科学家手中流动的“芯”，微流控芯片3D打印这一技术在近几年有哪些发展？

答：微流控分析技术从提出以



来，发展速度非常之快，由于原有的微流控制造工艺主要源于半导体工艺，更适合于大批量的制造。而在研发阶段的小批量快速制造就显得成本过高，随着3D打印技术的发展，越来越多的科学家开始借助3D打印的手段来实现芯片的快速制造。目前基于立体光固化及熔融沉积式的芯片打印都有较多的研究报导。我本人一直比较关注Biofluidics的制造方法及制造装备，目前这一领域使用生物打印的手段来制造器官芯片将会成为一个研究热点。我们课题组也提出了包括熔融牺牲层等多个打印工艺，并研发了相应的芯片3D打印机。个人觉得3D打印微流控芯片后续有六大值得大力发展的方向：其一、从二维面芯片过渡到三维体芯片；其二、直

接打印凝胶材质的微流控芯片；其三、针对微流控需要的3D打印工艺将会开发得到更多的重视；其四、基于打印工艺直接集成传感器及制动器到微流控芯片中；其五、基于3D打印的微流控芯片模块化组装；其六、纸芯片的3D打印封装，构成便携式POC系统。更详细的分析可参考我撰写的综述论文“Developments of 3D Printing Microfluidics and applications in Chemistry and Biology : a Review”

问：最新数据显示，3D打印医疗器械市场在未来10年复合年增长率会达到17.5%，从之前的我国全球首例应用3D打印技术治疗功能泌尿疾病获成功，到阿斯顿大学研究人员正在尝试用3D纳米打印技术来复制大

3D打印的发展前沿——类脑组织打印

✍ 撰文：王玲¹ 方奥¹ 申皓¹ 李涤尘¹ 张鹏² 郝志岩¹ 毛星刚²

(1. 西安交通大学机械制造系统工程国家重点实验室 2. 中国人民解放军第四军医大学 西安 710032)

前言

脑科学是当今科学研究重要发展方向之一，是世界各国间科学竞争的制高点之一。2005年，瑞士洛桑理工学院的科学家亨利·马卡兰提出通过制造大脑治疗阿尔茨海默氏症和帕金森氏症。2013年4月2日，美国总统奥巴马以获得人脑工作机理、人脑活动全图以及对无法治愈脑的疾病治疗新方法为目的，宣布启动脑科学计划。哥伦比亚大学教授与卡维理脑科学研究所联合所长拉斐尔·尤斯特指出该计划对科学的进步与经济的增长有很大的潜力。随后欧盟国家、日本随即予以响应，分别启动欧洲脑计划以及日本脑计划。欧盟委员会宣布将“人脑工程”列入到目前世界最先进的脑科学大型研究计划的“未来新兴技术旗舰计划”。日本大脑研究计划主要是通过对猕猴脑进行研究来实现对人脑疾病的探索和研究。我国已将“脑科学与类脑研究”列入“十三五”规划，在100个重大项目中排列第四位。由此可见，脑科学研究已被列入世界科技发展重要战略方向。脑科学研究中，作为研究对象的脑组织供体缺乏成为制约脑科学研究发展的瓶颈问题，而供体充足的动物脑组织不可能完全表征人脑组织特征。因此，在

脑的病理模型和脑神经药物模型方面有很大的市场需求。而建立体外类脑组织构建方法与装备是用以支持前沿重点脑科学研究发展的必要途径。

大脑具有复杂的宏观和微观结构，其结构直接影响脑的功能。在宏观结构上，脑分左右两个半球，大脑皮质(灰质)覆盖着每个大脑半球的大部分。大脑皮层的内部组织是由神经纤维或髓鞘构成的白质，外部表面是大量深浅不等的褶皱状沟回结构，使大脑皮质表面积大为增加(约2200cm²)。在微观结构上，大脑皮质是一个高度褶皱的神经组织板。大脑皮质平均厚约2~3 mm，是神经细胞聚集的部分，按照细胞排列次序、种类和大小不同，大体形成六个结构层次，每层层厚从200μm到1000μm不等，并且不同功能区域六层结构的厚度也有所不同(图1)，神经细胞在垂直方向聚合成圆柱形的细胞柱排列，构成了大脑皮层最基本的机能单位并组合成一个个“块状”的功能联合体。因此，复杂的宏微结构和组成都为体外构建类脑组织带来了极大的挑战。

1 类脑组织体外构建现状

为了更加便捷有效地实现人脑病理模型和脑神经药物模型药效的评

价，迫切需要在体外构建结构与功能都符合人脑组织特征的模型。目前，人脑体外构建的研究较少，根据构建成型方式的不同，主要分为：体外培养构建、翻模构建以及3D打印构建等三种体外构建方式。

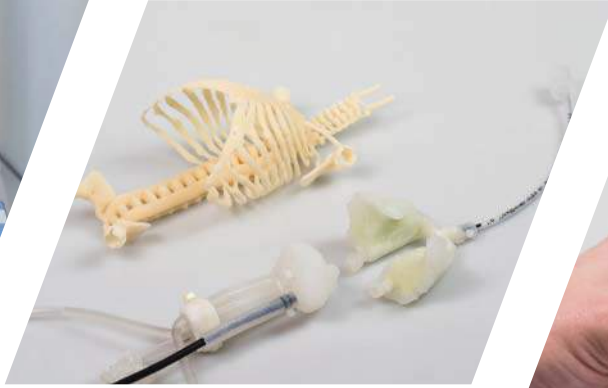
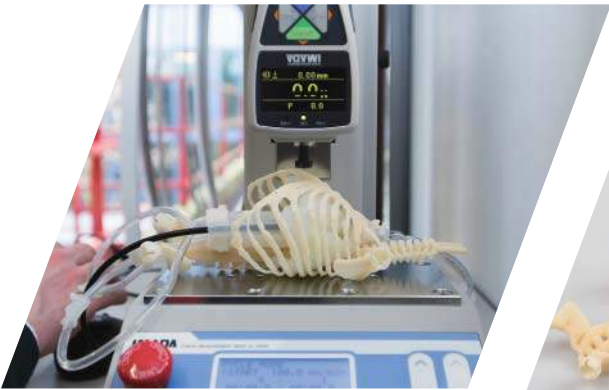
1.1 体外培养构建类脑组织

LANCASTER^[1]等利用人类多功能干细胞在体外环境下培育出了一个直径为4mm左右的类人脑组织，该结构为立体分层结构，被称为最复杂的“体外人脑”。PASCA^[2]等提出了一种操作简单且易重复的构造类脑分层结构的三维培养方法。该结构具有初步的电生理功能，简单的结构上的分层无法具备脑组织的相应功能。

1.2 翻模构建类脑组织

CHWALEK^[3]等以丝素蛋白构建的多孔支架同心圆环模仿灰质结构，中心孔注入胶原模仿白质结构，成功构建了3D神经网络结构，该结构具备正常神经组织的生物化学与电生理学特征。ODAWARE^[4]等构造了PDMS微室，采用胶原凝胶固化的制造方法和控制胶原纤维的走向来定位神经细胞胞体和突触的生长方向，构建了简单的神经网络。

翻模法操作简单，且对外界条件要求不高，成型难度低，但是不适



医学神助攻： 3D 打印婴儿骨骼

近日，来自荷兰艾恩德霍芬理工大学的博士生使用 3D 打印机创建了一个非常逼真的婴儿模型。据悉，该人体模型包括 3D 打印的骨骼、具有功能的心脏瓣膜和可以充气 and 放气的肺，意图是提供医生在训练中使用，使得他们更好地对幼儿进行诊治。

Mark Thielen 是这个创新项目的博士候选人。当涉及到治疗小婴儿时，他希望这个婴儿模型能够帮助医生得到更

多的动手操作和准确的培训的机会。根据研究者称，由于婴儿的器官具有小而复杂的性质，所以，制造和提供用于婴儿解剖结构的逼真的复制品一直非常困难。但是现在，3D 打印可以提供一个解决方案。

Thielen 与 3D Hubs 合作，基于对实际婴儿的 MRI 扫描，对解剖人体模型进行原型设计。Thielen 和 3D Hubs 测试了许多不同的材料，以了解哪种材料最适合医疗应用。最后，Thielen 使用热塑性弹性体（TPE）橡胶制成内脏器官模型，器官是在 PolyJet3D 打印机的帮助下制作的。

为了使人体模型更加逼真，Thielen 在模型中安装了能够在训练过程中为压力和冲击等测量提供反馈的传感器。当流体（模拟血液）流

过内部模型时，内置在器官中的摄像机和传感器可以向受训者提供重要的反馈，例如压力可能太高或太低等。

目前，3D 打印的婴儿模型仍在原型和开发阶段，Thielen 希望该创新项目在不久的将来对医疗行业产生积极影响。他还认为，这项研究不仅可以帮助婴儿，还可以用于创建现实和交互模型的其他身体部位和器官，以帮助培训医疗专业人员。

在医疗领域，3D 打印越来越多地用于创建栩栩如生的模型，以训练新医生，并帮助外科医生为复杂的手术做准备。3D 打印解剖模型的益处众多，因为该技术允许制造定制的、特定的患者模型，通常是以合理的成本和及时的方式呈现。随着 3D 打印材料不断增多，有望出现更多更好的模型，因为医生很快将在训练过程中使用非常逼真的 3D 打印器官与逼真的反馈和纹理。（编译：张艳萍）





工程师为残疾人开发 3D 打印多功能助行器



桌面 3D 打印无疑是最具前途的技术领域之一，特别是用来开发创新的廉价辅助设备。近年来，许多制造商特别针对 3D 打印辅助开发了一些简单而有用的工具，可以帮助残疾人进行日常活动。

不可否认，我们看到的很多 3D 打印的设备都不那么简单。例如最新的一款 3D 打印多功能助行器，它由生物学工程师 Eliza Wrobel 设计，以帮助部分残疾人在他们的家园甚至户外更多地活动。

据了解，Wrobel 的设备不是普通的步行器，因为它集成了许多功能，允许用户完成各种各样的任务。这些功能包括可更换的附件，如购物车和

婴儿座椅（将步行器转到婴儿车，各种类型）以及杯架，更多的标准功能还包括手动制动器和调节高度。

3D 打印的多功能助行车仍在开发和原型设计阶段。Wrobel 将使用 1:2 比例原型作为她的创新设计的概念证明。为了构建原型，工程师使用了各种 3D 打印部件（使用 ZMorph 2.0 SX 3D 打印机制作）以及手工垫子、线和螺丝。总体来看，Wrobel 使用了超过 100 个单独的零件来构造步行器原型。

在使用的 3D 打印材料方面，Wrobel 使用了 Silver ABS 作为助行架，黄色和黑色 PLA 用于需要更多支撑的部件，Flex 丝材及黑色橡胶状

材料用于制作车轮、制动器和手臂垫。用于制造原型的 ZMorph 2.0 SX 3D 打印机是一台多功能机器，其构造体积高达 250x235x165mm，可容纳 30 多种不同类型的材料。

虽然 3D 打印多功能助行器的当前迭代是一个半规模的原型，并且在功能上还显得相当脆弱，Wrobel 已经有效地通过她的概念证明，现在可以进一步推销并推进她的创新设计了。如果她最终建立一个多功能辅助设备的全尺寸功能原型，3D 打印仍将只是最终生产制造前的辅助环节。我们只需要等待，看看令人印象深刻的原型是否达到了一个新的水平。

（3D 虎）

复杂结构与定制设计

——3D 打印如何推进矫形技术的重大变革？

“没有人喜欢佩戴矫形器。不过，如果在日常生活中几乎可以忽略它的存在，甚至还充满美感，则可大幅延长佩戴时间，从而使矫形器达到满意的治疗效果。患者佩戴增材制造工艺制成的矫形器后，通常都会继续使用。这种矫形器的贴合度、佩戴舒适度和外观明显优于传统工艺制造的矫形器。”

——矫形外科技术 3D 打印供应商 plus medica OT 公司首席运营官 Alexander Hülk 对增材制造（3D 打印）的矫形器评价道

定制化设计与集成式的功能

在涉及到支撑型矫形器时，矫形外科技术人员通常受到个性化结构的束缚，因为形态、功能和材料厚度配置必须适合每位患者的需求。当需要采用复杂结构时，传统工艺通常已达到自身极限。此外，由于其生产成本较高而且非常耗时，因此没有现货可用。为解决这些问题，plus medica OT 采用了工业 3D 打印技术。借助 EOS GmbH 的生产系统和咨询服务，该公司可根据每个患者需求来量身定制矫形器，而传统工艺几乎无法实现这一点。

面临的挑战

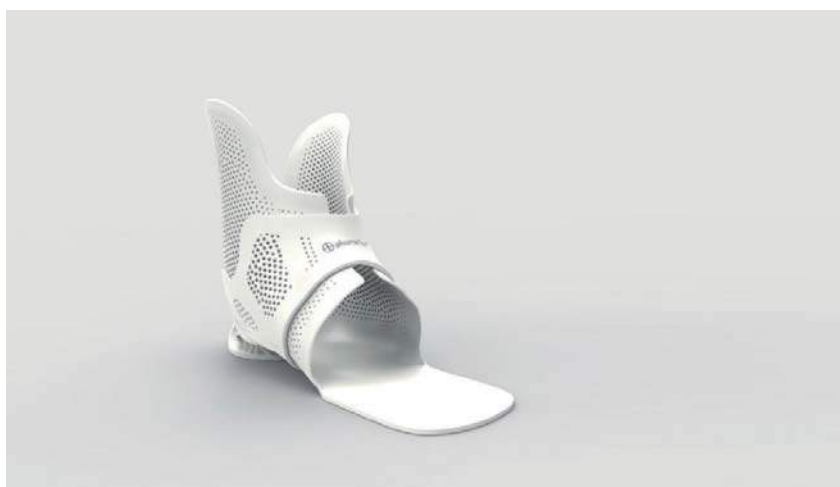
每个人都是独一无二的，在矫形外科领域尤为如此，矫形外科的目标就是根据个性化需求来支撑或恢复人体活动能力。为使治疗圆满成功，矫形器的设计必须与患者的解剖结构和治疗需求精确匹配。这也解释了矫形器需按定制结构生产或进行小批量定制生产的原因，因为直到如今，矫形外科技术人员一直根据各种可行的传统生产方法（例如铸造、建模和铣削等）来构建矫形器。但是，复杂的结构和不同的材料厚度要求已达到了现有传统加工工艺的极限。

如果需要在同一款产品中融合多种功能，必须以手动方式将多个单独的零部件组合形成矫形器成品，而这是一个非常耗时的过程。同时，对于存在神经系统疾病（例如瘫痪、中风或多发性硬化症等）发病风险的患者，还必须尽快使用矫形器来支持他们的灵活移动性。对儿童进行治疗时，需要进一步考虑的因素是他们生长速度很快，这意味着辅助用品必须频繁更换。

plus medica OT 是一家 3D 打印医疗辅助用品供应商，他们已经意识到了这些挑战，并确立了采用工业 3D 打印提升患者护理水平的目标，将传统的矫形技术工艺与增材制造带来的各种可能性相结合，基于全新的设计方案为患者量身定制质量卓越矫形器。“我们将矫形外科手工工艺与增材制造的优势相结合。”plus medica OT 首席运营官 Alexander Hülk 表示。

解决方案

自 2015 年起，plus medica OT 致力于开发、构建、生产和销售采用增材制造技术制造的矫形器。该公司的关键重点是利用该项技术的潜力来



良好的透气性：这种踝关节 / 足部矫形器上有很多透气孔，环状封闭系统几乎覆盖整个脚面，从而防止出汗过多。



提升患者护理水平，并为矫形外科技术人员提供这项技术。为此，该公司致力于从经济和技术层面优化这类组件，并且尤为关注矫形器的形态和功能。这就是全球首家矫形外科技术的3D打印供应商 plus medica OT 能与当地整形外科技术人员密切合作的原因所在。只有根据矫形外科技术的要求协调设计和增材制造的所有工艺，才有可能取得最佳的效果。

为此，该公司与3D打印领域的技术领导者EOS开展合作。EOS不仅提供所需的系统和材料，还能在开发和生产过程中为用户提供各种支持。“我们从EOS提供的实力极强且基于合作伙伴的咨询服务中受益良多，例如，就如何选择最适合的材料EOS为我们提供了大力支持。”Alexander Hülk 解释到。经验丰富的医学工程应用专家帮助他积累专业知识，并为其展示如何全面挖掘该技术的潜能。而且直到现在，当遇到设计优化和功能集成相关问题时，他们仍能随时提供帮助。

plus medicaOT 在制造矫形器时，首先会由矫形外科技术人员为患者制作石膏模型。然后，直接在石膏模型上设计矫形器。之后，矫形外科技术人员将石膏模型和订货单一并送到 plus medica OT。随后，使用3D扫描仪对石膏模型进行数字化。接下来，plus medica OT 采用CAD程序设计出矫形器，并将构建数据传输到生产系统EOS P 396。利用激光束将精细的粉末材料逐层烧结叠加，最终制造出零部件。这样，无需任何特殊工具，即可制造出所能想象的任意形状的矫形器。采用的材料是尼龙聚合物，具有出色的硬度和耐冲击度，在重负荷下既不会碎裂也不会断裂，降低了患者受伤的风险。

成果

增材制造助力 plus medica OT 采用新方法生产出质量卓越的辅助用品，即使是复杂的结构也能轻松制造。此外，在同一个矫形器中可以变换不同的材料厚度，从而达到增强特定部



位的灵活性或硬度。关节和封闭系统或魔术贴固定件等标准零部件可集成在矫形器的任意位置。同样也可应用到透气口上来改善其透气性。

“在同一矫形器中融合多种几何形状并使其具有较薄的壁厚和集成功能，这是采用传统生产工艺无法轻松实现的。”Alexander Hülk 满意的解释到。与以往相比，采用新工艺制成的矫形器能够更好地契合患者需求。而且，定制这种辅助用品显然也相对容易且经济实惠。如果患者有定制需求，可以在工件表面重新制作样式，而无需扩展生产过程。后续的染色和上漆工艺可形成丰富多彩的颜色。对于 Alexander Hülk 而言，重量和集成功能优化、良好的透气性和极具吸引力的设计都是治疗取得成功的决定性因素：“没有人喜欢佩戴矫形器。不过，如果在日常生活中几乎可以忽略它的存在，甚至还充满美感，则可大幅延长佩戴时间，从而使矫形器达到满意的治疗效果。”



全方位理念：（从左至右）集成式小腿（上部）用魔术贴固定件、整体式关节系统、带徽标的运动止动装置、便于保持稳定性的集成跟骨板以及通过突片锁连接内部足部组件（DAFO）。

3D 打印 + 碘粒子植入： 中大医院各方联合“围剿”肿瘤的神器

放射性碘125粒子，虽然直径不足1mm，长不足5mm，但多颗精准分布植入到肿瘤中，聚集起来从内向外“引爆”，能有效治疗实体肿瘤。再联合支架技术，还能实现开通狭窄通道和“围剿”肿瘤双重效果，这一神奇“神器”虽小但威力强大。近日，东南大学附属中大医院传来消息，作为该院享誉国内外的“王牌技术”之一，中大医院介入与血管外科滕皋军、郭金和团队的专家们向省内外同行展示了碘粒子与支架及3D打印等联合应用治疗肿瘤的神奇魅力。

案例：碘粒子布阵三次 彻底剿灭肿瘤病灶

一年前，张老爹走路后出现左下肢酸胀样疼痛，只能拄拐才能勉强走几步。到中大医院进行核磁共振、活检等相关检查后发现为左髌骨肉瘤，病灶竟有10.4cm * 8.0cm，已没有手术指征。正在一筹莫展时，中大医院介入与血管外科郭金和主任团队的朱光宇副主任医师、王勇博士为他采用碘粒子植入术，给他了希望。

由于病灶巨大，不能一次植入

太多碘粒子，只能分步进行。去年3月，张老爹首次植入碘粒子，120颗粒子有序分布在他病灶里，粒子打入“敌人”内部，用半年时间慢慢消耗“敌人元神”。2016年9月份，第二小分队90颗粒子出兵。二个月后第三次再次补充兵力，“围剿”残余势力。近日传来捷报，张老爹再次入院复查发现病灶不见了，肿瘤生物活性消失。张老爹也明显感觉到，“自己就像个健康人似的，终于可以撇开拐杖走路了”。

阵法：精准布点 安插粒子

碘粒子是如何作战的？郭金和主任介绍，通过CT或B超对肿瘤部位准确定位。在影像引导下经过穿刺，将细小放射性碘粒子植入肿瘤组织内。根据肿瘤大小与位置精心布点，直接照射病变组织，照死肿瘤细胞。

据悉，碘粒子威力在于具放射性，释放伽马射线，但它是个低能量的射线。聚集多颗碘粒子分布在肿瘤内部，60天为半衰期，200天辐射消失，在这二个月到半年时间内有效治疗肿瘤，最终肿瘤溃败。碘粒子认准

肿瘤剿杀，却对周围正常组织损伤非常小。

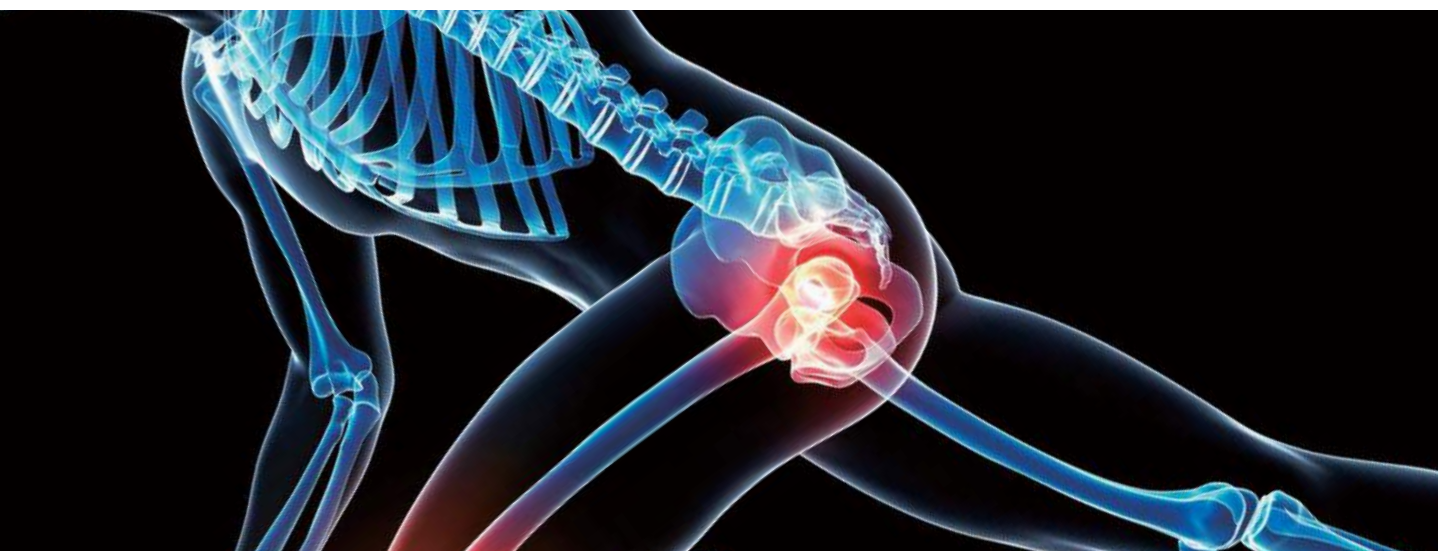
受益：14年 2000多例肿瘤患者成受益者

放射性碘粒子技术在中大医院已开展14年，2000多名患者成为碘粒子打击肿瘤战役的受益者。这些患者有什么共同特征，碘粒子主要打击什么肿瘤呢？郭金和主任介绍，碘粒子植入术目前主要针对于前列腺癌、肺癌、肝癌及对临床上少见的疑难复杂实体肿瘤或腹膜后、盆腔及椎体附件广泛转移的实体肿瘤具有很好疗效。特别是对外科治疗不理想，放化疗不敏感的滑膜肉瘤、平滑肌肉瘤、横纹肌肉瘤、恶性组织细胞瘤、恶性神经鞘瘤等实体肿瘤。

首创：支架载粒子 威力更强大

善于钻研的碘粒子，还学会借助外力，搭乘支架快车，打击肿瘤再升级。撑开的支架既能“疏通管道”，又能进行局部放疗防止肿瘤再次生长。

这次它的阵法是也是分步进



行，先将装载碘粒子的支架被送到病灶处，支架张开的部分使得碘粒子暂时“落脚”在病灶处；第二步将真正的支架穿到卷起的“铁丝网”的中心，这个支架能起到真正撑开的作用，既疏通狭窄处，也让碘粒子在栓塞处“站稳脚跟”。

著名介入医学专家、中大医院院长滕皋军教授介绍，粒子支架技术是中大医院在国内外首创的，碘粒子可直接植入患者体内，也可通过粒子支架为患者提供先进有效的治疗。支架就是粒子的载体，可以撑开患者体内的狭窄腔道，在保证患者器官正常功能不受影响的情况下，起到治疗作用。最常见的放射性粒子食管支架，在解决吞咽困难的同时，对肿瘤进行局部内照射治疗。目前，放射粒子支架技术已由食道延伸应用到胆道梗阻、气管狭窄、肝癌晚期门静脉癌栓治疗、下腔静脉癌栓治疗等多领域。

创新：3D打印模板 + 碘粒子植入 双剑合璧

中大医院介入与血管外科碘粒子植入技术不断创新，在华东地区率

先采用先进的3D打印技术，让对抗实体肿瘤的作战阵法更精准。

“没有3D模板时，医生是通过CT逐层、多次扫描判断病灶位置。有了3D打印技术，定位都是三维立体的，精确计算有效避开血管、神经和骨头。”郭金和介绍，3D打印好模板，粒子如何排列一目了然。手术时医生只要按模板中显示进行，布控和操作精准度提高，穿刺定位时间缩短，手术时间也相应缩短。

联合：多兵种作战 联合抗击肿瘤

郭金和指出，虽然碘粒子威力大，但与其他治疗方式联合作战，战斗力大增。碘粒子植入术也与其他介入方式一同对抗肿瘤，如对于肝内胆管细胞癌的治疗，也先用微波消融方式把肿瘤烫小，再进行粒子植入。

肿瘤的治疗还需多学科联合，各学科专家从各领域评估诊断，再提出系统化治疗方案。一般而言，早期肝癌适合手术治疗及消融术；中晚期肝癌则进行介入治疗；晚期肝癌则适合分子靶向药物治疗和支持疗法。整个治疗中就需介入科、肝胆外科、肿瘤科、消化科、病理科等多学科合作，确定最适合患者方案。



用于碘粒子植入的 3D 打印模板

我国完成首例“3D 打印 + AR 技术”骨科手术

根据影像检查数据，辅以计算机模拟，能够打印出人体组织器官模型；戴上AR眼镜，患者一下成了“透明人”，神经、血管、病灶部位都看得一清二楚。虚拟的情景与真实的手术场景叠加后，让医生对手术台上的病人情况了如指掌，手术刀的触及部位也更加有数，手术安全性大大提高。

3月21日，威海市中心医院通过“AR（增强现实）技术”和“3D打印技术”高科技手段，顺利完成了一例骶尾部巨大梭形细胞瘤切除及椎体置换手术，这是市中心医院3D打印技术在骨科手术上的又一次成功尝试。AR技术与3D打印技术完美应用到骨科领域，尚属全国首例。

尖端医术：“AR技术+3D打印”切除肿瘤、置换椎体

不久前，家住文登66岁的林庆（化名）因浑身无力到市中心医院检查，医生意外发现他腹部有一个皮球大小的肿块，经多学科会诊，结合CT、磁共振、穿刺取病理等检查结果，确定其为低恶性腰椎部肿瘤，肿瘤侵蚀第五椎体且肿瘤巨大，若不及时治疗，随时都有生命危险。

目前，对于肿瘤侵犯腰椎体，

手术切除仍然是治疗的关键所在。考虑到患者的实际情况，主治医师与患者家属进行了详细沟通，最终决定为林庆实施腰椎肿瘤切除3D打印椎体置换术，以医学影像数据为基础，利用3D打印技术制作个性化人工椎体，术中植入到患者体内，建立腰椎新的稳定系统。

21日早8时50分，紧张的手术正式开始，泰山学者特聘专家、威海市中心医院院长丛海波、脊柱外科资深专家张恩忠、创伤骨科主任马兆强等专家共同进行手术，血管介入外科、泌尿外科、麻醉科、影像科、输血科、手术室等多学科专家共同配合，借助上海霖晏科技提供的AR技术，患者腹部11cm*9cm*6cm大小的肿瘤被完整切除，并顺利植入3D打印的金属椎体，历时4个多小时，手术全过程患者生命体征平稳，按计划完成手术。

医生佩戴AR眼镜进行手术的同时，记者通过外接屏幕进行了观摩。通过AR眼镜传输的画面，感觉自己置身于手术台上，医生通过语音和手势控制AR眼镜所示画面，在术中对动脉、静脉、骨骼进行切换显示及拖拉平移等操作，记者可以通过外接屏幕，以主刀医生的视野来观看这场精细的手术。

据了解，3D打印技术应

用于骨科手术，在市中心医院已不罕见。不仅大规模用于髌臼骨折手术，在骨科重大肿瘤切除上的应用也已十分成熟。此次，AR技术的应用，使患者的血管、组织、病灶部位360度呈现在医生眼前，大大增加了手术的安全性，提高了手术的精准度。

深入探究：这究竟是个什么样的手术？

术后，丛海波院长作了详细的解释。

第一步：用3D打印技术，“克隆”人体组织器官

丛海波说，实施手术之前，患者和家属多有志忑。因为现在大多数的CT、核磁共振影像检查结果，看起来也就是黑白光影，非专业人士无法辨识。病灶具体多大，精准位置在哪，从何处着手切除，会不会对身体有不良影响？这些都是患者的巨大疑虑。

对于这个困惑，3D打印技术就能解决。术前，临床骨科、影像科、普外科医师及计算机工程师，通过三维重建技术将肿瘤、骨骼及周围重要神经血管组织等进行重建，利用计算机模拟合成三维立体影像。这样根据这个立体影像，用特质材料和技术，打印出一个形状完全相同的、内部结构层次分明的腰椎部模型，病灶的部位也一清二楚。医生拿着模型放在患者面前，给患者讲解，方便很多，医



全国首例 AR 技术与 3D 打印技术相结合的手术（外接屏幕上显示的影像与术者 AR 眼镜中所见影像同步）

"1+1>2"

3D 打印与骶神经调控术的强强联合

撰文：顾寅璐

当3D打印技术遇上临床医学，究竟会擦出怎样的火花？日前，仁济医院南院泌尿科率先将3D打印技术应用在骶神经刺激器植入术中，极大地减少了手术时间，降低了术后并发症，提高了骶神经调控手术的质量，也预示着开始进入了精准医疗的时代。

治疗功能泌尿的新武器——骶神经调控术

骶神经调控俗称膀胱起搏器。它是一种植入式可编程的骶神经调节系统，是一种新的微创治疗手段。全球目前为止，有近20万例患者接受

该治疗，它适用于以下功能泌尿疾病：急迫性尿失禁，尿频尿急综合征、排尿困难，慢性尿潴留以及难治性慢性盆腔疼痛。该疗法已使数以万计的病人恢复了正常的排尿功能，开始了崭新的生活，并且疗效长期稳定。

什么是精准医疗？

精准医疗又称为个性化医疗，它是根据患者个体特征、环境以及生活习惯，为病人量身设计出最佳治疗方案，以期达到治疗效果最大化和副作用最小化的一种定制医疗模式。精准医疗相较于传统医疗其优势在于：

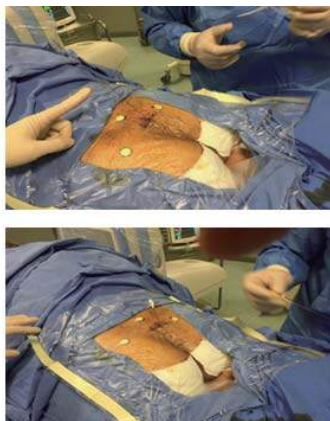
迅速对症治疗，精准的治疗方式、节省时间、提高疗效、减少患者身体损害。

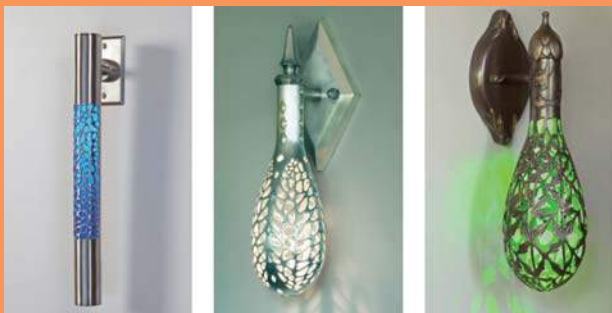
何为3D打印技术？

3D打印是一种以数字模型文件为基础，运用特殊蜡材、粉末状金属或塑料等可粘合材料，通过逐层堆叠累积的方式打印一层层的粘合材料来制造三维物体技术。3D打印技术出现于上世纪90年代，在本世纪获得迅速发展，3D打印具有个性化、精准化特点，在医疗领域的应用前景非常广阔。

3D打印技术与骶神经调控术的结合

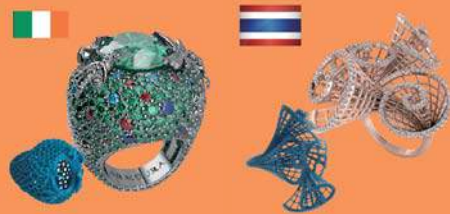
骶神经调控术中的关键步骤之一，骶孔精确穿刺定位往往较为困难，虽然临床上常规借助C臂机X光定位指引下穿刺；但由于骶骨骶孔的解剖位置形态有一定的个体差异，尤其对于一些有骶骨畸形或手术史的患者而言，骶神经调控术中骶孔精确定位穿刺往往更加困难，耗费大量时间，从而影响整个神经调控手术的质量。





受《冰与火之歌》启发，美国艺术家制作 3D 打印“龙蛋”壁灯

《冰与火之歌》是一本风靡全球的小说，其中对丹妮莉丝（也称龙母）的龙蛋作了精美的描写，正是这些文字激发了英裔美国新艺术主义设计师 Martin Pierce 的创作。一款精致的壁灯由此诞生，它们发出深红色或亮白色的光，就像小说里那些初生的龙所喷出的火焰。龙蛋壁灯只是 Pierce 最近创作的三款壁灯之一，另外两款分别采用了圆柱形图案和花卉图案。



闪耀巴塞尔珠宝设计 2017：这些 3D 打印珠宝美炸了

巴塞尔珠宝设计展是一个顶尖的手表和珠宝设置，作为其中的一部分，Stratasys 的子公司 Solidscape 公司举办了一场 3D 打印珠宝竞赛，目前该公司评出了在本届设计大赛上最亮眼、最新颖的 3D 打印珠宝和艺术。

金奖得主是爱尔兰设计师斯图尔特·麦格拉和泰国设计师 Ananya Chuechanglek，麦格拉的作品名为雨林，堆积着密实的绿宝石装饰，其灵感来源于郁郁葱葱的热带雨林，Chuechanglek 的作品来源于一种叫 Chalom 的传统篮子，像编织着细小的竹子。



兼备颜值与情怀：3D 打印极具韵味的家居灯具

日前，3D 打印公司极光沃建模师利用 3D 打印制作了一系列 3D 打印台灯及壁灯。右边这款欧式壁灯灯壁厚度约 1.5mm，采用了透明的 PLA 材料一次性打印成品，灯罩处可以配置不同颜色的 LED 灯芯，在保证美观的前提下，照明效果能达到足够的亮度。另外两款台灯，外观搭配较为相似，都具有浓浓中国风元素，一个带有“鱼跃龙门”的传统寓意，另一个龙祥云则表达了富贵吉祥的美好愿望。用电源线悬挂在半空，给人一种海上夜明珠的错觉。而祥云灯打印了灯座来依托灯罩，灯罩可以随意转动，呈现一幅灯下清明上河图，十分别致。



看了这么多月球灯，只有这款高仿真的让小编赞叹！

产品设计师 Oscar Lhermitte 与设计工作室 Kudu 合作，以 1:2000 万的精确比例，创建了这个以仿真月球为中心的“月球/MOON”台灯。这个仿真月球采用 3D 打印制作，整个制作参考了来自美国宇航局的数据，因此仿真度非常高，也非常精细，突显了月球陨石坑、火山口、山脊等真实细节。

当 3D 打印礼裙遇见 2016 环球小姐比赛.....

在巴尔干半岛首个 3D 打印时装秀（2016 环球小姐赛事之一）上，时尚品牌工作室 ONUS 和 3D 建模及打印公司 3B Army 展示了一系列 3D 打印礼裙，这些色彩靓丽、轻盈舒适的裙子改变了此前 3D 打印服饰给人坚硬冰冷的印象。

每套 3D 打印裙都有自己的名字，如哥伦比亚小姐穿的蒙德里安 3.0 礼服，南非小姐穿的参数象牙礼服（花了 42 个小时打印，30 个小时手工制作），以及由阿尔及利亚小姐穿的 Voronoi 生活礼服，乌克兰小姐穿的长款电绿色“食肉类”礼服（240 小时打印，60 小时手工制作）。



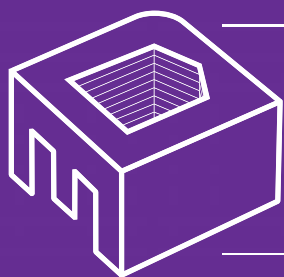
意大利百年大厂电动车：3D 打印奢华复古机车外壳，续航能力惊人！

最近，意大利有着上百机车历史的 Nuova SPA 公司和 Materialise 合作推出了这款电动自行车——Bicicletto，它最大特点是中间的电机外壳使用 3D 打印，车身重量仅有 24kg。

从远处看上去它就像老式的沙滩车，或者说是“干净”版本的恶棍机车。使用 26 英寸轮毂，前把为一字把，配以复古的棕色牛皮把套，并且它几乎与座椅平齐，所以骑它的时候姿势是“趴着”的。最高速度可以达到 45km/h，纯电动续航里程为 50km，如果加上脚踏，可以达到 120km。体力好的朋友可以一口气从北京骑到天津。



中国 3 D 打 印 行 业 第 一 本 专 业 读 物



3D PRINTING WORLD

2017年5月 | 第27期

3D打印世界

仿真软件如何 击破 3D打印痛点?

——访Altair大中国区总经理刘源博士

有着20多年仿真经验的Altair正在为
3D打印注入无穷的创造活力。

封面人物 / P18



P14
如何经营一家3D打印工厂？

带您深入了解3D打印工厂的运营方式，以及需
克服的五大挑战。



P30
阿迪联手Carbon
开启3D打印鞋量产时代

阿迪达斯公司预计到2018年底，将生产超过
10万双“未来工艺4D”运动鞋。



以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com



第五届亚洲3D打印展览会 The 5th iPrint 3D Expo

2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

海外买家云集的 3D打印展览会 2017 精彩再续！



“这个展外国人比广交会还多！”

“1000张名片一天发完了，根本不够用。”

——来自2016年亚洲3D打印展览会的客户心声

2016年回顾

8395名专业观众，比2015年增长17.75%

83个国家采购商，占专业观众比例18.3%

100+家媒体报道

展商平均接待客户200+



扫一扫
掌握展会动态



与全球最大打印耗材展
RemaxWorld同期同馆举办，
共享海量行业资源

参展咨询:

梁经理

0756-3959280

Anna.Liang@rtmworld.com

EDITORIAL

刊首语



2017 年 5 月 5 日，中国国产大飞机 C919 首次试飞成功。这个中国航空人追逐了半个世纪的大飞机梦，经过五代航空人的艰辛努力，终于成真。

据了解，C919 成功试飞的背后，3D 打印也功不可没。其中，机翼的主要承重部件——机翼中央翼缘条，是由西工大黄卫东教授团队下的铂力特公司完成的，并于 2012 年通过了商飞的五项测试，商飞认为，其性能“略好于锻造件”；舱门上以钛合金薄壁结构为主的 23 个金属 3D 打印部件，是由无锡飞而康完成的，团队经过 4 个月的技术攻关，终于攻克了钛合金大型薄壁件常见的应力开裂和型面变形等问题，按时完成了产品交付。在一架大飞机上千上万个零件中，3D 打印零件虽然只占据了冰山一角，但它的潜能正日渐凸显，这项技术也有望得到越来越多的应用。

本期，杂志将聚焦 3D 打印在工业领域的应用。除了常规新闻外，3D 打印近日在工业批量化定制出现的一些趋势也成功吸引了我们的关注。

例如，阿迪达斯宣布利用 3D 打印公司 Carbon 技术推出全球首款可量产的 3D 打印运动鞋——“未来工艺 4D”(Futurecraft 4D)，该鞋的鞋底采用 3D 打印技术而成。Carbon 3D 打印技术将使打印一双鞋的时间，由一个半小时大幅降低到 20 分钟，2018 年 Futurecraft 4D 的年产量有望达到 10 万双。

计算机技术公司甲骨文的研发部门日前正在和 Carbon 合作，设计一款用于新研究服务器的小型精密终端支架，并利用 Carbon 的连续液面生产技术 (CLIP) 进行大量生产。此次合作打造的这款终端支架，专门用于连接微型服务器与大型网络。使用 CLIP 技术可以显著加快生产时间，在短短几天内生产出一万个支架。如果使用其它制造工艺，则需要花几个月。

全球领先的飞机制造结构和制造系统的供应商 Premium AEROTEC 与经验丰富的合作伙伴——EOS 和戴姆勒公司，共同推出“新一代增材制造”项目。这三家公司正计划将数百万欧元投入到一款能够将增材制造用于批量生产的自动化生产设备上。通过该项目推动增材制造 (AM) 技术发展的同时，此举亦为金属 3D 打印技术在大规模批量生产中的应用奠定基础。

.....如此种种，不胜枚举。

3D 打印技术目前正处于从原型制造向工业化批量制造的过渡阶段。从制造业巨头到 3D 打印领军企业，无一不对如何挖掘 3D 打印的潜力，为规模化终端零部件的批量生产服务这一目标，抱以极大的热情。如果有人还持“3D 打印只能打打模型”，“中看不中用”的论调，在这些案例前，也应该有所改观了吧。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟 (澳大利亚) 劳莉

杂志编委会

(排名不分先后)

颜永年 戴冠戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焄 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义洪
王蕾 宋波纹 吴文恒

主 编

余 佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编 辑

曾伟清 张紫薇
伍毓秀 王莉 刘盛娟

美术设计

邓德胜 钟晓俊 周婵媛
罗宇洪 王清梅

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

冯 旭

Vincent.Feng@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：(粤C)Y0155116 号

出版地址：

Room 1310-13, 16-20, 13/F,
Hollywood Plaza, 610 Nathan Road,
Mongkok, Kowloon, HK



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017 年 10 月 12-14 日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

06 环球 World News

观察 Observation

08 深度解析 3D 打印技术对武器装备发展的影响

14 如何经营一家 3D 打印工厂？

19 桌面 SLS：更适合大众的工业 3D 打印？

人物 People

24 仿真软件如何击破 3D 打印痛点？
——访 Altair 大中国区总经理刘源博士

技术 Technology

30 3D 打印增材制造蜡模技术在复杂薄壁构件石膏型真空增压生产中的应用

34 基于 3D 打印技术的海军舰船器材保障能力研究

应用 Applications

38 3D 打印 - 鞋类产品的批量化个性定制就是这么简单

42 华曙高科推出 2 米长 3D 打印汽车仪表盘

43 阿迪联手 Carbon 开启 3D 打印鞋量产时代

44 创客 Marker

24
PEOPLE
人物

Altair（澳汰尔）作为全球仿真技术毫无争议的执牛耳者，正如一块楔子将“拓扑优化”与“3D 打印”这两种天然相生的技术紧密契合在一起。





Desktop Metal 推出两款颠覆性的金属 3D 打印系统

获得谷歌、宝马等资本支持的Desktop Metal终于推出了两款桌面金属3D打印机——DM Studio和DM Production系统，前者采用结合金属沉积（BMD）方法，兼容数百种不同的金属合金，售价4.9万美元，后者采用单通道喷射（SPJ）技术，比现有的基于激光的金属3D打印系统快100倍。



集数控铣削、激光雕刻、绘图的一体化Creatum 3D打印机

近日，MAG为这款3D打印机发起了一场众筹，它完全由金属制成，非常紧凑，打印床可自动调平，拥有多功能打印头，可用于激光雕刻、CNC铣削、绘图以及3D打印，完成打印后，可用同样的机器对打印件进行后处理，早鸟价249美元。



波兰 Verashape 的医用 3D 打印机 VSHAPER MED

VSHAPER MED可打印医疗模型、植入物甚至器官，带有紫外线灭菌、通风过滤功能，打印温度可达450°C。有两个型号——270和450，前者的构建体积为270 x 270 x 200 mm，后者为450 x 450 x 450 mm。打印机外壳由一种抗菌的银基粉末涂料制成，可打印多种不同材料，包括PEEK、PLLA、ABS、PMMA、PETG、PVA。



Coobx 推出 3D 打印自动化生产线 LIFTcell

Coobx宣布推出3D打印生产线LIFTcell，包括三个拥有不同程度自动化的系统。最大的LIFTcell 12可以通过12台3D打印机处理6种材料，直接面向生产车间，提供全自动工作流程，包括一个高速输出旋转传输后处理单元，可以对树脂进行清洁、修复、干燥、回火和收集，系统中的每一个组件都可以以模块化的方式进行重组。

科技部印发“十三五”先进制造技术专项规划，3D打印获关注

近日，科技部印发了关于“十三五”先进制造技术领域科技创新专项规划的通知，规划总体目标为强化制造核心基础件和智能制造关键基础技术，在增材制造、激光制造、智能机器人、智能成套装备、新型电子制造装备等领域掌握一批具有自主知识产权的核心关键技术与装备产品，将围绕13个主要方向开展重点任务部署。

在增材制造领域，将重点解决增材制造领域微观成形机理、工艺过程控制、缺陷特征分析等科学问题，突破一批重点成形工艺及装备产品，在航空航天、汽车能源、家电、生物医疗等领域开展应用，引领增材制造产业发展。形成创新设计、材料及制备、工艺及装备、核心零部件、计量、软件、标准等相对完善的技术创新与研发体系，结合重大需求开展应用示范，具备开展大规模产业化应用的技术基础。



SmarTech 报告：金属 3D 打印的历史机遇与挑战

日前，市场研究公司 SmarTech 针对金属 3D 打印从设备端到金属粉末生产商竞争格局的变化，以及在应用端的发展前景做出了一系列的分析与预测。

除了航空航天与医疗行业外，SmarTech 还预测了金属 3D 打印将在汽车、牙科、石油天然气行业将保持高速增长。其中，航空航天行业对金属 3D 打印技术的引入在 2024 年以前都将保持在 30% 以上的年增长水平。医疗领域，SmarTech 预测在 2018 年前金属 3D 打印的应用将保持在 30% 以上的高速增长水平。

根据 SmarTech 预测，2017 年金属设备的销售金额将达到 8.2 亿美金，金属粉末的销售金额为 3.8 亿美金。报告还预测，GE 在强势收购 Arcam、Concept Laser 后，2026 年 GE 将占据金属打印设备市场 16% 以上的市场份额。

营收逾 3 亿：先临三维公布 2016 年财报

4 月 27 日，3D 打印上市公司先临三维发布了 2016 年度财报。报告显示，公司 2016 年度营业收入 31308.46 万元，同比增长 64.55%，随着前期研发成果的转化和商业模式的快速复制，公司自主核心技术产品增长较快，同时随着生态系统的逐步完成及生态效应逐渐显现，公司 2016 年度的毛利率同比增长 21.19%，提高了 8.21%。公司 2016 年度实现归属母公司股东净利润 2888.09 万元，同比增长 144.13%，同时归属母公司股东的扣除非经营性损益后的净利润实现 2398.39 万元，同比增长 366.44%，经营性现金流由负转正，较去年同期增加 4895.03 万元。2016 年公司在金属 3D 打印技术研发、齿科 3D 数字化应用、国际销售以及 3D 打印服务中心建设取得了进一步的突破。

公司产品已销往全球 70 多个国家和地区，公司产品和服务已累计服务和进入近 1 万家企业、近 1000 家医疗相关机构、近 1 万家教育相关机构。截止 2016 年 12 月 31 日，公司共有已授权和申请中的发明专利 104 项。





价格大跳水！3D Systems 宣布 SLS 系统降价 30%

4月14日，3D Systems 宣布北美和欧洲市场的 ProX SLS 500 3D 打印系统将降价 30%，以应对市场变化。该公司称这一举动为：“一项增加市场份额并推动技术应用的举措”。

ProX SLS 500 及其配套的 DuraForm 材料都是 3D 打印中备受关注的案例。3DS 报告说，ProX 500 的材料回收率高达 80%，在零件制造过程中 DuraForm PA 材料的利用率高达 95%，从而减少了每个零件的浪费，大幅节约了成本。

“市场领先的总体运营成本、广泛的材料和耐用的终端零件使得 ProX SLS 500 能为客

户带来双赢。”3D Systems 塑料部高级副总裁兼

总经理 Jim Ruder 表示。“这一举措有助于 3D Systems 扩大 3D 打印市场，获得更多市场份额。”

ProX SLS 500 经调整后价格为 27 万美元和 25 万欧元，美国和欧洲的客户将能享受此次大幅降价，但亚太地区、日本、非洲、印度和中东地区都不纳入此次价格调整范畴。



广东发布 3D 打印产业技术路线图

4月16日，广东省增材制造协会举办的“3D 打印产业技术路线图发布会暨 3D 打印高峰论坛”在广州市南丰国际会展中心召开，论坛上正式发布了广东省增材制造（3D 打印）产业技术路线图。路线图剖析了广东 3D 打印产业现状、发展方向、重点产业等。



2014 年，3D 打印作为广东省九大重大科技专项之一纳入政府支持范围。据介绍，2015 年，广东省 3D 打印产业产值近 30 亿元，占全国市场规模的 30% 多。

华南理工大学教授、广东省增材制造协会会长杨永强表示，虽然广东省 3D 打印产业规模在整体上处于国内领先水平，但其关键核心技术储备和产业化应用方面与国际先进水平相比还存在一些差距，在政策引导、产业规模、标准体系、关键技术和人才等方面都亟待突破。



北京天远新款激光手持三维扫描仪FreeScan X7发布

FreeScan X7 可扫描 0.1 米到 8 米的甚至是黑色、反光的物体。采用多线结构光激光器以及先进的双 7 线扫描技术，扫描速度可达 480,000 次/秒。此外，还新增了“变分辨率扫描功能”，使用者可在测量过程中任何时刻、全局地调整扫描点距。将在汽车、航空航天、模具、文化遗产、工艺品、影视娱乐等众多领域成为三维检测、逆向工程的一个得力助手。



WASP推出新型高速双挤出3D打印机

近日，意大利 WASP 公司在米兰推出了 DeltaWASP 40 70 Industrial Turbo2，它拥有全金属盖和框架，构建面积为 400 x 700 mm，打印速度高达 500 mm/s，是之前 40 70 版本的两倍。能兼容各种材料，包括 PLA，ABS，Flex，HIPS，PETG，TPU，聚丙烯（PP），ABS + PC，尼龙和尼龙+碳，带有活性炭的内部空气过滤系统。



喷头达480度高温！I3D Innovation推出超大尺寸3D打印机

法国 3D 打印机公司 I3D Innovation 推出的 XL 和 XXL 的 Multi 512 和 Multi 600 适用于打印尺寸 800 x 800 x 800 mm 甚至是 820 x 720 x 890 mm 以上的物体，喷头可达 480 度高温，建造速度达每秒 300 毫米，可同时打印三种材料，兼容 PLA、ABS，甚至 ULTEEM 和 PEEK。售价分别为 3 万欧元及 1.7 万欧元。



石材 3D 打印来了！荷兰推出含 50% 石粉的 PLA 线材

这款名为 StoneFil 的 3D 打印线材填充有 50% 的石头粉末，材料密度比普通 PLA 线材高出 37%，打印成品拥有像石头一样的磨砂表面。目前有混凝土、花岗岩、陶土和赤陶几个种类，每卷的零售价格不到 33 欧，线材直径为 1.75 毫米和 2.85 毫米。目标客户是从事陶器制作、粘土设计和其他基于石头的加工的人。



01 | 加拿大

加拿大投资 517 万元研究微型金属 3D 打印超薄铜部件

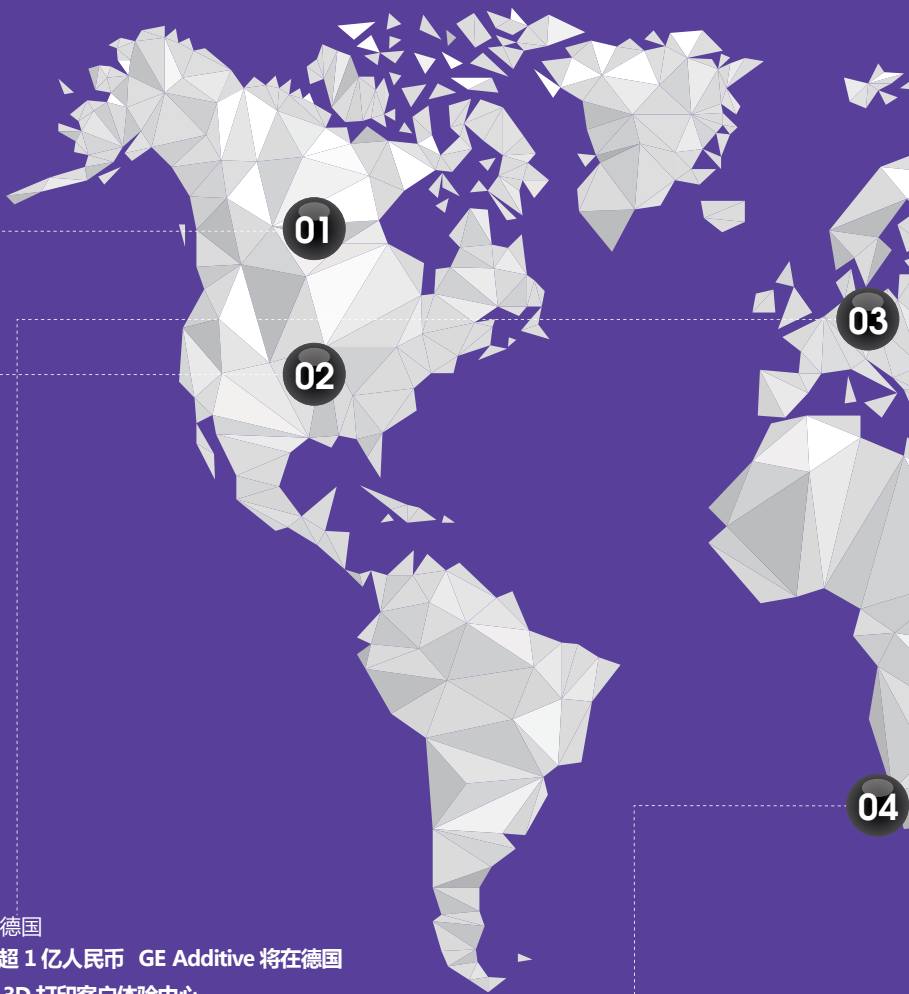
加拿大专门负责增材制造 (3D 打印) 的加速器项目 Canada Makes 近日向金属零部件制造商 Shimifrez 的工厂投资了 75 万美元 (约合人民币 517 万元)。据悉,这笔钱将主要被用于制造在微型机械中作为导体的超薄铜部件。微型机械能控制冲击安全气囊之类的机械反应,在航空航天、汽车、医疗等很多领域都有重要用途。此项目旨在帮助加拿大工业更多地了解金属 3D 打印技术的优点。项目还有其他两位知名合作伙伴,分别是雷尼绍加拿大分公司和德国金属 3D 打印公司 EOS。



02 | 美国

麻省理工学院“快速液体打印”技术 或将改变 3D 打印面貌

在 3D 打印领域一向以“黑科技”著称的麻省理工学院 (MIT) 最近又有新动作。其研究人员正和密歇根的家具制造商 Steelcase 联手开发一种叫做“快速液体打印”(RLP) 的新 3D 打印技术,有别于层层堆叠的方式,RLP 利用喷嘴将两种液态聚氨酯凝胶混合在一起,在几分钟内迅速固化成型。3D 打印目前面临着生产速度相对较慢,需要特定的昂贵的工业材料,主要还集中在小型物品的打印上等难题。而 RLP 技术更快速,更重要的是使用已经由传统的制造方法生产的廉价工业材料。



03 | 德国

斥资超 1 亿人民币 GE Additive 将在德国新开 3D 打印客户体验中心

最近,GE (通用电气) 在德国增材制造领域投资超过 1 亿欧元,此举进一步表明了 GE 对增材制造业的高度重视,其中包括将设立一个 1500 万欧元 (逾亿人民币) 的新客户体验中心。该中心定址德国慕尼黑,将成为 GE 计划在全球建立的几个 GE Additive 中心中的第一个。客户体验中心将毗邻 GE 的全球研究中心,安装来自 GE 在 2016 年收购的重量级 3D 打印公司 Arcam 和 Concept Laser 的 20 台增材制造机器,基于云的操作平台 PREDIX,以用于工业规模分析和提供实时控制和监控的 GE Edge 设备。客户将能亲身体验用 3D 打印技术来设计和生产零部件。新中心还将提供客户培训以及支持 Arcam 和 Concept Laser,并将充当一个备件配送中心。



04 | 南非

南非 Metal Heart 获政府百万美元投资 打造该国首款终端生产用金属 3D 打印机

在南非豪登省起家的 3D 打印企业 Metal Heart 获得由隶属于南非政府的国家发展金融机构 IDC (Industrial Development Corporation) 投资的 123 万美元 (约 848 万人民币)。目前该公司尚未正式开始营运,但计划在今年六月制造出南非首款可用于最终零部件生产的金属 3D 打印机。去年夏天,南非技术部 (DST) 就发起了一项策略,旨在将该国定位为 3D 打印技术的主要竞争国,将投资 220 万美元用于 3D 打印研发项目。南非政府相信 2017 年将会是发展 3D 打印的好时机,分别投资给六家公司,公司业务领域包括能源储备、增材制造、水资源和纳米技术,而这些公司均设在豪登省。



07 | 日本

逼真！日本开发 3D 打印医疗训练机器人“Mikoto”

日本鸟取县的医疗风投公司 Tmsuk R&D Inc. 与鸟取大学医院合作，3D 打印出未来医疗模拟机器人：Mikoto。该机器人配备各种传感器，旨在使得医疗人员和医学生可以更真实地了解到患者的感受。在模拟结束时，3D 打印机器人还会根据通过传感器获得的数据以及模拟训练情况，为此次模拟打出分数。机器人的内部器官，包括舌头、食道和气管，都是研究人员将患者器官的数字图像转换为 3D 打印模型，然后 3D 打印出来的，看起来栩栩如生，可为年轻医生提供更真实的模拟训练。



08 | 香港

香港理工大学利用 3D 打印进行导管主动脉瓣植入术仿真训练

香港理工大学最近耗资超过 4500 万港币（合 580 万美元）建立了一个 620 平方米的 3D 打印实验室，包含 50 多台 3D 打印机。实验室还包含 3D 扫描设备，装有 CAD 软件的电脑和其他高科技设备。香港理工大学将借助这些设备开发一个导管主动脉瓣植入术 (TAVI) 仿真系统，可以帮助医生进行复杂心脏治疗前的准备。TAVI 仿真系统使用了 3D 打印设备制造硅树脂和聚氨酯材料的医疗模型，医生可以创建具有心脏瓣膜的复制品，用来进行复杂手术过程的模拟练习。系统耗资约 30 万港币（38500 美元）。



05 | 乌克兰

乌克兰推出 3D 打印房屋 低至每套 22 万人民币

乌克兰一家创业公司 PassivDom 推出 3D 打印房屋，现正接受预订。该公司是目前唯一一家为消费者提供 3D 打印房屋购买服务的公司。消费者有多种户型可选，最小户型 36 平米，3.2 万美元（约 22 万人民币）起售。据称，房屋模型是可以移动的，可运输至任何地方。此外，房屋自身实现百分百能源自给，在任何天气都可实现太阳能供给。该公司表示仅需 8 小时就可以 3D 打印出一间房子，而且一天内就能交付房子给客户。

06 | 印度

印度 KFC 挤爆了 购买鸡肉套餐即可得 3D 打印迷你人像

如果你在印度的话，去肯德基就可以得到自己的 3D 打印人像，因为印度肯德基餐厅最近在一些特定的店内设置了一个 Twindom 全身 3D 扫描台，客户只要购买肯德基五合一鸡肉套餐 I-Box 就可以进行全身扫描，然后得到一个数字化的自己。肯德基所用的设备来自孟买一家专门做 3D 打印小雕像的公司 Little Me，只有在特定的餐厅才放置了这些 Twinstant 移动全身 3D 扫描仪，据了解，这款扫描仪售价 2.3 万美元，在 20 分钟内就可以设置好，5-10 分钟生成 3D 预览。无独有偶，近日美国德克萨斯州的 Landmark 银行发起一项名为“成为一个里程碑”的活动，试图吸引新客户开户，回报就是一个 3D 打印的雕像。



深度解析 3D 打印技术 对武器装备发展的影响

✍ 撰文：邓启文，郭继周，吴集（国防科学技术大学国防科技与武器装备发展战略研究中心）陈强（装甲兵工程学院机械工程系）



3D打印技术与传统制造相比，3D打印具有小批量制造成本低、速度快、复杂制造能力好、材料利用率高、适应性好等优点，应用于武器装备发展时能够显著缩短武器装备研制时间、减少研制费用、提高武器装备性能、降低武器装备成本、提高维修保障时效性与精度。在世界各国的广泛关注与大力推进下，近年来3D打印技术的发展与应用不断取得突破，显示出良好的军事应用前景，将对武器装备的发展产生深远影响。

一、3D打印技术不断取得突破，军事应用取得重要进展

近年来，3D打印技术日益受到重视，关键技术研究不断取得突破，性能不断提升，在军事领域的应用取得重要进展，进入发展与应用的快车道。

1. 3D打印技术日益受到重视，成为各国全力抢夺的战略重点

随着快速成型技术、材料技术等关键技术的发展，3D打印技术的应用前景日益凸显，成为多个国家的

发展重点。美国将3D打印技术列为国家重点发展技术，集全国之力进行发展，抢占发展先机。2012年，美国在重整制造业计划中将3D打印技术列为重点发展的11项技术之一，并作为其“全美制造业创新网络”首家研究中心的主要研究方向。“全美制造业创新网络”是美国“制造创新国家网络”计划的产物，由15家制造业创新研究所组成，主要研究对美国制造业发展具有重要作用的创新技术。我国也高度重视3D打印技术，采取多种措施推动其快速发展。总装备部、国防科工局、国家自然科学基金委员会等部门对钛合金结构件激光快速成形进行了持续多年的重点资助，取得了显著成绩。科技部正在制定3D打印技术发展战略，必将进一步推动其快速发展。

2. 3D打印技术不断取得突破，技术成熟度及性能不断提升

近年来，3D打印技术的研究稳步推进，取得系列重要进展，技术成熟度及性能不断提升。美国3D打印技术研究取得重要进展，技术成熟度



及性能显著提升，初步达到工业应用水平。2012年，美国Sciaky公司的新型电子束3D打印技术取得重要突破，具备大型金属部件加工能力，美国国防部和洛克希德·马丁公司准备将其用于生产F-35战斗机的钛、钽、铬镍铁合金等高价值材料的高品质零部件，前期检测全部达到要求。3D Systems公司的激光熔融技术取得重要进展，美国空军将在此基础上开发用于打印F-35战斗机和其武器系统的3D打印机。

美国太空制造公司的太空3D打印技术的成熟度达到6级，具备在太空中的模型或样机演示能力，2012年11月获得NASA的第二阶段合同，进一步将技术成熟度提升到8级，完成实际系统并通过试验和验证，最终具备应用于太空站维修、升级和延寿，载荷升级改进，硬件太空制造等方面的能力，2014年向国际空间站运送首台3D打印机。我国的激光快速成形3D打印技术已达到世界领先水平。北京航空航天大学已掌握使用激光快速成形技术制造超过12平方米的复杂钛合金构件的技术，并成功应用于武器装备研制，相关成果“飞机钛合金大型复杂整体构件激光成形技术”获2012年度国家技术发明奖一等奖。西北工业大学掌握了一次打印超过5米长的钛金属飞机部件的3D打印技术。

3. 3D打印技术应用不断拓展与深化，技术效益不断发挥

随着技术成熟度及性能的提升，3D打印技术近年来应用领域不断拓展，在武器装备设计、制造、维修等领域发挥日益重要的作用。设计方面，美国NASA在设计新一代大型运载火箭的核心部件时，利用大型Makerbot 3D打印机进行模具成型，制造设计部件。此3D打印机采用选

美国军方和军工企业正与3D Systems和Sciaky等3D打印技术公司合作，推进大尺寸钛合金3D打印技术在战斗机制造上的应用。

2013年，美国开始使用3D打印技术批量生产喷气发动机的燃料喷嘴。在3D打印技术应用于轻型物质制造方面，2013年，美国“固体概念”公司成功制造出世界上首支3D打印金属枪支，能够连续发射50发子弹并保持完好。

维修方面，美国已开始部署基于3D打印技术的维修保障装备。2012年7月和2013年1月，美军部署了两个移动远征实验室，用于装备维修保障。此移动远征实验室是一个20英尺长的标准集装箱，可通过卡车或直升机运送至任何地



择性激光熔炼技术，用激光将金属粉末加热成型，相比数控机床制造，既可以缩短制造时间，又可以提高制造精度，降低制造成本，一举多得。制造方面，3D打印技术在大型、复杂部件制造等方面的应用不断取得突破。

2002年，美国开始将激光成形钛合金零件装上战机试验。但由于无法解决制造过程中钛合金变形、断裂等技术难题，美国始终只能生产小尺寸钛合金部件和对钛合金零件表面进行修复。近年，美国积极开展3D打印技术生产大型钛合金部件的研究。

点，利用3D打印机和计算机数字控制设备将铝、塑料和钢材等原材料加工成所需零部件。

此举可以在战场快速生成需要的零部件，甚至快速设计和生产急需的装备，实现及时精确保障。此外，美国陆军开发了一种轻质便宜的3D打印机，可以放到背包中，用于在战场中快速、便宜地制造替换零件。我国3D打印技术在武器装备中的应用已取得一定成绩，是目前世界上唯一掌握钛合金大型主承力构件激光快速成形制造技术并工程应用的国家。北京航空航天大学 and 西北大学的3D打



▲ 美国海军陆战队野战演习测试 3D 打印

印技术已成功应用于多个国产航空项目的原型机制造。我国自主研发的大型客机C919的主风挡窗框、大中央翼根肋，以及正在设计的新型战斗机的钛合金主体结构都采用激光快速成形技术制造，有效降低了飞机的结构重量，提高了战机的推重比，并缩短了设计时间，在新型战斗机的快速研制中发挥了重要作用。

总体来看，3D打印技术的发展已取得重要进展，部分领域已具备较高的技术水平，取得初步的应用成果，显示了良好的发展前景。但3D打印技术尚处于技术发展阶段，还存在可打印原材料少、打印精度较低、速度较慢、打印成本高等问题，制约了其在武器装备中的进一步应用。随着材料技术、高精度控制技术、高效制造技术等关键技术的发展与进步，3D打印技术必将在武器装备发展中发挥更大的作用。

二、3D打印技术在军事领域的应用将对武器装备发展产生深远的影响

受技术、成本的限制，3D打印技术难以取代大规模流水线生产，但

其不需要模具，可实现从设计到零件的直接转化，完成快速、自由的制造，将在武器装备的设计，复杂、昂贵部件的制造，以及维修保障等方面得到广泛的应用，对武器装备发展产生积极的影响。

1. 小批量制造成本低、速度快，可显著降低武器装备研制风险、缩短研制时间

武器装备越来越复杂，研制时只有通过多轮的设计-原型机生产-试验-修改设计-原型机再生产-再试验过程，通过原型机重复试验才能及时发现并修正。但原型机的产量极

小，采用传统制造方式的时间长、成本高，造成武器装备研制的周期长，费用高。美国F-35战斗机因为研制过程中的反复实验与制造，造成研制时间多次延长，研制费用显著增加。

3D打印技术不需要传统制造方式的铸锭、制胚、模具、模锻等过程，可以快速、低成本地进行原型机生产，且整个生产过程数字化，可随时修正、随时制造，在短时间内进行大量的验证性试验，从而显著降低研制风险、缩短研制时间、降低研制费用。NASA在“好奇号”火星车和新一代大型运载火箭设计中，已采用3D打印技术进行零件的快速制造。我国新型战斗机起落架的关键零部件等也采用激光快速成形技术制造，极大地缩短了研制周期。

2. 复杂制造能力好，可完成传统方法难以完成的制造，提高武器装备性能

3D打印技术不需要预先制作模型，是真正的自由制造，可以成型几乎任意形状的零件，对具有复杂内部结构的零件特别有效。如制造复杂的钛合金结构部件，具有复杂内部冷却



▲ 美研制 3D 打印蜂群微型无人机，可由 F-16 战机发射

如何经营一家3D打印工厂？

撰文：Hannah Bensoussan



3D打印是未来工厂时代的关键要素之一。3D打印服务使得任何人或企业都可以拥有自己的虚拟3D打印工厂，远程就可以低成本地将3D打印文件转化为实物，无需在运行、维护与更新机器上多加投资。

但是，这种无缝对接的背后又发生了什么呢？上传3D文件到收到实物中间发生了什么呢？运营一家3D打印工厂又会遇到什么挑战呢？如何紧跟行业潮流？如何同时提高效率与品质？

今天，就让我们带您深入了解3D打印工厂的运营方式，以及需克服的五大挑战。



3D打印工厂是做什么的？

3D打印工厂可能面临各式各样的客户需求，从原型到生产，涉及各方面知识并被寄予厚望。当具体到线上3D打印服务时，客户需尽可能自主地在平台上操作，实际上就等于“运营了一个3D打印工厂”为自己服务。从最基础的方面来说，3D打印企业的主要流程包括：

1. 接收3D打印文件（如果是线上3D打印服务，客户需自行上传文件）；
2. 根据需要检查、优化与修复文件；
3. 3D打印模型；



桌面 SLS: 更适合大众的 工业 3D 打印?

撰文: Michael Molitch-Hou

伴随着每一种3D打印专利的到期,市面上总会涌现出基于该技术的大量开源设备。2009年,熔融沉积成型(FDM)技术专利到期,导致始于RepRap社区的桌面打印机大爆发。紧接而来的是光固化(SLA)和数字光处理(DLP)专利到期导致的该类设备的大量出现,但相比FDM规模稍小。

桌面选择性激光烧结(SLS)专利到期的影响则更不明显。其关键专利已过期三年,只有三家公司能够把成本降到合理的价格:Sintratec、

Sinterit和Sharebot。下面,我们就来了解一下这个技术,以及这种低成本的SLS技术将为行业带来什么。

为什么选择SLS工艺?

SLS通过在热塑性粉末床上快速切换激光,将通常是尼龙的颗粒逐层融合。不同于FDM、SLA和DLP技术,SLS由于使用的是粉末床,其打印对象不需要支撑结构,这使得打印超过45度的悬臂结构要容易得多。

此外,空心物体和活动组件可以直接3D打印,一旦打印部件从未

烧结的粉末中被挖出来,通常会在一个单独的去除腔室中进行处理,通过CAD设计时特别留下的空隙,将中间多余的粉末材料去除。SLA打印会产生易碎的结构,FDM组件可能在Z轴上比较脆弱,但SLS技术打印的零件足以生成强大的使用功能,并为原型设计提供足够的精密细节。此外,打印部件还可以承受强紫外线并拥有很好的耐热性能。

有关低成本的SLS打印设备的新闻开始出现于2014年,当时有一家名为Norge Systems的公司

Kickstarter上为其Ice 1和Ice9 SLS 3D打印机筹集资金。Norge最终被拥有越来越广泛的产品组合的法国Prodways公司收购。通过收购，Prodways得以推出其首款价格低于10万欧元（113170美元）的工业级SLS设备。

虽然比其它工业SLS设备便宜，Prodways推出的该款ProMaker P1000对于许多小企业来说仍然是昂贵的。幸运的是，Norge在Kickstarter发起众筹仅一周之后，意大利公司Sharebot宣布进军SLS 3D打印设备市场。Sharebot是意大利最大的桌面3D打印品牌，拥有广泛的产品组合，包括各种各样的FDM、SLA和DLP 3D打印机。Sharebot拥有一个强大的研发部门，这也是它有别于其他桌面打印机厂商之处。



▲ Sinterit

“起初我们创立Sharebot时，我们就梦想着有一天能掌握所有的打印技术，因此我们成立了专门的研发部门，研究各类3D打印技术。”Sharebot公司CEO Arturo Donghi说道。

尽管Sharebot成立了专门的研发团队，但在桌面SLS的竞争中，他不可能是唯一的选手。很快，一家名为Sintratec的意大利公司在Indiegogo上为其仅售4999欧元（5289.94美元）的桌面SLS设备发起了众筹，并大获成功。随后，波兰公司Sinterit出现在大众视野中，承诺将推出其低成本SLS设备。

Sintratec和Sinterit进军SLS的理由很相似：因为初创企业的创始人不满意其它3D打印技术制造的零部件的质量。Sintratec联合创始人、运营管理和软件开发负责人Dominik Solenicki解释了他和另外两位工程师在2014年如何开始创办他们的瑞士公司。

“我们对现有的低价位3D打印设备非常失望，”Solenicki说。“它们并没有达到承诺我们的结果。然而，当我们发现了激光烧结技术，这让我们感到异常兴奋。我们需要掌握这项令人敬畏的新技术。可悲的是，这类工业设备的价格一开始超过了10万美元。最初，我们想要拥有自己的设备的唯一方法就是自己研发。随着时间的推移，我们希望打破壁垒，使众多3D打印爱好者和小企业能够享受3D打印带来的改变！”

在Konrad Głowacki创立他的波兰桌面SLS公司Sinterit前，他曾是谷歌的一名软件工程师，为这个科技巨头开发内部营销工具。“一个偶然

的机会，我读到一篇关于SLS专利即将到期的文章。”Głowacki说。“我和Paweł一拍即合，决定去看看我们是否有能力在SLS领域施展一下自己的身手。”

设计一款SLS设备

尽管这些案例已经过去了好几年，但我们并未看到桌面SLS 3D打印设备如FDM和SLA般广泛使用。最大的原因是该项技术大量技术性文件并没有公开。SLS技术仍被EOS和3D Systems等公司予以技术保护和掌握知识产权，以及控制其在市场上的价格。

“这是不容易的，”Sinterit 工程师Donghi说。“最大的问题是没有技术文档。我们必须不断地测试再测试。我们花了两年时间开发我们的SLS 3D打印机，并突破了两个核心问题：一个是机械设置，如控制温度的能力、工艺参数等，另一个是软件方面，我们必须能够控制激光的运动。

Głowacki介绍，Sinterit也是靠着慢慢摸索，这一过程花了近两年时间。“我们发现的过程就是不断尝试、失败、再尝试和成功的过程。起初，除了有这种类型的粉末和激光器之外，我们甚至不知道SLS如何运作，随着时间的推移，我们逐渐建立了自己的知识体系。”Głowacki解释。

Sinterit的SLS技术开发其实是一个有趣的过程，实际上是利用了开放的3D打印技术完成开发的。“第一台原型机是用FDM——一台Prusa i3 RepRap 3D打印出来的，”Głowacki说。“我在美国买了激光器，但只能将它放在背包里，带到波兰，因为当

仿真软件 如何击破 3D 打印痛点？

——访 Altair 大中国区总经理刘源博士

✍ 撰文：曾伟清



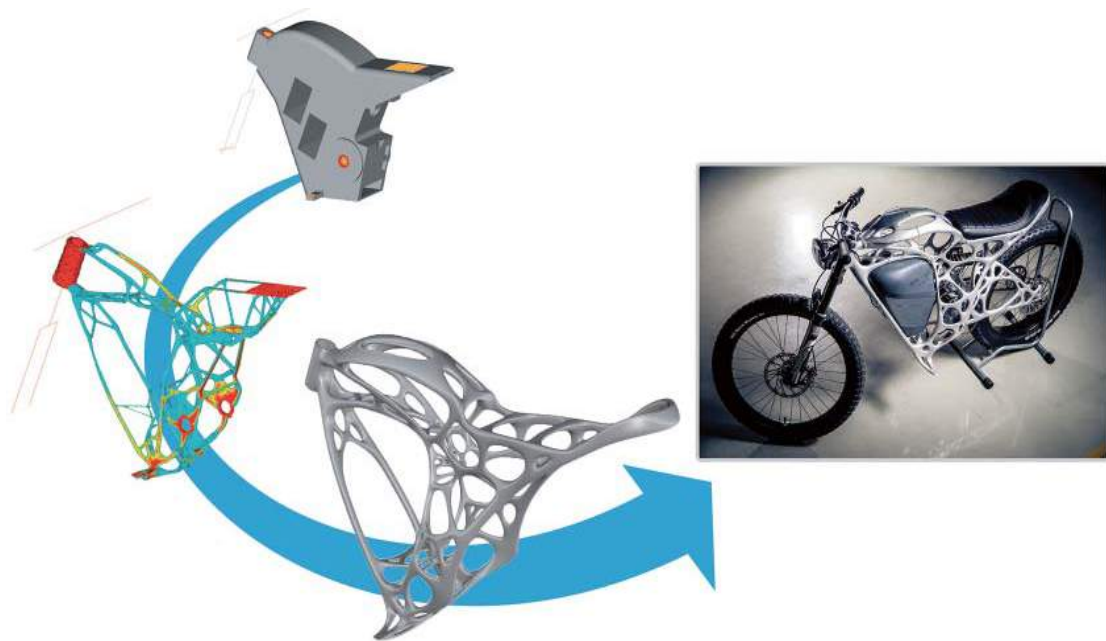
“打破复杂形状制造限制，所想即所得”，3D打印这一特性让制造业的未来充满了无限的遐想，然而高昂的成本让这一遐想蒙上了一丝灰尘，因此，通过优化结构、材料布局，让3D打印的部件达到性能最佳、重量最轻、材料最少、周期最短才能真正将这一革命性技术的优势凸显出来。而拓扑优化则可以先行于设计前端，在给定区域内将结构性能和材料分布最大地合理化，充分挖掘“设计”和“制造”的潜力。

Altair（澳汰尔）作为全球仿真技术毫无争议的执牛耳者，正如一块楔子将“拓扑优化”与“3D打印”这两种天然相生的技术紧密契合在一起，在Altair的推动下，两种技术火花的碰撞在制造界创造一个又一个的奇迹。

起源于汽车之城的传奇

1985年，三位工程师James R. Scapa, George Christ和Mark Kistner在“汽车之城”底特律共同创建了Altair，以汽车优化咨询服务起家，推动CAE（计算机辅助工程）仿真在包括汽车、航空航天、船舶、电子等各个领域的应用。

如今，昔日的汽车之城已宣布破产，而这家另辟蹊径的工程软件公司却已走过了30多年的繁华光景，其分支机构遍布全球22个国家，服务于空客、波音、通用、福特等全球5000多家客户。Altair创始人James R. Scapa作为公司主席兼CEO，其本人一直保持着非常敏锐的商业头脑，他认为Altair所提供的软件 and 解决方案不仅仅是一种工具，而是要为用户创建一个



能激发智能创新的平台，整合产品设计、仿真并结合高性能计算及云技术帮助企业优化产品设计流程、增强决策力。

目前，作为全球领先的CAE技术供应商，Altair公司拥有6大品牌，分别包含软件品牌HyperWorks、PBS Works、solidThinking、工程项目咨询Altair ProductDesign团队、产品设计战略咨询Thinklabs、LED灯具制造专利技术品牌TOGGLED。其中，solidThinking是与3D打印联系最为紧密的一款专为设计师打造的三维设计/造型软件，也是Altair作为拳头产品在3D打印领域发挥了重要作用的一个平台体系。

回顾过去，Altair称得上是一个起源于汽车之城的传奇，而其极具技术前瞻性的触觉很早就感知到了3D打印的“春江水暖”，在新的技术机遇下，传奇没有停止。

“Altair在仿真优化技术领域已经有了20多年的积累，在90年代初期就开发出了第一款商业版拓扑优化软

件OptiStruct优化求解器，给航空航天这种关注轻量化的行业带来了非常大的帮助。”Altair大中国区总经理刘源博士透露。

OptiStruct 是 CAE 套件 HyperWorks 的一部分，Altair在2015年推出了 OptiStruct 求解器的最新功能，将拓扑优化支持范围扩大至3D打印。增材制造毫无疑问是驱动OptiStruct开发的强大因素之一，它补充了3D打印且能够塑造出有机形状和结构，随着3D打印兴起，Altair顺理成章地迎上了这个风口。

而早在2008年，Altair就成功收购solidThinking，将其纳为旗下子公司。五年前，公司正式组建团队，全力打造solidThinking平台，推动“仿真驱动设计”这样一个概念在3D打印设计前端的输入。“Altair本身就是以CAE技术见长，怎么把CAE技术引入到设计当中去？Altair提倡的是仿真驱动设计，让设计师更多地把CAE的技术引用到他们的设计当中，再结合当今3D打印的技术，把设计和制造

更好地融合到一起，提供一个整体的解决方案。”刘源表示。

解决设计之痛：简单为王

在最初的概念开发阶段即对组件设计进行优化在历史上曾是CAE（计算机辅助工程）专家的“专利”，而如今，Altair打造的solidThinking平台从概念设计到工业制造仿真，以非常直观的方式为设计师和其他缺乏经验的用户提供灵感和解决之道。

如何将solidThinking这样的高端的工程设计工具推介给设计师，这也是Altair一直关注的焦点，在2016年举办的solidThinking CONVERGE2016创新大会上，Altair推动的一个概念就是“设计与工程相融合”。在与设计人员的交流中，刘源认识到设计人员对这种仿真设计在概念阶段当中进行辅助设计有非常强烈的需求，“但他们的痛点在于，设计人员很少有非常强的结构领域或者气动领域的工程背景，受制于专业，他们很难接触到这种复杂的CAE类型

的工具，澳汰尔很早就意识到了这个问题。”

正如OptiStruct的开发人员从一开始就在软件的易用性和功能性上下足了功夫，solidThinking平台中的软件也拥有这样的特性，设计师仅需几天的培训就能迅速掌握这些工具，在平台中做出各种优化设计。

据介绍，solidThinking创新设计平台中主要包括两大模块和其他一些工具：Inspire专注于结构拓扑优化，Evolve则专注于工业设计，是工程师、工业设计师和建筑师及3D打印设计实现创意设计的利器。刘源详细介绍道：

solidThinking Inspire——以仿真驱动的结构设计工具，基于Altair的OptiStruct优化求解器，应用于概念设计的初级阶段，它的拓扑优化技术可以帮助设计工程师、产品设计师和建筑师快速探索结构材料

分布的有效性。事实上正是接触了solidThinking Inspire，很多用户才能充分利用增材制造的优势。

solidThinking Evolve——高度集成的三维概念建模及渲染环境，它能辅助设计师快速推敲造型，捕捉到设计师脑海中最初的想法，然后帮助他们探索更多的造型样式以及生成高质量的即时渲染效果。它还融合了PolyNURBS多边形有机曲面建模，完全自由的NURBS曲面建模和参数化实体控制。

PolyNURBS——软件中的一种建模方式，可以无缝对接Inspire，将拓扑优化结果转化成光顺的几何模型用于3D打印，这种方式比起传统的CAD，建模效率更高，更匹配拓扑优化结果。

Click2Cast——铸造工艺仿真软件，通过软件来增强和优化部件的结构，以避免典型的铸造缺陷，如空气

滞留、孔隙度等。其中使用的全部都是铸造从业人员平常使用的行业语言，操作简单易懂。

3D打印突破了传统制造无法实现的复杂形状，而拓扑优化实现了人类无法设计出的最佳结构，两者相互促进和补足，它们的叠加实现了 $1+1 > 2$ 的效果。

“以往拓扑优化受制于工程因素，在结合实际生产流程时，我们需要做出取舍，损失一部分的性能来获取可实现性，所以当拓扑优化遇上3D打印时，我们可以结合出非常多新的设计出来。”刘源透露，在三年前Altair就研发出了格栅结构的功能，但一直没发布出来，直到3D打印技术成熟，去年才在OptiStruct新版本中正式引进格栅结构，将其作为软件工程发布。

而Altair的“拓扑优化”技术也弥补了设计能力与增材制造潜力之间的



3D打印增材制造蜡模技术在复杂薄壁构件石膏型真空增压生产中的应用

撰文：安徽恒利增材制造科技有限公司 徐宏

摘要：3D打印增材制造蜡模技术和石膏型真空增压技术相融合是“3D打印”+“传统制造”解决高端复杂薄壁构件的一种新生产手段。采用蜡粉3D打印的蜡模具有熔点低、收缩小、表面光洁、变形量小等特点，解决了长期以来3D打印的PS粉模熔点高、收缩大、发气量大等造成的脱模不完全、模壳开裂和环保问题。石膏型真空增压技术具有复模性优异、热导率低、型腔表面光洁、构件尺寸精确、表面质量好、压力补缩。利用3D打印蜡模强的脱模性、石膏型真空增压技术的优异复模性和成形的优点，特别适合于尺寸精确、表面光洁、内部质量要求高的中小薄壁复杂轻合金构件的精密成型。本文通过介绍一些典型复杂薄壁构件案例，进一步展示3D打印增材制造蜡模技术和石膏型真空增压技术相融合的优势。

一、意义

迄今为止，复杂薄壁构件大多采用诸如车削、铸造、锻造和焊接等方法制造。近年来高速切削及电解加工技术在复杂薄壁零件加工中也取得了很大的进展。然而复杂薄壁构件由于结构复杂，零件刚性较差，强度弱，在车削或锻造、焊接加工过程中容易发生加工变形，使零件的形位误差增大，加工质量难以符合要求。尤其是铝合金复杂薄壁构件的加工一直是个难点。

采用传统铸造工艺来制造复杂薄壁零件困难很多，目前国内外普遍采用金属模具压型获得零件的蜡模，然后通过精密铸造生产复杂薄壁零件，这种方法存在制模周期长、成本昂贵等问题。美国太克公司生产的波音767飞机上的燃油增压泵壳体。其外形和结构都非常复杂，用A356铝合金浇注成形，重6.3kg。该铸件模组由22个蜡模分别压制后再组合成四个组合蜡模，然后把这四个组合蜡模组装成增压泵壳体整体蜡模，用石膏混合浆料灌注成石膏型，在真空下浇成铸件。又如航空电子仪器设备的壳体和机架，为保证电路系统工作稳定，希望将屏蔽室、印刷电路导板、

散热系统一次铸出，形成整体的机壳铝铸件。同时为了提高散热效率和加强结构刚度，在铸件表面上铸出大量扁薄的散热片和凸块等，还可铸成夹层结构。美国波音公司研制生产的空射巡航导弹AGM-89B，该导弹弹体80%使用了铸件，整个弹体用9个大型整体铸件代替44个铝精密模锻——机加工——焊接而成的组合件。我国目前生产复杂薄壁铸件的主要方法是先生产金属型模具再结合低压铸造、差压铸造、真空吸铸及调压铸造等工艺制造出复杂薄壁金属件，这种方式工艺开发周期长、出品率和成本率很低，费用高。采用快速熔模技术（3D打印增材制造蜡模和石膏型真空增压相融合的技术）可以从根本上解决我国在复杂薄壁铸件生产中存在的问题，提高复杂薄壁铸件的质量，缩短开发制造周期，降低其生产和研制成本。

相对于PS粉模铸造，蜡粉模铸造更加环保，基本不产生有害气体，蜡料可以回收利用，并且对于有复杂内腔的铸件熔模铸造更有优势。国外有关用于选择性激光烧结成形（SLS）用的蜡粉材料的研究很少有文献报道。

目前，国内SLS制作熔模铸造“蜡模”的材料主要是聚苯乙烯（PS）粉，该粉末烧结变形小、成型性能优良、成型精度高且尺寸稳定性强。但PS基“蜡模”脱除困难且易产生胀壳现象，在一般的蒸汽脱蜡过程中只能脱去很少一部分，其它部分只有在高温焙烧过程才能完全脱除，而这部分将全部转化为气体排放到空气中，对环境造成很大的污染，以后必然会被环保材料所代替。如采用蜡粉作为SLS材料，具有灰分少、易脱蜡、铸造工艺与传统工艺更为接近且无污染等特点。

石膏型真空增压精铸技术复模性优异、热导率低、型腔表面光洁、构件尺寸精确、表面质量好。利用了石膏型的优异复模性和真空增压成形的优点，特别适合于尺寸精确、表面光洁、内部质量要求高的中小薄壁复杂轻合金构件的精密成型，其最小壁厚可达0.8~1.5mm（局部0.5mm），尺寸精度能达CT4~5级，薄壁件X光透视达到1级。石膏型真空增压精铸技术不仅可以大幅提高薄壁复杂轻合金构件生产的成品率、内部质量及外部质量。

3D打印增材制造蜡模技术和石

膏型真空增压技术相融合,采用蜡粉进行3D打印制作蜡模再通过石膏型真空增压进行复杂薄壁构件快速制造意义十分重大。

二、重要技术

(1) 3D打印增材制造蜡模技术

设备选择:采用选择性激光烧结SLS设备HLP-800(由北京北方恒利科技发展有限公司开发),如图1所示,最大成型尺寸(800mm*600mm*500mm),选用蜡粉成型工艺模块。其原理是将材料粉末铺洒在已成型零件的上表面并刮平,高强度的CO₂激光束在计算机的控制下,按照截面轮廓的信息,对制件实心部分所在的粉末进行烧结。一层完成后,工作台下降一个层厚,再进行下一层的铺粉烧结。如此循环,最终形成三维产品。



图1 选择性激光烧结SLS设备

材料选择:3D打印专用蜡粉(由北京北方恒利科技发展有限公司开发),熔点71℃,平均粒径:56.3μm。

3D打印工艺:扫描速度1600/mm·s⁻¹,激光功率9-16W,铺份厚度0.1mm。

(2) 石膏型真空增压技术

设备选择:石膏型制壳和焙烧生产线和电磁真空增压浇注系统(由

北京北方恒利科技发展有限公司开发)如图2所示。



图2 电磁真空增压浇注系统

石膏型制壳和焙烧生产过程:将蜡粉3D打印蜡模进行组树后,在真空下进行石膏灌注制型,灌制石膏干燥后进行焙烧脱模,完全脱模和除水的石膏保温等待浇注。

电磁真空增压浇注系统:在电磁力作用下将金属液驱动进入型腔,充型平稳、压力执行准确、具有铸造工艺执行简单,工艺重复性好。该系统具有以下优点:①金属液传输平稳,避免由湍流而引起的氧化和吸气,同时金属液经过磁场作用细化晶粒,对改善铸件的组织、性能有积极的作用;②流量及加压规范可精确、连续控制,反应迅速准确,可严格执行铸造工艺;③炉体内不加压缩空气,并可在保护气氛下工作,从而减少了气体溶入,减少气孔的形成。保温炉容量350Kg;最大充型

压力0.05Mpa;充型及保压时间范围300秒;电脑设定工艺曲线为“压力-时间”曲线;流量0-3.0Kg/s(单泵),0-6.0Kg/s(双泵)连续可调;真空度10Pa;增压压力0.8Mpa。

(3) 数字化铸造工艺设计及模拟技术

采用铸造工艺设计及模拟CASTsoft CAE/CAD技术,是集铸件重量、体积、模数、铸造过程仿真、铸造缺陷预测及结果显示为一体,实现对铸件中的充型流态、凝固过程、温度场模拟、缺陷预测、冷却速度分析、应力分析,从而对铸造过程中所涉及浇口、冒口、冷铁、铸型厚度、冒口套等工艺参数和工艺方案做出评价。在模具制造和实际浇注前得到合理工艺,减少试浇注和修改模具次数,达到缩短开发周期和降低成本的作用。

通过工艺设计及模拟技术对石膏型真空平稳充型控制、石膏型增压凝固控制、石膏型真空增压精铸工艺设计与优化,解决产生充型平稳性、浇不足、冷隔、缩孔、缩松等缺陷,为分析研究电流与磁力匹配、构件变截面加压速度、浇注时间等关系提供数据支持,进一步优化浇冒系统、增压压力曲线、凝固顺序、初始温度等重要工艺参数。

三、生产流程图

铸件石膏型真空增压熔模精密铸造将以图3为技术路线进行铸造生产。

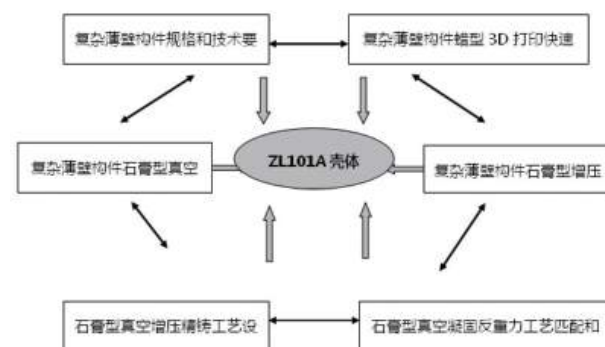


图3 壳体铸件熔模精密铸造生产技术路线图

基于 3D 打印技术的 海军舰船器材保障能力研究

撰文：栾振城

摘要：海军舰船器材的保障关系着海军舰船装备的战斗力和生命力，是舰船装备保障工作的重要组成部分。文章构建了基于3D打印技术的海军舰船器材保障模型，运用实例仿真对模型的性能进行分析评价，验证了应用3D打印技术的可行性。结果表明，基于3D打印技术的舰船器材携带量减少，供应时间减少，品种满足率、数量满足率大幅提高，器材保障能力得以提升。

海军舰船器材是维护海军舰船所需要的设备、装置、器械、工具、仪表及其配件等器材的总称，是海军舰船技术保障的重要物质基础。保障能力的高低决定后方补给能否及时为武器装备提供相应的维修保障工作，以确保武器装备持续的作战能力。当前我军大中型水面舰船逐年增多，远洋航行任务繁多，维修保障难度加大，给器材保障工作提出了更高的要求。

3D打印技术是采用材料逐渐增加的方法制造实体零件的技术。首先采集实物的三维数据或者将其设计图纸转化为数据，然后由打印机逐层分切，根据每层结构逐层打印。应用较多的打印材料有钛合金、陶瓷、塑料、砂等。3D打印技术的优势包括：①简化了复杂零部件的制造；②生产批量的打印成本降低；③打印的生产周期短；④打印的材料无浪费。3D打印技术应用于舰船器材快速生产，辅助维修工具设计，老旧零件和工装制造或维修等，推动舰船器材保障模式的创新发展。根据舰船部队器材保障的筹措、储备、配送3个主要工

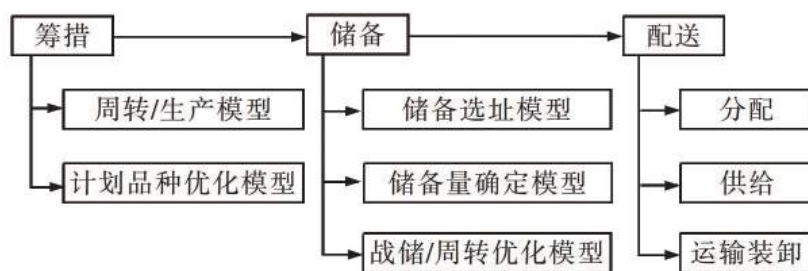


图1 战时装备维修器材保障体系图

作环节，建立保障体系图，如图1所示。

舰船器材保障需求确定，是一项比较复杂但又非常重要的工作，它的计算是建立在器材需求规律研究和装备维修器材战备储备标准确定等相关计算的基础上，它是器材需求计算的一个重要环节，也是制订保障方案的前提和依据。它的确定，对指导装备维修器材的战备储备及实施科学精确的装备维修器材保障，有着十分重要的意义。

1. 舰船器材保障模型的建立与分析

一般来说，轻损装备在4h以内修复的，由基层级修理组完成；中损装备在24h以内由维修支援组及基层

级维修组共同完成，重损装备修复时间需要24h以上，在基地级修理所以上机构完成。

在舰船抢修过程中，器材的筹措往往会大幅延长舰船修理的时间。基于对完好率要求的装备抢修主要工作、抢修方法和器材保障的要求，当前遵循的舰船器材维修保障快速维修模式。在维修人员、技术资料确定的前提下，舰船抢修能力主要取决于与损伤装备相适应的维修方法和充足的器材保障。舰艇部队一般担负近海防御、封锁海道、远洋战备训练及护航任务等，远离保障基地且支援较慢，一旦出现部分功能损毁，就要迅速恢复其战斗力，及时补充器材维修。因此，器材保障效率高低也是完成任务的关键。

基于3D打印技术的舰船器材抢修模式，既是对舰船维修层次的提升，也是对器材保障的优化，极大地提升了舰船器材保障能力。根据维修方法和器材保障的变化，建立抢修图，如图2所示。

通过图2可知，维修方法的改变丰富了装备抢修的手段；器材供应方面虽然模式没有改变，但在携带基数、筹措方式及装载等方面极大地节约了资源，全面提升了舰船保障能力。同时，随着3D打印技术和数字化快速成型技术的不断发展和提高，可以预见其作为重要维修方法并辅以其它补充方法为主的器材保障是发展趋势。

2. 3D打印对舰船器材保障影响

3D打印技术的引入，对战时装备维修器材保障起到了积极的促进作用，尤其在器材供应方面影响更大，具体为供应时间、品种满足率和数量满足率。下面以某编队接到执行出海任务过程中，某型舰船机电系统器材保障为例，对两种模式下的器材保障资源进行估算。

2.1 传统模式下的器材供应能力估算

1) 维修器材基数。某型舰船机电系统维修器材的基数如表1所示，携带维修器材基数明细（部分）如表2所示，其中携带维修器材共135种402件。

2) 战备储备基数。某型舰船机电系统维修器材战备储备基数如表3所示，一个基数储备器材共计1315种3125件，部分器材如表4所示。

3) 器材供应能力估算。

(1) 供应时间Ts。

$$T_s = T_L + T_D + T_R + \frac{S}{v}$$

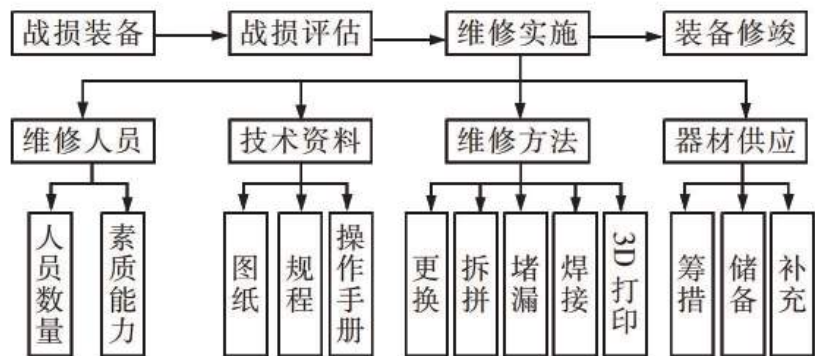


图2 基于3D打印技术的舰船器材抢修图

级别	装备数量/台	品种/种	数量/件	金额/万元	质量/kg	体积/m ³
一级	3	121	344	108.5	3 175.2	20.1
二级	3	135	402	238.1	3 865.5	25.6
三级	3	154	486	297.8	4 130.8	32.0

表1 某型舰船机电系统维修器材基数

器材名称	单装数量/件	体积/m ³	质量/kg
活塞环	4	0.02	0.95
活塞裙	4	0.12	1.35
活塞销	2	0.05	0.37
缸套	4	0.62	2.56
缸盖	2	0.70	3.25
主轴瓦	4	0.35	3.45
连杆瓦	4	0.26	2.88

表2 某型舰船机电系统一个基数维修器材（部分1）

装备类别	战术基数	战役基数	战略基数
某舰船机电系统	I	I、II	I、II、III

表3 某型舰船机电系统维修器材战备储备表

器材名称	单装数量/件	体积/m ³	质量/kg
轴承	4	0.05	0.07
阀杆	4	0.70	1.26
油头	4	1.20	1.03
连杆	4	1.50	2.65
油管	4	1.36	3.45

表4 某型舰船机电系统一个基数维修器材（部分2）

3D打印 - 鞋类产品的 批量化个性定制 就是这么简单



挑战：使用批量化定制来制作数万个个性化设计的鞋垫和完全匹配人体的人字拖。

解决方案：具有图像处理功能的手机App和3D Systems sPro™ 60 SLS打印机。

结果：

- 美国当地五天内可以交付个性化设计鞋垫
- 基于 3D 打印启动制作流程，显著提升效率
- 快速和本地化生产
- 将触角延伸至服饰定制领域





当Wiivv Wearables Inc.的联合创始人&CEO沙米尔·哈戈万谈到鞋类产品已经可以进行个性化定制，也基本无需库存了，他不是在不切实际地夸张，而是在描述他的商业计划。

Wiivv公司走在批量化定制的前沿，致力于寻求一种方式，将制作高度个性化产品的成本降低到与批量化制造成本不相上下。

Wiivv公司让客户使用智能手机App来拍摄自己足部图片，生成多达200多个数据点。然后他们使用专有的商业图像处理技术，为3D打印个性化运动鞋垫准备数据。截止到2017年初，Wiivv公司已经在一年内制作了数万个定制鞋垫。

Wiivv公司最新的创新举动是根据每个人的足弓量身定制凉鞋，由3D Systems sPro™ 60 SLS打印机提供支持。

3D打印潜移默化影响了生活的方方面面

Wiivv公司由路易斯·维克多·加达奇和沙米尔·哈戈万成立于2014年夏天。公司的总部位于加拿大温哥华，研发和制造中心位于美国加州圣地亚哥。

哈戈万提到：“我们认为足部矫形市场充满机遇，我们为自己设计了一个困难的设计挑战：从人手一台的智能机着手，收集高质量数据来制作个性化产品，这将会影响每个人的生活。”

从一开始，Wiivv公司以三个中心原则为支撑：批量化定制、本地化生产和微量库存或无库存。制作鞋品的速度至关重要。大部分定制鞋品都需要一个月乃至更长的时间，但Wiivv公司只需在收到美国客户发来的手机图片的五天内，就能为客户提供想要的定制鞋品。

哈戈万表示：“当今世界，如果需要一双定制鞋品，那么这个鞋应该在当地被生产，无论客户身处何地，都能够准时的收到订购的鞋子。”

与Wiivv公司的缘起

3D Systems是Wiivv公司认定的理想合作伙伴，当其他公司还在犹豫是否要接下这个初创公司的业务时，3D Systems为Wiivv提供了强有力的支持。

哈戈万说到：“当我们刚开始创业时，3D Systems是唯一一家为我们提供支持的3D 打印公司。从始至

华曙高科推出 2 米长 3D 打印汽车仪表盘



日前，华曙高科联手武汉萨普推出一款大型 3D 打印汽车仪表盘，这款大型汽车仪表盘长 2m，宽 55cm，高 70cm，由 PLS 技术打印出 20 余种零部件再无缝拼接而成，并采用了打磨、包胶、电镀、喷漆、攻丝、拼接 6 种后处理工艺，其误差值 < 1mm，工艺精湛，细节考究，整个制作过程在一周内全部完成，与传统工艺相比缩短了 80% 研发周期，节约了 66% 的人工成本和 45% 的制作成本。

合作方武汉萨普汽车科技有限公司是一家主要从事汽车空调开发设计的汽车配件企业，也是工业级 3D 打印领航企业华曙高科的战略合作伙伴之一。此次华曙高科联手武汉萨普将 PLS 技术直接应用到汽车整体解决方案当中，实现了汽车配件制造模式的创新。

亮点一 强度与精度两全其美

汽车仪表盘的细长类零件，需要分段切割才能在缸体内进行有效烧结成型，为便于后续有效地拼接和紧固，

采用“鸠尾”的切口形状，这样拼接后能保证接口在平面方向的强度。拼接时，采用化学药剂进行粘接，然后打磨，以保证其强度和精度不亚于一体式打印结果。

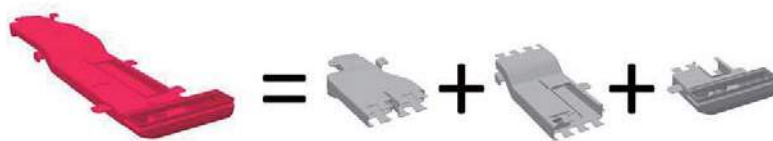
亮点二 出风口格栅一次性成型

在仪表盘上的空调风道出风口格栅主要是用于微调风向，由很多零件组成，结构复杂，在没有模具的情况下，前期开发困难很大，几乎无法实现。但华曙高科 3D 打印应用解决方案能够一次性整体打印并实现。首先，在数据处理阶段，在连杆和其配

合孔之间，必须预留相应的配合间隙（PLS 配合间隙单边 0.15mm），3D 打印完成后，经过相关后续清理，产品即实现了其相应功能。

亮点三 打印材料性能优异

这款汽车仪表盘采用的是华曙高科自主研发的高分子材料 3400GF，具有耐高温、强度高以及尺寸稳定性、化学稳定性和热老化稳定性优良等方面的特点，可直接用于样车以及前期设计验证、采集数据，节约了制模、焊接夹具制作的时间，加快了汽车前期研发进程。



阿迪联手 Carbon 开启 3D 打印鞋 量产时代

日前，Adidas 公司推出了一款新的运动鞋“未来工艺 4D”（Futurecraft 4D），是用硅谷初创公司 Carbon 研发的 3D 打印技术 CLIP 生产的。这种技术将使它能够快速完成新款运动鞋的设计并投入批量生产。

Adidas 公司预计今年将生产 5000 双“未来工艺 4D”运动鞋，而到 2018 年底有望超过 10 万双。这是一个重要的开端——而且使该公司成为 3D 打印量产领域的先行者。

采用 CLIP 技术意味着鞋子的制造周期能缩短 9 倍之多。目前，Adidas 制造单个鞋中底需要 90 分钟，但如果改用他们与 Carbon 正在联合研制的新设备，这个时间就会缩短到仅 20 分钟。

Adidas 表示，采用 3D 打印方法制鞋的产量已经可以与采用传统方法相媲美。在 Carbon SpeedCell 系统（M1 和 M2 型 CLIP 打印机+智能打印件清洗机）的帮助下，他们不但实现

了之前不可能做到的设计，而且几乎可以完全跳过“工具”和“原型”两个传统阶段，直接进行生产。

实际制鞋阶段，CLIP 技术将支持一种叫做数字光合成（DLS）的技术。此技术的原理是利用光和氧气的透过性生成 3D 结构。之后再经过烘烤，完成的结构便会具备理想的性能。正是这些特性造就了在缓冲、稳定性和舒适等方面都非常好的中底。值得一提的是，这种 3D 打印的鞋还可以根据具体的功能或运动进一步精炼。

制做 Futurecraft 4D 中底的材料是 Adidas 与 Carbon 合作开发的一种光固化树脂与聚氨酯的混合物。它是一种坚硬的弹性材料，能够以格状结构打印。而正是这种结构赋予了中底优异的性能和美丽的外观。

在此之前，耐克、New Balance、Under Armour 都有尝试 3D 打印鞋的业务，但数量都非常稀少，如 Under Armour 去年 3 月推

出的 UA Architech 只发售了 96 双，New Balance 的 Zante Generate 限量 44 双，耐克则更多将 3D 打印用于原型鞋的设计和为运动员量身定制的产品上。

使用 3D 打印技术来生产球鞋，从长远来看的好处体现在：传统的运动鞋生产通常需要经历设计、制作原型鞋、制模、批量生产四道工序，每一款新鞋都需要制造昂贵和费事的模具。“但现在一旦设计完成，按下一个按钮，打印出鞋底，两个小时就可以拿到心仪的款式。传统上，这个步骤需要一个多月来构建一个新的模具。”Adidas 科技创新副总裁 Gerd Manz 表示。

不过，此次公布的 10 万双的数字相比 Adidas 3.6 亿双运动鞋的年产量来说依然微乎其微。相对而言，Adidas 运动鞋量产的意义恐怕仍然集中在限量款式的生产，以更快的速度满足市场潮流，并以此带动其它传统量产鞋的销售。



保护海洋环境有新招：3D 打印 Cora Ball 捕捉洗衣微纤维

日常洗衣时，衣服掉下的微纤维会经过下水道进入河流，不仅污染海洋环境，还会被海洋生物摄入，进而有可能进入我们的胃。美国佛蒙特州的 Rozalia 项目推出一个名为 Cora Balls 的塑料球来捕捉衣服掉在洗衣机中的微纤维。只需简单地将其与衣服一起放入洗衣机，然后它就会收集任何杂散的纤维（包括头发）。在每一次洗衣中，这款产品能捕获大约 35% 的微纤维。



繁花与群鸟的秘密花园，3D 打印西洋镜惊为天

日前，著名的英国艺术家 Mat Collishaw 展示了名为“离心的灵魂”西洋镜新作。这是一个庞大的覆盖着大量的 3D 打印鸟类和鲜花的西洋镜，整座西洋镜被切成 18 帧场景，每分钟旋转 60 次，在一秒钟的时间内，闪光灯下展示了由扑打着翅膀的鸟类和盛开的鲜花组成的奇迹般的生命循环。当 3D 打印的繁花与群鸟在精心安排的闪光灯下旋转时，逼真的场景让现实与虚构的景象合二为一，看起来这就像一个真正的可供动植物栖息的华丽家园，让人沉醉。

吃货看过来：3D 打印让你吃到任意形状的巧克力

比利时列日大学的智能烹饪实验室创立的巧克力商店 Miam Factory，是一家专门研究与食物、饮品相关的高新科技机构。日前，他们用 3D 打印机做成系列巧克力艺术品，可精确制作任何形状的巧克力，单层厚度仅为 0.2 毫米。这种 3D 打印巧克力的原料为融化的巧克力，制作完成后可立即食用。依据巧克力形状的复杂程度，一块 3D 打印巧克力的制作时间为 10 分钟到 3 小时不等。比如制作啤酒瓶形状巧克力，需要花费 3 个小时。



女神福利！东芝与先临三维联手打造美甲私人订制

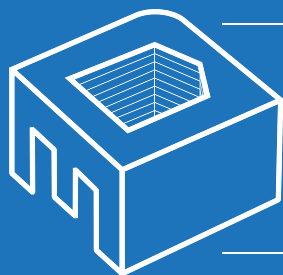
日前，电器制造商巨头东芝联合先临三维，跨界向深受女性欢迎的美甲业进军，让美甲片能根据每位女性独特的指甲形状定制，做到既快捷美观又不易脱落，甚至还能具备身份验证功能。东芝选用先临三维的多功能手持式 3D 扫描仪 EinScan-Pro 为用户进行指甲的 3D 扫描，获取精准的三维数据。之后在三维数据上进行图案设计并利用 3D 打印机打印出美甲片，最后再进行上色，一副个性化定制的美甲就这样诞生了。



雷诺展出 F1 概念赛车，驾驶室居然是 3D 打印全透明的.....

法国汽车制造商雷诺在两年一度的上海国际车展上展出一款未来 F1 赛车概念车 R.S. 2027。这辆 F1 赛车配置强大，装载混合 V6 引擎，拥有 1 兆瓦（相当于 1300 马力）的电力和 600 公斤的重量，KERS 动能回收系统能产生 500 千瓦的动力，相当于现在系统的 4 倍左右。然而最令人兴奋的还是它的 3D 打印驾驶室，雷诺称可以用回收材料打印，驾驶座上覆盖的顶棚是透明的聚碳酸酯，这样观众就能很直接地看到他们喜欢的赛车手。





3D PRINTING WORLD

2017年6月 | 第28期

3D打印世界

将金属3D打印粉末 国产化 进行到底

面对我国90%的金属3D打印粉末来源于进口的局面，曾克里坚信：国产化我们能行！

封面人物 / P18



P26

加速应用！Materialise Magics 3D打印软件：
神奇的零件摆放与支撑设计解决方案

零件的摆放、支撑结构的生成方式，将对打印结果产生巨大的影响。



P40

基本消费品背后的科学：
金属增材制造的开瓶器

小玩意，大学问。

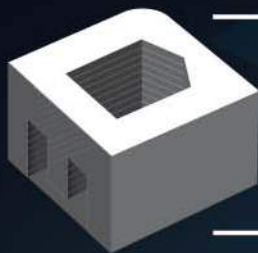


以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com



3D PRINTING WORLD 3D打印世界

3D打印全媒体资讯平台

助您打造行业核心影响力

出版物：

3D打印专业读物，
每月阅读量超过
15万人次



网站：

www.i3dpworld.com

独家呈现全球行业要闻、名家访谈和应用案例

自媒体平台：



累计阅读量高达
100万



累计阅读量高达
2000万

应用行业媒体联盟：

与医疗、汽车、文创、航空航天及工业
等应用行业主流媒体强强联合



电子邮件：

15万数据库精准投放



线上课堂：

每周大咖开讲，分享行业智慧，
超过1万人收听



微信号：i3dpworld

3D打印世界
粉丝数量突破
50,000



微信号：iprint3dp

iprint亚洲3D打印
粉丝数量突破
36,000



主编热线：0756-3919272 Jane.Yu@rtmwworld.com

EDITORIAL

刊首语



6月，盛夏启幕，一大波火热的消息也随之而来。首先来看看金属3D打印应用案例及最新技术。

荷兰鹿特丹工程公司 Damen 造船集团与 RAMLAB 实验室 3D 打印了第一个通过专业认证的金属 3D 打印船舶螺旋桨，将直接安装在拖船上。这意味着金属 3D 打印零部件可以有效应用于实践，为船舶业带来巨大的变革。

位于德国的研究机构 Fraunhofer Institute for Laser Technology 开发了一种新的金属部件涂层工艺——极高速激光材料沉积技术（EHLA）。不同于其他沉积工艺，粉末在涂上部件表面会完全熔化，可以以比常规激光材料沉积速度高 100 至 250 倍的速度进行涂层加工。

LLNL 的一个研究团队研发出一种更快的金属 3D 打印方法，新方法采用“高功率激光二极管阵列”，可以一次性快速打印整层金属粉末层，堪称金属 3D 打印中的“DLP 技术”……

日前，中国国家科技部对“增材制造”等 9 个重点专项 2017 年度拟立项的项目信息进行公示，共有 23 家单位上榜，总扶持经费高达 4.45 亿元。

纵览这份榜单，不难发现，金属 3D 打印已经成了“重中之重”，来自清华大学、华中科技大学等高校科研团队，承担了诸如高性能大型金属构件电子束熔丝增材制造装备与工艺、高性能大型金属构件多电弧协同增材制造装备与工艺、大型金属制件超声微锻造辅助激光增材制造技术与装备、大尺寸及高精度复杂金属构件激光增/减材复合制造技术及装备……等课题的研究。“大尺寸”“高精度”“复合”等，俨然已成为金属 3D 打印的关键词。

目前，金属 3D 打印已经在航空航天、国防、医疗已经有了广泛的应用，尤其是在“国之重器”的航空航天和国防等领域，承载了各国政府的高度期望。但装备工艺水平不足、材料进口受制于人、打印成本昂贵等瓶颈，仍然制约着我国金属 3D 打印的发展。从国家科技部的这次重磅专项扶持中，我们感受到了国家对于金属 3D 打印设备及工艺国产化的迫切需求。本期金属 3D 打印专刊的封面人物是广东省材料与加工研究所的曾克里副所长。面对我国 90% 的金属 3D 打印粉末来源于进口的局面，有着 37 年粉末研究经验的曾所长坚信：国产化一定能行！

要做到这一点，他清醒地指出，需要有两个关键因素：专业的生产厂家、稳定的订单量。在金属 3D 打印这个高门槛领域中，只有高度的专业能力才能满足苛刻的市场需求，被充分满足的市场需求才能生成更多的需求，从而反过来促进厂商不断改进生产和研发工艺，二者相辅相成、缺一不可。

期待，进口“90%”这个数字，可以早点降到 50%、30%、10%……

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年 戴超戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焘 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义许
王蕾 宋波纹 吴文恒

主编

余佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编辑

曾伟清 张紫薇

伍毓秀 王莉 刘盛娟

美术设计

邓德胜 钟晓俊 周婵媛

罗宇洪 王清梅

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

冯旭

Vincent.Feng@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤C）Y0155116 号

出版地址：

Room 1310-13, 16-20, 13/F,
Hollywood Plaza, 610 Nathan Road,
Mongkok, Kowloon, HK



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

08 环球 World News

观察 Observation

10 美国 DM 公司发布：两款桌面金属 3D 打印机

14 Sculpteo 最新行业报告：90% 的使用者认为 3D 打印是一个重要的竞争趋势

人物 People

18 将金属 3D 打印粉末国产化进行到底
——访广东省材料与加工研究所曾克里副所长

24 通快：老牌激光商如何发力金属 3D 打印市场？
——访通快（中国）有限公司激光技术部总经理 Thomas Harrer 先生

技术 Technology

26 加速应用！Materialise Magics 3D 打印软件：神奇的部件定位与支撑设计解决方案

34 新优化技术：加快增材制造组件设计工作流程

36 浅析实现金属 3D 打印安全生产的几大要素

应用 Applications

38 金属 3D 打印轮胎模具：迈向工业革命？

40 基本消费品背后的科学：金属增材制造的开瓶器

43 救人神器！金属 3D 打印心脏手术用缝合装置，你想象不到的精密

44 创客 Marker



“对金属 3D 打印仍然需要有耐心，我们已经做好准备在等待它的爆发点。”





EnvisionTEC 推出升级版 Perfactory 3D 打印机

Perfactory DLP 3D打印机是该公司第一款产品，现在升级到第四代，主要升级为一个开发了一年多的定制LED光系统，每小时成本仅1.5美元，预计寿命1万小时。其中XL型号构建体积为192 x 120 x 180或230 mm、XY精度100μm；Mini型号的分辨率低至10μm，可调的Z分辨率范围为15到150μm。



Formlabs推出两款新的SLA 3D打印后处理工具

Formlabs推出了新的清洁系统Form Wash和固化系统Form Cure，前者售价499美元，用一个叶轮搅动异丙醇在3D打印部件周围流动实现自动清洗，后者售价699美元，采用一个405nm光源和一个加热系统来后固化3D打印部件，能提高标准树脂的强度，增强专业工程树脂的性能。



可进行连续 FDM 打印的传送带 3D 打印机面世

这家荷兰初创企业推出的新型传送带3D打印机发起众筹，它的打印角度为45度，打印机X-Y驱动系统上安装有3个喷嘴直径不同的打印头，Z轴则是传送带，传送带的末端有一个收纳盒，会“抓取”打印件，实现整个打印的自动化。桌面版的零售价为10350美元。



桌面粘土 3D 打印机来了！每台低至 699 美元

Clay XYZ 3D被称为有史以来最友好的粘土3D打印机，接受所有种类的基本造型粘土，粘土泡水溶解可重复利用，构建体积210 x 200 x 180mm，XY轴和Z轴的精度15微米、5微米，喷嘴层精度0.2mm~0.8mm，兼容大多数FDM 3D打印机。

中国增材制造产业联盟：2016年我国增材制造产业规模达80亿元

在5月11日举行的AMCC2017（2017中国增材制造大会暨展览会）新闻发布会上，中国电子信息产业发展研究院副院长、中国增材制造产业联盟秘书长王鹏表示，我国增材制造产业已经建成了较为完善的产业体系，整体技术水平明显提高，部分制造工艺装备接近或达到国际先进水平，正从概念导入期步入快速发展期。据中国增材制造产业联盟统计，2016年我国增材制造产业规模已达80亿元，产业规模实现较快增长。

据介绍，在国家政策的推动下，我国增材制造产业化取得重大进展，已经从研发转入产业化应用。目前，北京、陕西、广东、湖北、上海等地基本形成产品设计、专用材料、关键器件、装备、工业应用等各个环节的完整产业链条，产业发展势头良好。但目前国内消费市场对增材制造的认识还不足、工业级增材制造设备成本及维护昂贵等问题，还需较长时间的市场培育。



TMR：2025 年全球牙科 3D 打印市场超 231 亿

日前，TMR 发布了一份报告，报告称2016年全球牙科3D打印市场价值达9.03亿美元，预计到2025年底将达到34.41亿美元。全球市场将以北美为主。到2025年底，北美市场将占据全球市场的41.9%。在技术方面，选择性激光烧结（SLS）技术在预测期内的最高复合年增长率为17.5%。

报告显示，全球牙科3D打印市场的竞争格局相当巩固。市场上的顶级公司在2016年的全球市场上占有约40%的份额，这些公司包括Stratasys、3D Systems、EnvisionTEC、EnvisionTEC等公司。这些参与者将继续致力于通过合作和并购来扩大其未来几年的地域覆盖面，以增加其覆盖面。

Formlabs 将 SLA 技术批量化，并推低价 SLS 3D 打印机

著名3D打印公司Formlabs推出了两款新产品——首款选择性激光烧结（SLS）3D打印机Fuse 1和批量生产SLA 3D打印系统Form Cell。

新推出的SLS 3D打印机使用粉末原料和激光将颗粒烧结在一起。可以兼容高强度和耐化学性塑料尼龙PA 12和PA 11，用于生产工业用功能原型和终端零件。目前测试机型已经投入使用，售价9999美元起（约6.8万人民币），比最便宜的SLS 3D打印机还要便宜20多倍。预计2018年年中开始发货。

Form Cell是一款集打印、清洁和固化于一体的Form 2 3D打印系统。该系统实现完全自动化生产，无需人工。并且可以24小时进行生产，减少人工和材料的成本。批量化生产已成为3D打印行业大势所趋。





上海联泰科技：2016 年营收达 1.6 亿元

日前，上海联泰科技发布 2016 年年报，年报显示过去一年公司总营收为 1.6 亿元，其中 3D 打印设备收入 1.3 亿元，占 80%；3D 打印材料（树脂）收入 2528 万元，占 15%；3D 打印服务收入 600 多万，占 4%。

联泰科技成立于 2000 年，一直致力于工业级 3D 打印技术 SLA（立体光刻技术）设备的研发和销售，目前已成为国内自主研发工业级 SLA 技术 3D 打印设备的市场领军企业，占据了超过 60% 的市场份额。



公司致力于以产业需求为主线，在手板、鞋业、航空航天、医疗等多个垂直行业形成纵深的产业战略布局，在每个垂直行业，应用互联网和物联网的协同效应，打造分布式制造服务平台，成为深度垂直产业技术和应用解决方案者。

惠普宣布一系列新举措，扩大 3D 打印业务

去年，惠普凭借 Jet Fusion 3D 打印系统正式进军 3D 打印市场。日前，惠普宣布了一系列新举措，包括全球经销商计划、新体验中心、与新的材料供应商合作……等等迹象，意味着惠普将加快 3D 打印全球布局的步伐，抢占 3D 打印市场。



全球经销商计划是惠普首创的 3D 打印专业化计划，其中包含了超过 30 个经过筛选的合作伙伴，其目标在于在全球范围内推广其 3D 打印系统与产品。该计划首先会重点扩大北美与欧洲市场，使得增材制造供应商能更高效地将惠普的技术推广给客户。

此外，惠普将与欧洲和北美的合作商联手推出新 3D 打印体验中心。这些中心将提供测试 3D 打印技术和部件的可控环境，帮助客户使用 Jet Fusion 3D 打印系统进行生产级制造。第一批中心将分别设在 15 个不同的地方。另外，惠普还宣布将与著名化学与消费品公司汉高合作，开发全球材料生态系统。



远铸智能在美展出高性能 PEEK 材料 3D 打印机

FUNMAT HT 3D打印机拥有一个设备齐全的加热腔室，并配置一个超过400度的高温打印喷嘴，除PEEK材料外，该机器可以处理几乎所有高性能热塑性材料，包括ULTEM（PEI）、PPSU、PC、NYLON、ABS、PVC等，成型尺寸高达260x260x260mm，可以满足大部分的产品研发和小批量生产应用需求。



3D打印机NEVA：自身的50% 3D打印而成

NEVA是唯一一款自身的50%是3D打印而成的3D打印机，唯一的一个按钮可以打开或关闭电源、启动打印和暂停打印，50-200微米的层高，打印速度高达80 mm / s，构建体积为18MM（直径）×20MM（高），众筹早鸟价299美元。



3D Fuel推出“最好用的”水溶性3D打印支撑材料

Hydro-Support是一款完全溶于水的3D打印支撑材料，有很高的拉伸强度，材料性能接近于PLA，优于PVA的可打印性，24小时可溶解在水中，每卷500克，价格为64.99美元，线材直径有1.75毫米和2.85毫米两种。



OPM 推出可替代铝合金的 PEEK 3D 打印材料

这款新的PEKK 3D打印材料镀镍OXFAB-Ni，有着强大的机械性能、极高的耐温性、高纯度、γ稳定性和极高的耐化学腐蚀性，媲美铝合金的重量和强度、辐射屏蔽、耐高温达190°C，适用于高要求的航空航天、卫星和国防应用等终端市场。

UTC 将投 5 亿建 3D 打印中心，重点研发金属和聚合物 3D 打印技术

隶属于美国康涅狄格州联合技术公司（UTC）的联合技术研究中心（UTRC）近日为其新落成的创新中心（一座价值 6 千万美元的工厂）举行了盛大的开业仪式。同时，他们还宣布了另外两项重大投资计划，就是通过投资 7500 万美元（约 5.09 亿人民币）建设一座卓越 3D 打印中心，以及投资 4000 万美元建设一座引擎压缩机研究中心。



据 UTRC 介绍，两项投资中的第一项——价值 7500 万美元的 3D 打印中心——将被用于加速开发一系列可用于 UTC 业务中的金属和聚合物 3D 打印技术。这些业务包括与航空航天公司 Pratt & Whitney（与 GE 和劳斯莱斯齐名的主要飞机引擎制造商）的合作。而 Pratt & Whitney 此举很明显是为了提高自己的 3D 打印力量与 GE 竞争，因为后者正在加大使用 3D 打印技术开发引擎的力度。

至于另一座投资 4000 万美元的引擎压缩机研究中心，UTRC 表示建成后也将与 Pratt & Whitney 进行合作，内容为为未来的商用和军用飞机引擎开发更先进的压缩机技术。

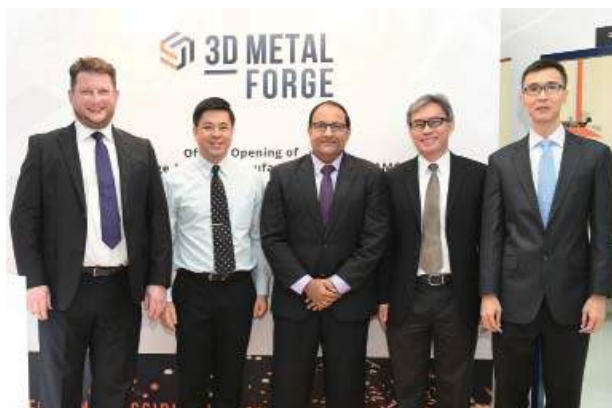


挪威钛喜获波音订单：3D 打印钛金属为每架波音 787 节约 200-300 万美元

世界著名的金属增材制造供应商 -- 挪威钛宣布收到了来自波音公司的订单，并公布了部分订单详情，波音公司订购的是使用该公司专有的等离子快速沉积技术（Rapid Plasma Deposition™，RPD）3D 打印出来的钛金属结构件，将装载在波音 787 梦幻客机上，这也是第一个经过 FAA（联邦航空局）认证的用于商用飞机的 3D 打印钛金属部件，每架波音 787 的制造成本因此得以节省 200-300 万美元。

据了解，RPD 使用的是双焊枪系统，主焊枪先将基板加热至规定温度，然后另外一个焊枪会加热钛丝，每小时可以获得高达 10 公斤的结构钛，打印出的零件与最终使用零件的形状差不多有 80% 的相似度，因此这种技术区别于 SLM 和 DMLS 等其他金属 3D 打印技术，不用于打印像 GE 的 LEAP 引擎喷嘴那样细小的金属部件，而是用其取代目前使用在商用飞机上的大量的锻造件，因为其生产成本比锻造或方坯制造更低。

挪威钛，凭借其以钛丝为基础的 RPD 3D 打印方法，成为了波音第一个高沉积速率材料规范供应商。



3D Metalforge 开设新加坡首个端到端金属 3D 打印中心

新加坡本土金属 3D 打印公司 3D Metalforge 开设了新加坡首个端到端的金属增材制造中心（AMC），该中心提供一系列端到端的金属 3D 打印解决方案和服务。

新的 3D 打印中心将服务于多个不同领域，包括石油和天然气、船舶、精密工程、建筑行业等。该中心配备有设计、工程、3D 打印、后处理技术，并将由一个主要由本地设计师和工程师组成的专门团队经营。

3D Metalforge 表示已经为该中心投资了约 180 万美元，并计划在未来几年内再投入 140 到 215 万美元。新中心就在 3D Metalforge 的位于科学公园的工厂旁边，它的开放标志着这家年轻公司的进一步成长。

近年来，新加坡一直在不断加大对 3D 打印技术的支持力度，将该技术视为推动国家经济和行业前进的一种途径，并鼓励本地公司采用和整合增材制造。该国对国外公司也很有吸引力，如美国公司。

中国首台商用熔丝式电子束金属 3D 打印系统 ZcompleteX® 3 在西安发布

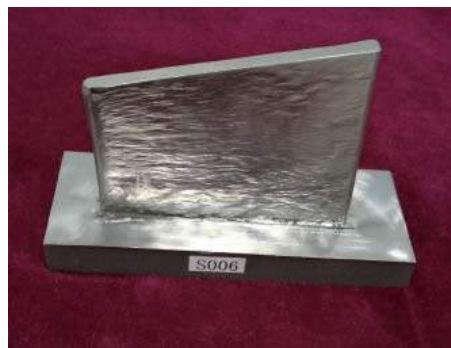
近日，西安智熔金属打印系统有限公司发布了并向市场推出了基于其领先的 EBVF3® 技术平台的 ZcompleteX® 3 型熔丝式电子束金属 3D 打印系统。

这是中国首台商用熔丝式电子束金属 3D 打印系统，其中高压电源，高品质大功率电子枪（热源 - 核心器件），全数字控制系统及增材制造专用软件等均自行研发生产，具有完全自主知识产权，并申请了 20 多项核心专利。

西安智熔发布的 ZcompleteX® 3 型系统，采用 60KV/15Kw 电子枪，全数字参数控制，Siemens840D 运动控制系统，室外自适应双送丝机构，五轴工作台，ZSlice1.0 For X3 分层切片机路径规划软件，可打印尺寸为 1000*600*500 零件。其技术创新点在于：EBVF3® 矢量技术确保堆积方向始终与重力保持一致；室外自适应

送丝系统，加工过程可以随时换丝，提高最终成型质量和效率；高可靠长阴极寿命电子枪确保电子枪长期稳定工作，适于大型零件制造。

这套复合电子束金属 3D 打印系统，将系列化，分别适于小型、中型、大型件制造，可以根据客户需求定制。目前已经可以接受对外订货了。



意大利推出世界最大的龙门式混合增材制造加工中心

近日，3D Hybrid Solutions 宣布与意大利的 CNC 机床制造商 Multiax 联手打造龙门式五轴混合增材制造设备。



Multiax 五轴加工中心是一种大型悬挂式龙门结构的五轴数控机床，是加工大型立方体工件的理想选择。最常见的加工应用包括铣削、切割、钻孔、锥形扩孔、铆接、紧固应用等。移动的桥式结构具有广泛的可选组件，使用户在加工各种尺寸的大型工件的同时确保具有高的切削速度、高精度和光滑的表面。可提供不

同的机械替换品和不同大小的部件以便满足不同的材料和部门的标准所要求的公差和性能。

Multiax 五轴加工中心主要应用在风能、汽车、航空、船舶行业或跨行业的模型，造型和模具制造商、铣削树脂插头和模具以及对船舶、汽车、风能、建筑和航空航天等行业的大型复合材料、铝或铝合金组件的修边。

这台混合增材制造设备号称是全球最大的金属打印机配置了 Multiax 的 5 轴数控系统，沉积速率超过每小时 20 磅。CNC 加工与 3D 打印的结合，生产的工业部件接近净形状，只需去除少量的材料，这就意味着轻型数控机床就能完成零件的生产。





01 | 加拿大

加拿大开设首个专门针对海洋、国防的金属 3D 打印中心

加拿大正式宣布本国第一个针对海洋和国防工业的金属 3D 打印研究中心“海洋增材制造卓越中心”开始运营。这个数百万美元的金屬 3D 打印中心将致力于海洋和国防领域的 AM 研究、商业化（由 CFM 领导）、劳动力发展和培训（由社区学院领导）等。新中心将首次为本国海洋行业 3D 打印认证的定制金属部件。目前为止，该中心已经筹集到了近 500 万美元，未来一年内还将引进其他合作伙伴，预计获得的资金将是现在的三倍。



02 | 美国

美企推出 3D 打印和注塑成型“二合一”设备

来自美国田纳西州的 3D 打印公司 Collider 正在开发一款结合 3D 打印和注塑成型两项技术的多材质 3D 打印机 -- Orchid。就像普通的 3D 打印机一样，Orchid 3D 打印机会根据数字 3D 模型打印出物体的外壳，作为后续制作的模具。接着将金属粉末和液体粘合剂的混合物挤到外壳中，注塑成型完成后在温水中溶解掉外壳，再对金属部件进行一些后期处理即可。Orchid 3D 打印机的“墨盒”还兼容各种材料。Collider 计划向一些 3D 打印服务供应商、小型区域制造商和实验室推广这款打印机。

03 | 西班牙

西班牙豪砸两亿人民币打造全球 3D 打印中心

西班牙的加泰罗尼亚政府表示将投资 2800 万欧元（折合约两亿人民币）打造一个全球 3D 打印中心。在那里，加泰罗尼亚的公司可以使用最新的 3D 打印设备并得到相关培训，而一些年轻 3D 打印企业也能得到额外的帮扶。政府方面表示，该中心旨在融合公私各方人才与资源，帮助他们吸引外资，让加泰罗尼亚产业走在欧洲与全球 3D 打印行业的前沿。一些知名企业，如惠普、雷尼绍和理光都承诺将支持该中心项目，而一些学术研究中心也表示将参与到该项目的开发中。



04 | 意大利

Autodesk 联手 Livrea 打造世界上第一艘全 3D 打印赛艇

意大利初创企业 Livrea 游艇公司与 Autodesk 合作打造世界上第一艘全 3D 打印赛艇。使用 Autodesk 的 Fusion 360 建模软件，初步的手绘设计转化成精心设计的 3D 模型，再使用一系列先进的多材料聚合物复合材料代替木材，3D 打印赛艇船体，以获得最佳的结构精度和亮度。使用 3D 打印技术制造游艇，这不仅节省资金，减少项目浪费，并将生产时间从几个月缩短到几个小时。Autodesk 花了一些时间测试提高游艇在赛事竞争力的新材料。材料的技术和选择能够打印出轻巧的组件和复杂的曲率，从而实际提高游艇的船体性能。



07 | 日本

3D 打印 2 亿日元复制日本国宝奈良法隆寺的释迦三尊像

日本富山县高冈市和东京艺术大学融合 3D 打印技术和传统工艺打造的日本国宝奈良法隆寺藏释迦三尊像复制作品，最近在高冈市举行首展，吸引了大批参观者。整个复制工程耗时约两年，耗资约 2 亿日元。正在展出的释迦三尊像复制成品以及 3D 打印的树脂原型，造型晶莹剔透，尚未上漆着色；而成品则达到以假乱真的视觉效果，从造型、材料、着色，以至历史沧桑所带来的伤痕、斑迹等，都让人难以与宣传片中的真品相区别。参观者还可以近距离观察甚至触摸作品。



08 | 泰国

泰国设计师用混凝土 3D 打印出皮革外观家具系列

泰国艺术家和设计师 Anon Pairot 设计了一个由皮革风格的 3D 打印混凝土家具和装饰品组成的室外露台，其中包括一个沙发和几个桌子。设计和打印这种风格的家具是为了纪念曾经流行的皮革家具。泰国暹罗水泥集团为该项目提供了 3D 打印 SCG 水泥，设计师借此可以设计出像石头一样的结构，并且可以随意控制结构的大小和形状。该系列还包括了一个岩石花园，同样用混凝土 3D 打印而成的。这个“类似天然材料”的岩石花园赋予了现场一种“自然的魅力”。



05 | 德国

世界最大 3D 金属打印工厂本月上架

2014 年，德国 FIT AG 公司宣布将打造一个新的增材制造中心，项目需耗费两千万欧元（约 1.5 亿人民币）和几年的时间。近期，这个中心即将开放使用。该中心称拥有“全球最强的 3D 金属部件制造力”，同时也提供塑料 3D 打印服务业务。扩建后的增材制造中心将为 Caterpillar 这些制造型企业提供强大的金属打印服务。FIT AG 公司是德国领先的快速成型服务与增材制造解决方案提供商之一，服务范围涉及汽车、航空航天、机械工程和医疗技术等领域。

06 | 印度

印度少年 3D 打印世界上最轻的卫星

来自印度泰米尔纳德邦的一名 18 岁学生利用 3D 打印技术与碳纤维增强聚合物制造出这颗 KalamSat 卫星，将于 6 月 21 日装载到 NASA 的火箭上发射到太空。KalamSat 卫星是迄今为止发射到太空的最小卫星，只有 64 克重，比智能手机轻。它将配置一种新型的车载计算机和八个内置传感器来测量地球的加速度，旋转和磁层。它将在微重力环境中运行 12 分钟，发射后将持续大约 240 分钟的亚轨道飞行。





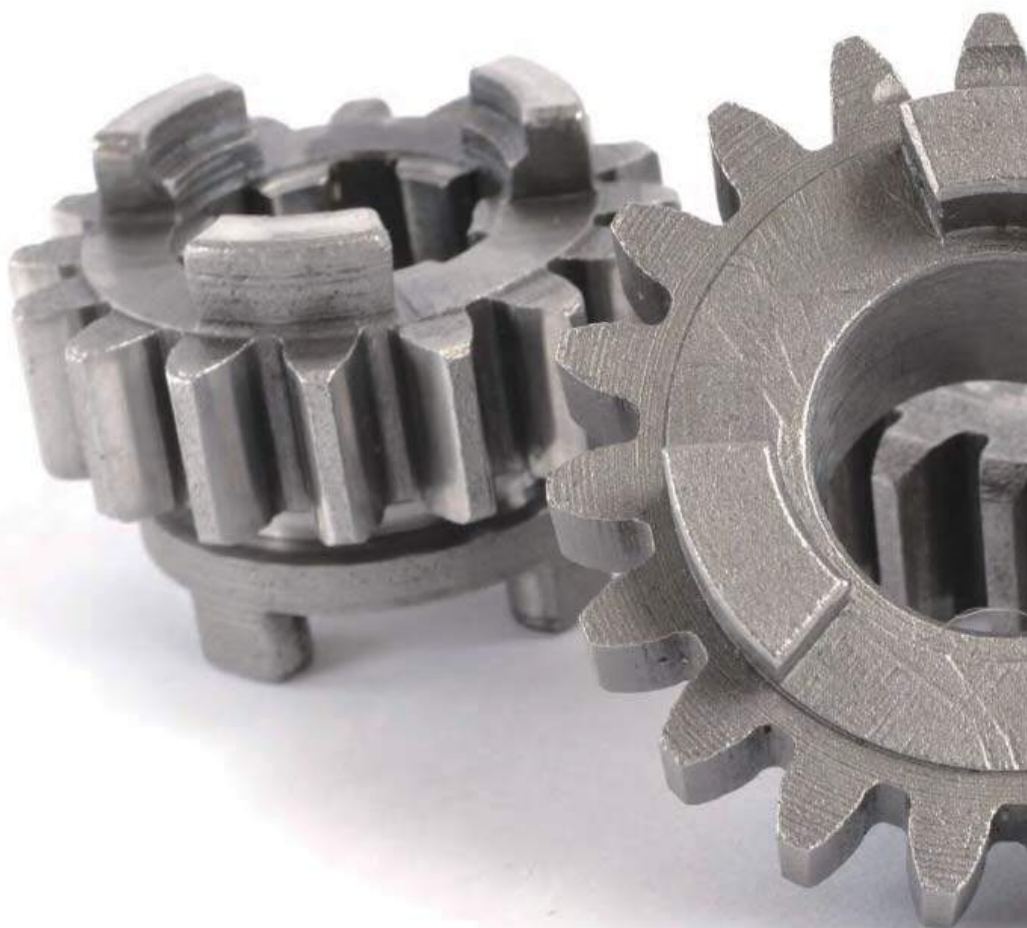


美国 DM 公司发布： 两款桌面金属 3D 打印机

位于马萨诸塞州的3D打印初创企业 Desktop metal刚刚推出了两款新的金属3D打印设备，即DM Studio和DM生产系统。据悉，该产品涵盖了从原型到批量生产的整个产品生命周期。目前，该公司已经从 Google、宝马、Stratasys和 Lowe 等公司募集了大量投资，通过利用这笔资金来提高产品的生产速度、安全性和质量，并同时降低成本来破坏传统的金属制造方法。

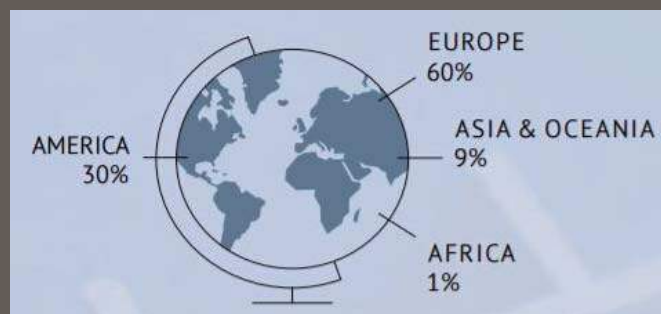
这套系统是市面上首款能用于快速原型应用的友好型桌面金属3D打印系统，包含有一台打印机、一个微波烧结炉，以及一个脱脂器，能打印上百种金属，打印速度可达16立方厘米/小时，层厚可达50微米，打印体积则是300毫米x200毫米x200毫米。其中，打印机采用的技术叫做结合

Sculpteo 最新行业报告： 90% 的使用者认为 3D 打印 是一个重要的竞争趋势





3D打印是一个新兴的行业，每年的变化日新月异，如果把握不全面，则很难跟上行业发展的步伐。每年，市场研究公司Sculpteo都会编写行业数据，整理成报告。近日，该公司推出了3D打印行业报告2017版，报告突显了该技术用户的最新观点和行业发展重点。



▲ 来自世界各地的受访者比例

首先，来看一下Sculpteo调查的受访者的人口统计数据，该公司每年都会发送这些调查，以衡量谁在使用3D打印技术，以及他们在做什么。近一千人回应了今年的调查结果，其中大部分人来自欧洲和北美。今年，亚洲受访者的比例比2016年提高了4%。

受访者来自62个国家，比去年多10个，消费品、工业品和高科技仍然是代表性最高的行业。29%的受访者认定为工程师，其次是28%的CEO，10%的自由职业者和7%的设计师。该公司指出，与去年的CEO的反应相比，今年的趋势恰恰相反。令人担忧的是，92%的受访者是男性，而只有8%是女性，强调了这一领域中不断存在的性别差距。

总体来说，受访者对3D打印感觉非常好，47%的用户认为3D打印投资回报率高于去年。令人印象深刻的是，90%的受访者将3D打印视为重要的竞争优势。过去一年来，3D打印的支出有所增加，受访者表示他们预计明年的开支将再次上升。自报告发布以来，支出稳步上升：2017年，3D打印技术和服务的预算平均增长到9,504美元，而2016年为6,132美元，2015年为3,736美元。

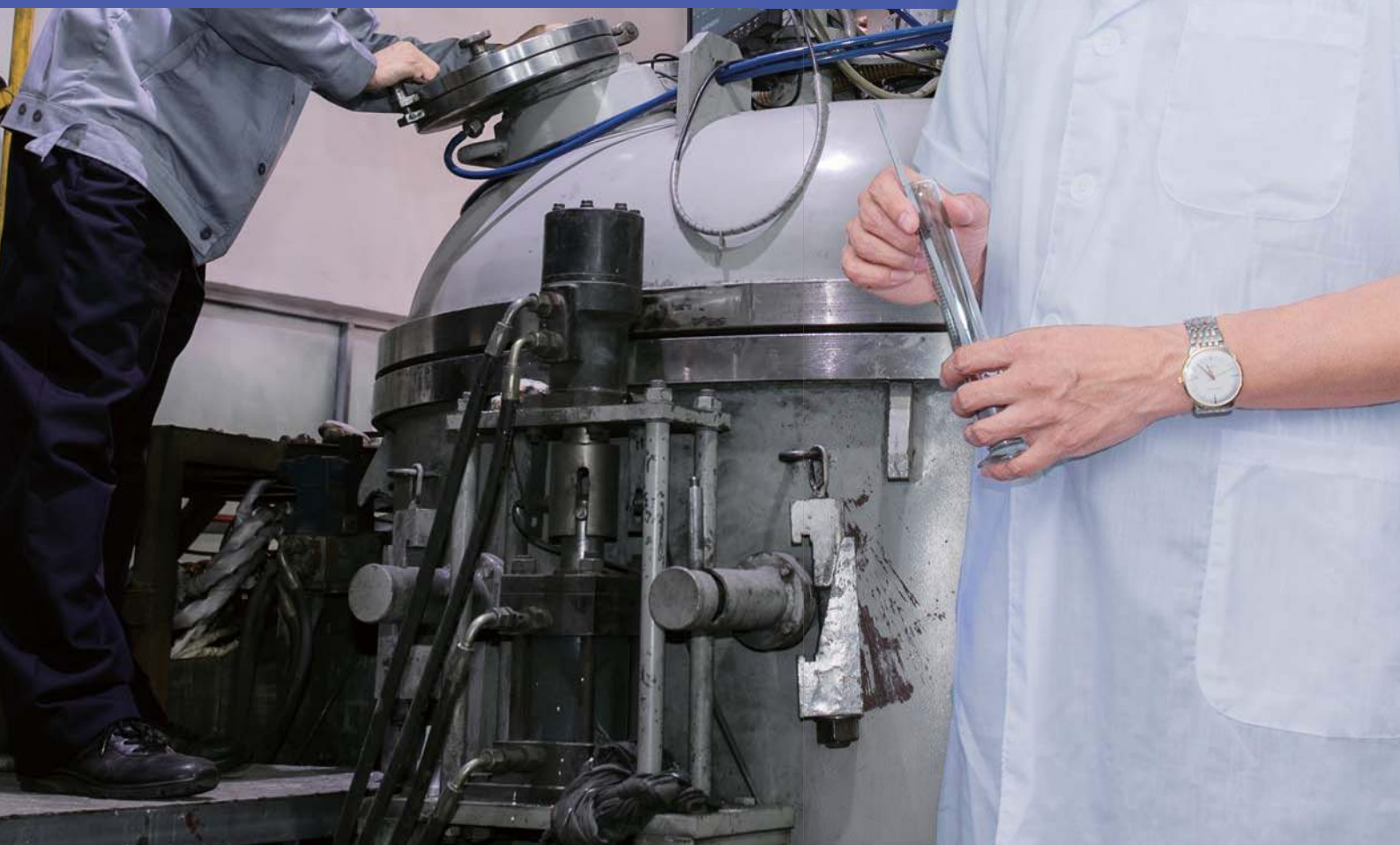
“这些因素表明，受访者忠于3D打印，并认为这项技术是他们业务的真正合作伙伴，”Sculpteo说。“因此，我们可以说3D打印市场正在变得更加稳定和成熟。”

根据报告，加速产品开发是3D打印机最受欢迎的应用之

将金属 3D 打印粉末 国产化进行到底

——访广东省材料与加工研究所曾克里副所长

撰文：曾伟清





“从1980年运-10飞上天到今年C919成功首飞，中断了37年的中国大飞机梦终于实现了！”在《3D打印世界》采访广东省材料与加工研究所（以下简称“广东省材料与加工研究所”）曾克里副所长的期间，举国上下都沉浸在大型客机C919成功首飞带来的喜悦与自豪的氛围中，国产大飞机失落的这37年正好契合了曾克里进入中南大学接触粉末冶金开始、延续到今天从未间断的粉末研究生涯。

在37年里，曾克里曾投身于航空发动机用热喷涂材料研究，并以更优的质量将当年俄罗斯人的傲慢垄断拒在北门之外，这些经历使曾克里一直信奉“只要用心，在技术上一定可以做到国产化”，今天C919的成功试飞也更加验证了这一点。而面对我国90%的金属3D打印粉末来源于进口的局面，曾克里依旧相信，国产化我们能行！

成事在人 顺利打响第一单

广东省材料与加工研究所是国内第一家能批量供应3D打印镍基粉末的单位之一，而在前几年，不单是金属粉末专家曾克里，对整个国内的粉末行业来说，研制专用于3D打印的金属粉末都是一个陌生的领域。2015年，曾克里得知其师兄所在的某快速制造科技有限责任公司在国内寻找一批用于3D打印的金属粉末，但国内制粉商要么响应不积极，要么质量不过关，始终无果，对3D打印还不甚了解的曾克里仔细查找资料后立刻察觉这是一个很重要的发展趋势，当即拍板接下这个单子。

这个决定不是空穴来风，除却几十年自身积累的“内功”，曾克里还有一个有利的条件——2014年在工信部一个项目的支持下，广东省材料与加工研究所投资建设了当时国内第一套200kg级的真空雾化设备，用于制作镍基、钴基等高端涂层材料。

但，往往看似天时地利人和的事情做起来却会出现很多不可预料的意外。

首先是设备刚调试完非常不稳定，刚做完第一批粉末，设备就出现了问题，曾克里回忆道，“如果等着设备供应商派人来修最快也是三天之后，等他们修好



可能十天半个月就过去了，交货时间根本耽搁不起。”当时在所有人觉得这个项目不可能完成的情况下，作为项目领导人的曾克里却顶着压力依旧坚持要做，并且还要如期保质保量交货，最终在他的坚持下，研究所依靠自己的力量将设备维修好。

接下来该和时间赛跑了，却遇上了堪比春运的十一国庆节。为了在时间节点完成任务，位于华东的客户一边打印一边在等着

位于广州的广东省材料与加工研究所分批送过去的金属粉末，“那时候货运都停了，我们白天将材料做好，晚上送上大巴车，早上到华东之后要那边相熟的朋友去接车，然后亲自送到

客户手里。”回忆起那段大家一起拼搏的岁月，曾克里印象最深的是包括自己在内的研究所里的技术人员、工人们两天三夜没合眼地维护着设备的稳定和生产的正常运行。

“在处理科研的过程中，需要大家齐心协力，各方紧密配合才能将事

料与加工研究所克服重重困难，花了大概一个月的时间圆满完成了任务，虽然一个月420公斤金属粉末的生产能力在客户看来还存在一定的差距，但是粉末的质量却得到了极大的肯定。“420公斤的粉末我们分6批送到客户，每批都复验，6批的检测

结果显示，粉末的粒度范围控制得相当好，平均粒度相差不到一个微米，这是相当不容易的。”得到客户满意的反馈，曾克里更

“与国外已经成熟的产业链相比，我国最关键的原因是还没有一个成规模的厂家专门做3D打印金属粉末；其次，没有稳定的订单量，只有生产量稳定之后，产品才能稳定，才有可能形成产品标准。”

情做好”，曾克里这么多年搞科研项目得出来的结论又一次得到了验证。

最终，客户的第一单420公斤金属粉末的订单，在曾克里的领导下，第一次实际接触3D打印的广东省材

加有信心将3D打印金属粉末做下去了。

420公斤的金属粉末对广东省材料与加工研究所来说这是一个极具历史意义的订单，首先是对大批量3D

打印金属粉末供货能力的考验，同时在这一次与客户的相互沟通过程中，将3D打印粉末的技术规范定下来了，为后续广东省材料与加工研究所越发成熟的3D打印制粉技术打下了坚实的基础。

国产粉末质量不输进口，为何受制？

目前我国3D打印用金属粉末90%来源于进口，是国产粉末的质量不如进口吗？深谙粉末技术之道的曾克里却并不这么认为。

据他研究，金属粉末的打印质量并不是由多数粉末厂商主打的球形度决定的。目前的主流3D打印技术

多以激光或电子束为能量，在高能束将金属粉末熔化的瞬间也会产生气化，球形度并非越好打印的质量就越好，“这一点我们在研究进口设备随机配套的粉末得到了验证，他们的粉末是雾化生产的，但是打印效果却很好。”吃透了影响3D打印质量的关键点，曾克里肯定，在制粉技术上我们不存在问题，广东省材料与加工研究所研制的粉末质量丝毫不亚于进口粉末。

那么国产粉末的问题出在哪里？

曾克里认为，首先，与国外已经成熟的产业链相比，我国最关键的问题是还没有一个成规模的厂家专门

做3D打印金属粉末；其次，没有稳定的订单量，只有生产量稳定之后，产品才能稳定，才有可能形成一些产品标准。目前国内的一些3D打印金属粉末厂家多数都是用单套设备兼做多种粉末，这样容易造成交叉污染，严重影响了粉末的质量。

“所以我们希望成为一个稳定的、专业3D打印金属粉末的供应商，做成一定的规模后才能获得更多的订单。”曾克里表示。

为了达到这个目标，目前广东省材料与加工研究所进口了一台乌克兰的旋转电极雾化设备（PREP），在已有的钴基、镍基为主的基础上增加钛合金粉末。这台乌克兰的设备电



通快：老牌激光商如何发力金属3D打印市场？

——访通快(中国)有限公司激光技术部总经理
Thomas Harrer 先生

✍ 撰文：余佳



全球的激光技术正在进行一次跨时代的变革。越来越多的新技术如雨后春笋般涌现，为我们的生产制造带来更多的创新。作为激光设备的资深玩家，同时也是全球唯一的一家能提供激光金属熔化技术和激光金属熔覆技术的制造商，德国通快早在16年前就开始瞄准3D打印领域，并通过自身独有的优势占据了一席之地。本期，我们对通快(中国)有限公司激光技术部总经理Thomas Harrer先生进行了专访。

《3D打印世界》：作为一家激光企业，通快进入3D打印的时间和契机是什么？

Thomas Harrer：通快早在16年前，就开始研发增材制造技术，包括激光熔覆和激光选区熔化这两种技术。在激光熔覆这一块，我们始终不断研发推出新品。激光熔覆市场现在已经变成一个很大的市场，针对这个大市场我们提供了一整套专业的解决方案。

激光选区熔化这块业务，中途中断了一段时间，因为我们发现通快进入这个市场太早了。但很快我们再次转变策略，激光选区熔化的市场正变得越来越大，所以我们在2014年左右重新制定了重返这个市场的计划。我们很惊喜地发现，很多客户还在使用通快的第一代设备3D打印设备，他们希望通快能够提供针对工业用户的增材技术解决方案。因此，客户的需求也是我们重新进入这个市场的动力源泉之一。

《3D打印世界》：和Concept Laser、EOS等专业金属3D打印厂商相比，您认为通快的主要优势在哪里？

Thomas Harrer：在增材制造领域，通快是目前市场上唯一一家提供激光熔覆和激光选区熔化两种金属3D打印解决方案的公司。除此之外，通快是一个全面的激光解决方案制造商，掌握激光熔覆、激光选区熔化、焊接、切割、微加工等多种技

术，可以为客户提供一个很宽泛的技术范围。通快一直提倡的口号是：“选择的力量”，能够为客户提供可选择性的技术解决方案，这是我们的一个主要优势。

第二个优势是通快既制造激光机床设备，也制造主要元器件激光器，能把两者的know-how结合起来，为客户提供全套工艺解决方案。

第三个优势是通快在全球有广泛的分布，有将近68家子公司，销售和服务网络都非常完善。经过多年发展通快积累了广泛的客户群，尤其对于一些跨国公司，有较好的客户基础。这也是增材制造解决方案的潜在客户。

《3D打印世界》：激光熔覆和激光选区熔化这两种成型方式有何不同？面向的客户群体有何差异？

Thomas Harrer：主要区别简言之就是，激光熔覆的成型效率比较高，但打印精度差一些；激光选区熔化打印精度较高，但效率低一些。激



光选区熔化可以制造复杂的零件，但是需要从一块基板上开始。激光熔覆可以从现有的零件上（三维结构）开始制造。

因此客户可以根据具体需求选择使用何种技术。通快在增材制造方面，并不介意使用哪种技术，客户可以根据应用来选择不同的技术。

两者目标市场有重合，也有不同的。比如激光选区熔化主要用于牙科、人体植入物、航空航天、模具制造、代加工厂的原型件制作等；激光熔覆主要用于一些农用机械和石化行业的刀具修复、耐腐蚀性、耐磨等功能性涂层、飞机制造领域的发动机叶片修复、模具修复等等，可以在加工对象表面生成复杂的结构。

在激光选区熔化领域，我们已经和中国国内大型牙科制造公司有合作，用来打印牙冠、牙桥、植入体等。医疗领域之外，我们的销售团队也已经和多家公司达成合作。

在国际上，有好几家大客户已经使用我们的3D打印设备TruPrint

1000和TruPrint 3000超过一年，反馈使用效果非常好。

《3D打印世界》：能否简单地介绍一下通快目前已经推出市场的几款主要3D打印设备？

Thomas Harrer：

TruPrint 1000是一宽小型的高精度的金属3D打印设备，采购成本低，是一款入门级设备，能够帮助客户很快进入3D打印领域；

TruPrint 3000是一款中大型打印设备，能进行高效率打印作业，适合大型工件的3D打印；

TruPrint 5000具有500度的预热，配有多激光源，适合打印特定行业的应用，比如航空航天部件。

此外，我们还提供粉末、软件解决方案等，通快不仅专注于机器，更专注于客户整个生产流程的优化。我们一直追求为客户提供工业化解决方案，通过各种技术方案来降低客户



使用成本和提高生产效率。同时，自主核心技术的激光器生产、多年的机床设计研发经验，构成了通快的核心竞争力。

《3D打印世界》：您预计金属3D打印的市场会有多大？

Thomas Harrer：我们估计每年金属3D打印设备的出货量全球大概在1000台左右，年增长量约为20%。但目前还没有针对中国市场的预测。

未来3D打印市场增长会很快，但是作为一个新生市场，变化也很大。📦

3D 加速应用！

Materialise Magics 3D打印软件：
神奇的零件摆放与支撑设计解决方案

✍ 撰文：Kirsten Van Praet

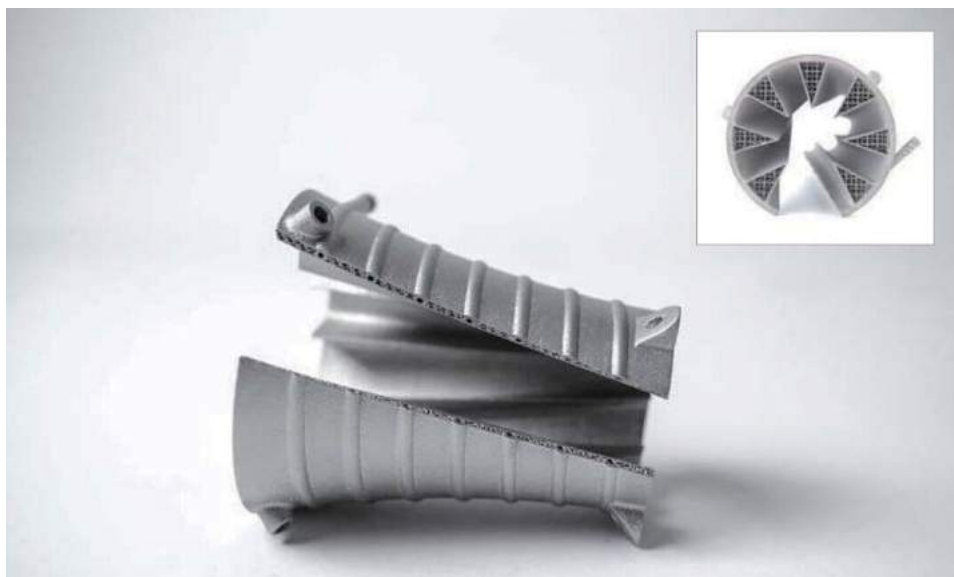




◀ 图1 Materialise位于不莱梅的工厂正在进行金属3D打印

总部位于比利时的Materialise公司，拥有超过25年行业领先的增材制造软件开发经验，并在欧洲经营若干大型的增材制造工厂，包括设在德国不莱梅的金属3D打印工厂。

日前，本文作者Kirsten Van Praet揭示了该公司最新发布的Magics软件套件，如何帮助用户通过先进的零件摆放与支撑解决方案实现更高水平的增材制造生产。下面，我们通过一个案例研究和一些应用实例，来检验Magics软件为金属3D打印工艺带来的关键优势。



▲ 图2 这个有着复杂内部通道的铝流冷却器（见截面图）有效地展示了3D打印独特的设计能力。

为某种应用选择合适的制造技术，对于设计师和工程师来说通常不是难事。几十年来，他们积累了大量金属制造工艺：机械加工、铸造、焊接、挤压——每种技术都各有所长，各有所短。然而，要确定何时去用金属3D打印这类新技术会更具挑战性，在应用的过程中，也将会面临一系列疑问和不确定性。

为了充分发挥3D打印带来的优势，制造业必须对这种技术予以透彻理解，包括材料与设计过程。一个成功的金属3D打印部件，往往是这些因素与具体应用间相互作用的结果。对一些应用而言，3D打印带来的是重量、性能、功能或者美学等方面的大幅改善。

总的来说，金属3D打印的主要优势在于解放设计、提高效率 and 降低成本。在传统制造中，选择何种制造手段直接决定了产品的功能和外观。而3D打印逐层制造的智能制造方式，几乎没有制造边界，特别是在几何自由造型上。这将为产品设计带来全新和令人兴奋的机会。

基于制造批量的成本计算，而不是以复杂性为基础的成本计算，将激励设计师和工程师更积极、更经济地去探索更多复杂的形状，开发出最佳的功能设计（图2）。

不同于传统的生产方法，3D打印在生产过程中不需要额外的工具。因此，零部件设计及批量生产的启动时间和成本是有限的，并且与部件的批量大小、设计数量可以分离开来。在这些条件下，可以保持低库存水平，快速实施必要的设计迭代，从而加速和优化产品开发周期，为个性化定制和按需生产打开大门。同时，它还将减少组成部件的数量，省去一些装配步骤（如不再需要焊接或螺栓），这也提高了零部件的完整性和使用寿命。

在性能稳定性上，软件扮演什么角色？

3D打印零部件的生产过程可谓充满挑战。今天的市场将“初步学习曲线”定义为一个为期两年的以试验和试错为主要特征的过程，事故不

断、耗费无数金钱和时间后，才能偶尔得到正确的结果。因此如何透彻地了解金属3D打印工艺的具体操作和流程至关重要。

必须要理解并考虑整个制造过程，从粉末特性、设计准则到工艺参数，包括后处理步骤。金属3D打印经常会遇到一些问题，比如在过程中出现的热应力、变形和收缩等。设计工程师如何安排一个零件的摆放角度、如何生成支撑结构，将对打印结果产生巨大的影响。

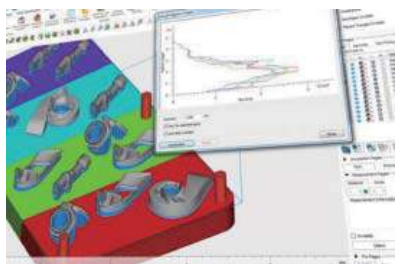
软件，在金属3D打印制造过程中至关重要。Materialise的Magics软件，是该公司灵活软件套件中的核心，其基于对3D打印机制的深入透彻理解，能给用户关于部件最佳摆放与支撑生成等问题的指导，并提供一系列先进的建模验证工具，分析部件构建风险及支撑结构，来帮助检测和避免问题。

部件定位

正确的摆放是成功进行打印的第一步，能够防止翘曲变形或打印过程中提前终止。用户可以通过限制每

层的表面面积来控制热量积聚，从而避免翘曲。连续两层之间温差如果太大，容易导致打印质量受损或者构建崩塌，因此，用户需要一款工具来分析打印过程中每一层的表面面积及对应的热量分布。

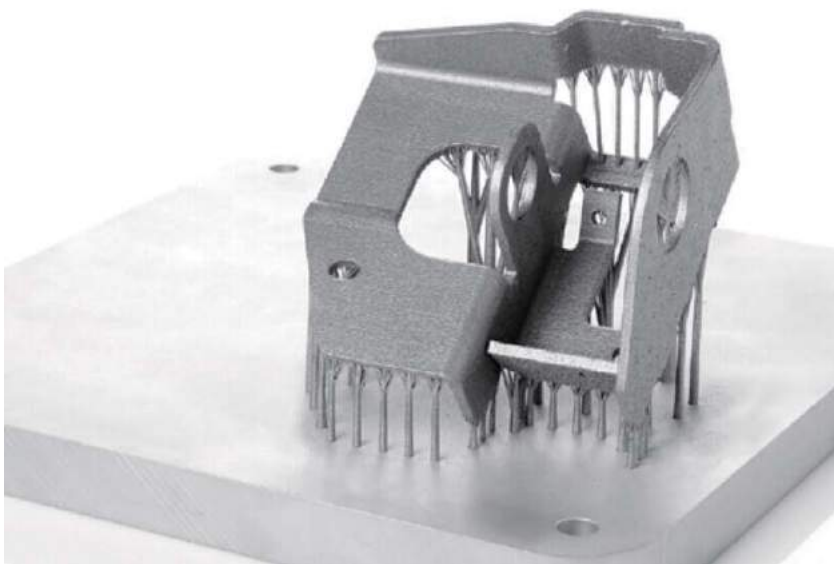
Materialise的Magics21软件有一款新工具，专门用来生成金属3D打印部件的切片分层图表，让用户得以完全控制打印过程（图3）。有了切片分层图，用户可以快速透视每一层的表面区域，从而提高零件质量。这款软件可以针对一个或多个部分，甚至整个构建平台进行设计。



▲ 图3 Magics21软件中切片分布图截图

该工具还考虑到支撑结构。金属3D打印设备通常配备多个激光器，多个光学振镜，能确保激光均匀分布作业，效果更稳定。用户可以调整零件的摆放或在构建平台上进行自由调整，所有数据都可以导出到Excel中进行更详细的结果分析，从而实现最佳零件摆放。

Magics摆放工具能帮助用户实现智能化的零部件摆放，进而减少支撑结构、节约材料消耗、减少后处理过程。使用零件摆放优化工具，用户可以标记好他们不希望出现任何支撑结构的区域。然后，这个工具就可以引导用户定位好部件上可以实现自支撑的特定区域。



▲ 图4 树状支撑结构的一个应用案例

自动摆放工具更容易帮助零件定位，从而分担设计师的一些工作。从用户角度看，最佳摆放应当是在减少每层表面面积和减少支撑数量之间取得最佳平衡的结果。

支持预览工具可以让用户预览支撑结构生成后的具体情况。这个预览在摆放中会实时更新，减少了摆放调整的迭代次数。

支撑生成及功能

在金属3D打印中，支撑结构设置的远不止在打印过程中支撑部件那么简单。优化支撑结构能把变形降到最低，防止打印过程中的部件碎裂，并减少后处理工作。

支撑结构类型广泛，每一种都有其独特之处。要根据部件的几何形状具体选择，达到最佳效果。举个例子，锥形和树状的支撑特别适用于微小薄壁结构部件和珠宝（图4）。

Materialise的Magics软件支持支撑结构的半自动化生成，用户可自

定义参数配置并在有需要时简单调整即可。他们也可以在CAD中创建自己的支撑结构然后导入Magics软件中。

控制热量和避免变形

为了更有效地控制从零件到搭建平台的热量，Magics允许使用各种形状的支撑元素。这些元素确保牢固地将打印部件锚定在打印床上从而避免变形。有了软件库的支持，用户可以加厚某一具体支撑，或者在实体结构、块状、锥形、树形等多种支撑结构中自由选择。

块状支撑结构就像一个线型网格，每一根“线”通常都要考虑熔池的深度。Magics软件中有一个新的功能，能调整支撑结构的强度。例如，圆柱形的平台连接，可以形成具有更强粘附力的构建平台，减少打印失败。

节约材料：专利的混合支持结构

Magics21有一种全新的拥有专利的混合支撑结构，特别是当打印部

新优化技术： 加快增材制造组件设计工作流程

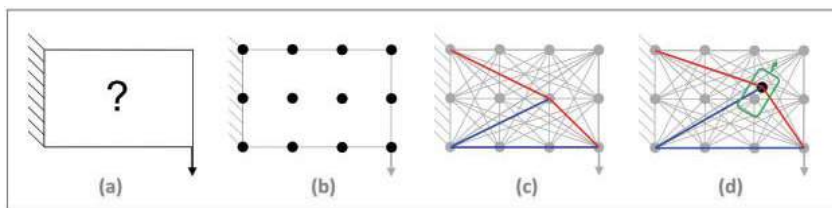
增材制造业能为工业带来巨大利益，但在实践中却很难证明这一点。比如，尽管桁架式零件在结构上通常比传统结构更高效，但要证明却是耗时耗力的。而新的优化方法就意味着工程师可以直接在增材制造组件中识别优化桁架式，省时又省力。来自LimitState的Matthew Gilbert教授和谢菲尔德大学高级增材制造中心对这项技术及其应用进行了概述。



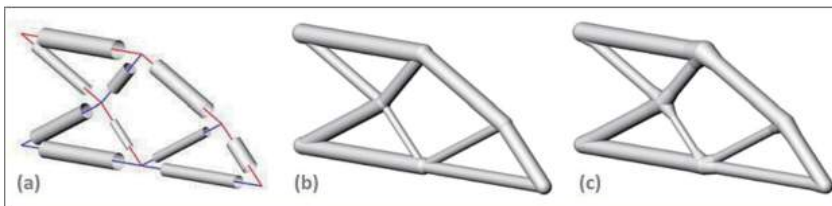
▲ 图1 LimitState: FORM软件优化的卫星用金属静压座架

增材制造发展飞速，越来越多用于制造航天航空、汽车和太空领域的高价值金属零件。同时，结构优化技术也在快速成熟，工程师可以针对很多问题得出最佳形式。这些新形式形状通常较复杂，非常适用于增材制造。

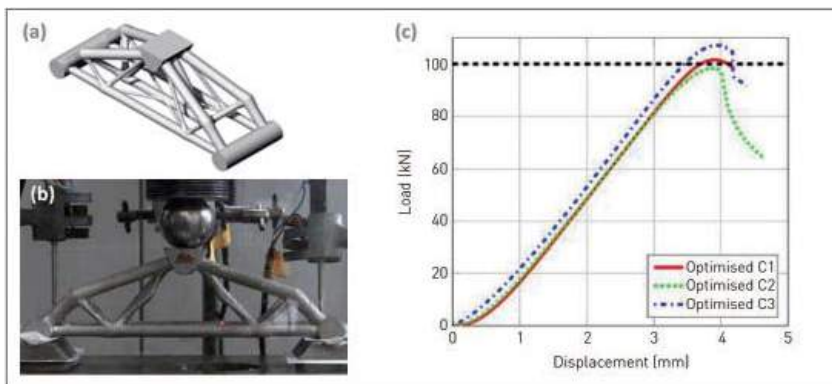
近年来，工程师们已经使用拓扑优化技术，通过Altair OptiStruct和Inspire这些工具来生成最佳形式。当组件占用相当大比例的可用设计空间时，即所谓“体积分数”相当高时，这个方法效果非常好。但是当体积分数低时，通常就需通过精细的数字离散化来识别最佳形式，这在计算上是很



▲ 图2 离散优化方法：(a) 指定设计领域，装载和支撑条件；(b) 使用节点离散化；(c) 使用线路元件互连节点与格局优化（LO）来识别离散成员的最佳布置（以红色/蓝色显示）；(d) 调整关节位置，改善解决方案（几何优化，GO）



▲ 图3 线元素结构转化为连续体：(a) 阁楼元素（如圆柱体）；(b) 添加关节；(c) 扩大关节，避免压力集中



▲ 图4 简单光束：(a) 设计；(b) 负载测试期间制造的元件，和 (c) 被测元件的负载与位移（目标负载=100 kN）

浅析实现金属 3D 打印 安全生产的几大要素

金属3D打印技术逐渐走向生产领域，在复杂零部件制造或小批量生产中占有日益重要的地位，GE、空客、Honeywell 等著名制造业用户近年来在全球范围内建立了增材制造中心，并安装了多台金属3D打印设备。除了这些大型制造企业，一些细分领域的中小型制造用户也陆续安装了金属3D打印设备，并打造企业在增材制造领域的竞争力。

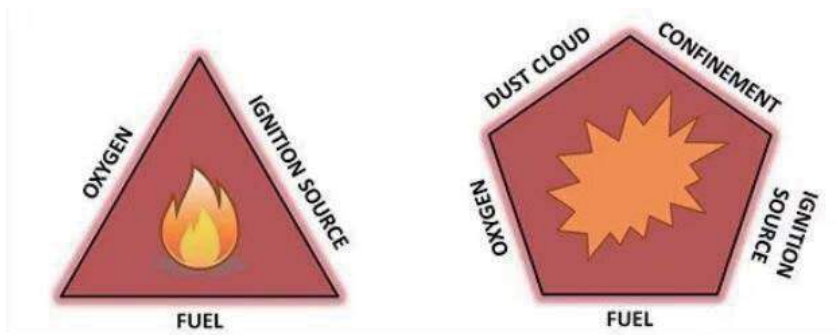
我们知道，在每条制造生产线或者每个生产车间中都有需要遵守的安全生产规范，那么，随着越来越多的金属3D打印设备走向企业的生产车间，用户应怎样做才能确保安全生产呢？在使用金属3D打印设备中存在哪些需要规避的安全隐患呢？该文主要以粉末床激光熔化金属3D打印设备及其打印材料为例，列举出几个存在安全隐患的因素，为用户安全、规范的操作金属3D打印设备提供一定的参考。

粉末和惰性气体使用中的风险

粉末床激光熔化金属3D打印



▲ 图1 存放金属粉末的塑料容器



▲ 图2

机使用的材料为金属粉末，粒径为10-70微米。这种类型的粉末材料存在引发火灾或爆炸的风险，此外，人体对粉末颗粒的长期接触和吸入也会给身体健康带来一定隐患。

在粉末床激光熔化工工艺中，激光器将金属粉末进行局部的熔化。这个过程是在充满惰性气体（氩气或氮气）的过程中进行的，这些气体可以在封闭的环境下产生氧气，这也是第二个风险的来源。此外，金属粉末床激光熔化过程中将产生一定“烟雾”，这些物质会沉积在打印室和过滤器中。烟雾中的颗粒比金属粉末本身更细，也金属粉末存在着类似的安全隐患，因此需要定期清洁。

总结下来，粉末床激光熔化工工艺在打印过程中主要存在四个隐患：火灾和爆炸，粉末吸入和接触，惰性气体窒息和材料废物对环境的影响。

火灾和爆炸

2014年，美国职业安全与健康管理局（Occupational Safety and Health Administration）曾在OSHA

职业安全与健康标准中引术了这样一个安全生产的案例，某公司的金属3D打印工作场所没有配备合规的灭火设备，导致一名操作人员被火灼伤。虽然火灾是由于该公司不规范的操作设备而引起的，但这个事件仍然具有安全警示意义。那么，在这个事件中有哪些值得吸取的教训呢？哪些原因可能引起金属3D打印过程中发生火灾呢？

如图2a所示，火灾和爆炸通常是由多种条件同时引起的，引起火灾的条件包括：氧气、燃料、点火源（图2左）。当同时具备氧气和燃料这两个条件时就存在着火的隐患了，此时需要避免火源。环境中产生的静电都有可能成为点火源，另外，热的表面、热气体都有可能产生火花和杂散的电流，从而成为点火源。引起爆炸的条件包括：粉尘、氧气、燃料、封闭（图2右）。环境中所存在的粉尘遇到火源则可能发生爆炸。

当然，即使是以上条件同时具备也并非意味着一定会引发火灾和爆炸，只有当这些条件达到一定的水平

金属 3D 打印轮胎模具： 迈向工业革命？

正如 GE 通过 Arcam 和 Concept Laser 成为金属 3D 打印设备的供应商，同时又将这些金属打印设备用于自身航空航天、能源等行业的应用发展。米其林通过与法孚的合作，将其共同开发的金属打印设备 Addup 用于米其林轮胎模具的研发与制造，这也成为业务部门之间相辅相成的另一典范。

将金属 3D 打印用于轮胎模具的制造，米其林不是说说而已，他们已经行动了，并且推出了 MICHELIN CrossClimate + 这款新轮胎产品。

在轮胎模具加工中，轮胎模具的花纹本来就复杂多变，而随着各大轮胎厂商为了提高竞争力，都加大轮胎花纹的复杂性和对轮胎模具的要求，轮胎花纹变化相当快，品种多样化，模具的交货期也越来越短。

毋庸置疑，轮胎花纹是重要而又复杂多变的加工难点，其加工的精密程度直接影响到轮胎的精度和质量，甚至是轮胎的安全、驾驶的舒适度等等。花纹的结构往往呈现出空间三维扭曲、轮胎花纹具有弧度

多、角度多的特点，采用传统的加工手段难以精准完成，即使采用电火花加工工艺也存在一些难以解决的问题。

在轮胎花纹的加工过程中，加工工序高度集中，主要以铣削加工为主，但因为加工的角度、转角等不统一，有些花纹还有薄而高的小筋条或者窄

而深的小槽，包括那些表面不规则的高低结构，对机床的刚性和刀具的要求比较高。

高速铣削并不是万能的，子午线轮胎活络模设计与制造难度体现在模具的工作型面精度不易控制、开模与合模机构的协调及分型面加工要求较

到目前为止，米其林已经感觉到增材制造的潜力，并声称唯一的限制是设计师的想象力，通过 3D 打印技术，米其林设计出独特的雕塑系列轮胎 MICHELIN CrossClimate + 并通过安全认证，使得米其林的轮胎在市场上更具竞争力。



MICHELIN

CrossClimate+ 采用了米其林三种创新的元素：创新的胎面橡胶材料、全新的胎面花纹，以及高性能轮胎沟槽。MICHELIN CrossClimate + 保

留了 MICHELIN CrossClimate 轮胎在干燥地面行驶的性能，并保持高端夏季胎的定位。但与上一代产品 MICHELIN CrossClimate 有所不同的是，新产品在冬季性能方面有所提升，即使是在冰雪路面上也能有平稳的表现。

出于实际情况和预算考虑，一

基本消费品背后的科学： 金属增材制造的开瓶器

撰文：Olaf Diegel, Terry Wohlers

增材制造技术供应商利用金属增材制造技术生产的各式各样的开瓶器已然成为一种受欢迎的促销礼品。

别看它们个头小，但开瓶器早已显现出增材制造的好处。拓扑优化、轻量化、复杂性无限制都展现出金属增材制造的可能性。当然，这也是非常棒的礼物，实用性强，人们会在谈及增材制造时自豪地展示它们。但这些开瓶器比小饰品还要小，真的就能展现出金属增材制造的力量与效用吗？

传统制造工艺在材料使用过程中通常都不是最佳选择，那是因为零件的形状很容易受制造工艺影响。在进行应力分析时，设计缺乏优化这个问题就会暴露出来。零件个别地方可能受很高的压力，但有些地方应力值却很低，这就暗示着材料过多了。增材制造的形状自由度使得零件设计与传统零件有着同样的功能规格，但使用的材料却很少。这就是常说的轻量化零件。轻量化的方法可以通过标准

CAD 方法实现，例如减少低应力区的厚度。然而，为了实现整个零件重量高度减轻，就需要进行拓扑优化。

拓扑优化概述

拓扑优化就是通过数学方法进行材料分布，以此优化强度重量比。通俗地说就是用最少的材料生产出高品质产品。拓扑优化通过有限元分析软件进行设计决策。通常以部件的规则形状设计空间开始。然后用户可以根据零件使用情况添加压力和约束条件。可以使用几种不同的算法减少低应力区的材料，以此获得轻量级的概念设计。

拓扑优化软件得出的设计概念仅针对一组特定的负载特性来优化零件。由于大部分产品都会受各种不同负载情况影响，因此在每个特定负载情况下重复进行拓扑优化运算是很重要的。例如，在开瓶器手柄底部施加向上的力，这时开瓶器的负载情况最差，如图 4 和图 5。另一种负载情况



▲ 图 3 CNC 和增材制造生产的开瓶器重量比较



▲ 图 1 3D Systems (上) 和雷尼绍 (下) 制造的开瓶器



▲ 图 2 ReaLizer、Premium AEROTEC 和 Olaf Diegel 制造的开瓶器 (由上至下)



雅诗兰黛在魔都开了一家快闪 3D 打印咖啡店，火成网红！

雅诗兰黛集团旗下的彩妆品牌 Bobbi Brown 在上海开快闪咖啡馆，营业仅持续七天。Bobbi Brown 从胶囊咖啡机中汲取灵感，独创了胶囊气垫粉底，因此，跨界开咖啡店以胶囊气垫咖啡馆为名。3D 打印咖啡机结合 3D 打印技术和喷墨技术，能打印出顾客喜欢的图案，甚至能打印照片、头像。现场不少女神们慕名而来，喝着黑科技 3D 打印拉花奶泡咖啡，还可以享受专业级的美妆咨询。

真假难辨！波兰国家博物馆借助 3D 打印成功复制 16 世纪步枪

日前，波兰国家博物馆利用 3D 打印技术复制了一把价值非凡的 16 世纪步枪，参观者可以手拿步枪复制品，更好地了解国家的历史。利用 3D 扫描仪先行对步枪进行了详细的扫描，再用桌面 3D 打印机进行打印，最后由艺术家进行后期处理。制作出来的步枪表面光洁，再进行手绘添加一些图案，就以高精度成功复制了真品。扳机和枪管上的雕刻都精细再现，龙形燧发枪也完美复制。这样的复制品实在是令人难辨真假。



伦敦大学学院用独特的软件 3D 打印一个艺术性 Voxel 椅子

日前，伦敦大学学院（UCL）的 Bartlett 建筑学系用独特的软件创建一个艺术性的 3D 打印椅子设计 Voxel。这个 3D 打印椅子是在 UCL 的设计计算实验室（DCL）里用机器人臂创建的。为了打造这个椅子，DCL 团队开发了一个软件，该软件允许机器人臂打印机 3D 打印一条连续的塑料线。Voxel 椅子只是一个原型，目前正在巴黎蓬皮杜艺术中心展出。



13 亿个独立表面，他们用砂岩 3D 打印设计了世界上最复杂的建筑

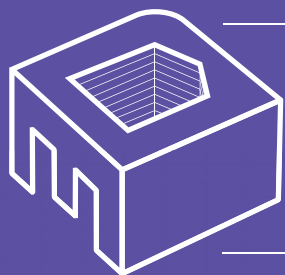
近日，两位建筑编程师为巴黎蓬皮杜中心制作了一个名为 Digital Grotesque II 的大型建筑项目，该项目使用了算法建筑的概念，其复杂程度已经远远超过了人类，甚至是电脑的理解范畴。Digital Grotesque II 拥有 13 亿个独立表面，为了确保算法输出的精准度，编程师们使用了一款砂岩 3D 打印机。整件作品看上去就像是一个人造洞穴，奢华精密程度堪比 16 世纪贵族的秘密花园。

1299 元！匹克限量发售首款国产 3D 打印跑鞋，网友大呼柔软亲民

日前，匹克体育在京发布了旗下首款 3D 打印跑鞋，这也是中国首款市售的 3D 打印跑鞋。据了解，这款 3D 打印跑鞋将在匹克天猫旗舰店进行限量发售，售价为 1299 元。此次匹克发布的 3D 打印跑鞋，以旗下最为畅销的缓震跑鞋“悦跑五代”为原型，辅以 3D 打印技术实现科技创新。甚至有网友已经体验过匹克这双 3D 打印鞋，并表示这是匹克最柔软的跑鞋。



中国3D打印行业第一本专业读物



3D PRINTING WORLD

2017年8月 | 第30期

3D打印世界

3D打印导板实现 100% 的手术成功率

——访中南大学湘雅医院钟达副教授 封面人物 / P22

3D打印在医疗上的应用是一片广阔的蓝海，里面即使容纳十个院士级别的教授也难以穷尽其中的奥妙



P8

3D打印技术在骨科植入物领域的应用进展

骨科植入物是3D打印技术在医疗行业的先锋，它让人们了解怎样、为什么以及如何将3D打印的技术潜力最大化。



P43

激光金属3D打印的新型骨钻可降温70%，减少热损伤

德国汉诺威莱布尼茨大学的生产工程和机床研究所正在研发一项新的工具，可在不引发组织热损伤的情况下进行骨切割。

以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com



第五届亚洲3D打印展览会 The 5th iPrint 3D Expo

2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

海外买家云集的 3D打印展览会 2017 精彩再续！



“这个展外国人比广交会还多！”

“1000张名片一天发完了，根本不够用。”

——来自2016年亚洲3D打印展览会的客户心声

2016年回顾

- 8395名专业观众，比2015年增长17.75%
- 83个国家采购商，占专业观众比例18.3%
- 100+家媒体报道
- 展商平均接待客户200+



扫一扫
掌握展会动态



与全球最大打印耗材展
RemaxWorld同期同馆举办，
共享海量行业资源

参展咨询:

梁经理

☎ 0756-3959280

✉ Anna.Liang@rtmworld.com

EDITORIAL

刊首语



在今年 4 月份的医疗专刊中，我们采访了国内最早将 3D 打印技术应用到医疗领域的领军人物上海交通大学王成焘教授，当时王教授指出 3D 打印在医疗领域的推进进程中的一个主要的瓶颈就是未进入医院的收费系统中，有着诸多应用成果的王教授也深受其扰。湖南作为国内第一个将 3D 打印纳入医院收费系统的试点省，同时也拥有华曙高科这种处于国内一级梯队的工业级 3D 打印企业，在这种政策和技术都具备优势的环境下，湖南省医院在将 3D 打印应用于医疗临床方面到底做出了怎样的成果？

本期我们采访了中南大学湘雅医院的钟达副教授，在这所享有“南湘雅，北协和”美誉的国内顶级医院中，钟达副教授带领着他的骨科团队，深入研究将 3D 打印导板用于髌关节置换手术中，将手术精准度大幅度提高，手术成功率可达到 100%。不同于以往媒体宣传的将 3D 打印用于复杂手术中才能发挥其所长，秉承着“常规手术精准化，特殊手术常规化”的理念，钟达副教授真正做到让这项高大上的技术落地，贴近老百姓的生活。难怪中国工程院戴尅戎院士也这样称赞湖南 3D 打印医疗应用成果：“各个省都在做 3D（打印），湖南做得比较优秀。”

除了在医疗模型和导板方面，3D 打印植入物在今年也取得了非常多的临床进展。

比方说，备受关注的 PEEK 材料，它的生物相容性、耐热等级、耐辐射等材料特性都要优于钛合金，目前国内医院已经成功将其用于植入手术中，前不久唐都医院为一个胸壁肿瘤患者植入了 PEEK 肋骨，是我国首例 3D 打印 PEEK 植入手术。近日，上海儿童医学中心在为一名 6 岁实施胸骨缺如修补手术中，也使用了 PEEK 材料 3D 打印出来的胸页。这些成功的医疗案例证明 3D 打印 PEEK 植入物的时代来到了。

另外，西京医院甲乳血管外科专家团队在为一名乳癌患者实施的乳腺癌切除和乳房重建手术中，为患者植入了一种 3D 打印的生物可降解材料填充物，随着乳房自身组织的生长这种材料能在预定的时间内变形和降解，可谓是世界首例。

在今年，还值得我们注意的是，3D 打印与 AR 技术结合用于临床手术的前景似乎被各大医院所看好，医疗界已经频频被报道出这方面的应用案例，本期的采访的封面人物钟达副教授也重点提到了这方面的内容。具体如何应用，还请观看本期杂志。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年 戴尅戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焘 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义许
王蕾 宋波纹 吴文恒

主编

余佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编辑

曾伟清 张紫薇
伍毓秀 王莉 刘盛娟

美术设计

邓德胜 钟晓俊 周婵媛
罗宇洪 王清梅 黄靖怡

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

冯旭

Vincent.Feng@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤C）Y0155116 号

出版地址：

Room 1310-13, 16-20, 13/F,
Hollywood Plaza, 610 Nathan Road,
Mongkok, Kowloon, HK



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

06 环球 World News

观察 Observation

08 3D 打印技术在骨科植入物领域的应用进展

12 3D 打印骨科模型技术标准专家共识

18 髌膝关节翻修术中的关键问题及 3D 打印应对之策

人物 People

22 3D 打印导板实现 100% 的手术成功率
——访中南大学湘雅医院钟达副教授

28 赛纳科技：从医疗入手，WJP 彩色多材料
3D 打印蓄势启航

技术 Technology

32 3D 打印在组织工程学中的概述

应用 Applications

40 3D 打印辅助全髌关节置换术成功率达 100%

42 激光金属 3D 打印的新型骨钻可降温 70%，
减少热损伤

43 瑞典医生用 3D 打印定制化植入物治疗肩
胛骨关节盂相关疾病

44 创客 Marker



“如何让这项技术落地，使患者真切地从中受益？中南大学湘雅医院钟达副教授专注于将 3D 打印应用于成人 DDH 髌关节置换手术中”





香港这款桌面级 SLA 3D 打印机众筹起价仅 99 美元

香港的3D打印公司SparkMaker在众筹网站有一款名为“SparkMaker”的桌面级SLA 3D打印机发起众筹。单键打印，轻松装载多色树脂，尺寸只有27.5x17x17cm，重量只有3公斤，最大的打印面积为10.2x5.6 x 12.5cm，有100微米XY分辨率和高达20微米Z轴层厚，一开始众筹预售的时候，起售价低至99美元。



WAVE 3D 发布低价、大型SLA 3D打印机

多伦多的工业级3D打印机制造商WAVE3D将推出Wave3D Pro SLA打印机，号称“世界上最经济实用”，售价约6万美元，机器体积为393.7x215.9x558.8mm，能够一次性打印一把吉他模型，每一层的平均分辨率为50微米，通常用于制造规模小、细节繁杂的物品，如牙科模型或珠宝设计。



德玛吉森精最小型金属 3D 打印系统接受预定

德玛吉森精与REALIZER合作开发出一款新的金属3D打印机LaserTec 30 SLM，有一个300x300x300mm构建体积，打印层厚为20至100μm，用于制造小型工件，如叶轮、牙冠，由于集成了更少的可移动轴以及简化了整体机器结构，这款机器的占地面积很小，并可以实现95%~98%的粉末回收利用率。



一迈智能成功推出自产 PEEK 线材及高温 3D 打印机

近日，3D设备厂商一迈智能（IMAI3D）经过近1年时间研发和测试，正式推出PEEK（聚醚醚酮）线材及高温耗材3D打印机（MAGIC-HT-L）。这款高温3D打印机金属打印头高达450℃，不仅支持PEEK，PEI，PA，PC等高温材料，还支持ABS，CARBON FIBER，WOOD，TPU，PLA等常规耗材。



黑格科技投 10 亿在佛山建国际 3D 打印研发智造基地

7月20日，粤港澳合作高端服务示范区的核心项目——桂城三山“香港城”，在香港举办发布仪式，该项目位于佛山市南海区桂城街道的三山片区。作为“香港城”的首批项目之一，黑格科技将斥资10亿，打造一座国际3D打印研发智造基地，促进我国3D打印产业的发展。

黑格科技是少数能将3D打印技术带入应用层面的公司之一，其应用领域包括医疗、生活、首饰、文物修复等。基地将包含国际3D打印培训教育基地、国际3D打印研发中心和国际3D打印生产服务中心三部分，囊括了人才培养、技术、产品研发，数控生产等范畴，将为我国3D打印产业的高速发展奠定基础。

美国 Forecast 3D 一次性花两千万购入 12 台惠普 3D 打印机

美国加州一家3D打印服务供应商Forecast 3D开设了一个新的3D制造中心，一次性购入了12台惠普Jet Fusion 3D 4200打印机，提供全方位大规模制造服务。据了解，惠普Jet Fusion 3D 4200打印机的零售价约为26.5万美元，一次性购入12台就需花费将近318万美元（折合约2143万人民币）。

Forecast 3D快速制造工厂成立于1994年，主要业务范围覆盖航空、汽车和医疗应用行业。在设立3D制造中心之前，Forecast 3D主要靠八台SLS 3D打印机和一些后处理设备来进行航空航天设备的制造，该公司的年营业额现已达到1400万美元左右。

对于Forecast 3D而言，一次性大手笔地购入12台惠普Jet Fusion 3D 4200打印机也是一个重大转折点。有了这些设备，他们在处理各种全方位生产项目更加得心应手，实现了生产速度、成本效益和高质量三合一。



极光尔沃成为国内首家FDM 3D打印上市公司

2017年7月26日,深圳市极光尔沃科技股份有限公司正式通过国家新三板上市审核,成为中国第一家FDM 3D打印上市公司。

成立于2009年的极光尔沃,是中国首批专业3D打印机研发及制造商,去年极光尔沃首次提出建设中国3D打印数字化第一生态系统,并将旗下光棱科技、极光教育(3D魔方)等子公司和品牌进行资源整合,旨在打造更全面更便捷的3D打印服务体系。目前极光尔沃拥有包括珠宝精工型、工业商用型、教学助手型、全能DIY型等多款畅销机型,销售网络覆盖大半中国和国外四十多个国家地区,是中国科技馆的长期合作伙伴,被媒体誉为“最具成长力和影响力”的品牌之一。

3D 打印细胞钛脊柱支撑植入物获 FDA 认证

3D 打印的 Cellular Titanium 脊柱支撑植入物是由德国医疗器械公司 Emerging Implant Technologies GmbH (EIT) 制造,采用选择性激光熔化技术(SLM),实现了部件80%孔隙率,有助于细胞生长和骨骼修复。除此之外,采用SLM技术可以在发现新参数后轻松重新进行设计和申请认证。

迄今为止,这款植入物已应用在全球15个国家的一万个病例中,此次获FDA认证就意味着可以在美国市场推出该款产品。这款



植入物从生产到推出市场,都作为一种可行性极高的制药方式证明着3D打印的应用无限可能性。

2017 第一季度 3D 打印机出货量上涨 16%, 中档打印机成销量担当

市场研究公司 CONTEXT 的一份报告显示,在2017年第一季度,3D打印机的出货



CONTEXT

量和收入都增长了16%。市场销售最强劲的是介于3000至2.5万美元之间中档打印机,与一年前相比增长了31%

工业级、专业级打印机出货量同比下降8%,但因为平均价格(从111,241美元上升到128,549美元)上涨,实际收入增长为6%。桌面级打印机出货量达到88000台,同比上升了17%,但平均价格下降(从1142美元下降到970美元),所以收入也下降了1%。这表明桌面级3D打印机正在降价,对消费者来说是个好消息。

新品速览



香港“EASY 3D”研发出高透明硅胶UV 3D打印设备及光敏液材

香港怡升三维科技“EASY 3D”及深圳怡升隆实业有限公司“EASY 3DP”正式公布推出光固化硅胶3D打印设备(桌面级),并独家配套使用“EASY 3D”高透明硅胶光敏液及半透明柔性橡胶光敏液等材料。其硅胶打印层厚为0.025mm-0.1mm,耐温:-50°C-+260°C,邵氏硬度:30A-45A(柔性)。



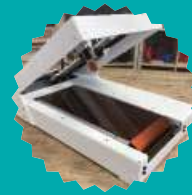
三绿发售的全新一代3D打印笔小王者M1

三绿发售的全新一代3D打印笔小王者M1,其特点是:与安卓手机共享电源线、充电宝;专利智能感温防烫套,不易堵头;高低温两种模式,实现1.75mm的PLA/PCL两种耗材一键切换,重仅5G,拥有擎天蓝、雄蜂黄、骑士白、漂移红、震天黑五种颜色。



大亚三维发布全新DLP 3D打印机

近日,大亚三维发布全新DLP 3D打印机D100,号称是国内最高分辨率的数字化光处理系统,分辨率高达2K,打印速度提高2倍,而打印成本可以减少三分之二。成型空间96mm*54mm*150mm;设备重量22kg;打印精度:x,y方向0.05mm、z轴:0.025mm;其面向的应用领域有珠宝、齿科、手板等。



新款传送带 3D 打印机:能连续制造

美国加州的Printnbot推出了一款传送带式FDM 3D打印机Printnbelt,尺寸:40 x 60 x 40cm,重量:约8.6公斤,打印尺寸:152 mm x 152mm x 无限(Z轴)打印速度:30-60毫米/秒(根据材料有所不同),打印层厚:0.2毫米,兼容线材:1.75毫米直径PLA,售价约1.14万人民币。



01 | 俄罗斯

俄首颗 3D 打印卫星即将从国际空间站进入太空

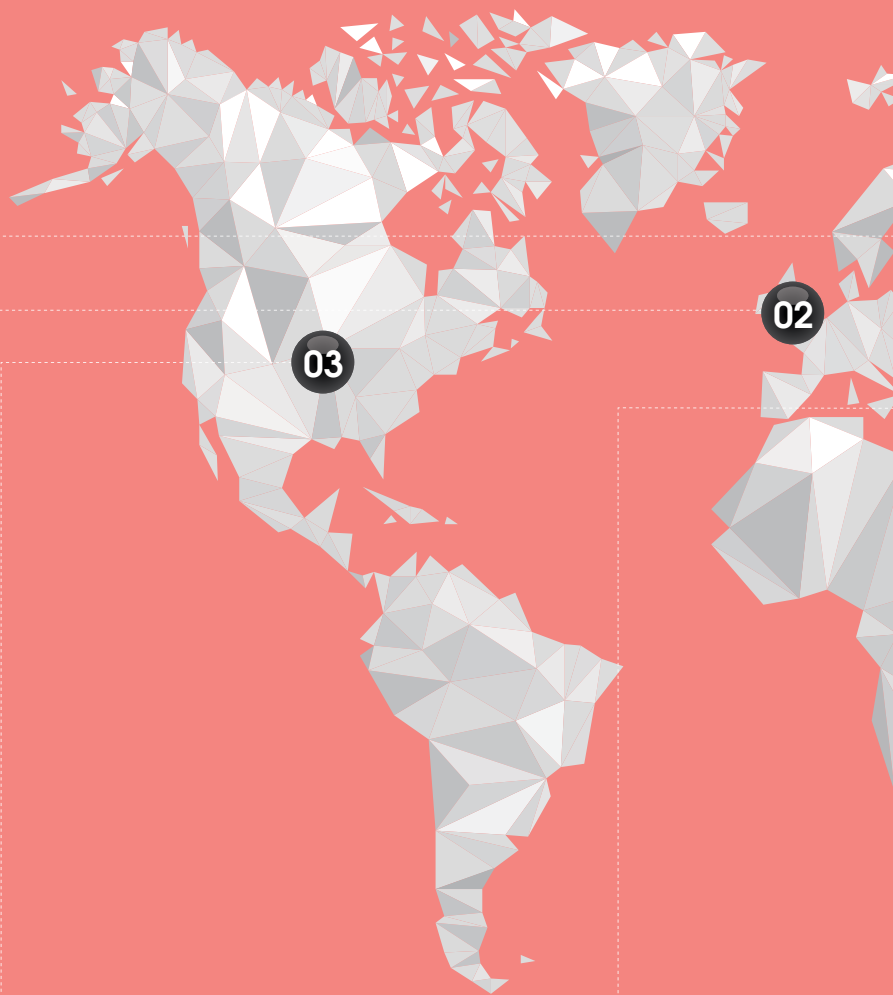
国际空间站 (ISS) 上的俄罗斯宇航员正在准备将俄罗斯的第一颗 3D 打印卫星发送到太空中。Tomsk-TPU-120 卫星在 2016 年 3 月到达国际空间站, 将于 2017 年 8 月 17 日被部署至太空。这颗微型卫星有一个 3D 打印外壳和一个 3D 打印陶瓷电池组外壳, 带有传感器, 尺寸为 300 x 100 x 100 毫米, 采用的是实验材料。科学家将能监测卫星在轨道上运行时的内部温度 (包括电池的温度) 和电子部件参数。俄罗斯宇航员将从国际空间站外部手动部署这颗 3D 打印卫星。一旦进入轨道, 卫星将运转四到六个月, 最后被大气层的密集层毁掉。



02 | 英国

一千亿打造地下火车网, 伦敦用 3D 打印来打造隧道

英国伦敦 Crossrail 是一项 148 亿英镑 (折合超一千亿人民币) 的扩建伦敦地下火车网的项目, 也是世界上第一个采用 3D 打印的大型商业建筑项目。全长 100 公里, 跨越东西 40 个站, 这个项目是欧洲最大的建设项目, 建成后将命名为伊丽莎白线。该项目采用的 FreeFab 方法, 通过 3D 打印高精度蜡模而不是混凝土本身。因此, 建筑者可以实现既轻便又难以置信的复杂形状, 同时绕过大中型建筑中使用 3D 打印混凝土的传统问题。这种 3D 打印铸造系统意味着现在比以往任何时候都更低成本地生产出具有创新形状和华丽细节的复杂模具。



03 | 美国

两年后投入使用! 美国海军打造超大型 3D 打印潜艇外壳

橡树岭国家实验室 (ORNL) 与美军颠覆技术实验室合作, 打造了首个军用 3D 打印潜艇外壳, 9 米长的船体是海军迄今为止 3D 打印最大的产品。它是用 ORNL 的 FDM 3D 打印机 (BAAM) 制造的, 灵感来源于传统的 SDV。9 米长的船体是由碳纤维复合材料制成, 由 6 个主要部分组成。传统的 SDV 外壳生产通常需要 3 至 5 个月, 而制造成本可高达 60 万到 80 万美元之间。但是 BAAM 技术能让成本降低 90%。整个过程, 从概念到装配, 只用了不到四个星期。船体的第二版本将在海军水面作战中心的 Carderock 分部进行测试。原型机最快将于 2019 年投入使用。



04 | 中国上海

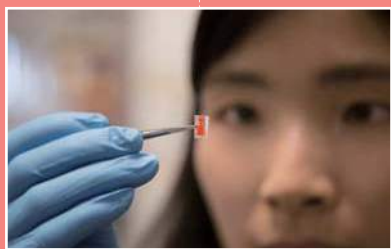
中国首个 3D 打印文化博物馆在上海落成

2017 年 7 月 19 日, 中国乃至全球范围内首家以增材制造 (3D 打印) 和三维文化为主题的博物馆——中国 3D 打印文化博物馆落成揭牌仪式在上海市宝山区智慧湾科创园举行。博物馆建筑面积 5000 平方米, 共六层, 内有常设展厅、主题展厅、3D 打印材料图书馆、3D 打印研究中心等九大功能区, 兼具历史文化教育、文化体验等多重功能。博物馆收藏了 3D 打印技术在各领域的创新设计和应用成果, 具有高度的品牌示范作用和向国际输出的效应。它的正式开放, 必将传播 3D 打印文化, 丰富公众精神文化生活, 提升城市文化实力起到更加积极的作用。



07 | 日本 机不可貌相！这款敲可爱的 3D 打印无人机居然能进行太空任务

近日，国际空间站（ISS）使用一款可漂浮的 3D 打印太空无人机——Int-Ball 进行拍摄任务。这款无人机由日本航天航空研究开发机构（JAXA）研发，可经由位于日本筑波的地面中心控制。据介绍，这款无人机直径为 15 厘米，内外部的结构都是采用 3D 打印制造的。其使用的是现有的无人机技术，并装载有小型动态控制传感器个执行器的一体模块。这款无人机配置了十二个螺旋桨，可以移动到任何地方。JAXA 希望能借助 Int-Ball 能自主地在任何地方移动和进行任务，取代太空飞行员拍摄工作，减轻太空人员 10% 的工作。

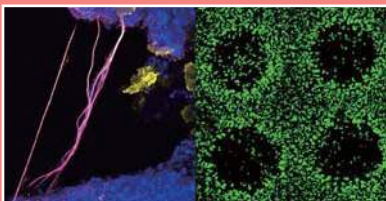


05 | 新加坡 壕！新加坡耗资八千万人民币打造 3D 打印中心，专供医学研究

近日，新加坡成立了一个专注于医疗保健研究的新 3D 打印中心，被称为新加坡国立大学添加剂制造中心（AM.NUS）。据悉，新设施获得了新加坡国立大学、国家添加剂制造创新集团（NAMIC）和新加坡经济发展局（EDB）提供的 1800 万新加坡元（约合 13,208,102 美元）的资助。建立新的 3D 打印中心的目的是推进生物医药和医疗保健领域的 3D 打印技术的发展，提升技术能力，并推动知识产权开发和 AM 支持的生物医学技术的商业化。目前，该中心已与四家公司签署了谅解备忘录（MOU），准备开展 17 个合作项目。

06 | 澳大利亚 成功 3D 打印神经细胞让人造大脑成为可能？

澳大利亚 Wollongong 大学的研究人员发现了一种利用特殊的定制开发的生物墨水 3D 打印人类诱导多能肝细胞（iPSCs）的方法。这项技术可以用来打印“任何类型”的身体组织，包括脑组织。该神经细胞的打印方法主要是先将生物墨水逐层打印成一个立方体，生长因子和营养物质被放到立方体中，促进干细胞的生长并转化为神经细胞和支持细胞。使用 3D 打印制造大脑的神经细胞，可以帮助医学专业人士治疗诸如脑损伤、帕金森氏症、癫痫和精神分裂症等疾病。目前的研究重点主要是关注 3D 结构如何支持人体神经干细胞生长出来的大脑组织。



08 | 中国台湾 台湾工业技术研究院 3D 打印中国人皮肤，用于化妆品、药品测试

据了解，台湾工业技术研究院（ITRI）的研究人员用 3D 打印制造出中国人皮肤。这种合成皮肤或被用来测试化妆品、药物和医疗设备。他们制造出正确的表皮组织，以及层与层之间的分化，包括基底层、棘层、颗粒层和角质层。这种 3D 打印皮肤也具有真实的屏障功能和脂质成分。研究人员已经试生产了一批这样的皮肤，其中约 85% 适用于测试。他们部门第一次将 3D 打印用于健康和医疗目的，基于这项研究，ITRI 打算继续探索 3D 打印在组织工程、再生医学和制药领域的新可能。

回首过去十年，从2017年3D打印发展的盛况可以看出，增材制造(AM)已经在医疗行业取得了一系列重大突破。事实上，没有任何一个行业可以媲美3D打印在改善人类健康方面所产生的影响，无论是直接应用于临床治疗还是间接作为改善医疗器械的技术方法。通过众多新闻头条，我们可以看到越来越多的医生选择3D打印作为特殊病人的治疗手段，但是，其实增材制造在医疗器械行业有更多的发展，医疗器械产商正在通过增材制造技术进行大量的生产。

医疗植入物是医疗器械行业(医疗行业的一个子集)中增长最快的子行业之一，特别是骨科植入物。骨科植入物是3D打印技术在医疗行业的先锋，它让人们了解怎样、为什么

以及如何将3D打印的技术潜力最大化。

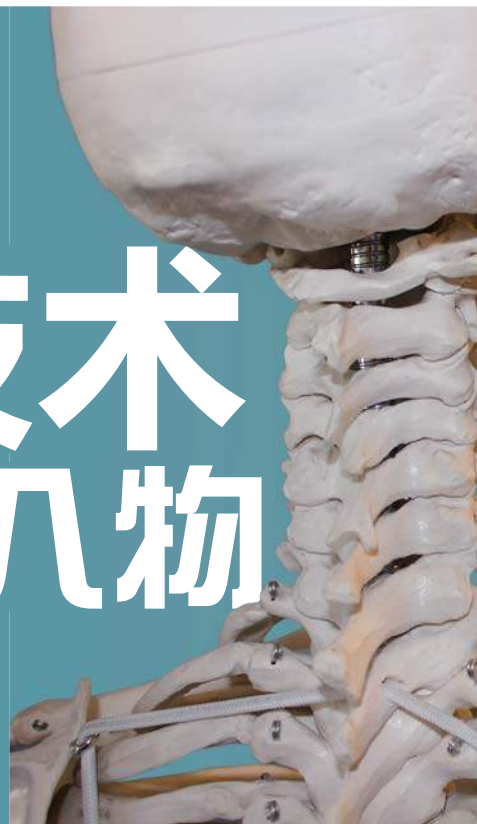
从广义上来讲，整形外科与人体骨骼有关。一个成年人拥有206块骨头，其中相当大一部分骨头发挥着承重功能，如脊柱、臀部、脚踝、肩膀、膝盖和脚趾。颅骨和脸部还有进一步的专业医学分类：“颅上颌面(CMF)”。

根据SmarTech的深入报道，“全球整形外科市场，包括各种产品，治疗和医疗实践领域，市场是巨大的。大多数对整形外科的市场规模估计都考虑到了外科手术环境中使用的设备、植入物、手术和器械。这些全面的市场调查评估显示，未来八到十年，全球市场预计价值接近1000亿美元。”

此外，植入式矫形医疗器械受到严格管制，因为它们被放置在人体中，以替代那些因受伤或长期磨损而无法再继续工作的身体部位。而从将来来看，病人必然会伴随着持续的疼痛，这给个人生活带来了巨大的不良影响。所以，一个长期又安全的解决方法是最理想的结果。

作为这些新技术的接受者，或未来的接受者，这些规定在保证质量和安全性方面是必要的。这意味着设备制造商需要通过一系列测试来证明他们开发的植入物的有效性。今天，许多3D打印植入物仍然在接受测试，但才开发不到一半。看看身体的206块骨头，美国食品和药物管理局(FDA)在2016年才批准了85个可以用3D打印生产的植入装置，而且其

3D 打印技术在骨科植入物





▲ 3D 打印的矫形髌关节置换物是最常用的 3D 打印植入物之一

▲ 小梁 / 晶格几何形状和粗糙表面促进骨整合

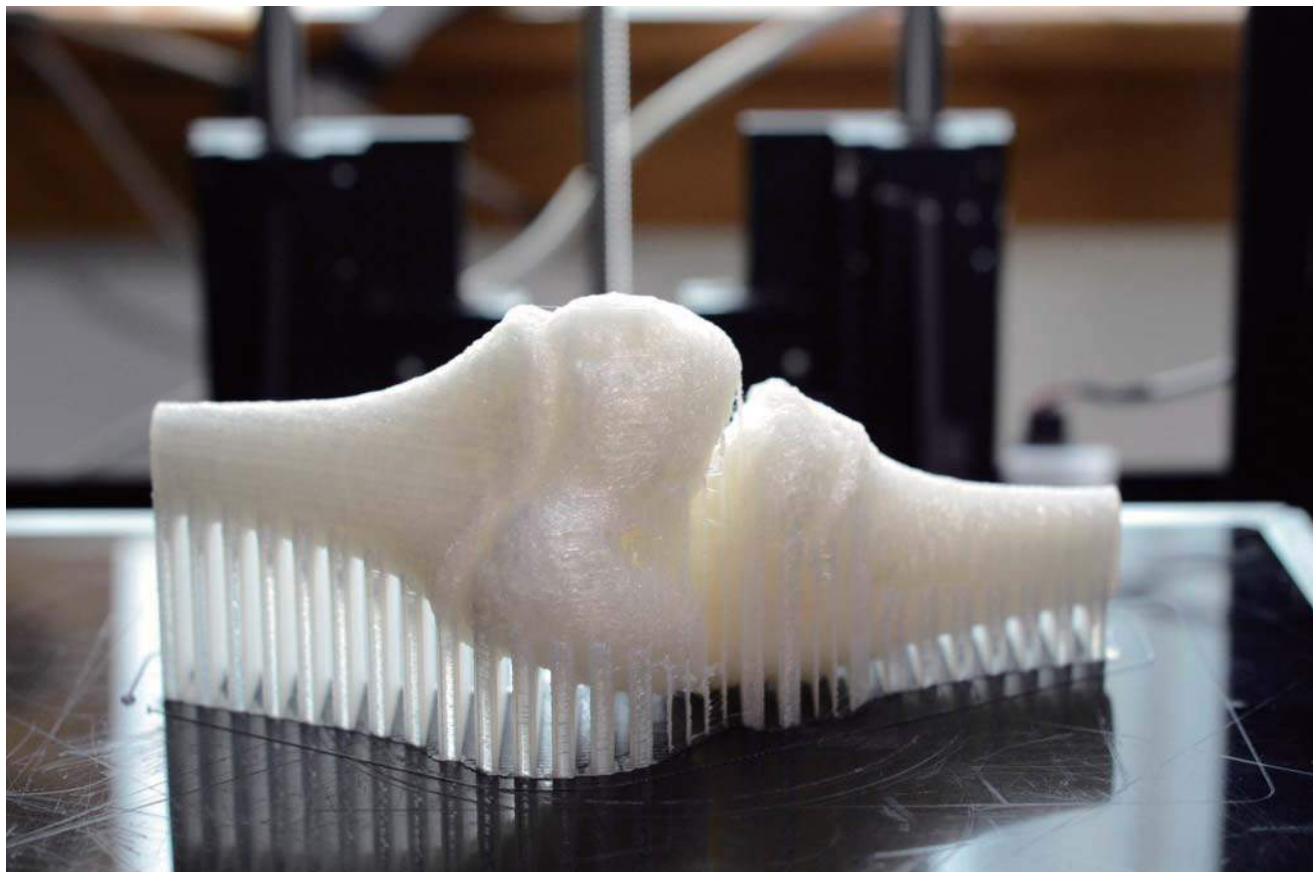


► 由 4Web 植入的弯曲后脊柱桁架

▼ 由 Stryker 增材制造的钛金属 PL 脊柱植入物



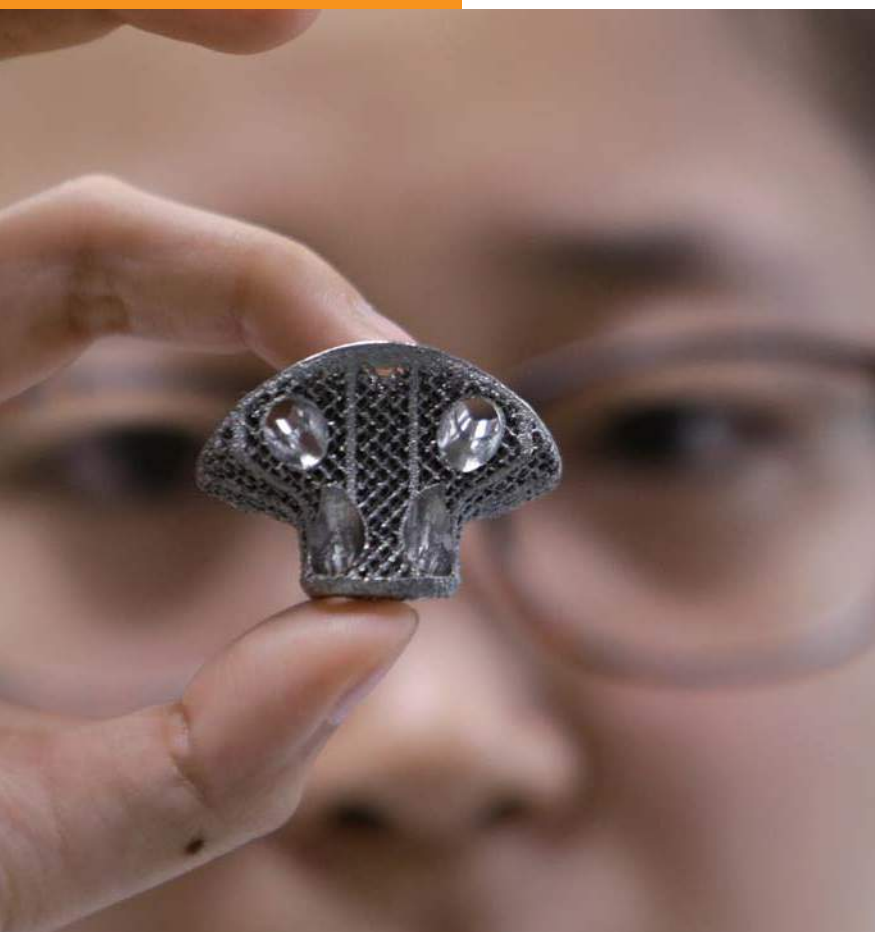
领域的应用进展



3D 打印骨科模型 技术标准专家共识

共识制定专家组成员（以姓氏笔划为序）：

丁焕文 王成焱 王军强 付军 伍苏华 刘忠军 许建辉 孙盈军 苏秀云 张元智 张涌泉 陆声
周东生 郝永强 郭征 唐雷 桑宏勋 董涛 蔡宏 裴国献



随

随着数字化技术及医学科技的迅速发展，3D打印技术在医学领域得以广泛应用。借助于3D打印技术，医生可以将虚拟的影像变为实体模型，产生了一种有别于传统方法的新途径，为医学领域带来了新的理念和工作模式。其中，利用3D打印技术制备骨科模型是最早开展的技术之一，目前已在临床上得到了广泛应用。然而，目前在数据获取、模型设计、打印及应用等方面还缺乏具有参考价值的技术指导与标准。为指导、规范3D打印骨科模型在临床的应用，特制定“3D打印骨科模型技术标准专家共识”。



一、3D打印骨科模型定义及分类

(一)3D打印骨科模型定义

模型是所研究的系统、过程、事物或概念的一种表达形式，通常是指模仿实物或设计中的构造物的形状而制成的样品。3D打印骨科模型是指依据患者骨骼影像学数据、以数字化设计手段生成的三维文件,采用3D打印技术制备出患者骨及软组织解剖实体结构的一类模型。

(二)3D打印骨科模型分类

按照3D打印骨科模型的用途，可将模型分为手术辅助模型和教学演示模型2类。

1. 手术辅助模型：主要应用于围手术期，以辅助手术为主要用途。手术辅助模型是依照人体结构打印出的等比例实物模型,模型的精度、材质、强度有相应的要求。医生可在个体化的模型上设计手术、练习手术操作；也可根据需要将模型应用于手术中的观摩、比对。此类模型主要用于

术前诊断、术前规划设计、内置物预调整、手术方案验证、术中辅助定位及术中确定手术方案，以辅助手术医生优化实施决策和方案，提高手术的精准性与安全性。

2. 教学演示模型：主要应用于非手术环境，以展示解剖结构的实体形态为主。教学演示模型主要用于视觉观察，作为人体结构的样品进行立体展示；可立体地、详尽地、高对比度地显示复杂的解剖结构和伤情、病

变形态，直观地显示病变与邻近解剖结构之间的空间关系，为临床医生、医学生提供其所熟悉或需要的观察角度。此类模型多用于医疗教学、辅助疾病诊断，亦可用于向患者展示伤情或病情，利于医患沟通等。

二、3D打印骨科模型设计、制备、应用的基本流程及质控环节

教学演示模型与手术辅助模型这两类模型在应用环境上虽略有区别，但其在设计、制备、应用环节的基本流程是一致的，可分为临床需求、数据获取、模型设计、模型打印及模型应用5个环节。作为临床应用的特殊产品，需要对这5个环节进行相应的质量控制，以确保3D打印骨科模型的生物安全性与临床应用效果。

(一)临床需求

3D打印骨科模型的应用应依据临床需求决定。临床医生或相关人员依据实际需要，将复杂的临床问题简化、提炼，提出明确、合理的制备模型需求，结合3D打印技术的特性，综合考虑选择3D打印骨科模型主要拟解决哪些实际问题。

(二)数据获取

3D打印骨科模型原始数据的获取主要依靠电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)和磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)这2种非接触式的获取方法。利用CT和MRI采集数据时，应针对不同组织与不同目的需求合理选择扫描方式和参数；针对体表数据采集，可以采用表面扫描等方法。

(三)模型设计

利用专业软件对获取的数据进行处理，根据临床需求分割出兴趣区

域、完成三维重建，设计出理想的三维模型。同时，在进行模型设计时要兼顾后期所选用的3D打印方式。

(四)模型打印

将设计完成的三维模型数据转换成3D打印机可识别的文件格式，根据临床需求选择合适的3D打印方式、材料及参数，完成模型制备。依据临床使用目的不同，需对模型进行适当的后处理，如去除支撑、表面光滑、金属部件的淬火回火等，必要时可进行部分机械加工处理。

(五)模型应用

将获得的3D打印骨科模型依据不同的目的需求作为教学演示模型或者手术辅助模型应用。术中应用的模型需要依据模型材质确定消毒方式。

三、3D打印骨科模型质量控制的相关技术规范

基于上述基本流程，在3D打印骨科模型设计、制备的各关键环节给予对应的质量控制，以确保3D打印模型符合临床要求。

(一)临床制备需求的提出与骨科模型适应范围

利用3D打印技术可以将患者局部病灶实体化，通过模型展示在医生面前，特别对于骨科疾病的诊断、教学、手术设计有着重要的帮助。在临床实践中，强烈建议根据医生提出具体的制备需求制作3D打印骨科模型，确定是否需要打印模型，确定模型打印范围，指导后续原始数据的获取和数字化处理过程。以下几种情况推荐使用3D打印骨科模型：①复杂部位的单发骨折(如骨盆等)，②多发骨折，③累及关节面的骨折(如肱骨头骨折、髌臼骨折、胫骨平台骨折、踝关节骨折等)，④骨、关节与脊柱

畸形，⑤骨肿瘤范围、形态、毗邻关系确定，⑥骨骼解剖位置观摩，⑦辅助手术设计和置入物预安装，⑧辅助术前医患沟通，⑨术中指示解剖位置。

(二)数据资料准备

3D打印骨科模型为个体化实物，其数据来源通常为患者本人的数字化影像资料，如CT、MRI等。影像学资料由计算机软件生成三维模型文件，3D打印机通过读取文件的截面信息并将这些截面逐层打印堆积而构成一个实体。影像学资料的扫描精度会直接影响3D打印骨科模型的真实性。因此，规范患者骨骼影像数据资料的采集尤为重要。

1.CT：CT对骨组织、造影剂的解析能力较强，是数字化设计最为常用的医学数据来源。基于3D打印设计需要，CT数据需要满足以下要求：①设备选择：推荐使用螺距小的多排螺旋CT，不推荐使用传统的级进式CT或单排螺旋CT；②扫描范围：以能够满足临床需要为准；③扫描间距：推荐 $\leq 1\text{ mm}$ ，不推荐 $> 2\text{ mm}$ ；④CT扫描参数设定：依据临床需要；⑤分辨率：推荐像素矩阵为 512×512 、像素尺寸为 $0.5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ 的CT设备；⑥扫描体位：扫描体位摆放正确对以后进行三维设计、测量有益处。CT扫描摆放肢体建议使肢体长轴与扫描方面一致；如果肢体存在外固定或者骨关节畸形时，建议减少两者的成角角度。建议



髌膝关节翻修术中的关键问题及 3D 打印应对之策

作者：南方医科大学第三附属医院 赵畅



人工关节置换是治疗髌膝关节终末期疾病的有效方法。过去10~20年间，人工关节置换术在我国发展迅猛，每年有超过20万患者接受初次髌膝关节置换术，并以20%的速度增长。人工关节置换术使患者消除疼痛、恢复行走及运动能力、提高生活质量。然而人工关节假体存在一定的使用寿命，且初期关节置换术技术及假体设计亦尚不完善，术后10~20年即有一定比例的患者因各种原因需要进行翻修术。

我国现有已行初次髌膝人工关节置换的患者超过300万。近年来因各种原因行人工关节翻修术的患者已逐渐增多，并在5~10年内将可预见地大量增加。关节置换翻修给社会带来不小的经济负担，治疗常常需要多种术式，住院时间长，长时间的抗生素治疗以及康复锻炼。但随着3D打印技术出现，给髌膝关节翻修带来了

新的一条道路。现将髌膝关节翻修中的关键问题及3D打印技术在其中的应用进展综述如下。

髌膝关节翻修的主要原因

髌膝关节翻修的原因可分为三大类：关节内生物力学原因、关节内生物学原因、关节外原因。主要包括：关节置换术后感染、假体无菌性松动、假体周围骨折、关节不稳定和关节活动受限等。但早期与晚期患者行翻修术的主要原因不同，早期行翻修术的主要原因是关节置换术后感染、假体周围骨折、关节不稳定；而晚期行翻修术的主要原因为无菌性松动、假体的磨损。

髌膝关节翻修的关键问题

骨缺损

髌膝关节初次置换和翻修的目标都是保证关节的稳定性和减缓关节

的疼痛。但是，翻修比初次置换更加的复杂，其中最大的原因是往往需处理严重的骨缺损和韧带止点的破坏。在翻修手术过程中移除骨水泥假体时会引起骨量严重丢失，然而假体感染翻修时可能会导致更多的骨量丢失。一旦要将感染的假体移除，就要彻底清除所有坏死组织和感染的骨组织，通常会进一步加重骨缺损。关于骨缺损的分型，膝关节现在普遍使用的是安德森骨科研究所分型系统(AORI)评分进行分型，髌关节通常使用的是Paprosky分型，进而根据不同的分型采用不同的处理方式。

骨移植作为髌膝关节翻修中骨缺损的主要治疗方法，移植物的选择主要包括：自体骨移植、同种异体骨移植、金属移植。自体移植骨主要用于轻度的骨缺损，取自于身体其他部位的骨组织，可以是松质骨或骨皮质，以及包括骨皮质的松质骨组织。从生物学角度来看，新鲜的自体骨拥有最好的适应性，和宿主没有排斥反应，并且能为骨组织生长提供生长因子，且不会存在移植风险。但有报道，自体骨移植可导致患者取骨处疼痛、存在一定的供区并发症风险，且数量是有限的。

目前同种异体骨在临床上已得到了广泛的应用。其主要的优点是有多样的形状和型号，无需切除自身的组织，避免了取材处的病理变化，并且有骨诱导活性，但是缺乏活

细胞，因此较自体骨的成骨活性较差。此外，异体骨移植存在感染疾病的风险，还可能出现免疫移植反应。结构性骨移植可适用于较大的骨缺损。结构性骨移植的主要优点是相对经济并可以恢复骨量以及韧带附着点。但是有文献报道，结构性移植术后存在较高的并发症率(20%)和失败率(22.8%)，5年生存率率为67%~92%。裴福兴等认为，在翻修中应当尽量减少结构性异体骨移植，髌关节翻修手术中最难处理的问题是连续性中断型骨缺损，这种类型并发率高，即使采用钢板固定髌臼的前后柱，并在骨缺损处植骨，但一旦出现愈合不良，所有的固定作用都化为乌有，最后导致翻修失败。

与结构性移植相比，模块化金属植入材料，特别是钽金属具有良好的生物力学特性，接近松质骨，并且翻修时无需切除大量的骨组织，术后骨重建的时间较短，但是成本要相对昂贵。近年来，Brown等报道称79例患者在膝关节翻修中使用多孔钽金属后，10例(12%)患者需要行二次翻修手术，37例(45%)患者出现至少一个并发症。

Lachiewicz等通过回顾性研究发现27例患者，因感染、假体松动、骨磨损行膝关节翻修术中使用多孔钽金属，随访7年后发现1例患者需再次翻修，只有1例患者的骨与钽金属结合良好。

因此，在重建骨缺损的治疗中，并没有达成一致的意见，钽金属相对其他方式而言，目前是一个较为可行的方案。但仍存在外形与缺损不匹配、影响假体固定、初期稳定性差、配件之间存在界面、松动失败率高等因素，限制了金属移植物的应用。

术前规划

相对于髌膝关节初次置换，翻修手术更加复杂。目前关节翻修术前计划中最大的困难是如何明确翻修假体的具体型号。明确假体的型号会有助于选择合适的工具，使手术时间和骨量丢失，软组织损伤降到最低。缩短翻修手术时间有助于降低并发症率(深静脉血栓、出血、心肌梗塞等)，提升患者对手术的耐受能力。通常只有在术中将原移植骨去除后才能明确翻修假体型号，当型号不确定，必须要有一个经验丰富、技艺娴熟的外科医生参与手术。拥有良好的术前规划有助于减少翻修手术后出现各种并发症的可能性。

目前髌膝关节翻修的术前规划很大部分依赖于影像学手段。X线简单、经济，能直观显示骨骼结构及假体的位置，但其用于评估骨缺损和假体型号的准确性不高。螺旋CT评估骨缺损相对X线更为敏感，但是不能很好显示软组织的改变，不能准确软组织的损害程度。MRI对软组织评估有着重要作用，通过不同的序列对软组织显像，但MRI对金属伪影较大，对置换后患者的假体难以清晰显示。传统术前规划，临床医生必须依靠影像学的二维、三维图像，然后通过在海狗构出立体解剖图像，对骨缺损进行评估。但是，骨骼、软组织是一个整体，单凭脑海想象难以得到解剖结构、机械应力、缺损范围等方面的准确信息，特别对于年轻的临床医生来说，利用当前的手段难以准确地确定翻修假体的型号。

个性化假体的需求

假体在髌膝关节置换中的应用中，不断在追求个性化、精确化。从1891年德国医生Cluck使用象牙做成的股骨头与髌臼开创了人工关节置

换，到1962年为了减少假体间的摩擦，John Charnley发明了聚四氟乙烯做髌臼，金属材料做股骨柄的假体，并取得了巨大的成功。在20世纪70年代，由于骨水泥界面的老化，进而引起假体松动，非骨水泥开始兴起，但同样存在假体的问题。于是，为了适应人体的负荷传导和生物力学环境，开始提倡个性化人工假体。

Aldinger等最早开始应用CT数据来定制髌关节假体，发现这样可以在相当程度上改善预后和降低并发症率。骨吸收和无菌性松动是影响假体寿命的主要因素，然而个性化假体可以有效减少和防止骨缺损以及无菌性松动。尤其在髌膝关节翻修中，有效减少假体周围的骨缺损和松动将大大降低髌膝关节二次翻修的可能性。在髌膝关节翻修过程中，不可避免地导致关节骨量丢失，以及假体周围骨折后导致关节存在不规则，这些因素将导致术中假体的型号不确定，普通型号的假体不再适应每位患者的情况。因此翻修术中由于患者型号的差别、骨缺损造成缺损形状不规则，这将为手术带来非常大的难度，不能准确为患者换上个体化的假体，进一步下肢力线纠正，重新让患者下肢功能恢复。

假体周围骨折

随着人工髌膝关节技术开展的普及，已成为髌膝关节疾病的标准手术治疗策略，大部分患者初次置换后，关节功能都能够得到明显的改善。但术后由于下肢应力的改变和骨质疏松，假体周围骨折的病例日趋多见。临床上常常会碰到一些复杂的假体周围骨折手术。关节置换术后发生假体周围骨折，往往复位困难，对骨折复位的要求更高，手术要依靠术者的经验和手术技巧来完成，耗时较



3D 打印导板 实现 100% 的手术成功率

——访中南大学湘雅医院钟达副教授

✍ 撰文：曾伟清

3D打印模型、导板、植入物再到生物组织，关于3D打印应用于医疗上的诸多美好遐想早就被网上喋喋不休的文字修饰得越发高大而不可捉摸。如何让这项技术落地，使患者真切地从中受益？中南大学湘雅医院钟达副教授专注于将3D打印应用于自身的专业领域——成人DDH（先天性髋关节发育不良）髋关节置换手术中。经过不断地深入钻研，在过去一年多时间里，借助湖南华曙高科技术有限公司（以下简称“华曙高科”）3D打印解决方案，将3D打印髋关节术前模型与3D打印髋关节截骨导板成功实施40多例此类手术，让原本高度依赖医生临床经验的髋关节置换术的手术成功率达到了100%，手术精确度更是大大提高，在业内独树一帜。

“3D打印在医疗上的应用是一片广阔的蓝海，里面即使容纳十个院士级别的教授也难以穷尽其中的奥妙”，随着临床案例的增多，钟达也愈发深切地感受到3D打印的魅力所在。

打破老观念 拥抱新技术

3D打印应工业之需而诞生，近几年却不意在医疗界变得炙手可热，颇有点“他山之石可以攻玉”的意思。

作为在骨科圈内小有名气的专家，2015年年中，钟达副教授初次接触到3D打印概念时并不看好这项技术，“戴尅戎院士每年年会都会讲到3D打印，但都是用于高端复杂的手术，我当时觉得把它常规化应用还需要很久”，钟达回忆道。而打印一个简单的术前参考模型，对于基本功扎实的骨科医生来说似乎更加显得多余。老一辈的专家对于技术有着自己的固执，他们积累了深厚的功底，通过X光片的明暗表现和CT扫描的断层就能推断出很多细节，甚至CT扫描合成的三维图像他们也认为只是给患者家

属和不懂行的人看的，更遑论需要依赖3D打印出的模型来做手术了。

“后来我慢慢发现，不能说他们的观念错了，实际上不是这么回事”。2015年底一个相对失败的手术让钟达开始重新反思：首先，即使自己做了那么多手术，临床经验足够丰富，也无法避免失误；其次，仅仅依靠老一辈的经验方式来培养医生，要达到他们的水平需要非常长的时间，如果有了这种三维数字影像的帮助，培训时间则可以大大缩短；更重要的是，如果有一个工具能将手术门槛降低，让广大的基层医生也能开展高难度的手术，不需要把病人都集中到大医院来，就可以更好地造福群众。由此，钟

达对3D打印的看法有了改观，并开始与骨科胡懿邻主任的支持下
进行应用化研究。

而为何钟情于3D打印导板，钟达开玩笑说自己是捡了“漏”。他分析道，以戴尅戎院士为代表的前辈们在3D打印植入物材料方面已经积累了丰富的经验，现在要起步和他们竞争非常困难，而如果只是简单地打印一个模型，即使模型做得再精美，在实际手术中也无法使自己更胜一筹。但导板却是一个别人没有深入研究的“空档”，它对技术和材料的要求没那么高，而且又能依托湘雅医院现有的合作伙伴——华曙高科和湖南华翔增量制造股份有限公司（以下简称“湖南华翔”）提供技术支持。“即便是戴院士做好了3D打印植入物，要将其安装到准确的位置，也需要导板和导向的辅助”，钟达表示。

在参考了国外的经验后，钟达带领湘雅骨科团队开发出了自己的系统，并于2016年3月完成第一例在3D打印导板辅助下的髌关节置换手



术。如今，经过几代的改进，成功的手术案例已达40多个。湘雅骨科团队围绕该技术申请了国家发明专利一项，获得相关国家实用新型专利授权一项，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。

将3D打印导板用于髋关节置换手术并非钟达首创，为何唯独湘雅骨科团队会在国内产生这么大的影响？

钟达表示，在安徽和新疆也有一些老师做髋关节导向器，但是后来都放弃了，究其原因，他分析：首先，髋关节的容错度是比较高的，位置差一点点似乎并不是很要紧，他们认为3D打印的指向器的意义并不大；其次，是因为没有找到一个很好的方法来指向，髋关节内的结构非常

复杂，存在很多软骨组织，这些软骨组织在CT上无法显影，因此如何尽可能避开这些组织获取准确的数据，找到精准的定位和定向是比较困难的。

“我看他们的导板设计都是以髋臼窝为基础来获取数据，但髋臼窝中有很多软骨，这样会对数据的准确性产生影响，而我们则是以髋臼外上缘的骨质为基点，这些骨质非常干净清晰，可以作为很好的数据来源，从而实现精准的定位和定向，而为此增加的额外创伤并不大，临床上完全可以接受。”钟达解释。

怎样寻找到髋臼上缘更好的角度，哪个点、哪个面更适合作为数据来源，钟达对此做了大量的研究工作，这就是该团队能取得如此成功的关键原因。中国工程院戴尅戎院士

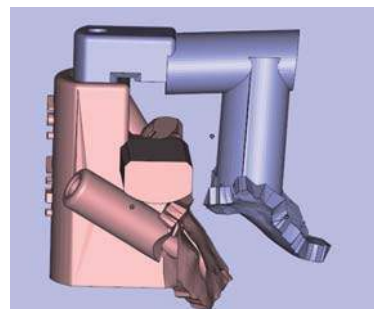
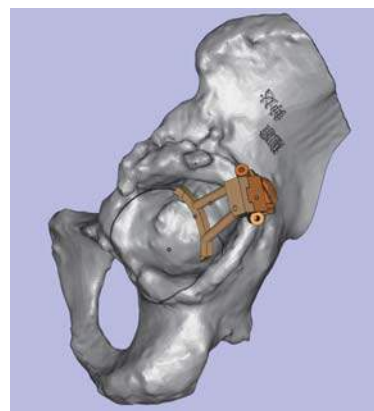
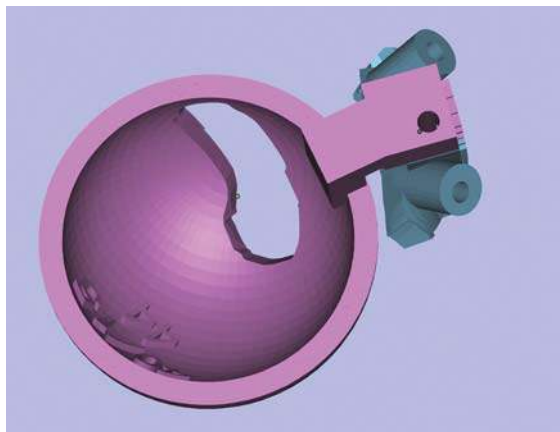
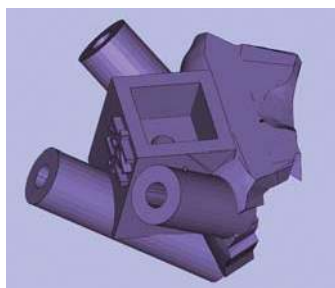
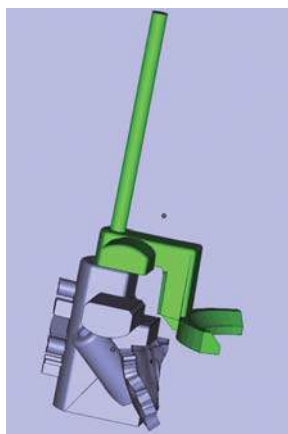
也曾在接受媒体采访时高度评价湖南3D打印医疗应用成果：“各个省都在做3D（打印），湖南做得比较优秀。”

另外，由于新技术能极大的缩短手术医生的培养时间，成为年轻医生的成长捷径。因而开明的科室领导、前辈专家的支持至关重要。可以说“没有骨科主任胡懿郃教授的支持和指导，就没有新技术的成功！”钟达副教授深情谈到。

常规手术精确化，特殊手术常规化

“常规的手术用常规的器械就可以满足，但3D打印最终要为特殊化的手术服务”。

发育性髋关节发育不良（DDH）从全国范围来讲每年的病例大概有上万个，在湘雅医院这种国





赛纳科技：从医疗入手， WJP 彩色多材料 3D 打印蓄势启航

撰文：张紫薇

医疗3D打印近几年发展飞快，逐渐形成了产业链雏形。然而，在欧美等技术先进大国垄断市场的行业环境下，国内企业依靠本土优势和技术实力也在逐渐突破崛起。2015年，作为2D打印耗材行业领军企业，珠海赛纳打印科技股份有限公司（以下简称“赛纳科技”）推出了基于WJP（White Jet Process）白墨填充技术的直喷式彩色多材料3D打印解决方案，正式进入3D打印领域，凭借这项首创性的自主核心技术引起业内一时轰动。两年后，赛纳科技WJP技术愈臻成熟，并瞄准了医疗领域技术应用，如今的赛纳科技踌躇满志、蓄势待发。

近日，《3D打印世界》杂志探访了赛纳科技总部，看这种足以成为国人骄傲的全彩色多材料3D打印技术将如何在市场大放异彩。

《3D打印世界》：赛纳科技从生产2D打印耗材起家，进入3D打印的技术切入点是什么？

赛纳科技：赛纳科技以激光打印耗材起家，成功研发了中国第一台激光打印机，奠定了中国激光打印机产业快速发展的基础。

而进入3D打印领域纯属偶然。我们在2010年就开始研究压电喷头技术，原本是想用在2D喷墨领域，没考虑到3D，大概研究三年左右时间，做出了中国第一个拥有自主核心



技术的MEMS一体成型压电喷头的整套解决方案。最后我们发现实验室样品做出来了，也能喷墨，但里面有一个很核心的MEMS压电元件，中国没有工厂可以做，这个是WJP技术喷头的来源。

2014年，随着3D打印的兴起，赛纳科技看准了时机，将2D喷头技术转移到3D打印领域，仅用了一年的时间就研制出国内首款专业级直喷式彩色多材料3D打印机。

在研究喷头喷射式3D打印技术的时候发现，当时3D喷头技术只有美国公司采用类似方式，通过仔细分析国际国内相关专利技术后，我们发现在技术方面是有机会进入这个领域的，于是结合自身技术优势和技术基础，我们做了一系列的技术布局，构建起了自主核心技术体系，布局了大量自己的专利技术。

《3D打印世界》：这种首创式的WJP技术能够实现这么丰富的颜色和材料，请具体介绍它的秘密在哪里？

赛纳科技：赛纳科技研发的直喷式彩色多材料3D打印机使用的是WJP技术。WJP技术实际上是从2D打印引进的，其特点是在三原色的基础上，空白的地方填充上白墨进行增补，使得色彩显现出来。我们在2014年就抢占先机，将相关技术注册了专利，这项技术也成为了赛纳科技3D打印的基础技术之一。赛纳科技的白墨填充技术（WJP）直喷式全彩色3D打印机有四大特色：全彩色、多材料、高效率、定制化。

《3D打印世界》：耗材是非常重要的部分，赛纳科技所用的耗材是否为自己所研发？

赛纳科技：作为全球最大的打

印耗材制造商之一，赛纳3D打印所使用的打印材料都是自主研发、生产的。除了色彩表现方面的优势外，另一大特色就是可以根据客户需求进行定制化开发，赛纳科技在3D打印技术开发方面的技术实力，可以支持特定行业、特定用户的差异化打印需求，从软件、硬件到材料为不同用户的特定需求定制化开发专用3D打印设备。目前，J501系列产品可以实现软硬结合打印，在同一件物体的不同部分可以拥有不同软硬度、透明度的材料。

目前使用的材料分为2大类，FLX系列软质材料和RGD系列硬质材料。每一类都有C、M、Y、T、W等基础色可供选择，其中，RGD系列硬质材料还可分为透明材料和不透明材料两个系列。不透明材料呈现的色彩更为鲜艳，这也是国外厂商目前使用的材料方案；而透明材料则更为适合打印医学模型，因为可以更好的显示出患者体内病灶部位。而赛纳科技目前在医疗方面使用更多的是透明类彩色材料。更加丰富的材料方案，更有利于满足医疗客户的客户需求。

《3D打印世界》：2015年赛纳科技就开发了国内首款直喷式全彩色3D打印机，但这两年很少在业内露脸，目前这款机器是否已经可以成熟地推向市场？

赛纳科技：赛纳科技利用这两年的时间一方面在持续优化和升级产品，另一方面也一直在寻找合适的应用方向，希望能找到一个明确的应用方向正式推出这款机器。前期经过1年多时间进行市场调查，目前来看，3D打印在医疗行业的应用前景非常广阔，不仅可以应用在临床医疗上，在医学教育上的应用也非常广泛。

在临床医疗方面，3D打印技术可以应用于手术规划模型制作。对于医生和患者而言，手术规划模型大大减少了手术风险，有助于更加精确、直观、立体的展现手术部位的组织结构、走形，有利于确定手术入路，从而减少创伤面、避免手术意外，同时也能缩短手术时间。赛纳科技彩色多材料3D打印机的上市，不仅使用成本更优，而且打印速度非常快，有助于3D医学模型类应用的普及推广和应用，帮助临床精准医疗技术的发展。

目前，我们正在为J501系列产品上市做招商筹备，预计今年正式推出这款直喷式彩色多材料3D打印机。

《3D打印世界》：医疗是赛纳科技首要的应用领域，这种彩色多材料3D打印技术目前主要运用于医疗的哪些方面？是否有具体的案例？

赛纳科技：目前主要是应用在体外医学模型打印方面，例如教学模型、陈列展示模型、手术训练模型、手术规划模型、康复器械、支具这些方面。

基于患者影像学（CT、MRI）检查数据，由专业团队进行3D数字模型重建，并利用赛纳科技彩色多材料3D打印技术打印出个性化手术规划模型，从而精确地展现出患病部位的组织结构、病变位置、大小等，以便让医生更准确的判断病情，并及时提出最优化的手术方案。

3D打印手术规划模型有三大优势。一是使复杂病例患病部位组织结构具象化，有助于优化手术设计方案；二是便于术前进行手术方案沟通、手术预演；三是降低手术风险，缩短手术时间，减少出血量、提高手术治疗效果。

3D 打印在组织工程学中的概述

✍ 作者: Nick A. Sears, Dhruv R. Seshadri, Prachi S. Dhavalikar, Elizabeth Cosgriff-Hernandez

3D打印技术的最新进展促使技术应用迅速扩张,无论是用于复杂外科手术的解剖模型制造还是组织工程结构打印。除了实现大尺寸的器官和组织打印,小至20 mm的打印层厚也可以生产出微小的骨骼和其他组织结构。更高精度的技术目前也正被研究用于生产更小的组织单位,例如肝小叶。当前,组织工程研究重点在于开发出能够生产仿生支架与生物相容的方法(打印机)和材料(生物墨水)。本文概述了当前用于组织工程的3D打印技术,着重于打印原理和合成支架的特点,并围绕当前的现实挑战、技术限制、未来趋势进行了讨论。

介绍

组织工程师们试图通过将细胞和生物活性因子结合在生物材料支架上从而使人体拥有再生受损组织的能力,这种方法通常涉及到将细胞、生物活性因子和生物材料支架结合在一起形成一个可植入人体的结构,从而替代或修复生理机能。理想的情况是,当新的组织形成时,支架被吸收,当重塑完成以后,功能性的组织会完全替代这个支架。生物材料支架模拟了目标组织的重要特性,不仅实现了功能修复,还为细胞分化和增殖提供了一个有利的环境。在此会持续强调通过改进制备方法来增强组织工程结构的功能。

传统用于制造组织工程支架的技术例如气体发泡法、溶剂浇铸、纤维粘结法、相分离法、粒子沥滤法以及冷冻干法可以制成大尺寸的支架,但缺乏人体组织的复杂性。很多像肝小叶或肾的肾单元这样的组织有着复杂的结构单元,用以协调多个类型的特定细胞,这对组织功能来说很关键。制备复杂几何形状有一个明显的优势,可以适应不规则的缺损部位,同时也能通过精确放置多种材料和细胞类型来模拟组织的复杂性。

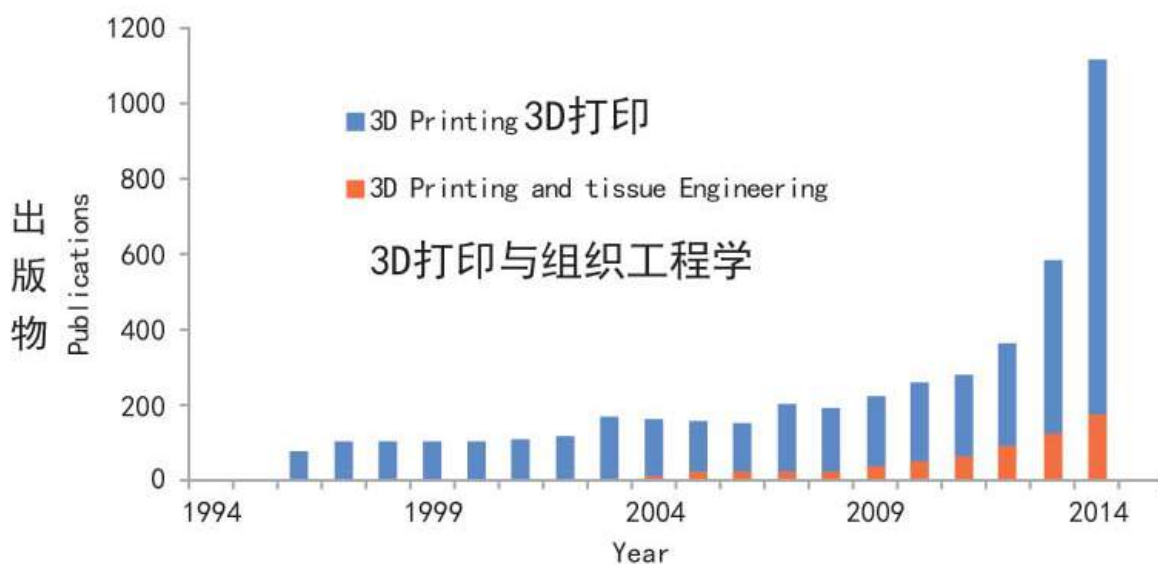
重建细胞功能的宏观和微观特性,支架需要复杂的控制加工方法,最近,3D打印或者快速原型技术变得更加流行和可行,新的制造技术能够在宏观和微观尺度上做出所需的几何精度,这种级别的精度为无数的制备组织工程支架的方法打开了大门。

最近,3D打印已经被用于治疗一种潜在的威胁到生命的疾病,叫做气管软化。研究人员为一个需要气管插管维持通气的两个月大的婴儿开发出了一个3D打印的气管

夹板,所用材料是可生物降解的PCL(聚己内酯)。这个夹板首先在小猪身上做了实验,获得应急使用豁免而被批准使用。手术后,小儿病情马上得到了改善,一年后没出现并发症。在另一个案例中,使用高清成像和激光烧结3D打印技术为一个遭受下颌感染的83岁女性制造了一个功能性的颌骨替代物,这种快速制造的下巴植入物可以制造出“关节接合、促进肌肉附着的孔洞和引导神经和血管再生的凹槽”,减少手术准备和恢复时间。

这种微架构控制可以生产出功能性的组织工程支架,拥有组织的自然形态和功能。另外,通过微组织提供必要的营养物质输送,脉管系统设计可以做出更大的、多细胞的结构。功能性的组织结构还可以作为一种诊断手段,用于细胞检测、药物检测或其他疗法。比方说,Organovo的exVive3D肝脏就是一个功能完整的打印出来的人体组织,已经作为一种体外和临床前的动物实验的补充手段,用于毒性评测。

在过去二十年里,关于3D打印技术研究的出版物激增,在某种程度上是因为很多专利过期了(图1)。表1是3D打印技术从起始到目前状态的时间轴,可以从一个历史的视角来看待这一领域的发展。从这个角度来讨论当前的3D生物制造方法,对常见的打印方法做了一个对比分析。打印方法被分为非细胞技术(光固化[SLA])、粉末熔融打印(PFP)、实现自由成形制造(SFF)和生物细胞构造(基于喷墨、挤压、激光辅助的生物打印[LAB])。本文将对每项技术进行讨论,分析各自的优缺点,最后,再对这个领域目前面临的挑战和将来的发展方向进行讨论。



▲ 图1 历年与“3D打印”和“3D打印与组织工程学”有关的出版物数量

Year	Key developments
1984	Charles Hull invents “Apparatus for making three-dimensional objects by stereolithography” ⁹⁹
1986	Carl Deckard invents “Method and apparatus for producing parts by selective sintering” ⁹⁹
1989	Scott Crump, co-founder of Stratasys, patents Fused Deposition Modeling ¹⁰⁰
1993	MIT patents “3 Dimensional Printing techniques” and licenses to six companies including Z-Corp ¹⁰¹
1996	Clinical application of biomaterials for tissue regeneration ⁶²
1999	Luke Massella receives one of the first 3D-printed bladders thanks to the Wake Forest Institute for Regenerative Medicine. It’s a combination of 3D printed biomaterials and his own cells ⁸⁵
2002	Early stage kidney prototype manufactured using microextrusion bioprinting at Wake Forest Institute for Regenerative Medicine ⁴²
2005	Dr. Adrian Bowyer (University of Bath) founds RepRap, an open source initiative to build a 3D printer that can print most of its own components ⁹⁹
2007	Selective laser sintering machine becomes available, creates 3D printed parts from fused metal/plastic. Opens door to mass customization and on-demand manufacturing of industrial parts
2007	RepRap releases Darwin, the first self-replicating printer, able to print majority of its own components, allowing for self-improvement ⁹⁹
2009	Fused deposition modeling patent expires, igniting innovation in the 3D printing industry
2009	MakerBot starts selling DIY kits to make a 3D printer. The first kit to build a printer sells for \$750
2010	Organovo, Inc., announced the release of data on the first fully bioprinted blood vessels
2012	Extrusion-based (syringe) bioprinting for an artificial liver ⁴²
2014	Implementation of a multiarm bioprinter to integrate tissue fabrication with printed vasculature ⁴²

▲ 表1 3D打印技术从起始到目前状态的有关组织工程学研究的时间轴

制造非细胞支架

快速原型技术采用多轴定位系统和增材制造技术，以逐层制造的方式打造一个3D物体。因技术类型的不同，生成方式亦是各有不同，如挤出沉积、固化、聚合、烧结或其他新技术。首先，使用计算机辅助软件（CAD）建模，再将模型以描述3D空间的体积或表面的文件格式，如*.stl，*.obj或*.amf导出。接着使用另一个称为“切片机”的程序将3D数据转化成打印机要打印的层。用户可以自行调整填充方式和各项重要参数，如挤出速度、固化时间和激光速度，确保精确地完成填充。早期这些技术都是用

于模具铸造、产品开发和功能原型。这些技术的快速发展提高了通用性和精确度。现今的技术已经可以复制出同样尺寸的人体器官，并且打印层厚度最薄可达20mm，可以复制出骨骼或其他组织的微结构。

为了能复制出一些更小的组织结构，如肝小叶和肾元，目前仍在研究开发可以实现更高精度的技术。快速原型技术和其变体技术不断涌现，需根据材料类型和组层方式来进行分门归类。后面将对三种常用技术：SLA、PFP和SFF进行对比，对比结果见表2。

3D打印辅助全髋关节置换术 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和其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 打印髋关节术前模型与 3D 打印髋关节截骨导板，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

髋关节置换术是用人造髋关节置换所有或部分髋关节以重建关节运动功能的一种修复手术，医生将沿着患者侧髋关节作一个切口，暴露髋关节，切除股骨头和髋关节窝，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，髋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（先天性髋关节发育不良）的病理生理改变复杂，髋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 等检查在反应髋关节变异性质和程度方面不全面、不精准、不直观，导致此类患者髋关节置换手术高度依赖

医生的临床经验和手术技巧。

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

如何解决“传统全髋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 打印技术应用于临床，务求将髋关节置换术“做精”。



第一步：使用固定导板，固定在髋臼术前设计精准选定的贴合位置



第二步：使用初步磨锉导板，在人体进行源半圆弧导报进行半圆初步磨锉



第三步：使用精准磨锉导板，在人体进行精准磨锉



第四步：使用打钉导板，找准人体打钉安全区域



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打印髋关节术前模型与3D打印髋关节截骨导板，帮助医生精准地进行髋关节置换手术。

"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，手术团队术前开展模拟手术，在模型上开展真臼寻找、髋臼旋转中心定位、髋臼测量与磨锉、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快速确定髋臼的定位、磨锉的大小、深度、角度以及髋臼螺钉入钉位置、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、提高复杂人工髋关节置换术的成功率、降低高难度人工髋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。

激光金属3D打印的新型骨钻可降温70%，减少热损伤



迄今，3D打印技术在医疗领域有很多应用，无论是制造医疗器械、假肢还是为患者打印特定器官模型用于培训和研究。最近，德国汉诺威莱布尼茨大学的生产工程和机床研究所(IFW)正在研发一项新的工具，该工具可在不引发组织热损伤的情况下进行骨切割。就目前而言，骨切割的手术并不理想，因为手术过程必须多次中断防止过高温度损伤，但骨钻被移除时，液体又会流进伤口。IFW研究所决定向德国国营公司toolcraft求助，一家专门生产高端精密零部件的公司。

Toolcraft采用金属激光熔融工艺，因为它更便于设计、应用和材料选择。同时它还节约了客户的时间，因为零件几天就可在公司的Concept Laser M2 Cusing机器中生产出来，打印后不需要再加工。

组织损伤通常发生在截骨开始温度约48度左右的时候，传统的冷却工具不能在手术过程中使用，因为可能会有液体进入伤口的风险。通过使用像toolcraft公司的金属增材制造技术，钻头就可以设计成拥有自己的冷却导管。有了这些冷却导

管，冷却剂就可以沿着骨钻内的螺旋持续流动，并回到支架上。全程都不会碰到伤口。

因为钻头形状要像传统骨钻一样，使用人员才会感到适应，所以这个新的骨钻模型是按照传统的形状来制造的。IFW也和Schmidt WFT合作，使用它的CAD和模拟软件服务。研究团队必须了解清楚钻头的冷却能力，包括温度、容积流率和冷却剂的热容量。然后，他们得想方设法在其底部引入一个封闭冷却回路的同时，使机器保持稳定，正常执行任务。

3D打印钻头使用生物相容的1.4404材料，病人可以接受这种材料的使用。Schmidt WTF负责设计钻头的形状和内部冷却导管。当钻头完成打印并被加工成实际大小尺寸时，IFW就会进行实际测试。他们会对人造骨头或牛骨进行钻钻、测量加工温度，同时使用水作为冷却剂。研究人员在最低和最高进给速率时，还有冷却系统开启和关闭时进行温度测量。

为了保持低温水平，

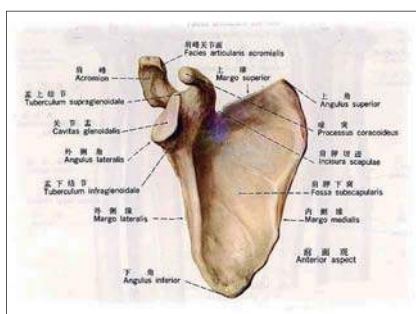
toolcraft还为钻头创造了一个非旋转的预纺锤形附件。它允许冷却剂的流入和流出。附加的槽和泵确保冷却剂能持续供应，而回流管确保冷却剂能持续流动。钻头内部的圆形冷却导管可以去除切割边缘产生的热能，每个导管直径为1.2毫米。水平钻孔将冷却回路连接到钻头上，方便冷却剂流进及流出，同时集合管会和卡键槽相连。

虽然我们以前见过3D打印的钻头，但是我是第一次听说它能用于改善手术过程。金属激光熔融技术和M2机器曾被用于3D打印患者专用的颅面外科植入物。测试结果表明，这个有冷却系统的3D打印骨钻的使用可以降低钻探70%的温度。这项技术肯定也能应用于其他领域，如生产用锯。

目前，德国联邦经济事务和能源局已经资助了IFW的3D打印骨钻项目，作为中小企业中心创新计划的一部分。（翻译：吴立华）



瑞典医生用 3D 打印定制化植入物治疗肩胛骨关节盂相关疾病



人体肩胛骨关节盂部分的疾病，通常有两种治疗方式，一种是去除骨骼的一部分，另一种方式是结构移植。去除部分骨骼的方式将导致患者肩部力学结构发生变化。结构移植的方式的目标是，用PMMA骨水泥或骨蜡人造材料补充骨骼，为植入标准化的植入物创建足够稳定的固定点。这种方式的部分难点在于对医生经验和操作水平的依赖度较高。

针对常用治疗方式存在的不足和难点，瑞典哥德堡大学附属医院上肢创伤和关节置换科医生尝试了用3D打印定制化植入物来治疗此类疾病的方法。

减少对人体自身骨骼进行切除的需要

关节盂是肩胛骨上的关节表面，它占据了10立方厘米的体积，该部位的形状就像是一个平底玻璃。关

节炎或者是患者对目前体内植入物的不良反应，都容易导致关节盂部位的缺损。

瑞典哥德堡大学附属医院上肢创伤和关节置换科的 Carl Ekholm医生曾接诊过一名72岁的女性患者，她患有类风湿性关节炎疼痛，关节的活动范围受限。经过初步诊断，医生决定使用3D打印定制化植入物为患者进行治疗。

3D打印定制化植入物的数字化设计以及手术前的规划工作是与Materialise公司合作的。Ekholm医生将患者的CT医学影像提交给Materialise公司，后者将患者解剖结构的报告和植入物设计方案反馈给医生。

报告中的信息为医生进行手术预规划提供了帮助，医生可以从多角度观察患者的肩胛骨，并确定哪些是在手术过程中必须移除的部位，以及移除后剩余的部位。通过这些信息，医生还能够确定定制化植入物和手术导板的设计方案。

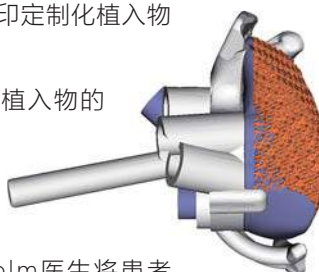
最终，医生使用3D打

印定制化植入物为患者进行了手术治疗。医院对患者手术后的恢复情况进行了跟踪，患者在接受手术的一年之后已可以相对独立地生活，能够承担个人卫生清洁、做饭等基本家务劳动。

Ekholm医生表示，使用3D打印定制化植入物治疗肩胛骨关节盂

疾病是一种新兴的方式，定制化植入物的成本比常用的标准化植入物更高，关节盂重建植入物的长期治疗效果也尚不清楚。但是，由于定制植入物可以与患者解剖结构

进行更加完美的匹配，减少对人体自身骨骼切除的需要，对于临床上非常复杂的病例来说，仍是一种值得尝试的方式。（来源：科学谷）



手残星人的福音！这个 3D 绘画垫让你一秒变 3D 打印笔达人

对于普通人来说，使用 3D 打印笔画出一个像样的立方体仍然是一个挑战。而工程师 Kaz Bigus 最近就发明一个 3D 绘画垫（3Dmate），帮助用户进行 3D 绘画，提高画画的稳定性和准确性。3D 绘画垫是一个 30.5x45.7cm 的透明格子垫子，里面有正方形、三角形、圆形等各种几何图形的格子。用户只需要在凹槽内绘制，笔尖的材料就会固定成型。取下来之后再进行组合就可以制作出心仪的作品啦！目前这个 3D 打印垫的只需要 35 美元（235 人民币），就可以获得。不知道您看着有没有些许心动呢？



我的手表我做主！这款 3D 打印手表色彩 freestyle

位于法国里昂的设计工作室 Notaroberto-Boldrini 即将推出新一代色彩缤纷的 3D 打印手表。这一系列名为 Watchstep 的手表采用了 3D 打印技术，再搭配上明亮的色彩，让人眼前为之一亮。这款手表集时尚、趣味、高科技于一身。手表使用尼龙表带、石英机芯和多个 3D 打印部件，款式休闲，男女皆宜。手表部分零件是采用 ABS 塑料在 Zortrax M200 3D 打印机制成的。目前这款时尚有趣的手表可以通过线上商店订购，仅售 35 欧元（约 270 人民币）。

赖床克星！这款 3D 打印外壳的闹钟有 14 种方法叫你起床

近日，国外众筹网站 Indiegogo 上线了一款名为 Pharao 的多功能闹钟，根据开发者的说法，这是一款“完美”的闹钟，它拥有 14 种组合式叫早服务。Pharao 整体呈金字塔造型，采用 3D 打印外壳，提供 5 种设计风格，号称适合一切装修风格。基本功能层面，闹钟采用了无物理按键设计，只要用手在上面一挥，就可以停止响铃。在配置上，Pharao 内置了世界上最小的 64 位处理器和一块全彩色触控屏，15 种语言，支持蓝牙和 Wi-Fi 连接。Pharao 的功能如此强大，价格也一样不菲，众筹价为 349 美元（约合人民币 2400 元）起。



你可以成为六指琴魔 -- 看看 3D 打印手指能帮你做些什么

皇家艺术学院（RCA）的一位毕业生 Dani Clode 采用 3D 打印技术制造了一个机械手指假肢，希望能让人感受到佩戴假肢的感觉，并扩大自身的能力。假肢的手指和手腕电机盖子都是使用 Formlabs SLA 打印机和其灰色树脂 3D 打印的。他希望“第三手指”能帮助人们更轻易地完成许多不同的任务，如弹吉他时更容易调整音色，汽车驾驶，钢琴演奏中也可以利用等。“第三手指”的价值在于推进人类能力延伸的思考。我们在使用假肢时，不再将其视为残疾的象征，而是一种能力延伸的工具。

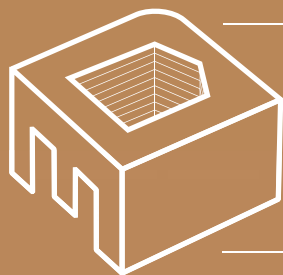


全 3D 打印鞋体，1324 元美国这家初创公司叫板耐克、阿迪达斯

位于西雅图的初创公司 Prevolve 推出了自家首款 3D 打印鞋，命名为 BioRunners，可以根据客户脚型进行定制设计，并使用 3D 打印机制造。BioRunners 是用热塑性聚氨酯（TPU）3D 打印的。热塑性聚氨酯具有良好的耐久性和柔性，可以缓冲跑步对膝盖的影响。对客户脚进行 3D 扫描后，每只鞋子大约只需 20 到 30 个小时就可以 3D 打印出来，售价为 195 美元（折合约 1324 人民币）。Nike 和 Adidas 都已经开始使用 3D 打印技术进行生产，但目前受众范围较少。而 Oliver 表示，他们生产的 3D 打印鞋售价便宜，将经由美国和世界各地的零售商进行零售，他们可以将更多的精力和金钱用在营销上。



中国 3 D 打 印 行 业 第 一 本 专 业 读 物



3D PRINTING WORLD

2017年9月 | 第31期

3D 打印世界

金橙子科技邱勇：

Ezcad3

封面人物 / P16

控制系统

助力精密3D打印

通过三年多的研发，如今推出的3D打印控制系统 Ezcad3可以为客户提供90% 3D打印所需的功能。



P36

空客减重50%
的射频滤波器有答案

空客防务及航天公司使用3D Systems的直接金属打印技术使部件减重50%，缩短了生产时间。



P40

Moto3锦标赛摩托车
前叉空间优化设计方案

整个组件使用的是WINDFORM的SLS复合材料3D打印而成。

以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com



第五届亚洲3D打印展览会 The 5th iPrint 3D Expo

2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

海外买家云集的 3D打印展览会 2017 精彩再续！



“这个展外国人比广交会还多！”

“1000张名片一天发完了，根本不够用。”

——来自2016年亚洲3D打印展览会的客户心声

2016年回顾

8395名专业观众，比2015年增长17.75%

83个国家采购商，占专业观众比例18.3%

100+家媒体报道

展商平均接待客户200+



扫一扫
掌握展会动态



与全球最大打印耗材展
RemaxWorld同期同馆举办，
共享海量行业资源

参展咨询:

梁经理

0756-3959280

Anna.Liang@rtmworld.com

EDITORIAL

刊首语



近日，印刷业巨头惠普（HP）和服务业巨人德勤（Deloitte）强强联手，欲借助德勤的“全球客户网络”将惠普的 3D 打印系统部署到大规模的生产制造中。

惠普高管曾在《3D 打印冲击制造业》一文中提到，3D 打印将是继蒸汽、电力和信息技术后，第四次工业革命的主要推动力之一，“这场革命有可能颠覆和重塑价值 12 万亿美元的制造业”。惠普的目标似乎很明确——拿下 12 万亿美元的制造业市场，为了实现这一目标，自发布 Multi-Jet Fusion 3D 打印机以来，惠普就陆续与宝马、耐克、强生、捷普等大型公司达成合作。尽管如此，如今与巨头德勤的牵手依旧不容小觑，有评论称，如果这两家公司的合作不出意外，将有可能加速全球制造业的数字化转型，并且实现双方的愿景。

惠普接受媒体采访时表示，到 2021 年，制造业中 3D 打印的市场规模将达到 180 亿美元，是当前的三倍。

届时，惠普能在其中占据多少份额我们现在不得而知，但我相信对于如何充分挖掘惠普 3D 打印的技术优势，并将其创新性融合进当前制造业还是很多制造商正在探究的一个课题。

目前，3D 打印频频传来好消息的依旧集中在航天航空、汽车、军事等高科技领域，而民生应用方面，隐形矫正和助听器已找到了落地点。

比方说，最近国内有两家具有代表性的公司获重大投资可以看到这些趋势：

其中一家为鑫精合激光发展（北京）有限公司，获国家先进制造产业投资基金领投 1 亿元资金，以及另外几个投资机构跟投 0.5 亿元，该公司主要发展金属 3D 打印技术，参与多个国家级航天项目，在部件轻量化制造方面极具优势。

另一家为上海正雅齿科科技有限公司，获元生创投与辰德资本联合领投与东资壹号跟投 5000 万投资，该公司致力于研制 3D 打印隐形矫正牙套，3D 打印的主要贡献在于实现了隐形牙套个性化的批量生产模式。

不难看出，3D 打印极具潜力，但只有应用打开才能获得市场，惠普的 Multi-Jet Fusion 3D 打印技术也是如此。

在本期杂志中，我们集中展现 3D 打印的工业应用案例，并采访了北京金橙子科技股份有限公司，为读者介绍该公司推出的一款 Ezcad3 控制系统，它在以激光为能源的打印系统中可以精确控制打印头的移动，并提供 90% 的 3D 打印所需的功能，可以说填补了国内 3D 打印控制软件这一块的空缺。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年 戴冠戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焘 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义洪
王蕾 宋波纹 吴文恒

主编

余佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编辑

曾伟清 张紫薇
伍毓秀 王莉 刘盛娟

美术设计

邓德胜 钟晓俊 周婵媛
罗宇洪 王清梅 黄靖怡

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

冯旭

Vincent.Feng@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤C）Y0155116 号

出版地址：

Room 1310-13, 16-20, 13/F,
Hollywood Plaza, 610 Nathan Road,
Mongkok, Kowloon, HK



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

06 环球 World News

观察 Observation

08 创新推动未来：第一个多彩体素级 3D 打印部件

11 4D 打印将引发新一轮军事变革

人物 People

16 金橙子科技邱勇：Ezcad3 控制系统助力精密 3D 打印

应用 Applications

22 芬兰国家技术研究中心（VTT）用金属增材制造优化工业给油阀组

28 FDM 原型在摩托车制造商杜卡迪引擎设计中的运用

31 3D 打印透镜传感器，为汽车装上智慧之眼

32 Sonova 首个 3D 打印钛金属助听器：更迷你、更耐磨、更强大

33 案例 | 3D 打印与机加工结合成就复杂液压零件

36 3D 打印与航空业的减重之路：空客减重 50% 的射频滤波器有答案

40 Moto3 锦标赛摩托车前叉空间优化设计方案
用 SLS 工艺打造的创新型前进气组件

44 创客 Marker



“邱勇带领着金橙子科技的研发部门通过三年多的研发，如今推出的 3D 打印控制系统 Ezcad3 可以为客户提供 90% 3D 打印所需的功能。”





高质与低价兼得！Markforged 新推两款工业级 3D 打印机

著名的3D打印公司Markforged发布一系列新工业打印机——X3和X5，X3使用一种高温碳纤维填充尼龙打印，售价36990美元，X5可以用玻璃纤维加固3D打印的部件，售价49900美元，打印出来的部件强度和硬度都为普通塑料的10到20倍。



eSUN易生重磅推出四款新品耗材

这四款新的线材为：eASA改性树脂、ePA-GF玻纤增强尼龙、eSmooth乙醇抛光可铸造线条、eBamboo竹线条。其中eSmooth乙醇抛光可铸造线条满足了FDM打印要求，同时具有优良的抛光效果。抛光后的样品更精致，光亮透明，同时具备600℃条件下完全分解不碳化无残留的特点，可用于金属的翻模铸造。



OPM 推出 OXPEKK 聚合物材料系列，用于航空航天和生物医学 3D 打印

美国Oxford Performance Materials推出这款材料整合专有PEKK配方，有高热化学性及机械承载强度，其玻璃化转变温度（T_g）为162℃，这种材料可贵之处在于它与铝一样强大，但重量却大大减轻，OPM希望为航空航天和生物医学创造出高价值的零件。



Sculpteo 推出坚固而柔韧的新 PEBA 3D 打印材料

PEBA是一种高性能的热塑性塑料，有优异的力学性能、柔韧性、弹性、耐冲击和疲劳性，即使在低于-40℃的温度下仍能保持这些特性，适合用来为原型和最终产品制造功能性的柔性塑料件，其高精度和低成本对于经验丰富的专业人士和初学者来说都是一种很好的材料。



将 3D 打印引入口腔正畸，正雅齿科获 5000 万人民币 B 轮融资

近日上海正雅齿科科技有限公司顺利完成 5000 万人民币 B 轮融资，由元生创投与辰德资本联合领投，东资壹号跟投。据了解，正雅齿科成立于 2004 年，是国内首个将 3D 打印技术引入口腔正畸领域的公司。

根据一份市场报告，2016 年，3D 打印在牙科行业的市场规模达到 9.78 亿美元；预计到 2020 年的市场规模将超过 23 亿美元。像除了隐形矫正外，用 3D 打印技术制作牙冠、牙桥、义齿等也正在齿科领域兴起。

化学巨头庄信万丰开放陶瓷 3D 打印研发实验室

最近，英国化学巨头庄信万丰（JM）举行了 200 周年庆典。8 年前，JM 开始研究不同的增材制造技术，最终将精力放在了粘合剂喷射陶瓷 3D 打印技术上。作为陶瓷增材制造努力的一部分，该公司宣布开放一家新的陶瓷增材制造研发实验室。

JM 之所以选择粘合剂喷射 AM 是因为该技术能生产多孔零件（孔隙能让打印件表面功能化），材料灵活，更容易扩展，形成规模后比其他 AM 技术更便宜、更快。JM 正在扩张，建立了一个试点工厂，并安装了最新的设备，以进行规模制造。



增材制造装备制造被我国正式列为独立行业

2017 年 6 月 30 日，国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会批准《国民经济行业分类》国家标准，编号 GB/T4754-2017，新标准将于 2017 年 10 月 1 日正式实施。

这是增材制造装备制造首次作为独立的行业列入《国民经济行业分类》之中。在新的国家标准中，增材制造装备制造是指以增材制造技术进行加工的设备制造和零部件制造。根据新的分类，增材制造装备制造（代码 3493）行业小类，归属于其他通用设备制造业行业中类（代码 349），归属于通用设备制造业行业大类（代码 34）。由于原有国家标准没有对增材制造设置独立的分类，因此难以开展产值、收入、利润等方面的统计，导致反映产业全貌的数据缺失，给产业政策的制定、重大专项批复等方面带来了许多问题。这一修订将对促进增材制造行业和企业的发展具有长远的积极影响。

惠普和德勤合作，欲借助 3D 打印拿下全球 12 万亿美元制造业市场

印刷业巨头惠普（HP）和服务业巨人德勤公司（Deloitte）强强联手，欲将惠普 3D 打印系统部署到大规模的生产制造中。为此，德勤公司寄希望于应用其“全球客户网络”的优势，来助力合作的发展。

3D 打印的转型将赋予公司“加速产品设计生产、打造更灵活的生产供应链”的能力，并且在整个生产周期中优化产出效率。惠普认为第四次工业革命正在悄然进行，而在全



球经济中，这 12 万亿美元的制造业市场所经历的更是最为激烈的转变。

切除 15 公分肿瘤！河南幼童换上了 3D 打印人造骨 & 钛合金肋骨

8 月 21 日，河南的 7 岁男童在唐都医院住切除了 15 公分肿瘤。主刀医师，唐都医院



胸外科副主任黄立军介绍考虑到孩子现在才 7 岁，未来身体还会继续生长发育，所以在切除了孩子部分肋骨之后，为其安装了三根可以随着他的生长发育而变长的 3d 打印人造骨 & 钛合金肋骨。这种 3D 打印肋骨的好处在于：1，不限制孩子的生长发育，2 它的抗压能力跟人体骨骼是一样的，所以它可以起到保护人体内脏的作用，3，他在影像检查中对影像的干扰很小，对孩子未来的影像学检查有很大的帮助。

新品速览



Mimaki推出具有1000万种颜色的全彩3D打印机

这台Mimaki 3DUJ-553 UV LED打印机使用了UV LED固化方法，利用CMYK和白色、透明油墨施加约22微米的最终UV油墨涂层，从而生产出精美品质的成品，它也是世界上第一台利用颜色配置文件的3D打印机，还采用了水溶性的支撑材料。



台湾制造商研发FDM+SLA二合一3D打印机

Layer One正在开发的Atom 3采用“Delta 3D”打印系统坚固的Z轴，实现FDM和SLA的合二为一，成形空间体积为65×120×250mm，每打印层的厚度为25至100微米，而SLA系统则基于LCD光固化技术运行。Atom 3系统将使用一个模块化的打印平台，树脂层可以贴在该平台上并且可以在用于SLA打印的磁性控制臂上移动。



XYZprinting推出全新的全彩3D打印机

XYZprinting宣布推出全新的全彩3D打印机--达芬奇，这款售价为3000美元的熔丝制造（FFF）3D打印机可以将CMYK彩色液滴混合并喷射到PLA线材上，实现1600万色的打印。3D打印机的构建体积为7.9 x 7.9 x 5.9英寸，具有免提自动校准，EZ可移动打印床，5英寸彩色液晶屏和无毒过滤系统。



英国 Photocentric 推出一大一小两款基于树脂的桌面 3D 打印机

Photocentric是世界五大光聚合物树脂供应商之一，两款机器都使用LCD面板作为光聚合的光引擎，大的Liquid Crystal Pro构建体积为470 x 240 x 340mm，售价4,800美元，小的Liquid Crystal Precision，构建体积只有123 x 69 x 160mm，定价为1030美元。



01 | 英国

英国皇家海军发布 3D 打印未来概念潜艇“鹦鹉螺 100 号”

英国皇家海军近日公布了一款未来潜艇的概念设计。这款名为鹦鹉螺 100 号(Nautilus 100) 的虚构“母舰”采用了 3D 打印的船体，由丙烯酸材料制成，最深可以潜至水下 1000 米。潜艇内可容纳 20 人，船员通过脑机接口控制系统。此外，还将配备一系列无人水下航行器(UUV)，其中包含了由 3D 打印的微型无人机。英国皇家海军相信，这艘母舰可以成为“控制中心”，控制他们所掌控的其它舰船。



02 | 德国

3D 打印魅力有多大？德国钢铁生产巨头蒂森克虏伯正式开设 3D 打印中心

德国钢铁生产商蒂森克虏伯(Thyssenkrupp)正式在德国 Mülheim 开设了一家新的 3D 打印中心，以增加自身在 3D 打印行业这个“正在扩大的市场”中的活动。随着 3D 打印中心的正式开设和运营，蒂森克虏伯将用其增材制造技术来生产金属件和塑料件。目前，中心投资了一百多万欧元，配备有两个最先进的 3D 打印系统，一塑料，一金属。蒂森克虏伯希望利用其增材制造技术服务于多个行业，如航空航天、汽车、能源等。

03 | 美国

美国防部 3D 打印授权法案获美国国会批准

近期，关于美国军方使用 3D 打印的消息可谓是屡见不鲜。美军一项为期三年的军队项目 B-Hut，一个 3D 打印的兵营建筑项目已经成果初现，该项目致力于就地取材进行混凝土修筑的研究工作。此外，美国国防部授权法案(其中包括与 3D 打印相关的条款)已获得美国国会批准，该法案要求国防部长向众议院军事委员会提交其增材制造计划。这可能是军事 3D 打印的一个重要里程碑。



04 | 西班牙

失明移植不用愁？西班牙研究团队计划 5 年内制造出 3D 打印可移植角膜！

最近，西班牙的一个研究团队宣布计划采用生物 3D 打印在 5 年内制造出 3D 打印角膜，这对于无数失明患者可谓是一大福音。目前 3D 打印系统已经建成，研发团队正在努力开发合适的纳米技术来制造所需的胶原蛋白基质，希望能制造出一种生物模拟人角膜基质，完全替代人类供体，且 3D 打印角膜排斥率较低。该项技术一旦实现，眼科医生将能在短短 5 天内得到适合患者的 3D 打印角膜。



07 | 日本

人体温度就可软化？日本研发了低温可塑的热敏 3D 打印线材

日本高新材料公司 Unitika（尤尼吉可）开发了一种热敏 3D 打印线材。因为仅仅通过体温就可以使这种材料软化，所以使用该材料打印出的物体可以直接用手进行重塑。这种线材在人的体温或热水那样的温度下就可以软化变形。无需高温，用户在打印完成后可以对成品进行“精细调整”和“手工进行准确而精致的修整”。更棒的是，模型的形状可以通过高温进行永久定型，这意味着用沸水或电烤箱就可以固定形状。



05 | 迪拜

迪拜道路运输管理局携手西门子，为地铁系统开发 3D 打印零件

近日，工业制造公司西门子与迪拜道路和运输管理局（RTA）签署了一份谅解备忘录。根据协议，西门子将与迪拜 RTA 合作，为后者的地铁子系统开发 3D 打印零件。西门子和 RTA 将使用 3D 打印来“扩展迪拜地铁的备件来源”。在阿联酋，西门子已经开展了多个 3D 打印项目。最近，西门子与阿联酋航空公司 Strata Manufacturing 和 Etihad Airways 合作设计、开发和生产了第一个 3D 打印飞机内饰零件，该 3D 打印件在三月份首次露面。

06 | 印度

首个印度产 3D 打印卫星组件，印度 IT 服务商与 EOS 携手合作

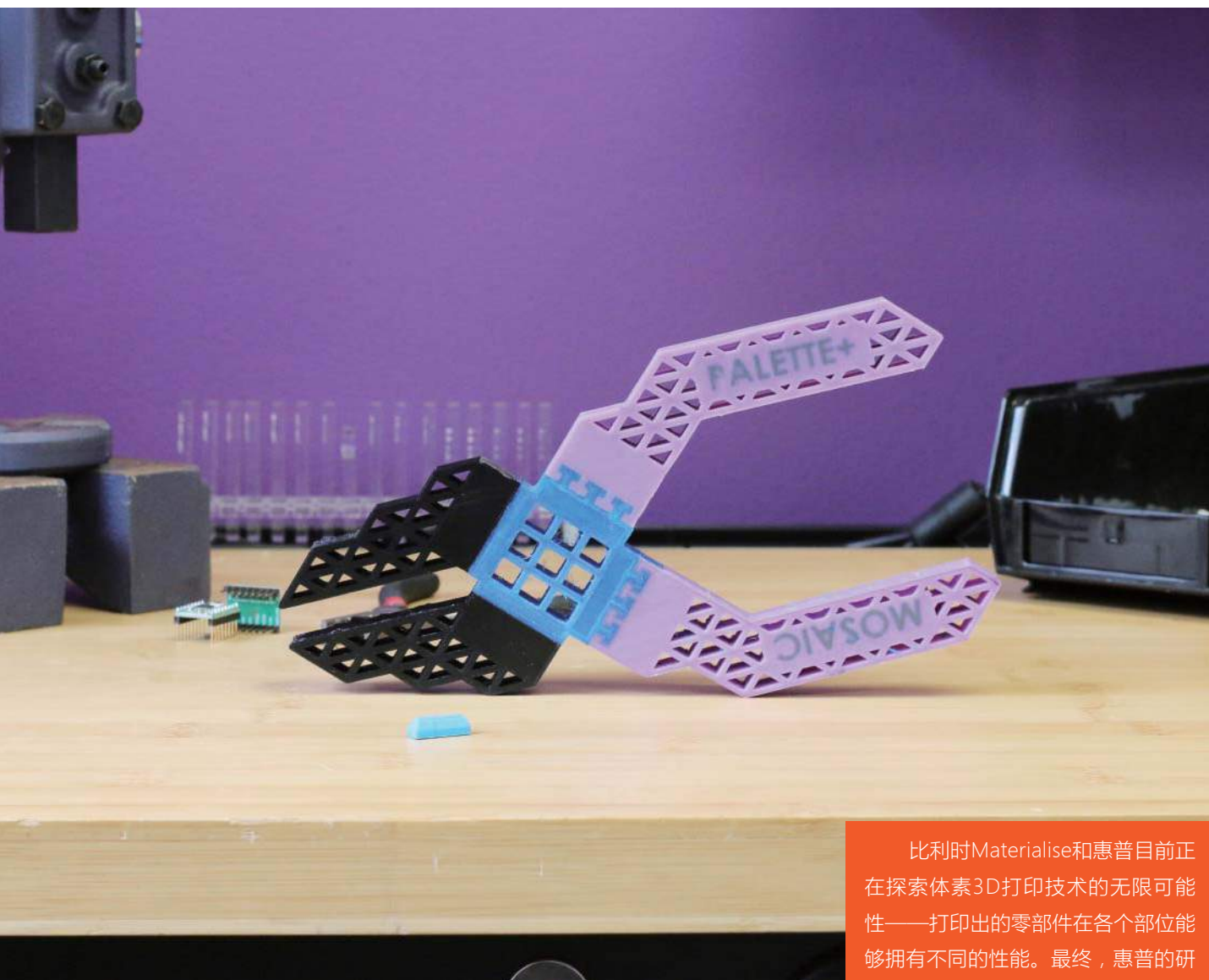
印度 IT 服务公司 Wipro 与德国增材制造巨头 EOS 合作，成功生产出一个 3D 打印功能性金属卫星组件。这个名为“North West Feed Cluster”的组件是用铝制成的，被安装在印度空间研究组织的 GSAT-19 通信和研究卫星上，这颗卫星在 2017 年 6 月 5 日发射升空。据 EOS 介绍，这标志着“印度这个新兴 3D 打印中心的首个 3D 功能性组件”。



08 | 中国

四川航空动力与增材制造产业基地重大产业化项目开工，投资资金高达 350 亿元！

在“中国 3D 航空动力小镇”——四川省军民融合（航空动力与增材制造）特色产业基地航利集团航空产业园项目建设现场，彭州市举行了 2017 年重大产业化项目集中签约暨开工仪式。此次彭州举行的重大产业化项目集中签约和开工共 56 个，资金高达 350 亿元。位于丽春的航空动力产业功能区的“中国 3D 航空小镇”主导产业为高端 3D 打印技术和航空动力等先进制造业，计划 2020 年全面建成“中国 3D 航空小镇”。

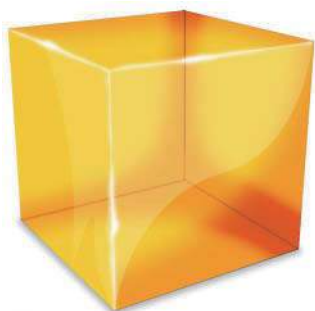


创新推动未来： 第一个多彩体素级3D打印部件

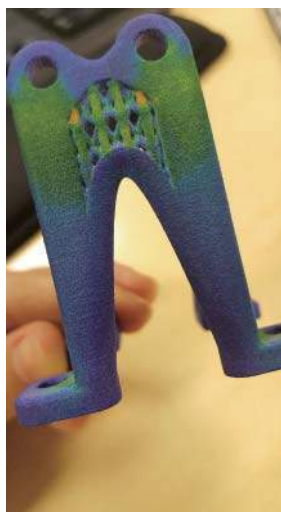
比利时Materialise和惠普目前正在探索体素3D打印技术的无限可能性——打印出的零部件在各个部位能够拥有不同的性能。最终，惠普的研发部门采用3D打印制造出一个应力可视化的体素零件，这将影响到未来金属部件在这方面的发展，为行业树立了首个典范。

体素技术：是什么？为什么？

体素技术是一个流行语。但体素是什么？这种新技术有什么好处呢？类似像素是2D图像中最小的可识别元素一样，体素（体积像素元素）是3D设计或3D打印部件中最小的元素。像



一个体素代表



体素打印部件的尺寸

素一般只有颜色属性，而体素则可以包含多个属性，如颜色、灵活性和导电性。类似于像素组合渐变色变成完整的图像，体素的组合也可以将不同的属性结合在一个部件上。

体素这一术语是用于描述计算机设计模型和打印部件中的这些元素。体素的形状是立方体。如想要将其转化成一个打印部件，就需要对3D模型和其所有体素进行切片处理。这些立方体素随后会逐层沉积，然后具有特定属性的完整3D打印部件就完成了。

大多数打印机器和软件程序只能处理与表面相关的信息。采用体素3D打印的优点在于可以在不同位置分配特定的属性，可以进行多彩色、


多材料打印。这样就开辟了新的应用，例如用一种材料打印的物体内部可以是硬的，外部却是软的；可以通过颜色的变化判断磨损的程度；可以在打印物体内部时使用另一种材料。

然而，目前体素技术仍处于发展的早期阶段。Materialise希望未来能掌握体素数据，用户可以对体素数据进行处理并成功打印出零件。这个样品部件就是第一例成功案例：Materialise对体素数据进行了设计和处理，然后用惠普的HP Fusion Jet打印机进行打印，采用不同的颜色将零件内部应力点可视化。

适用于处理体素数据的软件

Materialise将设计样本导入模

拟软件中，检查应力的位置，然后将各个应力区域在部件内外以不同的颜色区域显示出来。采用Materialise的Magics 3D打印套件，包含Magics软件和Build处理器，设计被处理得完美无瑕。最终打印出来的是一个可以显示终端部件应力情况的部件。在制造终端部件的时候，设计师就可以知道哪些光束直径需要进行调整，以获得所需的强度。

Materialise和惠普强强联手，在新的领域进一步创新，并推动行业往前展。随着体素技术的逐步开发，制造业将涌现许多有趣的应用。而一台好的体素3D打印机配上先进的软件，将进一步发挥其优势。（翻译：张紫薇）

4D打印将引发新一轮军事变革

作者：马驹 张全礼

商场中购买的鞋子可根据人脚的形状、大小自我调节；衣橱里琳琅满目的裙子可随人体形态自由变化；战士的武器可随战场环境自我改变适应……这些不是科幻，也不是幻想，4D打印将带领我们步入充满神奇的世界。

4D打印诞生于美国麻省理工学院的自动组装实验室。2013年3月，在技术、娱乐、设计大会上，该实验室首创4D打印技术，成功地把3D打印的绳子放置在水中，使其自我弯曲折成“MIT”（麻省理工学院的英文缩写）。此后，4D打印技术进入大众的视野，受到了全球的广泛关注，不断应用于工业、航天、医疗、军事等诸多领域。

4D打印是指初始材料经过3D打印后，在关键部位加入智能材料，形成的“半成品”遇到特定环境，无需人为干预，也不用动力能源，便可按照预先的设定进行“自我组装”“自我修复”，是一种能让材料快速成型的颠覆性技术。

颠覆性技术的出现，往往最先应用于军事领域。3D打印在新军事变革中方兴未艾，4D打印又会带来什么样的未来战争呢？

“低成本”战争

4D打印将驱动节约型军事生产。不论是潜艇、空间站、宇宙飞船等大型武器装备的制造组装，还是智能防护服、特种枪支等高端小型武器装备的设计生产，对于研发单位和军工厂来说，研发、生产成本都是较高的。3D打印的出现，部分解决了制造生产的初期问题。复旦大学沈丁立教授对3D打印军事武器的原理有一个形象比喻：“传统的制造是一门雕刻技艺，对多余的部分做减法；而3D打印与之相反，我需要什么，才增加什么。”4D打印技术更进一步，在一体化打印的基础上实现了武器不同部件的可变形组装。

因而，4D打印简化了工业制造中的繁琐环节。设计者只要简单地编程，而无需生产机床等上游生产设

备，部件与产品本身结构的难易程度将变得不再重要。英国宇航系统公司透露，“旋风”式战斗机部分零部件的一体化打印，预计可节省120万英镑的成本。产业链升级带来的绝不仅仅是数笔经费的节省，极有可能是造价颠覆式的革命。比如，航空母舰上的武器和配套装置，人造卫星、空间站以及宇宙飞船上的仪器装备，一旦出现某个零部件故障却无材料维修的窘境，带来的损失可能是一个天文数字。4D打印技术根本性地解决了“寸土寸金”的特殊环境下材料的安置问题。

“快速化”战争

快速化战争首先体现在武器装备的生产制造上。毋庸置疑，4D打印下的军工生产将大大缩短武器升级周期，突破军事创新时间的阻碍。传统武器研发一般先模拟后制造，或者一边建物一边调整模拟效果。前期设计生产涉及到人员组织分工协同、构件生产运送组装，后期调整又涉及到



部分构件重制、装备重组，甚至核心的改变。虽然整个流程结构高度紧密，但是环节则比较分散，冗长的产业链不可避免地拉长了武器装备的研发周期。4D打印让快速建模有了根本性的转变：硬件和软件的紧密结合将颠覆武器装备传统的需求导向—设计实验—制造研发流程，使设计建模到产品成型高度一体化，无需考虑复杂的模型结构、依赖高精尖的辅助设备，产品成品所需时间将大大缩短，这无疑将加快武器装备更新换代周期，为实现武器装备由批量化生产转向定制化制造提供了可能。

武器生产研发“快速化”的保障，衍生助推战争的“快速化”。4D打印快速转换“需”“求”的特质，将满足战场实战化要求。战场环境复杂多变，装备损毁后很难得到及时修复，影响作战任务的正常执行。4D打印在战场上广泛运用后，就可有效解决长距离复杂环境下快速运送维修的问题，甚

至实现武器装备实时自我修复。即使武器装备损毁至难以修复，结合3D打印，只需三维模拟图形，零部件当场也能被快速打印“制造”。

“智能化”战争

4D打印技术的发展应用更多地取决于智能材料的进步，而不是打印手段。“它所需要的并非一般的普通材料，而是带有记忆功能的智能材料，是一种能感知外部刺激，并能够通过判断而进行自我变形、组装的新型功能材料。”信息化战争中作战任务的不断拓展对武器装备提出了更加特殊的要求，依靠武器装备固有性能已不能适应多变的战场环境，这就要求新式武器要能根据不同战场环境需要做出适当“动态”调整。以战斗机为例，用4D打印技术做成的部件如遭敌破坏，战斗机无需迫降，也不必等待零件运送及专业技术人员到来，损毁部分会快速脱离飞机，新的部件可





3D打印金橙子科技邱勇：

EZCA
控制
助力精密 3D

3D 系统 打印

撰文：曾伟清

计算机控制系统、三维设计图形、3D打印设备、3D打印耗材、后处理工艺等系列要素构成了一幅完整的3D打印产业地图，其中计算机控制系统就像核心的“大脑”一样精确地控制着3D打印流程的顺利进行。

近年来，国内3D打印设备与耗材供应商像雨后春笋般迅速涌现，而3D打印核心控制软件却往往是由盗用的国外软件东拼西凑而成。幸运的是，北京金橙子科技股份有限公司（以下简称“金橙子科技”）凭借其十多年的控制软件研发实力与功能强大的Ezcad3控制系统填补了地图上的这块空白。

3+1组合横扫激光打标控制

2004年，国内激光打标系统核心的控制卡和控制软件市场刚刚兴起，一个有趣的3+1组合决定挑起国内激光打标系统控制的大梁，四位理工男——三名名校毕业专攻电路板控制与一名“半路出家”自学软件编程，联合成立了今天的北京金橙子科技股份有限公司，专门研发激光打标控制卡和控制软件。

此次《3D打印世界》封面人物的主人公、金橙子科技的创始人之一、董事、副总经理邱勇即是这个组合中的灵魂人物，多年来一直主导着公司核心软件的开发。

金橙子科技成立不到两年时间，就以其核心产品——系列打

标控制卡赢得了国内市场。经过十几年的发展，如今金橙子科技在激光打标行业已家喻户晓，占据着全球激光打标控制系统的龙头地位，并且于去年在新三板上市。

邱勇颇为自豪地介绍，“中国市场每年都有好几万套盗版软件，其中百分之七八十是盗版我们的，连竞争对手的软件界面也都基本模仿自我们的软件，金橙子科技在这个领域中是毫无争议的龙头。”目前，金橙子科技开发的所有系统和控制软件，都拥有完全的自主知识产权。

虽然3D打印兴起不过四五年的时间，但金橙子科技早在十年前就已经了解到当时被称为快速成型的

3D打印在控制软件方面的需求，并与我国最早一批金属3D打印厂商北京某工业3D打印公司合作做一些





研究开发，完成了早期的知识积累，并打下了技术基础。

邱勇表示，“十年前，金橙子科技就已经知道了3D打印需要什么样的功能，3D打印火了以后，我们在以前的研究基础上专门针对3D打印所需的功能做控制软件的开发。”

从激光打标控制到金属3D打印控制，其中是否存在技术上的跨越？

在邱勇看来，实际上这两种技术的差别并不大，“金属3D打印说白了其实就是一个金属打标。3D打标是利用激光在二维的平面上进行熔融甚至汽化从而在物体表面留下永久的图形。同样地，3D打印也是将三维设计的形状切片处理成为二维的图形，激光在一层层金属粉末上对粉末按照预定的图形进行熔融或烧结。打标是将材料去除，而3D打印则需要叠加成型。无论是哪一种，其核心的技术都是通过计算机软件利用扫描振

镜来控制激光打标头或打印头精确移动。”

Ezcad3为3D打印客户解决90%的难题

尽管邱勇在软件控制研发上拥有多年的经验，但是相对于3D打标，3D打印在工作流程中增加了更多细节性的

东西，给操作带来了难题。例如，如何校准以保证每层金

属粉末的打印精确度？如何更好地进行切片？如何进行填充才将3D打印部件的热效应降到最低？STL文件数据量如此之大，如何进行软件优化才能确保这些超大的文件顺利地保存与输出……为了解决3D打印过程中的这些难题，邱勇带领着金橙子科技的研

发部门通过三年多的研发，如今推出的3D打印控制系统Ezcad3可以为客户提供90% 3D打印所需的功能。

“我们提供了一整套的解决方案，客户可以选择性地将这些技术模块组装在一起，自己只需简单开发做出最终界面，就能实现他们所需的3D打印功能。”

邱勇为我们展现了金橙子科技推出的3D控制系统的几大优势：

3D校正：

“校正我们的客户最常提出的需求。比方说客户需要打印一个100X100mm的矩形，在准确打印完之后，再打印50X50mm的矩形可能又會不准，因为整个区域每个点都要打准就需要在整个区域都有很精确的校准，如果没有足够的经验和实力很难做到这一点，金橙子科技针对此推出了解决方案。”

针对光学失真，传统手工校正中存在的精度低、误差大的问题，Ezcad3采用全程摄像定位多点计

“ 我们提供了一整套的解决方案，客户可以选择性地将这些技术模块组装在一起。 ”

芬兰国家技术研究中心 (VTT) 用金属增材制造优化 工业给油阀组



设在艾斯堡 (Espoo) 的芬兰国家技术研究中心 (VTT)，是欧洲最大的在金属粉末工艺技术上有着很长跟踪记录的研究技术。在下面的研究案例中，VTT 的研究人员 Erin Komi 回顾了为满足工业用途而采用增材制造的给油阀组 (valve block) 的开发过程。该项目是与行业伙伴 Nurmi Cylinders 一起进行的，根据减少尺寸、节约重量、提高性能的目标来进行给油进行阀组的优化。



增材制造 (AM) 提供了许多超越传统制造方法的优点。该技术可以生产出几何形状极其复杂的零部件；给予设计师、工程师无比的设计自由；并允许更高的结构效率与轻量设计。与日俱增、门类庞杂的公司都在关注着增材制造所能带来的回报。可是不久，他们意识到，当零部件被设计成要满足特殊需要并受制造过程约束而选择使用增材制造时，才能获得充足的利益。

2015 年，VTT 芬兰技术研究中心进行了一个研究项目——探索增材制造在国家项目中实施的可能性。该项目由几个公共的和私人机构资助，包括芬兰政府资金实体 Tekes (芬兰国家技术局 * 译者注)、VTT 和芬兰几个小公司。

国家授权的 VTT 是北欧国家中

领先的研究与技术公司。在近 75 年光景中，VTT 为国内外客户、私人 and 公共部门的伙伴提供了专业知识、高水平研究与科学基础解决方案。VTT 的学术研究者，开发出了一系列新鲜而时髦的技术，创造了创新且有利可图的解决方案，并且与他们的客户紧密合作来开发技术，总之，这种行为既帮助到了客户公司，又对社会有所裨益。

对于增材制造项目，VTT 的工程师们与一个项目的投资方从芬兰一家液压缸产品制造商 Kurmi Cylinders 选择了给油阀组这个样品 (Kurmi 产品多用于近海平台、工业、移动式液压装置)。VTT 与 Kurmi 一起设想应该为增材制造设置什么样的设计和目标，才能充分展示出这种制造方法所拥有的优势。

采用增材制造的目的既是为了减少给油阀组的尺寸，又要降低所需材料总量，还要优化与改善给油阀组内部通道，以便为客户生产更优的组件。负责增材制造给油阀组项目的工程师是 VTT 的研究员 Erin Komi。Komi 擅长用有限元声学模拟法工作，为 VTT 客户们制作不同产品的声学模型。最近她也开始加入增材制造设计项目中，在这里她正在使用拓扑优化和其它设计工具。

寻找最佳的可打印设计

根据尺寸、形状和设计，以及所需数量，并非每一零部件都适合于增材制造。但给油阀组非常适于增材制造，因为增材制造在改善重量与性能方面有着极大的潜力。

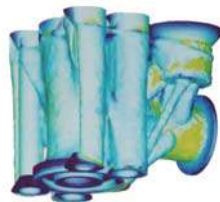
给油阀组的传统设计方法开始



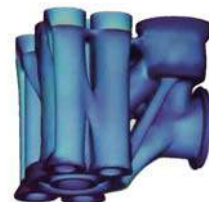
OptiStruct 软件生成给油阀组形状



用 3-maticsSTL 软件使几何表面光滑以准备增材制造模型



用 OptiStruct 软件对给油阀组进行设计分析



给油阀组采用 OptiStruct 设计分析

于一块金属，根据传统的制造方法设计出的形状成型后，内部通道必须钻通以适应液压流动。精确地钻通这些通道是很困难的，因为它们需要在一定位置上整齐划一，但这时常会有“盲钻”所引起的对齐问题。此外，辅助孔也时常要钻通而后塞上，但这就打开了潜在泄露之门。

使用优化技术与增材制造，VTT 的工程师们希望借助改善设计以取代这个笨重的方法，并制造出金属块的内部通道，最终获得一个小而轻又更优秀的终端产品。

为了设计、优化与分析该给油阀组，VTT 使用了 Altair HyperWorks® CAE 工程软件套件，优化工具 OptiStruct® 和套件中的有限元求解器。“我们直接用的是 OptiStruct，” Komi 说：“因为我们过去用过，了解其工作流程，它带来的结果是令人满意的”。

“虽然有其它可供选择的产品，也可以做拓扑优化，”Komi 继续说：“但我认为 HyperWorks 更容易些，OptiStruct 机动灵活性，具有很多不

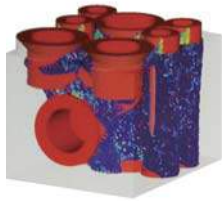
同施加载荷的可能性。”

软件工具加速设计过程，应对挑战

像 OptiStruct 这样一类拓扑优化工具最大优点是不需要真正用到 CAD(计算机辅助设计)设计。一旦工程师画出设计空间以及限制，载荷和其它边界条件，优化工具就会自动推荐最佳的设计。在 VTT 项目中，客户提供边界条件及附加的内部限制，像金属块必须放在哪里、必须考虑的加工余量等，内部通道的尺寸、位置和方向也由客户选定。在这种情况下该设计是一金属块，它有可被连接螺栓安装的几个孔。帮助 VTT 创建给油阀组优化设计的重要工具是 OptiStruct 形状生成工具之一的 OSSmooth。有了 OSSmooth，工程师就可自动在网格上划分该设计，再进行分析，以确保所有原始设计的需求得到满足，且应力极限不被超过。在这一点上，设计仅是一个粗糙模型，而且也时常有应力顶峰出现，这会使它不适合于增材制造。

为了应对这个挑战，VTT 用了一个 Altair 伙伴联盟提供的 Materialise 辅助软件，叫做 3-maticsSTL，该联盟在其现有的 HyperWorks 许可证无附件费用情况下，给予了 HyperWorks 客户们使用第三方工具的权利。该 3-maticsSTL 软件可使设计变更修改、网格重划分，并创建出 3D 结构、轻量化模型、适形结构，以及有全部 STL (StereoLithography 立体光刻术) 工具。在这种情况下，3-maticsSTL 帮助 Komi 把她的优化网格转变成可打印的文档。

“我是通过 Altair 获悉有关 Materialise 的软件，”Komi 阐述：“在开发过程的某个阶段，我试着用 HyperMesh 准备一打印模型，但非常麻烦，它耗费我几天时间，收效甚微。一次，我获悉了 3-maticsSTL，并试了试，其效果非常好，原本耗时数天时间一下子变成了几小时。一个附带的好处是可以通过我们的 HyperWorks 许可证获得使用该工具的权利，所以我们无需花费附加的软件费用”。



拓扑优化效果



增材制造的给油阀组



给油阀组经历了若干设计迭代，在某些地方，由客户提供的设计空间原始尺寸被切割分成Komi提出的结果。事实证明，该客户减少了设计尺寸空间，最终设计也变小了，这是优化的结果。给出了应力和作用力的自然流动，并利用设计的充分自由度，工程师通常能收到最好优化结果，包括最小、最轻和具有最高刚度的设计。

为进一步优化给油阀组的性能，Komi改变了内部流动通道的路径。最初这些通道被弄成从圆形横截面，看起来像S形曲线。VTT使用的增材制造方法选择性激光熔化（SLM），需要在内部通道添加支撑，但这样是不可行的，因为它们不可能被后期去除。最终，VTT与客户一起想出来的解决方案是仍保持该截面，但改变形状与通道路线。

项目的目标之一，是为SLM创建一个椭圆或菱形而不是圆形通道，并且能更好地用SLM法打印这样的指导原则。

通常认为在SLM工艺中，45°角

几乎是没有任何附加支撑产生的悬突物的极限角。为了优化设计，VTT做了一个假设，外部结构会或多或少遵循内通道的路线。这样，如果内通道以约45°角运行至基准版，所需的外部支撑数量可以减少，节约花费在过去工艺阶段去除支撑的时间与金钱。基于这种用SLM机的最好设计路线，VTT探索出了一套设计规则，并推荐给客户。

优化设计制造更小，更轻，更完美产品

这个给油阀组设计新方法的结果及其生产方式是引人注目的：构件的尺寸与重量全然减少；内部通道液体流动得到改善；所有的应力与强度要求都得以满足。用传统的钻削技术制造类似给油阀组，估计其重量会超过2.5公斤，而新的优化并使用增材制造的给油阀组的重量少于600克，与传统设计与制造方法相比，重量要减少76%。增材制造工艺也让材料浪费较少。研究项目的成功，不仅有利于客户Nurmi Cylinders，而且VTT

也从中受益。Komi说道：“项目中的每一个人都因此成果而高兴，因为它是一公共项目。我们可以展示并讨论我们的成果与我们所采取的解决方案的途径。它也是一个有趣的项目，因为针对给油阀组，你有一个明确的载荷工况，然后再对你的结构进行优化是极其重要的。拓扑优化是一次有趣的探索——复杂的有机形状设计，这个设计对打印与制订整个打印过程既是一个挑战，也是一个非常好的学习经历。在细节上，我们不得不考虑在平台上的打印方向，估计所需的内部支撑，把内部支撑的需求最小化及诸多事项，这对我们探索增材制造也是一个很好的学习过程”。

“VTT拥有一台SLM打印机大约一年左右，我们仍在进化我们的设计过程，以期得知什么样的设计瞄准增材制造才会受到青睐。有对增材制造实际设计的关注，就有了一次学习的经验。我们在设计阶段早期，就能看到增材制造的好处，并加以考虑进去，这个项目给予了我们实践的机会”。

FDM原型在摩托车制造商杜卡迪引擎设计中的运用

成立于1926年，杜卡迪是世界上最著名的竞赛摩托车制造商之一，其特色在于独特的发动机、创新的设计和先进的工程技术。该公司在世界超级摩托车锦标赛上硕果累累，为世界呈现出了竞赛场上最先进的摩托车该有的样子。

挑战

杜卡迪面临的关键挑战之一是缩短设计周期，加快新产品上市时间。为了解决这个问题，它运用Stratasys公司的Fortus FDM原型系统进行设计。杜卡迪借助FDM（熔融沉积建模）技术，用ABS、PC和聚苯砜制造出了概念模型和功能原型。

解决方案

借助FDM，杜卡迪的Desmosedici竞赛摩托车引擎设计开发周期缩减了20个月。这对于设计团队来说，这简直是一次历史性的成功，整个引擎从设计到组装仅用了八个月的时间，而传统的引



几乎完全由FDM技术打印的PC部件组成的引擎原型



擎制造流程需要28个月，而且大部分原型都外包给了服务公司。

杜卡迪希望Desmosedici可以超越之前的设计，通过提供额外的动力，继续在MotoGP系列比赛中取得成功。借助两个FDM原型系统，设计团队制造了一个几乎完全由PC部件组成的原型引擎。该设计包括一个双汽缸椭圆形活塞的配置，工程师认为这种设计既能提供额外动力，同时又符合MotoGP的赛制。这个发动机拥有传统双缸发动机的功率和扭矩，但又具备与多缸发动机竞争的能力。

战略上的调整又让设计师对汽缸的配置有了新的想法。他们重新设计了四轮活塞发动机，并采用了2x2的点火顺序，重现了双缸发动机的工作周期。四个活塞被配置成L形布局。这意味着它完全遵守MotoGP目前的规定，同时为国际摩托车行业奠定了一个新的基准。新的发动机将完全由PC打印而成。

“这些3D打印模型的准确性和耐用性使我们能够对每个组件进行物理分析，检查设计上存在的缺陷，并迅速改善它们，”Ducati Motor Holding Spa的研发CAD经理Piero Giusti表示，“与以前相比，FDM原型引擎让

我们有更全面的观察，减少了设计中的错误，大大加快了开发进程，PC引擎原型帮助我们证实了第二个设计才是正确的决定。”更重要的是，它能够将整个引擎原型呈现在MotoGP组织的面前，并顺利获得他们对四轮活塞发动机设计的支持。

在购买Fortus原型系统之前，杜卡迪在外包服务公司上的花费每年约100万欧元，相比之下，购买两台FDM打印机和材料并进行日常维护的花费更加经济，不仅能以更低的成本生产出更多数量的零件，而且还能更准确地预测出每个项目的成本。

Giusti说：“为了使杜卡迪始终保持在发动机设计的前沿，我们希望找到一种能快速做出精准耐用的原型技术，而FDM是唯一能满足我们需求的解决方案。这些机器就像打印机一样容易安装，现在它们已经成为我们设计和制造过程中不可缺少的一部分。Stratasys公司真正地帮助到了我们，并一直给我们提供专家建议。”

“如果你想赢得比赛，就必须在整个行业中推动技术创新。我们与Stratasys公司的合作，使得杜卡迪成为全球摩托车制造领域的革新者。”（翻译：吴立华）

3D打印透镜传感器， 为汽车装上智慧之眼

Lunewave 公司是美国亚利桑那大学 (UA) 的一家认证初创公司，致力于开发下一代传感器技术。其独有的产品是 3D 打印的 Luneburg 透镜天线，能够提供无线通信以及传感功能。

传统的驾驶辅助感应器常因为其高昂的价格无法出现在低端车型上，并且多受天气和距离的影响。而该透镜系统采用非典型的方法制造，具备低成本、可定制的特点，是传统天线不错的替代。作为联合创始人之一的 Hao Xin 教授说，这些设备“将是未来自动驾驶技术的重要推动者”。

360 度全方位视角

Lüneburg 透镜是一个球形结构的装置，它能够提供 360 度的视野。大小与乒乓球类似，该透镜结构由数学教授 Rudolf Lüneburg 于 1944 年首次提出，并以他的名字命名。该透镜系统可以有效地读出诸如可见光、微波、红外线等电磁波的距离，而这一切都归功于在其中的核心。

360 度传感，不畏恶劣天气

这款由 Lunewave 公司制造的透镜系统是采用 3D 打印技术制作而成的，它利用聚合物喷射技术，将电磁

晶体植入到透镜结构中。

与激光雷达和雷达之类的传感技术相比，Lunewave 透镜系统对恶劣天气情况有着更好地耐受性。

与此同时，这样的生产方法也使得该透镜系统的生产成本更低，Lunewave 的创始人希望，用较低廉的成本让更多的低端车型拥有智能感应的能力。

行走在路上的眼睛

这个项目已经获得了国家自然科学基金会第一阶段拨款的许可。UA 工程学院的 TLA 版权经理 Bob Sleeper 说，所授予的资金将会被专门用于研发装载 3D 打印 Lüneburg 透镜系统的“高性能、高价值的自动驾驶汽车雷达传感器系统”。而 Lunewave 公司的该套系统，将会极大的改变汽车“看”世界的方式，UA 非常看好该项技术未来的发展和应用，并且相信会有越来越多的汽车使用上这项技术。

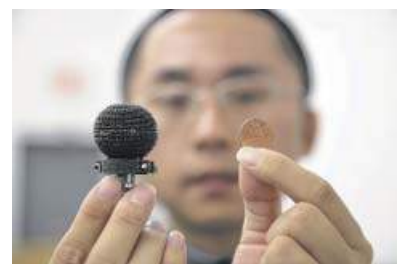
3D 打印的 Lüneburg 透镜系统与嵌入式的电子和（或）金属膜介质相结合，使新改进的车辆安全系统具有更强的扫描能力。同时，该系统也可以通过更换掉昂贵的传感器来节省资金。

它也可以比现行使用的雷达看

到更远的距离，并且通过内置雷达来避免受到不同汽车件雷达信号的干扰问题。

形式与功能的结合

尽管对于航天工业来说，这是一种不怎么新奇的做法，但是 Lunewave 公司的 3D 打印天线却有着更加广泛的应用优势。Hao Xin 教授认为，该技术在传感和检测、自动汽车和无人机、污染、水汽探测以及无线通信方面都可以应用，正是对于其拥有广泛应用机会的最好证明。该公司的联合创始人之一 Steven Wood 解释道：“消费者无需再局限于传统一刀切的天线选择，Lunewave 的新式天线可以根据特定的操作频率和带宽进行定制。天线可以被很快地设计出来并送往制作，因此保证了客户能够尽快拿到最终的成品。”



Sonova 首个3D打印钛金属助听器： 更迷你、更耐磨、更强大



2000年开始，瑞士的听力解决方案技术公司Sonova就开始使用3D打印来定制助听器。Virto B-Titanium——这是Sonova的首个3D打印钛金属助听器。

定制助听器

每年，Sonova和它的子品牌Phonak都会为全球各地的患者提供数十万个定制助听器。

这一过程是如何进行的？

首先，公司会用硅胶来初步探索耳道形状，然后通过3D扫描，用软件制作成耳道数字模型。

接着，采用光动力缸聚合技术，将定制模型3D打印在丙烯酸材料上。

但是，为了提高这些模型的强度和适应性，新研发的Virto B-Titanium会利用金属3D打印的粉末床熔融法。

其实，引入任何一种新的材料，就算是新的颜色，都需要大量

的测试和鉴定，何况是钛金属这种材料。首先，它的机械性能和物理属性等内部因素都会纳入测试范围，包括刚度、强度、抗静电能力、抗冲击能力、断裂伸长率、被加工能力等等。因为一个好的助听器使用周期应该要达到

3-5年，所以外部环境因素的影响也很重要。它会接触到各种各样的外部因素，如紫外线、汗水、化妆品、防晒霜和像

异丙醇这样的清洁材料等等。当然，也不能忘了考虑3D打印材料的纯度，连续性和打印精确度等问题。而钛金属和3D打印技术结合，则完美地制造出最小的定制的助听器。

更迷你、更耐磨、更强大

“助听器的大小至关重要。助听器仅仅是大了100微米，耳朵就会不舒服，如果太小了，就会从内耳到外耳漏声。数字处理，可以让我

们更加精确地定制出适合患者耳道形状的助听器。”

这款Virto B-Titanium助听器比普通丙烯酸外壳的装置强度要高15倍，更加耐磨和防水。同时，它只有一个指尖的大小，比普通的Phonak产品要小26%。

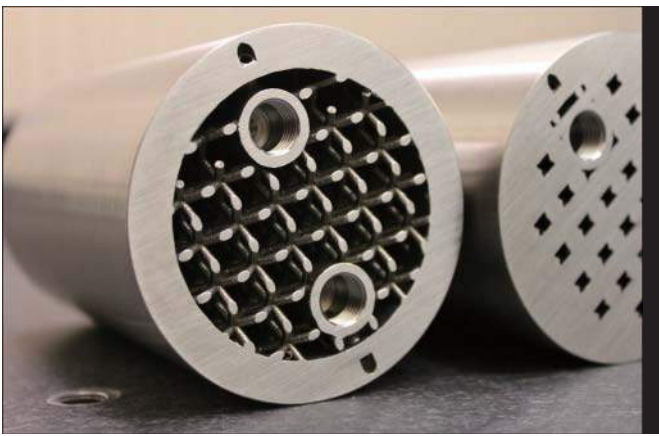
更重要的是，根据患者的需求，他们想要戴的是一个隐形的助听器，一个小到可以藏在耳道内也不损害产品的助听器。

通常丙烯酸助听器的外壳标准厚度为0.6毫米，而Sonova钛金属的外壳为0.2毫米。这么薄的外壳不仅可以使助听器隐藏得更深，可以提供更多空间放置附加组件如电池接收器，提高了听力舒适性。📦



对耳道硅胶形状的 3D 扫描中

案例 | 3D打印与机加工结合成就复杂液压零件



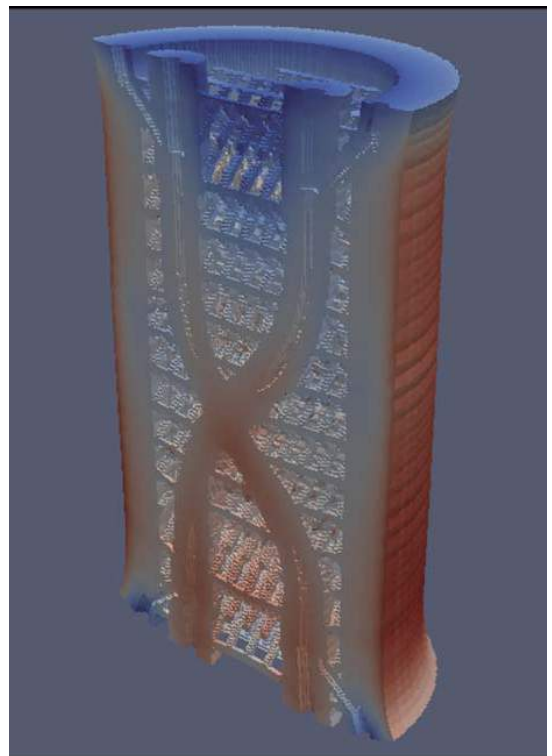
3D打印的一大优势在于加工一些过于复杂的结构，而这些复杂正是产品实现更高附加值之所在。而传统工艺的经济性以及效率和表面精度往往是目前3D打印所难以企及的。于是不少聪明的3D打印技术践行者开始了3D打印与机加工等加工工艺的结合之路。

宾夕法尼亚大学的Timothy Simpson教授曾在TED演讲中展示过一个通过3D打印与机加工结合加工出来的复杂精密零件，这个零件是宾夕法尼亚大学的CIMP 3D打印中心、Imperial机床工具公司以及

一家工业合作伙伴共同完成的。

混合制造过程中的第一步是设计，设计师需要考虑两种制造工艺的不同要求，并在设计过程中体现出来。例如对于选择性激光熔化金属3D打印工艺来说，设计师需要尽量避免大于45度的悬伸，便于支持打印；而为了满足数控加工的要求，还需要留有切削余量，并且考虑夹具问题。

在该零件的CAD设计文件横截面中我们看到，额外的材料被添加到外径上以此为机加工提供切削余量，不仅在外径上，在顶部和底部



经过热处理后的零件表面光洁度，注意金属的颜色，是热处理过程的结果。

3D打印与航空业的减重之路：

空客减重50% 的射频滤波器有答案

空中客车防务及航天公司使用3D Systems直接金属打印技术使部件减重50%，缩短了生产时间。

挑战：提升通信卫星射频滤波器（RF Filter）的性能、生产效率和定制能力。

解决方案：3D Systems ProX DMP 320打印机通过久经验证的工艺和LaserForm AlSi10Mg（A）材料，使新部件的设计通过了空中客车防务及航天公司（Airbus Defence and Space）的严苛测试。

成果：

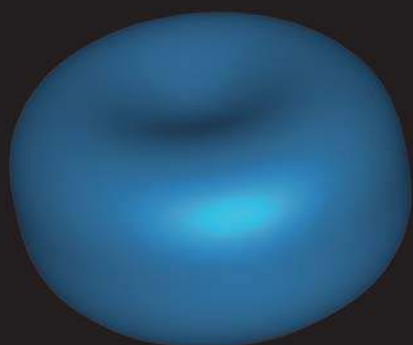
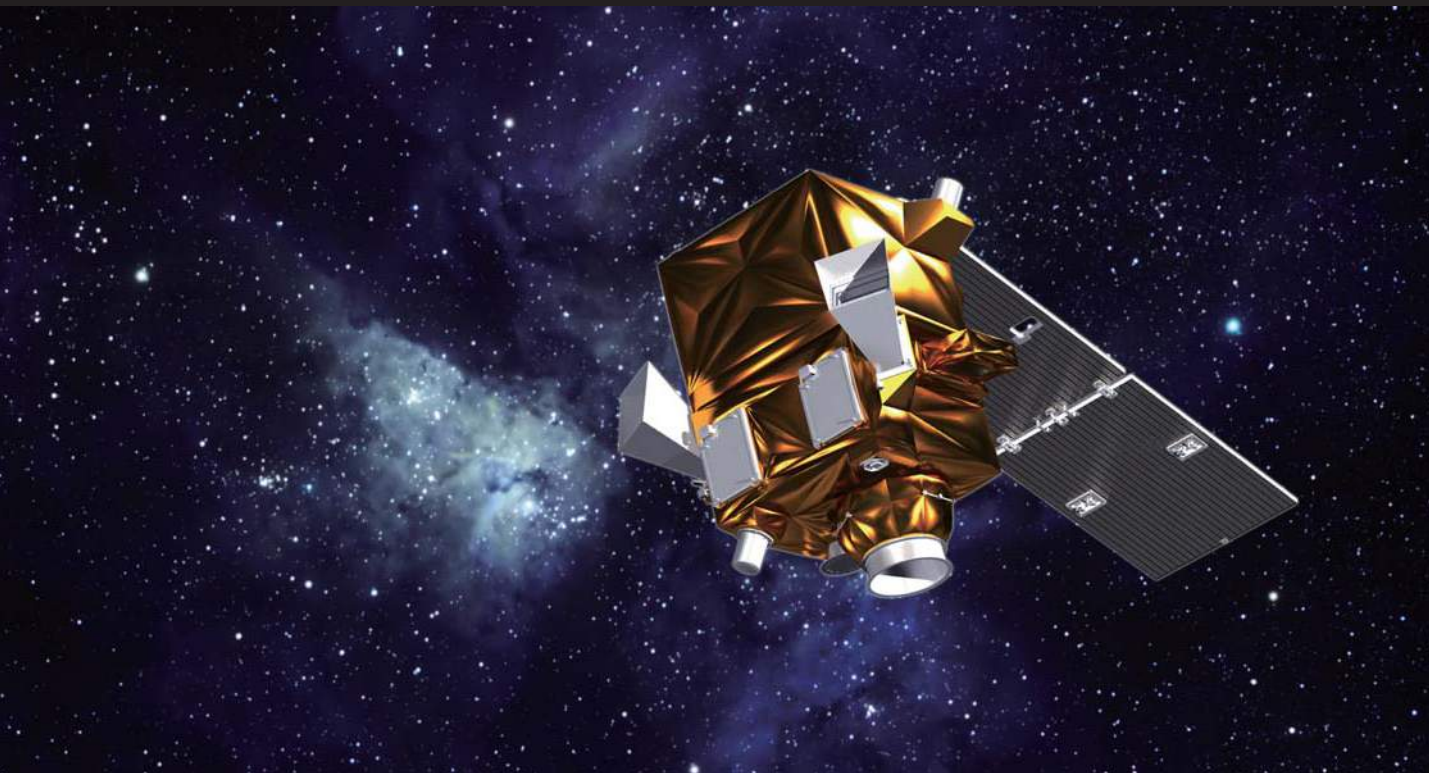
- 通过3D打印的新设计将原来的分体设计合为一个整体设计，降低了滤波器的总体重量
- 缩短生产时间，降低成本
- 滤波器减重50%
- 材料质量和久经验证的工艺制作出能够提升射频滤波器（RF）性能的设计

过去两年（2015年和2016年）可以被看作是直接金属打印（DMP）在航空业的引爆点，因为这项技术已经快速从原型制作转变至生产航天设备部件和装配件。

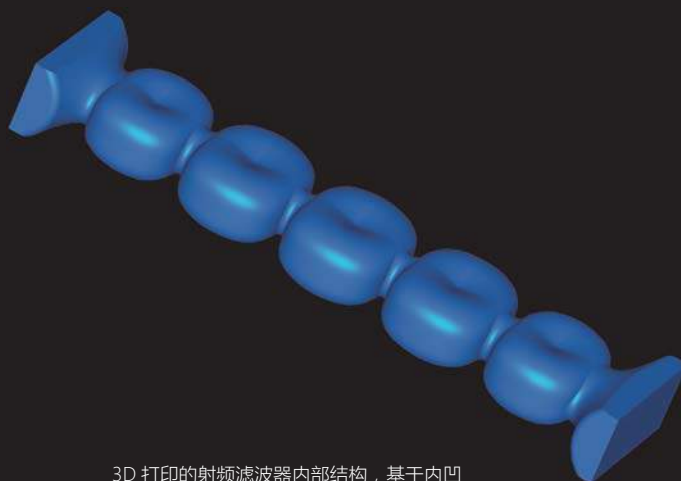
在这段时间里，空中客车防务及航天公司同3D Systems协作，取得了重大突破：首个3D打印的射频（RF）滤波器经过测试和验证，可以被用于商业通信卫星。这个项目由欧洲航天局提供支持（A0/1-6776/11/NL/GLC：利用3D增材制造技术为优化的波导组件建模和设计）。

金属质RF或波导滤波器的历史可回溯至5年前的第一个航空通信系统。滤波器的作用如同交警一样，允许某一个频率范围内的信号能通过，频率范围之外的信号均不能通过。

行业的主要趋势是增加单个卫星内多波束的容量。高容量卫星，



3D 打印使空中客车防务及航天公司基于超椭圆形状来设计新的射频滤波器，能有效通过射频电流



3D 打印的射频滤波器内部结构，基于内凹的超椭圆设计



经过测试后的前进气组件（最终版），注意进气导管和前叉接触的区域。

Moto3 锦标赛摩托车前叉空间优化设计方案 用SLS工艺打造的 创新型前进气组件

✍ 作者: CRP Group



现如今汽车中的布线变得越来越复杂。汽车的动力单元一般都由几个部分组成，并且在最终的装配过程中合为一体，这样一来，整个车身内可被利用的空间就变得越来越有限了，所以工程师们常常利用譬如冷却管道和线束等柔性组件来将局促的空间更高效地利用起来。作为汽车赛车中的主力军，F1赛车在生产制造中也同样面临着类似的问题。不过，下文所列出的这个方案可以很轻易地解决此类问题。

CRP科技的研发部门为一个Moto3锦标赛(世界摩托车锦标赛)

的客户开发出了一款新的前进气组件，很好的解决了摩托车前叉部分的空间不足的问题，整个组件使用WINDFORM的SLS复合材料3D打印而成。

测试表明，增大通过空气滤清器的空气流可以提高发动机的性能，因此研究团队和工程师设计出了一个新的结构：延长进气管，将开口调整至整流罩的正面，以此减少空气紊流，为发动机提供直射气流。

在最终的设计过程中，研发团队需要确保新的设计无需对现有的机车框架和三角轧头进行改

设计师用单根粘土 3D 打印经典锥形灯罩，纹理细致而优雅

澳大利亚家具设计师 Tom Fereday 展示了自己的最新作品——3D 打印 Pelo 吊灯灯罩。这款灯罩由单根粘土 3D 打印而成，造型经典而抢眼，是与当地艺术家 Susan Chen 合作完成的。在读研期间，Chen 发明了一种陶瓷 3D 打印机，她不仅为 Fereday 提供 3D 打印硬件，还在整个设计过程中提供帮助，以确保 Fereday 的灯罩设计具有可 3D 打印性。最终的灯罩是不透明的（以将光线向下引导），由于使用单根粘土制造，其细微的脊状纹理非常优雅而悦目。每个 Pelo 灯罩需要两小时左右的 3D 打印时间（使用 Chen 的 3D 打印机），然后需要十天的时间来进行干燥。之后，圆锥形灯罩被放在窑炉中烧制，最后完成组装。



爱既是永恒，将亲人的骨灰 3D 打印成独特纪念品

现在，西班牙殡仪公司 Narbon 正在提供一种名为 3D Memories 的新服务，该服务将您所爱但已逝世的人的部分骨灰与木材、塑料、金属、陶瓷等材料结合在一起，然后将这种混合物 3D 打印成一个独特的物件。Narbon 专门从事首饰制造，提供圆形和心形吊坠，这些吊坠可以添加到手镯、项链和戒指中。此外，该公司也提供 3D 打印花瓶和半身像。Narbon 已经获得了这种将人的骨灰与基础材料混合在一起的做法的专利。该公司还为客户提供定制设计，并将为每个独特的物件涂覆上不同种类的高品质珐琅，以保护设计和骨灰。

活得不如蟹！寄居蟹都有全彩的英式 3D 打印别墅了

英国一家房产网站 Zoopla 和一家特效公司 Artem 合作，制作了一个创意无限的电视广告，广告中一群可爱的寄居蟹背上了 3D 打印的微型房屋。广告中的 3D 打印微型房屋是 Artem 公司采用 Stratasys 的多材料多色 3D 打印技术制作出来的，采用的是 Stratasys 的 Connex3 3D 打印机和数字 ABS 材料。Artem 的创意总监表示，采用 Stratasys 的多材料多色 3D 打印技术，他们可以真实还原蟹壳内部的形状，保证不会伤害寄居蟹。此外，借助 3D 打印技术，房屋的细节，如瓷砖、屋顶和砖纹理都可以进行处理。且 3D 打印技术制作出来的房子都具备超高的分辨率，呈现出令人难以置信的精细。



一根线 3D 编织成鞋，中国小哥这个设计火遍全球了

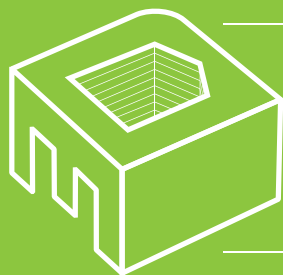
而来自美国加州的 J&S Enterprises 公司的创始人——时晓曦，本是一位电子产品与家具设计师的华裔小哥，他通过 3D 编织技术制造出了一双好看、舒服、百搭又透气的全球首款 3D 编织鞋——JS Shoes。因为它的巧妙设计，JS Shoes 更是在 2016 年获得了日本 Good Design Award 大奖，这可是唯一一个获得过日本 Good Design Award 大奖的中国人设计的产品。不仅如此，他还在同年同时获得了红点奖、iF 设计奖、Idea 奖等等。JS Shoes 采用“一次性成型无缝编织”技术，从鞋头到鞋面最后编至鞋底，可以说用的只是一根线一次性编织完成，上下无任何拼接之处，真正做到“天衣无缝”，同时也省去了人工缝纫工序，没有步骤的限制，无疑将数字化、网络化的生产过程体现得淋漓尽致。

智能 3D 打印机器人 Plantoids 载着绿植去生长条件最好的地方

Citizen SciencPc Workshop (CSW) 为 3D 打印机器人 Plantoids 发起了一场众筹，Plantoids 可以载着植物去寻找阳光和新鲜空气，让它更好的生长。由于结合了智能传感设备和人工智能，Plantoids 知道哪些地方会让植物受益，与此同时，它的轮子和轨道可以通过一些相对平坦的户外地形，带着植物去更加有利的位置。据悉，整个机器人的身体都是由 3D 打印的零件制作而成的，借助该款机器人，CSW 正在为家庭的家庭、教室和花园带去新的教育活动。



中国 3 D 打 印 行 业 第 一 本 专 业 读 物



3D PRINTING WORLD

2017年10月 | 第32期

3D打印世界



封面人物 / P24

厦门斯玛特创始人杨德安：

艺术与科技 融合的创新者

3D打印这种数字化技术为陶艺带来了一种新的艺术语言的可能性，需要强调的并非3D打印本身。



P18
基于 3D 打印和失蜡铸造技术
的首饰活动结构创新设计

3D 打印技术所拥有的成形局限小、成形
精度高的优势并没有得到充分的运用。



P34
“智慧型博物馆”
之智慧文物修复系统

将3D扫描作业作为考古典藏品数字化资料
相关作业流程最重要环节。

以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

3dp@rtmworld.com

《3D打印世界》—— 3D打印 全媒体资讯平台 助您打造行业 核心影响力

出版物

国内唯一一本3D打印专业出版物：
每月阅读量超过15万
移动端已面世，全球资讯，一手掌握。



自媒体平台：

搜狐自媒体（累计阅读量高达2000万）
今日头条（累计阅读量高达100万）



官方网站：

www.i3dpworld.com
独家呈现全球3D打印行业要闻，
名家访谈、应用案例独家呈现



微信公众号

lprint亚洲3D打印
3D打印世界



lprint亚洲3D打印



E-newsletter电子邮件：

10万数据库精准投放，
定制专属资讯套餐



3D打印应用白皮书

收藏海量应用案例，
下载人数超过2万人

EDITORIAL

刊首语



十月伊始，举国欢庆。

天安门广场又摆放出了经典的大花篮“祝福祖国”，如果您有幸去到北京，请不忘替我欣赏这个高 15.3 米的大花篮，黄澄澄的柿子、粉嘟嘟的水蜜桃、紫宝石般的葡萄，与雍容的牡丹、淡雅的玉兰、娇艳的月季，交相辉映。要知道这一盛景的背后离不开一项高科技，就是 3D 建模和 3D 打印。

通过精准地定位和打样，篮子里每一朵花、每一颗果的大小，具体插在什么位置，事先都有精确计算。历经几年的探索，3D 打印技术的运用愈发成熟，今年国庆花坛的现场施工仅用了七天，为历年来最短，如今的花坛布置已经离不开 3D 打印了，这便是 3D 打印在文化创意领域非常的一个应用了。我很难不为我们的祖国感到骄傲，同样也为自己所从事的行业——3D 打印感到无比自豪。

当然，十月对于 3D 打印行业来说也是一个比较重要的月份，因为在 10 月 12 日 -14 日期间，第五届亚洲 3D 打印展览会在珠海国际会展中心隆重召开。今年的展会主题也偏向于“文化创意”，有珠海三绿带来的热销 10 万支的 3D 打印笔、杭州乐伴带来的教育 3D 打印解决方案、中山迪迈带来的珠宝 3D 打印技术……我们不仅可以近距离地感受到 3D 打印在文创方面带来的改变，也可以亲身触摸到各种创意无限的打印作品。

从统计数据来看，“文化创意”依旧是 3D 打印非常重要的应用领域，特别在国内这方面增长尤为明显。近日，国际数据公司 IDC 发布的一份报告可以看出这种趋势。数据显示，亚太（不包括日本）地区（APeJ）2016 年 3D 打印机销售量和出货量比上年增长 106%。从区域来看，中国是最主要的推手，从应用角度来看，和文创有着天然联系的教育占比最大，占到 67.6% 的份额，而艺术和娱乐是第二重要的应用领域，占到了 8.9%。

文化创意这篇沃土滋养了我国很大一部分的 3D 打印企业，本期《3D 打印世界》就采访了来自厦门的一家颇富艺术气质的企业——斯玛特，其创始人杨德安有着深厚的工业设计背景，在探索 3D 打印在文创方面的应用触觉敏锐，如今，斯玛特游走在各大艺术院校、博物馆、工艺美术企业之间，帮助它们对艺术品大数据进行传承保护和传统产业升级，并且还开发出了国内首款陶瓷 3D 打印机，可以说在传统陶泥之外发现了一种新的陶艺手法和美学语言。

此外，本期还将带领读者们深入探索 3D 打印在珠宝、影视、数字博物馆、时尚、家具等方面的创造性应用。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年 戴冠戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焘 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义许
王蕾 宋波纹 吴文恒

主 编

余 佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编 辑

曾伟清 张紫薇
伍毓秀 王莉 刘盛娟

美术设计

邓德胜 钟晓俊 周婵媛
罗宇洪 王清梅 黄靖怡

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

冯 旭

Vincent.Feng@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤 C）Y0155116 号

出版地址：

Room 1310-13, 16-20, 13/F,
Hollywood Plaza, 610 Nathan Road,
Mongkok, Kowloon, HK



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017 年 10 月 12-14 日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 环球 World News

06 资讯 Information

观察 Observation

- 12 3D 打印在影视行业的应用研究
- 18 基于 3D 打印和失蜡铸造技术的首饰活动结构创新设计

人物 People

- 24 厦门斯玛特创始人 杨德安：
艺术与科技融合的创新者

应用 Applications

- 30 更富张力的角色 动画电影《失常》背后的全彩 3D 打印技术
- 34 “智慧型博物馆”之智慧文物修复系统
- 38 3D 打印 TPU 服装配饰惊艳 2017 上海设计周
- 41 玩转生活的艺术 法国艺术家 Olivier Castelli 3D 打印作品

44 创客 Marker



“与其说新技术会‘替代’传统工艺，不如说新技术是在拓展‘工艺’这个概念本身的定义”





01 | 芬兰

3D 打印绷带缩短伤口愈合时间，还能无线发送监控数据

芬兰 VTT 技术研究中心的研究人员正在用纤维素纳米纤维开发 3D 打印材料，以制造一种可以监测伤口情况的 3D 伤口护理产品供医院使用。用这种材料，VTT 研究人员认为他们可以将蛋白质附着到 3D 打印胶粘绷带上，以帮助促进伤口周围的皮肤细胞的生长，缩短愈合时间。更重要的是，这种 3D 打印伤口护理产品甚至可以整合入电子元件，医务人员借此可以持续了解病人的康复状况。



02 | 荷兰

世界首个 3D 打印金属螺旋桨问世：直径 1.35 米，重 400 公斤

日前，荷兰达门造船集团与 RAMLAB 实验室、德国螺旋桨制造商 Promarin、软件巨头 Autodesk 及法国船级社 (BV) 组成联盟，开发世界上第一个船级社认证的 3D 打印船用螺旋桨 WAAMPeller，目前这个螺旋桨已将近完成。整个螺旋桨直径为 1.35 米，重 400 公斤，它很好地展示出了 RAMLAB 3D 打印机的打印能力其可打印的最大尺寸达 7 x 2 x 2 米。目前 3D 打印已完成其使命，接下来将交由 Autodesk 在英国伯明翰的现代制造工厂进行 CNC 研磨。



03 | 美国

3D 打印两种金属！NASA 成功测试火箭发动机点火器

今年夏天，NASA 在马歇尔太空飞行中心成功测试了拥有两种合金材料的 3D 打印火箭发动机组件。该组件是一个火箭发动机点火器，它标志着 NASA 第一次能够成功地 3D 打印由两种合金组成的功能性部件。马歇尔工程师表示，这个突破将使未来引擎的开发时间缩短 50%，成本减少至以前的三分之一。这个部件使用的材料为铜合金和铬镍铁合金，10 英寸高（约 20.54 厘米）、7 英寸宽。由一种被称为“自动吹粉激光沉积”的混合 3D 打印方法打印而成。



04 | 法国

法国航空供应商用 3D 打印打造铝质飞机舱门，减重 30%

最近，法国航空供应商 Sogeclair 借助 voxeljet 的 3D 打印技术制造飞机舱门，希望能在初始设计阶段能生产出更轻的飞机舱门，原型计划在今年的巴黎航空展上首次亮相。首先，需要在 CAD 软件中建立一个 3D 飞机舱门模型。再借助 voxeljet 的 VX1000 3D 打印机进行打印。选用的材料非常适合烧制，这种材料的负膨胀系数在烧毁薄壁模型时不会导致任何断裂。舱门计划使用铝质支柱的仿生网络，减少使用的材料，减轻 30% 重量，同时保证舱门的强度。



07 | 中国台湾

T3D 为用手机屏幕光做光源的 SLA 3D 打印机发起众筹

近日，来自台湾科技大学的初创企业 T3D 为一款用手机屏幕光做光源的 SLA 3D 打印机发起众筹。手机灯光不仅可以固化树脂，而且通过手机中的蓝牙可以连接到 Arduino 电机驱动器。通过连接到手机上的 WiFi，可以连接到超过 5,000 种型号的云服务器进行打印。手机的相机用作 3D 扫描仪拍摄图像并发送到云端，为用户构建 3D 模型。具有 3 个不同树脂罐的旋转台设计可用于多色打印。这是全球第一个可以在 SLA 3D 打印机中打印多色部件的设计。



05 | 乌克兰

最快的 DLP 打印技术诞生！乌克兰公司发布 CPWC 3D 打印技术

近日，乌克兰的 3D 打印公司 Sprybuild 开发出了一种新的连续 DLP 3D 打印技术——波前转换连续生产技术 CPWC (Continuous Production with Wavefront Converting)。CPWC 技术被称为“克服液体感光聚合物 3D 打印中主要技术矛盾的革命性方式”，它隶属于 DLP 3D 打印技术，通过在微观层面上，将辐射能重新分配到打印区域，该技术最高可实现 10 毫米/分钟的打印速度。此外，该技术还可以用于打印任何光聚合性的液体，甚至用于复杂混合物的打印。

06 | 澳大利亚

澳大利亚新钛合金 3D 打印工艺：速度快 100 倍、强度高 34%

近日，澳大利亚 3D 打印公司 Titomic 宣布推出一种新的钛合金 CSIRO 专利增材制造工艺——Titomic Kinetic Fusion。这种新型 3D 打印工艺以传统冷喷涂技术为基础，其金属 3D 打印机体积为 9 米×3 米×1.5 米，打印速度比世界上最快的 3D 打印机还要快 10-100 倍，打印出来的零件强度也比普通的钛零件高 34%。这种工艺主要用于打造钛合金 3D 打印部件，可应用在石油和天然气、矿业、航空航天业、汽车制造业等行业。



08 | 新加坡

劳斯莱斯与新加坡机构签署 2.9 亿合作协议，打造航空航天 3D 打印实验室

新加坡科技研究机构 (A*Star)、劳斯莱斯和新加坡航空发动机服务私人有限公司签署价值 4460 万美元（折合约 2.9 亿人民币）的协议，成立了一个联合制造实验室。这间被称为智能制造联合实验室是三家公司为期五年的合作项目的一部分，主要探索和开发下一代航空航天制造解决方案和维护维修过程，专注推进 3D 打印和其他自动化、数字化技术的发展。此次签署的协议意味着三家公司首次合作成功。



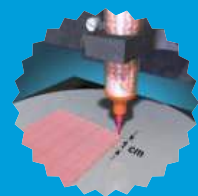
EOS 展示全新 3D 打印金属粉末处理系统 IPCM M pro 模块

金属和高分子材料工业3D打印的全球技术领导者 EOS，展示了专为其成熟的EOS M 290系统所设计的 IPCM M pro金属粉末材料处理解决方案。该方案可帮助用户轻松、快捷并安全地将原料输出到设备、筛粉并重新输入设备，达到简化工业3D打印、打造高效粉末材料处理过程的目的。



EOS推出新的激光烧结系统P500：产量加倍，成本降低30%

德国工业3D打印制造商EOS宣布即将推出新的聚合物增材制造系列，其第一款产品是P500激光烧结系统。P500系统包括4个模块以及一个外部站，内部采用模块化的设计，为未来的更新提供了可能。



LLNL 开发出 4D 打印硅胶形状记忆材料

劳伦斯利弗莫尔国家实验室（LLNL）开发的3D打印复合硅胶材料具有灵活、可拉伸的特性，并有形状记忆行为。通过在硅胶油墨中添加空心气体填充的“微气球”，LLNL创造了可以通过温度变化“编程”的材料，其优点是结构轻便的且保证了使用人员对材料形状的更大控制。



日本高新材料公司 Unitika 开发出热敏 3D 打印线材

日本高新材料公司Unitika（尤尼吉可）开发出新型热敏3D打印线材，仅仅通过体温就可以使该材料软化，使用该材料打印出的物体可以直接用手进行重塑，完成调整的最终产品可以通过高温进行永久定型，适用于多种行业。

国内最大订单50套金属系统落地！ 鑫精合与德国SLM签订合作协议

2017年9月20日下午，中国鑫精合公司（TSC公司）与德国斯棱曼公司（SLM公司）签订战略合作协议，共同成立中国 SLM 技术联合应用研发中心，鑫精合被授权成为 SLM 的中国航空航天及军工总代理，同时签下国内单笔最大订单，50套 SLM 280 金属 3D 打印系统，该合同将在 2017 - 2020 年期间实现。至此，鑫精合成为了国内规模最大增材制造服务企业。

通过此次合作，德国 SLM 将进一步探索中国增材制造市场，而鑫精合有了 SLM 作为强大的合作伙伴，也将获得在金属 3D 打印应用领域的进一步发展。



华曙高科成立北美分公司 加速 3D 打印国际化战略布局

2017年9月22日，工业级 3D 打印领航企业华曙高科宣布，在美国得克萨斯州奥斯汀市成立北美分公司，该市是选择性激光烧结技术的诞生地，长久以来华曙高科与多家经销商和代理商在此展开积极合作，推广其自主研发的金属、尼龙 3D 打印设备，基于多年的成功经验，华曙高科迅速做出决策：北美分公司的成立是顺应新时期市场需求，使 3D 打印这一高端智能制造装备实现销售持续增长的绝佳机会。

据了解，北美管理团队将由 3 位超过 25 年 3D 打印销售应用服务经验的专业人士组成。

重庆市公安局：从事 3D 打印需要到警方登记

重庆市公安局治安管理总队 7 日发布消息称，即日起，当地警方将在重庆全市范围内开展 3D 打印技术及应用行业信息登记工作，杜绝危害社会安全的危险物品、扰乱社会秩序的特殊物品和侵权违法物品通过 3D 打印流向社会，杜绝可能造成社会危害的 3D 数据模型制造、销售和发布。

登记的内容为：从事制造、销售 3D 打印设备和 3D 打印原材料的企业，以及从事 3D 打印产品加工、教学推广和 3D 数据建模的企事业单位的基本信息；企事业单位法人、经营负责人、直接管理人员、有条件接触 3D 生产设备和数据建模人员的个人基本情况；企事业单位落实治安责任情况、设备和原材料基本信息、行业分类、产品类别等。





IDC : 2016 年亚太地区 3D 打印机销售量和出货量比上年增长 106%

近日, 国际数据公司 IDC 发布的一份报告显示, 亚太 (不包括日本) 地区 (APeJ) 2016 年 3D 打印机销售量和出货量比上年增长了 106%。中国一直是第一推手, 2016 年的出货量增长了 122%。

从应用的角度来看, 教育仍然是 3D 打印的主要应用领域, 占到了 67.6% 的份额; 艺术和娱乐是第二重要的应用领域, 占到了 8.9%; 其次是模具, 占到了 2.7%, 细看模具部分, 原型仍然是最主要的应用领域, 制造

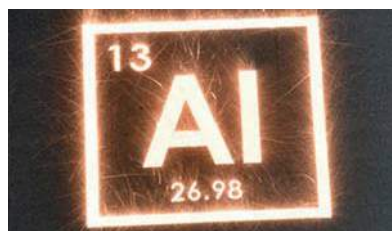


辅助工具和最终使用部件落在后面。

值得注意的是 2016 年牙科行业的 3D 打印采用率和使用量增长了 82% 左右。这也是因为 SLA 价格下降, 牙科等行业能负担得起这种技术。

金属 3D 打印新突破! 3D 打印高强度铝合金

目前超过 5000 多种合金由于打印过程中的熔融和固化动力学问题, 容易形成具有



柱状晶和周期性裂缝的微结构, 不适合 3D 打印。英国《自然》杂志 20 日发表一项材料科学最新突破成果: 美国科学家研发出一种 3D 打印高强度铝合金的新方法。使以往不适合 3D 打印的 7075 和 6061 系列高强度铝合金可以通过选择性激光熔融技术实现 3D 打印, 3D 打印的铝合金和锻造铝合金强度接近。这种方法适合一系列合金材料和 3D 打印设备, 具有良好的普适性。



Verbatim发布3D打印热塑性塑料: 超柔软TPEE材料

近日, Verbatim发布了一款新的软性材料——PRIMALLOY黑。不同于TPU材料, PRIMALLOY黑所采用的是聚酯弹性体材料, 也被称为“TPEE”, 其功能特征包括: 高机械强度, 耐油、碱溶剂、耐化学品、高温, 抗弯曲, 适用温度范围广, 适合户外使用。



德国Kai Parthy推出LAYWOODmeta5木质3D打印材料

德国3D打印专家、木质线材先驱Kai Parthy推出了一种名为LAYWOODmeta5的类纸板木质3D打印材料。该材料具有高孔隙率低密度、粗糙的表面纹理、良好的隔热性。据称, 该材料的粘合性与ABS相当。



荷兰Innofil3D与Polyscope Polymers联合推出ABS Fusion+线材

荷兰Innofil3D联合本国材料供应商Polyscope Polymers, 共同推出了兼容水溶性PVA支撑结构的ABS Fusion+线材。该线材具有ABS的质量以及可打印性, 同时具有良好的粘附性。



Nano Dimension 推出 PCB 3D 打印机 DragonFly 2020 Pro

以色列3D打印电子专家Nano Dimension宣布推出一款全新的、尺寸更大的3D打印机——DragonFly 2020 Pro, 为DragonFly 2020的升级版。该打印机可实现高精度和高分辨率打印, 易于维护, 且具有一个可拓展的平台。除此之外, 该打印机还拥有一个喷射沉积系统, 可制造全系列的多层PCB。

UnionTech 联泰科技组织首届 “增材制造·万里行” ——赴比利时玛瑞斯总部考察



为了促进中西方3D打印技术的交流，UnionTech联泰科技组织了首届“增材制造·万里行”，赴比利时玛瑞斯总部进行考察。

在8月28日至31日为期四天的行程里，UnionTech联泰科技带领首批11位来自国内多个省市的优秀手板业企业代表学员进入欧洲大陆，近距离触摸比利时这个欧洲科技创新强国，感受其发展脉动。

随着新一轮科技和产业革命加快演进，全球竞争态势明显加剧。对中国企业而言，实现“中国制造”向“中国创造”和“中国智造”的转变是可持续发展道路上的重要环节。

作为国内3D打印行业领先者，

为进一步满足国内外增材制造客户企业加强彼此沟通、求知若渴的殷切期望，UnionTech联泰科技精心推出“增材制造·万里行”考察项目，致力于整合国内外行业生态链资源、客户资源和技术资源，凭借其较高的品牌制度度和广泛的市场影响力，为国内外增材制造领域的企业提供创新对话的窗口和平台。

此次考察之旅的核心部分是参访全球知名3D打印软件解决方案供应商玛瑞斯比利时鲁汶总部，学员们在玛瑞斯鲁汶总部开展了一场关于中欧3D打印技术的深度对话与探索交流之旅。

玛瑞斯是全球领先的3D打印软

件及服务供应商。公司创立于1990年，秉持开放、灵活的态度，过去27年里为其医疗、汽车、航空航天、艺术设计和消费品等行业的客户提供创新的3D打印应用解决方案。

参访玛瑞斯鲁汶总部期间，学员们受到了玛瑞斯管理层的高度重视，分别与玛瑞斯全球CTO首席技术官Bart Van Der Schueren先生、玛瑞斯总部副总裁Stefaan Motte先生、玛瑞斯中国区总经理Kim Francois女士和中国区高级客户经理严辉先生等人进行了紧密交流。

本次UnionTech联泰科技“增材制造·万里行”对玛瑞斯总部为期两天的实地参访，主要可分为深入生产线全景和3D打印软件交流两大部分内容。

生产中心——深入生产线全景

在深入生产线的过程中，学员们观察到玛瑞斯总部的生产中心，根据3D打印技术和功能，分为不同的生产车间，比如3D打印后处理车间、光固化(SLA)树脂制造车间、激光烧结高分子制造车间(SLS)、金属打印(SLM)、热熔成型制造车间(FDM)等，各车间内有成排的工业级3D打印机。

据带领参访的玛瑞斯全球CTO



首席技术官Bart Van Der Schueren先生介绍，玛瑞斯的全球设备网络近乎150台，每年打印超过100万个零部件。

除了参访生产车间，总部内的3D打印作品样件，也吸引着学员们驻足欣赏，学员们身临其境地体会到Bart Van Der Schueren先生所说的“这里就是一个孵化器。我们与传统工业制造领域的工程师合作，帮助他们实现自己的创意，并让他们的创意推进到生产领域。”

3D打印软件——数字化加速增材制造

玛瑞斯欧洲增材制造服务销售总监Maarten Valkenaers先生结合玛瑞斯的一些精彩客户案例，为学员们介绍光固化生产应用。随后，玛瑞斯总部的软件产品经理讲解玛瑞斯几款主要软件产品，包括国内从业者耳熟能详的3-matic、Magics、

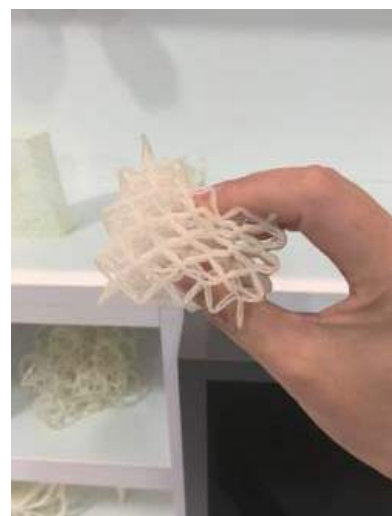
E-stage、Build Processor和Stremics等。

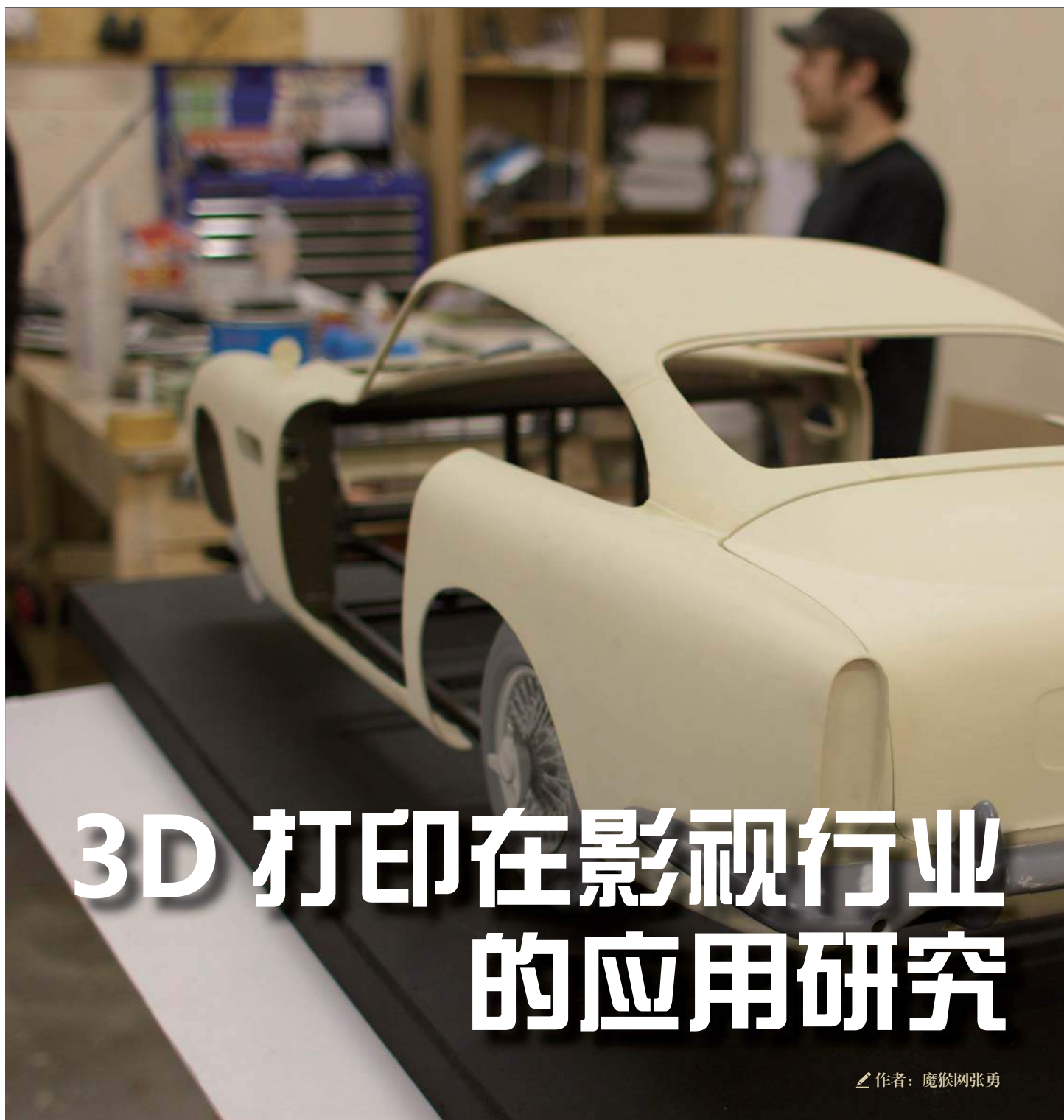
今年5月联泰科技正式推出其全新的光固化（SLA）数据处理软件Magics Link UnionTech，这款光固化数据处理软件由玛瑞斯结合联泰科技的广大用户需求为联泰科技量身定制。Magics Link UnionTech是一款专为SLA 3D打印机定制的3D打印软件套装，包括Magics Link，UnionTech Build Processor和SG模块。据悉，其中的定制化Build Processor（BP）模块因其内嵌了完全自动生成支撑的功能而成为全球首例。

学员们就整个国内的3D打印发展现状和玛瑞斯系列软件产品的用户体验等问题，分享自己的观点，抛出了自己的问题，和产品经理们开展深度的探讨。

在此次参访中，玛瑞斯的管理层无数次提到“创新”和“成就客户”，“成就客户”诚然一直也是联泰科技秉

承的核心商业价值观，与合作伙伴和客户实现共赢。而“促进沟通协作、推进行业健康发展”更是联泰科技组织本届“增材制造·万里行”考察项目的初衷，为国内外增材制造领域的企业提供创新对话的窗口和平台，助力全面提升客户的企业经营管理能力，拓宽商业资源，开拓视野与格局，促进国内增材制造行业可持续健康发展。





3D 打印在影视行业的应用研究

✍ 作者：魔猴网张勇



影视剧的很多拍摄任务都需要特殊定制，而且用量一般都比较小；这种需求和3D打印擅长小批量非标准件的快速成型的特点有天生的契合。所以，3D打印在影视方面的应用发展非常迅速，国内外的案例屡见不鲜。从好莱坞到宝莱坞，从玄幻剧到动画片，3D打印已经渐渐渗透到了影视行业的方方面面。魔猴网从成立至今已经参与了近50部影视剧的制作，其中电影20多部，可以说积累了一定的经验，在这里，笔者结合魔猴网自身和国内外一些相关经验，浅谈一下3D打印在影视行业的应用，希望影视行业和3D打印行业未来能有更多结合，碰撞出更多火花，制作出无双的影视效果。

3D打印在影视中的应用主要跟道具有关，特别是视觉相关特效上，对接的是剧组的美工，特别是“服化



▲ 魔猴网为电影《终极三国》制作的道具



▲ 电影中盔甲类的制作，可先由 3D 打印制作原模，再用软胶材料翻制成可穿戴的道具

道”，也就是服装、化妆和道具。通过3D扫描、3D建模和3D打印等数字化技术提供各种设计、造型和制造服务。只要画好模型，就可以帮助影视制作人员更快捷、低成本地制作出想要的效果，打造更加忠实于原著原意的特效。

（一）直接道具制作

传统道具多需要手工制作，使用泥巴，木头，泡沫、硅胶等材料来造型，这些道具往往表面粗糙、造型简单、细节稀少，制作周期也长，特别对于科幻或者玄幻类电影，它们很难满足特写镜头的对细节的要求。而使用3D打印来直接制作道具，首先制作流程短，可以为剧组节省很多时间，其次几乎没有复杂度的限制，制作成品适合近距离拍摄，可以更完美的还原美术和导演的要求，提升视觉效果和质感。

（二）间接制作道具

某些情况下3D打印直接制作而成的道具不能满足片方的要求，比方

说成本因素，比方说需要小批量复制，或者需要特殊材料性能；这时候可以将3D打印作为一种工具，制作原型或者模种，再利用翻模工艺来制作道具。这样既能吸收3D打印造型能力强、时间周期短的特点，又能发挥传统工艺在成本、数量和性能上的优势。

（三）人物造型、化妆

影视拍摄中常常需要特殊造型，比如永恒的经典——《西游记》，就是在极端艰苦的条件下做的造型，孙悟空的脸上的毛发都是用胶水粘的，猪八戒的身材和脸蛋都是硅胶衣服、面具。而现在，借助3D扫描和3D打印的结合，可以很方便采集到演员的全身数据，并以身体数据作为基础，做各种贴合身体的造型；通过数字化解放创造力，再通过3D打印来输出，不仅造型更

逼真更有镜头效果，更合身合体，演员明星也能少吃苦。如果没有数字化解决方案，只能靠往身上糊胶水来取模，这是多么漫长而痛苦的过程。单凭这一进步，3D扫描+3D打印在影视行业都可大有作为。

（四）服装及服饰

服装和服饰广义上也属于道具





▲ 范冰冰的鸡架头是由 3D 打印制作



▲ 上图是魔猴网为综艺节目即刻出发所制作的“山文甲”，在得到演员的身体数据后，需要反复模拟、计算才能得到贴合的效果。

的一种，特别之处在于服装和服饰有可穿戴的要求，通常制作需要综合前面所说的三种手段，既有直接的，也有间接的，还需要和3D扫描结合起来做造型。电影《封神传奇》豆瓣评分2.9分，被吐槽为是烂片，著名造型师张叔平把气都撒到3D打印身上，痛诉范冰冰的“鸡架”头，称3D打印费工又费时。这其实是冤枉3D打印了，

张叔平其实需要的是一整套数字化建模和制造方案，而不仅仅是3D打印这个噱头。

（五）概念模型

3D打印最擅长将概念变成现实。对于设计师，当一个概念提出来，不管是对它进行升级完善，还是要向剧组沟通说明，只有2D平面图

或者3D电脑图和拥有一个3D打印的实物比起来，它们的触感和效率都是天差地别的。不管是一个新的世界，或者一个新的奇幻生物，制作3D打印的概念模型都能让整体沟通变的更加简单直接。

（六）微缩模型

微缩模型在影视中适合用来拍



基于 3D 打印 和失蜡铸造技术 的首饰活动结构创新设计

✍ 作者：中国地质大学珠宝学院 熊玮 郝亮



摘要

3D 打印技术为现代设计与生产带来了广泛的变革。全球各国政府、科研院所和企业都已大力推动与发展3D打印技术及其在各行业中的应用。在珠宝行业，运用喷蜡3D打印和失蜡铸造相结合的模式已广泛地作为一种创新的生产方式，在复杂与独特的首饰制造方面发展相对成熟。然而，3D 打印技术所拥有的成形局限小、成形精度高的优势并没有得到充分的运用。其主要原因是把3D打印技术用于代替传统的手工起版，而没有将其3D打印技术成形局限小、成形精度高的优势运用于首饰的创新设计。

本文基于3D打印技术及其成形工艺提出首饰活动结构的设计思路与原则。从首饰制造工艺的角度对球套活动结构、内悬挂活动结构、多螺旋式活动结构和轴活动结构展开3D打印首饰设计与应用研究。

关键词：3D 打印；活动结构；创新设计；珠宝首饰

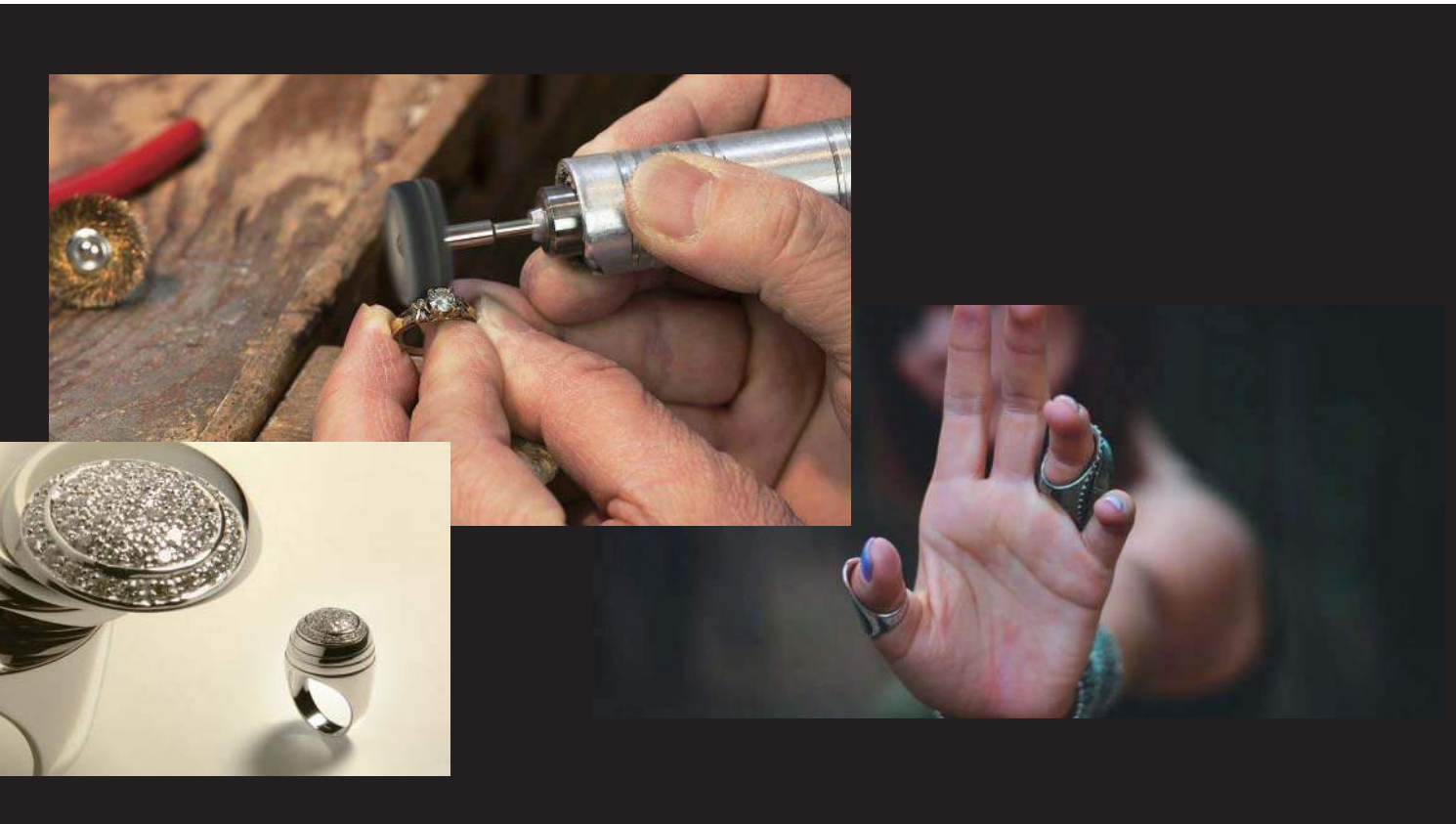
1、介绍

中国经济正在逐步从资源消耗巨大的密集重工业转向拥有高附加值的创新型高新技术产业。近年来，以3D打印技术为代表的先进数字制造技术有了重大的突破。各个市场也逐

渐接受3D打印产品。与此同时，先进的3D打印和数字技术的应用为中国珠宝的创新发展和制造创造了前所未有的机会。

在珠宝行业，融合了失蜡铸造技术的3D蜡打印技术已作为一种创新制造方式，从而得到了广泛的应用。这项技术主要有五个步骤：

(1) 使用高分辨率的3D蜡打印机将设计模型打印成蜡模。这种蜡拥有饱和的蓝色，其密度和表面特征与传统铸造蜡相似，是使用多喷射建模 (MJM) 3D打印出来的。其工作原理是通过几个喷嘴将熔化的蜡扫过构建区域逐层沉积在铝制平台上，当加



热的材料喷射到构建板上时，蜡就会凝固。另一种熔融温度较低的蜡则沉积在设计模型的悬垂端下，作为支撑材料。打印完成后，将模型从托盘中取出，放入热水中，将支撑材料融化去除。然后将模型进行自然风干。

(2) 将模型放进装有液体石膏的容器中。石膏固化后，蜡将在熔炉中熔化，最终得到石膏模具；

(3) 将熔化的金属液体经由浇注口注入模具，并进行硬化；

(4) 将石膏模具打碎，一件新的首饰诞生；

(5) 将首饰进行简单抛光，最后再仔细清洗并手工抛光。

3D蜡打印技术和失蜡铸造技术的融合可以将CAD数据快速转化成高精度首饰。当制造蜡模的3D蜡打印机的打印精度高达8000 dpi时，就可以制造出精细的、表面光滑的部件。而支撑材料在后处理过程中很容易就可以去除，并将首饰细腻的细节保留下来。蜡材料有着优异的铸造性能，可以快速熔融，不产生灰尘或残留物，而且不会发生热膨胀现象。

作为一种数字制造工具，3D打印拉近了虚拟和现实世界的距离。此外，创意设计拥有更多的自由来表达自己的灵感和展现自己的能力，从而指引了未来的设计创新方向。融合

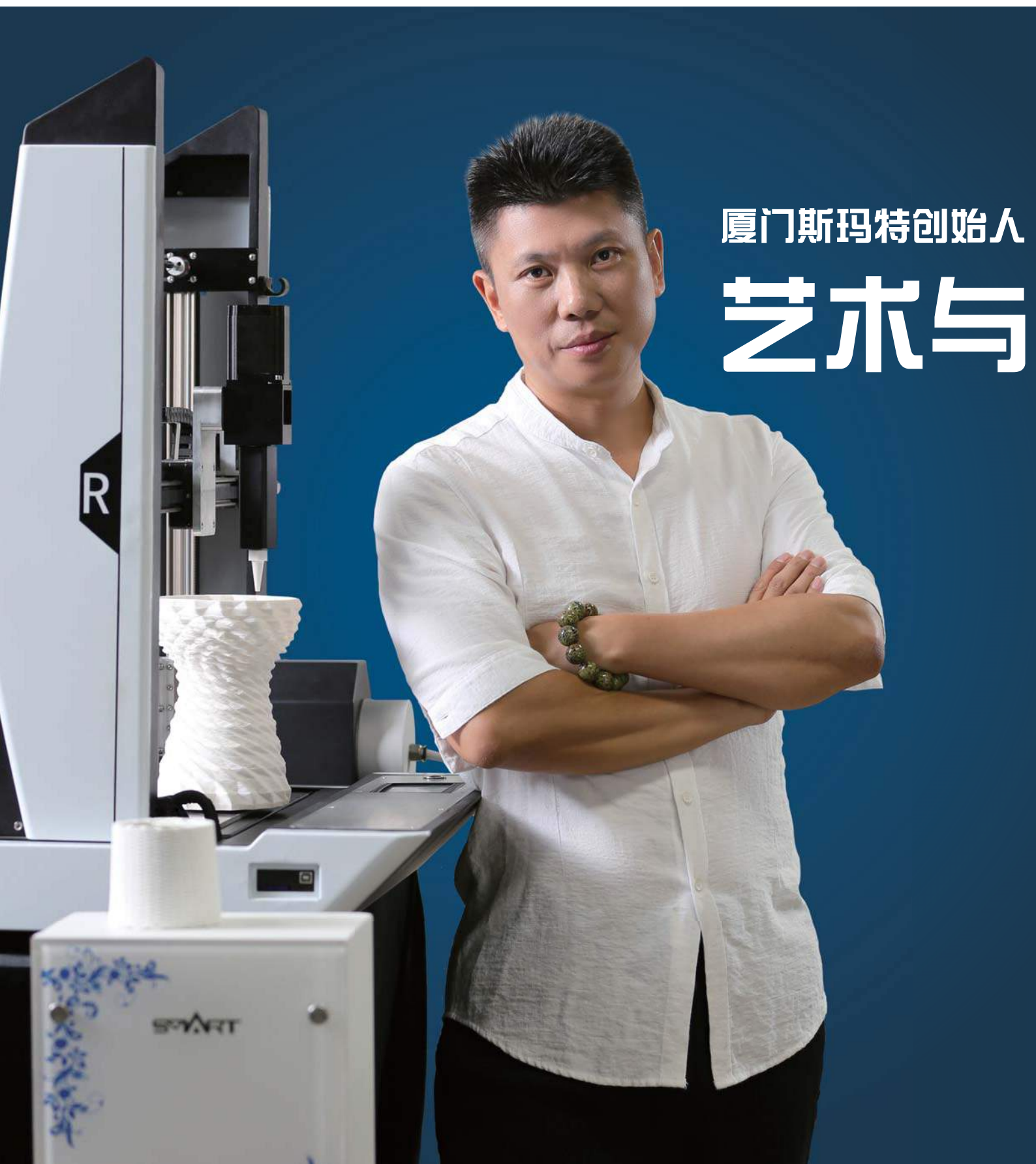
了3D蜡打印技术和失蜡铸造技术的这种新型数字制造方法应用在珠宝行业时主要有以下五大优点：

(1) 使用3D打印和铸造技术的小批量定制可以满足个人饰品的市场需求，提高这些产品的附加值；

(2) 3D打印和铸造技术的快速交付速度，契合时尚珠宝的时效性，有助其供应和销售；

(3) 3D打印和铸造技术可以满足制造几何形状高度复杂和独特的珠宝的需求。采用这项技术无需焊接就可以制造出网状和一些比较独特的设计，如中空、循环和活动结构；

(4) 3D打印和铸造技术可以通



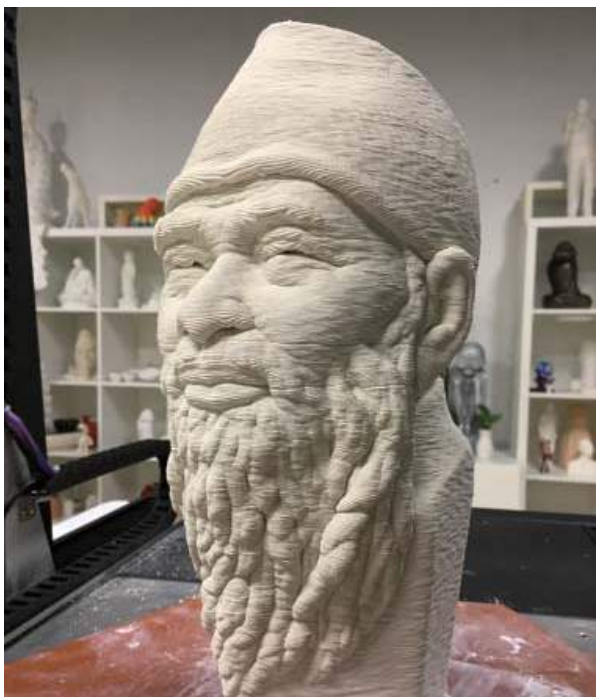
厦门斯玛特创始人 艺术与

杨德安： 科技融合 的创新者

撰文：曾伟清

厦门斯玛特企业创始人杨德安是一位有着二十多工业设计从业经验的资深设计师，创业于我国福建省内有“海上花园”美称的城市——厦门，福建省传承着上千年的雕塑工艺，德化陶瓷、惠安石雕、莆田红木家具、福州漆器等民间手工艺发展至今，已经成为一张张世界级的闪亮名片，福建的雕塑产业占全国30%的份额，拥有200多万的从业人员、近千亿的产值。然而在数字化技术蓬勃发展而手工技艺传承日渐衰微的今天，如何让这些传统艺术在新兴科技的帮助下焕发出新的生机？杨德安认为3D打印和三维数字技术是这些文化创意产业发展的新引擎。





被称为在家门口“打劫”的人

据说，在福建有人给杨德安取了一个外号，叫“在家门口打劫的人”，这种显然不是赞美的称呼让笔者诧异，似乎反应出了福建当地传统雕塑艺术对3D打印到来的恐慌。如果一个机器能取代人工，而且能更快地做出比人工更复杂、更精美的雕塑，那么是否意味着传统艺术将逐渐在历史的舞台上退场？

然而，杨德安对此却并不认同，他对3D打印有着自己的理解，“这种说法其实太狭隘了，3D打印数字化技术就像马良的神笔，是一种很好的工具，能将艺术家的创意灵感快速实现。艺术家应该去掌握这样的工具，用它来更好地进行创作，就如传统绘画和摄影、摄像技术，互相借鉴

发展，而不是取代。只要有创意思法，人人都是设计师、人人都是艺术家。”

几年下来，杨德安不仅成功地将三维数字化技术与文化创意产业相结合，还与各大艺术院校、博物馆、工艺美术企业建立了密切的合作关系，帮助他们对艺术品大数据进行传承保护和传统工艺产业升级。

而立之年的职场困惑 开始创业吧！

1973年出生的杨德安，先后毕业于福州大学工艺美术学院工业设计，厦门大学艺术学院油画专业，按照这样的人生轨迹走下去，杨德安应该会专注地走在充满不确定性的追求艺术的道路上。然而，他却进入了一

家国有企业成为广告设计师，端着当时人人羡慕的“铁饭碗”，这一端就是十二年。

到了三十多岁的尴尬年纪，轻狂太老，安逸太小，是继续庸庸碌碌地呆在安稳的体制下，还是去寻找人生更多的可能？显然大多数人都会遭遇三十多岁的职场困惑，杨德安也不例外。

最终，在不安份的灵魂促使下，杨德安选择了去创业，他套用现在的一句网络流行语，“世界那么大，我想去看看”。2005年，杨德安创立了厦门斯玛特工业设计有限公司，先后从事了工业产品研发设计和电力设备的生产制造行业，完成了从设计创意到生产制造的转变。

3D打印可以说是杨德安第三次



“ 艺术家应该去掌握这样的工具，用它来更好地进行创作，就如传统绘画和摄影、摄像技术，互相借鉴发展，而不是取代。 ”

创业。2009年，杨德安接受厦门市科技局的邀请，成为厦门市工业设计领域的专家评委，参与筹建了厦门市工业设计中心。当时该中心购买了一千多万的各种工业级3D打印扫描设备，在合作过程中杨德安对3D打印的成型原理和应用有了深入的了解，马上意识到3D打印在自己所在的文化创意领域存在着大量的跨界机遇，这将是一场技术革命！

对3D技术一无所知的杨德安带领设计团队从最简单的打印原理开始学习，凭借着二十年工业设计的经验，从各行业应用领域进行研发探索。然而刚开始起步困难重重，方向定位错误、招不到专业的研发人员、业务拓展困难、前期投入多、短时间回本困难……但只要意志坚定，成功

是可以熬出来的，怀着求贤若渴的热情，3D打印领域专家——中国科学院吴怀宇博士被杨德安的执著精神所感动，率先加入了斯玛特团队，陆续又有华侨大学谭援强、清华紫荆研究院刘志光两位博导加入了研发行列。如今的斯玛特可谓人才济济。

推动传统文化创意产业的数字化进程

去年，无锡灵山梵宫发生火灾，网传的“珍宝付之一炬”的新闻到现在依旧让杨德安心有余悸，他担忧着美院导师庄南鹏教授珍藏于梵宫的一组大漆人物雕塑《悟空不在的日子》会不会“遭殃”。这组充满意趣的作品曾获得第十届“华礼奖”中国创意大赛金奖。

“艺术家的作品往往都是孤品，一旦毁坏，即使是艺术家自己再进行创作也不可能还原出当初的样子，而如果留有这些作品的数字数据，我们就可以很好地恢复和保护这些珍贵的艺术品。”杨德安表示。

虽然这场火灾让杨德安虚惊一场，但显然，如何对艺术品、文物进行安全保护及替代性展出已经是文化创意界一个亟待解决的问题。基于此，杨德安正带领斯玛特创业团队用数字化建模和3D打印的方式进行文化创意产品的大数据服务，致力于对文化艺术遗产和创意产品进行有效的数字贮存和知识产权保护。

如今，我们可以在斯玛特的展厅看到各种材质、大小不一的3D打印版《悟空不在的日子》，师徒三



更富张力的角色

动画电影《失常》背后的全彩 3D 打印技术

全彩粉末打印机制作的全彩色批量原型，帮助 Starburns Industries 创建了成千上万个定格动画人偶。

“忧伤、美丽和诙谐”每个角色都极富吸引力，并被恰如其分地呈现出来：这些不是空话，有一部定格动画电影的主演人偶就充分体现了这一点。

在 3D Systems 的 ProJet CJP 660 3D 打印机的帮助下，《失常》这部动画电影在人性的表现上更富有张力。Starburns Industries 是一家提供全方位服务的制作公司，设立在加利福尼亚州的伯班克。通过全彩

3D 打印机，他们打印了成千上万个不同的人偶面部模型，表情栩栩如生，主人公的皱纹、微笑、皱眉、忧虑和肿眼泡都一览无遗。

要审美也要效率

在过去几年中，3D 打印在电影行业的应用已经司空见惯，比如原型使用、制作道具和创建一些传统手段难以制作的物品。但是，在大量部件制作和表述情感的应用上，《失常》为 3D 打印在艺术娱乐领域树立了新的标杆。

杜克·约翰逊与查理·考夫曼（代表作：《傀儡人生》、《美丽心灵的永恒阳

光》）是《失常》的联合导演，他们决定采用 3D 打印技术来突出角色的内心感受和更精妙的细节。

ProJet CJP 660 为影片的人物带来了美学上的价值，同时也提升了制作效率：产出快速、可靠而且人偶色彩栩栩如生。

ProJet CJP 660 一次性即可制作出全彩色的 3D 打印模型，成型尺寸 254 x 381 x 203 mm，数小时内即可打印出几十个带有不同表情的面部模型，而且一次性就可打印出来。

Starburns Industries 的运营主管布莱恩·亚当斯表示：“对我们来说，打印机的速度、打印尺寸和颜色三个



属性中,颜色是最重要的。在制作《失常》的一年半时间里,我们几乎全年无休地运行 660 打印机,打印了成千上万张角色的面部模型。”

成千上万个表情的呈现

Starburns 公司为《失常》的人物角色建模,打印了三个基本的头部模型设计。其中 2 个是影片主角迈克尔和丽莎的,另一个就是俗称的大众脸,由 Starburn 的 20 多名员工的脸组合而成。大众脸主要应用于除了两位主角外的其他角色。

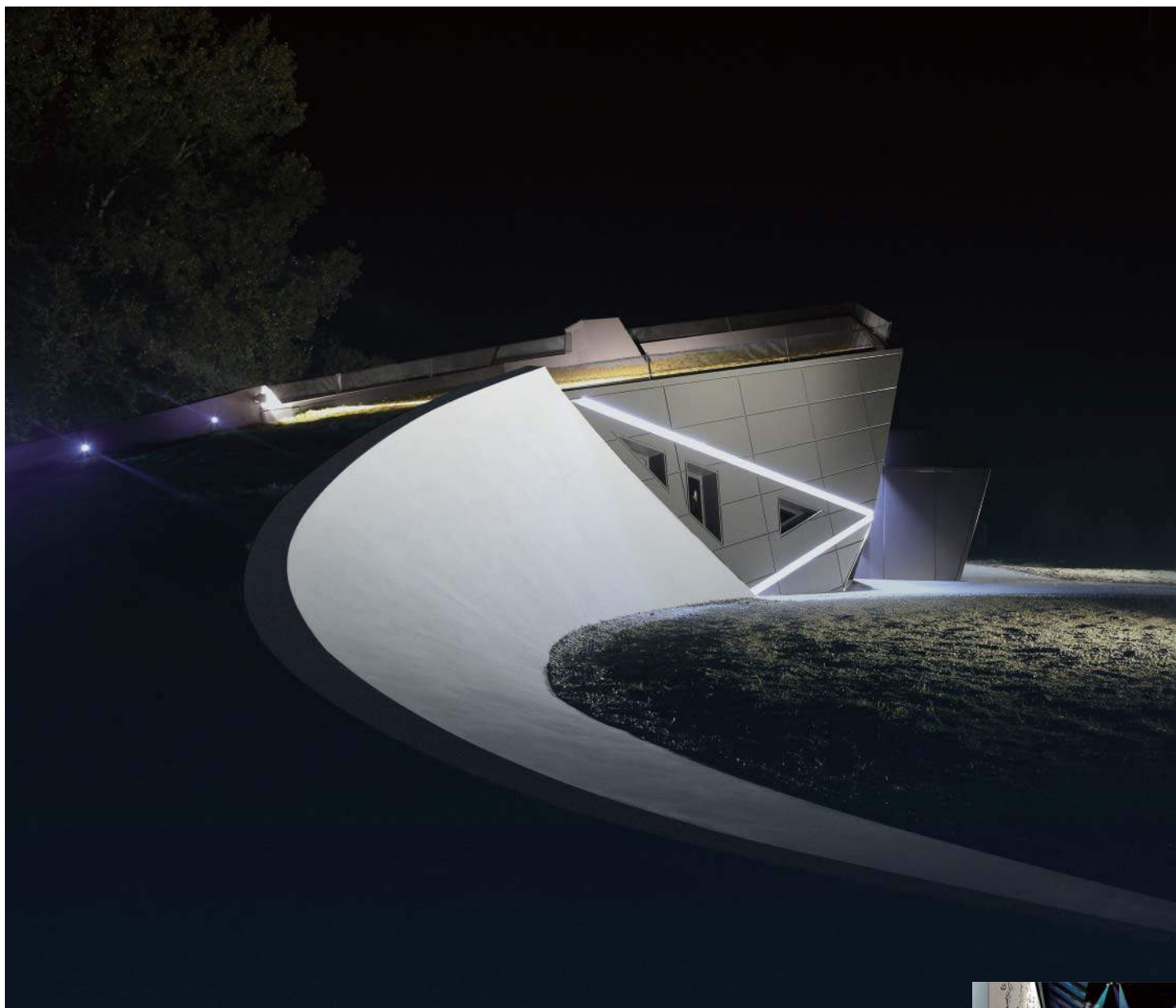
人物角色的面部模型包含上下面板。Starburn 为人物角色建模,并打印了成千上万张人脸表情。这样一来,动画片绘制者就能为每个特定场景都建立人物的丰富表情。

拉法塔提到:“我们制作了许多面部模型,这样动画绘制者就能随时切换人物表情。绘制者尝试多个人物表情,总能找到最契合场景的那一个。

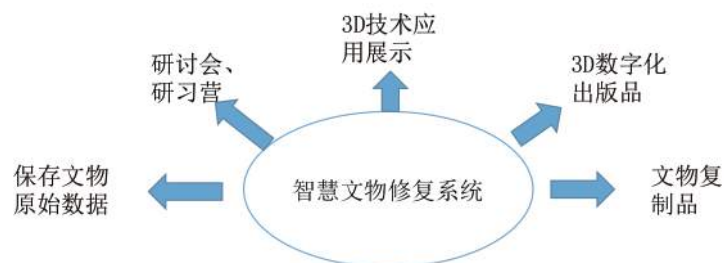
保留最真实的外观和感觉

《失常》的导演做了一个明智的





“智慧型博物馆” 之智慧文物修复系统



智慧型博物馆是近年来在数字博物馆的基础上发展起来的概念。传统实体博物馆因观念、技术、场地、展陈能力限制，以及出于对文物保护的考虑，所展示的文物信息量往往不足，大量藏品没有展出机会，而且在时间、空间、展示形式上也受到诸多局限，制约了博物馆社会教育和文化传播的功能。为此，数字博物馆应运而生。

利用 3D 扫描技术，针对博物馆内考古典藏品建置智慧文物修复系统，与建置考古遗物 3D 数字化修复研究室一起，结合 3D 数据资料库，后续将 3D 扫描作业作为考古典藏品数字化资料相关作业流程最重要的环节。

利用 3D 扫描技术，将对各类考古出土遗物进行 3D 数字化，并以数字化修复与逆向输出取代传统人工修复，以期有更好的效率与协助相关研

究作业可能性。

(1) 通过 3D 扫描技术建置文物 3D 数字化系统

随着 3D 扫描技术精度及贴图精度的提高，逐渐在文博领域取代传统 3D 建模及贴图渲染技术；对于文物数据而言，建模无法将文物本身由于年代风化产生的历史痕迹记录，对后续研究产生了诸多不便，3D 扫描技术除了逐渐取代 3D 建模在文物界的地位，同时也取代了一部分传统使用手绘及拍照记录考古现场及文物数据，成为新的考古工具。

对于智慧型博物馆而言，不论是展示、数据存档及后期研讨，都离不开核心内容，即 3D 数据采集。随着技术的发展，精度越高、色彩还原度越真实的三维扫描仪越来越多地被博物馆所接受，目前可以即时采集真彩色三维点云数据的扫描仪为数不



3D 打印 TPU 服装配饰 惊艳 2017 上海设计周

2017上海设计周于9月1-3日在上海展览中心盛大举行，由国内顶尖3D打印设计公司极致盛放XUBERANCE设计，工业级3D打印领航企业华曙高科提供技术支持的3D打印可穿戴软性材料服装配饰系列大放异彩，成为了本届上海设计周点睛之作。

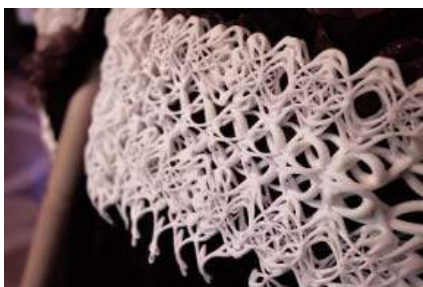
3D打印与TPU软性材料的结合，给服装带来了新的吸引力和神秘感，也给时装界带来了无缝成衣的可能。

利用华曙高科选择性激光烧结技术，设计师们可以在原有的传统手工艺基础上进行有效改进，突破剪裁的局限性、创作出别出心裁的设计，无论再复杂的构想都能变成现实。

3D打印技术也不再只停留在柔软的服饰上，独到的坚固性如今更是逐渐被应用于包包、配饰等时尚配件的设计上，这将会成为今后潮流发展的一大趋势。

这些美轮美奂的3D打印TPU可穿戴服装配饰均由华曙高科全新高效智能工业级3D打印生产系统403P系列打印。华曙高科403P系列最高烧结温度达220℃，可烧结TPU、PA6等材料，开源且高温的理念，极大地拓展了可打印材料的种类。同时，TPU材料具有高耐磨性、高弹性、加工性能好、操作温度低、易于加工、可重复利用性高等优异特性，优异的弹力性能使服饰可以纵向和横向拉伸，让穿着者感觉更加轻便舒适。📦







玩转生活的艺术

法国艺术家
Olivier Castelli
3D 打印作品

3D打印在艺术家手里能有多疯狂？法国艺术家Olivier Castelli是Raise3D忠实粉丝，擅长在日常生活的物件上进行创作。Raise3D虽然在工业设计领域独树一帜，但并不代表Raise3D远离了艺术。在Olivier这位法国艺术家眼里，Raise3D打印机就是马良神笔，让他尽情地释放灵感。这次我们透过法国艺术家Olivier Castelli的作品来看看人类艺术的极限在哪里。

Olivier Castelli擅长生活用品艺术，尤其是创意灯具。Olivier利用Raise3D的N系列打印机在灯具设计上越走越远...

对于CNC加工设备来说，有机几何形状的加工绝对是梦魇，或者说全程需要人工介入，遇到中空结构更是难上加难。但对于3D打印来说，任何的结构形状都不成问题，无论多么繁复的装饰，比如藤蔓，都可以用层层堆叠的原理轻松实现。Olivier正是利用这一点，把大自然的艺术带进生活家居。

当然，FDM打印机之间还是有质量区别的。打印质量不仅取决于打印机的品质 and 设计，也取决于打印的物体。右图是Olivier设计的珊瑚造型灯罩，不仅是传统CNC设备的禁区，对FDM 打印设备来说也是





个挑战，然而，Olivier使用Raise3D的N2后，还是成功了。

此类设计对FDM工艺设备的定位精准度和稳定非常具有挑战性。有机形态的藤蔓和轮廓非常纤细并且空间位置错综复杂，打印机少许的误差就会导致两层之间的错位，极其容易使打印失败。

利用3D打印进行创意灯具的制造是眼下的趋势之一，但是灯具对尺寸的要求和耐高温材料的需要使得大部分FDM设备望而却步。而复杂的灯具同时也要求稳定的长时间打印。Olivier综合这些因素，最终选择了Raise3D产品。

Oliver的作品中还包括了一副茶胆，不得不赞叹老外对精致生活的追求。从茶胆的设计图上就能看出，Olivier充分的利用了3D打印的自由性，把茶胆设计成非常便捷的可拆卸结构，胆罩套上后只需要逆时针一扭就能锁住底座，反之，就能打开茶胆。

对比下打印出的实物，纤细的网格和镂空既无断裂也没堵塞，和原先的设计渲染图如出一辙。拆卸用的“E”型卡槽在工业级品质保证下，无须担心尺寸精度问题。在传统的减法制造概念中，Olivier这件定制孤品是绝对的奢侈品。其他地方不说，光

是用车钳刨铣等工艺实现如此繁复的镂空效果，就需要昂贵的人力，并且加工中带有极大的风险。

茶胆握在手中小巧玲珑，但所有细节丝丝入扣。没有超强的打印稳定性和定位精度做后盾的话，如此数量的细节必然破绽百出。有了这幅茶胆，谁不想坐下来，倒壶茶，好好享受生活呢？

一位优秀的艺术家能实现一件工具存在的价值，相反，一件优秀的工具也能成就一名艺术家。Raise3D让众多艺术家爱不释手的原因就是他们在从Raise3D打印机上看到了自己未来的无限可能。👉

有点恶心的 3D 打印柔软面具，根据情绪流动五颜六色的液体

伦敦巴特利特建筑学院的 Silvia Rueda、Adi Meyer 和 Sirou Peng 使用哈佛软机器人工具包完成了这个 3D 打印柔软面具，可根据人的情绪流动不同颜色的液体。用户可以直接把它戴在脸上，其内置的 Myoware 肌肉传感器会记录并评估佩戴者当时的表情，例如微笑、皱眉等。一旦面具感受到佩戴者的各种情绪，就会通过内置的特殊毛细血管喷射液体，同时以一种非常奇怪的方式展现出你的真实感受。



3D 打印技术设计“全运宝宝”惹人爱

从天津全运村开村起，全运宝宝就一直是销售最火爆的全运会特许商品之一。全运宝宝是以杨柳青年画为原型的卡通 Q 版娃娃，神似天津全运会吉祥物津娃。采用 3D 建模技术设计而成的全运宝宝，手臂和腿部都是可以活动的。这些全运宝宝，出自天津本土一个仅仅诞生 3 个月的创业团队之手。该团队从微信表情包中获得灵感，将 3D 打印与投影相结合，为 3D 打印的娃娃印上了表情。高科技与传统文化的结合，将中国传统文化发扬光大。

“模糊边界”：时尚和 3D 打印的完美结合

最近，新西兰珀斯当代艺术中心（PICA）展示了数字制造与时装设计之间的交叉结合。其中一个展览名为“模糊边界（Blurred Boundaries）”，出自 W230 设计工作室的 Simone Leonelli 之手，该展览体现了 3D 打印和时尚设计之间的相互影响。该工作室尝试结合 3D 打印元素与织物以及其他传统材料，之后完全采用 3D 打印技术生产服装。据 Leonelli 介绍，使用计算机设计方法，他可以处理复杂的几何图形和非标准对象，而增材制造就是实现这些设计的关键，在 3D 打印的帮助下，设计想法转变为产品的过程变的高效而便捷。



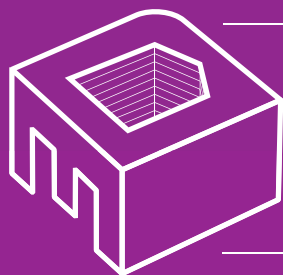
艺术家用全彩纸 3D 打印技术制造树雕塑，强调人与自然关系

康奈尔大学副教授、艺术家 Jack Elliott 的许多作品都与树有关。最近，他开始在塔斯马尼亚大学的摇篮海岸校区创作一件新的艺术品。这个项目受到了塔斯马尼亚颇有争议的森林工业的启发，目的是用纸张 3D 打印一个树雕塑。Elliott 首先使用了 3D 扫描和纸张 3D 打印技术，在完成扫描之后，Elliott 采用爱尔兰 3D 打印公司 Mcor 开发的一种全彩纸 3D 打印技术来制造树雕塑。该工艺使用一层层的纸和一种强力粘合剂来创造三维物体。Elliott 表示，他将数字扫描这些树并创建一个 3D 数据库，然后利用这个数据库来制造这些树的缩小版本。

脑洞大开，艺术家借 3D 打印将身体变成乐器

拉脱维亚模特、音乐家、艺术家 Viktoria Modesta 在经历过左腿截肢后，继续着开创性艺术的创作，现如今，这位“仿生流行艺术家”的艺术风暴席卷全世界。近日她与一位荷兰设计师 Anouk Wipprecht 合作推出了定制假肢 SoniPca，这款假肢部分采用了 3D 打印技术，融入了音乐元素，并且有着动物骨骼形状的调制器。Modesta 与迈阿密建筑公司 Monad Studio 合作完成了这些假肢，最近正在国际艺术博览会巴塞尔展览中心展出，在那里你不仅可以见到这款假肢，还能看到 Modesta 亲自参与到现场乐队的表演当中。





3D PRINTING WORLD

2017年11月 | 第33期

3D打印世界



华南理工大学杨永强教授：

金属3D打印产业化 初期的机遇与挑战

封面人物 / P22

金属3D打印还未达到可以和CNC做竞争的水平，它们不在一个层次上



P12
全球视角
——金属3D打印标准的建立

随着金属增材制造逐步转向工业生产，对覆盖技术各方面的国际标准的需求也变得越来越迫切。



P34
优雅的时光：Holthinrichs腕表
结缘增材制造技术

传统制表工艺与最新金属3D打印技术的结晶

以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

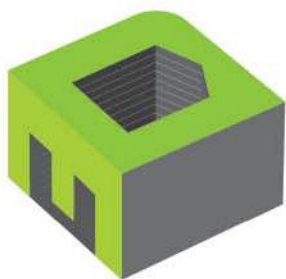
3dp@rtmworld.com

进军海外市场的绝佳展览平台
相约2018，不见不散

与全球最大打印耗材展
RemaxWorld同期同馆举办



第六届



亚洲3D打印展览会 iPrint 3D Expo

2018年10月18-20日 | 中国珠海



官方网站：www.iprint3dexpo.com
欢迎关注微信公众号，追踪展会最新资讯：



预订热线：0756-3959280 梁小姐
邮箱：Anna.Liang@rtmworld.com

EDITORIAL

刊首语



2017 年 10 月 12 日，第五届亚洲 3D 打印展览会在珠海国际会展中心拉开序幕，与此同时，广东省 3D 打印标准化技术委员会正式挂牌成立，标志着广东省 3D 打印行业标准化发展进入正轨。

目前，在全国各地，从国家、省市到企业各个层面都在积极成立与 3D 打印标准化相关的组织，正如本期《3D 打印世界》杂志封面人物——广东省 3D 打印标准化技术委员会主任委员、金属 3D 打印专家、华南理工大学杨永强教授指出，“最终的根据还是在于新的行业标准的建立，但是我国目前还没有一个非常清晰的标准体系”。

3D 打印作为一项颠覆传统减材制造方法的技术，现有的标准远远不能满足行业发展的需求，不管是医疗还是航天航空这些对 3D 打印颇有需求的行业，所需的材料和部件尺寸、性能等都有着严苛的标准要求。由于没有我国统一的行业标准，企业资格认证困难重重，技术和应用之间隔着“标准”这道门槛，严重阻碍了我国 3D 打印市场的培育进程。当然，在 3D 打印产业化的初期，我们面临的困难很多，标准化问题的解决则是当务之急。

在国际上，这方面的情况略好于国内，国际标准化组织（ISO）和美国材料与试验协会（ASTM International）这两个国际机构已经在全球范围内准备、制定和出版与增材制造相关的标准，英、法、德等欧洲发达国家也相机而动，推出了相关标准，欧盟也在着手这方面的工作，他们已经走在了世界的前列。不过，我国也正在迎头往前赶，相关工作都已启动，像中国机械工程协会特种加工分会，早在 1988、1989 年左右就已经对快速成型制定过标准，国家标准委员会、各个省的标准委员、企业也在制定相关标准，而此次广东省 3D 打印标准化技术委员会的成立亦是我们在前进道路上铺的一块垫脚石。

在本期杂志中，我们也针对目前国际上已有的标准做了大篇幅的介绍，希望对我国 3D 打印标准体系的建立提供一些经验和借鉴。《3D 打印世界》杂志也衷心地希望在社会各界人士的共同努力下逐步完善我国的 3D 打印标准化体系，从而打开应用市场的阀门，带动整个 3D 产业大跨步地向前进。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年 戴超戎 黄卫东 李涤尘
史玉升 王成焘 王联凤 杨永强
韩品连 徐铭恩 张远明 沈卫东
陈继民 翟莲子 周美芳 周宏志
Kim Francois 许小曙 宗贵升
邹波 侯锋 周钢 郑正元
郑韦 徐宏 谭颂斌 杨义许
王蕾 宋波纹 吴文恒

主编

余佳

Jane.Yu@rtmworld.com

编辑

曾伟清 张紫薇
王莉 刘盛娟 贡晓静

美术设计

邓德胜 钟晓俊 周婵媛
罗宇洪 王清梅 黄靖怡

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

冯旭

Vincent.Feng@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤C）Y0155116 号

出版地址：

Room 1310-13, 16-20, 13/F,
Hollywood Plaza, 610 Nathan Road,
Mongkok, Kowloon, HK



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

10 环球 World News

观察 Observation

12 全球视角 金属 3D 打印标准的建立

20 Markforged：一种截然不同的金属增材制造方法

人物 People

22 华南理工大学杨永强教授：金属 3D 打印产业化初期的机遇与挑战

28 杜芬 3D 打印：以应用为王，“鱼”“水”相融，做 3D 打印的夯实者

技术 Technology

30 雾化压力对 3D 打印用 316L 不锈钢粉末性能的影响

应用 Applications

34 优雅的时光
Holthinrichs 腕表结缘增材制造技术

38 增材设计：通过智能优化提升部件价值

43 意大利珠宝设计师凭 3D 打印金手镯获法国顶级设计奖

44 创客 Marker



“不管是获得医疗上的许可证还是改变工业设计思维，最终的根据还是在于新的行业标准的建立。”





意大利 Sharebot 推出新款专业级 3D 打印机：兼容所有切片软件

近日，意大利 Sharebot 推出新的 Antares 专业级 SLA 打印机。该打印机拥有一个 150mW 的紫外线激光器，可产生细节丰富的打印件，可互联网访问及远程打印管理。打印体积 250×250×250mm，Z 轴分辨率 >0.05μm，±0.1 精度，建议使用专用的刚性 PR-S 树脂，兼容市面上所有主要的切片软件。



西班牙 Natural Robotics 推出低价高质 SLS 3D 打印机

近日，西班牙 3D 打印公司 Natural Robotics 推出了旗下 VIT 激光烧结 3D 打印机，众筹仅需 7000 美元。该打印机被称为“能打造高品质的激光烧结 3D 打印机”，能够打印与注塑成型相当质量的成品。配合聚酰胺 PA12 尼龙一起使用，用户可以打印出厚实坚韧的零件，或者是薄而柔软的零件，无需任何支撑结构。



XJet 新的纳米喷射 3D 打印系统，可打印金属 & 陶瓷

近日，以色列 XJet 推出新的纳米喷射 3D 打印 Carmel AM 系统，包括两台 3D 打印机，Carmel 700 以及 Carmel 1400，采用纳米粒子喷射技术，可以为打印主体和支撑分别打印出两种单独的墨水。不仅如此，还可以提供出色的细节、表面光洁度和精度，操作简单安全。适用于短期生产、按需制造、成型等行业。



达尔文大学研制 100 到 1000 倍速的金属 3D 打印机

近日，澳大利亚的查尔斯达尔文大学正式将 LIGHTSPEED 金属 3D 打印机投入使用，该打印机由澳大利亚公司 SPEED 制造，是世界上首台能够实现约 100 到 1000 倍于普通金属 3D 打印机的速度，可以打印铜制件及铝制件。该打印机使用了火箭引擎，能够以极高的速度沉积金属粉末。

五年7个亿资助： 科技部发布2018年度 “增材制造”专项申报指南

2017 年 10 月 10 日，科技部发布了《“增材制造与激光制造”重点专项 2018 年度项目申报指南》，专项实施周期为 5 年（2016 - 2020 年），到 2020 年，基本形成我国增材制造与激光制造的技术创新体系与产业体系互动发展的良好局面。2018 年，在 2 个技术方向启动 30 个研究任务，拟支持 30-60 个项目，拟安排国拨经费总概算为 7 亿元左右。



美 FAA 修订“增材制造战略路线图”，为 3D 打印飞机的发展奠基础

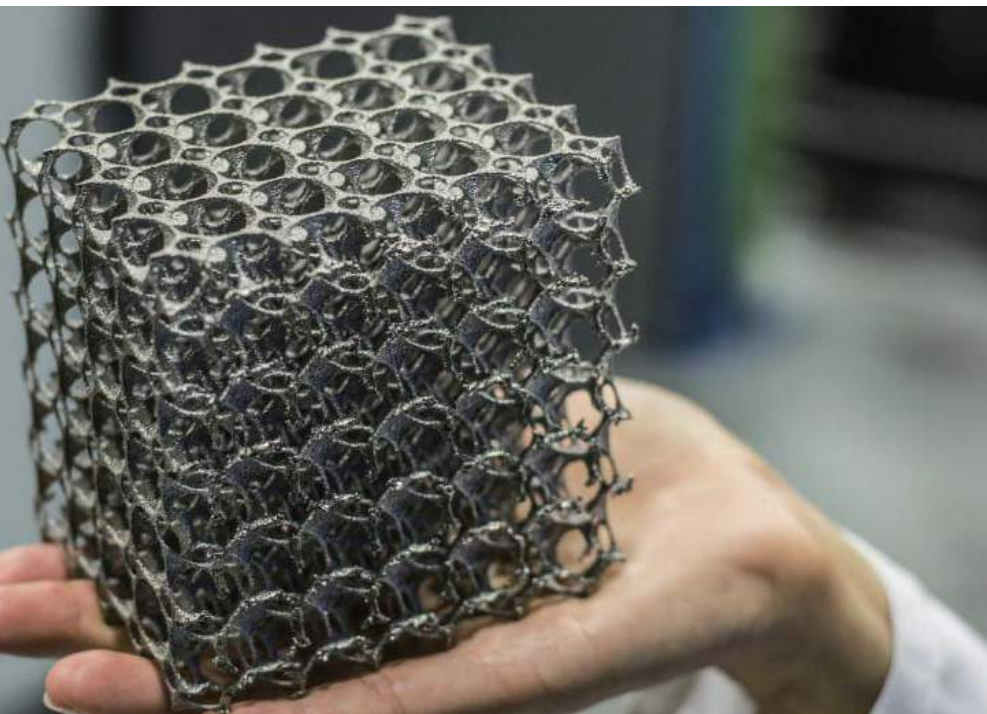
近日，美国联邦航空管理局（FAA）正在修订增材制造战略路线图草案，该文件解释了 FAA 将如何在未来七到八年内针对 3D 打印飞机部件进行管理以及认证。

当前 3D 打印的飞机关键部件尚未大量出现，主要是因为该领域的监管问题。增材制造作为一项较为新颖的技术，飞机制造商们只是在简单的应用它，类似 FAA 的监管机构也只是刚刚着眼于 3D 打印的重要飞机部件的管理。不过，已经有一部分公司生产的部件获得了 FAA 的认证。例如，GE 制造的用于 GE9X 喷气式发动机的燃料喷嘴、Norsk Titanium 的波音 787 3D 打印钛合金部件均获得了 FAA 认证。

广东省 3D 打印标准化技术委员会落户珠海

10 月 12 日，广东省 3D 打印标准化技术委员会（GD/TC126）正式宣布落户珠海，这将对推动广东 3D 打印技术发展，普及增材技术，促进先进技术传播应用等具有重要意义。据悉，广东省 3D 打印标准化技术委员会首届标委会由 49 名委员组成。华南理工大学机械与汽车工程学院系主任杨永强教授任主任委员，国家耗材质检中心毕明珠任秘书长，秘书处由国家耗材质检中心、珠海天威飞马打印耗材有限公司、珠海再生时代文化传播有限公司共同承担。





索尼移动与七号科技达成战略合作 开启 3D 打印新玩儿法

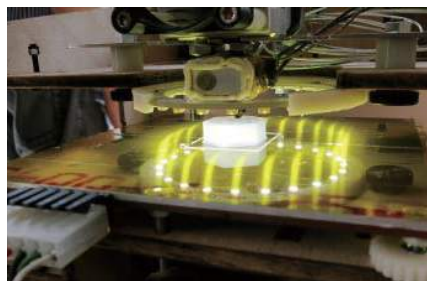
10月27日,索尼Xperia™秋季新品发布会在北京隆重举行,发布会上,索尼移动通信产品(中国)有限公司与深圳市七号科技有限公司签署战略合作协议,宣布达成战略合作伙伴关系。双方将以各自的资源和优势,在移动通信产品与3D打印服务、软硬件研发销售、线上线下服务推广等方面开展一系列全方位、深层次的合作。将通过双方资源整合与技术支持的不断深化,使消费者



获得从手机到3D打印机、从移动终端扫描即刻实现3D打印服务带来的革命性体验。

荷兰: 3D 打印将在 2060 年前消灭全球 25% 的贸易

据荷兰国际集团新出的一份报告《3D打印:对全球贸易的威胁》,该报告预测,



3D打印技术的进步将在2060年前消灭全球25%的贸易。

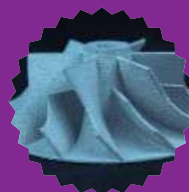
3D打印技术的进步将可能导致贸易增长放缓,会降低发达国家从低工资国家进口半成品和成品的需求,转而使用3D技术在本地制造,其中影响最大的会是汽车制造业、工业机械、消费品等。而目前,3D打印对贸易的影响几乎可以忽略不计,但毕竟也是一个60亿美元的全球产业。如果3D打印技术的投资每5年翻一番,那么这种影响最早于2040年看到。

新品速览



西帝摩发布全球最大SLM金属3D打印机

近日,西帝摩正式发布了其全球最大的SLM技术金属3D打印机XDM750,拥有750×750×750mm的成型尺寸、双激光或四激光系统、双向高效铺粉、1070nm激光波长、80-150μm光斑直径以及50-120cm³/h的成产速度等。拥有优异的性能,成型尺寸提升9倍,打印效率提高4-8倍,加工成本下降3-6倍。



Voxeljet推出新型塑料3D打印工艺

近日,德国3D打印机制造商Voxeljet宣布即将推出新型PMMA 3D打印工艺PolyPor C2 (PPC²),是现有的PolyPor PMMA工艺的改进版,能实现整体质量更高的熔模铸造,整体分辨率更高。采用更精细的37微米PMMA颗粒材料,打印件拥有更优良的表面质量。



达索系统推出最新版3D设计和工程应用产品组合 SOLIDWORKS 2018

近日,达索系统推出了其最新版本的3D设计和工程应用产品组合SOLIDWORKS 2018。该系统具有集成的端到端解决方案,用于从设计到制造过程,使任何规模的企业都能重新思考如何制造零件和产品,并在当今快速经济中快速将创新理念带入市场,能够简化产品开发流程中的各个学科之间的交互。



MiniFactory为PEEK材料量身定制桌面3D打印机

前不久,芬兰MiniFactory公司发布了旗下新一代专业级桌面3D打印机Innovator 2,专为高温PEEK材料量身定制,具有全封闭设计、全自动化校准系统、自动喷嘴清洗功能、7寸彩色触摸屏,打印喷嘴温度高达450°C,拥有370×260×300mm的构造体积,打印速度最高可达120mm/秒,同时具备双螺杆挤出机。

第五届亚洲 3D 打印展览会观展人数创新高 着眼未来谋发展



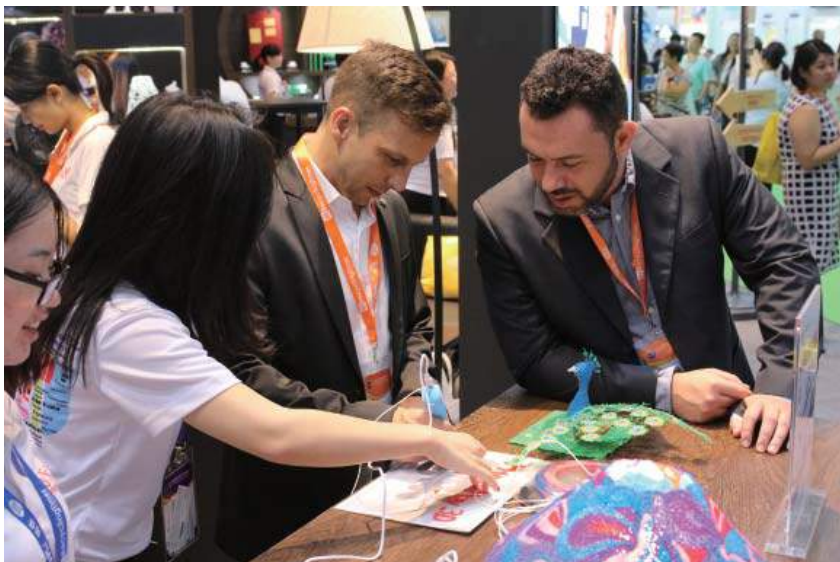
2017年10月12日，第五届亚洲3D打印展览会于珠海国际会展中心隆重开幕。该展会由《3D打印世界》出版方——珠海再生时代文化传播有限公司举办。展会为期3天，是中国最早的3D打印展览会之一，也是华南地区最有影响力的3D专业打印展览会之一。

打通海外市场，搭建外贸交流平台

据世界3D打印行业权威研究机

构Wohlers发布的年报显示：2016年，全球3D打印行业市场规模达到了60.63亿美元（约合人民币417.5亿元），增长率为17.4%，可见全球3D打印市场仍处于快速上升的周期当中。在席卷全球的3D打印热潮中，传统行业如何借助3D打印进行转型升级，国内3D打印企业如何找准海外市场切入点进行发力，成为值得深入思考的行业命题。在这样的大背景下，亚洲3D打印展览会致力于搭建海外专业买家高效商务洽谈平台。

主办方随全球最大打印耗材展览会RemaxWorld走进埃及、墨西哥等潜在市场，辐射美洲、欧亚中非等广泛区域，整合西班牙、墨西哥、俄罗斯、美国、印度、巴西等多地合作伙伴的资源，依托中、英、西、俄等四个语种媒体平台及影响力位居行业前列的新媒体传播平台，吸引全球各地专业买家莅临展会现场。同时，亚洲3D打印展览会与全球最大打印耗材展览会RemaxWorld同期同馆，和2D打印“一脉相承”的3D打印展览也



为传统2D打印耗材经营者产品升级/创新提供新的发展方向。在本届展会上，珠海三绿、斯汀纳睿、优塑、引领叁维、时间环等3D企业还将3D打印产品、作品作为礼品赠送给海外买家，受到了海外客户的欢迎和关注，纷纷感叹中国3D打印技术的发展迅速，并表示会考虑将中国的3D打印设备、机器、应用方案引入到国内。

参观人数再创新高，医疗、教育、工业设计、模具关注度最高

本届展会参观人数再创新高，据主办方统计，珠海耗材展及亚洲3D打印展的观众总数为15,122名，来自全球104个国家和地区，比2016年增长25%。海外方面，吸引包括美国、英国、日本、新加坡、秘鲁等国家和地区的买家。国内方面，医疗、教育、工业设计、模具的关注度最高，除有来自包括艾默生、格力电器、本田、ABB、亚马逊、GE等全球500强企业买家团外；医疗领域有来自中国医学科学院阜外医院、泉州

市第一医院、中山大学口腔医学院、南方医科大学等医疗系统买家；教育领域有来自国防科技大学、同济大学、北京航空航天大学、华中科技大学、中山大学、暨南大学、哈尔滨理工大学、广东工业大学、西南大学、湖南大学等数十所著名高校及科研院所、研究机构的专家学者前来观展。另外广东省机械模具科技促进协会、国际先进材料与制造工程学会、珠海物联网协会等相关行业协会组织会员单位前来参观。

展品丰富，打通热门行业 3D 打印应用障碍

本届展会展览面积达5000平方米，展品涵括桌面级3D打印机、工业级3D打印机、3D打印材料、三维扫描仪与软件、3D打印服务等全产业链产品及解决方案参展企业包括天威、赛纳、韩国Carima、光华伟业、三绿、美森、引领三维、万宝科技等国内外一批优秀的3D打印企业。

其中，韩国Carima推出高精度DLP 3D打印机DM-250，采用的是数字光处理（DLP）技术，其构建体积为250 x 140x 280 mm，应用领域广泛；珠海三绿带来全球最轻3D打印笔，仅36克，可打印PCL/PLA两种材料，一键触控，Micro-USB接口，专利喷头，温度更低，不易堵头；深圳光华伟业股份有限公司推出eSUN易生3D打印材料eABS MAX无卤阻燃线条，成功打入海外80多国打印耗材市场；2D打印巨头赛纳科技也携已经在医疗应用领域大展拳脚的直喷式全彩色3D打印机亮相；美森、引领三维、金橙子、万宝科技、杜芬、乐伴等国内知名品牌带来最新产品及3D打印解决方案，打通工业、模具、教育培训等热门行业应用障碍。



着眼未来，亚洲 3D 展推进行业标准化

3D打印技术发展到目前阶段，在影响从技术向产品转化进而形成市场优势的因素中，技术标准发挥着重要作用。标准即是新技术走向成熟的主要标志，也是新技术实现规模应用的基础。



01 | 俄罗斯

俄罗斯 3D 打印公司打造出近 300 平米的可居住 3D 打印房子

近日，莫斯科的加工与 3D 打印公司 AMT-SPECAVIA 宣布建成了欧洲第一个可居住的 3D 打印房屋。据报道，这座房屋坐落于雅罗斯拉夫尔，建筑总面积达 298.5 平方米，可能是欧洲最大的 3D 打印建筑，也是欧洲唯一可居住的 3D 打印房屋。这座房屋并不是每个部分都是 3D 打印的，大多数内部部分是采用 3D 打印技术。先将房子的某些部分打印出来，如房屋的墙壁，装饰和塔楼，然后再将打印好的部件带到施工现场进行组装。如今整个项目已经完成，预计 10 月月底就可入住。



02 | 英国

英国伦敦帝国学院研发成本更低的电化学金属 3D 打印工艺

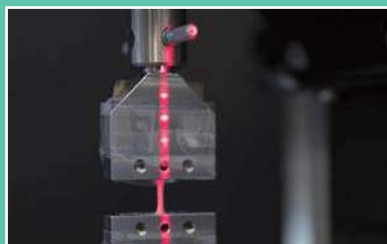
英国伦敦帝国学院的一个研究小组研发出一种新的低成本金属 3D 打印工艺。这种创新的工艺采用电镀技术，以成本效益更高的方式制造金属物件，被称为电化学增材制造（ECAM）。新研发的 ECAM 工艺采用的是电镀系统逐层构建金属部件，以金属离子溶液作为材料和导电基底作为构建表面。喷嘴将金属离子溶液以微小的液滴沉积到导电基底上，金属离子实现电化学还原。ECAM 这种新工艺比目前市场上的金属 3D 打印入门门槛低，但目前尚不知这种工艺何时能商业化。



03 | 美国

重大突破！美国 LLNL 联合研发海洋级 3D 打印不锈钢，强度比常规钢高三倍

美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室（LLNL）与国家实验室、乔治亚理工大学、俄勒冈州立大学合作在一种低碳组成的海洋级不锈钢 316L 的 3D 打印领域取得重大突破。测试表明，在某种条件下这种 3D 打印不锈钢比常规技术制成的钢强度高三倍。海洋级钢通常用于石油管道、发动机零件和厨房设备，具有低腐蚀性和高延展性。3D 打印 316L 不锈钢具有更好的强度和延展性，适用于化学设备、医疗植入物、发动机零件或是一些需要具备优异物理性能的其他应用领域。



04 | 荷兰

荷兰开通全球首座 3D 打印自行车混凝土桥梁

近日，坐落于荷兰的世界首座 3D 打印混凝土桥梁开通，这座桥将主要用于自行车通行。据介绍，整座桥梁桥长 8 米，打印了约 800 层，将一条水渠两岸的道路连接起来。打印工作始于今年 6 月，持续约 3 个月，打印材料是预应力高强的混凝土。与填充模具的传统工艺相比，打印桥梁的优点之一是大大减少了混凝土使用量，打印机只会在需要的地方使用混凝土。埃因霍温理工大学与荷兰 BAM 建筑公司联手对桥梁进行了安全检测。



07 | 中国 国内首例 3D 打印胸骨柄重建胸壁术在津获成功

最近，天津医院医生为一名来自黑龙江省的 56 岁男子成功进行了国内首例“3D 打印胸骨柄恶性肿瘤切除定制假体功能性重建术”，为其顺利切除所患多年、已长成成人拳头大小的罕见胸骨柄软组织肉瘤，并应用 3D 打印技术，模拟患者自身胸骨形状、大小、厚薄等定制个体化胸骨柄假体，用来修复胸骨柄切除后胸壁缺损，恢复胸壁完整性。此外，还利用患者自体肌腱重建了胸锁关节，最大限度保留了患者肩关节和上肢功能，实现了骨性胸廓的功能性重建。



08 | 澳大利亚 集资六千万！澳大利亚推“即时植入”3D 打印项目，肿瘤切除修补骨骼手术二合一

最近，澳大利亚政府，墨尔本 RMIT 大学，悉尼科技大学（UTS），墨尔本圣文森特医院和医疗科技公司 Stryker 合作推出一个名为“即时植入”的五年计划，目前这个项目集资已达 930 万美元（折合约 6171 万人民币）。该项目的联合团队将利用增材制造技术生产特定的植入物，可在患者的骨肿瘤切除手术中现场制造，以便外科医生在一次手术中切除癌症并修复患者的骨骼。而这个项目更为重要意义在于，将植入物 3D 打印机放置于医院内或是手术室附近，节省路途运输时间，缩短手术时间。



05 | 德国 硅胶 3D 打印的里程碑？德国化学公司研发出多材料硅胶 3D 打印技术

德国化学公司 Wacker Chemie AG 旗下品牌 ACEO 研发出一种用于多材料硅胶打印的 3D 打印工艺，被称为“硅胶 3D 打印的里程碑”。据说，这项工艺是制造功能原型、生物模型和小产品系列的理想选择。工业用户可以采用这项工艺打造一些复杂的零件，且可以使得零件的不同区域具备一系列的特性。不同颜色，硬度，甚至化学或物理性质的有机硅可以在整个过程中独立地放置在任何给定点，形成不一样的梯度。

06 | 以色列 研究员开发出将纳米纤维素转化为营养膳食的 3D 打印机

近日，耶路撒冷希伯来大学的两名研究人员声称已经开发了能够从纳米纤维素（一种不含卡路里的天然纤维素）中打印出整个食物的食品 3D 打印技术。研究人员选择纳米纤维素，一种不含热量的天然纤维作为 3D 打印材料，将其与蛋白质、碳水化合物、脂肪、抗氧化剂和维生素一起包装在墨盒中，3D 打印机将使用红外激光加工这些墨盒，根据计算机说明书加热和成型无糖食品。研究人员希望这项技术可以服务于素食者以及糖尿病患者，运动员和其他需要的人。





全球视角 金属 3D 打印标准的建立

随着金属增材制造逐步转向工业生产，对覆盖技术各方面的国际标准的需求也变得越来越迫切。来自Fraunhofer IFAM的Claus Aumund-Kopp和Frank Petzoldt回顾了国际标准的过往，总结了现有的金属增材制造标准，并对未来可能遇到的挑战进行了思考。

随着一项技术发展，且越来越多地得以应用，行业就需要针对其技术术语和工艺细节达成一定的共识。如今，金属增材制造已步入产业化阶段，特别是牙科和航空航天业已经进入商业规模生产，更需要材料性能、测试程序等方面的标准。标准化主要是靠主要利益相关者参与全球各种标准化委员会来实现的，是一项极为耗时的工作。最终，无论是机器、粉末制造商，还是零件制造商和终端用户都将受益于这些标准，因为标准即意味着这项技术的可靠性。本文列出了迄今为止不同组织发布的增材制造标准（如图1），指出了为何增材制造实现标准化如此重要，并强调了国际标准的必要性。

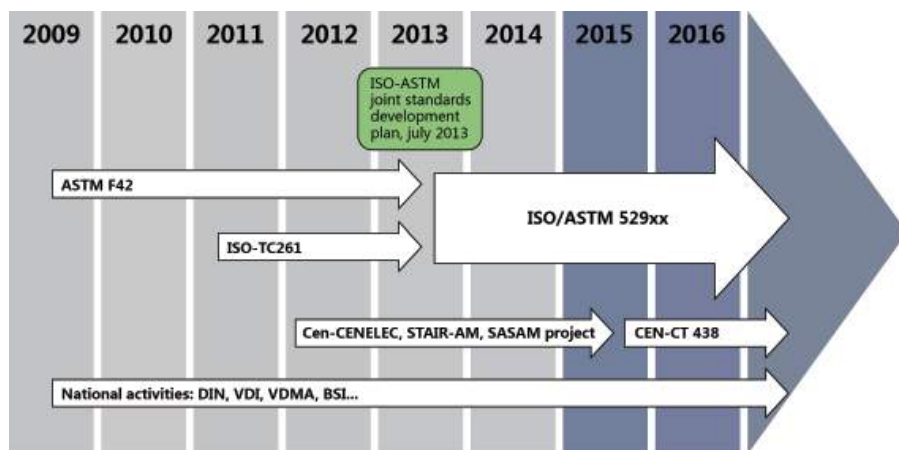
现状

增材制造正在改变全球各个行业，各种类型的公司也都看到了这项技术所带来的大量突破性机会。当然，这项技术还将面临许多挑战。与传统金属成型工艺相比，特别需要注意制造工艺参数与材料性能间的重大关系。不同机器系

统和生产条件可能导致不同的属性，这都需要考虑到。此外，材料性能与原材料也密切相关，如金属粉末，原材料会在制程窗口与一组参数结合。了解这一点后，验证性能并建立强大可靠的生产工艺对增材制造而言至关重要，还需根据检查和验证规则制定质量管理体系。由于缺乏相关标准，目前大多数采用增材制造技术生产终端零件的公司都建立了自己内部的材料和工艺指南。因此，提高工艺知识和制定共同技术标准非常重要。另外，设计标准也有助于推广增材制造，毕竟如今大多数CAD工具都没有充分利用增材制造这项技术。

标准的设立有助于提高事物的接受程度，特别是像金属增材制造这样的新制造工艺。增材制造是一项需要国际标准的全球性工艺。标准化有助于促进国家、地区和国际之间的技术和经济合作。目前已有几个国家和地区开始了相关的标准设定。

国际标准化组织（ISO）和美国材料与试验协会（ASTM International）这两个国际机构在全球范围内准备、



▲ 图 1. 增材制造国际标准化年表

领域	组织	标准	题目
术语和数据格式	ISO国际标准化组织	ISO 17296-2:2015	增材制造技术—总则—第2部分：工艺类别和原料概述
		ISO 17296-4:2014	增材制造技术—总则—第4部分：数据处理概述
	ISO/ASTM国际标准化组织/ 美国材料与试验协会	ISO/ASTM 52900:2015	增材制造技术—总则—术语
		ISO/ASTM 52921:2013	增材制造标准术语—坐标系和试验方法
		ISO/ASTM 52915:2016	增材制造文件格式（AMF）1.2版标准规范
	VDI德国工程师协会	VDI 3405	增材制造工艺，快速原型设计—基础知识、定义、工艺
材料	ASTM 美国材料与试验协会	ASTM F2924-14	粉末熔覆床工艺增材制造Ti-6Al-4V标准规范
		ASTM F3001-14	粉末熔覆床工艺增材制造Ti-6Al-4VELI标准规范
		ASTM F3055-14a	粉末熔覆床增材制造镍合金(UNS N07718)标准规范
		ASTM F3056-14e1	粉末熔覆床增材制造镍合金(UNS N06625)标准规范
	VDI德国工程师协会	VDI 3405 Blatt 2.1:2015-07	增材制造工艺，快速原型设计—金属部件激光束熔融—材料数据表铝合金AlSi10Mg
测试程序	ASTM 美国材料与试验协会	ISO/ASTM 52921:2013	增材制造标准术语—坐标系和试验方法
		ASTM F2971-13	增材制造制备的试样报告数据标准规程
		ASTM F3049-14	金属增材制造粉末特性的标准指南
		ASTM F3122-14	增材制造金属材料力学功能评价标准指南
	ISO国际标准化组织	ISO 17296-3:2014	增材制造技术—总则—第3部分：主要特点和有关试验方法
	VDI德国工程师协会	VDI 3405 Blatt 2	增材制造工艺，快速原型设计—金属部件激光束熔融—资格，质量保证和后处理

▲ 表 1. 已有的金属增材制造标准

制定和出版与增材制造相关的标准（更多信息参见插图）。欧洲标准化委员会（CEN）也成立了区域性的增材制造标准化委员会。另外还有一些国家和地区也推出了相关的标准化和指导方针，如英国标准协会（BSI）和法国标准化协会（AFNOR/UN），德国标准化学会（DIN）与德国机械设备制造业联合会（VDMA）、德国工程师协会（VDI）也合作出版了增材制造相关标准。



美国材料与试验协会委员会

- 成立于2009年
- 范围：制定增材制造技术标准，推广知识，刺激研究和技术实施
- 成员：各阶层领域代表，如公司、大学、研究机构等
- 一组织一票
- 目前，代表23个国家的400多名个人成员



国际标准化组织技术委员会

- 成立于2011年
- 范围：关于增材制造的流程，

术语和定义，工序链（软硬件），测试程序，质量参数，供应协议以及各种基本原理的标准化

- 成员资格以不同国家标准化组织的代表为基础，每个成员组织可以提名不同领域的专家
- 一组织一票
- 目前有20个参与国与5个观察员。



▲ 图 2. 增材制造各种不同的术语

2009年，美国材料与试验协会成立增材制造技术委员会。同年，德国和英国也成立了相关委员会。国际标准化组织则是在2011年成立了技术委员会，这两大组织在2013年7月定下了联合标准制定计划。

欧洲则是在2012年才开始，如增材制造标准化支持行动（SASAM）就是由欧盟资助的框架计划中的一个项目。这个项目旨在通过一些整合和协调标准化并解决生产问题的活动来推动增材制造的发展。整个项目在2014年4月结束，涵盖了利益相关者的要求，成为了增材制造标准化的路线图。

2013年3月，欧洲电工标准化委员会（CENELEC）与欧洲标准化委员会（CEN）成立了增材制造STAIR-AM平台，集中讨论与增材制造相关的研究、服务供应商和全球标准化组织的事宜。之所以称之为增材制造平台，是因为这是一个专门研究增材制造的欧洲网。基于该AM平台的讨论将持续下去，该平台由一个欧洲国家网组成，致力于增材制造领域的研究议程。

2015年7月，CEN/TC 438委员会成立。它的主要目标和重点是标准化增材制造（AM）过程、生产链（含软硬件）、测试程序、环境问题、质量参数、供应协议以及一些基本术语的应用。为了确保各项目的一致性并与国际标准接轨，其首要任务是发布EN ISO标准。

各工作组的工作都在紧锣密鼓的进行当中。然而，协调现有的各种标准并形成一套国际通用的增材制造标准，是一个巨大的挑战。到目前为止，已经发布的有关增材制造的标准

有以下几个方面：

- 术语以及数据格式
- 材料
- 测试

表1给出了关于增材制造行业已发表的标准的一份概述。本文的目的是对现有的增材制造行业标准做一个简明的概述，下文中将会列出涉及到的每个标准的简短摘要。

术语

术语是整个标准化过程中的第一个项目，因为增材制造技术中有许多不同的术语以及缩写，并且涉及了制造过程的方方面面。对整个增材制造领域来说，更为通用的术语是3D打印，而这一术语的广泛使用，则是受到了低成本家用3D打印机的影响。事实上增材制造所指的是生产可直接供终端用户使用的部件，以及更加复杂的金属部件制造过程。

ISO/ASTM 52900:2015

该标准建立并定义了增材制造技术使用的术语，它指应用增材成型的原理，由此通过连续添加材料来建立物理三维几何体。现有的术语已经被划分至特定的应用领域，而在ISO/TC 261以及ASTM F42标准下产生的新术语将会被包含在即将修订的国际标准概述中。

ISO/ASTM 52921:2013

该标准包括增材制造技术中的术语、术语的定义、术语的描述、有关坐标系统和测试方法的命名法以及缩写形式，以此来标准化增材制造过程中使用的术语。其应用面涉及增材制造的使用者、生产者、研究人员、

教育工作者、媒体工作者及其他领域的人员。涵盖的术语包括机器/系统及其坐标系统的定义以及零件的位置和方向，规定整套系统的目的在于和ISO 841标准相兼容，并阐明这些术语在具体情况下的应用方式。

ISO 17296-2:2015

本标准描述了增材制造的工艺流程基础，同时概述了现有的工艺类别，描述了后续标准的越级原则。由于新技术的不断发展，这些工艺类别并不是详尽无遗的。ISO 17296-2:2015为我们解释了不同的工艺类别，是如何使用不同材料来打造产品的几何结构的。与此同时，它也描述了同一材料在不同工艺中的应用。通过不同工艺组合和原料生产的部分原料以及要求规范将会在随后的标准中单独给出，因此不包括在此标准中。

VDI 3405

该标准是针对增材制造工艺的使用者以及生产者制定的。它涵盖了用于增材制造的部件的设计、制造以及评估的考量因素，并定义了其应用范围。该标准详细指明了制造过程中的术语以及定义，主要针对涉及的制造过程中的基本原则。本标准包含相关的质量参数，详细说明了原件测试和供应协议制定的规则。它还包括安全相关、环境相关的内容。由于该指南假定读者对于不同的增材制造过程都有一定的了解，所以整体内容的解释都是点到为止。

数据格式

数据格式的标准化是针对增材制造工艺及相关软件系统的用户和生

Markforged: 一种截然不同的金属增材制造方法

作者: Ian Campbell, Terry Wohlers

今年元月，Markforged公司推出一种名为原子扩散增材制造（ADAM）的新工艺和Metal X系统。Markforged总部坐落于美国马萨诸塞州的剑桥，因2014年推出自家研发的复合3D打印技术而广为人知。本文详述了“间接”金属增材制造系统并概述了此系统在商业生产中的优缺点。

过去几年，金属增材制造备受关注，有些人甚至认为是最近才发展起来的。但实际上早在20多年前，市场上就可买到金属增材制造系统了。最早的商用金属增材制造系统通常被称为“间接”金属增材制造，因为这种系统并不是采用单一材料通过直接工艺生产零件的，而是用金属粉末与高分子聚合物之类的粘结剂混合制成“坯件”。这些坯件经过热后处理去除粘结剂，从而产生约40%的孔隙。在加热阶段，烧结过程会融合金属颗粒。同时，像青铜这类低熔点金属会渗透填满大部分孔隙。

DTM的粉末床熔融工艺（Powder Bed Fusion process），俗

称选择性激光烧结（SLS）就是这样的系统。

一种使用特定金属的SLS工艺名为RapidTool，它所用的是高分子聚合物涂层钢颗粒组成的RapidSteel粉末。采用激光熔融材料制成坯件后再进行烧结，制成的零件含60%钢与40%青铜。图1所示为RapidTool工艺制成的零件。

生产致密金属零件

采用粉末床熔融与其它增材制造工艺来制造出来的致密金属零件比RapidTool这类工艺制造的更有优势。整个过程更为简易，无需去除粘结剂，烧结或渗透。所用的大功率激光器或电子束制成的零件密度通常可达99%甚至更高，且其性能通常优于普通铸件或与锻造材料性能相似。而可用的合金类别也持续地增加，包括许多最常用于的航空航天，医药，牙科和其它应用领域的合金。但是，使用的大功率能源与相对较慢的处理速度，制成的零件价格都较为昂贵。此外，需严密控制尺寸和形状的金属粉

末也是造成价格昂贵的原因之一。因此，直接金属增材制造的主要缺点是成本问题，大多数系统价格在25万美元至150万美元，甚至更高。这样的价格超出许多公司与教育机构的承担范围。

“间接”金属增材制造系统目前在市场上依然有售，其中最成熟的是ExOne2001年推出的粘结剂喷射系统，最初属于ExtrudeHone。兼容的合金材料包括不锈钢，铬镍铁合金，钴铬合金，青铜，铁与若干难熔金属。与早期的SLS RapidTool系统相似，这些机器制造的零件后续必须经过热脱脂和烧结处理，有些还需要用青铜这类再生金属进行渗透处理。ExOne系统定价从43万美元到110万美元不等。

Metal X 系统

Markforged公司的Metal X系统采用的是名为“原子扩散增材制造（ADAM）”的“间接”金属增材制造工艺，这种工艺是基于材料挤压成型技术，基本价格为99,500美元。将金属



▲ 图 1 — RapidTool 零件 (Land Rover 提供)



▲ 图 2 采用 Markforges 公司金属 X 系统制造的皮带轮 (左) 金属 X 系统 (右)



▲ 图 3 采用 Markforges 公司的金属 X 系统制造的不锈钢制动杆

粉末与高分子聚合物混合成棒状物，放置在靠近机器顶部的墨盒中。所使用的金属粉末与金属粉末床熔融所用的相同，但已被“锁”在聚合物中，因此这些材料不会空气化，毒性与可燃性风险大大降低。与大多数材料挤压机的方式相似，混合的材料沉积后会在真空炉中一站式加热，制成的零件密度可达99.7%。

Metal X系统的构建体积为250 x220 x200毫米 (9.8 x 8.7 x 7.9英寸)，生产层厚为0.05毫米(0.002英寸)。由17-4不锈钢制成的制动杆样品如图3所示。两件样品经烧结后，密度达99.7%。一个制动杆的制造时间为5小时，加上4小时热后处理以及34美元的材料费用。ADAM工艺能够

构建全封闭的格子或网状结构，制成的零件比强度高。而粉末床系统的缺点就是制成的封闭结构中带有难以去除或无法去除的未加工材料。这就是粉末床系统和ADAM工艺的区别，而ADAM工艺可能较为适合应用于航空航天和其他领域。

最初可用的材料是303和17-4不锈钢，而其它材料仍在测试中如Inconel 625镍基超合金，Ti-6Al-4V铝合金，6061与7075铝以及A2与D2工具钢。

“材料的混合是放置于以类似大多数材料挤压机的方式，然后通过真空炉的一级加热工艺，零件即可达到理论密度的99.7%”

热后处理(Thermal processing)

还有一个因素需要考虑的是热后处理和去除聚合物粘结剂会使得零件收缩20%。Markforges的首席执行官Greg Mark表示，零件是均匀一致地收缩的，在生产过程中就要考虑收缩的问题。从其它同样需要热后处理的粉末工艺的研究与经验来看，如金属注射成型，尽管零件收缩是均匀的，但设计师们依然要考虑改变壁厚与其它性能特征，避免成品变形。热处理与冷却过程也需要不少时间，大大降低了构建速度。以制造制动杆为例，除去精加工的时间，大约44%的时间都花在热后处理和冷却的循环过程中。

Mark和他的团队已找到一个方法解决热后处理引起的尺寸误差问题。打印头内置高分辨率激光扫描器，对热处理中的零件进行扫描，及时调整数据，那么打印出来的下一个

零件的尺寸精确度就会更高。

结论

Metal X系统的出现为那些想要涉足金属增材制造的公司提供了一个成本合理的选择。它适用于生产成品件，且如果零件细小，其生产力可与数控加工相竞争媲美。此外，还可以用于制造原型机和注塑模具这类工具。马上对这个系统下定论还为时尚早，毕竟今年9月才正式发货，目前还暂时不确定最适合应用在哪个领域。但可以确定的是这个系统有望带来一轮新的景象。

作者


Ian Campbell 与 Terry Wohlers
Wohlers Associates, Inc
Fort Collins
美国
科罗拉多州 80525
www.wohlersassociates.com

联系

Kerry Murphy,
公关部经理
Markforges, Inc
10 Fawcett St.
美国
马萨诸塞州
剑桥 02138
Tel: +1 617 666 1935
Email: Kerry@markforges.com
www.markforges.com

萧玉麟 译自：Metal AM Vol.3
No.2 SUMMER 2017 pp.113-115

译者：ylx93@aliyun.com ;
xiaoyulin123@126.com

A portrait of Professor Yang Yongqiang, a middle-aged man with dark hair, wearing a blue polo shirt. He is seated and gesturing with his hands while speaking. The background is a solid light blue.

华南理工大学杨永强教授：

金属 3D 打 初期的机

3D打印产业化 遇与挑战

撰文：曾伟清

2012年，当3D打印被美国人捧上神坛开始风靡全球时，华南理工大学杨永强教授忆起当时在人民大会堂参加的一次工程院的研讨会，目的即是为了讨论3D打印是否真如美国人所说的那样是一种将引领第三次工业革命的颠覆性技术，亦或是像当年美国和苏联进行军备竞赛那样，实为一种欺骗性的战略。

“当时国家层面有这样的疑虑，3D打印整个行业并不大，产值也不高，然而美国将其提到国家战略的高度，我们该如何应对？”杨永强教授谈到，最后得出的结论是：3D打印的确是一项非常重要的工艺，有着很好的发展前景，我们应该发展它。

随后，经过两年的精心准备，工信部发布了《国家增材制造产业发展推进计划（2015-2016年）》、《国家增材制造产业发展推进计划（2017-2020年）》正式将3D打印纳入国家战略，国务院颁发的《中国制造2025》多次强调3D打印技术，近日，科技部也发布重点专项指南对增材制造给予支持。

然而，3D打印对于目前的制造业来说依旧显得太过前沿，产业化的道路才刚刚开始.....

本期，《3D打印世界》与我国金属3D打印领域重要的专家、学者杨永强教授一道探讨金属3D打印产业化初期的机遇与挑战。

金属3D打印设备的两大技术难题

清华、北航、西交大、西工大、华科大几大院校可以说是我国3D打印技术的源头，然而最早研究SLM金属3D打印技术且成功开发出国产化设备的应当为华南理工大学机械与汽车工程学院的杨永强教授所带领的团队。时至今日，杨教授不仅亲历着整个SLM金属3D打印技术的发展进程，也在为推动技术的产业化而不断努力。

2002年开始，杨教授带领的团队开始研究当时被成为金属快速成型的技术，2004年便与北京隆源合作开发出国内第一台选区激光熔化

快速成型机。然而，在当时不管是国外还是国内都是以CO₂激光器做为光源，扫描软件也不成熟，杨教授回忆道：“我们做出的第一代机器打印出来精度和尺寸都不是很好，那时候只能打印方块或者其他规则形状的东西，但在当时已经算很好了。”因为当时国外的进口设备一台就需要花费四、五百万，基本没有高校做这一块的研究。

2005年后，国外解决了光纤激光器的反射问题，终于将光纤激光应用到了3D打印设备上，杨教授也获得了学校学科建设的经费支持，购买了当时售价40多万的200W光纤激光器，开发出了以光纤激光为光源的金属3D打印设备。

目前，杨教授的团队在关键性的铺粉结构上拥有十多项专利技术，与设备相关的专利申请接近200件，不仅是国内好几家3D打印企

业的技术源头，今年1月，还

在广州荔湾区的3D打印

产业园成立了一家公

司——广州雷佳增材

科技有限

公 司

（以下简称“广州雷佳”），专业从事金属3D打印设备研发、制造、销售以及提供金属3D打印服务，拥有的金属3D打印设备包括DiMetal-50、DiMetal-100、DiMetal-280、DiMetal-500系列。

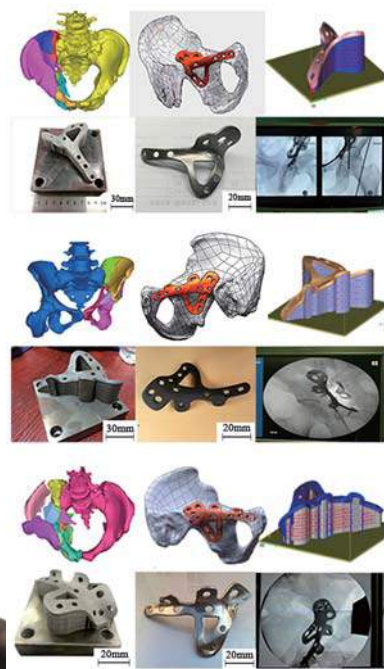
然而技术发展到现在，国产3D打印设备上的这些关键元器件仍然依赖于进口，据杨教授介绍，目前金属3D打印还主要存在两大技术难题：

第一，3D打印机上的光纤激光器、扫描振镜、控制元件这些核心器件依旧使用的是进口元件。以杨教授自己开发的设备为例，光纤激光器主要来源于IPG或SPI，扫描振镜来源于德国SCANLAB或美国CTI。国产的激光器和振镜这两年在激光打标领域的应用卓有成效，然而在3D打印设备上还没有完全国产化；

第二，虽然元器件可以依赖进口，但是金属3D打印设备的控制系统和扫描软件都得自己开发，这才是真正决定3D打印件的精度与表面质量的关键因素，据杨教授介绍，国内大部分的厂商在这一块做得并不好，这也是国产与进口设备的差距所在。

但是，杨教授表示，不管是国





外还是国内都还存在许多问题，需要进一步努力、完善金属3D打印设备。

材料与前端需求不足之间的矛盾

金属材料作为3D打印过程中需要持续投入的成本，进口材料价格之高另人望而生却。近年来越来越多做热喷涂、粉末冶金的科研院所和材料商进入到3D打印行业，出产的粉末质量也有了大幅度的提高。在采访中，杨教授否认了“国产金属粉末技术不行”这样的观点，他谈到曾经有一个企业做了3公斤粉末送来试用，粉末质量非常好，一点也不输国外。而问题在于，需要用到100公斤的时候，粉末质量就完全不过关了，这是什么原因？

杨教授认为，主要的问题在于3D打印对材料的要求比较高，不仅粉末粒度要在 $10\mu\text{m}$ 到 $40\mu\text{m}$ 之间，

在含氧量和物理化学性能方面也有要求，因此这就需要企业大手笔投入，以保证制粉环境达到要求。而上述这家企业可以用以往的制粉技术小心翼翼地做出3公斤高质量的3D打印用金属粉末，但是到100公斤时，制粉环境就达不到要求了。

但金属3D打印的前端应用市场还没有起来，对于金属粉末的需求量比较小，企业不愿意投入巨额资金到这个市场，因此我国目前还没有一家规模非常大的专门做金属3D打印粉末的厂商。

而随着市场需求的不足，给企业带来的另一个问题是，卖的粉末越多亏损反而越大。杨教授举了一个非常实际的例子，比方说他买了某企业10公斤的钛合金粉末，每公斤售价约2000元，而第二次购买50公斤粉末时，该企业就将价格提到了3000元一公斤，而且提高售价后对方还是亏



杜芬 3D 打印： 以应用为王，“鱼”“水”相融，做 3D 打印的夯实者

✍ 撰文：张紫薇

珠海市杜芬自动化科技有限公司（以下简称“杜芬”）创始于1997年，是一家专业从事：精密CNC数控机械、WEDM机床、三维3D打印设备，自主研发、生产为一体的高新技术企业，专注CNC数控行业19年。

基于全CNC自动化，工业4.0思维下，杜芬专注于3D打印设备及软件技术的自主研发和原创智造，成立杜芬3D工业打印设备研发中心，以原创技术研发为源动力，创造中国自主品牌，颠覆传统复制产品的模式，落地应用来开发有效3D打印设备。

杜芬拥有3000平方标准研发智造厂地，以及自己的机械加工车间和装配生产线，年产值可达35000台。以19年的传统生产经验为基础，3D打印技术落地产品应用，坚守技术

创新，做3D打印机的应用解决者，让3D打印机加传统设计生产融为一体，实现真正有效3D打印时代。

《3D打印世界》：杜芬专业从事CNC数控行业19年，进入3D打印的契机是什么？

杜芬：其实在杜芬看来，3D打印机只是模具设备、数控设备的延伸，一个增材一个减材。就像当初从铣床到CNC一样，我们很多购买3D打印设备的客户，包括新款的SLA 3D打印机，都是以前的老客户，和我们的CNC客源重叠率达百分之八、九十。3D打印其实是技术进步延伸出来的一种新的技术。

《3D打印世界》：3D打印机是否可以完全替代CNC？它的优势在哪里？

杜芬：3D打印并不能完全替代

CNC，只能是替代大部分，这对传统工艺而言已经是很大的冲击。

以前工厂做手板，是用CNC、线割机、火花机这些传统的减材设备，而现在用3D打印就可以，而且速度快，成本低。另外，如今越来越难找到合适的CNC人才，CNC的编程和操机需要两个人，如果没有一两年的经验很难熟练地掌握技术，但是3D打印机的操作就更简单。这样的技术发展趋势符合了未来的用工需求。就像以前的铣床全靠人工，现在全部是电脑控制，这是时代发展的趋势所决定的。

《3D打印世界》：杜芬为何钟情于大型FDM 3D打印机？

杜芬：杜芬是一家技术型公司，以前我们总是为了技术而开发产品，但现在发现这样其实是在走弯

气雾化压力对 3D 打印用 316L 不锈钢粉末性能的影响

✍ 作者：上海材料研究所吴文恒，吴凯琦，肖逸凡，杨启云

采用真空熔炼气雾化工艺制备3D打印用316L不锈钢粉末，通过调整雾化参数，研究了不同雾化压力对粉末化学成分、粒度分布、球形度、表面形貌、流动性及松装密度等特性的影响。结果表明：在保温温度（ 1560 ± 20 ）℃、保温时间20 min、漏包温度（ 1050 ± 30 ）℃、高纯氮气雾化及雾化压力3.0 MPa工艺参数下，制备得到的粉末性能可达到氧含量（质量分数）0.08%、中位径 $31.39 \mu\text{m}$ 、球形度0.75、流动性 $21.56 \text{ g}/(50 \text{ s})$ 及松装密度 $3.88 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，基本满足不同金属3D打印技术对粉末材料性能的要求。

近年来，国外3D打印金属粉末发展迅速，3D打印金属粉末材料的市场主要被国外产品所占据，如英国LPW科技有限公司、英国Sandvik Osprey公司、德国TLS公司等。目前，金属3D打印机供应商主要是来自德国的EOS、SLM SULOTIONS、ConceptLASER、瑞典的Arcam和英国的Renishaw等公司，他们借助专业粉末生产商的平台研制开发金属粉末。而国内能够实现3D打印专用金属粉末自主生产的企业屈指可数，市场上的金属粉末依然主要用于粉末冶金制品加工，与3D打印的技术要求尚有距离。除此之外，国内尚无一套完整的3D打印用金属粉末及打印后工件的性能评价规范。因此研制高性能且价格合理的金属粉末，对于国内3D打印企业发展至关重要。

事实上，金属3D打印技术对金属粉末的纯度、氧含量、球形度、粒度分布、流动性等都具有较高的要求。气体雾化制粉是生产金属及合金粉末的主要方法，制备出的金属粉末具有球形度高、粉末粒度可控、氧含量低、生产成本低以及适应多种金属及合金等优点，已成为制备高性能及特种合金粉末的主要技术手段^[1-2]。随着粉末冶金新工艺新材料的出现以及粉末原材料在表面工程、电子、化工、激光快速成型、军事等工业中的应用，对合金粉末的要求向着微细、高纯、球形化方向发展，这一驱动力推动着粉末雾化生产技术的不断革新^[3]。

气体雾化的基本原理是用高速气流将液态金属流粉碎成小液滴并凝固成粉末，其核心是控制气体对金属液流的作用过程，使气流的动能最大限度的转化为新生粉末表面能。因此，作为控制部件的喷嘴成为气体雾化的关键部件^[4]。国外如美国、英国和德国对此进行了大量的研究，相继提出了许多新型的雾化技术，如紧耦合雾化技术、层流雾化技术等，使雾化技术向微细粉末方面跨进了一大步。这些雾化技术有的已成功地应用于工业化生产，有的正在进入工业化领域，极大地促进了雾化工业生产技术的发展^[5]。

3D打印的不锈钢件具有优异的耐腐蚀、耐高温、耐磨损、抗蠕变以及良好的外观光泽度等特性，且成型件强度较高，同时能够满足大尺寸打印件的加工要求，在航空航天、医疗器械制造、汽车制造、日常生活等领域得到了广泛应用。316L不锈钢粉末是较早研发用于3D打印的不锈钢材料，如今已成为3D打印市场上较为典型的加工材料。本文通过气雾化制粉技术制备3D打印用316L不锈钢粉末，获得了不同雾化工艺对粉末性能的影响规律。

1 粉末制备与试验方法

1.1 工艺路线的确定

本试验所选用的316L不锈钢粉末制备工艺路线是：



优雅的时光
Holthinrichs
腕表结缘增材制造技术



Michiel Holthinrichs先生是Holthinrichs腕表公司的创始人，目前他正与雷尼绍一家增材制造解决方案中心合作，希望借此一方面加深对金属增材制造 (AM) 技术潜力的了解，另一方面加快Holthinrichs品牌高端限量款腕表的整体制作速度。

他设计的第一款腕表“Ornament 1”是传统制表工艺与最新金属3D打印技术的结晶，前者包括瑞士手动上弦机芯以及受上世纪五十年代经典腕表启发而来的设计灵感，而后者用于制作腕表的表盘、表冠和带扣。

背景

Holthinrichs腕表公司由Michiel Holthinrichs先生于2013年创立。早在代尔夫特理工大学攻读建筑学硕士学位期间，Michiel就开始收集和修复各种古董腕表。建筑学知识让他从专业角度理解了知名建筑中那些无处不在的艺术装饰细节的重要性和所呈现的观赏性，而且他还设法在腕表设计中找到了这些元素。

Michiel将这些精致、高雅的计时装置视为一座座微型、精密的建筑，这令他萌生了运用自己的艺术和工程知识打造自有品牌腕表的想法。

Michiel使用传统的铅笔素描完成了第一版设计稿，随后他将这些素描作品转化成手绘技术图纸，并考虑使用数控机械设备或者手动车床生产这些零件。

但是，他自己不具备相关的生产设备或技术，因此需要找到一个合

作制造伙伴。接下来发生的事情证明，这比预想的要困难得多，因为荷兰并没有成熟的钟表制造业基础。

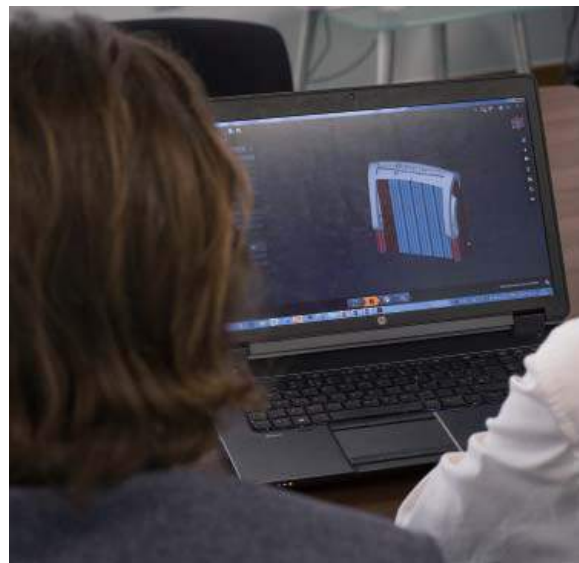
Michiel曾经从媒体上阅读过有关3D打印的报道，并知道雷尼绍是金属增材制造系统的专业制造商。他随即联系了雷尼绍比荷卢公司的总经理Philippe Reinders Folmer，而Philippe建议他先去比利时一家著名的3D打印服务中心了解增材制造技术，因为那里刚刚安装了一台雷尼绍AM250系统。Michiel与该中心合作在AM250系统上制作出“Ornament 1”腕表的3D打印原型，并生产出第一批腕表零件。

“Ornament 1”腕表的表盘、表冠和带扣均是借助金属3D打印技术使用316L不锈钢材料制成的。腕表表盘的直径为38 mm，厚度仅10 mm；表盘边缘镌刻有凸起的Holthinrichs品牌文字，表盘背面用大写字母镌刻了“stainless steel (不锈钢)”、“3D printed case (3D打印表盘)”以及“Swiss movement (瑞士机芯)”字样。这些细节只有金属增材制造技术才能实现。

在雷尼绍AM250系统上打印这批腕表大约用时三十个小时。包括零件加工在内的后处理工作均外包，最后由Michiel对返回的零件进行手工打磨和抛光处理。每块腕表的后处理、手工装配和调校工作大约还需用时三十个小时。

挑战

“Ornament 1”腕表正式上市



1

2

3

1 Michiel Holthinrichs (中) 与雷尼绍公司的 Philippe Reinders Folmer (左) 和 Charlie Birkett (右) 合影

2 使用雷尼绍 QuantAM 加工文件处理软件准备“Ornament 1”腕表表盘的加工文件并以钛合金材料打印。

3 Holthinrichs 腕表公司的“Ornament 1”腕表表盘在雷尼绍 AM 400 系统中采用钛合金材料打印而成

后，便凭借对3D打印技术的新颖应用受到大众欢迎。上世纪五十年代典雅的装饰派艺术风格和精美的外观，加上限量款营销策略，使得这款腕表的含税售价超过3,000欧元。

不过，Michiel注意到客户似乎不太关心腕表的制作方法，反而更加在意这款腕表相比其他腕表具有哪些不同的设计细节。Holthinrichs品牌文字以精美的浮雕字体镌刻在表盘边缘，这是传统制造工艺无法做到的，充分体现出雷尼绍高性能增材制造系统可胜任加工极度精细化特征的能力。

既然 Michiel 已经证明“Ornament 1”能够从设计变为成品，接下来，他便希望探究制造工艺的再现性和一致性，以及如何简化费时费力的后期整饰工序。此外，由于

零件的金属3D打印和后期加工以及其他自动化后处理工序均需外包，因此他的制造成本相对较高。

一方面，他不具备内部完成这些工序的必要技能，另一方面，他也认为现在还没有到达需要自己投资购买新设备的发展阶段。

但是，Michiel看到了市场的发展潜力，决意扩展腕表系列。他解释说，“整个钟表制造业都在发生变革；过去有一些大公司固守着老黄历经营……但是我认为现在的人们——不只是钟表市场，包括更多的领域——都在追求更加个性化、更加高品质的产品”。

他计划开发一系列经典款式的高端腕表，同时这些腕表还具有高度的个性化元素，可像定制珠宝那样满足客户的特色需求。

解决方案

雷尼绍对Holthinrichs的情况进行了评估，最后得出的结论是，雷尼绍增材制造解决方案中心 (AMSC) 是帮助Michiel深入金属增材制造领域的最佳途径。

雷尼绍增材制造解决方案中心遍布世界各地，客户可以在中心内租借并使用雷尼绍增材制造设备，还能获得雷尼绍工程师提供的技术支持。AMSC服务内容涵盖整个生产阶段：从增材制造专用设计直到产品最后的整饰和检测。AMSC还可向客户提供包括机床加工和测量在内的其他技术，以此作为增材制造技术的补充。

这些中心的宗旨和作用是让客户在六个月内逐步加深对增材制造技术的了解，以便他们在真正引入金属增材制造业务之前，能够针对技术



潜力以及业务流程做出最为明智的决策。“我们不仅制造这些机器，而且也自己使用这些机器。凭借这一经验，我们可以帮助其他企业利用这些先进的制造系统取得更大的成功。”Philippe解释道。

在采用不锈钢成功制作“Ornament 1”腕表后，Michiel还希望能够为客户提供由其他材料制成的腕表。雷尼绍推荐他使用钛合金，因为这种材料可以实现极佳的抛光效果，同时适合对其进行后期化学处理方面的研究，这有助于减少产品的精加工和整饰时间。

此外，钛合金比不锈钢更轻，这将为Michiel的“Ornament 1”腕表系列增添另一亮点。

金属3D打印的重要优势之一是加工过程中无需使用任何模具，而

且设计图纸可直接在3D CAD（计算机辅助设计）软件中绘制。“如果Michiel想要调整设计，或者更改表壳上镌刻的文字或标志，他只需在计算机上完成操作即可，这不会对后续制作流程产生连带影响，”雷尼绍增材制造应用工程师Charlie Birkett（在英国AMSC为客户提供支持）解释道。

雷尼绍将Michiel的新设计导出到QuantAM加工文件处理软件中。QuantAM是与雷尼绍金属增材制造系统配套使用的专用软件。使用这款软件，雷尼绍团队可以向Michiel展示如何在加工托盘上检查和配置零件，并向其添加必要的支撑。团队拥有丰富的专业知识和设计经验，可确保仅添加最少量的支撑结构，以避免浪费并节约加工时间。

一旦在QuantAM中完成加工文件的准备工作，就可将文件发送到雷尼绍AM 400金属增材制造系统。之所以选择这款机器，是因为它可以灵活更换加工材料，且能够完美加工出设计图样中的尖锐转角和精致细节。

结果

Michiel形容钛合金腕表零件“非常具有美感——带有粗犷的工业美学特质”，并希望找到一种提升零件后处理效率的解决方案，他说道，“我们只是刚刚起步，我对未来的发展充满期待。”

雷尼绍和Michiel将继续深化在增材制造领域的合作，他们目前正在研究几种加工和后处理方案，以缩短生产用时，并确保零件始终具有最高品质。🔍

增材设计： 通过智能优化提升部件价值

✍ 作者：Olaf Diegel, Terry Wohlers

适度的增材制造设计（DfAM）有可能对经济上的成败起着决定性的作用。当增材制造用于生产应用时，零件的设计与重新设计至关重要，否则用传统制造方法生产会更合适。在本研究中，Wohlers Associates公司的Torry Wohlers与Olaf Diegel教授，揭示了工业采矿机械制造商Atlas Copco如何利用DfAM提升液压分路阀箱（hydraulic manifold）的价值。

总部设在瑞典纳卡的一家工具装备制造制造商Atlas Copco正在探索DfAM，从传统制造向AM转变，以增加其产品和生产流程中的价值。其中的一个应用实例是用于地下钻井平台中（图1）的液压系统分路阀箱。让该公司感兴趣的是，AM大幅度减

少阀箱零件的重量，同时又改善了它的功能，因为阀箱是安装在钻井平台延伸吊臂的末端，重量的减轻，显然会对提升平台的功能带来了极大的好处。该项目是由Atlas Copco公司的Fredric Adersson，Magnas Karlberg与Sima Velizadeh，以及隆德大学（Lund University）工程硕士生Henrik Nilsson（领衔）合作开发。

该液压分路阀箱目前是由数控加工制造，由一块钻有很多连接孔的不锈钢块组成，形成了很多互连的通道，以便于液压流体经此流到适当的端口，阀门和传感器也能测量压力值。使用传统方法产生连接通道的唯一方法就是从金属块外部钻洞，然后塞住，内部通道得以保留。



图 1. 上一 Atlas Copco 坑道钻机，下一公司的原始阀箱块设计

支撑结构需要重点考量

对金属增材制造进行设计的重要目标之一是在打印零件时尽可能地减少部件支撑所用的材料。AM过程中，支撑材料将零件固定到构建板上，在打印的时候，就可以将热量从零件转移。这个方法减少了因极端热量而引起零件变形的可能性。尤其重

意大利珠宝设计师凭 3D 打印金手镯获法国顶级设计奖

意大利珠宝设计师 Paola Valentini 在法国珠宝制造业专业委员会 Comité Francéclat 组织的 3D 打印珠宝大赛中获得了顶级设计奖。

Comité Francéclat 在去年设立这个比赛，邀请珠宝设计师和学生发挥想象使用 3D 打印技术打造出黄金饰品。比赛的难度在于要设计一件一体成型无需组装的饰品。换句话说，这样的设计用传统的制造工艺，如失蜡或模具铸造都是难以实现的。

Paola Valentini 设计的手镯使用了大约 3.5 公斤金粉，花费了大约 12 个小时进行 3D 打印。据说这件惊艳

的作品由两千多块层组成，层厚为 15 微米。要将金粉熔化成层，激光的温度需要达到 1700 摄氏度。另一件抛光玫瑰金的优雅手链重 64 克，手链的波浪纹理仿佛音浪，通过一个内部整合扣来实现穿戴。

制造黄金饰品的增材制造技术



▲ Paola Valentini 设计的 3D 打印手镯（左），学生 Johan Poizat 设计的 3D 打印吊坠（右）

由 Francéclat 团队开发。一台可以处理黄金的 3D 打印机已经用于制作许多饰品，包括戒指，手镯和吊坠。Francéclat 的技术总监 Pascal Hély 表示，他们花了好几年时间才找到了相应的专业参数和质量标准，如确定激光的温度，“雾化”金粉的成分等。

未来，Francéclat 团队希望推出新颖的 3D 打印技术，带动一些制造商投资 3D 打印机。该技术目前的成本约为 20 万欧元。他们相信，3D 打印对珠宝制造业而言将是一种开拓新视野的技术，而不是直接取代传统制造工艺。（翻译：张紫薇）

优材科技
OPTECH

www.omt-am.com

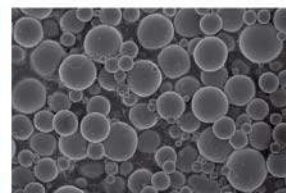
3D 打印 球形钛粉 球形钛粉



成都优材科技有限公司是一家专注于金属粉末生产和 3D 打印研发及产业化应用的高科技成长型企业。其代理的加拿大 AP&C 公司的球形金属粉末，是采用等离子雾化工艺生产的。产品中，纯钛和 Ti6Al4V 钛合金粉末具有球形度高、纯度高和流动性好等优点，能够满足 3D 打印对粉末的严格要求，加工的零件生物相容性好、力学性能优异。成都优材提供的高品质球形金属粉末广泛应用于增材制造（3D 打印）、金属注射成型、热/冷等静压、粉末喷涂等加工领域，除了作为材料供应商，我们还在加大研发，逐渐向航空航天和生物医疗加工应用端发展！

Ti6Al4V 粉末 15-45μm 23&ELI

粉末参数指标	测量值
D10	20 μm
D50	33 μm
D90	44 μm
霍尔流动性	31s/50g
松装密度	2.51g/cm ³
氧含量	0.08-0.12% wt.
氮含量	<0.02% wt.



参数指标	测量结果
屈服强度	920 ± 50MPa
抗拉强度	1010 ± 50MPa
延伸率	5 ± 3%
弹性模量	100 ± 10GPa
热膨胀系数	8.0 × 10 ⁻⁶ K ⁻¹
耐腐蚀性	离子析出率 1.41 μg/cm ² 7d
生物相容性	无细胞毒性，无刺激性



制备出的打印件金相组织呈现均匀、无气孔的微观组织状态。



地址：四川省成都市高新区科园南路2路1号9幢1层A座
电话：028-85336392 85336538 85159942



线上应用程序推出 3D 打印金银吊坠项链设计服务

随着 3D 打印在新一代设计师和珠宝制造商中越来越受欢迎，一位伦敦艺术家也正在探索与客户在线共同创作的可能性。通过 Hexatope 程序，用户可以通过程序用 3D 打印纯银或 18 克拉镀金来试验、开发、设计吊坠项链。Hexatope 结合了技术创新和手工艺，通过应用程序创建的设计会转由英国设计师 Charlotte Dann 进行手工制作。在体验中，用户可以依照教程使用绘图工具等设计自己的吊坠项链。最终，设计将会被转化为 3D 图像，以 CAD 文件的模式发送到设计师的 3D 打印工作室。



3D 打印领带，一条最贵 1800

阿尔巴尼亚公司 3B ARMY 将在本周推出一个新品牌 VIP TIE 3D。该品牌包含 Matt、Gloss 和 3DLUX 三个系列，都是些可定制的领带，其中也有蝴蝶结领带。这些领带的制造结合了 3D 打印和手工制作。它们看起来设计精良，引人注目却不过分华丽，明艳但不令人反感。领带并不便宜，最高售价达 240 欧元(人民币约 1873 元)，但每条都需要大量的手工制作和 3D 打印工作。几乎可以保证的是，这些 3D 打印定制领带就像佩戴者一样独一无二，不会出现第二个人戴着相同的领带。

XON 旗下 3D 打印物联网智能自行车即将开卖

近日，有关 3D 打印自行车的消息此起彼伏，XON 旗下的 ORBITREC，一款采用了衍生设计、晶格结构以及金属零件的可定制 3D 打印自行车，将在不久后走上商业化的道路。现在，这套单纯的车架设计已经成为了一套具有传感器、物联网连接的完整的自行车系统。受航天白皮书的启发，该车采用了衍生设计和具有间隙的 3D 打印晶格结构，使用 Autodesk Within(Netfabb)软件来设计，并且与市场领先的全碳纤维自行车重量已经相差无几。



比利时艺术家 3D 打印 25 个上海建筑比例模型

比利时艺术家、建筑师 Cédric Van Parys 的“展示进步的遗迹系列”作品出现在威尼斯双年展上。该系列包含 25 个 3D 打印比例建筑模型，描述并升华了点缀在上海天际线的那些惊人建筑。Van Parys 用光固化 SLA 技术将 2D 图像转换为 3D 打印模型。据他说，3D 打印技术是唯一能实现 0.3mm 细节的合适手段。打印完成后，他将“展示进步的遗迹”放到一系列已经制造好的地形上，深蓝色的为地形，金黄色的是屋顶本身。

小乌龟脸受伤带上 3D 打印透明面具

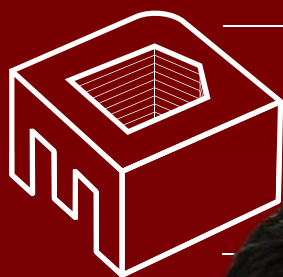
在美国田纳西州一家叫做诺克斯维尔的动物园有一只小小的乌龟，她的名字叫“补丁”，因为脸部受伤而带上了一个非常小的保护面具，该面具是通过 3D 打印量身打造的。动物园通过与田纳西大学的兽医合作，用微 CT 扫描了补丁的面部，最后一个小小的 3D 打印面具就此诞生，戴上之后非常合适，苔藓和污垢也不会卡在呼吸道里面。在兽医领域，3D 打印的用途越来越广泛，有了 3D 打印，我们可以更加容易、更加低成本地为动物进行人性化的医疗服务。



两双 3D 打印鞋亮相美国 Fashion NXT 时装周，售价 \$ 175

在美国第二大时装周——波特兰 FASHION NXT 时装周上，俄勒冈州设计师 Seth Aaron 首次亮相了他的最新时装系列。该系列受到 60 年代的日本时尚启发，Aaron 为该系列设计了两双鞋——“东京平台”和“大阪牛津”，两款鞋都是与专门从事生产定制 3D 打印鞋的圣地亚哥创业公司 Feetz 合作 3D 打印的。两款黑白主题的鞋都受到 20 世纪 60 年代日本时尚以及传统日本鞋的影响。结合这些复古的外观与增材制造技术，Aaron 与 Feetz 创造出两双独特的鞋子，每双售价 \$175。

中国3D打印行业第一本专业读物



3D PRINTING WORLD

2017年12月 | 第34期

3D打印世界



口腔医学因 3D打印而改变

广西医科大学口腔医学院副教授许胜 封面人物 / P14

未来十年是3D打印在推动口腔医学技术的大变革，治疗的方法、流程以及医疗模式将会因为3D打印而改变



P8 3D打印对牙科领域的影响

扫描、可视化、计算机辅助设计、铣削和3D打印的兼容性，将牙科带进一个令人兴奋的时代。



P22 聚醚醚酮 (PEEK) 在医疗上的应用

PEEK是一种线性芳族半结晶的热塑性聚合物，其机械性能非常适用于生物医学应用。

以下杂志内容为精选版本

订阅或投稿，请联系本刊编辑部

0756-3919278

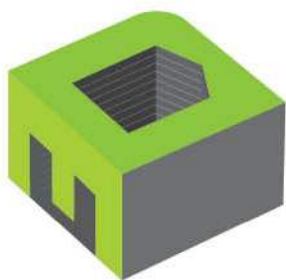
3dp@rtmworld.com

进军海外市场的绝佳展览平台
相约2018，不见不散

与全球最大打印耗材展
RemaxWorld同期同馆举办



第六届



亚洲3D打印展览会 iPrint 3D Expo

2018年10月18-20日 | 中国珠海



100+ 知名3D打印展商



15000+ 全球专业买家



5000平 现代化展出面积



100+ 合作媒体全程报道



官方网站：www.iprint3dexpo.com
欢迎关注微信公众号，追踪展会最新资讯：



预订热线：0756-3959280 梁小姐
邮箱：Anna.Liang@rtmworld.com

EDITORIAL

刊首语



近日，国家工业和信息化部、发展改革委、教育部等 12 部门联合制定了《增材制造产业发展行动计划 (2017-2020 年)》，设定目标，到 2020 年，增材制造产业年销售收入超过 200 亿元，年均增速在 30% 以上。

其中，“3D 打印 + 医疗”也是一项重点任务。国家将针对医疗领域个性化医疗器械（含医用非医疗器械）、康复器械、植入物、软组织修复、新药开发等需求，推动完善个性化医用增材制造产品在分类、临床检验、注册、市场准入等方面的政策法规，研究确定医用增材制造产品及服务的医疗服务项目收费标准和医保支持标准。

该发展计划无疑又为业内注入了一针强心剂，3D 打印医疗尚未纳入收费标准一直是医院在面对这项惠民技术但用起来却充满踌躇的主要原因之一，在另一方面，目前 3D 打印的成本也相对较高，如能将其纳入医保项目，也可解决患者选择该项技术的后顾之忧。可以想见在政策的支持下，未来几年，医疗 3D 打印市场将出现腾飞式的发展局面，而普通大众也可大大受益于该技术带来的医疗福利。

目前，医疗 3D 打印在口腔和骨科应用得最好。而在口腔临床方面，个性化的透明隐形牙套已经是一片可预见的蓝海，国内外已有不少企业发现了市场的切入点，并在该领域尝到了新技术带来的市场红利甜头。

比方说，因发明 Invisalign 隐适美牙齿矫正技术而声名鹊起艾利科技 Align Technology，凭借 3D 打印为客户定制隐形牙套，今年的销售额预计会突破 13 亿美元，该公司配备了五、六十台 SLA 3D 打印机，应对 22 万客户的定制需求。另外《3D 打印世界》曾经做过封面专访的上海正雅齿科科技有限公司，作为国内第一批在 3D 打印隐形牙套市场掘金的企业，不久前也获得了 5000 万 B 轮投资。

可以想见仅仅是隐形牙套这一细分市场的蓝海有多大，而据美国著名市场研究机构 Transparency Market Research 发布的一份研究报告，预测全球牙科 3D 打印市场至 2025 年将突破 34 亿美元。

不仅仅是牙科领域，整个口腔医疗都将受益于 3D 打印技术，并为之发生革命性的变化。本期《3D 打印世界》采访了资深口腔医学专家兼材料学家、广西医科大学口腔医学院的许胜副教授，他大胆预测“未来十年是 3D 打印在推动口腔医学技术的大变革，治疗的方法和流程都会因为 3D 打印而改变。”

我们也相信，在政策、技术和市场的驱动下，个性化需求极强的医疗领域终将与 3D 打印紧密地结合在一起。

出版人 李广连

出版人及董事总经理

李广连

董事

纪大伟（澳大利亚） 劳莉

杂志编委会

（排名不分先后）

颜永年	戴冠戎	黄卫东	李涤尘
史玉升	王成焘	王联凤	杨永强
韩品连	徐铭恩	张远明	沈卫东
陈继民	翟莲子	周美芳	周宏志
Kim Francois	许小曙	宗贵升	
邹波	侯锋	周钢	郑正元
郑韦	徐宏	谭颂斌	杨义许
王蕾	宋波纹	吴文恒	

主 编

纪大伟

编 辑

曾伟清 张紫薇
王莉 刘盛娟 贡晓静

美术设计

邓德胜 钟晓俊 周婵媛
罗宇洪 王清梅 黄靖怡

广告业务，请联系

梁雪燕

Anna.Liang@rtmworld.com

媒体公关，请联系：

冯 旭

Vincent.Feng@rtmworld.com

电话：+86 (0)756 3959280

传真：+86 (0)756 3959299

电子邮箱：i3dpworld@rtmworld.com

网址：www.i3dpworld.com

准印证号：（粤 C）Y0155116 号

出版地址：

Room 1310-13, 16-20, 13/F,
Hollywood Plaza, 610 Nathan Road,
Mongkok, Kowloon, HK



亚洲 3D 打印展览会
iPrint 3D Expo
2017年10月12-14日 | 珠海国际会展中心

CONTENTS 目录



扫一扫，订阅杂志



01 刊首语 Editorial

04 资讯 Information

06 环球 World News

观察 Observation

08 3D 打印对牙科领域的影响

12 3D 打印颌颌面骨 CMF 植入物的挑战研究

人物 People

14 口腔医学因 3D 打印而改变
——广西医科大学口腔医学院副教授许胜

应用 Applications

22 聚醚醚酮 (PEEK) 在医疗上的应用

30 3D 打印生物材料研究及其临床应用优势

39 全球首例！重庆医生借助钛金属 3D 打印
为 84 岁老人翻修膝关节

40 三维可视化与 3D 打印帮助团队医生处理
复杂的连体婴分离手术

42 行业圈 Industry News

44 创客 Marker



“越来越多的门诊、医院、科室都开始重视 3D 打印和 CAD/CAM 技术的应用”



新品速览



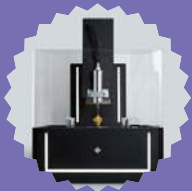
土耳其公司推出工业级续打 3D 打印机 LOOP

土耳其Teknodizayn公司推出了工业级续打3D打印机LOOP，该打印机使用受注塑工艺启发的自动化喷射器系统，以快速移除部件。LOOP是市场上第一款工业级续打3D打印机，具有250×350×500mm的大型打印室，支持众多高品质工业材料以及高端塑料尼龙，将支持PEEK和ULTEM材料，可实现不间断的3D打印循环。



VCN推出世界上最硬3D打印不锈钢材料Vibenite350

世界领先的金属合金公司VCN组件推出世界上最硬的不锈钢Vibenite350，可用于3D打印。Vibenite350拥有前所未有的硬度、耐磨性和腐蚀性，可广泛用于各个行业。该合金纳米结构含有20%铬及大量碳化物，极其耐磨，用于制作塑料加工工具、泵和泵壳、轴承等，成品率达98%以上。



印度初创公司推出 5 轴 3D 打印 +CNC 一体机

近日，印度初创企业Ethereal Machines推出一款5D打印机Halo，并且集成了CNC加工。该打印机较传统机型多出了A/B两轴，打印床和打印头可以向不同的角度移动。其优势在于可以减少支撑，提高打印结构的自由度，并且其3D打印机和数控机可以在同一设备上随时自由切换。Halo的价格较市面上机型低约40-60%，且更为紧凑，具有更多的适用材料。



一迈智能成功推出自产 PEEK 线材及高温 3D 打印机

近日，3Devised公司推出世界最小的自上而下的DLP专业桌面3D打印机。该打印机即插即用，重约4.3kg，内置WIFI模块。拥有仅155×155×290mm的尺寸，打印层厚25-100微米，配备5W的UV LED光源。不仅如此，它还采用了DLP技术，以自上而下的光固化方式进行打印。

4 资讯 Information | 3D 打印世界



3D 打印首次列入中小学综合实践活动课程的设计制作活动

10月30日，教育部关于印发《中小学综合实践活动课程指导纲要》的通知“火爆刷屏”，该《纲要》在中小学综合实践活动课程的设计制作活动（劳动技术）中首次明确提出“3D设计与打印技术的初步应用”的推荐主题及其说明，且鼓励有条件的学校配备多种打印方式与打印材料的3D打印机设备。标志着3D打印走进校园并不是一件简单的设备买卖交易事件，而是一套新课程建立导入、落实完善、成熟普及的整体解决方案全面形成的过程。

爱普生宣布进入工业 3D 打印市场——正研发高速多材 3D 打印系统

日本科技巨头精工爱普生集团宣布计划扩大全球业务，希望到2025年，全球收入增加50%以上，为了实现这一目标，爱普生计划在增加全新的产品和服务，其中就包括发布新的工业3D打印系统。

五年前，爱普生董事长碓井稔就宣布爱普生将进入3D打印市场，但当时他也表示3D打印的消费市场太过于细分，限制了产品开发投资的价值。现在技术已经成熟，3D打印系统在工业应用上已经成为了常规，尤其是原型、研发和小规模制造方面，爱普生决定首先在更为先进的3D打印领域尝试一番。据了解，爱普生3D打印机的打印速度将快达200ppm，并且能兼容不同的3D打印材料，这也是爱普生将重点开发的产品。



铂力特、中国航材与空客公司签署航空锻件及3D打印合作协议

近日，中国航材总经理杨晓明与空中客车公司副总裁 Raphael Duflos、副总裁 Thomas Cochelin 分别签署《空中客车、中国航空器材集团、宏远公司关于航空锻件的供应协议修订 4》及《空中客车、中国航空器材集团、铂力特关于 3D 打印航空零件的供应协议》。3D 打印协议的正式签署，标志着中国航材在工业合作业务领域多年探索新技术和新产品的努力获得阶段性的成果。

碳纤维 3D 打印机制造商 Markforged 获 1.98 亿 C 轮融资

美国碳纤维 3D 打印机制造商 Markforged 今年表现依旧强势，不但在第二季度实现了 300% 的收入增长，而且相继推出了多款新产品，包括首款金属 3D 打印机 Metal X、新型碳纤维 3D 打印机 X3 和 X5。现在，该公司又迎来了一个重大利好，在 C 轮融资中获得了 3000 万美元投资。由此，他们迄今为止获得的总投资就达到了 5700 万美元。

这次的投资者都是世界级的大企业，包括西门子的 next47 部门、微软创投 (Microsoft



Ventures)，以及保时捷汽车控股公司 (Porsche SE)。由此可见碳纤维 3D 打印的市场前景之广阔！

通用 GE 发布首款大尺寸金属 3D 打印机

这款金属 3D 打印机是 GE 专门负责 3D 打印业务的分公司 GE Additive 与 Concept Laser 合作开发的，采用的技术是目前业界最常见的激光粉床熔融，设计目标是让航空航天、汽车、油气行业的公司有能力



自行制造需要的大尺寸且定制化的零部件，主要亮点包括：

- ①分辨率和打印速度都要高于现有的同类型设备
- ②可扩展，Z 轴尺寸可以增加至 1 米甚至更大
- ③采用了最先进的激光技术，并且可添加额外的激光器
- ④采用分散给料的方式，可有效节省粉末，降低成本
- ⑤可打印钛、铝等多种金属

新品速览



雷尼绍新推四激光器3D打印系统RenAM 500Q

英国工程公司雷尼绍近日新推出 RenAMe 500Q 系统。其打印室尺寸为 250×250×350mm，配备激光和振镜后，四个激光器可同时到达打印床的任一点，同时运行时，可以每小时 150cm³ 的速率沉积。500Q 配有一体化的粉末筛分和循环系统，且支持熔点高达 200℃ 的合金粉末，未来将支持温度达 495℃ 的高温合金。



通快推出中型金属3D打印机TruPrint 5000 LMF

近日，Trumpf 公司正式推出了全新、更大的激光 3D 打印系统 TruPrint 5000，号称世界上速度最快、产能最高的中型 3D 打印机。其三个激光器都配备有 Trumpf 设计的光学组件，可更快、更高效地生产零部件；拥有自动计算功能，可达到“无缝完成”的效果。可制造直径 300mm、高 400mm 的复杂零件。



3D Potter推出Potterbot XLS-1陶瓷3D打印机

不久前，Potter 公司推出了 Potterbot XLS-1 陶瓷 3D 打印机。该打印机配备有一个特别的挤压头，兼容黏土与陶瓷材料，具有开创性的 360 度连续旋转打印功能，可以打印高达 9 英尺的物体，直径也可达到 9 英尺。与此同时，打印机也配备了 4 升的黏土容器以及可容纳 250 磅黏土的挤出软管，经过清洗的挤出机头甚至可用于食品打印。



SLM Solutions 推出超大型可扩展金属 3D 打印机

近日，德国金属 3D 打印公司 SLM Solutions 推出了新型 SLM 800 金属 3D 打印机。该打印机拥有 500×280×850mm 的打印室，可容纳四个 700 瓦的激光器，用于生产大型金属零件。整机配备自动化处理站及永久性过滤技术，熔池监测、多激光功率监测、优化机器控制软件和真空可选粉末供料单元等技术。



01 | 荷兰

3D 打印用于安乐死，荷兰“死亡博士”推出 3D 打印“自杀胶囊”

近日，一位荷兰的安乐死专家 Philip Nitschke 博士在 3D 打印应用方面取得了突破。他使用 3D 打印技术创造了这个名为 Sarco 的自杀胶囊，该机器允许用户“一键无痛自杀”，并且将在未来作为开放源代码免费在线提供。用户需先行进行在线调查问卷测试，评估其潜在心理健康状况，以判断他们是否适合使用自杀胶囊。Sarco 胶囊通过释放液氮、逐渐降低氧气水平来完成安乐死的过程，结束后胶囊可被当做棺材使用，而底座可以重复使用。目前他们正在研究使用可生物降解的木材和塑料来制作胶囊，预计打印成本为 1000 欧元。



02 | 美国

挂在墙上的 3D 打印微型社区：为纽约无家可归者提供了住所

近日，纽约市创意公司 framlab 提出建设 3D 打印微型社区的解决方案，为城市日益增多的无家可归的人提供住所，这个微型社区是由六边形的模块小屋组成。利用 3D 打印和其他先进技术，一个小房子的制造时间只需几天，房间的内部由生物塑料 3D 打印而成，环保且组装成本低。一面 15 X 21 米的墙可以容纳 95 个小房子。这种 3D 打印的住房可以经受一年四季的恶劣天气，而且通过不同的模块组装，可以为不同需求的人群提供定制，比方说组装成带有书房的卧室等等。

03 | 阿根廷

阿根廷科尔多瓦国立大学使用国内第一台药物 3D 打印机

近日，阿根廷的 Life Solutions Integrales 公司开发出了专门为生产药物而设计的第一台 3D 打印机。据悉，目前 3D 药物打印机已经在科尔多瓦国立大学（UNC）化学科学学院投入使用。3D 打印机的打印头挤出含有待施用药物的熔融材料以及与其混合的粘合剂。3D 打印机可以生产片剂或胶囊，与传统的成型方法不同，可以 3D 设计出各种不同的形状，也可以使用许多不同的结合材料。UNC 的 3D 药品打印机相对独特，用户可以自由组合不同形状的药片以及不同的材料。这可以更好地控制何时以及如何将药物释放到患者的身体中。



04 | 西班牙

西班牙研究员开发出改善皮肤癌放疗治疗的 3D 打印保护装置

西班牙研究人员使用 3D 打印技术开发了一种新的方法来帮助治疗皮肤癌患者，利用 3D 打印的定制部件保护健康的皮肤免受放射疗法的影响。医生对患者脸部进行 CT 扫描，然后进行数字转换以创建患者脸部的虚拟 3D 模型，然后 3D 打印模型以获得实物。这种技术仅需要 7 个小时，所得到的部件比用模具制造的部件更好，使得放射治疗可以更加准确和有效地进行。目前将初步针对鼻部癌症患者进行测试，而保护片已经使用 PLA 长丝进行了 3D 打印。无论最终使用哪种材料，该技术都比传统的成型工艺便宜得多。



07 | 日本

日本双日成立新公司，利用金属 3D 打印机生产零部件

据报道，日前，日本双日公司与铸造业同行、东北大学联手成立了“日本层积造型”公司。该公司将利用金属 3D（三维）打印技术生产零部件。首先利用自主技术将钛铝和钨等难以铸造的材料加工成粉末状，作为产品的原材料，然后在打印机中输入 3D 数据，在原料加热的同时一点点地积累结构层次，最后完成造型。通过该技术可以实现汽车和飞机等比较坚硬、轻便产品的生产，与金属的切削加工相比，可以减少材料浪费。预计明年 7 月将在宫城县工厂进行机械作业。



05 | 俄罗斯

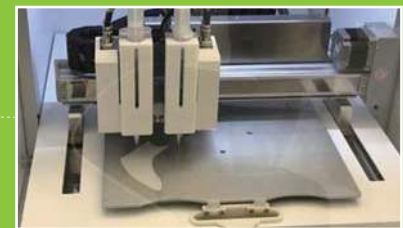
俄罗斯 Skoltech 公司开设配备俄罗斯最大金属 3D 打印机的先进 AM 实验室

俄罗斯斯科尔科沃科学技术研究院（Skoltech）正式启动了新的增材制造实验室（AM Lab）。Skoltech 的 AM 实验室拥有一系列 3D 打印技术，包括俄罗斯最大的金属 3D 打印机 Insstek MX 1000；高精度和高效率的金属 3D 打印机 Trumpf TruPrint 1000；其中 3DCeram 公司的 Ceramaker 900 是一种基于 SLA 的陶瓷 3D 打印机，可以打印各种陶瓷材料；以及用于原型设计的 Plastic Projet 3D 打印机。通过合作，该公司已签署了一份不具约束力的合作协议，计划未来发展 AM 实验室设施，并利用其“学术界和工业界”资源，在俄罗斯境内外推广增材制造技术。

06 | 澳大利亚

3D 扫描 + 打印齐上阵，16 米高中国佛像入驻国立美术馆

近日，一尊高 16 米、头部重 1.3 吨的中国佛像入驻澳大利亚维州国立美术馆。这尊佛像雕塑作品是中国艺术家徐震利用 3D 扫描打印设备创作的。这幅作品工程巨大，耗时 3 年才完成，另花了 7 个月才抵达澳大利亚，而工作人员又耗费 2 周到 3 周时间才把佛像各部分拼接完整。佛像安装工作十分复杂。中国专业团队正利用高绳齿轮和起重机完成佛像的安装工作。这幅佛像作品将在举办三年一度的当代国际作品展时展出，时间从 2017 年 12 月 15 日至 2018 年 4 月。



08 | 韩国

量“脸”定制——韩国爱茉莉太平洋推出根据个人肤质定制的 3D 打印面膜

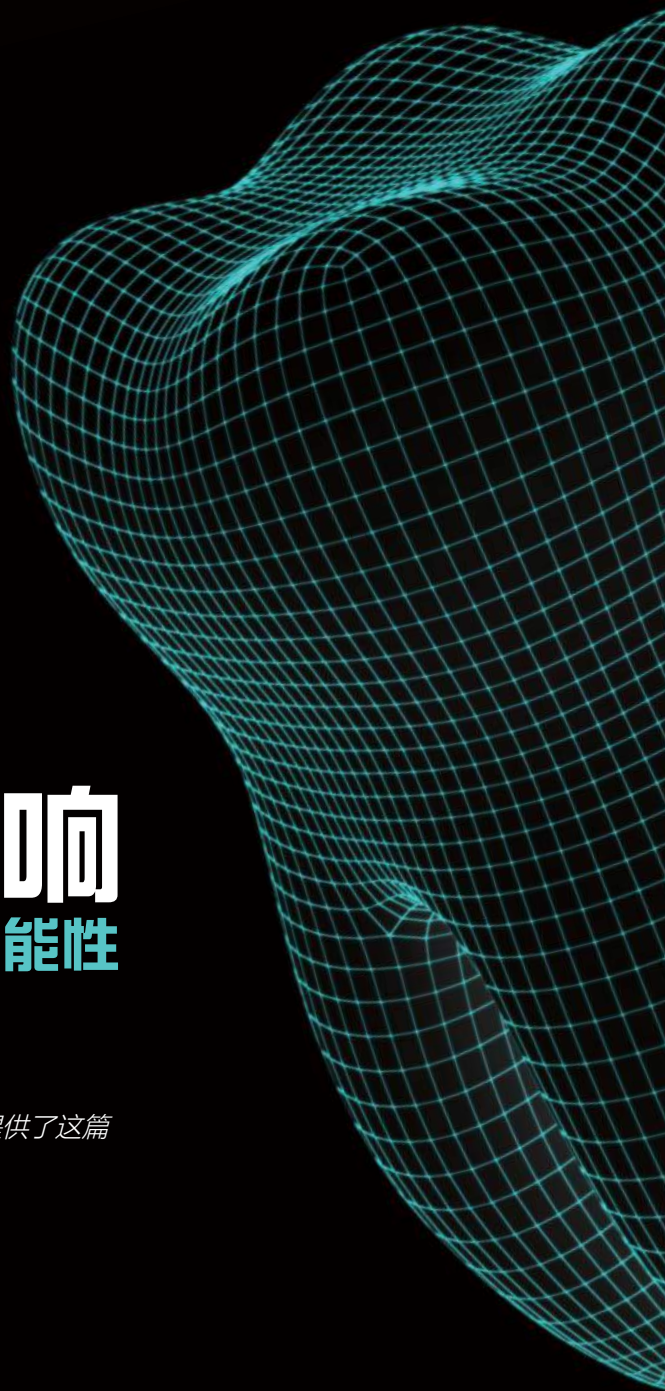
世界上最大的化妆品公司之一的韩国爱茉莉太平洋公司推出世界上第一款定制面膜产品，这款被称为“定制面膜”的新产品是使用 3D 打印和物联网（IoT）技术制造的。面膜由两个部分组成，一个是定制面膜“Tailored Mask”，另一个是根据客户肤质定制的成分组成的“Tailored Serum”，其中含有一系列不同的成分，包括柏树提取物，糖枫提取物和果聚糖。客户需使用专用的智能手机应用程序扫描自己的脸部。通过收集关于客户脸部的数据和测量结果，应用程序可以生成完美适配用户脸部的面膜图案。

3D 打印对 牙科领域的影响

模式的革命性转变与未来的可能性

✍ 作者: Sagacious Research 公司 Ram Tenneti、Jai Prakash Yadav

Sagacious Research公司的Ram Tenneti和Jai Prakash Yadav提供了这篇
研究文章，详述了3D打印对牙科领域的影响。



扫描、可视化、计算机辅助设计、铣削和3D打印技术的兼容性，再加上人们天生的好奇心和创造力，将牙科领域带进一个令人兴奋的时代。

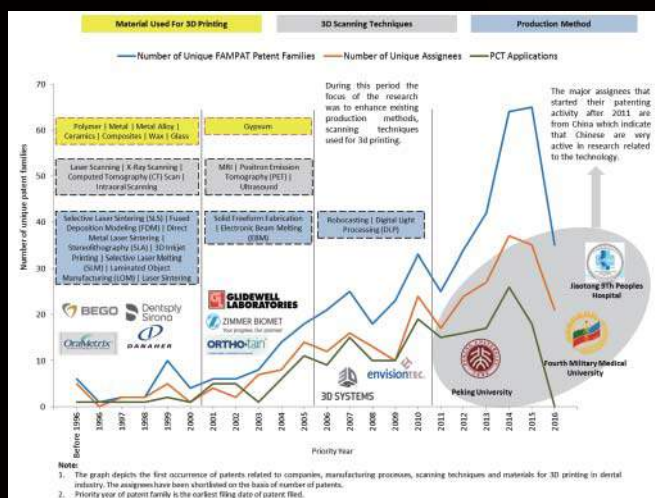
3D打印在牙科领域扮演着越来越重要的角色，这篇文章主要是基于专利态势和不断变化的申请趋势来挖掘这项技术的潜在变化。

3D打印在应用方面存在着大量的炒作，并且被贴上了一个标签——一项将永远改变制造业的颠覆性技术，但实际上要走的路还很长。尽管有些应用领域，如3D打印器官、牙科、口腔和颌面外科手术，确实在利用数字化制造技术的同时，使用着CAD，并且正全力朝着可能的新时

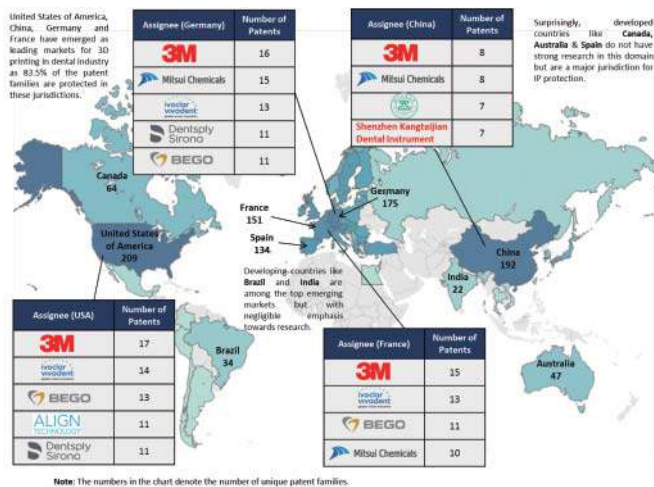
代迈进，但仍然存在一些障碍和限制。

本文将探讨3D打印的起源及其成为关键技术的原因。我们将通过这项研究，帮助行业内相关的人员和企业来了解不断变化的市场动态，并采取有效措施，借助牙科领域的突破性技术来迎接全球化的竞争市场，让世界变得更美好。

牙科领域的专利申请起源于1984年，我们研究分析了牙科行业内涉及的3D打印专利，发现像3M、三井化学、Dentsply Sirona、Bego Medical、Align Technology、Glidewell、Straumann 与3Shape这些企业都在积极保护他们旗下的专利知识产权。



▲ 图1：牙科行业采用的3D打印工艺、技术和材料，以及专利申请日期和趋势



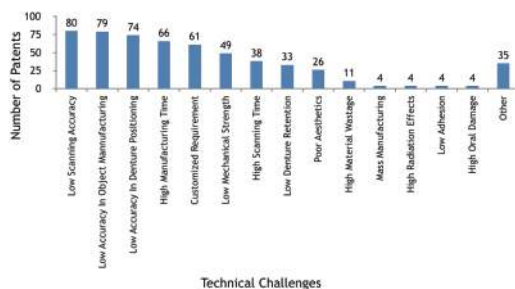
▲ 图2：美国、德国、中国和法国已成为技术领先的市场

2011-2015年的专利申请量较前些年有所下降，但总体而言，近年来是一直在快速增长的。2008年以前，发明专利主要倾向于使用3D打印来制造牙模和假肢。此外，与立体光刻相关的多项专利在2008年到期，不少企业可以自由使用这些技术实现商业化。为了免费使用的发明专利的商业化，专利的申请从2008年开始呈下降趋势。从2008年开始，重点就转移为牙科产品生产的完全数字化领域。研究表明，牙科领域的大规模生产将成为重中之重，紧接着的是可持续解决方案，以改善终端用产品与定制产品的外形。

不同公司申请的专利暗示了这些公司正在寻求其专利发明的潜在市场。根据不同的专利申请，我们可以了解到申请这些专利都有哪些公司。

3M公司在保护自家技术方面一直处于领先状态，而Align Technology则是主要在美国市场活动。

大部分研究都集中在美国，其次是中国和德国。自2011年以来，中国已成为主要研究国家之一，在此期间中国专利申请量超过91%。从2011年开始，中国研究的发明数量占专利申请量的39%。



▲ 图3

为什么3D打印对牙科行业至关重要？

牙科3D打印解决了很多问题，如义齿定位、定制要求、义齿固位等。图3展示了根据解决问题划分的专利分布，以进一步改善现有系统。

其他挑战如下：

- Tissue Regeneration (3)
- Authentication (3)
- Antimicrobial Properties (2)
- Improper Shape (2)
- Material With High Viscosity (2)
- Removable Prosthetics (2)
- Surgery Simulation (2)
- Root Canal Obstruction (1)
- Root Canal Effect Detection (1)
- Film Thickness Uniformity (1)
- Corrosion Resistant (1)
- Moisture Control During Bonding (1)
- Treatment Of Hearing Loss (1)
- Healing Efficiency (1)
- Root Canal Efficiency (1)
- Pore Connectivity Control (1)
- Irregularities In Product (1)
- Product Flexibility (1)
- Surface Bonding (1)
- Proper Operation Simulation (1)
- Air Inclusions In Product (1)
- Quality Product (1)
- Weight Reduction (1)
- Radiation Beam Temperature Control (1)
- Compact Shape (1)
- Biocompatibility (1)

▲ 注：括号中的数字代表与各自技术难题相对应的专利数量。

为了发现技术领域的潜力，Sagacious在专利趋势的基础上进行了SWOT分析。

主要企业地理位置：

牙科领域与3D打印相关的同族专利有462个，由196家不同的公司和大学拥有。

有些公司从2011年开始申请专利，并对与材料，打印机和扫描仪有关的知识产权保护表现出一贯的兴趣。而新加入这个专利申请行列的大多来自中国。

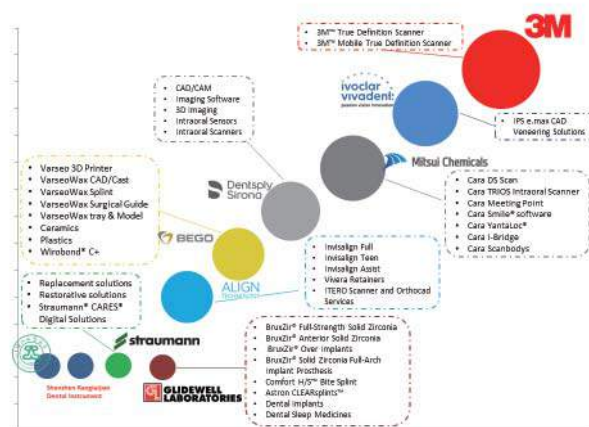
中国不少大学，如浙江大学和浙江工业大学仅通过在中国申请专利来展示自己的研发活动。这是与这些大学合作的好机会。

下一步怎么走？

3D打印最为显著的优势在于将其推向大规模生产的水平，并加快产



▲ Sagacious research ©2017



▲ 注：气泡的大小标识着各公司拥有的同族专利数量。

品制造时间。像Align Technology, Dentsply Sirona和3M这些公司一直在努力寻求利用3D打印技术进行大规模制造的解决方案。Align Technology则提出了第一个与个人大规模定制相关的专利US6976627, 该专利是利用嵌在3D打印物件上的三维条形码来识别零件信息。这些三维条形码信息代表着相应的三维数据, 便于利用增材制造技术制造零件以备后用。CCD摄像头可以读取条形码以获取相关3D模型信息, 从而在需要时可以制造出新的3D打印零件。Align Technology旗下品牌Invisalign主要销售定位器和固定器, 这两款产品均使用3D打印机生产。Align Technology采用大规模定制技术来打造更大规模的独特医疗设备。

Dentsply Sirona在2016年也提交了专利WO2016187155A1, 预示着3D打印速度从现有的速度提升到了另一层次。该专利公开了其3D打印的方法, 该方法省略了一个步骤——它无需额外的射线来阻止固化液体与液槽底部的透明窗口分离, 即可进行下一步的打印。3D打印机可以采用数字光处理, 立体光刻和光照技术。该专利有助于提高3D打印机的效率。而目前的重点聚焦在大规模生产3D打印终端用的产品和延长产品的寿命。

下一步的重点在于如何通过3D打印大规模生产终端用产品, 并全面提升质量。各公司都在寻求缩短制造时间、增加机械强度、提高制造精度及类似问题的解决方案, 以确保终端

用产品的最佳质量和尖端解决方案。

我们认为, 3D打印已准备好喷薄而出, 将成为多种行业常规制造的可行性替代方案。随着这一革命性的转变, 越来越多的企业跟随这些主要玩家参与到其中来, 看他们如何改进产品, 并开始重新审视他们的业务, 以及这项技术可能对整个商业生态系统产生的影响。

SAGACIOUS IP是提供整体IP方案的全球性企业, 由技术与法律专家组成的顶尖团队, 使用最尖端的工具制作降低风险的研究调查报告, 以适当合理的价格提供给企业团体以及针对专利法的律师事务所。Sagacious IP因在相关产业所表现的优秀成绩, 曾获CNBC与Red Herring颁奖。(翻译: 张紫薇)

A portrait of Xu Sheng, a middle-aged man with dark hair, wearing a white lab coat over a grey shirt and a patterned tie. He has his arms crossed and is standing against a blue background with a network of glowing lines and dots, suggesting a technological or medical theme. The lab coat has a red logo on the left chest.

广西医科大学口腔医学院副教授许胜

撰文：曾伟清

口腔医学 因3D打印 而改变



2016年，美国新泽西理工大学设计专业一位23岁的学生因一个前所未有的“壮举”登上了全球各大新闻网站头条，他在没有牙科医生的介入下，利用学校供学生自由使用的激光扫描仪和3D打印设备，自行制造出12副适用于自己的透明牙套并成功矫正了原本存在瑕疵的牙齿，整个流程分为“海藻酸钠粉末制模—扫描获取3D数字模型—3D打印矫正器模型—真空注塑透明牙套”。

然而这并非个案，类似的群体性事件正在美国轰轰烈烈地上演着，据广西医科大学口腔医学院副教授许胜介绍，在美国有一家叫做“SmileDirect Club”的牙齿美容初创公司，可以在没有牙医协助下让患者自己取模，然后送至加工厂，用类似上述的方法制造出隐形牙套，并负责后期维护，整个过程完全跨过了传统牙科医生的专业设计与检查，并且将牙齿整形矫正的费用降到难以置信的程度。

姑且不论此举是否值得效仿与推广，事件背后昭示的是3D打印将对牙科乃至整个口腔医学带来的不同程度的变革。这一观点也被资深口腔医学专家兼材料学家许胜副教授所认同：“未来十年是3D打印在推动口腔医学技术的大变革，治疗的方法、流程以及医疗模式将会因为3D打印而改变。”

3D打印在口腔医学的具体应用

上世纪九十年代，许胜副教授在华西牙科大学口腔医学院（四川大学）先后完成口腔医学本科和材料学硕士的学习，然后在华西口腔种植医院工作近十年，现就职于广西医科大学口腔医院，期间先后赴德国、日本、美国进行研修留学。

这些专业学习和临床技术熏陶让许胜感觉到传统技师的手工艺和材料技术的落后深深制约了牙科临床应用的发展，需要有新的技术和材料来推动牙科医学的进步，“我们有句话叫做‘牙科的发展不是依靠牙医自身，而依赖于其他领域技术的发展和进步’”，许胜表示，而3D打印正是这样一项先进的制造技术，它结合3D扫描和计算机软件算法等技术，可以很好地替代人工，它不仅仅大量用于制造个性化的假牙，还将在隐形矫

正、手术导板、颌面修复等领域发挥出巨大的作用。

“实际上越来越多的门诊、医院、科室都开始重视3D打印和CAD/CAM技术的应用，广西医科大学口腔医院也花了几千万的经费购买了3D打印设备。”许胜透露。

据了解，目前广西医科大学口腔医院所购置的3D打印设备以进口的塑料、树脂打印材料为主，并且还购进了杭州捷诺飞的“Regenove”生物3D打印设备，为下一步研究生物3D打印技术铺垫基础，而在金属3D打印技术方面则

主要和外部厂商做合作，并且和国内优秀的3D打印设备制造商广东智维立

成型科技有限公司（以下简称“广东智维”）建立起了很好的交流合作关系，双方在3D打印技术和口腔临床应用方面迸发出了非常多思维的火花。

目前，3D打印在口腔医学中的应用到底体现在哪些方面？许胜副教授以口腔医学中的科别分类为我们做了详细的介绍：

首先，3D打印目前应用的最好、印象最为深刻的牙科领域就是口腔正畸学了。3D打印已大量渗透到隐形牙套和个性化的舌侧正畸矫治器制作流程中。

以隐形牙套为例，传统的正畸治疗过程中，医生在获取患者的牙模后，以人工的方式将需要移动的牙齿部位一个个锯下来，将牙齿排列到可以



移动的位置后，用热压膜成型技术直接压出透明牙套给患者佩戴，其中移动的距离可能仅为0.1毫米，不仅需要花费大量的时间和精力，对操作人员的专业知识和手工工艺的要求也非常高，而且笨重的石膏模并不便于存储、运输及医生与患者之间的交流。3D打印则取代了其中手工排列牙模的环节，只需在计算机上将数据化的牙模通过专业软件预先排列到理想的位置，按照正畸的理论和大数据结果，用精度极高的树脂3D打印出不同阶段的树脂牙模，就可以用以前的压膜工艺压出透明牙套，其精确、快捷性自然不言而喻。

而在舌侧矫正中，可以用3D打印的方式制作出个性化的托槽，但是这种方式成本还比较高，目前医院多数走的是一个中间路线，首先用塑料或蜡3D打印出托槽形状，然后再用传统的铸造方法制造舌侧矫正器部件。

其次，通常受到最关注的是口腔修复学领域，其本质是为患者缺失或缺损牙的部位镶复出一颗新的牙齿。

许胜认为这是3D打印应用最早的领域，因为3D打印可以为患者直接量身定制打印出一颗金属或陶瓷牙，经过打磨处理，堆塑上饰面瓷即可佩戴在患者的口腔内。

目前，广西医科大学口腔医院是采用两种

3D打印的模式

来做，一种是打印出塑料壳，经过包埋、铸造和磨光来制造出牙冠，另外一种是用激光金属熔的方式打印出金属假牙或陶瓷牙。

第三，3D打印在正颌

外科中的领域也得到实际应用，患者因颌面部外伤、肿瘤等原因造成颌面部骨折和骨缺损，需要恢复颌面部的正常形态，医生可以用CBCT的方式重建三维颌面部解剖，3D打印出颅骨模型，可以非常直观地指导医生进行手术计划和模拟手术。而且，可以直接3D打印出患者颌面部的缺损部位，如金属钛的下颌支架，植入到患者下颌，可以让患者恢复正常的面貌，行使相适应的功能。

更进一步的是，广西医科大学口腔医院周诺院长的团队正在对生物3D打印研究，实验研究3D打印出骨组织和其他组织，用于治疗 and 恢复颌面部缺损、畸形的临床应用中。

另外，在口腔种植中，目前3D打印主要用于种植导板的制作。因为在牙齿种植术中，需要用种植软件首先分析出种植区的骨量，分辨和测量出上颌窦和下牙槽管等重要解剖特征，然后设计出种植体的尺寸、最佳位置和方向。3D打印的



导板

即可精确地

引导医生将种植体植入到最合适的位置，即不会对重要的组织产生伤害，又能达到种植牙恢复功能的目的。

据许胜副教授介绍，未来在牙齿种植术中将不再需要3D打印的导板，目前广西医科大学口腔医院在用VR模拟的方式培训学生使用带传感器的种植手柄，将带传感器的种植手柄和VR现实技术应用到实际的临床手术中，在无导板的情况下模拟引导医生完成精确的植入手术。

3D打印成本制约了应用的推广

不可否认，技术的进步给了我们无限的遐想，但即使是被公认为3D打印目前最具前景的应用领域——口腔医学中，其应用推广也依旧存在很多的局限性，据许胜介绍，“目前，在义齿加工领域真正正在用的其实减材制造的CAD/CAM技术，占到了20%以及更高的比例，3D打印应用到临床并不多，虽然3D打印的项目在增加，大家也很有

聚醚醚酮 (PEEK) 在医疗上的应用



摘要

聚醚醚酮 (PEEK) 是一种线性芳族半结晶的热塑性聚合物, 其机械性能非常适用于生物医学应用, 聚醚醚酮的形式有: PEEK-LT1、PEEK-LT2 和 PEEK-LT3, 已经应用于不同的外科领域: 脊柱外科、矫形外科、颌面外科等。PEEK 复合材料的合成拓展了 PEEK 材料的物理化学和机械性能。为了改善骨诱导和抗菌能力,

PEEK 表面需要进行不同类型的功能化, 内部结构也要加以改变。基于 PEEK 的材料越来越多地成为骨和软骨替代品, 并在许多的不同的医学领域得到应用。本文描述了 PEEK 材料结构的改变和表面功能化, 及这种材料最常见的生物医学应用。近年来, 这种材料可用 3D 打印技术进行加工, 引起了科学界的兴趣, 它未来的发展前景也愈加光明



1 介绍

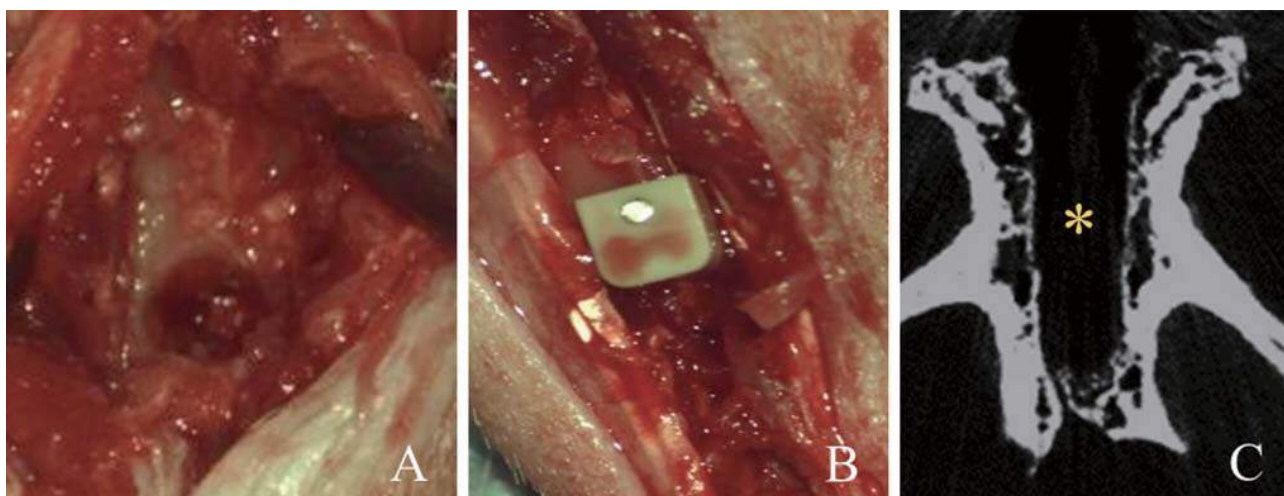
聚醚醚酮 (PEEK) 是一种聚芳半结晶热塑性聚合物, 化学公式为 $(-C_6H_4-O-C_6H_4-O-C_6H_4-CO-)_n$, 商业化于1980年, 1998年英国Invibio公司将其用于医学应用, 同一年, 英国威格斯公司 (Victrex plc) 推出了可以长期植入人体的 PEEK-OPTIMA材料, 在描述PEEK-OPTIMA材料的属性时, 我们应该将纯PEEK生物材料和PEEK复合材料区分开来。基于PEEK复合材料的植入物已经可以替代传统的金属和陶瓷植入物, PEEK-LT1可以包含不同的活性材料, 包括羟基磷灰石(HA)和磷酸三钙等。PEEK聚合设备首次被报道用于骨折固定术是在PEEK matrix材料中加入了碳, 对其进行了强化。改变PEEK材料的结构是为了加强它的生物力学性能和生物属性。如今, 医学应用的PEEK材料在几个外科领域中很常见。下面是根据PEEK材料

在临床上的应用暨植入的进行分类:

1.1 PEEK植入物在临床上的分类

- (1) 骨骼替代物——颌面和颅骨植入体
- (2) 脊柱手术——脊椎笼
- (3) 矫形外科
 - (a) 骨头和臀部替代物——关节植入体
 - (b) 骨科设备: 固定板和螺丝
- (4) 牙齿替代物——用CFR-PEEK做的牙科植入体, 义齿, 根内固位
- (5) 心脏手术——心脏泵和瓣膜

这篇文章旨在描述一些更为重要的PEEK临床应用和基于PEEK的材料。在第一部分我们将描述所有PEEK材料的结构及其表面的改性, 以及相应的机械性能和生物相容性上的改变。第二部分, 我们将展示实验室如何将一种基于PEEK的材料开发用于不同的外科和医疗领域的临床。



▲ 图1在老鼠尾椎骨中植入 PEEK (一种新的老鼠模型, 用于改善生物材料骨植体): a 第一个尾椎的空腔准备; b PEEK 植入体; c 植入一个月之后的显微 CT 图像。因为射线透射性, 植入 PEEK 的部位用星号标记。

2 PEEK 的物理性能和 PEEK 复合材料

PEEK是一种具有化学惰性的合成物, 在室温下不能溶于所有传统的溶剂, 除了98%的硫酸。水溶性(室温下)是0.5 w / w %。其弹性系数接近但不完全等于人的密质骨, PEEK的熔点是334 °C, 结晶峰温度为343 °C, 玻璃化转变温度145 °C, 它的热特性使得它在人体内很稳定。PEEK在耐伽马射线和电子束辐射方面表现非常好, 李等人发现由PEEK辐射(600 kGray)产生的自由基的生命周期少于20分钟, PEEK及其复合材料具有天然射线透射性和核磁共振兼容性, 图1展示了在一只老鼠尾巴里植入了PEEK, ICT扫描显示出射线可以透过鼠尾椎内的PEEK植入物(图1c)。

根据它的熔体流动指数(MFI)和分子量(Mn), PEEK-optima材料分为三个等级: LT1-标准等级(MFI-3.4; Mn = 115.000), LT2-优化等级, 用于高需要熔体强度和熔体粘度的

部件(MFI-4.5; Mn = 108.000), LT3-高流动等级, 用于注塑薄壁部件的模型。

PEEK复合材料在生物医学领域的应用基于PEEK LT1材料。其中首个用于生物医学应用的是PEEK复合材料碳增强PEEK复合材料(CFR-PEEK)。随着碳纤维比例的提高, PEEK材料弹性系数和抗拉强度也得以增加。

另一类PEEK复合材料是玻璃纤维增强PEEK复合材料(GFR-PEEKs), 一种聚醚醚酮的高分子复合材料, 含有10%的随机的E玻璃纤维屑(GFR-PEEK), 其弹性系数和骨密质相似。

为了增加PEEK材料的生物特性, 让骨诱导更精确, 需要在β-磷酸三钙(b-TCP)/羟基磷灰石(HA)和PEEK之间制造出无机复合材料, 从生物力学的角度来看这些复合材料使得弹性系数显著增加。和添加碳纤维和玻璃纤维相比, HA可能稍逊于b-TCP, 没有表现出PEEK基体很强

的机械亲和力。在PEEK中加入40%的HA减少了45%的极限抗拉强度, 为44MPa, 堪比骨密质, 但是HA-PEEK的抗骨折能力没那么好。

还有一种制造PEEK复合材料的方法是在PEEK LT1材料中加入30%CaO-70%SiO₂的球状粒子, 也就是硅酸钙PEEK复合材料(CS-PEEK)。作者改变了整个PEEK复合材料体系的无机粒子浓度, 从0和50%, 发现当CS为10%的时候, 弯曲强度为116.6 MPa, 增加到20 vol%的时候弯曲强度略有增加, 然后随着CS含量增加强度急剧下降, CS增加到20 vol%时, 杨氏弹性模量也增加了, 随后再随着CS含量增加而降低。CS粒子从30到50 vol%时, 复合材料的断裂表面有所强化, 将CS集合到一起主要是便于观察。

研发PEEK复合材料的下一步是通过压缩成型的方法制造出PEEK纳米复合材料。锶——含有羟基磷灰石/聚醚醚酮(Sr-HA/PEEK), 15 vol%的Sr和30 vol%的HA是比较合适的,

作者发现相对于经典的PEEK Optima来说，使用该方法后其生物力学特征有所增加，纳米尺寸的SiO₂/PEEK和纳米尺寸的Al₂O₃/PEEK已被郭等人获得。据报道，相较于单纯的PEEK材料，两种纳米复合材料的弹性系数和拉伸强度上升了20-50 %。制备 TiO₂纳米颗粒/PEEK复合材料（n-TiO₂/PEEK）时，作者使用压缩成型方法将纳米TiO₂和PEEK的粉末混合在一起。最终，含有气相生长纳米碳纤维（CNF）的PEEK纳米复合材料通过双螺杆挤压的方式制造出来，但并未用于生物医学测试。

图1在老鼠尾椎骨中植入PEEK（一种新的老鼠模型，用于改善生物材料骨植体）：a第一个尾椎的空腔准备；b PEEK植入体；c 植入一个月之后的显微CT图像。因为射线透射性，植入PEEK的部位用星号标记。

3 PEEK 和 PEEK 复合材料的生物属性和表面改性

很多研究人员评估过PEEK-

Optima LT1，CFR-PEEK optimal以及GFR-PEEK支撑上的成纤维细胞和成骨细胞的生长和反应情况。敏化和基因毒性测试显示没有染色体畸变。PEEK-optima LT1的表面被认为是生物惰性表面，植入物的生物相容性强烈地受到其表面特征的影响，包括表面粗糙度、湿润性和化学成分，PEEK的表面疏水性既不能让蛋白质吸收，也不能让细胞粘附。细胞连接和细胞增殖是PEEK-optima和CFR-PEEK化合物相互矛盾的结果。Hunter 等人（1995年）检查过PEEK、钛和钴铬钼合金之间的成骨细胞粘附和增殖，报告了三种材料表面的同类细胞行为。Scotchford等人没有发现人类成骨细胞和小鼠巨噬细胞对CFR-PEEK聚合物以及钛合金（Ti6Al4V）的体外生物反应有显著的差异。Sagomonyants 等人报道了碳纤维增强PEEK促进成骨细胞的分化与未机加工的PEEK的水平类似。但是两种材料表面的细胞粘附和细胞增殖与控制Ti的表面类似。CFR-

PEEKs促进了成骨细胞增殖，为骨钙素的持续生产提供了有利的环境。

吴、刘等人对n-TiO₂/PEEK复合材料的生物活性进行了评估，在PEEK复合材料的表面演示了n-TiO₂的一个特定的生物效应。在体外测试中，没有出现细胞毒性或干扰到细胞的周期进展，n-TiO₂改善了PEEK复合材料的生物活性，它促进了细胞黏附力，提高了成骨细胞的扩散。在体内研究中，n-TiO₂增强了植入物周围的骨再生能力。

为了确定抗菌性和骨整合特性，研究人员用表面光滑和粗糙的纳米氟羟磷灰石(n-fha)/PEEK生物复合植入物做了体外和体内研究，表面粗糙的n-FHA/PEEK拥有细胞兼容性，具有良好的抗菌活性，并且遵循骨生成的时间规律在体外触发一系列的事件（ALP活跃和细胞分化）。

为了提高他们的生物性能，提出了对PEEK和PEEK复合材料进行表面改性，表1根据生物医学应用总结了最常见的基于PEEK的材料组。

PEEK LT1材料	
未经处理的PEEK材料	
结构改变了的PEEK LT1材料：PEEK复合材料	
(A) 微小尺寸的PEEK复合材料	(B) 纳米尺寸的PEEK复合材料
CFR-PEEK (碳纤维增强聚醚醚酮)	n-SiO ₂ /PEEK (纳米二氧化硅带电体)
GFR-PEEKs (玻璃纤维增强聚醚醚酮)	n-Al ₂ O ₃ /PEEK (纳米尺寸的氧化铝导电聚醚醚酮)
HA-PEEK (羟磷灰石-聚醚醚酮)	n-TiO ₂ /PEEK (纳米尺寸的二氧化钛导电聚醚醚酮)
b-TCP-PEEK (β-磷酸三钙-聚醚醚酮)	CNF/PEEK (碳纳米纤维聚醚醚酮)
CS-PEEK (硅酸钙-聚醚醚酮)	n-FHA/PEEK (纳米氟化羟基磷灰石聚醚醚酮)
Mg-PEEK (PEEK复合镁)	
表面改性的PEEK LT1材料 (使用各种物理化学方法进行生物活性涂层)	
经化学处理的PEEK LT1材料：SPEEK (磺化PEEK材料)	
用于制备三维和多孔纳米结构细胞支架的SPEEK	

▲ 表 1 基于 PEEK LT1 材料的生物物理变化

3D 打印 生物材料研究 及其临床应用优势

✍ 作者：南方医科大学第一临床医学院 2013 级医学影像专业 杨道朋 南方医科大学图书馆 夏旭

摘要

3D 打印，即快速成型技术的一种，被认为是第三次工业革命的象征之一。3D 打印生物材料种类多，临床应用范围广。本文系统地介绍了 3D 打印用生物材料，总结 3D 打印技术在骨骼、假肢、假牙、皮肤、血管、支架、植入假体、肿瘤模型打印与制作等方面的应用进展。虽然，3D 打印生物材料研究取得了重要进展，但现有打印材料存在着明显的不足，如昂贵、打印精度不够、生物降解性能不佳等问题。只有解决了材料问题，才能解除 3D 打印技术的发展桎梏。3D 打印在医学领域不断取得新的突破，不断有新技术、新材料在临床中得到应用，本文基于目前所用生物材料的优缺点探讨了 3D 打印生物材料应具备的性能条件，系统全面梳理和总结 3D 打印在医学领域的应用成果，可以为今后的医学研究提供参考和借鉴。





引言

当前,3D打印技术(又称快速成型技术)正以前所未有的速度迅猛发展。3D打印技术包括熔融层积成型(FDM)技术、光固化(SLA)成型技术、3D喷印(3DPI)技术、选择性激光烧结(SLS)技术等。在打印技术不断成熟的过程中,打印材料的局限性致使其无法满足医疗领域的苛刻要求,从而阻碍了3D打印技术更广泛地应用于临床实践。为突破打印材料的瓶颈,研究者们开展了许多相关的基础研究,近年来取得较大突破,不断有新材料应用于医学打印。文章将从树脂、橡胶、陶瓷、凝胶、金属等3D打印用生物材料入手,就3D打印技术在骨骼、假肢、假牙、皮肤、血管、支架、植入假体、肿瘤模型打印与制作等方面的应用进展予以综述。

1 3D打印生物材料

3D打印技术发展过程中,制约其发展的主要因素有打印材料和打印工艺。3D打印生物材料除适用于3D打印机外,也要和医学应用相结合。经过多年的发展,3D打印生物材料已广

泛应用于临床医疗实践。常见的3D打印生物材料主要有金属、工程塑料、光敏树脂、生物塑料、高分子凝胶等。

1.1 金属

用于3D打印的金属粉末材料主要有不锈钢、钛合金、钴铬合金、钼钛合金、钴铬钼合金等等。较成熟的3D金属打印技术主要有选区激光熔化(Selective Laser Melting, SLM)、电子束选区熔化(Electron Beam selective Melting, EBM)、激光近净成形(Laser Engineered Net Shaping, LENS)等。金属多用于人体植入物,在满足人体安全性的前提下,还需满足抗腐蚀性、力学性能、生物功能性、生物相容性等要求。

1.2 工程塑料

工业上应用的工程塑料非常多。医用3D打印工程塑料主要有聚酰胺、聚醚醚酮、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物等。由于良好的强度、耐候性和热稳定性,工程塑料在假肢假牙制作方面的应用广泛。聚醚醚酮因具有良好的生物相容性而成为理想的人工骨替换材料。

1.3 光敏树脂

光敏树脂主要利用SLA技术合成,目前还存在很多问题。光敏树脂由光引(Photoinitiator)、预聚物(Prepolymer)、单体(Monomer)及少量添加剂(Additive)等组成。目前主要用于医学模型的铸造,便于临床手术和教学等。

1.4 生物塑料

3D打印生物塑料主要有聚乳酸、聚(乙二醇)二丙烯酸酯、聚己内酯等。生物材料具有良好的生物可降解性、生物相容性,普遍用来打印生物工程支架,如心脏支架、骨支架等。

1.5 高分子凝胶

纤维素、蛋白胨、海藻酸钠、聚丙烯酸等都是高分子凝胶。比起生物塑料,高分子凝胶具有更好的生物相容性以及与人体软组织相仿的力学性能。用于生物工程支架时,能促进细胞黏附和生长,生物降解性好,可用于药物的可控释放。

此外,还有一些目前应用比较少的材料,如食品材料中的糖、人造骨粉等。目前发展中的一种生物打印技

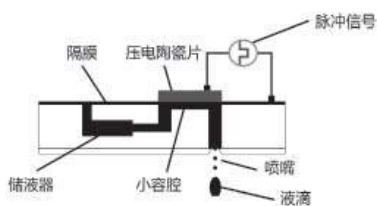
术可以直接携带细胞打印,即以细胞作为打印原料。3D打印机还可以携带药物原料打印,以实现药物的可控或缓控释放。

2 不同打印技术对打印材料的要求

3D打印新技术层出不穷,已经出现的3D打印技术不下十余种,能够成熟运用的有3D喷印技术、选择性激光烧结技术、光固化成型技术、熔融沉积技术、数字光处理、熔丝制造、分层实体制造、电子束熔化成型、直接金属激光烧结、熔化压模式等。各种不同打印技术对打印材料要求有差别,一种材料可能只适合其中一种或几种打印技术。由于这些打印技术原理有重叠,这里不赘述,只挑选前面4种最常见的3D打印技术具体阐释。

2.1 3D喷印技术

3D喷印技术是根据电流体动力学原理,使用特定的喷头,喷印液态材料,直接形成模型器件的技术。工作原理见图1。



▲ 图1 压电式喷头

3D喷印技术要求打印材料是液态,并且通过液滴的形式从喷头喷射出来。材料可以原本就是液体,如油墨等;也可以是经过特殊工艺制成的液态材料,如陶瓷墨水。陶瓷墨水就是含有陶瓷釉料成分、陶瓷色料或陶瓷着色剂的墨水。

2.2 光固化成型技术(SLA)

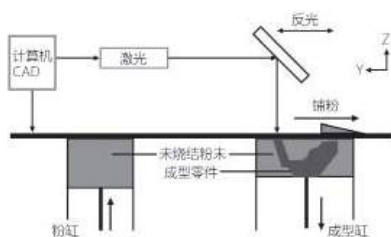
光固化成型技术原理和喷墨打印相类似,以液态光敏树脂为原料,通过紫外光扫描液态光敏树脂使其固化,层层叠加,形成所需的模型。光固化成型技术由光固化实体材料和支撑材料组成,两者都是光敏树脂,打印成功后支撑材料可去除。光敏树脂又叫光固化树脂,由树脂单体(monomer)及预聚体(oligomer)组成,含有活性官能团,能在紫外光照射下由光敏剂(light initiator)引发聚合反应,生成不溶的涂膜。

2.3 熔融沉积成型技术(FDM)

熔融沉积技术的基本原理是在计算机的控制下,将在喷头里已经加热融化的丝线状或粒状材料形成的熔体均匀喷洒出来,迅速冷却成型,塑形,做成已经设计好的模型。FDM常用的材料有可生物降解的固态聚合物线材,如PLA[9],PCL,ABS等。还有金属熔融沉积技术,如钛铝合金丝材。不过金属丝材普遍存在制造成本高,效率低等问题。

2.2.4 选择性激光烧结技术(SLS)

选择性激光烧结技术是通过计算机的控制,对粉末材料进行激光加热,烧结,按照预先设定好的程序逐层累积形成所需的模型。基本工艺原理见图2。



▲ 图2 选择性激光烧结技术原理图

适用于选择性激光烧结技术的

工艺材料广泛,不需要支撑材料,包括聚合物、金属、陶瓷和诸多复合粉末。由于选择性激光烧结技术自由成型,无需制模,在金属打印中具有优势。

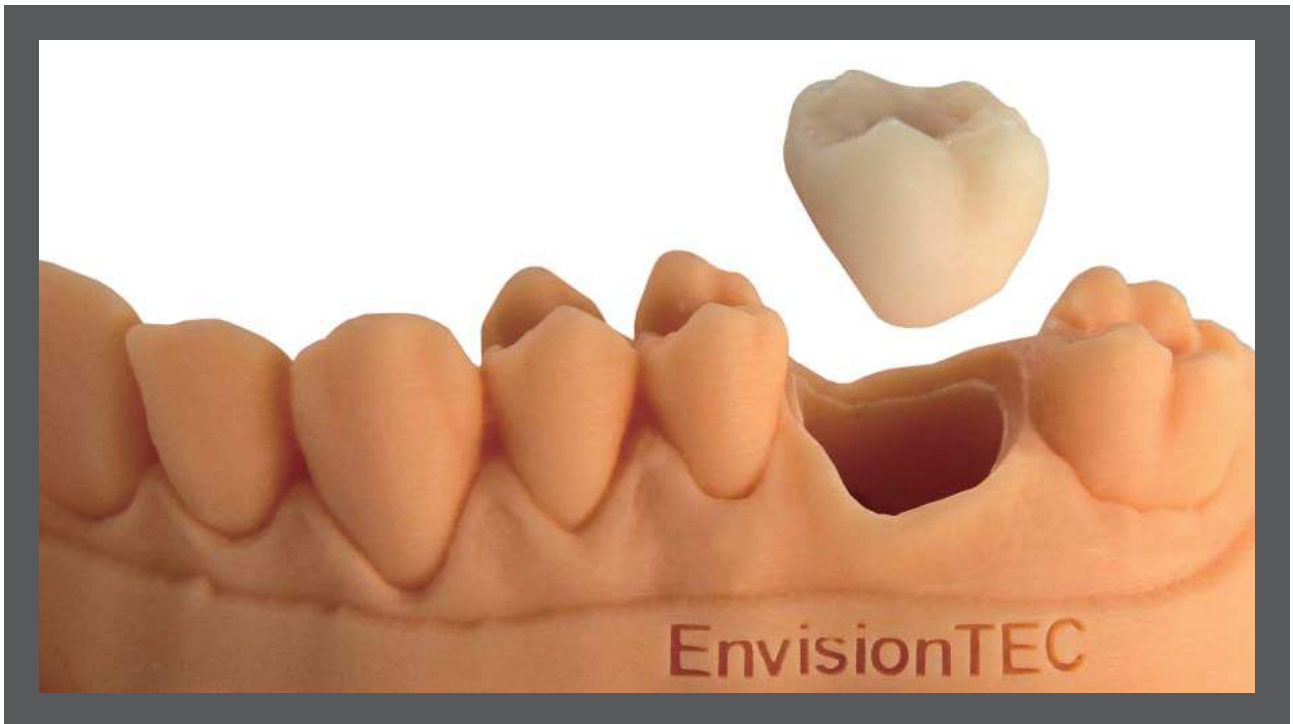
3 3D打印生物材料的临床应用

3D打印在临床上的应用基本可以分为生物打印和非生物打印。生物打印是有生物活性组织或器官的打印,非生物打印是只实现外观、功能的打印。两者最大的区别就是生物打印有细胞的参与,能实现更高级的甚至贴近人体正常组织器官的生命活动,是3D打印临床应用的最终目标。

3.1 非生物打印

3D医学模型：由于尸体的不易获得,医学模型在基础临床教学和手术模拟中有着很广泛的应用。杜兰大学泌尿外科使用树脂材料(类似于塑料)打印肾脏模型,正常肾组织用清晰透明树脂打印,肿瘤用红色树脂打印。Frolich等用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物打印脑动脉瘤,做成硅胶管的空心动脉瘤模型。医生根据CT/MRI等影像资料打印出肿瘤模型,使术者能全方位了解病变局部的解剖关系,制定详细的手术计划,进行实际手术前的手术预演和术中手术导航,从而缩短手术用时。Wanibuchi等用合成树脂(聚酰胺尼龙)和无机填料(玻璃珠)组成的粉末材料打印颞骨,用于手术基础技能训练。事实上,人体的任何一个组织或器官,都可以3D打印出医学模型。使用的打印材料有树脂、石膏、工程塑料等,对材料要求低。

口腔种植体：目前口腔种植用3D打印材料品种有限,常用的有光固化树脂材料和金属钛粉等,树脂材



▲ 3D 打印假牙

料需要与氧化铝、氧化锆、生物陶瓷粉等骨质打印材料一起加工用于打印口腔种植体。在利用光固化树脂打印牙齿的研究中, Lee 等发现添加4, 4'- bis(N,Ndiethylamino) benzophenone(DEABP) 作为引发剂能提高打印材料光固化树脂的转化效果,增强牙模型的强度。Hoang 等使用聚乙烷基硅氧烷硅打印牙齿。个性化定制、打印材料单一是3D打印假牙最大的特色,但美中不足的是用于支持3D打印的生物材料相对较少,且存在一定的安全隐患。

假肢假体: 传统假肢,一种是廉价但仅有装饰作用,另一种是能实现基本动作却昂贵的“肌电假肢”。而3D打印技术能打印出既有功能成本又相对价钱较低的假肢。假肢材料的选择需要考虑一定的韧性和耐用



▲ 3D 打印假肢



▲ 3D 打印模型



▲ 个性化 3D 打印钛金属垫块



▲ 术后 X 光片



全球首例！重庆医生借助钛金属3D打印为84岁老人翻修膝关节

日前，在陆军军医大学西南医院关节外科，84岁的张金贵老人接受了全球第一例个性化3D打印钛金属垫块修复巨大骨缺损膝关节翻修手术。术后第一天，老人就能在别人帮助下下床活动、行走，预计手术后4至6天，老人就可出院进行后续康复治疗、训练。

据介绍，我国骨关节炎发病率约为2.2%至3.5%，据统计40至49岁与50至59岁人群发病率约为27%和62%。仅在西南医院关节外科，每年就要进行约400例膝关节置换手术。

“全膝关节置换术是治疗终末期膝关节疾病的最有效的方法之一，可减轻疼痛、恢复关节功能，提高患者生活质量。”该手术主刀医生、西南医院关节外科主任杨柳教授表示。关节置换后，由于术后感染、无菌性松动、骨溶解等并发症往往造成关节周围骨缺损。传统的骨水泥、异体或自体骨植骨等技术均存在各种问题，影响假体稳定性和寿命。更困难的是，骨缺损的形态千差万别，使用现有的模块化金属垫块无法充分填充与重建缺损骨结构，导致临床翻修巨大骨缺损膝关节手术的疗效受到影响。

近几年来，计算机辅助设计+3D打印的个性化移植物处理巨大骨缺损成为了热点技术话题。据了解，钛金属具有更佳生物相容性和骨长入效果，更适合作为植入人体内的金属材料。然而目前全球学术界所报道的人体关节金属置入物均以钛合金为主，这是由于钛金属熔点非常高（超过3000摄氏度），超过目前市售金属3D打印机极限，无法实施钛金属3D打印。

西南医院关节外科主任杨柳教授主持国家重点研发计划“个性化多孔钛植入假体粉床电子束增材制造关键技术”，和临床应用研发团队与株洲普林特增材制造有限公司通力合作，于日前攻克了这一技术难题，生产出钛金属3D打印多孔垫块。

杨柳教授介绍，完成这一手术的关键在于垫块的计算机辅助设计和金属3D打印的精准度。该团队在术前通过对患者进行精准的三维CT扫描获得骨骼正常和缺损的数据，利用三维重建系统，在计算机上建立患者骨骼形态，比对正常侧，模拟假体植入，依托关节外科实验室已经开展的3D打印模拟临床经验，根据病人术

前缺损骨骼状态及医工协作的讨论方案，3D打印重建出病人骨骼模型，通过“ITI (Image To Implant)”医生-工程师的医工交互平台反复修改设计方案，并与企业密切合作，为患者量身定制出修补严重骨缺损的个性化3D打印钛金属垫块。

据介绍，各方合作为患者量身定制的3D打印钛金属垫块良好的贴合度和表面粗糙度完美填充了巨大骨缺损，确保了骨缺损后钛金属垫块植入的初始稳定性，表面粗糙多孔的金属骨小梁设计又可以使自体骨快速长入金属孔隙内，从而获得假体与自体骨的长期稳定，手术的操作流程大大简化，手术时间大幅缩减，并减少了手术并发症，也使得假体植入后的长期稳定性得到有效保证。（来源：重庆时报）



▲ 个性化 3D 打印钛金属垫块及返修假体



▲ 图 1：连体婴分体手术前



▲ 图 2：双胞胎在 3D Systems 三维可视化技术和 3D 打印模型的协助下，成功进行分体手术

三维可视化与 3D 打印 帮助团队医生处理 复杂的连体婴分离手术

一组三胞胎中出现一对连体婴的几率仅有5000万分之一。在这个概率之上，出现臀部连体的几率是百分之六。

美国德克萨斯州德里斯科尔儿童医院的手术团队就面临了这样微乎其微的几率。幸运的是，手术团队利用3D Systems医疗团队的专长：三维可视化技术和3D打印手术模型，成功为连体婴需要的30多个手术保驾护航。

经验丰富的专家团队

Ximena和Scarlett Hernandez-Torres这对双胞胎腰骶连体，各自有单独下肢。三胞胎中的另一个Catalina，正常出生。连体双胞胎共享结肠和两侧的子宫。宝宝的肾脏对应着他们的膀胱。所以手术的目的就是让他们拥有各自正常的器官。

小儿外科医生哈隆·帕特尔率领一支有小儿外科、泌尿外科、整形外科及矫形外科专家在内的医疗团队为连体双胞胎实施手术。

凯文·霍普金斯医生同他的搭

档凡妮莎·迪马斯一起负责连体双胞胎术前和术后的整形手术。基于对3D Systems技术和专长的了解，霍普金斯在手术中也发挥了重要作用。自2000年开始，霍普金斯同3D Systems医疗团队一起进行了70多个手术，大部分涉及颌面外科手术，也有数例连体婴分离手术。

迎接特别的挑战

分离手术预计将进行数月时间，医生们必须仔细研究双胞胎共享的身体结构，以便了解如何更好地进行分离，调整重要器官、皮肤、骨骼、肌肉和组织的位置，确保双胞胎术后的生存。

初步拟定计划后，他们将双胞胎的CT扫描数据和相关讯息传

输给3D Systems的医疗团队。3D Systems得到CT扫描数据后，将其转化为3D数据，突出双胞胎连接的身体结构，模拟手术治疗，并将双胞胎的结构模型通过3D打印制作出来。这个步骤约耗时2-3周时间。

在这个连体婴的病例中，还有一些特殊挑战。

3D Systems医学成像与建模团队负责人乔·富勒顿提到：“每个连体婴的病例都是独特的，在类似这样的病例中，总会有明显的身体解剖结构异常存在。在这个病例中，双胞胎的部分器官难以辨认，因为这些器官可能出现在出人意料的地方或者有些是共享的器官。”

及时发现手术难点

一旦3D模型和手术模拟准备完毕，就会进行线上会议，所有为分体手术做计划和操作的医生都会参与。霍普金斯医生认为这个手术是具有启发性的。

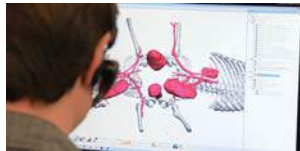
霍普金斯医生说到：“当3D Systems展示分体过程，分离共享的



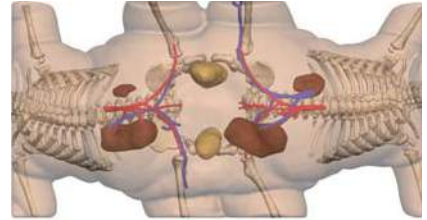
▲ 3D Systems 医疗团队得到 CT 扫描数据后，将其转化为 3D 数据，突出双胞胎连接部分的身体结构，模拟手术治疗



▲ 连体婴的实体结构模型，通过 3D Systems 的 ProX 800 设备打印



▲ 3D Systems 创建的连体婴身体结构的 3D 虚拟模型，用于术前规划



▲ 3D 模型：连体婴皮肤下的身体结构

骨盆，将双胞胎单独的骨盆复原时，我觉得这真的太棒了，我们竟然可以这么做！我们也发现Scarlett其中的一个肾脏有所移位，在骨盆附近，比原先以为的位置更低。当我们真正亲眼看到双胞胎身体结构的3D模型时，才发现这些问题是多么明显。

线上会议结束不久，手术医生就收到了3D Systems的3D打印的实体模型，这帮助手术的规划和实践更有把握。

霍普金斯医生提到：“这个实物模型让人难以置信，不同于二维的X射线或3D可视化，你可以把这个模型抓取在手上。这样就能清楚向团队成员展示双胞胎的器官真正所在位置，在何处位置进行分离，如何定位病人。”



两个实体模型是通过3D Systems的光固化(SLA)打印机ProX 800制作的。ProX 800的精度和分辨率可匹配甚至可超过注塑件。ProX 800打印的速度也非常快速，可供打印的材料丰富。

使用透明的塑料材料展示其中一个双胞胎的身体结构，来准确的描绘带有主要血管和器官的骨架，通过颜色标识区别。

另一个模型通过白色的塑料材料进行打印，来描绘出皮肤表层。

富勒顿医生提到：“我们选择这种特殊的材料因为它是不透明的，有利于进行切口规划，能很好的展现皮肤的轮廓。”

两个模型都可以被清洗消毒，带入手术室用于术中实时参考。

节省数小时的关键时间

霍普金斯医生表示三维可视化和实体模型帮助节省了许多时间。

他说到：“我们本来为手术分配了20小时，而整个手术过程持续12小时左右，我相信可视化和3D模型

帮助我们节省了至少数个小时的关键时间。”

手术成功了，细致的术前规划被认为是成功的一大主因。

帕特尔医生在术后这样说到：“如果让我来比喻一下，我觉得这就像一支管弦乐队，一切都配合的天衣无缝。”

改变不幸，重新开启人生

手术结束后，连体双胞胎经过了数周的重点护理，复原状况良好。在2016年5月，他们的第一个生日的时候终于出院了。当双胞胎进行物理治疗时，帕特尔医生和霍普金斯医生还会继续为他们检查恢复状况。

霍普金斯医生表示：“双胞胎们一直在进步，我们期待他们有一天开始行走，开启美好的人生。”

Ximena和Scarlett在来到这个世界的时候，可能面对了一些糟糕的事情，但是感谢这些富有经验的外科医生，医学专家、医院工作人员和3D技术人员，是他们帮助这对双胞胎创造了奇迹。👉

医疗领域大事记：飞利浦医疗、西门子分别与多家 3D 打印巨头达成医疗合作关系

近日，多家传统行业巨头如西门子、飞利浦都积极与 3D 打印企业合作拓展医疗 3D 打印业务。

西门子医疗正与 Materialise 联手将 Materialise Mimics inPrint 软件推广至世界各地的医院。Mimics inPrint 可供医院来制作虚拟的 3D 打印解剖模型，并且可通过 Healthineers syngo.via 平台打印出来。

与此同时，全球健康技术领导者 Royal Philips（皇家飞利浦公司）也引入了最新版本 Intellispace Portal 10 平台。该平台包括全新的嵌入式 3D 建模应用程序，这给了医生提前演练的机会，尤其是在癌症的治疗中。

该平台还与 Stratasys 工作流程接口相连，临床医生可以通过 Stratasys 创建针对多种用途（包括教育和手术计划）的逼真

的 3D 打印解剖模型。飞利浦还宣布与 3D Systems 合作，旨在通过更好教育和协作来改善临床应用、优化程序，达到提高医疗水平的目的。

Stratasys 公司近日推出了称为 BioMimics 的 3D 打印器官和骨骼，医生们可以在不使用尸体、动物和其他难以获得的材料的情况下进行训练。据说，BioMimics 具有与活体组织相同的感受，这是尸体无法提供的。它们也可以针对特定的疾病进行量身定制，这些疾病可能无法通过尸体获得。此外，BioMimics 无论是在外观还是触觉上都拥有前所未有的精确度和逼真度。这些 3D 打印材料可以包括微小且复杂的结构，如微观组织模式。BioMimics 预计将在明年推出，起初应会满足心脏和骨骼领域的模型需求。

3D Systems 发布了一项新的 D2P™（从 DICOM 到打印）技术，旨在帮助临床医生和放射科医生通过医学影像数据快速创建精确的 3D 数字解剖模型。作为 3D Systems D2P 综合应用的一部分，推出的业界领先的虚拟现实（VR）技术可以让医生上传病人扫描数据至 D2P，立即通过虚拟现实方式来呈现医疗数据，无需对数据进行耗时的预处理和分割。此外，3D Systems 还宣布与飞利浦签署协议，以加速在改善规划和病人预后方面的医疗进展。飞利浦与 3D Systems 无缝对接，可加速 3D 打印流程和更快创建物理 3D 模型，帮助医生理解很难目睹的患者解剖结构，并为最独特和复杂的病例提供个性化医疗。

医疗 3D 打印领头企业爱康医疗要赴港上市了

据了解，我国医疗 3D 打印领先企业爱康医疗将赴港上市。它的产品包括：3D 打印的髌关节置换植入物、脊柱椎间融合器及人工椎体；常规的膝关节、髌关节置换植入物。目前爱康医疗凭借 2.8 万套膝关节产品、7.4 万套常规髌关节产品的产能，拿到了全国 14.3% 的市场份额。

2017 年上半年，爱康医疗收入 1.63

亿元。其中，常规的膝关节、髌关节置换产品销售数量为 3.84 万套，收入 1.42 亿元；3D 打印的髌关节、脊柱置换产品销售数量为套 2441 套，收入 977.7 万元；代理第三方骨科产品收入 689.3 万元；其他（主要手术器械和医用冲洗器）产品收入 383.6 万元。

据弗若斯特沙利文报告预计，2021

年中国骨关节置换植入物市场为 77.8 亿元。3D 打印代表着高端制造，也在一定程度上代表着概念，剥开这层略显华而不实的外衣，你能看到爱康医疗“卖健康”的内核，坐享医疗产业特有的暴利。目前爱康医疗港股 IPO 已经到了的聆讯后阶段。

中国首台高通量集成化生物 3D 打印机成功研发

11 月 23 日，“十三五”国家重点研发计划“面向活体器械的功能材料与高通量集成化生物 3D 打印技术开发”重点专项启动推进会在浙江杭州举行。会上，杭州捷诺飞生物科技股份有限公司发布了中国第一代高通量集成化生物 3D 打印机“Bio-architectR X”，这标志着中国生物 3D 打印设备与国际先进水平差距实现了从“并跑”到“领跑”的转变。

据悉，“Bio-architectR X”紧扣临床转化和应用需求，完成了 50 余项技术创新

和突破，可以实现对医疗制品的大批量稳定制备。其中关键技术创新“离散制造微层析成像技术（MCT）”，从基础原理的提出到技术实现，全部由项目组内的中国科学家和工程师完成。

“现有的 CT、激光共聚焦等成像技术受到物体体积、信号穿透深度、射线损伤等因素制约。”MCT 技术发明者、杭州电子科技大学副教授王玲介绍，MCT 技术是在增材制造（3D 打印）的同时，基于微层析技术进行增材成像，理论上成像深度

不受限，高分辨率、非接触、无细胞损伤，可在线实时反馈控制打印参数，实现对 3D 打印产品无损质控。

第一代高通量集成化生物 3D 打印机的成功研制，不但推进了 3D 打印医疗器械、人工组织器官的临床转化进程，也为新药筛选提供了全新的解决方案，将推动中国新药创制与开发。

现场，科技部中国生物技术发展中心副主任肖诗鹰向项目团队颁发了国家重点研发计划立项书。

传统与现代结合，京剧《霸王别姬》演员穿上 3D 打印服装

在伦敦上演的京剧《霸王别姬》中，演员们将穿着由伦敦皇家艺术学院两位时装与纺织博士生蔺明净和黄才骏设计的 3D 打印服装进行演出。两位设计师模仿织物的褶皱，采用 3D 打印制作成服装和配饰，并与波兰 3D 打印公司 Sinterit 合作，以便找到灵活、坚固、舒适的服装材料。最终，设计团队采用 Flexa Black 材料进行 SLS 3D 打印，具有类橡胶的特性，抗冲击力强，易保持结构形状，而打印所采用的，是 Sinterit Lisa 3D 打印机。



代金券变成栩栩如生的个性化定制“金面包”

前不久，苏州当地的一家面包店利用先临三维的桌面 3D 扫描仪以及 3D 打印机，将代金券摇身一变成为个性化定制的 3D 打印立体“金面包”纪念品。在使用 3D 扫描仪完成不同面包的扫描后，面包店主 Alice 基于三维数据设计代金券，并标上相应的面值金额进行 3D 打印。她表示，3D 扫描仪的占地面积小，适合个人创客使用，而 3D 打印的面包代金券也让她收获了很多顾客的赞美，甚至很多代金券也被顾客当做纪念品收藏了起来。



《雷神》中死亡女神海拉头饰为 3D 打印，仅重 1.8kg

近日，Ironhead 工作室的创意设计师 Jose Fernandez 在网上用一段视频讲述了漫威电影《雷神 3：诸神黄昏》中死亡女神海拉头饰的制作过程。整个头饰采用 3D 打印的方式制作。首先，Ironhead 的团队为凯特·布兰切特的头部进行了三维扫描，复制出了一模一样的头部模型，然后根据其颅骨进行头饰的设计。在设计完成后，工作室用到了 SLS 3D 打印机和轻质碳纤维填充材料，然后进行手工组装，整个头饰重 4 磅（约 1.8kg）。



“Yeehaw 魔杖”让设计师在空中画出可 3D 打印的物品

初创企业 Yeehaw 3D 最近发起众筹活动，发布了一款名为 Yeehaw 魔杖的产品。该产品实际上是一种数字刷，可以让设计师在一个 AR 的环境中，在空中绘画和雕塑。Yeehaw 3D 表示，“只需要在你的手机或平板电脑的摄像头前挥舞这根魔杖，就可以看到自己画的东西呈现在眼前。”这意味着使用者可以通过小心地使用这个魔杖有效地追踪“现实世界的物体，当然也可以自己想画什么就画什么。魔杖上有一些按钮，可以实现旋转、缩放、颜色调整等功能。



意大利公司 3D 打印双机械手瞬间化身超人

最近，意大利 Youbionic 公司采用 3D 打印技术制作了一款双机械手，佩戴在一个手腕上，可以增强佩戴者的操作能力。佩戴者的手上将会装有一个传感器来控制两个机械手，食指和中指控制一个，无名指和小拇指控制另一个。Youbionic 的创始人表示，所有的部件都是用 Flashforge 公司的 Creator Pro 3D 打印机实现的，材料为 PLA，他们做过四个原型，就是为了使手指的形状和位置真实的手指类似，现在 Youbionic 可以在三天内做出完整的机械手：两天打印，一天组装。