

中等职业教育“十一五”规划教材

机械加工技术基础

李新生 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业教育“十一五”规划教材

机械加工技术基础

主 编 李新生
副主编 杨关全
参 编 明方胜 李巧玲
主 审 陈少斌



机械工业出版社

本书内容包括五个部分,第一部分介绍机械加工切削原理及常用的刀具(第1章);第二部分介绍工件的定位与夹具基本原理(第2章);第三部分介绍加工方法,主要有车工、铣工、磨工、齿轮加工及其他加工方法(第3~7章);第四部分主要介绍工艺规程的制订和工艺文件的编制(第8章);第五部分介绍数控加工技术。带*的内容为选修内容。

本书注重实践能力的培养,对理论性内容只作简单介绍,符合当今中职学生的特点。本书可作为中等职业学校机械制造类专业教材,也可作为技工学校和工人职业技能培训教材。

主 编 李 峰
副 主 编 全 关 谢
参 考 文 献 李 峰
审 校 戴 少 莉

图书在版编目(CIP)数据

机械加工技术基础/李新生主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 9

中等职业教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-111-22087-9

I. 机… II. 李… III. 机械加工-专业学校-教材
IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 120334 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:崔占军 王海峰

责任编辑:齐志刚 版式设计:张世琴 责任校对:陈延翔

封面设计:王奕文 责任印制:杨 曦

北京四季青印刷厂印刷 (三河市兴旺装订厂装订)

2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.5 印张·307 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-22087-9

定价:19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379193

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了适应中等职业学校课程改革的需要，机械工业出版社组织相关学校专业教师和工程技术人员编写了《机械加工技术基础》教材。

本书具有如下特点：

- 1) 以工种为主线，讲解机械加工的相关知识。
- 2) 本书全部 80 学时，在讲述刀具，工件定位、夹紧等基本原理的基础上，根据学生所学工种，使用本书的学校可根据具体教学计划，对其余章节有所侧重。
- 3) 本书以大量图片描述加工方法，直观易懂，便于学习。

参加本书编写的有湖北省机械工业学校的李新生、明方胜，湖北襄樊机电工程学校的杨关全，河南机电学校的李巧玲。全书由李新生主编并统稿，由陈少斌主审。

本书在编写过程中得到湖北工业大学机械工程学院院长赵大新教授的大力支持和帮助，在此深表谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请同行和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 金属切削的基本知识..... 1

1.1 金属切削的基本原理..... 1

1.1.1 切削运动..... 1

1.1.2 切削表面..... 1

1.1.3 切削要素..... 2

1.2 刀具材料..... 4

1.2.1 刀具材料的性能..... 4

1.2.2 刀具材料的种类..... 4

1.3 刀具切削部分的几何参数..... 7

1.3.1 外圆车刀的组成..... 7

1.3.2 刀具静止角度参考系..... 8

1.4 金属切削的几个常用概念..... 11

1.5 车刀..... 16

1.5.1 硬质合金焊接式车刀..... 16

1.5.2 硬质合金机夹式车刀..... 17

1.6 铣刀..... 22

1.6.1 立式铣床常用铣刀..... 22

1.6.2 卧式铣床常用铣刀..... 25

1.7 钻头与铰刀..... 27

1.7.1 麻花钻..... 27

1.7.2 群钻..... 28

1.7.3 铰刀..... 29

1.8 砂轮..... 31

1.8.1 砂轮的组成要素..... 31

1.8.2 砂轮的特性..... 33

1.8.3 金刚石砂轮..... 33

本章小结..... 33

复习思考题..... 34

第2章 夹具基本原理..... 35

2.1 夹具概述..... 35

2.2 夹具定位原理..... 36

2.2.1 自由度概念..... 36

2.2.2 六点定位原则..... 37

2.2.3 工件定位方式分类..... 38

2.2.4 定位基准的选择..... 39

2.3 定位方法与定位元件..... 40

2.3.1 对定位元件的基本要求..... 40

2.3.2 常用定位元件及其所能限制的自由度..... 40

2.3.3 定位方式种类及常用定位元件的选用..... 42

2.4 定位误差..... 49

2.4.1 定位误差产生的原因..... 49

2.4.2 定位误差的计算..... 50

2.5 夹紧装置..... 52

2.5.1 夹紧装置的组成..... 52

2.5.2 典型夹紧机构..... 52

2.6 分度装置与夹具体..... 61

2.6.1 分度装置..... 61

2.6.2 夹具体..... 63

2.7 各类机床夹具简介..... 67

2.7.1 车床专用夹具的典型结构..... 67

2.7.2 铣床专用夹具的典型结构..... 68

2.7.3 钻床夹具..... 69

2.7.4 其他机床夹具..... 71

本章小结..... 74

复习思考题..... 74

第3章 车削技术..... 76

3.1 车床概述..... 76

3.1.1 车床的型号..... 76

3.1.2 卧式车床 CA6140 的组成及其作用..... 77

3.1.3 卧式车床 CA6140 的传动系统..... 78

3.1.4 其他常用车床简介..... 82

3.2 车削加工工艺..... 84

3.2.1 车削外圆、端面及台阶..... 84

3.2.2 切断与车槽	88	6.1.2 钳工常用设备	136
3.2.3 车孔	91	6.1.3 划线	137
3.2.4 车螺纹	95	6.1.4 锯削	138
3.2.5 车锥面	101	6.1.5 铰削	139
3.2.6 车削精度	104	6.1.6 锉削	139
本章小结	106	6.1.7 钻孔、扩孔、铰孔与铰孔	140
复习思考题	106	6.2 镗孔与拉孔	142
第4章 铣削技术	108	6.2.1 镗孔	142
4.1 铣床概述	108	6.2.2 拉孔	146
4.1.1 铣床 X6132 的组成及其作用	108	6.3 特种加工简介*	148
4.1.2 卧式铣床的运动及特点	109	6.3.1 电火花加工	148
4.1.3 铣床附件及工件的 一般装夹方法	109	6.3.2 激光加工	151
4.2 铣削加工工艺	114	本章小结	153
4.2.1 铣削用量	114	复习思考题	153
4.2.2 铣削方式	114	第7章 齿轮加工*	154
4.2.3 铣平面	115	7.1 滚齿加工	155
4.2.4 沟槽铣削	118	7.1.1 Y3150E 型滚齿机	155
4.2.5 铣削的工艺特点与铣削实例	120	7.1.2 滚齿加工原理与运动	155
4.3 分度方法简介*	121	7.2 插齿加工	156
本章小结	122	7.2.1 Y5132 型插齿机	156
复习思考题	122	7.2.2 插齿加工原理与运动	156
第5章 磨削技术	124	7.3 磨齿加工	158
5.1 平面磨削	124	本章小结	159
5.1.1 平面磨床	124	复习思考题	159
5.1.2 平面磨削的运动和方法	125	第8章 机械加工工艺分析与 工艺规程	161
5.1.3 装夹工件的方法	127	8.1 机械加工工艺过程	161
5.1.4 磨削的工艺特点及实例	127	8.1.1 工艺过程的概念	161
5.2 外圆磨削	128	8.1.2 工艺过程的组成	161
5.2.1 M1432B 型万能外圆磨床	128	8.1.3 生产纲领与生产类型	163
5.2.2 内外圆磨削的运动和方法	129	8.2 加工阶段与热处理	164
5.3 磨削精度分析	133	8.2.1 加工阶段	164
5.3.1 磨削平面精度分析	133	8.2.2 热处理工序的安排	165
5.3.2 磨削内、外圆精度分析	134	8.3 工艺尺寸链	166
本章小结	134	8.3.1 尺寸链的概念	166
复习思考题	135	8.3.2 解尺寸链	166
第6章 其他加工方法	136	8.4 机械加工的经济精度	168
6.1 钳工	136	8.5 机械加工技术文件	169
6.1.1 钳工概述	136	本章小结	177

复习思考题	178	9.2.1 机床坐标系和工件	
第9章 数控加工技术简介*	179	坐标系的建立	181
9.1 数控机床简介	179	9.2.2 编程方法	183
9.1.1 数控机床的特点	179	附录 A 硬质合金牌号对照表	186
9.1.2 数控机床的组成	180	附录 B 可转位刀片型号命名方法	190
9.2 数控机床编程	181	参考文献	193

第 1 章 金属切削的基本知识

金属切削加工是机械零件加工的最普遍的方法。直接用来切削金属的工具称为金属切削刀具；用来完成切削的机器称为金属切削机床，简称机床。在机床上，用金属切削刀具切除工件上多余的金属，使其形状、尺寸精度及表面质量达到预定要求的加工，称为金属切削加工。本章主要学习切削过程的基本原理及金属切削中几种常用刀具。

1.1 金属切削的基本原理

1.1.1 切削运动

切削加工过程中，刀具与工件之间的相对运动，即切削运动。

切削加工必须具备两种运动，即主运动和进给运动，如图 1-1 所示。

1. 主运动

切削过程中的主要运动，是使刀具和工件之间产生相对运动，从而切下切屑所必需的最基本运动。如车削时工件的旋转运动，铣削时铣刀的旋转运动，刨削时工件或刀具的往复运动。主运动在切削中速度最高，消耗功率也最大。

2. 进给运动

切削过程中，是使刀具与工件之间产生附加的相对运动，从而连续切下切屑，得到所需的已加工表面。

主运动和进给运动共同作用，即可间断地或连续地切除多余金属，并得出具有所需几何特性的加工表面。进给运动可以是连续的运动，如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动；也可以是间断运动，如刨削时刀具的横向移动。

3. 合成切削运动

合成切削运动是由主运动和进给运动合成的运动。刀具切削刃上选定点相对工件的瞬时合成运动方向称合成切削运动方向，其速度称合成切削速度，如图 1-2 所示。

1.1.2 切削表面

工件在切削加工时存在三种不同的表面，如图 1-3 所示。

- (1) 待加工表面 工件上有待切除的表面。
- (2) 已加工表面 工件上经刀具切削后产生的表面。
- (3) 加工表面 工件上切削刃正在切削的表面。

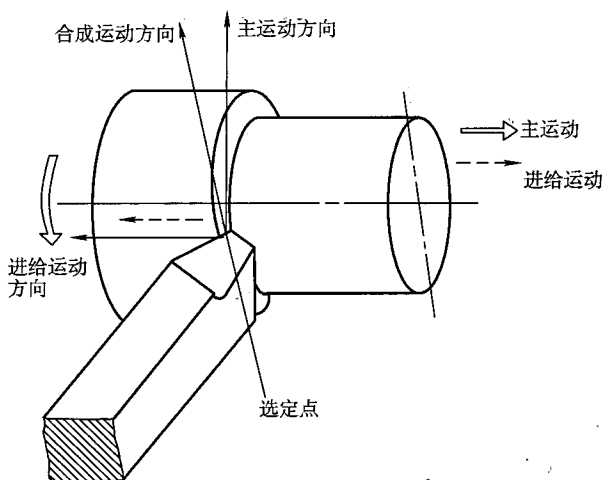


图 1-1 切削运动

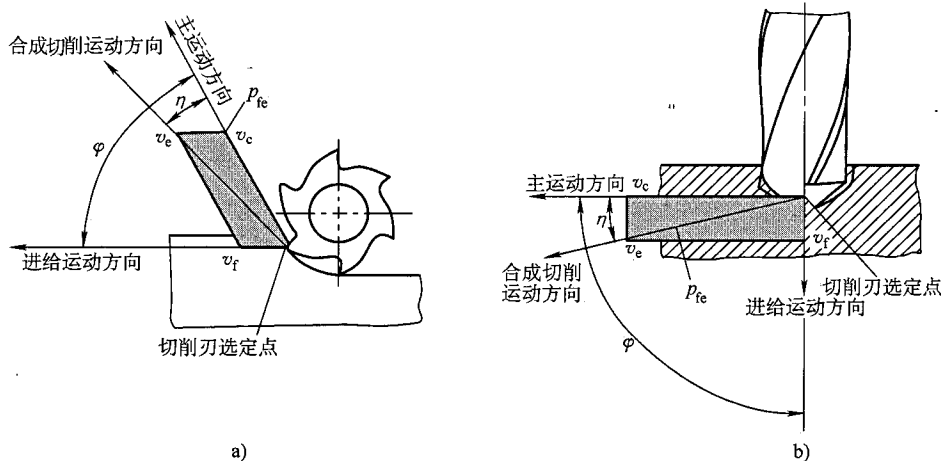


图 1-2 合成切削运动

1.1.3 切削要素

切削要素可分为两大类：切削用量要素和切削层公称横截面要素。

1. 切削用量要素

在切削加工过程中，要根据不同的工件材料、刀具材料和其他经济技术因素来选择合适的切削速度 v_c ，进给量 f 或进给速度 v_f ，还应选择合适的背吃刀量 a_p 。 v_c 、 a_p 、 f 或 v_f 称为切削用量三要素（也称工艺的切削要素）。

(1) 切削速度 v_c 切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。计算公式如下

$$v_c = \pi d_w n / 1000 \quad (1-1)$$

式中 v_c ——切削速度 (m/s)；

d_w ——工件待加工表面直径 (mm)；

n ——工件转速 (r/s)。

在计算时，应以最大的切削速度为准，如车削时以待加工表面直径的数值进行计算，因为此处速度最高，刀具磨损最快。

(2) 进给量 f 工件或刀具每转一周时，刀具在进给运动方向上相对工件的位移量。进给速度 v_f 是切削刃上选定点相对工件的进给运动的瞬时速度。

$$v_f = fn \quad (1-2)$$

式中 v_f ——进给速度 (mm/s)；

n ——主轴转速 (r/s)。

(3) 背吃刀量 a_p 通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量。根据定义，纵向车削外圆时（见图 1-4），其背吃刀量 a_p 可由下式计算

$$a_p = (d_w - d_m) / 2 \quad (1-3)$$

式中 d_w ——工件待加工表面直径 (mm)；

d_m ——工件已加工表面直径 (mm)。

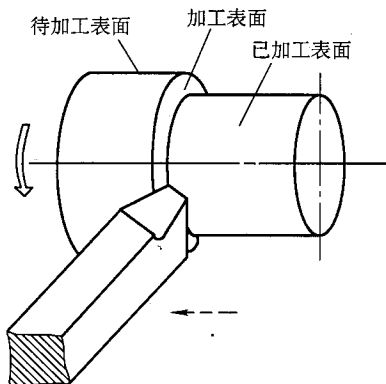


图 1-3 切削时产生的表面

2. 切削层公称横截面要素

切削层是指切削部分的单一动作所切除的工件材料层。规定在刀具的基面(将在1.3讲述)中度量。在切削加工时,指刀具正在切削着的这一层金属。切削层形状和尺寸,直接决定了刀具承受的负荷,以及切屑的形状和尺寸。

(1) 切削层公称横截面积 A_D 。指在给定瞬间,切削层在切削层尺寸平面内的实际横截面积,如图1-5所示的 $ABCE$ 所包围的面积。

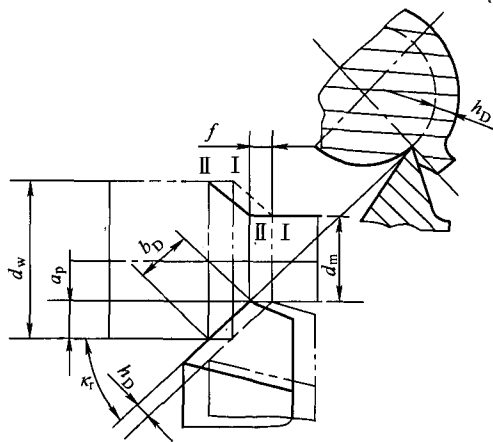


图 1-4 车削时切削层尺寸

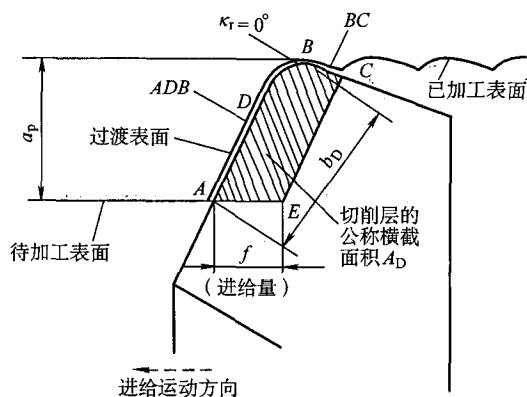


图 1-5 切削层平面上的视图

(2) 切削层公称宽度 b_D 。指在切削层平面中测量的,在给定瞬间,作用主切削刃截形上两个极点间的距离。它大致反映了主切削刃切削加工的长度。

(3) 切削层公称厚度 h_D 。指在同一瞬间的切削层横截面积与其公称切削层宽度之比。

切削层公称厚度与切削层公称宽度随主偏角值的改变而变化。切削层公称横截面积只由切削用量、背吃刀量决定,不受主偏角变化的影响。但是切削层公称横截面形状则与主偏角 κ_r 、刀尖圆弧半径 γ_e 大小有关。由图1-6可知,两块面积相等的切削层公称横截面,由于

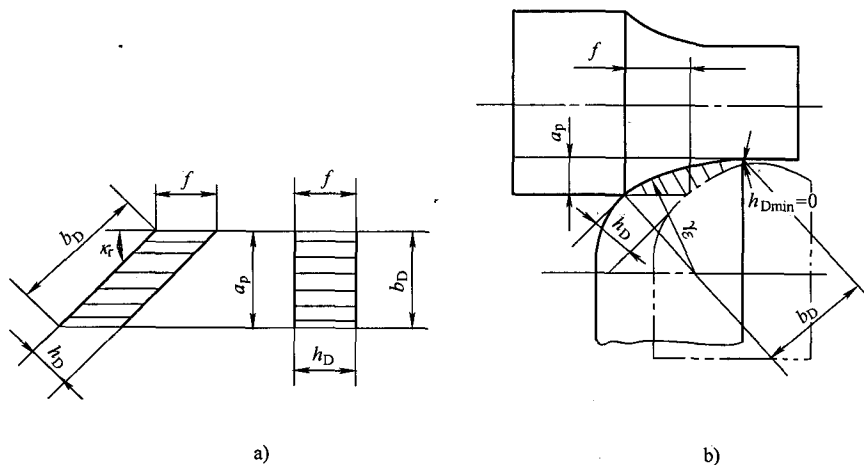


图 1-6 切削层参数

γ_s 和 κ_r 的不同, 引起公称切削厚度、公称切削宽度的很大变化。 h_D 和 b_D 两个要素又称为物理切削要素。

1.2 刀具材料

刀具材料性能的好坏, 将是影响加工表面质量、切削效率、刀具寿命的基本因素。目前在金属切削加工生产中, 普遍选择常用的刀具材料, 但新型的、超硬的刀具材料正逐渐采用。为此, 本节着重介绍通用型高速钢和碳化钨基硬质合金等常用刀具材料的性质及其选用。也简单介绍一些陶瓷、立方氮化硼、人造金刚石、氮化硅等新型材料的性质和用途。

1.2.1 刀具材料的性能

在切削金属过程中, 刀具切削部分的材料。承受着较大的压力、较高的温度和剧烈的摩擦作用而使刀具磨损。刀具使用寿命的长短和生产率的高低, 取决于刀具材料是否具备应有的切削性能。此外, 刀具切削部分材料的工艺性对制造刀具和刃磨刀具质量也有显著的影响。因此, 刀具材料必须具备以下的性能:

(1) 高的硬度 刀具切削部分材料的硬度要高于工件材料的硬度, 在室温下, 刀具硬度应高于 60HRC 以上。

(2) 高的耐磨性 耐磨性通常取决于硬度。材料的硬度越高, 耐磨性越好。含有耐磨性好的碳化物颗粒越多, 晶粒越细, 分布越均匀, 则耐磨性越好。

(3) 足够的强度和韧性 刀具切削部分材料承受着各种应力和冲击。为了防止刀具崩刃和碎裂, 必须具有足够的强度和韧性。通常用材料的抗弯强度和冲击韧度表示。

(4) 高的耐热性 耐热性是指在高温下刀具切削部分材料保持常温时硬度的性能, 可用热硬性或高温硬度表示。

(5) 良好的工艺性能 为了便于制造, 刀具切削部分材料应具有良好的锻造、焊接、热处理和磨削加工等性能。同时, 还应尽可能满足资源丰富和价格低廉的要求。

1.2.2 刀具材料的种类

目前常用的刀具材料有工具钢、硬质合金、陶瓷和超硬刀具材料。一般机械加工使用最多的是高速钢和硬质合金。

1. 高速钢

(1) 普通高速钢 高速钢是一种含钨、铬、钒较多的合金工具钢。这种钢的优点是能承受较大的弯曲力, 比较耐磨, 可以耐 500 ~ 600℃ 的高温。高速钢容易磨得锋利, 有“锋钢”之称。同时, 高速钢热处理时变形小, 在空气中冷却就可以淬硬, 故又叫“风钢”。

高速钢条料淬硬、磨光后称为白钢, 一般作车刀使用。高速钢是目前工具厂制造各种复杂形状刀具(如拉刀、钻头、齿轮刀具等)的主要材料。

由于高速钢刀具受耐热温度的限制, 不能用于高速切削。

常用的高速钢主要有钨系高速钢和钼系高速钢。钨系高速钢的典型牌号是 W18Cr4V。钼系高速钢中常见的牌号是 W6Mo5Cr4V2。后者由于钼的作用, 其碳化物呈细小颗粒且均匀分布, 故其抗弯强度和冲击韧度都高于钨系高速钢, 目前多用在轧制的刀具上, 如轧制的钻头和齿轮滚刀等。

(2) 高性能高速钢 高性能高速钢是在普通型高速钢中加入钴、钒、铝等合金元素, 进一步提高其耐磨性和耐热性的新型高速钢, 此类高速钢主要用于高温合金、钴合金、不锈钢等难加工材料的切削加工。主要有以下几种:

高钒高速钢: 高钒高速钢是将钒的质量分数提高到3%~5%, 由于钒量的增加, 提高了钢的耐磨性。一般用于切削高强度钢。但其刃磨性能比普通高速钢差。

钴高速钢: 钴高速钢是在高速钢中加入钴, 有良好的综合性能, 用于切削高温合金、不锈钢等难加工材料, 效果很好。但钴高速钢的价格很贵(为W18Cr4V的8倍左右)。

铝高速钢: 铝高速钢是我国独创的新型高速钢, 它是在普通高速钢中加入了少量的铝, 可提高钢的耐热性和耐磨性, 有良好的综合性能, 达到了钴高速钢的切削性能, 切削加工性好, 密度小, 价格低廉, 与普通高速钢的价格接近。但其有可磨削性差、热处理工艺要求较严格等缺点。

(3) 粉末冶金高速钢 粉末冶金高速钢是把炼好的高速钢钢液置于保护气罐中, 用高压氮气雾化成细小的粉末, 然后在高温(1100℃)、高压(100MPa)下压制而成。它克服了一般铸锭方法产生的粗大的共晶偏析, 热处理变形小, 耐磨性好。用它制成的刀具, 可切削各种难加工材料。

2. 硬质合金

(1) 硬质合金的性能 硬质合金是用粉末冶金的方法制成的。它是由硬度和熔点很高的金属碳化物(WC、TiC等)的微粉和粘结剂(Co、Ni、Mo等), 经高压成形, 并在1500℃的高温下烧结而成。硬质合金的硬度高达89~94HRA, 相当于71~76HRC, 耐磨性很好, 能耐800~1000℃高温, 因此, 它的切削速度比高速钢高4~10倍。切削速度可达100m/min以上, 能切削淬火钢等材料。但其抗弯强度低、韧性差, 不能承受较大的冲击和振动, 制造工艺性差。

(2) 硬质合金的分类、牌号、性能以及选用 硬质合金可分为两大类, 一类是碳化钨基的, 另一类是碳化钛基的。目前常用的是前一类。

1) 碳化钨基硬质合金。碳化钨基硬质合金可分为四种类型: K类钨钴类硬质合金(YG)、P类钨钛钴类硬质合金(YT)、M类钨钛钽钴类硬质合金(YW)和钨钽钴类硬质合金(YA)。

① K类钨钴类硬质合金(YG)。它由碳化钨和钴构成。其硬度为89~91.5HRA, 抗弯强度为1.1~1.5GPa, 热硬温度为800~900℃, 常用的牌号有YG3、YG6、YG8等(YG按汉语拼音字母读)。G后面的数字为含钴(Co)量的质量分数, 其余是含碳化钨的质量分数。如YG6, 指含钴6%, 含碳化钨94%。含钴量越多, 则其韧性越大, 抗弯强度越高, 抗冲击性强, 但其硬度和耐热性越下降。YG类硬质合金适用于切削铸铁、非铁金属及其合金, 以及非金属材料 and 含钛元素的不锈钢等工件材料。其中YG3适于精加工, YG8适于粗加工, YG6适于半精加工。

YG8C是粗晶粒的硬质合金牌号。其特点是强度高, 硬度和耐磨性与YG8比较稍差些, 适于制造承受较大冲击负荷的切削刀具, 如刨刀、插刀等。

YG6X是细晶粒牌号, 晶粒平均粒度为1.5μm。其硬度和耐磨性比YG6稍高, 强度和韧性稍差, 适于加工一些特殊的硬铸铁、奥氏体不锈钢、耐热合金、钛合金等材料。

YG10H是超细晶粒牌号, 其平均粒度小于0.5μm, 可使硬质点高度分散, 在适当增加

粘结剂含量的情况下,扩大了粘结面积,提高了强度和硬度。

② P类钨钛钴类硬质合金(YT)。由碳化钨、碳化钛和钴构成,其硬度达到 89.5 ~ 92.5HRA;抗弯强度为 0.9 ~ 1.4GPa,热硬温度为 900 ~ 1000℃,常用的牌号有 YT5、YT15、YT14、YT30(YT 汉语拼音字母读音)。T 后面的数字为含碳化钛量的质量分数,其余是碳化钨和钴。例如 YT5,含碳化钛为 5%,其余 95%是碳化钨和钴的质量分数。

随着碳化钛含量的增多,其韧性和抗弯强度下降,硬度增高,抗冲击和振动性能下降。钛的作用是阻止硬质合金颗粒向工件材料中扩散,提高粘接温度,减少刀具磨损。但不适宜切削含钛元素的不锈钢。因为两者的钛元素之间的亲和作用较强,会发生严重粘接,从而加剧刀具磨损。

通常情况下 YT5 适宜于粗加工塑性大的材料, YT15 适宜于半粗加工钢材, YT30 适宜于精加工钢材。

③ M类钨钛钽钴类硬质合金(YW)。钨钛钽钴类硬质合金由碳化钨、碳化钛、钴以及加入适量的碳化钽或碳化铌构成,可提高抗弯强度和韧性,而且也可提高抗氧化能力、耐热性和高温硬度,是一种既能加工钢,又能加工铸铁和非铁金属及其合金,通用性较好的刀具材料,常用的牌号有 YW1、YW2。此类硬质合金含有碳化铌 4%,具有 YG 类硬质合金的韧性,比 YT 类硬质合金抗刃口剥落能力强的特点。

④ 钨钽钴类硬质合金 YA。由碳化钨、碳化钽(或碳化铌)和钴构成,它有较强的常温硬度和高温硬度高,高耐磨性,高温强度和抗氧化能力好。适于对冷硬铸铁、非铁金属及其合金进行半精加工,也可进行高锰钢、淬火钢等材料的精加工和半精加工。

2) 碳化钛基硬质合金(YN)。以碳化钛为主体,铌、钴为粘结剂,并添加少量其它碳化物的硬质合金,称为碳化钛基硬质合金。它的硬度为 92.5HRA,具有较高的抗氧化能力、较高的耐磨性、耐热性(1100 ~ 1300℃)和抗刀具前面磨损能力。其主要用于碳钢、合金钢、工具钢、淬火钢等连续切削的粗加工。例如牌号为 YN10(YN05),在此合金中添加了碳化钨、碳化铌等化合物,可改善热导率、抗弯强度和韧性,提高抗塑性变形能力。

表面涂层硬质合金是采用韧性较好的基体(如 YG8、YT5 等),通过化学气相沉积和真空溅射等方法,在硬质合金刀片表面喷涂一层厚度为 5 ~ 12μm 的碳化钛、氮化钛或氧化铝等化合物材料而成。表面涂层硬质合金可以提高刀具的耐磨性能,从而在相同刀具寿命的前提下,可提高切削速度 25% ~ 30%,或在相同切削速度之下,提高刀具寿命 1 ~ 3 倍。

碳化钛涂层刀片硬度为 3200HV,耐磨性好,容易扩散到基体内与基体粘结较牢固。

3. 其他刀具材料

(1) 陶瓷 可制作刀具的陶瓷材料是以人造的化合物为原料,在高压下成形和在高温下烧结而成的,它有很高的硬度和耐磨性,耐热性高达 1200℃ 以上,化学稳定性好,与金属的亲合力小,可提高切削速度 3 ~ 5 倍。但陶瓷的最大弱点是抗弯强度低,冲击韧度差,因此,主要用于钢、铸铁,非铁金属等材料的精加工和半精加工。按成分组成,陶瓷可分为下列几种:

1) 高纯氧化铝陶瓷。其主要成分为氧化铝及微量用于细化晶粒的氧化镁,经冷压烧结而成;硬度为 92 ~ 94HRA,抗弯强度为 0.392 ~ 0.491GPa。

2) 复合氧化铝陶瓷。在氧化铝基体中添加诸如碳化钛、铌和钼等合金元素, 经热压成形, 硬度达到 93 ~ 94HRA、抗弯强度为 0.589 ~ 0.785GPa。

3) 复合氮化硅陶瓷。在氮化硅基体中添加碳化钛和钴, 进一步提高了切削性能, 可对冷硬铸铁、合金铸铁进行粗加工。

(2) 超硬材料

1) 金刚石。金刚石分天然和人造两种, 都是碳的同素异型体。人造金刚石在高温、高压条件下由石墨转化而成, 硬度为 10000HV。

金刚石刀具能精密切削非铁金属及其合金, 能切削高硬度的耐磨材料。碳与铁原子有较强的亲和力, 因此金刚石不能切削钢铁等金属。当温度达到 800℃, 在空气中金刚石刀具即发生碳化, 就会产生急剧磨损。

2) 立方氮化硼。立方氮化硼是由软的六方氮化硼在高温高压条件下加入催化剂转变而成, 其硬度高达 8000 ~ 9000HV, 耐磨性好, 耐热性高达 1400℃, 与铁元素不容易起化学反应, 因此可对高温合金、淬硬钢、冷硬铸铁进行半精加工和精加工。

目前在生产中还制成以硬质合金作基体的双层刀片, 即复合立方氮化硼刀片。

1.3 刀具切削部分的几何参数

金属切削刀具的种类很多。其中以外圆车刀最具有代表性, 可作为其他各类刀具切削部分的基本形态, 在此基础上按各自的切削特点组合成各类切削刀具。

1.3.1 外圆车刀的组成

外圆车刀由刀柄和刀头组成, 如图 1-7a 所示。刀头是切削部分, 刀柄则用于夹持刀具。切削部分包括以下几个部分:

1. 前面 A_f

前面是刀具上切屑流过的表面。当刀具的前面由若干个彼此相交的面组成时, 离切削刃最近的面称为第一前面 A_{f1} , 也称倒棱; 从切削刃处数起的第二个面称为第二前面 A_{f2} , 如图 1-7b 所示。

2. 主后面 A_a

主后面是刀具上与工件上过渡表面相对的表面, 主后面同前面相交形成主切削刃的后面, 当刀具的后面由若干个彼此相交的面组成时, 离切削刃最近的面称为第一后面 A_{a1} , 也称刃带; 从切削刃处数起第二个面称为第二后面 A_{a2} , 如图 1-7c 所示。

3. 副后面 A'_a

副后面是刀具上对准已加工表面的面, 同前面相交形成副切削刃的面, 如图 1-7b 中 A'_{a1} 及 A'_{a2} 所示。

4. 切削刃

切削刃是刀具上作切削用的刃。切削刃有主切削刃和副切削刃之分, 如图 1-8 所示。主切削刃是前面与主后面的交线。副切削刃是前面与副后面的交线。

5. 刀尖

刀尖是指主切削刃与副切削刃的交点, 如图 1-8 所示。实际刀尖有三种类型: 刀尖圆弧半径 $r_s = 0$ 、修圆刀尖即 $r_s > 0$ 和倒角刀尖即直线过渡刃等三种不同类型, 如图 1-9 所示。

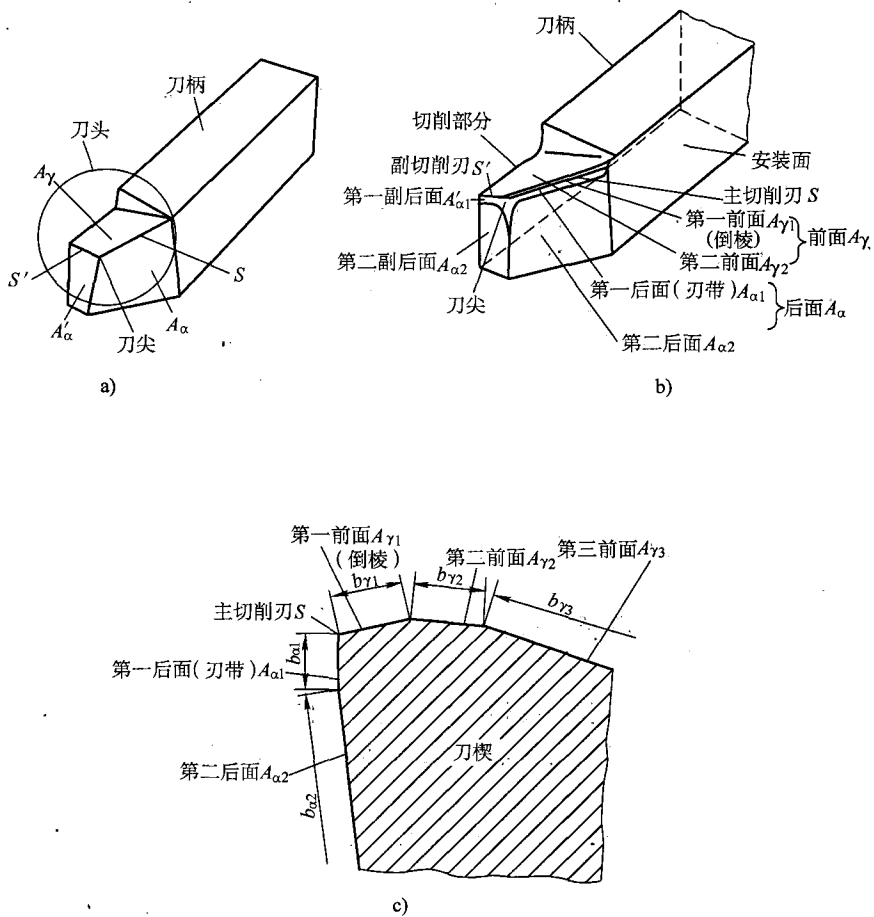


图 1-7 外圆车刀切削部分

a) 典型外圆车刀切削部分 b) 车刀切削刃和表面 c) 有倒棱或刃带的刀楔

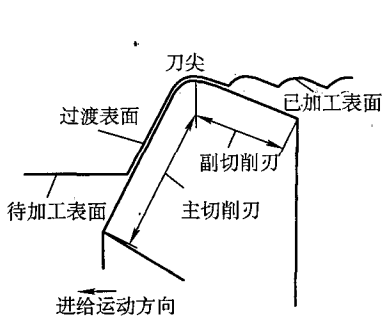


图 1-8 切削刃

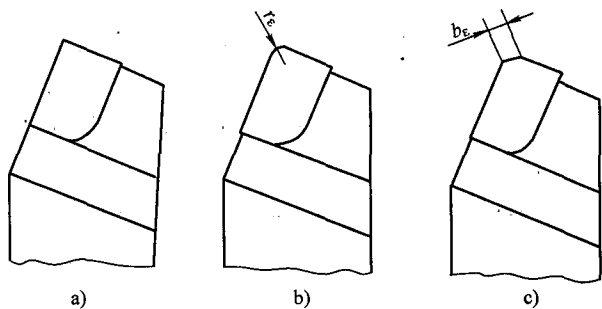


图 1-9 刀尖

1.3.2 刀具静止角度参考系

为了确定刀具切削部分各表面和刀刃的空间位置，需要建立平面参考系，以组成坐标系的基准。

刀具静止参考系是指用于定义刀具设计、制造、刃磨和测量几何参数的参考系。由于刀具几何角度是在切削过程中起作用的角度，因此，建立刀具静止角度的参考系，应以切削运动为依据，先假定主运动方向和进给运动方向，再近似地用平行和垂直于主运动方向的坐标平面构成参考系，使刀具的安装位置恰好在与刀具底面平行或垂直于参考系的平面。在该参考系的坐标平面内确定的刀具几何角度，称为刀具静止角度，即刀具的标注角度，如图 1-10 所示。

静止参考系是在简化了切削运动和设立标准刀具位置的条件下建立的参考系。

1. 刀具静止参考系的平面

(1) 基面 p_r 如图 1-10b 所示，基面系指过切削刃选定点垂直于假定主运动方向的平面，它与车刀安装面平行。

(2) 切削平面 p_s 切削平面是指通过主切削刃选定点与主切削刃相切并垂直于基面的平面。一般来说，切削平面即是主切削平面。

由图 1-10b 可知，互相垂直的基面和切削平面，分别与车刀前面、后面形成了夹角。角度值在不同的测量剖面位置上有不同的值。

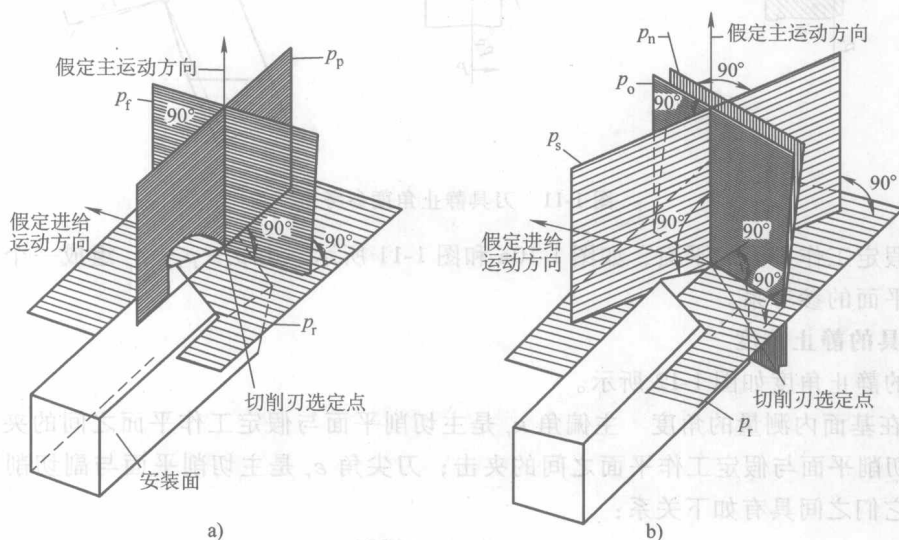


图 1-10 刀具静止参考系

按测量方式不同，构成了刀具静止角度的四种参考系，如图 1-11 所示。

2. 刀具静止角度参考系

(1) 正交平面和正交平面参考系 正交平面 p_o 是通过切削刃选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面。如图 1-10b、图 1-11 所示。由 p_r — p_s — p_o 组成一个正交平面参考系。

(2) 法平面和法平面参考系 法平面 p_n 是通过切削刃选定点并垂直于切削刃的平面，如图 1-10b、图 1-11 所示。由 p_r — p_s — p_n 组成一个法平面参考系。

(3) 假定工作平面、背平面及组成的参考系 假定工作平面 p_f 是通过切削刃选定点且平行于假定的进给运动方向，并垂直于基面的平面。背平面 p_p 是通过切削刃选定点并垂直

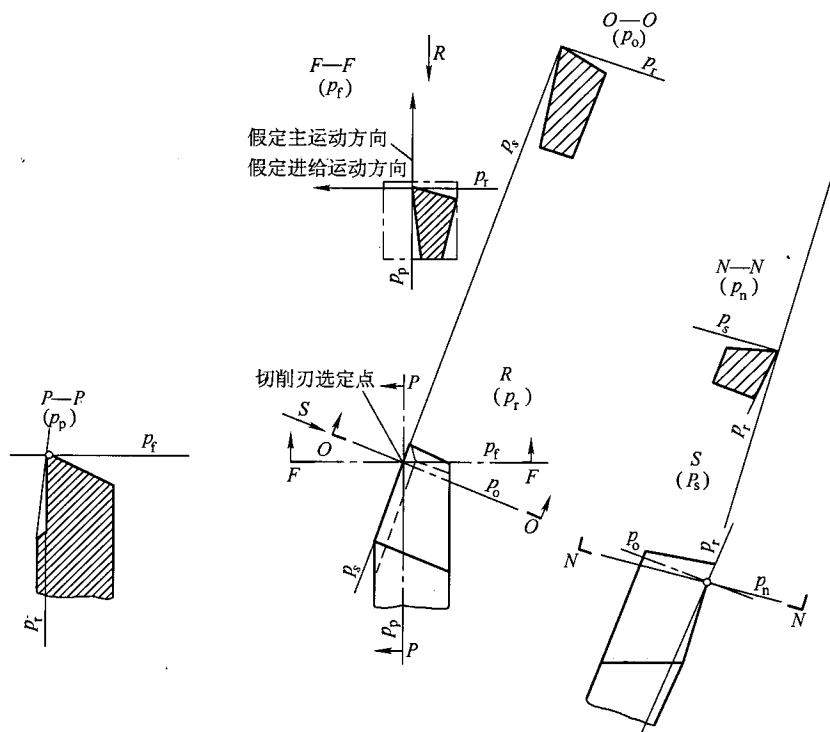


图 1-11 刀具静止角度参考系

于基面和假定工作平面的平面，如图 1-10a 和图 1-11 所示。由 p_r — p_t — p_p 组成一个假定工作平面和背平面的参考系。

3. 刀具的静止角度

刀具的静止角度如图 1-12 所示。

(1) 在基面内测量的角度 主偏角 κ_r 是主切削平面与假定工作平面之间的夹角；副偏角 κ'_r 是副切削平面与假定工作平面之间的夹角；刀尖角 ϵ_r 是主切削平面与副切削平面之间的夹角。它们之间具有如下关系：

$$\kappa_r + \kappa'_r + \epsilon_r = 180^\circ \quad (1-4)$$

(2) 在正交平面内测量的角度 前角 γ_o 是前面与基面之间的夹角。前角有正、负和零度之分。若基面在前面之上为正值，基面在前面之下为负值，基面与前面重合为零度前角。后角 α_o 是后面与切削平面之间的夹角。楔角 β_o 是前面与后面之间的夹角。三者之间的关系是：

$$\alpha_o + \beta_o + \gamma_o = 90^\circ \quad (1-5)$$

(3) 切削平面内测量的角度 刃倾角 λ_s 是主切削刃与过刀尖所作基面之间的夹角。当刀尖是切削刃的最高点时刃倾角为正值，当刀尖是切削刃的最低点时，刃倾角为负值，当主切削刃与基面重合时，为零度刃倾角，如图 1-13 所示。