

金属切削理论与实践

下 册

第一分册

北京市《金属切削理论与实践》编委会

10
3
HU QIEXIAO LILUN YU SHIJIAN

北 京 出 版 社

金属切削理论与实践

下 册

第 一 分 册

北京市《金属切削理论与实践》编委会

北 京 出 版 社

金属切削理论与实践

下 册

(共二分册)

北京市《金属切削理论与实践》编委会

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京崇文门外东兴隆街 51 号)

新华书店北京发行所发行

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

*

850×1168 毫米 32 开本 35.25 印张 842,000 字

1980 年 12 月第 1 版 1980 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—24,500

书号: 15071·34 定价: 4.35 元

编写说明

本书上册主要是论述金属切削的一般规律；下册是运用一般规律，结合各种切削加工的实践，阐述其特殊规律。下册共十二章，分为下册第一分册和第二分册同时出版发行。

本书下册是在认真吸取国内外先进技术和经验的基础上，对车削、铣削、拉削、磨削、孔加工、螺纹和齿轮加工等各种加工方法及其切削过程中规律性问题，作了比较系统的阐述；对各种刀具几何角度相互关系的计算方法，作了比较细致的分析；对各类难加工材料的切削加工性、不同刀具斜角切削的特点，进行了概略论述；对各类表面的滚（挤）压等无切屑加工方法，根据实际需要作了初步介绍。在编写中，力求做到理论联系实际，紧密结合生产，有分析，有实例，深入浅出，图文并茂。

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。近年来国际标准化组织(ISO)已制订了关于刀具几何参数术语、符号的标准。本书上册由于先期出版，未及采用。为便于国内外技术交流，现决定在下册先采用有关国际标准和国际单位制(SI)。为此，在第十三章(下册第一章)中，对国际标准拟订的术语和定义概念作了介绍，并在卷首和附录中列出常用术语、符号对照表和常用单位与国际单位换算表，以便读者参考。

本书下册的编写是在中共北京市委领导下，由北京市技术交流站担负日常组织工作。全市约四十个工厂、院校和科研单位，近百名工程技术人员、教师和工人参加了编写工作。中央有关部门和各兄弟省市有关单位给予大力支持，提供了大量资料，在审稿过程中提出了许多宝贵意见。在此，我们表示衷心感谢。

由于水平所限，书中会有不少缺点和错误，望读者批评指正。

北京市《金属切削理论与实践》编委会

《金属切削理论与实践》编委会成员

主任：史洪志

副主任：陆察明、周家宝、桂育鹏

委员：于启勋、史洪志、刘玉明、刘景升、孙 洪、邹瑞禄、
陆察明、张 力、周家宝、柳德春、桂育鹏

上册主要编写人员

主编：于启勋（北京工业学院）

参加主要编写工作的有：

桂育鹏（北京市工具研究所）	周家宝（清华大学）
刘武光（北京市机电研究院）	唐程辉（北京广播器材厂）
潘锡仁（北京钢铁研究院）	田玉顺（北京出版社）
张庆积（北京首都机械厂）	张凤年（北京重型机器厂）
王训辉（北京市机械配件工业公司）	陈敏如（北京有线电厂）
李宝珍（北京汽车制造厂）	等同志

下册主要编写人员

主编：陈璧光（北京永定机械厂） 李自通（一机部机床研究所）

参加主要编写工作的有：

罗洪涛（北京航空学院）	钟寿民（清华大学）
刘武光（北京市机电研究院）	陈章燕（北京工业大学）
杨保晋（北京第一机床厂）	李 铭（北京内燃机总厂）
吕国庆（北京第二机床厂）	张英台（北京二七机车厂）
张庆积（北京首都机械厂）	佟福亮（北京二七机车厂）
王训辉（北京市机械配件工业公司）	王保国（北京永定机械厂）等同志

目 录

下册常用符号、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	铰 削	(357)
第 一 节	铰削工作范围和特点	(357)
第 二 节	典型铰刀的刀具角度	(361)
第 三 节	铰削方式和铰削要素	(368)
第 四 节	铰削力及铰削功率	(381)
第 五 节	铰刀的磨损、耐用度及铰削用量	(396)
第 六 节	先进铰刀	(411)
第 七 节	难加工材料的铰削	(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	铰削	(558)
第 二 节	扩孔与铰削	(592)
第 三 节	孔的滚压和挤压	(622)

下册常用符号、术语和 单位对照表

现用符号	曾用 符号	术 语	单 位
A_a^*		后刀面	
A_{a1}^*		第一后刀面	
$A_{a\psi}$		钻头横刃后刀面	
A_γ^*		前刀面	
$A_{\gamma1}^*$		第一前刀面	
$A_{\gamma\psi}$		钻头横刃前刀面	
A_c	F	切削面积	毫米 ² (mm ²)
A_{cav}		平均切削面积	毫米 ² (mm ²)
$A_{c\Sigma}$	ΣF	总切削面积	毫米 ² (mm ²)
A_{c2av}	$F_{平均}$	平均总切削面积	毫米 ² (mm ²)
A_f		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	毫米 ² (mm ²)
A_t		刀具断面积	毫米 ² (mm ²)
A_η		切屑纵截面积	毫米 ² (mm ²)
A_θ		容屑槽有效面积	毫米 ² (mm ²)
a_c	a	切削厚度	毫米(mm)
a_{cmin}	$a_{最小}$	最小切削厚度	毫米(mm)
a_{cmax}	$a_{最大}$	最大切削厚度	毫米(mm)
a_{cav}	$a_{平均}$	平均切削厚度	毫米(mm)
$a_{c当}$		当量磨削厚度	毫米(mm)
a_{enJ}		旋风切削时切削层的法向厚度	毫米(mm)
a_{erJ}		旋风切削时切削层的径向厚度	毫米(mm)
a_s^*	t, B	铣削接触弧深度、磨削接触弧深度(简称磨削深度)	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}	$t_{\text{实}}$	实际磨削深度	毫米(mm)
a_f^*	$s_{\text{齿}}, s_z$	(1) 每齿进给量	毫米/齿(mm/Z)
		(2) 齿(牙)升量	毫米/齿(mm/Z)
a_h	a_h	冲击值	焦/米 ² (J/m ²)①
a_p^*	t	(1) 切削深度	毫米(mm)
		(2) 砂轮工作宽度	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}	$b_{\text{平均}}$	平均切削宽度	毫米(mm)
a_{η}	$a_{\text{屑}}$	切屑厚度	毫米(mm)
B		(1) 刀齿宽度	毫米(mm)
		(2) 刃瓣宽度	毫米(mm)
b		(1) 切削刃长度	毫米(mm)
		(2) 钻头棱边宽度	毫米(mm)
		(3) 滚柱接触带宽度	毫米(mm)
		(4) 分屑槽宽度	毫米(mm)
		(5) 棱带宽度	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_{a1}^*	f_1	第一后刀面宽度(倒棱宽度)	毫米(mm)
b_{a1}'		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}	$b_{\text{屑}}$	切屑宽度	毫米(mm)
b_{ϕ}	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	$d_{\text{杆}}$	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_0		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、 (2) 深孔钻内刃尖距	毫米(mm) 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'_{fe}		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_o		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_h		拉刀分屑槽深度	毫米(mm)
h_o		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	毫米(mm)
i'		(2) 旋切螺纹径比	
i_M		(3) 传动比	
i_w		单位孔径过盈量	毫米(mm)
		力矩传动比	
		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	毫米(mm)
		(4) 金刚石砂轮浓度	
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	
$K_F, K_M,$ $K_0, K_v,$ $K_a, K_\gamma,$ K_b, K_w		} 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	毫米(mm)
		(3) 行程长度	毫米(mm)
L_t		(1) 刀具工作部分长度	毫米(mm)
		(2) 刀头外伸长度	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_d	$l_{\text{杆}}$	(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_h		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
$n_{s\gamma}, n_{s\alpha}$	$n_{\text{刀}}, n_{\text{轮}}$	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^*	$N_{\text{电}}$	最小后角平面	
P_f^*		假定进给平面	
P_{fe}^*		进给平面	
P_δ^*		最大前角平面	
P_i, P_j		任意正交测量平面	
P_n^*		法剖面	
P_{ne}^*		工作法剖面	
P_o^*		主剖面	
P_{oe}^*		工作主剖面	
P_p^*		假定切深平面	
P_{pe}^*		切深平面	
P_r^*		基面	
P'_r^*		副切削刃的基面	
P_{re}^*		工作基面	
P_u^*		切削平面	
P_{ue}^*		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_s		单位切削功率	千瓦/(毫米 ³ /秒) (kW/mm ³ /s)
p	p	(1) 单位切削力(滚压力)	兆帕(MPa)④
		(2) 单位压力	或牛/毫米 ² (N/mm ²)
p_a		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		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	R	(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)
		(2) 前刀面圆弧半径	毫米(mm)
R_a	ρ	(3) 钻头半径	毫米(mm)
R_z		(4) 刀刃圆弧半径	毫米(mm)
r_b		轮廓的平均算术偏差	微米(μm)
r_n^*		不平度平均高度	微米(μm)
$r_m(R_m)$	r	基圆半径	微米(μm)
$r_t(R_t)$		刃口圆弧半径	微米(μm)
		工件加工面半径	毫米(mm)
$r_w(R_w)$		(1) 刀具半径	毫米(mm)
r_o	r	(2) 碗刀半径	毫米(mm)
r_x		(3) 砂轮半径	毫米(mm)
r_e^*		工件待加工面半径	毫米(mm)
r_η		钻头钻心半径	毫米(mm)
	r	任意点位置半径	毫米(mm)
		刀尖圆弧半径	毫米(mm)
		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	曾用符号	术 语	单 位
S		主切削刃	
S'		副切削刃	
s		节圆齿厚	毫米(mm)
s_h		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_s^*		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_{fo}		横向进给速度(切入进给速度)	毫米/分(mm/min)