



高职高专“十一五”规划教材
机械电子类系列

机械制造技术

JIXIE ZHIZAO JISHU

主编 ◆ 宋 鸣

哈尔滨工程大学出版社

高职高专“十一五”规划教材

——机械电子类系列

机械制造技术

主 编 宋 鸣

副主编 梅 屹

编 委 宋 鸣 王晓军 李华志

倪亚辉 蒋勇敏 黄晓燕

梅 屹 陈 春 谢 建

主 审 陈禾怡

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是根据高职职业教育培养目标和要求, 力争将工艺理论和实践知识有机结合, 密切联系生产实际, 内容新, 适应高等职业教育的教学模式。

本书共分十三章, 第一章机械制造过程概述; 第二章机械加工工艺系统; 第三章金属切削基础知识; 第四章车削加工; 第五章铣削加工; 第六章磨削加工; 第七章钻削、铰削和镗削加工; 第八章齿轮加工; 第九章其他加工机床与刀具; 第十章机械制造工艺规程设计; 第十一章机械制造质量分析; 第十二章机械装配工艺基础; 第十三章机械零件的特种加工和先进制作技术等内容。每章后面均附有习题。

该书紧跟高职高专教材的发展步伐, 强调学生实践能力、创造能力的培养, 非常适合高职高专院校机械制造、模具设计与制造、数控加工、机电一体化、设备维修和 CAD/CAM 专业教材, 也适合相关专业的爱好者自学。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术 / 宋鸣主编. 哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2010.6

ISBN 978 - 7 - 81133 - 813 - 3

I. ①机… II. ①宋… III. ①机械制造工艺—高等学
校: 技术学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 110934 号

出版发行	哈尔滨工程大学出版社		
社 址	哈尔滨市南岗区东大直街 124 号		
邮政编码	150001		
发行电话	0451 - 82519328		
传 真	0451 - 82519699		
经 销	新华书店		
印 刷	四川墨池印务有限公司		
开 本	787mm×1092mm	1/16	
印 张	17.75		
字 数	448 千字		
版 次	2010 年 6 月第 1 版		
印 次	2010 年 6 月第 1 次印刷		
定 价	33.80 元		
http://press.hrbeu.edu.cn			
E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn			

前言

近年来,随着我国制造业的快速发展,制造技术的迅速进步,对制造操作者提出了新的要求,新兴的制造业需要既有一定技术知识素质又能熟练操作的高素质劳动者。必须使我们的职业教育满足这种变化和要求。

为适应当前我国高职高专教育的发展要求,配合高职高专院校的教学和教材改革,我们组织专家、示范高职院校的骨干教师及相关行业的工程师,共同策划编写了一套符合当前职业教育精神的高质量、实用型教材。

本系列教材主要针对机械制造、模具设计与制造、数控加工、机电一体化、设备维修和 CAD/CAM 专业,涵盖了全部的专业基础课和大部分专业课。第一批共 20 本将于 2010 年春季出版。本书是其中的一本《机械制造技术》

本书为适应高等职业技术教学改革的需要,力求培养职业能力为本,以培养学生的实践能力和知识运用能力为核心,将本门课程中有关的“金属切削机床”、“金属切削原理与刀具”、“机械制造工艺学”和“机床夹具设计”等课程进行大的拆分,以实际加工为主线,将相关内容融合一体,建立了机械制造技术课程的新体系,力求做到了结构合理、内容充实、深入浅出。

本书在内容的选定上,简化了相关理论基础的篇幅,对基本理论和知识,采取了“必须、够用、实用”的原则,不强调理论的系统性和完整性,减少了公式的推导,基本理论的陈述等理论性过强的内容;对与工程实践联系比较多、比较紧密的相关内容,力求用精炼的语言,由浅入深,系统、完整地讲述应掌握的工艺理论与技术要点,培养学生解决实际问题的能力。

本书根据教学大纲的要求,为培养学生对新技术、新工艺的应用,选编了机械零件的特种加工方法和机械零件的精密加工方法的内容,可以开阔学生的知识结构,适应制造技术发展的需要。

本书共有十三章。包括:机械制造过程概述;机械加工工艺系统;金属切削基础知识;

车削加工；铣削加工；钻削、铰削和镗削加工；磨削加工；齿轮加工；其他加工机床与刀具；机械制造工艺规程设计；机械制造质量分析；机械装配工艺基础；机械零件的特种加工和先进制作技术等内容。可作为高等职业技术学院机械或相近专业的教学用书，也可作为培训、短训教材使用。

全书由宋鸣编写和统稿，其中第十一、十三章由梅屹编写，陈禾怡老师担任审稿。

在本书的编著过程中，我们参考了大量相关方面的文献和资料，包括互联网上的一些信息，在此一并表示感谢！由于时间仓促，加上作者水平有限，书中难免有错误和遗漏之处，希望广大师生在使用过程中提出宝贵意见，请将您的建议或意见发送至 19630807lql@163.com 与我们联系。并恳请全国各地的高职高专院校教师积极加入该系列规划教材的策划和编写队伍中来，以便我们在今后的工作中不断改进和完善，使这套教材成为高职高专院校的精品教材。我们网站 <http://www.dztf.com> 将尽可能提供部分教材的电子教案等教学资料的下载。

编 者

2010 年 6 月

目 录

第 1 章 机械制造过程概述	1
1.1 概述	1
1.1.1 生产过程	1
1.1.2 工艺过程	1
1.1.3 机械制造过程实例分析	2
1.2 工艺过程的组成	4
1.3 机械制造过程的生产类型及工艺特点	6
1.3.1 生产纲领与生产类型	6
1.3.2 生产类型的工艺特点	7
复习思考题	8
第 2 章 机械加工工艺系统	9
2.1 零件表面的成形和机械加工运动	9
2.1.1 零件表面的成形	9
2.1.2 机械加工运动	11
2.2 金属切削机床	12
2.2.1 机床的分类及型号	12
2.2.2 机床的传动原理及运动计算	13
2.2.3 机床的传动系统及运动调整计算	14
2.2.4 数控机床概述	17
2.3 刀具	19
2.4 工件的装夹与夹具	20
2.4.1 工件概述	20
2.4.2 工件的装夹与基准	21
2.4.3 基准与工件的定位	22
2.4.4 机床夹具与工件的定位	25
2.4.5 机床夹具中工件的夹紧装置	29
复习思考题	33
第 3 章 金属切削原理及其应用	35
3.1 切削用量与切削层参数	35

3.1.1	切削过程中工件上的表面.....	35
3.1.2	切削用量.....	35
3.1.3	切削层参数.....	36
3.2	金属切削刀具基础知识.....	36
3.2.1	刀具切削部分的组成.....	36
3.2.2	刀具的标注角度.....	37
3.2.3	刀具的工作角度.....	39
3.3	切削过程与切削变形.....	41
3.3.1	切屑的形成.....	41
3.3.2	切削变形的度量及影响因素.....	43
3.4	切屑的类型及控制.....	45
3.4.1	切屑的类型.....	45
3.4.2	切屑形状及其控制.....	45
3.5	切削力和功率.....	48
3.5.1	切削力的来源与计算.....	48
3.5.2	切削力、切削功率的计算.....	49
3.5.3	影响切削力的因素.....	49
3.6	切削温度及控制.....	50
3.6.1	切削热的来源及传散.....	51
3.6.2	切削温度及主要影响因素.....	51
3.7	刀具磨损和寿命.....	52
3.7.1	刀具磨损的形态.....	52
3.7.2	刀具磨损过程及磨钝标准.....	54
3.7.3	刀具磨损的原因.....	55
3.7.4	影响刀具寿命的因素.....	55
3.8	常用刀具材料.....	56
3.8.1	刀具材料应具备的性能.....	56
3.8.2	刀具材料的类型.....	57
3.8.3	高速钢牌号和选用.....	57
3.8.4	硬质合金牌号和选用.....	58
3.8.5	其他刀具材料的性能及选用.....	60
3.9	切削液.....	60
3.9.1	切削液的作用.....	60
3.9.2	切削液的分类和选用.....	61
3.9.3	切削液的使用方法.....	61
3.10	材料的可加工性.....	61

3.10.1 材料切削加工性的概念与评价标准	62
3.10.2 影响工件材料切削加工性的因素	63
3.10.3 改善材料切削加工性的措施	63
3.11 刀具参数的合理选择	64
3.11.1 前角和前刀面形状的选择	64
3.11.2 后角及形状的选择	66
3.11.3 主偏角、副偏角及刀尖形状的选择	66
3.11.4 刃倾角的选择	68
3.12 切削用量的合理选择	69
3.12.1 切削用量对加工的影响	69
3.12.2 选择切削用量的顺序	69
复习思考题	72
第 4 章 车削加工	73
4.1 车床工艺范围和类型	73
4.1.1 车削的主要工艺内容	73
4.1.2 车床的类型和基本构成	74
4.2 CA6140 车床传动系统和典型结构	76
4.2.1 CA6140 车床的主要技术参数	76
4.2.2 CA6140 车床的传动系统	77
4.2.3 CA6140 车床的重要部件和机构	80
4.3 车削加工刀具和方法	85
4.3.1 常用车刀	85
4.3.2 车床夹具和工件的安装	87
4.3.3 车削加工方法和工艺能力	91
4.3.4 刀具几何角度及切削用量的选择	92
复习思考题	93
第 5 章 铣削加工	95
5.1 铣削加工的工艺范围	95
5.1.1 铣削的主要工艺内容	95
5.1.2 铣削加工的工艺特点	96
5.2 铣刀	96
5.2.1 常用铣刀结构及用途	96
5.2.2 铣刀的几何参数及规格	98
5.2.3 铣刀的选用和安装	100
5.3 铣削要素、铣削原理及应用	101

5.4 铣床和铣削附件.....	106
5.4.1 常见铣床种类及用途.....	106
5.4.2 铣床附件及使用.....	109
5.4.3 工件的装夹方式.....	111
复习思考题.....	113
第6章 磨削加工.....	114
6.1 磨削工艺范围和磨削运动.....	114
6.1.1 磨削概述.....	114
6.1.2 磨削运动.....	114
6.2 砂轮.....	115
6.2.1 砂轮的组成要素.....	115
6.2.2 砂轮的形状、尺寸和标志.....	117
6.2.3 新型砂轮简述.....	118
6.2.4 砂轮的装拆、平衡与修整.....	119
6.3 磨削原理简析.....	120
6.3.1 磨料的形状特征.....	120
6.3.2 磨屑的形成.....	120
6.3.3 磨削力及特点.....	121
6.3.4 磨削温度.....	121
6.3.5 砂轮的磨损及耐用度.....	121
6.4 磨床及用途.....	122
6.4.1 外圆磨床.....	122
6.4.2 平面磨床.....	124
6.4.3 内圆磨床.....	125
6.4.4 无心外圆磨床.....	126
6.4.5 其他磨削加工方法.....	127
复习思考题.....	128
第7章 钻、铰和镗削加工.....	129
7.1 钻削和铰削.....	129
7.1.1 钻削基础.....	129
7.1.2 钻头.....	129
7.1.3 扩孔和铰削.....	134
7.1.3 钻削和铰削加工机床.....	136
7.1.4 钻床夹具.....	137
7.2 镗削.....	140
7.2.1 镗削的工艺范围.....	141

7.2.2 镗刀	141
7.2.3 镗床和镗削加工	143
7.2.4 镗床夹具	147
复习思考题	148
第 8 章 圆柱齿轮的加工	149
8.1 齿轮零件加工概述	149
8.1.1 齿轮的结构特点和精度要求	149
8.1.2 齿面加工方法	150
8.2 滚齿加工	151
8.2.1 滚齿加工原理	151
8.2.2 齿轮滚刀	153
8.2.3 用 Y3150E 滚齿机加工齿轮	155
8.3 插齿	162
8.3.1 插齿的工艺特点	162
8.3.2 插齿工作原理及所需运动	162
8.3.3 插齿刀	163
8.3.4 提高插齿生产率的途径	164
8.4 其他齿轮加工方法	164
8.4.1 剃齿	164
8.4.2 珩齿	165
8.4.3 磨齿	166
复习思考题	167
第 9 章 其他加工机床和刀具	169
9.1 直线运动机床与加工	169
9.1.1 刨床与刨刀	169
9.1.2 拉床与拉刀	172
9.2 组合机床及刀具简介	175
9.2.1 组合机床简介	175
9.2.2 组合机床常用的刀具	177
复习思考题	178
第 10 章 机械制造工艺规程	179
10.1 零件结构的工艺性分析	179
10.1.1 零件尺寸标注和技术要求的工艺分析	179
10.1.2 零件结构要素的工艺性	180
10.1.3 零件整体结构工艺性	181

10.2 毛坯的选择.....	181
10.2.1 毛坯的种类.....	181
10.2.2 选择毛坯应考虑的问题.....	182
10.3 加工工艺规程的制订.....	182
10.3.1 表面加工方法的选择.....	182
10.3.2 加工阶段的划分.....	184
10.3.3 工序的集中与分散.....	185
10.3.4 工序顺序的安排.....	185
10.3.5 机械加工工艺流程与工艺文件.....	186
10.4 加工余量的确定.....	189
10.4.1 加工余量的概念.....	189
10.4.2 影响加工余量的因素.....	190
10.4.3 确定加工余量的方法.....	191
10.5 工序尺寸公差的确 定.....	191
10.5.1 基准重合时工序尺寸及公差的确 定.....	191
10.5.2 工艺尺寸链.....	192
10.5.3 解算基准不重合时的工序尺寸与公差.....	194
10.6 机械加工的生产效率及技术经济分析.....	198
10.6.1 时间定额.....	198
10.6.2 提高劳动生产率的工艺措施.....	199
复习思考题.....	201
第 11 章 机械制造质量分析	203
11.1 概述.....	203
11.1.1 机械加工精度的概念.....	203
11.1.2 获得加工精度的方法.....	203
11.2 机械加工精度.....	204
11.2.1 加工误差的组成.....	204
11.2.2 工艺系统几何误差对加工精度影响分析.....	205
11.2.3 工艺系统受力变形产生的误差.....	210
11.2.4 工艺系统热变形引起的加工误差.....	217
11.3 加工误差综合分析.....	221
11.3.1 加工误差的性质.....	221
11.3.2 加工误差的统计分析.....	221
11.4 提高和保证加工精度的途径.....	226
11.5 机械加工表面质量.....	229

11.5.1 衡量机械加工表面质量的指标	229
11.5.2 影响表面粗糙度的因素	231
11.5.3 影响加工表面物理、力学性能的因素	233
11.5.4 提高加工表面质量的途径	235
复习思考题	238
第 12 章 机械装配工艺基础	239
12.1 概述	239
12.1.1 装配的概念	239
12.1.2 装配工作的基本内容	239
12.1.3 装配的组织形式	240
12.1.4 装配精度的概念	241
12.1.5 装配精度与零件精度的关系	241
12.2 装配尺寸链	242
12.2.1 装配尺寸链的基本概念	242
12.2.2 装配尺寸链的形式	242
12.2.3 装配尺寸链的建立	243
12.2.4 装配尺寸链的解算方法	244
12.3 保证产品装配精度的方法	244
12.3.1 互换法	244
12.3.2 选配法	246
12.3.3 修配法	247
12.3.4 调整法	249
12.4 产品装配工艺规程的制定	250
12.4.1 制定装配工艺规程的基本原则及原始资料	250
12.4.2 装配工艺规程的内容	251
12.4.3 制定装配工艺规程的步骤	251
12.4.4 制定装配工艺过程注意事项	253
12.4.5 减速器装配实例	253
复习思考题	257
第 13 章 零件的特种加工方法	259
13.1 概述	259
13.1.1 特种加工及其分类	259
13.1.2 特种加工对工艺原则的影响	259
13.2 电火花加工	260
13.2.1 电火花加工的概述	260
13.2.2 电火花穿孔、成形加工机床	261

13.2.3	电火花穿孔加工.....	262
13.2.4	电火花型腔加工.....	262
13.2.5	电火花线切割加工.....	263
13.3	电解加工和电解磨削.....	264
13.3.1	电解加工的原理.....	264
13.3.2	电解加工的工艺特点及应用.....	265
13.3.3	电解磨削.....	265
13.4	超声加工.....	266
13.4.1	超声加工的原理和特点.....	266
13.4.2	影响生产率和质量的因素.....	267
13.5	激光加工.....	268
13.5.1	激光加工的基本原理.....	268
13.5.2	激光加工的特点与应用.....	269
13.6	其他特种加工.....	270
13.6.1	化学腐蚀加工.....	270
13.6.2	电子束加工.....	271
	复习思考题.....	272

第1章 机械制造过程概述

1.1 概述

1.1.1 生产过程

产品的生产过程主要可以分为新产品开发、产品制造、产品销售和服务等三个阶段。

1. 新产品开发 根据技术的发展和企业的资源,通过设计、试制、生产准备等活动,推出有市场前景的产品。

2. 产品制造 根据市场和订单所决定的批量,把开发的产品制造和装配出来。

3. 产品销售和服务 主要指把生产出的产品通过一定的渠道推向市场,实现产品的销售和企业的利润。

在这三个阶段中,这里所指机械生产过程主要是产品的制造活动阶段。根据设计信息将原材料和半成品转化为产品的全部过程称为生产制造过程,简称生产过程。生产制造过程是把产品设计的技术信息转化为实际产品的核心环节。

生产过程包括原材料的保管、运输和准备;生产技术准备;毛坯制造;零件的制造过程;部件和产品的装配过程;质量检验以及喷漆、包装等环节的工作。这些环节之间的相互关系如图 1-1 所示。

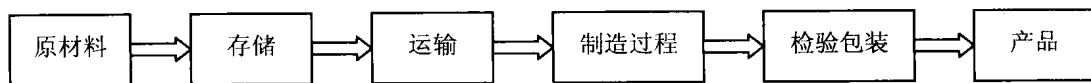


图 1-1 机械生产过程的构成

机器是由零件、组件和部件等组成的。因而一台机器的制造过程包含了零件加工到整机装配的全过程。

1.1.2 工艺过程

在生产过程中,改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程称为机械制造工艺过程,简称工艺过程。工艺过程包括了毛坯的制造成型(如铸造、锻压、焊接等),零件的机械加工、热处理、表面处理,部件和产品的装配等过程,如图 1-2 所示。

机械制造工艺过程又可分为:毛坯制造工艺过程、机械加工工艺过程、机械装配工艺过程等。本课程主要研究零件加工的方法、产品的装配方法和由这些方法合理组合而形成的机械加工工艺和产品装配工艺。

对于同一产品或零件,其毛坯制造过程、零件的加工工艺过程或产品的装配工艺过程都有很多不同的方式或手段,但对于一定的生产条件下,通常会有一个较为合理的工艺过程。在企业生产中,把合理的工艺过程以文件的形式规定下来,作为指导生产过程的依据,这一文件称为工艺规程。根据工艺过程的内容不同,工艺规程可有机加工工艺规程、机械装配

工艺规程等多种形式。

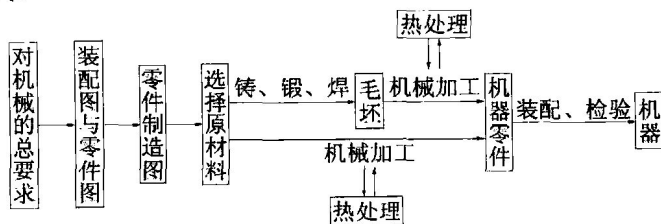


图 1-2 机械制造过程的构成

1.1.3 机械制造过程实例分析

下面以减速器为例说明机械制造过程。如图 1-3 所示是减速器的整体结构图，主要的零件有传动轴、上下箱体、齿轮等，其中下箱体是装配时的基准件。轴承、螺塞等为标准件或外购件。该产品在主要制造过程中有三类比较典型的零件的加工：箱体、轴和齿轮的加工。

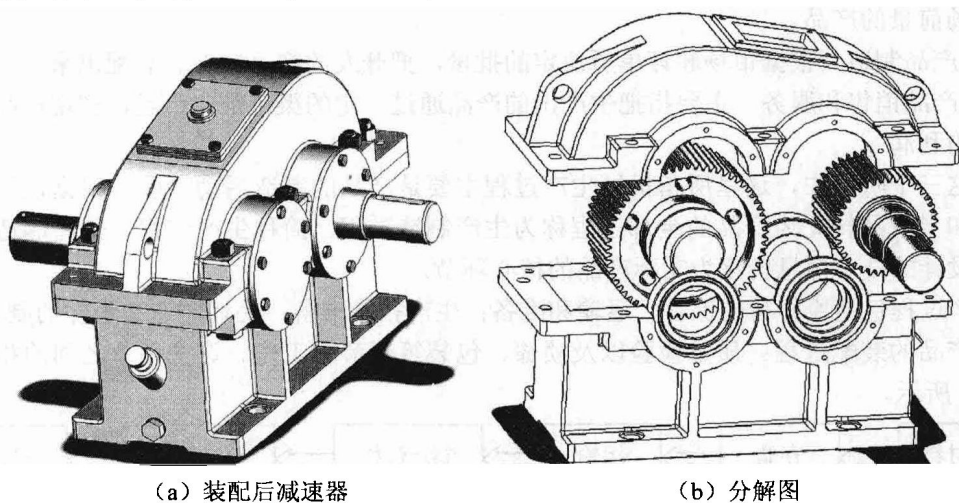


图 1-3 减速器（三维）结构图

1. 箱体的制造过程

如图 1-4 所示，箱体的结构主要是由许多精度要求不同的孔和平面组成。为满足箱体的工作要求，箱体零件的技术要求主要包括孔和平面的尺寸精度、形位精度以及表面粗糙度。一般来说，箱体需要加工的表面不仅较多，且加工的要求也较高。制造中的工艺设计应考虑的主要问题有：

(1) 对于孔和孔系的加工，机械加工方法通常有：镗削、车削、磨削和钻、铰孔，也可以利用加工中心进行加工，如图 1-5 所示。

(2) 对于平面的加工，机械加工中通常的加工手段有：铣削、刨削、拉削、磨削以及车削和镗削等，如图 1-6 所示。

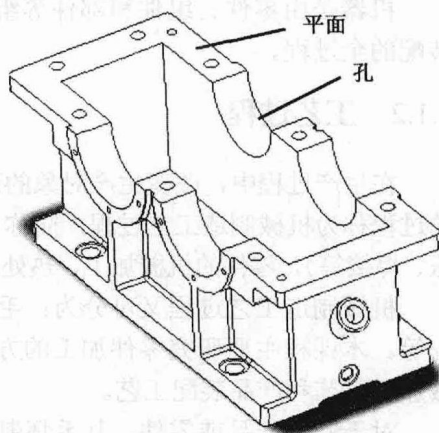
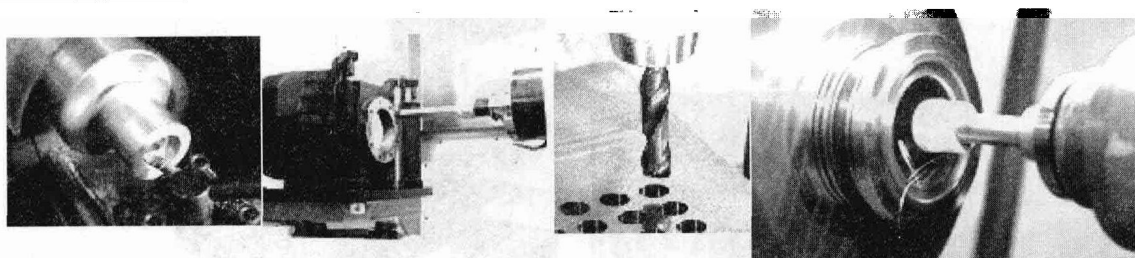


图 1-4 箱体零件图



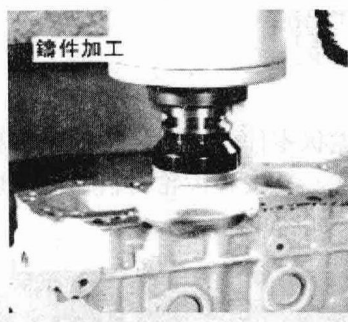
(a) 车孔

(b) 镗孔

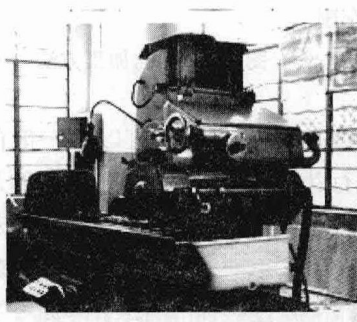
(c) 钻孔

(d) 磨孔

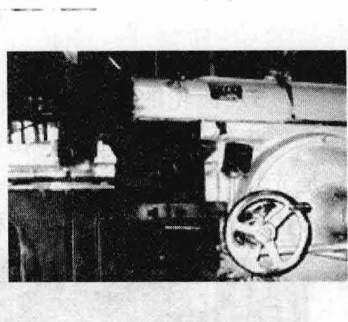
图 1-5 孔加工方法



(a) 铣平面



(b) 磨平面



(c) 刨削

图 1-6 平面加工方法

(3) 加工精度的要求与保证 箱体零件中孔和平面的精度要求主要有：尺寸精度和形状公差、孔与孔的位置精度、孔和平面的位置精度。加工精度与选择的加工方法、机床精度、加工工艺流程等都有关系，同时也与加工效率有关。

(4) 表面粗糙度 重要孔和平面的表面粗糙度会影响连接面的配合性质或接触精度。表面粗糙度与加工方法、刀具选择、切削量的大小等有较强的关系。

2. 轴的制造

轴类零件主要的作用是支承传动零件（齿轮，带轮等）、传递扭矩，通过与轴承的配合保证轴在转动时的回转精度。为满足轴的功能要求，通常把轴设计成阶梯形，如图 1-7 所示。轴上主要加工表面有：外圆柱面、圆锥表面、环槽、螺纹、端面以及键和花键等。因此轴的加工主要考虑：

(1) 外圆面的加工，机械加工中通常的加工手段有：车削、磨削等，如图 1-8 所示。

(2) 加工精度的要求与保证 轴颈通常是轴类零件的主要表面，加工精度要求主要有：尺寸精度、形状精度（圆度、圆柱度等）和位置精度（支承轴颈跳动、各圆柱面同轴度、端面与轴心线的垂直度等）。选择合适的加工手段、机床，采取恰当的装夹方式是保证加工精度的关键。

(3) 表面粗糙度 表面粗糙度与加工方法、刀具选择、切削量的大小等有较强的关系。

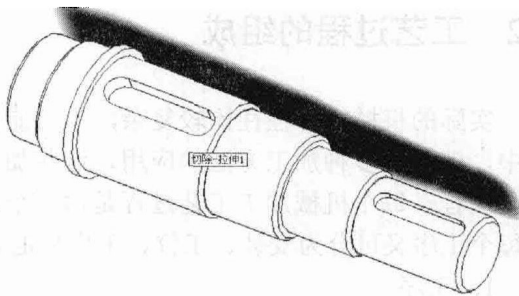
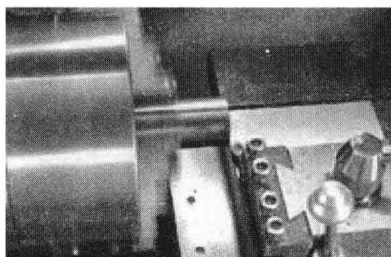
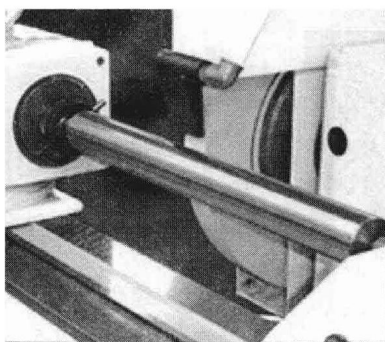


图 1-7 轴的结构图



(a) 车削

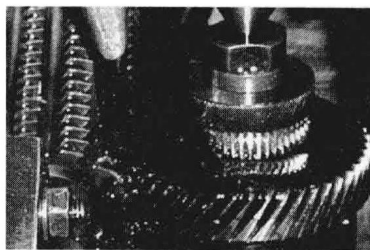


(b) 磨削

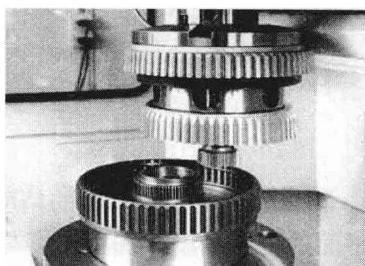
图 1-8 轴的加工方法

3. 齿轮的制造过程

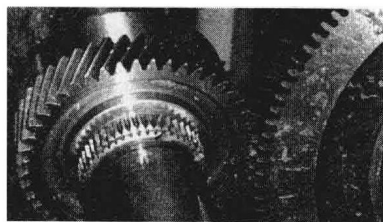
齿轮总体由齿圈和轮体构成。轮体的加工可以按一般的盘状零件对待。齿轮加工的顺序是先进行轮体的加工，最后进行齿圈的加工。根据轮齿的形式、精度和齿轮材料情况可以有滚齿、插齿、剃齿、珩齿和磨齿等多种不同的齿轮加工方法，如图 1-9 所示。



(a) 滚齿



(b) 插齿



(c) 剃齿

图 1-9 齿轮加工方法

1.2 工艺过程的组成

实际的机械零件往往比较复杂，不可能在单一机床上一次加工完成，多数产品的制造过程中，涉及到多种加工方法的应用，这些加工方法的有序排列就构成了加工零件的机械加工工艺规程。每个机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的基本加工单元即工序组成，而每个工序又可分为安装、工位、工步和走刀等更小的工艺单元。

1. 工序

一个或一组工人，在一个工作地或一台机床上对同一个或同时对几个工件连续完成的那一部分工艺过程称为工序。划分工序的依据是工作地点是否变化和工作是否连续。如图 1-10 所示的阶梯轴，当加工数量较少时，其工序划分见表 1-1；当加工数量较大时，其工序划分见表 1-2。

在表 1-1 的工序 2 中，先车一个工件的一端，然后调头装夹，再车另一端。如果先车好一批工件的一端，然后调头再车这批工件的另一端，这时对每个工件来说，两端的加工已不连续，所以即使在同一台车床加工也应算作两道工序。