



全国电力高等职业教育规划教材
职业教育机械设计制造类专业教学用书

机械制造 工程

周述齐 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力高等职业教育规划教材
职业教育机械设计制造类专业教学用书

机械制造 工程

主 编 周述齐
编 写 刘 苹 孙 杰 李志诚
主 审 张维光 张惠贞



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,全书共分8章,主要内容包括金属切削原理、金属切削刀具、金属切削机床、数控机床、机械加工工艺规程的制定、机械加工精度及质量、机械装配工艺、现代机械制造技术、机床夹具设计等。书中内容丰富,反映国内外制造业的新成果、新技术,体系合理、条理清楚、概念清晰。本教材的体系充分体现理论联系实际的原则,在全书的知识结构方面进行了合理的安排,内容注重实践,兼顾理论知识,具有很强的可操作性。

本书可作为机械工程、工业工程以及与制造业相关的工科专业的高等职业技术学院学生的教材,亦可作为从事现代机械制造业高级专门技术人才和管理人才的专业参考书和培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程/周述齐主编. —北京:中国电力出版社,2005
教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 职业教育机械设计
制造类专业教学用书

ISBN 7-5083-3741-7

I. 机... II. 周... 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143068号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006年2月第一版 2006年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17.25印张 364千字

印数 0001—3000册 定价 22.40元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,是根据教育部审定的机械设计制造类专业主干课程的教学大纲编写而成的,并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》,供高等职业教育机械设计制造类专业教学使用。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标;符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求;具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性;符合职业教育的特点和规律,具有明显的职业教育特色;符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书,也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

为了适应现代制造业对高职院校机械类专业人才的需求,适应高校机械类传统专业教学改革的大趋势,我们编写了《机械制造工程》这本教材。本教材是编者在总结了近年来教学改革的探索与实践经验,并参阅了国内外有关资料的基础上编写而成的。

本书是机械制造及自动化专业、机械电子工程专业等机电类专业学生学习机械制造有关的基础知识和基本理论的教材。

目前,制造业正向着数控化方向发展,新工艺、新技术层出不穷,很多学生往往只重视新知识(如数控机床、CAD/CAM等知识)的学习,而忽略了机械制造传统专业知识(如普通机床、切削原理及刀具、机制工艺及夹具)和内容的学习,这样做的结果会使学生的知识结构像空中楼阁,很不扎实;而过多地花费精力去学习传统知识又是教学课时所不允许的,故本书力争以较少的篇幅、较为全面地介绍了机电类专业学生应该掌握的机械加工装备、金属切削原理及刀具、机制工艺及夹具知识,以便于学生能够在较短的学时内对机械制造专业的基础知识和专业知识有一个较为全面的了解。同时,在编写本教材时力争使书中内容适当地反映国内外制造业的新成果、新技术。

本书共分八章,主要由天津工程师范学院机械系的部分教师与天津科技大学机械工程学院教师合作编写,由天津工程师范学院的周述齐老师担任主编。具体编写分工如下:第一、二章由天津工程师范学院机械系刘苹老师编写,第三章由天津工程师范学院机械系周述齐老师编写,第四章由天津工程师范学院机械系孙杰老师编写,第五~八章由天津科技大学机械工程学院的李志诚老师编写。本书由天津理工大学张维光教授和张惠贞教授主审。

本书参考了兄弟院校有关金属切削原理及刀具、金属切削机床、机械制造工艺及夹具等教材,在此表示衷心感谢。

该书的作者在编写过程中,投入了很大精力,力争使书中内容正确、取材合理,但由于编者的水平所限,书中难免存在疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2005年10月

目 录

前 言

第 1 章 金属切削的基本要素	1
1.1 切削运动与切削用量	1
1.2 刀具切削部分基本定义	3
1.3 切削层及其参数	9
1.4 刀具材料	10
思考题与习题	18
第 2 章 金属切削原理及应用	19
2.1 金属切削的变形过程	19
2.2 切削力	33
2.3 切削热和切削温度	44
2.4 刀具磨损、破损和使用寿命	48
2.5 刀具合理几何参数的选择	55
2.6 工件材料的切削加工性	61
2.7 切削液	66
2.8 数控机床刀具	70
思考题与习题	76
第 3 章 机械加工装备	77
3.1 金属切削机床的基本知识	77
3.2 车床	85
3.3 齿轮加工机床	98
3.4 其他机床	109
3.5 数控机床	126
思考题与习题	132
第 4 章 机械加工工艺规程的制定	133
4.1 基本概念	133
4.2 工艺规程的制订	136
4.3 零件的工艺分析及毛坯的选择	142
4.4 工艺尺寸链	145
4.5 典型零件加工工艺	153
4.6 机械加工的生产率和经济性	158
思考题与习题	164

第5章 机械加工精度及质量	165
5.1 机械加工精度的基本知识	165
5.2 影响加工精度的因素分析	167
5.3 机械加工精度的综合分析	181
思考题与习题	187
第6章 机械装配工艺	189
6.1 机械装配工艺基础知识	189
6.2 机械装配精度及方法	191
6.3 装配尺寸链	192
6.4 保证产品装配精度的方法	195
思考题与习题	203
第7章 现代机械制造技术	205
7.1 机械制造领域的现状和发展	205
7.2 现代机械制造技术	207
思考题与习题	209
第8章 机床夹具设计	210
8.1 工件的定位	210
8.2 夹具的对定	218
8.3 工件在夹具中的夹紧	220
8.4 定位误差分析与计算	226
思考题与习题	230
参考文献	232

金属切削的基本要素

学习本章要求掌握切削运动、刀具几何角度、切削要素及切削层参数等方面的概念，记住有关名称、定义和符号，掌握常用刀具材料的成分、牌号及性能，学会正确选用刀具材料，重点是刀具标注角度。学习时要注意综合运用画法几何及机械制图、金属工艺学等方面的知识。要对照实际刀具或刀具模型多看、多想、多动手画。

1.1 切削运动与切削用量

1.1.1 工件上的加工表面

在机床上，用刀具切除工件上的多余金属使工件的形状、尺寸和表面质量都符合预定要求，这样的加工称为金属切削加工。机床、夹具、刀具和工件构成金属切削加工的工艺系统，切削过程的各种现象和规律，都在这个系统中去考察研究。

在金属切削过程中，通常工件上存在三个依次变化着的表面，以图 1-1 所示各种切削加工为例，这些工件表面分别是：

(1) 待加工表面：工件上即将被切除的表面；它随切削过程的进行而逐渐减小。

(2) 已加工表面：工件上经刀具切削后产生的表面；它随切削过程的进行而逐渐增大。

(3) 过渡表面：工件上由切削刀正在切削着的表面，它是切削过程中不断改变着的表面，但总是位于待加工表面与已加工表面之间。

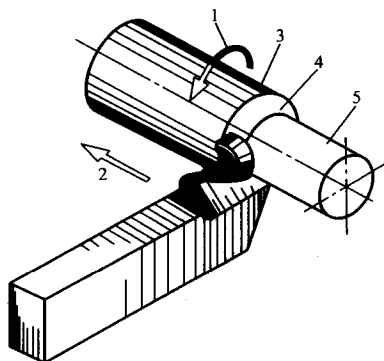


图 1-1 车削运动和工件的表面

1—主运动；2—进给运动；

3—待加工表面；

4—过渡表面；5—已加工表面

1.1.2 切削运动

切削运动按其所起作用可分为以下两种：

1. 主运动

所谓主运动，即由机床或人力提供的主要运动，它使刀具和工件之间产生相对运动，从而使刀具前面接近工件。这个运动的速度最高，消耗的功率最大。例如，外圆车削和切断时工件的旋转运动以及平面刨削时刀具的直线运动（见图 1-1），都是主运动。主运动通常只有一个。

2. 进给运动

所谓进给运动，即由机床或人力提供的运动，它使刀具和工件之间产生附加的相对运动，它配合主运动不断地或连续地切除切屑，同时形成具有所需几何特性的已加工表面。

例如，外圆车削时刀具的纵向连续直线进给运动和切断工件时刀具的横向连续直线进给运动，以及平面刨削时工件的间歇直线进给运动。根据加工情况的不同，进给运动方向也不同（图 1-2），进给运动消耗的功率比主运动要小，有些切削加工方法中的进给运动可能有

数个，它的运动形式可以是直线运动、旋转运动，或两者的组合。

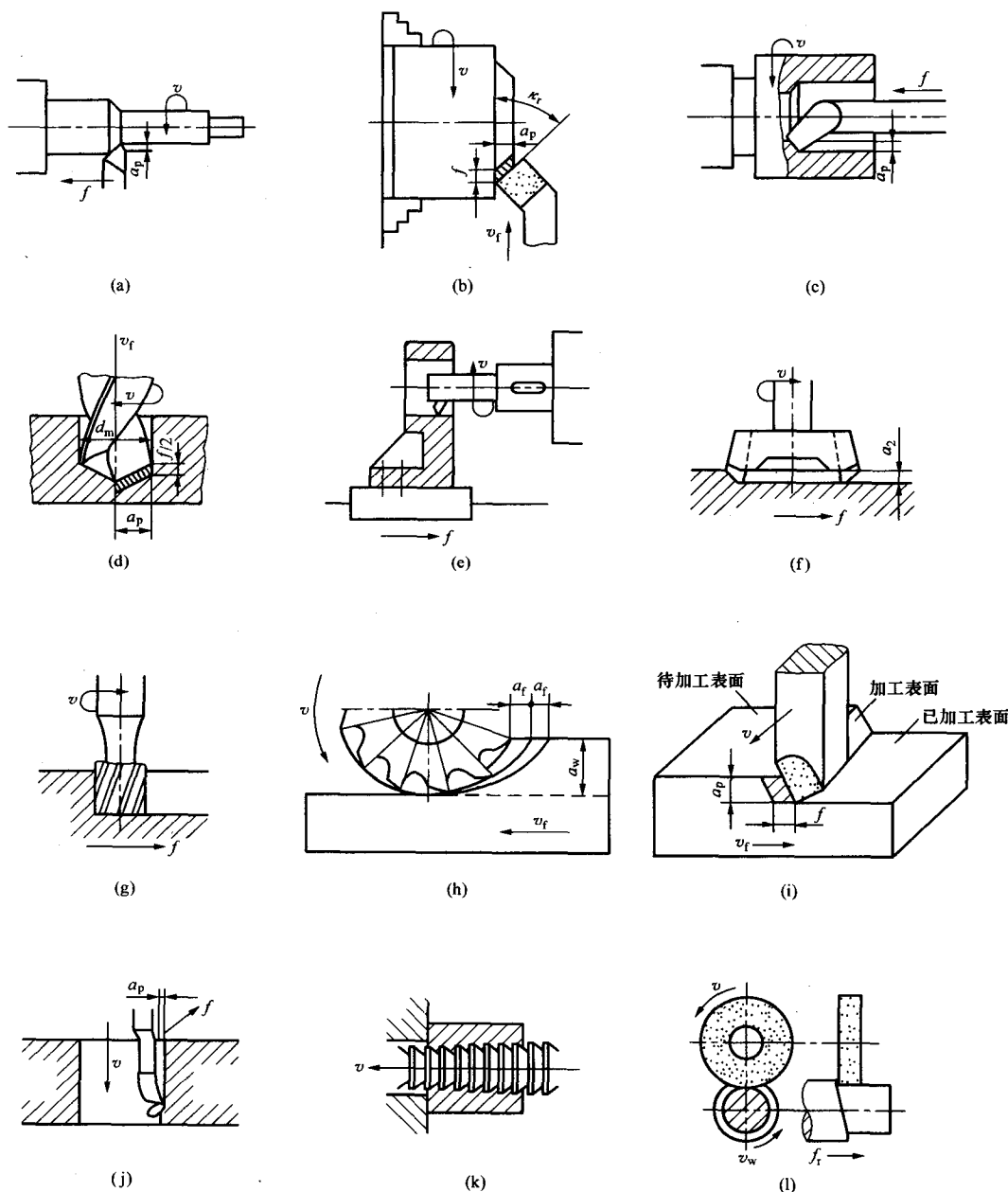


图 1-2 各种切削加工方法形成的工件表面

(a) 车外圆；(b) 车端面；(c) 车内孔；(d) 钻孔；(e) 镗床镗孔；(f) 端铣；

(g) 立铣；(h) 周铣；(i) 刨削；(j) 插槽；(k) 拉削；(l) 磨外圆

1.1.3 切削用量三要素

(1) 切削速度 v 切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。切削刃上每个点的切削速度可能是不同的。当主运动为旋转运动时，刀具或工件最大直径处的切削速度按下式计算：

$$v = \frac{\pi dn}{1000} (\text{m/s 或 m/min}) \quad (1-1)$$

式中 d ——完成主运动的刀具或工件的最大直径, mm;

n ——主运动的转速, r/s 或 m/min。

(2) 进给量 f 刀具或工件每转或每行程时, 刀具和工件在进给运动方向上的相对位移量。例如, 外圆车削时的进给量是工件每转一转时车刀相对于工件在进给运动方向上的位移量, 单位是 mm/r (毫米/转); 又如, 刨削工件时, 进给量 f 是刨刀每往复一次, 工件在进给运动方向上相对于刨刀的位移量, 单位为 mm/(d. str) (毫米/双行程)。

进给速度 v_f 是切削刃上选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度, 即

$$v_f = fn = f_z zn (\text{mm/min}) \quad (1-2)$$

式中 f_z ——每齿进给量。

z ——齿数。

(3) 背吃刀量 a_p 对车削和刨削来说, 背吃刀量 a_p 是已加工表面与待加工表面之间的垂直距离, 单位为 mm。外圆车削的背吃刀量为

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} (\text{mm}) \quad (1-3)$$

$$a_p = \frac{d_w}{2} (\text{mm}) \quad (1-4)$$

式中 d_m ——已加工表面直径, mm;

d_w ——待加工表面直径, mm。

1.1.4 金属切除率 (材料切除率)

金属切除率 Z_m 是单位时间内切除金属材料的体积, 单位为 mm^3/s 。外圆车削的金属切除率 Z_m

$$Z_m = 1000 v a_p f (\text{mm}^3/\text{s}) \quad (1-5)$$

1.2 刀具切削部分基本定义

1.2.1 车刀切削部分的基本结构要素

切削刀具的种类繁多、形状各异, 但就其切削部分的几何形状与参数而言, 则可看成是外圆车刀楔形刀头的演变。从各种复杂刀具或多齿刀具中取一个刀齿, 它们的几何形状都近似一把外圆车刀的刀头。

因此, 在确定刀具切削部分几何形状的一般术语时, 常以车刀切削部分为基础。刀具切削部分的结构要素如图 1-3 所示, 有关术语的说明, 如图 1-4 示, 其定义如下。

(1) 前刀面 A_f 刀具上切屑流过的表面。

(2) 主后刀面 A_a 与工件上过渡表面相对的表面。

(3) 副后刀面 A'_a 与工件上已加工表面相对的表面。

(4) 主切削刃 S 前刀面与主后刀面相交而得到的边锋, 用来切削工件的过渡表面, 完成主要的金属切除工作。

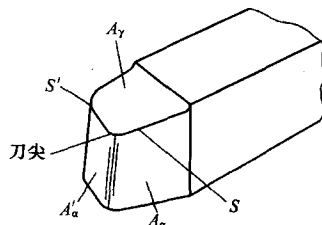


图 1-3 车刀切削部分的结构要素

(5) 副切削刃 S' 前刀面与副后刀面相交而得到的边锋, 它配合主切削刃完成金属切除工作。

(6) 刀尖 主切削刃与副切削刃连接处相当小的一段刀刃。常见刀尖有三种形式, 即交点刀尖、圆弧刀尖和倒棱刀尖, 如图 1-5 所示。

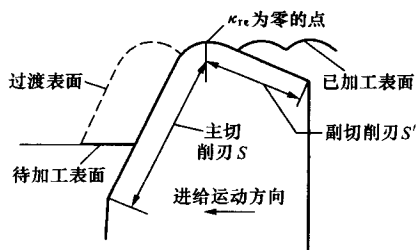


图 1-4 有关术语的说明

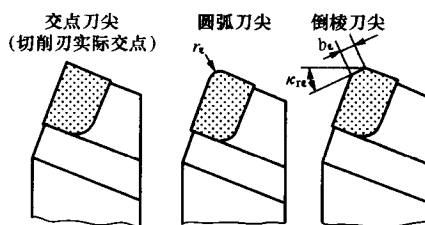


图 1-5 刀尖形状

1.2.2 刀具角度的参考系

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, 它由刀具前、后刀面和切削刃与假定参考坐标平面的夹角所构成。确定刀具几何角度的参考坐标系有两类: 一类称为标注参考系, 它是刀具设计计算、绘图标注、制造、刃磨及测量时用来确定刀刃、刀面空间几何角度的基准, 用它定义的角度称为刀具的标注角度; 另一类称为工作参考系, 它是确定刀具切削刃、刀面在切削运动中相对于工件的几何位置的基准, 用它定义的角度称为刀具的工作角度。下面以外圆车刀为例说明标注参考系及刀具标注角度。

刀具标注角度参考系。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。

刀具标注角度的参考系有三种不同类型, 它们均以基面 P_r 和切削平面 P_s 两坐标平面与四种不同测量平面组合构成。

1. 基面 P_r

基面是通过切削刃选定点, 垂直于主运动方向的平面。基面应平行于刀具的定位基准面。图 1-6 所示为车刀的基面, 它平行于刀杆底面。

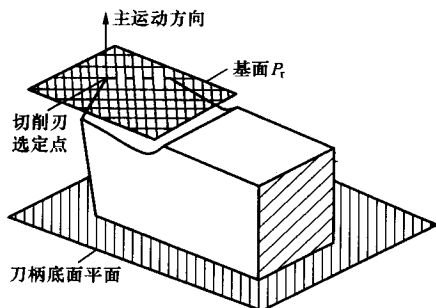


图 1-6 普通车刀的基面 P_r

2. 切削平面 P_s

切削平面是通过切削刃选定点, 与切削刃相切并垂直于基面的平面。在切削平面内包含刀刃的切线和主运动向量。

3. 测量平面及其参考系

标注前、后刀面角度的测量平面有三种。

(1) 正交平面 P_o 及其参考系

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。正交平面垂直于切削刃在基面上的投影。 P_r — P_s — P_o 组成一个正交的参考系。这是目前生产中最常见的刀具标注角度参考系 (见图 1-7)。

(2) 法平面 P_n 及其参考系

法平面 P_n 是通过切削刃选定点, 垂直于切削刃的平面。 $P_r-P_s-P_n$ 组成一个法平面参考系。

(3) 背平面 P_p 和假定工作平面 P_f 及其参考系

背平面 P_p 是通过切削刃选定点, 平行于刀杆轴线并垂直于基面的平面, 假定工作平面 P_f 是通过切削刃选定点, 同时垂直于基面和背平面的平面。 $P_r-P_p-P_f$ 构成一个正交的参考系 (见图 1-8)。

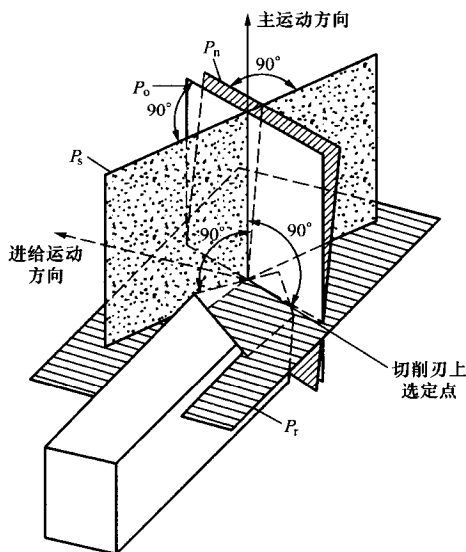


图 1-7 正交平面及法平面参考系

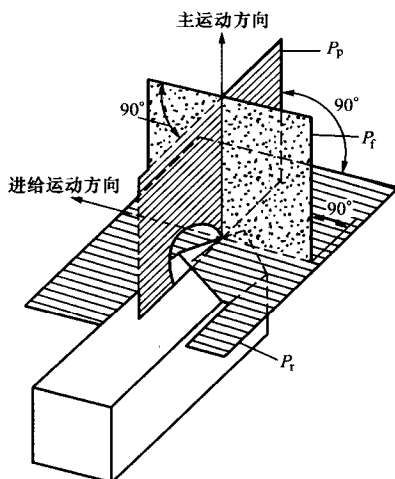


图 1-8 背平面和假定工作平面参考系

1.2.3 车刀的标注角度

用标注参考系定义的角度称为刀具的标注角度。由于切削刃上不同点的参考系可能是不同的, 因此定义刀具角度时均应指明是切削刃选定点处的角度; 凡未特殊注明者, 指切削刃上与刀尖毗邻的那一点的角度。

当切削刃是曲线或前、后刀面是曲面时, 应该用通过切削刃选定点的切线或切面代替曲线刃或曲面。

1. 刀具在正交平面参考系中的标注角度

(1) 在正交平面内的标注角度

1) 前角 γ_o : 前刀面与基面间的夹角, 在正交平面中测量。

2) 后角 α_o : 后刀面与切削平面间的夹角, 在正交平面中测量。

前角与后角的正负号规定见图 1-9。

3) 楔角 β_o : 前刀面与后刀面的夹角, β_o 在正交平面中测量。由定义可知

$$\gamma_o + \alpha_o + \beta_o = 90^\circ$$

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

(1-6)

楔角是派生角度。

(2) 在基面 P_r 内的标注角度

1) 主偏角 κ_r : 主切削刃与进给方向的夹角, 在基面中测量。

2) 刀尖角 ϵ_r : 在基面上, 主切削刃与副切削刃的投影之间的夹角。由定义可知

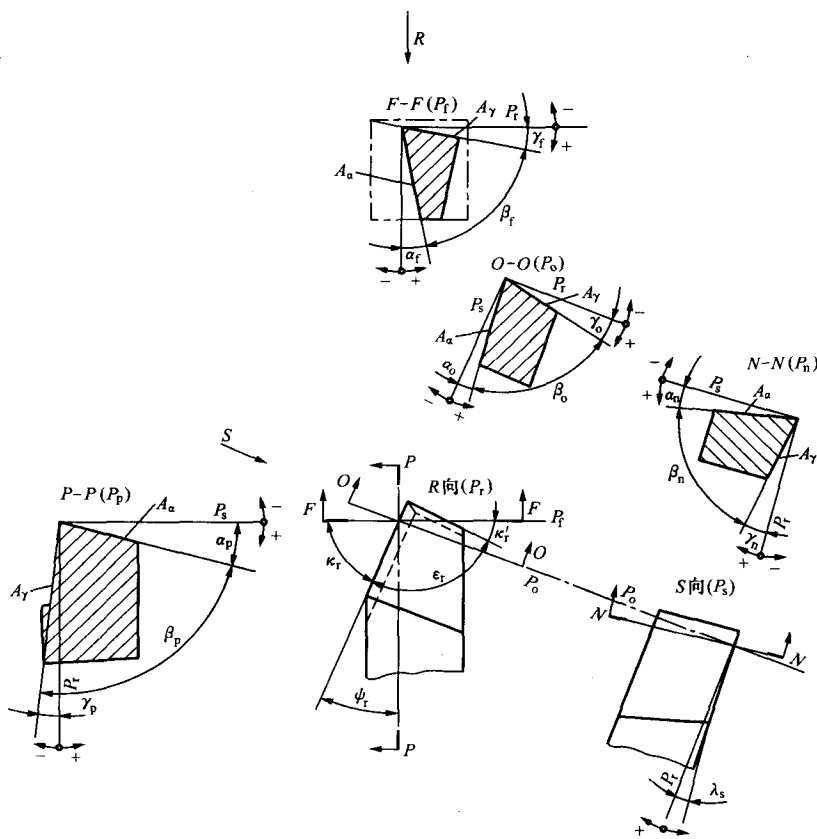


图 1-9 车刀的标注角度

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-7)$$

副偏角 κ'_r : 副切削刃与进给方向的夹角, 在基面中测量。

3) 余偏角 ψ_r : 主偏角的余角。

由定义可知

$$\psi_r = 90^\circ - \kappa_r \quad (1-8)$$

刀尖角和余偏角是派生角度。

(3) 在切削平面 P_s 内的标注角度

刃倾角 λ_s : 主切削刃与基面间的夹角, 在主切削平面中测量。当刀尖在切削刃上为最低点时, 刃倾角为负; 反之, 当刀尖在切削刃上为最高点时, 刃倾角为正。

如果主切削刃与副切削刃共在一个已知的平面上, 则副切削刃有两个独立的角度: 副偏角和副后角。

2. 刀具在法平面参考系中的标注角度

法平面参考系是由基面、切削平面和法平面构成的参考系。刀具在法平面参考系中的标注角度与在正交平面参考系中的标注角度相类似。在基面和切削平面内测量的角度是相同的, 不同的只是前角、后角和楔角, 只需将正交平面内的前角、后角和楔角改为法平面内的前角、后角和楔角, 并在切削平面内表示出刃倾角。法平面内的前角、后角和楔角分别是法前角、法后角和法楔角 (图 1-9)。

3. 刀具在背平面和假定工作平面参考系中的标注角度

背平面和假定工作平面参考系是由背平面、假定工作平面和基面构成的参考系。

在基面内表示的主偏角、副偏角和刀尖角与上面的相同，不同的是前角、后角和楔角，需将前角、后角和楔角在背平面、假定工作平面内表示出来。在背平面内测量的前角、后角和楔角分别是背前角、背后角和背楔角，在假定工作平面内测量的前角、后角和楔角分别是侧前角、侧后角和侧楔角。

1.2.4 车刀的工作角度

由于通常的进给速度远小于主运动速度，因此在一般的安装条件下，刀具的工作角度和标注角度相差不大。在大多数场合下（如普通车削、镗削、端铣、周铣等），不必进行刀具工作角度计算。只有在进给速度不可忽略或改变了假定的安装条件时，刀具工作角度和标注角度之差较大（如车螺纹或车丝杠、铲背加工等），才需要计算刀具工作角度。

（一）进给运动对刀具工作角度的影响

1. 横车

在不考虑进给运动时，工件的运动轨迹是一个圆，因此，切削平面是通过主切削刃上选定点切于圆周的平面，基面是通过主切削刃上选定点垂直于切削平面的平面，它与刀杆底面平行，为正交平面内的标注前角和后角。当考虑横向进给运动时（图1-10），车刀主切削刃上选定点相对于工件的运动轨迹是阿基米德螺旋线，因此，工作切削平面是通过主切削刃上选定点切于螺旋线的平面，工作基面是通过主切削刃上选定点垂直于切削平面的平面，它不与刀杆底面平行，工作切削平面相对于原来的切削平面倾斜了一个角度，实际基面也相对于原来的基面倾斜了一个角度但正交平面不变，工作正交平面即为正交平面，因此 γ_{oe} 、 α_{oe} 为正交平面内的实际前角和实际后角，即

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta \quad (1-9)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta \quad (1-10)$$

$$\tan \eta = \frac{v_f}{v_c} = \frac{fn}{\pi dn} = \frac{f}{\pi n} \quad (1-11)$$

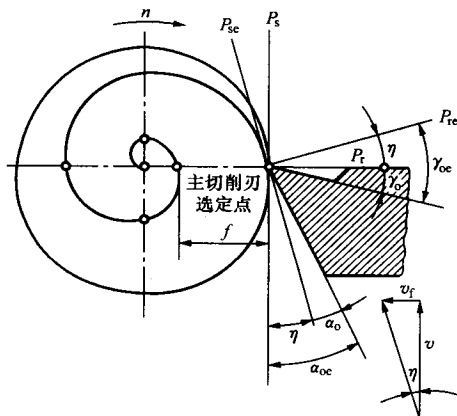


图1-10 横向进给运动对刀具工作角度的影响

由公式(1-11)可知， η 值随工件直径的减小而增加，当刀刃接近工件中心时， η 值急剧增大，工作后角将变为负值。进给量的大小对 η 值也有很大影响， f 增大则 η 增大，也有可能使工作后角变为负值。

2. 纵车

图1-11所示是外圆纵车时的情况，当不考虑纵向进给运动时，车刀的切削平面垂直于刀杆底面，切削平面是通过主切削刃上选定点切于过渡表面的平面，基面是通过主切削刃上选定点垂直于切削平面的平面，它与刀杆底面平行， γ_o 和 α_o 为正交平面内的标注前角和后角。当考虑纵向进给运动时，实际切削平面是通过主切削刃上选定点切于螺旋面的平面，实际基面是通过主切削刃上选定点垂直于实际切削平面的平面，它不再与刀杆底面平行，实际切削平面相对于原来的切削平面倾斜了一个角度，实际基面也相对于原来的基面倾斜了一个

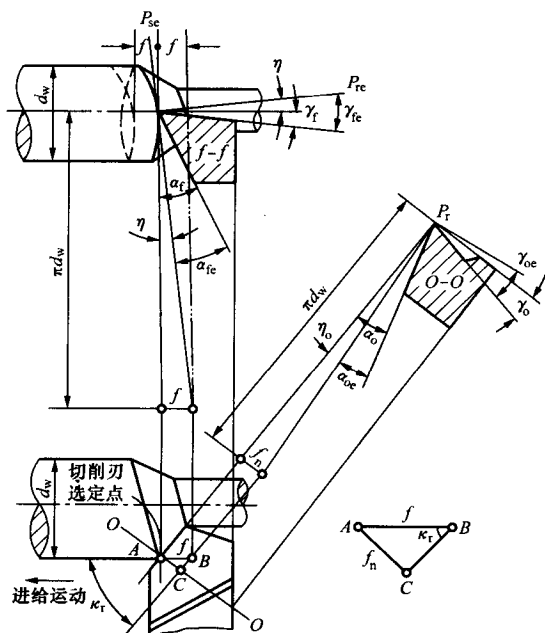


图 1-11 外圆车削刀具的工作角度

图 1-12 所示是外圆纵车时的情况, 当切削刃上选定点安装得高于工件中心时, 车刀的切削平面变为 P_{se} , γ_{pe} 、 α_{pe} 为背平面内的标注前角和后角, 其角度变化值为 θ_p , 有

$$\tan \theta_p = \frac{h}{\sqrt{(d_d/2)^2 - h^2}} \quad (1-18)$$

式中 h ——刀尖高于工件中心的数值。

$$\gamma_{pe} = \gamma_p + \theta_p \quad (1-19)$$

$$\alpha_{pe} = \alpha_p - \theta_p \quad (1-20)$$

上述计算是在刀具的背平面内的角度变化, 换算到正交平面内, 则

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \theta_o \quad (1-21)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \theta_o \quad (1-22)$$

$$\tan \theta_o = \tan \theta_p \cos \kappa_r \quad (1-23)$$

2. 刀杆中心线与进给方向不垂直时的影响

如图 1-13 所示, 当车刀刀杆中心线与进给方向垂直时, 工作主偏角与工作副偏角分别等于标注主偏角与标注副偏角。当刀杆中心线与进给方向不垂直时, 工作主偏角与工作副偏角都将发生变化, 其角度变化值为 G , 则

$$\kappa_{re} = \kappa_r \pm G \quad (1-24)$$

$$\kappa'_{re} = \kappa_r \pm G \quad (1-25)$$

式中 G ——刀杆中心线的垂线与进给方向的夹角。

角度 η , 这个角度在假定工作平面内为 η , 在正交平面内为 η_o , 刀具在假定工作平面内的实际前角和实际后角为

$$\gamma_{fe} = \gamma_f + \eta \quad (1-12)$$

$$\alpha_{fe} = \alpha_f - \eta \quad (1-13)$$

$$\tan \eta = \frac{f}{\pi d_n} \quad (1-14)$$

刀具在正交平面内的实际前角和实际后角为

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta_o \quad (1-15)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta_o \quad (1-16)$$

$$\tan \eta_o = \tan \eta \sin \kappa_r \quad (1-17)$$

由公式 (1-11) 可知, η 值随工件直径的减小而增加, 进给量的大小对 η 值也有很大影响, f 增大则 η 增大。

(二) 刀具安装位置对刀具工作角度的影响

1. 刀具安装高低对刀具工作角度的影响

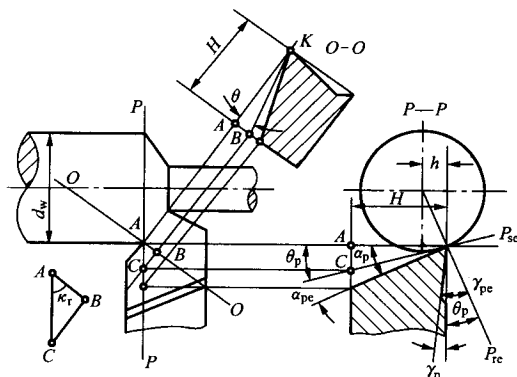


图 1-12 刀尖安装高低对工作角度的影响

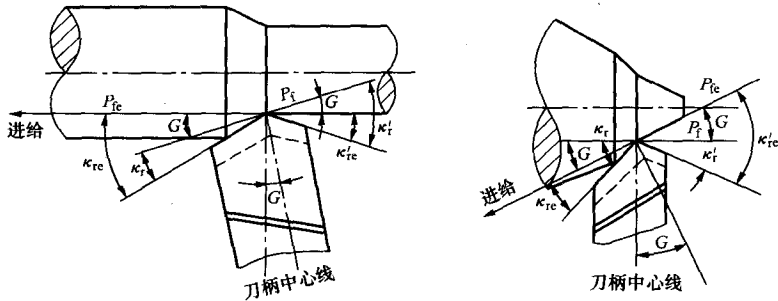


图 1-13 刀柄中心线不垂直于进给方向与工作角度

1.3 切削层及其参数

1.3.1 切削层参数

1. 切削层

刀具相对于工件沿进给方向每移动一个 f (mm/r) 或 a_f (mm/Z) 后, 由一个刀齿所切除的工件材料层成为切削层, 切削层的尺寸称为切削参数 (图 1-14)。切削层的参数, 通常都在标注参考系的基面内观察和测量, 切削层各参数的变化如图 1-15 所示。

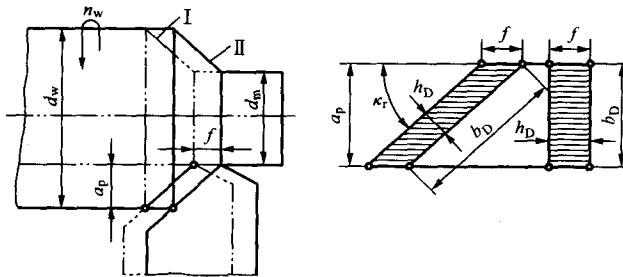


图 1-14 切削层参数

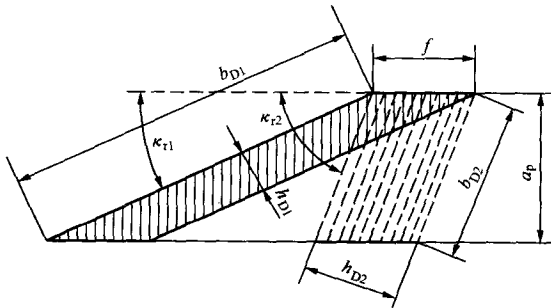


图 1-15 切削层各参数的变化

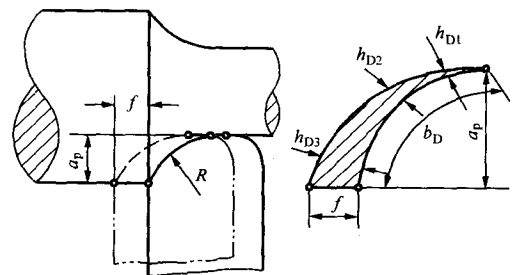


图 1-16 曲线形切削刃工作时的切削层参数

2. 切削厚度

在基面内, 垂直于过渡表面度量的切削层尺寸, 称为切削厚度。外圆车削 ($\lambda_s = 0$) 时, 切削厚度为

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (1-26)$$

可见, 进给量或主偏角越大, 切削厚度也越大。

对于曲线形切削刃, 切削层各点的切削厚度各不相同 (图 1-16)。

3. 切削宽度

在基面内, 沿着过渡表面度量的切削层尺寸, 称为切削宽度。外圆车削时 ($\lambda_s = 0$), 切削宽度为

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (1-27)$$

可见, 背吃刀量越小, 切削宽度越小, 主偏角越大, 切削宽度越小。

4. 切削面积

在基面内, 切削层的面积, 称为切削面积。外圆车削时 ($\lambda_s = 0$), 切削面积为

$$A_D = h_D b_d \quad (1-28)$$

1.3.2 切削形式简介

1. 自由切削与非自由切削

刀具切削过程中, 只有一条直线刀刃参加切削工作, 称为自由切削。自由切削时, 切削刃上各点切屑流出方向大致相同, 被切削金属的变形基本上发生在二维平面内, 切屑变形简单。如图 1-17 (a) 宽刃刨刀加工窄平面, 就属于自由切削。

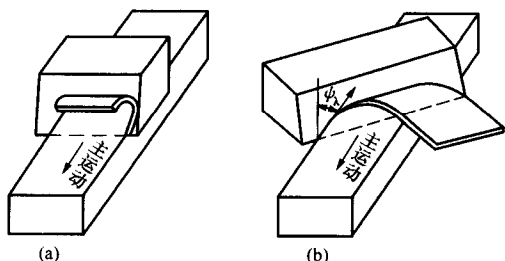


图 1-17 直角切削与斜角切削

(a) 刨削的直角切削; (b) 刨削的斜角切削

由曲线刀刃进行切削或主副切削刃都参加切削称为非自由切削。非自由切削时, 切削刃上各点切屑流出方向互相干扰, 被切削金属的变形基本上发生在三维平面内, 切屑变形复杂。外圆车削属于非自由切削。

实际生产中, 多为非自由切削方式; 而在切削实验研究工作中, 常采用自由切削方式。

2. 直角切削与斜角切削

直角切削是指刀具主切削刃的刃倾角为零的切削, 此时主切削刃与切削速度方向垂直。如图 1-17 (a) 所示为刨削的直角切削。

斜角切削是指刀具主切削刃的刃倾角不为零的切削, 此时主切削刃与切削速度方向不垂直。如图 1-17 (b) 所示为刨削的斜角切削。

1.4 刀 具 材 料

刀具切削性能的优劣, 主要取决于刀具材料、几何形状和结构。而刀具材料的性能尤其重要, 它对刀具的使用寿命、生产效率、加工质量和加工成本影响极大。因此, 应当高度重视刀具材料的正确选择和合理使用, 并不断研制新型刀具材料。

1.4.1 刀具材料应具备的基本性能

在切削过程中, 刀具切削部分与切屑、工件相互接触表面上承受着很大的压力和强烈的摩擦, 刀具在高温、高压以及冲击和振动的条件下进行切削。因此, 为了在一定生产率的条件下保持足够的刀具使用寿命, 刀具材料必须具备以下基本要求。

1. 硬度

足够的硬度是刀具材料应具备的基本性能, 一般而言, 刀具材料的硬度应高于工件材料的硬度, 常温硬度应在 HRC62 以上。

2. 耐磨性

耐磨性表示刀具抵抗磨损的能力。通常硬度越高耐磨性也越好。此外耐磨性还与基体中硬质点的大小、数量以及分布的均匀程度等有关。

3. 耐热性

耐热性是指刀具材料在高温下保持较高的硬度、耐磨性、强度和韧性的性能，它是衡量刀具材料性能的主要指标。

4. 强度和韧性

为了承受切削力、冲击和振动，刀具材料应具备足够的强度和韧性。强度用抗弯强度表示，韧性用冲击值表示。

5. 导热性和热膨胀系数

刀具材料的导热系数越大，散热性也越好，有利于降低切削区域温度，提高刀具使用寿命。线膨胀系数小，可减小刀具的热变形，减小对尺寸精度的影响。

6. 工艺性和经济性

为了便于制造，刀具材料应具有良好的工艺性，如锻造性能、焊接性能、热处理性能、切削加工性能等。此外，刀具材料的一个重要指标是经济性，刀具材料的价格应低廉，便于推广使用。

1.4.2 高速钢

高速钢是在高碳钢中加入了大量的钨（W）、钼（Mo）、铬（Cr）、钒（V）等合金元素的高合金工具钢，这些元素是强烈的碳化物形成元素，与碳形成高硬度的碳化物，提高了钢的耐磨性和淬透性。高速钢的化学成分含量见表1-1。高速钢的性能见表1-2。

表 1-1 高速钢的化学成分

钢 种		化 学 成 分 含 量 (%)										
		C	W	Mo	Cr	V	Co	Mn	Si	Al	其他	
普通 高速 钢	W18Cr4V	0.7 ~ 0.8	17.5 ~ 19.0	≤0.3	3.80 ~ 4.40	1.00 ~ 1.40	—	—	—	—	—	
		0.80 ~ 0.90	5.50 ~ 6.75	4.50 ~ 5.50	3.80 ~ 4.40	1.75 ~ 2.20	—	—	—	—	—	
	W6Mo5Cr4V2 (M2)	0.85 ~ 0.95	13.50 ~ 15.00	—	3.50 ~ 4.00	1.40 ~ 1.70	—	0.35 ~ 0.55	≤0.50	—	RE 0.07	
		W14Cr4VMn-RE	1.10	1.50	9.50	3.75	1.15	8.00	≤0.40	—	—	—
			W6Mo5Cr4V2Al (501)	1.05 ~ 1.20	5.50 ~ 6.75	4.50 ~ 5.50	3.80 ~ 4.40	1.75 ~ 2.20	—	≤0.40	≤0.60	0.80 ~ 1.20
	高性能 高速 钢	W10Mo4Cr4V3Al (5F6)	1.30 ~ 1.45	9.00 ~ 10.50	3.50 ~ 4.50	3.80 ~ 4.50	2.70 ~ 3.20	—	≤0.50	≤0.50	0.70 ~ 1.20	—
W12Mo3Cr4V3Co5Si (Co5Si)			1.20 ~ 1.35	11.5 ~ 13.0	2.80 ~ 3.40	3.80 ~ 4.40	2.80 ~ 3.40	4.70 ~ 5.10	≤0.40	0.80 ~ 1.20	—	—
W6Mo5Cr4V5SiNbAl (B201)		1.55 ~ 1.65	5.00 ~ 6.00	5.00 ~ 6.00	3.80 ~ 4.40	4.20 ~ 5.20	—	≤0.40	1.00 ~ 1.40	0.30 ~ 0.70	Nb 0.20~ 0.50	

注 M42、M2 为 AIS (American Iron and Steel Institute) 牌号。