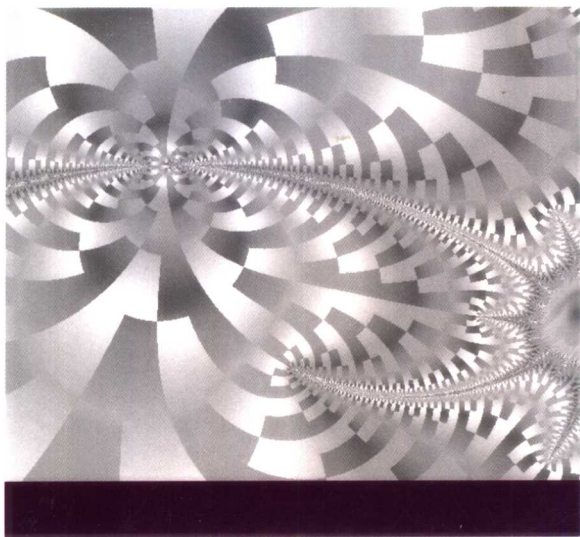


职业技能鉴定培训读本

中级工

金属切削工

江苏大学工业中心 组织编写
贺曙新 张四弟 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（中级工）

金 属 切 削 工

江苏大学工业中心 组织编写

贺曙新 张四弟 主 编

陆一心 主 审

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

金属切削工/贺曙新, 张四弟主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 3

职业技能鉴定培训读本(中级工)

ISBN 7-5025-5278-2

I. 金… II. ①贺…②张… III. 金属切削-职业技能鉴定-自学参考资料 IV. TG5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 012595 号

职业技能鉴定培训读本 (中级工)

金属切削工

江苏大学工业中心 组织编写

贺曙新 张四弟 主 编

陆一心 主 审

责任编辑: 刘俊芝 陈 丽

文字编辑: 张燕文

责任校对: 郑 捷

封面设计: 于 兵

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京兴顺印刷厂印刷

北京兴顺印刷厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 11½ 字数 299 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5278-2/G · 1398

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

为了适应“国家高技能人才培养工程”的需要，符合制造业技能型紧缺人才培养的要求，江苏大学工业中心组织编写了技术工人技能鉴定培训用书（中级工）系列教材，本书是系列教材之一。

本书包括了金属切削加工基础知识、金属切削机床与表面加工方法、零件的加工质量与检验、机械加工工艺规程的编制、工件的定位与机床夹具、典型零件加工工艺、机械装配工艺基础和先进机械制造技术等内容。

本书注重理论联系实际，理论知识以够用为度，注重实际操作和操作技能的介绍，既讲解传统机械制造知识，又适当反映新技术、新工艺、新材料的应用和发展。

本书既可作为中级工的培训教材，又可作为技工学校、职业学校、大中专院校师生的教学实习参考书。

本书由南京工程学院贺曙新和张四弟同志任主编。江苏大学陆一心教授任主审。

全书共八章。其中第二章、第三章、第四章和第七章由贺曙新编写，第一章、第五章、第六章和第八章由张四弟编写。

本书在编写过程中，得到了江苏大学戈晓岚教授的大力支持和指导，化学工业出版社亦给予了热情的支持和帮助，在此向他们表示衷心的感谢。

限于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

2003 年 12 月

目 录

第一章 金属切削加工基础知识	1
第一节 切削运动与切削要素	1
一、切削所需要的运动	1
二、切削所产生的表面	2
三、切削用量三要素	2
第二节 刀具组成与几何角度	3
一、刀具组成	3
二、参考坐标平面	4
三、刀具几何角度的基本定义	6
四、刀具的工作角度	7
五、切削层参数	10
第三节 金属切削过程	12
一、切屑的形成过程和种类	12
二、积屑瘤	15
三、鳞刺	16
四、已加工表面的变形	17
第四节 刀具材料	18
一、刀具材料必须具备的基本性能	19
二、普通工具钢	19
三、高速钢	20
四、硬质合金	20
第五节 切削力、切削热和切削温度	22
一、切削力的来源	22
二、切削分力及其作用	22
三、影响切削力的因素	23
四、切削功率及主切削力的估算	26

五、切削热与切削温度	28
第六节 刀具磨损和耐用度	30
一、刀具磨损形式	30
二、刀具磨损过程和磨钝标准	31
三、刀具耐用度	33
四、刀具耐用度的影响因素与合理耐用度	33
第七节 工件材料的切削加工性和切削液	35
一、切削加工性的概念和衡量指标	36
二、改善材料切削加工性的途径	37
三、合理使用切削液	38
第八节 已加工表面质量	41
一、表面粗糙度	41
二、加工硬化	44
三、残余应力	44
第九节 刀具几何角度的选择	45
一、前角的功用与选择	45
二、前刀面的形状与选择	46
三、后角的选择	48
四、主偏角、副偏角的选择	49
五、刃倾角的功用与选择	50
六、过渡刃形状与参数选择	52
第十节 切削用量的选择	53
一、切削用量的选择原则	53
二、切削用量的选择方法	54
三、选择切削用量实例	59
本章要求	61
学习指导	62
复习思考题	63
第二章 金属切削机床与表面加工方法	65
第一节 概述	65
第二节 金属切削机床及其加工范围	67
一、车床和车削加工	67
二、孔加工机床和孔加工	76

三、铣床和铣削加工	89
四、刨床、插床和刨削、插削加工	97
第三节 磨床与砂轮	102
一、磨床	102
二、砂轮	109
第四节 螺纹加工	112
一、普通螺纹的主要参数	113
二、车削螺纹	114
三、铣削螺纹	115
四、攻丝和套丝	116
五、磨削螺纹	118
六、滚压螺纹	118
第五节 齿形加工	120
一、成形法	121
二、展成法	122
第六节 光整加工	130
一、研磨	130
二、珩磨	133
三、超精加工	136
本章要求	137
学习指导	138
复习思考题	138
第三章 零件的加工质量与检验	140
第一节 产品的质量指标	140
一、加工精度	140
二、表面质量	141
第二节 获得加工精度的方法与影响加工精度的因素	141
一、获得加工精度的方法	141
二、影响加工精度的因素	143
第三节 零件加工质量的检验	153
一、游标卡尺	153
二、高度游标卡尺	156
三、深度游标卡尺	157

四、千分尺	157
五、百分表	161
六、内径百分表	163
七、塞规和卡规	164
第四节 提高加工精度的工艺措施	165
一、减小误差法	165
二、误差补偿法	166
三、误差分组法	167
四、转移误差法	168
五、就地加工法	168
六、误差均分法	169
本章要求	169
学习指导	170
复习思考题	170
第四章 机械加工工艺规程的编制	172
第一节 概述	172
一、生产过程和机械加工工艺过程	172
二、机械加工工艺过程的组成	172
三、生产类型及其工艺特征	174
四、制定机械加工工艺过程的原始资料和步骤	176
第二节 定位基准的选择原则	178
一、基准的概念	178
二、定位基准的选择	179
第三节 工艺路线的拟定	182
一、表面加工方法的选择	182
二、加工阶段的划分	186
三、工序的集中与分散	186
第四节 加工余量与工序尺寸的确定	187
一、加工余量的概念	187
二、加工余量的确定方法	189
第五节 工艺尺寸链	191
一、定义和特征	191
二、组成与作法	192

三、基本计算式	192
四、应用	194
第六节 工艺文件	198
一、机械加工工艺过程卡片	198
二、机械加工工艺卡片	198
三、机械加工工序卡片	198
第七节 时间定额和提高生产率的工艺途径	202
一、时间定额	202
二、提高生产率的工艺途径	203
本章要求	204
学习指导	204
复习思考题	205
第五章 工件的定位与机床夹具	207
第一节 概述	207
一、工件装夹的实质	207
二、工件装夹的方法	208
三、夹具的组成	210
四、夹具的功用	211
五、夹具的分类	212
第二节 工件在夹具中的定位	214
一、工件定位基本原理	215
二、常见定位方式与定位元件	217
第三节 定位误差	233
一、定位误差的组成	233
二、工件以圆柱面定位时的定位基准位移误差	234
三、工件在 V 形块上定位时的定位误差	236
四、定位误差分析计算实例	239
第四节 工件的夹紧	242
一、夹紧装置的组成	242
二、斜楔夹紧机构	244
三、螺旋夹紧机构	247
四、偏心夹紧机构	252
五、夹紧机构的设计原则	255

第五节 典型机床夹具	258
一、钻床夹具	258
二、铣床夹具	263
三、车床和圆磨床夹具	267
本章要求	270
学习指导	270
复习思考题	271
第六章 典型零件加工工艺	275
第一节 轴类零件的加工	275
一、工艺要点	275
二、典型工艺路线	276
三、细长零件加工工艺特点	277
四、工艺实例	278
第二节 盘套类零件的加工	285
一、工艺要点	285
二、典型工艺路线	286
三、工艺实例	287
第三节 箱体类零件的加工	288
一、工艺要点	288
二、典型工艺路线	290
三、工艺实例	291
本章要求	295
学习指导	296
复习思考题	296
第七章 机械装配工艺基础	298
第一节 机械装配生产类型及其特点	298
第二节 装配工作的基本内容	299
一、清洗	299
二、刮削	301
三、连接	301
四、校正、调整与配作	301
五、平衡	302
六、验收和试验	302

第三节 装配尺寸链	302
一、基本概念	302
二、建立方法	304
第四节 保证装配精度的工艺方法	305
一、互换装配法	305
二、选择装配法	308
三、修配装配法	309
四、调整装配法	309
本章要求	312
学习指导	312
复习思考题	313
第八章 先进机械制造技术	314
第一节 概述	314
一、先进制造技术的定义与内涵	314
二、先进制造技术的特点	315
第二节 数控加工技术	316
一、数控加工概念	316
二、数控机床的工作原理	317
三、数控机床的组成与分类	318
四、数控加工的内容	323
五、数控加工的特点和应用范围	323
第三节 精密与超精密加工技术	325
一、概述	325
二、常规超精密加工技术	327
三、纳米工程	329
第四节 特种加工技术	330
一、高能束流加工	331
二、先进电加工	334
第五节 快速原型制造简介	337
本章要求	342
学习指导	343
复习思考题	343
参考文献	344

第一章 金属切削加工基础知识

第一节 切削运动与切削要素

一、切削所需要的运动

金属切削加工是用金属切削刀具从工件毛坯上切去多余的金属层,从而获得合乎设计要求的工件的一种加工方法。为了实现切削加工,刀具与被加工工件间必须具有一定的相对运动,这种相对运动通常由金属切削机床来实现。切削运动一般可分为主运动和进给运动两类,如图 1-1 所示。

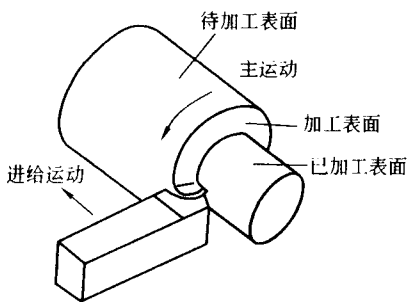


图 1-1 车削时的切削运动

1. 主运动

主运动是切削金属层形成加工表面必不可少的运动,对于车削加工来说即为工件的旋转运动。主运动是速度最高、消耗功率最大的切削运动。主运动的线速度称为切削速度,用字母 v 表示。以车削为例,其切削速度为

$$v = \frac{\pi d n}{1000}$$

式中 v ——切削速度, m/min ;

d ——工件车削加工处的最大直径, mm ;

n ——工件转速, r/min 。

2. 进给运动

进给运动是使新的切削层金属不断投入切削的运动。通常用进给量 f 来表示其大小。车削进给量是工件每转一转刀具相对工件沿进给运动方向移动的距离。进给量单位为 mm/r 。铣削加工通常用进给速度 v_f 来表示，显然进给速度 v_f 可按下式计算。

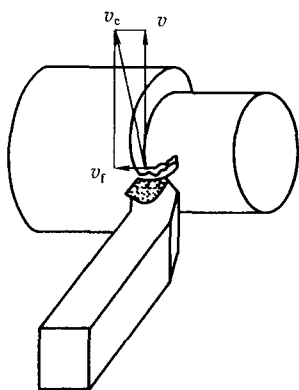
$$v_f = fn$$

式中 v_f ——进给速度， mm/min ；

f ——进给量， mm/r ；

n ——工件转速， r/min 。

一般主运动和进给运动同时进行，此时刀具切削刃上某一点与



工件间的相对运动称为合成切削运动，其大小和方向用合成速度向量 v_c 来表示。它等于主运动速度 v 和进给运动速度 v_f 的矢量和，如图 1-2 所示。

二、切削所产生的表面

切削时，在主运动和进给运动的作用下，工件上的多余金属层不断地被刀具切去成为切屑，从而加工出所需要的表面。此时，工件上有三个不断变化的表面，如图 1-1 所示。

图 1-2 车削时的合成速度向量

(1) 待加工表面 工件上即将被

切去切屑的表面。

(2) 已加工表面 工件上已经切去切屑的表面。

(3) 加工表面 工件上刀具切削刃正在切削着的表面。

三、切削用量三要素

切削加工时除必须选择主运动参数 v 和进给运动参数 f 外，还必须确定每次走刀的切入深度，通常用切削深度 a_p 来表示。它是工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离。外圆加工的切削深

度为

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中 a_p ——切削深度, mm;

d_w ——工件待加工表面直径, mm;

d_m ——工件已加工表面直径, mm。

切断或切槽时的切削深度 a_p 等于刀具宽度。

上述切削速度、进给量、切削深度统称为切削用量三要素。它对于切削加工精度、生产率和加工成本等影响很大。因此正确合理选择切削用量三要素非常重要。

第二节 刀具组成与几何角度

一、刀具组成

金属切削刀具的种类很多,有些刀具形状和结构较复杂,且各不相同。但对于各种复杂刀具或多齿刀具,就其一个刀齿来说,其几何形状和工作情况都相当于一把车刀的刀头。因此,在研究刀具几何角度时,通常以车刀为例介绍刀具几何角度的定义,这些定义同样适合于其他刀具。

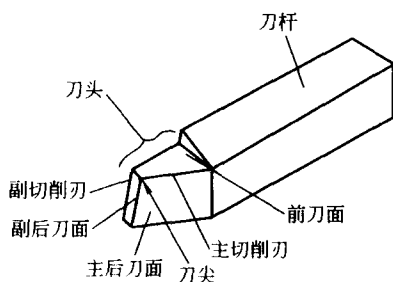


图 1-3 车刀的组成

如图 1-3 所示,车刀由其刀头和刀杆组成,刀头用来完成切削工作,故又称为切削部分。刀杆用于将车刀装夹固定在车床刀架上。

车刀切削部分一般由三个表面、两个刀刃和一个刀尖组成,可简称为三面、两刃、一尖。

1. 三个表面

(1) 前刀面 刀头上控制切屑沿其排出的刀面,即与切屑相接

触的刀面。

(2) 主后刀面 刀头上与加工表面相对的刀面。

(3) 副后刀面 刀头上与已加工表面相对的刀面。

2. 两个刀刃

(1) 主切削刃 前刀面和主后刀面的交线，承担主要的切削工作。

(2) 副切削刃 前刀面和副后刀面的交线，在靠近刀尖处的副切削刃起微量切削作用，在大进给切削时，副切削刃同样起主要切削作用。

3. 刀尖

刀尖是主、副切削刃的交点。通常刀尖修正成短直线或小圆弧，以提高刀具使用寿命。需要说明的是，不同类型的刀具，其刀面、切削刃数可能不同，如切断刀就有两个副切削刃和两个刀尖。同一把刀具，当工作情况不同，其主、副切削刃的功能身份也将产生转化。

二、参考坐标平面

刀具几何角度是确定刀面和切削刃相对空间位置的重要参数，直接影响刀具的切削性能。为了正确表示刀具几何角度，首先必须选择参考坐标系。参考坐标系是设计计算、绘图标注、刃磨测量刀具几何角度的基准。最基本的参考坐标系为主剖面坐标系，它由基面、切削平面和主剖面组成。

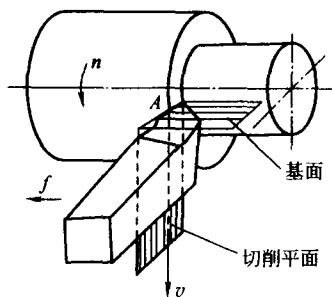


图 1-4 车刀的基面与切削平面

1. 基面

基面是通过切削刃上选定点而又垂直于该点相对运动速度的平面。若不考虑进给运动的影响，相对运动速度就是切削速度。此时基面就是过切削刃上选定点并垂直于该点切削速度的平面。如图 1-4 所示，基面平行于车刀底面，它是设计、刃磨、测量的基准面。

2. 切削平面

切削平面是通过切削刃上选定点并与工件上加工表面相切的平面，即与切削刃相切并包含相对运动速度的平面。若不考虑进给运动的影响，相对运动速度方向就是切削速度方向。切削平面垂直于基面，如图 1-4 所示。

3. 主剖面

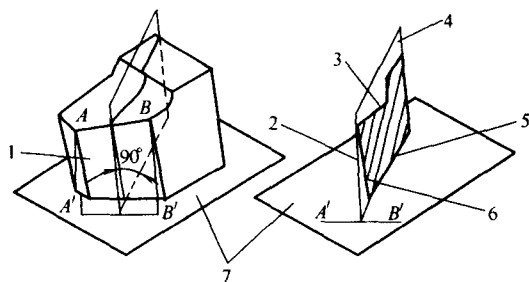
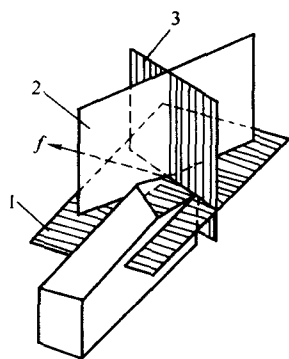


图 1-5 车刀的主剖面

- 1—切削平面；2—主剖面与切削平面的交线；3—主剖面与前刀面的交线；4—主剖面；5—主剖面与车刀底面的交线；6—主剖面与主后刀面的交线；7—车刀底面

主剖面是通过切削刃上选定点并垂直于主切削刃在基面上的投影的平面，如图 1-5 所示。图中 AB 为主切削刃， $A'B'$ 为主切削刃在基面上的投影，垂直 $A'B'$ 的平面即为主剖面。

基面、切削平面和主剖面相互垂直正交，构成一个空间直角坐标系，称为主剖面坐标系，如图 1-6 所示。通常刀具几何角度是在主剖面坐标系内标注和度量的。



对于副切削刃上的选定点同样可以建立类似的坐标系。

图 1-6 车刀的主剖面坐标系
1—基面；2—切削平面；3—主剖面

三、刀具几何角度的基本定义

在刀具图纸上标注的角度称为标注角度，也就是制造、刃磨时控制的角度。刀具标注角度通常在上述主剖面坐标系内度量，如图 1-7 所示。

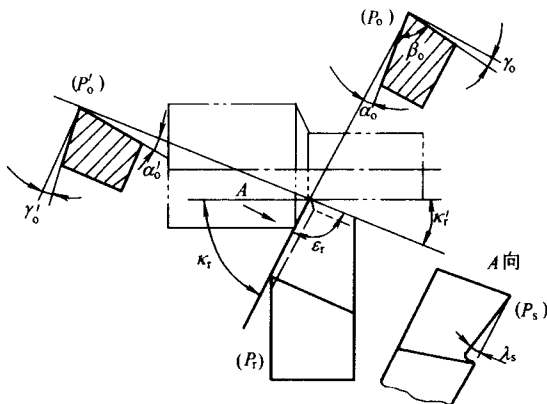


图 1-7 车刀的标注角度

1. 在主剖面内度量的角度

- (1) 前角 γ 。前刀面与基面之间的夹角。
- (2) 后角 α 。后刀面与切削平面之间的夹角。
- (3) 楔角 β 。前刀面与后刀面之间的夹角。

三者间关系为

$$\beta_0 = 90^\circ - (\gamma_0 + \alpha_0)$$

2. 在基面内测量的角度

- (1) 主偏角 κ_r 主切削刃与进给方向之间的夹角。
- (2) 副偏角 κ'_r 副切削刃与进给反方向之间的夹角。
- (3) 刀尖角 ϵ 主切削刃与副切削刃之间的夹角。

三者间关系为

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r)$$

3. 在切削平面内测量的角度