

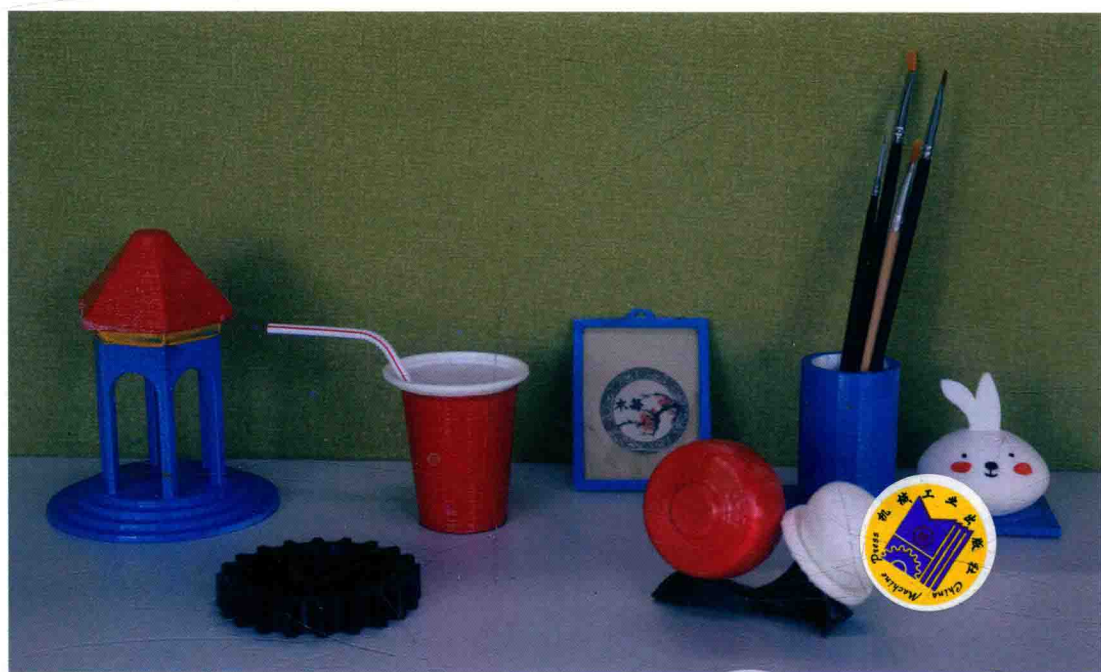
轻松掌握3D打印系列丛书

3D打印

建模·打印·上色实现与技巧

AutoCAD^篇

宋闯 于东平◎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

7个STL模型
7个AutoCAD建模视频
3D打印机打印模型过程视频
3D打印模型后期整理视频

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——AutoCAD 篇

宋 闯 于东平 编 著



机械工业出版社

本书共分6章,第1章为3D打印的基础知识,第2章为3D打印模型建立的不同方式,第3章为专业3D打印软件AutoCAD的建模过程精讲,第4章为3D打印机打印前准备工作,第5章为3D打印机操作,第6章为3D打印模型、上色后期修整。本书配有光盘,内容包含AutoCAD建模之后导出的7个STL模型(齿轮、卡通电话虫、咖啡杯、兔子笔筒、相框、凉亭和纸抽盒);AutoCAD建模视频7个,总计时长近50min;3D打印机打印模型过程视频,时长近26min;3D打印模型后期整理视频,时长近20min。读者可以参考光盘,直观了解3D打印模型的建模过程、模型打印和上色的全过程。

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. AutoCAD篇/宋闯,于东平编著.
—北京:机械工业出版社,2016.5

(轻松掌握3D打印系列丛书)

ISBN 978-7-111-53687-1

I. ①3… II. ①宋… ②于… 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(2016)第095593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

责任校对:黄兴伟 封面设计:鞠杨

责任印制:乔宇

北京富生印刷厂印刷

2016年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·13.75印张·266千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-53687-1

ISBN 978-7-89386-026-3(光盘)

定价:69.00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

2015年8月，国务院总理李克强主持国务院专题讲座，讨论加快发展先进制造与3D打印等问题。讲座中，中国工程院院士、西安交通大学教授卢秉恒介绍了我国制造业发展现状、世界3D打印主流技术等。李克强总理指出，智能制造模式正在引发制造业深刻变革，3D打印是有代表性的颠覆性技术，实现了从等材、减材到增材的重大改变，改变了传统制造的理念和模式。国务院这样高度重视3D打印的发展，可见3D打印未来的战略意义有多么重大。

3D打印在民众中的普及和传播是托了影视的福，大众知道3D打印，不是成龙的《十二生肖》，就是007电影里的3D打印汽车，再就是媒体的打印房子、打印枪支等新闻。3D打印只能成为一种噱头么，显然不是的。3D打印技术不仅在高精尖制造行业里面得到了广泛的应用，而且有更多的应用实例走进了我们的生活，因此，我们有必要去了解3D打印技术，了解3D打印技术到底能给我们带来什么样的好处，以及如何操作和使用这种新的工具。

笔者认为，3D打印不仅仅是创客用于开发新产品的工具，这门技术更是冲破人类想象力和创造力束缚的“马良神笔”。这里有必要提出一个新的概念：创造性智商，简称“创商”。

一些人的智商和情商甚至财商都很高，但是在创造力方面却因循守旧，没有新的创意和突破。因此只能去拿来主义和山寨别人的创意和产品。有了“创造性智商”不仅可以突破传统思维，而且可以引领时代，更是我们在世界变局中制胜的法宝。当今是创业创新最好的时代，突破和创新已经成为常态，“万众创新，大众创业”成为国家大力倡导的理念。

3D打印技术正是这样一种可以突破传统、突破想象力束缚的一道闪电，可以直接将人类的想象变成现实，将想象力和创造力无限放大。就像计算机当年的流行，之后又带来了互联网的兴起，所以每个人都应该去了解和掌握3D打印。几年内，每个家庭都将成为一个小型化的工厂，快递小哥一敲门，各种打印的材料送到家里，家里的3D打印机就可以替您完成任何想要的东西，吃的、玩的、用的等等，互联网让我们足不出户就能了解天下事，3D打印也可以让我们足不出户制作出天下的物品。

为解决好多人想了解3D打印，又不知道如何开始的需求，承蒙机械工业出版社的信任，我们将一些3D打印玩家多年来的应用经验全盘托出，整合成“3D打印建模·打印·上色实现与技巧”不同的软件系列，形成一个系统的学习资料，让大家了解整个3D打印的基本流程。

本书的第1章为3D打印的基础知识部分，从创客运动的意义讲起，让读者知道创客对3D打印的推动作用，并让读者了解3D打印的来源和历史，以及

3D 打印的原理和技术优势，对于市场上主流的 3D 打印技术也做了介绍，列举了 3D 打印在各行业的几大应用。当然，3D 打印在各行业的应用不胜枚举，本书中仅列举几个代表性的实例，让读者简要了解 3D 打印技术的应用，以后可以根据自身的行业特点，对某一行业进行更深入的研究。最为重要的是，引用了一些专家的观念并结合对 3D 打印机几大趋势的预测，开拓读者对 3D 打印机未来发展的一些思路。

3D 打印最重要的部分在于打印模型的建立，没有模型的 3D 打印机就相当于枪没有了子弹，失去了威力。第 2 章介绍了 3D 打印的模型文件格式，总结了一些常见的 3D 打印模型获取方式，比如网上下载、照片建模、网页建模、扫描建模等。

第 3 章以很多高校工科生和机械工程人员都熟悉的 AutoCAD 软件为例，进行了软件建模的详细讲解。3D 打印建模软件有很多，AutoCAD 不是最简单的建模软件，但是最为常见，很多人都有相关的经验和基础，容易上手。本书的建模部分按生活类和艺术摆件、建筑、工业零件几个实例详细讲解了建模过程。甚至不会 AutoCAD 软件的初学者，也可以了解简单的建模过程，可以在计算机里一步步建立头脑中自己想要的模型，并利用 3D 打印机打印出来。

第 4 章的主要内容是在正式打印之前，让读者了解 3D 打印材料的知识，比如怎么选择打印材料，怎么判断打印材料的优劣。3D 打印模型文件的错误检查对打印出合格的模型也相当重要，在本章节中也做了相关知识介绍。最后对书中 3D 打印机附带的切片软件做了介绍，因为大部分桌面级 FDM 3D 打印机的操作和切片软件的界面都是大同小异，即使读者选用了不同品牌甚至自己组装的 3D 打印机，在本章节中也可以了解切片软件的设置对打印模型成品质量的影响。

第 5 章进入正式的 3D 打印机操作实战，让没接触过 3D 打印机的读者有直观的认识，掌握一些基本的技巧。有过操作 3D 打印机经验的读者也可以比较自己使用的 3D 打印机的不同之处，学到一些实用的操作知识。

第 6 章为 3D 打印模型之后的上色和后期整理。本章中对打印后的模型修整和上色提出了一整套的方案。相对于普通模型爱好者，3D 打印模型有其相似和不同之处，本章节提供了一些实用的办法甚至是土办法，给 3D 打印模型爱好者一些启示和简单明了的经验。在本章的最后一部分，以工业零件齿轮为例，让读者了解整个建模、3D 打印、上色的流程。其他几个实例模型的打印过程和上色流程相似，文中不再赘述。

附录提供了 3D 打印机常见的故障排除和保养方法，以及国内的部分 3D 打印模型下载链接、一些 3D 打印机厂家和 3D 打印网站的信息，让读者随时关注 3D 打印产业的发展和信息的更新。

为了让读者有现场操作的即视感和直观体验，避免阅读文字的乏味，本书附

带光盘内容如下：AutoCAD 建模之后导出的 7 个 STL 模型（齿轮、卡通电话虫、咖啡杯、兔子笔筒、相框、凉亭和纸抽盒），有 3D 打印机的读者可正常打印；AutoCAD 建模视频 7 个，总计时长近 50min；3D 打印机打印模型过程视频，时长近 26min；3D 打印模型后期整理视频，时长近 20min。

附录部分，因为 3D 打印产业在不断发展，只能选取一些常见的 3D 打印厂家和网站，也请其他厂家和网站谅解。

本书不仅适合初学者进入 3D 打印的神奇世界，更适合一些 3D 打印爱好者操作进阶，以及 3D 打印行业专业人士查缺补漏。

3D 打印涉及的学科较多，如材料学、计算机图形设计和机械原理等，而 3D 打印在工业、医疗、食品等行业交叉的深度和广度非一家所能涵盖，笔者只能将近年来摸索出的实战经验奉献给读者，权作抛砖引玉。书中错误和不当之处，诚恳接受大家的批评和指正。

本书第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章和附录部分，3D 打印机打印模型过程视频和后期整理视频均由大连木每三维打印有限公司完成，第 3 章和 AutoCAD 建模视频由于东平、潘生樾完成。为了让读者了解流程和不浪费时间，在 3D 打印过程中，每个模型打印长达几个小时，因此只截取关键部分演示。打磨过程和上色过程也做了演示，用最实用的方法上色。实际上，3D 打印模型需要经过耐心、细致的打磨，准备更多的工具，上色效果会更好。

本书在成书过程中得到了各方面的支持，首先要感恩机械出版社对我们公司的信任，将编辑 3D 打印专业书籍的重任委托给我们，并与我们传播和推动 3D 打印的理念不谋而合；感谢大连理工大学 MBA 谭晓梅的支持，为我们提供了 3D 打印行业方面的见解；感谢大连硕远科技提供的蓝蛙 3D 打印机和 3D 打印机软件作为演示，以利于 3D 打印操作的录制和文字部分的顺利完成；感谢艺术手绘师于海洋在模型上色部分的操作；感谢我们公司技术培训总监张延全在 3D 打印切片软件部分的详细讲解，感谢我们公司艺术总监高军毅在打印视频录制过程中付出的汗水，向他们的认真精神和付出表示敬意。更为重要的是，大连市创业者公共实训（孵化）基地向我们公司提供的创业场地和资源，我们才能顺利进行 3D 打印的推广和培训工作，我们对国家的创业扶持政策和大连人社局创业孵化基地的各位领导表示衷心的感谢。

3D 打印值得您的学习和投入，我们公司 3D 打印培训平台 www.mdnb.cn 将为您提供更多实用的 3D 打印知识，期待您加入 3D 打印的神奇世界！

宋 闯

大连木每三维打印有限公司 总经理

目 录

前言

第 1 章 3D 打印基础知识	1
1.1 创客与 3D 打印	1
1.2 3D 打印的特点	3
1.2.1 3D 打印的定义	3
1.2.2 普通打印机和 3D 打印机的区别	3
1.2.3 3D 打印的基本原理	4
1.2.4 3D 打印技术的优点	5
1.3 3D 打印代表性应用行业	7
1.3.1 传统制造业、汽车制造业和航空航天领域	7
1.3.2 生物医疗行业	8
1.3.3 文物保护和古生物模型复制	9
1.3.4 建筑行业	10
1.3.5 个性化艺术品、服装和饰品行业	12
1.3.6 食品行业	13
1.4 3D 打印机的不同技术	15
1.4.1 FDM (熔积成型) 技术	15
1.4.2 SLA 和 DLP (立体光固化成型) 技术	15
1.4.3 SLS (选择性激光烧结) 技术	17
1.4.4 LOM (分层实体制造) 技术	18
1.5 3D 打印未来展望	18
1.5.1 3D 打印发展的几个阶段	18
1.5.2 3D 打印与工业 4.0	19
1.5.3 3D 打印与智能车间	20
1.6 3D 打印机发展的几大趋势	21
1.6.1 桌面级 3D 打印机的几大趋势	21
1.6.2 工业 3D 打印机的几大趋势	21
1.6.3 生物 3D 打印机的几大趋势	22
1.6.4 建筑 3D 打印机的几大趋势	22
1.6.5 3D 打印材料的几大趋势	22
第 2 章 3D 打印建模方式	23
2.1 3D 打印模型文件 STL 格式	23

2.2 网上直接下载模型文件.....	24
2.2.1 3D 打印模型在线社区 Thingiverse.....	24
2.2.2 3D 打印建模应用平台 Smithsonian X 3D.....	25
2.2.3 3D 打印模型平台 MyMiniFactory.....	25
2.3 照片建模.....	26
2.3.1 多相机多角度建模.....	26
2.3.2 利用 Autodesk 123D Catch 建模.....	27
2.4 基于网页的 3D 模型设计软件.....	29
2.4.1 3d Tin.....	29
2.4.2 TinkerCAD.....	29
2.5 扫描建模.....	30
2.5.1 3D 扫描仪.....	30
2.5.2 扫描仪建模过程.....	31
2.6 3D 建模专业软件.....	34
2.7 其他方式建模.....	36
2.7.1 3D 涂鸦软件 Cubify Draw.....	36
2.7.2 儿童艺术品 3D 打印平台 KCS.....	37
2.7.3 3D 打印收费在线定制平台 Shapeways.....	38
2.7.4 谷歌浏览器 3D 打印应用.....	38
2.8 绘制图形并利用切片软件打印模型.....	39
第 3 章 AutoCAD 3D 打印建模.....	41
3.1 AutoCAD 基本概念.....	41
3.2 AutoCAD 实体编辑.....	42
3.2.1 坐标系.....	42
3.2.2 建立面域.....	42
3.2.3 基本实体建模.....	43
3.2.4 布尔运算.....	45
3.2.5 实体操作.....	46
3.3 AutoCAD 建模详解.....	47
3.3.1 生活类——咖啡杯.....	47
3.3.2 生活类——纸抽盒.....	62
3.3.3 艺术类——兔子笔筒.....	75
3.3.4 艺术类——卡通电话虫.....	103
3.3.5 艺术类——相框.....	121
3.3.6 工程类——立体字.....	130

3.3.7 建筑类——凉亭	133
3.3.8 工程机械类——齿轮	140
第 4 章 3D 打印机打印前准备工作	147
4.1 3D 打印材料	147
4.1.1 3D 打印材料介绍	147
4.1.2 ABS 和 PLA 的特点	150
4.1.3 挑选耗材的实用方法	152
4.2 模型文件打印前检查错误	153
4.3 3D 打印机软件设置	155
4.3.1 3D 打印机软件的安装	155
4.3.2 BlueFrog 3D Printing 软件的第一次运行	158
4.3.3 BlueFrog 3D Printing 软件的基本设置	160
4.3.4 BlueFrog 3D Printing 软件的高级设置	162
4.3.5 模型的简单调整	164
第 5 章 3D 打印机操作	169
5.1 3D 打印机调整	169
5.1.1 连接计算机和调整打印平台	169
5.1.2 进丝（送料）和退丝（退料）	170
5.2 联机打印	173
5.3 SD 卡打印	174
5.3.1 软件打印参数设置	174
5.3.2 软件右侧调节区域	175
5.3.3 SD 存储与 3D 打印机液晶屏操作	177
5.3.4 正式打印	178
第 6 章 3D 打印模型后期整理、上色	179
6.1 模型取下和支撑拆除技巧	179
6.1.1 模型取下	179
6.1.2 支撑拆除技巧	179
6.2 模型的简单处理	181
6.2.1 毛刺、拉丝处理	181
6.2.2 简单修补	181
6.3 补土	182
6.4 拼合黏结	184
6.5 打磨、抛光	186
6.5.1 粗打磨	186

6.5.2 砂纸打磨	187
6.5.3 抛光方法	188
6.6 模型上色	188
6.6.1 上色工具和上色方式	189
6.6.2 喷罐和丙烯颜料手绘结合上色	189
6.7 模型的工业处理方法	191
6.7.1 喷砂	191
6.7.2 溶剂熏蒸	192
6.7.3 其他工业处理方法	192
6.7.4 其他原理 3D 打印模型的后期整理方法	194
6.8 “齿轮”的 3D 打印建模、打印、上色全流程	194
附录	201
附录 A 国内外部分 3D 打印模型下载链接	201
附录 B 全国 3D 打印行业网站/论坛	202
附录 C 国内部分 3D 打印机厂家	204
附录 D 3D 打印模型故障排除和 3D 打印机维护	207
参考文献	210

第 1 章 3D 打印基础知识

1.1 创客与 3D 打印

3D 打印技术出现于 20 世纪 80 年代后期，是基于材料堆积法（增材制造）的一种高新制造技术。这个技术的原始雏形已经出现了很长时间，为何在这几年突然火起来呢？

首先得益于创客文化的流行。在最近的几年间，出现了创作与自行制造，热爱 DIY（Do It Yourself，自己动手）的一群人，他们被命名了一个新的名词“Maker”，翻译为“创客”。在过去几年间，这些创客成立的“创客工厂”（Maker Space）正在全世界各地逐渐设立与开展活动，3D 打印机是这些创客重要的制作工具。创客使用 3D 打印机帮助他们开发新产品和创意产品，将他们的奇思妙想变为现实。因此，3D 打印与创客结合成了推广 3D 打印的最佳模式。安德森在《创客时代》一书中预见增材制造技术将会带动全球“自造业”的风潮。

3D 打印迅速得到关注的第二个原因得益于国外数百万元级别的工业级 3D 打印设备。由于 FDM（热熔成型）技术成熟，机器技术成本大幅降低，设备也逐渐平价化，转变为桌面级的设备。有些 3D 打印“神器”售价在 1500 美元以内，甚至更低，一时间受到 DIY 爱好者追捧，他们这些热爱 DIY 的“创客”群聚创作，打印出各种极具创意的 3D 物品。

“创客运动”普及的最首要条件，必须先有完善的网络社群，借用网络社群互助学习的力量来帮助一般的民众来进行学习设计，当学习了这些设计的技能，才能有资格成为一个能够单独作业的“Maker”。比如，国外 Hackerspace 的概念始于欧洲程序设计师的聚会，德国的 c-base 是最先为民众敞开的独立性创客空间。国内的创客运动也在蓬勃发展。图 1-1 为国内创客空间。在今后的数十年，创客运动将会大幅度地改变我们日常的生活方式。

由于创客的推动，在过去的两年间，关于 3D 打印机的许多“魔幻”新闻突现在人们眼前，各种形式的“3D 打印机”铺天盖地地席卷全世界，相关的技术应用与发明创作不胜枚举。这一潮流不但开始影响各个产业的生产制造模式，而且慢慢地与一般大众的生活产生了关联，3D 打印技术进入高速发展期，

各种各样的 3D 打印产品相继出现。

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；2011 年 6 月 6 日，出现全球第一款 3D 打印比基尼，如图 1-2 所示。



图 1-1 国内创客空间

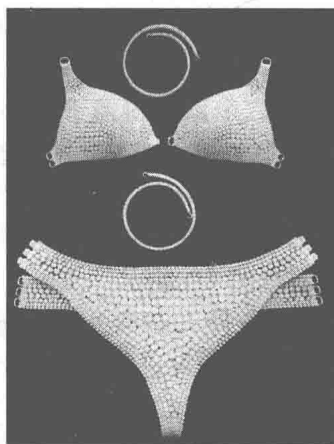


图 1-2 3D 打印比基尼

2011 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；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，并成功试射了 50 多发子弹，如图 1-3 所示。



图 1-3 世界首支 3D 打印金属手枪

另外，还有一个值得注意的原因，就是国际上的影响。美国为了实现“制造业回流”，2011年6月，奥巴马宣布一项新政策，并向3D打印产业支出5亿美元以提升美国在制造业上的领先地位；2013年2月，奥巴马在国情咨文演讲中表示，将建设一个包含15个制造创新中心的全国性网络，希望专注于3D打印和基因图谱等各种新兴技术。

1.2 3D 打印的特点

1.2.1 3D 打印的定义

3D 打印技术（3D Printing）是快速原型制造技术（Rapid Prototyping Manufacturing）的一种，也被叫做增材制造（Additive Manufacturing）。“3D 打印机”是“快速原型制造技术”具体的运用，而快速原型制造技术，简称 RP 或 RPM，是 20 世纪 90 年代发展起来的一种综合先进制造技术，是现代“CAD/CAM 绘图/切削技术”“激光科技”“计算机数字控制技术”“精密服务器驱动技术”“新型复合材料技术”以及这些技术总和的集中。

1.2.2 普通打印机和 3D 打印机的区别

普通打印机和 3D 打印机的第一个区别在于耗材不同，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、树脂或石膏粉末组成的，这些成型材料都经过特殊处理，但是不同技术与材料，其成型速度、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，用户需按实际用途来选择。

第二个区别是原理不同。我们经常见到一般家庭所使用的打印机只能把计算机上的图片、文字等打印在一张纸上，而 3D 打印机打印出来的则是“3D 的实体”。更准确的解释是，3D 打印机打印出来的东西不仅仅只是 3D 立体的形体，更重要的是打印出来的物品可以直接进行使用。1995 年，MIT（麻省理工学院）创造了“3D 打印”这个名词，以区别于二维的打印机，随后 3D 打印便开始在实验室萌芽，并逐渐开始应用在医疗模型、建筑模型、工业制造等行业，现在已经被应用在航空航天、军事科技等更广泛的领域。

1.2.3 3D 打印的基本原理

3D 打印的基本原理是，在普通二维打印的基础上再加一维。如图 1-4 所示，3D 打印机首先利用计算机 CAD 或者动画软件获得模型数据文件，然后对三维模型文件进行切层处理，接着 3D 打印机读取文件截面信息，先像普通打印一样在一个平面上将塑料、金属等粉末状材料打印出一层，然后再将这些可黏合的打印层一层一层地粘起来，通过每一层不同的“图形”的累积，最后就形成了一个三维物体。



图 1-4 3D 打印的基本原理

3D 打印就像盖房子，首先用砖块砌成一层，再在这层上面砌成另一层，层层累积起来后，就成了一个立体的房子。简言之就是把一个通过设计或者扫描等方式做好的 3D 模型按照某一坐标轴切成无限多个剖面，然后一层一层地打印出来并按原来的位置堆积到一起，形成一个实体的立体模型，如图 1-5 所示。

总之，3D 打印从制造速度看，称为快速制造；从制造过程无模具成型看，称为智能制造；从制造过程时空关系看，称为分层制造；从制造工程无材料残余来看，属于资源节约型制造；也属于绿色、环保、敏捷、数字、并联制造等范畴。

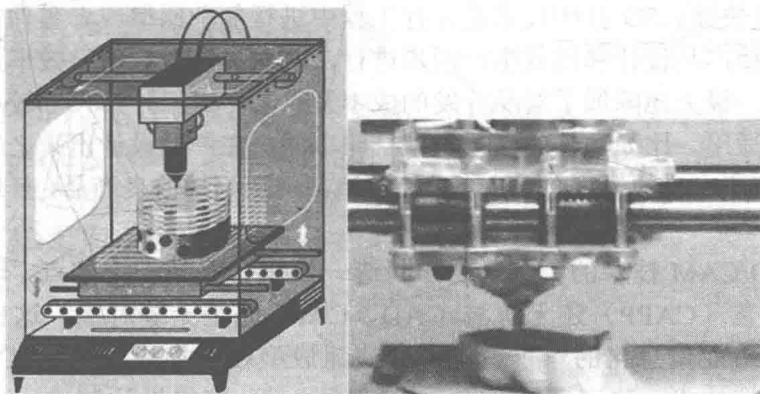


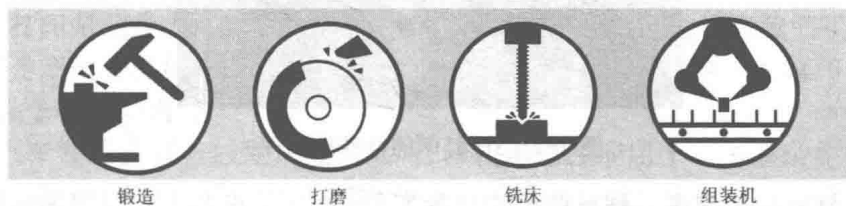
图 1-5 3D 打印层层堆叠累积出的实体模型

1.2.4 3D 打印技术的优点

与 3D 打印技术相对应的两种技术是切削和注塑，但相比切削和注塑两种技术，3D 打印技术有自己的优势，那就是不像切削那样浪费材料，也不像注塑那样要求先制作模具。一次成型，快速个性化定制是它的重要特点，这在小批量、多品种的生产中占有非常大的优势。图 1-6 为传统制造方法与 3D 打印技术的对比。

传统制造方法

制造流程由很多步骤组成，如锻造、铸造、切削，最后通过流水线将零件组装起来



锻造

打磨

铣床

组装机

3D打印技术



计算机三维图形

3D打印机打印

成品

图 1-6 传统制造方法与 3D 打印的区别

1) 制造快速。3D 打印技术是并行工程中进行复杂原型或者零件制造的有效手段,能使产品设计和模具生产同步进行,从而提高企业研发效率,缩短产品设计周期,极大地降低了新品开发的成本及风险,对于外形尺寸较小、异形的产品尤其适用。比如微软的 3D 模型打印车间,在产品的设计出来之后,通过 3D 打印机打印出来的模型,能够让设计制造部门更好地改良产品,打造出更出色的产品。

2) CAD/CAM 技术的集成。设计制造一体化一直是一个难点,现阶段计算机辅助工艺(CAPP)还无法与 CAD、CAM 完全无缝对接,这也是一直以来制约制造业信息化的难点之一。而快速成型技术集成 CAD、CAM、激光技术、数控技术、化工、材料工程等多项技术,使得设计制造一体化的概念完美实现。

3) 完全再现三维效果。经过快速成型制造完成的零部件,完全真实地再现三维造型,无论外表面的异形曲面还是内腔的异形孔,都可以真实准确地完成造型,基本上不需要再借助外部设备进行修复。图 1-7 为 3D 打印的特殊结构件。



图 1-7 3D 打印的特殊结构件

4) 材料种类繁多。到目前为止,各类 3D 打印机设备上所使用的材料种类繁多,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。

5) 创造显著的经济效益。与传统机械加工方式比较,开发成本上节约 10 倍以上,同时快速成型技术缩短了企业的产品开发周期,使得在新品开发过程中出现反复修改设计方案的情况大大减少,也基本上消除了修改模具的问题,创造的经济效益显而易见。

6) 应用行业领域广。3D 打印技术经过多年的发展,技术上已基本形成了一套体系,可应用的行业也逐渐扩大,从产品设计到模具设计与制造、材料工程、医学研究、文化艺术、建筑工程等都逐渐地使用 3D 打印技术,使得 3D 打印技术有着广阔的应用前景。

1.3 3D 打印代表性应用行业

3D 打印的价值开始显现在各个领域, 3D 打印让“天马行空”变为“脚踏实地”。从理论上来说, 只要是能够在计算机上绘制成型的产品, 都可以通过 3D 打印机将之付诸现实。图 1-8 为 3D 打印在各行业的应用分布。下面我们一起来了解 3D 打印在各行业的应用案例。

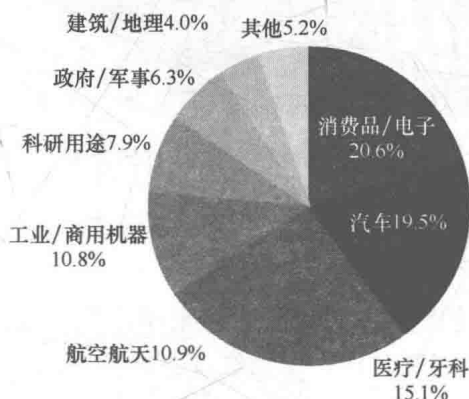


图 1-8 3D 打印在各行业应用的分布图

1.3.1 传统制造业、汽车制造业和航空航天领域

3D 打印帮助最大的是传统制造业, 从上节中 3D 打印的优点我们了解到, 3D 打印是通过计算机 CAD 进行建模控制, 所以在成本、速度以及打印的精确度上要胜于传统制造业。

在汽车制造业或机械制造业, 3D 打印技术已经应用于一些复杂零件的生产制造, 比如 FEAD (发动机前端附件驱动系统) 支架、变速箱等的开发或小批量生产, 它们最需要快速和高效。但常规的熔模铸造技术在这方面恰恰有缺陷, 由于 3D 打印具有快速、精准的特性, 非常适合生产, 从而降低了成本, 提高了效率。因此, 3D 打印是工业生产重要的辅助工具, 但现在还谈不上取代或替代传统的加工方式。

国外就已经有不少汽车、飞机甚至航空火箭上使用了 3D 打印的零部件, 将来也会在国防、军事上来打造高精尖设备。以后, 3D 打印技术制造的各种交通工具以及工业化部件也将会越来越多。3D 打印在向着工业化制造的方向前进。

图 1-9 为 2013 年诞生的世界上第一台 3D 打印汽车 Urbee 2, Urbee 2 是一款真正意义上量产的车型。Urbee 2 包含了超过 50 个 3D 打印组件, 这相较传统制造工艺显得十分精简, 车辆除了底盘、动力系统和电子设备等, 超过 50% 的