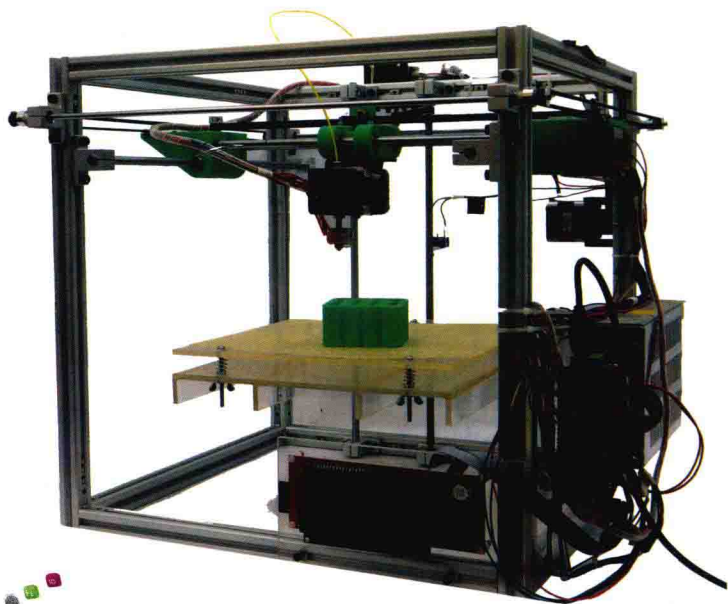


青少年科技创新丛书



玩转3D设计 和3D打印

刘玉田 编著



清华大学出版社

青少年科技创新丛书

玩转3D设计 和3D打印

刘玉田 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书详细展示了自制3D打印机的设计和制作过程,帮助读者充分理解3D打印原理、打印机硬件和电子系统;将3D设计软件“中望3D”的学习,融入自制打印机项目和作品案例中,突破了“学”和“用”之间的障碍;详细讲解了主流3D打印机MakerBot的操作技巧和使用经验,提供了丰富的作品设计案例和打印技巧,以及3D打印中常见难题的解决方法。

本书适用于没有3D设计和打印经验的初学者、需要提高3D打印技巧的进阶者、DIY 3D打印机的爱好者。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

玩转3D设计和3D打印/刘玉田编著. —北京:清华大学出版社,2016

(青少年科技创新丛书)

ISBN 978-7-302-43210-4

I. ①玩… II. ①刘… III. ①三维—设计—青少年读物 ②立体印刷—印刷术—青少年读物
IV. ①J506 ②TS853

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第037562号

责任编辑:帅志清

封面设计:刘莹

责任校对:李梅

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:北京亿浓世纪彩色印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.5 字 数:398千字

版 次:2016年11月第1版 印 次:2016年11月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:66.00元

产品编号:063942-01

《青少年科技创新丛书》 编委会

主 编：郑剑春

副主编：李梦军 葛 雷

委 员：（按拼音排序）

曹 双	冯清扬	付丽敏	高 山
景维华	李大维	李 璐	梁志成
刘佳鑫	刘 京	刘玉田	吕荣超
毛 勇	曲峻莹	王德庆	王家文
王建军	王君英	王 丽	魏晓晖
吴俊杰	向 金	谢作如	修金鹏
徐 炜	叶 琛	于方军	张春昊
张源生	张政楨	赵 亮	赵小波



序 (1)

吹响信息科学技术基础教育的号角

(一)

信息科学技术是信息时代的标志性科学技术。信息科学技术在社会各个活动领域广泛而深入的应用,就是人们所熟知的信息化。信息化是 21 世纪最为重要的时代特征。作为信息时代的必然要求,它的经济、政治、文化、民生和安全都要接受信息化的洗礼。因此,生活在信息时代的人们应当具备信息科学的基本知识和应用信息技术的基础能力。

理论和实践表明,信息时代是一个优胜劣汰、激烈竞争的时代。谁先掌握了信息科学技术,谁就可能在激烈的竞争中赢得制胜的先机。因此,对于一个国家来说,信息科学技术教育的成败优劣,就成为关系国家兴衰和民族存亡的根本所在。

同其他学科的教育一样,信息科学技术的教育也包含基础教育和高等教育两个相互联系、相互作用、相辅相成的阶段。少年强则国强,少年智则国智。因此,信息科学技术的基础教育不仅具有基础性意义,而且具有全局性意义。

(二)

为了搞好信息科学技术的基础教育,首先需要明确:什么是信息科学技术?信息科学技术在整个科学技术体系中处于什么地位?在此基础上,明确:什么是基础教育阶段应当掌握的信息科学技术?

众所周知,人类一切活动的目的归根结底就是要通过认识世界和改造世界,不断地改善自身的生存环境和发展条件。为了认识世界,就必须获得世界(具体表现为外部世界存在的各种事物和问题)的信息,并把这些信息通过处理提炼成为相应的知识;为了改造世界(表现为变革各种具体的事物和解决各种具体的问题),就必须根据改善生存环境和发展条件的目的,利用所获得的信息和知识,制定能够解决问题的策略并把策略转换为可以实践的行为,通过行为解决问题,达到目的。

可见,在人类认识世界和改造世界的活动中,不断改善人类生存环境和发展条件这个目的是根本的出发点与归宿,获得信息是实现这个目的的基础和前提,处理信息、提炼知识和制定策略是实现目的的关键与核心,而把策略转换成行为则是解决问题、实现目的的最终手段。不难明白,认识世界所需要的知识、改造世界所需要的策略以及执行策略的行为是由信息加工分别提炼出来的产物。于是,确定目的、获得信息、处理信息、提炼知识、制定策略、执行策略、解决问题、实现目标,就自然地成为信息科学技术的基本任务。

这样,信息科学技术的基本内涵就应当包括:①信息的概念和理论;②信息的地位和



作用,包括信息资源与物质资源的关系以及信息资源与人类社会的关系;③信息运动的基本规律与原理,包括获得信息、传递信息、处理信息、提炼知识、制定策略、生成行为、解决问题、实现目标的规律和原理;④利用上述规律构造认识世界和改造世界所需要的各种信息工具的原理和方法;⑤信息科学技术特有的方法论。

鉴于信息科学技术在人类认识世界和改造世界活动中所扮演的主导角色,同时鉴于信息资源在人类认识世界和改造世界活动中所处的基础地位,信息科学技术在整个科学技术体系中显然应当处于主导与基础双重地位。信息科学技术与物质科学技术的关系,可以表现为信息科学工具与物质科学工具之间的关系:一方面,信息科学工具与物质科学工具同样都是人类认识世界和改造世界的基本工具;另一方面,信息科学工具又驾驭物质科学工具。

参照信息科学技术的基本内涵,信息科学技术基础教育的内容可以归结为:①信息的基本概念;②信息的基本作用;③信息运动规律的基本概念和可能的实现方法;④构造各种简单信息工具的可能方法;⑤信息工具在日常活动中的典型应用。

(三)

与信息科学技术基础教育内容同样重要甚至更为重要的问题是要研究:怎样才能使中小学生真正喜爱并能够掌握基础信息科学技术?其实,这就是如何认识和实践信息科学技术基础教育的基本规律的问题。

信息科学技术基础教育的基本规律有很丰富的内容,其中的两个重要问题:一是如何理解中小学生的一般认知规律;二是如何理解信息科学技术知识特有的认知规律和相应能力的形成规律。

在人类(包括中小学生)一般的认知规律中,有两个普遍的共识:一是“兴趣决定取舍”;二是“方法决定成败”。前者表明,一个人如果对某种活动有了浓厚的兴趣和好奇心,就会主动、积极地探寻奥秘;如果没有兴趣,就会放弃或者消极应付。后者表明,即使有了浓厚的兴趣,如果方法不恰当,最终也会导致失败。所以,为了成功地培育人才,激发浓厚的兴趣和启示良好的方法都非常重要。

小学教育处于由学前的非正规、非系统教育转为正规的系统教育的阶段,原则上属于启蒙教育。在这个阶段,调动兴趣和激发好奇心理更加重要。中学教育的基本要求同样是要不断调动学生的学习兴趣和激发他们的好奇心理,但是这一阶段越来越重要的任务是要培养他们的科学思维方法。

与物质科学技术学科相比,信息科学技术学科的特点是比较抽象、比较新颖。因此,信息科学技术的基础教育还要特别重视人类认识活动的另一个重要规律:人们的认识过程通常是由个别上升到一般,由直观上升到抽象,由简单上升到复杂。所以,从个别的、简单的、直观的学习内容开始,经过量变到质变的飞跃和升华,才能掌握一般的、抽象的、复杂的学习内容。其中,亲身实践是实现由直观到抽象过程的良好途径。

综合以上几方面的认知规律,小学的教育应当从个别的、简单的、直观的、实际的、有趣的学习内容开始,循序渐进,由此及彼,由表及里,由浅入深,边做边学,由低年级到高年级,由小学到中学,由初中到高中,逐步向一般的、抽象的、复杂的学习内容过渡。



(四)

我们欣喜地看到,在信息化需求的推动下,信息科学技术的基础教育已在我国众多的中小学校试行多年。感谢全国各中小学校的领导和教师的重视,特别感谢广大一线教师们坚持不懈的努力,克服了各种困难,展开了积极的探索,使我国信息科学技术的基础教育在摸索中不断前进,取得了不少可喜的成绩。

由于信息科学技术本身还在迅速发展,人们对它的认识还在不断深化。由于受“重书本”“重灌输”等传统教育思想和教学方法的影响,学生学习的主动性、积极性尚未得到充分发挥,加上部分学校的教学师资、教学设施和条件还不够充足,教学效果尚不能令人满意。总之,我国信息科学技术基础教育存在不少问题,亟待研究和解决。

针对这种情况,在教育部基础司的领导下,我国从事信息科学技术基础教育与研究的广大教育工作者正在积极探索解决这些问题的有效途径。与此同时,北京、上海、广东、浙江等省市的部分教师也在自下而上地联合起来,共同交流和梳理信息科学技术基础教育的知识体系与知识要点,编写新的教材。所有这些努力,都取得了积极的进展。

《青少年科技创新丛书》是这些努力的一个组成部分,也是这些努力的一个代表性成果。丛书的作者们是一批来自国内外大中学校的教师和教育产品的创作者,他们怀着“让学生获得最好教育”的美好理想,本着“实践出兴趣,实践出真知,实践出才干”的清晰理念,利用国内外最新的信息科技资源和工具,精心编撰了这套重在培养学生动手能力与创新技能的丛书,希望为我国信息科学技术基础教育提供可资选用的教材和参考书,同时也为学生的科技活动提供可用的资源、工具和方法,以期激励学生学习信息科学技术的兴趣,启发他们创新的灵感。这套丛书突出体现了让学生动手和“做中学”的教学特点,而且大部分内容都是作者们所在学校开发的课程,经过了教学实践的检验,具有良好的效果。其中,也有引进的国外优秀课程,可以让学生直接接触世界先进的教育资源。

笔者看到,这套丛书给我国信息科学技术基础教育吹进了一股清风,开创了新的思路和风格。但愿这套丛书的出版能成为一个号角,希望在它的鼓动下,有更多的仁人志士关注我国的信息科学技术基础教育的改革,提供更多优秀的作品和教学参考书,开创一个百花齐放、异彩纷呈的局面,为提高我国的信息科学技术基础教育水平做出更多、更好的贡献。

钟义信

2013年冬于北京





序 (2)

探索的动力来自对所学内容的兴趣,这是古今中外之共识。正如爱因斯坦所说:一头贪婪的狮子,如果被人们强迫不断进食,也会失去对食物贪婪的本性。学习本应源于天性,而不是强迫地灌输。但是,当我们环顾目前教育的现状,却深感沮丧与悲哀:学生太累,压力太大,以至于使他们失去了对周围探索的兴趣。在很多学生的眼中,已经看不到对学习的渴望,他们无法享受学习带来的乐趣。

在传统的教育方式下,通常由教师设计各种实验让学生进行验证,这种方式与科学发现的过程相违背。那种从概念、公式、定理以及脱离实际的抽象符号中学习的过程,极易导致学生机械地记忆科学知识,不利于培养学生的科学兴趣、科学精神、科学技能,以及运用科学知识解决实际问题的能力,不能满足学生自身发展的需要和社会发展对创新人才的需求。

美国教育家杜威指出:成年人的认识成果是儿童学习的终点。儿童学习的起点是经验,“学与做相结合的教育将会取代传授他人学问的被动的教育”。如何开发学生潜在的创造力,使他们对世界充满好奇心,充满探索的愿望,是每一位教师都应该思考的问题,也是教育可以获得成功的关键。令人感到欣慰的是,新技术的发展使这一切成为可能。如今,我们正处在科技日新月异的时代,新产品、新技术不仅改变我们的生活,而且让我们的视野与前人迥然不同。我们可以有更多的途径接触新的信息、新的材料,同时在工作中也易于获得新的工具和方法,这正是当今时代有别于其他时代的特征。

当今时代,学生获得新知识的来源已经不再局限于书本,他们每天面对大量的信息,这些信息可以来自网络,也可以来自生活的各个方面,如手机、iPad、智能玩具等。新材料、新工具和新技术已经渗透到学生的生活中,这也为教育提供了新的机遇与挑战。

将新的材料、工具和方法介绍给学生,不仅可以改变传统的教育内容与教育方式,而且将为学生提供一个实现创新梦想的舞台,教师在教学中可以更好地观察和了解学生的爱好、个性特点,更好地引导他们,更深入地挖掘他们的潜力,使他们具有更为广阔的视野、能力和责任。

本套丛书的作者大多是来自著名大学、著名中学的教师和教育产品的科研人员,他们在多年的实践中积累了丰富的经验,并在教学中形成了相关的课程,共同的理想让我们走到了一起,“让学生获得最好的教育”是我们共同的愿望。



本套丛书可以作为各校选修课程或必修课程的教材,同时也希望借此为学生提供一些科技创新的材料、工具和方法,让学生通过本套丛书获得对科技的兴趣,产生创新与发明的动力。

丛书编委会

2013年10月8日





前 言

3D打印引领了制造技术的变革,正改变着世界,有人甚至称它会是开启第三次工业革命的钥匙。

改变世界,也许我们并不能立即感受到,但身边的变化确是真真切切的。2013年,我辅导学生参加FTC(FIRST科技挑战赛)比赛,美国FIRST官网在北京时间2013年9月8日夜里发布了赛季主题“BLOCK PARTY!”。比赛中,场地上要使用一种叫作“BLOCK”的任务装置——外形为边长5cm的立方体。熟悉FTC比赛的师生都知道,这些比赛器材要经代理商进口到国内,至少要在主题发布后40~60天才能交到我们手中,大部分人只能选择等待。我的学生当时就在官网下载了图纸和说明(不是3D模型),自己用3D设计软件画出了模型。第二天,也就是9月9日,他来学校上课的时候,把模型载入了学校技术实践中心的3D打印机,也就是一个多小时,模型打印完成了。那一刻,“与世界同步”是那么的真切!

2014年年初,几个学生参加国际青年物理学家竞赛(International Youth Physical Tournament, IYPT),其中一个竞赛题目是这样的:一个马鞍状的物体,“马鞍”的凹处放置一个乒乓球,当然这个乒乓球是放不稳的,会立刻滚落,当“马鞍”旋转起来后,乒乓球就能立住而不跌落。题目只给出现象,学生要自己找到“马鞍”的曲面形状,并进行理论解释。可以想象,技术实践中心又多了一堆3D打印出的“马鞍”,曲面各异。有了3D打印机的帮助,学生的想法几乎在第一时间(之所以没有说“立刻”,是因为目前的3D打印速度还不高,模型的打印时间还略长)就得以实现。如果用传统的铣削方式加工,时间成本和物质成本都会太高,甚至难以承受。

对青少年来说,3D打印机无疑是创新道路上的又一把利器。

就像武侠小说里的情节一样,拥有宝剑的不一定是侠客,还要练就一些本领。你会发现,真正开始使用3D打印机后,如果只是从网上下载几个模型并打印出来,这只是一种最低层次的应用。3D打印真正的意义在于制作自己的设计,这时候就要学习3D设计软件。你还会发现,3D打印机偶尔还有些“小脾气”,并不会乖乖地把模型“变出来”,这就需要我们去了解3D打印机的原理、相关的机械和电子知识、维护及使用的技巧等。

本书内容大致可分为以下三部分。

(1) 在借鉴了开源的3D打印机软、硬件基础上,尝试自己设计并制作一台3D打印机,借此了解3D打印机的工作原理。当然,作者在一开始就预见到了结果:这台打印机的性能一般,设计上甚至有缺陷。但创新的道路就是这样,不可能一开始就十分完美。很多人缺少的不是创新意识,而是迈出第一步的勇气。不要思前想后,有想法就要去实现



它,即使失败了,也能收获经验。

(2) 虽然读者使用的打印机各有不同,但目前的桌面式打印机的使用大同小异,本书结合主流的 MakerBot 3D 打印机,以案例的形式介绍打印机的操作方法和模型的打印技巧。

(3) 3D 设计软件的使用。软件的使用融入“3D 打印机”的设计、打印案例中,避免泛泛的讲解,突出实用性。

由于编者水平所限,书中难免存在疏漏和不足,恳请广大读者批评指正。

编者

2016 年 8 月





目 录

第 1 章 3D 打印概览	1
1.1 3D 打印概述	1
1.2 3D 打印的工艺类型	2
1.3 3D 打印的实现过程	4
1.3.1 用 CAD 工具进行设计	4
1.3.2 用 CAM 工具与打印机交互	5
第 2 章 设计一个 3D 打印机	6
2.1 中望 3D 软件基本操作	6
2.1.1 下载和安装“中望 3D 教育版”	6
2.1.2 软件初始界面	10
2.1.3 文件管理	11
2.2 “3D 打印机”建模——“8mm 光轴 360”	16
2.2.1 软件基础讲解 1——插入草图	16
2.2.2 “8mm 光轴 360”建模过程 1	19
2.2.3 软件基础讲解 2——绘制草图	20
2.2.4 软件基础讲解 3——约束	22
2.2.5 “8mm 光轴 360”建模过程 2	25
2.2.6 软件基础讲解 4	26
2.2.7 “8mm 光轴 360”建模过程 3	27
2.2.8 软件基础讲解 5	28
2.2.9 软件基础讲解 6	29
2.3 “3D 打印机”建模——“5mm 光轴 450”	31
2.4 “3D 打印机”建模——“8mm 光轴支座”	34
2.4.1 “8mm 光轴支座”建模过程 1	34
2.4.2 软件基础讲解 1——草图绘制思路	36
2.4.3 软件基础讲解 2——绘制多线段	36
2.4.4 “8mm 光轴支座”建模过程 2	36
2.4.5 软件基础讲解 3——设置背景色	37



2.4.6	“8mm 光轴支座”建模过程 3	37
2.4.7	软件基础讲解 4——选中图形元素	39
2.4.8	“8mm 光轴支座”建模过程 4	39
2.4.9	软件基础讲解 5——设置面的颜色	40
2.4.10	“8mm 光轴支座”建模过程 5	41
2.4.11	“8mm 光轴支座”建模过程 6	47
2.5	2D 工程图	50
2.5.1	2D 工程图基本设置	50
2.5.2	生成 2D 工程图	54
2.5.3	2D 工程图的标注	58
2.6	“3D 打印机”建模——12mm 光轴支座	61
2.7	“3D 打印机”建模——2020 梁 360、2020 梁 400	62
2.7.1	“2020 梁 360”的建模过程	63
2.7.2	“2020 梁 400”的建模过程	69
2.8	“3D 打印机”建模——框架装配	69
2.8.1	“框架装配”过程	69
2.8.2	软件基础讲解——关于装配	74
2.9	“3D 打印机”建模——Z 轴系统	77
2.9.1	“3D 打印机”建模——Z 轴丝杠	77
2.9.2	“3D 打印机”建模——丝杠螺母	81
2.9.3	“3D 打印机”建模——微型轴承、直线轴承(光轴轴承)	83
2.9.4	“3D 打印机”建模——42 步进电动机支架	87
2.9.5	“3D 打印机”建模——省略建模过程的零件	91
2.10	“3D 打印机”建模——装配	92
2.11	“3D 打印机”建模——X 轴系统	96
2.11.1	“3D 打印机”建模——中滑块	97
2.11.2	“3D 打印机”建模——右滑块、左滑块	102
2.11.3	“3D 打印机”建模——X 轴系统装配	107
2.12	“3D 打印机”建模——Y 轴系统	109
第 3 章	3D 打印机的电子系统	113
3.1	电子系统的组成	113
3.2	打印机的固件	129
3.2.1	下载相关资源	129
3.2.2	固件参数设置 1	132
3.2.3	阶段性调试	138
3.2.4	固件参数设置 2	140
3.2.5	开始打印	146





第 4 章 MakerBot 3D 打印机的使用	149
4.1 Replicator 2X 基本参数	149
4.2 MakerBot 官网资料	150
4.3 MakerBot 账户(MakerBot Account)	154
4.4 MakerBot Desktop	155
4.5 下载并打印一个模型	157
4.5.1 下载模型	157
4.5.2 选择打印机机型	158
4.5.3 添加模型	158
4.5.4 模型操作	160
4.5.5 打印参数设置	164
4.5.6 SD 卡打印	167
4.5.7 USB 直连打印	171
第 5 章 作品设计和打印技巧	172
5.1 个性手机壳	172
5.1.1 手机壳的设计	172
5.1.2 手机壳的打印	181
5.1.3 打印技巧	184
5.2 电池储存盒	190
5.2.1 电池储存盒的设计	190
5.2.2 电池储存盒的打印	198
5.2.3 ABS 材料无底座打印技巧	200
5.3 门塞	207
5.3.1 门塞的设计	207
5.3.2 门塞的打印	213
5.3.3 打印技巧——更换打印丝	214
5.4 小人儿牙刷架	218
5.4.1 小人儿牙刷架的设计	218
5.4.2 小人儿牙刷架的打印	222
5.4.3 打印技巧——喷头堵塞	223
5.5 “3D 打印机”项目中的零件打印	228
5.5.1 底座的作用	228
5.5.2 支撑的作用	230
5.5.3 模型的放置	231
5.5.4 公差控制	234
5.6 旋转套环	236





5.6.1	旋转套环的设计	237
5.6.2	旋转套环的打印	239
5.6.3	双色打印技巧	240
5.7	爱心戒指	249
5.7.1	爱心戒指的设计	249
5.7.2	爱心戒指的打印	256
5.7.3	PLA 打印	257
	结语	261
	参考文献	262



第 1 章 3D 打印概览

本章简单介绍 3D 打印的基础知识、概念,讲解 3D 打印的工艺类型,以及 3D 打印从设计到实现需要经历的过程,以使读者对 3D 打印有整体的了解。

1.1 3D 打印概述

3D 即三维(Three-dimensional),“维”即维度、方向。

直线是一维的,可以在直线上建立一个 X 轴,如图 1-1(a)所示,坐标 $P(x)$ 就能描述点 P 在直线上的位置。

平面是二维的,可以在平面上建立一个平面直角坐标系 XOY ,如图 1-1(b)所示,坐标 $P(x,y)$ 就能描述点 P 在平面上的位置。

空间是三维的,可以在空间里建立一个空间直角坐标系,如图 1-1(c)所示,坐标 $P(x,y,z)$ 就能描述点 P 在空间的位置。三维是最熟悉的,因为我们就生活在三维空间里,生活中常用左右、前后、上下 3 个方向来描述,用长、宽、高来度量。

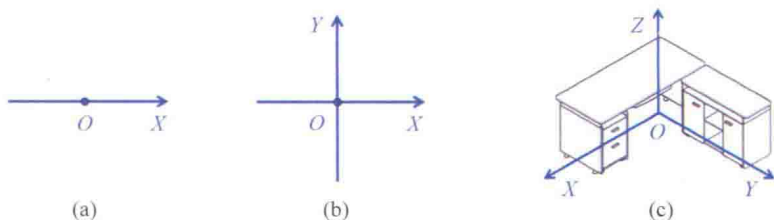


图 1-1 坐标轴和坐标系

要理解 3D 打印,先要了解“减材制造”和“增材制造”两种制造方式。

什么是“减材制造”?去餐厅吃饭,厨师会在盘子里放一个萝卜雕刻的花作为装饰。这朵花的原料是一整块萝卜,用刀具切除多余的部分,留下想要的造型,如图 1-2 所示,这就是减材制造。减材制造是制造业长期以来常用的加工方法,传统的车、铣、刨、钻、磨等切削加工方法都属于减材制造。

什么是“增材制造”?蛋糕店的师傅在做奶油蛋糕时,会用一个袋子装上奶油并从一个小口中挤出,就可以堆积出漂亮的造型,如图 1-3 所示,这就是增材制造。

3D 打印采用的就是增材制造技术。根据材料堆积方式的不同,又有多种工艺。但不论采用哪种工艺,都离不开一种思路——“切片”。图 1-4 是博物馆展出的切片标本,将生



图 1-2 萝卜雕花(图片来自网络)



图 1-3 蛋糕裱花(图片来自网络)



图 1-4 鱼的切片标本

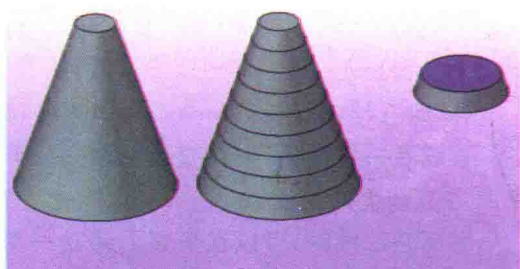


图 1-5 对圆台切片

物标本沿某个方向按一定厚度切成薄片,观察其中的某一片,就可以看到该位置的生物组织。3D 打印技术的基本思路就是“切片”,计算机先将物体(实际上是物体的虚拟设计文件)沿 Z 轴方向切成薄片,这些薄片平行于 XOY 平面,如图 1-5 所示。加工时,先制造最底下的那层薄片(二维),再在上方制造一层薄片,就这样自下而上(第三维)逐层累加出三维实体。

1.2 3D 打印的工艺类型

下面是几种典型的 3D 打印技术。在这里,不追求全面罗列,也不考究技术出现的先后顺序,仅为了方便读者理解。

1. 分层实体制造

如图 1-5 所示的圆台,计算机将它沿高度方向(Z 轴)切片,每片都是一个薄薄的圆台(下大上小)。从理论上来说,只要切片足够薄,就可以认为圆台的上底面圆和下底面圆相同,这样的切片可以用激光切割薄片(纸、塑料或金属材料的薄片)获得。激光切割出所有的切片后,逐层叠加在一起就可以制造出三维实体,这就是分层实体制造(Laminated Object Manufacturing, LOM)工艺的原理。

LOM 工艺只需要使用激光束沿切片的轮廓进行切割,所以成型速度较快。但毕竟材料是有一定厚度的,堆叠出的造型表面有台阶纹理(原料越厚台阶纹理越明显),较难构建形状精细、多曲面的零件。

