

3D 打印技术工业应用巡览

撰文 / 杨启森

3D 打印作为写入《中国制造 2025》战略规划的技术，正在不断深入我们日常生活的各个场景。在制造业中这项技术常被称作“增材制造”，以区别于传统的“减材制造”的加工方式，3D 打印以其个性化、定制化的特点以及环保并能实现复杂结构成型的优点，逐渐在制造业内得到应用，它不仅重塑了传统制造业而且还为制造业开拓了新领域。

一、重塑制造业

1. 空间制造：利用 3D 打印制造大型梁结构件并通过测试

Made In Space 公司通过一台具有机器人手臂的 3D 打印设备 Archinaut 打印了复杂硬件和超空间结构，并在模拟的外空间环境中成功通过测试。Archinaut 是一台形似蜘蛛的太空制造设备（图 1），可以自动组装和打印结构件，此次通过测试是用于组装空间站或探测车的大型梁结构。

Archinaut 的优势在于可以直接在太空中制造所需部件，在打印材料充足的情况下，可以制造出大尺寸的航天器材，这样的制造方式可实现全新的航天器设计，同时减少太空发射成本。未来，Archinaut 也可用于制造和装配卫星中需要升级的零部件。

Archinaut 或从 SpiderFab 制造理念发展而来，无需将

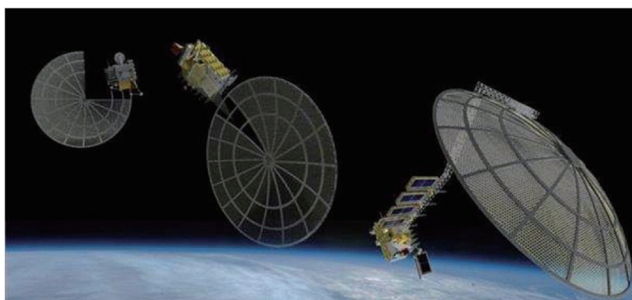


图 1 “蜘蛛制造”系统想像图

整个空间结构送入太空，仅需通过运载工具运输原材料，然后在轨道上由“蜘蛛制造”系统建造而成。“蜘蛛制造”系统的核心是一个多臂机器人，将其部署到太空以建造空间结构组件，从一个“喷丝器”排出并融合碳纤维条，像织网的蜘蛛一样沿着桁架网络爬动，最后对这些组件进行集成，制造出整个结构。此系统需要将碳纤维等原材料送入轨道，相对于传统发射航天器模式，新模式可以在太空部署比当前火箭整流罩尺寸大得多的空间结构。此外空间制造的结构将从地面发射的航天器材拥有更新、更简单的设计，因为它们不需要经受严酷的发射环境，这将降低设计复杂度并减小系统质量，进一步节省成本。空间制造虽然“小众”，但并不排除这种 3D 打印技术应用到基础制造领域的可能性。

2. 模具加工：3D 打印高强度 ABS 夹具代替金属夹具

日本理光公司采用 Stratasys Fortus 900mc 系统的 3D 打印夹具替代传统的金属夹具。理光生产的产品数量庞大，需要花费大量时间和精力来确定每个零件的正确夹具和检测夹具，为实现更高效的流水线，理光设计了可以更快速组装的可旋转工作台，并将 3D 打印作为制造新夹具的解决方案。通过使用 FDM 技术可以实现多功能夹具的制造，同时减轻加工部件的重量和成本。例如，曾经重 20kg 的金属夹具被替换为重量小于 1kg 的高强度 ABS 部件（图 2）。

通过整合 3D 打印工具并利用多材料 FDM 功能实现工具加工，理光减少了运营成本，创造出更具效益的流水线，非导电和耐热聚合物也可用于组装消费级电子产品。

3. 医疗器械：钛 3D 打印颌面植入物进入美国市场

Materialise NV 公司将 TRUMATCH 作为第一个钛 3D 打印颌面植入物产品进入美国市场。

TRUMATCH 钛 3D 打印植入物是一种个性化的整体

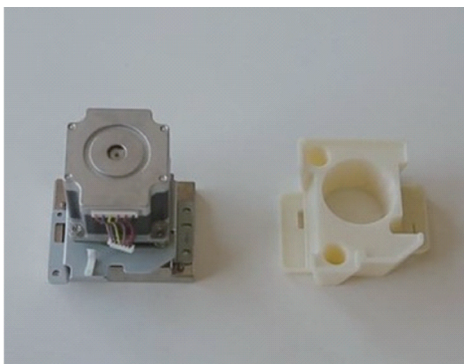


图2 3D 打印的高强度 ABS 夹具和金属夹具

手术解决方案，也称为矫正性颌骨手术以及面部重建。从虚拟外科手术到 3D 打印植入物，该技术可以实现更好的视觉效果，并最大限度地减少患者的手术时间（图 3）。该解决方案主要使用 Materialize 提供的软件、临床工程和 3D 打印生产设备。



图3 钛 3D 打印植入物

4. 航空航天：3D 打印双金属火箭零部件测试成功

NASA 成功测试了首个 3D 打印双金属火箭零部件，这标志着可以使用更多种类的金属材料来打印航天器零部件，有助于缩短航天器开发周期并降低开发成本，Marshall 航天中心的工程师 Preston Jones 表示：“用两种不同的合金 3D 打印火箭零部件，预计可以将未来火箭的制造成本降低 1/3，同时将制造周期缩短 50%。”

此次测试成功的部件是火箭发动机的点火器，长 10 英寸，宽 7 英寸，是将铜合金和铬镍铁合金通过“自动化粉末激光沉积”的混合 3D 打印工艺制造。这种工艺由 DMG MORI 开发，集合了 3D 打印和数控加工各自的优点，不仅能融合两种金属，它还能在打印零件时同步加工零件内部的结构。

目前，NASA 的工程师团队对这个点火器进行了包括

30 多个低压热火在内的测试，旨在检验其功能性。经过分析他们发现，组成点火器的两种金属相互扩散得很好（图 4），可以形成一种很强的连接。

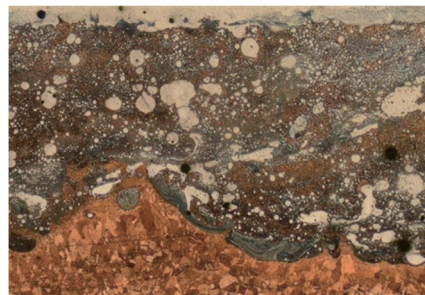


图4 3D 打印双金属互相扩散良好

5. 鞋具成型：3D 打印鞋底减震结构性能优异

制鞋产业受惠于 3D 打印技术的大幅进步，材料选择越来越多元化。结合前端 3D 扫描获得人体的脚部结构特征，进而针对不同消费者个性化产出最符合人体工学和压力缓冲的中底夹层和鞋底设计，将生产思维转向消费者，随时下单随时制作，实现各种复杂设计、缩短产品开发周期并大幅削减设计和库存成本。

目前，阿迪达斯推出了 Futurecraft 4D，这是全球首款运用 3D 打印技术制造的量产运动鞋，而国产品牌匹克近期也推出了 3D 打印鞋款，这表明 3D 打印技术在制鞋行业逐渐成熟。3D 打印鞋底往往采用的是新型的 TPU 粉末，相对于传统的 EVA 材料，TPU 更具弹性，硬度更高。如果 TPU 粉末做成实体结构则导致产品较重，所以采用 3D 打印技术的鞋底往往采用传统加工技术难以实现的镂空结构，一来减轻重量，二来科技感十足且减震性能优异（图 5）。

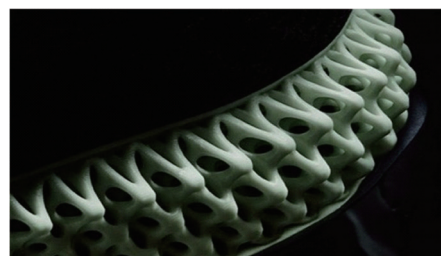


图5 3D 打印鞋底减震结构

目前，打印一双阿迪达斯 Futurecraft 4D 运动鞋需要 1.5 小时，未来有望缩短至 20 分钟。而匹克的一款传统鞋从设计、研发、测试到生产通常需要 120 天，采用 3D 打印技术后，这一过程仅需 20 天。与此同时，新技术也降低了研发、制造过程中的成本。例如，传统制作中，一个鞋钉

板往往需要大小不同的几个注塑模具，花费高达数千美元。而这些模具通常每年都会报废或更换。此外在人工方面，也会省去不少费用。阿迪达斯在 2013 年就表示，传统制作模型需要 12 个技术人员手工制作，使用 3D 打印后，不超过两个人就能完成。3D 打印已经大幅减少了评估新模型的时间，以前需要四到六周，现在只要一至两天。

借助 3D 打印技术，设计师实现了更加复杂的鞋底缓冲结构，令穿着者更加舒适，这一点要比传统的注塑工艺更加先进。

6. 汽车制造：全球首款量产 3D 打印电动汽车

Local Motors 公司推出了全球首款量产 3D 打印汽车——LM3D Swim（图 6），客户可以通过 3D 打印自主定制各种外观元素。目前，Local Motors 在美国的田纳西州建立了首家汽车 3D 打印制造工厂，并全面展开 3D 打印汽车制造的业务。LM3D Swim 采用“全数字控制打印技术”（DDM），整车主体都将采用 3D 打印方式制造，车身材质为 80%ABS 塑料 + 20% 碳纤维。LM3D Swim 还将为用户提供高度定制化服务，在 3D 打印技术的支持下，个人对外观和内饰的需求将得到最大化的满足。



图 6 3D 打印汽车 LM3D Swim

3D 打印加入之后，可能会引发汽车制造的变革，降低零件制作成本，提升产品销量。未来，或能大规模实现部分零件甚至整车的 3D 打印，汽车能够实现模块化和定制化，用户能够根据自己的需求来定制汽车。

二、开拓新领域

1. 医院诊疗：3D 打印绷带加速伤口愈合

芬兰 VTT 技术研究中心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——3D 打印绷带（图 7）。

通过吸出伤口中的水分，同时将蛋白质附着到 3D 打印

胶粘绷带上，以促进伤口周围的皮肤细胞的生长，缩短愈合时间。此外，伤口皮肤组织能保持活力，而不会形成硬的瘢痕组织。

纤维素纳米纤维适合于开发 3D 打印浆料，其机械强度很高，同时对粘度和生物降解性也有积极影响。目前，已经成功制造出的纤维素纳米纤维 3D 结构，其液体吸收效率是通常使用的藻酸盐纤维敷料的三倍。



图 7 3D 打印含电子元件的绷带

这种 3D 打印绷带还可以整合电子元件。通过使用一种银墨水，芬兰 VTT 研究中心将测量电极打印到一种由聚氨酯—纳米纤维素制成的薄膜上，这些电极为无线 FlexNode 读取器提供连接点。将覆盖伤口的绷带连接到病人的 FlexNode 读取器的操作，是下一代医疗诊疗技术的一个真实案例，它将温度或生物阻抗数据从伤口传输到医院电脑，让医务人员持续了解病人的康复状况，以确保能够及时发现伤口感染或其他并发症。

2. 艺术服饰：3D 打印技术制造树雕塑

美国康奈尔大学副教授、艺术家 Jack Elliott 受森林工业的启发，使用 3D 扫描和纸张 3D 打印技术造出了一颗巨型蓝桉树。

Elliott 首先用摄影测量技术 3D 扫描了 Burnie 的一颗巨型蓝桉树。完成扫描后，他使用 Mcor 公司开发的一种全彩纸 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建三维物体。

未来，3D 打印技术在个性化艺术品制作方面将拥有巨大的潜力。

3. 学校教育：3D 打印历史古迹

3D 打印作为一种快速制造技术，基于数字化模型复刻文化遗迹，以全新的方式带领学生们触摸历史，保留传统文化，受到众多师生的青睐。3D 打印技术在复刻历史古迹方

面具有很强的表现力，学生们运用 3D 软件建立历史古迹数据模型，借助 3D 打印机复刻古迹原型（图 8），这一过程不仅为历史课程提供了辅助教学道具，同时也极大地培养学生的创新思维及动手能力。



图 8 3D 打印机打印文物模型

除了 3D 打印历史古迹，3D 打印在几何教育方面也发挥着重要的作用。学生们通过 3D 打印几何立体模型，直观认识空间几何体的结构特征，从而培养几何直观能力、空间想象能力，同时增强学生的自主学习、合作学习的意识。基于 3D 打印技术的教学模式创新，激发了学生潜能，促进综合能力的提升，或将成为未来教育发展的新趋势。

4. 零件维修：3D 打印维修工具和零件定制

由于汽车换代速度越来越快，厂家将不再生产已经下线的汽车零配件，这就导致型号过时的汽车维修时没有零部件可用，而汽车维修行业和 4S 店均难以将汽车的零部件配齐。因此，维修企业必须要具有零部件定制生产的能力，而通过 3D 打印技术可以快速打印出维修所用的工具以及零部件，从而解决相关售后维修问题，为各种车型的零部件缺失维修提供重要保障。

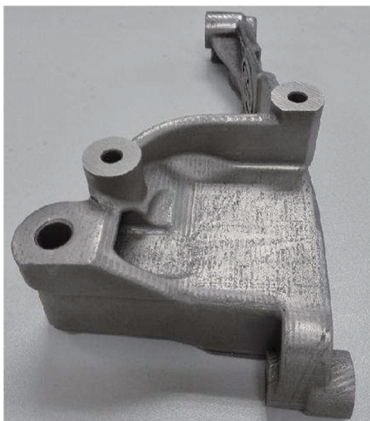


图 9 3D 打印汽车零件

汽车的维修工具往往有特殊的尺寸和形状的要求，3D 打印维修工具所使用的技术主要是三维数字扫描和逆向设计技术（图 9）。例如，汽车维修扳手通过三维扫描创建数字模型，并利用图片处理技术来进行切片。打印汽修扳手时，应确定作业的尺寸和模具的形状，最后再通过复合材料进行堆积成型。扳手打印的误差应控制在 0.08 ~ 0.1mm 之间。在保证各种打印信息数据准确的情况下，对汽车维修工具进行打印，以满足特殊工具的高精度要求。

虽然 3D 打印技术的操作比较简单，但是对于操作人员的素质要求相对较高，需要汽车维修企业积极引进相关的 3D 打印技术和设备，并通过人才集中培训提供人力资源支持。

5. 原型设计：3D 打印航空座椅设计

Zodiac Seat 通过 Stratasys 3D 打印快速创建准确型号的设计验证原型，完成航空座椅设计（图 10）。

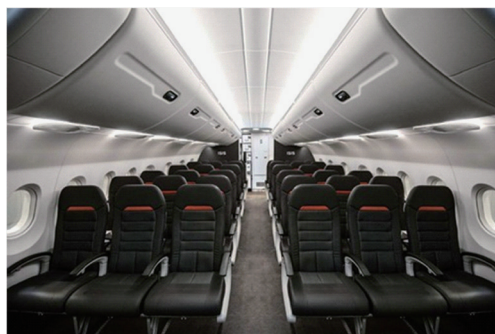


图 10 使用 3D 打印生产原型的航空座椅

通过使用 3D 打印生产原型零件比传统方法减少长达六周的时间，还可以使用 Objet500 Connex1 的多材料功能，在单次打印中将硬质和软质部件组合在一起进行 3D 打印。

应用 3D 打印机可以不必等待外部供应商的备件，减轻了开发周期的压力。通过内部多材料 3D 打印功能，可以进行更多的原型迭代，使 Zodiac 能够显著缩短设计周期。 