

3D Printing 打印

正在到来的工业革命

[英] Christopher Barnatt 著
韩颖 赵俐 译

- 世界知名未来学家带你了解3D打印，展望产业趋势
- 《时代》周刊将3D打印列为“美国十大增长最快的工业”之首
- 拿起本书，认识3D打印，迎接正在到来的工业革命



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

3D Printing 打印 正在到来的工业革命

[英] Christopher Barnatt 著
韩颖 赵俐 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

3D打印：正在到来的工业革命 / (英) 克里斯多夫
(Christopher, B.) 著；韩颖, 赵俐译. — 北京：人民
邮电出版社, 2014. 7

书名原文：3D printing: the next industrial
revolution

ISBN 978-7-115-34401-4

I. ①3… II. ①克… ②韩… ③赵… III. ①快速成
型技术 IV. ①TB4②F4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第020641号

版权声明

Simplified Chinese translation copyright © 2014 by Posts and Telecommunications Press

3D Printing, The Next Industrial Revolution by Christopher Barnatt

Copyright © Christopher Barnatt 2013.

This edition arranged with Christopher Barnatt through BIG APPLE AGENCY, INC.

ALL RIGHTS RESERVED

本书中文简体版由作者 Christopher Barnatt 通过大苹果版权代理公司授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可，对本书的任何部分不得以任何方式或任何手段复制和传播。

版权所有，侵权必究。

◆ 著 [英] Christopher Barnatt

译 韩颖 赵俐

责任编辑 陈冀康

责任印制 彭志环 焦志炜

◆ 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>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本：700×1000 1/16

印张：11.75

字数：152千字

2014年7月第1版

印数：1-6000册

2014年7月河北第1次印刷

著作权合同登记号

图字：01-2013-7655号



定价：36.00元

读者服务热线：(010)81055410 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

内 容 提 要

3D 打印是一种快速成型技术，它以 3D 数字模型为原型，通过逐层堆叠累积的方式将 3D 模型构建成为真实的物体。3D 打印机的出现，为各行各业都带来了新的发展机遇，甚至给人类的生产和生活方式带来一场彻底的革命。

本书不仅能够帮助你认识和理解 3D 打印，而且可以让你深入了解 3D 打印的可行性和潜力，从而预见其对未来世界的巨大影响。全书共分为 8 章。首先，作者大胆预言了 3D 打印将带来下一次革命；然后，循序渐进地介绍了 3D 打印技术、对工业和数字化制造业的影响、个人制造的发展、3D 打印的可持续性以及生物打印的发展；最后，本书展望了 3D 打印的美好未来。

本书适合对 3D 打印技术感兴趣的读者阅读。无论你是企业家、设计师、投资者、技术爱好者、学生、DIY 人士，或者仅仅只是对新事物好奇，都可以在本书中找到你感兴趣的内容。

作者简介

克里斯多夫·巴内特（Christopher Barnatt）是诺丁汉大学商学院计算与未来研究学科的副教授，也是一位未来学家和摄像师。他在未来研究和计算领域写了 8 本书和大量文章，并经常在媒体上露面，他还运营着两家网站：ExplainingTheFuture.com 和 ExplainingComputers.com 及与其相关的 YouTube 频道。您可以在微博 twitter.com/ChrisBarnatt 上关注他。

前 言

纵观历史，许多新技术都曾改变了我们的生活。尤其是蒸汽机、装配线和个人计算机都有着自己的产业转型时期。如今，互联网革命刚刚完成，网络世界的发展正呈现出温柔“进化”的趋势，而一场新的革命正在伺机而动。

这次即将发生的技术转型叫作“叠加式制造技术”或“3D 打印”，指的是通过建立许多极薄的层将数字化电脑模型变成固态物体的一系列技术。近 30 年来，某些行业已使用 3D 打印机制造概念模型、快速原型或模具。现在，此项技术的应用逐渐变得广泛，越来越多的先行者使用 3D 打印机制造成品或零件。

最近 10 年来，按需打印新商品的需求激增，它们可在工厂、零售商店打印完成，甚至可以使用家用个人 3D 打印机制造完成。一些物体还可以数字格式存储，然后像下载音乐、视频和应用程序一样在互联网中进行检索。虽然相关技术还处于起步阶段，但 3D 打印的发展确实相当迅速。有人会说 3D 打印被吹嘘过头了，并且在工业实践和个人生活中发挥的作用不大。可是以前也有人说过互联网只会是昙花一现，网络购物不会对传统零售行业造成影响，并且没人会随身携带电话。

1939 年，美国第一台用于出售的电视机在纽约世界博览会上展出。这些早期电视机都是 5 英寸黑白屏幕，看起来还有些失真，但售价却在 200 美元到 600 美元之间（相当于一辆汽车的售价）。随后，与会的大多数人都认为电视机永远无法成为一种时尚，谁愿意长时间盯着一块又小又闪烁的图像？

那些批判电视机的人所犯的错误的在于，他们只依据新事物的早期表现就否定一项革命性技术。75 年后的今天，声称 3D 打印只是炒作的人似乎

也在犯同样的错误。第 2 章将会讲到，目前已有超过 12 种 3D 打印技术，并且大多数都成功应用于商业中。即便如此，我们也不能对 3D 打印发展的潜力妄下结论。这项神奇技术的坚实基础已经打下，目前的 3D 打印机已经允许先行者和组织使用新方法来进行制作了。本书的主要意图是让大家明白，目前备受争议的 3D 打印机是否是未来硬件发展的踏脚石，这也预示着下一次工业革命的到来。

基于以上想法，希望本书有助于你理解如今 3D 打印的可行性和潜力，并预见它对未来世界的影响。不论你是企业家、设计师、投资者、技术爱好者、学生、DIY 人士或只是单纯好奇于新事物的人，我都希望以下章节能让你为迎接新一轮技术变革的到来做好准备。

任何革命的初始阶段都是最令人兴奋的。参与早期革命的人都将获得最好的奖励、最丰厚的回报和最多的乐趣。3D 打印革命即将开始，所有希望目睹这场盛宴的人都已经开始行动了。

克里斯多夫·巴内特

2013 年 5 月

致 谢

编写本书前，我曾与一些 3D 打印先行者进行过对话。因此我想感谢所有接受采访或为我提供信息的人们。特别感谢 3dfuture.com.au 的安迪·爱德、Replicator World 的戴维·布伦德尔、3DPrinter.net 的马克·弗莱明、Nervous System 的亚伦·赫尔姆斯和杰西卡罗·森克兰茨、MakieLab 的乔·罗奇、D-Shape 的多梅尼科·卡发施亚、Fabforall.com 的亚历克斯·施米特、AMD-TEC 的安西·梅斯杜伦、Proto3000 的鲁宾·梅内塞斯、Protos Eyewear 的马克·莱文森和理查特·鲁迪、ThatsMyFace.com 的约翰·基顿、Bathsheba Sculpture 的芭思希芭·格罗斯曼、EnvisionTEC 的珍娜·富兰克林、Printrobot 的布鲁克·德拉姆、Filabot 的泰勒·麦克楠尼、RepRapPro 的阿德里安·鲍耶、ReprapUniverse.com 的弗朗茨·阿卡兹、i.materialise 和.MGX 的米兰·达·贝斯金、维也纳科技大学的罗伯特·里斯卡、爱荷华大学生物制造实验室的易卜拉欣·奥兹博特以及 Friends of the Earth 的麦克·柴尔兹。本书后面将介绍更多关于以上人士的资料和他们的组织。

还要感谢那些长久以来默默支持我的工作的朋友们，他们的帮助才让我有能力完成这本书（也是我的第 9 本书）。感谢他们：德博拉·里奇、史蒂夫·阿普克拉夫特、史蒂夫·摩尔、基兰·伍德沃德、克里斯·贝茨、萨莉·霍普金森、维多利亚·瑞格利、罗津娜·谢赫、史蒂文·迪亚肯、肯·斯塔基、苏·坦皮斯特、乔治·库克、邓肯·肖恩、托马斯·切斯尼、特蕾西·拜提森、凯瑟琳·维瑟和萨莉·柯克。

最后，感谢我的家人及好朋友马克·丹特里给予我的支持、鼓励与理解，没有他们，就没有我现在的成就！

目 录

第 1 章 正在到来的革命	1
1.1 3D 技术打印是如何工作的	4
1.2 为什么使用 3D 技术打印	5
1.2.1 改善产品设计	5
1.2.2 转变传统生产方式	6
1.2.3 直接数字化制造	7
1.2.4 大规模定制	8
1.2.5 小批量生产	9
1.2.6 数字存储和运输	9
1.2.7 开放式设计	10
1.2.8 转型零售	11
1.2.9 改善人类健康	12
1.2.10 拯救地球	12
1.3 革命催化剂	13
1.4 先驱者们在做什么	15
1.5 21 世纪的个人计算机	17
第 2 章 3D 打印技术	19
2.1 热塑挤压技术	20
2.1.1 热塑挤压工艺的局限性	23
2.1.2 热塑挤压工艺的用途	27
2.2 金属熔融沉积建模工艺	28

2.3	多相喷射凝固工艺	29
2.4	木质材料挤压工艺	29
2.5	混凝土材料挤压工艺	30
2.6	用于 3D 打印的巧克力和其他食品	31
2.7	光固化快速成型工艺	32
2.8	DLP 投影技术	34
2.9	双光子聚合技术	36
2.10	材料喷射技术	38
2.11	粘合剂喷射技术	39
2.11.1	3D 砂型铸造	42
2.11.2	粘合剂喷射金属打印	43
2.11.3	粘合剂喷射陶瓷打印	44
2.11.4	粘合剂喷射玻璃打印	44
2.12	选择性激光烧结技术	45
2.13	定向能量沉积技术	47
2.14	电子束熔炼技术	48
2.15	选择性加热烧结技术	48
2.16	分层实体制造技术	49
2.17	一个坚实的基础	50
第 3 章	3D 打印工业	52
3.1	3D 打印机制造商	53
3.1.1	3D Systems	53
3.1.2	Stratasys	55
3.1.3	Arcam	57
3.1.4	ExOne	57

3.1.5	Organovo	58
3.1.6	EnvisionTEC	58
3.1.7	EOS	59
3.1.8	Concept Laser	59
3.1.9	SLM Solutions	59
3.1.10	Voxeljet	60
3.1.11	Delta Micro Factory Corporation	60
3.1.12	Optomec	60
3.1.13	MakerBot Industries	61
3.1.14	Asiga	62
3.1.15	FormLabs	63
3.1.16	当然, 还有更多!	63
3.2	3D 打印软件开发者	63
3.2.1	Autodesk	64
3.2.2	Dassault Systèmes	65
3.2.3	Trimble Navigation	66
3.3	3D 打印服务	67
3.3.1	Shapeways	67
3.3.2	Materialise	68
3.3.3	Sculpteo	69
3.3.4	还有许多	69
3.4	一个产业的崛起	70
第 4 章	数字化制造的领导者	71
4.1	3D 打印的珠宝和艺术品	72
4.2	3D 打印名牌商品	78

4.3	3D 打印太阳镜	80
4.4	3D 打印玩具	81
4.5	3D 打印假体	84
4.6	3D 打印工业配件	86
4.7	3D 打印建筑物	89
4.8	我们的未来是一个 3D 打印的世界	90
第 5 章	个人制造	92
5.1	开源的未来在哪里	93
5.1.1	REPRAP	94
5.1.2	FAB@HOME	97
5.1.3	开源 DLP 投影 3D 打印机	98
5.2	消费级 3D 打印机	99
5.2.1	3D Systems 公司的 Cube 3D 打印机	101
5.2.2	MakerGear M2	103
5.2.3	PORTABEE	103
5.2.4	PRINTRBOTS	103
5.2.5	SOLIDOODLE	104
5.2.6	UP! & AFINIA	105
5.3	互联网 3D 打印	106
5.4	开放式设计的来临	107
5.5	黑客空间、装配实验室和制造者运动	108
5.6	Bureau Solutions	110
5.7	推动革命发展	111

第 6 章 3D 打印与可持续性	113
6.1 我们面临的巨大挑战	113
6.2 促进本地化	115
6.3 数字存储与运输	116
6.4 退回产品修理	117
6.5 提高物资使用率	118
6.6 材料回收	121
6.7 补充技术	123
6.8 一些解决方法	124
6.9 可持续社区	125
第 7 章 生物打印	126
7.1 从照片打印到生物打印	128
7.2 大自然施以援手	129
7.3 向可定制组织发展	131
7.4 面临的挑战	133
7.5 支架、牙齿与骨骼	134
7.6 活体内生物打印	136
7.7 技术的成熟	140
第 8 章 勇闯新世界	142
8.1 畅想未来	143
8.2 打造一个更好的未来	144
8.3 自我复制	145

6 目录

8.4 3D 打印的盛宴	146
8.5 制作属于自己的东西	149
8.6 按需制造	150
8.7 负面影响	152
8.8 知识产权的终结	153
8.9 更广泛的关注	155
8.10 正在到来的革命	157
术语表	159

第 1 章 Chapter 1

正在到来的革命

当我从穆尔盖特地铁站（Moorgate，位于英国伦敦市内——译注）出来的时候，天空下着大雨。高楼大厦几乎包围住了地铁四周，谷歌地图很难定位我现在的位置。即使这样，我仍然在 2012 年 10 月 19 日这一天迈开脚步走进这阴暗潮湿的午后，心情却像春天来临一般，因为我有一个任务，它将让我的旅程变得非常有趣。

在下午一点左右抵达一座城市从来就不是一个好主意，尤其是在下雨天，那些打着雨伞出来午餐的人让外地人更加难以辨认出正确的道路。然而在坚持不懈的努力下，我终于来到了 Brewery 会场。

穿过鹅卵石铺成的庭院，我才发现 Brewery 真是一个高档的地方。之前在正门的时候，我被一位衣冠楚楚、手拿一把巨大雨伞的年轻小伙子拦住，我想是因为我穿的皮夹克让我看起来不太得体，可能会被拒之门外，结果没有。我手中湿漉漉的入场券和谷歌地图足以证明我是合法的，于是我便进入了展会会场。

在门口我被问到是参展商还是记者，我回答“两者都是”，但这并没有让我在这位同样穿着一尘不染的门卫那里得到优待，于是我来到登记处排队。一会儿，我那张湿漉漉的入场券被换成了一张精美的展会安排表，并在我的左手腕带上了一个紫色塑料手镯用来确保安全。

展会安排表上写着，网络从 20 世纪 90 年代开始已经改变了世界，但现在世界似乎又要经历一次改变。我同意这样的说法，因为我刚刚到达了

2012 三维立体（3D）技术打印展示会场，这是首次在英国举行的大型 3D 打印技术展示会议，在世界上也是首次。

我来这里的任务有一部分是要拍摄视频，所以在离开登记处之前，我问工作人员对使用摄像机是否有限制。他们说没有限制，还建议我到已经开放的主展厅的 3D 打印艺术作品画廊去参观。

画廊就在几级铺着红毯的台阶下面，来到画廊仿佛进入了另一个世界。展厅已经挤满了人，大部分人都在用他们的智能手机或 iPad 拍摄展出的 3D 打印作品。很显然，我之前提出的是否可以拍照的问题根本就是无关紧要的，因为这个屋子里充满了值得用闪存记录下的美好事物。

3D 打印机将数字化的电脑模型通过建立许多极薄的层从而变成固态的物体，在艺术画廊展示的已经用 3D 技术打印成物体的展品中，物体使用的材料也是非常广泛的，包括塑料、金属或者陶瓷。在展厅中央，是一双由 3D 技术打印的白色的非常时尚的鞋，设计者告诉我当晚这双鞋将由模特穿着进行走秀表演，它旁边也是用 3D 技术打印的一些色彩鲜艳的花瓶。紧挨着它们的是 3D 技术打印的一些错综复杂的金属材料的雕塑，其中一个茶壶的形状。这个展厅的其他展品还包括一个苹果手机、各式各样的珠宝、用黑色塑料打印的支离破碎的人头和像城市天际线形状的电脑键盘。

展厅里几乎所有的人都被眼前这些用 3D 技术打印出来的物体震撼了，然而这只是三天展出的开始。在主展厅的楼上，我们将很快看到 3D 打印机的操作过程以及大量的成品，包括咖啡杯、灯罩、两把吉他、比基尼、一排定制娃娃、一台超炫概念车、两个假肢、一堆塑料机器人和一个通过数字扫描 3D 制作的埃及木乃伊。图 1-1 展示了其中的一些 3D 作品。

除了几百件有趣的展品，3D 作品展示会还有一些非常值得注意的现象。在与参展商和与会者聊天的过程中，我明显感觉到某些不寻常的事件即将发生，我们正站在分水岭上。从人们的谈话中可以听出许多游客也来参观这次展出，因为他们想要成为能够影响下一次产业革命的企业家、科学家、艺术家或投资者。

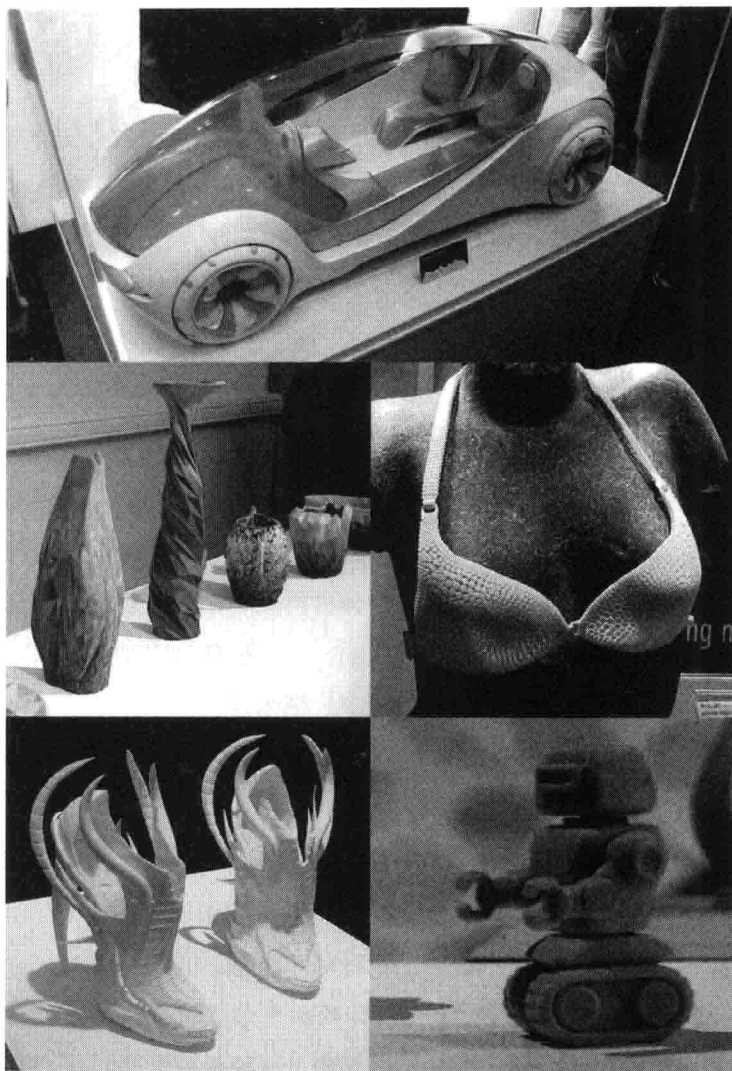


图 1-1 2012 年，伦敦 3D 打印技术展示会场中的展览品（从上至下：
Ula Miami 汽车，由 Josh Henry 和 Materialise 制作；Digital Natives 花瓶，
由 Matthew Plummer Fernandez 制作；N12 比基尼，由 Continuum
Fashion 工作室制作；Exoskeleton 鞋，由 Janina Alleyne 制作；小机器
人，由 3D Systems 制作。）