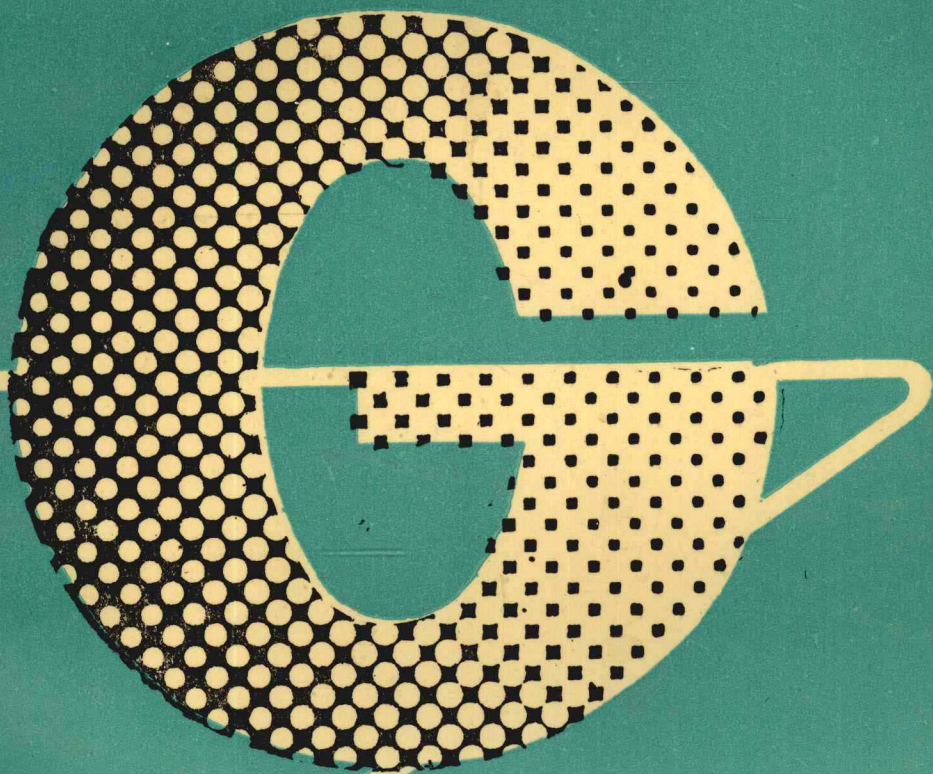


普通高等专科学校教育机电类规划教材

金属切削原理 与刀具

(第2版)



上海机械专科学校

陆剑中
孙家宁

主编

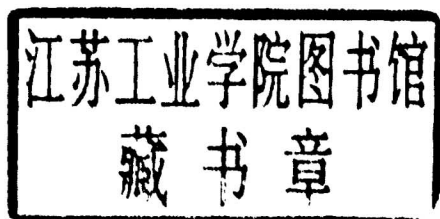
机械工业出版社

普通高等专科学校教育机电类规划教材

金属切削原理与刀具

(第2版)

上海机械专科学校 陆剑中 主编
孙家宁



机械工业出版社

前 言

本书是高等专科学校机械制造类专业的试用教材，是根据原机械工业部教育局初步审定的招收高中毕业生，学制为三年的教学大纲编写的。

本书也适用于职工大学、业余大学。中等专业学校也可选用为教材，并可供有关工厂技术人员参考。

本书由“金属切削原理”与“金属切削刀具”两部分组成。原理部分重点讲解车削过程基本规律及其应用，然后介绍钻削、铣削、磨削过程特点。刀具部分在讲清ISO刀具标准与角度换算的基础上，讲解主要类型刀具设计与使用。其中钻削、铣削原理与刀具合并第七、十章，磨削与砂轮放在最后。

全书内容取材与编写的主要特点为：1) 加强基础、更新内容，着重讲述基本原理，同时考虑到扩大知识面，适当反映一些国内外新成果；2) 加强切削原理的基础理论，介绍切削实验与测试基础知识，注重理论联系实际用于分析刀具设计、使用与革新；3) 注重常用标准刀具选择与使用，并介绍一些实践经验，在非标刀具中选择有代表性的几种介绍设计原理与计算方法；4) 全书贯彻国家法定计量单位以及ISO刀具切削部分几何形状术语、符号，运用ISO推荐的刀具角度标注坐标系分析计算各类刀具；5) 力求做到重点突出、少而精、深入浅出、更新插图、通俗易懂，以便学生自学。

全书各章作者为：绪论、第一、二、五、七、十一、十二章孙家宁，第三、四、六、九、十三章陆剑中，第八、十章周志明，第十四章盛善权。

本书由上海机械专科学校陆剑中、孙家宁主编，机械部成都工具研究所尹洁华主审。参加审稿会议的有莫显初、都曾泽、刘安琴、李世福、宋明义、夏森强、韩步愈、吴林禅、刘长义、郑光华、陈玉光、聂祖荫等。并邀请了重庆大学肖诗纲、广西大学邵杰参加审稿。南京工学院汤铭权、桂林电子工业学院楼希翱提出了书面意见。

在编写过程中，得到有关院校、工厂和研究所的大力支持与帮助。上海机械专科学校切削实验室李兆品、高逵泽协助进行切削实验和有关同志协助绘图工作，谨此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限和编写时间较仓促，书中错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者 1984.10

第 2 版 说 明

本书是高等专科学校机械制造专业《金属切削原理与刀具》(1985年版)试用教材的第2版,根据机械电子工业部教育局审定的招收高中毕业生,学制为三年的教学大纲编写的。

第2版本可适用于职工大学、业余大学、大学专科班和大专培训班教材,中等专业学校也可选用为参考教材,并可供工厂有关技工、技术人员参考阅读用。

第2版本保留了原教材的体系和特点。

根据广大读者几年来使用后建议,按专科培养目标要求对原书作了如下修改:

1) 删、减了部分内容,例如:车刀工作角度、车刀刃磨工艺、机夹车刀和铣刀刀槽计算、螺纹刀具和花键滚刀等;

2) 改写了部分章节内容,如切削变形、材料切削加工性、铣刀的破损和齿轮刀具等;

3) 增添了近期国内外先进刀具及加工方法等内容,如四刃复合钻、深孔麻花钻、可转位立铣刀、模块式数控工具系统和先进磨削方法等。

4) 贯彻了1987年颁布的刀具国家标准。

本书由上海机械专科学校陆剑中、孙家宁主编,上海机械专科学校盛善权、南京机械专科学校周志明协编,机械电子工业部成都工具研究所尹洁华主审。

本书出版后,几年来受到广大读者的关心并提出了宝贵的修改意见,谨此表示衷心的感谢。

由于修订时间很仓促,书中仍有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

1990.2

名词、术语和符号说明

本书使用的名词、术语符号选用的原则是：优先采用国标，没有国标的尽可能选用国际标准，如齿轮几何要素代号按GB2821—81，金属切削刀具代号按ISO3002/1-1977和CIRP的金属切削统一名词术语。其组成方法有二：1) 用英文、希腊字母；2) 用字母与上或下角标组成的复合符号。下面分别介绍本书中最常用的名词、术语和符号。

一、单一英文字母符号

符 号	名称或表达意义	符 号	名称或表达意义
<i>A</i>	面积、截面积 加工余量 刀具表面	<i>N</i>	次数、铲削次数
<i>a</i>	中心距 厚度、深度	<i>n</i>	转数 头数、槽数
<i>B</i>	宽度、深度	<i>P</i>	参考坐标系平面 螺距、功率
<i>b</i>	齿宽、键宽、刃宽	<i>p</i>	单位切削力、齿距
<i>C</i>	成本 系数	<i>Q</i>	热量
<i>c</i>	顶隙	<i>q</i>	螺杆直径系数、流量
<i>D</i>	直径	<i>R</i>	半径
<i>d</i>	钻头、铣刀直径 内径、分圆直径	<i>r</i>	半径、圆弧半径
<i>e</i>	偏心距	<i>S</i>	切削刃
<i>F</i>	作用力、轴向力	<i>s</i>	齿厚、分圆齿厚
<i>f</i>	进给量 倒角宽	<i>T</i>	刀具耐用度、转矩 刀具截形深
<i>H</i>	高度、深度	<i>t</i>	时间
<i>h</i>	齿高、槽深	<i>V</i>	体积
<i>i</i>	传动比	<i>v</i>	速度、切削速度
<i>K</i>	系数、修正系数 铲削量	<i>W</i>	公法线长
<i>k</i>	导热系数	<i>X</i>	指数 变位量
<i>L</i>	长度、距离、导程	<i>x</i>	<i>x</i> 坐标轴
<i>l</i>	行程长、齿宽	<i>Y</i>	指数
<i>m</i>	模数 指数	<i>y</i>	<i>y</i> 坐标轴
		<i>Z</i>	槽数、铣、铰刀齿数
		<i>z</i>	齿数，齿轮齿数 <i>z</i> 坐标轴

二、单一希腊字母符号


符 号	名称或表达意义	符 号	名称或表达意义
α	后角、压力角、齿形角	ϵ	刀尖角
β	螺旋角、分圆螺旋角、摩擦角、嵌角	ϵ	相对滑移
γ	前角、导程角		角度
δ	节锥角、方位角 误差、公差、收缩量、扩大量	η	效率
		θ	温度 倒角、斜角、方位角

符 号	名称或表达意义	符 号	名称或表达意义
κ	切削刃偏角		斜角
λ	切削刃倾角	τ	剪应力
μ	摩擦系数		斜角、安装角
ν	应变速度	ϕ	剪切角、半锋角
ξ	变形系数	φ	导角、作用角
ρ	密度	ψ	横刃斜角、余偏角
	向径、极径		螺纹升角
	曲率半径	ω	角速度
Σ	轴交角		作用角
σ	应力、主应力		

三、带角标的复合符号

上角标符号	表 达 意 义	组 合 示 例
*	尺寸系数	c^* 顶隙系数 h_a^* 齿顶高系数
'	节圆的、啮合的、副切削刃的	d' 节圆直径 δ' 节锥角 P_o' 副刃主剖面 α_o' 副后角
下角标符号	表 达 意 义	组 合 示 例
0	原始的 刀具的	ϕ_0 原始半锋角 α_0 刀具齿形角 h_0 刀具齿全高 P_{z0} 滚刀基本蜗杆导程
1	小齿轮的、蜗杆的、第一的、内径的	d_1 小齿轮、蜗杆分圆直径、螺纹内径 γ_{01} 第一前刀面前角
2	大齿轮的、蜗轮的、第二的、中径的	ε_2 大齿轮、蜗轮齿数 d_2 螺纹中径
a	齿顶的	d_a 齿顶圆直径 θ_a 齿顶角
av	平均的	a_{cav} 平均切削厚度
b	基圆的	r_b 基圆半径 β_b 基圆螺旋角
c	切削的 中心的	A_c 切削面积 P_o 中剖面
ch	切屑的	l_{ch} 切屑长度
d	端面的 径向的	P_d 端面 δ_d 径向误差
e	工作的 实际的、合成的 当量的	P_{re} 工作基面 v_c 合成切削速度 K_c 铲削当量

下角标符号	表 达 意 义	组 合 示 例
f	齿根的 进给的 摩擦的	d_f 根圆直径 P_f 进给剖面 F_f 摩擦力
g	刀面正交剖面的 刀槽的	P_g 前刀面正交剖面 γ_g 最大前角 γ_{gg} 刀槽最大前角
i	任意的	γ_i 任意剖面前角
k	铣、滚刀槽的	P_k 容屑槽导程 r_k 槽底圆弧半径
L	左的、左旋的 长度方向、轴向的	α_{0L} 刀具左侧齿形角 δ_L 长度方向误差
m	机床的 切削的 已加工的	η_m 机床效率 t_m 切削时间 d_w 已加工表面直径
n	法向的 法剖面的	F_n 法向力 γ_{gxn} 刀槽横向往法剖面前角
o	主剖面的	γ_{og} 刀槽主剖面前角
p	切深剖面的	α_p 切深后角
R	右的、右旋的 圆弧的	K_{zR} 右侧轴向铲削量 α_{Rc} 圆弧刃后角
r	基准的 基面投影的	P_r 基面 κ_r 主偏角
s	切削平面投影的 剪切面的 切削刃的	λ_s 刃倾角 F_s 剪切力 l_{sc} 切削刃实际工作长度
t	端面的 工具的, 刀具的	λ_t 端面刃倾角 L_t 刀杆长度
w	工件的 待加工的	v_w 工件线速度 d_w 待加工表面直径 a_w 切削宽度
x	任意的 横剖面的 x 轴的	β_x x 点螺旋角 γ_{gx} 刀槽横剖面前角 K_{Fx} 轴向 (x 轴) 切削力修正系数
y	纵剖面的 y 轴的	γ_{gy} 刀槽纵剖面前角 C_{Fy} 径向 (y 轴) 切削力系数
z	z 轴的 轴向的	F_z 主切削 (z 轴) 力 K_z 轴向铲削量
a	后面的	A_a 后刀面 (后面)
γ	前面的	A_γ 前刀面 (前面) $b_{\gamma t}$ 第一前刀面宽度

下角符号	表 达 意 义	组 合 示 例
β 	刀楔的	r_β 刃口圆弧半径
ϵ	刀尖的、过渡刃的	b_ϵ 刀尖倒角宽
η	流屑平面的	γ_η 实际前角
ψ	横刃的	λ_{ψ} 横刃刃倾角
τ	钻头内刃的	γ_τ 内刃前角
θ	温度的	C_θ 切削温度系数
		p_e 单位切削功率 p' 单位刃长切削力 P_E 电机输出功率 Z_w 金属切除率 α_b 最小后角 α_{fo} 钻头外缘刃后角 T_c 最低成本耐用度 T_p 最高生产率耐用度

普通高等专科教育机械制造专业规划教材

1. 理论力学	南京机械专科学校 沙州职业工学院	张秉荣 张定华	主编	春季教材
2. 材料力学	郑州机械专科学校	赵芳印	主编	秋季教材
3. 机械零件	郑州机械专科学校 南京机械专科学校	张绍甫 徐锦康	主编	春季教材
4. 机械设计基础	南京机械专科学校 哈尔滨机电专科学校	黄文灿 陈锐芳	主编	秋季教材
5. 金属工艺学	上海机械专科学校	盛善权 张学高	主编	春季教材
6. 公差与检测	沈阳工业高等专科学校	刘克明	主编	春季教材
7. 液压传动	湘潭机电专科学校 扬州工学院	丁树模 姚如一	主编	秋季教材
8. 机械工程材料	上海机械专科学校	王运炎	主编	秋季教材
9. 动态测试技术		郑仲民 于永芳	主编	春季教材
10. 金属切削机床概论	上海机械专科学校	顾维邦	主编	秋季教材
11. 金属切削机床设计	扬州工学院	黄鹤汀	主编	秋季教材
12. 机械制造工艺学	江南大学 上海机械专科学校	郑修本 冯冠大	主编	秋季教材
13. 机床夹具设计	湘潭机电专科学校 江南大学	刘友才 肖继德	主编	秋季教材
14. 机床夹具图册	上海机械专科学校 哈尔滨机电专科学校	孟宪栋 刘彤安	主编	春季教材
15. 金属切削原理	上海机械专科学校 南京机械专科学校	陆剑中 周志明	主编	春季教材
16. 金属切削刀具	扬州工学院	崔永茂	主编	春季教材
17. 机床电气控制	淮阴工业专科学校 济南大学	叶伟昌 王炳实	主编	秋季教材
18. 金属切削机床设计简明手册		范云涨 陈兆年	主编	春季教材
19. 组合机床设计简明手册		谢家瀛	主编	春季教材
20. 金属切削刀具设计简明手册		刘华明	主编	春季教材
21. 切削用量简明手册(第3版)		艾兴 肖诗纲	编	春季教材
22. 液压系统设计简明手册		杨培元 朱福元	主编	春季教材
23. 机械制造工艺设计简明手册	哈尔滨工业大学	李益民	主编	春季教材

目 录

名词、术语和符号说明		
绪论	1	
§ 1 我国金属切削发展概况	1	
§ 2 本课程内容与学习方法	2	
第一章 刀具几何角度与切削要素	4	
§ 1-1 切削运动与切削用量	4	
§ 1-2 刀具切削部分的基本定义	6	
§ 1-3 刀具几何形状的图示方法	12	
§ 1-4 刀具角度的换算	14	
§ 1-5 刀具工作坐标系与工作角度	18	
§ 1-6 斜角切削与实际前角	24	
§ 1-7 切削层	24	
复习思考题	26	
第二章 刀具材料	27	
§ 2-1 概述	27	
§ 2-2 高速钢	28	
§ 2-3 硬质合金	31	
§ 2-4 陶瓷	35	
§ 2-5 超硬刀具材料	36	
复习思考题	38	
第三章 金属切削过程的基本规律	39	
§ 3-1 切削变形	39	
§ 3-2 切削力	51	
§ 3-3 切削热与切削温度	62	
§ 3-4 刀具磨损与刀具耐用度	66	
复习思考题	77	
第四章 金属切削过程基本规律的应用	78	
§ 4-1 切屑的控制	78	
§ 4-2 工件材料的切削加工性	83	
§ 4-3 切削液	87	
§ 4-4 已加工表面质量	90	
§ 4-5 刀具几何参数的合理选择	98	
§ 4-6 切削用量的合理选择	103	
复习思考题	110	
第五章 车刀	112	
§ 5-1 车刀的类型	112	
§ 5-2 焊接车刀	113	
§ 5-3 可转位车刀	119	
§ 5-4 机夹车刀	126	
复习思考题	128	
第六章 成形车刀	129	
§ 6-1 成形车刀的种类和用途	129	
§ 6-2 成形车刀的几何角度	130	
§ 6-3 成形车刀的截形设计	133	
§ 6-4 成形车刀的装夹和刀体结构	140	
§ 6-5 成形车刀的使用	143	
§ 6-6 棱形成形车刀设计举例	144	
复习思考题	148	
第七章 钻削与钻头	149	
§ 7-1 麻花钻结构与几何参数	149	
§ 7-2 钻削过程特点与钻削用量选择	157	
§ 7-3 麻花钻的修磨与群钻	161	
§ 7-4 各类钻头的结构特点	166	
复习思考题	173	
第八章 扩孔钻、铰钻、铰刀和镗刀	174	
§ 8-1 扩孔钻、铰钻	174	
§ 8-2 铰刀	176	
§ 8-3 镗刀	190	
复习思考题	195	
第九章 拉刀	196	
§ 9-1 拉刀的种类与用途	196	
§ 9-2 拉刀的组成与拉削过程特点	198	
§ 9-3 拉削方式	200	
§ 9-4 综合轮切式圆孔拉刀设计	203	
§ 9-5 矩形花键拉刀的设计特点	209	
§ 9-6 拉刀的使用和结构改进	212	
复习思考题	215	

第十章 铣削与铣刀	216
§ 10-1 铣刀的类型和几何参数	216
§ 10-2 铣削要素	219
§ 10-3 铣削力	221
§ 10-4 顺铣与逆铣	224
§ 10-5 铣刀的磨损、破损与耐用度	225
§ 10-6 常用尖齿铣刀的结构特点与应 用范围	230
§ 10-7 硬质合金面铣刀	233
§ 10-8 尖齿铣刀的结构改革	239
§ 10-9 铲齿成形铣刀	241
§ 10-10 铣刀的刃磨	247
复习思考题	247
第十一章 螺纹刀具	248
§ 11-1 丝锥	248
§ 11-2 其它螺纹刀具	255
复习思考题	259
第十二章 齿轮刀具	260
§ 12-1 齿轮刀具的种类	260
§ 12-2 盘形齿轮铣刀的选用	261

§ 12-3 齿轮滚刀	262
§ 12-4 蜗轮滚刀	280
§ 12-5 插齿刀	283
§ 12-6 其它齿轮刀具简介	291
复习思考题	294
第十三章 组合刀具、自动线刀具 和数控刀具	295
§ 13-1 组合刀具	295
§ 13-2 自动线刀具	301
§ 13-3 数控刀具简介	305
复习思考题	308
第十四章 磨削与砂轮	309
§ 14-1 磨削运动	309
§ 14-2 砂轮	310
§ 14-3 磨削过程	317
§ 14-4 磨削表面质量	323
§ 14-5 先进磨削方法	327
复习思考题	331
参考文献	332

绪 论

§ 1 我国金属切削发展概况

金属切削加工是指利用刀具切除被加工零件多余材料的方法。它能获得几何形状、尺寸精度和表面质量要求较高的零件，是机械制造业中最基本的加工方法，在国民经济中占有重要地位。

我国古代在金属切削方面有着光辉的成就。公元前二千多年青铜器时代已开始出现了金属切削加工的萌芽。当时青铜刀、锯、锉等刀具已经类似于现代的刀具。春秋中晚期，有一部现存的最早工程技术著作《考工记》。上面介绍了木工、金工等三十个专业技术知识。书中指出：“材美工巧”是制成良器的必要条件。“材美”指用优良的材料，“工巧”指采用合理的工艺。由大量出土文物与文献推测，最迟在八世纪（唐代）我国已有原始的车床。

公元 1668 年（明代）制造天文仪器 2m 直径的铜环，其外圆、内孔、平面及刻度的加工精度与表面粗糙度均达到相当高的水平，如图 1 所示。当时采用畜力带动铣刀进行铣削，用磨石进行磨削。铣刀已类似于近代的镶片铣刀。图 2 为用脚踏刃磨机刃磨刀片的情况。

在长期生产实践中，古人已注意总结刀具经验。明代张自烈著《正字通》中指出：“刀为体，刃为用，利而后能载物，古谓之芒。刃从坚则钝，坚非刃本义也”。由此说明，古人已十分强调刀刃的作用，正确阐明了刀刃利与坚的关系，对切削原理已有了朴素的唯物辩证的认识。

近代历史中，我国机械工业处于落后状态。19 世纪中叶起才开始有少量机械工厂。1915 年上海荣锡泰机器厂造出了国产第一台车床。据统计直到 1947 年，民用机械工业只有三千多个企业，拥有机床两万多台。当时使用碳素工具钢刀具，切削速度仅能在 10m/min 以内，切削效率很低。

建国以来，我国金属切削水平得到突飞猛进的发展。自

50 年代起就广泛使用了高速钢、硬质合金，大力推广高速切削、强力切削、多刀多刃切削，开展了刀具几何参数的改革与研究。在学习国内外经验的同时，广泛开展了技术革新与技术革命活动，创造了大量的先进刀具。如群钻、75° 强力车刀、高速螺纹刀、细长轴车刀、宽

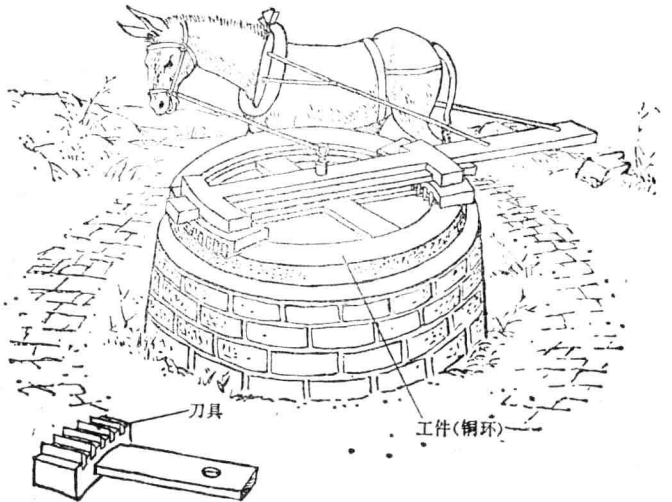


图 1 1668 年天文仪器铜环的铣削加工

刃精刨刀、强力铣刀、拉式丝锥、深孔钻等。工具研究所、大专院校普遍建立切削实验室，开展切削机理、切削力、切削温度、刀具磨损、加工表面质量等方面的研究。有关单位不断研究、生产出新型刀具材料：如高性能高速钢、粉末高速钢、涂层高速钢、细晶粒与涂层硬质合金、复合陶瓷、立方氮化硼与人造金刚石等。有关工具厂不断革新产品，改革工艺，扩大品种，提高刀具的精度与性能，已能制造各类普通、复杂刀具，各类可转位刀具，数控工具系统，满足生产的需要。

80年代初我国已建立起庞大的机械制造业，切削加工水平已接近并正在赶上国际先进水平。今天能切削加工的材料十分广泛，从软橡胶，塑料到高强度钢、钛合金、冷硬铸铁，淬硬钢以及HRC70左右的热喷焊层等。

随着精密机械、电子、造船、宇航等工业的发展，新材料、新产品的不断出现，在金属切削加工中碰到的新问题也日益增多。如解决硬、韧、脆、粘等难加工材料的切削；解决精、光、深、长、薄、小件的加工等等。从国内外金属切削原理与刀具的发展趋势来看，主要有以下几个方面：

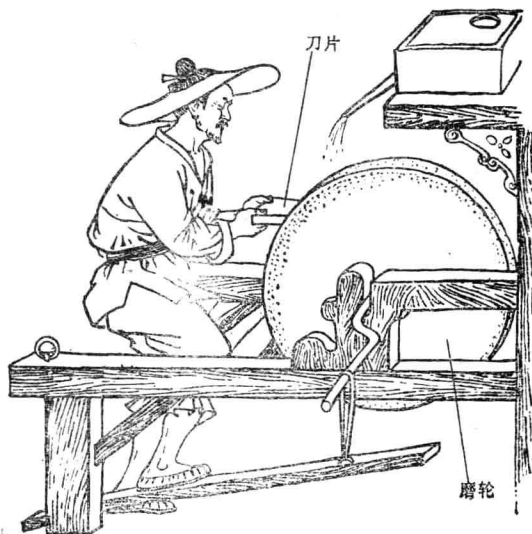


图2 1668年脚踏刀磨机

1) 进一步研究、推广使用新型优质刀具材料，满足加工要求，提高加工表面质量与切削效率，降低成本；

2) 不断研究改革刀具的结构、几何参数、切削图形与切削方法；扩大硬质合金、可转位刀具的应用范围；提高刀具标准化、系列化的程度；改革刀具使用中的管理方法，提高经济效益；

3) 采用现代化测试手段，先进的实验方法，开展对切削机理的研究，特别是研究难加工材料与新刀具材料的切削规律，使之不断创新；

4) 应用电子计算机处理实验数据，优化切削参数，设计复杂刀具等，以电脑代替人工，提高工作效率。

§ 2 本课程内容与学习方法

金属切削原理与刀具是研究金属切削过程基本规律与刀具设计、使用的一门科学，是机械制造专业的重要课程。其中切削原理又是本课及其它专业课的基础。

金属切削原理研究的主要内容有：刀具材料的性能与选用；刀具切削部分几何参数；切削过程现象与变化规律；被切削材料的加工性；提高加工表面质量与经济效益的方法；钻削、铣削、磨削过程特点等。这些内容又可以归纳为两个方面的问题：

1) 几何问题 主要指刀具几何角度、参数及其相互关系。一般应先学好车刀角度、弄清定义，画图标注以及换算方法。通过实验、做练习等手段加深理解，进而在车刀、钻头、

铣刀、齿轮刀具等章节的学习中不断反复应用，深化与提高，才能切实掌握。

2) 规律问题 主要指切削变形、切削力、切削温度、刀具磨损等规律。其中应先认识切削变形规律，通过实验建立感性概念，分析各种因素对其影响，进而学习切削力、切削温度、刀具磨损规律。通过在改善加工表面质量、提高切削加工的经济性等章节的学习，逐渐掌握切削规律在生产中的应用方法。

金属切削刀具是切削加工中重要工具，也是切削加工中影响生产率、加工质量与成本的最活跃的因素。因为刀具变化灵活、改革简便、收效显著。

刀具种类繁多，例如有单刃刀具，多刃刀具，成形刀具；有整体高速钢刀具，镶片硬质合金刀具、机夹、可转位式刀具等。本书按加工方式划分刀具章节，有车刀、钻头、铰链刀、铣刀、拉刀、螺纹刀具、齿轮刀具等。由单刃到多刃，由简单到复杂顺序讲解。在各种类型的刀具中，又可分为如下两类，对它们的教学方法也有所不同。

1) 标准刀具 指专业工厂按国标或部标生产的刀具。如可转位车刀、麻花钻、铰、铣刀、丝锥、板牙、插齿刀、齿轮滚刀等。这类刀具讲解的重点是结构，工作原理，选择与使用方法。其中还讲解了机夹、可转位车、铣刀结构分析，刀片槽型的选择，以及麻花钻的修磨与群钻，为使用面广的通用刀具改革，推广先进刀具打下初步基础。

2) 非标准刀具 指需专门设计制造的刀具。如成形车刀与铣刀、拉刀、蜗轮滚刀等。这类刀具主要讲解其设计原理与计算方法，通过设计实例和设计作业进行练习，以达到初步掌握一般非标刀具设计计算及绘图方法。

金属切削原理与刀具是与生产实践紧密联系的，涉及知识面较广。因此除学好教材上基本内容以外，还应阅读有关资料，熟悉有关手册、样本，特别要重视生产实际，参加生产劳动与工作实践。这样才能做到理论联系实际，逐步提高解决实际问题的工作能力。

第一章 刀具几何角度与切削要素

本章以车刀为代表，讲解切削运动、刀具几何角度、切削要素方面的名词术语与基本定义。着重讲解车刀几何形状的分析与图示方法；刀具标注坐标系与刀具角度；刀具工作坐标系与工作角度。掌握这些内容，并深刻理解，就能达到学会分析各类刀具的目的。本章是学习金属切削原理、刀具设计与使用的重要基础。

§ 1-1 切削运动与切削用量

一、切削运动、切削层与工件上形成的表面

金属切削机床的基本运动有直线运动和回转运动。但是，按切削时工件与刀具相对运动所起的作用来分，可分为主运动和进给运动。图 1-1 表示了车削运动、切削层及工件上形成的表面。

(一) 主运动

主运动是进行切削的最主要的运动。通常它的速度最高，消耗机床动力最多。机床的主运动只有一个。车、镗削的主运动是工件与刀具相对的旋转运动。

(二) 进给运动

进给运动与主运动配合后，将能保持切削工作连续或反复地进行，从而切除切削层形成已加工表面。机床的进给运动可由一个、两个或多个组成，通常消耗动力较小。进给运动可以是连续运动，也可以是间歇运动。如图 1-1 中，车外圆时纵向进给运动 v_f 是连续的，横向进给运动 v_a 是间断的。

(三) 切削层

在图 1-1 中，设切削时工件旋转一周，刀具从位置 I 移到位置 II。切削刃在 I、II 之间的一层材料被切下。刀具正在切削着的这层材料称切削层。图中 $\square ABCD$ 称切削层横截面积。

(四) 工件上形成的表面

切削时，工件上有三个不断变化着的表面：
待加工表面：即将被切除的表面；
已加工表面：经过切削形成的表面；
加工表面：切削刃正在切削的表面。

二、切削用量、切削时间与金属切除率

切削用量可用来表示主运动及进给运动参数的数量，以便用于调整机床。它包括切削速度、进给量、切削深度三要素。

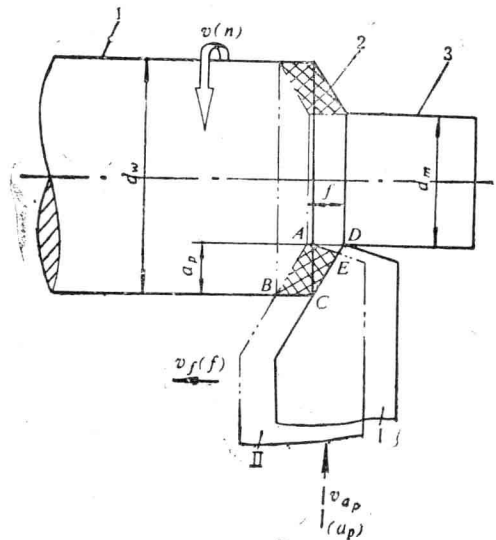


图 1-1 切削运动、切削层及工件上的表面

1—待加工表面 2—加工表面 3—已加工表面

(一) 切削速度 v

切削速度是主运动的线速度，单位为 m/min 。车削时切削速度为：

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{dn}{318} \quad (1-1)$$

式中 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 。

(二) 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，即单位为 mm/r 。故车削时进给运动速度 v_f 为：

$$v_f = nf \quad (\text{单位为 } \text{mm}/\text{min}) \quad (1-2)$$

(三) 切削深度 a_p

切削深度是垂直于进给运动方向测量的切削层横截面尺寸（单位为 mm ）。如图 1-1 所示，车外圆时：

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-3)$$

式中 d_w ——待加工表面直径；

d_m ——已加工表面直径。

(四) 切削时间 t_m

切削时间是反映切削效率高的一种指标。

由图 1-2 知，车外圆时切削时间 t_m 可由下式计算：

$$t_m = \frac{lA}{v_f a_p} \quad (\text{单位为 } \text{min}) \quad (1-4)$$

式中 l ——刀具行程长度；

A ——半径方向加工余量。

将式 (1-2)、(1-1) 代入式 (1-4) 中，可得：

$$t_m = \frac{\pi dlA}{1000 a_p f v} \quad (1-5)$$

从式 (1-5) 知，提高切削用量 a_p 、 f 、 v 中任何一个要素，都可缩短切削时间，提高生产效率。

(五) 金属切除率 Z_w

金属切除率指每分钟切下工件材料的体积。它是衡量切削效率高低的另一种指标。 Z_w 由下式计算：

$$Z_w = 1000 v a_p f \quad (\text{单位为 } \text{mm}^3/\text{min}) \quad (1-6)$$

三、合成切削运动与合成切削速度

当主运动与进给运动同时进行时，刀具切削刃上某一点相对工件的运动称为合成切削运动，其大小与方向用合成速度向量 v_s 表示。如图 1-3 所示，合成速度向量等于主运动速度与进给运动速度的向量和。即

$$v_s = v + v_f \quad (1-7)$$

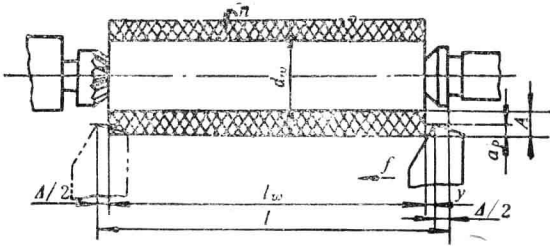


图1-2 车外圆时切削时间计算图

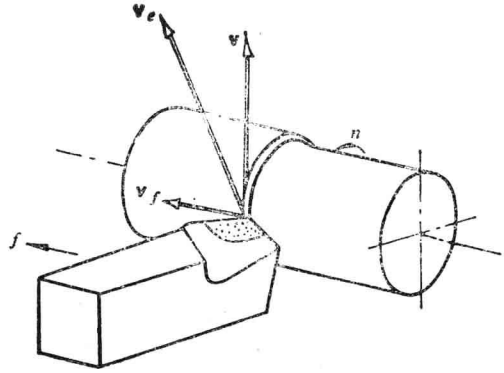


图1-3 切削时合成切削速度

§ 1-2 刀具切削部分的基本定义^[34]

一、刀具的组成部分

如图 1-4 所示的车刀由刀头、刀杆两大部分组成。刀头用于切削又称切削部分，刀杆用于装夹又称刀体。

刀具切削部分由刀面、切削刃（也称刀刃）构成。不同的刀面用字母 A 和下角标组成的复合符号标记。切削刃用字母 S 标记。副切削刃及其相关连的刀面，在标记符号右上角加一撇以示区别。

（一）刀面

1. 前刀面 A_r

切屑流出时经过的刀面称前刀面。

2. 后刀面 A_s

与加工表面相对的刀面称后刀面。

3. 副后刀面 A'_s

与已加工表面相对的刀面称副后刀面。

前刀面、后刀面之间所包含的刀实体部分称刀楔。

（二）切削刃

1. 主切削刃 S

主切削刃是担任主要切削工作的切削刃，它是前刀面与后刀面汇交的边缘，即图 1-1 中 \overline{AB} 。

2. 副切削刃 S'

副切削刃是担任少量切削工作的切削刃，它是前刀面与副后刀面汇交的边缘，即图 1-1 中 \overline{AE} 。

（三）刀尖

主、副切削刃汇交的一小段切削刃称刀尖。

实际使用的刀具切削部分放大形状如图 1-5 a 所示。由于切削刃不可能刃磨得很锋利，

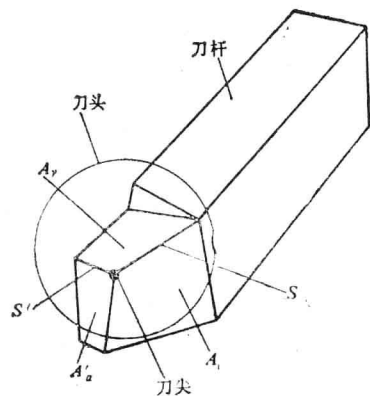


图1-4 典型外圆车刀切削部分的构成