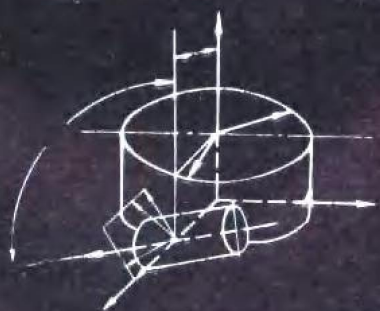


# 刀具

## 设计原理与计算

李儒荀 编著



江苏科学技术出版社

# 刀具设计原理与计算

李儒荀 编 著

江苏科学技术出版社

---

## 刀具设计原理与计算

李儒荀 编著

---

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：淮阴新华印刷厂

---

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 44.25 插页 2 字数 1,081,000

1985 年 5 月第 1 版 1985 年 5 月第 1 次印刷

印数 1-5,700 册

---

书号：15169·154 定价：8.30 元

责任编辑 孙广能

特约编辑 戴伯泉 匡盛

# 前 言

在机械加工切削过程中,刀具起着决定性的作用。刀具设计的水平,直接反映出机械加工的水平。随着生产的发展,无论在加工的复杂性、精密度方面,还是在生产率和工件质量等方面,人们对刀具提出了越来越高的要求。因此,广大的刀具设计人员,尤其在厂、矿工作的刀具设计人员,现在迫切要求学习刀具设计的基本理论,迫切要求掌握一些先进的、新型的以及常用非标准刀具的设计计算方法。为满足这些同志的要求,笔者在有关部门的大力支持协助下,编写了这本书,供他们参考。

全书分为两部分。第一篇叙述刀具设计的基本理论,主要采用矢量分析的方法,阐明刀具与工件之间的造型原理,反映刀具切削性能的主要参数,刀具结构设计、材料选择的一般原则等,使读者对刀具设计工作有较全面的了解,并为研究和设计更新、更精密、更复杂的刀具打下一定的理论基础。第二篇主要讲述一些新型的和常用非标准刀具设计计算的特殊规律,以及它们的设计计算程序,并举有实例加以说明。无论在内容取材上,还是在深度和实践性方面,都比目前一般教科书有所提高和加强。全书有一定系统,但前后两篇又各自独立成章。对于第一篇比较生疏或数学基础比较差的读者,如果阅读这部分内容有困难,可暂时放过,直接学习第二篇。读者根据书中所编程序,一般也能设计出所要求的刀具来。

根据国内外刀具专业的发展趋势,书中的名词、术语、定义及符号基本上采用了国际标准组织(ISO)的规定。“ISO”中没有规定的,则根据我国沿用习惯及国内外有关著作自行酌情选用的,因此没有任何约束力。

本书的编写,得到了无锡轻工业学院金工教研组、轻机教研组,无锡探矿机械厂职工大学及技术组,无锡量具刀具厂技术组,无锡机床厂情报室、工具科及职工大学,以及周丽弘、李巍等同志们热情支持和大力帮助。无锡轻工业学院蔡在亘老师认真审阅了全稿。书中插图由无锡探矿机械厂技术员徐凤英、徐金妹等同志协助描绘。在此,笔者表示衷心的感谢。

本书主要提供给厂、矿刀具设计人员阅读,也可作为高等工业院校、中等工业院校、职工大学、电视大学及业余大学的教学参考书。

欢迎读者批评指正。

李 儒 荀

1981年10月15日 无锡

## 常 用 符 号

$\vec{A}$  空间固定坐标系, 它的三根坐标轴为  $a_1, a_2, a_3$ , 或表示点在坐标系  $\vec{A}$  中的矢径, 它的三个投影为  $(a_1, a_2, a_3)$ 。

$A$  通过基点的横截面内, 铣刀轴心到前刀面的距离; 拉刀粗切余量。

$A_i$  通过刃形  $i$  点处的横截面内, 铣刀轴心到前刀面的距离。

$A$  拉刀拉削余量 (双面); 摆线轮传动偏心距。

$A_1$  拉刀拉削余量 (单面)。

$A_z$  拉刀精切余量。

$A_{\min}$  拉刀最小横截面积。

$A_K$  花键拉刀倒角齿直径变化量。

$A_y$  花键拉刀圆孔齿直径变化量。

$A_w$  花键拉刀花键齿直径变化量。

$A_3$  花键拉刀圆孔粗切齿直径变化量。

$A_5$  花键拉刀花键粗切齿直径变化量。

$A_0$  切削面积。

$A_a$  后刀面。

$A_r$  前刀面。

$a$  中心距; 可转位车刀断屑槽宽。

$a_0$  切削厚度。

$a_w$  切削宽度; 拉刀刃段长度。

$a_P$  切削深度; 工件轴向截面截形深度。

$a_{Pi}$  刀刃第  $i$  点处切削深度; 工件计算点 ( $i$ ) 处轴向截形深度。

$a_0$  切屑厚度。

$af$  每齿进给量; 拉刀齿升量。

$af_z$  拉刀精切齿齿升量。

$a_{OM}$  拉刀极限拉削厚度。

$af_M$  拉刀极限齿升量。

$a_{Pmax}$  工件最大截形深度。

$af_{max}$  拉刀最大齿升量。

$a_1^i, a_2^i, a_3^i$  第  $i$  点在  $\vec{A}$  坐标系中的坐标 (投影)。

$B$  刀体 (刀杆) 宽或厚; 花键孔键槽宽度。

$B_0$  成形车刀厚度。

$b$  转位车刀断屑槽深; 键槽宽度; 花键拉刀花键齿键宽 (主刃宽)。

$b_r$  前刀面上棱带宽。

$b_a$  后刀面上棱带宽。

$b_e$  过渡刃宽。

$b'_e$  修光刃宽。

$b_{20}$  刀具触角宽度。

$b_0$  插齿刀的原始距离, 即原始截面至前刀面的距离。

$t_k$  退刀槽宽; 分屑槽宽。

$c$  花键轴的倒角尺寸 (倒棱长); 齿轮传动的径向间隙。

$C_0$  插齿刀齿底间隙。

$C_{12}$  齿轮 1 与齿轮 2 传动的径向间隙。

$C_k$  拉刀弧形分屑槽深。

$C_P$  拉削力计算公式中与工件材料性质有关的常数。

$D_1$  轴台直径。

$D_s$  砂轮直径。

$D_2$  拉刀颈部直径。

$D_4$  拉刀前导部分直径。

$D_7$  拉刀后导部分直径。

$D_P$  工件计算外径。

$D_0$  拉前孔刀具直径。

$D_n$  拉刀最后一个压光齿直径。

$D_{0max}$  拉刀压光齿最大直径。

$d$  刀具内孔直径; 转位车刀内切圆直径。

$d_0$  一般刀具外径; 齿轮刀具分圆直径; 拉刀齿的直径。

$d_s$  占心直径。

$d_w$  工件待加工面直径; 拉前孔 (预制孔) 直径公称数值。

$d_{wmin}$  拉前孔最小直径。

$d_m$  已加工表面直径; 拉后孔的直径。

$d_{\max}$  工件拉后孔最大直径。

$d_M$  刃磨控制圆直径。

$d_{\min}$  工件成形面最小直径。

$d_e$  工件外径。

$d_f$  工件内径；工件根圆直径。

$d_b$  工件基圆直径。

$d_{a0}$  齿轮刀具外径。

$d_{f0}$  齿轮刀具内径；刀具根圆直径。

$d_{b0}$  齿轮刀具基圆直径。

$d_P$  工件计算内径；量棒直径。

$d_{0g}$  拉刀校准齿直径。

$d_{01}$  拉刀第一齿直径。

$d'$  拉刀第一齿危险截面直径。

$d_{0n}$  拉刀最后一粗切齿直径。

$d_2$  拉刀最后一个倒角齿的直径。

$d_3$  花键拉刀中圆孔校准齿直径。

$d_4$  花键拉刀花键齿第一切削齿直径。

$d_g$  拉刀倒角齿内径。

$d_{kl}$  拉刀第一倒角齿直径。

$d_{yl}$  拉刀第一圆孔齿直径。

$E$  材料弹性模数。

$\vec{e}_{x1}, \vec{e}_{x2}, \vec{e}_{x3}$  分别为  $x_1, x_2, x_3$  轴上的单位方向矢量。

$\vec{e}_{y1}, \vec{e}_{y2}, \vec{e}_{y3}$  分别为  $y_1, y_2, y_3$  轴上的单位方向矢量。

$\vec{e}_{a1}, \vec{e}_{a2}, \vec{e}_{a3}$  分别为  $a_1, a_2, a_3$  轴上的单位方向矢量。

$e$  偏心距；工件齿槽宽度；深割槽宽度。

$e_0$  刀具齿槽宽度。

$e_x$  齿轮轴向分圆齿槽宽。

$e_t$  齿轮端面分圆齿槽宽。

$F_x$  轴向力（走刀抗力）。

$F_y$  径向力（吃刀抗力）。

$F_z$  主切削力。

$F_r$  切削合力。

$F_{xy}$  水平分力（ $F_x$  及  $F_y$  的合力）。

$F_{z\max}$  最大拉削力。

$F_z^1$  单位切削刃上的切削力。

$[F_1]$  拉刀第一齿强度允许拉力。

$[F_b]$  拉刀柄部最大允许拉力。

$f_z$  每转或每行程进给量（走刀量）；转位车刀刀

片刃带宽度。

$\vec{f}_z$  合成走刀量矢量。

$\vec{f}$  走刀量矢量  $\vec{f}_z$  在静态基面上的投影矢量。

$\vec{f}_0$  走刀量矢量  $\vec{f}_z$  在动态基面上的投影矢量。

$f_f$  刀尖挠度。

$[f]$  许用最大挠度。

$G$  水平面内安装角。

$g$  接触长度；重合长度；过渡曲线高度；拉刀齿背宽度；拉刀弧形分屑槽宽度。

$H$  垂直面内（正视方向）安装角；车刀高；容屑槽深度；摆线轮转臂。

$\vec{H}$  后刀面矢量。

$H_0$  成形车刀高。

$h$  车刀刀尖高度；成形铣刀端面刀齿铲背量；拉刀容屑槽深度；矩形花键轴半齿宽。

$h_{a0}$  刀具齿顶高。

$h_a$  工件（齿轮）齿顶高。

$h_{at}$  齿顶高系数。

$h^*$  齿高系数。

$h_i^*$  端面齿高系数。

$h_n^*$  法向齿高系数。

$h_{aon}$  刀具法向齿顶高。

$h_{yon}$  刀具法向任一点齿高。

$h_0$  圆体成形车刀中心到前刀面的距离；成形车刀最大刃形深度估计值。

$h_f$  工件（齿轮）齿根高。

$h_{f0}$  齿轮刀具齿根高。

$h_g$  工件（齿轮）全齿高。

$h_{g0}$  齿轮刀具全齿高。

$h'$  工件工作齿高。

$h_{20}$  刀具齿角（触角）高度。

$h_{d0}$  滚刀齿顶倒角开始点高度。

$h_{y0}$  滚刀测量齿高（任一点齿高）。

$h_{t0}$  刀具齿间凹槽深度。

$h_z$  退刀槽深；拉刀分屑槽深度。

$h_{y0}$  刀具任一点弦齿高。

$h_{\max}$  拉刀刚度允许的最大槽深。

$h_{\min}$  拉力最小容屑槽深度。

$i$  传动比。

$\text{inv} \alpha$   $\alpha$  角的渐开线函数。

$J$  断面惯性矩。  
 $K$  斜率; 圆柱刀齿第一铲背量; 拉刀容屑系数。  
 $\vec{K}$  母线的切线矢量。  
 $K_1$  圆柱齿的第二铲背量。  
 $K_\theta$  斜向铲背量。  
 $K_a$  齿顶铲背量。  
 $K_0$  铲背当量。  
 $[K]$  最小(许用)容屑系数。  
 $k$  曲率; 斜率; 常系数; 修正系数。  
 $k_1$  原始刀具面截形接触点处曲率。  
 $k_2$  工件截形接触点处曲率。  
 $k_0$  刀具截形或齿形的曲率。  
 $k_D$  相对曲率(诱导曲率)。  
 $L$  拉削长度。  
 $L_0$  刀具总长(或总宽)。  
 $L_{ci}$  成形铣刀前刀面刃形计算点( $i$ )处宽度。  
 $L_{Pi}$  成形铣刀轴向刃形计算点( $i$ )处刃形宽(铲刀刃形宽度)。  
 $L_e$  拉刀工作部分长。  
 $l$  转位车刀刀片的边长; 刀杆外悬伸长度; 拉刀粗切部份长。  
 $l_1$  成形车刀所加工的工件锥面段宽; 轴台长度; 刀体内孔放螺帽部分长。  
 $l_3$  刀体内孔磨削部分长; 拉刀过渡锥长度。  
 $l_4$  拉刀前导部分的长度。  
 $l_7$  拉刀后导部分的长度。  
 $l_8$  拉刀尾部或压光环长。  
 $l_{oi}$  刀具刃形计算点( $i$ )处宽度。  
 $l_i$  工件截形计算点( $i$ )处宽度。  
 $l_a$  拉刀柄部长度。  
 $l_b$  拉刀柄部端面到第一刀齿的长度。  
 $l_f$  拉床法兰盘厚度; 切屑与前刀面接触长度。  
 $l_n$  断(卷)屑台离切削刃的距离。  
 $l_o$  拉床卡头与床壁间间隙。  
 $l_2$  拉刀精切部分长。  
 $l_9$  拉刀校准部分长。  
 $l_k$  拉刀倒角齿部分长。  
 $l_y$  拉刀圆孔齿部分长。  
 $l_w$  工件长度或孔的深度。  
 $M$  弯矩; 拉刀齿测量尺寸; 切削扭矩。  
 $m$  模数; 工件轴心到齿形任一点法线的距离; 拉刀粗切齿齿组数。  
 $m_t$  端面模数。

$m_n$  法向模数。  
 $m_x$  轴向模数。  
 $N$  滚刀每转的铲削次数。  
 $\vec{N}$  切削平面的法线矢量。  
 $\vec{N}_d$  动态切削平面的法线矢量。  
 $NB$  刀具径向磨损量。  
 $P$  工件螺旋面螺旋参数。  
 $P_0$  刀具螺旋面螺旋参数。  
 $P_k$  前刀面(容屑槽)螺旋参数。  
 $P_c$  铲背面螺旋参数。  
 $\vec{P}$  切削刃切线矢量。  
 $p$  单位切削面积上的切削力。  
 $\vec{p}$  切削刃切线矢量 $\vec{P}$ 在基面上的投影矢量。  
 $p_y$  工件任意圆周上齿距。  
 $p_b$  工件基圆齿距。  
 $p_t$  工件端面分圆齿距。  
 $p_z$  工件螺旋面导程。滚刀基本蜗杆导程。  
 $p_{zo}$  刀具螺旋面导程。  
 $p_0$  刀具分圆圆周齿距。刀具圆周齿距。  
 $p_{yn}$  工件任意直径( $d_y$ )圆柱上的法向齿距。  
 $p_{bn}$  工件法向基圆齿距。  
 $p_{a0}$  刀具分圆轴向齿距; 刀具轴向齿距。  
 $p_{n0}$  刀具分圆法向齿距; 刀具法向齿距。  
 $p_{zoR}$  刀具右侧面导程。  
 $p_{zoL}$  刀具左侧面导程。  
 $p_{m02}$  拉刀精切齿齿距。  
 $p_{m09}$  拉刀校准齿齿距。  
 $p_{2K}$  刃沟导程。  
 $\vec{Q}$  前刀面矢量。  
 $Q$  拉床名义拉力。  
 $[Q]$  拉床许用拉力。  
 $\vec{R}$  刚体(或点)在定标 $\vec{A}$ 中的矢径; 刃截面与基面的交线矢量。  
 $R$  拉刀容屑槽齿背圆弧半径。  
 $R'$  工件节圆半径。  
 $\vec{R}_1$  动标 $\vec{X}$ 的原点在定标 $\vec{A}$ 中的矢径。  
 $R_0$  拟合圆弧半径。  
 $\vec{R}_e$  刃截面与动态基面的交线矢量。  
 $R_n$  断(卷)屑槽底圆弧半径。  
 $R_{i0}$  成形铣刀刃形第 $i$ 点处半径。

$R_1$  (或  $R_2$ ) 工件齿顶圆弧半径。  
 $R_z$  针轮分布圆半径。  
 $R_r$  插齿刀齿顶圆弧中心所在圆半径。  
 $R_{n, \max}$  拉刀弧形槽最大半径。  
 $R_{s, \max}$  砂轮最大半径。  
 $r$  半径; 转位车刀刀尖圆弧半径; 刀具内孔半径; 拉刀槽底圆弧半径。  
 $\vec{r}_1$  刚体 (或点) 在  $\vec{y}$  坐标系中的矢径。  
 $\vec{r}_2$  刚体 (或点) 在  $\vec{x}$  坐标系中的矢径。  
 $r'$  工件齿形计算点计算节圆半径。  
 $r'_a$  刀具节圆半径。  
 $r_n$  (主截面内) 刃口圆弧半径, 即切削刃钝圆半径。  
 $r_c$  (基面内) 刀尖圆弧半径。  
 $r_y$  工件任一点半径。  
 $r_{y0}$  刀具任一点半径。  
 $r_f$  工件齿根圆角半径。  
 $r_g$  工件齿顶圆角半径。  
 $r_{f0}$  刀具齿根圆角半径。  
 $r_{e0}$  刀具齿顶圆角半径。  
 $r_b$  工件基径。  
 $r_{b0}$  刀具基径。  
 $r_a$  工件外径。  
 $r_{a0}$  刀具外径。  
 $r_{a0}'$  新插齿刀外径。  
 $r_f$  工件内径 (根径)。  
 $r_{f0}$  刀具内径 (根径)。  
 $r_{ce}'$  新插齿刀节圆半径。  
 $r_e'$  新插齿刀加工时工件的节圆半径。  
 $r_{min}$  工件最小节圆半径; 工件成形面最小直径。  
 $r_H$  工件导圆柱半径。  
 $r_{HO}$  刀具导圆柱半径。  
 $r_{ch}$  切屑卷曲半径。  
 $r_K$  工件 (渐开线) 齿形工作部分最低点半径。  
 $r_B$  针轮半径。  
 $r_{aB}$  摆线轮外径。  
 $r_{fB}$  摆线轮内径。  
 $r_{bb}$  针轮节圆半径。  
 $r_{bo}$  摆线轮节圆半径。  
 $S$  转位车刀刀片厚度; 工件 (齿轮) 分圆齿厚。  
 $S_0$  刀具分圆齿厚。  
 $S_a$  工件轴向分圆齿厚。

$S_a$  刀具轴向分圆齿厚。  
 $S_n$  工件法向分圆齿厚。  
 $S_{n0}$  刀具法向分圆齿厚。  
 $\vec{S}_a$  插齿刀齿顶弦齿厚。  
 $\Delta S_a$  轴向齿厚减薄量。  
 $\Delta S_n$  法向齿厚减薄量。  
 $S_{y0}$  滚刀测量齿高 (任意点齿高)。  
 $S_H$  拉刀分屑槽宽。  
 $\vec{T}$  螺旋线的切线矢量。  
 $T_t$  成形车刀法向刃形深; 成形铣刀轴向截面刃形深 (铲刀刃形深)。  
 $T_t'$  成形车刀刃形组成点到基线的距离。  
 $t_1$  成形车刀所加工的工作锥面段深。  
 $t_1'$  键槽深。  
 $\vec{v}_{12}$  造型运动速度。  
 $\vec{v}$  切削运动速度。主运动速度; 轴心到齿形切线的距离。  
 $\vec{v}_\omega$  由于角速度  $\omega$  产生的线速度。  
 $\vec{v}_0$  移动运动速度。  
 $\vec{v}_f$  进给运动速度。  
 $\vec{v}_A$  安装运动速度。  
 $\vec{v}_d$  对刀运动速度。  
 $\vec{v}_T$  退刀运动速度。  
 $\vec{v}_Q$  空行程运动速度。  
 $\vec{v}_F$  分度运动速度。  
 $\vec{v}_s$  合成切削运动速度; 实际切削运动速度。  
 $\vec{v}_t$  第  $t$  点的相对运动速度。  
 $\vec{v}_P$  铲刀移动速度。  
 $W$  抗弯断面系数。  
 $w_n$  断 (卷) 屑槽宽度。  
 $X$  移距。  
 $\vec{X}$  与工件相固连的坐标系, 它的三根轴为  $x_1, x_2, x_3$ , 或表示  $\vec{X}$  坐标系中点的矢径, 它在坐标轴上的投影为  $(x_1, x_2, x_3)$ 。  
 $x$  变位 (移距) 系数。  
 $x_0$  刀具变位系数。

$x_f$  端面变位系数。  
 $x_n$  法向变位系数。  
 $x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}$  第  $i$  点在坐标系  $\vec{X}$  中的坐标 (投影)。  
 $\vec{Y}$  与刀具相固连的坐标系, 它的三根轴为  $y_1, y_2, y_3$ ; 或表示点在坐标系  $\vec{Y}$  中的矢径, 它的三个投影为  $(y_1, y_2, y_3)$ 。  
 $\vec{Y}_0$  与刀具相固连的动态坐标系, 它的三根轴为  $y_{10}, y_{20}, y_{30}$ ; 或表示点在坐标系  $\vec{Y}_0$  中的矢径, 它的三个投影为  $(y_{10}, y_{20}, y_{30})$ 。  
 $y_{1n}, y_{2n}, y_{3n}$  法向齿形坐标。  
 $y_{1x}, y_{2x}, y_{3x}$  轴向齿形坐标。  
 $y_{1g}, y_{2g}, y_{3g}$  前刀面上刃形坐标。  
 $y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}$  第  $i$  点在坐标系  $\vec{Y}$  中的坐标 (投影)。  
 $\vec{Z}$  辅助坐标系, 它的三根坐标轴为  $z_1, z_2, z_3$ ; 或表示坐标系  $\vec{Z}$  中点的矢径, 它的三个投影为  $(z_1, z_2, z_3)$ ; 刃截面与切削平面的交线矢量。  
 $z$  工件齿数。  
 $z_0$  刀具齿数。  
 $z_D$  当量齿数。  
 $z_K$  容屑槽数。  
 $z_b$  摆线轮齿数。  
 $z_e$  针轮齿数; 拉刀精切齿齿数。  
 $z_l$  拉刀同时工作齿数。  
 $z_{lmax}$  拉刀同时工作的最多齿数。  
 $z_c$  拉刀齿组中齿数。  
 $z_g$  拉刀校准齿齿数。  
 $z_{cv}$  拉刀圆孔齿每齿组中齿数。  
 $z_{cvb}$  拉刀花键齿每齿组中齿数。  
 $z_2$  拉刀倒角齿齿数。  
 $z_3$  拉刀圆孔粗切齿齿数。  
 $z_5$  拉刀花键粗切齿齿数。  
 $z_{v2}$  拉刀圆孔精切齿齿数。  
 $z_{vg}$  拉刀圆孔校准齿齿数。  
 $z_{v2g}$  拉刀花键精切齿齿数。  
 $z_{vgg}$  拉刀花键校准齿齿数。  
 $\alpha$  齿形角; 压力角; 啮合角; 成形车刀的刃磨后角。  
 $\alpha_0$  主后角; 刀具刃形角 (刃形切线与  $y_1$  轴的夹

角)。  
 $\alpha'_0$  副后角。  
 $\alpha_{01}$  消振棱或刃带的后角。  
 $\alpha_0$  任一刃截面内后角。  
 $\alpha_n$  法后角; 工件法向齿形角。  
 $\alpha_{ne}$  工件法后角。  
 $\alpha_{n0}$  刀具法向齿形角。  
 $\alpha_s$  工件轴向齿形角。  
 $\alpha_{s0}$  刀具轴向齿形角。  
 $\alpha_f$  工件端面齿形角; 工件端面压力角。  
 $\alpha_{00}$  实际工作后角; 动态后角。  
 $\alpha_0$  侧后角。  
 $\alpha_{12}$  齿轮 1 与齿轮 2 的啮合角。  
 $\alpha_{10}$  工件 (齿轮 1) 与刀具的啮合角。  
 $\alpha_{0i}$  刀刃第  $i$  点处的主截面后角。  
 $\alpha_y$  工件任一点齿形角; 或任一点压力角。  
 $\alpha_{y0}$  刀具任一点齿形角 (刃形角)。  
 $\alpha_{s0y}$  刀具任一点的轴向齿形角。  
 $\alpha_{yf}$  工件任意直径 ( $dy$ ) 圆柱上端面压力角 (齿形角)。  
 $\alpha_{yn}$  工件任意直径 ( $dy$ ) 圆柱上法向压力角 (齿形角)。  
 $\alpha_{ocv}$  侧刃上任一点后角。  
 $\alpha_P$  可转位刀片的主截面后角, 即垂直于刀片底面内的截面内后角; 纵向 ( $P-P$  截面) 后角。  
 $\alpha_{P0}$  纵向工作后角。  
 $\alpha_g$  最大后角。  
 $\alpha_b$  最小后角。  
 $\alpha_f$  横向 ( $F-F$  截面) 后角; 端面前角。  
 $\alpha_{0c}$  转位车刀刀杆刀片槽最大前角所在截面内的安装后角。  
 $\alpha_{np}$  可转位刀片的法后角。  
 $\alpha_{0\mu}$  安装所形成的车刀主截面后角。  
 $\alpha_{n\mu}$  安装所形成的车刀法向后角。  
 $\alpha_{0'\mu}$  安装所形成的车刀副后角。  
 $\alpha_{0g}$  车刀主截面内刀片后角。  
 $\alpha_{0'g}$  车刀副截面内刀片后角。  
 $\alpha_{fy}$  任一点横向后角; 任一点端面后角。任一点的径向后角。  
 $\alpha_{f\mu}$  安装的径向后角。  
 $\alpha_{fp}$  刀片径向后角。  
 $\alpha_0$  成形车刀的名义后角。  
 $\alpha_0$  顶刃后角; 齿顶后角。

$\alpha_D$  刀垫后角。  
 $\alpha_{fo}$  外径处端面后角；外径处横向后角。  
 $\alpha_{oL}$  刀具左刃齿形角。  
 $\alpha_{oR}$  刀具右刃齿形角。  
 $\alpha_{oLV}$  刀具左刃任一点齿形角。  
 $\alpha_{oLR}$  刀具右刃任一点齿形角。  
 $\alpha_{fR}$  刀具右刃横向后角。  
 $\alpha_{fL}$  刀具左刃横向后角。  
 $\alpha_{feR}$  刀具右刃横向工作后角。  
 $\alpha_{feL}$  刀具左刃横向工作后角。  
 $\alpha_{os}$  拉刀精切齿后角。  
 $\alpha_{og}$  拉刀校准齿后角。  
 $\beta$  工件分圆螺旋角。  
 $\beta_g$  任一刃截面内楔角。  
 $\beta_0$  一般刀具外径螺旋角；齿轮刀具分圆螺旋角；车刀主截面楔角。  
 $\beta_y$  工件上与分圆同心的任意圆柱（半径 $d_y$ ）上螺旋线的螺旋角；基面内车刀刃形切线与工件轴心线垂线间的夹角。  
 $\beta_f$  横向楔角；工件根圆柱上螺旋线螺旋角。  
 $\beta_{fo}$  横向工作楔角。  
 $\beta_n$  法向楔角。  
 $\beta_{ns}$  工作法向楔角。  
 $\beta_{ov}$  工作楔角（主截面内）。  
 $\beta_g$  纵向楔角。  
 $\beta_{ge}$  纵向工作楔角。  
 $\beta_b$  工件基圆螺旋角。  
 $\beta_D$  刀具基圆螺旋角。  
 $\beta_k$  刀具容屑槽分圆螺旋角。  
 $\beta_{\frac{1}{2}}$  工件节圆齿厚对应的中心半角。  
 $\beta'$  刀具节圆齿厚对应的中心半角。  
 $\beta_{oi}$  刀具上 $i$ 点处螺旋角。  
 $\gamma$  工件螺纹升角；成形车刀刃磨前角；花键轴齿形角。  
 $\gamma_y$  刀具任一点前角。  
 $\gamma_{ov}$  侧刃上任一点前角。  
 $\gamma_s$  刀具顶刃前角。工件顶圆上螺纹升角。  
 $\gamma_0$  任一刃截面内的前角。  
 $\gamma_f$  横向前角；端面前角；径向前角；工件根圆上螺纹升角。  
 $\gamma_{fe}$  横向工作前角；端面工作前角。  
 $\gamma_g$  最大前角；几何前角。  
 $\gamma_n$  法向前角。

$\gamma_{ns}$  法向工作前角。  
 $\gamma_0$  主截面前角。  
 $\gamma_{oe}$  实际工作前角。  
 $\gamma_{o1}$  倒棱前角；刃带前角。  
 $\gamma_g$  纵向前角。转位刀片的主截面前角（垂直于刀片底面的截面内刀片前角）。  
 $\gamma_{Fe}$  纵向工作前角。  
 $\gamma_{op}$  车刀主截面内可转位刀片的前角；铲刀前角。  
 $\gamma_{oc}$  车刀主截面内刀杆刀片槽前角。  
 $\gamma_{nb}$  转位刀片的法前角。  
 $\gamma_{gc}$  刀杆刀片槽几何前角（最大前角）。  
 $\gamma_{gc}$  刀杆刀片槽纵向前角。  
 $\gamma_{fc}$  刀杆刀片槽横向前角。  
 $\gamma_{fy}$  任一点横向前角；任一点端面前角。  
 $\gamma_s$  成形车刀名义前角。  
 $\gamma_{fi}$  刃形第 $i$ 点处端面（横向）前角。  
 $\gamma_{feL}$  左刃横向工作前角。  
 $\gamma_{feR}$  右刃横向工作前角。  
 $\gamma_{oc}$  刀杆刀片横主截面前角。  
 $\delta$  工件截形或齿形上点的极角（矢径与 $x_1$ 轴的夹角）；成形车刀基线与定位基面的夹角。齿轮端面齿形分圆半径对应的极角。  
 $\delta_0$  刀具截形或齿形上点的极角（矢径与 $y_1$ 轴的夹角）。  
 $\delta_g$  任一刃截面内的切削角。  
 $\delta_y$  工件截形或齿形上任一点矢径与 $x_1$ 轴的夹角。  
 $\delta_b$  渐开线齿形基圆上的点对应的极角。  
 $e$  拟合误差；代替误差。  
 $\epsilon_r$  刀尖角。  
 $\epsilon_{rp}$  刀片刀尖角。  
 $\epsilon_i$  第 $i$ 点处误差值。  
 $\eta$  合成切削速度角（主运动方向与合成速度方向之间的夹角）。  
 $\theta$  刀片嵌入角；齿槽角；拉刀齿背斜角。  
 $\theta_y$  渐开线齿形上任一点渐开角。  
 $K_r$  主偏角。  
 $K'_r$  副偏角。  
 $K_{re}$  工作主偏角；动态主偏角。  
 $K'_{re}$  工作副偏角；动态副偏角。  
 $K_{re}$  过渡刃偏角。  
 $K_{ro}$  刀杆主偏角。  
 $\lambda_0$  齿轮刀具分圆或中径处螺纹升角；一般刀具外

径处螺纹升角。

$\lambda_y$  刀具任意圆柱上螺纹升角。

$\lambda_{yk}$  前刀面任意圆柱上螺纹升角。

$\lambda_s$  刃倾角（斜角）。

$\lambda'_s$  副刃倾角。

$\lambda_{so}$  工作刃倾角；动态刃倾角。

$\lambda_{sp}$  可转位刀片的刃倾角；铲刀刃倾角。

$\lambda'_{sp}$  车刀切削平面内的刀片刃倾角。

$\lambda_a$  螺旋齿刀具外径处螺纹升角。

$\lambda_f$  螺旋齿刀具根圆（内径）处螺纹升角。

$\lambda_b$  螺旋齿刀具基圆处螺纹升角；垂直斜装成形车刀的刃倾角。

$\lambda_i$  滚刀齿形法线与工件轴线的夹角。

$\lambda_{sc}$  刀杆刀片槽的刃倾角。

$\mu$  摩擦系数。

$\xi_y$  工件齿形（截形）任一点的矢径与切线正面的夹角。

$\rho$  工件截形或齿形半径；工件截形或齿形曲率半径；圆体成形车刀刃磨控制圆半径。

$\rho_0$  刀具截形或齿形半径或曲率半径。

$\rho_1$  原始刀具面截形接触点处曲率半径。

$\rho_2$  工件截形接触点处曲率半径。

$\rho_D$  相对曲率半径；诱导曲率半径。

$\rho_k$  工件齿形最低点（开始点）曲率半径。

$\Sigma$  两矢量的夹角；轴交角；成形车刀刃径向刃磨角。

$\Sigma_0$  成形车刀侧向刃磨角。

$\sigma$  断屑台楔角。

$\sigma_{bb}$  抗弯强度。

$\sigma_b$  抗拉强度。

$[\sigma_b]$  许用拉应力。

$\sigma_{bc}$  抗压强度。

$\vec{\tau}$  表示切线方向。

$\vec{\tau}_1$  刀具接触点处的单位切线矢量。

$\vec{\tau}_2$  工件接触点处的单位切线矢量。

$\tau$  工件齿形角（切线与  $x_2$  轴的夹角）；断屑槽与主刃的倾斜角。

$\tau_0$  刀具刃形角（切线与  $y_2$  轴的夹角）。

$\tau_i$  成形车刀前刀面刃形深。

$\tau_s$  屈服强度。

$\Phi$  表示坐标变换矩阵。

$\varphi$  （工件）转角；齿间角。

$\varphi_0$  （刀具）转角；圆锥齿轮节锥角。

$\varphi_i$  基面内刀刃上第  $i$  点处的切线与刀具端面的夹角。

$\varphi_y$  渐开线任一点的展开角。

$\Psi$  在定坐标系  $\vec{A}$  中，齿形切线与  $a_x$  轴的夹角，表示坐标变换矩阵。

$\Psi_\lambda$  切屑流出方向角（流屑角）。

$\Psi_\gamma$  余偏角。

$\Psi^{-1}$   $\Psi$  的逆矩阵。

$\omega$  角速度的模（大小）；端铣刀刃槽斜角。

$\omega_1$  动标  $\vec{y}$  的回转角速度。

$\omega_2$  动标  $\vec{x}$  的回转角速度。

$\vec{\omega}$  相对角速度。

$\omega_k$  拉刀狭分屑槽槽形角。

# 目 录

## 第一篇 刀具设计原理

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第一章 造型原理            | 1  |
| § 1-1 切削运动学的基本概念    | 1  |
| § 1-2 运动方程式         | 3  |
| § 1-3 工件表面的形态       | 6  |
| 一、工件表面的方程           | 6  |
| 二、工件表面的法线矢量         | 10 |
| § 1-4 相对运动速度        | 14 |
| 一、运动学的基本原理          | 14 |
| 二、刚体(点)的运动速度        | 16 |
| 三、两动标的相对运动速度        | 17 |
| 四、法线的运动             | 20 |
| § 1-5 造型条件          | 21 |
| 一、第一造型条件——相切接触条件    | 21 |
| 二、第二造型条件——互不干涉条件    | 24 |
| § 1-6 造型时的两类界限点     | 26 |
| 一、过切界限点             | 26 |
| 二、造型界限点             | 29 |
| § 1-7 切削刃的形成        | 32 |
| 一、原始刀具面任意截面的截形      | 33 |
| 二、原始刀具面与螺旋面的交线      | 36 |
| 三、原始刀具面与圆锥面的交线      | 38 |
| 四、用截面法求刀具刃形         | 43 |
| § 1-8 刃形曲线的拟合       | 43 |
| 一、线性拟合              | 44 |
| 二、圆弧拟合              | 47 |
| 三、均匀近似原理            | 61 |
| § 1-9 切削图形与刃形设计     | 68 |
| 一、切削图形(切削方式)的选择     | 68 |
| 二、刃形设计              | 73 |
| § 1-10 应用实例:齿条刀的造型  | 73 |
| 一、已知工件齿形求齿条刀的齿形     | 74 |
| 二、已知齿条刀齿形求它所加工的工件齿形 | 77 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 三、齿条刀加工的过渡曲线          | 78  |
| 四、齿条刀加工的两类界限点         | 82  |
| 第二章 刀具切削参数的选择与计算      | 92  |
| § 2-1 定义切削角度的基本参数     | 92  |
| 一、反映结构特征的主要参数         | 92  |
| 二、反映运动特征的主要参数         | 93  |
| 三、三个坐标面               | 93  |
| 四、一些辅助参数              | 93  |
| § 2-2 刀具切削角度的定义       | 95  |
| 一、刀刃每一点的切削性能          | 95  |
| 二、切削角度的矢量定义           | 96  |
| § 2-3 刀具角度的换算         | 98  |
| 一、角度换算的基本公式           | 98  |
| 二、应用实例                | 102 |
| § 2-4 切削加工时的切削角度      | 112 |
| 一、动态切削角度的定义及计算        | 112 |
| 二、应用实例                | 115 |
| § 2-5 刀具切削参数选择的一般原则   | 118 |
| § 2-6 刀具切削角度的选择       | 119 |
| 一、前角 $\gamma_0$       | 119 |
| 二、后角 $\alpha_0$       | 121 |
| 三、主偏角 $K\gamma$       | 123 |
| 四、副偏角 $K'\gamma$      | 126 |
| 五、斜角(刃倾角) $\lambda_s$ | 126 |
| § 2-7 主截面内刃口形状的选择     | 129 |
| 一、锐刃                  | 129 |
| 二、倒棱刃                 | 129 |
| 三、消振棱刃                | 130 |
| 四、白刃                  | 130 |
| 五、圆刃                  | 130 |
| § 2-8 前刀面形状及断屑槽形      | 131 |
| 一、断屑型                 | 131 |
| 二、卷屑型                 | 133 |

|                        |     |                               |     |
|------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 三、流屑型 .....            | 133 | 四、模块式 .....                   | 185 |
| 四、精整型 .....            | 133 | 五、上压式 .....                   | 187 |
| § 2-9 基面内刀尖的形状 .....   | 133 | 六、结构设计特点 .....                | 187 |
| 一、尖头 .....             | 133 | § 4-5 转位车刀的品种及代号 .....        | 189 |
| 二、圆头(圆弧过渡刃) .....      | 134 | § 4-6 设计程序与实例 .....           | 193 |
| 三、直线过渡刃 .....          | 134 | 第五章 成形车刀的设计与计算 .....          | 197 |
| 四、具有修光刃 .....          | 134 | § 5-1 成形车刀的分类及特点 .....        | 197 |
| § 2-10 切削参数的组合应用 ..... | 134 | 一、分类 .....                    | 197 |
| 一、如何提高生产率 .....        | 134 | 二、特点 .....                    | 198 |
| 二、如何提高刀具耐用度和使用寿命 ..... | 138 | § 5-2 成形车刀的切削角度 .....         | 198 |
| 三、关于减小振动的问题 .....      | 139 | § 5-3 刃形的计算 .....             | 202 |
| 四、提高工件表面光洁度的问题 .....   | 140 | 一、造型原理 .....                  | 202 |
| 五、如何消除积屑瘤的影响 .....     | 143 | 二、刃形的计算 .....                 | 202 |
| 六、切屑的控制问题 .....        | 144 | § 5-4 成形车刀的结构设计 .....         | 210 |
| 七、如何加工特种材料 .....       | 149 | § 5-5 成形车刀的公差, 技术条件及样板 .....  | 213 |
| 第三章 刀具设计的其它问题 .....    | 153 | 一、技术条件及公差 .....               | 213 |
| § 3-1 刀具材料的选择 .....    | 153 | 二、成形车刀的样板 .....               | 215 |
| 一、对刀具切削部分材料的基本要求 ..... | 153 | § 5-6 各类径向进给成形车刀的设计计算特点 ..... | 216 |
| 二、刀具材料的种类及特征 .....     | 154 | 与实例 .....                     | 216 |
| 三、刀具材料的选用原则 .....      | 157 | 一、普通成形车刀 .....                | 216 |
| § 3-2 结构设计原则 .....     | 158 | 二、带刃倾角的成形车刀 .....             | 219 |
| 第二篇 刀具的设计与计算 .....     |     | 三、水平斜装的成形车刀 .....             | 221 |
| 第四章 可转位车刀的设计与计算 .....  | 164 | 四、垂直斜装的成形车刀 .....             | 229 |
| § 4-1 刀片可转位车刀的特点 ..... | 164 | 五、螺旋后刀面成形车刀 .....             | 233 |
| 一、什么是刀片可转位车刀 .....     | 164 | § 5-7 切向进给成形车刀 .....          | 237 |
| 二、可转位车刀的优越性 .....      | 164 | 一、切线成形车刀的工作原理 .....           | 237 |
| § 4-2 刀片的选择 .....      | 165 | 二、切线成形车刀的特点 .....             | 237 |
| 一、刀片外形的选择 .....        | 165 | 三、切线成形车刀的设计实例 .....           | 241 |
| 二、刀片厚度 $S$ 的确定 .....   | 168 | 第六章 可转位端铣刀的设计与计算 .....        | 245 |
| 三、刀尖圆弧半径 $r$ 的确定 ..... | 168 | § 6-1 可转位端铣刀的特点 .....         | 245 |
| 四、断屑槽的型式及选用 .....      | 169 | § 6-2 端铣刀的切削角度 .....          | 245 |
| 五、刀片代号 .....           | 170 | § 6-3 可转位端铣刀的刀片 .....         | 249 |
| § 4-3 切削角度的计算 .....    | 173 | § 6-4 端铣刀的结构设计 .....          | 251 |
| 一、切削角度的形成原理 .....      | 174 | 一、主要结构形式 .....                | 251 |
| 二、切削角度的相互关系 .....      | 174 | 二、尺寸系列 .....                  | 253 |
| § 4-4 结构设计 .....       | 179 | 三、主要结构元件尺寸的计算 .....           | 254 |
| 一、螺钉偏心销式 .....         | 179 | § 6-5 可转位端铣刀设计计算程序 .....      | 256 |
| 二、扛销式 .....            | 180 |                               |     |
| 三、曲柄杠杆式 .....          | 181 |                               |     |

## 第七章 成形铣刀的设计与计算..... 265

### § 7-1 造型原理..... 265

### § 7-2 铲齿成形铣刀的侧后角..... 269

### § 7-3 铲齿成形铣刀刃形的计算..... 273

#### 一、前刀面刃形..... 274

#### 二、轴向截面刃形..... 275

### § 7-4 设计计算程序与实例..... 277

### § 7-5 成形铣刀铲磨用砂轮截形的计算..... 293

#### 一、已知参数..... 293

#### 二、砂轮截形的计算原理..... 294

#### 三、砂轮截形的计算程序..... 295

### § 7-6 渐开线齿轮铣刀的设计与计算..... 297

#### 一、齿轮铣刀渐开线齿形的计算..... 298

#### 二、铣刀齿顶设计..... 299

#### 三、齿轮铣刀的设计计算程序..... 306

#### 四、设计计算例..... 306

## 第八章 加工螺旋面的刀具刃形的计算..... 318

### § 8-1 盘状刀具的造型原理..... 318

#### 一、计算盘状刀具刃形的通用程序..... 318

#### 二、根据工件端面截形参数求刀具刃形..... 322

### § 8-2 指状刀具及刨刀的造型特点..... 327

#### 一、指状刀具..... 327

#### 二、螺旋面刨刀..... 328

### § 8-3 刀具刃形的计算..... 330

### § 8-4 造型方程的分析..... 331

#### 一、当 $|n_2| > |n_1|$ 时..... 332

#### 二、当 $|n_2| < |n_1|$ 时..... 333

#### 三、当 $|n_2| = |n_1|$ 时..... 334

### § 8-5 安装参数的选择..... 335

#### 一、中心距和轴交角选择的一般原则..... 335

#### 二、工件为凹型螺旋面时, 安装参数的选择特点..... 336

#### 三、根据刀具耐用度要求选择安装参数..... 340

#### 四、几种特殊情况..... 342

### § 8-6 干涉现象及检验..... 344

### § 8-7 刀具刃形设计..... 348

### § 8-8 已知刀具刃形求所加工的工件形状..... 349

#### 一、盘状刀具加工的工件..... 349

#### 二、指状刀具加工的工件..... 351

### § 8-9 计算程序与实例..... 353

#### 一、加工阿基米德蜗杆的盘状刀具刃形的计算..... 353

#### 二、加工渐开线斜齿轮及蜗杆的刀具刃形计算..... 364

#### 三、加工摆线螺旋泵的刨刀刃形的计算..... 376

## 第九章 拉力设计与计算..... 379

### § 9-1 概述..... 379

#### 一、拉削特点..... 379

#### 二、拉刀的结构及各部分的作用..... 380

#### 三、拉刀切削部分的主要参数..... 381

### § 9-2 粗切齿的设计原则..... 382

#### 一、拉削余量的确定..... 382

#### 二、齿升量 $a_f$ ..... 383

#### 三、齿距 $p_{ao}$ ..... 384

#### 四、容屑槽设计..... 384

#### 五、切削角度..... 387

#### 六、分屑槽..... 387

#### 七、拉床动力及拉刀强度校验..... 390

### § 9-3 精切齿的设计原则..... 392

#### 一、精切余量 $A_g$ ..... 392

#### 二、齿升量 $cf_g$ ..... 392

#### 三、齿数 $Z_g$ ..... 392

#### 四、齿距及容屑槽参数..... 393

#### 五、分屑槽..... 393

#### 六、精切齿的切削角度..... 393

### § 9-4 校准齿的设计原则..... 394

#### 一、校准齿齿数 $Z_g$ ..... 394

#### 二、齿距 $p_{ag}$ ..... 394

#### 三、切削参数..... 394

#### 四、拉刀齿横截面尺寸的排列原则..... 395

### § 9-5 其它部分设计..... 396

#### 一、柄部的型式及尺寸..... 396

#### 二、前导部分..... 396

#### 三、颈部及引导锥部..... 397

#### 四、后导部分..... 397

|                         |     |                                   |     |
|-------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 五、拉刀两端的中心孔              | 397 | § 10-3 直槽正前角渐开线齿轮滚刀的设计            | 550 |
| 六、拉刀的总长                 | 398 | 一、渐开线齿轮滚刀的基本蜗杆                    | 550 |
| 七、压光齿的设计                | 398 | 二、直槽正前角阿基米德滚刀的齿形                  | 563 |
| § 9-6 拉刀设计计算程序与实例       | 399 | § 10-4 矩形齿花键轴滚刀齿形的计算              | 576 |
| § 9-7 花键拉刀的设计特点         | 434 | 一、齿形计算特点                          | 576 |
| 一、花键拉刀的形式               | 434 | 二、螺旋齿花键轴滚刀轴向齿形的计算                 | 577 |
| 二、花键齿的设计特点              | 435 | 三、直齿矩形花键轴滚刀齿形的计算                  | 580 |
| 三、倒角齿的设计特点              | 437 | § 10-5 摆线针轮滚刀齿形的计算                | 605 |
| 四、复合花键拉刀的圆孔齿设计特点        | 439 | 一、摆线轮的齿形                          | 605 |
| 五、前导部分和后导部分             | 440 | 二、滚刀齿形的计算                         | 607 |
| 六、花键拉刀的设计计算程序与实例        | 440 | § 10-6 钟表齿轮滚刀齿形的计算                | 619 |
| § 9-8 渐开线花键拉刀           | 456 | 一、钟表齿形及其参数                        | 619 |
| 一、设计渐开线拉刀的原始数据          | 456 | 二、钟表齿轮滚刀齿形的计算特点                   | 621 |
| 二、拉刀形式                  | 456 | 三、钟表齿轮滚刀的结构尺寸与技术要求                | 622 |
| 三、拉削力                   | 456 | 四、计算例                             | 622 |
| 四、齿升量                   | 457 | 第十一章 插齿刀的设计与计算                    | 641 |
| 五、齿形设计                  | 457 | § 11-1 插齿刀的成型原理                   | 641 |
| 六、前导部分设计                | 457 | 一、插齿时的成型方程式                       | 641 |
| 七、减少渐开线齿形摩擦的措施          | 462 | 二、插齿时的成型线及插齿刀齿形方程                 | 644 |
| 第十章 滚刀的设计与计算            | 475 | § 11-2 插齿时的过渡曲线与过切                | 647 |
| § 10-1 滚刀的成型原理          | 475 | 一、已知插齿刀的齿形求它所加工的工件齿形              | 647 |
| 一、按平面啮合原理计算滚刀齿形         | 475 | 二、插齿时的过渡曲线                        | 648 |
| 二、按奥利弗原理计算滚刀齿形          | 478 | § 11-3 插齿时安装参数的确定                 | 653 |
| 三、按螺旋齿轮啮合原理计算滚刀齿形       | 485 | § 11-4 插齿刀的切削角度及原始截面              | 656 |
| 四、按空间齿形法线法计算滚刀齿形        | 497 | 一、切削角度                            | 656 |
| 五、滚刀切削刃的方程              | 504 | 二、插齿刀的原始截面                        | 657 |
| 六、滚切的两类界限点              | 510 | § 11-5 插齿刀的设计计算程序与实例              | 661 |
| 七、计算参数的确定               | 514 | 一、矩形齿花键轴插齿刀的设计                    | 661 |
| 八、滚刀齿形的设计计算程序           | 522 | 二、矩形齿花键孔插齿刀的设计                    | 668 |
| § 10-2 滚刀结构参数设计原则       | 537 | 三、摆线针轮插齿刀齿形的计算                    | 674 |
| 一、外径 $d_{ao} = 2r_{ao}$ | 537 | 附录                                | 680 |
| 二、滚刀长度 $L_o$            | 537 | 附表 1 特殊函数值                        | 680 |
| 三、滚刀容屑槽及圆周齿数 $Z_K$      | 541 | 附表 2 度数与弧度的转换表                    | 682 |
| 四、滚刀切削角度                | 541 | 附表 3 度数与分、秒的换算表                   | 683 |
| 五、滚刀节圆直径 $d_o = 2r_o$   | 543 | 附表 4 $\theta \cdot \csc \theta$ 值 | 685 |
| 六、滚刀的主要技术条件             | 544 | 主要参考文献                            | 691 |

# 第一篇 刀具设计原理

金属切削刀具的设计要解决五个基本问题：

一、根据工件的形状及工件与刀具的相对运动，决定刀具切削刃的形状，或根据刀具切削刃的形状及刀具与工件的相对运动，求所加工出的工件形状，即造型问题。

二、切削参数（切削角度、刃口形状及刀面的形态特征等）的选择与计算，使之有较好的切削性能。

三、设计合理的结构，使之小巧玲珑，经济实用，并有利于采用标准化、系列化和通用化。

四、选择合适的材料，使之有尽可能高的生产效率和耐用度。

五、编制设计通用程序，以便使用电子计算机进行辅助设计和选择最佳设计方案。

本书将围绕这五个基本问题，进行详细讨论与分析。

## 第一章 造型原理

### § 1-1 切削运动学的基本概念

金属切削加工，从运动学的观点来看，就是刀具与工件（毛坯）的相对运动。在这个相对运动过程中，形成工件所要求的形状及其精度（尺寸精度及表面质量）。

切削加工过程中，一般有以下运动（以车削蜗杆为例，见图 1-1-1）：

#### 一、主运动 $\vec{v}$

它是切下切屑以形成工件新表面的基本运动。车削蜗杆螺旋面时，主运动是蜗杆（毛坯）的回转运动  $\vec{v}_w$  与车刀轴向移动  $\vec{v}_f$  的合成运动（ $\vec{v} = \vec{v}_w + \vec{v}_f$ ）。

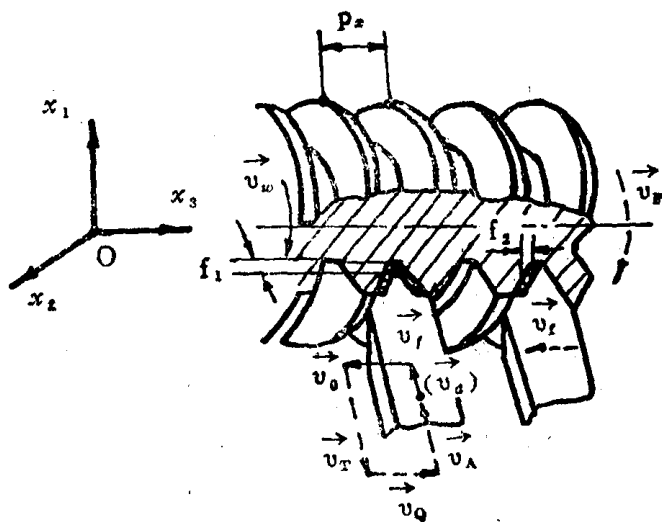


图 1-1-1

## 二、进给运动（走刀运动） $\vec{v}_f$

它是不断地将毛坯上新的金属层投入切削，逐渐地切出整个工件表面的运动。若有几个方向的进给运动，则 $\vec{v}_f$ 是各方向进给运动的合成运动。

$$\vec{v}_f = \vec{v}_{f1} + \vec{v}_{f2} + \vec{v}_{f3} \quad (1-1-1)$$

式中  $\vec{v}_{f1}$ ,  $\vec{v}_{f2}$ ,  $\vec{v}_{f3}$ ——分别为沿  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  各轴线方向的进给运动。

车削蜗杆，可以有两种进给方式：一种是垂直蜗杆轴线的横向进给，它是间断进行的；一种是沿蜗杆轴线的纵向进给（如图 1-1-1 中所示，对于后一种进给方式， $\vec{v}_f$  与  $\vec{v}_0$  是一致的）。

## 三、造型运动 $\vec{v}_{12}$

它是形成工件表面特征参数的运动。对车削蜗杆来说，就是形成蜗杆螺旋面（螺旋参数或螺距）的运动，显然， $\vec{v}_w$  与  $\vec{v}_0$  的合成运动也同时就是造型运动。

## 四、安装运动 $\vec{v}_4$

它是加工前把刀具切削刃引向工件，使工件与切削刃处于一定的相互接触位置，以便能开始正常切削的运动。

## 五、吃刀（对刀）运动 $\vec{v}_e$

把刀具切削刃切入工件体内的运动，以便能切除一定的金属层。对车削蜗杆来说 $\vec{v}_e$ 与横向进给运动 $\vec{v}_f$ 是一致的。

## 六、退刀运动 $\vec{v}_T$

一次切削行程之后，使刀具与工件脱离接触的运动。

## 七、空行程运动 $\vec{v}_0$

一次切削行程之后，使刀具回到下次行程的初始位置的运动。

## 八、分度运动 $\vec{v}_F$

它也是形成工件表面特征参数的运动，是造型运动的一种特殊形式。车削多头蜗杆时，为了形成多头蜗杆的螺旋面，就需要分度运动。

一般说，加工任何工件都具有这八种运动。只是在具体情况下，一个运动起几个运动的作用，或几个运动合成为一个运动，而有的运动则不需要。当然，为了加工出所需形状及精度的工件，要求的运动越少、越简单越好。

根据工件形状的特征，所采用的加工方法及机床——工件——刀具系统的联系形式，上