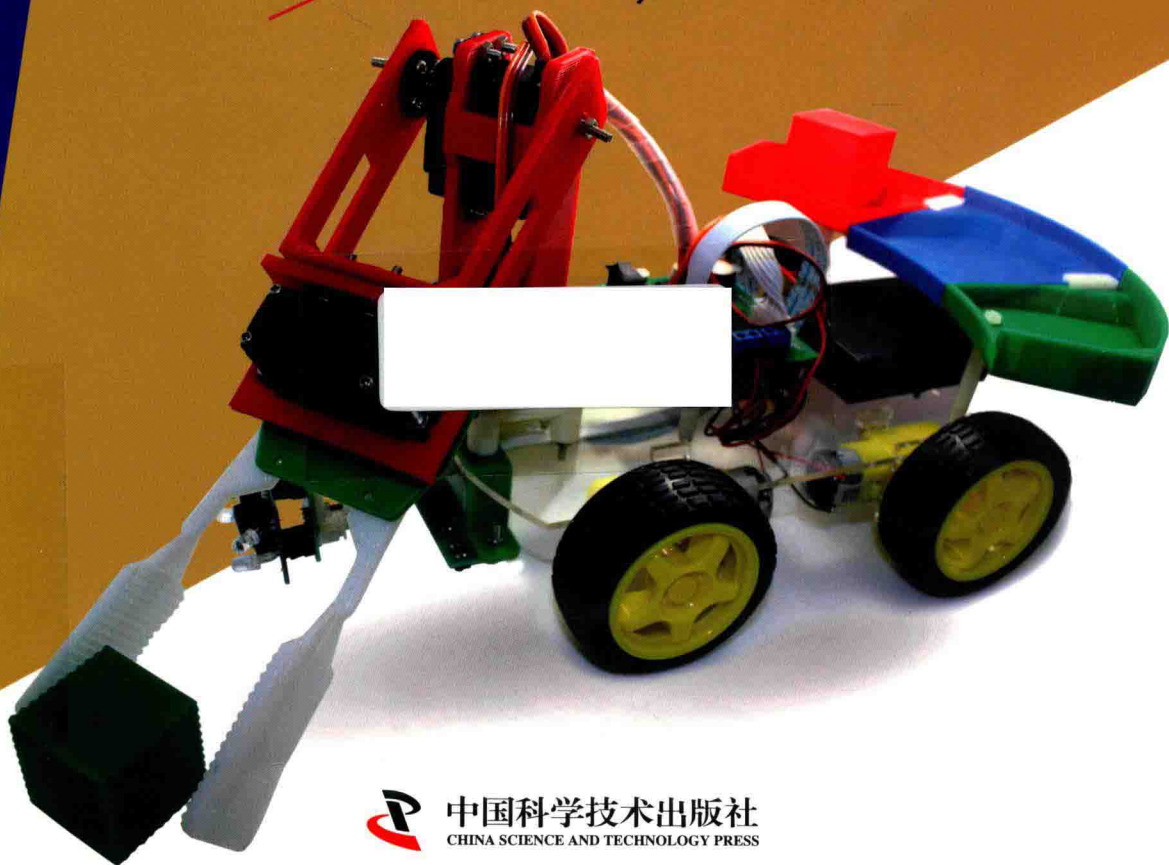


3D建模 与3D打印 快速入门

黄文恺 伍冯洁 吴羽 编著
芜湖春谷教育有限公司 编



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

3D 建模与 3D 打印快速入门

黄文恺 伍冯洁 吴羽 编著

芜湖春谷教育有限公司 编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

3D 建模与 3D 打印快速入门 / 黄文恺等编著; 芜湖春谷教育有限公司编. — 北京: 中国科学技术出版社, 2016.3

ISBN 978-7-5046-7105-9

I . ① 3… II . ①黄… ②芜… III . ①立体印刷—计算机辅助设计—应用软件 IV . ① TS853-39

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第044166号

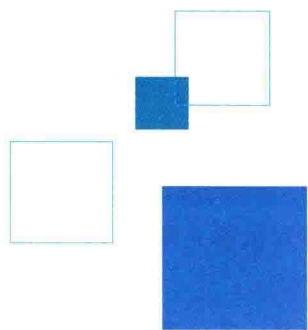
策划编辑 王晓义
责任编辑 王晓义
封面设计 孙雪骊
责任校对 何士如
责任印制 徐 飞

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010 - 62103130
传 真 010 - 62179148
投稿电话 010 - 62103347
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm × 1092mm 1/16
字 数 300 千字
印 张 14.75
印 数 1—3000 册
版 次 2016 年 3 月第 1 版
印 次 2016 年 3 月第 1 次印刷
印 刷 北京中科印刷有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-7105-9/TS · 83
定 价 59.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)



前言

孩子们拥有天生的创造力，喜欢用纸叠成各种飞机，也喜欢用橡皮泥捏出各种形状的物品，或用积木堆叠成房屋。随着年龄的增长以及受到各种不良影响，孩子们的创造力和创新精神正在丧失。

“创客”这一词来源于英文“Maker”，指的是将创意和想法变成实物的人。随着创客运动的开展，创客教育将改变我们在学校的学习方式。创客教育是用一种新的方法鼓励创造和创新——利用新的数字技术来设计、制作、分享和跨时空的学习。

在美国，从政策到实践层面，创客文化已经开始在教育中占有重要的一席之地。美国政府提倡创客运动是源自奥巴马总统所提出的要创新教育以提升学生STEM（科学、技术、工程、数学的英文首字母）的学习水平。STEAM是美国政府提出的最新教育倡议，在原来STEM的基础上增加了艺术（Arts），变得更加全面。美国政府在2012年年初推出了一个项目，是在4年内在1000所美国中小学校引入“创客空间”，配备开源硬件、3D打印机和激光切割机等数字开发和制造工具。创客教育已经成为美国推动教育改革、培养科技创新人才的重要内容。由于3D打印具备将数字模型变成实物的能力，因此在创客教育中起着非常重要的作用。

李克强总理提出了“大众创业，万众创新”的倡议，创客教育也开始在中小学逐步得到了发展。为了更好地培养青少年创客，建设青少年科技教师队伍，笔者结合了简单易用的3D建模软件和易操作的3D打印机编写了这本书。本书是一本简单易学的3D建模与3D打印入门手册，全书分为五篇，一是入门篇，为读者简要的介绍3D打印和3D建模技术；二是3D建模篇，着重介绍了国内开发的3D One建模软件的使用，读者通过阅读可以快速掌握3D建模的方法；三是3D打印篇，重点介绍了FDM技术的桌面级3D打印机的使用方法和3D打印质量优化；四是应用实践篇，通过

小车和小船这两个简单的建模例子向读者展示如何使用3D One软件进行快速建模；五是智能垃圾分类收集机器人优化篇，结合广东省中小学机器人的竞赛项目——智能垃圾分类收集机器人作为应用范例，通过两个实例，展示了如何利用3D建模软件对机器人零件进行改造和优化，并最终用3D打印机打印出实物的过程。

本书适合零基础的人学习，若已有一定的基础，需要进阶的书籍，请参考笔者的另一本书《3D建模与3D打印技术应用》。本书是广州市中小学科技教师3D打印培训的指定用书，同时也是广东省中小学机器人竞赛智能垃圾分类机器人项目教练员培训和广州市中小学智能服务机器人竞赛活动的指定用书。

致谢

首先要感谢我的学生李伯泉、叶家杰、郑植俊与钟海泰。他们参与了本书的资料整理、排版及实验验证工作，并牺牲了节假日用心地整理书稿。其次要感谢广州市教育局，本书由广州市教育局青少年科技教育计划资助。最后，要感谢芜湖春谷教育、南京中科创源教育科技有限公司为本书的撰写提出了重要的指导意见。本书的所有教学资料均独家授权芜湖春谷教育科技有限公司进行统一管理。最后要感谢本书的读者，感谢您花费宝贵的时间来阅读本书。

由于笔者水平有限，时间仓促，书中难免存在疏漏和错误，恳请专家和广大读者不吝指正！

黄文恺

2015年11月1日于广州大学

目 录

一 入门篇 / 1

第1章 3D打印技术简介 / 2

1.1 什么是3D打印技术.....	2
1.2 3D打印技术应用领域	3
1.3 3D打印主流技术简介	5
1.4 本书使用的3D打印技术	10

第2章 3D建模软件简介 / 11

2.1 3D建模.....	11
2.2 主流3D建模软件介绍	12
2.3 3D建模软件——3D One	15

二 3D建模篇 / 17

第3章 3D One安装与界面介绍 / 18

3.1 3D One软件安装.....	18
3.2 3D One界面介绍.....	19

第4章 3D One软件使用 / 25

4.1 平面草图绘制	25
4.1.1 矩形.....	25
4.1.2 圆形.....	25
4.1.3 椭圆形.....	26
4.1.4 正多边形.....	26
4.1.5 直线.....	27
4.1.6 圆弧.....	28
4.1.7 多段线.....	28

4.1.8 样条曲线.....	28
4.1.9 预制文字.....	29
4.1.10 投影.....	29
4.2 平面草图编辑.....	30
4.2.1 圆角.....	30
4.2.2 倒角.....	31
4.2.3 修剪.....	31
4.2.4 延伸.....	31
4.2.5 偏移.....	32
4.3 3D基本实体.....	32
4.3.1 六面体.....	33
4.3.2 球体.....	33
4.3.3 圆柱体.....	34
4.3.4 圆锥体.....	34
4.3.5 椭球体.....	35
4.4 3D实体特征造型.....	35
4.4.1 拉伸.....	36
4.4.2 拔模.....	36
4.4.3 扫掠.....	37
4.4.4 旋转.....	37
4.4.5 放样.....	38
4.4.6 圆角.....	38
4.4.7 倒角.....	39
4.4.8 通过点变形.....	39
4.5 3D实体特殊功能.....	40
4.5.1 曲线分割.....	40
4.5.2 实体分割.....	41
4.5.3 抽壳.....	41
4.5.4 圆柱折弯.....	42
4.5.5 环形折弯.....	42
4.5.6 扭曲.....	43
4.5.7 锥削.....	43
4.5.8 浮雕.....	44
4.5.9 投影曲线.....	45

4.5.10 镶嵌曲线.....	45
4.6 3D实体基础编辑.....	46
4.6.1 移动.....	46
4.6.2 缩放.....	47
4.6.3 阵列.....	47
4.6.4 镜像.....	48
4.6.5 DE移动（面偏移）.....	49
4.6.6 对齐移动.....	49
4.7 3D实体组合编辑.....	50
4.7.1 布尔加运算.....	50
4.7.2 布尔减运算.....	50
4.7.3 布尔交运算.....	51
4.8 测量距离	51
4.9 材质渲染	52

三 3D打印篇 / 53

第5章 3D打印机使用 / 54

5.1 3D打印机的组成及打印原理.....	54
5.1.1 3D打印机基本组成.....	54
5.1.2 3D打印基本原理.....	55
5.2 3D打印软件安装与使用	55
5.2.1 3D打印软件安装.....	55
5.2.2 软件主界面介绍.....	58
5.2.3 3D打印软件使用.....	60
5.3 3D打印机的使用.....	77
5.3.1 打印操作.....	77
5.3.2 进料.....	80
5.3.3 退料.....	82
5.3.4 换料.....	83
5.3.5 打印平台的调平.....	84

第6章 3D打印质量的优化 / 87

6.1 软件参数设置对打印质量的影响	87
6.1.1 Device Settings (设备设置)	87
6.1.2 Extrusion Speeds (挤出速度)	90
6.1.3 Infill (填充)	92
6.1.4 Model Properties (模型属性)	94
6.1.5 Raft (筏平台附着类型)	95
6.1.6 Supports and Bridging (支撑和桥接)	96
6.1.7 Right Extruder (右挤出机参数)	96
6.2 模型摆放形式对打印质量的影响	96
6.2.1 是否打印支撑对打印质量的影响	97
6.2.2 细长零部件打印方式和温度设置	97
6.2.3 按受力要求的模型摆放形式	99
6.2.4 摆放方式对特殊圆孔的影响	99
6.2.5 设计方式决定是否打印支撑	100

四 应用实践篇 / 101

第7章 小车的建模 / 102

7.1 车身的建模	102
7.2 车轮的建模	114
7.3 车轴的建模	115
7.4 车尾装饰1的建模	116
7.5 车尾装饰2的建模	117
7.6 车头装饰的建模	121
7.7 模型的组装	124

第8章 小船的建模 / 128

8.1 船身设计	128
8.2 船舱设计	131
8.3 驾驶舱设计	132
8.4 座椅设计	133

8.5 方向盘设计	138
8.6 挡风玻璃设计	140

五 智能垃圾分类收集机器人优化篇 / 147

第9章 智能垃圾分类收集机器人简介 / 148

9.1 智能垃圾分类收集机器人	148
9.1.1 常规赛机器人简介	148
9.1.2 创意赛机器人简介	151
9.1.3 两种机器人对比	155
9.2 比赛场地与比赛任务	155
9.2.1 比赛场地	155
9.2.2 垃圾块	157
9.2.3 比赛任务	158
9.3 比赛规则	159
9.3.1 比赛的机器人要求	159
9.3.2 评分标准	159

第10章 机器人优化方案一 / 167

10.1 整体方案介绍	167
10.2 零件清单	168
10.2.1 库零件	168
10.2.2 定制零件	169
10.3 定制零件设计步骤	170
10.3.1 舵机挡片设计	170
10.3.2 左右挡片设计	172
10.3.3 前后挡片设计	178
10.3.4 底板设计	179
10.4 组装说明	182

第11章 机器人优化方案二 / 185

11.1 整体方案预览	185
-------------------	-----

11.2 零件清单	187
11.2.1 库零件.....	187
11.2.2 定制零件.....	188
11.3 定制零件设计步骤	189
11.3.1 后翻板设计.....	189
11.3.2 连杆设计.....	197
11.3.3 前翻板设计.....	199
11.3.4 摇杆设计.....	207
11.3.5 后支撑板设计.....	208
11.3.6 前支撑板设计.....	216
11.4 组装说明	222



入门篇

第1章 3D打印技术简介

1.1 什么是3D打印技术

3D打印技术被认为将领导第三次工业革命，是数字化革命的重要组成部分。区别于传统的数控加工方式，3D打印采用逐层堆叠累积的方式来构造物体，理论上可以有“无限”的可能性。

3D打印技术出现在20世纪90年代中期，早期在模具制造、工业设计等领域被用于制造模型，后逐渐用于一些产品的直接制造，已经有使用这种技术打印而成的零部件。

3D打印技术从科技界和产业界的默默无闻，到现在向大众化拓展，逐渐走进普通家庭和初学者课堂，“创客”和“极客”的推动作用功不可没。如今，3D打印技术引起了民众的普遍关注，各种桌面级的3D打印机不断涌现，让越来越多的人感受到了3D打印带来的便利。

3D打印技术是一种通过电脑切片软件将三维模型转化为数字代码，再控制3D打印机执行数字代码，最后使用塑料或金属粉末等材料进行逐层打印来构建实体的技术，属于快速成型技术的一种。3D打印的实现如图1-1所示。

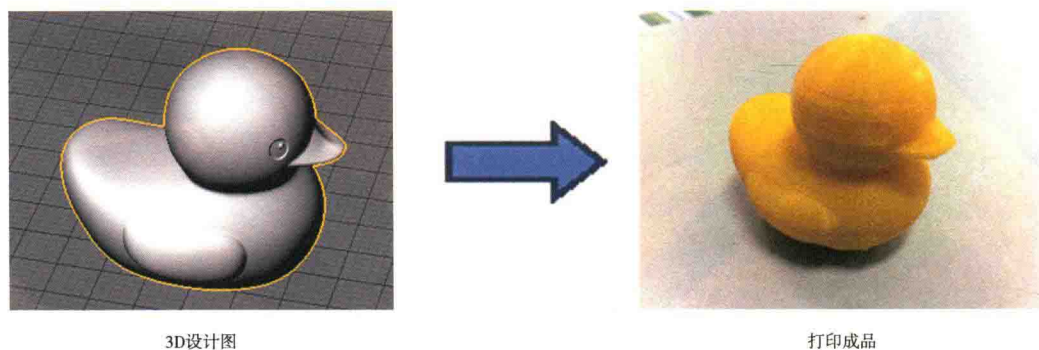


图1-1 3D打印的实现

3D打印的原理就是把物体分成若干个图层，从第一层开始用打印材料绘制，图层一层层的叠加，最后形成完整的物体。

一般来说，使用3D打印来获得一个物件，需要经过构建三维模型、切片、打印以及后期处理四个步骤。

第一步，构建三维模型。

使用SolidWorks、AutoCAD、UG和ProE等三维设计软件来构建三维模型，也可以使用3D扫描设备来生成三维模型。

第二步，切片。

获得三维模型后，需要使用与3D打印机匹配的切片软件对三维模型进行切片处理，生成3D打印机能够识别的数字代码。

第三步，打印。

3D打印机执行打印命令后，将打印材料一层一层地喷涂在打印平台上，最后堆叠形成一个完整的物体。

第四步，后期处理。

刚打印完的物体，表面可能存在一些毛刺，悬空部位有支撑等，这些都需要通过后期处理消除。后期处理有砂纸打磨、珠光处理、蒸汽平滑、剥离以及上色等，处理过后才能得到一件表面光洁的模型。

1.2 3D打印技术应用领域

随着3D打印技术不断发展和成本的不断降低，普及程度在不断的提升，越来越多的行业和领域中出现了3D打印的身影。3D打印主要应用在汽车制造、航天航空、医学领域、建筑领域、文物保护、配件与饰品行业、食品行业、玩具行业以及机器人等领域，此外在鞋类、工业设计、教育、地理信息系统、土木工程和军事等领域也有广泛的应用。

❖ 汽车制造

在汽车制造行业，由于3D打印技术具有打印周期短，快速成型等特性，很适合应用于汽车的开发环节。在外形设计阶段，3D打印与传统的手工油泥模型相比，不仅精确度高，而且耗时少，大大提高外形设计阶段的效率。在汽车零部件研发测试阶段，不仅比传统制造模具耗时少，还大大降低成本；测试过程中出现的问题，只需对3D文件进行修改，而不需重新制作模具，在提高效率的同时，也降低了风险与成本。

随着3D打印技术的革新，打印制品的质量以及精度也在不断提高。3D打印技术在汽车行业中的应用也逐渐向更高价值的方向转变，例如人们也在尝试使用3D打印直接制造汽车成品。2014年，首辆3D打印汽车试行，对比起普通的汽车，3D打印汽车只有40个零部件，打印耗时为44h，最高速度可达80km/h。2015年7月，世界上首款3D打印超级跑车“刀锋(Blade)”问世(图1-2)，百千米加速仅需2s。

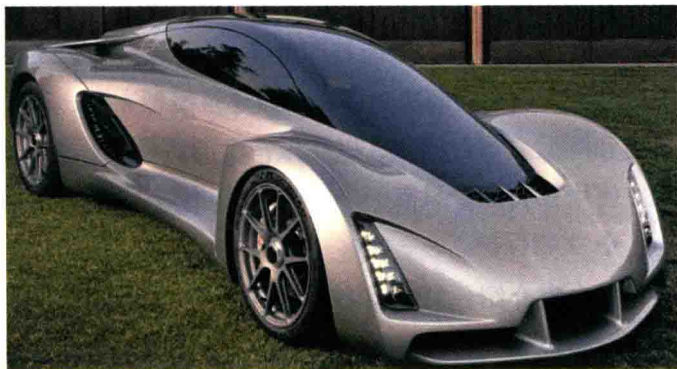


图1-2 3D打印超级跑车“刀锋(Blade)”

❖ 航天航空

航天航空工业对于零件要求非常严格，3D打印技术在该领域主要应用在高温合金材料的激光快速成型技术。这项技术目前中国和世界上其他国家同处于起步阶段，未来有很大的发展空间。

3D打印技术的出现，大大提高了航天航空设备的研发设计效率，不需要花费高成本去专门订做零件。通过3D打印，可以更快更精确地得到相应的模型，需要修改时，只需对3D文件进行修改，降低了研发设计阶段所需的费用。图1-3所示的歼-15战斗机，广泛采用了3D打印技术制造钛合金主承力部分，包括了整个前起落架。



图1-3 采用3D打印技术的歼-15战斗机

❖ 医学领域

在医学领域，目前已经有3D打印的假肢、植入体、器官等被患者使用的案例。多年来，研究人员一直研究再造器官和身体组织，但受制于组织细胞培养十分困难，而使用生物材料的3D打印技术提供了另一种解决方案。不仅如此，现在已经有了3D生物打印的人体组织治愈以往无法医治的特殊病例：如在2012年，3D打印分别治愈了一个患有先天下巴残缺的女婴和一个患有罕见先天“气管支气管软化”疾病的男婴。

❖ 建筑领域

3D打印建筑技术与传统建筑相比，速度提高了10倍以上，不需要大量的建筑工人和模板，大大降低成本的同时提高了生产效率，还能控制建筑的强度以及质量。目前，世界首台建筑3D打印机，只能打印最高4米的建筑物，还无法实现打印高楼的目标，还有很多关键技术需要突破解决。而在制作建筑模型方面，3D打印技术则大展身手，能显著的提高速度和降低成本。例如，以往做一个酒店模型，需要两个月的时间以及10万美国的资金，现在使用3D打印，只需一个夜晚的时间和2000美元，大幅降低了时间以及成本。

❖ 文物保护

据专家介绍，3D打印技术很早就应用到文物保护领域了。保护文物常常会使用替代品，而传统替代品的制作方法是翻模，这种方式或多或少会对文物有所损坏，制作的替代品也不能跟原型百分之百一样。3D打印技术将文物的3D模型文件直接打印成实体，不会

和文物实物发生触碰，因此不损坏文物，而且精确度更高。国内外都有使用3D打印制作替代品摆出来展示的例子。3D打印技术除了用于制作文物替代品，还可以通过计算机软件辅助对文物进行修复。

❖ 配件与饰品行业

随着社会的进步，消费者对具有个性化的配件和饰品需求越来越大，3D打印技术的出现正好满足消费者对配件和饰品的个性化需求。使用3D打印技术，完全可以为自已量身定做一款独一无二的配件或饰品，而且成本低廉，适合大众消费者。目前，国内外都有公司提供这种专属定做饰品的服务。

❖ 食品行业

借助3D打印技术，人们可以根据个人喜好设计食品的外形。由于打印一个食品耗时较长，无法与传统生产相比，比较适合小批量生产个性化的食品。国外著名的3D打印公司3D Systems已经成功研制出了糖果3D打印机和巧克力3D打印机。

❖ 玩具行业

在玩具行业，3D打印技术带来的冲击也是巨大的。相比于传统的制作方法，3D打印简化了玩具产品制作的流程，缩短了产品设计到生产的时间，可修改和完善产品的空间更大，为整个流程降低了成本和时间。

但是现在大部分的公司只是将其应用在产品研发阶段，因为3D打印一个玩具零件的时间为几小时，效率低，不适合大规模的生产。

❖ 机器人

机器人的设计和制造，大部分都采用非标准零件，采用传统的方式设计并制造机器人需要耗费大量的时间。采用3D打印技术不仅可以缩短设计制造时间与节约成本，还可以制作出更多个性化的机器人。例如，在餐饮行业的送餐服务机器人（图1-4），对机器人外观有不同定制需求，3D打印可以快速实现各种外观的定制。



图1-4 送餐机器人

1.3 3D打印主流技术简介

目前市面上有十几种3D打印技术，而应用较广泛的3D打印技术主要有4种，分别是熔融沉积快速成型（Fused Deposition Modeling, FDM）、光固化成型（Stereolithography Apparatus, SLA）、三维粉末粘接（Three Dimensional Printing and Gluing, 3DP）、选择性激光烧结（Selecting Laser Sintering, SLS）。

❖ 熔融沉积快速成型（FDM）

FDM技术是一种将热熔性材料加热融化后，通过喷头的喷嘴喷出，沉积在打印平台

上或前一层材料上，材料喷出后温度降低，低于固化温度后迅速固化，与周围材料凝结，最后一层一层堆叠形成立体模型。FDM工艺在1988年由一位美国工程师斯科特·克伦普（Scott Crump）研制，一直发展至今，是目前世界范围内应用最广泛的3D打印技术之一。相比其他几种主流技术，FDM技术有以下优点：

- 设计简单。
- 机械结构简单。
- 制造成本、维护成本以及材料成本也较低，在桌面级3D打印机中使用得最多。

FDM技术的不足：

- 耗材影响：桌面级3D打印机一般使用ABS或PLA为打印材料。使用ABS材料打印时应注意通风，ABS材料在高温融化后会散发出有毒气体，ABS材料强度高，但有一定的收缩性，影响打印成品的精确度；PLA材料是生物降解塑料，加热融化后无气味，安全而且环保，成品的变形较小，在桌面级的3D打印机里使用率比ABS材料要高。
- 成型效果不稳定：因为其机械结构简单，在精确度、出料形态以及成型效果方面难以控制，而且成型效果还受到温度的影响，导致FDM技术不够稳定，所以在对成品精度要求高及对表面光洁度要求高的行业和领域较少采用FDM技术。

其结构示意图如图1-5所示。

FDM应用实例，如图1-6所示。

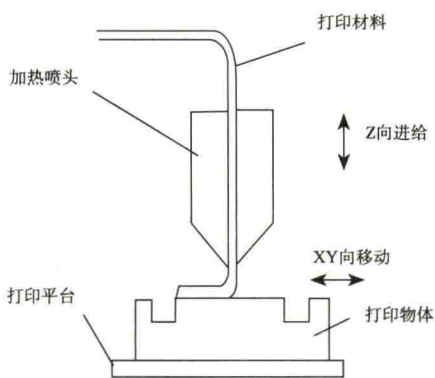


图1-5 FDM结构示意图



图1-6 基于FDM的3D打印作品

❖ 光固化成型（SLA）

光固化技术，使用的材料主要为光敏树脂，通过激光束逐点照射液态的光敏树脂，使之逐层固化，最后形成一个立体的模型。SLA技术是最早被提出并发展应用的快速成型技术，时至今日，经过20多年的发展，已经是目前研究最深入，技术最成熟，在世界范围内应用最广泛的快速成型技术之一。