

3D打印快速制造系列教材

快速成型及 真空注型技术与应用

主编 王永信



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

3D打印快速制造系列教材

快速成型及 真空注型技术与应用

主编 王永信



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书包括两部分。第一部分讲述了快速成型技术的分类和原理,介绍了光固化快速成型设备的软、硬件原理,设备操作以及维护。第二部分介绍了快速成型模型的后期处理方法,以及如何利用真空注型技术及低压模具技术实现产品的小批量制造。

本书是为学习快速成型(也称 3D 打印)技术而编写。书中全部实例均有详细的操作步骤及附图。本书符合应用型人才培养的需要,可作为应用型本科院校、高职高专院校、成人高校等机电一体化、数控技术、模具等机械类专业“快速成型技术”、“3D 打印技术”、“真空注型技术”或“快速软模制作”等课程的教材,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

快速成型及真空注型技术与应用/王永信主编.
—西安:西安交通大学出版社,2014.7
ISBN 978-7-5605-6336-7

I. ①快… II. ①王… III. ①快速成型技术
IV. ①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 134667 号

书 名	快速成型及真空注型技术与应用
主 编	王永信
责任编辑	刘雅洁 闫 康

出版发行	西安交通大学出版社 (西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址	http://www.xjtupress.com
电 话	(029)82668357 82667874(发行中心) (029)82668315 82669096(总编办)
传 真	(029)82668280
印 刷	陕西奇彩印务有限责任公司

开 本	727mm×960mm 1/16	印张	15.5	字数	280 千字
版次	2014 年 9 月第 1 版	2014 年 9 月第 1 次印刷			
书 号	ISBN 978-7-5605-6336-7/TB·79				
定 价	46.00 元				

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdly@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前 言

随着全球经济的进一步快速发展,制造业竞争日趋激烈,产品更新速度不断加快,生产方式趋于小批量、多品种,如何缩短研发生产周期并降低成本成了制造商首要考虑的问题。快速成型(rapid prototyping, RP)技术,也被称为“3D 打印”(3D Printing)技术,就是满足这一需要的技术之一。该技术的实施堪称 20 世纪后半期制造技术最重大的进展之一。RP 技术诞生 20 余年来已在制造业得到广泛应用。国内外制造企业如通用、福特、法拉利、丰田、麦道、IBM、AT&T、摩托罗拉、长安、华晨、一汽、上海电气、方太、步步高,均积极在产品设计开发过程中采用这项技术,进行新产品的设计检验、外观评审、装配实验、动态分析等。国内外军工企业也利用 RP 技术开展产品的光弹应力分析、风洞实验等,从而成功地实现了面向市场的产品造型设计敏捷化。

快速成型技术集成了 CAD 技术、数控技术、激光技术和材料技术等现代科技成果,是先进制造技术的重要组成部分。RP 技术可以在不用模具的条件下生成几乎任意复杂的零部件,极大地提高了生产效率和制造柔性。它可以在原始设计的基础上快速生成实物,也可以用来放大、缩小、修改和复制实物等。使设计师可从实物出发,快速找出不足,不断改进、完善设计。

真空注塑技术是先进制造技术的重要组成部分,它可直接根据 RP 生成模型快速生产样件或零件。真空注塑技术的主要特点是可以实现快速、低成本、小批量制造,从而优化零件的设计、缩短测试样件的制造周期。

但 RP 技术并未止步于工业应用,还可广泛地用于建筑、艺术、医学、日常生活等领域。将来有一天,孩子想要新玩具,老人想下象棋,你想换一个新杯子,而你所要做的不是去商店采购,只是下载几份图纸,然后在自家的 RP 设备上把它们制作出来。未来的医生需要为病人做器官移植手术时,手术前医生可以操作 RP 设备打印出需要的心脏瓣膜或肺。历史上很多发明都是颠覆性的,RP 就是这样。可以预见,在不久的将来,RP 技术及设备将像电脑一样改变我们的生活,改变世界。

我国在快速制造方面开展了大量的研究工作,国家“九五”、“十五”均有“激光快速成型制造研究开发”重点科技攻关项目,国家自然科学基金项目、国家 863 项目也在快速成型制造的 CAD 建模、分层数据处理、设备与工艺、材料合成与制备

等方面进行了大量的研究工作,有很好的研究基础,并已实现成果产业化,成立了快速制造国家工程研究中心,建设有国家教育部快速成型制造技术工程研究中心,国家科技部的快速成型生产力促进中心,国家科技部的快速成型制造网络信息中心。制造出了工业化样机,价格远低于国外设备,为这一技术的应用和设备的产业化打下了良好基础。国家自然科学基金专项基金支持宣传推广快速成型技术。目前已建成国家级西北 RP&M(快速成型制造)生产力促进中心,并在全国各地合作组建 30 多家 RP&M 技术服务中心。

全书编者均为在一线从事相关科研及教学工作多年的中青年教师。全书由西安交通大学王永信组织编写;第一部分由教育部快速成型工程研究中心牛磊磊编写;第二部分由西安交通大学修永明编写。长江学者特聘教授、西安交通大学李涤尘教授对书稿进行了审阅并提出了许多宝贵建议。参加编写的还有快速制造国家工程研究中心、教育部快速成型工程研究中心的李虎城、张冲、丁军涛等同志。在本书编写过程中集采众家之说,参考颇多,有些资料是参考互联网上发布或转发的信息,部分已无法查明出处,在此向原作者所付出的辛勤劳动表示衷心感谢。

本书注重创新,以突出操作技能为主导,立足于应用。书中全部实例均有详细的操作步骤及附图,读者可以依据本书进行操作练习,边学边练。由于笔者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在疏漏与不妥之处,敬请读者批评指正,以便在本书修订时予以完善。

(联系方式:market@china-rpm.com)

编 者

2013 年 12 月

目 录

第 1 章 快速成型技术及原理	(1)
1.1 推广快速成型技术的意义	(1)
1.2 快速成型的基本原理	(3)
1.3 快速成型技术的应用	(6)
1.4 快速成型的工艺方法.....	(10)
1.4.1 光固化成型法(SLA).....	(11)
1.4.2 熔积成型法(FDM)	(12)
1.4.3 选择性激光烧结(SLS)	(14)
1.4.4 三维印刷(TDP)	(15)
1.5 快速成型技术国内外发展现状及发展方向.....	(16)
1.5.1 国内外发展现状.....	(16)
1.5.2 未来发展方向.....	(16)
练习题	(17)
第 2 章 激光快速成型机的设计	(18)
2.1 光固化法快速成型的简介.....	(18)
2.1.1 光固化法快速成型的种类.....	(18)
2.1.2 激光固化快速成型的基本过程及系统功能设计.....	(18)
2.2 激光快速成型系统的硬件设计与制造.....	(21)
2.2.1 系统总体结构设计.....	(21)
2.2.2 激光扫描系统设计.....	(23)
2.2.3 托板升降系统设计.....	(25)
2.2.4 刮平系统设计.....	(25)
2.2.5 树脂加热系统.....	(26)
2.2.6 液位自动调整设计.....	(26)
2.2.7 系统的总装与调试.....	(26)
2.3 快速成型系统的软件组成.....	(27)
2.4 快速成型机立体光固化感光树脂体系.....	(27)

2.5 快速成型机的主要技术指标	(30)
练习题	(31)
第3章 激光快速成型机软件的操作	(32)
3.1 概述	(32)
3.2 RPData10.5 软件的介绍	(33)
3.2.1 版本及运行环境	(33)
3.2.2 软件安装	(33)
3.2.3 软件概貌及构成	(40)
3.3 数据处理	(41)
3.3.1 成型设备选择及模型加载	(41)
3.3.2 模型缺陷修补	(42)
3.3.3 造型方向或平台布局的确定方法	(45)
3.3.4 工艺支撑自动生成的方法	(46)
3.3.5 手工编辑支撑的工艺方法	(47)
3.3.6 分层处理	(50)
3.3.7 分层数据编辑	(51)
3.3.8 数据输出	(54)
3.4 控制软件 RPBuild 的操作说明	(55)
3.4.1 RPBuild 工作界面	(55)
3.4.2 RPBuild 操作过程说明	(56)
3.5 常用三维软件的 STL 文件的输出方法	(66)
3.5.1 UG NX 6 输出 STL 数据	(66)
3.5.2 Pro ENGINEER wildfire 4.0 输出 STL 数据	(67)
3.5.3 CATIA V5 输出 STL 数据	(68)
3.5.4 Geomagic studio 10 输出 STL 数据	(68)
3.5.5 3DS Max 输出 STL 文件	(69)
3.5.6 JewelCAD 珠宝设计软件输出 STL 文件	(70)
3.5.7 Poser 三维人体动画软件输出 STL 文件	(70)
3.5.8 通过 Mimics 将医学 CT 数据转化为 STL 数据	(70)
练习题	(72)
第4章 成型机的安装操作和维护常识	(73)
4.1 激光快速成型机的系统组成	(73)
4.2 工作环境要求	(73)

4.3	成型机安装说明	(73)
4.3.1	安装激光快速成型机的步骤	(73)
4.3.2	成型机拆卸与搬运步骤和注意事项	(74)
4.4	Z方向工作台	(75)
4.4.1	基本组成	(75)
4.4.2	维护保养	(75)
4.5	液位控制与涂层系统	(76)
4.5.1	液位控制部分	(76)
4.5.2	光敏树脂的使用说明	(76)
4.5.3	涂层机构	(76)
4.6	激光扫描系统的组成与调整	(78)
4.6.1	主要组成	(78)
4.6.2	光路简图	(78)
4.6.3	光路的调整与维护	(78)
4.6.4	精度的调整	(79)
4.6.5	机械机构维护	(79)
4.7	电路系统的维护和简单故障的排除	(79)
4.8	激光快速成型机制作零件流程	(80)
4.9	激光器操作说明	(82)
4.9.1	AOC 激光器操作流程	(82)
4.9.2	Explorer 激光器操作流程	(83)
4.10	制作实例	(84)
4.10.1	瓶盖快速成型实例演示	(84)
4.10.2	茶壶紫外光快速成型实例	(95)
	练习题	(101)
第5章	首版后处理技术简介	(102)
5.1	首版	(102)
5.1.1	首版的定义及来源	(102)
5.1.2	首版的作用	(102)
5.1.3	常用首版材料简介	(103)
5.1.4	首版分类	(104)
5.2	首版后处理的意义	(106)
5.3	首版后处理的必要性	(106)
5.3.1	增材制造原理	(106)

5.3.2	制造方向的选择	(107)
5.3.3	层叠机理	(107)
5.3.4	台阶效应	(108)
5.4	零件表面处理技术分类	(109)
5.5	零件表面后处理工艺	(109)
5.6	成型件后处理所使用的专业工具和专业设备	(113)
5.6.1	专业工具	(113)
5.6.2	耗材	(114)
5.6.3	量具	(114)
5.7	小结	(116)
	练习题	(121)
第 6 章	打磨后处理	(122)
6.1	准备工作	(122)
6.1.1	工作场合的准备工作	(122)
6.1.2	首版零件准备工作	(123)
6.1.3	操作者准备工作	(123)
6.2	手工打磨类型	(124)
6.2.1	干打磨	(124)
6.2.2	湿打磨	(124)
6.2.3	常用打磨材料	(125)
6.3	打磨工艺	(126)
6.3.1	粗打磨	(126)
6.3.2	中间打磨	(127)
6.3.3	精细打磨	(127)
6.3.4	抛光	(127)
6.4	机械、刀具辅助打磨	(128)
6.5	安全	(129)
6.6	小结	(129)
	练习题	(130)
第 7 章	涂覆工艺	(131)
7.1	简介	(131)
7.1.1	涂覆工艺的重要性	(131)
7.1.2	工艺流程	(133)

7.1.3	对工作场所的要求	(135)
7.1.4	对零件的要求	(136)
7.2	涂覆原料	(136)
7.3	工艺设备	(137)
7.3.1	主要设备	(137)
7.3.2	辅助设备和工具	(138)
7.3.3	有关设备的注意事项	(139)
7.4	工作防护	(139)
7.5	常见问题及解决方法	(139)
7.6	小结	(140)
7.7	案例	(141)
	练习题	(142)
第8章	喷漆工艺	(143)
8.1	简介	(143)
8.1.1	概念	(143)
8.1.2	喷枪	(143)
8.1.3	气源	(147)
8.1.4	喷漆工艺对环境的要求	(147)
8.2	工艺流程	(148)
8.2.1	准备工作	(149)
8.2.2	烘干	(150)
8.2.3	第一道底漆	(151)
8.2.4	补缺	(151)
8.2.5	第二道底漆	(152)
8.2.6	面漆	(152)
8.3	喷漆技巧	(154)
8.4	检验	(154)
8.4.1	检验方法	(154)
8.4.2	验收标准	(155)
8.5	油漆原料	(155)
8.5.1	常用首版用油漆	(155)
8.5.2	NC类ABS塑料漆	(156)
8.6	常见问题及解决方法	(156)
8.7	UV光敏树脂面处理工艺	(161)

8.8 小结	(164)
8.9 案例	(164)
练习题	(165)
第9章 刀具制造	(166)
9.1 型刀制作	(166)
9.1.1 刀具的类型	(166)
9.1.2 刀具材料	(168)
9.1.3 手工制作刀具的基本结构	(169)
9.1.4 刀具的几何角度	(170)
9.1.5 刀具的制作	(170)
9.2 各种型刀的使用	(172)
9.2.1 刀具使用方式	(172)
9.2.2 常用型刀适用范围	(172)
9.2.3 刀具使用注意事项	(175)
9.3 实例	(176)
练习题	(177)
第10章 快速模具制造	(178)
10.1 制作硅胶模具的原材料	(178)
10.1.1 有机硅胶简介	(178)
10.1.2 有机硅胶的用途	(180)
10.1.3 模具用硅胶应具备的特性	(181)
10.1.4 快速模具用脱模剂的要求	(181)
10.2 真空浇注成型	(182)
10.2.1 概念	(183)
10.2.2 真空注型的技术特点和用途	(183)
10.2.3 真空浇注箱和浇注系统	(184)
10.3 快速模具制造	(187)
10.3.1 快速模具类范畴	(187)
10.3.2 硅橡胶快速模具制造	(188)
10.3.3 硅橡胶模具制作工艺	(192)
10.3.4 快速模具制造总结	(196)
10.4 硅胶模具的制作案例	(196)
10.4.1 案例一	(196)

10.4.2 案例二	(200)
10.4.3 案例三	(203)
10.5 模具缺陷问题分析	(205)
练习题	(205)
第 11 章 硅胶模具快速零件制造	(206)
11.1 简介	(206)
11.1.1 多个首版的获得方式	(206)
11.1.2 制造零件材料	(207)
11.2 制造零件前的准备工作	(207)
11.3 零件制造	(213)
11.3.1 零件制造流程	(213)
11.3.2 零件制造工艺要点	(213)
11.3.3 真空浇注箱和浇注系统	(213)
11.3.4 真空成型件后处理	(214)
11.3.5 首版零件制作应注意的问题	(215)
11.3.6 零件缺陷问题分析	(215)
11.4 案例	(217)
11.5 成品一览	(220)
练习题	(222)
第 12 章 低压反应注射成型	(223)
12.1 简介	(223)
12.1.1 低压注射成型(RIM)工艺原理	(223)
12.1.2 低压反应注射设备	(223)
12.1.3 低压反应注射机工作流程	(224)
12.1.4 低压灌注成型零件工艺路线	(225)
12.2 低压灌注用料	(226)
12.2.1 模具用料	(226)
12.2.2 零件用料	(227)
12.3 低压灌注模具制作	(228)
12.3.1 制作方法	(228)
12.3.2 低压灌注玻璃钢模具制作	(229)
12.3.3 低压注塑成型工件缺陷分析	(230)
12.3.4 模具缺陷分析	(232)

12.4 低压灌注工艺特性.....	(232)
12.4.1 低压灌注工艺优点.....	(233)
12.4.2 RIM 工艺缺点	(233)
12.4.3 RIM 工艺生产制品特点	(234)
12.5 小结.....	(234)
练习题.....	(235)

第 1 章 快速成型技术及原理

1.1 推广快速成型技术的意义

在新产品的开发过程中,经常需要对所设计的零件或整个系统在投入大量资金组织加工或装配之前,制作一个样品或原型。这样做主要是因为生产成本昂贵,而且模具的生产需要花费大量的时间准备。因此,在准备制造和销售一个复杂的产品系统之前,快速成型制作的原型可以用于对产品设计进行评价、修改和功能验证。

一个产品的典型开发过程是从前一代的原型中发现错误或从进一步研究中发现更有效和更好的设计方案,而一件原型的生产极其费时,模具的准备需要几个月,一个复杂的零件用传统方法加工更是困难。例如,我国是一个家电消费大国,近年来引进成套技术和生产线,使我国拥有了一定的生产能力,但由于没有新产品的开发能力,使我国在产品更新换代中,每每落后。新产品的开发能力,不仅在于一个性能优良的产品设计,而更取决于将一个好产品迅速推向市场这一过程中的试制能力,即快速制造的能力。与家电一样,汽车工业发展的关键在于工模具的快速制造能力。国外拥有 CAD、RP&M(快速成型制造)等先进开发手段,机电产品开发周期一般为 3—6 个月,而我国现有的技术条件,则需 24 个月。RP&M 技术在我国开发与产业化、工程化应用,将以高新技术更新我国传统的制造业,给汽车工业、家电工业等制造业带来快速开发能力,促进这些支柱产业快速的发展。

快速成型(rapid prototyping)技术是 20 世纪 80 年代末及 90 年代初在美国形成的高新制造技术,其重要意义可与数控技术(CNC)相比,是直接根据 CAD 模型快速生产样件或零件的成组技术总称。它集成了 CAD 技术、数控技术、激光技术和材料技术等现代科技成果,是先进制造技术的重要组成部分。与传统制造方法不同,快速成型从零件的 CAD 几何模型出发,通过软件分层离散和数控成型系统,用激光束或其它方法将材料堆积而形成实体零件。由于它是把复杂的三维制造转化为一系列二维制造的叠加,因而可以在不用模具和工装的条件下生成几乎任意复杂的零部件,极大地提高了生产效率和制造柔性。

目前国际上对此技术的称谓有数种,如快速成型制造(rapid prototyping),薄层制造(layer manufacturing)、立体印制技术(stereo lithography apparatus)、三维

打印(3D printing)以及直接 CAD 制造技术(direct CAD manufacturing)等。目前商业化的主要成形工艺有立体光刻法(SL, stereo lithography)、叠层制造法(LOM, laminated object manufacturing)、选择性激光烧结法(SLS, selective laser sintering)、熔融沉积法(FDM, fused deposition modeling)、掩模固化法(SGC, solid ground curing)、三维印刷法(TDP, three dimensional printing)、喷粒法(BPM, ballistic particle manufacturing)等。

快速成型制造技术采用材料累加的新成型原理,直接由 CAD 数据制成三维实体模型。这一技术不需要传统的刀具、机床、夹具,便可快速而精密地制造出任意复杂形状的零件模型。RP 模型可用于设计评估和性能试验,也可以快速地进行翻制成模具,使企业形成小批量生产能力。用 RP&M 技术制造模型,可使成本下降为数控加工的 $1/3$ — $1/5$,周期缩短为 $1/5$ — $1/10$ 。RP&M 是一个由三维 CAD(或三维数模)→模型→模具→批量生产的高效率集成制造技术,能极大地提高企业新产品开发能力和市场竞争力。

RP&M 在美国、日本、欧洲已广泛应用于汽车、电子电器、航空航天、造船、医疗卫生等工业领域。全世界 RP 成型机销售量已达 3000 多台,已形成一个新产业。主要供应商为美国 3D SYSTEMS、日本 CMET、德国的 EOS 等公司。在美国,不仅大企业(如三大汽车公司、麦道、波音等)采用了 RP&M 技术,而且全国已建立了 200 多家专业小公司,以 RP&M 技术为广大中小企业的产品开发服务。统计资料表明,近三年来,RP&M 的市场营销以 59% 的速度递增,在研究和应用方面,开始由 RP 转向 RT(快速工模具制造 rapid tooling)。

关于 RP&M 的研究与开发,我国在快速成型制造方面开展了大量的研究工作,国家“九五”计划、“十五”计划,均有“激光快速成型制造研究开发”重点科技攻关项目,国家自然科学基金项目、国家 863 项目也在快速成型制造的 CAD 建模、分层数据处理、设备与工艺、材料合成与制备等方面进行了大量的研究工作,有很好的研究基础,并已实现成果产业化,建设有快速制造国家工程研究中心,教育部快速成型制造技术工程研究中心,国家科技部快速成型生产力促进中心,国家科技部快速成型制造网络信息中心。目前制造出了其工业化样机,价格远低于国外设备,为这一技术的应用和设备的产业化打下了良好基础。建成国家级西北 RP&M 生产力促进中心,并在苏州、沈阳、上海、深圳、重庆、宁波、广西、河南、新疆、潍坊等地合作组建一批 RP&M 技术服务中心。在此基础上又研发出利用固体激光器的 SPS 系列激光快速成型机,大大提高了加工速度,目前 SPS 型固体激光快速成型机将加工效率提高到 LPS 气体激光快速成型机效率的 3—5 倍,每小时生产零件重量最大可达 100 g,平均 40 g/h。

快速成型技术的优点:

1. 快速成型是一种使设计概念可视化的重要手段,计算机辅助设计的零件模型可以在很短的时间内被加工出来,从而可以很快地对设计结果进行评估验证。
2. 由于它是将复杂的三维型体转化为二维截面来解决的,因此,它能制造任意复杂形体的高精度零件,而无需任何工装模具。
3. 快速成型是一种重要的先进制造技术,当采用适当的材料时,原型可以被用在后续生产操作中以获得最终产品。
4. 快速成型技术可以应用于模具制造和精密铸造,可以快速、经济地获得模具。产品制造过程几乎与零件的复杂性无关,可实现自由制造(free-form fabrication),这是传统制造方法无法比拟的。

1.2 快速成型的基本原理

基于材料累加原理的快速成型技术实际上是一层一层地离散制造零件。为了形象化这种操作可以想象为:长城是由一层砖一层砖,层层累积而成的。快速成型有很多种工艺方法,但所有的快速成型工艺方法都是一层一层地制造零件,区别是制造每一层的方法和材料不同而已。

快速成型的一般工艺过程原理如下:

1. 三维模型的构造

在三维 CAD 设计软件(如 Pro/E、UG、CATIA、SolidWorks、SolidEdge、CAXA、AutoCAD 等)中获得描述该零件的 CAD 文件,如图 1-1 所示的三维零件,再输出格式为 STL 的数据模型(输出方法后面介绍)。

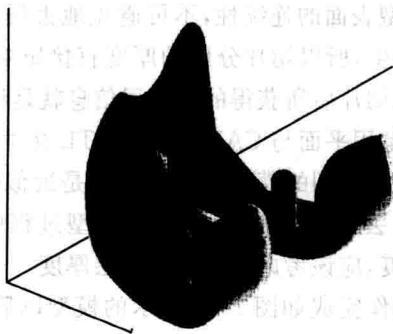


图 1-1 零件的三维模型

2. 三维模型的面型化处理

目前一般快速成型支持的文件输入格式为 STL 模型,即通过专用的分层程序将三维实体模型分层,也就是对实体进行近似处理,即所谓面型化(tessallation)处理,是用平面近似模型表面分层。如图 1-2 所示,分层切片是在选定了制作(堆积)方向后,对 CAD 模型进行二维离散,获取每一薄层的截面轮廓信息。这样处理的优点是大大地简化了 CAD 模型的数据信息,更便于后续的分层制作。由于它在数据处理上比较简单,而且与 CAD 系统无关,所以 STL 数据模型很快发展为快速成型制造领域中 CAD 系统与快速成型机之间数据交换的标准格式。

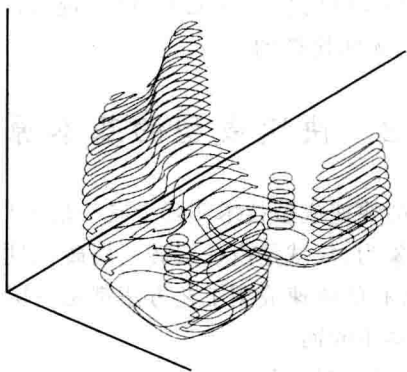


图 1-2 零件被分层离散

面型化处理,是通过一簇平行平面,沿制作方向将 CAD 模型相切,所得到的截面交线就是薄层的轮廓信息,而填充信息是通过一些判别准则来获取的。平行平面之间的距离就是分层的厚度,也就是成型时堆积的单层厚度。在这一过程中,由于分层破坏了切片方向 CAD 模型表面的连续性,不可避免地丢失了模型的一些信息,导致零件尺寸及形状误差的产生,所以切片分层的厚度直接影响零件的表面粗糙度和整个零件的型面精度。分层切片后所获得的每一层信息就是该层片上下轮廓信息及填充信息,而轮廓信息由于是用平面与 CAD 模型的 STL 文件(面型化后的 CAD 模型)求交获得的,所以,分层后所得到的模型轮廓线已经是近似的,而层层之间的轮廓信息已经丢失,层厚度越大,丢失的信息多,导致在成型过程中产生的型面误差越大。综上所述,为提高零件精度,应该考虑更小的切片层厚度。

以 Pro/E 为例,在制作完成如图 1-3 所示的模型以后,在文件下拉菜单中,选取保存副本,如图 1-4 所示的保存副本对话框,选取后缀. stl 格式,确定后,显示如图 1-5 所示的输出 STL 对话框,将弦高度和角度控制值尽可能取小,输出效果好。点击确定,STL 文件即生成。模型显示如图 1-6 所示。