

- 技术推动创新，3D打印未来
- 3D打印被列为“美国十大增长最快的工业”
- 全彩印刷，带你玩转革命性的3D打印技术

玩转 3D打印

王春玉 傅浩 于泓阳 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

玩转 3D打印

王春玉 傅浩 于泓阳 编著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

玩转3D打印 / 王春玉, 傅浩, 于泓阳编著. — 北京:
人民邮电出版社, 2014. 2
ISBN 978-7-115-33994-2

I. ①玩… II. ①王… ②傅… ③于… III. ①快速成
型技术 IV. ①TB4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第291095号

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。

本书带领读者了解3D打印技术的起源、发展和现状,结合3D模型构建、3D打印机的操作和使用,介绍了如何掌握和应用3D打印技术、众多的3D打印机的应用案例,并且展望了3D打印给各行各业所带来的发展机遇。全书图文并茂、讲解细致,内容层次分明,由浅入深,并配有大量3D打印机的操作截图。

本书适合想要了解和掌握3D打印技术的读者阅读;对于期望将3D打印技术应用到实际工作中的读者,本书也有一定的参考价值。

◆ 编 著 王春玉 傅 浩 于泓阳

责任编辑 陈冀康

责任印制 王 玮

◆ 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>

北京精彩雅恒印刷有限公司印刷

◆ 开本: 880×1230 1/32

印张: 6.25

字数: 126千字

2014年2月第1版

印数: 1—4000册

2014年2月北京第1次印刷

定价: 35.00元

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

反盗版热线: (010)81055315

前 言

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，同时随着桌面级 3D 打印机的发展，3D 打印机体积越来越小，价格也逐渐趋向平民化，为 3D 打印机走进日常生活铺平了道路。

在 3D 打印刚刚萌芽的时候，人们根本不会想到以往“天马行空”的想象力会有变成现实的一天。而如今，3D 打印技术正向着令人神往的方向发展，3D 打印已经成为一种潮流，并开始广泛应用在设计领域，尤其是工业设计、数码产品建模等，同时在生物科学、医疗方面也开始发挥作用。可以说，3D 打印有着不可估量的前景：

* 3D 打印在模具制造方面广泛应用，为制造业注入了一股飞速发展的力量。3D 打印机可以在数小时内完成一个模具的打印，很大程度上节约了产品的开发时间。

* 3D 打印技术使之前的模具制造逐渐向工业化制造的方向转变。国外已经有不少汽车、飞机甚至是航空火箭上使用了 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将会越来越多，到时候，说不定人们日常生活已经离不开 3D 打印。

* 3D 打印技术已经开始应用在生物科学、医疗等前沿科学领域。利用 3D 打印技术可制造出人体细胞、组织、骨骼等，从而缓解当前器官供体短缺等问题。

* 3D 打印技术带来的行业机遇。利用 3D 打印技术开一家创意饰品店，充分发挥 3D 模型设计的优势，从而弥补传统行业或者商品店在创新上的不足。你不用担心设计的模型制造不出来，只需要大

胆地发挥你的想象，制作的过程可以交给 3D 打印机来完成。

现在，3D 打印正在逐渐展示出其神奇的新特性。在未来，3D 打印很可能像现在的笔记本电脑一样，不仅会走进每一个寻常百姓家，甚至会成为便携式的产品，让 3D 打印无处不在！

在过去一年多的时间里，3D 打印在中国进入了高度活跃期，与 3D 打印相关的新闻和概念频频出现在公众视野中，越来越多的中国民众开始了解 3D 打印。在京东、淘宝等网上商城中，3D 打印机的销售已经如火如荼地展开了。然而对于刚接触 3D 打印的消费者来说，3D 打印机仍然显得比较陌生，市面上介绍 3D 打印的书籍还相当少，很多人对于 3D 打印还没有全面深入的认识。本书全面介绍了 3D 打印技术，使读者能够宏观地认识 3D 打印，同时面向实际问题，帮助读者快速掌握 3D 打印机的使用方法。

本书内容安排

全书图文并茂、讲解细致，内容层次分明，由浅入深。书中配有大量 3D 打印机的操作截图，一目了然，能帮助读者快速上手。

全书分为 7 章：第 1 章为背景介绍，从宏观层面全方位地介绍 3D 打印机的发展历史以及技术原理等。第 2 章介绍了如何构建 3D 模型，其中包括 3D 建模软件的使用方法、基于图像构建 3D 模型以及 3D 扫描仪的简单介绍。第 3 章详细讲解了 3D 打印机的使用过程，包括从选材、打印到后期处理，同时还给出了几个简单的打印实例。第 4 章介绍了科研、工业和家庭这三个领域中 3D 打印机的应用案例。第 5 章介绍 3D 打印机的维护与保养。第 6 章为 3D 打印发烧友展示了 3D 打印机的 DIY 过程。第 7 章着眼于 3D 打印带来的行业机遇，主要从对现有行业的推动和冲击以及对新型产业的推动两方面展开介绍。

本书写作特点

内容全面，表述完整：本书比较全面地介绍了涉及 3D 打印的

各个领域，可以很好地帮助读者从宏观上了解 3D 打印；同时完整地介绍了 3D 打印的过程，帮助用户快速掌握 3D 打印的技巧。

图文并茂，讲解明晰：本书配有大量操作图，辅以明了的文字注解，力图让读者快速掌握实际操作技巧。

本书的出版应该感谢很多人。感谢傅浩、张阳、李广鹏、马惠来、马宏、卞长迪、郑琦、王命达、陈香凝、李鸿鹏、苑春苗和杜强等参与本书的编写；感谢 lwda30 在百度经验上的倾情分享，在本书的写作过程中百度用户 lwda30 为我们提供了很多宝贵的经验指导；感谢朗信 3D 的范瑾经理无私地为本书写作提供了样机；感谢张铮对本书提出的宝贵意见，同时，向关心本书的同仁和朋友表示诚挚的感谢。

本书成编匆忙，虽尽全力，但有碍编者能力，书中难免挂一漏万，敬望广大读者与同仁不吝赐教，提出宝贵意见。

本书内容参考网站：<http://www.lxmaker.com>。

腾讯微博：http://t.qq.com/Book95_Aaron。

微信公众平台号：makerbot3D。

编者

2013 年 10 月

目 录

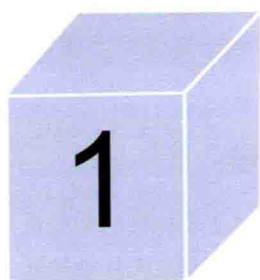
第 1 章	3D 打印那些事儿	1
1.1	3D 打印的前世今生	2
1.1.1	萌芽期	2
1.1.2	成长期	4
1.1.3	现状	5
1.2	3D 打印的原理及材质	9
1.2.1	3D 打印原理	9
1.2.2	材质	10
1.3	3D 打印的优势	12
1.4	3D 打印机的选购	14
1.4.1	选购参数	14
1.4.2	机型介绍	16
第 2 章	3D 模型构建	21
2.1	3D 建模软件	22
2.1.1	开源 3D 建模软件推荐	22
2.1.2	SketchUp 建模	26
2.2	基于图像构建 3D 模型	35
2.2.1	Autodesk 123D Catch 安装	35
2.2.2	基于 2D 图像构建 3D 模型	38
2.3	3D 扫描仪构建 3D 模型	43
2.4	将模型转换为 STL 格式	44
第 3 章	打印模型	49
3.1	准备工作	50
3.1.1	STL 格式的 3D 模型	50
3.1.2	检查并修复 STL 文件	51
3.1.3	3D 打印机以及材质选择	54
3.2	3D 打印软件	55
3.2.1	Cura 的安装和使用	55

3.2.2	ReplicatorG 的安装和使用	70
3.3	联机打印以及 SD 卡打印	92
3.3.1	打印机调整	92
3.3.2	联机打印	95
3.3.3	SD 卡打印	96
3.3.4	结束打印	98
3.4	Ultimaker 打印实例	100
3.4.1	皮卡妮	100
3.4.2	愤怒的小鸟	102
3.5	彩色打印	104
3.6	后期处理	106

第 4 章 3D 打印案例展示

4.1	工业应用案例	110
4.1.1	立体光固化成型	112
4.1.2	熔融沉积成型法	116
4.1.3	选择性激光烧结	120
4.1.4	分层实体制造	125
4.2	科研领域案例	127
4.2.1	考古学、人类学研究	127
4.2.2	航空、航天技术开发	128
4.2.3	太空开发	129
4.3	医疗应用案例	132
4.3.1	利用 3D 打印技术和自组装 DNA 制造分子级药物	132
4.3.2	3D 打印活体胚胎干细胞	133
4.3.3	3D 立体打印技术研制人造血管	133
4.3.4	3D 打印迷你肝脏可观察药物疗效	135
4.3.5	3D 打印出首颗人类心脏	136
4.3.6	利用 3D 打印技术研制仿生耳	136
4.3.7	3D 打印人造骨骼	138
4.3.8	3D 打印骨骼技术	139
4.3.9	3D 打印脊椎修复技术	141
4.4	消费应用案例	142
4.4.1	3D 照相馆	142

4.4.2	个性 3D 打印网店	144
4.4.3	3D 设计师和 3D 网络设计平台	145
4.4.4	3D 食物打印机	146
第 5 章	3D 打印机的维护与保养	149
5.1	提高打印精度	150
5.2	日常维护保养	151
5.3	固件升级	154
第 6 章	DIY 打印机	157
6.1	从图纸开始 DIY	160
6.2	组装	161
6.2.1	框架	161
6.2.2	安装控制器	163
6.2.3	安装电源	164
6.2.4	安装电路板	164
6.2.5	安装电机	165
6.2.6	安装 x、y 轴	166
6.2.7	安装 z 轴	168
6.2.8	安装挤出机	169
6.2.9	安装送料机	170
6.2.10	安装风扇	171
6.2.11	接线	172
第 7 章	3D 打印带来的机遇	175
7.1	对现存行业的推动与冲击	176
7.1.1	原料供应商	176
7.1.2	食品行业	177
7.1.3	医疗行业	179
7.1.4	电影行业	182
7.1.5	传统制造业	184
7.2	对新型产业的推动	186
7.2.1	3D 打印照相馆	186
7.2.2	定制化 3D 模型设计与出售	190



3D打印那些事儿

人猿相揖别，是因为古人能够手工制造工具并且使用；今人区别于古人，是因为能够用机器自动化大规模制造工具。人类进化至今，一个崭新的文明标志就是能够用机器制造机器。从某种意义上说，当前被赋予无限想象力的 3D 打印机正是这种能够制造机器的机器。

本章导读：

- 3D 打印技术成长史和现状
- 3D 打印的原理及打印耗材
- 3D 打印的相对优势
- 3D 打印机导购

1.1 3D 打印的前世今生

3D 打印 (3D Printing)，即快速成型技术的一种，它是一种以数字模型文件为基础，运用粉末状金属或者塑料等可黏合材料，通过逐层打印的方式来构造物体的技术。3D 打印通常采用数字技术材料打印机来实现。过去 3D 打印技术常在模具制造、工业设计等领域用于制造模型，现在正逐渐用于一些产品的直接制造，已经有使用这种技术直接生产的零部件。该技术在珠宝、鞋类、工业设计、建筑、工程和施工 (AEC)、汽车、航空航天、牙科和医疗产业、教育、地理信息系统、土木工程、武器制造以及其他领域都有所应用。

1.1.1 萌芽期

即便是今天，在多数人看来 3D 打印还是一种新事物，然而其实在 20 年前 3D 打印的设想就已经开始酝酿。设计领域有许多人都知道 3D CAD (3D 计算机辅助技术)，从 20 世纪 70 年代诞生到现在，3D CAD 经历了几十年的发展，已经成为广大设计人员的有力工具之一和很多设计领域的重要标准。而快速成型 (Rapid Prototyping, RP) 技术几乎与 3D CAD 的发展同步，人们从使用 3D CAD 的那天

起就希望方便地将设计“转化”为实物，因此也就有了发明 3D 打印机的必要。



图 1-1 3D 打印机

在目前的 3D 打印机行业中，Z Corporation 和 Stratasys 两家公司的产品占有绝大多数市场份额。提到 3DP (Three Dimensional Printing, 三维打印) 几乎就是美国 Z Corporation 公司的代称，如图 1-2 所示。早在 1994 年，几个来自 MIT (麻省理工学院) 的科研和技术专家就发明了 3DP 技术并申请了专利。1997 年，为了将 3DP 技术推向市场，Z Corporation 公司正式成立。从那时起，Z Corporation 就一直占据着 3D 打印机市场的半壁江山。2012 年，3D Systems 公司完成了对 Z Corporation 公司的收购。



图 1-2 Z Corporation 公司标志

成立于 1990 年的美国 Stratasys 公司 (Logo 如图 1-3 所示) 率先推出了基于熔融沉积造型 (Fused Deposition Modeling, FDM) 技术的快速成型机，并很快发布了基于 FDM 技术的 Dimension 系列 3D 打印机。由于 FDM 技术有其得天独厚的优势，适合汽车、家电、

电动工具、机械加工、精密铸造以及工艺品制作等领域使用，因此 Stratasys 的 FDM 快速成型机目前在全球 RP 市场已经占有近半的比例。



图 1-3 Stratasys 公司标志

我国对 3D 打印技术也同样有着十分强烈的需求。自 20 世纪 90 年代初国内就有多所高校开始进行具有自主知识产权的 RP 技术研发，但是相比 RP 技术领先的美国、日本等国家，国内还没有一款达到国际水平的 3D 打印机推向市场，只有部分有实力的企业和科研院所到专业的 RP 或者 3D 打印服务商那里租用 3D 打印机或者订制模型。国内 RP 技术在研究队伍、资金投入和普及范围等多方面还有很长的路要走。比较而言，港台地区 RP 技术应用更为广泛。港台地区相比内地 RP 技术起步较早——很多高校、企业都有自己的 3D 打印设备。只不过，港台地区 RP 技术的重点是应用与推广，而并非是自主研发。

1.1.2 成长期

根据《3D 打印：从梦想到现实》的作者之一胡迪·利普森提供的数据，关于“3D 打印”的新闻搜索从 2011 年才开始猛增，而这项技术其实早在 20 世纪 80 年代就出现了。中国物联网校企联盟将其称作“19 世纪的思想，20 世纪的技术，21 世纪的市场”。的确，在全球范围内，“3D 打印”的走红似乎都是这两年内的事。

30 年前诞生的技术为何现在才火？长期关注 3D 打印的中国电子信息产业发展研究院装备工业研究所副所长左世全表示，价格下降和技术进步是最重要的两个原因。

据悉，最早的 Stratasys 3D 打印机每台售价高达 13 万美元。别说家庭用户，就连企业用户闻其价也退避三舍，Stratasys 在成立 3

年后才卖出自己的第一台 3D 打印机。时至今日, 3D 打印机早已不是当年乏人问津的奢侈品, 其价格已降至 2000 美元左右, 国产的 3D 打印机甚至只需 1000 美元上下。价格的下跌, 直接促成了 3D 打印机进入家庭。在 2009~2011 年间, 美国 3D 打印机的销量增长了 4 倍。

与此同时, 近 30 年间, 3D 打印的技术也在不断成熟。从打印单一材料的模型到直接打印多种材料的产品, 再配合计算机软件开发技术的发展, 从理论上来说, 3D 打印机正在日益成为一台能制造万物的神奇机器, 人们在它身上看到了越来越多的可能。

1.1.3 现状

3D 打印技术作为一种高科技技术, 综合应用了 CAD/CAM 技术、激光技术。随着技术的进步, 3D 打印机除了在产品的设计、建筑设计、工业设计、医疗用品设计等领域发挥作用外, 在电影动漫、气象、教育、外科医疗等领域也都能发挥其独特的作用。

2011 年 9 月 BBC NEWS 报道, 德国弗劳恩霍夫研究所的一个小组, 使用 3D 打印技术和一种称为“多光子聚合”的技术, 成功打印出人造血管, 如图 1-4 所示。通过这一过程打印出来的血管可以与人体组织相互“沟通”, 不会遭器官排斥。打印时使用的“墨水”是生物分子与人造聚合体。

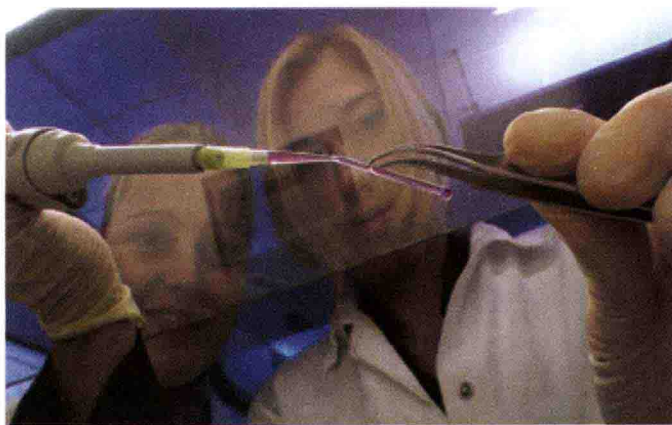


图 1-4 3D 打印人造血管

2011 年 10 月，一辆名为“Urbee”的汽车在加拿大温尼伯艺术画廊举行的展会上首次公开亮相，如图 1-5 所示，它包括玻璃嵌板在内的所有外部组件都是通过 3D 打印设备生产的。它用电和汽油作为混合动力，车速可达每小时 100 公里至 110 公里。



图 1-5 3D 打印“Urbee”汽车

2011 年 12 月，Theo Jansen 展示一套采用 3D 打印机制作的风动机械装置，唯一使用的材料就是 PVC，如图 1-6 所示。这个机械装置需要通过风驱动上面的大扇叶，带动内部的机械齿轮让装置行走，就像一个多足的机器人在那里爬行。

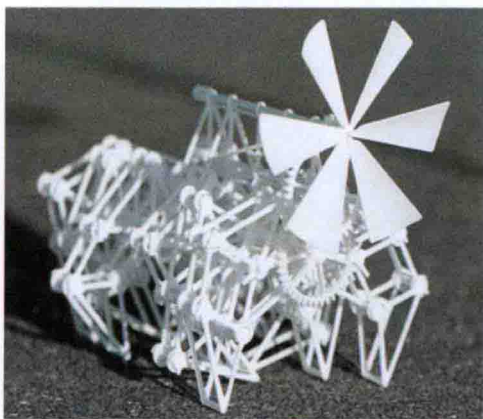


图 1-6 3D 打印风动机械装置

2012 年的 TED 大会上，能打印出肾的 3D 打印机使人眼前一亮。这次打印出的肾组织只是一个雏形，只是用于实验操作，短期内不能被用于临床应用中，但神奇的效果却产生了震撼效应，如图 1-7 所示。

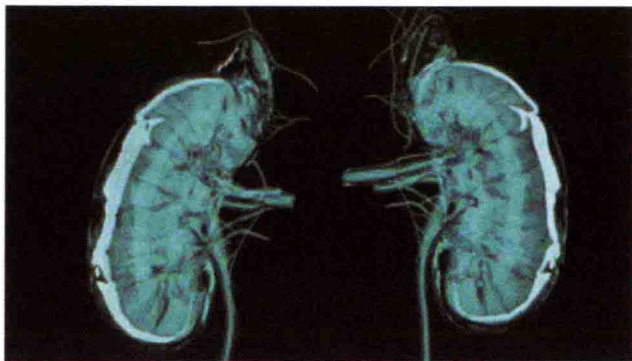


图 1-7 3D 打印肾脏

2012 年 3 月，来自维也纳科技大学的研究人员推出了“纳米级”3D 打印机，如图 1-8 所示。它可以创建复杂的对象，比如微型 F1 赛车、维也纳圣史蒂芬大教堂和伦敦塔桥的微型模型等，它们甚至比一粒沙子还要小。这种打印机使用液态树脂，采用一种名为“双光子光刻”的高新技术，通过激光使树脂硬化成型。

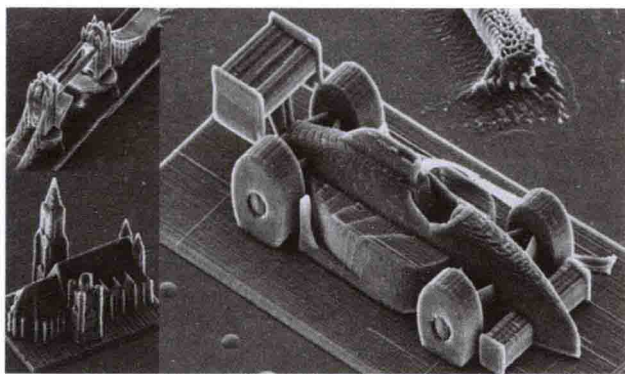


图 1-8 “纳米级”3D 打印微型模型

如今类似的 3D 服务公司在世界各地蓬勃发展。除了最有名的 Shapeways, 3D 打印机的生产厂商之一的 3D Systems 也设立了一家合资公司 Mqast, 这家公司的机器已可以支持使用铝和不锈钢来打印。目前全球最先进的 3D 打印机, 已可以用激光烧结直接制造复杂的塑料、金属和合金元件。它们不光可以离开传统的大规模机床来制造小数量的部件, 还可以用不同方法来制造不同材质的物品。

3D 打印技术在国内也取得了很好的发展成果。科研方面的应用相对发展较快, 一些科研成果已经被应用到航空航天以及生物、医学等尖端领域。目前, 依托高校成果, 对 3D 打印设备进行产业化运作的公司实体主要有: 陕西恒通智能机器(依托西安交通大学)和湖北滨湖机电(依托华中科技大学)等。这些公司都已实现了一定程度的产业化, 部分公司生产的便携式桌面 3D 打印机的价格已具备国际竞争力, 成功进入欧美市场。一些中小企业成为国外 3D 打印设备的代理商, 经销全套打印设备、成型软件和特种材料。还有一些中小企业购买了国内外各类 3D 打印设备, 专门为相关企业的研发、生产提供服务。国内目前也出现了一些依托 3D 打印技术的创意打印商店, 目前正处于发展阶段。

在光鲜的荣誉及发展背后, 3D 打印技术现如今也面临着一些问题。第一, 现在 3D 打印技术的精度约为 0.1mm, 而且打印机本身的售价偏高, 不过, 随着技术的进步和成本的降低, 这个缺点会得到改善甚至会普通的激光打印机成本一样; 第二, 生物 3D 打印机也面临着诸多挑战, 其中之一是其打印出的物体如何与身体其他器官尤其是大的组织更好地结合, 因为任何打印出来的器官或者身体组织都需要同身体的血管相连, 而这可能非常难实现。一旦克服了这个技术障碍, 在未来几十年内, 生物打印技术将成为一项标准技术; 第三, 除去技术方面的问题, 3D 打印还将面对一个更严重的社会问题——安全。3D 打印技术即将走进寻常百姓家, 只需要有枪械的设计图纸, 以及一台 3D 打印机, 即可自行生产出枪械。这会给社会治安带来很大的影响, 所以未来是