

T-112 6-45
ZUC

机械加工工艺基础

主 编 杨 方
副主编 杨茂奎



A0979332



西北工业大学出版社
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

【内容简介】 本书是为适应 21 世纪人才培养要求及遵循机械基础课程体系改革精神,在总结近年来的探索、改革和实践经验的基础上编写而成的。

全书共有 6 章,内容包括金属切削加工基础知识、金属切削机床的基础知识、零件表面的加工方法、零件的结构工艺性、机械加工过程的基础知识及新工艺、新技术简介。

本书与《工程材料及成形工艺基础》(齐乐华主编,西北工业大学出版社,2002 年)教材有机结合,形成了机械制造过程的整体概念。

本书可作为高等工科院校机械类及机电类本科教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械加工工艺基础/杨方主编. —西安:西北工业大学出版社,2002. 3
ISBN 7-5612-1430-8

I. 机… II. 杨… III. 金属加工—工艺—高等学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 095987 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029)8493844

网 址:<http://www.nwpup.com>

印刷者:西安市向阳印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:10.625

字 数:251 千字

版 次:2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~2 000 册

定 价:15.00 元

前 言

本书是为适应 21 世纪人才培养要求及遵循机械基础课程体系改革精神,在总结近年来的探索、改革和实践经验的基础上编写而成的。

本书对传统金属工艺学内容进行了精选,尽量避免与相关教材的重复,重点突出;注意与实习教材的分工与配合,在实习教材的基础上着重介绍了主要加工方法的特点及应用,加强了机械加工过程的工艺分析;大篇幅增加了机械制造业中新工艺、新技术的内容及其发展趋势,如数控技术、计算机辅助制造、柔性制造系统、先进制造系统、纳米技术和微机械等基本知识。

本书除绪论外,共有 6 章,内容包括金属切削加工的基础知识、金属切削机床的基础知识、零件表面的加工方法、机械零件的结构工艺性、机械加工工艺过程的基础知识及新工艺、新技术简介。

本书可作为高等工科院校机械类及机电类本科教材,也可供有关工程技术人员参考。使用本书时,可结合各专业的具体情况进行调整,有些内容可供学生自学。

本书由西北工业大学杨方任主编,杨茂奎任副主编。本书编写的分工是:杨方编写绪论、第 1 章、第 2 章、第 3 章第 1~4 节,杨茂奎编写第 3 章第 5~8 节、第 5 章、第 6 章,任海果编写第 4 章。

本书承蒙西安交通大学王裕文教授主审,西北工业大学陈国定教授、葛文杰教授、孙根正教授、高满屯教授、吴立言副教授、李建华副教授等为本书的编写提供了许多宝贵意见,在此一并表示衷心感谢。

本书在编写过程中力求适应高等教育的改革与发展,但由于编者水平有限,难免出现不妥之处,敬请读者指正。

编 者

2001 年 12 月

目 录

绪论	1
第 1 章 金属切削加工的基础知识	3
1.1 切削运动与切削要素	3
1.2 刀具材料与刀具构造	5
1.3 金属切削过程及其物理现象	13
1.4 切削加工技术的经济性简介	20
第 2 章 金属切削机床的基础知识	27
2.1 机床的分类和型号	27
2.2 机床的机械传动	27
2.3 机床的液压传动	36
2.4 机床的自动化	39
第 3 章 零件表面的加工方法	43
3.1 车削加工	43
3.2 钻削与镗削加工	50
3.3 刨削、插削与拉削加工	60
3.4 铣削加工	66
3.5 磨削加工	73
3.6 光整加工简介	83
3.7 特种加工	88
3.8 零件表面加工方法选择	97
第 4 章 机械零件的结构工艺性	102
4.1 零件结构工艺性的概念	102
4.2 切削加工对零件结构工艺性的要求	103
4.3 零件结构的切削加工工艺性实例分析	103

第 5 章 机械加工工艺过程的基础知识	110
5.1 机械加工工艺过程的基本概念	110
5.2 工件的定位与夹具的基本知识	112
5.3 工艺规程的拟订	119
5.4 典型零件的工艺过程	125
第 6 章 新工艺、新技术简介	133
6.1 数控技术及其发展	133
6.2 计算机辅助制造与柔性制造系统概述	136
6.3 先进制造技术	139
6.4 纳米技术与微机械	153
主要参考文献	160

绪 论

机器制造业在国民经济中起着举足轻重的作用,它为国民经济的各部门提供机器、机械装置和设备。可以说,机器制造业的技术水平和现代化程度,决定了整个国民经济的技术水平和现代化程度。

任何机器、部件都是由许多零件组成的。欲使机器的设计图纸变为现实,总是要经过零件的制造、装配、试验过程才能成为实体的构造。零件的一般制造过程包括选材、毛坯成形、热处理、切削加工、检验和装配等生产阶段。因而机器每一个零件的获得都离不开材料和制造工艺。上述零件的选材及其制造的工艺过程等问题正是《工程材料及机械制造基础》课程所研究的内容。《工程材料及机械制造基础》包括《工程材料及成形工艺基础》和《机械加工工艺基础》两部分。其中,零件的各种切削加工方法的基础理论、基本工艺、结构工艺性及工艺过程,以及各种加工方法之间的联系和应用范围是《机械加工工艺基础》所研究的内容。

在现代机械制造业中,切削加工是将金属毛坯加工成具有一定尺寸、形状和精度的零件的主要加工方法。切削加工按所用切削工具的类型可分为两类:一类是利用刀具进行加工,如车削、钻削、镗削、刨削等,另一类是用磨料进行加工,如磨削、珩削、研磨、超精加工等。目前,除少数零件采用精密铸造、精密锻造以及粉末冶金和工程塑料压制等方法直接获得(有的仍需局部切削加工)外,绝大多数零件,尤其是精密零件,主要是依靠切削加工来达到所需的加工精度和表面粗糙度。因此,切削加工是近代加工技术中最重要的加工方法之一,在机械制造业中占有十分重要的地位。

随着科学技术的发展,各种新材料、新工艺和新技术不断涌现,机械制造工艺正向着高质量、高生产率和低成本方向发展。电火花、电解、超声波、激光、电子束和离子束加工等工艺的出现,已突破传统的依靠机械能、切削力进行切削加工的范畴,可以加工各种难加工材料、复杂的型面和某些具有特殊要求的零件。数控机床的出现,提高了更新频繁的小批量零件和形状复杂的零件加工的生产率及加工精度。特别是计算方法和计算机技术的迅速发展,大大推进了机械加工工艺的进步,使工艺过程的自动化达到了一个新阶段。目前,数控机床的工艺功能已由加工循环控制,加工中心,发展到适应控制。加工循环控制虽可实现每个加工工序的自动化,但不同工序中刀具的更换及工件的重新装夹,仍须人工来完成。加工中心是一种高度自动化的多工序机床,又称为自动换刀数控机床,它能自动完成刀具的更换、工件转位和定位、主轴转速和进给量的变换等,使工件在机床上只装夹一次就能完成全部加工。因此,它可以显著缩短辅助时间,提高生产率,改善劳动条件。适应控制数控机床是一种具有“随机应变”功能的机床,它能在加工过程中,根据切削条件(如切削力、切削功率、切削温度、刀具磨损及表面质量等)的变化,自动调整切削条件,使机床保持在最佳的状态下进行加工,而不受其他一些参数发生非预料性变化的影响,因而有效地提高了加工效率,扩大了品种,更好地保证了加工质量,并

达到了最大的经济效益。

近年发展起来的以计算机为行动中心,完成加工、装卸、运输、管理的柔性制造系统,具有监视、诊断、修复、自动转位加工产品的功能,使多品种、中小批量生产实现了加工自动化,大大促进了自动化的进程。尤其是将计算机辅助设计与制造结合起来而形成的计算机集成制造系统,是加工自动化向智能化方向发展的又一关键性技术,并进一步朝着网络化、集成化和智能化的方向发展。

《工程材料及机械制造基础》是一门综合性的技术基础课。在教学计划中,是机械类和近机类专业的必修课程之一。学习《机械加工工艺基础》的目的在于使学生掌握常用金属切削加工基础理论、基本加工工艺方法、零件的结构工艺性及机械加工工艺过程的基础知识,了解现代先进的制造技术和工艺知识,培养学生的机械工程的基本素质和零件结构工艺性设计的能力。机械加工工艺基础在培养高级工程技术人员的全局中,具有增强学生的工程实践能力、对机械技术工作的适应能力和机械结构创新设计能力的作用。

《工程材料及机械制造基础》又是一门实践性很强的课程。学习《机械加工工艺基础》时,首先应具备先修课程的知识 and 一定的工程实践的感性知识。一方面要学好机械制图、公差等先修课程和《工程材料及成形工艺基础》的内容,另一方面要重视生产实践感性知识的积累。在教学安排上,一般将本课程教学安排在金工实习之后,所以要求学生要重视金工实习教学。在金工实习过程中,应注意增长对产品生产和零件加工过程的感性知识,培养一定的操作技能,在此基础上再来学习本课程的内容,才有助于上升到理性认识的高度。其次,在学习过程中应注意理论联系实际。在学习本课程内容时,必须善于联系实习中遇到的各种实际问题,深入领会课程的内容,做到灵活运用和融会贯通,在扎实地掌握本课程的基本理论与知识的同时,努力提高分析和解决工程实际问题的能力。最后,在学习本课程的同时,还要注意了解本学科与相关学科的最新技术成果及发展,以便拓宽知识面,不断地探索、发现新的规律和确立新的规范,以适应当今社会经济的多变性和飞速发展的需要。

第 1 章 金属切削加工的基础知识

金属切削加工是利用切削刀具从毛坯上切除多余金属,以获得符合要求的形状、尺寸和表面粗糙度的零件加工方法。铸造、锻压和焊接等方法(除特种铸造、精密锻造外),通常只能用来制造毛坯或较粗糙的零件。凡精度要求较高的零件,一般都要进行切削加工,因此,切削加工在机械制造业中占有重要的地位。

切削加工可分为机械加工(简称机工)和钳工两部分。

机械加工是将工件和刀具安装在机床上,通过工人操纵机床来完成切削加工的。其主要的加工方式有车、钻、刨、铣、磨及齿轮加工等。所用的机床有车床、钻床、刨床、铣床、磨床和齿轮加工机床等。

钳工一般是由工人手持工具对工件进行切削加工,其主要内容有划线、錾削、锯削、锉削、刮削、钻孔和铰孔、攻丝及套扣等,机械装配和维修也属钳工范围。随着加工技术的不断发展,钳工的一些工作已由机工所代替,机械装配也在一定范围内不同程度地实现了机械化、自动化。但在某些情况下,钳工不仅方便、经济,而且也易于保证加工质量,特别是在装配、维修以及模具制造中,仍然是不可缺少的加工方法,因此,钳工在机械制造业中仍占有独特的地位。

金属切削加工虽有各种不同的形式,但却存在着共同的现象和规律。研究这些现象和规律,以便正确地进行切削加工,对保证零件的加工质量,提高生产率和降低成本,都有着重要的意义。

1.1 切削运动与切削要素

1.1.1 切削运动

机械零件的形状很多,但分析起来,主要是由以下几种表面组成,即外圆面、内圆面(孔)、圆锥面、平面和成形面。由于这些表面的形成方法各不相同,因此,可以用不同的加工方法来获得所需形状。图 1-1 所示为常见的机床加工方法示意图。

由图 1-1 可以看出,切削加工时,刀具与工件之间必须有一定的相对运动,即切削运动。它包括主运动(图中 I 所示)和进给运动(图中 II 所示)。

(1) 主运动是切下切屑所需的最基本的运动。在切削运动中,主运动的速度最高、消耗的功率最大。主运动只有一个。如车削时工件的旋转,牛头刨床刨削时刨刀的直线运动。

(2) 进给运动是多余材料不断被投入切削,从而加工出完整表面所需的运动。进给运动可以有一个或几个。如车削时车刀的纵向或横向运动,磨削外圆时工件的旋转和工作台带动工件的纵向移动。

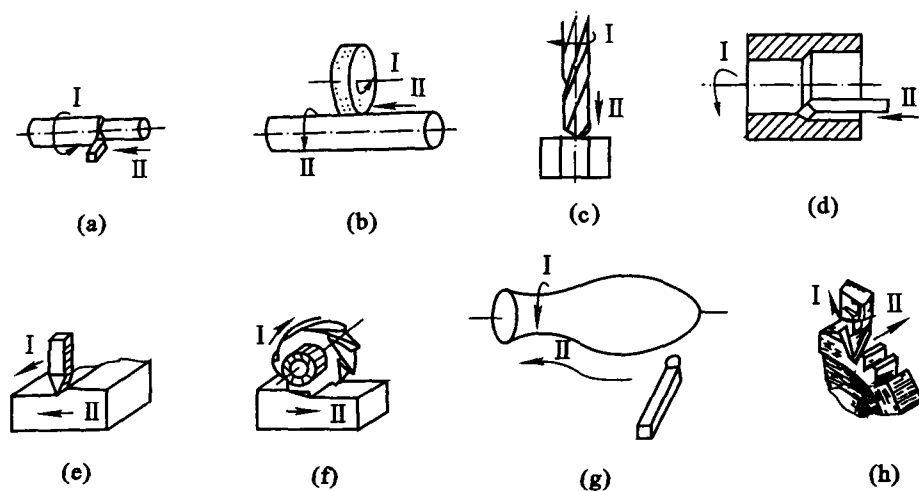


图 1-1 零件不同表面加工时的切削运动

1.1.2 切削要素

在切削过程中,工件上形成 3 个表面,如图 1-2 所示。

已加工表面:工件上已切去切屑的表面。

待加工表面:工件上即将被切去切屑的表面。

加工表面:工件上正在被切削的表面。

切削要素包括切削用量和切削层的几何参数。

1. 切削用量

切削用量表示切削时各运动参数的数量,包括切削速度、进给量和切削深度三要素,它们是调整机床运动的依据。

(1) 切削速度 v : 在单位时间内,工件和刀具沿主运动方向的相对位移。若主运动为旋转运动,则计算公式为

$$v = \frac{\pi d_w n}{1\,000 \times 60}$$

式中 d_w —— 工件待加工表面或刀具的最大直径(mm);

n —— 工件或刀具每分钟转数(r/min)。

若主运动为往复直线运动(如刨削),则常用其平均速度 v 作为切削速度,即

$$v = \frac{2Ln_r}{1\,000 \times 60}$$

式中 L —— 往复直线运动的行程长度(mm);

n_r —— 主运动每分钟的往复次数(r/min)。

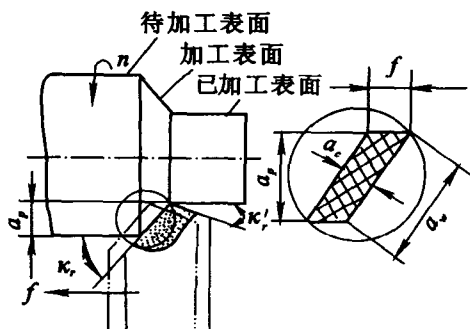


图 1-2 车削时的切削要素

(2) 进给量 f : 在主运动的一个循环(或单位时间)内, 刀具与工件之间沿进给运动方向的相对位移。车削时, 进给量指工件每转一转, 刀具所移动的距离(mm/r); 在牛头刨床上刨削时, 进给量指刀具每往复运动一次, 工件移动的距离(mm/str)。

(3) 切削深度 a_p : 待加工表面与已加工表面之间的垂直距离(mm)。车削外圆时为

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中, d_w, d_m 分别为工件待加工表面和已加工表面的直径(mm)。

2. 切削层几何参数

切削层是指工件上正被切削刃切削着的一层金属, 亦即相邻两个加工表面之间的一层金属。以车削外圆为例(图 1-2), 切削层是指工件每转一转, 刀具从工件上切下的那一层金属。切削层的大小反映了切削刃所加载荷的大小, 直接影响到加工质量、生产率和刀具的磨损等。

(1) 切削宽度 a_w : 沿主切削刃方向度量的切削层尺寸(mm)。车外圆时

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

式中, κ_r 为切削刃和工件轴线之间的夹角。

(2) 切削厚度 a_c : 两相邻加工表面间的垂直距离(mm)。车外圆时

$$a_c = f \sin \kappa_r$$

(3) 切削面积 A_c : 切削层垂直于切削速度截面内的面积(mm²)。车外圆时

$$A_c = a_w a_c = a_p f$$

1.2 刀具材料与刀具构造

在金属切削过程中, 刀具直接参与切削, 在很大的切削力和很高的温度下工作, 并且与切屑和工件都产生剧烈的摩擦, 工作条件极为恶劣。为使刀具具有良好的切削能力, 必须选用合适的材料、合理的角度及适当的结构。刀具材料是刀具切削能力的重要基础, 它对加工质量、生产率和加工成本影响极大。

1.2.1 刀具材料

1. 刀具材料应具备的性能

刀具要在强力、高温和剧烈的摩擦条件下工作, 同时还要承受冲击和振动, 因此刀具材料应满足以下基本要求。

(1) 高的硬度: 刀具材料的硬度必须高于工件的硬度, 以便切入工件。在常温下, 刀具材料的硬度一般应在 60 HRC 以上。

(2) 足够的强度和韧性: 只有具备足够的强度和韧性, 刀具才能承受切削力和切削时产生的振动, 以防脆性断裂和崩刃。

(3) 高的耐磨性: 即抵抗磨损的能力。

(4) 高的耐热性: 指刀具在高温下仍能保持硬度、强度、韧性和耐磨等性能。

(5) 一定的工艺性: 为便于刀具本身的制造, 刀具材料还应具有一定的工艺性能, 如切削性能、磨削性能、焊接性能及热处理性能等。

2. 常用的刀具材料

目前在切削加工中常用的刀具材料有:碳素工具钢、合金工具钢、高速钢及硬质合金等。各种刀具材料的特性,如表 1-1 所示。

表 1-1 常用刀具材料的特性

种 类	牌 号	硬 度	维 持 切 削 性能 的 最 高 温 度 /°C	抗 弯 强 度 GPa	工 艺 性 能	用 途
碳素 工具钢	T8A T10A T12A	60 ~ 64 HRC (81 ~ 83 HRA)	~ 200	2.45 ~ 2.75 (250 ~ 280)	可 冷 热 加 工 成 形, 工 艺 性 能 良 好, 磨 削 性 好, 须 热 处 理	只用于手动 刀具,如手动丝 锥、板牙、铰刀、 锯条、锉刀等
合金 工具钢	9CrSi CrWMn 等	60 ~ 65 HRC (81 ~ 83 HRA)	250 ~ 300	2.45 ~ 2.75 (250 ~ 280)		只用于手动 或低速机动刀 具,如丝锥、板 牙、拉刀等
高速钢	W18Cr4V W6Mo5Cr4V2Al W10Mo4Cr4V3Al	62 ~ 70 HRC (82 ~ 87 HRA)	540 ~ 600	2.45 ~ 4.41 (250 ~ 450)	可冷热加 工成形,工艺 性能好,须热 处理,磨削 性好,但高 钒类较差	用于各种刀 具,特别是形状 较复杂的刀具, 如钻头、铣刀、拉 刀、齿轮刀具、丝 锥、板牙、刨刀等
硬质 合金	钨钴类: YG3, YG6, YG8 钨钴钛类: YT5, YT15, YT30	89 ~ 94 HRA	800 ~ 1 000	0.88 ~ 2.45 (90 ~ 250)	压 制 烧 结 后 使 用, 不 能 冷 热 加 工, 多 镶 片 使 用, 无 须 热 处 理	车刀刀头大部 分采用硬质合金, 铣刀、钻头、滚刀、 丝锥等亦可镶刀 片使用。钨钴类 加工铸铁,有色 金属;钨钴钛类 加工碳素钢、合 金钢、淬硬钢等
陶瓷 材料		91 ~ 94 HRA	> 1 200	0.441 ~ 0.833 (45 ~ 85)		多用于车刀,性 脆,适于连续切削
立方 氮化硼		7 300 ~ 9 000 HV			压 制 烧 结 而 成, 可 用 金 刚 石 砂 轮 磨 削	用于硬度、强 度较高材料的 精加工。在空气 中达 1 300°C 时 仍保持稳定
金刚石		10 000 HV			用 天 然 金 刚 石 砂 轮 刃 磨 极 困 难	用于有色金属 的高精度、低粗 糙度切削,700 ~ 800°C 时易碳化

(1) 碳素工具钢与合金工具钢: 碳素工具钢是含碳量高的优质钢(含碳量为 0.7% ~ 1.2%), 如 T10A。碳素工具钢淬火后具有较高的硬度, 而且价格低廉。但这种材料的耐热性较差, 当温度达到 200°C 时, 即失去它原有的硬度, 并且淬火时容易产生变形和裂纹。

合金工具钢是在碳素工具钢中加入少量的 Cr, W, Mn, Si 等合金元素形成的刀具材料, (如 9SiCr)。由于合金元素的加入, 与碳素工具钢相比, 其热处理变形有所减小, 耐热性也有所提高。

以上两种刀具材料因其耐热性都比较差, 所以常用于制造一些形状较简单的低速切削刀具, 如锉刀, 锯条, 铰刀等。

(2) 高速钢: 又称为锋钢或风钢, 它是含有较多 W, Cr, V 合金元素的高合金工具钢, 如 $W_{18}Cr_4V$ 。与碳素工具钢和合金工具钢相比, 高速钢具有较高的耐热性, 温度达 600°C 时, 仍能正常切削, 其许用切削速度为 30 ~ 50 m/min, 是碳素工具钢的 5 ~ 6 倍, 而且它的强度、韧性和工艺性都较好, 可广泛用于制造中速切削及形状复杂的刀具, 如麻花钻、铣刀、拉刀、各种齿轮加工刀具。

(3) 硬质合金: 它是以高硬度、高熔点的金属碳化物(WC, TiC)为基体, 以金属 Co, Ni 等为黏结剂, 用粉末冶金方法制成的一种合金。其硬度高, 耐磨、耐热性好, 许用切削速度是高速钢的 6 倍, 但强度和韧性比高速钢低, 工艺性差, 因此硬质合金常用于制造形状简单的高速切削刀片, 经焊接或机械夹固在车刀、刨刀、端铣刀、钻头等的刀体(刀杆)上使用。

国产的硬质合金一般分为两大类: 一类是由 WC 和 Co 组成的钨钴类(YG 类); 另一类是 WC, TiC 和 Co 组成的钨钛钴类(YT 类)。

YG 类硬质合金的韧性较好, 但切削韧性材料时, 耐磨性较差。因此, 它适用于加工铸铁、青铜等脆性材料。常用的牌号有 YG3, YG6, YG8 等, 其中数字表示 Co 的百分含量。

YT 类硬质合金比 YG 类硬度高, 耐热性好, 在切削韧性材料时的耐磨性较好, 但韧性较差, 一般适用于加工钢件。常用的牌号有 YT5, YT15, YT30 等, 其中数字表示 TiC 的百分含量。

3. 新型刀具材料简介

近年来, 随着高硬度难加工材料的出现, 对刀具材料提出了更高的要求, 这就推动了新刀具材料的不断开发。

(1) 高速钢的改造: 为了提高高速钢的硬度和耐磨性常采用如下措施。

1) 在高速钢中增添新的元素。如我国制成的铝高速钢, 增添了铝元素, 使其硬度达 70 HRC, 耐热性超过 600°C, 被称之为高性能高速钢或超高速钢。

2) 改进刀具制造的工艺方法。用粉末冶金法制造的高速钢称为粉末冶金高速钢, 它可消除碳化物的偏析并细化晶粒, 提高了材料的韧性、硬度, 并减小了热处理变形, 适用于制造各种高精度刀具。

(2) 硬质合金的改进: 为了克服常用硬质合金强度和韧性低、脆性大、易崩刃的缺点, 常采用如下措施。

1) 调整化学成分。增添少量的碳化钽(TaC)、碳化铌(NbC), 使硬质合金既有高的硬度又有较好的韧性。

2) 细化合金的晶粒。如超细晶粒硬质合金, 硬度可达 90 ~ 93 HRA, 抗弯强度可达 2.0 GPa。

3) 采用涂层刀片。在韧性较好的硬质合金(如 YG 类) 基体表面, 涂敷 $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 厚的一层 TiC 或 TiN, 以提高其表层的耐磨性。

(3) 非金属刀具材料的采用: 陶瓷、天然(人造) 金刚石、立方氮化硼等的硬度和耐磨性比上述各种金属刀具材料高, 可用于切削淬火钢、有色金属及硬质合金等材料。由于它们的脆性大, 抗弯强度又极低, 加之金刚石和立方氮化硼两种材料价格又昂贵, 所以很少应用。

1.2.2 刀具构造

切削刀具的种类很多, 如车刀、钻头、刨刀、铣刀等, 它们的几何形状各异, 复杂程度不同。其中, 车刀是最常用、最简单而且是最基本的切削刀具, 因而最具有代表性。尽管其他刀具种类繁多, 但它们的切削部分总是近似地以外圆车刀的切削部分为基本形态。因此, 研究金属切削刀具时, 总是以车刀为基础。

1. 车刀的组成及结构形式

车刀是由刀头和刀体组成的。刀头用来切削, 故称切削部分。刀体是用来将车刀夹固在刀架或刀座上的部分。车刀可用高速钢制成, 也可在碳素结构钢的刀体上焊硬质合金刀片。其结构形式有: 整体式——刀头和刀体做成一体(图 1-3(a))、焊接式——将刀片焊接在刀体上(图 1-3(b))、机夹式——将车刀用机械夹固的方法紧固在刀体上(图 1-3(c)) 和机夹可转位式(图 1-3(d))。其中, 机夹可转位式车刀所用的硬质合金刀片具有数个切削刃, 当一个切削刃用钝后, 只须松开夹紧元件, 将刀片转换一个切削刃, 重新夹紧, 即能继续使用, 可获得较大的经济效益。

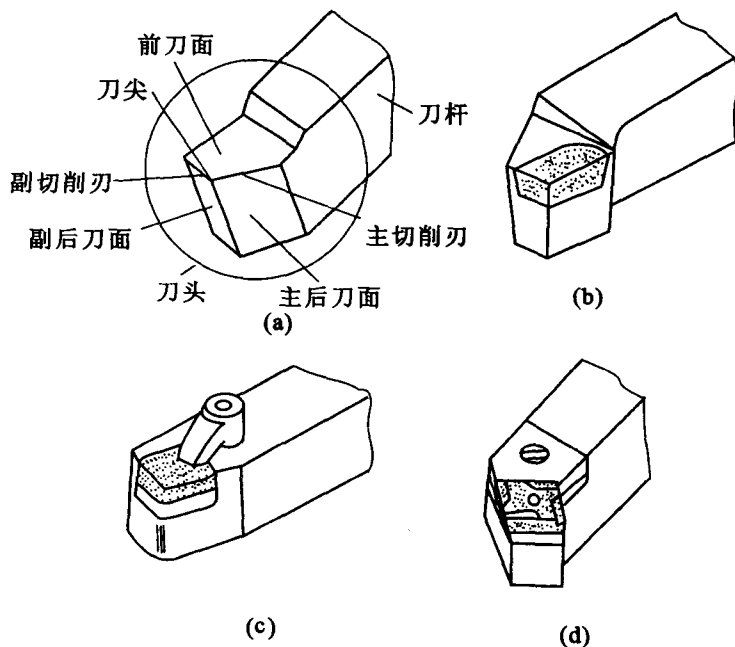


图 1-3 车刀的结构形式
(a) 整体式 (b) 焊接式 (c) 机夹 (d) 机夹可转位

车刀切削部分是由三面、二刃、一尖组成(图 1-3(a))。

- (1) 前刀面:切削时,切屑流出所经过的表面。
- (2) 主后刀面:切削时,与工件加工表面相对的表面。
- (3) 副后刀面:切削时,与工件已加工表面相对的表面。
- (4) 主切削刃:前刀面与主后刀面的交线。它可以是直线或曲线,承担主要的切削工作。
- (5) 副切削刃:前刀面与副后刀面的交线。一般情况下,它仅起微量的切削作用。
- (6) 刀尖:主切削刃和副切削刃的交接处。为了强化刀尖,常将其磨成圆弧形。

以上各元素之间的关系可由图 1-4 来表示。

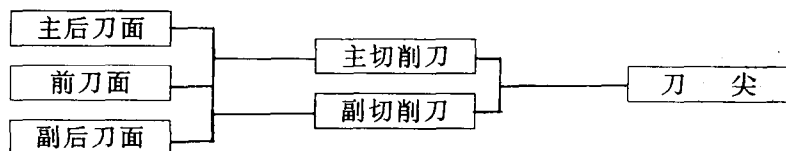


图 1-4 三面、二刀、一尖

2. 车刀的标注角度及其作用

为了确定上述表面和刀刃的空间位置,首先介绍 3 个相互垂直的辅助平面,如图 1-5 所示。

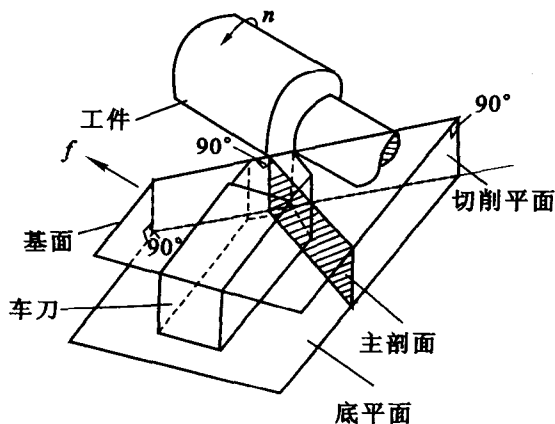


图 1-5 确定刀具角度的辅助平面

- (1) 切削平面:通过主切削刃上某一点并与工件加工表面相切的平面。
- (2) 基面:通过主切削刃上某一点并与该点切削速度方向相垂直的平面。
- (3) 主剖面:通过主切削刃上某一点并与主切削刃在基面上的投影相垂直的平面。

切削平面、基面和主剖面 3 个辅助平面是互相垂直的。

车刀的标注角度是指在刀具图样上标注的角度,也称刃磨角度。车刀的 5 个主要角度是前角 γ_0 、后角 α_0 、主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 和刃倾角 λ_s ,如图 1-6(a) 所示。

- (1) 前角 γ_0 :在主剖面中测量,是前刀面与基面之间的夹角。

前角对切削的难易程度有很大影响。增大前角能使车刀锋利,切削轻快,减小切削力和切削热。但前角过大,刀刃和刀尖的强度下降,刀具导热体积减小,影响刀具使用寿命。前角的大小对加工工件的表面粗糙度及排屑、断屑的情况都有一定的影响。

前角大小的选择与工件材料、刀具材料、加工要求等有关。工件材料的强度、硬度低,前角应选得大些,反之应选得小些;刀具材料韧性好(如高速钢),前角可选得大些,反之应选得小些(如硬质合金);精加工时前角可选得大些,粗加工时应选得小些。通常硬质合金车刀的前角 γ_0 在 $-5^\circ \sim +20^\circ$ 的范围内选取。前角的正与负,如图 1-6(b) 所示。

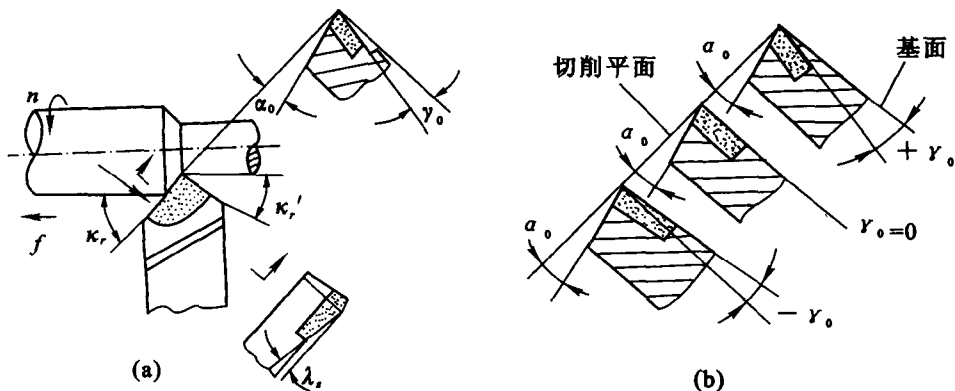


图 1-6 车刀的主要角度

(2) 后角 α_0 : 在主剖面中测量, 是主后刀面与切削平面之间的夹角。

后角的作用是为了减小后刀面与工件之间的摩擦和减少后刀面的磨损。但后角不能过大, 否则同样使切削刃的强度下降。

粗加工和承受冲击载荷的刀具, 为了使刀刃有足够的强度, 应取较小的后角, 一般为 $5^\circ \sim 7^\circ$; 精加工时, 为保证加工工件的表面质量, 应取较大的后角, 一般为 $8^\circ \sim 12^\circ$; 高速钢刀具的后角可比同类型的硬质合金刀具稍大一些。

(3) 主偏角 κ_r : 在基面中测量, 是主切削刃在基面上的投影与进给运动方向之间的夹角。

主偏角的大小影响切削条件和刀具寿命, 如图 1-7 所示。在进给量和切削深度相同的情况下, 减小主偏角可以使刀刃参与切削的长度增加, 切屑变薄, 因而使刀刃单位长度上的切削负荷减轻。同时加强了刀尖强度, 增大了散热面积, 从而使切削条件得到改善, 刀具寿命提高。

主偏角的大小还影响切削分力的大小, 如图 1-8 所示。在切削力同样大小的情况下, 减小主偏角会使切深抗力 F_y 增大。当加工刚性较差的工件时, 为避免工件变形和振动, 应选用较大的主偏角。车刀常用的主偏角有 $45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ 几种。

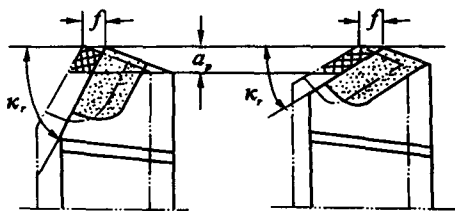


图 1-7 主偏角对切削宽度和厚度的影响

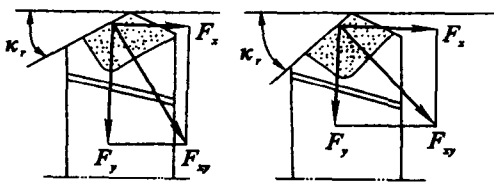


图 1-8 主偏角对切深抗力的影响

减小主偏角还可以减小已加工表面残留面积的高度, 以减小工件的表面粗糙度, 如图 1-9 所示。

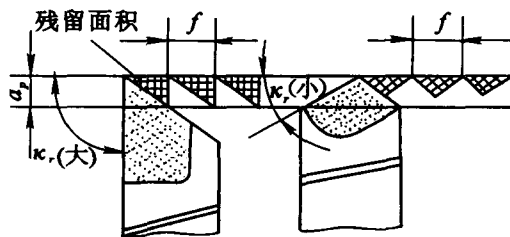


图 1-9 主偏角对残留面积的影响

(4) 副偏角 κ'_r : 在基面中测量, 是副切削刃在基面上的投影与进给运动反方向之间的夹角。

副偏角的作用是为了减小副切削刃和副后刀面与工件已加工表面之间的摩擦, 以防止切削时产生振动。副偏角的大小影响表面粗糙度。如图 1-10 所示, 切削时由于副偏角 κ'_r 和进给量 f 的存在, 切削层的面积 A_c 未能全部切去, 总有一部分残留在已加工表面上, 称之为残留面积。在切削深度、进给量和主偏角相同的情况下, 减小副偏角可以使残留面积减小, 表面粗糙度值降低。

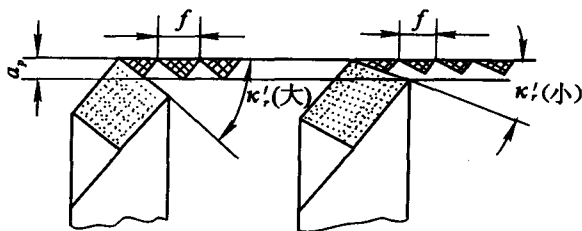


图 1-10 副偏角对残留面积的影响

副偏角的大小主要根据表面粗糙度的要求来选取, 一般为 $5^\circ \sim 15^\circ$ 。粗加工取较大值, 精加工取较小值。至于切断刀, 因要保证刀头强度和重磨后主刀刃的宽度, κ'_r 取 $1^\circ \sim 2^\circ$ 。

(5) 刃倾角 λ_s : 在切削平面中测量, 是主切削刃与基面之间的夹角。

刃倾角主要影响主切削刃的强度和切屑流出的方向。如图 1-11 所示, 当主切削刃与基面重合时, λ_s 为零(图 1-11(a)), 切屑向着与主切削刃垂直的方向流出; 当刀尖处于主切削刃最高点时, λ_s 为正值(图 1-11(b)), 主切削刃强度较差, 切屑向待加工表面流出, 不影响加工表面质量; 当刀尖处于主切削刃最低点时, λ_s 为负值(图 1-11(c)), 主切削刃强度较好, 切屑向已加工表面流出, 可能擦伤加工表面。

一般刃倾角可在 $-4^\circ \sim 5^\circ$ 之间选取, 粗加工时 λ_s 常用负值, 精加工时为了防止切屑划伤已加工表面, λ_s 常用正值或零度值。

3. 车刀的工作角度

上述车刀角度是在假定车刀刀尖和工件回转轴线等高、刀杆中心线垂直于进给方向, 且不考虑进给运动对坐标平面空间位置的影响等条件下标注的角度。在实际切削过程中, 这些条件往往会改变, 以致使刀具切削时的几何角度不等于上述标注的角度。刀具在切削过程中的实际切削角度, 称为工作角度。

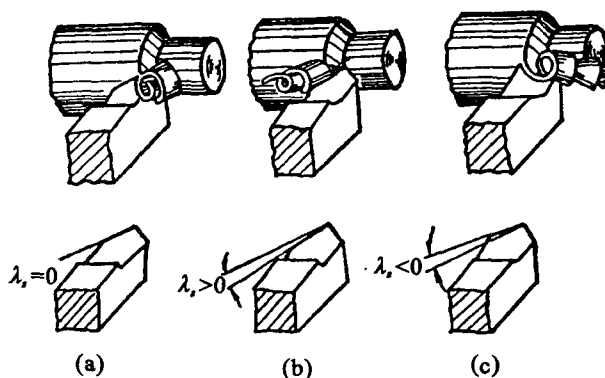


图 1-11 刃倾角及其对切屑流出方向的影响
(a) 刃倾角为零 (b) 刃倾角为正值 (c) 刃倾角为负值

(1) 车刀的安装对工作角度的影响: 安装车刀时, 刀尖如果高于或低于工件回转轴线, 则切削平面和基面的位置将发生变化, 如图 1-12 所示。当刀尖高于工件回转轴线时, 前角增大, 后角减小(图 1-12(a)); 反之, 前角减小, 后角增大(图 1-12(c))。

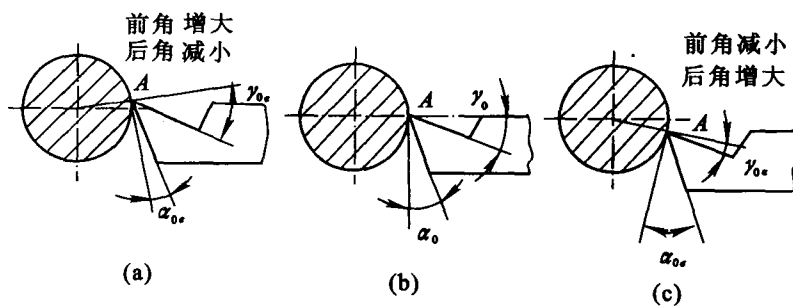


图 1-12 外圆车刀安装对前角和后角的影响
(a) 刀尖高于工件轴线 (b) 刀尖与工件轴线等高 (c) 刀尖低于工件轴线

如果车刀刀杆中心线安装的与进给方向不垂直, 车刀的主、副偏角将发生变化, 如图 1-13 所示。刀杆右偏, 则主偏角增大, 副偏角减小(图 1-13(a)); 反之, 主偏角减小, 副偏角增大(图 1-13(c))。

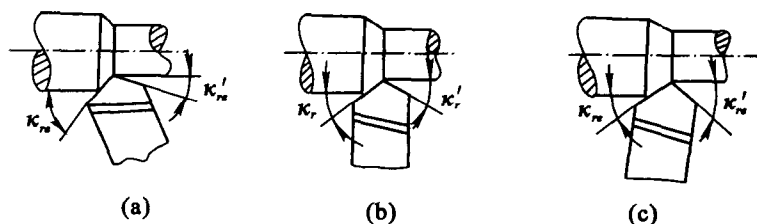


图 1-13 刀杆装偏对主、副偏角的影响
(a) 刀杆右偏 (b) 刀杆与进给方向垂直 (c) 刀杆左偏

可见, 刀具安装的正确与否, 对切削是否顺利, 工件加工表面是否光洁等都具有较大的影