

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

机 械 基 础 系 列

21

现代机械制造工艺

陈锡渠 主编

侯忠滨 郑胜利 副主编



清华大学出版社

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

机 械 基 础 系 列

现代机械制造工艺

陈锡渠 主编

侯忠滨 郑胜利 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书共分7章,内容包括:机械加工工艺规程的制订、机床夹具设计基础、机械加工精度、机械加工表面质量及控制、典型零件加工、机器装配工艺、先进制造技术。本书内容丰富,理论阐述简明扼要,由浅入深,注重理论与实践相结合,强调实用性。

本书既可作为高职高专院校机电一体化专业教学用书,又可作为成人教育学院及本科院校的机电一体化专业和机制及自动化专业的教材,还可作为工厂、院所从事机械制造、机械设计的工程技术人员参考书。

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

现代机械制造工艺/陈锡渠主编. —北京:清华大学出版社,2006.2

(21世纪高职高专规划教材.机械基础系列)

ISBN 7-302-12095-1

I. 现… II. 陈… III. 机械制造工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第130840号

出 版 者:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:付 迎

文稿编辑:朱怀永

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:22 字数:450千字

版 次:2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-12095-1/TH·183

印 数:1~5000

定 价:27.00元

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、师资力量强的高职高专院校、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验的教师共同组成,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。

高职高专教育教材编审委员会

前言

现代机械制造工艺

根据 2000 年教育部高等教育司颁发的《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19 号)文件的精神,在参阅、分析了近十年来出版的大专院校不同版本的《机械制造工艺》教材的基础上,加上自己多年来的教学经验,结合我国高职高专机电一体化专业的培养目标和要求,确定本教材的内容。本书主要体现以下特点:

(1) “机械制造工艺”是一门实践性很强的课程,教材的内容需与学生实践基础相适应。多年的教学实践证明,如果学生对最基本的加工方法不了解,单纯加强工艺理论部分的教学内容,是无法学好工艺的。因此,在理论知识内容的深度上尽量体现管用、够用、实用的原则,课程内容选择上尽可能考虑职业性、技术性和应用性。如增加深孔和花键及细长轴加工方法、冷校直方法的介绍,用常用简单零件例子充实典型零件的加工,简介振动,用实例介绍定位误差的具体计算方法等。

(2) 考虑到学生的基础和以后的发展,保留了机械制造工艺学中传统的和基本的內容(考虑到系统的完整性,各校可根据自身需求,适当选择),同时增添部分先进制造工艺内容(CAPP、集成制造系统、敏捷制造等)。

(3) 教材编写着重从培养应用型人才出发,理论联系实际,注重引用典型实例并进行分析,加强学生对知识的综合应用能力和实践能力,培养学生的技术理念和经济意识。

(4) 每章后均附有小结和习题,以引导学生思考和巩固所学知识。

(5) 全书严格贯彻名词术语、代(符)号、量和单位等现行国家标准。

本书课堂讲授安排在 60 学时左右;另外注意与实验、生产实习和课程设计等教学环节紧密结合。

本书由河南科技学院陈锡渠主编,西北工业大学侯忠滨和平原大学郑胜利为副主编。编写具体分工如下:陈锡渠编写第 1、7 章,河南科技学院杨宾峰和新乡高级技工学校冯

跃霞编写第2章,郑胜利编写第3章,侯忠滨和河南科技学院李国厚编写第4、5章,南阳工业学校王道明编写第6章。河南科技大学崔凤奎教授担任主审,在审稿中提出了很多宝贵意见,在此深表感谢。

本书不足之处,恳请广大读者和同仁批评指正。

编 者

2004年8月

目 录

现代机械制造工艺

第 1 章 机械加工工艺规程的制订	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 生产过程与机械加工工艺过程	1
1.1.2 机械加工工艺过程的组成	1
1.1.3 生产类型与工艺特征	4
1.1.4 基准及分类	6
1.2 机械制造工艺规程概述	8
1.2.1 机械加工工艺规程的作用	8
1.2.2 制订机械加工工艺规程的原则	9
1.2.3 工艺规程的原始资料	9
1.2.4 机械工艺规程的格式	10
1.2.5 制订工艺规程的步骤	15
1.3 零件的工艺分析	15
1.3.1 产品的零件图和装配图分析	15
1.3.2 零件的结构工艺性分析	16
1.4 毛坯的选择	19
1.4.1 毛坯种类	19
1.4.2 毛坯的选择原则	20
1.4.3 毛坯尺寸和形状的确定	20
1.5 工件加工时的装夹及定位基准的选择	21
1.5.1 工件的装夹	21
1.5.2 基准的选择	22
1.6 机械加工工艺路线的拟定	27
1.6.1 表面加工方法的确定	27

1.6.2	加工阶段的划分	31
1.6.3	工序的集中与分散	32
1.6.4	加工顺序的安排	33
1.7	确定加工余量、工序尺寸及其公差	35
1.7.1	加工余量的概念	35
1.7.2	影响加工余量大小的因素	37
1.7.3	确定加工余量的方法	39
1.7.4	确定工序尺寸及其公差	39
1.8	工艺尺寸链	41
1.8.1	尺寸链的基本概念	41
1.8.2	尺寸链的基本计算公式(极值法)	42
1.8.3	工艺尺寸链的应用	44
1.9	设备与工艺装备的选择	51
1.9.1	机床的选择	51
1.9.2	工艺装备的选择	52
1.10	切削用量的确定与时间定额	52
1.10.1	切削用量的确定	52
1.10.2	时间定额的估算	53
1.11	机械加工的生产效率与经济性	54
1.11.1	提高劳动生产效率的途径	54
1.11.2	工艺方案的经济性分析	58
	本章小结	61
	习题1	61
第2章	机床夹具设计基础	65
2.1	机床夹具概述	65
2.1.1	夹具的分类	65
2.1.2	夹具的组成	66
2.1.3	夹具的功用	68
2.2	工件的定位	68
2.2.1	定位及定位原理	69
2.2.2	常见的定位方式及其所用的定位元件	75
2.2.3	定位误差计算	87
2.2.4	夹具误差构成	100

2.3 工件的夹紧	102
2.3.1 夹紧装置的组成及对夹紧装置的要求	102
2.3.2 夹紧力的确定	103
2.3.3 典型夹紧机构	107
2.3.4 其他夹紧机构	114
2.4 夹具的定位和夹具体	122
2.4.1 夹具的定位	122
2.4.2 夹具的对刀和引导	124
2.4.3 夹具的分度与转位	127
2.4.4 夹具体	131
2.5 专用夹具的设计方法	133
2.5.1 专用夹具设计要求和步骤	133
2.5.2 自动化夹具的设计要点	136
2.5.3 数控机床夹具的设计要点	137
本章小结	138
习题 2	139
第 3 章 机械加工精度	143
3.1 概述	143
3.1.1 机械加工精度的概念及构成	143
3.1.2 机械加工精度的获取方法	143
3.1.3 加工误差的来源	145
3.2 影响机械加工精度的因素及提高机械加工精度的相应措施	146
3.2.1 原理误差	146
3.2.2 机床误差	146
3.2.3 刀具的制造误差与磨损	153
3.2.4 工件的安装误差、夹具的制造误差与磨损	153
3.2.5 调整误差	153
3.2.6 工艺系统的受力变形	154
3.2.7 工艺系统的受热变形	164
3.2.8 工件内应力引起的变形	171
3.3 加工误差的综合分析	174
3.3.1 加工误差的类型	174
3.3.2 加工误差分析方法	175

3.4 提高加工精度的工艺措施	183
3.4.1 直接减少误差法	183
3.4.2 补偿或抵消误差法	184
3.4.3 分组调整误差法	185
3.4.4 误差转移法	185
3.4.5 误差平均法	186
本章小结	186
习题 3	187
第 4 章 机械加工表面质量及控制	189
4.1 概述	189
4.1.1 表面质量的概念	189
4.1.2 表面质量对机器使用性能的影响	190
4.2 表面粗糙度的影响因素	192
4.2.1 切削加工	192
4.2.2 磨削加工	194
4.3 表面层物理机械性能的影响因素	196
4.3.1 表面层加工硬化	196
4.3.2 表面层的金相组织变化	198
4.3.3 表面层的残余应力	201
4.3.4 表面强化工艺	204
4.4 机械加工中的振动	206
4.4.1 振动对机械加工的影响	206
4.4.2 振动的分类	206
4.4.3 减小或消除振动的基本途径	207
本章小结	209
习题 4	210
第 5 章 典型零件加工	211
5.1 零件基本表面的加工	211
5.1.1 外圆表面的加工	211
5.1.2 圆孔的加工	214
5.1.3 平面的加工	219
5.1.4 圆锥面的加工	221

5.1.5	齿面的加工	224
5.1.6	螺纹表面的加工	227
5.2	轴类零件的加工	230
5.2.1	轴类零件工艺分析	230
5.2.2	轴类零件的定位及装夹	232
5.2.3	轴类零件加工工艺过程的特点	233
5.2.4	传动丝杠的加工	234
5.2.5	空心主轴的加工	237
5.2.6	曲轴的加工	242
5.3	套筒类零件的加工	245
5.3.1	套筒类零件的工艺分析	245
5.3.2	套筒类零件的装夹	247
5.3.3	套筒类零件工艺过程的特点	248
5.3.4	防止套筒类零件加工变形的措施	248
5.3.5	油缸本体零件加工工艺分析	250
5.4	轮盘类零件的加工	251
5.4.1	轮盘类零件的工艺分析	251
5.4.2	轮盘类零件的装夹	252
5.4.3	轮盘类零件加工工艺过程的特点	253
5.4.4	法兰盘的加工	254
5.4.5	盘状齿轮的加工	255
5.5	箱体类零件的加工	260
5.5.1	箱体类零件的工艺分析	260
5.5.2	箱体类零件的装夹	263
5.5.3	箱体类零件加工工艺过程的特点	266
5.5.4	箱体孔系的加工	267
5.5.5	车床主轴箱的加工	270
5.5.6	分离式箱体的加工	272
5.6	叉杆类零件的加工	273
5.6.1	叉杆类零件的工艺分析	273
5.6.2	拨叉的加工	274
5.6.3	连杆的加工	275
	本章小结	278

习题 5	278
第 6 章 机器装配工艺	280
6.1 概述	280
6.1.1 装配工作的基本内容	280
6.1.2 装配的组织形式	282
6.1.3 装配精度	282
6.2 装配尺寸链	284
6.2.1 装配尺寸链的概念及建立	284
6.2.2 装配尺寸链的计算	287
6.3 保证装配精度的方法	288
6.3.1 互换装配法	288
6.3.2 选择装配法	294
6.3.3 修配装配法	296
6.3.4 调整装配法(简称调整法)	298
6.4 装配工艺规程制订	300
6.4.1 制订装配工艺规程的基本原则及原始资料	301
6.4.2 制订装配工艺规程的基本原则	301
6.4.3 制订装配工艺规程的步骤	301
本章小结	304
习题 6	305
第 7 章 先进制造技术	307
7.1 计算机辅助工艺设计技术	309
7.1.1 概述	309
7.1.2 CAPP 系统的类型及应用	313
7.2 计算机集成制造系统	315
7.2.1 CIMS 的基本概念	316
7.2.2 CIMS 的体系结构	317
7.2.3 CIMS 的主要功能模块	321
7.3 敏捷制造(AM)	323
7.3.1 概述	323
7.3.2 敏捷制造的基本原理及特点	325

7.3.3 敏捷制造的组成.....	327
本章小结.....	330
习题 7	330
参考答案.....	332
参考文献.....	336

机械加工工艺规程的制订

1.1 基本概念

1.1.1 生产过程与机械加工工艺过程

1. 生产过程

由原材料到成品之间各个相互关联的劳动过程的总和称为生产过程。它包括原材料运输和保管、生产准备工作、毛坯制造、零件的机械加工和热处理及表面处理、产品装配、调试、检验以及油漆和包装等。

根据机械产品的复杂程度的不同,工厂的生产过程又可按车间分为若干车间的生产过程。某一车间的原材料(或半成品)可能是另一车间的成品;而它的成品又可能是其他车间的原材料(或半成品)。例如,铸工车间或锻工车间的成品是机械加工车间的原材料(或半成品),而机械加工车间的成品又是装配车间的原材料(或半成品)等。

2. 工艺过程

所谓工艺,就是制造产品的方法,工艺过程是生产过程中的主要组成部分,是指在生产过程中直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性能,使其成为半成品或成品的过程。机械产品的工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、电镀、装配等工艺过程。机械制造工艺学只研究机械加工工艺过程和装配工艺过程。

机械加工工艺过程是利用机械加工方法(如切削加工、磨削加工、电加工、超声加工、电子束及离子束加工等),直接改变毛坯的形状、尺寸、相对位置和性能等,使其转变为成品或半成品的过程。机械加工工艺过程直接决定零件和产品的质量,对产品的成本和生产周期都有较大的影响,是整个工艺过程的重要组成部分。

1.1.2 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺次排列的工序组成。每一个工序又可分为一

个或若干个安装、工位、工步和走刀等组成部分。

1. 工序

工序是指一个(或一组)工人,在一个工作地点(或一台机床上),对同一个(或同时对几个)工件进行加工所连续完成的那一部分工艺过程。工序是工艺过程的基本组成部分,是生产计划、经济核算和进行质量检验的基本单元。划分工序的主要依据是操作者、工作地点(或机床)、加工对象三者是否变动和加工是否连续,其中有一个不满足即为另一个工序。

这里的连续是指工序内的工作需连续完成,不能插入其他工作内容或者阶段性加工。例如,粗加工、精加工一批轴,若是由一个工人在同一设备上对一个工件连续进行粗加工、精加工,然后再对另一个工件进行同样的加工,则是一个工序。但在实际生产过程中,粗车后为了消除工件所产生的内应力而安排了人工时效,然后再精车;或者是为了减小粗车时切削力、切削热产生的变形对加工精度的影响,一批工件全部粗车之后,再进行该批工件的精车,这时粗车、精车就是两个工序了。

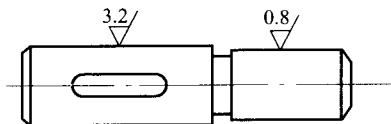


图 1-1 阶梯轴

如图 1-1 所示的阶梯轴,当单件小批量生产时,其工艺过程及工序的划分如表 1-1 所示,共有四个工序。当大批量生产时,其工艺过程及工序的划分如表 1-2 所示,共分为六个工序。

表 1-1 阶梯轴单件小批量生产的工艺过程

工序号	工 序 内 容	设 备	工序号	工 序 内 容	设 备
1	车端面,钻中心孔	车床	3	铣键槽;去毛刺	铣床
2	车外圆、切槽及倒角	车床	4	磨外圆	磨床

表 1-2 阶梯轴大批大量生产的工艺过程

工序号	工 序 内 容	设 备	工序号	工 序 内 容	设 备
1	同时铣两端面、钻中心孔	组合机床	4	铣键槽	键槽铣床
2	粗车外圆及倒角	车床	5	去毛刺	钳工台
3	精车外圆、倒角及切退刀槽	车床	6	磨外圆	磨床

2. 安装

安装是指工件在加工之前,在机床或夹具上被安装在正确的位置(定位),然后夹紧的过程。在一个工序中,工件可能安装一次,也可能需要安装几次。如表 1-1 中的工序 1 和工序 2 均有两次安装,而表 1-2 中的工序只有一次安装。为了减少安装误差和辅助时间,在一个工序中应尽量减少安装次数。

3. 工位

工位是指为了减少安装次数,常采用转位(移位)夹具、回转工作台,使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。工件在机床上所占据的每一个待加工位置都称为一个工位。图 1-2 所示为回转工作台上一次安装完成工件的装卸、钻孔、扩孔和铰孔四个工位的加工实例。采用这种多工位加工方法,可以提高加工精度和生产率。

4. 工步

工步是指在一个工序中,当加工表面不变、切削工具不变、切削用量中的进给量和切削速度不变的情况下所完成的那部分工艺过程。以上三种因素中任一因素改变后,即成为新的工步。一个工序可以只包括一个工步,也可以包括几个工步。

如图 1-3(a)所示,为提高生产效率,在多刀车床和转塔车床上,经常出现用几把车刀和一个钻头同时加工外圆和孔的情况。这种用几把不同刀具同时加工一个零件的几个表面的工步,称为复合工步,在工艺文件中视为一个工步。图 1-3(b)所示为组合铣刀铣平面的复合工步实例。

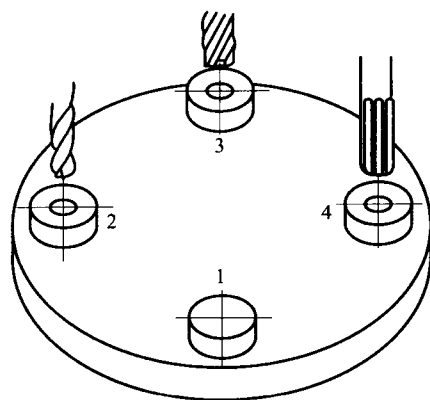


图 1-2 多工位加工

工位 1—装卸工件；工位 2—钻孔；
工位 3—扩孔；工位 4—铰孔

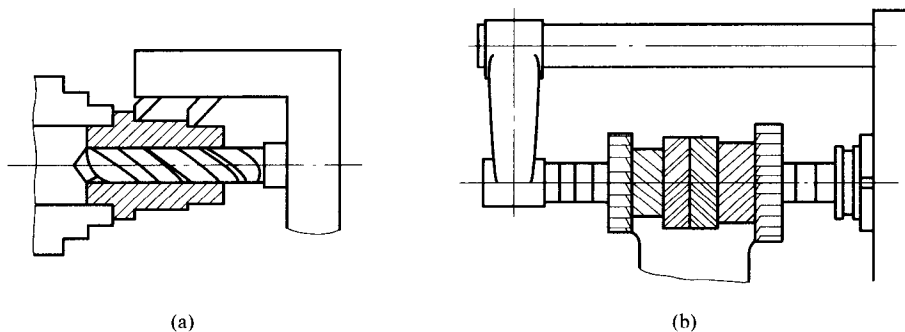


图 1-3 复合工步实例

(a) 同时加工外圆和孔；(b) 组合铣刀铣平面

为了简化工序内容的叙述,对于在一次安装中连续进行的若干个相同的工步,也视为一个工步。如用一把钻头连续钻削四个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔,可视为一个工步,表示为钻 $4 \times \phi 15\text{mm}$ 孔。