



全国应用型高校3D打印领域
人才培养“十三五”规划教材

顾问 卢秉恒
丛书主编 史玉升 朱 红

3D

打印与创客

陈森昌◎主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

全国应用型高校 3D 打印领域人才培养“十三五”规划教材

3D 打印与创客

主 编 陈森昌

副主编 陈 曦

常州大学图书馆
藏书章

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书以最新的教育改革精神为指导,面对我国蓬勃发展的“双创”运动,结合作者多年在 3D 打印领域的研究成果,围绕 3D 打印助力创新创业者的方式、方法和途径展开,全面阐述了 3D 打印技术、创新创业者、创新创业助力机构三者之间的关联与合作的关系;为了帮助读者学习并指导 3D 打印的实际应用,没有过多理论的论述,而用大量最新的实例,从多个侧面介绍 3D 打印在解决创新创业者遇到问题时的作用和过程,以此来帮助创新创业者,开拓他们的思路,争取利用 3D 打印技术开创应用的新领域和新途径,为成功创业提供帮助和保障。

本书的项目一介绍 3D 打印的原理与优势,项目二介绍创客的概念和要求,项目三介绍创业者的需求与 3D 打印,项目四介绍 3D 打印与创业孵化器,项目五介绍“互联网+3D 打印”服务。

本书既可以作为应用型高校学生学习、培训的教材,也可以作为创新创业者、3D 打印从业人员或 3D 打印爱好者,甚至创新创业管理机构管理人员的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

3D 打印与创客/陈森昌主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017. 11

全国应用型高校 3D 打印领域人才培养“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-2919-3

I. ①3… II. ①陈… III. ①立体印刷-印刷术-高等学校-教材 IV. ①TS853

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 126940 号

3D 打印与创客

陈森昌 主编

3D Dayin yu Chuangke

策划编辑:张少奇

责任编辑:刘 飞

封面设计:杨玉凡

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉市新华印刷有限责任公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:9

字 数:184 千字

版 次:2017 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:32.80 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国应用型高校 3D 打印领域人才培养“十三五”规划教材

编审委员会

顾问:卢秉恒 西安交通大学

总主编:史玉升 华中科技大学

朱 红 武汉职业技术学院

主任:史玉升 华中科技大学

副主任:周 钢 华中科技大学

陈森昌 广东技术师范学院

李义军 湖北嘉一三维高科股份有限公司

委员:(按姓氏笔画排序)

王 晖 佛山职业技术学院

文世峰 华中科技大学

刘 凯 武汉职业技术学院

李中伟 华中科技大学

李文慧 文华学院

杨振国 佛山职业技术学院

杨家军 文华学院

余日季 湖北大学

张 帆 武汉理工大学

张新建 文华学院

陈 曦 广东技术师范学院

易 杰 湖南工业职业技术学院

胡 斌 湖北嘉一三维高科股份有限公司

钟 飞 湖北工业大学

侯高雁 武汉职业技术学院

盛步云 武汉理工大学

谢 丹 武汉职业技术学院

鄢国平 武汉工程大学

戴红莲 武汉理工大学

魏青松 华中科技大学

秘 书:俞道凯 张少奇

序

3D 打印技术也称增材制造技术、快速成形技术、快速原型制造技术等,是近 30 年来全球先进制造领域兴起的一项集光/机/电、计算机、数控及新材料于一体的先进制造技术。它不需要传统的刀具和夹具,利用三维设计数据在一台设备上由程序控制自动地制造出任意复杂形状的零件,可实现任意复杂结构的整体制造。如同蒸汽机、福特汽车流水线引发的工业革命一样,3D 打印技术符合现代和未来制造业对产品个性化、定制化、特殊化需求日益增加的发展趋势,被视为“一项将要改变世界的技术”,已引起全球关注。

3D 打印技术将使制造活动更加简单,使得每个家庭、每个人都有可能成为创造者。这一发展方向将给社会的生产和生活方式带来新的变革,同时将对制造业的产品设计、制造工艺、制造装备及生产线、材料制备、相关工业标准、制造企业形态乃至整个传统制造体系产生全面、深刻的影响:①拓展产品创意与创新空间,优化产品性能;②极大地降低产品研发创新成本、缩短创新研发周期;③能制造出传统工艺无法加工的零部件,极大地增加工艺实现能力;④与传统制造工艺结合,能极大地优化和提升工艺性能;⑤是实现绿色制造的重要途径;⑥将全面改变产品的研发、制造和服务模式,促进制造与服务融合发展,支撑个性化定制等高级创新制造模式的实现。

随着 3D 打印技术在各行各业的广泛应用,社会对相关专业技能人才的需求也越来越旺盛,很多应用型本科院校和高职高专院校都迫切希望开设 3D 打印专业(方向)。但是目前没有一套完整的适合该层次人才培养的教材。为此,我们组织了相关专家和高校的一线教师,编写了这套 3D 打印技术教材,希望能够系统地讲解 3D 打印及相关应用技术,培养出满足社会需求的 3D 打印人才。

在这套教材的编写和出版过程中,得到了很多单位和专家学者的支持和帮助,西安交通大学卢秉恒院士担任本套教材的顾问,很多在一线从事 3D 打印技术教学工作的教师参与了具体的编写工作,也得到了许多 3D 打印企业和湖北省 3D 打印产业技术创新战略联盟等行业组织的大力支持,在此不一一列举,一并表示感谢!

我们希望该套教材能够比较科学、系统、客观地向读者介绍 3D 打印这一新兴制造技术,使读者对该技术的发展有一个比较全面的认识,也为推动我国 3D 打印

技术与产业的发展贡献一份力量。本套书可作为应用型高校机械工程专业、材料工程专业及职业教育制造工程类的教材与参考书,也可作为产品开发与相关行业技术人员的参考书。

我们想使本套书能够尽量满足不同层次人员的需要,故涉及的内容非常广泛,但由于我们的水平和能力有限,编写过程中的疏漏和不足在所难免,殷切地希望同行专家和读者批评指正。

史玉升

2017年7月于华中科技大学

前言

“改变未来”的 3D 打印技术与创客这两个广受关注的对象,在现实社会中,早已紧密地结合在一起。创客借助 3D 打印技术,完成了自己身份的进一步定位,而 3D 打印技术也借助创客的双手,完善了自己并不断拓展其应用范围。3D 打印技术与创客的相伴,为我国的“双创”添砖加瓦,相辅相成。但要把它结合在一起,在理论上将其结构梳理清晰,并编撰成教材,还没有人尝试过,对作者来说,这的确是一个全新的挑战。

创新创业是当今中国的一个热门话题,本书企图从最好的创业帮手——“3D 打印”的角度,围绕 3D 打印助力创新创业者的方式、方法和途径展开,全面阐述 3D 打印技术、创新创业者、创新创业助力机构三者之间的关联与合作的关系;为了帮助读者学习并指导 3D 打印技术的实际应用,书中没有过多理论的论述,而用大量最新的实例,从多个侧面介绍 3D 打印在解决创新创业者遇到问题时的作用和过程,以此来帮助创新创业者,开拓他们的思路,争取利用 3D 打印技术开创应用的新领域和新途径,为新时代的创业者能够创业成功提供有力的帮助和保障。

面对双创热潮,我国的高等学校已经普遍开展了创新创业教育,作为 3D 打印技术的研究人员和教育工作者,我们很乐意推动 3D 打印技术在“双创”中起到更好的作用,促进 3D 打印技术进一步推动我国社会生活和国民经济的发展,觉得这是研究人员和教育工作者应该做的事情,但又倍感困难。对于这样的一个选题,从每章、每节的编排,到内容的取舍,都进行了多次重写和修改,还是觉得有许多内容应该写进书里,有些内容还需要精炼,有些观点和提法,甚至有些叙述都有再推敲的必要,以使书稿内容更加完善。但是,由于作者的水平和时间有限,本书的疏漏和不足之处在所难免,希望大家不吝批评指正,留待以后再改版时进一步完善。

本书的编写安排为:项目一至项目四由陈森昌撰写,项目五由陈曦撰写。全书由陈森昌统一修改、审定。陈曦审阅了全部书稿,并提出了修改意见。学生许青云帮助收集、整理了大量的资料,硕士生张海荣也帮助收集和整理了部分资料,

在此对他们的辛勤工作表示由衷的感谢。书中所列举的事例，一部分是作者团队的研究积累，一部分来自参考文献，还有一部分来自行业报道。在此，编者对所参考的书籍、论文和报道的作者表示最衷心的感谢。

作者希望本书的出版能对创新创业者和 3D 打印爱好者有所帮助和裨益。本书既可以作为应用型高校学生学习和培训的教材，也可以作为创新创业者、3D 打印从业人员或 3D 打印爱好者，甚至创新创业管理机构管理人员的参考书籍。

编者

2017 年 8 月

目 录

项目一 3D 打印的原理与优势	(1)
任务 1.1 3D 打印的原理与优势认知	(2)
任务描述	(2)
知识准备	(2)
1. 3D 打印的起源	(2)
2. 3D 打印的过程	(2)
3. 可用于 3D 打印的材料	(4)
任务实施	(8)
1. 3D 打印的原理	(8)
2. 3D 打印的独特优势	(8)
3. 3D 打印的局限性	(10)
任务 1.2 3D 打印常用的方法	(12)
任务描述	(12)
任务实施	(12)
1. 常用 3D 打印方法简介	(12)
2. 各种 3D 打印方法的优、缺点	(16)
任务 1.3 3D 打印的应用实例	(17)
任务描述	(17)
任务实施	(17)
1. 医学应用	(17)
2. 生活设计应用	(18)
项目小结	(20)
项目二 创客的概念和要求	(21)
任务 2.1 创客的基本概念和任务认知	(21)
任务描述	(21)
知识准备	(22)
1. 创客理念	(22)
2. 影响创客的因素	(22)
3. 创客的发展状况	(23)
任务实施	(23)
1. 创客的基本概念和内涵	(23)

2. 创客的分类和模式	(24)
3. 创客需要的支持	(25)
任务 2.2 创客空间的基本要求	(26)
任务描述	(26)
知识准备	(26)
1. 促进创业资源对接	(26)
2. 支持创业团队的组建	(26)
3. 支撑创业项目开发	(27)
4. 促进创新文化发展	(27)
任务实施	(27)
1. 创客空间的概念和内涵	(27)
2. 创客空间的特点与作用	(28)
3. 创客空间为创客提供的帮助	(29)
4. 创客空间及运营	(30)
5. 国内创客空间实例介绍	(32)
任务 2.3 3D 打印与创客空间	(34)
任务描述	(34)
任务实施	(34)
1. 3D 打印在创客空间的作用	(34)
2. 3D 打印在创客和创客空间的重要地位	(35)
3. 3D 打印正在帮助创新者成为创客	(36)
项目小结	(37)
项目三 创业者的需求与 3D 打印	(39)
任务 3.1 创新创业的特点和需求认知	(39)
任务描述	(39)
知识准备	(40)
任务实施	(40)
1. “双创”的概念和内涵	(40)
2. “双创”的现实需要	(41)
3. 创新创业的特点和问题	(42)
4. 创新创业的支持需求	(43)
任务 3.2 3D 打印在生物学上的应用	(44)
任务描述	(44)
知识准备	(44)
1. 3D 打印技术的特点	(44)
2. 3D 打印技术快速发展	(45)

3. 3D 打印技术的未来趋势	(45)
任务实施	(47)
1. 体外模型	(47)
2. 手术导板	(48)
3. 永久植入物的个性化制造	(51)
4. 3D 打印药品	(53)
任务 3.3 3D 打印快速制定产品设计方案	(54)
任务描述	(54)
知识准备	(55)
1. 产品设计概念	(55)
2. 3D 打印技术在个性化创意设计中的优势	(55)
任务实施	(56)
1. 设计原型的评审验证	(56)
2. 手板模型的快速制作	(58)
3. 允许快速、反复修改产品设计	(59)
任务 3.4 3D 打印制作小批量产品用于展示和试销	(60)
任务描述	(60)
任务实施	(60)
1. 3D 打印制造塑料件	(60)
2. 3D 打印制造金属零件	(62)
项目小结	(65)
项目四 3D 打印与创业孵化器	(67)
任务 4.1 孵化器的功能和特点认知	(67)
任务描述	(67)
知识准备	(68)
1. 对孵化器的认知	(68)
2. 孵化器的发展	(68)
3. 孵化器的阶段划分	(69)
4. 孵化器背后支持	(69)
任务实施	(69)
1. 孵化器的概念和内涵	(69)
2. 孵化器应具备的条件	(70)
3. 孵化器的基本作用	(70)
4. 孵化器的类型	(71)
5. 企业孵化器的功能	(72)
6. 企业孵化器的服务种类	(73)

任务 4.2 3D 打印技术助力孵化器	(74)
任务描述	(74)
任务实施	(74)
1. 3D 打印推动孵化器的发展	(74)
2. 3D 打印技术达成创新创业梦想	(77)
任务 4.3 利用 3D 打印技术快速帮助创业者	(79)
任务描述	(79)
任务实施	(79)
1. 3D 打印人像	(79)
2. 使用 3D 打印技术开发出更为舒适的高跟鞋	(80)
3. 使用 3D 打印的人造皮肤来测试化妆品	(81)
4. 3D 打印帮助制作显微镜	(82)
5. 3D 打印太阳能灯	(82)
6. 3D 打印技术打造新型的汽车座椅	(83)
7. 3D 打印进校园	(85)
项目小结	(86)
项目五 “互联网+3D 打印”服务	(87)
任务 5.1 “互联网+3D 打印”服务优势认知	(88)
任务描述	(88)
知识准备	(88)
1. 互联网的发展	(88)
2. 国外 3D 打印服务平台	(88)
任务实施	(91)
1. 互联网的特点	(91)
2. “互联网+”的内涵和国家行动计划	(92)
3. “互联网+”与 3D 打印如何融合	(94)
4. “互联网+3D 打印”的优势	(95)
任务 5.2 “互联网+3D 打印”服务于创客	(96)
任务描述	(96)
知识准备	(96)
互联网+创客空间的特点	(96)
任务实施	(97)
1. “互联网+3D”打印降低服务门槛	(97)
2. 便于创客的学习交流	(97)
3. 3D 打印创客实验室的建设方案	(98)
4. 创客利用 3D 打印创新的实例	(100)

任务 5.3 “互联网+3D 打印”服务于创客空间	(106)
任务描述	(106)
知识准备	(106)
1. 利用 3D 打印创业的原则	(106)
2. 3D 打印创业的可能途径	(107)
任务实施	(108)
1. 为创业者带来机会	(108)
2. 为创业者带来速度	(108)
3. 3D 打印帮助创业者的实例	(109)
任务 5.4 “互联网+3D 打印”用于制造小批量产品	(116)
任务描述	(116)
任务实施	(116)
1. 满足顾客个性化、小批量、规模化定制化的需求	(116)
2. 保持高效率与成本可接受	(119)
3. 3D 打印制造小批量产品的实例	(120)
项目小结	(127)
参考文献	(129)

未来无限的想象空间。打印对象的广泛性,使 3D 打印这项技术在商业上得到了全新的发展。与传统的制造过程相比,3D 打印技术也具有明显的优势。

本项目通过对 3D 打印设备的基本概念、原理、打印流程及典型应用案例的详细介绍,使学生对 3D 打印有一个全面的了解,充分认识 3D 打印在当今社会和科技发展中所起的主要作用。

项目目标

- (1)掌握 3D 打印技术的原理、优势与局限。
- (2)熟悉常见的 3D 打印方法及其相应优缺点。
- (3)初步认识 3D 打印的应用及其在创新创业中的问题与局限。

知识目标

- (1)掌握常见 3D 打印原理、方法及成型过程。
- (2)熟悉常见的 3D 打印设备和使用。

能力目标

- (1)能够搭建 3D 打印设备。
- (2)能利用 3D 打印解决应用中的需求和问题。

项目一 3D 打印的原理与优势

3D 打印是飞速发展的一项数字驱动新技术,它颠覆了传统成形方法的局限;近些年来,3D 打印已经成为一种热潮,引起越来越多人的关注。

例如,在 2012 年 12 月上映的电影《十二生肖》中,有这样一段镜头让人大呼神奇:成龙戴了一副具有扫描功能的手套,从头到尾触摸了兽首中的羊头头像,生成了三维羊头的电子模型,然后将其三维数据输入电脑,电脑控制一台机器,便几乎同步制造出了逼真的兽首复制品。人们不禁对这一新奇技术赞叹不已。而真实场景中的这一幕使用的正是 3D 打印技术。如今在许多领域,这一技术已被广泛运用。

相比起传统意义上的成形设备,3D 打印机可以打印日常生活用品、办公用品、工业用品,甚至是建筑、人体组织,等等。最新 3D 打印技术的发展,带给人们未来无限的想象空间。打印对象的广泛性,使 3D 打印这项技术在商业上得到了全新的发展,与传统的商业化模式比,3D 打印技术也具有独特的优势。

本项目通过对 3D 打印技术的基本概念、原理、打印方法和应用实例的详细介绍,使学生对 3D 打印有一个初步的了解,并认识到 3D 打印在当今社会和科技发展中所起的主要作用。

项目目标

- (1)掌握 3D 打印技术的原理、优势与局限性。
- (2)熟悉常见的 3D 打印方法及其相应的优缺点。
- (3)初步认识 3D 打印的应用及其在创新创业中的促进作用。

知识目标

- (1)掌握常见 3D 打印原理、方法及成形过程。
- (2)熟悉常见的 3D 打印设备和使用。

能力目标

- (1)能熟练运用 3D 打印设备。
- (2)能利用 3D 打印解决应用中的需求和问题。

任务 1.1 3D 打印的原理与优势认知



任务描述

了解 3D 打印的基本概念、基本原理、优势等相关知识,有利于后面展开对 3D 打印技术的详细学习。



知识准备

1. 3D 打印的起源

3D 打印技术的核心思想起源于 19 世纪末的美国,又被称为快速成形技术和增材制造技术。随着计算机技术、激光技术和新材料的发展,3D 打印技术已经从最早的立体光固化(SLA)发展出分层实体制造(LOM)、选择性激光烧结(SLS)、熔融沉积制造(FDM)以及三维印刷(3DP)五种常见的经典 3D 打印工艺方法。

3D 打印技术的发展历程如下:

1984 年,Charles Hull 研发了 3D 打印技术。1986 年,Charles Hull 发明了利用紫外线照射将树脂凝固成形,以此来制造物体的技术,将其命名为立体光刻技术,并获得了专利,随后成立了 3D Systems 公司;同年,Helisys 公司的 Michael Feygin 研发了分层实体制造(LOM)技术。1988 年,3D Systems 公司开发并生产了第一台 3D 打印机 SLA-250 设备,向公众出售;同年,Scott Crump 研发了熔融沉积制造(FDM)技术。1989 年,Scott Crump 成立了 Stratasys 公司;同年,C. R. Dechard 博士发明了选择性激光烧结(SLS)技术。1991 年,Helisys 公司售出了第一台分层实体制造(LOM)系统。1992 年,Stratasys 公司售出了首批基于 FDM 的 3D 打印机器;同年,DTM 公司售出了第一台 SLS 系统。1993 年,麻省理工学院教授 Emanuel Sachs 创造了三维印刷(3DP)技术的雏形,将陶瓷或金属粉末通过黏结剂黏在一起成形;1995 年,麻省理工学院毕业生 Jim Brecht 和 Tim Anderson 修改了喷墨打印件方案,变为将约束溶剂挤压到粉末床,而不是将墨水挤压到纸上,改良出新的 3DP 技术,随后创立了 Z Corporation。至此,5 种常见的 3D 打印技术方法都已经出现并产业化,此后对其技术不断改进完善。

2012 年开始,3D 打印开始进入快速发展的阶段,新的技术原理和方法层出不穷,新的设备不断被开发出来,3D 打印企业如雨后春笋,领先的企业进入规模化发展进程。

2. 3D 打印的过程

(1) 第一步:三维模型设计。

三维模型可由两种方法获得：一种是通过计算机建模软件构建三维模型，设计软件可以是常用的 CAD 软件，例如 SolidWorks、Pro/E、UG、POWERSHAPE 等，称作正向设计；另一种是通过逆向工程获得三维模型，称为逆向设计。得到各种文件格式的三维模型后，再将设计好的三维模型保存为 STL 文件格式，图 1-1-1 为其他文件格式转换成 STL 文件格式转换示意图。STL 文件使用三角面来近似模拟物体的表面，三角面越小其生成的表面分辨率越高。

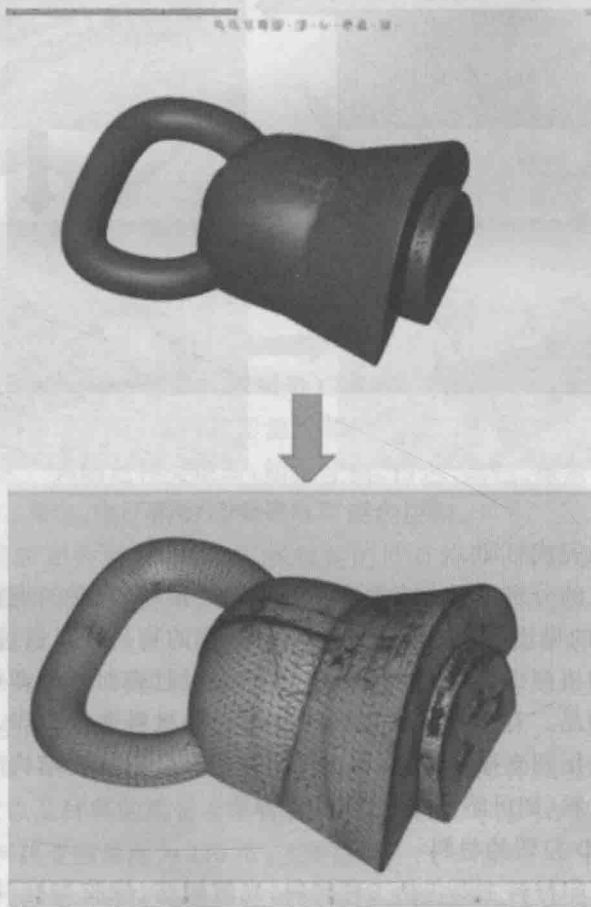


图 1-1-1 其他文件格式转换成 STL 文件格式

(2) 第二步：切片处理。

将建成的三维模型“分切”成逐层的截面，即切片。如图 1-1-2 所示为采用 Cura 软件进行的三维模型切片预览图示。打印机通过读取计算机文件中的横截面信息，用液体状、粉状或片状的材料将这些截面形状逐层地打印出来，再将各层截面以各种方式黏合起来从而制造出一个实体。这种技术的特点在于其可以造出任意复杂形状的物品，制造过程与零件本身的复杂程度几乎无关。打印机打出的截面的厚度（即 Z 方向）以及平面方向（即 X-Y 方向）的分辨率是以 dpi（像素每

英寸)或者微米来计算的。一般的厚度为 $100\text{ }\mu\text{m}$, 即 0.1 mm , 也有部分打印机如 ObjetConnex 系列还有三维 Systems' ProJet 系列可以打印出 $16\text{ }\mu\text{m}$ 厚一层。而平面方向则可以打印出更高的分辨率。

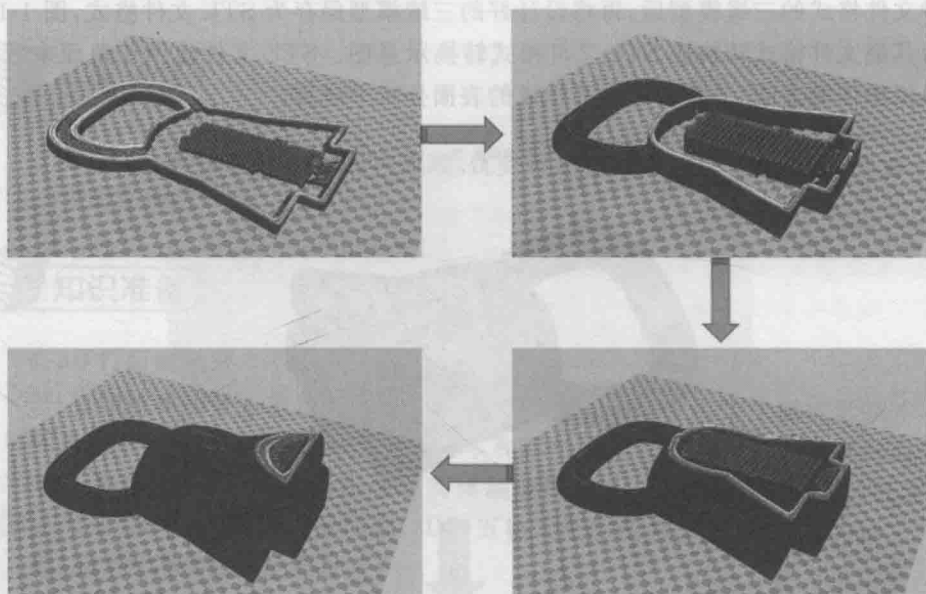


图 1-1-2 三维模型切片预览

(3) 第三步: 完成打印。

三维打印机的分辨率对大多数应用来说已经足够(弯曲的表面可能会比较粗糙, 类似图像上的锯齿一样), 要获得更高分辨率的物品可以通过如下方法: 先用当前的三维打印机打出稍大一点的物体, 再稍微经过表面打磨即可得到表面光滑的“高分辨率”物品。有些技术可以同时使用多种材料进行打印。有些技术在打印的过程中还会用到支撑结构, 比如在打印一些有悬空状的结构时就需要用到一些易于除去的材料(如可溶的材料)作为支撑物。

3. 可用于 3D 打印的材料

目前, 3D 打印材料主要包括工程塑料、光敏树脂、橡胶类材料、金属材料 and 陶瓷材料等, 除此之外, 彩色石膏材料、人造骨粉、细胞生物原料以及砂糖等食品材料也在 3D 打印领域得到了应用, 随着技术的进步, 伴随着新的方法和新技术的发展, 新材料也不断出现, 如建筑材料。

3D 打印所用的这些原材料都是专门针对 3D 打印设备和工艺而研发的, 与普通的塑料、石膏、树脂等有所区别, 其形态一般有粉末状、丝状、层片状、液体状等。通常, 根据打印设备的类型及操作条件的不同, 所使用的粉末状 3D 打印材料的粒径为 $1\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 不等, 而为了使粉末保持良好的流动性, 一般要求粉末具有高球形度。