

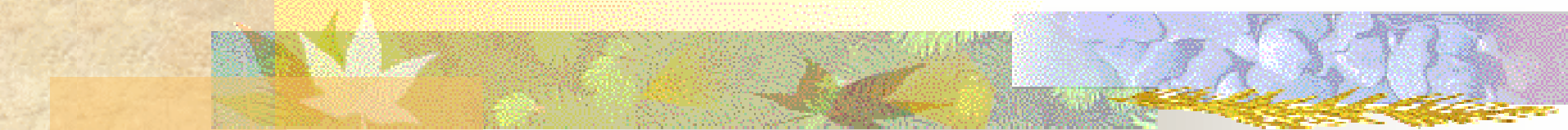


金属切削原理与刀具设计

烟台大学
机电汽车工程学院

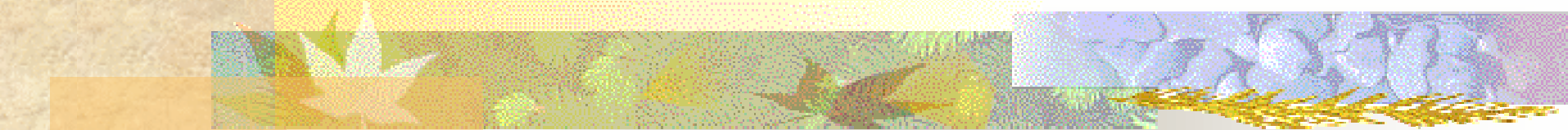
授 课 计 划

1. 刀具的基本定义及车刀简介
2. 刀具材料及切削机理
3. 孔加工刀具
4. 铣刀
5. 刀具合理几何参数的选择
6. 切削用量的选择
7. 刀具的磨损和耐用度
8. 成形刀具及其它刀具介绍
9. 刀具的一般设计过程
10. 数控加工刀具简介



第一讲

刀具的基本定义及 车刀简介



一.金属切削加工的基本知识

金属切削加工——利用刀具切除被加工零件多余的材料，形成已加工表面。

金属切削加工的**目的**——使被加工零件的尺寸精度、形状和位置精度、表面质量达到设计与使用要求。

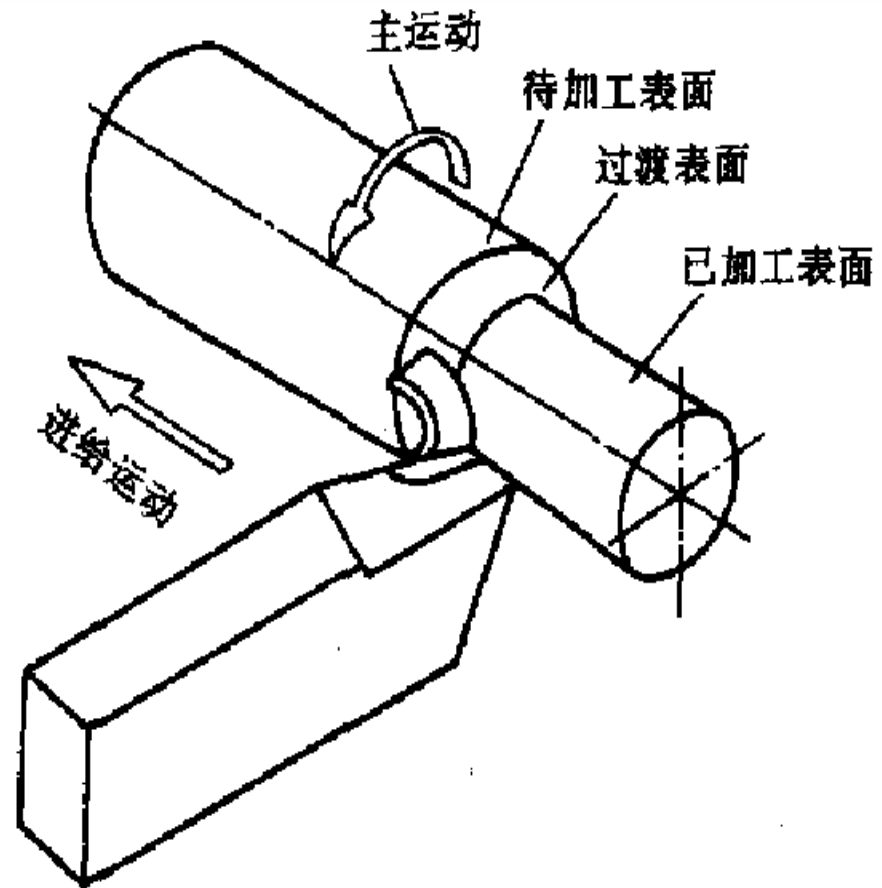
两个基本条件——切削运动

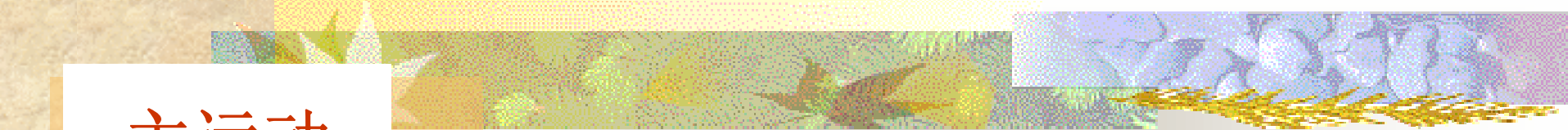
刀具

是机械制造工业中最基本的加工方法，在国民经济中占有重要地位。

1. 切削运动

为了切除多余的金属，刀具和工件之间必须有相对运动，即**切削运动**。切削运动可分为**主运动**和**进给运动**。





主运动

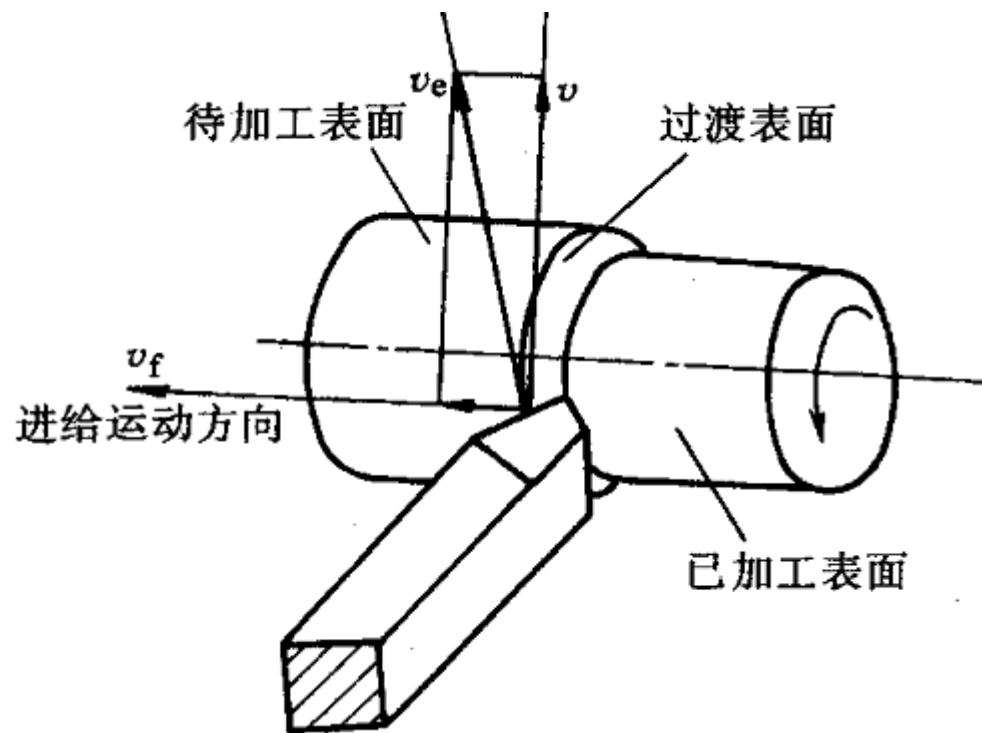
- ❖ 刀具与工件之间主要的相对运动。
- ❖ 使刀具切削刃及其邻近的刀具表面切入工件材料使被切削层转变为切屑，从而形成工件的新表面。
- ❖ 切削运动中，主运动速度最高，消耗功率最大。
- ❖ 主运动方向——切削刃上选定点相对于工件的瞬时主运动方向。
- ❖ 切削速度 v_c ——切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。

进给运动

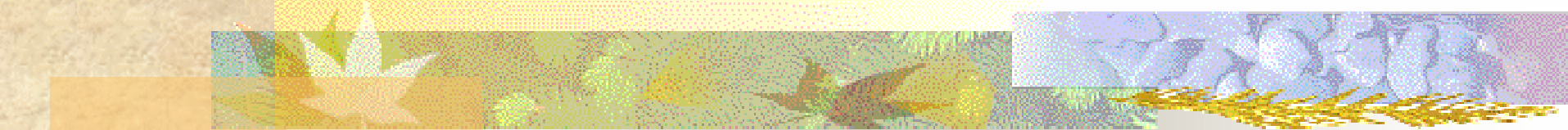
- ❖ 刀具与工件之间附加的相对运动。
- ❖ 配合主运动依次地或连续不断地切除切屑。
- ❖ 可由刀具完成——车削、工件完成——铣削
- ❖ 可以是间歇的——刨削、连续的——车削
- ❖ 进给运动方向——切削刃上选定点相对于工件的瞬时进给方向。
- ❖ 进给速度 v_f ——切削刃上选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度。

合成切削运动

主运动和进给运动合成的运动称为合成切削运动。



各种切削加工的切削运动



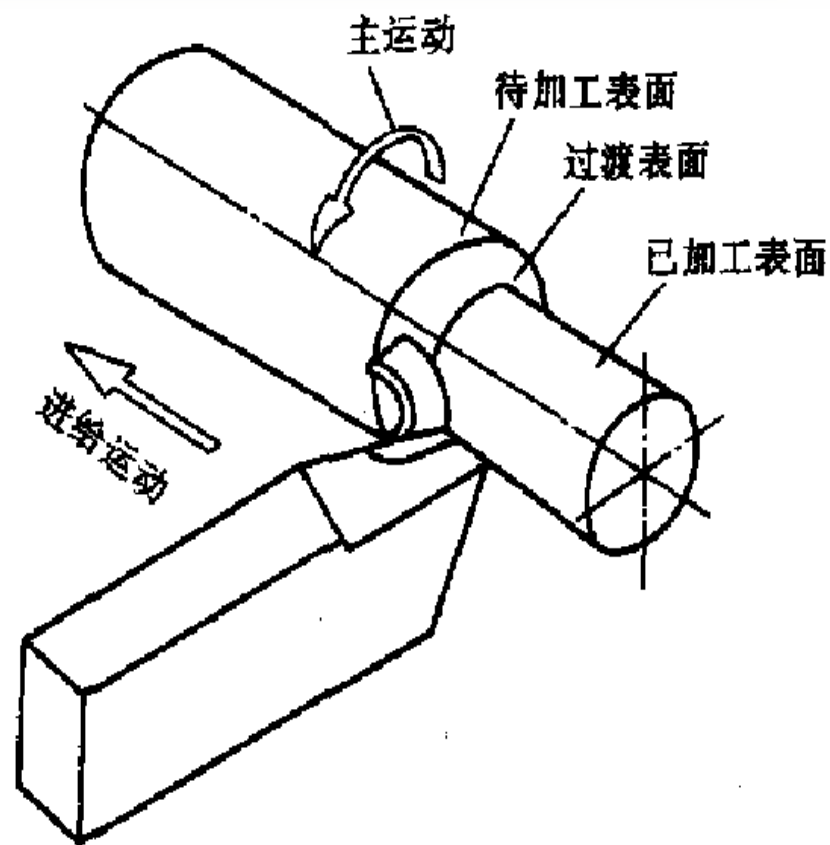
2. 切削加工过程中的工件表面

- ❖ 切削刃相对于工件的运动过程，就是表面形成过程。
- ❖ 在这个过程中，切削刃相对于工件的运动轨迹面就是工件上的加工表面和已加工表面。
- ❖ 有两个要素，一是切削刃，二是切削运动。
- ❖ 不同的切削运动的组合，即可形成各种工件表面。
- ❖ 车削加工是一种最常见的、典型的切削加工方法，以它为例，车削加工过程中工件上有三个不断变化着的表面。

(1) **待加工表面**——工件上有待切除的表面。

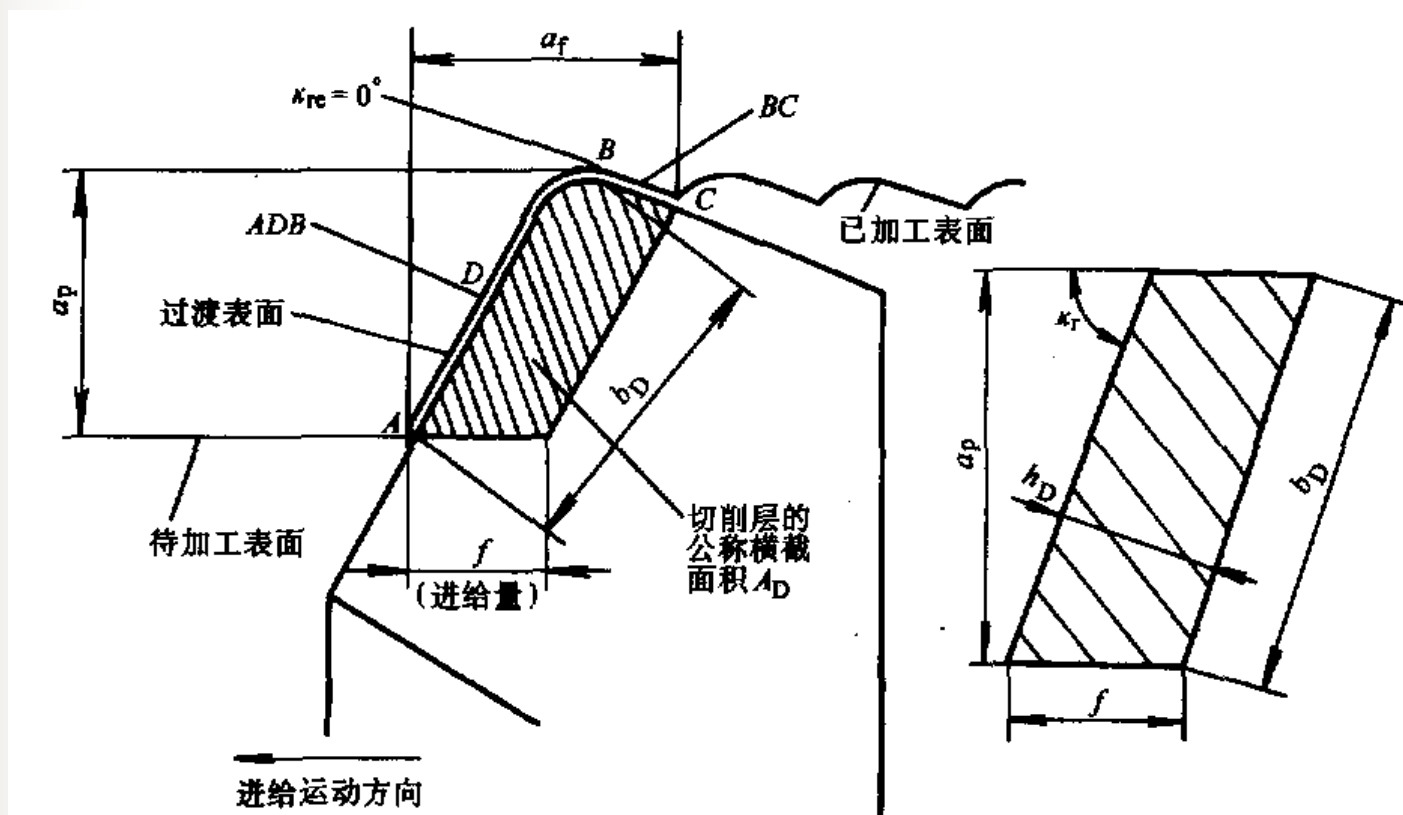
(2) **已加工表面**——经刀具切削后产生的新表面。

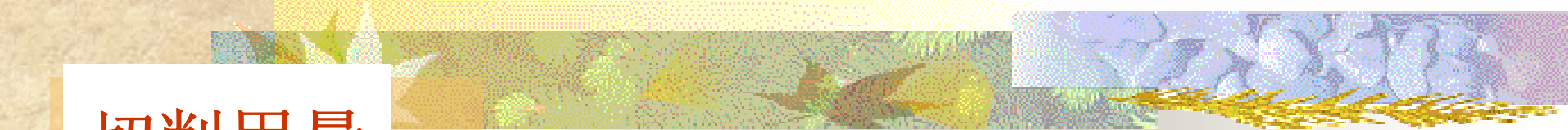
(3) **过渡表面**(或称切削表面) ——切削刃正在切削的表面。它是待加工表面和已加工表面之间的过渡表面。



3. 切削要素

——切削过程的切削用量和在切削过程中由余量变成切屑的切削层参数。





切削用量

衡量切削运动量的大小。

包括三要素

切削速度 V_c

进给量 f (或进给速度 V_f)

背吃刀量 a_p

切削速度 V_C

- ❖ m/min
- ❖ 指主运动的线速度，以车削为例：

$$V_C = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n}{1000} \quad (\text{m/min})$$

n ——工件或刀具的转速， $[n]$ 为r / min

d ——工件或刀具观察点的旋转直径， $[d]$ 为mm
一般取 d_w

进给量 f

——指刀具在进给运动方向上相对工件的位移量

- ❖ 主运动是回转运动时，进给量指工件或刀具每回转一周，两者沿进给方向的相对位移量，单位为 mm / r
- ❖ 当主运动是直线运动时，进给量指刀具或工件每往复直线运动一次，两者沿进给方向的相对位移量，单位为 $\text{mm} / \text{双行程}$ 或 $\text{mm} / \text{单行程}$
- ❖ 对于多齿的旋转刀具(如铣刀、切齿刀)，常用每齿进给量 f_z ，单位为 mm / z 或 $\text{mm} / \text{齿}$ ，它与进给量 f 的关系为 $f = z f_z$

进给量f

进给量是进给运动的单位量。车削时进给量f是取工件每旋转一周的时间内，工件与刀具相对位移量

$$V_f = n \cdot f \quad (\text{mm/min})$$

V_f ——进给运动速度

多齿刀具具有每齿进给量

背吃刀量 a_p

- ❖ 工件待加工表面与加工表面之间的垂直距离
- ❖ 在通过切削刃基点并垂直于工作平面方向上测量的吃刀量
- ❖ 一般称为切削深度，单位为mm；

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

d_w ——待加工表面直径

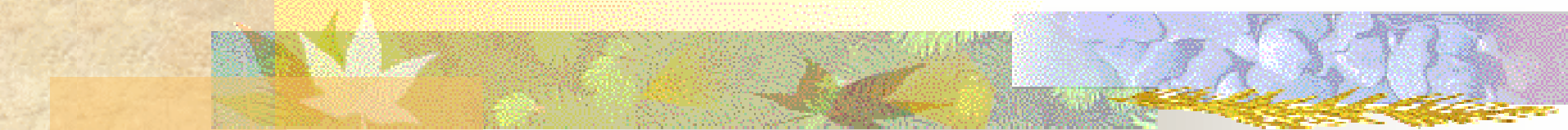
d_m ——已加工表面直径

切削层参数

- ❖ 切削层是指工件上正被刀具切削刃切削着的一层金属。
- ❖ 切削层参数——基面中测量的切削层长度、宽度和面积。
- ❖ 它们与切削用量 f 、 a_p 有关。

切削层参数

- (1) 切削层公称厚度 h_D ——垂直于正在加工的表面(过渡表面)度量的切削层参数。它反映了切削刃单位长度上的切削负荷。 $h_D = f \cdot \sin K_r$
- (2) 切削层公称宽度 b_D ——平行于正在加工的表面(过渡表面)度量的切削层参数。它反映了切削刃参加切削的工作长度。 $b_D = a_p / \sin K_r$
- (3) 切削层公称横截面积 A_D ——在切削层参数平面内度量的横截面积。 $A_D = h_D \cdot b_D = a_p \cdot f$



二、刀具角度

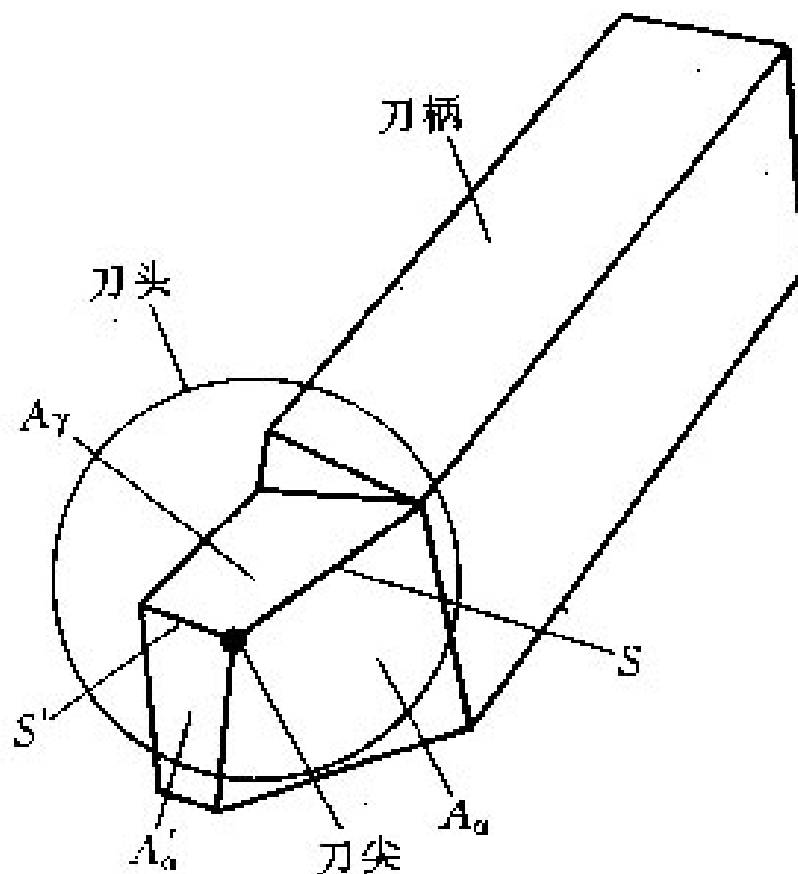
金属切削刀具的种类很多，其形状、结构各不相同，但是它们的基本功用都是在切削过程中，用刀刃从工件毛坯上切下多余的金属。在结构上它们都具有共同的特征，尤其是它们的切削部分。

1.刀具的构成

由工作部分和非工作部分构成。

不论刀具结构如何复杂，就其单刀齿切削部分，都可以看成由外圆车刀的切削部分演变而来，本节以外圆车刀为例来介绍其几何参数。

车刀的工作部分比较简单，只由切削部分构成非工作部分就是车刀的柄部(或刀杆)。



刀 面

前刀面

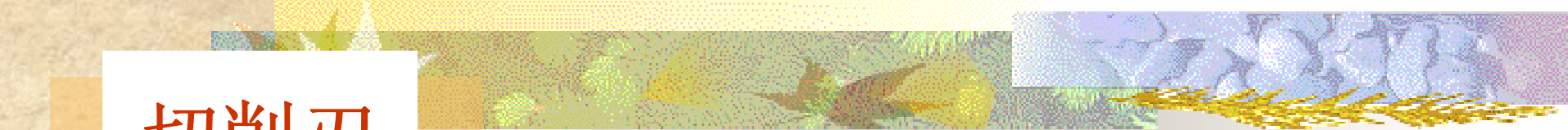
切屑流过的表面，以 A_γ 表示。

主后刀面

与工件上过渡表面相对的表面，以 A_α 表示。

副后刀面

与工件上已加工表面相对的表面，以 A'_α 表示。



切削刃

主切削刃

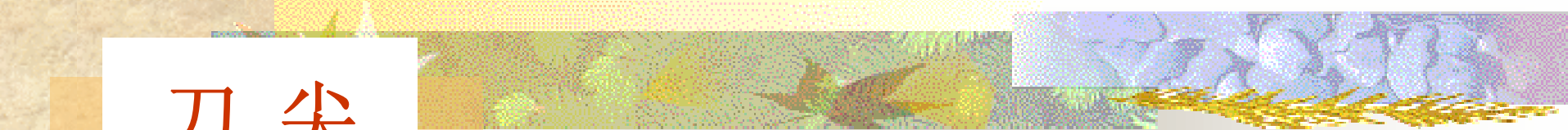
前刀面与主后刀面的交线，记为S。

它承担主要的切削工作。

副切削刃

前刀面与副后刀面的交线，记为S'。

它协同主切削刃完成切削工作，并最终形成已加工表面。

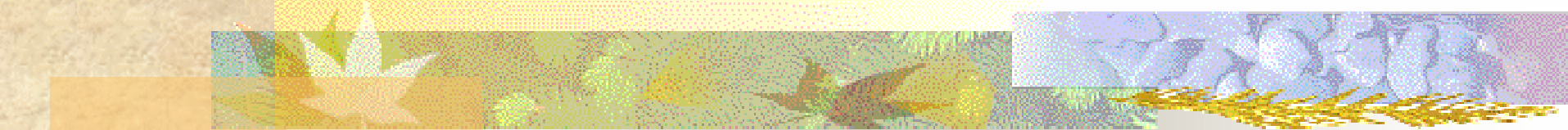


刀尖

三个刀面在空间的交点，也可理解为主、副切削刃二条刀刃汇交的一小段切削刃。

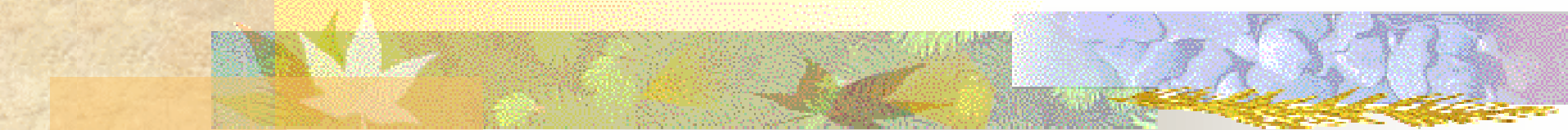
在实际应用中，为增加刀尖的强度与耐磨性，一般在刀尖处磨出直线或圆弧形的过渡刃。

其他各类刀具，如刨刀、钻头、铣刀等，都可以看成是车刀的演变和组合。



2. 刀具标注角度

刀具要从工件上切下金属，必须具有一定的角度，也正是由于切削角度才决定了刀具切削部分各表面的空间位置。要确定和测量刀具角度，必须引入一个空间坐标参考系。

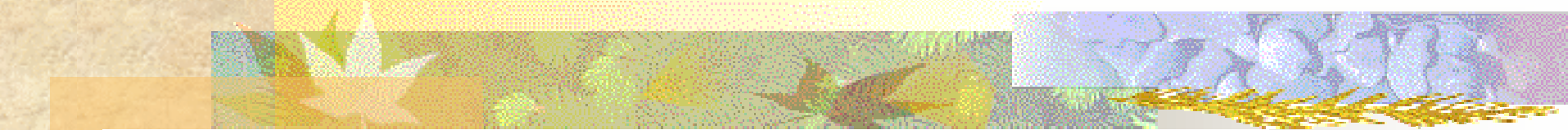


❖ 工作坐标系—动态参考系—工作角度

它是确定刀具切削运动中角度的基准。

❖ 标注坐标系—静态参考系—标注角度

它是刀具设计计算、绘图标注、刃磨测量角度时基准。它是在假定条件下的工作角度。



确定刀具标注角度参考系时做的二个假定

(1) 假定运动条件：给出刀具假定主运动方向和假定进给方向，而不考虑进给运动的大小。

(2) 假定安装条件：刀具安装基准面垂直于主运动方向，刀杆的中心线与进给运动方向垂直，刀具刀尖高与工件中心轴线等高。

刀具标注角度的参考系平面

基面 P_r

通过主切削刃上选定点，垂直于该点切削速度方向的平面。

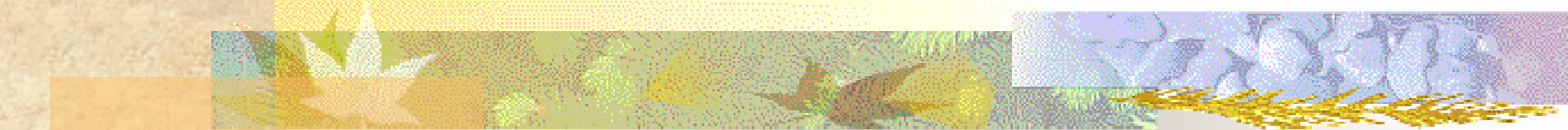
切削平面 P_s

通过主切削刃上选定点，与主切削刃相切，且垂直于该点基面的平面。

正交平面 P_o

通过主切削刃上选定点，垂直于基面和切削平面的平面。

正交平面参考系 P_r - P_s - P_o 最常用的刀具标注角度参考系



法平面 P_n

通过主切削刃上选定点，垂直于切削刃的平面。

法平面参考系 P_r - P_s - P_n

假定工作平面 P_f 、 P_p

P_f ：通过主切削刃上选定点，平行于假定进给运动方向，并垂直于该点基面的平面。

P_p ：通过切削刃上选定点同时垂直于 P_r 和 P_f 的平面。

假定工作平面参考系 P_r - P_f - P_p

刀具标注角度

1) 基面中测量的刀具角度

主偏角 κ_r

主切削刃在基面上的投影与进给运动方向的夹角
主偏角一般为正值。

副偏角 κ'_r

副切削刃在基面上的投影与进给运动反方向的夹角。

副偏角一般为正值。

刀尖角 ε_r

主、副切削刃在基面上的投影之间的夹角，它是派生角度。

$$\varepsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa_{r'})$$

ε_r 是标注角度是否正确的验证公式之一。

主切削刃和副切削刃之间的过渡刃参数将改变刀尖的几何形状,用刀尖圆弧半径 r_ε 描述,当 $r_\varepsilon=0$ 时为尖角过渡, $r_\varepsilon>0$ 时为圆角过渡, 直线过渡时用 κ_ε 和 b_ε 参数描述。

2) 切削平面中测量的刀具角度

刃倾角 λ_s 主切削刃与基面间的夹角。

刃倾角有正负之分:

- ❖ 当主切削刃呈水平时, $\lambda_s = 0$;
- ❖ 刀尖为主切削刃上最高点时, $\lambda_s > 0$;
- ❖ 刀尖为主切削刃上最低点时, $\lambda_s < 0$ 。

3) 正交平面中测量的刀具角度

前角 γ 。

在正交平面内测量的前刀面与基面间的夹角。

根据前刀面和基面的相对位置不同分别规定正前角、零度前角和负前角。

后角 α 。

在正交平面内测量的主后刀面与切削平面的夹角。

后角一般为正值。

刀具标注角度

楔角 β_0

前面与后面之间的夹角，它是个派生角。

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

β_0 也是判断标注是否正确验证式之一。

说明：以上标注角度是在刀尖与工件回转轴线等高、刀杆纵向轴线垂直于进给方向，以及不考虑进给运动的影响等条件下确定的。

法平面参考系刀具标注角度

- ❖ 法平面参考系刀具标注角度，在基面 P_r 和切削平面 P_s 内表示的角度 κ_r 、 κ_r' 、 ε_r 和 λ_s 与正交平面参考系是相同的。
- ❖ 将 γ_o 、 α_o 、 β_o 改为在法平面 P_n 内的法向前角 γ_n 、法向后角 α_n 、和法向楔角 β_n 。

假定工作平面参考系刀具标注角度

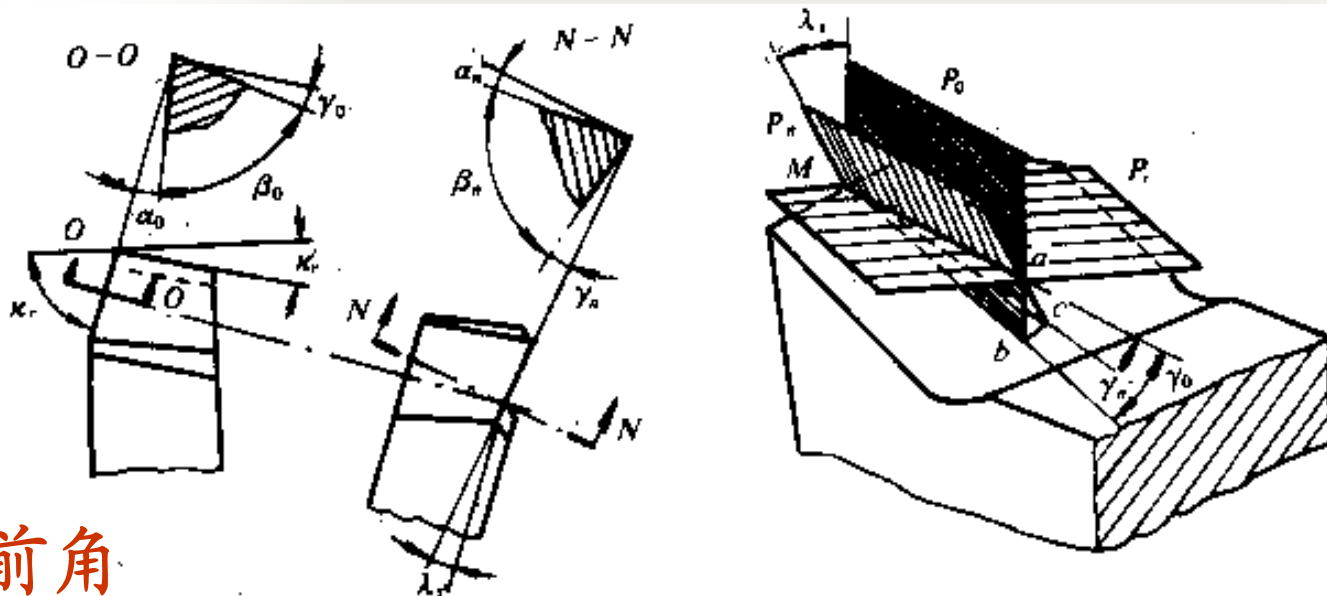
- ❖ 假定工作平面参考系刀具标注角度，只有在基面 P_r 内表示的角度 κ_r 、 κ_r' 、 ε_r 与正交平面参考系是相同的。
- ❖ P_f 中标注：进给前角 γ_f 、进给后角 α_f 、进给楔角 β_f 。
- ❖ P_p 中标注：切深前角 γ_p 、切深后角 α_p 、切深楔角 β_p 。

3. 刀具角度的换算

在设计和制造刀具时，需要对不同参考系的标注角度进行换算。也就是正交平面、法平面、假定工作平面之间的角度换算。

例如：在刀具设计、制造、刃磨和检验中，常常需要知道主刀刃在法平面内的角度；许多斜角切削刀具，特别是大刃倾角刀具，必须标注法平面角度。

1) 法向前角 γ_n 、法向后角 α_n 的计算



法向前角

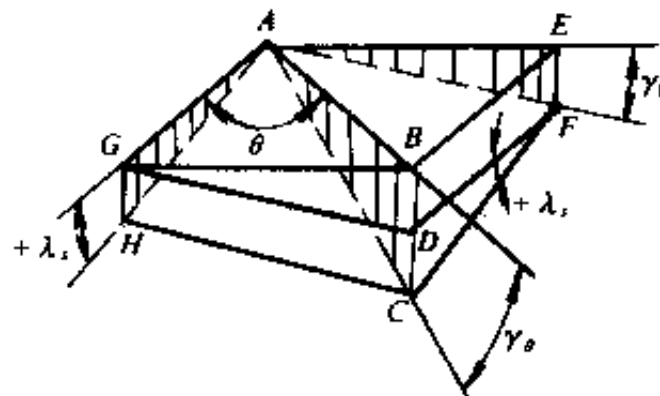
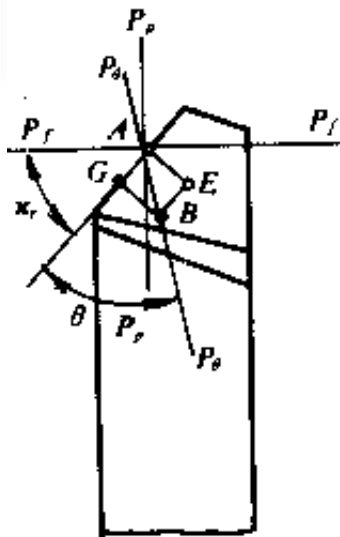
$$tg\gamma_n = \frac{\overline{ac}}{\overline{Ma}} \quad tg\gamma_0 = \frac{\overline{ab}}{\overline{Ma}} \quad \Rightarrow \quad \frac{tg\gamma_n}{tg\gamma_0} = \frac{\overline{ac}}{\overline{ab}} = \cos \lambda_s$$

$$tg\gamma_n = tg\gamma_0 \cdot \cos \lambda_s$$

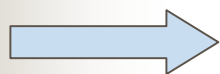
法向后角

$$ctg\alpha_n = ctg\alpha_0 \cdot \cos \lambda_s$$

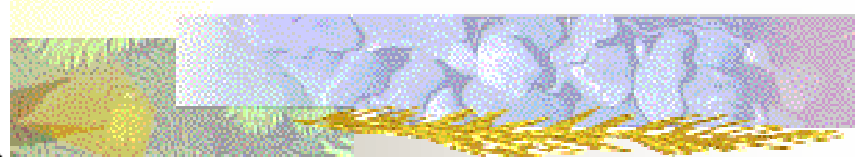
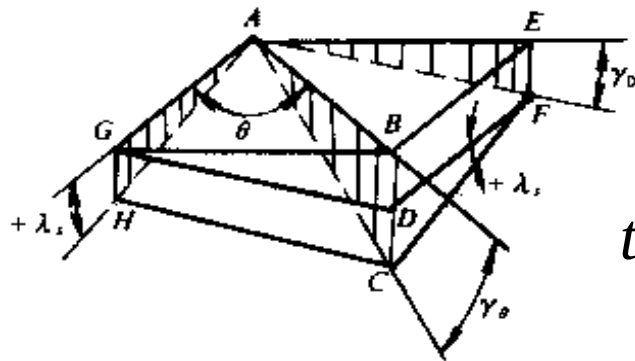
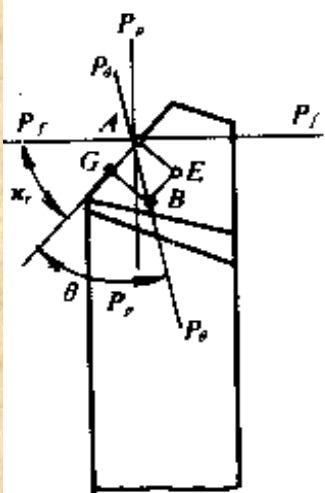
2) 任意剖面 P_θ 内前角 γ_θ 、后角 α_θ 的计算



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma_\theta &= \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{BD} + \overline{DC}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{EF} + \overline{DC}}{\overline{AB}} \\ &= \frac{\overline{AE} \cdot \operatorname{tg} \gamma_0 + \overline{DF} \cdot \operatorname{tg} \lambda_s}{\overline{AB}} = \frac{\overline{AE}}{\overline{AB}} \cdot \operatorname{tg} \gamma_0 + \frac{\overline{DF}}{\overline{AB}} \cdot \operatorname{tg} \lambda_s \end{aligned}$$



$$\operatorname{tg} \gamma_\theta = \operatorname{tg} \gamma_0 \cdot \sin \theta + \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos \theta$$



$$\operatorname{tg} \gamma_{\theta} = \operatorname{tg} \gamma_0 \cdot \sin \theta + \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos \theta$$

当 $\theta=90^{\circ}-K_r$ 时, 切深前角 $\operatorname{tg} \gamma_p = \operatorname{tg} \gamma_0 \cdot \cos K_r + \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \sin K_r$

当 $\theta=180^{\circ}-K_r$ 时, 进给前角 $\operatorname{tg} \gamma_f = \operatorname{tg} \gamma_0 \cdot \sin K_r - \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos K_r$

求极值得最大前角:

$$\operatorname{tg} \gamma_{\max} = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma_0 + \operatorname{tg}^2 \lambda_s} = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma_f + \operatorname{tg}^2 \lambda_p}$$

最大前角所在剖面同主切削刃在基面上投影之间的夹角:

$$\operatorname{tg} \theta_{\max} = \frac{\operatorname{tg} \gamma_0}{\operatorname{tg} \lambda_s}$$

同理求出任意剖面 P_θ 内的后角 α_θ

$$\text{ctg} \alpha_\theta = \text{ctg} \alpha_0 \cdot \sin \theta + \text{tg} \lambda_s \cdot \cos \theta$$

当 $\theta=90^\circ-K_r$ 时, $\text{ctg} \alpha_p = \text{ctg} \alpha_0 \cdot \cos K_r + \text{tg} \lambda_s \cdot \sin K_r$

当 $\theta=180^\circ-K_r$ 时, $\text{ctg} \alpha_f = \text{ctg} \alpha_0 \cdot \sin K_r - \text{tg} \lambda_s \cdot \cos K_r$

求极值得最小后角: $\text{tg} \alpha_{\min} = \frac{1}{\sqrt{\text{ctg}^2 \alpha_0 + \text{tg}^2 \lambda_s}} = \frac{1}{\sqrt{\text{ctg}^2 \alpha_f + \text{tg}^2 \lambda_p}}$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/648052026136006057>