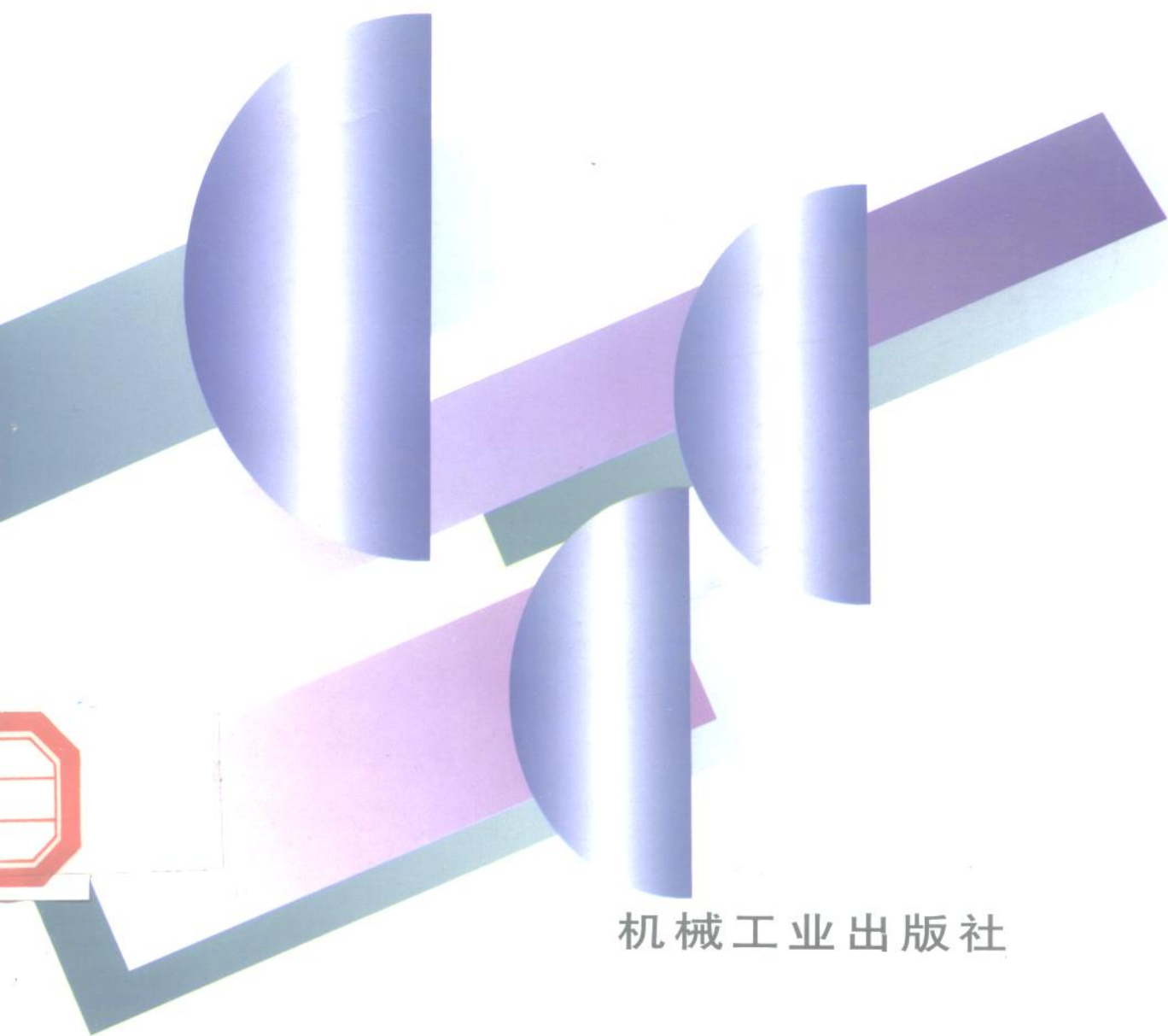


高等专科学校教材

金属切削加工技术

吴玉华 主编



机械工业出版社

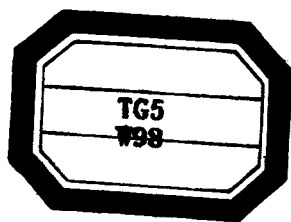
TG5
W98

431067

高等专科学校教材

金属切削加工技术

主 编 吴玉华
副主编 刘楠嶠
参 编 程光耀 杨胜利 孙淑婷 陈国和
沈毓琴 陈 波 吴建华
主 审 齐世恩



机械工业出版社

012911/33
全书共分 11 章：金属切削原理及机械加工基础、车削加工、铣削加工、磨削加工、钻削与镗削加工、其它切削加工、典型零件加工工艺、切削加工质量分析、装配工艺基础、机床专用夹具的设计方法、现代制造技术简介。

本书可作为高等专科学校模具专业及近机类专业的教材，也可作为职业大学、电视大学和职工大学的教材，并可供中等专业学校师生及工程技术人员参考。

金属切削加工技术

吴玉华 主编

*
责任编辑：冯铎、杨燕 版式设计：冉晓华
封面设计：方 芬 责任校对：韩 晶
责任印制：路 琳

*
机械工业出版社出版（北京市百万庄大街 22 号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*
开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 21.25·字数 523 千字

1998 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

印数：0001—5000 定价：26.50 元

*
ISBN 7-111-06233-7/TG·1206（课）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

前 言

本书是根据 1995 年中国模具工业协会院校模具委员会第三次全体会议审定的模具专业教学计划和课程大纲组织编写的。

本书可作为高等专科学校模具专业及近机类专业的教材,也可作为职业大学、电视大学和职工大学的教材,并可供中等专业学校师生及工程技术人员参考。

编写本书时,根据高等工程专科学校的特点及有关专业教学需要,在体系安排上,力求符合科学性和认识规律;在内容选取上,注意加强实践性和针对性;在问题的描述方面,力图深入浅出、概念清楚准确、层次分明。

全书共分十一章。第一章金属切削原理及机械加工基础,介绍金属切削加工的基础知识、原理及应用、金属切削机床的基础知识、机械加工工艺规程的制定、工件定位原理与工件的夹紧等;第二章至第六章分别介绍车削加工、铣削加工、磨削加工、钻镗削加工及其它切削加工的特点、工艺与装备;第七章介绍典型零件的加工工艺;第八章比较系统地介绍切削加工质量分析的理论;第九章介绍装配工艺基本知识;第十章介绍机床专用夹具的设计方法;第十一章简单介绍现代制造技术。

参加本书编写工作的有:华北工学院专科学校程光耀(第一章第一、二、三、五节),杨胜利、孙淑婷(第一章第四节);浙江农村技术师范专科学校陈国和、沈毓琴(第二、九章);郑州工业高等专科学校刘楠藩(第三、四、六章);沈阳工业学院专科学校吴玉华(绪论、第五章);洛阳大学陈波(第七、十章);天津理工学院二分院吴建华(第八、十一章)。吴玉华任主编,刘楠藩任副主编。全书由华北航天工业学院齐世恩主审。

在编写过程中,曾得到院校模具委员会、华北航天工业学院孙凤勤、沈阳工业学院专科学校张崇德等诸位同志的帮助和指导,谨此表示衷心感谢。

限于编者水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请批评指正。

编 者

1998 年 4 月

目 录

前言	
绪论	1
第一章 金属切削原理及机械加工基础	3
第一节 金属切削加工的基本知识	3
第二节 金属切削原理与应用	14
第三节 金属切削机床的基础知识	32
第四节 机械加工工艺规程及其制定	39
第五节 工件定位原理与工件的夹紧	88
习题与思考题	112
第二章 车削加工	114
第一节 概述	114
第二节 卧式车床的结构及传动系统	117
第三节 车削刀具	137
第四节 车削加工精度及表面质量	148
第五节 车床夹具	151
习题与思考题	156
第三章 铣削加工	157
第一节 铣削应用范围与特点	157
第二节 铣床	163
第三节 铣削刀具	172
第四节 铣床夹具及铣床附件	178
习题与思考题	185
第四章 磨削加工	186
第一节 概述	186
第二节 磨床	191
第三节 砂轮及磨削用量	202
习题与思考题	209
第五章 钻削与镗削加工	211
第一节 概述	211
第二节 摇臂钻床	211
第三节 钻削与钻削刀具	215
第四节 钻床夹具	220
第五节 卧式铣镗床与坐标镗床	229
第六节 镗床夹具	236
习题与思考题	242
第六章 其它切削加工	243
第一节 刨削	243
第二节 拉削	247
习题与思考题	251
第七章 典型零件加工工艺	252
第一节 轴类零件加工	252
第二节 套筒类零件加工	257
第三节 箱体类零件加工	261
第四节 圆柱齿轮加工	267
第五节 连杆零件加工	272
习题与思考题	276
第八章 切削加工质量分析	278
第一节 切削加工质量的基本概念	278
第二节 影响加工精度的因素及提高精度的 主要措施	280
第三节 加工误差的综合分析	285
第四节 提高和保证加工精度的途径	287
第五节 切削加工的表面质量及改善措施	289
习题与思考题	294
第九章 装配工艺基础	295
第一节 装配过程的基本概念	295
第二节 装配尺寸链	296
第三节 保证装配精度的主要方法	297
第四节 装配工艺设计	309
习题与思考题	312
第十章 机床专用夹具的设计方法	313
第一节 机床夹具的基本要求和设计 步骤	313
第二节 工件在夹具中加工的精度分析	315
第三节 夹具总图尺寸、公差和技术要求的 制定	319
第四节 夹具体的设计和夹具的结构 工艺性	321
习题与思考题	326
第十一章 现代制造技术简介	328
习题与思考题	334
参考文献	335

绪 论

一、金属切削加工的研究对象

在机械制造业中，有许多金属加工方法，例如切削加工、电加工、冷冲压、铸造、锻造、焊接、粉末冶金、化学加工和其它特种加工等。金属切削加工是利用切削刀具在工件上切除多余的金属层，从而获得所需零件的形状和尺寸，并保证其尺寸、形状、位置精度和表面质量要求的一种加工方法。它已被广泛应用于生产实践中，约占机械加工总量的 30% ~ 40%。

由于金属切削加工时要保证工件的精度和表面质量要求，直接涉及到所采用的设备（金属切削机床）、工艺装备（刀具、夹具、辅具和量具等）及工艺规程等，因此，它主要是研究工件在加工过程中如何采用先进而又切实可行的工艺及工艺装备来保证和提高产品的质量；提高劳动生产率及其经济性等技术理论。

可以预见，今后金属切削加工技术领域将仍然向着高精度、高效率、高自动化和柔性化方向发展。

二、我国金属切削加工技术的发展概况

我国是一个古老、文明而又具有辉煌成就的国家，除了火药、造纸、活板印刷和指南针四大发明外，在金属切削加工技术方面，也为人类历史的发展作出过不可磨灭的功绩。据史料记载，在距今 50 万年前，我国古猿人已懂得并会运用带刃口的石器作为砍砸和刮削器具，这是人类人力加工的起始。到了新石器时代，我们的祖先已会利用石刀、石斧、石镰等在石、木、骨上进行加工。青铜器时代，出现了金属切削加工的萌芽，开始用青铜制作的类似近代的刀、锯、锉对金、银和铜等金属材料进行加工。春秋战国时期，由于发明了冶炼、渗碳、淬火等技术，出现了坚硬锋利的铁质工具，使金属切削加工进入了一个新阶段。当时最早的一部工程技术著作《考工记》，就记载着有关切削加工等方面的知识。西汉时代出土的文物中，如铁锉、青铜钻、经渗碳处理的铁剑、经抛光的青铜弩机等，其制造工艺和切削加工技术已达到了较高水平。到了明代，已发展成与近代接近的切削加工方法，如车、铣、刨、钻和磨削等。明代以后，由于封建制度的腐败，帝国主义的侵略，使我国金属切削加工技术处于非常落后的状态。至 19 世纪中叶，才有少量机械制造业。解放前，我国仅有比较简陋的金属切削机床几万台，只有有限的机床修造厂和工具制造厂，能制造一些普通机床、铣床和钻床等，年产量仅 1000 多台，而且品种不到 10 个。

建国以来，我国的金属切削加工技术得到了飞速发展。自 50 年代起，广泛地使用了高速钢、硬质合金刀具，切削速度由原来 10m/min 提高到 200m/min 左右，因而促进了劳动生产率的提高，并在切削方法（如高速切削、强力切削和多刀多刃切削等）、切削理论（如切削变形、切削力、切削温度、刀具磨损、加工表面质量和切削过程监控等领域）、刀具材料（如高性能高速钢、涂层高速钢、细晶粒硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷刀具材料、立方氮化硼和人造金刚石等）的研究及工程实践方面取得了可喜的成果。在机床工业的建设发展上，党和政府也给予了高度重视。除将原有的机床修造厂改建为专业机床厂外，又陆续扩

建、新建了一批机床厂。同时，先后成立了综合的和各种专业的机床研究所，开展机床设计与试验研究工作。经过 40 多年的建设，我国机床工业从无到有、从小到大，现已形成门类比较齐全、具有一定实力的机床工业体系，能生产 2000 余种机床（其中数控机床 150 多种），至 80 年代末，年产机床达 20 余万台，不仅满足了国内工业发展的需要，而且每年还有一定数量的出口。金属切削加工技术已达到较高水平，已能设计制造并推广使用各种数控机床及各种可转位刀具、数控刀具；计算机已广泛应用于切削理论研究及机床、刀具、夹具的设计中；切削数据库的建设已初见成效；各种先进的测试仪器，如扫描电镜、高速摄影，x 射线衍射仪等已用于切削机理的研究；国内金属切削加工各学术团体、高等院校、科研院所与国际相应学术组织、专家学者的学术交流活动等，促进了我国金属切削加工技术水平的提高。

为适应我国工业、农业、国防和科学技术现代化的需要，为了提高产品质量及在国际市场上的竞争能力，必须深入开展金属切削加工的基础理论研究，加强工艺试验研究，积极消化吸收引进技术，加大力量开发优质、高效精密工艺与装备，使我国的金属切削加工技术达到世界先进水平。

三、学习本课程的目的与要求

金属切削加工技术是“模具设计与制造”及“机电一体化”等近机类专业的一门重要的专业基础课。通过本课程的教学过程（如课堂理论教学、现场教学、实验和习题等）及有关教学环节（如生产实习、生产劳动和课程设计等）的相互配合，使学生初步具有分析和解决金属切削加工中的工艺技术问题的能力及吸收消化新工艺新技术的能力。具体要求如下：

- 1) 掌握金属切削加工的基本理论，即掌握切削加工的基本知识；金属切削原理与应用；机床的传动原理与运动计算；机械加工工艺规程的制定；工件定位原理与工件的夹紧等。
- 2) 掌握车削、铣削、磨削、钻镗削等各种加工的特点。
- 3) 学会合理选择金属切削机床、刀具及切削参数。
- 4) 具有制定中等复杂零件的机械加工工艺规程和一般产品装配工艺的能力。
- 5) 具有设计中等复杂程度夹具的能力。

四、本课程的特点与学习方法

金属切削加工技术是融金属切削机床、刀具、机械制造工艺及夹具设计为一体的一门综合性专业基础课。它具有较强的理论性和实践性。要通过学习基本概念、基本理论掌握各种切削加工的特点及规律；紧密联系生产实际，并通过生产劳动、生产实习、实验和课程设计等加深理解本课程的有关知识；要多阅读一些与本课程密切相关的书籍及技术资料，既能帮助提高学习本课程的兴趣，巩固和提高所学知识，又能扩大知识面。

第一章 金属切削原理及机械加工基础

第一节 金属切削加工的基本知识

一、切削运动及切削要素

(一) 切削运动

金属切削机床的基本运动有直线运动和回转运动。为了加工工件表面使之成形，刀具的切削刃与工件必须作相对运动，以便从工件上切除多余的金属。通常称这种相对运动为切削运动。各种切削运动都是由一些简单的运动组合而成的。

切削运动可由刀具单独完成。如在钻床上钻孔时，工件不动，切削运动由钻头的旋转运动和沿其轴向的直线运动组合而成。切削运动也可由工件和刀具分别完成。如在镗床上镗孔时，切削运动由刀具的旋转运动和工件沿刀具轴向直线移动组合而成。图 1-1 所示为钻、车、刨、铣、磨、镗的切削运动。根据在切削过程中所起的作用不同，切削运动可分为主运动、进给运动和辅助运动。

1. 主运动

直接切除工件上的被切金属层，使之转变为切屑，形成工件新表面所需要的基本运动，称为主运动。其特点是：主运动的速度最高，消耗的切削功率最大。主运动只有一个，可为回转运动，也可以是直线运动。如车削时工件的回转运动，刨削时刀具的往复直线运动等。

2. 进给运动

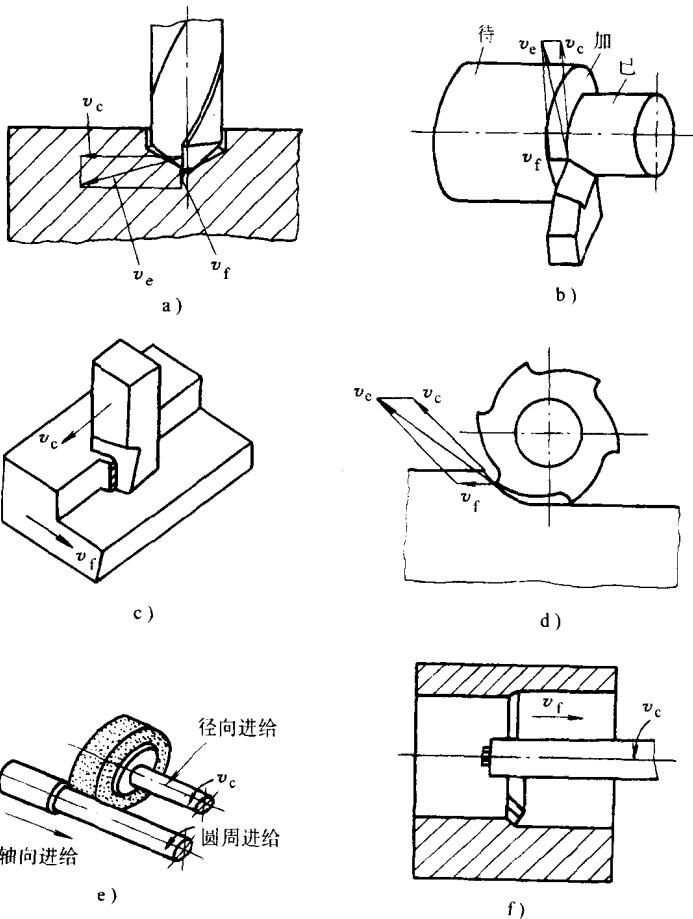


图 1-1 钻、车、刨、铣、磨、镗的切削运动

不断地把切削层投入切削的运动,称为进给运动。其特点是:进给运动速度低,消耗功率小。进给运动可以是间歇的(如刨削),也可以是连续的(如车削);进给运动可以是一个,也可以是几个(如磨削等);可以是直线运动,也可以是回转运动。

3. 辅助运动

机床中除切削运动外,有时还需做调整刀具切削刃与工件相对位置的运动和其它辅助动作,称为辅助运动。如刀具接近或退出工件,刀具快速移动等。

(二) 切削过程中工件上形成的表面与切削三要素

1. 工件上形成的表面

如图1-2所示,在切削过程中,工件上的切削层不断地被切削成为切屑,从而加工出所需要的工件新表面。在这一表面形成的过程中,工件上有三个不断变化着的表面:

- (1) 待加工表面 工件上即将被切去金属层的表面。
- (2) 已加工表面 工件上已被切去切屑而形成的新表面。

- (3) 加工表面 工件上正在被切削刃切削的表面。

2. 切削三要素

切削速度、进给量和背吃刀量称为切削三要素,总称切削用量。切削三要素的数值大小,直接关系到刀具耐用度,影响加工质量和生产率。

(1) 切削速度 主运动的线速度,用符号 v_c 表示。大多数切削加工的主运动是回转运动,其切削速度计算公式如下:

$$v_c = \frac{\pi d_{\max} n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 n ——工件或刀具的转速,单位为 r/s;

$d_{\max}$ ——工件或刀具上的最大直径,单位为 mm。如车外圆时取工件待加工表面直径;镗孔时取工件已加工表面直径;铣削时取铣刀外径;钻孔时取钻头外径;磨削时取砂轮外径等。

(2) 进给量 进给运动的大小,用符号 f 表示。当主运动为回转运动(如车、铣、镗、钻、磨削等)时,进给量是指工件或刀具每回转一周两者沿进给方向的相对位移量,单位为 mm/r;当主运动为直线运动(如刨削等)时,进给量是指工件或刀具每往复直线运动一次两者沿进给运动方向的相对位移量,单位为 mm/str。对于多刃切削刀具(如铣、铰、拉),则用每齿进给量表示,单位为 mm/z。在某些情况下,用单位时间内的进给量表示,称为进给速度,用符号 v_f 表示,单位为 mm/s。它们之间存在下列关系:

$$v_f = fn = f_z n \quad (1-2)$$

式中 v_f ——进给速度,单位为 mm/s;

f ——进给量,单位为 mm/r;

n ——工件或刀具的转速,单位为 r/s;

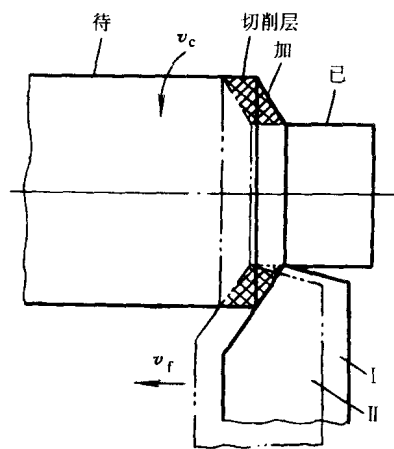


图 1-2 工件上形成的表面和切削运动、切削层

f_z ——每齿进给量, 单位为 mm/z;

z ——刀齿数。

(3) 背吃刀量 工件待加工表面与已加工表面之间的垂直距离, 用符号 a_p 表示。背吃刀量的大小直接影响到主切削刀的工作长度及切削负荷的大小。

车外圆时:

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

镗孔、扩孔、铰孔时:

$$a_p = \frac{d_m - d_w}{2} \quad (1-4)$$

钻孔时:

$$a_p = \frac{d_m}{2} \quad (1-5)$$

式中 d_w ——工件待加工表面直径, 单位为 mm;

d_m ——工件已加工表面直径, 单位为 mm。

3. 切削层参数

(1) 切削层 在切削加工中, 刀具与工件沿进给运动方向每移动 f 或 f_z 之后, 由一个刀齿正在切除的金属层称为切削层。切削层的尺寸称为切削参数。为简化计算, 切削层的剖面形状和尺寸, 在垂直于切削速度 v_c 的基面上度量, 如图 1-3 所示。

(2) 切削厚度 ($a_c^\ominus$) 垂直于切削刃的方向上度量的切削层截面的尺寸。由图 1-3 知, 纵车外圆时, 若主偏角为 κ_r 时, 则:

$$a_c = f \sin \kappa_r \quad (1-6)$$

a_c 的大小能代表单位长度切削刃上工作负荷的大小。

(3) 切削宽度 ($a_w^\ominus$) 沿切削刃度量的切削层截面的尺寸。由图 1-3 可知, 纵车外圆时:

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad (1-7)$$

由式 (1-6) 和式 (1-7) 知, 在 f 与 a_p 一定时, 主偏角 κ_r 越大, 切削厚度 a_c 越大, 但切削宽度 a_w 越小; κ_r 越小时, a_c 越小, a_w 越大; 当 $\kappa_r = 90^\circ$ 时, $a_c = f$, $a_w = a_p$ 。

曲线形主切削刃, 切削层各点的切削厚度互不相等 (图 1-4)。

(4) 切削面积 ($A_c^\ominus$) 切削层截面的面积。纵车外圆时, 切削面积 A_c 可由图 1-3 知:

$$A_c = a_c a_w = f a_p \quad (1-8)$$

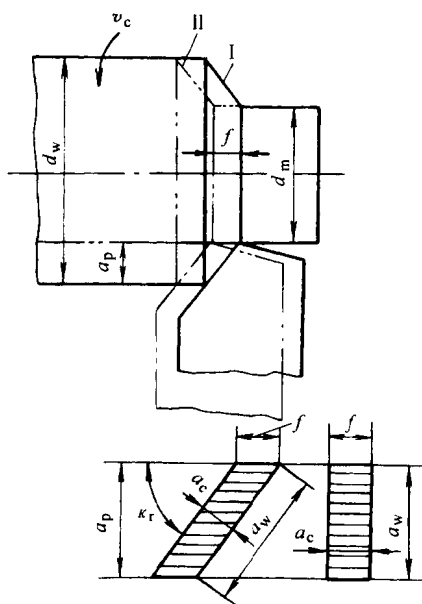


图 1-3 外圆纵车时被切削层的参数

① GB/T 12204-90 推荐用 h_D 表示切削厚度。

② GB/T 12204-90 推荐用 b_D 表示切削宽度。

③ GB/T 12204-90 推荐用 A_D 表示切削面积。

以上计算的均为名义切削面积,如图1-5中的ACDB面积。实际切削面积 A_{ce} 等于名义切削面积 A_c 减去残留面积 ΔA_c ,即:

$$A_{ce} = A_c - \Delta A_c \quad (1-9)$$

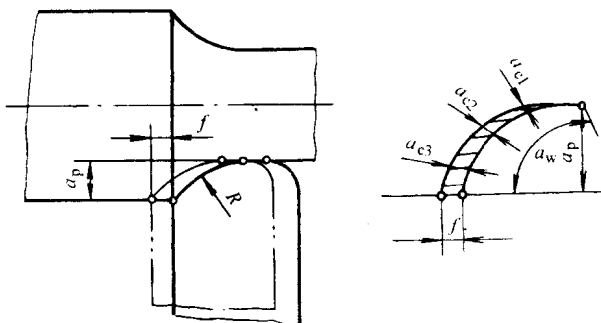


图1-4 曲线切削刀工作时的 a_c 及 a_w

残留面积 ΔA_c 是指副偏角 $\kappa'_r \neq 0$ 时,切削刃移动一个进给量(f)后,残留在已加工表面上的凸出部分的剖面面积(即刀花波纹剖面),如图1-5中的ABE面积。残留面积的高度(即残留刀花的高度) H ,反映了已加工表面粗糙度的状况。 H 值越大,粗糙度 R_a (或 R_z)的值越大。由图1-6知,纵车外圆时, ΔA_c 与 H 计算式为:

$$H = \frac{AF + BF}{\cot \kappa_r + \cot \kappa'_r} = \frac{f}{\cot \kappa_r + \cot \kappa'_r} \quad (1-10)$$

$$\Delta A_c = \frac{Hf}{2} \quad (1-11)$$

式中 f ——进给量,单位为mm;

κ_r 、 κ'_r ——车刀的主、副偏角,单位为 $^\circ$ 。

(5) 切削刃的工作长度(l_{sc}) 当刃倾角 $\lambda_s = 0$ 时, $l_{sc} = a_w$;当 $\lambda_s \neq 0$ 时, l_{sc} 应按图1-7进行计算,近似的计算公式为:

$$l_{sc} = \frac{a_p}{\sin \kappa_r \cos \lambda_s} \quad (1-12)$$

在刃倾角 λ_s 不超过 $\pm 10^\circ$ 范围内,按上式计算可获得足够的精度。 l_{sc} 的大小关系到刀刃散热情况。

二、刀具切削部分的基本定义

(一) 刀具切削部分的几何要素

各种类型的刀具都可以看成是普通外圆车刀演变而成的。如镗刀和刨刀,其切削部分的构造和刀体与外圆车刀属同一类型,只是切削方式不同。铰刀、铣刀和扩孔钻刀具,每一个刀齿都可看成为一把普通车刀。

为此,我们以普通外圆车刀为基础,确定刀具一

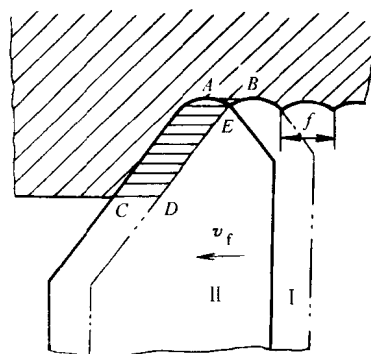


图1-5 残留面积

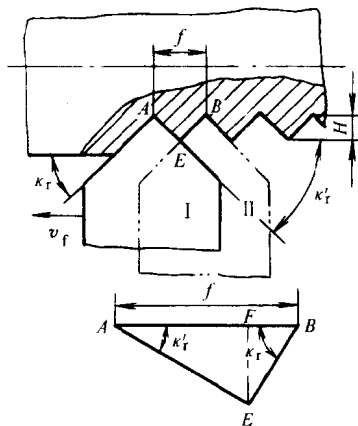


图1-6 残留面积及其高度

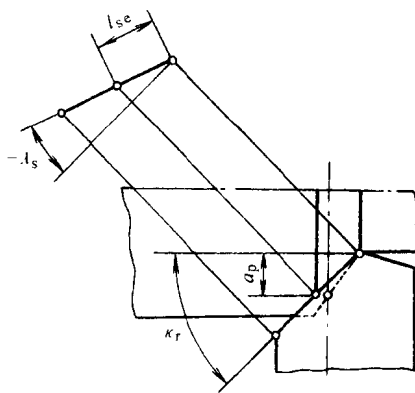


图1-7 切削刃的工作长度 l_{sc}

般性的定义,分析刀具切削部分的几何参数。

普通外圆车刀切削部分的组成可概括为三个面、两条线和一个点,如图1-8所示。

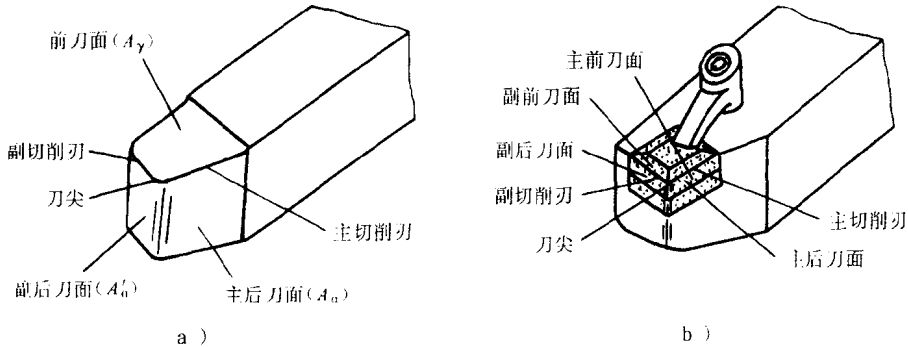


图1-8 刀具切削部分的构造要素

1. 三个面

前刀面——切屑流出时经过的刀面,用符号 A_f 表示。前刀面的形状和方位直接影响切屑的变形程度和流向。

后刀面——与工件加工表面相对的刀面,也称主后刀面,用符号 A_a 表示。后刀面不能与工件加工表面相贴合。

副后刀面——与已加工表面相对的刀面,用符号 A'_a 表示。

2. 两条线

主切削刃——前刀面与后刀面的交线,担负着主要切削工作。

副切削刃——前刀面与副后刀面的交线,它配合主切削刃完成切削工作,形成已加工表面。

3. 一个点

刀尖——主切削刃与副切削刃的联接点,或者是切削刃之间转折的尖角过渡部分。刀尖处强度最低,散热条件最差,为此,常磨出直线或圆弧形过渡刃。

应该说明的是,不同类型的刀具,其刀面、切削刃的数量不同,但组成刀具切削部分的最基本的结构是两个刀面和一条切削刃。

(二) 刀具角度

1. 刀具标注角度参考系

刀具角度是确定刀头几何形状与切削性能的重要参数。为了确定刀具角度,使其有一个统一、科学的评定标准和合理数值,需建立一个空间假定的直角坐标参考系。在此参考系中,刀具角度由刀具前刀面、后刀面、切削刃与假定参考坐标平面间夹角构成。

目前,用于确定刀具角度的参考系有两大类:一类是标注角度坐标系,它是设计计算、绘制刀具图及刃磨测量角度时的基准,用它定义的角度为刀具角度;另一类是工作参考系,它是确定刀具切削运动中角度的基准。下面着重讨论生产中通用的正交平面参考系。

(1) 坐标参考系的定义

1) 切削平面 (p_s) 通过切削刃上某一选定点,切于工件加工表面并垂直于基面的平面,即主运动方向与切削刃上该选定点的切线所组成的平面(见图1-9)。

2) 基面 (p_r) 通过切削刃上的某一选定点,且垂直于该点主运动方向的平面。

3) 正交平面 (p_o) 通过切削刃上的某一选定点, 并同时垂直于基面和切削平面的平面。

上述三个相互垂直的坐标平面, 组成了标注和测量刀具角度的坐标系 (如图 1-10)。

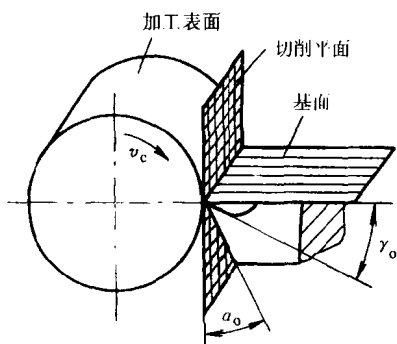


图 1-9 车刀的基面和切削平面

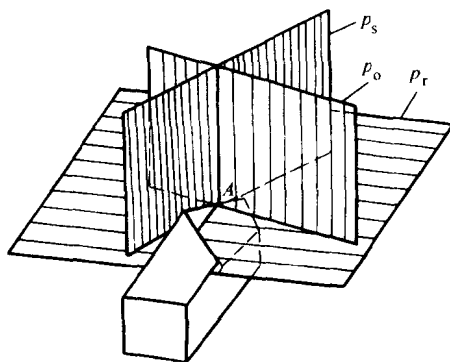


图 1-10 正交平面参考系

(2) 坐标参考系建立的假设条件

1) 假设运动条件 只有主运动, 没有进给运动, 即 $f=0$ 。

2) 假设安装条件 刀具刀尖与工件中心线等高; 刀杆中心线垂直于进给方向。

实践表明, 以上假设能够正确反映刀具角度的实际作用与效果, 成为标注刀具角度的统一标准。

2. 刀具标注角度的定义

在设计、制造和测量刀具时, 采用标注角度坐标系来标注刀具的角度, 称为标注角度。

(1) 在正交平面 p_o 内测量的角度 (见图 1-11)。

1) 前角 (γ_o) 前刀面与基面之间的夹角。前角对切屑变形、切削力、切削热及刃口强度都有很大影响。较大的前角可减小切屑变形, 降低切削力和切削温度, 减少刀具磨损。但前角过大, 刀刃导热体积减小且强度下降。前角可为正、负或零值。当主切削刃在前刀面的倾斜表面上处于最高处时, 前角为正值; 当主切削刃在前刀面的倾斜表面上处于最低处时, 前角为负值; 当前刀面与基面平行时, 前角为零。

2) 后角 (α_o) 后刀面与切削平面之间的夹角。合适的后角可减少加工表面与后刀面的摩擦, 减小后刀面的磨损。后角只能是正值。

3) 楔角 (β_o) 前刀面与后刀面之间的夹角。

由上述定义知:

$$\beta_o = 90^\circ - (\alpha_o + \gamma_o) \quad (1-13)$$

(2) 在基面的投影上测量的角度

1) 主偏角 (κ_r) 主切削刃与进给方向在基面上投影间所夹的角度。在背吃刀量与进给量不变的情况下, 改变主偏角的大小, 可改变切削刃参加切削的工作长度, 并使切削厚度和切削宽度发生变化。

2) 副偏角 (κ'_r) 副切削刃与进给方向在基面上投影间所夹的角度。可减少副后面与已加工表面之间的摩擦。但 κ'_r 过大会影响刀尖强度和表面粗糙度。

3) 刀尖角 (ϵ_r) 主切削刃和副切削刃在基面上投影间的夹角。据此有:

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-14)$$

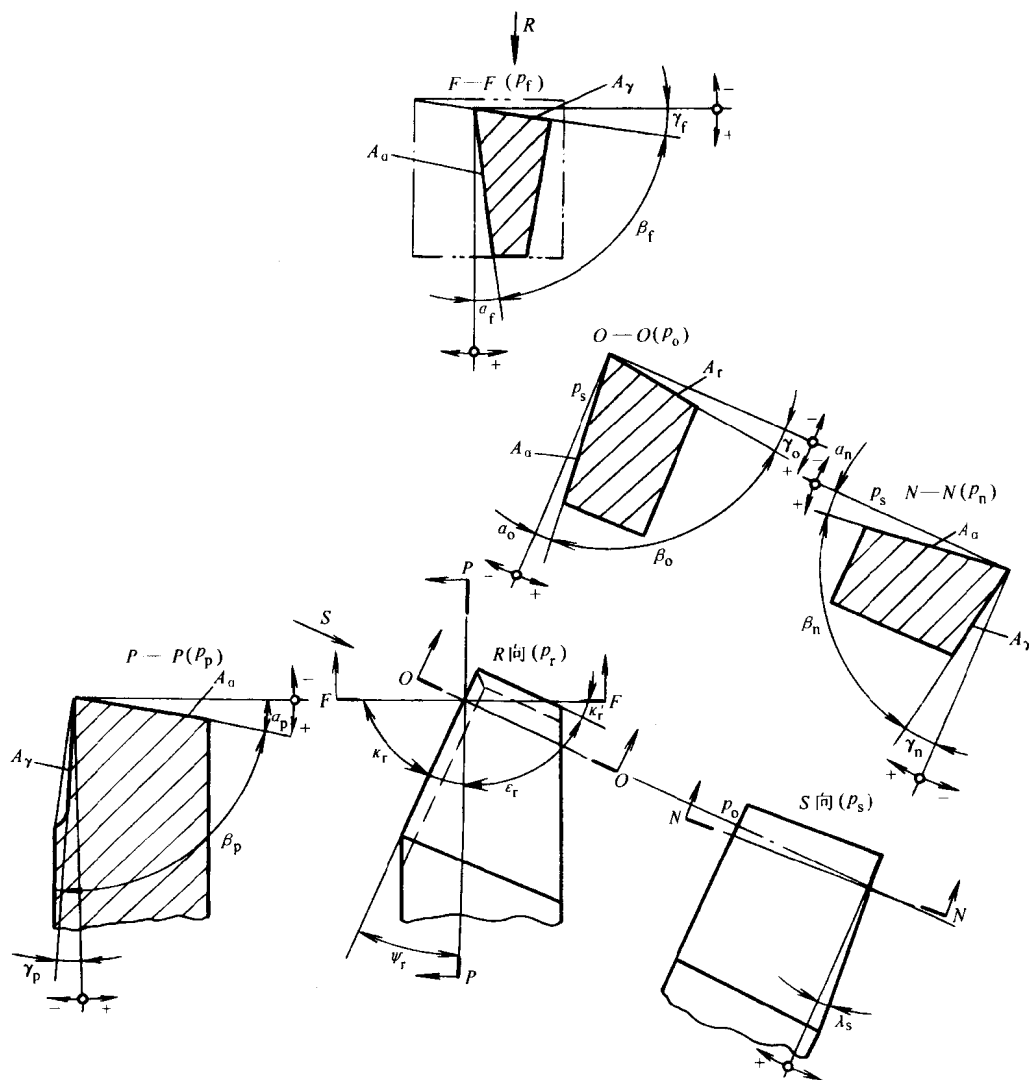


图 1-11 车刀的标注角度

(3) 在切削平面内测量的角度 刃倾角 λ_s ，即主切削刃与基面之间的夹角。其主要作用是影响刀尖强度和控制切屑排出方向。 λ_s 值可为正、负或零值。当刀尖处于主切削刃上最高点时为正值；当刀尖处于主切削刃上最低点时为负值；若主切削刃与基面平行时，刃倾角为零。

对于副切削刃，可参照主切削刃的研究办法，选定一个正交平面 (p'_o)，同样有副前角 (γ'_o)、副后角 (α'_o) 和副刃倾角 (λ'_s)。由于主、副切削刃共处在同一个前刀面上，主切削刃的四个基本角度确定之后，副前角 (γ'_o) 和副刃倾角 (λ'_s) 也就随之而定〔见式 (1-13) 和式 (1-14)〕，故图样上可不必标注。因此，一把外圆车刀两条切削刃的标注角度只有六个，即主切削刃的四个基本角度 γ_o 、 α_o 、 κ_r 、 λ_s 和副切削刃的两个基本角度 α'_o 、 κ'_r 。

三、刀具工作角度

上述刀具角度是在假定条件下的标注角度。而在切削过程中，由于受合成运动和刀具安装位置的影响，实际起作用的刀具角度已不是静止系中的标注角度，而是按照切削工作中的

参考系——工作系确定的刀具角度，即工作角度。

刀具的工作角度和标注角度可以换算。在切削加工时，要使刀具的工作角度处于最佳值，并由此推算出刀具的标注角度，以便制造刀具。由于通常的进给速度远小于主运动速度，因此，在一般的安装条件下，刀具的工作角度近似地等于标注角度（不超过 1° ），不必进行工作角度的换算。只有在角度值变化较大时（如车螺纹或丝杠、钻孔等），才需要计算工作角度。

下面就进给运动和刀具安装情况两方面来阐述工作角度的计算方法。

（一）进给运动对工作角度的影响

1. 径向进给的影响

以车削加工中切断车刀为例（图 1-12），当车刀无进给运动时，其主切削刃上某一选定点相对于工件的运动轨迹为一圆周，切削平面 p_s 为通过切削刃上该点切于圆周的平面。基面 p_r 平行于刀杆底面且垂直于切削平面 p_s ， γ_o 、 α_o 为标注前角和后角。当车刀有径向进给运动时，切削刃上选定点相对于工件的运动轨迹为一阿基米德螺旋线，切削平面变为通过该点切于阿基米德螺旋线的平面 p_{se} ，基面相应地倾斜为 p_{re} ， $(p_{re} \perp p_{se})_c$ 。可见 p_{se} 与 p_{re} 相对于标注参考系 p_s 与 p_r 同步倾斜 μ 角，正交平面 p_{oe} 仍为图上剖面。在工作参考系 (p_{se}, p_{re}, p_{oe}) 内的工作角度 γ_{oe} 、 α_{oe} 为：

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \mu; \quad \alpha_{oe} = \alpha_o - \mu \quad (1-15)$$

由图 1-12 可知：

$$\tan \mu = \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} = \frac{d\rho}{\rho d\theta}$$

工件每转一周 (2π)，刀具进给量为 f 。则工件每转一个 $d\theta$ 角度时，刀具径向移动为 $d\rho$ ，则有：

$$\frac{d\rho}{d\theta} = \frac{f}{2\pi}$$

故

$$\tan \mu = \frac{d\rho}{\rho d\theta} = \frac{f}{2\pi\rho} = \frac{f}{\pi d} \quad (1-16)$$

式中 $d=2\rho$ ，说明 μ 值随加工直径的减小而增大。当直径为 1mm 时， α_{oe} 接近零度，工件常被挤断。在铲背加工或车削大螺距丝杠时， μ 值很大，不可忽略。

2. 纵向进给的影响

同径向进给时相仿，由于工作中基面和切削平面的变化，引起了工作角度的变化。如图 1-13 所示，假定刃倾角 $\lambda_s=0$ ，不考虑纵向进给运动时，切削平面 p_s 垂直于刀杆底面，基面 p_r 平行于刀杆底面，标注角度 γ_o 、 α_o ；考虑进给运动后，切削平面 p_{se} 为切于螺旋面的平面，刀具工作角度的参考系 (p_{se}, p_{re}) 倾斜了一个 μ 角，则正交平面内的工作角度为：

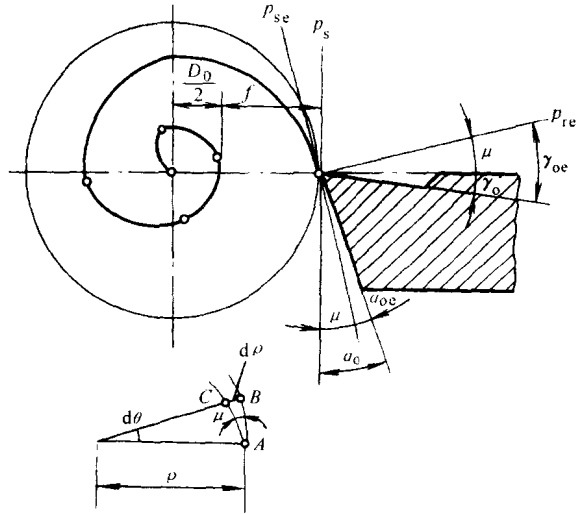


图 1-12 径向进给运动对工作角度的影响

$$\gamma_{oe} = \gamma_o + \mu; \alpha_{oe} = \alpha_o - \mu$$

在 $f-f$ 剖面中, 由螺旋线之螺旋升角可知:

$$\tan \mu_f = \frac{f}{\pi d_w}$$

式中 f —— 进给量;

d_w —— 工件直径。

换算至正交平面内得:

$$\tan \mu = \frac{f \sin \kappa_r}{\pi d_w} \quad (1-17)$$

由上式可知: μ 值不仅与进给量 f 有关, 也与工件直径 d_w 有关; d_w 值越小, 角度变化值越大。当车螺纹、蜗杆, 尤其是车削多线螺纹时, μ 值很大, 必须对工作角度进行计算。一般车削时, 由于 f 很小, μ 值可忽略不计。

(二) 刀尖安装高低对工作角度的影响

1. 刀尖安装高低的影响

如图 1-14 所示, 当刀尖安装得高于工件中心线时, 切削平面将变为 p_{se} , 基面变到 p_{re} , 纵向工作角度 γ_{pe} 增大, α_{pe} 减小。在 $P-P$ 剖面内角度变化值为 θ_p :

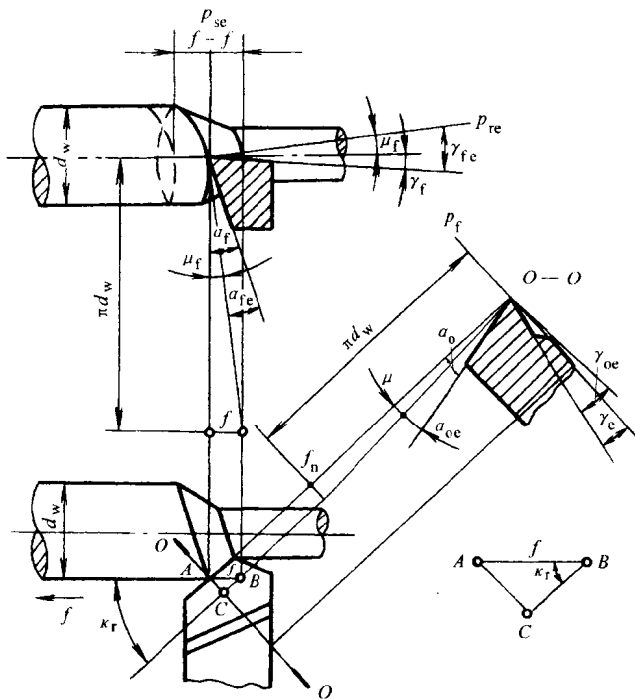


图 1-13 外圆车刀的工作角度

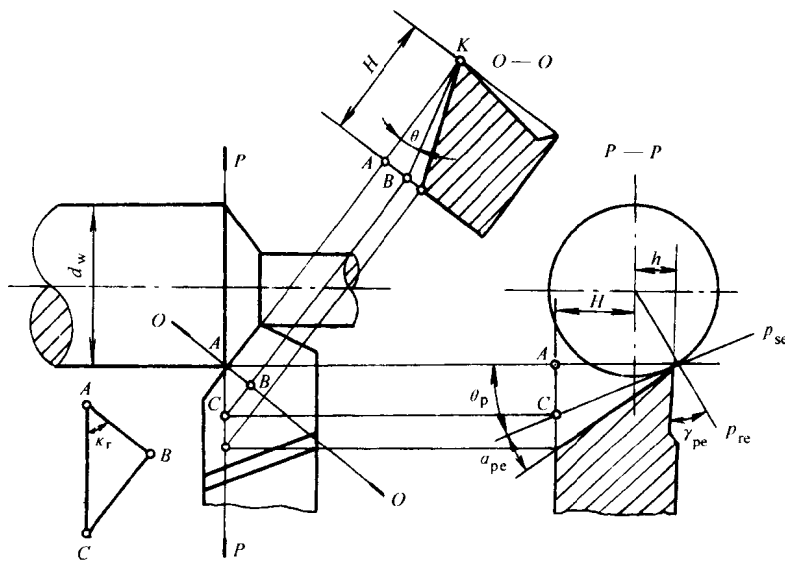


图 1-14 刀尖安装高低对工作角度的影响

$$\tan \theta_p = \frac{h}{\sqrt{(d_w/2)^2 - h^2}} \quad (1-18)$$

式中 h ——刀尖高于工件中心线的数值, 单位为 mm;

d_w ——工件直径, 单位为 mm。

则工作角度为:

$$\gamma_{pe} = \gamma_p + \theta_p; \alpha_{pe} = \alpha_p - \theta_p \quad (1-19)$$

当刀尖低于工件中心时, 上述计算公式符号相反; 镗孔时计算公式同外圆车削相反。

上述计算的是在刀具纵向剖面内的角度变化, 经过换算得正交平面内角度变化值为:

$$\tan \theta = \frac{h}{\sqrt{(d_w/2)^2 - h^2}} \cos \kappa_r \quad (1-20)$$

$$\gamma_{oe} = \gamma_o \pm \theta \quad (1-21)$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_o \mp \theta \quad (1-22)$$

2. 刀杆中心线与进给方向不垂直时工作角度的变化

如图 1-15 所示, 刀杆与进给方向不垂直时, 主偏角和副偏角将发生如下变化:

$$\kappa_{re} = \kappa_r \pm G; \kappa'_{re} = \kappa'_r \mp G \quad (1-23)$$

式中 G ——进给运动方向的垂直线和刀杆中心线间的夹角。

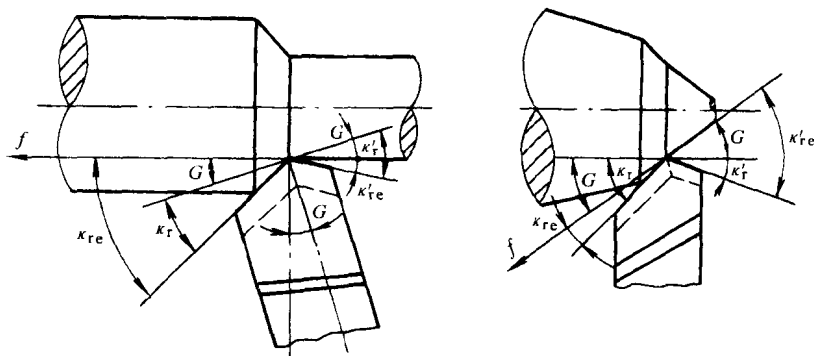


图 1-15 刀杆中心线不垂直于进给方向

四、刀具材料

在金属切削加工中, 刀具材料通常是指刀具切削部分的材料。正确地选择刀具材料是设计和选用刀具的重要内容之一。

(一) 刀具材料应具备的性能

刀具在工作时要承受很大的压力、较高的切削温度及剧烈摩擦。在切削余量不均匀或断续表面时, 刀具受到很大的冲击与振动, 切削温度也在不断地变化。因此, 刀具材料必须满足以下要求:

1. 高的硬度

刀具要从工件上切除多余的金属, 其硬度必须大于工件材料的硬度。一般常温硬度在 60HRC 以上, 高性能高速钢的硬度可达 66~70HRC, 硬质合金的硬度为 89~95HRA, 金刚石的硬度可达 10000HV。

2. 足够的强度和韧性