

基本概念

学习目的与要求

本章以普通外圆车刀为例,介绍切削运动与切削用量、刀具几何参数及切削层参数的基本概念和基本知识,着重分析车刀的几何构造、刀具角度参考系和角度标注、不同坐标参考系间角度的换算等问题。学习本章要求掌握切削过程的基本条件、切削运动的组成、刀具的几何结构及有关几何要素的概念、切削层参数等基础知识,还要掌握刀具的角度标注和刀具工作角度的变化情况,了解刀具的角度转换计算方法,为后续课程的学习奠定基础。

金属切削加工是工件和刀具相互作用的过程。切削刀具将工件上的多余材料切除,并保证获得一定形状、尺寸精度、位置精度和表面质量。在切削加工过程中,刀具同工件之间必须有相对的切削运动,它可以通过人工或金属切削机床的作用来实现。

1.1 切削运动与切削用量

1. 切削运动

切削加工的方法很多,如车削、铣削、钻削、磨削等。切削加工中,工件上的切削层不断地被刀具切削并转变为切屑,从而加工出所需要的工件新表面。以车削和铣削为例(如图 1.1 和图 1.2 所示),在切削过程中,工件上有三个不断变化着的表面。

- (1) 待加工表面:工件上即将被切除的表面。
- (2) 已加工表面:工件上已经切去一部分金属而形成的新表面。
- (3) 过渡表面:工件上由切削刃正在切削的表面,位于待加工表面和已加工表面之间,也称作加工表面。

在切削加工过程中,三个表面始终处于不断的变动之中,前一次走刀的已加工表面,即为后一次走刀的待加工表面;过渡表面则随进给运动的进行不断被刀具切除。

金属切削运动可以分为主运动和进给运动两大类。

(1) 主运动是直接切除工件上的多余材料,使之转变为切屑,从而形成工件新表面的运动。例如,车床上工件的旋转运动(图 1.1),铣床上的铣刀(图 1.2)、钻床上的钻头和磨床上砂轮的旋转等都是切削加工时的主运动。对任何加工方法来说,主运动只有一个且速度和消耗功率较大。

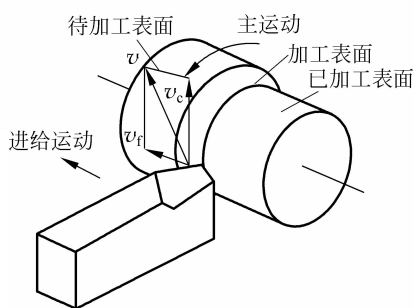


图 1.1 外圆车削的切削运动与加工表面

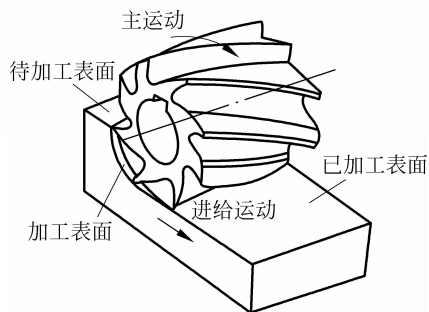


图 1.2 平面铣削的切削运动与加工表面

(2) 进给运动是指使主运动能够继续切除工件上多余的金属,以便形成工件表面所需的运动。例如车削外圆时车刀的纵向连续直线进给运动,在牛头刨床上刨平面时工件横向间断的直线移动,纵磨外圆时工件的圆周进给运动和轴向直线进给运动等。进给运动一般有一个,也可多于一个,且速度和消耗功率较小。它的运动形式可以是直线运动、旋转运动或两者的组合,可构成多种符合需要的切削运动;主运动和进给运动可由刀具和工件分别完成,也可由刀具单独完成(如钻孔)。主运动和进给运动可以同时进行(如车削、钻削),也可以交替进行(如刨平面、插键槽)。在主运动和进给运动同时进行的切削加工中(如车外圆、钻孔、铣平面等),常在选定点将两者按矢量加法合成,称为合成切削运动。合成运动的速度向量 v 等于主运动速度向量 v_c 与进给运动的速度向量 v_f 之和即

$$v = v_c + v_f \quad (1-1)$$

除了主运动和进给运动外,还存在辅助运动,即不直接参加切除多余材料,但却是完成零件表面加工全过程必不可少的运动。例如,控制切削刃切入工件表面深度的吃刀运动,重复走刀前的退刀运动,刨刀、插齿刀等回程时的让刀运动等。

2. 切削用量三要素

切削用量是切削速度 v_c 、进给量 f 和背吃刀量(切削深度) a_p 的总称,也称为切削用量三要素,如图 1.3 所示。切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数,主要用于调整机床、编制工艺路线等。切削用量的选择直接影响材料切除率,进而影响生产效率。

1) 切削速度

切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度称为切削速度,单位为 m/s 或 m/min 。当主运动为旋转运动时, v_c 可按式(1-2)计算:

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000} \quad (1-2)$$

式中: d ——工件或刀具上某一点的回转直径, mm ;

n ——主轴转速, r/min 或 r/s 。

切削刃上各点的切削速度有可能不同,考虑到刀具的磨损和工件的表面加工质量,在计

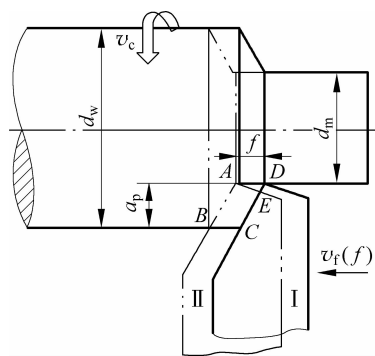


图 1.3 外圆车削时的切削用量示意图



算时应以切削刃上各点中的最大切削速度为准。

2) 进给量

主运动的一个循环或单位时间内刀具和工件沿进给运动方向的相对位移量称为进给量,用 f 表示(图 1.3)。用单齿刀具(如车刀、刨刀)进行加工时,常用刀具或工件每转或每行程刀具在进给运动方向上相对工件的位移量来度量,称为每转进给量(mm/r)。切削刃上选定点相对工件的进给运动的速度称为进给速度,记作 v_f ,单位为 mm/s 或 mm/min。对于连续进给的切削加工,进给速度可按式(1-3)计算:

$$v_f = fn \quad (1-3)$$

进给运动是由刀具完成的,所以也称走刀运动,其大小称为走刀量。

3) 背吃刀量

背吃刀量又称切削深度,是指工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,用 a_p 表示,单位为 mm。图 1.3 中外圆车削的背吃刀量可由下式计算。

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

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。

对于钻削来说,背吃刀量则按 $d_m/2$ 计算。

1.2 刀具的几何参数

切削刀具种类很多且形状各异,但其切削部分有许多共同之处。常用的外圆车刀的结构最简单,其他刀具均可以看成是外圆车刀的演变。本节以外圆车刀为例介绍刀具的几何参数,这些参数术语也同样适于其他金属切削刀具。

1.2.1 车刀切削部分的组成

车刀由夹持部分(亦称刀柄)和切削部分(亦称刀头)组成。夹持部分一般为矩形(如外圆车刀)或圆形(如镗刀)。车刀的切削部分一般由三个切削刀面、两条切削刃和一个刀尖组成,如图 1.4 所示。

(1) 前刀面 A_γ : 切屑流经的表面。

(2) 主后刀面 A_α : 与工件上过渡表面相对的表面。

(3) 副后刀面 A'_α : 与工件上已加工表面相对的表面。

(4) 主切削刃 S : 前刀面与主后刀面的交线,完成主要切削工作,它在工件上切出过渡表面。

(5) 副切削刃 S' : 前面与副后面的交线,配合主切削刃切除余量并形成已加工表面。

(6) 刀尖: 主副切削刃连接相当少的一部分切削刃,它可能是主切削刃和副切削刃的实际交点,大部分刀尖处都有一小段圆弧刃(半径为 r_β)或直线刃(长度为 b_β),所以刀尖也

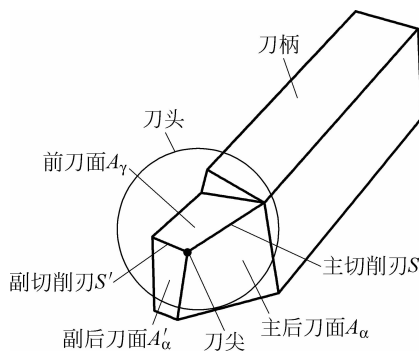


图 1.4 车刀几何构成



称过渡刃。刀尖是刀具切削部分工作条件最恶劣的部位。

1.2.2 刀具角度参考系

为确定切削部分各刀面在空间的位置,需要建立基准坐标参考系。坐标参考系有静止参考系和工作参考系两类。静止参考系是刀具设计时标注、刃磨和测量刀具角度的基准,用此定义的刀具角度称为刀具标注角度。静止坐标系只考虑主运动和进给运动的方向,不考虑进给运动的大小,同时也不考虑刀具的安装定位基准与主运动方向的关系。工作参考系是确定刀具切削工作时角度的基准,用此定义的刀具角度称为刀具工作角度。刀具设计时标注刃磨和测量的角度最常用的是正交平面参考系;在标注可转位刀具或大刃倾角刀具时常用法平面参考系;在刀具制造过程中,如铣削刀槽、刃磨刀面时,常用假定工作平面和背平面参考系中的角度。

1. 正交平面参考系

正交平面参考系由基面 P_r 、切削平面 P_s 和正交平面 P_o 三个平面组成,如图 1.5 所示。

(1) 基面 P_r : 通过切削刃上选定点,并垂直于该点切削运动方向的平面。车刀的基面是平行于车刀安装面的平面,如图 1.5(a)所示。

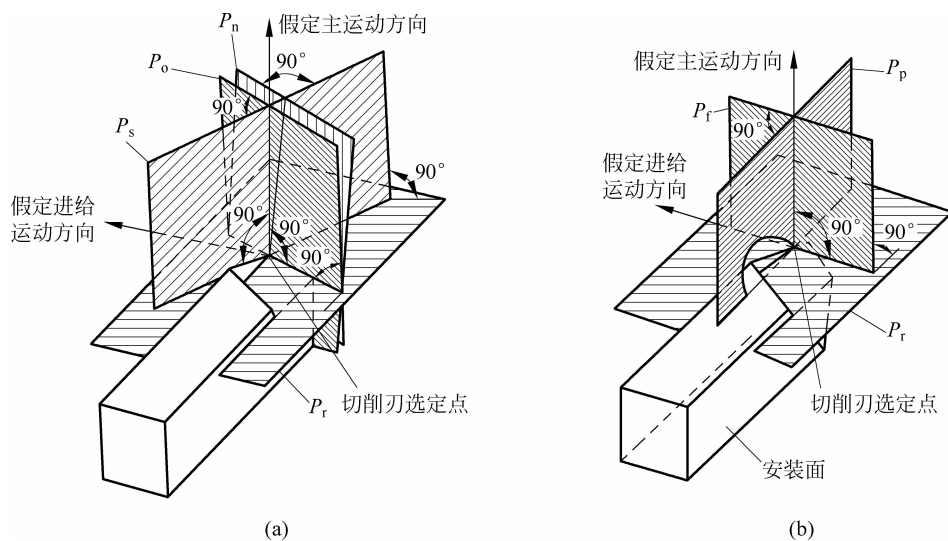


图 1.5 刀具角度标注参考系

(a) 正交平面参考系与法平面参考系; (b) 假定工作平面与背平面参考系

(2) 切削平面 P_s : 通过切削刃上选定点,与切削刃相切并垂直于基面 P_r 的平面。

(3) 正交平面 P_o : 也称主剖面,过切削刃上选定点,同时垂直于基面 P_r 和切削平面 P_s 的平面,亦可描述为过切削刃选定点并垂直于切削刃在基面 P_r 上的投影的平面。

由 P_r - P_s - P_o 组成一个正交平面参考系,三个平面互相垂直。

2. 法平面参考系

法平面参考系由基面 P_r 、切削平面 P_s 和法平面 P_n 三个平面组成,如图 1.5(a)所示。



法平面 P_n 又称法剖面,为过切削刃上选定点,垂直于切削刃的平面(若切削刃为曲线,则垂直于切削刃在该点的切线)。

3. 假定工作平面参考系

假定工作平面参考系由基面 P_r 、假定工作平面 P_f 和背平面 P_p 三个平面所组成。

(1) 假定工作平面 P_f : 又称横向平面,它是过切削刃上选定点,垂直于基面 P_r 且与假定进给运动方向平行的平面。

(2) 背平面 P_p : 又称纵向剖面,它是过切削刃上选定点,同时垂直于基面 P_r 和假定工作平面 P_f 的平面。

就以上设定的平面而言,正交平面、法平面、假定工作平面和背平面又称测量平面,用不同的测量平面分别与基面、切削平面组合就形成不同的参考坐标系:正交平面参考系、法平面参考系、假定工作平面和背平面参考系。

1.2.3 刀具的标注角度

刀具的标注角度是指在刀具工作图中标出的几何角度,参考系则选定静止坐标参考系。

1. 正交平面参考系中刀具的标注角度

下面介绍正交平面参考系内车刀的标注角度,如图 1.6 所示。

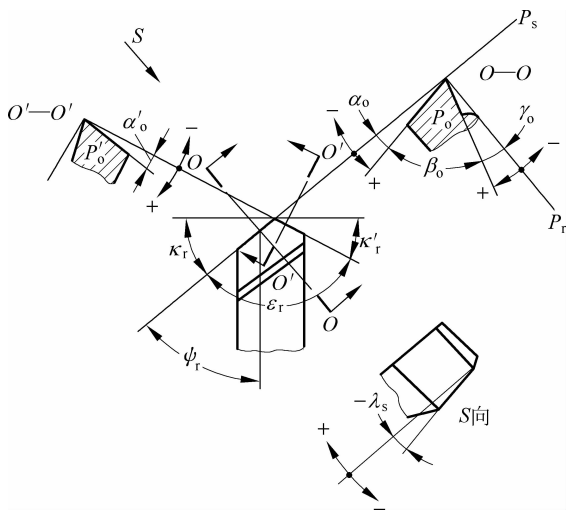


图 1.6 车削车刀正交平面参考系的标注角度

1) 在正交平面 P_o 中测量的角度

(1) 前角 γ_o : 在正交平面内度量的基面 P_r 与前刀面 A_γ 的夹角。前角是车刀重要的几何参数之一,它直接影响刀具的锋利程度和刃口强度。根据前刀面与基面相对位置的不同,前角可有正、负、零之分。

(2) 后角 α_o : 主后刀面 A_α 与切削平面 P_s 间的夹角。后角也有正、负之分,是刀具的重要几何参数之一。它直接影响加工质量、刀具使用寿命和生产率。后角的主要作用是减少



主后刀面与过渡表面间的摩擦。

(3) 楔角 β_0 : 前刀面 A_f 和主后刀面 A_a 之间的夹角。楔角影响主切削刃的强度。楔角大, 主切削刃的强度高。楔角与前角、后角的关系是 $\beta_0 = 90^\circ - \gamma_0 - \alpha_0$ 。

2) 在基面 P_r 内测量的角度

(1) 主偏角 κ_r : 主切削刃在基面上的投影与进给方向的夹角。它主要影响切削层的性质, 并直接影响切削刃的工作长度和单位切削刃上的负荷。

(2) 副偏角 κ'_r : 副切削刃在基面上的投影与进给反方向的夹角。副偏角的主要功用是形成已加工表面, 因此 κ'_r 选取首先考虑已加工表面的粗糙度要求, 还要考虑刀尖强度、散热与振动等。

(3) 刀尖角 ϵ_r : 主切削刃与副切削刃在基面上投影的夹角。它影响刀尖强度和散热条件。刀尖角与主偏角、副偏角的关系是 $\epsilon_r = 180^\circ - \kappa_r - \kappa'_r$ 。

(4) 余偏角 ψ_r : 在基面 P_r 上, 主切削刃的投影与进给方向垂线之间的夹角, $\psi_r = 90^\circ - \kappa_r$ 。

3) 在切削平面 P_s 内测量的角度

刃倾角 λ_s 是主切削刃与基面 P_r 间的夹角。它主要影响切屑流出方向、刀尖强度、切入切出的平稳性、切削分力及切削刃的工作长度。当刀尖位于主切削刃上的最高点时, λ_s 取正号; 当刀尖位于主切削刃上的最低点时, λ_s 取负号。

4) 副刃正交平面 P'_o 内的角度

副后角 α'_o 是副后刀面 A'_a 与副切削平面 P'_s 之间的夹角。正、负号取法同 α_o , 是可通过计算得到的派生角。副切削刃上的独立角度只有 κ'_r 和 α'_o 两个。

2. 刀具在法平面参考系中的标注角度

刀具在法平面参考系中标注的角度, 与正交平面参考系中的标注类似。在基面 P_r 和切削平面 P_s 内表示的角度 κ_r 、 κ'_r 、 ϵ_r 、 ψ_r 和 λ_s 是相同的, 只需将正交平面 P_o 内的 γ_o 、 α_o 与 β_o , 改为在法平面 P_n 内的法前角 γ_n 、法后角 α_n 与法楔角 β_n , 如图 1.7 所示。

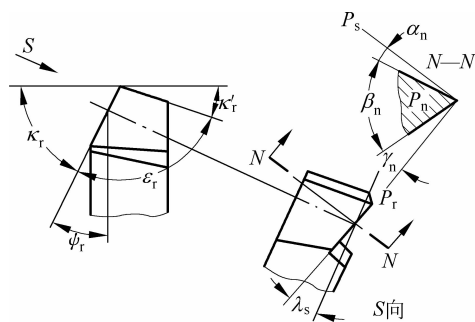


图 1.7 法平面参考系标注角度

3. 刀具在背平面和假定工作平面参考系中的标注角度

除基面上表示的角度与上面相同外, 前角、后角和楔角是分别在背平面 P_p 和假定工作平面 P_f 内标出的, 故有背前角 γ_p 、背后角 α_p 、背楔角 β_p 和侧前角 γ_f 、侧后角 α_f 、侧楔角 β_f 等角度, 如图 1.8 所示。

本节是以外圆车刀为例来说明其标注角度的, 对于其他多刃刀具或非直线刃刀具, 也可在各个刀刃的选定点上, 参照前述有关定义的内容和分析方法, 确定它们在不同参考系中的标注角度。

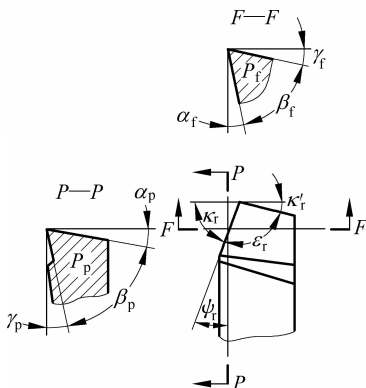


图 1.8 背平面与假定工作平面参考系标注角度

1.3 刀具标注角度的换算

因设计和制造的需要,刀具要在正交平面、法平面、背平面与假定工作平面参考系中进行角度标注。不同参考系之间标注的角度可以换算。根据设计、工艺的需要,可以将某一参考系的角度变换为另一所需参数系的角度。

1. 法平面与正交平面内前角与后角的关系

如图 1.9 所示为刃倾角 λ_s 的外圆车刀,主切削刃上任意点的法前角和正交平面内的前角分别为 γ_n 和 γ_o 。法平面 P_n 、正交平面 P_o 与基面 P_r 的公共交线为 OA ,直线 OB 是 P_o 和车刀前刀面交线的延长线, P_n 和车刀前刀面交线的延长线为 OC ,则由直角三角形 $\triangle OAB$ 、 $\triangle OAC$ 、 $\triangle ABC$ 可以得到

$$\tan\gamma_n = \frac{AC}{OA}, \quad \tan\gamma_o = \frac{AB}{OA}$$

$$\text{故} \quad \frac{\tan\gamma_n}{\tan\gamma_o} = \frac{AC}{OA} \cdot \frac{OA}{AB} = \frac{AC}{AB} = \cos\lambda_s$$

于是,可得 γ_n 与 γ_o 的关系式:

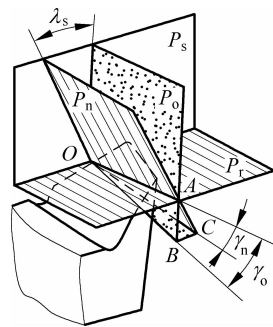
$$\tan\gamma_n = \tan\gamma_o \cos\lambda_s \quad (1-5)$$

同样推导,可得车刀的法后角 α_n 与正交平面内的后角 α_o 的关系式:

$$\cot\alpha_n = \cot\alpha_o \cos\lambda_s \quad (1-6)$$

2. 任意剖面与正交平面内前角、后角的关系

如图 1.10 所示,任意剖面 P_i 并不与主切削刃在基面上的投影相垂直,它与包括主切削刃在内的切削平面 P_s 的夹角为 τ_i 。为求得剖面 P_i 内前角 γ_i 与正交平面内前角 γ_o 的关系,可推导如下(图 1.11): OA 为剖面 P_i 与基面 P_r 的交线, OD 为正交平面 P_o 与基面 P_r 的交线,而 OC 和 OE 分别为它们与前刀面交线的延长线,由图示可得如下关系式:

图 1.9 车刀的法前角 γ_n



$$\begin{aligned}\tan\gamma_i &= \frac{AC}{OA} = \frac{AB+BC}{OA} = \frac{DE+BC}{OA} \\ &= \frac{OD \cdot \tan\gamma_o + BE \cdot \tan\lambda_s}{OA} = \frac{OD}{OA} \tan\gamma_o + \frac{BE}{OA} \tan\lambda_s\end{aligned}$$

因为 $\angle ODA=90^\circ$, $\angle OAD=\tau_i$, 且 $BE=AD$, 可得

$$\tan\gamma_i = \tan\gamma_o \sin\tau_i + \tan\lambda_s \cos\tau_i \quad (1-7)$$

同样, 可得任意剖面 P_i 内的后角 α_i 与正交平面内后角 α_o 的关系式为

$$\cot\alpha_i = \cot\alpha_o \sin\tau_i + \tan\lambda_s \cos\tau_i \quad (1-8)$$

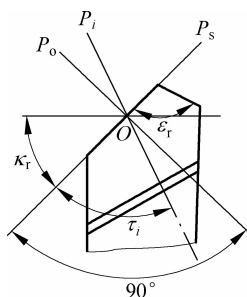


图 1.10 车刀在基面上的投影与任意剖面 P_i

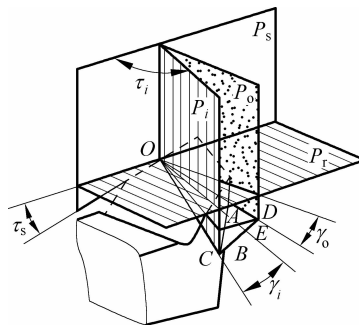


图 1.11 任意剖面 P_i 内的前角 γ_i

3. 背平面与假定工作平面内的角度换算

由式(1-7)和式(1-8)可知, 当 $\tau_i=90^\circ-\kappa_r$ 时, 能得到背平面 P_p 内的前角 γ_p 和后角 α_p 。

$$\tan\gamma_p = \tan\gamma_o \cos\kappa_r + \tan\lambda_s \sin\kappa_r \quad (1-9)$$

$$\cot\alpha_p = \cot\alpha_o \cos\kappa_r + \tan\lambda_s \sin\kappa_r \quad (1-10)$$

当 $\tau_i=180^\circ-\kappa_r$ 时, 可得假定工作平面 P_f 内的前角 γ_f 和后角 α_f 。

$$\tan\gamma_f = \tan\gamma_o \sin\kappa_r - \tan\lambda_s \cos\kappa_r \quad (1-11)$$

$$\cot\alpha_f = \cot\alpha_o \sin\kappa_r - \tan\lambda_s \cos\kappa_r \quad (1-12)$$

变换式(1-9)和式(1-11)可得

$$\tan\gamma_o = \tan\gamma_p \cos\kappa_r + \tan\gamma_f \sin\kappa_r \quad (1-13)$$

$$\tan\lambda_s = \tan\gamma_p \sin\kappa_r - \tan\gamma_f \cos\kappa_r \quad (1-14)$$

将式(1-10)和式(1-12)变换后可得

$$\cot\alpha_o = \cot\alpha_p \cos\kappa_r + \cot\alpha_f \sin\kappa_r \quad (1-15)$$

$$\tan\lambda_s = \cot\alpha_p \sin\kappa_r - \cot\alpha_f \cos\kappa_r \quad (1-16)$$

4. 最大前角 γ_{\max} 和最小后角 α_{\min} 的确定

确定最大前角 γ_{\max} 和最小后角 α_{\min} 时, 利用式(1-7)和式(1-8), 对其进行微分求极限得

$$\tan\gamma_{\max} = \sqrt{\tan^2\gamma_o + \tan^2\lambda_s} = \sqrt{\tan^2\gamma_f + \tan^2\gamma_p} \quad (1-17)$$

$$\cot\alpha_{\min} = \sqrt{\cot^2\alpha_o + \tan^2\lambda_s} = \sqrt{\cot^2\alpha_f + \cot^2\alpha_p} \quad (1-18)$$

最大前角 γ_{\max} 和最小后角 α_{\min} 所在的剖面与主切削刃在基面上的投影, 即与切削平面



P_s 间的夹角 τ_{\max} 和 τ_{\min} (图 1.10) 分别为

$$\tan\tau_{\max} = \tan\gamma_o / \tan\lambda_s \quad (1-19)$$

$$\cot\tau_{\min} = \tan\gamma_s / \cot\alpha_o = \tan\lambda_s \tan\alpha_o \quad (1-20)$$

5. 副切削刃上副前角 γ'_o 和副刃倾角 λ'_s 的确定

当 $\tau_i = \epsilon_r - 90^\circ$ 时(图 1.10), 设主切削刃与副切削刃在同一个平面型的前刀面上, 利用式(1-7), 则剖面 P_i 成为和副切削刃垂直的剖面, 于是得

$$\tan\gamma'_o = -\tan\gamma_o \cos\epsilon_r + \tan\lambda_s \sin\epsilon_r \quad (1-21)$$

当 $\tau_i = \epsilon_r$ 时, 剖面 P_i 成为副切削刃的切削平面, 于是得

$$\tan\lambda'_s = \tan\gamma_o \sin\epsilon_r + \tan\lambda_s \cos\epsilon_r \quad (1-22)$$

1.4 刀具工作参考系与工作角度

1. 刀具工作参考系

刀具实际安装位置、切削运动合成方向的变化, 都会引起刀具工作角度与标注角度不一致。刀具切削加工时的实际几何参数就要在工作参考系中测量和修正。工作参考系中各坐标平面的定义与标注参考系相同, 不同的是用合成切削运动方向取代主运动方向。

(1) 工作正交平面参考系由工作基面 P_{re} 、工作切削平面 P_{se} 和工作正交平面 P_{oe} 组成。

(2) 工作背平面参考系由工作基面 P_{re} 、工作平面 P_{fe} 和工作背平面 P_{pe} 组成。

(3) 工作法平面参考系由工作基面 P_{re} 、工作切削平面 P_{se} 和工作法平面 P_{ne} 组成。

以上三个工作参考系中, 工作正交平面参考系应用最多。在工作参考系定义的工作角度分别为: 工作前角 γ_{oe} 、工作后角 α_{oe} 、工作主偏角 κ_{re} 、工作副偏角 κ'_{re} 和工作刃倾角 λ_{se} 等。

2. 刀具工作角度

1) 考虑进给运动对工作角度的影响

如图 1.12 所示, 以刀具在切断、切槽时为例, 当刀具的横向进给量 $f=0$ 时, 切削刃选定点相对于工件的运动轨迹为一圆周。通过该点切于圆周的平面为切削平面 P_s , 刀杆底面平行于基面 P_r , γ_o 和 α_o 分别为标注前角和后角。

当切断刀横向直线进给运动时, 切削刃选定点相对于工件的运动轨迹为阿基米德螺旋线。通过该点, 切于阿基米德螺旋线的平面为工作切削平面 P_{se} , 而工作基面 P_{re} 始终与 P_{se} 垂直, 这时的工作前角、工作后角分别为 γ_{oe} 和 α_{oe} 。

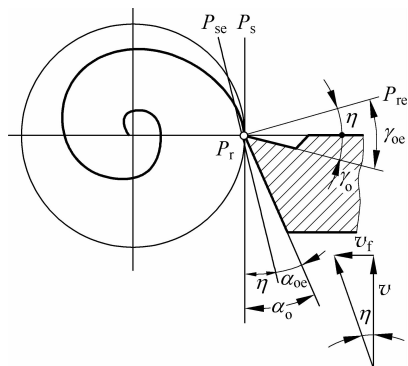


图 1.12 横向进给运动对工作角度的影响

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \eta \quad (1-23)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \eta \quad (1-24)$$

式中: η ——合成切削角度, 是主运动方向与合成切削运动方向之间的夹角, 其定义如下:



$$\tan \eta = \frac{f}{\pi d} \quad (1-25)$$

式中： f ——刀具横向进给量；

d ——切削刃上选定点处的工作直径。

上式说明 η 随切削刃不断趋近工件中心 (d 值减小) 而逐步增大。 η 越大则 α_{oe} 越小, 甚至可以达到负值, 而影响加工。

2) 刀尖安装高低对工作角度的影响

如图 1.13 所示, 当用 $\lambda_s = 0$ 的外圆车刀车削外圆时, 车刀的刀尖高于工件的中心, 产生基面和工作基面间的夹角 θ , 工作切削平面与工作基面保持垂直, 车刀的工作角度为

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \theta \quad (1-26)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o - \theta \quad (1-27)$$

上两式中, $\theta = \arcsin(2h/d)$, h 为刀尖高于工件中心线的数值 (mm), d 为切削刃上选定点处的工作直径 (mm)。由上我们知道, 当刀尖安装高于工件中心时, 工作前角 γ_{oe} 增大, 工作后角 α_{oe} 减小。当刀尖安装低于工件中心时, 工作角度的变化情况正好相反。加工内表面时, 工作角度的变位情况与加工外表面时相反。

3) 刀柄中心线与进给运动方向不垂直时对工作角度的影响

如图 1.14 所示, 当刀杆中心线与进给运动方向不垂直时, 车刀随刀杆逆时针转动了 G 角后, 标注角度的主偏角 κ_r 与副偏角 κ'_r 分别变为工作主偏角 κ_{re} 和工作副偏角 κ'_{re} 。

$$\kappa_{re} = \kappa_r \pm G \quad (1-28)$$

$$\kappa'_{re} = \kappa'_r \mp G \quad (1-29)$$

式中： G ——刀杆中心线与进给方向的垂线之间的夹角。

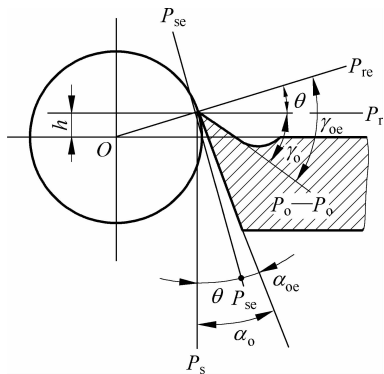


图 1.13 刀尖安装高低对工作角度的影响

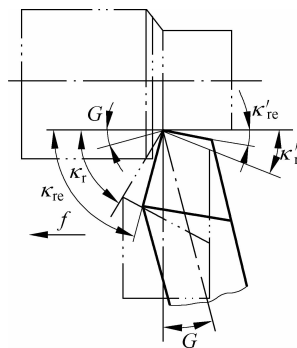


图 1.14 刀杆中心线与进给运动方向不垂直时对工作角度的影响

当刀杆向右偏斜时, 式(1-28)和式(1-29)取上面的符号, 反之取下面的符号。

1.5 切削层参数与切削方式

1. 切削层参数

在切削加工中, 刀具相对工件, 沿进给运动方向每移动进给量 f , 或移动每齿进给量 f_z ,