

3D 打印 项目教程

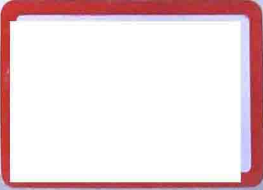
3D Dayin Xiangmu Jiaocheng

■ 赖周艺 朱铭强 郭 峤 编著



重庆大学出版社

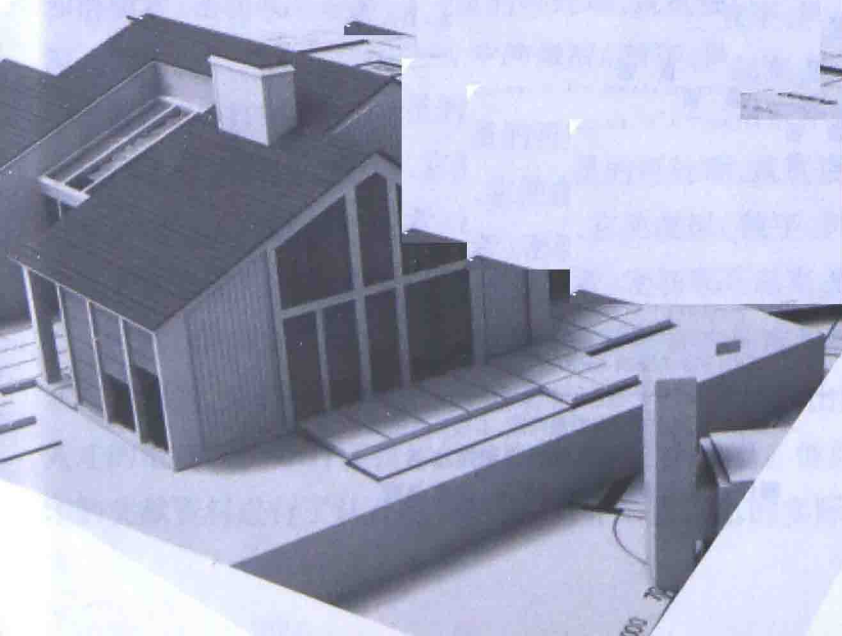
<http://www.cqup.com.cn>



3D 打印 项目教程

3D Dayin Xiangmu Jiaocheng

■ 赖周艺 朱铭强 郭 峤 编著



重庆大学出版社

内容提要

本书介绍了桌面级 3D 打印的相关知识与操作。本书按模块式教学方法组织内容,分成 5 个项目 19 个任务,包含 3D 打印概况、3D 打印基本应用、3D 打印参数调整、3D 打印高级应用、3D 打印设备维护与打印常见问题处理等。

本书可用于高等院校机械制造、工业设计及相关专业的教学,也可作为企业培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

3D 打印项目教程 / 赖周艺,朱铭强,郭峤编著. —重庆:
重庆大学出版社,2015.2
ISBN 978-7-5624-8868-2

I. ①3… II. ①赖… ②朱… ③郭… III. ①立体印刷—
印刷术—高等职业教育—教材 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 031740 号

3D 打印项目教程

赖周艺 朱铭强 郭 峤 编著

策划编辑:鲁 黎

责任编辑:文 鹏 曾春燕 版式设计:鲁 黎

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

自贡兴华印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10 字数:153 千

2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-8868-2 定价:45.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究



3D 打印技术(3D Printing Technology)起源于 20 世纪 80 年代出现的快速原型制造技术。依据计算机的三维设计和三维计算,通过软件和数控系统,将特制材料以逐层堆积固化,逐层增加材料,从而生成 3D 实体,是一种“材料增加过程”,它是一种全新的制造方式,是一项新兴技术。3D 打印技术近年来发展迅速,被认为是最近 20 年来世界制造技术领域的一次重大突破。

3D 打印技术的发展与应用,把当前在科学研究、技术研发和娱乐等领域发挥了重要作用的“虚拟世界”带回“现实”。借助于 3D 打印技术,计算机虚拟世界中大量由数学公式和物理定律生成的物体,几乎可以不经专业技术人员再处理,就直接转化为现实世界存在的物体。因此,3D 打印技术是纽带,它使虚拟(数字、网络)世界、现实(物理)世界与人(设计者、生产者和消费者)密切联系起来,形成了前所未有的信息回路,必将对社会发展产生深远影响。

我国 3D 打印技术正处在快速成长期,应用范围不断扩大。清华大学、华中科技大学、西安交通大学是国内最早进行 3D 打印研发的单位,主要进行分层实体制造、熔融沉积、光固化成形等技术的研发及成形系统的研制;国内部分企业依靠高校科研成果,在一定程度上实现了 3D 打印设备的产业化。

目前国内 3D 打印人才极度匮乏,教育培训的标准与教材亟待开发。

赖周艺、朱铭强和郭峤三人编著的 3D 打印教材的出版,无疑对 3D 打印人才的培养,对 3D 打印技术的推广做了一件大好事。他们对众多相关 3D 打印的文献资料进行了认真的分析梳理,并结合自己的实际打印经验编写了该

教材。

他们根据当前高等大专院校培养社会急需应用型人才的教学要求,设计了典型的教学项目,全面介绍桌面级 3D 打印机的各种应用,使读者能全面而系统地掌握 3D 打印机的操作,独立完成各种模型的打印成形。

该教材语言流畅,逻辑清晰,结构安排合理,不仅适合于职业技术学院教学,也适合于本科教学和各行各业对 3D 打印有兴趣的自学者自学。我相信,该教材的出版将为开展 3D 打印教学和推动 3D 打印发展发挥积极的作用!

谨以此为序。

重庆理工大学材料工程学院 胡亚民

2014 年 9 月 10 日于山东泰安



前言

随着世界经济的全球化与知识化不断加快,制造业已逐步从传统的离散型制造向绿色智能型先进制造转变。3D 打印技术作为一项可能使全球制造业面目一新的新兴技术,近年来发展迅速并受到广泛重视。英国《经济学人》杂志认为,3D 打印将与其他数字化生产模式一起,推动实现新的工业革命——“第三次工业革命”,美国《时代》周刊将 3D 打印列入美国十大增长最快的工业。根据国际快速制造行业权威报告《Wohlers Report 2011》发布的调查结果,全球 3D 打印产业的产值在 1988—2010 年保持 26.2% 的高速年均增长速度。世界 3D 打印技术产业联盟秘书长罗军在 2014 世界 3D 打印技术产业大会上指出,2013 年全球 3D 打印的产值 30 多亿美元(国内 3 亿美元);2014 年全球规模有望突破 60 亿美元(国内 6 亿美元);预计 2016 年,全球规模将突破 100 亿美元(国内 10 亿美元);3D 打印技术将在 2020 年前全面实现产业化。

在 2011 年以前,市面上出售的绝大多数 3D 打印机为工业级 3D 打印机,价格为几十万甚至几百万元人民币。自 2011 年起,低成本(价格降至几万甚至几千元人民币)而又方便携带的桌面级 3D 打印机开始风靡,在拉低了 3D 打印技术应用门槛的同时,让这一项技术走进教育,走入生活。

3D 打印人才极度匮乏,教育培训的标准与教材亟待开发。我们广泛涉猎相关文献,并系统梳理打印经验,编写本教材,以满足社会系统性培养应用人才的需求。我们通过设计 5 个典型的训练项目,全面介绍桌面级 3D 打印机的各种应用,使操作者能全面而深入地掌握 3D 打印机的操作,能独立完成各

种模型的打印成形。

本书由赖周艺、朱铭强、郭峤编著,北京太尔时代科技有限公司林卓鹏,佛山力尚三维打印科技有限公司黄冠锋、伍力尚和深圳信息职业技术学院姜俊侠、肖永山、刘秀娟等同志参与了部分章节的编写和修改。重庆理工大学胡亚民教授审阅了全部书稿。

本书在编写过程中,得到了深圳信息职业技术学院、佛山力尚三维打印科技有限公司和北京太尔时代科技有限公司的大力支持和帮助,作者在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,水平有限,不当之处敬请专家与广大读者批评指正。

编 者

2014 年 8 月



项目1 认识3D打印

任务1.1 认识3D打印	2
1.1.1 3D打印的重要意义	2
1.1.2 3D打印的发展现状	3
1.1.3 3D打印机的分类	4
1.1.4 桌面级3D打印机的应用	5
1.1.5 桌面级3D打印机的主流技术	6
任务1.2 认识3D打印机-UP Plus 2	9
1.2.1 3D打印机介绍	9
1.2.2 安装3D打印机及控制软件	11
1.2.3 3D打印机控制软件	12
1.2.4 3D打印丝材	15
任务1.3 3D打印机基本操作	17
1.3.1 3D打印机初始化	17
1.3.2 3D打印工作台自动水平校准	18
1.3.3 3D打印机喷嘴高度自动测试	21
1.3.4 打印丝材挤出与撤回	23
项目小结	25

项目2 3D 打印基本应用

任务 2.1 建立三维模型	28
任务 2.2 模型格式转换	33
任务 2.3 3D 打印填充实体	35
2.3.1 载入三维模型与自动调整位置	35
2.3.2 打印机初始化与平台预热	36
2.3.3 打印参数设置与打印预览	37
2.3.4 3D 打印成形过程	40
2.3.5 模型拆卸与分析	42
任务 2.4 3D 打印空心壳体	44
2.4.1 打开三维模型与自动调整位置	44
2.4.2 打印机初始化与平台预热	44
2.4.3 打印预览与打印参数设置	44
2.4.4 3D 打印成形过程	46
2.4.5 模型拆卸与分析	47
任务 2.5 3D 打印单层面体	49
2.5.1 打开三维模型与自动调整位置	49
2.5.2 打印机初始化与平台预热	49
2.5.3 打印预览与打印参数设置	50
2.5.4 3D 打印成形过程	51
2.5.5 模型拆卸与分析	52
项目小结	53
【练习】	54

项目3 3D 打印参数调整

任务 3.1 建立三维模型	57
任务 3.2 3D 打印椭圆球单层面体模型	64

3.2.1 打开三维模型与调整	64
3.2.2 打印机初始化与平台预热	65
3.2.3 打印预览与打印参数设置	65
3.2.4 3D 打印成形过程	67
3.2.5 模型拆卸与分析	70
任务 3.3 3D 打印椭圆球空心壳体模型	72
3.3.1 打开三维模型与调整	72
3.3.2 打印机初始化与平台预热	72
3.3.3 打印预览与打印参数设置	72
3.3.4 3D 打印成形过程	74
3.3.5 模型拆卸与分析	77
项目小结	79
【练习】	80

项目 4 3D 打印高级应用

任务 4.1 建立三维模型	82
任务 4.2 模型分割	91
4.2.1 绘制分割面	91
4.2.2 分割锥形交通路标底座	94
4.2.3 分割锥形交通路标筒体	95
任务 4.3 无基底打印	97
4.3.1 耐热胶带	97
4.3.2 打开三维模型与自动调整位置	98
4.3.3 打印机初始化与更换打印材料	98
4.3.4 打印预览与打印参数设置	99
4.3.5 3D 打印成形过程	100
4.3.6 模型拆卸与分析	101
任务 4.4 双色打印	103

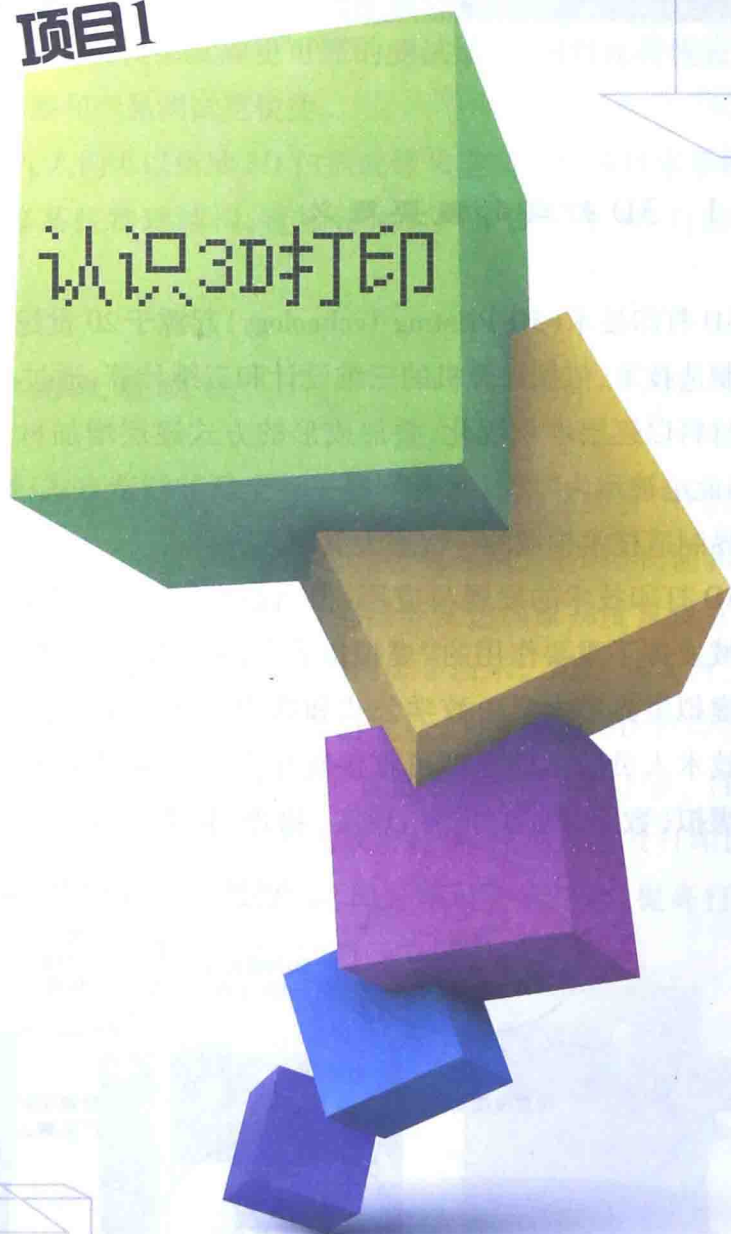
4.4.1	打开三维模型与自动调整位置	103
4.4.2	打印机初始化与平台预热	103
4.4.3	打印预览与打印参数设置	103
4.4.4	3D 打印成形过程	104
4.4.5	模型拆卸与分析	109
任务 4.5	模型拼接	110
	项目小结	111
	【练习】	111

项目 5 3D 打印设备维护、常见打印问题及改善

任务 5.1	3D 打印设备维护	114
5.1.1	喷嘴清理	114
5.1.2	喷头高度手动调整	117
5.1.3	打印平台水平校准	121
5.1.4	垂直校准	124
任务 5.2	3D 打印常见质量问题及改善	128
5.2.1	非实体模型	128
5.2.2	喷嘴停止挤出丝材	131
5.2.3	基座翘边	133
5.2.4	模型翘曲变形	134
5.2.5	3D 打印表面处理	136
任务 5.3	打印技巧	140
5.3.1	3D 模型摆放位置对打印表面质量的影响	140
5.3.2	不同方向的 3D 打印尺寸精度	142
5.3.3	3D 打印空心壳体模型对最小壁厚的要求	144
	项目小结	146
	参考文献	147

项目1

认识3D打印



任务 1.1 认识 3D 打印

1.1.1 3D 打印的重要意义

3D 打印技术(3D Printing Technology)起源于 20 世纪 80 年代出现的快速原型制造技术,依据计算机的三维设计和三维计算,通过软件和数控系统,将特制材料以逐层堆积固化、叠加成形的方式逐层增加材料,从而生成 3D 实体,因此也被称为“增材制造”,是一种全新的制造方式;被认为是最近 20 年来世界制造技术领域的一次重大突破。

3D 打印技术的发展与应用,把当前在科学研究、技术研发和娱乐等领域发挥了重要作用的“虚拟世界”带回“现实”。借助 3D 打印技术,计算机虚拟世界中大量由数学公式和物理定律生成的物体,几乎可以不经专业技术人员再处理即可直接转化为现实世界存在的物体。3D 打印技术使虚拟(数字、网络)世界、现实(物理)世界与人(设计者、生产者和消费

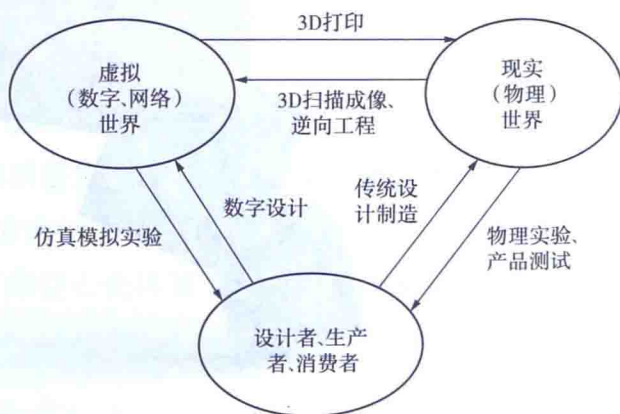


图 1.1 信息回路

者)密切联系起来,形成了前所未有的信息回路(如图 1.1 所示)将对未来产生深远影响:

①扩展工业设计的可行性边界,人们可以直接制造出大量形状奇异、结构精细、具有工程学或美学意义的特殊形体。

②加速产品与技术更新,人们通过“数字设计+3D 打印”的产品设计和测试新过程,可以获得比仿真模拟试验更可靠的测试结果,同时比传统设计制造普遍采用的物理实验和产品测试更快捷。

③促进产品设计,人们可以借助 3D 扫描成像和逆向工程等技术手段,快速从现实世界中借鉴某些物理结构,直接转化为产品设计和 3D 打印制造方案。

1.1.2 3D 打印的发展现状

美国、日本、德国、韩国及欧洲进入 3D 打印领域较早,是拥有 3D 打印技术专利最多的国家和地区。国外 3D 打印已经历萌芽期、稳步增长期和快速增长期,目前处在技术相对成熟期。美国、德国等发达国家高度重视并积极推广 3D 打印技术,其商品化 3D 打印设备如图 1.2 所示。2012 年 8 月,美国政府宣布,将在俄亥俄州建立制造业创新研究所,主要研发 3D 打印技术。2013 年 2 月,奥巴马在国情咨文中宣布,投入 5 亿美元推动 3D 打印。目前国外 3D 打印研究的技术主题主要是研发新的成形材料、成形工艺及打印设备,扩大技术的应用范围、简化工艺、降低成本,使打印设备实用化,提高打印制品的精度。



(a)美国3D Systems公司



(b)美国Stratasys公司



(c)德国EOS公司

图 1.2 外国产 3D 打印设备

国内 3D 打印技术较国外发展存在一定差距,处在该领域的快速成长期,技术分布范围扩大,正向产业化阶段迈进。清华大学、华中科技大学、西安交通大学是国内最早进行 3D 打印研发的单位,科研团队主要包括清华大学颜永年团队、华中科技大学史玉升团队、西安交通大学卢秉恒团队以及北京航空航天大学王华明团队等。国内研究内容主要是基于分层实体制造、熔融沉积、光固化成形等技术的研发及成形系统的研制;部分企业(北京太尔时代、西安恒通智能机器、武汉滨湖机电)依靠高校科研成果已实现 3D 打印设备一定程度上的产业化,但规模仍在扩大。图 1.3 所示为国产的部分 3D 打印设备。



(a) 北京太尔时代公司



(b) 西安恒通智能机器公司



(c) 武汉滨湖机电公司

图 1.3 国产 3D 打印设备

1.1.3 3D 打印机的分类

按照应用层次分类,3D 打印机可分为工业级和桌面级,前者先诞生。工业级 3D 打印机,主要用于科研和企业生产,体积庞大而且价格昂贵。在 2011 年以前,市面上出售的绝大多数 3D 打印机为工业级 3D 打印机,价格为几十万甚至几百万元人民币。自 2011 年起,低成本(价格降至几万甚至几千元人民币)而又方便携带的桌面级 3D 打印机(如图 1.4 所示)开始风靡,在拉低了 3D 打印技术的应用门槛的同时,让这一项技术走进教育,走入生活。桌面级 3D 打印机是大型工业 3D 打印机的简化和小型化,成本更低廉,操作更简便,更加适用于分布化生产、设计与制造一体化的需求。目前桌面级 3D 打印机

在实用化方面亟待发展,研究打印材料的性能和工艺参数对打印精度的影响,提高打印效率,是今后我国 3D 打印技术的研究重点。



图 1.4 桌面级 3D 打印机

1.1.4 桌面级 3D 打印机的应用

目前,桌面级 3D 打印机正被迅速推广应用到建筑设计、工业设计、机械设计、电影动漫、模具设计、玩具设计、艺术设计等各个领域,打印得到各种各样的模型(如图 1.5 所示),用作产品样本和用于设计评审、机能测试及装配试验等。3D 打印机在欧美大学里几乎就是制造物理模型必不可少的工具,主要应用有:

①机械工程学院:3D 打印机可完整地将计算机中的数字模型转换为实物模型,使学生可以直观地评估自己的设计成果,从而提高学生的设计创造能力。

②建筑工程学院:3D 打印机可将整栋建筑物模型分批打印,最后组装成形,使学生的设计模型从平面展示时代推至三维时代。

③工业设计学院:3D 打印机可使学生突破制造工艺的限制,从而获得任何复杂的工业模型。

④美术学院:3D 打印机可将设计的美术模型以三维方式呈现,使学生可从后期的评论反馈中继续提高设计水平。

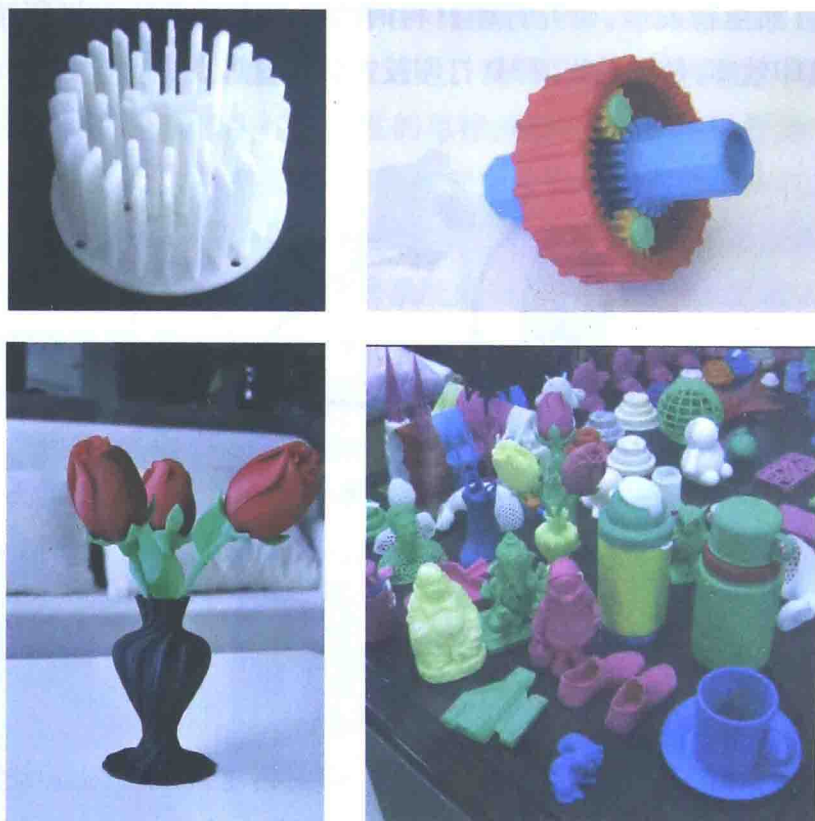


图 1.5 3D 打印模型

1.1.5 桌面级 3D 打印机的主流技术

目前桌面级 3D 打印机普遍采用熔融堆积成形(FDM)或立体激光固化成形(SLA)成形技术。

FDM(Fused Deposition Modeling),即熔融堆积成形,其原理如图 1.6 所示,主要采用丝状材料(石蜡、金属、塑料、低熔点合金)作为原材料,将加热的材料从喷头里挤出,在温度低于材料熔点的工作台上,迅速形成一层薄片轮廓截面,然后工作台下降一定高度(即层厚),喷头继续挤出加热材料,这样逐层堆积,最终成形三维产品零件。FDM 的优势有:操作环境干净、安全,可以在办公室环境下进行,表面质量好,易于装配,可以快速构建实体或中空零件;原材料以卷轴丝的形式提供,易于搬运和快速更换,材料费用低,材料品种多(如可染色的 ABS 和 PLA 等),材料利用率高。存在的技术不足有:零件