

高等学校“十一五”规划教材 / 机械类



金属切削原理与刀具

(第3版)

韩荣第 编著

哈尔滨工业大学出版社

高等学校“十一五”规划教材/机械类

金属切削原理与刀具

(第3版)

韩荣第 编著

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书分两大部分,共计19章。第1章~第11章为切削原理部分,包括:基本定义、刀具材料、金属切削过程、切削力、切削热与切削温度、刀具磨损与使用寿命、切削用量的选择、工件材料切削加工性与切削液、已加工表面质量、刀具合理几何参数的选择及磨削。第12章~第19章为切削刀具部分,包括:车刀、成形车刀、孔加工刀具、铣削与铣刀、拉削与拉刀、螺纹刀具、齿轮刀具及自动化加工用刀具。

本书既可作为高等学校机械类专业本科学生的教材,也可作为成人教育学院和高职高专机械类专业及相近专业学生的教材,还可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理与刀具/韩荣第编著.—3版.—哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-5603-1232-3

I.金… II.①韩… III.①金属切削- ②刀具(金属切削)
IV.TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 111873 号

责任编辑 黄菊英

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 肇东粮食印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 17.75 字数 432 千字

版 次 2007年7月第3版 2007年7月第6次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-1232-3

定 价 26.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

第3版前言

本书是在第1、2版基础上修订而成的。首先,增加了绪论,目的在于使学生明确本课程的性质与任务、特点与学习方法及本学科的地位及发展概况;第二,编著者根据自己40多年的教学经验,充分考虑学生的实际情况,对某些章节的内容和文字进行了删改,使得内容更加精炼、语言表达更加准确简捷;第三,更正了某些插图中存在的不准确之处。

在修订过程中,保留了原书的特色:内容少而精,深广度适中,既加强了基本内容的讲述,又联系了生产实际,还适当介绍了当今金属切削与刀具方面的先进技术。编写中力求贯彻新国标,并兼顾我国多年的沿用习惯。全书分为切削原理和刀具两大部分。前部分重点在阐明金属切削方面的基本定义、金属切削过程中的基本规律及提高加工质量和生产效率的基本途径;后部分中通用(标准)刀具部分重点介绍其基本概念、结构特点及使用中应注意的问题,专用(非标准)刀具部分为满足课程设计的需要,较详细地讲述了设计原理与方法。

全书仍为19章。由哈尔滨工业大学韩荣第教授编著。其中绪论、第1、2、3、4、9、13、14、18章由韩荣第和韩滨修订编著,第5、6、7、8、10、11、15、19章由唐艳丽、孙玉洁和周明修订,第12、16、17章由曲存景修订。全书由韩荣第教授统稿、定稿。

因水平和时间所限,书中不当之处与疏漏在所难免,恳请批评指正。

编著者

2007年7月于哈尔滨

目 录

绪论	(1)
第1章 基本定义	(3)
1.1 切削运动与工件表面及切削用量	(3)
1.2 刀具几何角度	(5)
1.3 切削层参数与切削方式	(11)
复习思考题	(12)
第2章 刀具材料	(13)
2.1 概述	(13)
2.2 工具钢	(14)
2.3 高速钢	(15)
2.4 硬质合金	(16)
2.5 其他刀具材料	(21)
复习思考题	(22)
第3章 金属切削过程	(23)
3.1 切屑的形成过程	(23)
3.2 切削过程中的三个变形区	(24)
3.3 切屑变形的表示方法	(26)
3.4 剪切角	(28)
3.5 前刀面上的摩擦与积屑瘤现象	(29)
3.6 影响切屑(削)变形的因素	(30)
3.7 切屑类型及其控制	(33)
复习思考题	(35)
第4章 切削力	(36)
4.1 切削力的构成与切削合力及分力与切削功率	(36)
4.2 切削力的测量及经验公式	(38)
4.3 影响切削力的因素	(47)
复习思考题	(51)
第5章 切削热与切削温度	(52)
5.1 切削热的产生与传出	(52)
5.2 切削温度及其测量方法	(53)
5.3 影响切削温度的因素	(55)
复习思考题	(59)
第6章 刀具磨损与刀具使用寿命	(60)
6.1 刀具磨损形态	(60)

6.2 刀具磨损的原因	(62)
6.3 刀具磨损过程与磨钝标准	(64)
6.4 刀具使用寿命及与切削用量的关系	(66)
6.5 刀具合理使用寿命的制订	(68)
复习思考题	(70)
第7章 切削用量的选择	(72)
7.1 切削用量选择的基本原则	(72)
7.2 合理切削用量的选择方法	(73)
7.3 切削用量优化简介	(77)
复习思考题	(79)
第8章 工件材料切削加工性与切削液	(80)
8.1 工件材料的切削加工性	(80)
8.2 影响工件材料切削加工性的因素及改善途径	(81)
8.3 切削液及其合理选用	(84)
复习思考题	(90)
第9章 已加工表面质量	(91)
9.1 已加工表面的形成过程	(91)
9.2 已加工表面质量概述	(91)
9.3 表面粗糙度	(93)
9.4 加工硬化	(97)
9.5 残余应力	(99)
复习思考题	(102)
第10章 刀具合理几何参数的选择	(103)
10.1 概述	(103)
10.2 刀具合理几何角度及其选择	(104)
复习思考题	(113)
第11章 磨 削	(114)
11.1 砂轮的特性要素及其选择	(114)
11.2 磨削加工类型与磨削运动	(120)
11.3 磨削过程	(122)
11.4 磨削的其他概念	(126)
11.5 先进磨削方法简介	(128)
复习思考题	(131)
第12章 车 刀	(132)
12.1 车刀的种类与用途	(132)
12.2 焊接车刀	(133)
12.3 机夹车刀	(136)
12.4 可转位车刀	(138)
12.5 车刀角度的换算	(141)

12.6 可转位车刀几何角度的设计计算	(144)
复习思考题	(147)
第 13 章 成形车刀	(148)
13.1 成形车刀加工特点	(148)
13.2 成形车刀的种类与装夹	(149)
13.3 成形车刀的前角与后角	(152)
13.4 径向成形车刀的廓形设计	(156)
13.5 成形车刀加工圆锥表面的双曲线误差	(159)
复习思考题	(162)
第 14 章 孔加工刀具	(163)
14.1 孔加工刀具的种类与用途	(163)
14.2 麻花钻	(166)
14.3 深孔钻	(178)
14.4 铰刀	(183)
复习思考题	(189)
第 15 章 铣削与铣刀	(191)
15.1 铣刀的种类与用途	(191)
15.2 铣刀的几何角度	(193)
15.3 铣削参数与铣削基本规律	(196)
15.4 成形铣刀	(205)
15.5 尖齿铣刀结构的改进	(211)
复习思考题	(213)
第 16 章 拉削与拉刀	(214)
16.1 概述	(214)
16.2 拉刀的结构组成	(217)
16.3 拉削图形	(219)
16.4 圆孔拉刀设计	(221)
16.5 拉刀的合理使用与刃磨	(228)
复习思考题	(229)
第 17 章 螺纹刀具	(231)
17.1 螺纹刀具的种类与用途	(231)
17.2 丝锥	(235)
复习思考题	(240)
第 18 章 齿轮刀具	(241)
18.1 齿轮刀具的分类	(241)
18.2 成形齿轮铣刀	(242)
18.3 插齿刀	(244)
18.4 齿轮滚刀	(247)
18.5 蜗轮滚刀	(252)

18.6 非渐开线齿形刀具	(260)
复习思考题	(262)
第 19 章 自动化加工用刀具	(264)
19.1 自动化加工对刀具的要求	(264)
19.2 自动化加工中刀具尺寸的补偿方法	(265)
19.3 自动化加工中的快速换刀与工具系统	(266)
19.4 自动化加工中的刀具管理系统	(272)
复习思考题	(275)
参考文献	(276)

绪 论

1. 课程的性质与任务

金属切削原理与刀具是研究金属切削加工规律与所用刀具的一门技术学科,是机械设计制造及其自动化专业的专业基础课程。

凡是从毛坯上切除一定厚度金属层,从而得到形状精度、尺寸精度和表面质量都合乎要求的加工,均称金属切削加工。如车、刨、钻、铣、镗、磨、研磨与抛光等等。

除切削加工外,金属加工方法中还有铸造、压力加工、焊接与粉末冶金等。但这些方法一般是用来制造毛坯或比较粗糙金属制品的。精度和表面质量要求较高的工件,大都非经切削加工不可。虽然近几十年来出现了精密铸造与精密锻造,但它们只能提供尺寸和质量较小、形状较简单的工件,还有电加工、三束加工(电子束、离子束与激光束),就是近年出现的快速原型制造也只能在某些特殊情况下才能发挥其作用,可见金属切削加工在机械制造中的地位是多么重要。

不言而喻,研究金属切削加工基本规律与所用刀具以提高产品质量和生产效率的这样一门学科是否重要就可想而知了。

学生通过本课程的课堂教学与相关实验,应达到以下“三基”的要求:

(1)掌握基本知识。包括基本定义、常用刀具材料的种类性能与选用、切削液的种类性能与选用、表示砂轮特性的五要素及选择。

(2)掌握基本理论。即掌握金属切削过程中产生的各种物理现象的基本规律(切削变形、切削力、切削温度与刀具磨损等)及影响因素。

(3)掌握基本技能。即掌握提高表面质量和生产效率途径的能力(改善材料加工性、提高已加工表面质量、合理切削用量和刀具合理几何参数选择等)以及实验技能(实验方法与数据处理方法),还要具备正确选用通用刀具、设计专用刀具的能力(可转位车刀、成形车刀或成形铣刀、拉刀)。

2. 切削加工的地位与发展

在各种加工方法中,切削磨削加工在机械制造业中所占比重最大。目前机械制造中所用工作母机的 80%~90% 仍为金属切削机床。日本近年来每年消耗与切削加工有关的费用超过 10 000 亿日元,美国每年消耗在切削加工方面的费用也达 1 000 亿美元。在工业发达国家的国民经济中创造物质财富部分,制造业占 2/3,其中机械制造业占主导地位。据估计,机械制造中约有 30%~40% 的工作量是切削磨削加工,对于形状和尺寸配合精度要求越高的零件,越必须经过切削磨削加工,至今还没有一种加工方法能完全代替切削磨削加工。

人类文明是随着生产工具的发展而发展的。我们的祖先曾经历过石器时代、铜器时代和铁器时代。据记载,我国在商代已采用各种青铜工具(如刀、钻等),公元前 8 世纪的春秋时代已采用锯、凿等铁制工具,1668 年使用过马拉铣床和脚踏砂轮机。18 世纪 60 年代,英国的 James Watt 发明了蒸汽机,1775 年 J. Wilkinson 研制成了加工蒸汽机汽缸的镗床,1818 年

美国的 Eli Whitney 发明了铣床。1865 年巴黎国际博览会前后,各式车床、镗床、插床、齿轮机床及螺纹机床相继出现。1851 年法国的 Cocquilhat 研究了钻削石头、铜与铁时所需要的功。1864 年法国人 Joessel 研究了刀具几何形状对切削力的影响。1870~1877 年俄国的 И. A. Тиме 研究了切屑的形成及切屑的类型。1906~1908 年美国的 F. W. Taylor 发表了“关于金属切削的技艺”(On the Art of Cutting Metals)及刀具使用寿命与切削速度间的关系式。后来 M. E. Merchant、Lee and Shaffer、M. C. Shaw、H. H. Зопев 及 P. L. B. Oxley 等都对剪切角进行了理论研究和试验研究,取得了可喜的进展。

社会生产力的发展要求机械制造业要不断提高生产效率和加工质量、降低加工成本。新的刀具材料正是适应这一要求出现的。1780~1898 年间,主要把碳素工具钢和合金工具钢作为刀具材料,切削速度约为 6~12 m/min。1898 年美国的 F. W. Taylor 和 White 发明了高速合金工具钢,切削速度比工具钢提高 2~3 倍,高速钢即由此而得名。1923 年德国研制了 WC-Co 硬质合金,切削速度比高速钢又提高了 2~4 倍。1932 年美国出版了《切削用量手册》,1950 年前后前苏联出版了高速钢切削用量手册和高速切削手册。1960 年以后,由于高强度、高硬度难加工材料的相继出现,又促使很多新刀具材料相继研制成功,如:新牌号硬质合金、陶瓷、人造金刚石及立方氮化硼等。20 世纪 70 年代以后,由于 CVD、PVD 气相沉积涂层技术的日臻成熟,使得刀具材料发生了重大变革。在硬质合金、高速钢刀具表面涂上 TiC、TiN、Al₂O₃、HfC 等耐磨层,大大提高了刀具的切削性能。近些年来,涂层技术已发展到了多涂层、复合涂层、纳米涂层及金刚石涂层阶段。相信在 21 世纪还可将 CBN 涂在刀具表面上,氮化碳(CN)的硬度可达到或超过金刚石,刀具的切削性能会有更大的提高。

我国自 1949 年解放以来,不仅国家建立了专门研究机构(工具研究所、磨料磨具磨削研究所和机床研究所),各高等院校也开展了相关的科研工作,取得了可喜成果。我国的切削速度已从碳素工具钢刀具的 10 m/min 提高到了硬质合金刀具的 100 m/min 以上,高速切削磨削、强力切削磨削及先进刀具磨具也得到了推广。“工欲善其事,必先利其器”,这充分说明了刀具的重要性。工人师傅在刀具方面的创造发明大大推动了生产力的发展。如:倪志福的群钻、苏广铭的玉米铣刀、金福长的深孔钻、朱大仙的车刀、孙茂松的强力挑蜗杆车刀等。在金属切削磨削理论、积屑瘤与鳞刺、精密超精密加工、难加工材料加工的研究及新的刀具磨具材料研制等方面都取得了深入的研究成果,有些已跃入世界先进行列。可以相信随着改革开放的深入,我国的金属切削加工与刀具学科会取得更加蓬勃的发展。

我们坚信,随着机床的数控化、柔性化与智能化,切削磨削加工的高速化、高精度化与自动化,切削机理及切削技术的研究必将伴随材料科学、人工智能科学的发展以及信息化、自动化技术对传统机械制造业的改造日益取得丰硕的成果。

3. 课程的特点与学习方法

(1) 综合性强。本课程用到了多门课程的理论与方法,如:数学、物理、化学、工程制图、力学、机械原理、机械设计与工程材料等。因此在学习本课程时,特别要注意紧密联系并综合运用以往学过的知识。

(2) 实践性强。本课程就是要用理论来解决实际生产中金属切削加工与刀具的问题,实践性非常强。因此,在学习本课程的前后,一定要安排实习(认识实习和生产实习);不仅要有课堂讲授,而且还要有实验教学;有条件还要安排作刀具课程设计。

第1章 基本定义

本章是学习后续各章的基础,主要介绍切削运动、工件表面、切削用量、刀具标注角度的坐标平面与参考系、刀具六个标注基本角度,还有切削层参数及切削方式的基本定义。

任何科学理论的正确论述,都必须有明确的定义。

所谓定义,是人们对于一种事物本质特征或一个概念的确切而简要的说明,也是人们对某种事物或规律进行认识和研究共同语言。金属切削原理及刀具作为一门学科,有很多基本概念和基础知识要掌握、基本规律要研究,这样人们就必须有个事先的约定,即基本定义,否则研究就无法进行。

1.1 切削运动与工件表面及切削用量

切削加工的方法很多,如车、刨、钻、铣、拉、镗、磨等。其中,外圆车削最具有典型性,故以外圆车削为例加以研究。

1.1.1 外圆车削的切削运动与工件表面及切削用量

1. 切削运动

如图 1.1 所示的外圆车削,要切除工件表面多余的金属层,刀具相对于工件必须有切削运动,即工件必须作回转运动,刀具作直线运动。

依切削运动作用的不同,可把它分为主运动与进给运动。

(1) 主运动。工件的回转运动即是主运动,它是切除多余金属层以形成工件要求的形状、尺寸精度及表面质量所必须的基本运动,是速度最高、消耗功率最大的运动。这种运动在切削过程中只能有一个。

主运动的大小用工件外圆处的线速度即切削速度来表示,记作 v_c 。

$$v_c = \frac{n\pi d}{1000} \text{ m/s 或 (m/min)} \quad (1.1)$$

式中 n ——主轴转数(r/s 或 r/min);

d ——工件最大外圆直径(mm),如为钻削、铣削, d 为刀具的最大直径(mm)。

外圆处线速度的方向即是主运动的方向。

(2) 进给运动。进给运动是指使新的金属层不断投入切削,并使其在所需方向上继续下去的运动。在此,刀具在轴向的直线运动即为进给运动。一般情况下,此运动的速度较低、消耗功率较小,是形成已加工表面的辅助运动。

与主运动速度相对应,进给运动的大小用进给速度表示,记作 v_f ,单位为 mm/min,即在单位时间内,刀具相对于工件在进给方向上的位移量;

生产中常用每转进给量来表示,记作 f ,单位为 mm/r,即是工件转一转,刀具相对于工

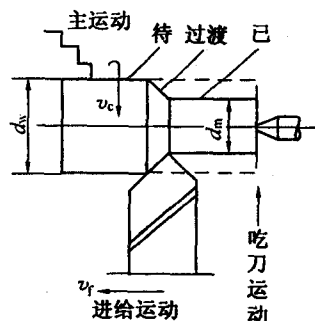


图 1.1 外圆车削的切削运动与工件表面

件在进给方向上的位移量;

当刀具的主切削刃数即刀齿数 $Z > 1$ 时(如钻削), 每个刀齿相对于工件在进给方向上的位移量, 即每齿进给量, 以 f_z 表示, 单位为 mm/Z 。

这样便有上述三种进给量间的关系式, 即

$$v_f = fn = f_z Zn \quad (1.2)$$

因为进给运动是由刀具完成的, 故习惯上也称走刀运动, 其大小称走刀量。

(3) 合成运动。上述主运动和进给运动的合成称合成运动, 记作 v_c , 其大小及方向见图 1.2。

当 $v_f \ll v_c$ 时, 可用 v_c 近似代替 v_e 。

(4) 背吃刀量(旧称切削深度)。当刀具不能一次吃刀就能切掉工件上的金属层时, 还需由操作者在一次进给后再沿半径方向完成吃刀运动, 习惯上称每次吃刀的量 of 背吃刀量, 以 a_p 表示, 单位为 mm ; 此时它是间歇进行的, 故可不看成是运动。但当吃刀运动由机床进刀机构自动完成时, 就应看成是一种辅助运动了(如外圆磨削、平面磨削), 其大小为

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \text{ mm} \quad (1.3)$$

式中 d_w ——待加工表面直径(mm);

d_m ——已加工表面直径(mm)。

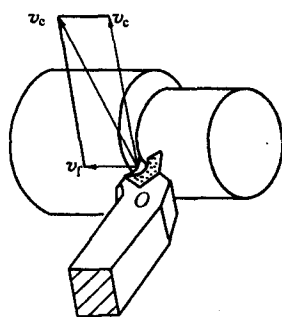


图 1.2 合成运动

综上所述, 外圆车削是由一个主运动且只有一个主运动和一个辅助运动完成的。而对于其他切削加工, 虽主运动也只有一个, 但辅助运动就可能有几个了(图 1.3), 它们可分别由工件或刀具完成, 也可能由工件或刀具单独完成。

2. 工件表面

在工件上形成所要求新表面的过程中, 工件上有三个变化着的表面(图 1.1):

待加工表面——工件上等待切削的表面;

已加工表面——工件上经刀具切削后形成的表面;

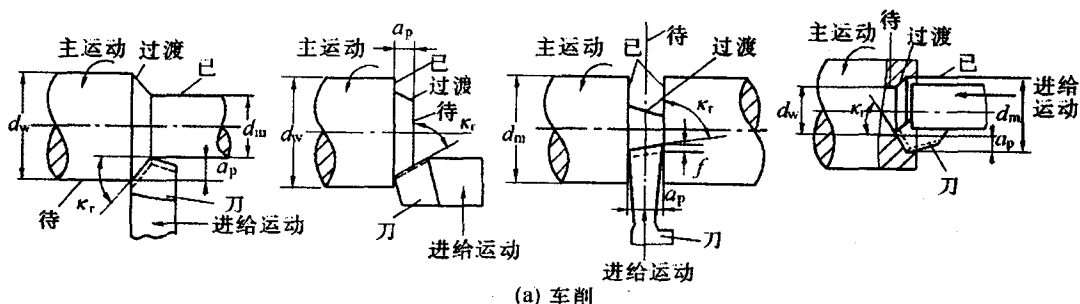
过渡表面——切削刃正在切除的待加工与已加工表面间的表面, 也称加工表面。

上述关于切削运动、工件表面的基本定义均适用于其他切削加工。

3. 切削用量

任何切削加工都必须选择合适的主运动速度 v_c 、进给量 f 及背吃刀量 a_p , 它们合称切削用量三要素。

1.1.2 各种切削加工的切削运动与工件表面



(a) 车削

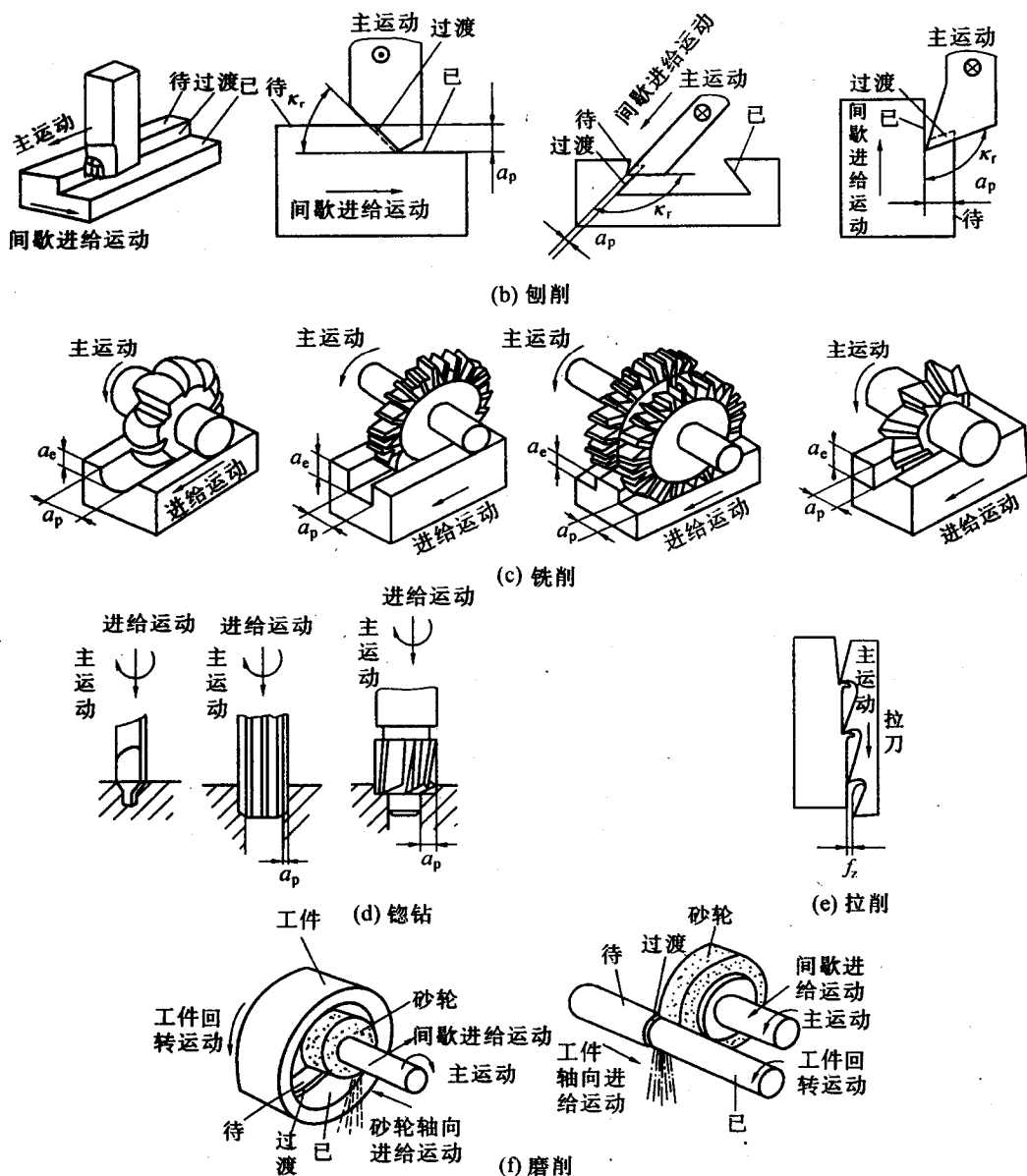


图 1.3 各种切削加工的切削运动与工件表面

1.2 刀具几何角度

虽然用于切削加工的刀具种类繁多,但刀具切削部分的组成却有共同之处,车刀的切削部分可看做是各种刀具切削部分最基本的形态。

1.2.1 车刀切削部分的组成

车刀的切削部分,即刀头,与任何一个几何体一样,都是由若干个面和若干条线组成的。

图 1.4 给出了外圆车刀切削部分的组成。

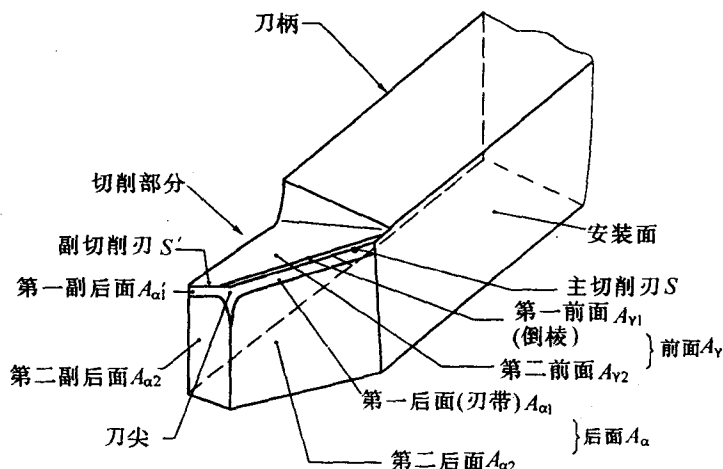


图 1.4 外圆车刀切削部分的组成

前(刀)面——切屑流经的表面,记作 A_{γ} ;主后(刀)面——与工件上过过渡表面相对的表面,记作 A_{α} ;副后(刀)面——与工件上已加工表面相对的表面,记作 A_{α}' ;主切削刃——前(刀)面与主后(刀)面的交线,用以完成主要切除工作,记作 S ;副切削刃——前(刀)面与副后(刀)面的交线,辅助参与已加工表面的形成,记作 S' ;刀尖——主切削刃 S 与副切削刃 S' 之间的过渡切削刃。

图 1.4 所给车刀是有公共前(刀)面的,这大大简化了刀具的设计、制造和刃磨,但原则上刀具的主、副切削刃是可以有单独前(刀)面的。

1.2.2 刀具角度的坐标平面与参考系

刀具切削部分的各个面与刃的空间位置常用这些面与刃在某些坐标平面内的几何角度来表示,这样就必须将刀具置于一空间坐标平面参考系内。该参考系包括参考坐标平面和测量坐标平面。参考坐标平面的确定必须与刀具的安装基准、切削运动联系起来,测量坐标平面的选取必须考虑测量与制造的方便。

图 1.5 给出了宽刃刨刀的刨削情况。此时,在 $O-O$ 平面内,前(刀)面与安装基准面间的夹角用 γ_o 表示;后(刀)面与切削运动方向间的夹角用 α_o 表示。即 γ_o 、 α_o 分别确定了刨刀前(刀)面、后(刀)面的位置。在此,由切削刃和切削速度

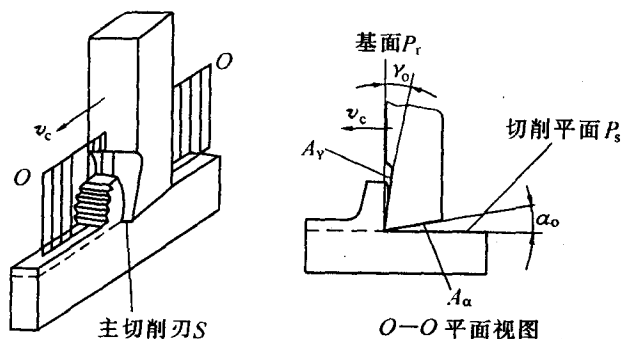


图 1.5 宽刃刨刀的刨削情况

方向确定的平面称切削平面,记为 P_s ;由刀具安装基准面确定的与切削速度方向垂直的平面称基面,记为 P_r 。

图 1.5 所示刨刀主切削刃是直线,只有主运动而无进给运动,且前后(刀)面均为平面。生产中还有较为复杂的刀具:切削刃可能是曲线,前后(刀)面可能是曲面,除主运动外还有进给运动。上述关于切削平面和基面的定义就显得没有普遍意义了,故应广义地定义如下:

- (1) 切削刃上选定点的切削平面,是过该点且与过渡表面相切的平面。
- (2) 切削刃上选定点的基面,是过该点且与该点切削速度方向垂直的平面。一般是平行或垂直于制造、刃磨和测量时适合于安装或定位的表面或轴线。

切削刃上选定点的基面和切削平面合称参考坐标平面,简称参考平面。

根据上述定义可知,切削刃上不同点的基面和切削平面不一定相同。

图 1.5 中的几何角度 γ_o 、 α_o 是在 $O-O$ 坐标平面内测量的,该坐标平面称测量平面。

根据 ISO 规定,测量平面有正交平面、法平面、假定工作平面与背平面。它们的定义如下:

- (1) 正交平面(主剖面)。切削刃上选定点的正交平面是过该点并同时垂直于切削平面和基面的平面或过该点并垂直于切削刃在基面上投影的平面,记为 P_o 。

- (2) 法平(剖面)。切削刃上选定点的法平面是过该点并与切削刃垂直的平面,记为 P_n 。

- (3) 假定工作平面(进给剖面)。切削刃上选定点的假定工作平面是过该点、垂直于基面并与进给方向平行的平面,记为 P_f 。

- (4) 背平面(切深剖面)。切削刃上选定点的背平面是过该点且垂直于基面与假定工作平面的平面或垂直于进给方向的平面,记为 P_p 。

上述参考平面(基面和切削平面)与测量平面分别组成了三个坐标平面参考系,即:

- (1) 正交平面参考系。由 P_r 、 P_s 、 P_o 组成的平面参考系(图 1.6),这三个平面互相垂直。
- (2) 法平面参考系。由 P_r 、 P_s 、 P_n 组成的平面参考系(图 1.7), P_n 与 P_r 、 P_s 无垂直关系。
- (3) 假定工作平面与背平面参考系。由 P_r 、 P_f 、 P_p 组成的平面参考系(图 1.8),这三个平面互相垂直。

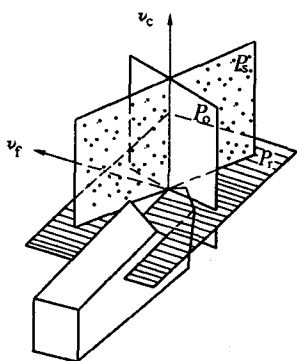


图 1.6 正交平面参考系

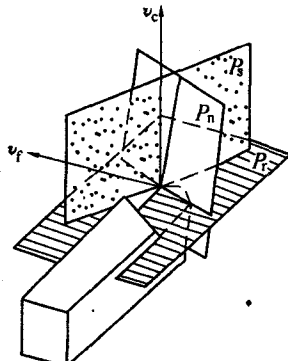


图 1.7 法平面参考系

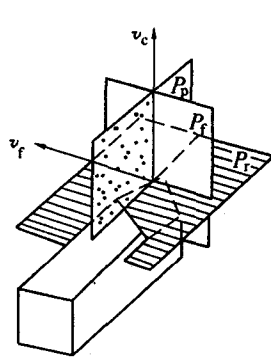


图 1.8 假定工作平面与背平面参考系

1.2.3 刀具的标注角度

刀具的标注角度是指在刀具工作图中要标出的几何角度,即在静止坐标参考系中的几何角度。它是刀具设计、制造、刃磨和测量的依据。由于坐标参考系有前述三种,当然在三种坐标参考系中均可有其标注角度。参考系的选用,与生产中采用的刀具刃磨方式、检测方便与否有关。我国过去多采用正交平面参考系,现已兼用法平面参考系、假定工作平面与背平面参考系。

1. 正交平面参考系中的刀具标注角度(图 1.9)

(1) 基面 P_r 内的角度。

主偏角——切削刃上选定点的主偏角是在基面 P_r 内测量的、主切削平面 P_s 与假定工作平面 P_f 间的夹角,或主切削刃在基面上的投影与进给方向间的夹角,记为 κ_r ;

副偏角——切削刃上选定点的副偏角是在基面 P_r 内测量的、副切削平面 P'_s 与假定工作平面 P_f 间的夹角,或副切削刃在基面上的投影与进给方向间的夹角,记为 κ'_r 。

(2) 切削平面 P_s 内的角度。

切削刃上选定点的刃倾角是在切削平面 P_s 内测量的主切削刃 S 与基面 P_r 间的夹角,记为 λ_s ,有正负之分:刀尖位于切削刃最高点时定义为正(“+”),反之为负(“-”);它影响切屑的流向,也影响刀尖的强度与散热,精加工时取 $\lambda_s > 0^\circ$,粗加工时取 $\lambda_s < 0^\circ$ (图 1.10)。

(3) 正交平面 P_o 内的角度。

前角——切削刃上选定点的前角是在正交平面 P_o 内测量的、前(刀)面 A_f 与基面 P_r 间的夹角,记为 γ_o ,有正负之分:前(刀)面 A_f 位于基面 P_r 之前者, $\gamma_o < 0^\circ$,反之 $\gamma_o > 0^\circ$ 。

后角——切削刃上选定点的后角是在正交平面 P_o 内测量的、后(刀)面 A_a 与切削平面 P_s 间的夹角,记为 α_o ,有正负之分。

(4) 副刃正交平面 P'_o 内的角度。

副(刀)后角——副切削刃上选定点的后角是在副刃正交平面 P'_o 内测量的、副后面 A'_a 与副切削平面 P'_s 间的夹角,记为 α'_o ,正负同 α_o 。

以上六个角度 κ_r 、 λ_s 、 γ_o 、 α_o 、 κ'_r 、 α'_o 为刀具的基本标注角度。在此, κ_r 、 λ_s 确定了主切削刃 S 的空间位置, κ'_r 、 λ'_s 确定了副切削刃 S' 的空间位置, γ_o 、 α_o 确定了前(刀)面 A_f 与后(刀)面 A_a 的空间位置, γ'_o 、 α'_o 则确定了 A'_f 、 A'_a 的空间位置。但是, γ'_o 、 λ'_s 并非独立角度,

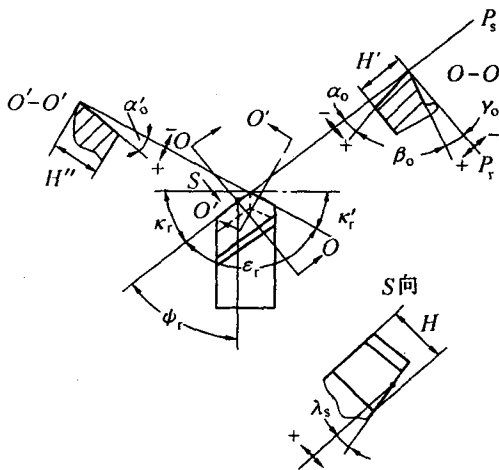


图 1.9 外圆车刀正交平面参考系的标注角度

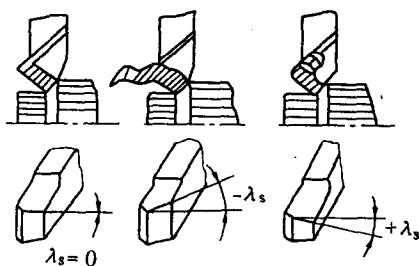


图 1.10 车刀的刃倾角

可通过计算得到(详见 12.5 节的刀具角度换算)。

此外,还有以下派生角度:

刀尖角——在基面 P_r 内测量的切削平面 P_s 与副切削平面 P_s' 间的夹角,或主切削刃 S 与副切削刃 S' 在基面上投影间的夹角,记为 ϵ_r , $\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa_r')$;

余偏角——在基面 P_r 内测量的切削平面 P_s 与背平面 P_p 间的夹角,或主切削刃 S 在基面 P_r 上的投影与吃刀方向间的夹角,记为 ψ_r , $\psi_r = 90^\circ - \kappa_r$;

楔角——在正交平面 P_o 内测量的前(刀)面 A_f 与后(刀)面 A_a 间的夹角,记为 β_o , $\beta_o = 90^\circ - (\gamma_o + \alpha_o)$ 。

2. 法平(剖)面参考系中的刀具标注角度

按照刀具角度定义,同理可标注出法平(剖)面参考系中的五个基本角度,即 κ_r 、 λ_s 、 γ_n 、 α_n 、 κ_r' (图 1.11)。也有派生角度 ϵ_r 、 ψ_r 、 β_n 和计算角度 γ_n' 、 λ_s' 、 α_n' 。

3. 假定工作平面与背平面参考系中的刀具标注角度

这个参考系中的刀具标注角度 κ_r 、 γ_p 、 γ_f 、 α_p 、 α_f 、 κ_r' 同理可标出,派生角度 ϵ_r 、 ψ_r 、 β_p 、 β_f 也可求出(图 1.12)。

上述刀具角度的基本定义同样适用于任何刀具。

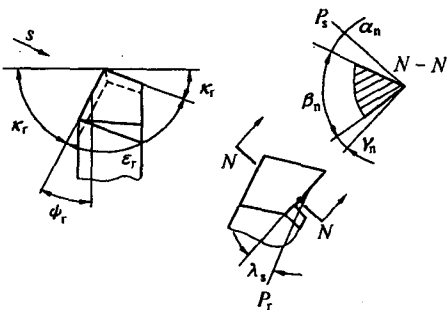


图 1.11 外圆车刀法平面参考系的标注角度

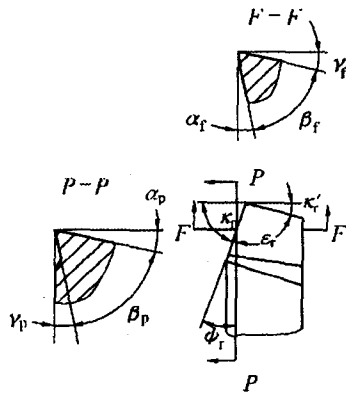


图 1.12 外圆车刀假定工作平面与背平面参考系的标注角度

1.2.4 刀具的工作角度

上述刀具角度是在静止参考系中的标注角度,是忽略进给运动条件时给出的。实际上在刀具使用中,应考虑刀具切削刃上选定点的合成运动速度 v_c 、刀尖安装不一定对准机床中心高度、背平面不一定平行于侧安装面等因素。这时的坐标平面参考系与静止坐标平面参考系不再相同,而称工作坐标参考系,在其内的刀具角度称刀具工作角度。比如:工作正交平面参考系的三个坐标平面分别为工作正交平面 P_{oe} 、工作基面 P_{re} 和工作切削平面 P_{se} ,在其内的工作角度为 γ_{oe} 、 α_{oe} 、 κ_{re} 、 κ_{re}' 、 λ_{se} 。

在此仅举两例说明如下:

1. 考虑进给运动的影响(横车)

切断刀切断工件时的情况如图 1.13 所示。