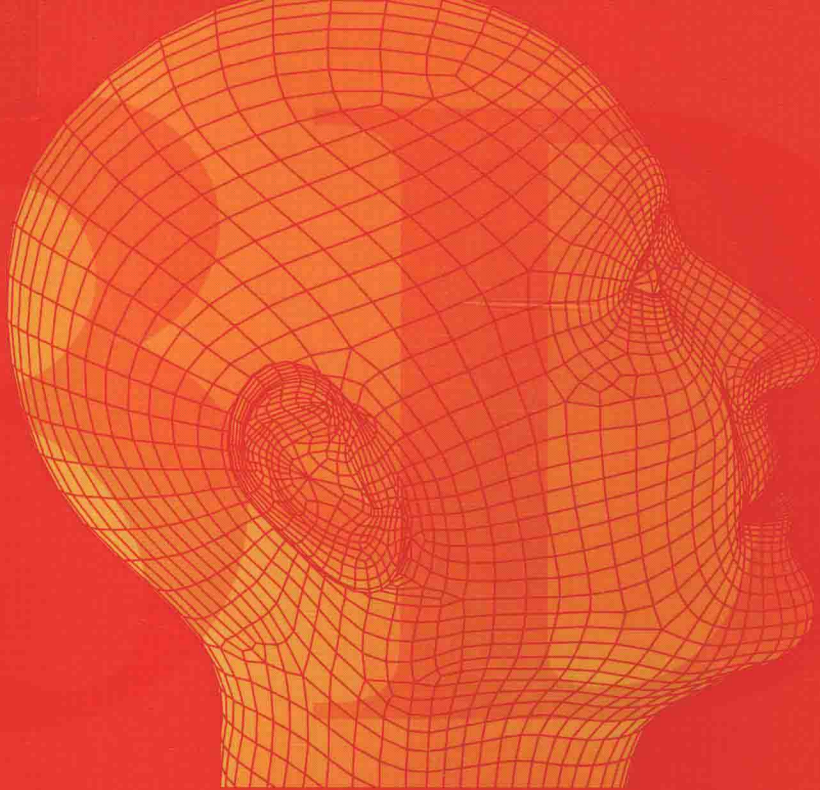




Q U J I N 3 D D A Y I N D E Q I M I A O S H I J I E

走进3D打印的 奇妙世界

贾一斌 李向丽◎主编



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

走进 3D 打印的奇妙世界

贾一斌 李向丽 主编



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

走进 3D 打印的奇妙世界/贾一斌, 李向丽主编. —北京: 知识产权出版社, 2016. 4
ISBN 978-7-5130-4021-1

I. ①走… II. ①贾… ②李… III. ①立体印刷—印刷术—教材 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 008604 号

内容提要

本书整体地介绍了 3D 打印技术在日常生活生产中是怎样工作的, 它既是一本 3D 打印技术知识的普及读本, 也是一部学习 3D 打印机操作的工具书, 更是培养学生创新思维和创造力的一部教材。

本书共分六个章节, 最大的特点是应用了大量的实例演示, 可为初学三维建模和初次接触 3D 打印的读者提供参考。

责任编辑: 刘晓庆 于晓菲

责任出版: 孙婷婷

走进 3D 打印的奇妙世界

ZOUJIN 3D DAYIN DE QIMIAO SHIJIE

贾一斌 李向丽 主编

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司

电 话: 010-82004826

社 址: 北京市海淀区西外太平庄 55 号

责编电话: 010-82000860 转 8363

发行电话: 010-82000860 转 8101/8029

印 刷: 三河市国英印务有限公司

开 本: 720mm×960mm 1/16

版 次: 2016 年 4 月第 1 版

字 数: 180 千字

网 址: <http://www.ipph.cn>

<http://www.laichushu.com>

邮 编: 100081

责编邮箱: yuxiaofei@cnipr.com

发行传真: 010-82000893/82003279

经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店

印 张: 13

印 次: 2016 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 48.00 元

ISBN 978-7-5130-4021-1

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

引 言

3D 打印是什么？3D 打印机是什么样子的？3D 打印真能打印出武器和可以食用的食品吗？这一系列问题都随着近几年 3D 打印的逐渐普及而倍受各界关注，同时也引发了大众的阵阵惊叹。

尽管很多人都听说过 3D 打印机，但是并不真正了解它。3D 打印机是一种使用塑料或者金属原料将数字设计转换成 3D 实物的新兴技术，在工业中被称为“增材制造技术”或“快速成型技术”。1984 年，3D 打印技术首次面世，如今已在各行各业都得到了广泛的应用。

如今，3D 打印机也出现在人们的生活中，给人们带来了无限惊喜。例如，3D 打印机已经被运用到了食品、服装、建筑、创意产品、医疗等和日常生活相关的产业中。可以想象，3D 打印机在不久的将来会给人们的生活和经济模式带来多么翻天覆地的变化。

若你和我们一样对 3D 打印技术十分感兴趣，那么这本书正好可以帮助你进一步地了解 3D 打印，了解 3D 打印机。在这本书中，你不仅可以学习关于 3D 打印机的原理和操作步骤，还可以从中了解到更多有关 3D 打印在生活和生产中的运用。

本书整体地介绍了 3D 打印技术在日常生活生产中是怎样工作的，它既是一本 3D 打印技术知识的普及实本，也是一部学习 3D 打印机操作的工具书，更是一部培养学生创新思维和创造力的教科书。

本书共有六章。第一章整体上介绍了 3D 打印技术，重点介绍了 3D 打印技术在各个行业的应用情况。第二章详细地介绍了 3D 打印在各行各业应

用中的技术路线。可以说，这一思想也贯穿了整本教材，目的是让读者从整体角度认识 3D 打印技术，打破读者以前认为 3D 打印技术仅仅是打印几个模型的观念。第三章、第四章和第五章分别介绍了三种不同技术类型的 3D 打印机的操作过程，用实例演示了 FDM、SLA 和面成型三种技术的打印机的操作过程，确保读者可以按照步骤打印出模型。第六章是基于 3D 打印的体验与创造力学习系统软件的操作实例。大量的实例演示有助于读者熟练地使用软件，其简单易用的特点为初学三维建模的读者发挥其创造性思维提供了条件。

在本书的编撰过程中，云上动力（北京）数字科技有限公司全体员工付出了辛勤的汗水。这本著作是他们用共同的智慧和汗水培育浇灌出来的成果。这里还要感谢一些学校老师们的大力支持，如北京市知春里中学的张勇老师和苏佳老师，北京市温泉第二中学的夏爽老师，北京市第五十七中学的沈丽老师和刘宁老师。他们以自己丰富的教学经验来提升本书的内容与设计，使其更加符合中学的教学，并适应学生的年龄特点，感谢他们的辛勤付出！

同时，还要感谢北京精优教育科技有限公司为我们所提供的技术和人力支持。它们将科技创新项目与多学科相融合，注重学生的创造能力与人文素养的培养。相信这本教材能够更广泛地应用到中小学技术教育的课堂中，将在全国基础教育的领域起到示范作用。

最后，我们还要感谢所有关注 3D 打印、推广 3D 打印技术，以及对 3D 打印机做出过巨大贡献的人们。谢谢大家！

主 编：贾一斌 李向丽

副 主 编：李敬哲 张 勇 王 丰

编 委：贾一斌 李向丽 李敬哲 王国强 张 勇 王 丰
苏 佳 夏 爽 沈 丽 刘 宁 刘文红 宫鸣宇

出品单位：云上动力（北京）数字科技有限公司

支持单位：北京市知春里中学

北京市温泉第二中学

北京市第五十七中学

北京精优教育科技有限公司

北京优能教育咨询有限公司

目 录

引 言	1
第一章 渐行渐近的 3D 打印	1
1.1 什么是 3D 打印技术	1
1.2 快速成型技术的主要特点	2
1.3 3D 打印主要技术	4
1.4 快速成型技术的应用	5
第二章 3D 打印的工作流程	10
2.1 建模	11
2.1.1 CAD 软件设计	11
2.1.2 逆向工程	12
2.2 打印	15
2.3 后处理及质量检测	15
2.3.1 3D 打印模型的后处理	15
2.3.2 三维扫描用于产品质量检测	16
2.4 模具生产	17
2.5 喷漆上色	19

第三章 FDM 桌面型设备	20
3.1 设备介绍	21
3.1.1 原理	21
3.1.2 组成	21
3.1.3 材料	22
3.2 处理软件介绍	24
3.2.1 软件简介	24
3.2.2 功能介绍	25
3.3 设备的操作	34
3.3.1 安装软件	34
3.3.2 数据处理	36
3.3.3 打印机准备工作	44
3.3.4 开始打印	45
3.3.5 后期处理	48
3.4 注意事项	49
3.4.1 常见问题解答	49
3.4.2 注意事项	51
第四章 面成型设备	53
4.1 设备介绍	53
4.1.1 原理	53
4.1.2 组成	54
4.1.3 材料	54
4.2 注意事项	55
第五章 激光光固化快速成型机操作	56
5.1 设备介绍	56

5.1.1 原理.....	56
5.1.2 设备关键技术介绍.....	57
5.2 软件介绍.....	60
5.2.1 功能特点.....	60
5.2.2 数据操作面板.....	65
5.3 激光快速成型机操作.....	67
5.3.1 工艺控制软件-RP Build 10.0	67
5.3.2 3D 打印原型	68
5.4 后处理.....	72
第六章 创意 3D 软件建模.....	73
6.1 3D 漫像—3DCAP	73
6.1.1 入门级实例课程.....	73
6.1.2 二阶段实例课程.....	80
6.1.3 三阶段实例课程	114
6.2 2D 转 3D—Easy3D	131
6.2.1 入门级实例课程	131
6.2.2 二阶段实例课程	150
6.2.3 三阶段实例课程	162
6.3 3D 浮雕—3DEmboss	173
6.3.1 入门级实例课程	173
6.3.2 二阶段实例课程	180
6.4 3D 积木—3DCube	191
6.4.1 入门级实例课程	191
6.4.2 二阶段实例课程	194
6.4.3 三阶段实例课程	196
6.5 3D 模型库.....	197

第一章 渐行渐近的 3D 打印

1.1 什么是 3D 打印技术

网络时代，随着技术信息的传播，3D 打印技术也逐渐走入人们的视野。那么什么是 3D 打印呢？3D 打印是如何出现和发展的呢？3D 打印机是如何工作的呢？本书将为读者介绍 3D 打印技术，解决这些疑问。

3D 打印技术，或者称为快速成型技术，是 20 世纪 80 年代末至 90 年代初发展起来的先进的产品开发和快速加工技术。其核心是基于数字化的新型成型技术，它突破了传统的加工模式，不需要机械加工设备就可以制造出实体。尤其是对于形状结构复杂的模型，3D 打印具有比传统加工技术更加突出的优势，被认为是近 20 年来制造技术领域的重大突破。3D 打印技术是一个集合多种技术学科于一身的综合技术，包括机械工程、自动控制、CAD、逆向工程技术、分层制造技术、材料科学、激光技术等。3D 打印技术可以直接、自动、快速、精确地将设计者的思想转变为具有一定功能的零件，为零件原型的制作、新设计思想的校验等提供一种高效率、低成本的实现手段，从而大大减少了开发周期和开发成本。随着计算机技术的快速发展和三维建模软件的不推广，越来越多的基于三维建模设计得以开发，使快速成型制造成为可能。现阶段，快速成型制造技术被广泛地应用于航空、医疗、汽车、电子、家电、工业造型和建筑模型等领域。

谈到 3D 打印技术，笔者联想到《老子》，其中提到：“合抱之木生于毫末，九层之台起于累土，千里之行始于足下。”正是基于这种累积的思想，3D

打印技术才得以成为现实，从毫米级的细丝或更细的粉末开始，通过逐层累积的方式，制造出 3D 物体。3D 打印技术是把所要成型的物体视为由一定数目的层片堆积而成，即所谓的离散/堆积成型方法。与传统的制造工艺不同，离散/堆积成型是从成型物体的 CAD 实体模型出发，通过三维立体制图软件建模或者三维扫描仪转化为三维数字立体模型，通过该模型生成“stl”格式的文件，然后利用分层软件把该模型进行分层处理，即沿着 Z 轴进行离散，得到一系列具有一定厚度的层片。把利用分层软件处理过的文件转移到相应的快速成型机，将生成的一系列层片堆积起来，经过后期处理，就可以得到我们所需要制作的模型。3D 打印技术制作零件的流程图，见图 1-1。

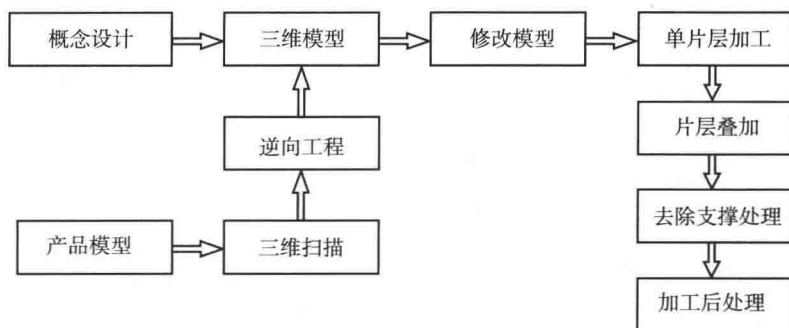


图 1-1 3D 打印技术制作零件的流程图

从图 1-1 中可以看出，三维扫描逆向工程也是 3D 打印过程中的重要一环。三维扫描并不是单纯的模仿与复制，而是对原有设计和技术的继承和再创造。

1.2 快速成型技术的主要特点

1. 制作的快速性

从 CAD 设计到原型零件制成，一般需要几个小时至几十个小时。从整个制作过程来看，其速度比传统的成型方法要快得多，因此在对新产品的

研发和测试上，快速成型技术比传统制造方法具有无法比拟的优势。

2. 设计制造一体化

落后的 CAPP (Computer Aided Process Planning) 是指借助于计算机软硬件技术和支撑环境，利用计算机进行数值计算、逻辑判断和推理等功能来制定零件机械加工工艺的过程。这一直是实现设计制造一体化较难克服的一个障碍。而对于快速成形来说，由于采用了离散堆积的加工工艺，CAPP 已不再是难点，CAD (计算机辅助设计软件工具) 和 CAM (数控机床) 能够很好地结合起来。

3. 自由成形制造

开发者可以根据自己的需要在建模软件上自由地设计出模型，无关乎模型结构的复杂程度。只要模型设计出来，通过切层软件进行切层和添加支撑就可以进行打印。

4. 使用材料的广泛性

快速成型技术可以制造树脂类和塑料类原型，还可以制造出纸类、石蜡类和复合材料，以及金属材料和陶瓷材料的原型。随着材料科学与工程的研究和发展，相信未来根据人们的需要可用于 3D 打印的材料会更加层出不穷。

5. 技术的高度集成性

快速成型技术集合了计算机、数据、激光、材料和机械各门学科和技术，只有在计算机技术、数控技术、激光器件和功率控制技术高度发展的今天，才可能诞生并且带动快速成型技术的快速发展，因此快速成型技术具有鲜明的时代特征。

6. 加工特点

快速成型技术突破了“毛坯—切削加工—成品”的传统的零件加工模式，开创了不用刀具制作零件的先河，是一种前所未有的薄层迭加的加工方法。与传统的切削加工方法相比，快速原型加工具有以下五个优点。

(1) 可迅速制造出自由曲面和更为复杂形态的零件，如零件中的喇叭槽、凸肩和空心部分等。零件的复杂程度和生产批量与制造成本基本无关，

大大降低了新产品的开发成本和开发周期。

(2) 属非接触加工, 不需要机床切削加工所必需的刀具和夹具, 不受刀具磨损和切削力的影响。

(3) 无振动、噪声和切削废料。

(4) 可实现夜间完全自动化生产。

(5) 加工效率高, 能快速制成产品实体模型和模具。

1.3 3D 打印主要技术

快速成型技术有多种实现工艺, 这些工艺大同小异, 但基本原理相同, 都是将三维模型的制作转化为二维材料的累积过程, 只不过基于所用材料和制作工艺不同。快速成型主要分为以下四种类型: 光固化成型、熔积成型、选择性激光烧结和薄材叠层制作。

本章将为读者简单介绍这四种工艺的基本原理, 本书的其他章节将分别介绍各种工艺和采用各种工艺的制造过程。

1. 光固化快速成型工艺 (Stereo lithography apparatus, SLA/SL)

光固化快速成型是目前应用最为广泛的一种快速制造工艺。该工艺由 Charles Hull 于 1984 年获得美国专利, 是最早发展起来的快速制造工艺。它是以光敏树脂为加工原料, 根据模型分层的横截面数据, 计算机控制紫外激光束在光敏树脂表面进行扫描, 使其固化生成零件, 每次产生零件的一层。在每一层固化完毕后, 工作平台向下移动一个层厚的高度, 然后将光敏树脂附在前一层固化的模型之上, 紫外激光再次扫描; 如此循环往复, 每形成新的一层均附黏在前一层上, 直到完成零件的制作。

2. 熔融沉积制造工艺 (Fused deposition modeling, FDM)

熔融沉积又称熔丝技术, 它是将热熔性的丝状物熔化, 通过带有一个微细喷嘴的喷头积压出来。FDM 所使用的熔丝材料主要是 ABS、人造橡胶、铸蜡和聚酯热塑性材料等。FDM 工艺的关键是保持半流动成型材料刚好在

凝固点之上，通常控制在比凝固点高 1℃ 左右。FDM 喷头受水平分层数据控制，当它在水平面沿着 XY 方向移动时，半流动熔丝材料会从 FDM 喷头挤压出来，很快凝固，形成精确的层。然后，工作台向下移动一个层的厚度的距离。每层厚度方位在 0.025~0.762 mm，这样一层一层叠加，最后形成整体。

3. 面打印快速成型技术

面打印快速成型技术和激光快速成型技术工艺类似，都是以光敏树脂材料为加工材料，通过激光进行固化。不同的是，激光快速成型技术是根据计算机控制按照成型的实体利用激光束进行逐次扫描；面打印快速成型技术是根据计算机控制对截面进行整体曝光，类似于常见的幻灯片的放映。在有图文的地方就会有激光的照射，每次照射都会让其固化，这样一层一层固化，逐渐形成三维实体，经过后期处理就可以得到开发者想要的零件了。

4. 选择性激光烧结 (Selective laser sintering, SLS)

选择性激光烧结是 Carl Deckard 依据他在 Texas 大学的硕士学位论文发展起来的，这种方法在 1989 年获得专利。SLS 方法采用 CO₂ 激光器作能源。目前，使用的造型材料多为粉末材料，如尼龙粉、弹性聚合物粉或金属粉末。在加工时，首先先将粉末预热到稍低于其熔点的温度，然后在刮平轮的作用下使粉末铺平。CO₂ 激光束在计算机的控制下根据分层界面的信息进行选择性烧结。烧结一层完成后，工作台向下移动一个层厚的距离，再进行下一层的烧结。全部烧结完成后，去除多余的粉末，然后进行打磨、烘干等后期处理后就可以得到一个烧结好的零件。

1.4 快速成型技术的应用

3D 打印技术是产品设计与制造领域的一场革命，它穿越了虚拟世界和

实体世界之间的鸿沟。2012 年,《经济学人》《福布斯》等杂志都撰文称 3D 打印将引发“第三次工业革命”,期望以此为契机使制造业重新回到欧美等发达国家。2012 年 8 月,美国总统人物拨款 3000 万美元,在美国俄亥俄州建立了国家级 3D 打印添加剂工业研究中心,并计划第一步投入 5 亿美元用于 3D 打印,也同样寄希望于制造业重返欧美。3D 打印具有诸多优点,也正是这些优点燃了全球“第三次工业革命”的导火索。从目前来看,3D 打印技术更加适用于个性化定制需求。在目前产品更新换代较快的市场环境下,3D 打印可使从设计到推向市场的时间(包括样件的制造、实验测试、模具制造)大幅缩短。3D 打印技术被广泛地应用于产品的开发设计阶段的原型制作、高度定制产品的制作和小批量的产品生产。

3D 打印需要依托多个学科领域的尖端技术,在航天航空、汽车应用、家电应用、生物医学等领域都有一定的应用,见图 1-2。下面将对主要领域进行介绍。

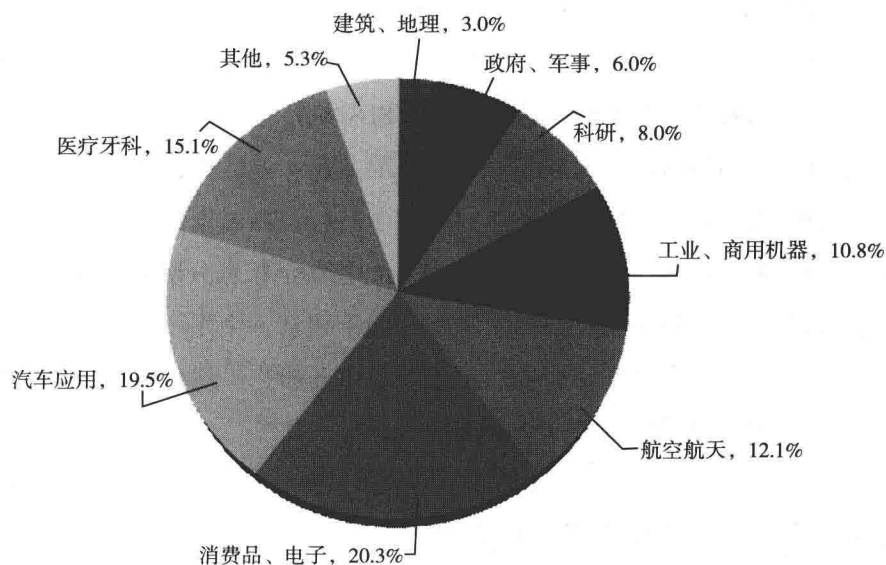


图 1-2 3D 打印技术在各个行业的应用比例

(1) 生物医疗。3D 打印可应用于制造人造骨骼、牙齿和假肢等，见图 1-3。

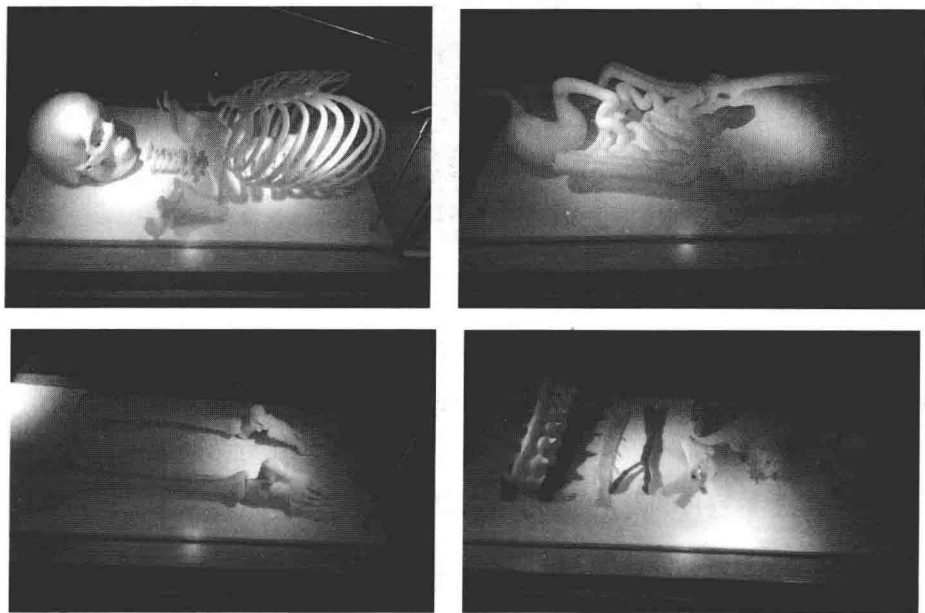


图 1-3 3D 打印在医学领域的应用

(2) 航天航空和国防军工。3D 打印可应用于直接制造形状复杂、尺寸微小和性能特殊的零部件等，见图 1-4。

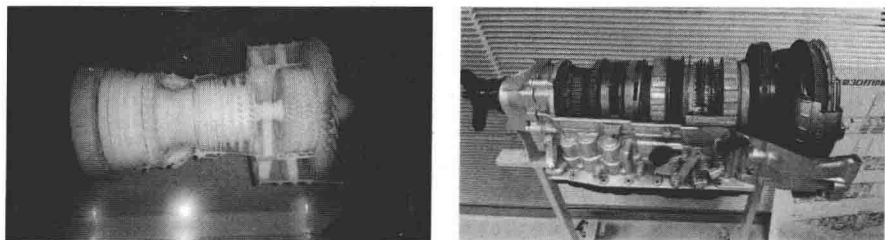


图 1-4 3D 打印在航天军工领域的应用

(3) 消费品。3D 打印可用于珠宝、服饰、鞋类、玩具、创意 DIY 作品的设计和制作，见图 1-5。

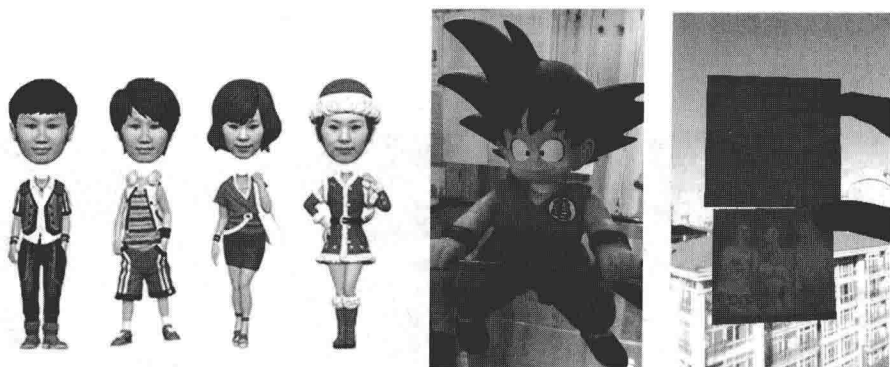


图 1-5 潮流设计中的 3D 打印

(4) 工业制造。3D 打印可应用于产品概念设计、原型制作、产品评审、功能验证；制作模具原型、直接打印模具，甚至直接打印产品。3D 打印的小型无人机、小型汽车等概念产品已经问世，3D 打印的家用器具模型也被用于企业的宣传和营销活动中。见图 1-6。

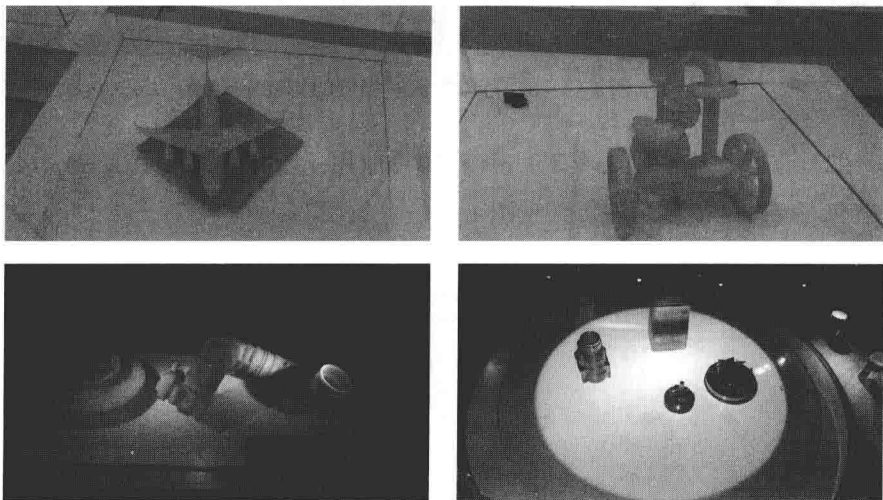


图 1-6 3D 打印在工业制造领域的应用

(5) 建筑工程。3D 打印可应用于建筑模型效果展示、建筑工程施工模拟等。近期也不乏有关 3D 打印房子的报道。见图 1-7。