

轻松掌握3D打印系列丛书

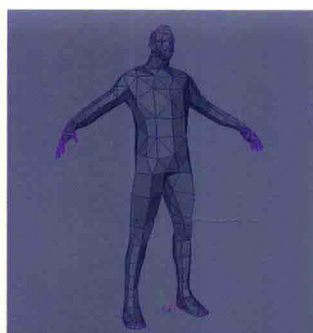
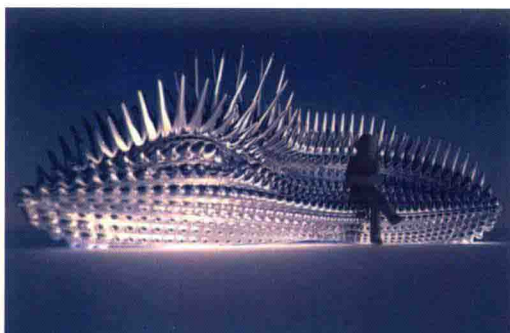
Apress®

# 3D打印设计 入门教程

**Beginning Design for 3D Printing**

[美] 乔·米卡勒夫 (Joe Micallef) 著

陈启成 译



零基础轻松学3D打印设计

全面讲解成功打印所需工具与技术

构筑梦想与现实之间的桥梁

机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



轻松掌握 3D 打印系列丛书

# 3D 打印设计入门教程

[美] 乔·米卡勒夫 (Joe Micallef) 著

陈启成 译



机械工业出版社

Beginning Design for 3D Printing

By Joe Micallef, ISBN: 978-1-4842-0947-9

Original English language edition published by Apress Media.

Copyright © 2015 by Apress Media

Simplified Chinese-language edition copyright © 2017 by China Machine Press

This title is published in China by China Machine Press with license from Apress Media. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 Apress Media 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内地区（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2016-3488 号。

## 图书在版编目（CIP）数据

3D 打印设计入门教程/（美）乔·米卡勒夫（Joe Micallef）著；陈启成译．—北京：机械工业出版社，2017.4

（轻松掌握 3D 打印系列丛书）

书名原文：Beginning Design for 3D Printing

ISBN 978-7-111-56421-8

I. ① 3… II. ① 乔… ② 陈… III. ① 立体印刷—印刷术—教材  
IV. ① TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 063485 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：杨明远 责任编辑：杨明远

责任校对：王 欣 责任印制：李 飞

封面设计：路恩中

北京汇林印务有限公司印刷

2017 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·23.25 印张·443 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-56421-8

定价：79.00 元

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](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线：010-68326294

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

本书是一部指导在 3D 打印机上创建几乎任何物品的权威指南，本书将揭开 3D 打印设计过程的神秘面纱，为那些刚刚接触 3D 打印机的新手、热情洋溢的艺术师、经验丰富的工程师、3D 打印企业家和初次拥有 3D 打印机的人士，提供正确的工作流程，以确保原始创意能够被 3D 打印出来。

本书探讨了多种 3D 打印项目，重点是使用免费提供的 3D 设计应用程序，采用一步步的技术，详细描述了如何创建各种各样的可 3D 打印对象，并解释了样条曲线、多边形和实体模型之间的区别。读者将会从本书中获得对多种建模软件的深入了解，将学习到有机建模、硬边建模和基于 CAD 的精确建模工具之间的差异，并将它们应用于制作可 3D 打印的设计、实用产品和个性化艺术品。

无论是一名需要精打细算的学生，或是正在探索 3D 打印研发项目的公司，本书将提供正确的工具和技术，以确保 3D 打印成功。本书适合 3D 打印爱好者、培训机构、中小学 3D 创新课程任课教师学习参考。

## 译者序

3D 打印（增材制造）技术被委以“引发制造业革命”的重任，在《中国制造 2025》国家战略中也占有重要的地位。经过前几年的爆发期与发展期，中国 3D 打印市场也在以几何倍数增长，目前，3D 打印已广泛渗透于各行各业，不断探索这种技术的应用潜能。国内已出现了陶瓷 3D 打印，食品 3D 打印机的功能在不断完善，3D 打印在建筑领域的应用范围也在不断扩大，3D 打印在医疗领域的应用有了新的突破，在通过医疗审批后，3D 打印人体植入物会解决更多患者的病痛。2016 年 6 月，国外提出了喷射成型的新金属 3D 打印技术：Xjet，能像墨水打印一样打印液态金属，据称它几乎能解决金属成型 3D 打印技术的所有缺点，如果该技术能够解决致密度问题，3D 打印就会对制造业产生革命性的影响。

3D 打印对教育行业也产生了深刻的变革。2016 年，在国家的大力支持下，全国大城市的大中小学几乎都配置了 3D 打印机。STEAM 的教育理念在国内得到认可，这是面向新市场经济时代的重实践的超学科教育概念。让思维可见，让创意可行，借助 3D 打印技术，让学生在新的体验中培养创造力和享受学习的乐趣，真正培养出适合未来社会发展所需要的合格人才。

一切看起来都很美好，但整个 3D 打印领域都面临着人才稀缺的难题，在教育培训领域则尤为突出，几乎没有一所学校系统性开设 3D 打印专业。国内众多 3D 打印爱好者缺乏 3D 设计方面的入门教程，中小学相关教师也急需得到这方面的系统培训。为普及 3D 打印设计方面的知识，译者自 2014 年起，业余时间陆续翻译和编写了有关 3D 打印设计方面的初级教程，基本涵盖了中小学、创客教育所需的 3D 建模知识，出版后取得了良好的社会反响。其中《3D 打印建模：Autodesk 123D Design 详解与实战》已是第三次印刷，国内一些中小学教师参考该书开展了教学，而《3D 打印建模：Autodesk Meshmixer 实用基础教程》是国内第一本讲解 Meshmixer 使用方法的教程，这两个软件在本书中也是重点讲解的内容。

针对 3D 打印的设计，是数字建模的一个子集，有别于日常生活中所常见的动画设计。3D 打印设计是如何得到数字模型，然后生成.stl 文件的过程（目前如此，以后可能会统一到新的文件格式），对初学者而言，选用何种软件是非常重要的。个人认为应用程序的难易程度是分层次的，过于复杂的专业软件根本不适合初学者。先从简单的软件入手，理解 3D 建模的概念，循序渐进，

然后再根据自己的发展方向升级到专业软件。我过去选择软件的思路是既要简单易用，又要有专业软件与之对应，这也与本书作者的思路不谋而合，只不过是作者介绍了 Sculptris 雕刻软件（对应 Zbrush），我选择了 Cubify Sculpt（对应 FreeForm），原因是 Cubify Sculpt 的界面足够简洁，易于被孩子们接受，功能同样强大，而且能直接雕刻导入的.stl 文件。顺便提一句，本书作者乔·米卡勒夫（Joe Micallef）有过十年的平面设计经验，我接触平面设计的时间更长些，深刻体会到平面设计基础对于 3D 建模的重要性。

《3D 打印设计入门教程》是一本全面讲解 3D 打印建模所需知识的上手指南，从目前 3D 打印所能实现的功能开篇，介绍了 3D 打印的设计方法、设计流程和设计策略，以及准备模型用于 3D 打印的全部知识，分类讲解了实体建模、有机（本书主要指雕刻）建模技术，混合使用这些技术进行定制化的技术。本书示例丰富，配以大量图例，以帮助新手能够顺利进入 3D 设计之门。书中还对 3D 设计中的概念做了详细的解释，使读者正确理解 3D 设计，为后续深入学习专业软件打下良好的基础。作者非常注重设计流程，通过学习，每一位新人都应该能够完成针对 3D 打印的设计项目。

本书涉及了 3D 打印设计的全部内容，国内正缺乏一本这样的入门教程，本书的出版将结束国内 3D 打印入门阶段教学内容支离破碎的局面，是广大 3D 打印爱好者的福音。本书适合 3D 打印爱好者、培训机构、中小学 3D 创新课程任课教师学习参考。

把 3D 设计写得足够简单且内容丰富，是个矛盾体，我也深深体会到这种“纠结”，为把一个过去面向专业人士的概念，如何向普通大众解释清楚而绞尽脑汁。感谢本书作者编写这样一本教程，它是一把钥匙，将为更多渴望学习 3D 打印知识的新人打开神奇的大门！

如果想更全面深入地掌握 Autodesk 123D Design 和 Meshmixer 用法，也可参考我编写的专门教程。不过，对于初学者而言，建议在项目中学习，不要过度追求建模技术，而牺牲享受 3D 打印成功的乐趣，你的打印项目就是一个制造过程，上手大胆去做吧！

由于译者水平有限，不足之处在所难免，希望广大读者提出宝贵意见，以帮助完善本书。

陈启成

# 前言

随着 3D 打印设计过程的持续发展，借助这一革命性的、令人着迷的技术，创客、艺术家和工程师之间紧密合作，将为寻找到新的重大突破铺平了道路。如果没有这些充满活力的 3D 社区，我不可能完成本书。因此，我要向在前进道路上给予我极大帮助的所有专业人士表示深深的感谢！必须非常感谢 Toy Builder Labs([www.toybuilderlabs.com](http://www.toybuilderlabs.com))、MatterHackers ([www.matterhackers.com](http://www.matterhackers.com))、Deezmaker ([www.deezmaker.com](http://www.deezmaker.com))和 3D Print Life ([www.3dprintlife.com](http://www.3dprintlife.com))，是它们提供了耗材、建议、3D 打印机（尤其是 Deezmaker Bukito）和其他用品等 3D 打印方面的援助。特别感谢要献给 PVNet ([edu.pvnet.com](http://edu.pvnet.com))，它为我提供了灵感，并把我介绍给我的技术审核员 Alex Chen。我还必须感谢 3D Printer World、Joan Horvath、帕萨迪纳城市学院和南加州大学，帮助我在 3D 打印社区中建立起持续发展的关系。尤其是要感谢我的家人给予我关于设计和教育方面的创造性梦想的大力支持！

最后献词会献给我的儿子和未来的一代——用坚毅、奉献精神、想象力去努力追求，为使我们大家的世界变得更美好！

乔·米卡勒夫

# 目 录

译者序

前言

|        |                         |    |
|--------|-------------------------|----|
| 第 1 章  | 3D 打印能够做什么？             | 1  |
| 1.1    | 应用 3D 打印，设计进入了新时代       | 2  |
| 1.2    | 借助 3D 打印，实现新创意的可行性      | 6  |
| 1.2.1  | 3D 打印日常物品               | 6  |
| 1.2.2  | 重新改进普通物品                | 7  |
| 1.2.3  | 3D 打印在校园                | 8  |
| 1.2.4  | 超越了雕塑、结构和形状的界限          | 9  |
| 1.2.5  | 3D 打印对传统雕塑的补充           | 10 |
| 1.2.6  | 制作过去无法做出的物品             | 11 |
| 1.2.7  | 3D 打印在建筑领域中的应用          | 12 |
| 1.2.8  | 3D 打印珠宝和奢侈品             | 14 |
| 1.2.9  | 3D 打印的时尚品和可穿戴设备         | 16 |
| 1.2.10 | 个人制造 3D 打印的玩具           | 16 |
| 1.2.11 | 3D 打印无人机和机器人            | 17 |
| 1.3    | 迁移到 3D 打印               | 18 |
| 1.3.1  | 不断发展的材料技术               | 19 |
| 1.3.2  | 软件设计方面的进步               | 23 |
| 1.3.3  | 开源社区的促进作用               | 24 |
| 1.3.4  | 众筹推动新机型的发展              | 26 |
| 1.3.5  | 新的创客文化                  | 27 |
| 1.4    | 新创企业伴随 3D 打印普及而成长       | 28 |
| 1.5    | 增材制造 VS 减材制造            | 31 |
| 1.6    | 设计和制造方式的转变：这是制造业复兴的开始吗？ | 33 |
| 1.7    | 小结                      | 35 |
| 第 2 章  | 探索 3D 打印的设计技术           | 36 |
| 2.1    | 你成了工厂                   | 36 |
| 2.2    | 评审你的设计方案                | 37 |
| 2.3    | 为 3D 打印生成创意：从哪里开始？      | 38 |
| 2.3.1  | 草图对完善创意的重要性             | 38 |
| 2.3.2  | 利用在线模型数据库来创建和修改对象       | 45 |
| 2.3.3  | 逆向工程是必不可少的              | 47 |

|        |                                  |    |
|--------|----------------------------------|----|
| 2.3.4  | 混搭制造和套件拼装.....                   | 49 |
| 2.3.5  | 探索艺术和有机雕刻技术.....                 | 56 |
| 2.3.6  | 使用 3D 扫描来修改已存在的物体 .....          | 58 |
| 2.3.7  | 摄影测量 .....                       | 59 |
| 2.3.8  | 激光雷达扫描 .....                     | 59 |
| 2.3.9  | 记住：形状复杂度是任意的 .....               | 64 |
| 2.4    | 使用免费的 3D 建模软件开始设计 .....          | 67 |
| 2.5    | 本书所使用的 3D 软件概述.....              | 68 |
| 2.5.1  | Autodesk Tinkercad .....         | 68 |
| 2.5.2  | OpenSCAD .....                   | 69 |
| 2.5.3  | Microsoft 3D Builder .....       | 70 |
| 2.5.4  | FreeCAD.....                     | 71 |
| 2.5.5  | Autodesk 123D Design .....       | 72 |
| 2.5.6  | Pixologic Sculptiris .....       | 73 |
| 2.5.7  | Autodesk Meshmixer .....         | 74 |
| 2.5.8  | Blender.....                     | 75 |
| 2.6    | 3D 打印所需的额外技能.....                | 76 |
| 2.7    | 小结 .....                         | 76 |
| 第 3 章  | 开始设计一个盒子 .....                   | 77 |
| 3.1    | 需要用到的工具 .....                    | 78 |
| 3.2    | 使用基本构建物体开始：立方体、球体和圆柱体 .....      | 78 |
| 3.3    | 在 Tinkercad 中设计简单的盒子 .....       | 79 |
| 3.3.1  | Tinkercad 入门 .....               | 80 |
| 3.3.2  | 如何使用 Tinkercad.....              | 83 |
| 3.4    | 在 Tinkercad 中创建盒子 .....          | 83 |
| 3.4.1  | 拖放一个立方体到工作平面 .....               | 83 |
| 3.4.2  | 缩放立方体到正确尺寸 .....                 | 85 |
| 3.4.3  | 复制立方体来创建挖空的盒子 .....              | 85 |
| 3.4.4  | 在 Tinkercad 中复制对象.....           | 86 |
| 3.4.5  | 缩小并对齐立方体.....                    | 86 |
| 3.4.6  | 通过复制较大的立方体创建盖子.....              | 88 |
| 3.4.7  | 缩小较大的立方体.....                    | 89 |
| 3.4.8  | 利用颜色编码来帮助选择/识别模型中部件的解释.....      | 89 |
| 3.4.9  | 在盖子上创建一个凸台 .....                 | 91 |
| 3.4.10 | 使用 Tinkercad 的孔操作，执行布尔差分运算 ..... | 92 |
| 3.4.11 | 为盖子添加一个把手 .....                  | 93 |
| 3.5    | 在 OpenSCAD 中设计简单的盒子 .....        | 95 |

|              |                                          |            |
|--------------|------------------------------------------|------------|
| 3.5.1        | OpenSCAD 入门.....                         | 96         |
| 3.5.2        | 如何使用 OpenSCAD.....                       | 97         |
| 3.6          | 在 OpenSCAD 中构建盒子.....                    | 97         |
| 3.7          | 小结 .....                                 | 100        |
| <b>第 4 章</b> | <b>为 3D 打印盒子做好准备 .....</b>               | <b>101</b> |
| 4.1          | 3D 打印制作流程.....                           | 103        |
| 4.2          | 使用 3D 打印机的四条途径 .....                     | 103        |
| 4.3          | 确保 3D 模型准备就绪，可供 3D 打印.....               | 104        |
| 4.4          | 确保 3D 打印成功的最终设计因素 .....                  | 106        |
| 4.4.1        | 因素 1：将使用什么类型的 3D 打印工艺？ .....             | 106        |
| 4.4.2        | 因素 2：最终输出尺寸 .....                        | 108        |
| 4.4.3        | 因素 3：部件在打印床上摆放的朝向 .....                  | 109        |
| 4.4.4        | 因素 4：支撑结构 .....                          | 110        |
| 4.4.5        | 因素 5：耗材类型 .....                          | 112        |
| 4.5          | 测试、探索和试验 .....                           | 113        |
| 4.6          | 使用软件工具来验证 3D 模型的可打印性能.....               | 114        |
| 4.7          | 在 Meshmixer 中为 3D 打印盒子做好准备 .....         | 114        |
| 4.7.1        | Meshmixer 中视图导航.....                     | 115        |
| 4.7.2        | 使用 Meshmixer 准备用于 3D 打印的 Box.stl 文件..... | 116        |
| 4.7.3        | 使用 Select（选择）工具，正确重定向盒子中的部件 .....        | 118        |
| 4.7.4        | 使用 Move（移动）工具，把盖子移动到构建平台的基面 .....        | 120        |
| 4.7.5        | 输出到打印机 .....                             | 121        |
| 4.7.6        | 调整.stl 文件的大小 .....                       | 122        |
| 4.7.7        | 修复模型.....                                | 122        |
| 4.7.8        | 添加支撑结构 .....                             | 123        |
| 4.7.9        | 发送到打印机、输出或发送到服务机构 .....                  | 125        |
| 4.8          | 在 Cura 中为 3D 打印盒子做好准备.....               | 125        |
| 4.8.1        | 在 Cura 中打开 Box.stl .....                 | 127        |
| 4.8.2        | 在 Cura 中创建支撑 .....                       | 129        |
| 4.8.3        | 在 Cura 中更改尺寸和朝向.....                     | 129        |
| 4.8.4        | 在 Cura 中生成 G 代码.....                     | 131        |
| 4.9          | 在 MatterControl 中为 3D 打印盒子做好准备 .....     | 131        |
| 4.9.1        | 载入 Box.stl 文件到 MatterControl .....       | 132        |
| 4.9.2        | 在 MatterControl 中重设尺寸和安排模型.....          | 133        |
| 4.9.3        | 生成支撑.....                                | 133        |
| 4.9.4        | 在 MatterControl 中生成 G 代码.....            | 133        |
| 4.9.5        | 从 MatterControl 中连接一台 3D 打印机直接打印 .....   | 134        |

|        |                              |     |
|--------|------------------------------|-----|
| 4.10   | 在 Slic3r 中为 3D 打印盒子做好准备..... | 134 |
| 4.10.1 | 添加 Box.stl 文件到 Slic3r.....   | 135 |
| 4.10.2 | 使用 Slic3r 在打印床上缩放和排列文件.....  | 135 |
| 4.10.3 | 创建支撑材料.....                  | 136 |
| 4.10.4 | 在 Slic3r 中生成 G 代码.....       | 136 |
| 4.11   | 使用 Netfabb 修正网格错误.....       | 136 |
| 4.11.1 | 载入盒子文件到 Netfabb 中.....       | 137 |
| 4.11.2 | 使用 Netfabb 修正网格错误.....       | 137 |
| 4.11.3 | 为你的 3D 打印机配置 Netfabb.....    | 138 |
| 4.12   | 小结.....                      | 139 |
| 第 5 章  | 简单形状的创新应用.....               | 140 |
| 5.1    | 从基本形状开始.....                 | 141 |
| 5.1.1  | 字母、数字、符号和附加形状.....           | 141 |
| 5.1.2  | 附加形状.....                    | 153 |
| 5.1.3  | 孔类形状.....                    | 154 |
| 5.2    | 形状生成器.....                   | 154 |
| 5.2.1  | 文本生成器.....                   | 155 |
| 5.2.2  | Voronoi 形状生成器.....           | 156 |
| 5.2.3  | 图像浮雕生成器.....                 | 158 |
| 5.2.4  | 拉伸生成器.....                   | 159 |
| 5.2.5  | 环形生成器.....                   | 160 |
| 5.3    | 创建自己的形状生成器.....              | 161 |
| 5.3.1  | 收藏夹.....                     | 162 |
| 5.3.2  | Tinkerplay.....              | 162 |
| 5.4    | 导入自己的形状.....                 | 162 |
| 5.5    | 记住：简单的形状是你的朋友.....           | 163 |
| 5.6    | 应用 Tinkercad 庞大形状库的灵感.....   | 164 |
| 5.7    | 更多的想法.....                   | 171 |
| 5.8    | 小结.....                      | 173 |
| 第 6 章  | 3D 打印的设计策略.....              | 174 |
| 6.1    | 成功 3D 打印的设计准则.....           | 175 |
| 6.1.1  | 部件的层高.....                   | 176 |
| 6.1.2  | 打印朝向.....                    | 177 |
| 6.1.3  | 悬空和倾斜的几何体（45° 法则）.....       | 179 |
| 6.1.4  | 重复的悬空.....                   | 180 |
| 6.1.5  | 部件的壁厚.....                   | 182 |
| 6.1.6  | 相连的部件.....                   | 183 |

|        |                                |     |
|--------|--------------------------------|-----|
| 6.1.7  | 精细的细节 .....                    | 184 |
| 6.1.8  | 导斜角 .....                      | 184 |
| 6.1.9  | 凹槽和通孔 .....                    | 187 |
| 6.1.10 | 重力作用下的桥形和弧形 .....              | 188 |
| 6.1.11 | 尖顶 .....                       | 188 |
| 6.1.12 | 为得到最佳结果，把物体分割为多个部件并创建装配体 ..... | 189 |
| 6.1.13 | 平滑 VS.硬边部件 .....               | 193 |
| 6.1.14 | 空心部件 .....                     | 194 |
| 6.2    | 小结 .....                       | 195 |
| 第 7 章  | 实体建模技术基础 .....                 | 196 |
| 7.1    | 实体建模的优点 .....                  | 196 |
| 7.2    | 探索 123D Design 的实体建模技术 .....   | 198 |
| 7.3    | 应用 123D Design .....           | 199 |
| 7.3.1  | 视图导航 .....                     | 201 |
| 7.3.2  | 在 123D Design 中创建几何体 .....     | 201 |
| 7.3.3  | 在 123D Design 中草绘轮廓 .....      | 201 |
| 7.3.4  | 构建菜单：拉伸、放样、扫描和旋转 .....         | 208 |
| 7.3.5  | 抽壳工具 .....                     | 211 |
| 7.4    | 应用 123D Design 设计的项目 .....     | 212 |
| 7.4.1  | 创建一个桌面整理架 .....                | 212 |
| 7.4.2  | 创建一个相框 .....                   | 221 |
| 7.4.3  | 创建一个漏斗 .....                   | 225 |
| 7.4.4  | 制作一个回形针书签 .....                | 228 |
| 7.4.5  | 创建迷你支架 .....                   | 230 |
| 7.5    | 小结 .....                       | 235 |
| 第 8 章  | 有机建模技术 .....                   | 236 |
| 8.1    | 应用 Sculptris 学习有机建模技术 .....    | 237 |
| 8.1.1  | Sculptris：入门 .....             | 238 |
| 8.1.2  | 在 Sculptris 中自由设计 .....        | 238 |
| 8.1.3  | 细节的精度等级 .....                  | 239 |
| 8.1.4  | Sculptris 雕刻工具的分类介绍 .....      | 243 |
| 8.2    | 在 Meshmixer 中组合部件 .....        | 274 |
| 8.3    | 小结 .....                       | 288 |
| 第 9 章  | 定制化技术 .....                    | 290 |
| 9.1    | 添加一些变化 .....                   | 291 |
| 9.2    | 联合应用硬边和有机建模技术 .....            | 296 |
| 9.3    | 小结 .....                       | 309 |



# 第 1 章 3D 打印能够做什么？

改变游戏规则、突破性的、促成技术和颠覆性，这些只不过是用来形容日益发展的被称为 3D 打印制造技术的众多词汇中的一小部分。作为制作物体的一种成熟手段（自 1983 年由 Chuck Hull（查克·赫尔）提出了构想，3D 打印已有 30 多年的历史），3D 打印是一种增材制造工艺，可以使用多种材料，通过逐层添加的制作过程，将在计算机中生成的数字模型转化为物理对象。由于最近的多种突破性进展，这种神奇的制造工艺已逐渐成为生产的主流方式，正在被大大小小的公司、初创企业、学校、业余爱好者、设计师和艺术师应用到多种行业中。

使 3D 打印有别于其他制造技术的独到之处是，它是容易使用的（易于入门），为任何人打开了制作之门，带着欲望，把他们的想法变为实物产品、部件、工具和艺术品。这种易用性，可以在允许那些对追求和输出可 3D 打印的内容感兴趣的一系列的在线服务中得到体现。作为一种宝贵的资源，网络是等待你去发现 3D 打印的物体、雕塑和部件的盛大展示平台。仅仅通过了互联网连接，只需要点击几下就能获取 3D 打印的内容，使得下载和购买 3D 打印产品变得更加容易。

然而，尽管任何人都可以访问在线 3D 打印的内容，最终，胸怀抱负的 3D 设计师还是想要创建自己的 3D 打印对象。值得庆幸的是，现在可以使用大量免费提供的建模工具软件，为来自各行各业的设计师提供了众多机会开始建模过程。虽然，有些人可能更适合全身心投入其中并自行探索，而另外一些人却可能被提供的多种工具和技术所淹没。因此，针对那些想要知道从何处以及如何开始有一个更深入了解的读者，《3D 打印设计入门教程》涵盖了 3D 打印设计所涉及的广泛的设计和建模技术。

通过本书的教程讲解，为你介绍了从用于 3D 打印的一步一步的设计技术到制作模型的技巧。由于本书遵循 3D 打印应该是每个人都能接受并去应用的理念，因此，充分利用了网上免费提供的多样化的 3D 软件工具，来展示整个工作流程。其中所介绍的一些软件工具，具有直观的界面，很容易学习。而另一些 3D 工具会更复杂一些，不过由于本书采用了循序渐进的方法展开教学，对于新用户来说，如果使用了先前章节中介绍的基本 3D 建模方法开始他们的设计之旅，然后沿着这条前进线路，去学习后面章节中所提供的更多中高级技术，也应该没有问题。同样地，大多数经验丰富的建模师可能会发现本书是一本非常有用的参考资料，因为它会涉及各种各样生成 3D 结构的方法，并且还提供了不同手段来验证文件，确保在 3D 打印过程中能够成功打印出来。

在开始讨论 3D 打印的建模过程之前，此初始章节将提供使用 3D 打印工艺创建的对象、结构形式和作品等一长串列表的初步认识。如果你完全是 3D 打印方面的新手，本章提供了关于 3D 打印能够做什么的概述，并告诉你 3D 打印领域持续发展的成型方式的发展趋势。理解 3D 打印能够做什么和不能做什么，将有助于得到关于 3D 打印擅长制作的深刻认识，还将恰当地为你增添把自己的创意和设计 3D 打印出来的信心。当你开始进入 3D 打印设计领域的旅程时，第 1 章中这么多关于 3D 打印物体和发展趋势的概述，将会为你的想象力插上腾飞的翅膀。

## 1.1 应用 3D 打印，设计进入了新时代

创造的动力，激励我们去设计、手工制作、构想和制造的智慧火花，是一种人类的基本欲望。像 Leonardo da Vinci（列昂纳多·达·芬奇）一样，我们中间的很多人，在他们的思想深处，都会有关于一个奇妙的构想、一部运行的机器或是一个美丽的艺术作品的设计图纸。事实上，许多当代设计师已 3D 打印出了一些达·芬奇的原始插画，如图 1-1 所示。我们想去创建和创造的欲望，与伟大的艺术师和工程师把文明的奇迹变为现实存在的动机并没有什么不同之处。每一天，一个新的概念将诞生于无数的想象之中，那些创意产品和事物将让世界变得更加美好。然而，由于存在着去实现制作它们将会过于复杂、昂贵和费时这样的观念，我们经常会把这样那样的想法搁置一边。自我怀疑通

常会蔓延开来，并且把我们最切实可行的计划扔进废弃的梦想垃圾箱。

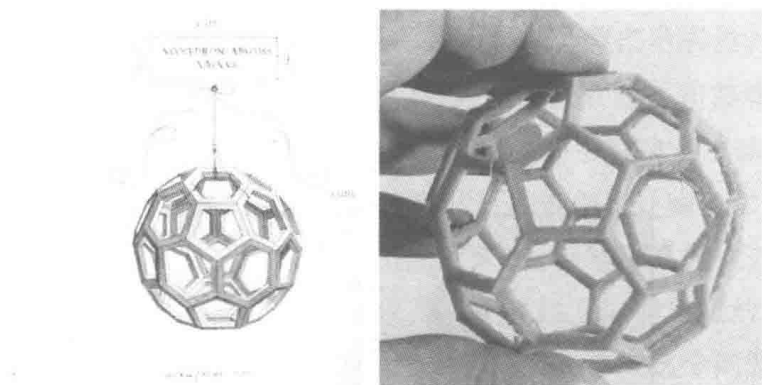


图 1-1 由列昂纳多·达·芬奇绘制的多面体结构原始插画和一个用 Blender 创建的并使用 Deezmaker 的 Bukito 3D 打印机 3D 打印出来的版本

但是现在，3D 打印已经提供了难以置信的可能性：能够把我们凭空构想出来的数字创意转化为多维度的现实物体。通过这种不断增长的 3D 打印方式，生产中的许多障碍都可以克服掉，使我们当中的所有艺术家、设计师和制造商都能够把自己的创意变为现实。借助这种卓越的数字技术，一个新的制造领域即将诞生，任何人都可以将计算机生成的模型转化为现实世界中的物体。在学校、图书馆、社区空间、本地企业和网络上，许多达·芬奇梦想正在成为可 3D 打印的现实。

当某位读者读到这本书时，可能已经激发了对 3D 打印的兴趣，并渴望去利用这种令人难以置信的技术优势。但是，3D 打印产品或艺术作品与投入其中的设计是一致的，并且考虑不周的设计将花费更多的金钱和时间。为了充分利用 3D 打印的真正潜力，精通设计是非常重要的。当 3D 打印最终输出的结果与最初的承诺不相符，对 3D 打印的热情就会迅速消失。具备为 3D 打印构建模型的设计技能不是件轻而易举的事，然而更不幸的是，虽然有许多可用的软件工具，但却没有一个单一的设计解决方案，来创建一个可 3D 打印的产品。刚刚接触、急于上手的设计人员会面临着要去学习海量的多项技术，其中包括了基于样条曲线建模、多边形建模、数字有机雕刻、参数化设计工作流程、高精度实体建模技术，甚至还需要学一些计算机编程。令人欣慰的是，还有许多免费的 3D 建模程序，允许一个新设计者去逐步学习 3D 建模流程。开源应

用程序和易于学习的软件工具，例如 FreeCAD、OpenSCAD、Tinkercad、123D 程序套件、Microsoft Builder、Blender 和 Sculptiris（见图 1-2），允许那些急于上手的设计人员逐步去熟悉掌握必要的基础知识（如在 3D 空间导航视图，还有组合几何形状），去创建使他们能够开始打印自己的定制化 3D 物体的简单对象。

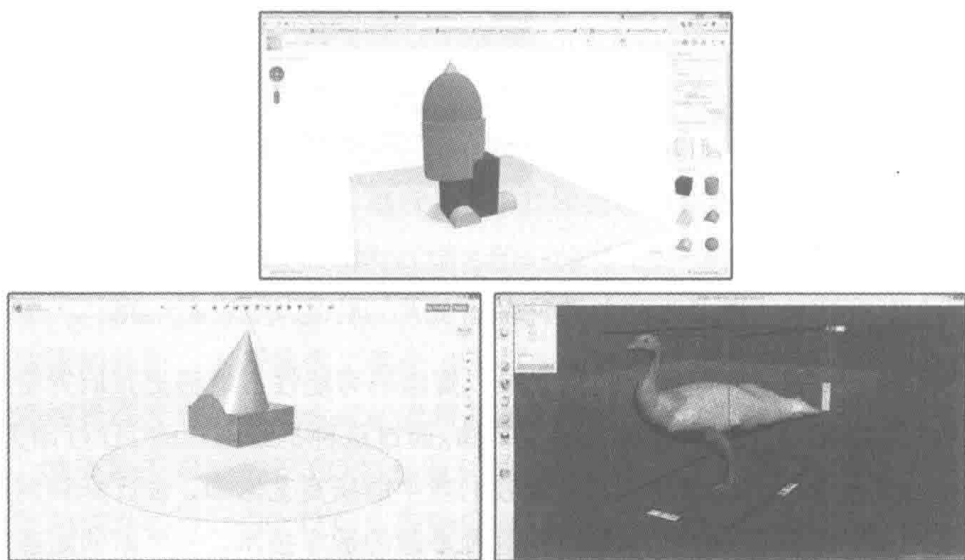


图 1-2 Autodesk 提供的免费应用程序（Tinkercad 位于上面，123D Design 位于左下角，Meshmixer 位于右下角），可以帮助新手立刻开始学习 3D 建模技能

学习设计流程的最佳方式，是从研究可以免费使用的设计工具开始的。是否拥有一台 3D 打印机，并不是成为一名 3D 打印物体的设计人员所必需的，因为全民使用是 3D 打印有别于其他制造技术的一个重要特征。通过互联网，3D 设计人员可以使用基于 Web 的应用程序来制作几何对象，然后利用基于 Web 的服务机构，3D 打印出最终产品。通过在线服务机构如 Thingiverse、Shapeways、Sculpteo、3D Hubs、Pinshape 和 My Mini Factory，实现了 3D 打印这种全民使用的特性。而且为了展示运行中的 3D 打印机，图书馆、商业展示、复印店、创客空间（见图 1-3）、大学和其他实体空间还为普通民众提供了第一手的、近距离接触 3D 打印的机会。所有这些服务都利用了一个共性：他们使用云计算和互联网，以便允许 3D 打印设计人员进行沟通、设计和制造（可以这么讲，使用 3D 打印，工厂存在于云端）。无论是正在通过下载 3D 打