

# Make:

## 3D Printing

# 3D打印从入门到精通

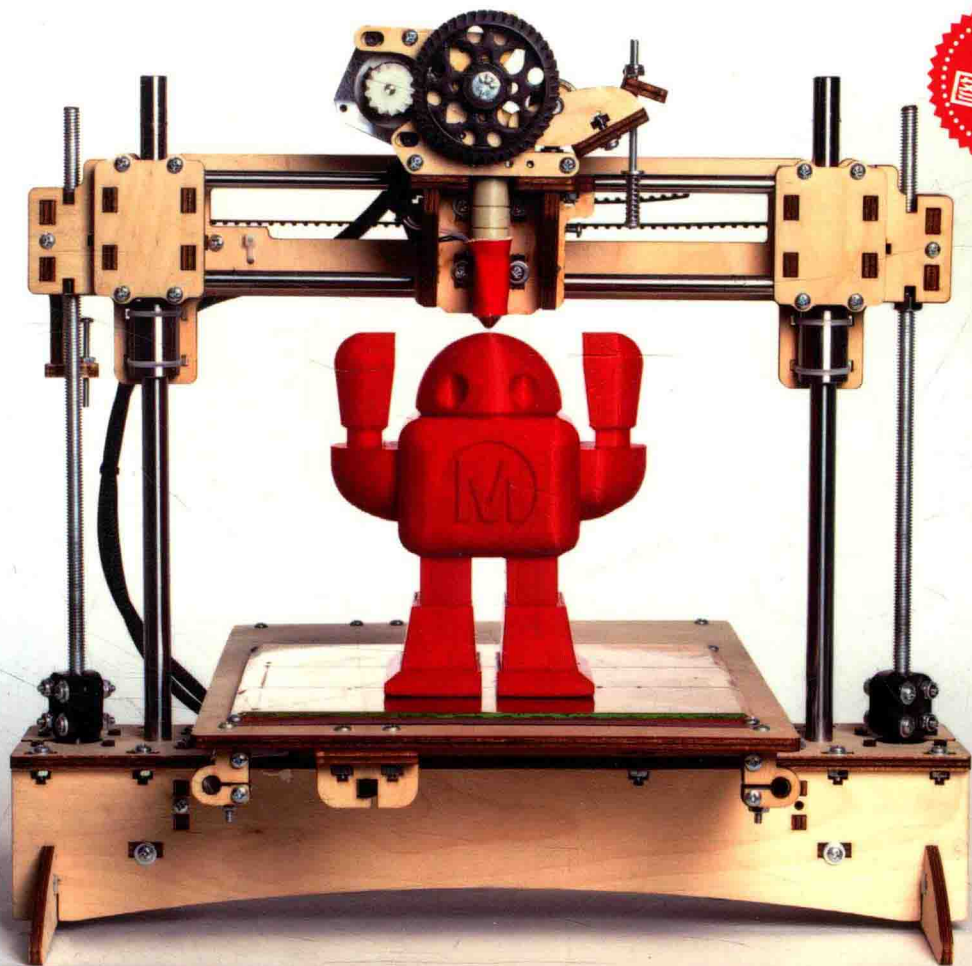
爱上3D打印

3D Printing

青橙创客教育  
QC Maker Education

天空工场  
Skyworks

中国3D打印网  
www.3Ddayin.net



彩色  
图解版

[美] Anna Kaziunas France 编  
张天雷、郑思仪、李书珍、王鑫 译

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



# 3D打印 从入门到精通

[美] Anna Kaziunas France 编  
张天雷、郑思仪、李书珍、王鑫 译

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

3D打印从入门到精通 : 彩色图解版 / (美) 弗朗斯 (France, A. K.) 编 ; 张天雷等译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2016.6

(爱上3D打印)

ISBN 978-7-115-42188-3

I. ①3… II. ①弗… ②张… III. ①立体印刷—印刷术 IV. ①TS853

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第079688号

## 版权声明

© 2016 year of first publication of the Translation Posts & Telecom Press.

Authorized Simplified Chinese translation of the English edition of Make:3D Printing (ISBN 9781457182938)

© 2014 Maker Media, Inc. published by O'Reilly Media, Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

本书英文版版权归 Maker Media, Inc. 所有, 由 O'Reilly Media, Inc. 于 2014 年出版。简体中文版通过 O'Reilly Media, Inc. 授权给人民邮电出版社, 于 2016 年出版发行, 得到原出版方的授权。版权所有, 未得书面许可, 本书的任何部分不得以任何形式重制。

## 内 容 提 要

本书从 3D 打印机的介绍为开端, 阐释了硬件、软件方面的基本知识, 然后进入 3D 打印的实际操作阶段。从扫描、用料、打印注意事项、无人操控方法等方面, 介绍 3D 打印的一系列流程, 让初学者可以看书后学会设计并打印出模型、机械零件和玩具的方法, 适合零基础的爱好者阅读。

- 
- ◆ 编 [美] Anna Kaziunas France
  - 译 张天雷 郑思仪 李书珍 王 鑫
  - 责任编辑 马 涵
  - 责任印制 周昇亮
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
  - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
  - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
  - 北京画中画印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 800×1000 1/16
  - 印张: 12.5 2016年6月第1版
  - 字数: 274千字 2016年6月北京第1次印刷
  - 著作权合同登记号 图字: 01-2015-2406号

---

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055339 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广字第 8052 号

# 前言

令人着迷的个人制作。

——Anna Kaziunas France

欢迎大家阅读本书！我在本书中汇总了 Make 杂志出版过的最好的 3D 打印项目介绍、教程和故事（包括印刷和在线版文章），根据最新的进展情况更新了相关文章，而且还加入了一些你在别处阅读不到的精彩内容。

## 0.1 个人制作

3D 打印渐渐走进创客空间、学校甚至家庭，引发了个人制作的潮流，许多创客加入到变革的浪潮之中。本书收录了这些创客们的故事和他们所写的教程。一些创客不仅探索 DIY 的 3D 打印技术，而且利用制作服务开办了小批量制作业务。还有些创客运用他们的“桌面工厂”生产所需物品。他们需要什么，马上就可以制作出来。

个人制作是数字化制作中的“杀手级应用”，即便需求量只有一个，它也可以照常生产产品。

——Neil Gershenfeld，《外交》2012 年 11 月、12 月号

一些媒体夸大了 3D 打印制作技术，但在事实上，3D 打印仅仅是数字化制作的一部分。作为 Fab Academy 项目（在全球开设的快速成形课程）中的一名导师，我主讲的课程中涉及了许多不同种类的数字化制作技术，其中大多数技术属于减材制作，使用的工具包括 3D 打印机之外的机器。

不过，这也并没有削弱 3D 打印的影响力和它所带来的机遇。从服装到艺术品，再到功能性模具，3D 扫描和打印技术可以快速建模并制作出完全定制的物品。

个人制作的一个条件是需要有可以利用的制作机器。有了可以使用的机器，再加上个人的创造力和时间的压力，就可以创作出意想不到的作品。

在编写第 6 章关于 3D 扫描的内容时，我自己扫描了一个头骨道具。后来我利用扫描的结果制作了一串骷髅项链，用在万圣节的变装活动上。我用家里的两台桌面 3D 打印机持续不断地打印了一个星期，终于赶制出项链上所有的骷髅。我还利用骷髅的扫描模型制作了骷髅造型的巧克力（详见第 21 章的教程）。

一个月后，我将骷髅项链外加一条腰带搭配在了一个四臂雕塑上，并将其命名为“伽梨女神的自画像”（见图 0-1）。我通过扫描自己的身体获得了雕塑主体部分的模型，之后用软件在模型的躯干上又增加了两条手臂。加上的这两条手臂都截断了前臂，最终的模型看起来就好像是扫描了一个残损的古代雕塑一样。模型最后分割成了 125 个独立加工层，使用 1/2 英寸（1 英寸 ≈ 25.4mm）中密度纤维板，用一台大型的数



控制槽机完成了加工。随后我将加工好的纤维板组装起来，并手工上色，腰带和项链也在手工上色后固定在了雕塑上。这个雕塑在好几场展览中展出，其中包括“Bits to Its”3D 打印雕塑展会和罗德岛设计学院博物馆展览。



图 0-1 伽梨女神的自画像

从许多方面来说，3D 打印是目前个人最有可能应用的数字化制作手段。3D 打印机的价格已经降低到很多人可以买一台放在家里，桌面打印机的打印质量也有了飞跃性的提升。没有打印机或是打印材料且不是常用塑料的情况下，还可以使用在线打印服务来完成作品。

个人制作领域正迎来激烈的变革。现在，你也是这场变革中的一分子！

## 0.2 这本书为谁而写

如果你喜欢用 3D 打印技术制作自己的作品，这本书就是为你准备的。

如果你对 3D 打印完全陌生，一点也不了解其中的技术，相信你也会希望看完这本书。

如果你已经拥有了一台 3D 打印机，除了打印网上下载模型之外还想创作自己的模型，那么你会想要学习 Tinkercad 的 3D 设计方法以及 3D 扫描的使用。你可以从这本书的最后一部分获得一些改善 3D 打印模型外观的技巧。

相比于摆弄硬件，你更喜欢使用软件吗？如果你是一名设计师，希望使用不同的材料而不是仅仅用塑料来制作作品，或是桌面 3D 打印机超出了你的预算，你可以从这本书的打印服务和制作材料等章节列出的一些公司中，找到适合为你打印设计作品的服务提供商。打印服务公司所提供的打印材料种类正在快速增加。

## 0.3 本书的内容

第一部分主要概述了 3D 打印硬件的相关内容，包括 3D 打印机及其基本工作原理和用途。

第二部分介绍了在 3D 打印流程中，从设计到最终完成打印所需的软件工具，以及如何设计自己的模型。

第三部分通过一系列如何使用扫描获取实体物品模型的教程，在 3D 模型创作上又推进了一步。你

将学习到如何清理扫描所得的模型，以达到适合打印的标准。

第四部分讨论了不断发展的桌面 3D 打印机所需的塑料打印丝，也介绍了工业打印材料（陶瓷、金属等）和方法。

第五部分介绍了使用 3D 打印服务替代桌面制作的原因和方法，以及一些服务提供商的详情。

第六部分涵盖了 3D 打印的具体操作方法，包括更换颜色、模型染色、修复破损模型，以及老化模型使之看起来像旧金属等内容。

第七部分展示了一些使用增材制作方法创作的个人制作作品，包括人形机器人、扫描艺术品、全定制假肢等。

第八部分探究了制作 3D 物体的其他方法，包括铣削、巧克力模具制作等。

---

Anna Kaziunas France 是 Maker Media 负责数字化制作内容的编辑，她也是 Global Fab Academy 项目的教务长，合作编写了《爱上 3D 打印机》。她以前在 Providence Fab Academy 主讲过“如何制作万物”快速成形课程。更多信息可以参考 Anna 的个人网站 (<http://kaziunas.com/>) 及 Thingiverse 个人主页 (<http://thingiverse.com/akaziunas>)。

## 0.4 使用授权

这本书可以帮助你完成打印任务。通常而言，书中的代码范例都可以用在你的程序和文档中，你不需要联系我们申请使用授权，除非使用了书中的大段代码进行再创作。比方说，你写的程序中使用了少部分书中的代码，在这种情况下并不需要告知我们；但如果你从书中截取代码例程制成光盘分发或出售，这种情况则必须事先申请授权。回答提问时可以随意引用少量原文或例子，但在自己的产品文档中大量使用本书中的例程就必须经过授权。

我们感谢引用本书时注明出处，但并不强制要求这么做。注明出处时一般需要包含题名、作者、出版商以及 ISBN。

如果你认为你使用代码例程的情况不属于上述任何一种情况，欢迎通过邮件联系我们：[bookpermissions@makermedia.com](mailto:bookpermissions@makermedia.com)。

## 0.5 Safari® 在线图书



Safari 在线图书 (<http://my.safaribooksonline.com/?portal=oreilly>) 是一家根据需求成立的数字图书馆，提供科技和商业等领域的世界知名作家的图书和影像资料。

许多技术专家、软件开发者、网站设计者、商业和创新专家在研究、解决问题、学习和认证培训时，都使用 Safari 在线图书作为基础资源库。

Safari 在线图书的产品类型多样，为团队、政府机关及个人提供了不同的收费项目。订阅者能够获得上千部图书、培训视频及预印原稿，这些资料都可以在一个数据库中搜索，该数据库涵盖了众多出版商，如 Make、O'Reilly Media、Prentice Hall Professional、Addison-Wesley Professional、Microsoft Press、Sams、Que、Peachpit Press、Focal Press、Cisco Press、John Wiley & Sons、Syngress、Morgan Kaufmann、IBM Redbooks、Packt、Adobe Press、FTPress、Apress、Manning、New Riders、McGraw-Hill、Jones & Bartlett、Course Technology 等。关于 Safari 在线图书的更多信息，可访问官网 <http://www.safaribooksonline.com/>。

## 0.6 联系我们

有关本书的意见、建议和问题，请联系以下出版商：

Maker Media, Inc.

1005 Gravenstein Highway North

Sebastopol, CA 95472

800-998-9938（美国或加拿大）

707-829-0515（国际）

707-829-0104（传真）

我们为本书开设了一个网站（<http://oreil.ly/make-3d-printing>），用以发布勘误信息、例程及其他资讯。

对本书的评论或技术性提问可以给我们发邮件：[bookquestions@oreilly.com](mailto:bookquestions@oreilly.com)。

Maker Media 全心全意地为广大创客群体服务，因为我们相信，将想象变为现实的创客朋友们是世界上最好的资源。Maker Media 通过提供创造灵感和操作指导鼓励并传播 DIY 精神。

有关我们的出版物、活动、产品的更多信息，请参考我们的官网 <http://makermedia.com/>，以及下列渠道。

Facebook 主页：

<https://www.facebook.com/makemagazine>

Twitter 账号：

<https://twitter.com/make>

YouTube 频道：

<http://www.youtube.com/makemagazine>

## 第一部分 硬件

<b>第 1 章 3D 打印机新手入门 .....</b>	<b>1</b>
1.1 选择一款打印机.....	1
1.2 购买选项：现成产品、组装产品或自己制作 .....	2
1.3 软件.....	3
1.3.1 生成 STL 文件 .....	3
1.3.2 切片.....	4
1.3.3 修正.....	4
1.4 第一个打印作业 .....	4
1.5 3D 打印机结构解剖 .....	5
1.5.1 3D 定位系统 .....	6
1.5.2 3D 打印机配件.....	7
1.5.3 选择一种热熔丝.....	8
1.6 下一步：做什么 .....	9
<b>第 2 章 3D 打印机使用指南 .....</b>	<b>12</b>
2.1 较为复杂的打印产品 .....	13
2.1.1 蛇.....	13
2.1.2 猫头鹰雕像 .....	13
2.1.3 鹦鹉螺型齿轮.....	14
2.1.4 多维能力测试.....	14
2.2 Afinia H 系列 .....	15
2.3 Bukobot 8 .....	16



2.4	Cube .....	16
2.5	Felix 1.0 .....	17
2.6	MakerGear M2 .....	18
2.7	Printrbot Jr. (v1) .....	19
2.8	Replicator 2 .....	20
2.9	Solidoodle 2 .....	21
2.10	Type A Series .....	22
2.11	Ultimaker .....	23

## 第二部分 软件

### 第 3 章 3D 打印的相关软件..... 26

3.1	3D 建模 /CAD 软件 .....	26
3.2	分层 /CAM 软件.....	29
3.3	打印控制 / 客户端软件 .....	30
3.4	下一步要做什么 .....	31

### 第 4 章 从零开始学习 3D 设计..... 32

4.1	创建 Tinkercad 账号.....	33
4.2	打孔 .....	33
4.3	制作头部 .....	33
4.4	排列对齐头部和圆柱形孔 .....	34
4.5	组合头部和圆柱形孔.....	34
4.6	头部打孔 .....	35
4.7	制作机器人的嘴巴.....	36
4.8	制作机器人的眼睛.....	37

### 第 5 章 开始 Slic3r 学习之旅..... 40

5.1	第一步：配置文件命名 .....	41
5.2	第二步：打印设置.....	42
5.2.1	轮廓和固化层.....	43
5.2.2	填充.....	43
5.2.3	打印速度 .....	44

5.2.4	环边.....	45
5.2.5	支撑材料.....	46
5.2.6	注释和其他部分设置.....	47
5.2.7	高级设置.....	48
<b>5.3</b>	<b>第三步：材料设置.....</b>	<b>48</b>
5.3.0	冷却.....	49
<b>5.4</b>	<b>第四步：打印机设置.....</b>	<b>50</b>
5.4.1	自定义 G-code 代码.....	51
5.4.2	挤出机设置.....	52
5.4.3	材料回缩.....	52
<b>5.5</b>	<b>第五步：回到打印效果.....</b>	<b>53</b>
5.5.1	多个 STL 文档配置.....	54
5.5.2	尽情地玩吧.....	55

## 第三部分 3D 扫描

<b>第 6 章</b>	<b>创建和修复 3D 激光扫描.....</b>	<b>56</b>
6.1	什么是 3D 扫描.....	56
6.1.0	局限性.....	58
6.2	关于 123D Catch.....	58
6.2.1	123D Catch 使用小贴士.....	58
6.2.2	使用 123D Catch 拍照.....	59
6.2.3	将你的照片上传到云.....	61
6.2.4	下载你的网格文件.....	62
6.3	ReconstructMe.....	62
6.3.1	安装 ReconstructMe.....	63
6.3.2	重建的技巧.....	63
6.4	3D 打印机的清洁和扫描修复.....	65
6.4.1	netfabb.....	65
6.4.2	Autodesk MeshMixer.....	66
6.4.3	MeshLab.....	66
6.4.4	Pleasant3D.....	67
6.5	修复大部分扫描结果.....	68
6.5.1	在 netfabb 中进行清理和修复.....	68

6.5.2	平滑网格的表面	71
6.5.3	用 MeshMixer 消除磕碰和斑点	72
6.5.4	在 netfabb 中进行最后的清理 / 修复	72
6.5.5	打印你的模型	73
6.6	通过加盖方式修复雕像扫描	73
6.6.1	修复破洞、非流形区域和断裂组件	74
6.6.2	闭合大区域的缺失网格	76
6.7	扫描你的世界	80

## 第 7 章 3D 头像打印 ..... 81

# 第四部分 材料

## 第 8 章 3D 打印材料 ..... 87

8.1	聚乳酸 (PLA)	87
8.2	聚乳酸 (柔性 / 弹性 PLA)	87
8.3	LayWoo-d3	88
8.4	LayBrick	88
8.5	丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯塑料 (ABS)	88
8.6	高抗冲聚苯乙烯 (HIPS)	89
8.7	Nylon	89
8.8	聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)	89
8.9	聚碳酸酯 (PC)	89
8.10	高密度聚乙烯 (HDPE)	90
8.11	聚己酸内酯 (PCL)	90
8.12	聚乙烯醇 (PVA)	90

## 第 9 章 工业化材料和方法 ..... 91

9.1	复合材料和制陶术	91
9.2	塑料耗材技术	92
9.2.1	立体平版印刷技术 (SLA)	92
9.2.2	选择性激光烧结技术 (SLS)	92
9.2.3	感光性树脂喷射技术	92
9.3	金属耗材技术	93

9.3.1 直接金属激光烧结技术 (DMLS)	93
9.3.2 直接金属印刷技术	93
9.3.3 间接印刷方法	94

## 第五部分 服务

<b>第 10 章 不用打印机的 3D 打印</b>	<b>95</b>
----------------------------	-----------

<b>第 11 章 3D 打印服务提供商</b>	<b>97</b>
--------------------------	-----------

11.1 上传文件并下单打印	97
11.1.1 Shapeways	97
11.1.2 Ponoko	98
11.1.3 Sculpteo	98
11.1.4 i.materialise	98
11.1.5 Kraftwurx	98
11.1.6 Staples (Mcor 的合作伙伴)	99
11.2 提供本地打印服务的商家	99
11.2.1 makexyz	99
11.2.2 3D Hubs	99
11.3 找到一台打印机	99
11.3.0 Print Chomp	99
11.4 专业打印服务	99
11.4.1 ZoomRP.com	99
11.4.2 RedEye	100
11.4.3 3D Factory	100
11.5 3D 设计打印精品店	100
11.5.1 3dPhacktory	100
11.5.2 Solid-Ideas	100

## 第六部分 整合工艺

<b>第 12 章 如何给 3D 打印品染色</b>	<b>101</b>
----------------------------	------------

12.1 收集材料	102
12.2 浸泡模型	102



12.3 染色.....	103
12.4 冲洗.....	104
12.5 晾干.....	104
12.6 展示作品.....	105

## 第 13 章 打印模型的后处理方法 ..... 106

13.1 工具和材料.....	107
13.2 印后加工技巧.....	108
13.3 摩擦焊接.....	108
13.4 表面不匹配零件的摩擦焊接方法.....	109
13.4.1 准备旋转工具.....	109
13.4.2 准备好需要焊接的零件.....	110
13.4.3 定位点焊.....	111
13.4.4 用纤维细丝塞堵缝隙.....	111
13.4.5 摩擦焊接裂缝.....	112
13.5 用摩擦焊接修复 PLA 模型.....	112
13.6 铆接：使用抽芯铆钉的摩擦焊接.....	114
13.7 使用纤维细丝制作实心铆钉和铰链.....	116
13.8 黏合、填充：制作可用于填料和胶水用 ABS 浆料.....	120
13.9 打磨 3D 打印塑料零件.....	121

## 第 14 章 模型表面的老化处理 ..... 123

14.1 选择底漆.....	124
14.2 选择磨损边缘的金属漆.....	124
14.3 开始干刷.....	124
14.4 添加较大的刷蹭和破损区域.....	125
14.5 添加灰尘和污渍.....	126
14.6 大功告成.....	127

# 第七部分 应用

## 第 15 章 3D 打印的前景 ..... 128

## 第 16 章 3D 打印作品展示 ..... 130

16.1 实践作品.....	130
----------------	-----

16.2	市面上的 3D 打印产品 .....	133
16.3	3D 打印在医学中的应用 .....	136
16.4	创新艺术品打印 .....	139

## 第 17 章 梦想机器..... 144

## 第 18 章 沙漠中的创造者..... 146

## 第 19 章 如何打印人形机器人..... 148

19.1	实践经验 .....	150
19.1.1	免费 3D 设计 .....	150
19.1.2	底垫和支撑物 .....	151
19.1.3	加热平台 .....	152
19.1.4	平台的高度调整 .....	152
19.1.5	特别有用的技术手册 .....	152
19.2	自己动手与商业产品 .....	153
19.3	下一步计划 .....	153

# 第八部分 3D 制作的其他方法

## 第 20 章 3D 铣削..... 155

20.1	使用减材制作技术的“3D 打印机” .....	155
20.2	你想制作什么 .....	156
20.3	DIY 数控机床 .....	156
20.4	其他铣床产品 .....	158
20.5	直线运动系统 .....	159

## 第 21 章 PLA 盘子中的白巧克力骷髅..... 160

21.0	必需的工具和材料清单 .....	161
21.0.1	3D 打印模具制作器 .....	162
21.0.2	配制、搅拌并倒入 Smooth-Sil 940 .....	163
21.0.3	脱模 .....	164
21.0.4	模具开缝 .....	165

21.0.5	从软胶囊中提取大豆卵磷脂 .....	166
21.0.6	巧克力融化 .....	166
21.0.7	巧克力冷却 .....	167
21.0.8	将巧克力倒入模具 .....	168
21.0.9	将模具放入冰箱 .....	168
21.0.10	等待巧克力固化时, 打印巧克力盘 .....	169
21.0.11	巧克力脱模 .....	170

## **第 22 章 神奇打印机 ..... 171**

## **附录 3D 打印相关资源 ..... 173**

A.1	为创客量身打造的软件 .....	173
A.1.1	3D CAD .....	173
A.1.2	网格修复和操作 .....	175
A.1.3	3D 打印机前端 .....	175
A.2	切片软件 .....	176
A.3	3D 模型资源 .....	177
A.3.1	免费 3D 模型下载资源 .....	177
A.3.2	付费 3D 模型下载资源 .....	179
A.4	3D 打印历史 .....	179
A.5	学会寻求帮助 .....	179
A.6	相关书籍 .....	180
A.6.1	3D 打印的设计和建模 .....	180
A.6.2	3D 打印及创客运动 .....	181
A.7	白皮书 .....	181
A.8	3D 打印相关新闻 .....	182
A.9	物理目标 .....	182
A.9.1	获取 3D 打印机的途径和教学资源 .....	182
A.9.2	实体商店 .....	183
A.9.3	打印机、纤维和零部件 .....	184
A.10	研讨会 .....	186

## 第1章 3D 打印机新手入门

3D 打印机硬件及软件介绍。

——Bill Bumgarner

早在 2012 年，我便有了一台 Ultimaker 3D 打印机，在把它组装好后我便正式加入到日益扩大的 3D 打印家族。这段经历使我备受挫折也收获满满。而本文的目的就是分享我在 3D 打印领域中 DIY 部分的学习收获。研究的重点主要是预算价格低于 2500 美元、制作各种塑料零件的打印机。

塑料零件是进行原型设计的绝佳部件。你可以打印一个塑料的发动机零件，在确保它能完美适配后，将这个 3D 模型寄给 Shapeways 这样的公司，这样你设计的原型就能变成一个真正的金属产品。

这里讨论的大多数打印机是可调节的。它们的设计易于修改和调整，以适应你的个性需要。虽然在常用的 3D 打印技术社区也有商业切片机和建模模块的应用需求，但用来驱动这些打印机的软件几乎都是开源的。

### 1.1 选择一款打印机

这里讨论的 3D 打印机属于增量制作类型。它们通过集中添加材料来制作零件，是目前制作业领域的新热点。事实上，该技术已经热门到奥巴马政府创建国家叠层制作创新研究所 (NAMII) 来鼓励该领域的研发。

目前常用的叠层制作有三种方法：一是光聚合（使用光将液体材料加工为需要的固体模型），二是颗粒材料黏合（使用激光、热空气或其他能源来融合粉末颗粒层，使其形成所需的固体模型），三是本文重点介绍的熔融聚合物沉积或 MPD（通过层层挤压熔融材料形成需要的固体模型）。

简而言之，MPD 也叫作熔融沉积制模 (FDM) 或熔丝制作 (FFF)，是推动丝状的固体塑料（或其他材料，如金属或巧克力）到高电极端，然后一层层挤出细薄的熔融物流形成需要的零件。

这些技术中，MPD 是最常见和最容易（尽管 EMSL 的 CandyFab 也明确提到，因为任何闻起来像焦糖布丁的打印机都值得被叫出来）的。

仔细关注 MPD，会发现它们有一些不同风格的打印机。不同点主要集中在打印机如何精确移动热熔丝进料头到特定位置来挤出塑料。



## 1.2 购买选项：现成产品、组装产品或自己制作

有了这些信息在手，就可以选择打印机了！有许多现成产品远远超出我们的采购预算范围，还有一些是我们能负担得起的。UP 3D 打印机（类似本书第 15 页 Afinia 的 H 系列），是一款“即用即打”的设备，需要相对较少的维护成本。MakerBot Replicator 也可以同样值得关注，它有很多功能，但也需要更多的成本来维护。

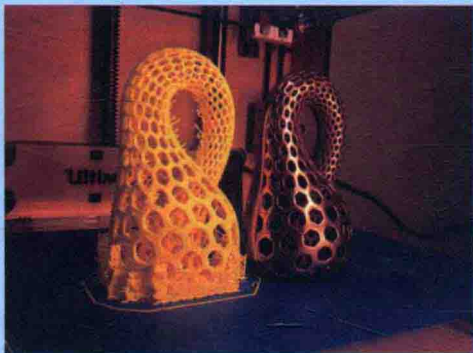
提醒一句：购买现成的打印机时，小心“剃刀和刀片”的商业模式。看似一台便宜的 3D 打印机，但如果需要专用的细丝墨盒，那它消耗的细丝成本要比市场上高 2 ~ 3 倍。

### 塑料的原型设计

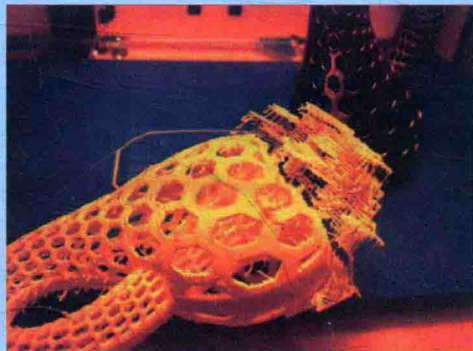
Bathsheba Grossman 的漂亮的（同时也是非常受欢迎的）Klein 开瓶器是一个使用塑料设计原型的完美例子，在使用相对昂贵的金属材料进行制作之前，使用廉价的塑料材料完成原型草样设计是值得肯定的方法。

左边是一个 3D 打印的 Grossman 开瓶器，右边是 Shapeways 使用不锈钢和黄铜印刷的相同的模型。你只需花费很少的钱就可以调整和打印一整天该模型（每次打印可能只需要 1 美元），当你对该模型的几何结构等完全满意后，就可以打印金属版本了。

1. Klein 开瓶器草样模型仍附着在打印床上，它的支撑底部还清晰可见。



2. 去掉支撑部分。



3. 最终完成的草样。

