

张维纪 编著

金属切削原理及刀具

(修订版)

浙江大學出版社



ISBN 7-308-00777-4



9 787308 007771

0 1 >



ISBN 7-308-00777-4/TG · 029 定价: 22.00元

金属切削原理及刀具

(修订版)

张维纪 编著

浙江大學出版社



内容简介

本书是参考全国高等工业学校机制专业教学指导委员会制订的《金属切削原理与刀具》教学大纲(征求意见稿)编写的。分切削原理与切削刀具两篇。包括基本定义,刀具材料、切屑的形成、切削力、切削热和切削温度、刀具的磨损及耐用度、已加工表面的形成及其质量、工件材料的切削加工性、切削液、刀具合理几何参数的选择、切削用量的制订、磨削、车刀、铣刀、麻花钻、盘形齿轮铣刀、插齿刀、齿轮滚刀、剃齿刀、成形车刀、铲齿成形铣刀、拉刀、蜗轮滚刀、花键滚刀齿形的求法等共 24 章。附有专用刀具设计实例和设计所需要的参考资料。

本书也可供成人教育、业余大学、电大的教师和学生以及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理及刀具 / 张维纪编著. —2 版(修订版).

—杭州: 浙江大学出版社, 2005. 6

ISBN 7-308-00777-4

I. 金... II. 张... III. ①金属切削—高等学校—
教材②刀具(金属切削)—高等学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 050745 号

责任编辑 张 真

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.25

字 数 442 千

版 次 1991 年 8 月第 1 版 2005 年 6 月第 2 版 2005 年 6 月第 9 次印刷

印 数 31001—33000

书 号 ISBN 7-308-00777-4/TG·029

定 价 22.00 元



《金属切削原理及刀具(修订版)》再版说明

本书自1991年8月第1版起,已经十余年的教学使用,至今已重印8次,然而仍常有读者索书时希望再印。

据此,为了适应多种教学层次的具体要求,我们对原来的铅版版本作了全面的修订与校正,特别是对原版中的插图用电脑作了重新绘制,并对全书的内容也作了删改和补充,以体现学科的现代进展状况,使整书质量有了较大的提高。

现以修订版的形式予以重新出版。

浙江大学出版社

2005年6月



前 言

本书是参考全国高等工业学校机制专业教学指导委员会制订的《金属切削原理与刀具》教学大纲(征求意见稿)编写的。

全书共分两篇。第一篇“切削原理”,它是机制专业的专业基础理论,是学习专业课必须掌握的基础知识。教材内容以理论上认识金属切削过程的一般现象和基本规律为主,着重阐述了基本定义、切屑形成、切削力、切削热和切削温度、刀具磨损和耐用度。为使学生能以所学的知识,初步解决生产中的一些实际问题,也对已加工表面的形成及其质量、刀具合理几何参数的选择、切削用量的制订进行了分析讨论;对刀具材料、工件材料的切削加工性、切削液也作了介绍,还对磨削加工及工具作了介绍。

第二篇“切削刀具”,它对于提高劳动生产率、保证加工精度与表面质量、改进生产技术、降低加工成本都有直接的影响。如何正确选择、合理使用、不断改进刀具,以及设计专用刀具,是机械加工中一项重要工作。

刀具的种类很多,随着生产的不断发展,还会日益增加,按设计、制造、使用,可分为:

1. 标准通用工具。如:切刀类中的可转位式刀具;铣刀类中的圆柱平面铣刀、平面端铣刀、槽铣刀、角度铣刀;孔加工刀具类中的钻头、扩孔钻、铰钻、铰刀;螺纹刀具类中的丝锥、扳牙、螺纹梳刀、螺纹铣刀、螺纹切头等。

2. 标准专用刀具。如齿轮刀具类中的盘形齿轮铣刀、插齿刀、滚刀、剃齿刀、锥齿轮刀具等。

3. 专用刀具。如成形车刀、成形铣刀、拉刀、蜗轮滚刀、花键滚刀等。

前两类刀具,一般由国家专门机构按标准化设计,让专业厂生产,提供给用户。对标准通用刀具主要是正确选择、合理使用;对标准专用刀具还有使用前的验算问题。

在本教材中主要以铣削、麻花钻为典型实例,阐述标准通用刀具的合理使用与革新中的一些问题,并对先进的可转位式刀具也作了介绍;对常用的盘形齿轮铣刀、插齿刀、滚刀、剃齿刀等标准专用刀具,着重阐述了它们的工作原理、结构特点、应用范围、使用前的验算等。

为使学生初步掌握专用刀具的设计方法,本教材还较详细地介绍了常用的成形车刀、成形铣刀、拉刀、蜗轮滚刀等的设计原理,设计、计算方法,列举了设计实例,并附有相应的设计参考资料,对花键滚刀齿形的求法也作了较详细的介绍。

以上编选的内容是否详尽、合适,还望同行、读者赐教。

编者

1990年12月

目 录

第一篇 切削原理

第一章 基本定义	1
§ 1-1 切削运动	1
§ 1-2 刀具切削部分的组成要素	2
§ 1-3 刀具角度	3
一、刀具切削角度的坐标平面	3
二、刀具标注角度的坐标系(主剖面坐标系)	3
§ 1-4 切削层要素	8
§ 1-5 刀具角度的换算	10
一、法剖面坐标系	10
二、切深和进给剖面坐标系	12
§ 1-6 车刀刃磨时转动角度的修正计算	17
练习题 1	18
第二章 刀具材料	19
§ 2-1 刀具材料应具备的性能	19
§ 2-2 常用的刀具材料	19
一、高速钢	19
二、硬质合金	20
§ 2-3 其他刀具材料	21
练习题 2	22
第三章 切屑的形成	23
§ 3-1 切屑的形成过程	23
§ 3-2 第一变形区的变形	23
一、变形区内金属的剪切变形	23
二、变形程度的表示方法	24
§ 3-3 前刀面的挤压、摩擦及其对切屑变形的影响	26
一、作用在切屑上的力	26
二、 ϕ 与 β 的关系	27

三、前刀面上的摩擦	27
四、影响前刀面摩擦系数的主要因素	28
§ 3-4 积屑瘤的形成及其对切削过程的影响	29
一、现象	29
二、产生	30
三、影响	30
四、控制	30
§ 3-5 切屑变形的变化规律	31
练习题 3	32
第四章 切削力	33
§ 4-1 切削力的来源、合力、分解	33
§ 4-2 计算切削力的经验公式	34
一、切削力的测量	34
二、经验公式的建立步骤	35
§ 4-3 切削功率、单位切削力、单位切削功率	37
一、切削功率	37
二、单位切削力和单位切削功率	37
§ 4-4 影响切削力的因素	38
一、工件材料	38
二、切削用量	38
三、刀具几何参数	39
四、其他	41
练习题 4	41
第五章 切削热和切削温度	42
§ 5-1 切削热的产生和传出	42
§ 5-2 切削温度的测量方法	42
§ 5-3 影响切削温度的主要因素	43
一、切削用量	44
二、刀具几何参数	44
三、工件材料	45
四、其他	45
§ 5-4 切削温度的分布	45
§ 5-5 切削温度对工件、刀具和切削过程的影响	46
练习题 5	47
第六章 刀具的磨损和耐用度	48
§ 6-1 刀具磨损的形式	48
§ 6-2 刀具磨损的原因	49

§ 6-3 刀具磨损过程及磨钝标准	50
一、磨损过程	50
二、刀具的磨钝标准	50
§ 6-4 刀具耐用度及其与切削用量的关系	51
一、切削速度与刀具耐用度的关系	51
二、进给量、切削深度与刀具耐用度的关系	52
§ 6-5 刀具的破损	52
练习题 6	53
第七章 已加工表面的形成及其质量	54
§ 7-1 已加工表面的形成过程(第三变形区)	54
§ 7-2 已加工表面质量	54
§ 7-3 已加工表面粗糙度	55
一、几何因素所造成的粗糙度	55
二、切削过程中不稳定因素所产生的粗糙度	55
§ 7-4 表面层材质变化	56
一、加工硬化	56
二、残余应力	57
练习题 7	58
第八章 工件材料的切削加工性	59
§ 8-1 切削加工性的概念和标志方法	59
一、概念	59
二、常用衡量加工性的标志	59
§ 8-2 工件材料的物理机械性能、化学成分及金相组织对切削加工性的影响	60
一、物理机械性能	60
二、化学成分	60
三、金相组织	61
§ 8-3 改善材料切削加工性的措施	61
一、调整化学成分	61
二、材料加工前进行合适的热处理	61
三、选择加工性好的材料状态	62
四、其他	62
练习题 8	62
第九章 切削液	63
§ 9-1 切削液的作用	63
§ 9-2 切削液添加剂	63
§ 9-3 常用的切削液及其选用	64
一、切削液的类型	64

二、切削液的选用	64
§ 9-4 切削液的使用方法	65
练习题 9	66
第十章 刀具合理几何参数的选择	67
§ 10-1 前角和前刀面形状的选择	67
一、前角 γ_0	67
二、倒棱	68
三、带卷屑槽的前刀面形状	69
§ 10-2 主、副后角的选择	70
一、主后角 α_0	70
二、副后角 α_0'	71
§ 10-3 主、副偏角及刀尖形状的选择	71
一、主偏角 κ_r	71
二、副偏角 κ_r'	72
三、刀尖形状	72
§ 10-4 刀倾角 λ 的选择	73
练习题 10	76
第十一章 切削用量的制订	77
§ 11-1 制订切削用量的原则	77
§ 11-2 刀具耐用度的确定	78
一、最高生产率耐用度	78
二、最低成本耐用度(经济耐用度)	79
§ 11-3 a_p, f, v 的确定	80
§ 11-4 切削用量最佳化的设计	86
§ 11-5 提高切削用量的途径	88
练习题 11	88
第十二章 磨削	89
§ 12-1 砂轮特性及其选择	89
一、磨料	89
二、粒度	89
三、结合剂	90
四、硬度	90
五、组织	90
六、形状及用途	91
§ 12-2 砂轮表面形貌	92
§ 12-3 磨削过程	93
一、磨削运动	93

二、磨粒切除切屑的几何图形	93
三、磨粒切除切屑时与工件的接触状态	95
四、磨削中各参数的关系	95
§ 12-4 磨削力及功率	97
一、磨粒受力情况	97
二、磨粒的负前角对磨屑形成的影响	97
三、砂轮上的磨削力	98
四、磨削力对磨削过程的影响	99
五、磨削功率消耗	99
六、磨削用量及单位时间磨除量	99
§ 12-5 磨削温度	100
一、来源	100
二、影响因素	100
§ 12-6 磨削表面质量	101
一、粗糙度	101
二、表面烧伤	101
三、残余应力	102
四、磨削裂纹	102
§ 12-7 砂轮磨损与耐用度	102
一、磨损的基本形态及恶化型式	102
二、表示砂轮磨损的参数	103
三、砂轮耐用度	104
四、砂轮的修整	104
§ 12-8 高效磨削	105
一、高精度、高光洁表面磨削	105
二、高效率磨削	106
练习题 12	107

第二篇 切削刀具

第一部分 标准通用刀具

第十三章 车刀	109
练习题 13	111
第十四章 铣刀	112
§ 14-1 铣刀的几何角度	112
§ 14-2 铣削参数	113
一、铣削要素	113

二、切削层参数	114
§ 14-3 铣削力和功率	115
一、铣削力	115
二、铣削功率	116
§ 14-4 铣削方式	116
练习题 14	118
第十五章 麻花钻	119
§ 15-1 麻花钻的几何参数	119
§ 15-2 钻削要素	122
§ 15-3 钻削力、扭矩	123
§ 15-4 麻花钻的修磨	123
一、麻花钻几何参数存在的缺点	123
二、麻花钻常见的修磨方法	124
三、群钻	125
§ 15-5 麻花钻的刃磨	127
一、钻削时的实际切削角度	127
二、麻花钻的刃磨方法	127
练习题 15	128

第二部分 标准专用刀具

第十六章 盘形齿轮铣刀	129
§ 16-1 盘形齿轮铣刀的分组	129
§ 16-2 盘形齿轮铣刀加工斜齿圆柱齿轮	130
练习题 16	131
第十七章 插齿刀	132
§ 17-1 插齿刀的工作原理及用途	132
§ 17-2 直齿插齿刀的切削刃及其前、后刀面	133
§ 17-3 正前角插齿刀的齿形误差及其修正方法	134
一、齿形误差	134
二、齿形误差的修正方法	135
§ 17-4 插齿刀加工齿轮时的验算	136
一、被切齿轮过渡曲线干涉的验算	137
二、被切齿轮根切的验算	138
三、被切齿轮顶切的验算	138
§ 17-5 插齿刀的刃磨及变位系数 X_0 的测定	139
一、刃磨	139
二、重磨后变位系数的测定	139

练习题 17	140
第十八章 齿轮滚刀	141
§ 18-1 齿轮滚刀的工作原理	141
§ 18-2 滚刀与插齿刀的比较	143
§ 18-3 滚刀的合理使用	143
一、滚刀的选用和合理安装	143
二、滚刀的刃磨	144
三、重磨后的齿形误差及检验	144
练习题 18	146
第十九章 剃齿刀	147
§ 19-1 剃齿刀的用途和工作原理	147
§ 19-2 剃齿刀使用前的验算	149
练习题 19	150

第三部分 专用刀具设计

第二十章 成形车刀	151
§ 20-1 成形车刀的特点、类型和装夹	151
一、特点	151
二、类型	151
三、装夹	152
§ 20-2 成形车刀的前、后角	153
§ 20-3 成形车刀的廓形设计	156
一、廓形设计的必要性	156
二、棱体成形车刀	156
三、圆体成形车刀	158
§ 20-4 成形车刀加工圆锥面时的误差	160
一、棱体成形车刀	160
二、圆体成形车刀	161
三、避免或减少误差的措施	162
§ 20-5 成形车刀的附加切削刃及宽度、样板	162
一、附加切削刃及宽度	162
二、样板	163
§ 20-6 成形车刀设计举例	164
练习题 20	173
附录 成形车刀设计参考资料(部分)	174

第二十一章 铲齿成形铣刀	179
§ 21-1 齿背曲线的铲齿加工	179
一、对铣刀后刀面的要求	179
二、铲齿过程	179
§ 21-2 铲齿量及后角	180
一、铲齿量 K 及端面顶刃后角 α_t	180
二、法向后角及其改善	181
§ 21-3 $\gamma_t > 0^\circ$ 时刀齿廓形的计算	182
§ 21-4 铣刀的结构参数	184
§ 21-5 成形铣刀设计举例	187
练习题 21	191
附录 铲齿成形铣刀设计参考资料(部分).....	193
第二十二章 拉刀	199
§ 22-1 拉削特点	199
§ 22-2 拉刀的结构	200
§ 22-3 拉削图形	200
一、同廓拉削图形	200
二、分块(轮切)拉削图形	200
三、综合拉削图形	201
§ 22-4 圆孔拉刀设计	202
一、切削部	202
二、校准部	206
三、其他部分与总长度	207
四、强度与拉床拉力的校验	208
§ 22-5 圆孔拉刀设计举例	209
练习题 22	213
附录 圆孔拉刀设计参考资料(部分).....	216
第二十三章 蜗轮滚刀	226
§ 23-1 工作原理和切削方式	226
一、工作原理	226
二、切削方式	226
§ 23-2 径向进给的蜗轮滚刀设计	227
一、结构设计	227
二、齿形设计	234
§ 23-3 蜗轮飞刀	238
§ 23-4 径向进给蜗轮滚刀设计举例	239
练习题 23	242

附录 径向进给蜗轮滚刀设计参考资料(部分).....	244
第二十四章 花键滚刀齿形的求法.....	251
§ 24-1 花键滚刀法向齿形的求法	251
一、作图法	251
二、计算法	252
§ 24-2 工件节圆半径 r 的确定	253
一、 r 最小值的确定	253
二、过渡曲线高度及带角花键滚刀	255
§ 24-3 用近似圆弧代替理论齿形	256
一、三点共圆法	256
二、最小二乘法	257
三、代用圆弧引起的齿形误差	258
练习题 24	259
主要参考文献.....	260



第一篇 切削原理

第一章 基本定义

金属切削过程是工件和刀具相互作用的过程。刀具要从工件上切去一部分金属,并在保证高生产率和低成本的前提下,使工件得到符合技术要求的形状、尺寸精度和表面质量。为了实现这一过程,必须具备以下三个条件:工件与刀具之间要有相对运动,即切削运动;刀具材料必须具有一定的切削性能;刀具必须具有适当的几何参数,即切削角度等。

本章主要以外圆车刀为对象,叙述了切削过程中的切削运动、切削用量、刀具切削部分的组成要素、刀具几何角度的基本定义、工作角度、切削层要素和残留面积,并且分析了刀具几何角度之间的相互关系及其换算方法。

这些基本概念也适用于其他刀具,是选用、革新、设计刀具必须首先掌握的内容之一。

§ 1-1 切削运动

在金属切削中,为了要从工件上切去一部分金属,刀具和工件间必须完成一定的切削运动。以图 1-1 所示的外圆车削的情况,工件旋转,刀具连续纵向直线进给,于是形成工件外圆柱表面。

切削运动包括:主运动和进给运动。

主运动 切削运动中速度最高、消耗功率最大的运动称主运动,是切下金属所必须的基本运动,如车削中工件的旋转或铣削中刀具的旋转等。主运动速度即切削速度 v ,外圆车削或用旋转刀具进行切削时,以下式计算:

$$v = \frac{\pi d n}{1000} (\text{m/s 或 m/min})$$

式中 d ——工件或刀具直径(mm);

n ——工件或刀具转速(r/s 或 r/min)

进给运动 使新的金属层不断投入切削,以便切完工件表面上全部余量的运动。进给运动的大小可用进给量 f (mm/r) 表示。对于外圆车削,进给量指工件转一转,刀具沿工件轴向的移动距离;对多刃旋转刀具常用到每齿进给量 a_f (mm/z) 及每秒进给量 v_f (mm/s)。

在整个切削过程中,工件上有三个表面:

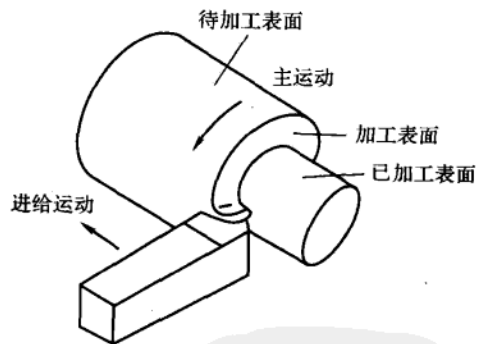


图 1-1 车削时的切削运动

(1-1)

- (1) 待加工表面: 即将被切去金属层的表面;
- (2) 加工表面: 切削刃正在切削的表面;
- (3) 已加工表面: 已经切去一部分金属而形成的新表面。

这些定义也适用于其他切削。图 1-2, a)、b)、c) 分别表示了刨削、钻削、铣削、铣削时的切削运动。

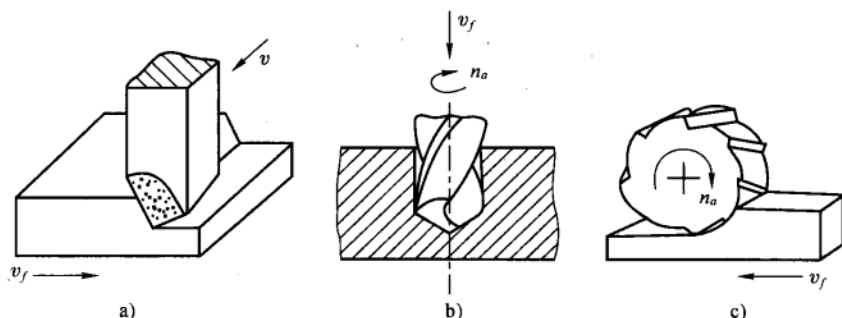


图 1-2 刨、钻、铣的切削运动

主运动和进给运动的合成 车削时主运动和进给运动同时进行, 刀具上切削刃某一点相对于工件的合成运动称合成切削运动, 可用合成速度向量 v_c 表示。由图 1-3 可知, 合成速度向量 v_c 等于主运动速度 v 与进给速度 v_f 的向量和, 即

$$v_c = v + v_f \quad (1-2)$$

显然, 沿切削刃各点的合成速度向量并不相等。

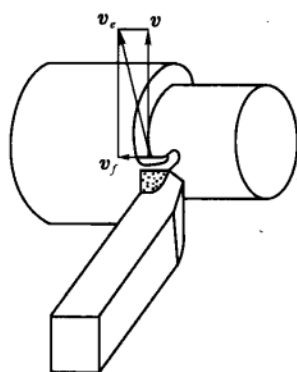


图 1-3 车削时的合成速度向量

§ 1-2 刀具切削部分的组成要素

切削刀具的种类繁多、形状各异, 但就其切削部分而言, 则都可以看成是外圆车刀刀头的演变。

图 1-4 所示的为常见的普通车床上所使用的外圆车刀, 它由刀杆(用来把车刀固定在刀座上)和刀头(切削部分)所组成。

刀头直接担负切削工作, 它由下列要素组成:

刀面:

前刀面 (A_f): 刚形成的切屑沿其上流出的表面;

主后刀面 (A_s): 和工件加工表面相对的表面;

副后刀面 (A_s'): 和工件已加工表面相对的表面。

切削刃: 两个面相交形成了切削刃。

主切削刃: 前刀面和主后刀面的交线, 它担任主要切削工作;

副切削刃: 前刀面和副后刀面的交线。

刀尖: 主切削刃和副切削刃的交点。

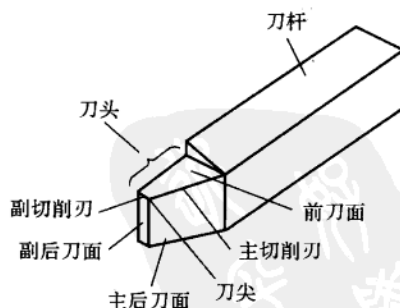


图 1-4 刀具切削部分组成要素