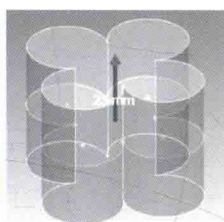
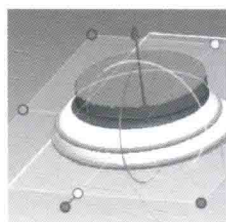


3D打印系列教材

普通高等教育“十三五”规划教材

3D打印

—— Geomagic Design X 逆向建模设计实用教程



山东科技大学 组织编写
刘然慧 刘纪敏 等编著



化学工业出版社

3D打印系列教材

普通高等教育“十三五”规划教材

3D打印

—— Geomagic Design X 逆向建模设计实用教程

山东科技大学 组织编写

刘然慧 刘纪敏 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以当今流行的设计软件 Geomagic Design X 5.1 为平台阐述了 3D 打印逆向建模设计的操作基础、模式应用、领域划分、实体建模、曲面建模、建模精灵和建模特征应用，并结合设计案例进行了实际操作演示，配套有相应视频和设计文件。

本书可供从事机械制造及其自动化、机械电子工程、材料科学与工程、机电产品逆向设计等专业的科技人员和本科学生学习参考，兼顾高等专科学校和高等职业学校相关专业的教学用书。同时也可供广大机械制造、材料成型、医疗器械、服装设计等领域专业人士参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

3D 打印 : Geomagic Design X 逆向建模设计实用教程 / 山东科技大学组织编写 ; 刘然慧等编著. —北京 : 化学工业出版社, 2017.11
3D 打印系列教材
ISBN 978-7-122-30646-3

I. ①3… II. ①山… ②刘… III. ①立体印刷-印刷术-计算机辅助设计-应用软件-高等学校-教材
IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 227252 号

责任编辑: 刘丽菲	装帧设计: 关 飞
责任校对: 边 涛	
出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)	
印 装: 北京彩云龙印刷有限公司	
787mm×1092mm 1/16 印张9¼ 字数222千字 2017年11月北京第1版第1次印刷	
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899	
网 址: http://www.cip.com.cn	
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。	

本书编著团队

组织编写单位： 山东科技大学

其他参与单位： 新余学院

南昌理工学院

泰山职业技术学院

安徽机电职业技术学院

天津维宁科技有限公司

滕州市安川自动化机械有限公司

北京三维天下科技股份有限公司

珠海西通电子有限公司

编著人员： 刘然慧 刘纪敏 娄淑梅 王红娟 孙惠敏 袁建军

杨晓东 郭凡灿 刘 华 习志军 王文陶 孙正凯

刘永海 张海鹏 姚晓平 王文浩 闫学文 谷连旺

黄永华 刘 磊 江建刚 潘华书

前言

随着科学技术的飞速发展，传统制造业市场环境发生了巨大变化。一方面由于市场壁垒的淡化或打破，使制造商不得不着眼于全球市场的激烈竞争，产品快速研发、设计创新等技术成为企业赢得全球竞争的第一要素；另一方面表现为消费者兴趣的快速转移和消费者需求的日益个性化、多元化和自主化。

3D 打印逆向建模设计技术的崛起，为产品设计创新和消化吸收国外先进技术提供了一种非常有效的手段。逆向工程是对产品设计过程的一种描述，一般的产品设计是根据产品的用途和功能，设计人员首先构思产品的外形、性能和大致的技术参数，再利用 CAD 等技术建立产品的三维数字化模型，通过加工制造而最终定型定产，这样的产品设计过程我们称之为“正向设计”。逆向设计则是根据已有的实物，通过激光扫描和点采集等手段，反向推实物的三维数据和空间几何形状，并通过相关专业设计软件生成图纸，用于生产制造的过程。逆向设计是技术消化、吸收、改进和提高产品功能及质量的重要技术手段，是产品快速创新研发的重要途径。随着 3D 建模理论的日趋成熟，出现了许多优秀的建模技术与软件，其应用领域也越来越广泛。

目前国内有关逆向工程技术的书籍较少，现有的关于逆向工程方面的教材主要有两方面的特点：一种是以理论介绍为主，实践性操作实例较少；另一种是主要介绍实践性操作的过程，缺少必要的理论描述。本书从逆向工程实际应用的要求出发，注重理论与实践相结合，创新与改进相结合。参照教育部“三维建模数字化设计制造大赛”和“全国机械行业职业院校技能大赛逆向建模创新设计与制造大赛”的基本要求，努力做到“注重理论、强化实践、通俗易懂、容易吸收”，便于师生的教与学，进一步促进教学质量的提高。本教材的特点是，坚持基本性，着重应用性，增强适应性，突出重点，力求系统。

本书以当今流行的设计软件 Geomagic Design X 5.1 为平台阐述了逆向建模设计的基础、模式应用、领域划分、实体建模、曲面建模、建模精灵和建模特征应用，并结合设计案例进行了实际操作演示，具有较强的实际应用价值和参考价值。本书可供从事机械制造及其自动化、机械电子工程、材料科学与工程、机电产品逆向设计等专业的科技人员和本科学学生学习参考，兼顾高等专科学校和高等职业学校相关专业的教学用书。同时也可供广大机械制造、材料成型、医疗器械、服装设计等领域专业人士参考。本书将产品创新设计与创新性思维培养融为一体，使读者从有趣的实例中领会创新性思维方法的奥秘。

本书案例配套有教学视频及相关程序文件，扫描相应二维码即可获取。相关程序文件也可发邮件至 tdprintgeomagic@163.com 获取。

由于编著者水平和经验有限，加之时间紧迫，书中难免存在不足之处，敬请广大读者不吝指正。

编著者
2017 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论 / 1

1.1	3D 打印简介	1
1.1.1	3D 打印定义	1
1.1.2	3D 打印所需的关键技术	2
1.1.3	3D 打印的应用领域	2
1.1.4	3D 打印的主要技术优势	4
1.2	3D 打印行业现状	5
1.2.1	3D 打印材料现状	5
1.2.2	金属 3D 打印行业现状	5
1.3	我国 3D 打印产业发展现状及存在的问题	6
1.3.1	发展现状及产业应用	6
1.3.2	存在的问题	6
1.4	我国发展 3D 打印产业的重要战略意义	7
1.5	我国 3D 打印产业的发展前景	7

第 2 章 Geomagic Design X 5.1 操作基础 / 9

2.1	逆向工程的工作流程	9
2.2	Geomagic Design X 5.1 的界面介绍	9
2.2.1	操作界面简介	9
2.2.2	常用操作	11
2.3	视图操作	11
2.3.1	显示和隐藏视图	11
2.3.2	视点	12
2.4	选择模式的操作	12
2.4.1	选择模式的技巧	12
2.4.2	选择模式的使用	13
2.4.3	选择过滤器的使用	14
2.5	常用工具设置	14

2.5.1	参照平面的使用	14
2.5.2	参照线的使用	16
2.5.3	参照点的使用	17
2.6	测量	18
2.6.1	测量距离	18
2.6.2	测量角度	19
2.6.3	测量半径	19
习题		20

第3章 模式应用 / 21

3.1	领域组模式	21
3.2	面片草图模式	23
3.3	草图模式	24
3.4	3D 面片草图模式	25
3.5	3D 草图模式	26
3.6	点云模式	28
3.6.1	过滤杂点	28
3.6.2	点云采样	28
3.6.3	点云平滑	29
3.7	面片模式	29
3.7.1	构造面片	29
3.7.2	三角网格面片修补	30
3.7.3	面片优化	31
习题		32

第4章 领域划分 / 33

4.1	自动分割	33
4.2	重分块	34
4.3	领域合并	35
4.4	领域分离	35
4.5	领域插入	36
4.6	领域缩小 / 扩大	36
习题		37

第5章 实体建模 / 38

5.1	拉伸	38
-----	----------	----

5.2	回转	41
5.3	扫描	43
5.4	放样	45
5.5	偏移	46
5.6	赋厚	47
5.7	抽壳	48
5.8	剪切	49
5.9	布尔运算	49
习题		51

第 6 章 曲面建模 / 52

6.1	面片拟合	52
6.2	境界拟合	54
6.3	自动曲面创建	54
6.4	曲面拉伸	55
6.5	曲面回转	56
6.6	曲面扫描	57
6.7	曲面放样	58
6.8	曲面编辑	59
6.8.1	偏移	59
6.8.2	面填补	59
6.8.3	延长	60
6.8.4	剪切	61
6.8.5	反剪切	62
6.8.6	剪切&合并	62
6.8.7	缝合	62
6.8.8	反转法线方向	62
习题		63

第 7 章 建模精灵 / 64

7.1	基础实体	64
7.2	基础片体	67
7.3	拉伸精灵	69
7.4	回转精灵	70
7.5	扫略精灵	72

7.6 放样向导	74
7.7 管道精灵	76
习题	77

第8章 建模特征应用 / 79

8.1 圆角	79
8.2 倒角	82
8.3 拔模	83
8.4 押出成形	84
8.5 线性阵列	86
8.6 圆形阵列	87
8.7 曲线阵列	87
8.8 镜像	88
8.9 螺旋体	88
8.10 螺旋线	89
8.11 移动面	89
8.12 删除面	90
8.13 替换面	91
8.14 分割面	92
8.15 移动体	92
8.16 复制体	96
8.17 删除体	96
8.18 再拟合	96
习题	97

第9章 案例 / 98

9.1 案例一	98
9.2 案例二	105
9.3 案例三	109
9.4 案例四	113
9.5 案例五	118
9.6 案例六	125
9.7 案例七	130
9.8 案例八	134

第1章

绪 论

英国《经济学人》杂志在《第三次工业革命》一文中，将3D打印技术作为第三次工业革命的重要标志之一，引发了世人对3D打印的关注。3D打印（3D printing）是制造业领域正在迅速发展的一项新兴技术，运用该技术进行生产的主要流程是：应用计算机软件，设计出立体的加工样式，然后通过特定的成型设备（俗称“3D打印机”），用液化、粉末化、丝化的固体材料逐层“打印”出产品。

3D打印是“增材制造”（Additive Manufacturing）的主要实现形式。“增材制造”的理念区别于传统的“减材制造”。传统数控制造一般是在原材料基础上，使用切割、磨削、腐蚀、熔融等办法，去除多余部分，得到零部件，再以拼装、焊接等方法组合成最终产品。而“增材制造”与之截然不同，无需原胚和模具，直接根据计算机图形数据，将材料逐层堆积制造出任何形状物体的新兴制造技术，简化产品的制造程序，缩短产品的研制周期，提高效率并降低成本。这体现了信息技术与先进材料技术、数字制造技术的密切结合，是先进制造业的重要组成部分。

1.1 3D 打印简介

1.1.1 3D 打印定义

3D打印，是一种快速成形技术，它以计算机三维设计模型为蓝本，通过软件分层离散和数控成型系统，利用激光束、热熔喷嘴等方式，将粉末状金属、塑料、陶瓷粉末、细胞组织等特殊的可粘合材料，进行逐层堆积黏结，最终叠加成型，制造出实体产品。通俗地说，就是将液体或粉末等“打印材料”装入打印机，与电脑连接后，通过电脑控制把“打印材料”一层层叠加起来，最终把计算机上的蓝图变成实物。

3D打印通常是采用数字技术材料打印机来实现的，传统制造技术中，单个模具价格很高、加工周期长，但使用模具有助于提高产品的一致性，便于流水线生产，降低批量生产的成本。另一方面，由于研发阶段产品外形常需多次调试，研发阶段所用模具无法应用于随后的生产中，故模具的使用也大大提高研发成本。3D打印技术特别适合此类产品的研发，大大缩短研发周期，降低研发成本。

1.1.2 3D 打印所需的关键技术

3D 打印需要依托多个学科领域的尖端技术，至少包括以下几方面。

(1) 信息技术，要有先进的设计软件及数字化工具，辅助设计人员制作出产品的三维数字模型，并且根据模型自动分析打印的工序，自动控制打印器材的走向；

(2) 精密机械，3D 打印以“每层的叠加”为加工方式，要生产高精度的产品，必须对打印设备的精准程度、稳定性有较高的要求；

(3) 材料科学，用于 3D 打印的原材料较为特殊，必须能够液化、粉末化，丝化，在打印完成后又能重新结合起来，并具有合格的物理、化学性质。

1.1.3 3D 打印的应用领域

3D 打印过去常在模具制造、工业设计等领域被用于制造模型，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打印而成的零部件。与传统铸造技术相比，3D 打印技术最大的优势在于不需要模具即可实现各种形状产品的制造。因此，3D 打印技术特别适合于利用模具铸造困难、形状复杂、个性化强的产品。主要应用于以下领域。

(1) 工业制造。在工业领域，工业级 3D 打印机可以打印出汽车、航天等需要的零部件，如图 1-1 所示，以这种有效方式降低成本规避了传统零部件研发和检测高投入和长耗时的弊端。如汽车制造前期的零部件研发测试阶段，只是一个小批量生产过程，3D 打印有着缩短开发周期、降低研发成本的快速成型优势，能够及时对关键的零部件进行可行性测验和调整。

3D 打印在产品概念设计、原型制作、产品评审、功能验证、制作模具原型或直接打印模具、直接打印产品等方面优势突出。目前 3D 打印的小型无人飞机、小型汽车等概念产品已问世，3D 打印的家用器具模型，也被用于企业的宣传、营销活动中。

(2) 建筑工程。在建筑领域，工程师和设计师们已经接受了用 3D 打印机打印的建筑模型，这种方法速度快、成本低、环境友好，同时制作精美，完全合乎设计者的要求，同时又能节省大量材料。打印建筑所使用的原理与一般的 3D 打印机基本相同，不过原料却换成了水泥和玻璃纤维的混合物，而这种特殊的建筑材料还可回收利用，大大减轻了建筑废料造成的环境压力，如图 1-2 所示。另外，各种形状和结构复杂、材料特殊的建筑模型、风动实验和效果展示，建筑工程和施工（AEC）模拟等均可实现。

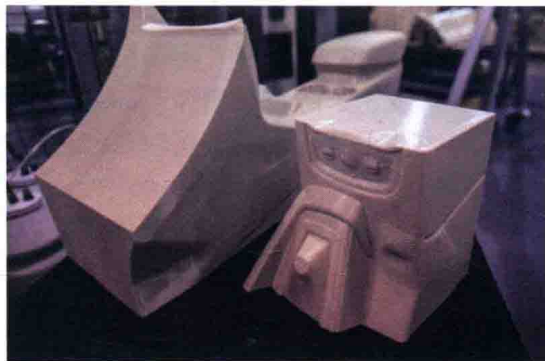


图 1-1 3D 打印的大型一体式汽车零部件



图 1-2 3D 打印技术建造的别墅

(3) 生物医疗。医疗应用是目前最受关注的下游行业，比较成熟的是骨骼类。牙齿、手臂、下颚骨及关节等都已经是在动物身上得到验证并在人体移植上获得成功。

2017 年 7 月，上海长征医院骨肿瘤外科研发团队成功地为一 名 28 岁女患者植入了 3D 打印颈椎，如图 1-3 所示。该院为患有颈椎巨大软骨肉瘤的患者实施了首例 6 节段颈椎切除术，并为她安装上首个全颈椎的 3D 打印人工颈椎椎体，令其颈椎“再生”。巨大超长节段肿瘤彻底切除与脊柱稳定性重建，这在全世界范围内，目前尚无先例报道。该手术的成功实施，标志着中国在超长节段颈椎个性化 3D 打印人工椎体的研究和应用方面迈出了坚实的一步。

此外，3D 打印还成功打印出外骨假肢、头盖骨甚至心脏，如图 1-4 所示为英国某假肢制造企业通过 3D 打印技术制造的仿生肌电手，相比传统肌电手，3D 打印肌电手在价格上具有明显优势，在外观造型上也可以更加灵活地进行定制。至于打印心脏等复杂器官，医生就可以在手术之前完全复制心脏的模型，成功制定一个复杂的矫正手术方案，从而减少病人在手术台上的时间，使手术变得更为安全。

(4) 消费品。随着桌面级 3D 打印机的销售量持续增长，许多珠宝、服饰、鞋类、玩具、工具、创意作品等都可以由 3D 打印机打印出来，如图 1-5 所示。

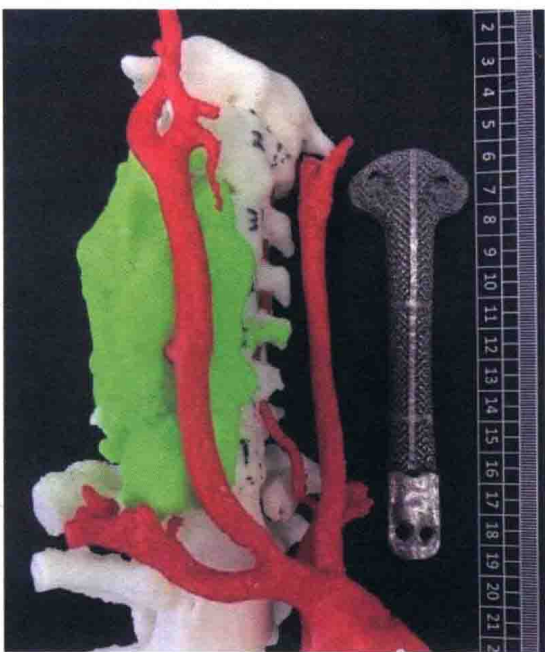


图 1-3 3D 技术打印的颈椎



图 1-4 3D 打印外骨假肢



图 1-5 3D 打印服装

(5) 航空航天、国防军工。复杂形状、尺寸微细、特殊性能的零部件、机构的直接制造。

(6) 文化创意和数码娱乐。形状和结构复杂、材料特殊的艺术表达载体，如图 1-6 所

示。科幻类电影《阿凡达》运用 3D 打印塑造了部分角色和道具，3D 打印的小提琴接近了手工制作的水平。



图 1-6 3D 技术打印的装饰石窟

(7) 教育。模型验证科学假设，用于不同学科实验、教学。在北美的一些中学、普通高校和军事院校，3D 打印机已经被广泛用于教学和科研。

(8) 个性化定制。基于网络的数据下载、电子商务的个性化打印定制服务。

1.1.4 3D 打印的主要技术优势

与传统制造相比，3D 打印技术的优势主要体现在以下几方面。

(1) 产品制造的复杂程度降低。3D 打印将三维实体变为若干个二维平面，通过对材料处理并逐层叠加进行生产，而传统制造业是通过模具、车铣等机械加工方式对原材料进行定型、切削以最终形成产品，大大降低了制造的复杂度。

(2) 生产制造的范围扩大。3D 打印对工艺、机床、人力的要求降低，它直接从计算机图形数据中生成任何形状的零件，使生产制造得以向更广的生产人群范围延伸，可以造出任何形状的物品。

(3) 更大程度满足客户个性化需求。企业可以根据用户订单使用 3D 打印机制造出特别的或定制的产品满足客户需求。

(4) 生产制造效率提高。3D 打印技术可以将制造出一个模型的时间缩短为数个小时，而用传统方法通常需要更长的时间。

(5) 提高原材料的利用效率。与传统的金属制造技术相比，3D 打印机制造产品时产生较少的副产品，而随着打印材料的进步，“净成型”制造可能成为更环保的加工方式。

1.2 3D 打印行业现状

目前，3D 打印技术仍处于技术发展阶段。由于受到技术的限制，3D 打印对新的商业模式参与仍较少。整个 3D 打印市场可分为上游 3D 打印原材料、中游 3D 打印机制造、下游 3D 打印服务以及外围技术培训等。

1.2.1 3D 打印材料现状

原材料的发展仍是制约 3D 打印技术广泛应用的主要因素。按照所使用原材料的不同，可将 3D 技术分为金属 3D 打印、高分子 3D 打印、陶瓷 3D 打印、生物 3D 打印等，如表 1-1 所示。其中金属 3D 打印技术多属于工业级，其壁垒远高于高分子 3D 打印，而陶瓷、生物 3D 打印技术仍多处于研发状态。

对于一个较成熟的产业，往往是由下游需求带动上游的供应，继而带动周边产品；而对于技术仍处于发展当中、市场仍待发育的 3D 打印产业来讲，境况有所不同，目前 3D 打印的发展仍然受到 3D 打印原材料发展及 3D 打印机技术发展的制约。可用的原材料，在很大程度上决定了对应可用的 3D 打印技术，进而决定了相关产品可应用于何种领域；某些领域虽然也符合定制化、个性化等特征，但由于其对应的原材料无法在现有的 3D 打印技术下进行加工，市场就无法放开。例如，铝合金是目前使用最广泛的结构材料，但目前可用于 3D 打印的铝合金仅 1～2 种。

表 1-1 3D 打印技术决定应用领域

使用材料类型	打印技术全称	应用领域
金属材料	选择性激光熔化成型 SLM	军事、航空航天、汽车、医疗
	选择性激光烧结成型 SLS	
	激光直接烧结技术 DMLS	
	电子束熔化技术 EBM	
高分子材料	熔融沉积式成型 FDM	工业设计、模具、医疗、珠宝
	选择性热烧结 SHS	
	立体平版印刷 SLA	
	数字光处理 DLP	
陶瓷材料	三位打印技术 3DP	航空航天、军工
生物材料	细胞绘图打印 CBP	组织工程

1.2.2 金属 3D 打印行业现状

欧洲在金属 3D 打印市场占据着重要的地位，特别是德国的公司在金属 3D 打印市场占据了半壁江山；美国企业在粉床技术上起步相对较晚，主要业务在熔覆成形和黏结剂领域；近年来中国科研院所的技术在积淀多年后，也孵化出一批优秀的企业进入了金属打印市场；日韩企业金属 3D 打印系统设备上数量相对较少。

目前 3D 打印制造金属部件的工艺路线主要可以分为以下 5 种。

(1) 粉床烧结,其特点是制造接近于 100% 密度的金属器件,包括电子/激光束选区烧结。纳米材料喷印低温烧结技术因其所使用的纳米“溶液”在打印完成后具有更大的收缩率,制造大尺寸的器件失败率较高;同时纳米材料的成本高昂,也抑制了其使用的经济性。

(2) 黏结烧结,其特点为可以制造大型器件,直接烧结的产品有较大的孔隙率,可以通过后处理渗透提高密度。黏结剂成形后烧结处理。

(3) 熔覆成形,其特点为可以在曲面成形,实现多功能梯度材料,成形大尺寸器件,并且能够进行零件的修复。包括粉末熔覆、焊丝熔覆成形。

(4) 超声冷焊,其特点为可以实现低温金属冷焊接,实现功能性梯度材料和复合材料,并且可以嵌入传感器等。

(5) 原型铸造,其特点为可以成形大型器件,生成效率高,能够与传统铸造结合使用,包括砂型铸造、失蜡铸造。

1.3 我国 3D 打印产业发展现状及存在的问题

1.3.1 发展现状及产业应用

我国已有部分技术处于世界先进水平,其中,激光直接加工金属技术发展较快,已基本满足特种零部件的机械性能要求,有望率先应用于航天、航空装备制造;生物细胞 3D 打印技术取得显著进展,已可以制造立体的模拟生物组织,为我国生物医学领域尖端科学研究提供了关键的技术支撑。

目前,已有部分企业依托高校成果,对 3D 打印设备进行产业化运作,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。他们发挥科技人才密集的优势,向国内外客户提供服务,取得了良好的经济效益。

1.3.2 存在的问题

我国 3D 打印产业虽然发展迅速,但仍面临缺乏宏观规划和引导、研发投入不足、产业链缺乏统筹发展、缺乏教育培训和社会推广等一系列问题。

(1) 缺乏宏观规划和引导。3D 打印产业上游包括材料技术、控制技术、光机电技术、软件技术,中游是立足于信息技术的数字化平台,下游涉及国防科工、航空航天、汽车摩配、家电电子、医疗卫生、文化创意等行业,其发展将会深刻影响先进制造业、工业设计业、生产性服务业、文化创意业、电子商务业及制造业信息化工程,但在我国工业转型升级、发展智能制造业的相关规划中,对 3D 打印这一交叉学科的技术总体规划与重视不够。

(2) 我国虽已有几家企业能自主制造 3D 打印设备,但企业规模普遍较小,研发力量不足。在加工流程稳定性、工件支撑材料生成和处理、部分特种材料的制备技术等诸多具

体环节,存在较大的缺陷,难以完全满足产品制造的需求。

(3) 缺乏教育培训和社会推广。目前,企业购置 3D 打印设备的数量非常有限,应用范围狭窄,在机械、材料、信息技术等工程学科的教学课程体系中,缺乏与 3D 打印相关的必修环节,3D 打印停留在部分学生的课外兴趣研究层面。

1.4 我国发展 3D 打印产业的重要战略意义

发展 3D 打印产业,可以在提升我国工业领域的产品开发水平的同时有助于攻克技术难关,并且易形成新的经济增长点,促进就业。

当前,全球正在兴起一轮数字化制造浪潮。发达国家面对近年来制造业竞争力的下降,大力倡导“再工业化,再制造化”战略,提出智能机器人、人工智能、3D 打印是实现数字化制造的关键技术,并希望通过这三大数字化制造技术的突破,巩固和提升制造业的主导权。加快 3D 打印产业的发展,可以推动我国由“工业大国”向“工业强国”的转变。

(1) 发展 3D 打印产业,可以提升我国工业领域的产品开发水平,提高工业设计能力。

传统的工业产品开发方法,往往是先开发模具,然后再做出样品,而运用 3D 打印技术,无需开发模具,可以把制造时间降低为以前的 1/10 到 1/5,费用降低到 1/3 以下。一些好的设计理念,无论其结构和工艺多么复杂,均可利用 3D 打印技术,在短时间内制造出来,从而极大地促进了产品的创新设计,有效克服我国工业设计能力薄弱的问题。

(2) 发展 3D 打印产业,可以生产出复杂、特殊、个性化产品,有利于攻克技术难关。

3D 打印可以为基础科学技术的研究提供重要的技术支持,在航天、航空、大型武器等装备制造领域,零部件种类多、性能要求高,需要进行反复测试,运用 3D 打印,除了在研制速度上具有优势外,还可以直接加工出特殊、复杂的形状,简化装备的结构设计、化解技术难题,实现关键性能的赶超。

(3) 发展 3D 打印产业,可以形成新的经济增长点,促进就业。

随着 3D 打印的普及,“大批量的个性化定制”将成为重要的生产模式,3D 打印与现代服务业的紧密结合,将衍生出新的细分产业、新的商业模式,创造出新的经济增长点。

如自主创业者可以通过购置或者租赁低成本的 3D 打印设备,利用电子商务等平台提供服务,为大量消费者定制生活用品、文体器具、工艺装饰品等各类中小产品,激发个性化需求,形成一个数百亿甚至数千亿元规模的文化创意制造产业,并增加社会就业。

1.5 我国 3D 打印产业的发展前景

在我国产业升级的大变革背景下,3D 打印技术自然而然得到国家层面的重视。特别是 2015 年工信部发布《国家增材制造(3D 打印)产业发展推进计划(2015—2016)》,首次明确将 3D 打印列入了国家战略层面,对 3D 产业的发展做出了整体计划。到 2016 年,初步建立较为完善的增材制造产业体系,整体技术水平保持与国际同步,在航空航天等直接制造领域达到国际先进水平,在国际市场上占有较大的市场份额。

在国家政策的引导下，我国 3D 打印技术发展呈爆发态势。2012 年全国 3D 打印相关专利申请仅 39 项，到 2014 年则达到 1531 项，仅两年时间增加近 50 倍；2015 年该数字虽有所回落，但仍超过了 1200 项。

目前来看，3D 打印发展迅速，但也受到一定的制约，产业发展规模仍较小。根据分析，原材料开发壁垒远高于提供 3D 打印服务的壁垒，原材料的发展仍是主要的 3D 打印技术发展的主要制约因素。发展新型原材料将有可能处于产业链的最高端。《国家增材制造（3D 打印）产业发展推进计划（2015—2016）》也指出，3D 打印产业的发展，应“以材料研发作为突破口，鼓励优势材料企业从事 3D 打印专用材料研发和生产，针对航空航天、汽车、文化创意、生物医疗等领域的重大需求，突破一批 3D 打印专用材料。”为此，我们认为应首先看好上游材料的发展；对于下游，我们看好 3D 打印技术在附加价值更高的航空航天、医疗等领域的应用。