

轻松掌握3D打印系列丛书

3D打印

建模 · 打印 · 上色实现与技巧

ZBrush[®] 篇

宋闯◎编著





手把手教你3D打印建模、打印3D产品
带你走进神奇的3D打印世界
成就你的3D打印梦想



赠送

ZBrush软件3D打印建模过程讲解视频
ZBrush软件3D打印建模素材
DLP 3D打印机的操作视频
DLP 3D打印机切片软件介绍视频
FDM 3D打印机操作视频
FDM 3D打印机切片软件介绍视频
FDM3D打印模型上色等后期修整视频

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



轻松掌握 3D 打印系列丛书

3D 打印建模·打印·上色实现与技巧 —— ZBrush 篇

宋 闯 编著



机械工业出版社

本书共分为 6 章，具体内容有 3D 打印基础知识、3D 打印文件（三维模型数据文件）获取方式、ZBrush 建模软件实例讲解、FDM 3D 打印机操作流程实例、DLP 光固化 3D 打印机操作和模型后处理实例、FDM 3D 打印模型后期处理方法。本书配有光盘，包括模型文件及案例成品制作全过程。

本书适合 3D 打印爱好者使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

3D 打印建模·打印·上色实现与技巧. ZBrush 篇/宋闯编著.

—北京: 机械工业出版社, 2019.3

(轻松掌握 3D 打印系列丛书)

ISBN 978-7-111-61725-9

I. ①3… II. ①宋… III. ①立体印刷—印刷术—基本知识 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 001892 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 周国萍

责任编辑: 周国萍 张丹丹

责任校对: 赵燕 张薇

封面设计: 鞠杨

责任印制: 常天培

北京铭成印刷有限公司印刷

2019 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·17.5 印张·333 千字

0 001—2 500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-61725-9

ISBN 978-7-88709-985-3 (光盘)

定价: 79.00 元 (含 1DVD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前言 FOREWORD

3D 打印技术（增材制造）被誉为将引领“第三次工业革命”的关键技术之一，我国政府高度重视增材制造产业的发展，将其列入了《中国制造 2025》重点发展方向。作为加快制造业转变发展方式和提质增效升级的重要手段，《国家增材制造产业发展推进计划》（2015—2016 年）得以出台。

3D 打印不仅在高端制造中扮演着重要的角色，而且作为最前沿的科技、创造力最强的工具，可以将头脑中的创意天马行空地实现。3D 打印值得我们抓住全球的趋势和浪潮，去投入精力大力研究。

但不少 3D 打印爱好者缺乏实战的技巧，专业和全流程的 3D 打印培训、讲解书籍较少。因此在机械工业出版社的统筹安排下，我们希望通过出版有关 3D 打印基础知识、建模和打印上色的系列书籍，按 3D 打印的基本规律，以市面上两种主流 3D 打印机为例，循序渐进让大家掌握 3D 打印的各个环节，为 3D 打印创意和创业打下基础。

本书第 1 章为 3D 打印的基础知识，包括 3D 打印的定义特点、主流技术类型、材料知识和一些行业应用案例，并对 3D 打印和 VR、AI 结合进行展望，让读者对 3D 打印有基本的认识。

第 2 章是 3D 打印模型不同获取方式的介绍，让读者了解 3D 打印模型的多种来源，让不同行业、不同水平的读者开阔视野，可以根据自身情况进行学习。

第 3 章是艺术类 3D 打印软件 ZBrush 的建模过程精讲，ZBrush 软件对于 3D 打印建模来说是一件利器，让读者随心所欲地将头脑中的创意创作出来，然后通过 3D 打印机打印出实物。

本章中以医疗模型、创意角色模型、卡通模型、道具模型和机械零件模型五大方面的案例来进行详尽的建模讲解，让读者了解 3D 打印软件建模的详细流程和思路，在建模中掌握 3D 打印的特殊技巧，还可以举一反三，为自己灵活建模打下基础。适合医疗行业、艺术创作、道具制作、首饰设计和艺术专业师生等读者学习。

第 4 章为市面上常见的 FDM 原理 3D 打印机操作的相关知识，结合了作者从事 3D 打印的一些经验，包括 3D 打印模型文件知识、FDM 3D 打印常用材料、FDM 3D 打印切片软件界面和功能，并以 Smart Maker FDM 3D 打印机为例，讲解了 3D 模型打印的顺序和全部过程。按照书中的技巧，读者可以掌握 FDM 原理 3D 打印机操作的详细流程。

第 5 章以 Future Make DLP 3D 打印机为例，讲解了 DLP 光固化 3D 打印机的操作和光固化 3D 打印模型的后处理技巧，适合光固化 3D 打印机的操作人员和首饰、牙科等行业人士阅读学习。

第 6 章为 FDM 3D 打印模型拼接、打磨和上色等简便易行的方法和其他后期整理方法,适合对 FDM 3D 打印上色等后期修整感兴趣的读者,更适合一些模型爱好者和手工爱好者迅速掌握 FDM 3D 打印的后期整理技能。

附录部分:附录 A 收集了国内外部分 3D 打印模型下载网站,读者可以直接下载模型并进行打印;附录 B 收集了国内部分 3D 打印网站和相关论坛,读者可以了解 3D 打印行业相关知识;附录 C 收集了国内部分 3D 打印机厂家,读者可以选择合适的打印机进行学习和研究,如有需求,作者可以推荐一些性能优良的 3D 打印机供选择。

本书由大连木每三维打印有限公司宋闯编著,光盘中 ZBrush 软件建模、上色部分由大连木每三维打印有限公司设计师王沿懿制作。

本书配有光盘,光盘内容如下:

ZBrush 软件 3D 打印建模过程讲解视频(5 个模型和软件界面介绍,共约 4h);

ZBrush 软件 3D 打印建模素材(5 个模型打印文件及工程文件、输出插件);

DLP 3D 打印机的操作视频(15min);

DLP 3D 打印机切片软件介绍视频(15min);

FDM 3D 打印机操作视频(18min);

FDM 3D 打印机切片软件介绍视频(21min);

FDM 3D 打印模型上色等后期修整视频(18min)。

本书得以成书,首先感谢机械工业出版社的信任和编辑的指导,感谢大连市创业服务中心徐主任、任主任以及大连奥电创谷汇双创基地牟总、董总给予的 3D 打印场地支持,感谢朝阳睿新电子科技开发有限公司辛奎经理提供的 FDM Smart Maker 3D 打印机作为演示。

感谢南京百川行远激光科技股份有限公司提供的光固化 3D 打印机作为演示和讲解,百川行远是南京 321 战略计划高科技企业,依托中国科学院上海光学精密机械研究所的平台技术资源,依托百人计划科学家、博士后导师领衔的团队,围绕科技教育、精准医疗的 SLA、SLM 快速成型装备及耗材申请了近百项专利、著作权。而且百川激光推出了光固化 3D 创意笔、陶艺 3D 打印设备等耗材、课程和评估体系,因此,读者可以得到百川激光的光固化 3D 打印技术支持。

由于 3D 打印为新兴行业,属于机械、计算机图形设计、材料科学等多学科的综合学科,大连木每三维打印有限公司在实践中积累了一些经验,书中一些 3D 打印知识若有偏颇和疏漏,还望更多 3D 打印的从业者和有识之士给予指正。

大连木每三维打印有限公司 宋闯



目 录 CONTENTS

前言

第 1 章 3D 打印基础知识 // 1

1.1 3D 打印的历史起源 // 1

1.2 3D 打印定义及其原理 // 2

1.2.1 3D 打印机和普通打印机的区别 // 2

1.2.2 3D 打印、快速成型、快速制造和增材制造的联系 // 3

1.3 3D 打印的技术优势 // 4

1.4 3D 打印技术类型 // 7

1.5 主流 3D 打印的技术类型 // 8

1.5.1 熔融沉积快速成型技术 // 8

1.5.2 光固化成型技术 // 9

1.5.3 三维粉末粘接技术 // 12

1.5.4 选择性激光烧结技术 // 13

1.5.5 其他激光烧结技术 // 14

1.5.6 分层实体制造技术 // 15

1.5.7 多射流熔融技术 // 16

1.5.8 不同技术的 3D 打印设备及材料价格 // 18

1.6 3D 打印材料 // 19

1.6.1 工程塑料 // 19

1.6.2 生物塑料 // 23

1.6.3 热固性塑料 // 25

1.6.4 光敏树脂 // 26

1.6.5 高分子凝胶 // 26

1.6.6 金属材料 // 27

1.6.7 陶瓷和复合材料 // 29

1.7 3D 打印的主要行业应用 // 31

1.7.1 3D 打印在教育行业的应用 // 31

1.7.2 3D 打印在艺术领域和个性化设计的应用 // 31

1.7.3 3D 打印在医疗行业的应用 // 32

1.7.4 3D 打印在建筑行业的应用 // 32

- 1.7.5 3D 打印在考古科研行业的应用 // 32
- 1.7.6 3D 打印在制造行业的应用 // 33
- 1.7.7 3D 打印在食品行业的应用 // 34
- 1.7.8 3D 打印在陶瓷行业的应用 // 34
- 1.8 3D 打印未来展望 // 35
 - 1.8.1 3D 打印与 AI 人工智能 // 35
 - 1.8.2 3D 打印与虚拟现实 VR 完美衔接 // 35
 - 1.8.3 3D 打印与 4D 打印技术 // 36
- 第 2 章 3D 打印文件（三维模型数据文件）获取方式 // 37**
 - 2.1 3D 打印的工艺流程 // 37
 - 2.2 3D 打印文件（三维模型数据文件）知识 // 38
 - 2.3 3D 打印文件（三维模型数据文件）获取方式 // 39
 - 2.3.1 模型网站直接下载 // 39
 - 2.3.2 照片建模 // 40
 - 2.3.3 在线网页建模 // 43
 - 2.3.4 国内外 3D 打印云平台 and 建模 APP // 46
 - 2.3.5 逆向工程数据 // 48
 - 2.3.6 3D 扫描获取三维模型数据文件 // 49
 - 2.3.7 正向软件设计数据 // 49
- 第 3 章 ZBrush 建模软件实例讲解 // 54**
 - 3.1 了解 Zbrush // 54
 - 3.1.1 ZBrush 简介及应用行业 // 54
 - 3.1.2 ZBrush 与 3D 打印 // 55
 - 3.2 ZBrush 界面与基本功能 // 56
 - 3.2.1 ZBrush 软件工作布局及界面 // 56
 - 3.2.2 ZBrush 软件标题栏 // 59
 - 3.2.3 ZBrush 顶部工具架 // 61
 - 3.2.4 ZBrush 菜单栏 // 63
 - 3.2.5 ZBrush 托盘 // 67
 - 3.2.6 ZBrush 的快捷菜单 // 68
 - 3.2.7 ZBrush 快捷键与鼠标操作“中英文对照” // 69
 - 3.2.8 ZBrush 笔刷 // 72
 - 3.3 ZBrush 建模实例 // 75
 - 3.3.1 医疗模型——头骨模型建模过程 // 75

- 3.3.2 创意人物模型——小黄人模型建模过程 // 92
- 3.3.3 卡通模型——伊布公仔模型建模过程 // 128
- 3.3.4 道具模型——武士刀模型建模过程 // 144
- 3.3.5 机械零件模型——机械盒模型建模过程 // 164
- 3.3.6 ZBrush 建模与模型 3D 打印相关技巧 // 186
- 第 4 章 FDM 3D 打印机操作流程实例 // 197**
 - 4.1 3D 打印对三维文件 STL 格式的要求 // 197
 - 4.2 不同软件格式转换工具 // 201
 - 4.3 3D 打印文件修复软件 // 202
 - 4.4 FDM 3D 打印材料知识 // 205
 - 4.5 FDM 3D 打印机切片软件 // 207
 - 4.5.1 FDM 3D 打印机通用切片软件——Cura 界面详解 // 208
 - 4.5.2 FDM 3D 打印机通用切片软件——Cura 模型调整详解 // 218
 - 4.6 FDM 3D 打印机操作 // 221
 - 4.6.1 3D 打印机速度、打印尺寸、精度和可用度的影响 // 221
 - 4.6.2 FDM 3D 打印机主要部分的功能 // 222
 - 4.6.3 FDM 3D 打印机操作 // 225
 - 4.7 FDM 3D 打印机打印模型过程中的故障排除和 3D 打印机维护升级 // 230
- 第 5 章 DLP 光固化 3D 打印机操作和模型后处理实例 // 233**
 - 5.1 DLP 光固化 3D 打印机基础知识 // 233
 - 5.1.1 DLP 光固化 3D 打印机的结构 // 233
 - 5.1.2 光固化 3D 打印机材料——光敏树脂 // 233
 - 5.1.3 DLP 光固化 3D 打印机的应用 // 234
 - 5.2 DLP 光固化 3D 打印机操作 // 236
 - 5.2.1 光固化 3D 打印机切片软件 // 236
 - 5.2.2 DLP 光固化 3D 打印机操作流程 // 244
 - 5.3 光固化 3D 打印模型后处理 // 247
- 第 6 章 FDM 3D 打印模型后期处理方法 // 250**
 - 6.1 取下模型和支撑拆除技巧 // 250
 - 6.1.1 取下模型 // 250
 - 6.1.2 打印后去除支撑技巧 // 251
 - 6.2 3D 打印模型修复技巧 // 252
 - 6.3 3D 打印模型表面修整 // 253
 - 6.3.1 打磨抛光 // 254

- 6.3.2 珠光处理 // 255
- 6.3.3 化学方法抛光 // 256
- 6.4 3D 打印模型上色技巧 // 257
 - 6.4.1 涂装基础工具 // 257
 - 6.4.2 上色方法——自喷漆喷漆法 // 259
 - 6.4.3 上色方法——手工涂绘法 // 260
 - 6.4.4 上色方法——喷笔喷漆法 // 261
 - 6.4.5 上色后打磨和清理 // 262
- 6.5 工业表面处理方法 // 262
- 附录 // 265
 - 附录 A 国内外部分 3D 打印模型下载链接 // 265
 - 附录 B 国内部分 3D 打印行业网站/论坛 // 266
 - 附录 C 国内部分 3D 打印机厂家 // 267
- 参考文献 // 270

1.1 3D 打印的历史起源

3D 打印可以将计算机里的 3D 建模文件变成实物, 打印过程无须干预而且精度远超手工制作, 看起来相当吸引眼球, 再加上媒体的渲染, 迅速得到了大众的关注。但在过去的三十几年里, 3D 打印技术的普及速度不是很快, 近年来由于受到计算能力、新型设计软件、新材料、创新推动及互联网进步的推动, 3D 打印技术发展迅速。

在 3D 打印界, 称 3D 打印为“19 世纪的思想, 20 世纪的技术, 21 世纪的市场”。3D 打印技术的核心制造思想最早起源于 19 世纪末的美国, 由于当时技术的限制, 到 20 世纪 80 年代后期, 3D 打印技术才发展成熟并被广泛应用。1860 年, 法国人 Franois Willème 申请到多照相机实体雕塑 (Photo Sculpture) 的专利。1892 年, 美国登记了一项采用层叠方法制作三维地图模型的专利技术。1979 年, 日本东京大学生产技术研究所的中川威雄教授发明了叠层模型造型法。1980 年, 日本小玉秀男又提出了光造型法。虽然日本科学界研究出 3D 打印的一些方法, 但是此后 20 多年的时间里, 把这些科学方法转化为实际用途的都是美国科技人员。

1986 年, Stratasys 公司创始人查尔斯·赫尔开发出第一台商业 3D 打印机 (图 1-1), 但在 1990 年以前几乎没有得到人们的重视。

1993 年, 麻省理工学院获 3D 打印技术专利。1995 年, 美国 ZCorp 公司得到麻省理工学院的唯一授权, 着手开发 3D

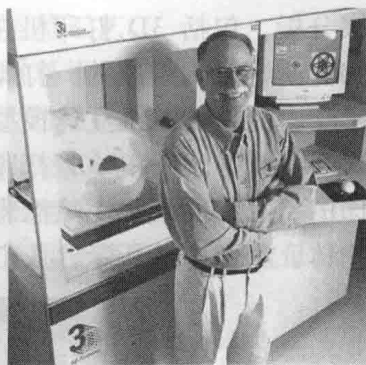


图 1-1 查尔斯·赫尔和 3D 打印机

打印机, 并于 2005 年成功研制出首个高清彩色 3D 打印机 Spectrum Z510。近年来, 3D 打印技术进入高速发展期, 各种惊爆眼球的 3D 打印产品相继出现, 在人类的衣、食、住、用、行、娱乐等方面都得到了体现, 如 2010 年 11 月, 世界上第一辆由 3D 打印机打印而成的汽车 Urbee 问世, 如图 1-2 所示。

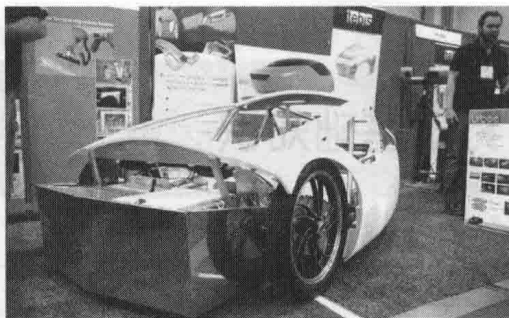


图 1-2 3D 打印汽车 Urbee

2011年6月6日，全球出现第一款3D打印比基尼；同年7月，英国研究人员开发出世界上第一台3D巧克力打印机；同年8月，南安普顿大学的工程师们首次尝试利用3D打印技术制造飞机并获得成功；2012年11月，苏格兰科学家利用人体细胞成功打印出人造肝脏组织；2013年11月，位于美国德克萨斯州奥斯汀的3D打印公司Solid Concepts设计制造出首支3D打印金属手枪；2017年，美国军方成功测试3D打印榴弹发射器。

1.2 3D 打印定义及其原理

1.2.1 3D 打印机和普通打印机的区别

大多数人第一次听到3D打印时，就联想起那些老式的、常见的桌面打印机。对于打印机来说，人们知道喷墨打印机和激光打印机，其实按打印机组件来分析，包括3D打印机在内，都是由控制组件、机械组件、打印头、耗材和介质等架构组成的，打印原理相同，而3D打印机打印前在计算机上设计了一个完整的三维立体模型，然后再进行分层打印输出模型。

普通喷墨打印机和3D打印机最大的区别是维度问题，桌面打印机是二维打印的，在平面纸张上喷涂彩色墨水，而3D打印机可以制造拿在手上的三维物体。如图1-3所示，人们对普通打印机打印出立体模型的想象图。



图 1-3 普通打印机打印立体模型的想象图

普通打印机和 3D 打印机的差别就在于耗材不同，普通打印机的耗材是由传统的墨水和纸张组成的，而 3D 打印机主要是由工程塑料、树脂或石膏粉末甚至可食用的材料组成的。这些成型材料都是经过特殊处理的，但是不同技术与材料各自的成型速度和模型强度以及分辨率、模型可测试性、细节精度都有很大区别，用户按实际用途来选择。图 1-4 所示为打印食物材料的 3D 打印机。



图 1-4 打印食物材料的 3D 打印机

1.2.2 3D 打印、快速成型、快速制造和增材制造的联系

3D 打印被称为桌面制造 (Desktop Fabrication)，在业内拥有“快速原型制造”“三维打印”“实体自由制造”“直接制造快速成型”“快速成型技术”(Rapid Prototyping, RP) 等不同称谓。目前我国传媒界习惯把 RP 叫作“3D 打印”或者“三维打印”，显得比较生动形象，但是实际上，“3D 打印”或者“三维打印”只是快速成型的一个分支，只能代表部分快速成型工艺。

RP 诞生于 20 世纪 80 年代后期，是基于材料堆积法的一种新型技术，被认为是近 20 年来制造领域的一个重大成果。它集机械工程、CAD、逆向工程技术、分层制造技术、数控技术、材料科学和激光技术于一身，可以自动、直接、快速、精确地将设计思想转变为具有一定功能的原型或直接制造零件，从而为零件原型制作、新设计思想的校验等方面提供了一种高效低成本的实现手段。

快速制造 (Rapid Manufacturing, RM) 有狭义和广义之分，狭义上是基于激光粉末烧结 RP 的全新制造理念，实际上属于 RP 的一个分支，它是指从电子数据直接自动地进行快速的、柔性并具有较低成本的制造方式。RM 与一般的 RP 相比，在于可以直接生产最终产品，能够适应从单件产品制造到批量的个性化产品制造；而广义上，RM 包括“快速模具”技术和数控加工技术，因此可以与 RP 互相配合。

国际上喜欢用“Additive Manufacturing”(AM) 来包括 RP 和 RM 技术，

我国翻译为增量制造、增材制造或添加制造。2009 年美国 ASTM 成立了 F42 委员会,将 AM 定义为:“Process of Joining Materials to Make Objects From 3D Model Data, Usually Layer Upon Layer, as Opposed to Subtractive Manufacturing Methodologies”,即一种与传统的材料去除加工方法截然相反的,通过增加材料、基于三维 CAD 模型数据,通常采用逐层制造方式,直接制造与相应数学模型完全一致的三维物理实体模型的制造方法,如图 1-5 所示。

因此,3D 打印可以定义为:基于数字模型的 RP 中的一种,它的关键词是薄层堆叠,让塑料、金属甚至生物组织活性细胞等不同的材料,通过激光束、热熔喷嘴等不同原理的 3D 打印设备烧结或者粘合在一起,一层层地成型和堆叠,最终使数字模型变成三维的实物。虽然听起来高大上,但 3D 打印的基本原理就是一个能在 XY 轴平面上移动的喷头,精确控制原料的位置,打完一层后,平台下移后再打下一层,直至打印出整个成品,如图 1-6 所示。

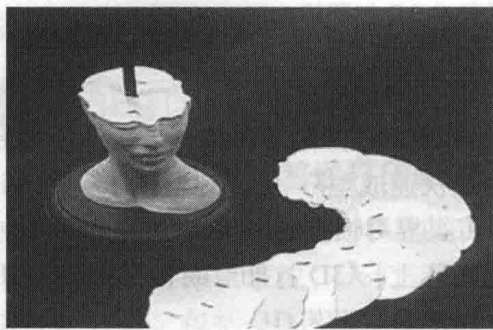


图 1-5 逐层制造

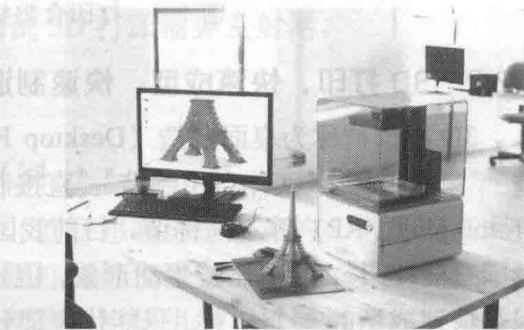


图 1-6 从计算机中的设计图到打印成品

1.3 3D 打印的技术优势

3D 打印的技术名称是“增材制造”,这是对实际打印过程比较贴切的描述。从更广义的角度讲,以设计数据为基础,将材料自动地累加起来成为实体结构的制造方法,都可视为增材制造技术。3D 打印的技术优势如下:

1. 省材料

“增材制造”的理念区别于传统的“去除型”制造,传统数控制造一般是在原材料基础上,使用切割、磨削、腐蚀和熔融等办法,去除多余部分得到零部件,再以拼装、焊接等方法组合成最终产品。对比铣床(通过铣刀对材料从外到内进行切削)、熔铸(熔化后倒入模具成型)等传统加工方式,3D 打印材料利用率接近 100%。

2. 复杂造型无限制

3D 打印的一大优势是对打印对象造型几乎没有限制。因为这种技术通过层层叠加的方式构建立体成品，几乎任意复杂结构造型都可以通过 3D 打印制造，一定程度上打破了传统铸造、机床制造对成品结构的限制，同时任意曲面、小孔径内腔等制造难点也被攻克。因为过去传统的制造方法就是一个毛坯，把不需要的地方切除掉，是多维加工的，或者采用模具，把金属和塑料熔化灌进去得到零件，这样对复杂的零部件来说加工起来非常困难。3D 打印无需原坯和模具，就能直接根据计算机图形数据，通过增加材料的方法生成任何形状的物体，简化产品的制造程序，缩短产品的研制周期，提高效率并降低成本，如图 1-7 所示。

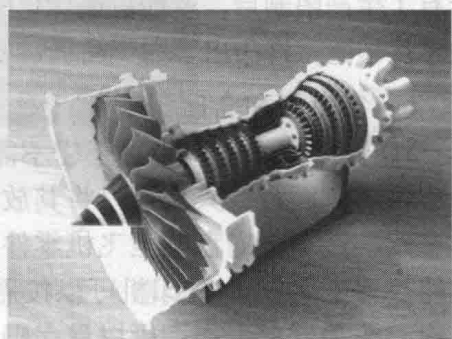


图 1-7 3D 打印复杂结构模型

3. 省时高效

首先，由于快速成型实现了首件净成型，后期辅助加工量大大减小，避免了委外加工的数据泄密和时间跨度，尤其适合一些高保密性的行业，如军工、核电领域。其次，在具有良好设计概念和设计过程的情况下，3D 打印技术还可以简化生产制造过程，快速有效又廉价地生产出单个物品。与传统技术相比，由于制造准备和数据转换的时间大幅减少，使得单件试制、小批量出产的周期和成本降低，特别适合新产品的开发和单件小批量零件的生产。3D 打印技术通过摒弃生产线而降低了成本，并大幅减少了材料浪费。

4. 材料多样，无限制

各类 3D 打印机上所使用的材料种类很多，如树脂、尼龙、塑料、石蜡、纸以及金属或陶瓷的粉末，基本上满足了绝大多数产品对材料的力学性能需求。随着多材料 3D 打印技术的发展，有能力将不同原材料融合在一起，以前无法混合的原料混合后将形成新的材料，这些材料色调种类繁多，具有独特的属性或功能，如图 1-8 所示。



图 1-8 彩色材料 3D 打印

3D 打印对原材料（加工对象的母件）没有形状限制，因为它的打印耗材是粉末

状、线状或者液体,而不需要像玉器加工那样受玉石块大小和原始造型的限制。

5. 精细轻盈

大多数金属和塑料零件为了生产而设计,这就意味着它们会非常笨重,并且含有与制造有关但与其功能无关的剩余物。在 3D 打印技术中,原材料只为生产所需要的产品,借用 3D 打印技术,团队生产出的零件更加精细轻盈。当材料没有了生产限制后,就能以最优化的方式来实现其功能,因此,与机器制造出的零件相比,打印出来的产品重量要轻 60%,并且同样坚固。

6. 省空间和仓储

3D 打印技术的魅力在于它不需要在工厂操作,桌面 3D 打印机可以打印出小物品,而且,人们可以将其放在办公室一角、商店甚至房子里;而自行车车架、汽车转向盘甚至飞机零件等大物品,则需要更大的 3D 打印机和更大的放置空间。3D 打印机可以按需定制,减少了企业的实物库存。人们所需的物品按需就近生产,可以最大限度地减少长途运输的成本。

7. 操作简单,省人力

只要有 3D 打印的模型文件,按动开始按键,3D 打印机就会自动执行。不再需要传统的刀具、夹具和机床或任何模具,无论是否受过专业的计算机和机床操作训练,工人的操作失误因素被完全避免,为工厂节约了大量的技能培训开销和人力成本。

8. 三维数据远程无损传输

3D 打印的文件是一种数据格式,和可复制的视频和音频文件相似。因此利用扫描技术和 3D 打印技术,可以扫描、编辑和复制实体对象,创建精确的数据文件,并利用互联网进行远程传输,如扫描了十二生肖的铜首,将文件传送到世界上的任何一个角落,利用 3D 打印机就可以打印出一模一样的样品,成龙电影《十二生肖》中的镜头很容易被实现,如图 1-9 所示。

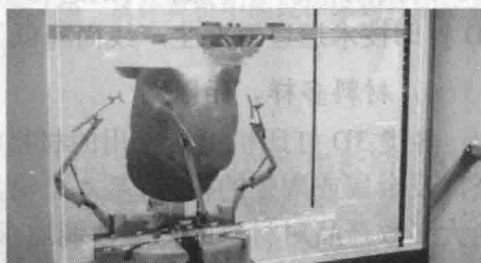


图 1-9 电影《十二生肖》中的 3D 打印

9. 设备的修复

对偏远地区来说,一些设备非常宝贵,如果发生损坏维修时缺少相关零件,可以利用 3D 打印机来快速打印替代的零件进行修复,如棘齿扳手等工具在国际空间站被 3D 打印出来,3D 打印机被作为人类前往火星计划的一部分,其在空间站的使用让人类自由遨游太空成为可能。图 1-10 所示为太空中

的 3D 打印机。

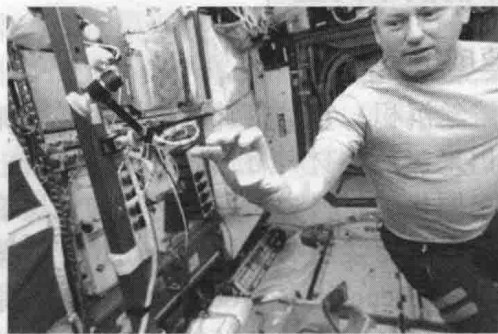


图 1-10 太空中的 3D 打印机

1.4 3D 打印技术类型

3D 打印技术产业不断拓展出新的 3D 打印技术路线和实现方法。根据所用材料及生成层片方式分类,总体可大致归纳为挤出成型、粒状粉末物料成型、光聚合成型三大技术类型,每种类型又包括一种或多种技术路线。

1. 挤出成型

挤出成型主要的代表为熔融沉积成型 (Fused Deposition Modeling, FDM) 技术。由于这个英文名字已经被 Stratasys 公司注册为商标,因此为了避免法律问题,这种工艺又被 RepRap (一个著名的开源 3D 打印机) 项目人叫作 FFF (Fused Filament Fabrication)。

2. 粒状粉末物料成型

粒状粉末物料主要分为两类:一类是通过激光或电子束有选择地在颗粒层中熔化打印材料,而未熔化的材料则作为物体的支撑,无须其他支撑材料。这种技术类型主要包括,3D Systems 公司的 sPro 系列的 3D 打印机采用的选择性激光烧结技术 (SLS),德国 EOS 公司采用的可打印合金材质的直接金属激光烧结技术 (DMLS),瑞典 ARCAM 公司采用的通过高真空环境下电子束将熔化金属粉末层层叠加的电子束熔炼 (EBM) 积层制造技术。

另一类是 3D 打印机采用的喷头式粉末成型打印技术。该技术允许打印全色彩原型和弹性部件,可将蜡状物、热固性树脂和塑料混入粉末中一起打印,增加其强度。

3. 光聚合成型

光聚合成型其实现途径较多,立体光刻成型 (SLA 和 DLP) 技术具有成型过程自动化程度高、制作模型表面质量好和尺寸精度高等特点,但由于液态光敏聚合物的特性,要求 SLA 和 DLP 设备的工作环境较为苛刻。

1.5 主流 3D 打印的技术类型

1.5.1 熔融沉积快速成型技术

熔融沉积又叫作熔丝沉积，它是将丝状热熔性材料加热熔化，通过一个微细喷嘴的喷头挤喷出来。热熔材料熔化后从喷嘴喷出，沉积在工作台上的制作面板或者前一层已固化的材料上，通过材料的层层堆积形成最终成品。类似于糖画艺人将加热过的糖浆用勺子按照预先想好的图案浇到平面上。而熔融沉积快速成型（Fused Deposition Modeling, FDM）原理打印机的喷嘴就是糖画艺人的锅和勺子。喷嘴以上的机械部分负责控制喷嘴的位置，即决定喷嘴的坐标；糖画只有单独的一层，而 FDM 工艺是从下到上逐层打印很多层，如图 1-11 所示。

在 3D 打印技术中，FDM 的机械结构最简单，设计也最容易，制造成本、维护成本和材料成本也最低，因此是在家用桌面级 3D 打印机中使用得最多的技术，而工业级 FDM 机器，主要以 Stratasys 公司产品为代表，如图 1-12 所示。

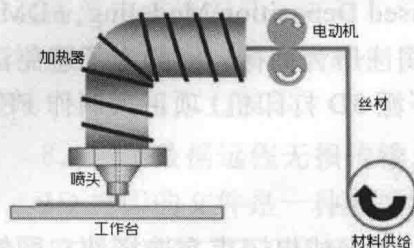


图 1-11 FDM 原理

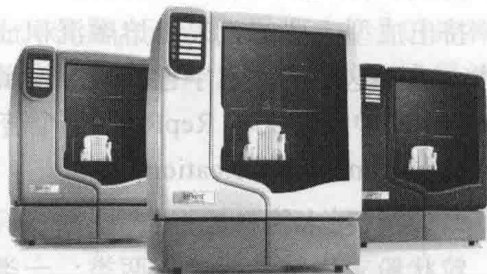


图 1-12 Stratasys 工业级 3D 打印机

与其他 3D 打印技术相比，FDM 打印出的产品可耐受一定的温度和腐蚀性化学物质，并可抗菌和抗一定的机械应力，用于制造概念模型和功能原型，甚至直接制造出零部件和生产工具。FDM 使用的材料是易于熔化的固体，如某些类型的塑料、巧克力等。

FDM 的优势在于制造简单、成本低廉，但是桌面级的 FDM 3D 打印机，由于出料结构简单，难以精确控制出料形态与成型效果，同时温度对于 FDM 成型效果影响非常大，因此基于 FDM 的桌面级 3D 打印机的成品精度通常为 0.2~0.3mm 级别，少数高端机型能够支持 0.1mm 层厚，成品效果还是不够稳定。此外，大部分 FDM 机型制作的产品边缘都有分层沉积产生的条纹“台阶效应”，较难达到所见即所得的 3D 打印效果，所以在对精度要求较高的快速成型领域较少采用 FDM。