

金属切削
理论与实践

中 册

TG506

8-2

3-2

金属切削理论与实践

中 册

北京市《金属切削理论与实践》编委会

80-20

北 京 出 版 社



B

252983

目 录

中册常用符号、术语和单位对照表	(1)
第十三章 刀具几何角度的分析计算	(23)
第一节 刀具在各基准系中几何角度的相互关系	(23)
第二节 刀具几何角度的向量矩阵分析方法	(48)
第三节 几何角度分析方法应用实例	(74)
第十四章 斜角切削	(108)
第一节 斜角切削特点	(108)
第二节 斜角切削的切削过程	(124)
第三节 几种刀具的斜角切削特点	(144)
第四节 滚切刀具	(156)
第十五章 车 削	(174)
第一节 高温合金的车削	(174)
第二节 钛合金的车削	(188)
第三节 不锈钢、高锰钢的车削	(202)
第四节 轧辊及淬火钢的车削	(218)
第五节 纯金属的车削	(231)
第六节 铜、铝、镁合金的车削	(240)
第七节 非金属材料的车削	(256)
第八节 弱刚性零件的车削	(272)
第九节 切断	(289)
第十节 金刚石车削	(298)
第十一节 外圆滚压加工	(311)

第十六章	刨削与插削	(336)
第一节	概述	(336)
第二节	切削力	(339)
第三节	切削用量	(340)
第四节	几种刨插加工分析	(345)
第十七章	铣 削	(357)
第一节	铣削工作范围和特点	(357)
第二节	典型铣刀的刀具角度	(361)
第三节	铣削方式和铣削要素	(368)
第四节	铣削力及铣削功率	(381)
第五节	铣刀的磨损、耐用度及铣削用量	(396)
第六节	先进铣刀	(411)
第七节	难加工材料的铣削	(426)
第十八章	钻 削	(433)
第一节	麻花钻切削过程分析	(434)
第二节	提高麻花钻切削性能的途径	(477)
第三节	深孔钻削	(514)
第十九章	孔精加工	(558)
第一节	镗削	(558)
第二节	扩孔与铰削	(592)
第三节	孔的滚压和挤压	(622)

常用符号、术语和 单位对照表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
A_{α}^*	F	后刀面	
$A_{\alpha 1}^*$		第一后刀面	
$A_{\alpha \psi}$		钻头横刃后刀面	
A_{γ}^*		前刀面	
$A_{\gamma 1}^*$		第一前刀面	
$A_{\gamma \psi}$		钻头横刃前刀面	
A_c		切削面积	
A_{cav}		平均切削面积	
$A_{c\Sigma}$		总切削面积	
$A_{c\Sigma av}$		平均总切削面积	
A_f	ΣF	砂轮切削层表面积	毫米 ² (mm ²)
A_0		砂轮与工件的接触面积	
A_t		刀具断面积	
A_{η}		切屑纵截面积	
A_{θ}		容屑槽有效面积	
a_c		切削厚度	
a_{cmin}		最小切削厚度	
a_{cmax}		最大切削厚度	
a_{cav}		平均切削厚度	
$a_{c当}$		当量磨削厚度	
a_{cnJ}	$F_{平均}$	旋风切削时切削层的法向厚度	毫米(mm)
a_{crJ}		旋风切削时切削层的径向厚度	
a_e^*		铣削接触弧深度、磨削接触弧深度 (简称磨削深度)	
	a		毫米(mm)
	$a_{最小}$		毫米(mm)
	$a_{最大}$		毫米(mm)
	$a_{平均}$		毫米(mm)
	t, B		毫米(mm)

注：本表内带*者均为 ISO 国际标准

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
a_{ee}	$t_{实}$	实际磨削深度	毫米(mm)
a_f^*	$s_{齿}, s_z$	(1) 每齿进给量 (2) 齿(牙)升量	毫米/齿(mm/Z) 毫米/齿(mm/Z)
a_k	a_k	冲击值	焦/米 ² (J/m ²)①
a_p^*	t	(1) 切削深度 (2) 砂轮工作宽度	毫米(mm) 毫米(mm)
a_v		(1) 振幅 (2) 振动行程	毫米(mm)
a_w	b	切削宽度	毫米(mm)
a_{wav}	$b_{平均}$	平均切削宽度	毫米(mm)
a_{η}	$a_{屑}$	切屑厚度	毫米(mm)
B		(1) 刀齿宽度 (2) 刀瓣宽度	毫米(mm) 毫米(mm)
b		(1) 切削刃长度 (2) 钻头棱边宽度 (3) 滚柱接触带宽度 (4) 分屑槽宽度 (5) 棱带宽度	毫米(mm) 毫米(mm) 毫米(mm) 毫米(mm) 毫米(mm)
b_t		砂轮宽度	毫米(mm)
b_w	B	被加工表面宽度	毫米(mm)
$b_{\alpha 1}^*$	f_1	第一后刀面宽度 (倒棱宽度)	毫米(mm)
$b_{\alpha 1}'$		钻头棱边修磨宽度	毫米(mm)
b_{γ}^*	B	卷屑槽宽度	毫米(mm)
$b_{\gamma 1}^*$	f	第一前刀面宽度 (倒棱宽度)	毫米(mm)
b_s^*	f_o	过渡刃长度	毫米(mm)
b_{η}	$b_{屑}$	切屑宽度	毫米(mm)
b_{ψ}	b	钻头横刃长	毫米(mm)

① 曾用单位: 公斤力·米/厘米²(kgf·m/cm²)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
c	c	(1) 刚度 (2) 比热 (3) 分屑槽深度 (4) 钻头棱边高度	牛/毫米(N/mm)② 焦/公斤·°C (J/kg·°C)③ 毫米(mm) 毫米(mm)
c_F	c_P	切削力系数	
c_M	c_M	扭矩系数	
c_v	c_v	切削速度系数	
d		(1) 加工直径 (2) 节圆直径 (3) 螺纹外径	毫米(mm) 毫米(mm) 毫米(mm)
d_a		齿顶圆直径	毫米(mm)
d_b	$d_{杆}$	刀杆直径	毫米(mm)
d_c		钟表齿轮中心圆直径	毫米(mm)
d_f		齿根圆直径	毫米(mm)
$d_m(D_m)$	d	工件已加工表直径	毫米(mm)
d_i		底孔直径	毫米(mm)
d_t	$d(D)$	(1) 刀具(砂轮)直径 (2) 滚压头(轮)工作直径	毫米(mm) 毫米(mm)
$d_w(D_w)$	$d(D)$	(1) 工件待加工面直径 (2) 工件直径	毫米(mm) 毫米(mm)
E	E	弹性模数	兆帕(MPa)④ 或牛/毫米 ² (N/mm ²)
e	e	(1) 偏心距	毫米(mm)
	e	(2) 深孔钻内刃尖距	毫米(mm)

② 曾用单位: 公斤力/毫米(kgf/mm)

③ 曾用单位: 卡/公斤·°C(cal/kg·°C)

④ 曾用单位: 公斤力/毫米²(kgf/mm²)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
	f	(3) 挠度 (弹性变形量)	毫米(mm)
F	P	(1) 总切削力	牛(N)⑤
		(2) 总滚压力	牛(N)
F_a	P_x	轴向力	牛(N)
F_c		横向力	牛(N)
F_f	F	(1) 前刀面上的摩擦力	牛(N)
		(2) 导向带所受的摩擦力	牛(N)
F'_f		副切削刃上的摩擦力	牛(N)
F'_{fs}		过渡刃的摩擦力	牛(N)
F_{f2}		摩擦力的合力	牛(N)
F_l		纵向力	牛(N)
F_n	N	正压力	牛(N)
F_r	P_y	径向力	牛(N)
F_t	P_z	切向力(车削主切削力)	牛(N)
F_{tav}		平均切向力	牛(N)
F_v		垂直力	牛(N)
F_w		钻头横刃楔劈力	牛(N)
f^*	$s, s_{\text{转}}, s_0$	(1) 进给量	毫米/行程(mm/str) 或毫米/转(mm/rev)
		(2) 频率	次/分(1/min) 或赫 (Hz)
f_a		轴向进给量	毫米/转(mm/rev)
f_B		切削力变化频率	赫(Hz)
f_c		(1) 横向进给量	毫米/行程(mm/str)
		(2) 固有振动频率	赫(Hz)
f_l		纵向进给量	毫米/转(mm/rev)
f_r		径向进给量	毫米/行程(mm/str)
f_t		圆周进给量	毫米/行程(mm/str)

⑤ 曾用单位：公斤力 (kgf)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
f_v		垂直方向进给量	毫米/行程(mm/str)
$f_{斜}$		斜向进给量	毫米/行程(mm/str)
$f_{扭}$		扭转振动频率	赫(Hz)
$f_{横}$		横向(弯曲)振动频率	赫(Hz)
G^*		平面安装角	度(°, deg)
g		容屑槽齿背宽	毫米(mm)
HB		布氏硬度值	公斤力/毫米 ² (kgf/mm ²)
HK		奴氏(Knoop)硬度值	公斤力/毫米 ² (kgf/mm ²)
HM		显微硬度值	
HRA		洛氏 A 标度硬度值	
HRC		洛氏 C 标度硬度值	
HRH		洛氏 H 标度硬度值	
HS		肖氏硬度值	
HV		维氏硬度值	公斤力/毫米 ² (kgf/mm ²)
H^*		(1) 俯仰安装角	度(°, deg)
H	H	(2) 理论残留高度	毫米(mm)
		(3) 导程	毫米(mm)
h		(1) 钻头尖高	毫米(mm)
		(2) 螺纹牙形高度	毫米(mm)
		(3) 卷屑槽深度	毫米(mm)
		(4) 磨削余量	毫米(mm)
		(5) 零位芯柱半径	毫米(mm)
h_k		拉刀分屑槽深度	毫米(mm)
h_0		镗刀刀尖高度	毫米(mm)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
i	K	(1) 滚压过盈量 (2) 旋切螺纹径比 (3) 传动比	毫米(mm)
i'		单位孔径过盈量	毫米(mm)
i_M		力矩传动比	
i_ω		角速度传动比	
I		惯性矩	毫米 ⁴ (mm ⁴)
K		(1) 切屑变形系数 (2) 容屑系数 (3) 铲背量 (4) 金刚石砂轮浓度	毫米(mm)
K_a		切屑厚度变形系数	
K_b		切屑宽度变形系数	
K_l		切屑长度变形系数	
K_{ln}		切屑法向长度变形系数	
$K_F, K_M, K_0, K_v, K_\alpha, K_\gamma, K_\delta, K_\omega$		} 各种校正系数	
k		工件螺纹线数	
k_t		(1) 滚丝轮螺纹线数 (2) 滚刀螺纹线数	
L^*		(1) 滚转安装角	度(°, deg)
L		(2) 长度 (3) 行程长度	毫米(mm) 毫米(mm)
L_t		(1) 刀具工作部分长度 (2) 刀头外伸长度	毫米(mm) 毫米(mm)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
l	l	(1) 振动波长	微米(μm)
		(2) 接触弧长	毫米(mm)
		(3) 切削层长度	毫米(mm)
		(4) 切削刃移动距离	毫米(mm)
		(5) 钻头外刃长	毫米(mm)
l_b	l	(1) 刀杆有效长度	毫米(mm)
		(2) 镗杆悬伸长度	毫米(mm)
l_n		切削刃法向移动距离	毫米(mm)
$l_w(L_w)$		(1) 工件长度	毫米(mm)
		(2) 工件孔长	毫米(mm)
l_η	$l_{\text{屑}}$	切屑侧边长度	毫米(mm)
$l_{\eta n}$		切屑法向长度	毫米(mm)
M		(1) 扭矩	牛·米(N·m)⑥
		(2) 总切削扭矩	牛·米(N·m)
M_{av}		平均力矩	牛·米(N·m)
M_c		纯切削扭矩	牛·米(N·m)
M_f		摩擦扭矩	牛·米(N·m)
m		模数	毫米(mm)
NB	$\Delta_{\text{径}}$	刀具径向磨损量	毫米(mm)
N_{Ao}		瞬时有效磨粒数	
N_L		动态有效磨粒数	
N_0		(1) 走刀次数	
		(2) 滚压行程次数	
n	$K, n_{\text{往复}}$	工件频数	
n_k		分屑槽数	
n_r		单位时间往复运动次数	次/分(str/min)

⑥ 曾用单位: 公斤力·米(kgf·m)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
n_{sy}, n_{sa}	$n_{刀}, n_{轮}$	主切削刃在前、后刀面内的法线	
n_t		刀具(砂轮)转速	转/分(rev/min)
n_w		工件转速	转/分(rev/min)
P_b^*		最小后角平面	
P_f^*		假定进给平面	
P_{fe}^*		进给平面	
P_g^*		最大前角平面	
P_t, P_J		任意正交测量平面	
P_n^*		法剖面	
P_{no}^*		工作法剖面	
P_o^*		主剖面	
P_{oa}^*		工作主剖面	
P_p^*		假定切深平面	
P_{pa}^*		切深平面	
P_r^*		基面	
$P_r'^*$	$N_{电}$	副切削刃的基面	
P_{re}^*		工作基面	
P_s^*		切削平面	
P_{sa}^*		工作切削平面	
P_η		流屑平面	
P_e		电动机输入功率	千瓦(kW)
P_{eo}		电动机空载功率	千瓦(kW)
P_m		切削功率	千瓦(kW)
P_g		单位切削功率	千瓦/(毫米 ³ /秒) (kW/mm ³ /s)
p		(1) 单位切削力(滚压力) (2) 单位压力	兆帕(MPa)④ 或牛/毫米 ² (N/mm ²)
p_a	$N_{切}$	切削刃单位长度上的轴向力	牛/毫米(N/mm)⑦

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
p_l	R	单位拉削力	兆帕(MPa)④
p_l'		切削刃单位长度上的拉削力	牛/毫米(N/mm)⑦
p_r		单位砂轮宽度上的径向磨削力	牛/毫米(N/mm)
Q		(1) 流量	米 ³ /秒(m ³ /s)⑧
q		(2) 切削热	焦(J)⑨
		砂轮磨耗比	毫克/克(mg/g)
R		(1) 旋切圆半径	毫米(mm)
R_a		(2) 前刀面圆弧半径	毫米(mm)
		(3) 钻头半径	毫米(mm)
R_z		(4) 刀刃圆弧半径	毫米(mm)
r_b	ρ	轮廓的平均算术偏差	微米(μ m)
r_n^*		不平度平均高度	微米(μ m)
$r_m(R_m)$		基圆半径	微米(μ m)
$r_t(R_t)$		刃口圆弧半径	微米(μ m)
$r_t(R_t)$		工件加工面半径	毫米(mm)
$r_t(R_t)$	r	(1) 刀具半径	毫米(mm)
$r_w(R_w)$		(2) 碗刀半径	毫米(mm)
		(3) 砂轮半径	毫米(mm)
		工件待加工面半径	毫米(mm)
r_o		钻头钻心半径	毫米(mm)
r_x		任意点位置半径	毫米(mm)
r_s^*		刀尖圆弧半径	毫米(mm)
r_η		流屑方向刃口圆弧半径	毫米(mm)

⑦ 曾用单位: 公斤力/毫米(kgf/mm)

⑧ 曾用单位: 升/分(L/min)

⑨ 曾用单位: 卡(cal)

续表

现用符号	曾符 用号	术 语	单 位
S		主切削刃	
S'		副切削刃	
s		节圆齿厚	毫米(mm)
s_k		拉刀分屑槽宽度	毫米(mm)
T^*	T	刀具耐用度	分(min)
t		(1) 螺距	毫米(mm)
		(2) 齿距	毫米(mm)
t_a	$T_{\text{轴}}$	铣刀刀齿的轴向齿距	毫米(mm)
t_m	$T_{\text{机}}, T$	(1) 机动工时	分(min)
		(2) 磨削时间	分(min)
t_t		滚丝轮螺纹导程	毫米(mm)
V		金属切除量	毫米 ³ (mm ³)
V_s		单位砂轮宽度磨除的金属量	毫米 ³ /毫米(mm ³ /mm)
VB_B^*	$\Delta_{\text{后}}, h_{\text{后}}$	后刀面磨损值	毫米(mm)
$VB_{B_{\text{max}}}^*$		(1) 后刀面最大磨损值	毫米(mm)
		(2) 磨损限度	毫米(mm)
VB'_B^*		副后刀面磨损值	毫米(mm)
VB_c^*		刀尖磨损值	毫米(mm)
VB_{c1}		钻头棱边磨损值	毫米(mm)
VB_{c2}		钻头掉角磨损值	毫米(mm)
v^*	v	切削速度	米/分(m/min)
v_a		往复运动速度	米/分(m/min)
v_{av}		平均速度	米/分(m/min)
v_e^*		合成切削速度	米/分(m/min)
v_f^*	$s_m, s_{\text{分}}$	进给速度	毫米/分(mm/min)
v_{fc}		横向进给速度(切入进给速度)	毫米/分(mm/min)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
v_{fl}		纵向进给速度	毫米/分(mm/min)
v_n		切削刃法向分速度	米/分(m/min)
v_t		沿切削刃方向的分速度	米/分(m/min)
v_w		工件速度	米/分(m/min)
v_η		切屑流出速度	米/分(m/min)
$v_{导}$		无心磨床导轮速度	米/分(m/min)
W		砂轮磨粒平均间距	毫米(mm)
Z	Z	(1) 刀具(铰刀)齿数 (2) 丝锥刃瓣数 (3) 旋切头的旋刀数	
Z_s		同时工作齿数	
Z_0		理论挤压牙数	
Z_s		单位金属切除率	毫米 ³ /分·毫米 (mm ³ /min·mm)
Z_t		齿轮铣刀齿数	
Z_w	Q	金属切除率	毫米 ³ /分(mm ³ /min)
Z'_w		金属切除率	克/分(g/min)
α	$\alpha_{制}$ α	(1) 钻头制造后角 (2) 齿轮齿形角 (3) 铣刀廓形角 (4) 螺纹牙形角 (5) 滚压后角 (6) 线膨胀系数	度(°, deg) 度(°, deg) 度(°, deg) 度(°, deg) 度(°, deg) 毫米/毫米·°C (mm/mm·°C)
α'	α_1	副后角	度(°, deg)
α_b^*	α_{min}	最小后角	度(°, deg)
α_c		刀具与运动方向倾斜角	度(°, deg)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
α_e		外切削刃齿形角	度(°, deg)
α_f^*	α_x	(1) 进给方向后角	度(°, deg)
α_f		(2) 滚压顶刃后角	度(°, deg)
		(3) 钻头圆周后角	度(°, deg)
α_{fe}^*		进给方向工作后角	度(°, deg)
α_{feL}	$\alpha_{左实}$	左侧刃的工作后角	度(°, deg)
α_{feR}	$\alpha_{右实}$	右侧刃的工作后角	度(°, deg)
α_{fL}	$\alpha_{左}$	左侧刃的刃磨后角	度(°, deg)
α_{fR}	$\alpha_{右}$	右侧刃的刃磨后角	度(°, deg)
α_l		(1) 任意平面(P_l)内测量的后角	度(°, deg)
		(2) 齿轮刀具内切削刃齿形角	度(°, deg)
α_J		P_J 平面内测量的后角	度(°, deg)
α_n^*	α_N	法后角	度(°, deg)
α'_n		副刃法后角	度(°, deg)
α_{ne}^*	$\alpha_{N工}$	工作法后角	度(°, deg)
$\alpha_{n1}, \alpha_{n2}^*$		第一(二)法后角	度(°, deg)
α_o^*	α	主后角(后角)	度(°, deg)
$\alpha_o'^*$		副刃主后角(副刃后角)	度(°, deg)
α_{os}^*	$\alpha_{工}$	工作主后角(工作后角)	度(°, deg)
α_{oL}	$\alpha_{左}$	左侧刃后角	度(°, deg)
α_{oR}	$\alpha_{右}$	右侧刃后角	度(°, deg)
α_{os}		过渡刃后角	度(°, deg)
α_{o1}^*	α_f	第一后刀面(白刃)后角	度(°, deg)
$\alpha_{o1}'^*$		修光刃后角	度(°, deg)
α_p^*	α_y	(1) 切深方向后角	度(°, deg)
α_p		(2) 侧后角	度(°, deg)
α_{pe}^*	$\alpha_{y工}$	切深方向工作后角	度(°, deg)
α_R	α_R	钻头圆弧后角	度(°, deg)

续表

现用符号	曾用符号	术 语	单 位
α_i		(1) 齿轮刀具齿形角	度(°, deg)
		(2) 螺纹刀具廓形角	度(°, deg)
α_η		流屑方向后角	度(°, deg)
α_τ		群钻内刃后角	度(°, deg)
α_ψ		钻头横刃后角	度(°, deg)
β^*	β	(1) 楔角	度(°, deg)
β		(2) 丝锥刃槽斜角	度(°, deg)
	ω	(3) 螺旋角	度(°, deg)
		(4) 碗刀轴线倾斜角	度(°, deg)
		(5) 锥角(珩磨)	度(°, deg)
β_e^*	$\beta_{\text{工}}$	工作楔角	度(°, deg)
β_f^*	β_X	进给平面内的楔角	度(°, deg)
β_{fe}^*	$\beta_{X\text{工}}$	进给平面内的工作楔角	度(°, deg)
β_l		任意平面内的楔角	度(°, deg)
β_n^*	β_N	法剖面内的楔角	度(°, deg)
β_{na}^*	$\beta_{N\text{工}}$	法剖面内的工作楔角	度(°, deg)
β_o^*	β	主剖面内的楔角	度(°, deg)
β_{oa}^*	$\beta_{\text{工}}$	主剖面内的工作楔角	度(°, deg)
β_p^*	β_y	切深平面内的楔角	度(°, deg)
β_{pa}^*	$\beta_{y\text{工}}$	切深平面内的工作楔角	度(°, deg)
β_η		流屑方向楔角	度(°, deg)
$\beta_{\text{引}}$		喷嘴的引射锥角	度(°, deg)
γ		(1) 齿轮螺旋升角	度(°, deg)
	$\gamma_{\text{片}}$	(2) 刀片预制前角(机夹刀片)	度(°, deg)
	γ	(3) 比重(重度)	牛/米 ³ (N/m ³)
γ_f^*	γ_x	(1) 进给方向前角	度(°, deg)
		(2) 径向前角(端铣刀)	度(°, deg)