



柯大刚 李国衡 编著

分屑大进给 切削刀具

华中科技大学出版社

目 录

前言

主要符号表

第一章 刀具改革的主要途径

- 一、刀具与切削加工生产率的关系 (6)
- 二、刀具改革的主要途径 (6)

第二章 分屑大进给切削的理论基础

- 一、切削运动和基本定义 (9)
- 二、金属切削过程 (16)
- 三、切屑变形程度及其变化规律 (19)
- 四、金属切削过程中的切削力 (22)
- 五、金属切削过程中的切削热 (28)
- 六、刀具磨损的原因和影响刀具磨损的主要因素 (31)
- 七、已加工表面的光洁度及其影响因素 (37)
- 八、采用分屑大进给切削刀具的可能性与优越性 (42)

第三章 分屑大进给切削刀具

- 一、大进给切削车刀 (46)
- 二、大进给切削镗刀 (55)
- 三、分屑大进给切断刀 (58)
- 四、大进给切削刨刀 (61)

第四章 分屑大进给切削铣刀

- 一、铣削运动与切削层要素 (65)
- 二、铣刀的几何形状与角度 (69)
- 三、铣削力 (73)
- 四、铣削过程的特点 (75)
- 五、分屑大进给切削端铣刀 (78)
- 六、分屑大进给切削圆柱铣刀与立铣刀 (91)
- 七、分屑大进给切削三面刃铣刀与锯片铣刀 (103)
- 八、分屑大进给切削键槽铣刀 (115)
- 九、分屑大进给切削成形铣刀 (117)

第五章 分屑大进给切削钻头

- 一、麻花钻头切削部分的几何参数与钻削要素 (119)
- 二、标准麻花钻头的缺点与改进措施 (124)
- 三、分屑大进给切削的高速钢钻头 (128)
- 四、硬质合金分屑浅孔钻头 (135)
- 五、硬质合金分屑深孔钻头 (138)
- 六、内排屑锯齿分屑可转位喷吸深孔钻头 (146)
- 七、分屑切削深孔套料钻 (151)

第六章 分屑大进给切削铰刀

- 一、铰刀的结构与铰削特点 (155)

二、增大切削厚度以改善铰削过程的方法	(156)
三、阶梯分屑铰刀	(157)
四、斜刃切削铰刀	(158)
五、大螺旋角铰刀	(159)
六、分屑切削的锥度铰刀	(160)
第七章 分段分屑切削拉刀	
一、分段分屑切削拉刀的类型与结构	(163)
二、分段分屑切削拉刀的工作特性	(164)
三、分段分屑切削拉刀工作部分的设计	(179)
四、分段分屑切削拉刀非工作部分的设计	(193)
五、拉削力的计算与拉刀强度校验	(199)
六、拉刀总长度的确定	(202)
七、拉刀的技术条件	(202)
八、拉刀的重磨与使用	(204)
第八章 分段分屑切削拉刀设计实例	
一、分段分屑切削圆孔拉刀的设计	(208)
二、综合式分段分屑切削圆孔拉刀的设计	(215)
三、波形刃分段分屑圆孔拉刀的设计	(219)
四、分段分屑切削花键拉刀的设计	(220)
五、分段分屑切削键槽拉刀的设计	(236)
六、分段分屑切削外表面拉刀的设计	(244)

主要参考资料

前 言

长期的生产实践证明,采用分屑大进给切削刀具能提高产品质量和生产效率,促进生产的发展。本书旨在介绍各类分屑大进给切削刀具,以使其得以推广。这些刀具包括:在刀具上开分屑槽的分屑切削刀具;改变了几何形状的大进给切削刀具;具有合适刃倾角的斜角切削刀具等。为了说明分屑大进给切削的原理与各类刀具的结构,本书还对各类刀具的特点、术语、符号等作了简要的说明。

全书共分八章。第一章分析了刀具改革的主要途径,从改善劳动条件、提高劳动生产率、提高产品质量和经济效益等方面,阐明了大进给切削的优越性。第二章论述了分屑大进给切削的理论,分析了在大进给切削过程中,切屑变形、切削力、切削热、刀具磨损、已加工表面光洁度诸因素的变化规律,以使读者更进一步地认识分屑大进给切削的可行性和优越性,并能自觉地运用这些理论和规律来解决生产实际问题。第三章至第八章分别介绍了各种分屑大进给切削刀具的具体结构、设计与制造方法,并附有设计所需表格、数据,以及计算例题,以帮助读者学习、实践。这里介绍的各种刀具均已应用于生产,并已取得了较好的经济效益。

作者在编著本书的过程中,曾得到第一拖拉机制造厂、机械工业部工具研究所等单位提供的宝贵资料;在本书的校审过程中,又得到华中工学院郭玉骅教授的诚恳帮助与指导,特此致以谢意。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

作者 1984年12月

主要符号表

过去,国内外在金属切削方面沿用的术语、符号和单位制比较杂乱。1977年国际标准化组织(ISO)正式公布了刀具切削部分几何参数的标准,其中有些与我国过去的习惯用法有所不同。为了有利于国内外技术交流,本书尽量采用新的国际标准中的名词、术语和符号(如ISO3002/I等),以及国际单位制(SI)。现将本书所用的符号与我国过去曾用的符号,对照列于下面的表中,以便读者查阅。

现 用 符 号	曾 用 符 号	术 语	单 位
A_v		前刀面	
A_a		后刀面	
A'_a		副后刀面	
A_c	F	切削面积	mm^2 (毫米 ²)
A_{cav}		平均切削面积	mm^2 (毫米 ²)
A		拉削余量	mm^2 (毫米 ²)
A_e		容屑槽有效面积	mm^2 (毫米 ²)
a_c	a	切削厚度	mm (毫米)
a_{cav}	$a_{\text{平均}}$	平均切削厚度	mm (毫米)
a_e	$B \cdot t$	铣削接触弧深	mm (毫米)
f	$s \cdot s_{\text{转}} \cdot s_0$	每转进给量	mm/r (毫米/转)
a_f	s_z	每齿进给量, 拉刀齿升量(单刃刀具 $a_f = f$)	mm/str (毫米/双行程)
v_f	$s_m \cdot s_{\text{分}}$	进给速度	mm/min (毫米/分)
a_p	t	切削深度	mm (毫米)
a_w	b	切削宽度	mm (毫米)
a_η	$a_{\text{屑}}$	切屑厚度	mm (毫米)
b_{a1}	f_1	倒棱或后刀面上刃带宽度	mm (毫米)
b_{r1}	f	倒棱或第一前刀面的宽度	mm (毫米)
b_e	l_0	过渡刃长度、其他小的宽度	mm (毫米)
b'_e		修光刃长度	mm (毫米)
b_ψ	b	钻头横刃长度	mm (毫米)
b_η	$b_{\text{屑}}$	切屑宽度	mm (毫米)
C_{F_z}	C_{P_z}	切削分力 F_z 公式的系数	
C_{θ_2}	C_{θ_t}	切削温度系数	
C_{θ_1}	C_{θ_v}	切削温度系数	
ξ	K	切屑变形系数	
F_z	P_z	主切削力(切向力)	kg (公斤)
F_y	P_y	径向力(吃刀抗力)	kg (公斤)
F_x	P_x	轴向力(进给抗力)	kg (公斤)
F_r	P	切削合力	kg (公斤)
F_n	N	前刀面的法向力、正压力	kg (公斤)
HRC	HRC	洛氏硬度值	
HB	HB	布氏硬度值	
l	l	长度、切削层长度	mm (毫米)
l_η	$l_{\text{屑}}$	切屑长度	mm (毫米)
NB	$\Delta_{\text{径}}$	刀具径向尺寸磨损量	$\mu\text{m/m}$ (微米/米)
VB		后刀面的磨损量	$\mu\text{m/m}$ (微米/米)
NB_r		相对磨损量	$\mu\text{m/m}$ (微米/米)
NB_{rB}		初始磨损阶段的相对磨损量	$\mu\text{m/m}$ (微米/米)
P_m	$N_{\text{切}}$	切削功率	kW (千瓦)
p_m	N_d, N_u	单位切削功率	$\text{kW/mm}^3/\text{s}$ (千瓦/毫米 ³ /秒)

现 用 符 号	曾 用 符 号	术 语	单 位
f_z	p	单位切削力	kg/mm ² (公斤/毫米 ²)
Z_w	Q	每分钟金属切除量	mm ³ /min (毫米 ³ /分)
v	v	切削速度	m/min (米/分)
v_q	$v_{\text{屑}}$	切屑流动速度	m/min (米/分)
v_c	$v_{\text{合}}$	合成切削速度	m/min (米/分)
v_n		沿切削刃法向的分速度	m/min (米/分)
v_t		沿切削刃方向的分速度	m/min (米/分)
n	n	工件或刀具的转速	r/min (转/分)
Z_e	Z_I	刀具同时工作齿数	
Z	Z	刀具齿数	
Z_c		分段分屑拉刀每齿组的齿数	
t	t	(1) 齿距、螺距	mm (毫米)
		(2) 完成单件切削加工的时间	min (分)
t_m		切削时间 (机动时间)	min (分)
t_{ct}	$t_{\text{辅}}$	辅助时间	min (分)
T	T	刀具耐用度	min (分)
Q	Q	(1) 切削加工劳动生产率	
		(2) 切削热	J (焦)
R	R	工件、刀具、拉刀分屑弧半径	mm (毫米)
D	D	工件、刀具直径	mm (毫米)
d	d	工件、刀具直径	mm (毫米)
d_w		工件上待切削表面的直径	mm (毫米)
d_m		工件上已切削表面的直径	mm (毫米)
r	r	工件、刀具半径	mm (毫米)
r_e		刀尖圆弧半径	mm (毫米)
r_n	ρ	刃口圆弧半径	mm (毫米)
r_{η}		流屑方向刃口圆弧半径	mm (毫米)
h	h	高度、断屑台高度、拉刀容屑槽深度	mm (毫米)
g		拉刀容屑槽齿背宽度	mm (毫米)
M		(1) 扭矩、总切削扭矩	kg·m (公斤·米)
		(2) 分屑倒角尺寸	mm (毫米)
R_a		理论残留高度 (轮廓的平均算术偏差)	μm (微米)
R_z		实际不平度平均高度	μm (微米)
B		宽度	mm (毫米)
Δ	δ	变形量	mm (毫米)
a		拉刀分屑弧形槽宽度	mm (毫米)
n_k	n	拉刀分屑弧形槽数	
K		(1) 铲削量	mm (毫米)
		(2) 容屑系数	
μ		铲齿方向角或螺旋升角	(度)
δ		切屑流出角	(度)

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
L		长度、行程长度、总长度	mm (毫米)
l_w		工件长度、拉削长度	mm (毫米)
l_1		拉刀柄部长度	mm (毫米)
l_2		拉刀颈部长度	mm (毫米)
l_3		拉刀前导部长度	mm (毫米)
l'_1		拉刀前端到第一齿槽前刀面的长度	mm (毫米)
l'_3		拉刀过渡锥部的长度	mm (毫米)
l_4		拉刀后导部长度	mm (毫米)
l_q		拉刀切削部分长度	mm (毫米)
l_{q1}		拉刀粗切齿部分长度	mm (毫米)
l_{q2}		拉刀精切齿部分长度	mm (毫米)
l_g		拉刀校准部分长度	mm (毫米)
P_r		基面	
P_{re}		工作基面	
P_s		切削平面	
P_{se}		工作切削平面	
P_η		流屑平面	
P_0		主剖面	
P_{0e}		工作主剖面	
P_p		纵向剖面 (切深平面)	
P_f		横向剖面 (进给平面)	
P_n		切削刃法剖面	
S		主切削刃	
S'		副切削刃	
γ_0	γ	前角	(度)
γ_{0e}	$\gamma_{\text{工}}$	工作前角	(度)
γ_p	γ_y	纵向前角、轴向工作前角	(度)
γ_f	γ_x	横向前角、径向前角	(度)
γ_n	γ_N	法向前角	(度)
γ_{ne}	$\gamma_{N\text{工}}$	工作法前角	(度)
γ_η		流屑方向前角	(度)
γ'_0	γ_1	副刀刃前角	(度)
γ_{01}	γ_f	倒棱前角	(度)
γ_τ		钻头内刃前角	(度)
γ_ψ		钻头横刃前角	(度)
α_0	α	后角	(度)
α_{0e}	$\alpha_{\text{工}}$	工作后角	(度)
α_p	α_y	纵向后角	(度)
α_f	α_x	横向后角	(度)
α_n	α_N	法向后角	(度)
α'_0	α_1	副后角	(度)

现 用 符 号	曾 用 符 号	术 语	单 位
α_{0s}		过渡刃后角	(度)
α_R	α_R	钻头圆弧刃后角	(度)
α_η		流屑方向后角	(度)
α_τ		群钻内刃后角	(度)
α_ψ		钻头横刃后角	(度)
β_0	θ, β	前刀面的摩擦角、楔角	(度)
β	w	螺旋角	(度)
β_n	β_N	法楔角	(度)
β_η		流屑方向楔角	(度)
ε_r	ε	刀尖角	(度)
κ_r	φ	主偏角	(度)
κ'_r	φ_1	副偏角	(度)
κ_{r0}	$\varphi_{\text{工}}$	工作主偏角	(度)
κ'_{r0}	$\varphi_{1\text{工}}$	工作副偏角	(度)
κ_{r1}		修光刃偏角、深孔钻外刃偏角	(度)
κ_{rs}	φ_0	过渡刃偏角	(度)
λ_s	λ	刃倾角	(度)
λ_f	λ_x	横向刃倾角、铰刀轴向刃倾角	(度)
λ_{sT}	λ_T	端面刃倾角	(度)
τ	τ	钻头内刃斜角、卷屑槽斜角	(度)
ϕ		锥角、剪切夹角	(度)
2ϕ		钻头刃磨锋角、钻头外刃锋角	(度)
$2\phi'$		群钻内刃锋角	(度)
φ		导角、引进角	(度)
ψ		钻头横刃斜角、晶粒伸长方向与剪切面之间的夹角	(度)
ω		切削点水平位置角、刀头安装角	(度)

第一章 刀具改革的主要途径

一、刀具与切削加工生产率的关系

在现代机器制造工厂中，切削加工的劳动量占工艺总劳动量的三分之一以上，因此，如何提高切削加工的生产效率，是关系到能否提高劳动生产率的一个重要问题。要提高切削加工的生产率，就必须改进所用的生产工具，如机床、夹具、刀具、量具以及辅助工具等，其中改革刀具往往是提高加工生产率的最有潜力可挖的因素。这是因为，切削加工的完成，总是通过刀具的切削刃来实现的，刀具改进得越好，就越能充分发挥机床的能力；相反，如果刀具不好，就是再先进的机床，也发挥不出它的能力。另外，改进工具只需要在深入认识刀具切削规律的基础上，改进刀具的结构或切削刃的形状、几何角度等。这种方法比较简单易行，不需要象改装机床那样花费大量费用。因此，改革刀具对各机器制造工厂的“挖潜、改造”工作，具有相当重要的现实意义。也正是由于这个原因，不少机器制造工厂中的技术人员和工人，是重视刀具改革的，并已在生产实践中改进了许多刀具，创造了不少先进刀具，使生产效率大为提高。为适应“四化”需要，今后在刀具改革方面还需更加努力，以期取得更为显著的经济效益。下面先简单分析一下进一步挖掘刀具改革潜力的主要途径。

二、刀具改革的主要途径

刀具改革首先是围绕着如何不断提高切削加工的劳动生产率等问题进行的。这里所说的劳动生产率，指的是在满足加工工件的尺寸精度、位置精度和几何精度要求的情况下，切削加工指定材料的生产效率，简单地说，是指在单位时间内，切削指定材料所完成的工作。量现从提高劳动生产率、改善工作条件、提高加工质量等方面对刀具改革的途径分述如下：

（一）从提高劳动生产率方面分析刀具改革的途径

上述劳动生产率也可理解为切削加工的劳动生产率，即是完成单件加工的时间的倒数，用公式表示为：

$$Q = \frac{1}{t} ,$$

式中：Q——切削加工的劳动生产率；

t——完成单件切削加工的时间（简称单件工时）。

完成单件切削加工的时间，又是机动时间与辅助时间之和，即：

$$t = t_m + t_{cs}$$

式中：t_m——机动时间；

t_{cs}——辅助时间（包括准备、结束、手动、技术组织服务、工人自然需要等时间）。

以上两式表明：要提高切削加工的劳动生产率，就要缩短单件加工的时间t，即缩短机

动时间 t_m 和辅助时间 t_{cl} 。对于辅助时间中的技术组织服务时间,可以通过提高企业管理的工作效率来控制。现仅就与刀具改革有关的问题,分述如下:

1. 缩短机动时间

在各种机床上进行切削加工所需机动时间的计算公式分别为:

车削与铣削加工时: $t_m = \frac{\pi D l i}{1000 v f} \quad (\text{min}),$

式中: D ——被加工工件的直径(铣削时为铣刀直径, mm);

l ——进给行程长度(mm);

i ——进给次数;

v ——切削速度(m/min);

f ——进给量(mm/r).

刨削加工时: $t_m = \frac{L l i}{1000 v \cdot f} \left(1 + \frac{v}{v'}\right) \quad (\text{min}),$

式中: L ——刨削行程长度(mm);

v' ——刨刀返回行程速度(m/min).

钻削加工时: $t_m = \frac{\pi D l}{1000 v \cdot f} \quad (\text{min}).$

拉削加工时: $t_m = \frac{l k i}{1000 v} \quad (\text{min}).$

式中: k ——拉削回程系数,多数拉床 $k = 1.14 \sim 1.5$;

i ——拉削次数.

在这四个式子中, L 、 l 、 D 都是由被加工工件的要求限定的;而 k 和 $\frac{v}{v'}$ 则是由机床的结构决定的.所以,要缩短 t_m ,就必须在 v 、 f 、 i 这三个要素上想办法,下面分述:

(1) 提高切削速度

① 采用红硬性高的刀具材料.

② 对高速钢刀具,进行表面热处理、表面化学处理或电火花处理等.

③ 根据具体加工情况,合理地改变刀具切削部分的几何参数.

④ 根据具体加工情况,配制合适的、冷却效果好的冷却液,使刀具得到充分的冷却,

有时还要采用内冷却方式.

提高切削速度,虽然是提高切削效率的方法之一,但是在很多具体情况下,如现有机床的主轴转速、刚性、功率等有一定限制时,不应单从这一方面考虑,还可以从增大进给量方面想办法解决提高生产率的问题.

(2) 增大进给量

① 采用分屑切削的刀具结构,尽可能地减小切削宽度,以适当增大进给量,相应增大切削厚度,达到提高生产率的目的.

② 对于车削、铣削和刨削加工,可改造刀具结构,包括采用分屑切削的刀具结构,以实现大进给强力切削.

(3) 减少走刀(进给)次数

① 由于在某些切削加工中,增大进给量后,切削深度也随之增大,这就可以减少走刀次数.如拉削,采用分屑切削拉刀,可以增大每齿的齿升量,缩短拉刀长度,甚至可以把每套两把拉刀两次拉削的加工方案,设计成一把拉刀一次拉削的加工方案,这就减少了拉削次数.

② 对于车削、铣削和刨削加工，可采用成形刀具或开有分屑槽的宽刃刀具，尽可能一次进给加工完毕，以减少走刀次数。

③ 采用多刃法减少走刀次数。例如：对车削、刨削加工，可以采用多刃刀具在一次走刀行程中，完成工件的几个表面的加工或倒角、切槽等工序；对铣削加工，可采用组合铣刀、阶梯铣刀，在一次走刀行程中完成工件几个表面的加工；对孔加工，可采用各种结构的复合刀具，一次完成工件几个表面，或一个表面的粗、精加工。

2. 缩短辅助时间

① 缩短准备、结束时间。采用高效率的工夹具，如自动装刀装置、机外对刀装置等，以缩短工件和刀具的装卸与调整时间。

② 缩短手动辅助时间。改造机床的退刀、转刀和进刀机构，以缩短退刀、转刀和进刀时间。

（二）从解决安全操作和改善工作条件方面分析刀具改革的途径

随着机械工业的发展，在生产中愈来愈多地采用自动机床与自动线加工。在普通切削机床上加工时，断屑是关系到操作安全和改善劳动条件的问题，而在自动机床、自动线上的切削加工中，断屑更是一个严重问题。因此，断屑问题一直是对刀具设计者提出的研究课题之一。

实践证明：改进刀具结构，采用分屑切削刀具，可以改善切削加工时断屑和排屑情况。

（三）从提高已加工表面质量方面分析刀具改革的途径

① 改变刀具切削部分的几何参数，采用适当的刀尖圆角半径，以提高被加工表面质量。

② 改进刀具结构，如：在车刀、铣刀的切削刃上增加修光刃；在拉刀上增加修光齿，以提高被加工工件的表面光洁度。

（四）解决新材料与难加工材料的切削加工问题

① 对耐热钢、不锈钢等难加工材料，除采用新型材料的刀具外，还要改变刀具切削部分的几何尺寸，以适应切削加工方面的要求。

② 对橡皮、塑料和玻璃纤维压制品等非金属材料，要改变刀具切削刃的形状及其几何参数，以适应切削加工方面的要求。

③ 采用耐磨的刀具材料，以适应切削加工的要求。

以上所列举的刀具可能进行改革的若干途径，只是把问题提出来，以引起人们的注意。曾有人提出，在切削加工中应从刀头上要产量、要质量，这不是没有根据的。的确，在刀具改革方面是大有潜力可挖的，但是，由于要改革的方面太多，本书不能一一叙述，只是重点论述如何在各种具体的切削加工条件下，采用分屑切削刀具，以便适当增大进给量，增加切削厚度，改善切削条件，达到提高切削效率的目的之问题。

由于大进给分屑切削涉及到金属切削的基本切削理论，例如，切屑变形问题、切削力和切削功的问题、切削热问题、刀具结构和几何参数问题、工件的表面质量问题以及刀具耐用度（又称刀具寿命）问题等，因此下面先叙述一下有关分屑大进给金属切削的基本理论，然后才能进一步介绍各种类型的大进给分屑切削刀具。

第二章 分屑大进给切削的理论基础

本章分析研究金属切削理论,是为了根据这些理论设计分屑大进给切削刀具,并从理论上说明推广分屑大进给切削刀具的现实可能性与优越性。为了讨论问题方便起见,首先对有关的基本术语、定义及符号作以下规定和说明。

一、切削运动和基本定义

(一) 切削时工件上的几个表面

在切削过程中,工件上的切削层不断地被刀具切削而转变为切屑,于是在工件上就出现了不断变化着的三个表面,如图2-1所示。

待加工表面——即将被刀具切去金属层的表面。

加工表面——正在被刀具的切削刃切削的表面。

已加工表面——已经被切去多余金属后形成的新表面。

这些定义不仅适用于车削,而且也适用于其他切削加工。

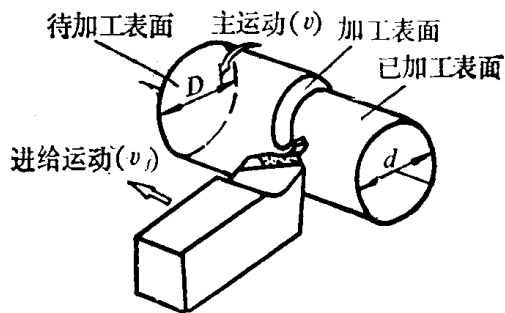


图2-1 切削运动和工件上的表面

(二) 切削运动和切削用量三要素

切削运动归纳起来可分为两种运动：主运动和进给运动，如图2-1所示。

主运动——直接切除工件上的切削层，并使之转变为切屑，以形成工件新表面的运动，用切削速度(v)表示。主运动是切削时最基本的运动，通常速度较高，消耗切削功率也较大。例如：车削时工件的回转运动、铣削时铣刀的回转运动、拉削时拉刀的直线运动等均为主运动。主运动速度即切削速度，用下式计算：

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad (\text{m/min}),$$

式中： D ——工件或刀具的最大直径(mm)，

n ——工件或刀具的转速(r/min)。

对于旋转体工件或旋转类刀具，在转速一定时，由于切削刃上各点的回转半径不同，因而各点的切削速度也不同，计算时应以最大半径为准。

进给运动——是不断地把切削层投入切削的运动，用进给速度 v_f （如图2-2所示）或进给量 f 、 a_f 表示。

进给量(f)——是指工件每转一转，刀具所走的距离(mm/r)。进给量又叫走刀量，分为纵向进给量和横向进给量。在车削中，纵向进给量是工件转一转，车刀顺着床身导轨方向移

动的距离；横向进给量是工件转一转，车刀垂直导轨方向移动的距离。在刨削、插削中，主运动为往复直线运动，进给量 f 的单位为mm/str（毫米/双行程）。在铣、铰、拉等切削中，用 a_f 表示每齿进给量，其单位为mm/Z；用 v_f 表示每分钟进给量，其单位为mm/min。显而易见，

$$v_f = f \cdot n = a_f \cdot Z \cdot n \quad (\text{mm/min}) .$$

切削深度(a_p)——指已加工表面到待加工表面的垂直距离(mm)。如图2-2所示，切削深度 a_p 的大小，直接影响主切削刀的工作长度，反映切削负荷的大小。对车外圆来说

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

式中： d_w ——待加工表面的直径(mm)；

d_m ——已加工表面的直径(mm)。

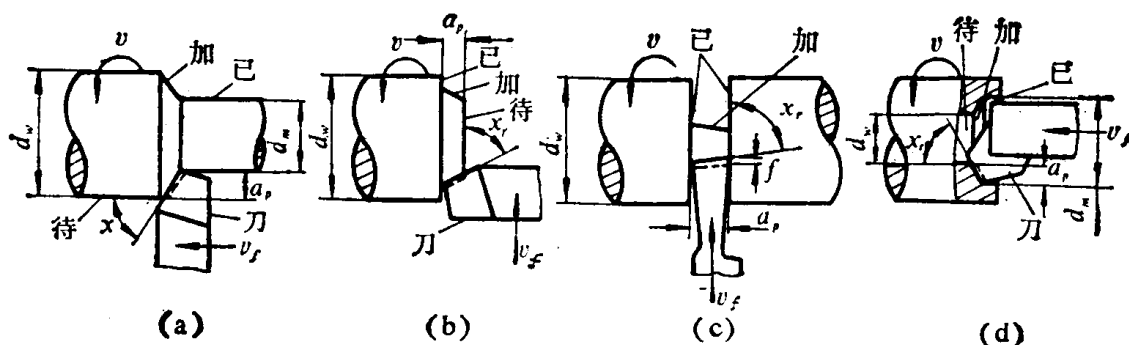


图2-2 切削运动和切削要素

注：已—已加工表面；加—加工表面；

待—待加工表面；刀—切削刀具

(三) 刀具切削部分的基本定义

刀具由刀头和刀体两部分组成，刀头用以切削，故称为切削部分。刀头是一个几何体，由一些刀面和刀刃组成，下面分别说明：

1. 刀具切削部分的几个面

以图2-3所示的普通外圆车刀、切断刀和大进给强力车刀为基础，定义刀具切削部分的几个表面如下：

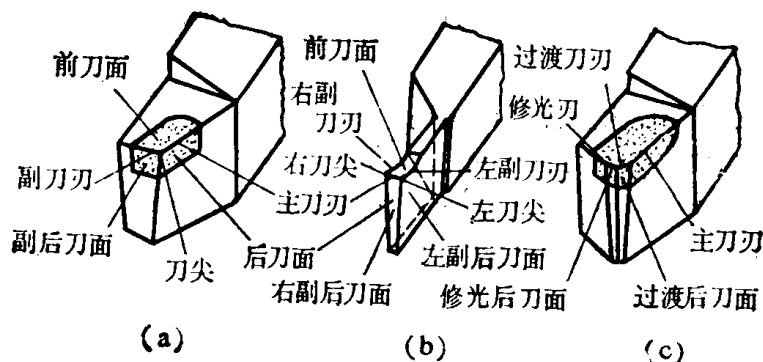


图2-3 刀具切削部分的组成

前刀面(A_f)——切屑流出时刀具与切屑相接触的表面，又称刀具前面。

主后刀面 (A_a) ——与工件的加工表面互相作用和相对着的刀面, 又称后刀面。

副后刀面 (A'_a) ——与工件的已加工表面互相作用和相对着的刀面又称副后面。

过渡后刀面——主后刀面与副后面之间的表面。对于有修光刃的刀具, 过渡后刀面为主后刀面与修光后刀面之间的表面。

修光后刀面——副后刀面与过渡后刀面之间的表面。

2. 刀具切削部分的几个切削刃

主刀刃 (S) ——前刀面与主后刀面的交线。它担负主要的切削工作, 故又叫做主切削刃。

副刀刃 (S') ——前刀面与副后刀面的交线。它配合主刀刃完成切削工作, 并形成已加工表面。在大进给切削、宽刃切削等情况下, 它将完成主要的切削工作。副刀刃又叫副切削刃。

过渡刀刃——前刀面与过渡后刀面的交线, 亦即主刀刃与副刀刃或修光刃的接线。

修光刃——在过渡刀刃与副刀刃的交界处并平行于进给方向的线段。在大进给切削时, 它能起到提高工件表面光洁度的作用。

应该说明的是, 对于高速钢刀具或焊接的硬质合金刀具, 往往为了设计、制造和刃磨的方便, 各条切削刃共用一个前刀面, 但随着可转位刀具的出现, 如图2-4, 就有了主前刀面和副前刀面的区别。

3. 几个辅助平面

为了确定刀面与刀刃在空间的位置, 和便于测量角度值, 需要选择一些辅助平面作为基准, 现以车刀为例说明一下。图2-5所示为刀具静止基准系, 其各辅助平面的定义如下:

切削平面 (P_c) ——通过切削刃上一点, 又与工件的加工表面相切的平面。

基面 (P_r) ——通过切削刃上一点, 又与切削平面相垂直的平面。

主剖面 (P_s) ——通过切削刃上一点, 又与主切削刃在基面上的投影相垂直的平面。

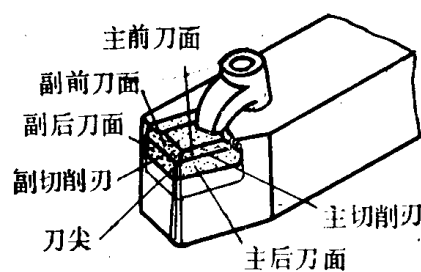


图2-4 可转位刀具的副前刀面

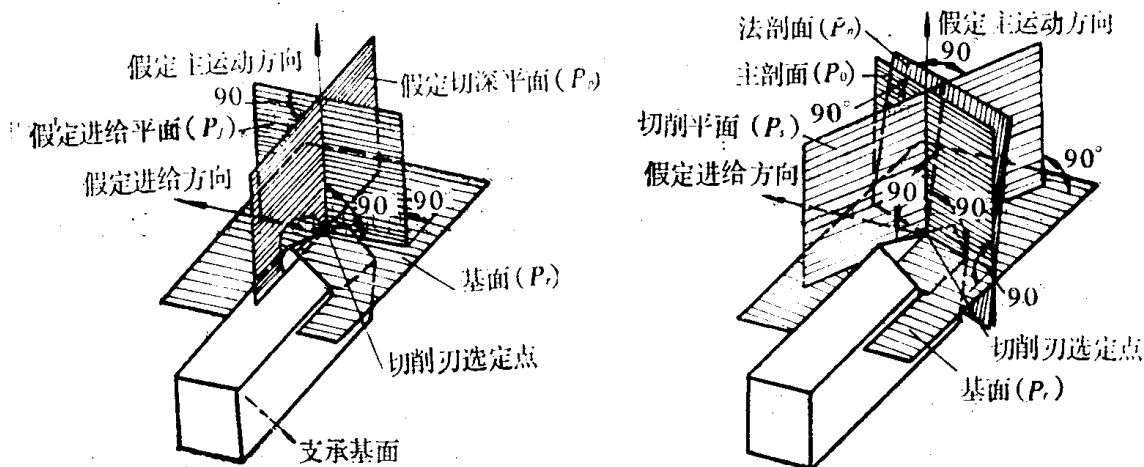


图2-5 刀具静止基准系

法剖面 (P_n) ——在A向视图上 (参看图2-6), 与主切削刃相垂直的剖面。

纵剖面 (P_p) ——通过主切削刃上的选定点, 与车刀轴线平行的剖面, 又称切深平面。

横剖面 (P_f) ——通过主切削刃上的选定点, 与纵剖面垂直的剖面, 又称进给平面。

4. 刀具几何角度的定义

图2-6所示为大进给车刀在各剖面中所标注的几何角度, 现将各角度的名称和定义说明如下:

(1) 在基面上测量的角度

主偏角 (κ_r) ——主切削刃在基面上的投影与进给方向所夹的角度。改变它, 能改变切削厚度与切削宽度, 也能改变径向力与轴向力的比例。合理地设计主偏角, 能减少切屑变形、切削力等, 对提高刀具耐用度和切削效率有很大影响, 是研究大进给强力切削刀具时需重点研究的几何角度之一。(后面详述。)

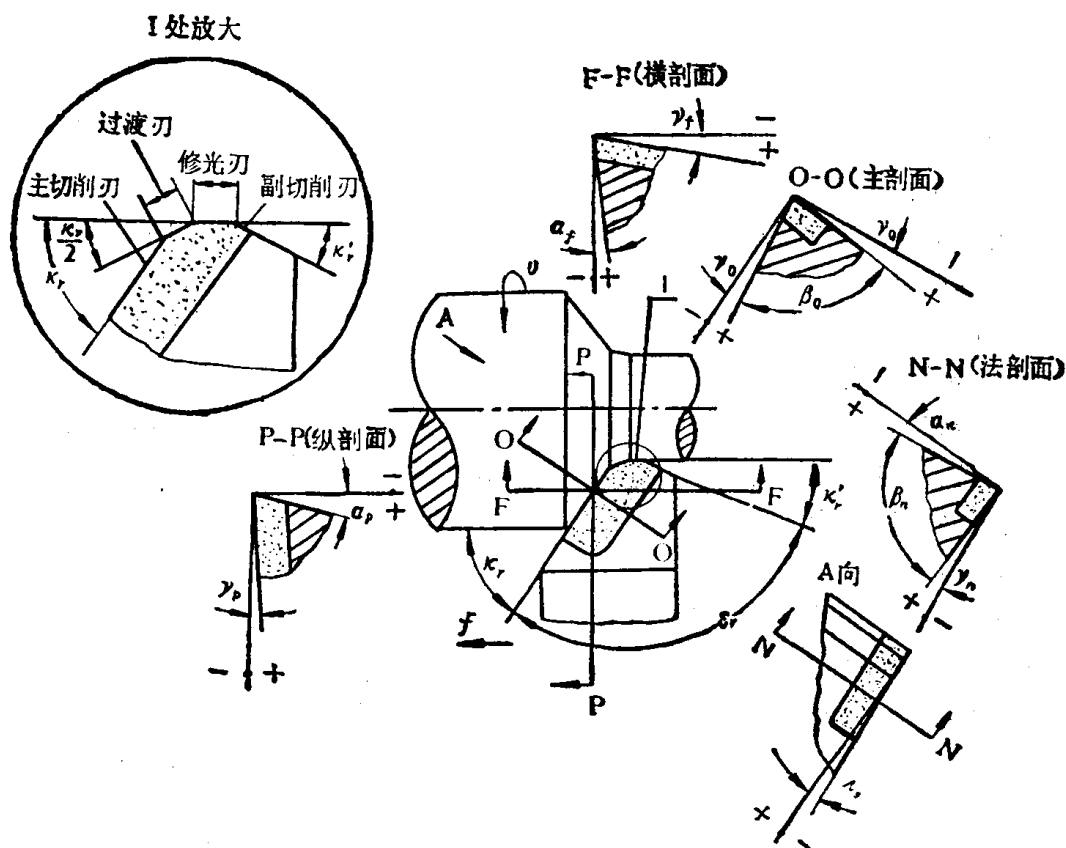


图2-6 车刀的几何角度

副偏角 (κ'_r) ——副切削刃在基面上的投影与进给方向所夹的角度。它能影响已加工表面的光洁度, 并能影响副切削刃与工件间的摩擦情况。

刀尖角 (ϵ_r) ——主切削刃、副切削刃在基面上的投影所形成的夹角, 它影响刀尖强度与导热性能。

以上三个角度的关系为

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) .$$

(2) 在切削平面上测量的角度

刃倾角 (λ_s) ——主切削刃与基面的夹角。如图2-7所示, 刃倾角是在主切削平面内测量的, 所以也叫做主刀刃斜角。

当刀尖是在主刀刃上最高一点时, 刃倾角 λ_s 为正; 当刀尖和主刀刃同样高时, 刃倾角 λ_s 为零; 当刀尖是在主刀刃上最低一点时, 刃倾角 λ_s 为负。这是ISO (国际标准) 对刃倾角 λ_s 所

作的规定，与以前的规定正好相反。

用刀倾角 $\lambda_s = 0^\circ$ 的刀具切削，称为正切削或直角切削。用刀倾角 $\lambda_s \neq 0^\circ$ 的刀具切削，称为斜切削或斜角切削。由于用于斜角切削的斜刃铰刀、斜刃丝锥、螺旋铣刀等刀具增大了流屑方向的前角，从而减小了刃口圆弧半径 r_n ，这样就相对地增大了切削厚度 a_e ，相应增大了进给量 a_f ，改善了切削条件（在有关章节中详述），因此，斜刃切削属于大进给切削的范畴，是本书重点分析的问题之一。

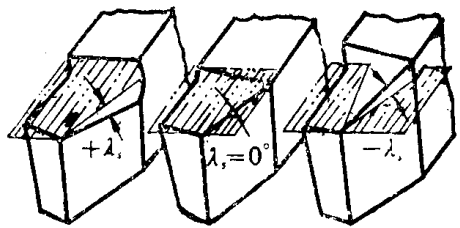


图2-7 刀倾角正负的规定

(3) 在主剖面上测量的角度

前角(γ_0)——前刀面与基面之间的夹角，它影响切屑变形与切削力的大小等。

主后角(α_0)——主后刀面与切削平面之间的夹角。它可以减少刀具与工件间的摩擦以及后刀面的磨损。

楔角(β_0)——前刀面与后刀面之间的夹角。它影响刀具切削部分的强度。

这三个角度之间的关系为

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

(4) 在法剖面上测量的角度

法前角(γ_n)、法后角(α_n)与主剖面上的相应角度间的换算关系如下：

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \operatorname{tg} \gamma_0 \cdot \cos \lambda_s ;$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_n = \operatorname{ctg} \alpha_0 \cdot \cos \lambda_s .$$

(5) 在纵(横)剖面上测量的角度

纵向前角(γ_p)、纵向后角(α_p)、横向前角(γ_f)和横向后角(α_f)等角度，在制造和刃磨刀具时，有时需与主剖面上相应角度进行换算，公式如下：

$$\operatorname{tg} \gamma_p = \operatorname{tg} \gamma_0 \cdot \cos \kappa_r - \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \sin \kappa_r ;$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_p = \operatorname{ctg} \alpha_0 \cdot \cos \kappa_r - \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \sin \kappa_r ;$$

$$\operatorname{tg} \gamma_f = \operatorname{tg} \gamma_0 \cdot \sin \kappa_r + \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos \kappa_r ;$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_f = \operatorname{ctg} \alpha_0 \cdot \sin \kappa_r + \operatorname{tg} \lambda_s \cdot \cos \kappa_r ;$$

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \operatorname{tg} \gamma_f \cdot \sin \kappa_r + \operatorname{tg} \gamma_p \cdot \cos \kappa_r ;$$

$$\operatorname{tg} \lambda_s = \operatorname{tg} \gamma_f \cdot \cos \kappa_r - \operatorname{tg} \gamma_p \cdot \sin \kappa_r .$$

(四) 刀具的工作角度

上面所讲的刀具角度是以刀杆底平面为基准的，可供刃磨与测量时使用，所以又叫刃磨角度。而在切削工作过程中，由于刀具安装位置的变化和进给运动的影响，刀具角度将发生变化，实际起作用的角度（称为工作角度）与刃磨角度不同。

影响工作角度的因素有几个。

1. 进给运动对工作角度的影响

车削外圆时，工件作旋转运动，车刀作纵向运动，切削表面是一个螺旋面，因此，在考虑进给运动后，原来的切削平面 P_s 变成了新的切削平面。如图2-8所示， P_{se} 为切于螺旋面的平面，它与 P_s 平面相差一个 μ 角，故主剖面内的工作角度为：

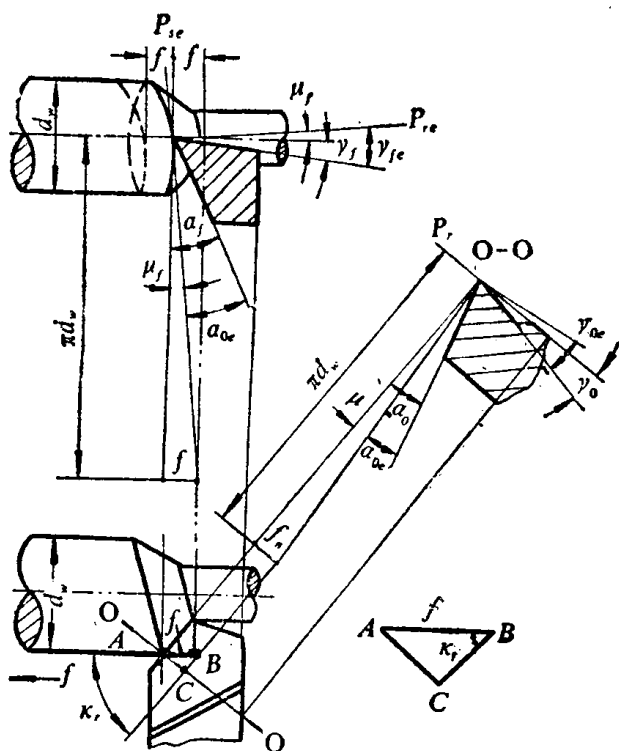


图2-8 外圆车刀的工作角度

$$\gamma_{oe} = \gamma_0 + \mu;$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_0 - \mu.$$

由图 2-8 可看出, 螺旋线的螺旋升角

$$\mu_f = \operatorname{tg}^{-1} \frac{f}{\pi d_w},$$

换算至主剖面内得

$$\mu = \operatorname{tg}^{-1} \frac{f \cdot \sin \kappa_r}{\pi d_w}.$$

分析上式可知: 工件直径 d_w 越小, μ 角越大。所以在车端面和切断时, 必须考虑刀具工作角度的变化值。另外, 由于进给量 f 越大, μ 角也越大, 即刀具工作角度的变化越大, 因此, 在大进给切削时, 需要计算刀具的工作角度, 而一般在车外圆时, 因 μ 值仅在 $30' \sim 40'$ 范围内, 故可忽略不计。

2. 刀具安装位置对工作角度的影响

安装刀具, 若刀尖高于或低于工件中心, 则过刀刃所作的切削平面与基面不再与静止状态下的一致。这使得刀具的工作角度发生变化。

现以图 2-9 所示的 $\kappa_r = 90^\circ$ 的切断刀为例, 说明刀尖高于或低于工件中心时, γ_0 及 α_0 的变化情况。

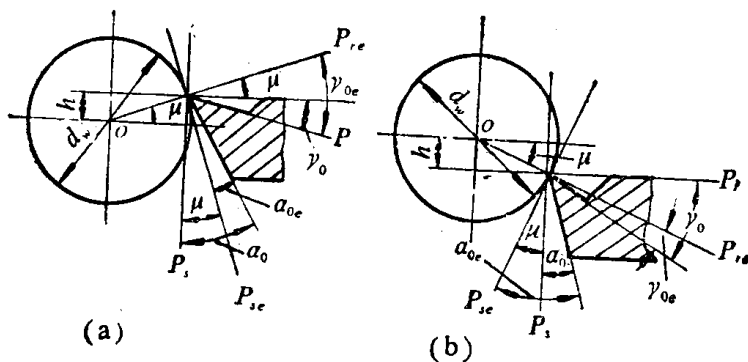


图2-9 切断刀安装的高或低对 γ_0 及 α_0 的影响

由前角与后角的定义, 可得出刀具的工作角度如下:

当刀尖高于工件中心时:

$$\gamma_{oe} = \gamma_0 + \mu, \quad \alpha_{oe} = \alpha_0 - \mu;$$

当刀尖低于工件中心时:

$$\gamma_{oe} = \gamma_0 - \mu, \quad \alpha_{oe} = \alpha_0 + \mu.$$

μ 可由下式计算:

$$\sin \mu = \frac{2h}{d_w},$$

式中: h ——刀尖到工件中心的距离。