



喷头下的世界 漫谈3D打印

/ 张天蓉 著 /

从**平面到立体**的进化
看**3D打印**如何**改变我们的生活**

3D打印、人工智能、机器人研究、生物工程、互联网



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

喷头下的世界 漫谈3D打印

/ 张天蓉 著 /

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

本书从多种科学技术之间彼此影响、相互促进、分流交汇、掺杂渗透的角度,向读者介绍近年来异常热门的3D打印技术,以及相关的人工智能、机器人研究等技术的历史、现状、来龙去脉。同时也介绍这些技术与基础科学,诸如物理学、材料学、生物医学等之间的联系,并以此启发人们的思考,使读者对科学技术产生兴趣。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

喷头下的世界:漫谈3D打印 / 张天蓉著. —北京:电子工业出版社, 2015.1
ISBN 978-7-121-24709-5

I. ①喷… II. ①张… III. ①立体印刷—印刷术IV. ①TS853

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第260370号

策划编辑:牛 勇 官 杨

责任编辑:徐津平

文字编辑:杨 璐

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:880×1230 1/16 印张:7.5 字数:150千字

版 次:2015年1月第1版

印 次:2015年1月第1次印刷

定 价:39.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

推荐序

异军突起的 3D 打印技术

我在 20 世纪 80 年代后期访问美国时见到本书作者张天蓉女士。她那时已经修完理论物理相对论专业的博士学位，做了三年超短激光脉冲方面的博士后之后，却又来到了纽约附近的一个电子工程方面的公司，成为了一名高级工程师。我原来就知道她的数学、物理基础很扎实，这次听说她到公司两个月就改进了计算噪声程序中的多项算法，将公司的软件产品速度加快了几十倍。她公司老板是一个德国人，原来也是大学电机系的一位教授，见张天蓉为他解决了诸多老大难问题，不由得眉开眼笑，不得不对这位中国女博士“刮目相看”。

后来 20 多年过去了，虽联系不多，但时有消息传来。近几年又听说她转向了科普写作，还出了好几本颇受读者欢迎的科普书，当然，大多是关于物理和数学方面的。不过，昨天她寄来的这本《喷头下的世界：漫谈 3D 打印》的书稿，却又算是工程方面的了。她的兴趣之广泛令我惊讶，她的敬业精神也令我赞叹。

正当我国的经济建设和工业技术大规模蓬勃发展之际，3D 打印技术异军突起，卷潮而来，引起各方人士的关注。它和过去传统的制造技术不一样，不是利用机械加工而成，而是利用由点到线、由线到面、由面到体的增材方式堆积而成。计算机和自动化控制技术的应用，使得 3D 打印技术尤其适用于制造复杂的零件，更能够确保产品的精度和质量。3D 打印的应用领域十分广泛，包括家电、汽车，航空航天、生物医疗等。尤其引人注目的是，3D 打印的人造器官，是否真能颠覆现代的医学和生物学，用于器官移植，造福人类呢？此外，3D 打印还正在进入千家万户，融入人们的衣食住行日常生活之中。看起来，未来发展前景不可估量。

前两次工业革命都使世界发生了翻天覆地的变化，如今以 3D 打印为代表的先进高科技，是否会引起第三次工业革命呢？如果是这样，新技术、新材料、新能源将给人类社会带来巨大影响，那么我们应该如何应对这场革命的来临？应该怎样迎接各种技术变革带来的机遇和挑战呢？

因此，科普 3D 打印的知识可以让人们了解和认识这些新技术，这一点很重要。而这本篇幅不大的小书，便能够让你快速达到这个目的。

科学和教育，为兴邦救国之基础。宣扬科学精神，提高广大民众的科学素质，是我们广大科学技术工作者的责任和义务。

不过,读完这本书之后我发现,要把专业的知识和方法写成生动、有趣、富于文采的科普读物,不是人人都能做到的。但我感到张天蓉博士做到了,于是,写上这些话,是为序。

叶声华
2014.11.2

中国工程院院士 叶声华

前言

现代科学技术的交汇点

科学技术的历史，就像一条蜿蜒流动于群山之间的长河，时而汇聚，时而分流，纵横曲折，连绵不断。科学与技术之间的关系如此，科学各学科或者技术各领域之间的关系也是如此。近年来，原来已有 30 年历史的 3D 打印技术，似乎突然异军突起。究其深层原因之一，就是因为种种现代高科技如今正好走到了历史的交汇点。犹如多股岔流汇聚到一起，便能冲出山岩，形成激流，迅猛异常，向前飞奔。

不久前，美国政府将人工智能、3D 打印、机器人等项目作为重振美国制造业的三大支柱，而中国也大力扶持 3D 打印等企业，要将“中国制造”转型为“中国智造”。英国的 *The Economist* 杂志在 2012 年 4 月的封面上，以第三次工业革命为标题，介绍了 3D 打印等数字化生产技术。无论是不是真的会引发工业革命，3D 打印及这些汇集到一起的高科技行业，都将引领未来制造业的潮流，成为国际产业之间竞争的焦点，这应该是毋庸置疑的。

那么，3D 打印到底是什么？它涉及哪些科学技术？这些科学技术的历史和现状如何？它们能被应用到 3D 打印技术中吗？是如何应用的？反过来，3D 打印技术又将会怎样影响这些技术的发展？3D 打印技术对基础科学，比如理论物理研究、生物学基础研究这种听起来风马牛不相及的领域也会有影响吗？此外，3D 打印技术前景如何？它又将如何影响我们的日常生活、大众消费、制造工业、文化艺术以及人类社会呢？

本书将和你一起探讨这些问题，带你走进 3D 打印技术的大门。作者将趣味盎然地向你介绍 3D 打印、人工智能、机器人研究、生物工程、互联网等高科技发展的来龙去脉，同时你也能简略地了解到支撑在这些热门技术下面的基础科学，诸如物理学、材料学、生物学等的相关进展。没有基础科学研究近年来的辉煌成果，这些制造业数字化、智慧化的梦想，是不可能成为现实的。

希望你读完这本书后，能从中获益。

张天蓉

2014 年 10 月

目录

1	3D 打印的神话 / 1
1.1	3D 打印之来源 / 2
1.2	叠积木的技术 / 6
1.3	精彩的塑料世界 / 11
1.4	工艺和技术 / 18
1.5	办公桌上的加工厂 / 27
1.6	打印你自己 / 29

2	人工智能的幻想 / 35
2.1	幻想何时起 / 36
2.2	先驱者的梦想 / 40
2.3	第一个程序员 / 47
2.4	图灵的苹果 / 54
2.5	冯·诺依曼的愿望 / 61
2.6	谁发明了第一台电子数字计算机 / 67

- 3 机器人来报到 / 75
- 3.1 先当体力劳动者 / 76
 - 3.2 给点智慧，成就人形 / 81
 - 3.3 表情好说，感情就难了 / 86
 - 3.4 让机器人能说会道 / 93
 - 3.5 打印出一个机器人 / 102

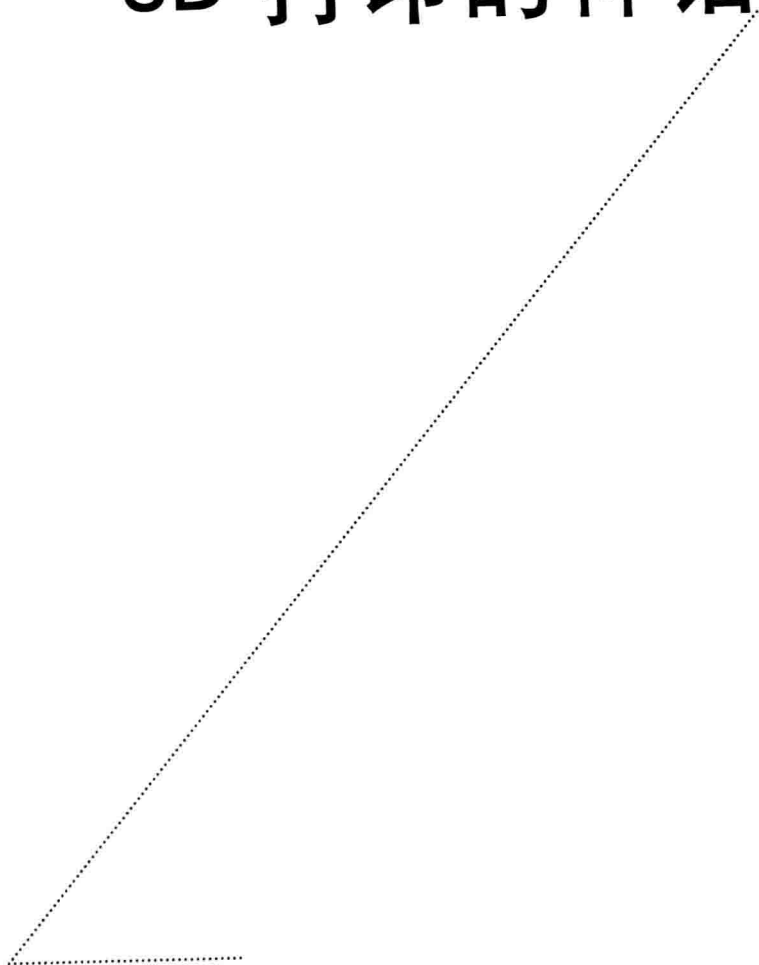
- 4 计算机帮忙做设计 / 109
- 4.1 计算机辅助设计：CAD 技术 / 110
 - 4.2 数控机床 / 117
 - 4.3 立体扫描 / 120
 - 4.4 用手势控制 3D 打印 / 125

- 5 3D 打印颠覆生物学和医学 / 129
- 5.1 计算机对人脑 / 130
 - 5.2 从生物工程到生物“打印” / 137
 - 5.3 基因克隆羊 / 144
 - 5.4 干细胞的故事 / 153
 - 5.5 巧夺天工的“组织工程” / 160
 - 5.6 可以用打印机克隆吗 / 166

- 6 天工开物 / 173
- 6.1 形形色色的材料 / 174
 - 6.2 纳米级别 3D 打印 / 178
 - 6.3 打出新材料 / 184
 - 6.4 3D 打印帮助研发智能材料 / 187
 - 6.5 4D 打印 / 190
 - 6.6 积沙成物 / 194
- 7 天网恢恢 / 199
- 7.1 互联网的历史 / 200
 - 7.2 网络世界有多大 / 202
 - 7.3 云计算到云制造 / 209
- 8 科技引领未来 / 215
- 8.1 改变生活方式 / 216
 - 8.2 帮助基础研究 / 217
 - 8.3 教育也能受益 / 219
 - 8.4 3D 打印用于考古、文物和艺术 / 221
 - 8.5 有人兴奋有人忧 / 222
 - 8.6 科技引领未来 / 224
- 参考文献 / 226

1

3D 打印的神话



1.1 3D 打印之来源

孩子们都喜欢玩搭积木。一层一层地往上搭，转眼间，一栋大楼就拔地而起。如果每块积木的尺寸足够小，除了房屋之外，还可以搭建许多各式各样、形状不一的物体。美国有一种 LEGO 商店，里面无奇不有，可全都是用微小的方块搭起来的东西：高楼大厦、树木花草、整个城市的模型、高速公路、各种汽车火车飞机轮船，迪斯尼童话故事中的人物造型，自由女神、埃菲尔铁塔、白宫、动物、天使……小朋友们能想出来的几乎任何东西，都可以由积木一层一层地向上发展而搭成！

如今，有了一个给大朋友们玩的类似搭积木的玩具，那就是逐步走进家庭的 3D 打印机。这玩意儿的工作方式的确有点像在搭积木，是在打印式地搭积木，要不怎么把它叫做打印机呢。技术发展真可谓突飞猛进，大家可能还记得台式计算机和 2D 打印机是如何走进每个家庭的。目前，2D 打印机已经是每个使用计算机的普通家庭都能买得起的必备设备，它给人们带来便利，需要任何文件、图片、照片？没问题，打印出来就行了！

而现在，又有了 3D 打印机，在不久的将来，当它真正走进每个家庭的时候，它又能帮我们干些什么呢？如图 1-1 所示，比如，你也许想装修改进你的房子，你需要一个特别的修理部件，或者是需要一把功能强大的锤子。又比如，也许你需要给孩子一个特殊的玩具，甚至你可能想给你的太太一个特殊设计的漂

亮珠宝，作为她生日的惊喜。或许你需要一双特别的鞋子，或是一块精美的生日蛋糕。或是你的眼镜突然摔坏了，怎么办呢？到了那时候，这些都不成问题，打印出来就行了！

听起来是不是有点像神话？难道这 3D 打印机就像是故事中阿拉丁的神灯一样，有求必应，能供给人们需要的一切吗？

令我们十分惊讶的是，以上说的 3D 打印技术已经不再是神话了，看看图 1-1 中 3D 打印机实际打出来的物件的照片，你就会同意笔者的说法。并且，这项热门技术正在快速地走向每个家庭，走到你的办公桌上，其原因当然是与 3D 打印机价格的降低有关。五六年之前还是极其昂贵（几万美元）的 3D 打印机，现在降到了不到 500 美元就能买到。所以，家家都有阿拉丁神灯的日子看来已经不远了！

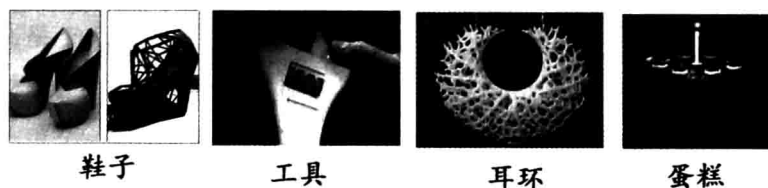


图 1-1 3D 打印出来的物品

其实，3D 打印技术并不是什么新玩意儿，它已经有 30 年的历史了。

那是在 1983 年的 3 月 9 日，一个春寒料峭的日子。他是一

个普通的美国工程师，他为一个毫不起眼的小公司（Ultraviolet Products）工作，他的工作听起来似乎枯燥无味，不见得能引起你的兴趣：那是利用紫外线，使得树脂或塑料薄层固化成型。

他的名字叫 Charles Hull，也有人称他为 Chuck Hull。他每天在公司里拨弄着各种各样的紫外线灯，看着那些原本是液态的树脂一碰到紫外线就凝固的过程。当他反复运用这个方法，笨拙而颇为费时地做出各种各样小塑料形状部件时，一个想法逐渐在脑海中形成：如果（最好是某种机器）能够让紫外线一层一层地扫在液体塑料，或任何光敏聚合物的表面上，让塑料一层一层地变成固体，这样就能把塑料做成任何想要的形状了。于是，Charles Hull 把这个想法申请了一个专利，称之为：立体光刻技术（Stereolithography）^[1]。

在美国公司工作的专利最终是属于公司的，但是，Charles Hull 的老板没有更多的能力来支持开发这门新技术。于是，Charles Hull 辞去了工作，于 1986 年在加州自己开了一个公司，这便是如今知名的 3D 打印技术的开山始祖：3D Systems 公司。也在同一年，Charles Hull 获得了有史以来第一件结合计算机绘图、固态激光与树脂固化技术的 3D 打印技术的专利证书，从此开启了 3D 打印技术的大门。到 1988 年，3D Systems 生产了第一台商业化的 3D 打印机 SLA-250，体型非常庞大，用的材料是光学照相用的丙烯酸树脂。

那是一个电子资讯产业快速成长的年代，同样是利用数字

光学技术的 CD 光碟和摄像机 (Camcorder) 等电子产品很快风靡全球，赢得了亿万消费者的关注。但当时 3D Systems 的产品却基本上是以汽车产业作为市场目标，Charles Hull 从来没有想过有朝一日（近 30 年之后），他的发明也面临着一个爆发性的发展，得到了广大消费者的青睐。

不仅如此，自从英国《经济学人》杂志封面文章将 3D 打印誉为将引发“第三次工业革命”的核心技术之后，媒体一片热捧，各国呼声不断。这个技术正合美国政府的心意，在经历了金融危机、制造产业向第三世界大转移之后，美国经济前景仍然模糊不清，抓住新技术，就像溺水者抓住了救生圈一样。3D 打印技术来得正是时候，实际上是便宜得正是时候。它为美国制造业的重振展现了一线曙光，因为它可以在“家庭制造”、“社区制造”、“个性化制造”的口号声之下，悄悄地将制造产业重新转回到美国人手中。正如美国前副总统戈尔在其预测全球变化六大驱动力的著作《未来》中所写的：“3D 打印能够加快低薪酬国家就业机会的流失，最终使制造业重新回到发达国家”。中国人立即意识到了这点，也赶快奋起直追 3D 打印、人工智能、机器人这些先进的数字技术，企图将“中国制造”转型为“中国智造”，以保住中国制造业的繁荣。

据说 3D 打印将引爆多方面的革命：制造方式的革命、材料的革命、生物技术的革命、医学的革命、设计的革命，以至于知识产权的革命。是否真会如此？让我们拭目以待。

1.2 叠积木的技术

其实，应该把它叫做“3D 制造机”，“打印”这个词汇太不准确了。众所周知，计算机及互联网的普及，将我们的生活带进了一个广阔的虚拟世界。计算机最擅长的事情就是模拟，广义而言，只要是使用计算机的人，都算是计算机模拟出来的虚拟环境中的“居民”。居民们通过文字、图像、声音、视频等各种媒介，在其中生活、交流、学习、玩耍、游戏，甚至于按照想象的模式来生产、劳动，在一无所有的土地上种植庄稼、建造城市，用各种工具创造出形形色色的产品和艺术品……通过计算机创造的虚拟世界，人们得到心理上的满足感和幸福感。

然而，生活毕竟是现实的，人们脱离不了“吃喝拉撒睡”这些现实世界的元素。到今天为止，计算机所能提供的，仍然是一个屏幕上的二维世界。顶多就是，可以用打印机把屏幕上的二维信息，包括图像和文字，打印出来显示到二维的纸上而已！

从这个角度来看，3D 打印机的功能就大大不一样了，我们不得不承认它代表了一个“革命”。起码它为我们提供了一个从计算机的虚拟世界过渡到真实世界的桥梁。它不同于 2D 打印，2D 打印机只不过是把屏幕上看到的東西移到了纸上。3D 打印呢？它可是玩真的，打印出来的东西能吃能用，大到能住、能其中生活的房子；能驾驶上天的飞机；能发射子弹的枪支，小到能够塞进耳朵里的助听器、戴在牙齿上的牙套等。总而言之，