

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

模 具 设 计 与 制 造 系 列



快速成形与 快速模具制造技术

王学让 杨占尧 主编
武良臣 主审

清华大学出版社



21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

模 具 设 计 与 制 造 系 列

快速成形与 快速模具制造技术

王学让 杨占尧 主编
武良臣 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书对快速成形和快速模具制造技术及其应用进行了系统、全面的介绍和论述。全书共分8章：分别介绍了快速成形和快速模具制造技术的基本问题；各主要快速成形系统的原理、所用材料、工艺过程和性能比较；快速成形的前处理与后处理；硅橡胶快速制模技术；金属电弧喷涂快速制模技术；金属树脂快速制模技术；其他快速制模技术；快速成形与快速模具制造技术的发展方向等内容。

本书可作为高等院校机械工程、材料成形及控制、管理工程、计算机等专业的专科和本科高年级学生教材，也可供从事计算机辅助设计与制造、模具设计与制造等工程技术人员的参考用书。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

快速成形与快速模具制造技术/王学让,杨占尧主编. —北京:清华大学出版社,2006.1

(21世纪高职高专规划教材·模具设计与制造系列)

ISBN 7-302-12047-1

I. 快… II. ①王… ②杨… III. ①金属压力加工—高等学校:技术学校—教材 ②模具—制造—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG3 ②TG76

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第126047号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

责任编辑: 田 梅

印 刷 者: 北京四季青印刷厂

装 订 者: 三河市春园印刷有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印张: 11.75 字数: 238千字

版 次: 2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

书 号: ISBN 7-302-12047-1/TH·182

印 数: 1~4000

定 价: 18.00元

“高职高专模具专业规划教材专家组”名单

(排名不分先后,按姓氏笔画为序)

任建伟	江苏信息职业技术学院
陈剑鹤	常州信息职业技术学院
张 华	福建信息职业技术学院
张景耀	沈阳理工大学
杨占尧	河南机电高等专科学校
段来根	常州机电职业技术学院
唐 健	重庆工业职业技术学院
黄义俊	宁波职业技术学院
黄晓燕	成都电子机械高等专科学校
韩 伟	陕西工业职业技术学院
韩森和	武汉职业技术学院

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来源于教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富教学经验和多年实践经历的教师共同组成,建立“双师

型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

• 服务类

旅游系列

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

序 言

快速成形与快速模具制造技术

积极发展高职高专教育,完善职业教育体系,是我国职业教育改革和发展的一项重要任务。为了深化高等职业教育的改革,推进高职高专教育的发展,培养 21 世纪与我国社会主义现代化建设要求相适应的,并在生产、管理、服务第一线从事技术应用、经营管理、高新技术设备运行的高级职业技术应用型人才,清华大学出版社组织了全国 20 所高职高专院校的教师召开模具专业教学研讨会,交流近几年来各院校模具专业在高技能应用型人才培养模式的探索过程及教学改革的经验,提出高职高专模具专业的培养目标,人才规格(知识结构和能力结构)和各教学环节。在此基础上清华大学出版社组织部分模具专业的骨干教师和一批对模具设计与制造颇为熟悉并具有丰富实践经验的专家、工程技术人员,共同研究开发了这套模具专业的高职高专系列教材。该套教材既有理论课程,又有实践实训课程。

该套系列教材根据高职高专学生的培养目标,十分强调实践能力和创新意识的培养,以“模具设计与制造”这一思想贯穿于整套教材。该套教材具有以下特点:

1. 各教材的编写主要采取“案例”形式,以一组或几组典型案例贯穿于教材始终,以案例分析引出必需的基础理论,强调知识的实用性和针对性,突出实际应用能力的培养。教材还将有关岗位资格证书的内容嵌入其中,为学生获取相关的职业资格证书提供了便利。
2. 各教材的内容是在整体教学环节安排下编写的,使理论教学和实践教学的内容得到有效的衔接,这有助于开展课程改革,也有利于开展理论实践一体化等教学模式的实施。
3. 以模块化形式组织教材,使教材既保持了知识的完整性,又使各部分内容自成一体,相对独立,可灵活地各取所需,为我所用,因而可适用于不同学制、不同教学形式及生产一线的模具工程技术人员的需求。

本系列教材的大纲均由编审委员会的老师及专家审定通过,汇聚了各所院校及教师经验的精华。希望本系列教材的出版能对高职高专模具设计与制造及其相关专业的教材建设和教材改革有所推动。

鉴于我国的职业教育及社会经济均处于迅猛发展阶段,知识体系和产品的更新推动着我

们不断进行教材改革。我们将顺应改革潮流,不断地丰富和调整本系列教材,并以此抛砖引玉,希望更多的优秀院校、优秀教师及工程技术人员加入我们的行列(E-mail: tianm@tup.tsinghua.edu.cn),为我国的职业教育事业贡献自己的力量。

高职高专模具教材编审委员会

2005.9

前 言

快速成形与快速模具制造技术

本书是根据教育部高教司《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件要求和本课程教学大纲编写的。

《快速成形与快速模具制造技术》是机械类、材料类各专业的主要课程之一,随着机械产品和设备的高速、高效、精密、轻量化和自动化方向的迅猛发展,产品的竞争愈来愈激烈,更新周期愈来愈短。如何能根据市场的要求,在尽可能短的时间内设计、制造出产品的样品,已成为制造业的关键问题,谁能尽快开发出市场需要的新产品,谁就能赢得市场。而新产品快速开发的速度,取决于组成新产品零件的快速制造速度。快速成形(RP)就是集 CAD/CAM、CNC、激光、新材料等先进技术于一体的一种现代先进制造技术。该技术改变了传统的利用材料去除和材料转移等获得零件的方法,利用分层制造、逐层叠加成形的原理,可以自动、直接、精确、快速地将设计思想转变成具有一定功能的原型实物零件,制造速度、制造成本基本与零件的复杂程度无关,从而可以对实物零件进行快速功能验证、市场评估、修改定型,用定型零件进行模具快速(RT)制造可以实现零件的批量生产。因此,采用该技术可以大大缩短新产品的研制开发周期,降低研制开发的成本。

本书由河南机电高等专科学校王学让教授和杨占尧教授任主编,王学让、杨占尧、原红玲、赵敬云等共同编写,最后由王学让教授进行了统稿,河南理工大学武良臣教授担任主审。在近几年的教学、科研、实践中,河南机电高等专科学校先后编写了《机械 CAD/CAM 集成技术》、《机械工程测试技术》、《数控机床与编程》、《快速成形理论与技术》等多种教材和讲义,供高职高专和本科生使用,本书就是在这些教材和讲义的基础上,结合作者取得的科研成果以及对近几年国内外成形技术出现的新方法、新理论、新技术的研究体会,经多次讨论、修改、整理和加工而成。在与本书有关的课题研究过程中,课题组的李长胜、翟德梅等付出了辛勤的劳动。所以,本书是河南机电高等专科学校有关教师的集体成果,编者对他们表示感谢!本书在编写过程中也得到了河南机电高等专科学校有关领导的大力支持,作者对他们表示由衷的感谢!

有关课题在研究过程中得到了河南省科技厅、河南省教育厅给予的大力支持,投入了大量的资金,创造了良好的软硬件环境。本书在编写过程中还得到了清华大学出版社和

西安交通大学先进制造技术研究所的指导和帮助,对本书的指导思想和编写内容都提出了宝贵意见。此外,在编写过程中参考了有关兄弟院校的部分著作、讲义和论文,在此向他们一并表示真诚的感谢!

为了方便教师教学和学生学习,本书配备了学习光盘,但是,为了尽可能地降低书的价格,减轻读者负担,我们并没有为每一本书配备随书光盘,如果有需要的读者,请直接联系 yangzhanyaoyzy@126.com 咨询。

由于作者水平有限,加之该技术在快速发展时期,许多问题有待进一步研究和探讨,因此,书中难免有不妥之处,望读者不吝赐教!

编 者

2005年5月

目 录

快速成形与快速模具制造技术

第 1 章 概述	1
1.1 快速成形技术	1
1.1.1 快速成形技术的含义	1
1.1.2 快速成形与传统制造方法的区别	4
1.1.3 快速成形与传统制造方法的关系	4
1.1.4 快速成形技术应用案例	5
1.2 快速模具制造技术	7
1.2.1 快速模具制造技术的含义	7
1.2.2 快速模具制造与传统模具制造的关系	7
1.3 快速成形和快速模具制造技术发展历史	8
1.3.1 国外快速成形和快速模具制造技术发展历史	8
1.3.2 国内快速成形和快速模具制造技术发展历史	10
1.4 快速成形和快速模具制造技术的作用	12
1.4.1 使设计原形样品化	12
1.4.2 用于产品的性能测试	13
1.4.3 用作投标的手段	13
1.4.4 快速制造模具	13
复习思考题	14
第 2 章 快速成形系统	15
2.1 液态光固化聚合物选择性固化快速成形系统	15
2.1.1 SLA 快速成形的原理和分类	15
2.1.2 SLA 快速成形的基本过程及支撑结构	17
2.1.3 SLA 快速成形的成形材料及其选择	20

2.1.4	SLA 快速成形的优缺点	22
2.1.5	LPS-600 型快速成形机简介	23
2.2	粉末材料选择性烧结快速成形系统	24
2.2.1	SLS 快速成形的原理	24
2.2.2	SLS 快速成形的基本过程和工艺参数对成形的影响	25
2.2.3	SLS 快速成形的材料及其选择	28
2.2.4	SLS 快速成形的优缺点	29
2.3	薄形材料选择性切割快速成形系统	30
2.3.1	LOM 快速成形的原理	30
2.3.2	LOM 快速成形的工艺参数和后处理	32
2.3.3	LOM 快速成形的材料及其选择	34
2.3.4	LOM 快速成形的优缺点	35
2.4	丝状材料选择性熔覆快速成形系统	36
2.4.1	FDM 快速成形的基本原理和工艺过程	36
2.4.2	FDM 快速成形的材料及其选择	38
2.4.3	FDM 快速成形的优缺点	39
2.5	其他快速成形系统	39
2.6	主要快速成形系统的比较与选用	41
2.6.1	主要快速成形系统的比较	41
2.6.2	主要快速成形系统的选用原则	45
	复习思考题	48
第 3 章	快速成形的前处理、后处理与精度	49
3.1	快速成形的前处理	49
3.1.1	三维模型构造的方法	49
3.1.2	三维模型的 STL 格式化	59
3.1.3	三维模型的切片处理	65
3.2	快速成形的后处理	68
3.2.1	剥离	69
3.2.2	修补、打磨和抛光	69
3.2.3	表面涂覆	70
3.3	快速成形的精度	72
3.3.1	快速成形精度的概念	72
3.3.2	零件误差形成机理及影响因素分析	73

3.3.3	快速成形制件的表面粗糙度	77
3.3.4	精度测试件的设计	80
	复习思考题	82
第 4 章	硅橡胶快速制模技术	83
4.1	制模双组分室温硫化硅橡胶的组成	83
4.2	硅胶模快速制作方法	85
4.2.1	真空浇注法	85
4.2.2	简便浇注法	87
4.3	硅胶模快速制造的关键技术分析	88
4.3.1	原型样件的来源	88
4.3.2	尺寸补偿	89
4.3.3	分型方向的确定及分型面设计	89
4.3.4	脱模斜度选取	92
4.3.5	浇口设计	93
4.4	硅橡胶模具尺寸的精确计算	94
4.4.1	硅橡胶收缩率的实验研究	94
4.4.2	硅橡胶模具尺寸的精确计算	97
4.5	制作硅橡胶模具的注意事项	97
4.6	硅胶模快速制造技术的应用	99
4.6.1	利用简便浇注法制作牛虎铜案硅橡胶模具	99
4.6.2	利用真空浇注法远程快速制作塑料件	100
4.7	基于 RP 原型的硅橡胶模具制作技术分析	103
	复习思考题	104
第 5 章	金属电弧喷涂快速制模技术	105
5.1	概述	105
5.2	电弧喷涂技术的原理和特点	105
5.2.1	电弧喷涂技术的原理	105
5.2.2	电弧喷涂技术的主要特点	107
5.3	金属电弧喷涂快速制模材料	108
5.4	电弧喷涂工艺参数对涂层结合强度分析	112
5.4.1	实验用材	113
5.4.2	喷涂工艺	113

5.4.3	涂层结合强度试验	114
5.4.4	涂层厚度试验	114
5.4.5	实验结果及分析	114
5.5	电弧喷涂制模关键工序研究	116
5.5.1	喷涂样件	117
5.5.2	脱模剂	118
5.5.3	浇注背衬材料	119
5.5.4	镶嵌金属件	120
5.5.5	组装试模	120
5.6	电弧喷涂制模工艺应用	121
5.7	电弧喷涂涂层缺陷分析与防止对策	123
5.7.1	喷涂层剥落	123
5.7.2	涂层龟裂	125
5.7.3	涂层气孔	126
5.8	电弧喷涂制模特点分析	126
	复习思考题	127
第6章	金属树脂快速制模技术	128
6.1	金属树脂模具浇注成形工艺	128
6.2	制作原材料的分析与选择	130
6.3	金属树脂快速制模的配方	133
6.4	常见问题及解决方法	135
	复习思考题	137
第7章	其他快速制模技术	138
7.1	等离子喷涂快速制模技术	138
7.1.1	等离子喷涂原理	138
7.1.2	等离子喷涂工艺	138
7.1.3	等离子喷涂快速制模过程分析	140
7.1.4	等离子喷涂快速制模的脱模方法	142
7.1.5	等离子喷涂快速制模的优点	142
7.2	拉深模的快速制造	142
7.2.1	简易非钢质拉深模	143
7.2.2	快速成形拉深模	144

7.3 铸造模的快速制造技术	145
7.3.1 砂型铸造用模的快速制造	145
7.3.2 熔模铸造用模的快速制造	147
7.3.3 实型铸造用模的快速制造	150
7.3.4 低熔点金属离心铸造用模的快速制造	151
7.3.5 快速制造铸模的应用效益	152
7.4 电脉冲加工机床用电极的快速制造	153
复习思考题	155
第8章 快速成形与快速制模技术的发展方向	156
8.1 快速成形技术的发展方向	156
8.1.1 提高快速成形的精度	156
8.1.2 快速成形制件的大型化和多色彩	158
8.1.3 快速成形新方法的研究与开发	159
8.1.4 开发新材料和成形材料的系列化及标准化	161
8.1.5 开发研制低价位的概念成形机	162
8.1.6 提高成形速度,降低成本,开发新的成形能源	165
8.1.7 快速成形技术的标准化	165
8.1.8 快速成形操作的智能化	165
8.2 快速模具制造技术的发展方向	166
8.2.1 改善快速模具的性能,提高快速模具的精度	166
8.2.2 发展多种模式的模具制作技术	166
8.2.3 快速模具制造动态联盟	167
8.3 RP/RT 的集成技术及应用	168
8.4 扩大快速成形技术与快速模具制造技术的实用范围	169
复习思考题	169
参考文献	170

概 述

20 世纪末,由于信息技术的飞速发展,形成了统一的全球市场,越来越多的企业加入到竞争行列,加大了竞争的激烈程度。用户可以在全球范围内选择自己所需要的产品,对产品的品种、价格、质量及服务提出了更高的要求。产品的批量越来越小,产品的生命周期越来越短,要求企业市场响应速度越来越快。面对日趋激烈的市场竞争,制造业的经营战略,从 20 世纪 50~60 年代的“规模效益第一”和 70~80 年代的“价格竞争第一”转变为 90 年代以来的“市场响应速度第一”,时间因素被提到了首要地位。快速成形和快速模具制造技术正是在这种需求下研究发展起来的,应用这两项技术能够显著地缩短产品投放市场的周期,降低成本,提高质量,增强企业的市场竞争能力。一般而言,产品投放市场的周期由设计(初步设计和详细设计)、试制、试验、征求用户意见、修改定型、正式生产和市场推销等环节所需的时间组成。由于采用快速成形和快速模具制造技术之后从产品设计的最初阶段开始,设计者、制造者、推销者和用户都能拿到实实在在的样品和小批量生产的产品,因而可以及早地、充分地进行评价、测试、反复修改和分析工艺过程。因此可以大大减少新产品试制中的失误和不必要的返工,从而能以最快的速度、最低的成本和最好的品质将新产品迅速投放市场。

1.1 快速成形技术

1.1.1 快速成形技术的含义

快速成形(Rapid Prototyping,简称 RP)技术是 20 世纪 80 年代中期发展起来的一种高新技术,是造型技术和制造技术的一次飞跃,它从成形原理上提出一个分层制造、逐层叠加成形的全新思维模式,即将计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机数字控制(CNC)、激光、精密伺服驱动和新材料等先进技术集于一体,依据计算机上构成的工件三维设计模型,对其进行分层切片,得到各层截面的二维轮廓信息,快速成形机的

成形头按照这些轮廓信息在控制系统的控制下,选择性地固化或切割一层层的成形材料,形成各个截面轮廓,并逐步顺序叠加成三维工件。经过十余年的发展,快速成形技术已被广泛地应用于工业领域和医疗领域,取得了丰硕的成果。

快速成形技术的全过程可以简单描述为分层/叠加或者离散/堆积。一个复杂的实体零件,可以认为是由一些具有物质的点、线、面叠加而成的。从 CAD 模型中获得这些点、线、面的几何信息(离散),把它与成形参数信息结合,转换为控制成形机工作的 NC 代码,控制材料有规律地、精确地叠加起来(堆积),从而构成三维实体零件。这种制造方法又叫做自由制造 FFF(Free Form Fabrication)、快速原形制造、快速成形。本书使用快速成形技术这一习惯术语,还有的叫自由实体制造 SF(Solid Freeform Fabrication)。

通过离散获得每一层面的制造信息和堆积的顺序,通过堆积将材料构成三维实体。因此这种制造的全过程可由图 1-1 表示。

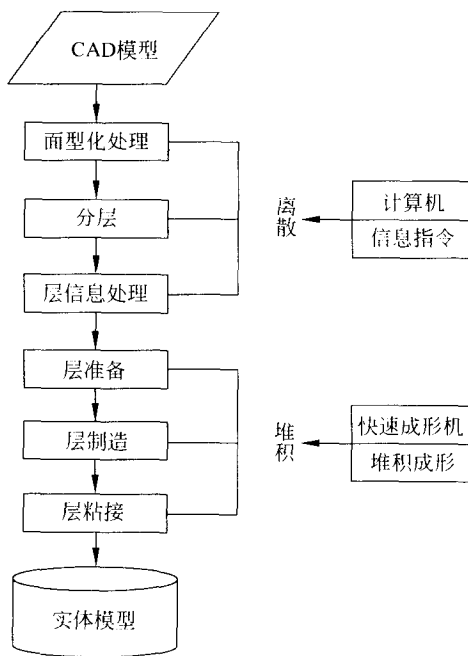


图 1-1 快速成形制造流程图

快速成形技术自诞生以来,经过十多年的发展,根据不同成形材料已经开发出数十种成形方法,目前比较成熟、应用比较普遍的快速成形技术有以下几种:

① 液态光固化聚合物选择性固化(Stereo Lithography Apparatus,简称 SLA),又称立体光固化;