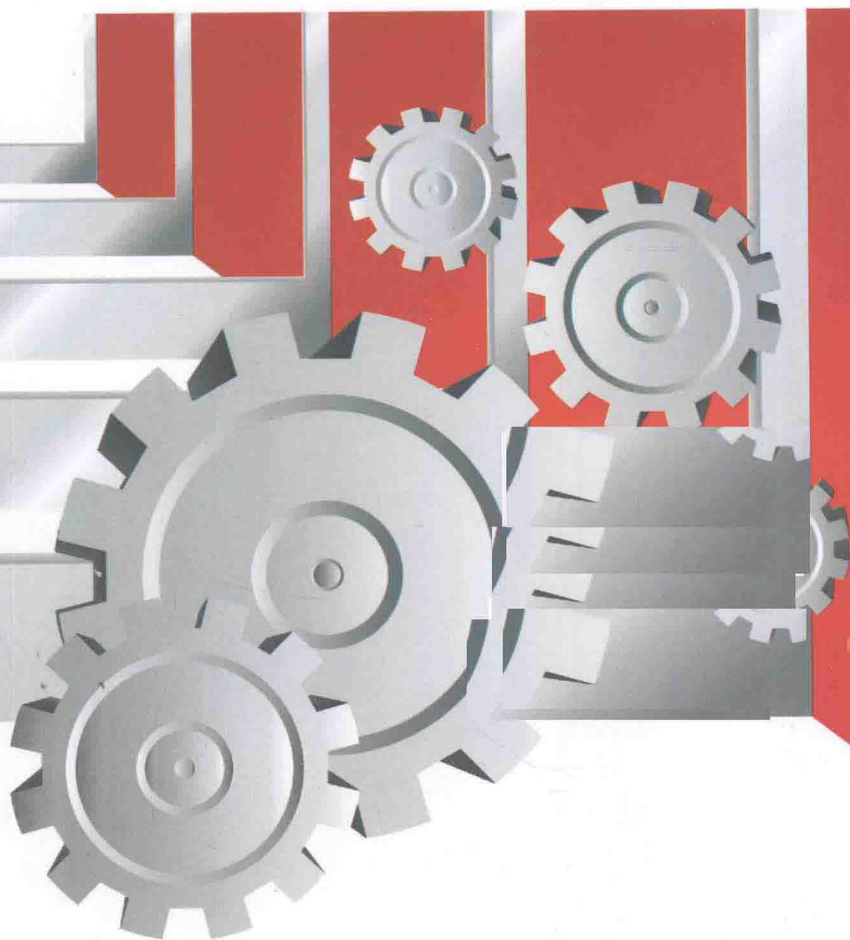


高职高专机电类专业“十二五”规划教材

机械零件加工

主编 陈 成 崔业军



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专机电类专业“十二五”规划教材

机械零件加工

主 编 陈 成 崔业军

副主编 王 亚 刘锡宏

参 编 曹志文 过建新 纪红兵

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以小型压力机和小型注塑模两个具体项目的零件加工为实例,介绍了机床设备的组成、工作过程以及分类和特点,重点以普通机械加工中典型常用的普通车床、普通铣床、普通磨床,数控加工中典型常用的数控车床、数控铣床和电火花加工中的线切割机床、电火花成型机床为例,详细介绍了普通机械加工、数控加工和电火花加工及相关的知识、加工工艺、程序编制、机床基本操作和维护保养等内容。本书紧紧围绕普通机械加工、数控加工和电火花加工三类加工方式,注重专业基本理论知识和基本操作方法的阐述。

本书可作为高等职业院校和中等职业学校数控技术专业、机电一体化技术专业、模具设计与制造专业的教学用书,同时也可供专业培训机构进行职业技能培训和工厂企业培训技术工人使用,也可以作为广大自学者和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械零件加工/陈成,崔业军主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2014.12

高职高专机电类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3587-3

I. ① 机… II. ① 陈… ② 崔… III. ① 机械元件—加工—高等学校—教材 IV. ① TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 300422 号

策 划 高 樱

责任编辑 马武装 高 樱

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 14.25

字 数 332千字

印 数 1~3000册

定 价 25.00元

ISBN 978-7-5606-3587-3/TH

XDUP 3879001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

随着全球科技和经济的发展,产品的更新换代节奏加快,对高素质技能型人才的需求越来越多。结合当前职业教育盛行的“工学结合、理实一体化”的教学模式,本着以实践为主,理论为实践服务的指导思想,突出实践的主导地位。实践需要什么样的理论,理论教学就按需设置相应的课程及课时,并使用与之相适应教材,因此我们编写了本书。

本书特色是:借鉴德国先进的双元制人才培养教学模式,采用工学交替的教学改革方法,紧紧围绕课程教学内容,采取分组小班化的教学实施方法。第一部分为普通机械加工(含普通车床加工、普通铣床加工和普通磨床加工三个模块)、第二部分为数控机械加工(含数控车床加工和数控铣床(加工中心)加工两个模块)、第三部分为数控电火花加工(含数控电火花线切割加工和数控电火花成型加工两个模块)。

本书以任务和项目为驱动,以理实一体化教学为基点,紧紧围绕所需要完成的两个任务:

(1) 小型压力机的零件加工制作与装配(必修)。

(2) 小型注塑模的零件加工制作与装配(选修),每一个机构的零部件加工为一子项目。

本书按照典型机床、刀具及选用、5S 安全生产管理、机床的维护与保养、零件的加工工艺分析、数控程序编制的顺序依次展开编写,循序渐进,由简单到复杂,由单项能力操作训练到综合系统能力培养,贴近工厂、企业的实际生产过程,注重提高学生的实践应用能力,为培养市场需要的“零距离”上岗的应用型技能人才打下坚实基础。

本书由无锡科技职业学院陈成、崔业军老师担任主编,无锡科技职业学院王亚老师和博世汽车部件(苏州)有限公司学徒技术工人培训中心的刘锡宏培训师担任副主编,无锡技师学院曹志文、无锡科技职业学院过建新、江苏省海门中等专业学校纪红兵老师参加编写。

本书编写过程中得到了无锡科技职业学院数控教研室和实训中心同仁的大力支持

持，也得到了无锡技师学院、江苏省海门中等专业学校、博世汽车部件（苏州）有限公司和常州太平洋电力设备（集团）有限公司等企事业单位的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不少缺点与错误，殷切期望广大读者提出批评和指正，以进一步提高本书质量。

编 者
2014 年 10 月

目 录

第一篇 普通机械加工

模块一 普通车床加工	1
1.1 车刀介绍	1
1.1.1 常用车刀的种类和用途	1
1.1.2 左车刀和右车刀	3
1.1.3 车刀切削部分的基本定义	3
1.1.4 常用车刀材料	8
1.2 金属材料	9
1.2.1 金属材料性能的基本概念	9
1.2.2 常用碳素钢	11
1.3 装夹方式介绍	12
1.3.1 车削轴类工件的装夹	12
1.3.2 钻中心孔	15
1.4 切削运动与切削要素介绍	16
1.4.1 切削运动和工件表面	16
1.4.2 切削要素	17
1.4.3 粗车切削用量的合理选择	19
1.5 切削液的选择及切屑的形成	20
1.5.1 合理选择切削液	20
1.5.2 切屑的形成及形状	20
1.6 尺寸的控制	21
1.6.1 台阶长度的确定	21
1.6.2 粗车时工件的测量	22
1.6.3 尺寸及表面粗糙度的控制方法	22
1.7 车成形面	24
1.7.1 基本原理	24
1.7.2 车刀轨迹分析	24
1.7.3 成形面的检测	24
1.8 5S 安全生产管理	25

1.8.1 “5S”概念	25
1.8.2 普通车床 5S 安全生产管理规程	25
1.9 车削类零件的车削工艺与加工实践	27
任务一：螺杆的车削工艺与加工实践(项目一零件)	27
任务二：转动手轮的车削工艺与加工实践(项目一零件)	29
任务三：立柱的车削工艺与加工实践(项目一零件)	31
任务四：手柄的车削工艺与加工实践(项目一零件)	33
任务五：导柱的车削工艺与加工实践(项目二零件)	35
任务六：导套的车削工艺与加工实践(项目二零件)	36
任务七：上压模的车削工艺与加工实践(项目一零件)	37
任务八：下压模的车削工艺与加工实践(项目一零件)	38
模块二 普通铣床加工	39
2.1 铣床概述及安全操作	39
2.1.1 X6132 型铣床	39
2.1.2 铣床操作规程	40
2.2 铣刀的选用及安装	41
2.2.1 铣刀切削部分的材料	41
2.2.2 铣刀和铣刀杆的种类及用途	41
2.2.3 铣刀的安装	43
2.2.4 铣刀安装后的检查	44
2.2.5 铣刀的对刀方法	44
2.3 铣床的维护与保养	44
2.3.1 铣床维护与保养的作用	44
2.3.2 铣床润滑方式及维护与保养	44
2.4 5S 安全生产管理	45
2.5 铣削类零件的铣削工艺与加工实践	46
任务一：底板的铣削工艺与加工实践(项目一零件)	46
任务二：固定定位块的铣削工艺与加工实践(项目一零件)	48
任务三：垫板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	50
任务四：垫块的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	52
任务五：顶板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	54
任务六：定模套板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	55
任务七：定模座板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	56
任务八：动模套板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	57
任务九：动模座板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	58
任务十：推杆固定板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	59
任务十一：开口结合块的铣削工艺与加工实践(项目一零件)	60
任务十二：移动横梁的铣削工艺与加工实践(项目一零件)	61
任务十三：支撑脚的铣削工艺与加工实践(项目一零件)	62

任务十四：上支撑横梁的铣削工艺与加工实践(项目一零件)	63
模块三 普通磨床加工	64
3.1 磨削的基础知识	64
3.1.1 砂轮的基本特征(砂轮的特性)	64
3.1.2 砂轮的切削过程	66
3.2 磨削的工艺特点	66
3.3 常用磨削方法	68
3.3.1 外圆磨削	68
3.3.2 内圆磨削	71
3.3.3 平面磨削	72
3.3.4 其他磨削方法	73
3.4 5S 安全生产管理	74
3.5 磨削类零件的磨削工艺与加工实践	75
任务一：立柱的磨削工艺与加工实践(项目一零件)	75
任务二：底板的磨削工艺与加工实践(项目一零件)	77
任务三：固定定位块的磨削工艺与加工实践(项目一零件)	79
任务四：导柱的磨削工艺与加工实践(项目二零件)	80

第二篇 数控机械加工

模块四 数控车床加工	81
4.1 数控车床	81
4.1.1 数控车床的结构、分类及用途	81
4.1.2 数控车床的主要技术参数	84
4.1.3 数控车床的操作面板	86
4.1.4 CK6141 数控车床的基本操作	88
4.1.5 数控车床加工刀具	89
4.1.6 数控车床找正与对刀以及输入刀具补偿值操作	95
4.1.7 数控车床的维护与保养	99
4.2 数控车削的工艺分析	101
4.2.1 轴类零件工艺分析	101
4.2.2 套类零件工艺分析	104
4.3 数控车削基本编程指令	105
4.3.1 数控系统的功能	105
4.3.2 数控车床的编程	107
4.3.3 数控车床加工指令	108
4.4 5S 安全生产管理	110
4.5 车削类零件数控工艺与加工实践	111
任务一：螺杆的数控工艺与加工实践(项目一零件)	111

任务二：立柱的数控工艺与加工实践(项目一零件)	115
任务三：手柄的数控工艺与加工实践(项目一零件)	118
任务四：导柱的数控工艺与加工实践(项目二零件)	120
任务五：导套的数控工艺与加工实践(项目二零件)	121
模块五 数控铣床加工	122
5.1 数控铣床的操作技术	122
5.1.1 数控铣床的分类	122
5.1.2 数控铣床的组成	124
5.1.3 XK5032 型数控铣床的主要技术参数及数控系统的主要功能	125
5.1.4 数控铣床的操作面板	126
5.1.5 数控铣床的基本操作	130
5.1.6 数控铣床加工中的刀具	135
5.1.7 数控铣床的维护与保养	140
5.2 数控铣削的工艺分析	146
5.2.1 数控铣床铣削加工内容的选择	146
5.2.2 零件的加工路线	152
5.3 数控铣削基本编程指令	152
5.3.1 加工坐标系的建立	153
5.3.2 刀具半径补偿功能 G40、G41、G42	155
5.3.3 坐标系旋转功能 G68、G69	156
5.3.4 子程序调用	157
5.3.5 比例及镜向功能	159
5.4 5S 安全生产管理	161
5.5 铣削类零件数控工艺与加工实践	162
任务一：固定定位块的铣削工艺与加工实践(项目一零件)	162
任务二：上支撑横梁的铣削工艺与加工实践(项目一零件)	166
任务三：垫块的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	169
任务四：推杆固定板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	170
任务五：顶板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	171
任务六：底板孔系的加工(项目一零件)	172
任务七：动模座板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	179
任务八：定模座板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	180
任务九：定模套板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	181
任务十：动模套板的铣削工艺与加工实践(项目二零件)	182

第三篇 数控电火花加工

模块六 数控电火花线切割加工	183
6.1 数控电火花线切割机床概述	183

6.1.1 数控电火花线切割机床的基本组成	183
6.1.2 数控电火花线切割机床的工作原理	184
6.1.3 数控电火花机床的特点和用途	185
6.2 数控电火花线切割机床的基本操作	186
6.2.1 数控电火花线切割机床的型号及其含义	186
6.2.2 国产 DK7740 型数控电火花线切割机床的基本操作	186
6.3 数控电火花线切割加工工艺及编程	190
6.3.1 数控电火花线切割加工的工艺	190
6.3.2 数控电火花线切割机床的程序编制	191
6.3.3 常用夹具和工件装夹方法简介	195
6.3.4 穿丝孔加工及其位置选择原则	197
6.3.5 提高加工质量的途径	198
6.4 数控电火花线切割机床的维护与保养	199
6.4.1 数控电火花线切割机床的使用规则	199
6.4.2 数控电火花线切割机床的维护与保养	200
6.5 5S 安全生产管理	200
6.6 数控线切割类零件数控工艺与加工实践	201
任务一：数控电火花线切割机床的基本操作	201
任务二：双圆凸凹模零件的线切割工艺与加工实践	201
任务三：三圆弧凸板零件的线切割工艺与加工实践	203
任务四：异形对称凸板零件的线切割工艺与加工实践	204
任务五：开口结合块的线切割工艺与加工实践(项目一零件)	206
模块七 数控电火花成型加工	208
7.1 数控电火花成型机床概述及机床基本操作	208
7.1.1 数控电火花成型机床的工作原理	208
7.1.2 数控电火花成型机床的基本操作	209
7.1.3 提高工件加工精度的措施	210
7.2 数控电火花成型机床的维护与保养	211
7.2.1 电火花成型机床的维护保养	211
7.2.2 电火花成型加工的安全技术规程	211
7.3 5S 安全生产管理	212
7.4 数控电火花成型加工工艺与加工实践	213
任务：数控电火花成型机床的基本操作	213
附录	214
项目一 小型压力机	214
项目二 小型注塑模	216
参考文献	218



普通机械加工

模块一 普通车床加工

任务目标

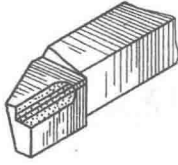
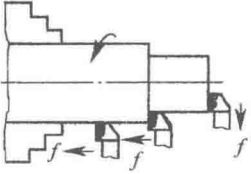
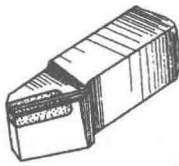
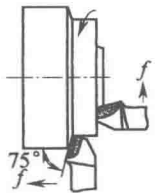
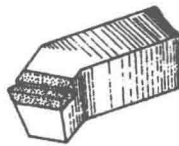
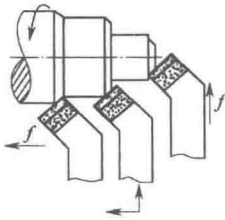
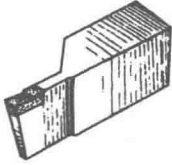
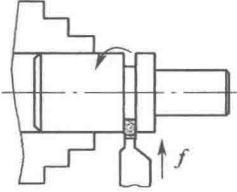
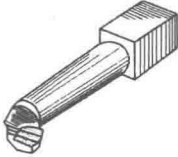
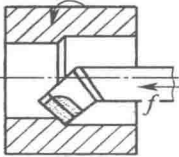
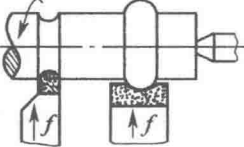
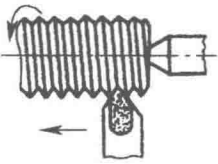
- (1) 熟悉 CA6136/CA6140A 车床的工艺特点及应用范围;
- (2) 掌握 CA6136/CA6140A 车床的结构及各部分的作用;
- (3) 掌握 CA6136/CA6140A 车床的操作步骤及安全注意事项;
- (4) 具备开启、停止、急停 CA6136/CA6140A 车床的实际操作能力;
- (5) 熟悉车刀的材料、几何角度, 车刀的刃磨与使用;
- (6) 掌握切削用量的基本概念;
- (7) 掌握内外三角螺纹的基本概念。

1.1 车刀介绍

1.1.1 常用车刀的种类和用途

车削加工时, 需根据不同的车削要求, 选用不同种类的车刀。常用车刀的种类及其用途见表 1-1。

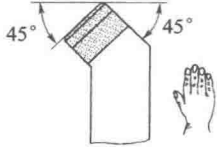
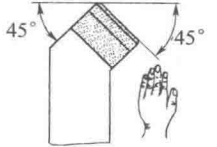
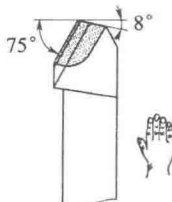
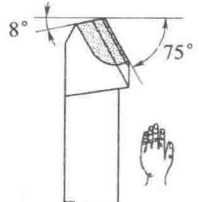
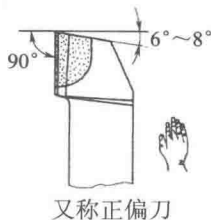
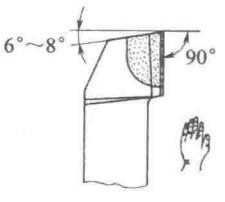
表 1-1 常用车刀的种类及用途

车刀种类	车刀外形图	用 途	车削示意图
90° 车刀 (偏刀)		车削工件的外圆、 台阶和端面	
75° 车刀		车削工件的外圆和 端面	
45° 车刀 (弯头车刀)		车削工件的外圆、 端面和倒角	
切断刀		切断工件或在工件 上车槽	
内孔车刀		车削工件的内孔	
圆头车刀		车削工件的圆弧面 或成形面	
螺纹车刀		车削螺纹	

1.1.2 左车刀和右车刀

车刀按进给方向的不同,可分为左车刀和右车刀两种,具体见表 1-2。

表 1-2 左车刀和右车刀

车 刀	右 车 刀	左 车 刀
45° 车刀 (弯头车刀)		
75° 车刀		
90° 车刀 (偏刀)	 又称正偏刀	

说明: (1) 右车刀的主切削刃在刀柄左侧, 由车床的右侧向左侧纵向进给。

(2) 左车刀的主切削刃在刀柄右侧, 由车床的左侧向右侧纵向进给。

左右手判别法: 将平摊的右手手心向下放在刀柄的上面, 指尖指向刀头方向, 如果主切削刃和右手拇指在同一侧, 则该车刀为右车刀。反之, 则为左车刀。

1.1.3 车刀切削部分的基本定义

1. 车刀的组成部分

车刀由刀头(或刀片)和刀柄两部分组成。刀头担负切削工作, 故又称切削部分; 刀柄用来在刀架上装夹。

2. 车刀切削部分的结构要素

如图 1-1 所示, 车刀切削部分主要由以下几个部分组成。

前刀面(A_f)——切屑沿其流出的表面。

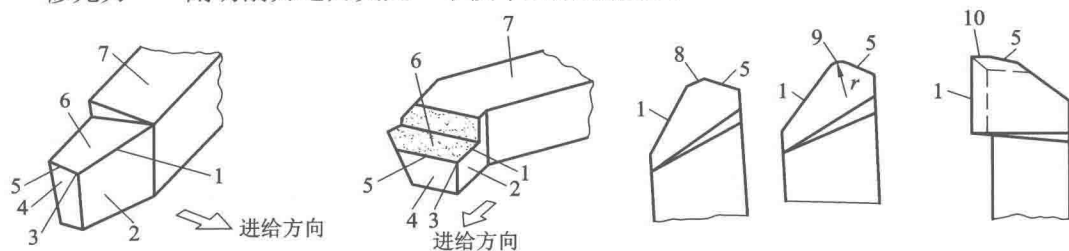
后刀面(A_a)——分主后刀面和副后刀面。与过渡表面相对的面称为主后刀面(A_a); 与已加工表面相对的面称为副后刀面(A'_a)。

主切削刃(S)——前刀面和主后刀面相交形成的刀刃。

副切削刃(S')——前刀面和副后刀面相交形成的刀刃。

刀尖——主切削刃和副切削刃相接处的相当小的一部分刃口。

修光刃——副切削刃近刀尖处一小段平直的切削刃。



(a) 75° 车刀

(b) 45° 车刀

(c) 过渡刃

(d) 修光刃

1—主切削刃；2—主后刀面；3—刀尖；4—副后刀面；5—副切削刃；6—前刀面；

7—刀柄；8—直线形过渡刃；9—圆弧过渡刃；10—修光刃

图 1-1 车刀的组成

3. 刀具标注角度参考系

刀具几何角度是确定刀头几何形状与切削性能的重要参数，它是由刀具的前、后刀面和切削刃与假定参考坐标平面的夹角所构成的。

由于大多数加工表面都不是平面，而且主切削刃上每点的切削速度各不相同，所以要建立坐标平面。坐标平面用字母 P 和下角标组成复合符号标记。

根据 ISO 3002/1—1997 标准的推荐，选用目前生产中最常用的刀具标注角度参考系——正交平面参考系，如图 1-2 所示。

基面 P_r ——过切削刃选定点平行刀具安装面(或轴线)的平面。

切削平面 P_s ——过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面。

正交平面 P_o ——过切削刃选定点同时垂直于切削平面和基面的平面。

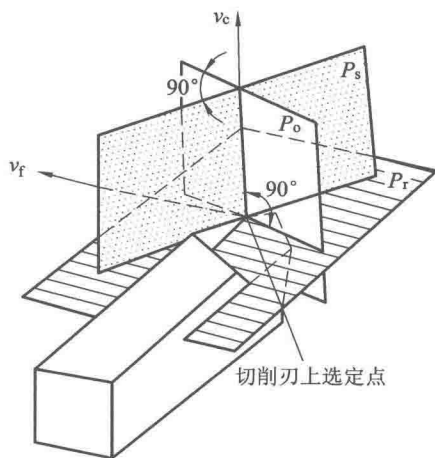
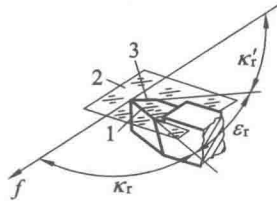


图 1-2 正交平面参考系

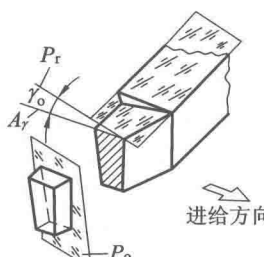
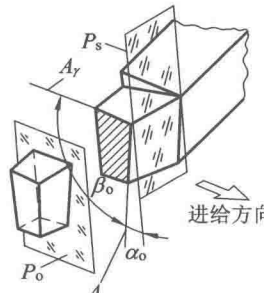
4. 刀具的标注角度及选用

刀具几何角度在正交平面参考系中确定，是在刀具工作图上标出的角度，故亦称为标注角度。车刀切削部分的几何角度及其主要作用和初步选择见表 1-3。

表 1-3 车刀切削部分的几何角度及其主要作用和初步选择

所在基准 坐标平面	图 示	角度	定义	主要作用	初步选择
基面 P_r		主偏角 κ_r	主切削刃在基面上的投影与进给方向间的夹角。 常用车刀的主偏角有 45°、60°、75° 和 90° 等	改变主切削刃的受力及导热能力,影响切屑的厚薄变化	(1) 选择主偏角应首先考虑工件的形状。如加工工件的台阶,必须选取 $\kappa_r \geq 90^\circ$; 加工中间切入的工件表面时,一般选用 $\kappa_r = 45^\circ \sim 60^\circ$。 (2) 要根据工件的刚度和工件材料选择主偏角。工件的刚度好或工件的材料较硬,应选较小的主偏角;反之,应选较大的主偏角
		副偏角 κ'_r	副切削刃在基面上的投影与背向进给方向间的夹角	减少副切削刃与工件已加工表面间的摩擦。减小副偏角,可以减小工件的表面粗糙度;但是副偏角不能太小,否则会使背向力增大	(1) 副偏角一般采用 $\kappa'_r = 6^\circ \sim 8^\circ$。 (2) 精车时,如果在副切削刃上刃磨修光刃,则取 $\kappa'_r = 0^\circ$。 (3) 加工中间切入的工件表面时,副偏角应取 $\kappa'_r = 45^\circ \sim 60^\circ$
		刀尖角 ϵ_r	主、副切削刃在基面上的投影间的夹角	影响刀尖强度和散热性能	刀尖角可用下式计算: $\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$

续表

所在基准坐标平面	图示	角度	定义	主要作用	初步选择
主正交平面 P_o		前角 γ_o	前刀面和基面间的夹角	影响刀口的锋利程度和强度,影响切削变形和切削力。前角增大能使车刀刀口锋利,减少切削变形,可使切削省力,并使切屑顺利排出。负前角能增加切削刃强度并使之耐冲击,见表 1-4	前角的数值与工件材料、加工性质和刀具材料有关: (1) 车削塑性材料(如钢料)或工件材料较软时,可选择较大的前角;车削脆性材料(如灰铸铁)或工件材料较硬时,可选择小的前角。 (2) 粗加工,尤其是车削有硬皮的铸、锻件时,应选取较小的前角;精加工时,应选取较大的前角。 (3) 车刀材料的强度和韧性较差时(如硬质合金车刀),前角应取小值;反之(如高速钢车刀),可取较大值。 车刀前角一般选择 $\gamma_o = -5^\circ \sim 35^\circ$。车削中碳钢(如 45 钢)工件,用高速钢车刀时选取 $\gamma_o = 20^\circ \sim 25^\circ$;用硬质合金车刀粗车时选取 $\gamma_o = 10^\circ \sim 15^\circ$,精车时选取 $\gamma_o = 13^\circ \sim 18^\circ$
		主后角 α_o	主后刀面 和主切削平 面的夹角	减少车刀主后刀面和工件过渡表面间的摩擦	(1) 粗加工时,应取较小的后角;精加工时,应取较大的后角。 (2) 工件材料较硬时,后角宜取小值;工件材料较软时,则后角宜取大值。车刀后角一般选择 $\alpha_o = 4^\circ \sim 12^\circ$。车削中碳钢工件,用高速钢车刀时,粗车选取 $\alpha_o = 6^\circ \sim 8^\circ$,精车选取 $\alpha_o = 8^\circ \sim 12^\circ$;用硬质合金车刀时,粗车选取 $\alpha_o = 5^\circ \sim 7^\circ$,精车选取 $\alpha_o = 6^\circ \sim 9^\circ$
		楔角 β_o	前刀面和后刀面间的夹角	影响刀头截面的大小,从而影响刀头的强度	楔角可用下式计算: $\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o)$

5. 车刀的部分角度正负值规定

在车刀切削部分的基本角度中,前角 γ_0 、后角 α_0 、刃倾角 λ_s 有正负值规定。其中车刀前角和后角分别有正值、零、负值3种,见表1-4。

表 1-4 车刀前角和后角正负值的规定

角度值		$\gamma_0 > 0^\circ$	$\gamma_0 = 0^\circ$	$\gamma_0 < 0^\circ$
前角 γ_0	图示			
	正负值规定	前刀面 A_γ 与切削平面 P_s 间的夹角小于 90° 时	前刀面 A_γ 与切削平面 P_s 间的夹角等于 90° 时	前刀面 A_γ 与切削平面 P_s 间的夹角大于 90° 时
角度值		$\alpha_0 > 0^\circ$	$\alpha_0 = 0^\circ$	$\alpha_0 < 0^\circ$
后角 α_0	图示			
	正负值规定	后刀面 A_α 与基面 P_r 间的夹角小于 90° 时	后刀面 A_α 与基面 P_r 间的夹角等于 90° 时	后刀面 A_α 与基面 P_r 间的夹角大于 90° 时

刃倾角有正值、零、负值3种,其排屑情况、刀尖强度和冲击点接触车刀位置,见表1-5。

表 1-5 刃倾角正负值的規定及使用情况

角度值	$\lambda_s > 0^\circ$	$\lambda_s = 0^\circ$	$\lambda_s < 0^\circ$
正负值的規定			
	刀尖位于主切削刃 S 的最高点	主切削刃 S 和基面 P_r 平行	刀尖位于主切削刃 S 的最低点
切屑排出情况			
	车削时,切屑排向工件的待加工表面方向,切屑不易擦毛已加工表面,车出的工件表面粗糙度小	车削时,切屑基本上沿垂直于主切削刃方向排出	车削时,切屑排向工件的已加工表面方向,容易划伤已加工表面