

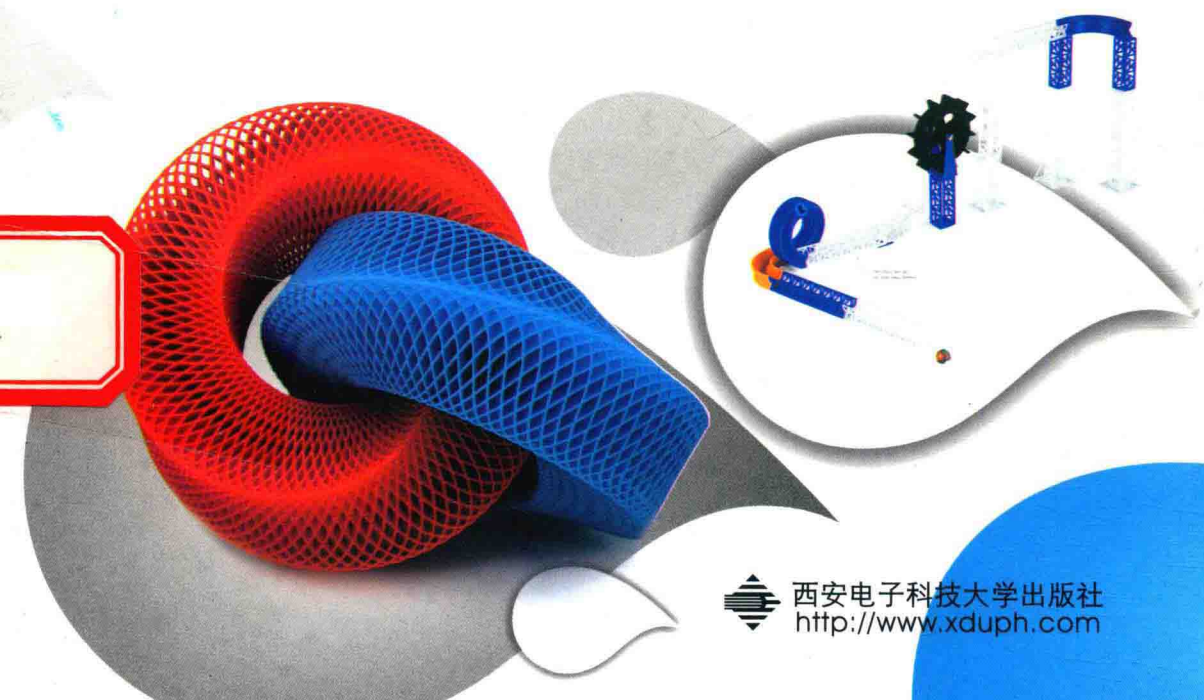
西安培华学院学术文库

智能制造——3D打印

3D 打印

——创想改变生活

严进龙 赵述涛 程国建 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

智能制造——3D 打印

西安培华学院学术文库

3D 打印

——创想改变生活

严进龙 赵述涛 程国建 编著

西安电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

3D 打印: 创想改变生活/严进龙, 赵述涛, 程国建编著.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2016.10

ISBN 978-7-5606-4308-3

I. ①3… II. ①严… ②赵… ③程… III. ①立体印刷—印刷术—普及读物

IV. ①TS853-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 240068 号

策 划 李惠萍

责任编辑 李惠萍

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×960 毫米 1/16 印 张 9.5

字 数 158 千字

印 数 1~3000 册

定 价 19.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4308 - 3/TS

XDUP 4600001-1

如有印装问题可调换

内 容 简 介

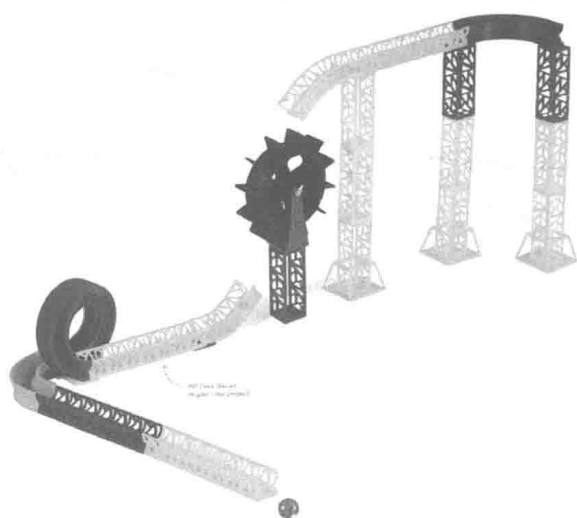
未来的制造业，从上游到下游再到消费者，一定会通过互联网在线连接，同时，产品从每家每户的客厅里直接被制造出来也完全可以实现。这是我们对未来制造业场景的描述，而 3D 打印正是实现这一场景的关键技术。

本书用通俗的语言讲述了 3D 打印技术的发展、技术原理，以及该技术在航空航天、工业生产、文物保护、教育、建筑、医疗、时尚、食品、创意家居等领域的应用，勾勒出了一个由 3D 打印技术带来的美妙未来。同时，在本书中笔者提出，基于大数据计算的 3D 打印技术，将诞生出一种革命性的“分布式制造”产业模式，进一步推动全球制造业升级。

本书将成为高校师生、3D 打印创客、设计人员和工程师进入 3D 打印行业的重要资料，不仅可使读者更快速地了解 3D 打印这一新兴技术，还可使读者掌握该技术的核心知识与技能。

每一块石头的内部都坐着一尊雕像，而雕刻家的任务就是去发现它。

——米开朗琪罗



专家推荐(一)

本书是一部极具参考价值的通俗学术著作，书中介绍了 3D 打印行业最前沿的产业信息和相关技术，以及浅显易懂的行业参考数据，让每一位读者对该技术领域有更多更清晰的认识。无论是对行业从业人士、在校师生以及其他非专业人士，本书都具有很强的可读性。

本书又是一部具有前瞻性和敏锐洞察力的著作，作者在书中谈到 3D 打印与大数据相结合的分布式制造模式，将对 3D 打印产业发展具有指导和借鉴意义。

吴年强

(旅美学者，大学教授，著名材料学家)

2016 年 6 月 30 日

专家推荐(二)

如果你是汤姆·克鲁斯的粉丝，你一定对 3D 打印不会陌生。在汤姆·克鲁斯主演的电影《碟中谍 4》中，特工用 3D 打印技术在短时间内制作了一个和真人相貌一样的面具，以假乱真，最终击败反派。那么这种颇具科幻色彩的黑科技到底能不能实现呢，这本《3D 打印——创想改变生活》或许能解答这个问题。本书从介绍一些神奇的 3D 打印作品开始，带领读者回顾了 3D 打印技术的简要历史与优势，使读者初步了解 3D 打印的总体概念；随后，作者细致入微地讲解了 3D 打印的工作原理和产业链的发展，介绍了 3D 打印行业飞速发展的现状和未来展望。作者还通过对中国制造业困局的分析，引出了 3D 打印对中国制造业的重要意义。本书的最后一部分也颇具科幻色彩，从博物馆再造、未来医疗、未来建筑、未来教育、创客、大数据和分布式制造等多个方面，为我们描绘了一个 3D 打印的美好未来。

科技改变未来，希望 3D 打印技术能够更好地造福人类。

上海数造机电科技股份有限公司董事长

赵毅 博士

2016 年 7 月 1 日

序 言

人类社会正在经历着一场前所未有的大变革，这场变革的技术推手当属人工智能、3D 打印、物联网、云计算、大数据、移动计算等新兴产业。同时，深刻影响社会前进的工业 4.0 号角已经吹响，其载体就是互联网技术、信息技术、物联网技术平台，它将更多生产要素、资源要素整合到一个个智能化的平台终端，实现数字化、智能化、信息化的结合。

不同于传统制造业“车、铣、刨、磨、镗”的“减材制造”过程，3D 打印采用的是“增材制造”。其产品是按照三维数据模型，由材料层层叠加“烧结”或“黏合”而成，整个生产过程不受任何复杂结构和生产工艺限制。3D 打印市场潜力巨大、产业应用前景广阔，将超越传统产业，广泛应用于工业制造、军事、建筑、医疗、汽车等领域。3D 打印技术进入医疗领域，擦出的火花更令人惊艳。3D 打印已不再仅仅停留在打印牙齿、骨骼修复等方面，打印部分人体器官将成为常态。它还能根据大数据分析结果打印出所需的药片和私人定制的“人体骨骼”，实现个性化与精准化医疗。

工业 4.0 是继机械化、电气化和信息技术之后，以智能制造为主导的第四次工业革命。它主要是指基于信息物理系统(CPS)的技术混合使用，可让制造业向智能化转型；生产模式由集中式控制向分散式增强型控制转变，从而建立起新的、高度灵活的个性化和数字化的产品与服务生产模式。从 3D 打印技术的特点来看，不论从按照需求的个性化生产角度还是数字化生产角度分析，它都可以与工业智能制造做到极佳的契合，未来的工业领域仍将是 3D 打印最主要的市场。工业 3D 打印将变得平台化、智能化、系统化，从而可在工业 4.0 中发挥作用。

本书从 3D 打印的基本概念出发,阐述了 3D 打印技术的发展及其产业链、全球竞争态势与市场发展瓶颈;接着介绍了 3D 打印产业在中国的发展及其前景;最后呈现了 3D 打印的未来发展图景,特别是在医疗、建筑、教育等方面的应用。

严进龙在美留学多年之后毅然回国,与国内研究学者赵述涛一起投身于 3D 打印创业者之列,创立了上海享客科技有限公司与橡皮泥 3D 打印云平台(www.simpneed.com),并在西安培华学院创客中心设立了 3D 打印研究中心,以实现校企融合,助推应用技术大学的转型发展。在此预祝两位创业者在 3D 打印行业引领潮流、稳扎稳打、取得成功!

程国建

西安培华学院创客中心主任

西安石油大学计算机学院教授

2016 年 7 月

前 言

从1986年美国科学家 Charles Hull 开发出第一台商业3D印刷机开始，短短30年间，3D打印这一新技术已逐步走进我们普通人的生活。买一台3D打印机，每个家庭就可以打印出一些自己设计的小物件，这在十年前恐怕还是个科幻场景。就像十年前我们无法想象智能手机的模样一样，现在我们也无法想象十年后3D打印的模样。虽然我们还不能随心所欲地打印我们需要的所有东西，但科技就是这样，它总是给我们的生活带来意想不到的美好。

英国著名经济学杂志《The Economist》上的一篇关于第三次工业革命的封面文章全面掀起了新一轮的3D打印浪潮。文章称3D打印技术将是压倒工业社会这头骆驼的最后一根稻草，是下一次制造业革命的转折点。

3D打印技术位列对人类生活有颠覆性影响的12项技术之一，被美国自然科学基金会称为20世纪最重要的制造技术创新。据法国《回声报》6月6日报道，全球3D打印行业预计从2016年的70亿美元规模增长至2018年的128亿美元，并且到2020年在全球达到5500亿美元的经济效益。近年来，中国3D打印市场规模均保持较高增长速度，远远高于全球平均水平；预计2018年中国3D打印市场规模将超过200亿人民币；作为全球重要的制造基地，中国3D打印市场的潜在需求旺盛，未来中国将迎来3D打印发展的新浪潮。

3D打印技术引发的工业革命，将不仅仅是面向制造业的工业革命，

而是一场涉及产品设计、材料、制造、流通和消费的革命。

对于所有相信眼见为实的人来说，3D 打印技术都有点未来主义的味道。科技就是这样美妙：无论你脑海中构想出多么不可思议的物品，你都可以把它制作出来！唯一阻碍我们创作的只是我们的想象力了。

3D 打印已经在引领一个时代！

笔者提出，基于大数据计算的 3D 打印技术，将诞生出一种革命性的“分布式制造”产业模式，进一步推动全球制造业升级。从本质上来讲，基于 3D 打印的分布式制造的想法，目的就在于更多地利用数字信息取代原材料的供应链条。

未来的制造业一定是在线的，也可能是在你自家的客厅里即可进行的。

技术以超乎人们想象的速度在发展，大数据技术现在已经被应用在很多领域，不单单是 3D 打印行业。通过这种跨界技术联合的方式，能够更全面地为用户提供优质的融合解决方案，这才是现在广大使用者所希望看到的。

分布式制造技术正在朝着改变人类制造和交付产品的方式而努力，因为它将有助于资源的高效使用。如果未来分布式制造技术能够推而广之，它将会打破传统的劳动力市场以及传统制造业的经济体系。

本书用通俗的语言讲述了 3D 打印技术的发展、技术原理、全球发展现状、中国 3D 打印的发展，以及该技术在航空航天、工业生产、文物保护、教育、建筑、医疗、时尚、食品、创意家居等领域的应用，勾勒出了一个由 3D 打印技术带来的美妙未来。3D 打印将使人类生活方式发生全新的改变，让社会经济结构发生质的变革。

在未来制造业，我们将需要更多具备 3D 打印思维的人来共同推动行

业的发展。因此，有一本能够让更多的人通过阅读而迅速了解 3D 打印这门技术的书籍就显得格外重要。本书就是一本向非专业人群介绍 3D 打印的著作，向读者提供全面而通俗的 3D 技术解读。在书中我们第一次提出了分布式制造与 3D 打印技术相结合的理论，让读者更深层次地理解 3D 打印技术如何改变我们传统的制造方式，以及如何影响未来人类的生活方式。

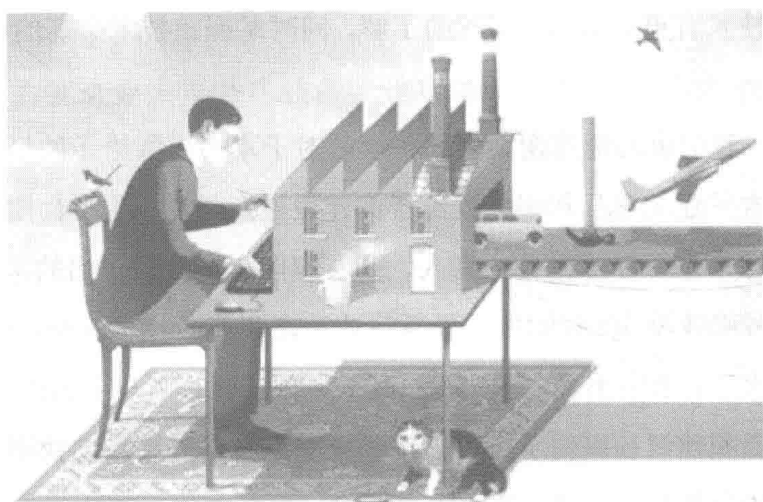
这本《3D 打印——创想改变生活》将成为高校师生、3D 打印创客、设计人员和工程师进入 3D 打印行业的重要阅读资料，让人们对 3D 打印这一新兴技术有更加快速、深入的了解，同时掌握该技术必需的核心知识和技能。

最后，我们衷心地感谢西安培华学院对于本书出版给予的经费支持，感谢西弗吉尼亚大学吴年强教授给予的建设性意见，他还为本书撰写了推荐语。同时，作者也感谢各位家人、亲友和同事在背后付出的辛勤劳动。

由于书稿涉及 3D 打印技术最新行业动态和前沿技术难题，限于编者的学识和水平，书中不妥之处难免，真诚希望广大读者以各自的视角向我们提出问题和建议，以便于再版修订和不断完善，共同推动我国 3D 打印教育事业的发展！

严进龙 赵述涛 程国建

2016 年 7 月



目 录

第 1 章 什么是 3D 打印.....	1
1.1 神奇的 3D 打印	1
1.2 3D 打印简史	9
1.3 3D 打印的优势	20
第 2 章 3D 打印技术与发展状况.....	24
2.1 3D 打印的工作原理	24
2.1.1 SLA 技术	24
2.1.2 SLS 技术	32
2.1.3 FDM 技术	37
2.1.4 LOM 技术	44
2.2 3D 打印耗材	49
2.3 调查——3D 打印现状 2016	57
2.4 3D 打印的技术发展趋势	59
第 3 章 3D 打印的产业发展.....	64
3.1 产业链概述	64
3.1.1 产业链上游——3D 打印耗材	67
3.1.2 产业链中游——3D 打印设备	70
3.1.3 产业链下游——3D 打印终端应用	72
3.2 全球竞争格局	74
3.3 市场发展瓶颈	78

第 4 章 3D 打印在我国	81
4.1 我国制造业的困局	81
4.2 我国 3D 打印产业发展分析	83
4.2.1 我国 3D 打印市场供应端	85
4.2.2 我国 3D 打印市场需求端	86
4.3 3D 打印产业化发展前景	89
4.4 3D 打印业的阿喀琉斯之踵——知识产权	92
4.4.1 3D 打印创新型企业深受侵权之伤	94
4.4.2 设计师权益保护	96
4.4.3 3D 打印中的商标问题	97
4.4.4 求索——保护 3D 打印知识产权之路	99
第 5 章 3D 打印的未来	102
5.1 复制一个博物馆	103
5.2 未来医疗——个性化定制的蓝海	105
5.3 未来建筑——万物筑造皆有可能	114
5.4 3D 打印教育——抓住想象力	121
5.5 创客 DIY——新工业革命的启蒙	125
5.6 未来趋势——一切将超乎想象	126
结语	137



第1章 什么是3D打印

2015年5月8日,中国版“工业4.0”规划——《中国制造2025》的推出,又一次引爆了3D打印行业,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,并开始尝试使用3D打印技术。3D打印不仅已经渗透进我们生活的“衣食住行”各个方面,而且在工业制造、珠宝首饰、玩具设计、机器人、生物医药、建筑和城市规划、航空航天等领域都有广泛的应用。

那么,到底什么是3D打印呢?

1.1 神奇的3D打印

3D打印是增材制造技术(AM, Additive Manufacturing)的俗称。传统的加工遵循“减材制造”的思路,多是用切割、打磨、钻孔、蚀刻等手段剔除原材料中多余的部分,最终得到成型物件。而3D打印则逆其道而行之,开创“增材制造”净成型的理念,借助三维数字模型设计,使用材料喷射、烧结、焊接等各种立体打印技术,来实现原料层层沉积或黏合,最终得到成型物件。由于可采用各种各样的材料,而且可以自由成型,所以3D打印机是名副其实的“万能制造机”。