

JIXIE JIAGONG GONGYI JICHU



GONGCHENG CAILIAO JI JIXIEZHIZAO JICHU
工程材料及机械制造基础

机械加工 工艺基础

刘继林/宋昭祥/朱福顺 主编

湖南科学技术出版社

工程材料及机械制造基础

机械加工工艺基础

刘继林 宋昭祥 朱顺福主编

湖南科学技术出版社

内 容 简 介

本书系根据国家教委课程指导小组制定的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》编写。

本书内容包括：金属切削加工的基本理论，切削加工自动化，光整加工和特种加工，各种表面加工方法比较，零件结构工艺性，机械加工工艺的经济效益分析，中小型零件的单件小批量生产的机械加工工艺设计，常用非金属材料加工，质量、安全与环境保护等。

本书可作为高等工业学校机械类各专业教材，也可作为各类成人高校，职工大学机械类专业教学用书和作为有关工程技术人员参考用书。

机械加工工艺基础

主 编：刘继林 宋昭祥 朱福顺

责任编辑：刘奇琰

出版发行：湖南科学技术出版社

(长沙市展览馆路3号)

印 刷：湘潭市彩色印刷厂

(印装质量问题请直接与本厂联系)

经 销：湖南省新华书店

出版日期：1995年10月第1版第1次

开 本：787×1092毫米 1/16

印 张：9.5

字 数：230,000

印 数：1—5800

ISBN 7—5357—1757—8/TH·50

定 价：10.00元

湘新登字 004 号

序 言

机械制造业是国民经济的技术装备部门，其发展速度应高于国民经济的各个部门。

理想的机械设计必须通过合理的选材和正确的加工技术加以实现。

工程材料及机械制造基础和金工实习是高等工科院校机械类专业必修的技术基础课，是研究制造零件的工艺方法的综合技术学科。它主要研究工程材料的性能及其对加工工艺方法的影响，各种工艺方法自身的规律性及其相互联系与比较，加工工艺过程和结构工艺性（结构设计）。

为了突破教学的传统模式和纯叙述式的讲授方法，充分激发学生的学习积极性，提高教学效果，本套教材在进行本课程教学内容体系的改革方面迈出了可喜的一步，其改革是通过以下特点实现的：

1. 采用新颖的工艺形态学体系，根据各种加工工艺所共有的基本要素在运动中的变化与相互作用，加强对各种加工工艺的综合论述与横向比较。

2. 合理调整内容，实习与理论教学两部分教材各有侧重，避免了两者的相互割裂与无效重复，有利于实习与理论教学这两个主要教学环节的有机结合。

3. 根据工程教育实践性强的特点，强调理论与实践的结合，加强实践性和应用性。在加强实习内容的同时，新增加了金属工艺设计和实验等内容，注重学生工程意识的训练和工程实践能力的培养。

4. 调整知识能力结构，提高起点，拓宽知识面，增加对新材料、新工艺、新技术的介绍，并注意技术与经济的结合、技术与管理的结合，以适应社会主义市场经济对人才的需要。

5. 教材每章之后均附有一定数量的复习思考题，可起到复习、加深理解、能力训练的作用。

本套教材是根据国家教委批准的《高等工业学校工程材料及机械制造基础教学基本要求》和《〈金工实习〉教学基本要求》，借鉴国内外教材内容体系，由多所院校协作编写的，从多方面进行了教材改革尝试。本套教材符合教学基本要求，选材合理，阐述清晰，层次分明，语言精练，图文并茂，质量较好，值得推荐。

徐允长 徐庆莘

1995年5月

前 言

根据国家教委课程指导小组修订的《高等工业学校工程材料及机械制造基础教学基本要求》和《〈金工实习〉教学基本要求》，湘潭矿业学院、山东矿业学院、阜新矿业学院、焦作工学院、湖南农业大学、中南林学院组织有长期教学经验的教师成立本课程教材编写组，联合编写《工程材料》、《热加工工艺基础》、《机械加工工艺基础》和《金工实习与实验》一套四册教学用书。

为了提高教材质量，本书编写时，注意体现出以下特点：

1. 充分注意与金工教材的分工与配合，删略了一些传统的繁琐枝节和与实习教材重复的内容，并按课程基本要求将金属切削机床和机械传动系统内容放到金工实习教材。在金工实习的感性认识基础上，重点是工艺理论的阐述、工艺方案的比较，对内容适度地加深和拓宽。

2. 提高起点，拓宽知识面，力求反映近年来在机械制造方面出现的新技术和新工艺。

3. 增加了常用非金属材料的加工，以适应现代经济建设的需要。

4. 注重对单件、小批量、简单零部件的工艺设计训练，介绍了与机械制造工艺设计有关的原则与方法，并安排了专门的工艺设计作业，以加强学生的工程意识训练，培养学生的工程实践能力、创造能力和解决实际问题的能力。

5. 在贯彻经济观点和质量第一的基础上，将生产率、成本、质量和安全、环境保护作为统一体来考虑。

6. 贯彻了国家标准。

本书由山东矿业学院刘继林、湘潭矿业学院宋昭祥、焦作工学院朱福顺担任主编，参加编写的有王随莲、陆名彰、董亮、胡忠举、岳文辉、刘平。本套教材由天津大学徐允长教授、山东矿业学院徐庆莘教授担任主审。

在本套教材的编写过程中，得到了编者所在的各院校有关领导的大力支持，在此表示深切的感谢。

由于编者水平与经验所限，书中的缺点与错误敬请同行与读者不吝批评指正。

编 者

1995年6月

目 录

第一篇 切削加工

第一章 金属切削加工的基本原理	(1)
第一节 切削运动和切削要素.....	(1)
第二节 金属切削刀具.....	(2)
第三节 金属切削过程.....	(9)
第四节 工件材料的切削加工性.....	(19)
第五节 切削加工主要技术经济指标.....	(22)
第二章 切削加工自动化生产简介	(31)
第一节 自动和半自动机床.....	(31)
第二节 切削加工自动线.....	(32)
第三节 数控机床.....	(34)
第四节 柔性制造系统和计算机辅助制造概述.....	(39)
第三章 光整加工和特种加工	(48)
第一节 光整加工.....	(48)
第二节 特种加工简介.....	(52)
第四章 典型表面加工方法分析	(56)
第一节 外圆表面的加工.....	(56)
第二节 内圆表面的加工.....	(59)
第三节 平面的加工.....	(65)
第四节 成形面及其他表面的加工.....	(69)
第五章 机械加工工艺设计	(81)
第一节 零件的结构工艺性.....	(81)
第二节 机械加工工艺规程设计.....	(86)
第三节 典型零件的加工.....	(103)

第二篇 常用非金属材料加工

第一章 塑料的成型与加工	(119)
第一节 工程塑料的工艺性能.....	(119)
第二节 工程塑料的成型和加工工艺.....	(120)
第二章 橡胶制品的成型与加工	(126)
第一节 橡胶制品的加工成型.....	(126)
第二节 橡胶的老化及防止.....	(129)

第三篇 质量、安全与环境保护

第一章 质量管理基础知识	(132)
第一节 质量管理发展的三个阶段.....	(132)
第二节 全面质量管理概述.....	(133)
第二章 工业安全与环境保护	(139)
第一节 工业安全.....	(139)
第二节 环境保护.....	(141)

第一篇 切削加工

第一章 金属切削加工的基本原理

金属切削加工是用刀具从金属材料（毛坯）上切去多余的部分，使获得的零件具有符合要求的几何形状、尺寸及表面粗糙度的加工过程。

金属切削加工可分为钳工和机械加工（简称机工）两部分。机械加工是通过工人操纵机床来完成切削加工的。其主要方法有车削、钻削、刨削、铣削、磨削及齿轮加工等。所用的机床为车床、钻床、刨床、铣床、磨床及齿轮加工机床等。

随着科学技术的发展，现代机器设备和仪器仪表的精度越来越高，对组成机器的主要零件的精度和表面粗糙度也相应地提出了更高的要求。目前除了少数零件可以采用精密铸造和精密锻造的方法直接得到外，绝大多数的零件还需要通过机械加工的方法来获得。因此，机械加工是机器制造的重要手段，作为基本的加工方法仍保持着重要的地位。

第一节 切削运动和切削要素

一、工件上的三个加工表面

工件在切削加工过程中，通常存在着三个不断变化的表面：一是已加工表面；二是待加工表面，三是过渡表面。

二、切削运动

机器零件是由一些表面围成的实体。利用切削加工方法加工这些表面时，工件和刀具间必须有一定的相对运动，这就是切削运动。

切削运动分为主运动和进给运动。

三、切削用量

切削用量指的是切削速度（ v ）、进给量（ f ）和背吃刀量（ a_p ）。

四、切削层参数

切削层是指工件上正在被切削刃切削的金属层。如图 1.1—1 所示，当工件旋转一圈时，车刀由位置Ⅰ行进到位置Ⅱ，车刀轴向移动的距离为进给量 f 。位置Ⅰ与位置Ⅱ的切削表面之间的一层金属就是切削层。切削层的剖面形状和尺寸，通常都在垂直于切削速度 v 的

基面 P_r 内度量。由图可见，主切削刃为直线车刀，切削层的剖面形状是一个平行四边形。度量切削层大小也有如下三个要素。

1. 切削层公称厚度 (h_D) (切削厚度 a_c)

在同一瞬间的切削层横截面积与其公称切削层宽度之比，称为切削层公称厚度。它与进给量之间有以下关系：

$$h_D = f \sin K_r$$

式中， K_r ——主偏角。

2. 切削层公称宽度 (b_D) (切削宽度 a_w)

在给定瞬间，作用主切削刃截形上两个极限点间的距离，在切削层尺寸平面中测量。它与背吃刀量之间的关系如下：

$$b_D = a_p / \sin K_r (\text{mm})$$

3. 切削层公称横截面积 (A_D) (切削面积 A_C)

在给定瞬间，切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面积。它可用下式计算：

$$A_D = h_D \cdot b_D = f a_p (\text{mm}^2)$$

切削用量和切削层参数合称为切削要素。

注：切削层尺寸平面——在主切削刃选定点的基面

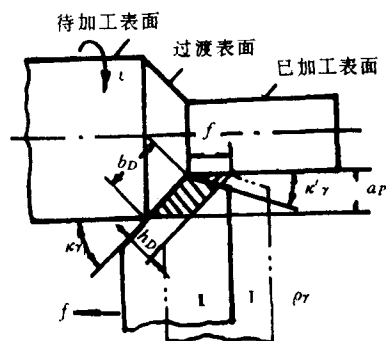


图 1.1-1 加工表面和切削要素

第二节 金属切削刀具

一、刀具材料

在金属切削过程中，刀具直接参加切削，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，刀具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基础，它对加工质量、生产率和加工成本影响极大。

1. 刀具材料应具备的性能

刀具工作时，切削部分受到很高温度、压力和摩擦的作用，同时还要承受冲击和振动，因此必须具有下列基本性能：

①高的硬度 刀具材料的硬度必须高于工件材料的硬度，一般常温硬度要在 HRC60 以上。

②足够的强度和韧性 能承受切削力、冲击和振动，不产生崩刃和断裂。

③高的耐热性 刀具材料在高温下保持硬度、强度、韧性和耐磨性的性能。刀具材料的高温硬度愈高，允许的切削速度也愈高。

④良好的耐磨性。

此外，刀具材料还应具有较好的工艺性能，便于制造、热处理和刃磨。

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、硬质合金、金属陶瓷、金刚石和立方氮化硼等。各种材料的主要性能及应用见表 1.1-1 所示。

表 1.1-1 各类刀具材料主要性能比较

种类	常用牌号 举 例	室温硬度	耐热性 (°C)	抗弯强度 σ_{bb} (MPa)	相对价格	相对切削 成本	工艺性能	应用范围
碳素工具钢	T10A T12A	HRC60~64	200	2450~2744	0.3	1.91	可冷热加工成形, 磨削性能好, 易磨出锋利的刃口, 需热处理	用于手动工具, 如丝锥、板牙、铰刀、锯条、锉刀等
合金工具钢	CrWMn 9SiCr	HRC60~65	250~350	2450~2744			同上	用于手动或低速机动工具, 如机用丝锥、板牙、拉刀等
高速钢	W18Cr4V	HRC62~70 (HRA82~87)	540~650	2450~3730	1	1	同上	主要用于形状较复杂的刀具, 如钻头、铣刀、拉刀、齿轮刀具, 也可用于车刀、刨刀
硬质合金	YG8 YT15	HRA89~98 (HV1000~2000)	800~1000	883~1470	10	0.27	不能冷热加工, 多做为镶片使用、刃磨困难, 无需热处理	多用于车刀, 也可用于铣刀、钻头、滚刀等
金属陶瓷	AM	HRA91~94	1200~1450	588~882	15	0.14	同上	多用于车刀, 适于连续切削, 主要对工件进行半精加工和精加工
立方氮化硼	立方氮化硼 复合刀片 FD	HV7300~9000	1400~1500	290			压制烧结而成, 要用金刚石砂轮刃磨	用于强度、硬度较高材料的精加工
金刚石		HV10000	700~800	200~480			刃磨极困难	用于有色金属的高精度、低参数值粗糙度的切削

碳素工具钢、合金工具钢因性能较差，仅用于制作一些手动工具、低速工具。金属陶瓷、立方氮化硼和金刚石的硬度和耐磨性都很好，但成本较高、性脆、抗弯强度低，目前主要用于难加工材料的精加工。

在近代切削中，高速钢与硬质合金互相补充，成为应用最广泛的两种刀具材料。

(1) 高速钢

高速钢是以钨、铬、钒、钼和钴为主要合金元素的高合金工具钢，又称锋钢或风钢。高速钢具有较高的耐热性，在切削温度达 540~650℃ 时，仍能进行切削。其许用切削速度高于碳素工具钢和合金工具钢，一般可达 30~50m/min。高速钢的强度、韧性和工艺性能均好，所以在形状复杂刀具（铣刀、拉刀、齿轮加工刀具等）和小型刀具制造中，高速钢仍占主要地位。由于高速钢刀具容易磨出锋利的切削刃，所以它广泛用于有色金属等低硬度、低强度工件的切削加工。

W18Cr4V 是国内外长期以来使用最普遍的一种高速钢。W6Mo5Cr4V2 高速钢，国外因资源关系用得较多，国内目前主要用于制造热轧、大型及受冲击较大的刀具。在普通高速钢中添加其他合金元素，可以使其性能（硬度、耐热性、耐磨性等）进一步提高，用于切削高强度钢、高温合金、钛合金等难加工材料。

(2) 硬质合金

硬质合金是由高硬度、高熔点的金属碳化物和金属粘结剂烧结而成的粉末冶金制品。用作切削刀具的硬质合金常用的金属碳化物是 WC 和 TiC，粘结剂以钴为主。硬质合金硬度高，耐热性好，许用切削速度比高速钢高数倍。但硬质合金的抗弯强度远比高速钢低，冲击韧性较差。

目前大部分车刀已采用硬质合金，其他切削刀具采用硬质合金的也日益增多，如硬质合金端铣刀已取代了高速钢端铣刀而占主要地位。

硬质合金的种类和牌号很多，目前我国机械加工常用的有三类：

① 钨钴类 其代号为 YG。这类硬质合金的抗弯强度较高，韧性较好，适于加工脆性金属，如铸铁。又由于 YG 类硬质合金容易磨出锐利的刃口，所以也常用于加工有色金属及其合金。

② 钨钛钴类 其代号为 YT。这类硬质合金中含有 TiC，它的硬度、耐磨性和耐热性均较 YG 类硬质合金高，但抗弯强度较低，因此常用来加工钢件。

③ 钨钛钽（铌）钴类 其代号为 YW。其中含有少量的 TaC 或 NbC，以细化晶粒，提高韧性和耐磨性。因此，这类合金既可用于加工铸铁和有色金属及其合金，又可加工钢以及高温合金、不锈钢等难加工材料，因而有“通用硬质合金”之称。

表 1.1—2 我国硬质合金牌号与 ISO 分类法对照表

ISO 分类	K				P						M			
	K01	K10	K20	K30	P01~05	P10	P20	P30	P40	P50	M10	M20	M30	M40
我国牌号	YG3X	YG6X YG6A	YG6	YG8 YG8N	YT30	YT15	YT14	YT5			YW1	YW2		
韧性	——→ 增大				—— 增大						——→ 增大			
耐磨性	←—— 增强				←—— 增强						←—— 增强			

我国硬质合金牌号见 GB2075—80《切削加工用硬质合金分类、分组代号》，它们与国际上的 ISO 分类法对应如表 1.1—2 所示

在硬质合金或高速钢基体上涂覆一层 ($2\sim 7\mu\text{m}$) 硬度和耐磨性很高的物质 (如 TiC、TiN)，以便使合金既有高硬度和高耐磨性的表面，又有强韧的基体。机夹可转位刀具的应用，使这种涂层硬质合金刀片迅速得到了广泛应用。

二、刀具构造

切削刀具种类很多，如常用的车刀、钻头、刨刀、铣刀等。它们几何形状各异，复杂程度不等。其中，车刀是最常用、最简单而且最基本的切削刀具，因而最具有代表性。尽管切削刀具种类繁多，但其他刀具的切削部分总是近似地依外圆车刀的切削部分为基本形态。也就是说，不论其他刀具构造如何复杂，都可以看作是车刀的组合或变种。如钻头可看成由两把车刀组成，铣刀的每个齿均可看成一把车刀，等等，如图 1.1—2 所示。因此，当我们了解车刀的几何形状之后，可推广到其他刀具。

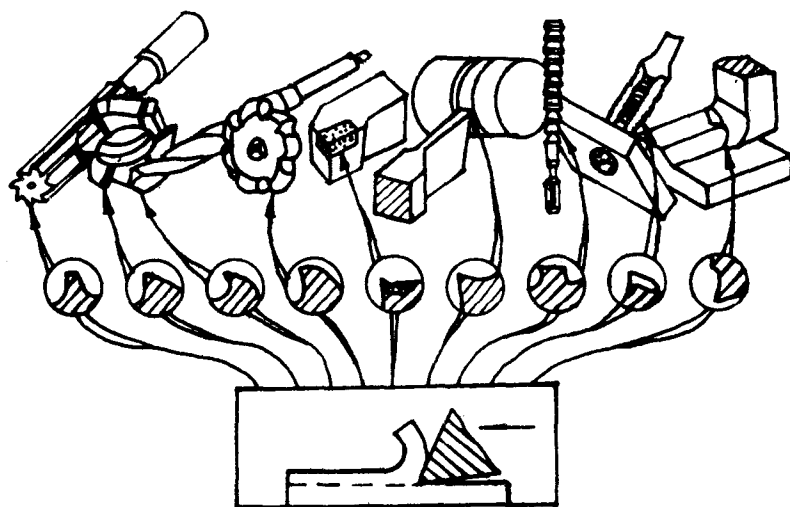


图 1.1—2 各种刀具切削部分的形状

1.1 刀具切削部分的组成

车刀由刀杆和刀头组成。车刀上直接参加切削的刀头，称为车刀的切削部分。如图 1.1—3 所示，车刀切削部分一般由三面二刃一尖组成。

(1) 前刀面 (A_f)

它是刀具上切屑流过的表面。前刀面直接作用于被切削的金属层。

(2) 主后面 (A_a)

它是刀具上同前面相交形成主切削刀的后面。

(3) 副后面 (A'_a)

它是刀具上同前面相交形成副切削刀的后面。

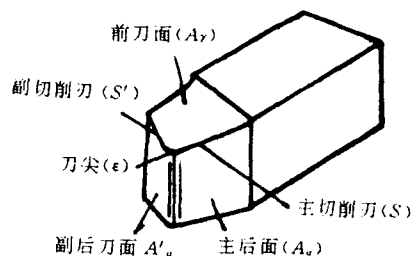


图 1.1—3 刀具切削部分的结构要素

(4) 主切削刃 (S)

起始于切削刃上主偏角为零的点, 并至少有一段切削刃拟用来在工件上切出过渡表面的那个整段切削刃。

(5) 副切削刃 (S')

切削刃上除主切削刃以外的刃, 亦起始于主偏角为零的点, 但它向背离主切削刃的方向延伸。副切削刃邻近刀尖的部分配合主切削刃参加材料的切除工作, 并且最终完成已加工表面的形成工作。

(6) 刀尖 (c)

主切削刃与副切削刃的连接处相当少的一部分切削刃。它可以是一个实际交点, 也可以是把两条切削刃连接起来的一段圆弧或一段直线, 称为过渡刃。

很多刀具由于切削工作的需要, 原则上每条切削刃都可以有单独的前刀面和后刀面, 但为了设计、制造和刃磨的方便, 经常是各切削刃在一个公共前刀面上, 如图 1.1—3 所示。

2. 刀具切削部分的主要角度

(1) 刀具角度的参考系

为确定刀具各表面的空间位置, 必须有一个坐标平面参考系。这个参考系必须与切削过程的运动相联系, 并能以其为基准, 用角度值来反映刀面与切削刃的空间方位, 此方位角度称为刀具标注角度。它是画刀具图时所标注的角度, 也是刀具制造、刃磨和测量所用的角度。为使参考系中的坐标平面与刀具刃磨和测量基准面一致, 此参考系是在如下的假定条件下制定的。

①假设运动条件 刀具标注角度均忽略进给运动 (即 $\bar{v}_f = 0$), 以主运动矢量 $\bar{v}$ 代替合成主运动矢量 $\bar{v}_c$ 。

②假设安装条件 规定刀杆的中心线与进给运动方向垂直 (或平行), 刀尖与工件中心等高。

参考系中的坐标平面可分别定义如下:

基面 P_r ——过切削刃选定点的平面, 它平行或垂直于刀具在制造、刃磨及测量时适合于安装或定位的一个平面或轴线。一般说来, 其方位要垂直于假定的主运动方向。

主切削平面 P_s ——通过主切削刃选定点与主切削刃相切并垂直于基面的平面 (也是包含这一点的切削速度矢量的平面)。

显然主切削平面与基面相互垂直。在假定安装条件下, 车刀的基面为一与刀具底面平行的水平面, 而主切削平面为一铅平面。

有了主切削平面和基面这个坐标平面参考系后, 还必须要有测量平面。

正交平面 P_o ——通过切削刃选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面。

主切削平面、基面和正交平面组成刀具标注角度参考系, 也称正交平面参考系, 如图 1.1—4 所示。车刀角度就是在这个参考系中测量的。

(2) 车刀的标准角度

车刀在正交平面参考系中测量的主要角度有五个, 如图 1.1—5 所示。

①前角 γ 。前刀面与基面之间的夹角, 在正交平面中测量。前角是一个很重要的角度。它影响切削力、切屑变形和刀头强度。前角越大, 刀刃也就锐利, 切削时就越省力。但前角的增加对刀刃的强度和散热性有不利影响。前角可在 $-5^\circ \sim 35^\circ$ 之间选用, 精加工或加工塑性好的材料时, 宜选用较大值; 粗加工、断续切削或加工强度高、硬度高的材料时,

可取较小值。

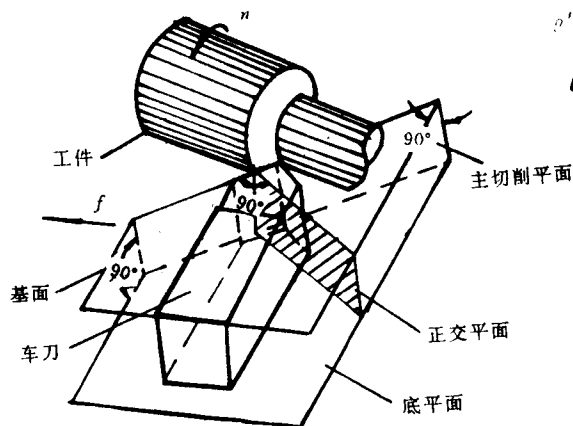


图 1.1—4 确定车刀几何角度的辅助平面

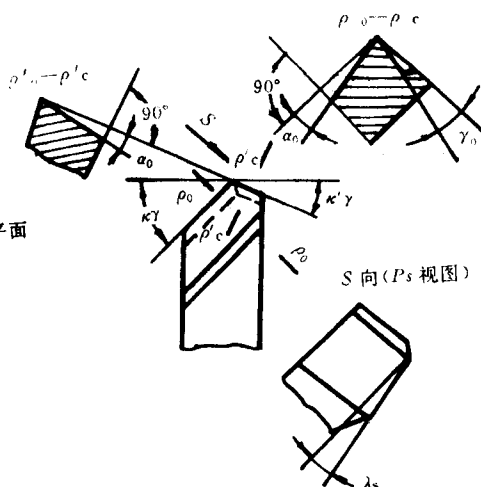


图 1.1—5 车刀的标注角度

②后角 α_0 后面与切削平面之间的夹角，在正交平面中测量。后角表示后刀面相对于过渡表面的位置。后角大，则后刀面和过渡表面之间的摩擦小。但后角过大又影响刀刃的强度。后角可在 $2^\circ \sim 12^\circ$ 之间选用，精加工时取大值；粗加工、强力切削时，取小值。

③主偏角 K_r 主切削平面与假定工作平面间的夹角，在基面中测量。主偏角能改变径向切削力与轴向切削力的比例，改变切削层公称厚度与切削层公称宽度的比例，改变切削刃参加工作的长度。主偏角可在 $30^\circ \sim 90^\circ$ 之间选用，对于刚性好的工件，选用较小值；反之，取较大值。

④副偏角 K'_r 副切削平面与假定工作平面间的夹角，在基面中测量。副偏角影响已加工表面的粗糙度，并影响副切削刃与工件已加工表面的摩擦。副偏角可在 $5^\circ \sim 20^\circ$ 之间选用，精加工或工件刚性好时，选用较小值；反之，取较大值。

⑤刃倾角 λ_s 主切削刃与基面的夹角，在主切削平面中测量。当刀尖是切削刃最低点时， λ_s 为负值；当刀尖是切削刃上最高点时， λ_s 为正值。刃倾角有影响刀尖的强度、延缓切入时的冲击、控制切屑流动方向及卷曲等作用。刃倾角可在 $-10^\circ \sim +5^\circ$ 之间选用。粗加工时，为了增强切削刃强度常取负值；精加工时，为了不使切屑划伤已加工表面，常取正值或零度。

注：假定工作平面——通过主切削刃上选定点，并垂直于基面，它平行或垂直于刀具在制造、刃磨及测量时适合于安装或定位的一个平面或轴线，一般说其方位要平行于假定的进给运动方向。

(3) 刀具的工作角度

上述的刀具标注角度是在不考虑进给速度及安装完全符合假定条件下确定的，其参考系是静态角度参考系。如果考虑进给运动和实际安装的情况，参考系将发生变化。根据实际切削工作所确定的参考系称为工作参考系。在此参考系中确定的刀具几何角度，称为刀具的工作角度。这时的切削平面和基面应以合成速度 v_c 作为分析依据。

①进给运动对工作角度的影响 图 1.1—6 所示是切断刀加工的情况。在不考虑进给运动时，切断刀的刀刃上被选点的轨迹为圆，主切削平面 P_s 为通过被选点的切平面，基面 P_r

为过该选定点与切削平面垂直的面。标注前角及后角为 γ_0 及 α_0 ，在正交平面 P_0 内。考虑进给运动后，被选点的轨迹为阿基米德线，从而主切削平面 P_s 变为通过切削刃上被选点切于螺旋面的工作切削平面 P_{sc} ，基面也相应倾斜为工作基面 P_{rc} 。工作切削平面 P_{sc} 与主切削平面 P_s 之间的角度为 η ，而正交平面 P_{oe} 不变。

工作参考系 (P_{rc} P_{sc} P_{oe}) 内工作角度 γ_{oe} 和 α_{oe} 为

$$\gamma_{oe} = \gamma_0 + \eta$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_0 - \eta$$

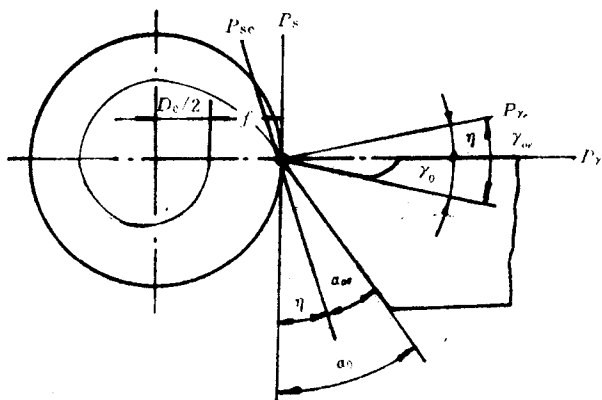


图 1.1-6 横向进给运动对工作角度的影响

②刀尖安装高低对工作角度的影响 在生产中往往通过适当调整刀刃的高低来改变刀具的角度，以获得合理的数值，如图 1.1-7 所示。对外圆车刀来说，当刀尖安装得高于工件中心线时，切削平面将变为 P_{sc} ，基面变为 P_{rc} ，因此其工作前角增大，工作后角减小。内孔车刀角度变化则恰好相反。若切削刃低于工件中心线，则工作前角减小，工作后角增大，即

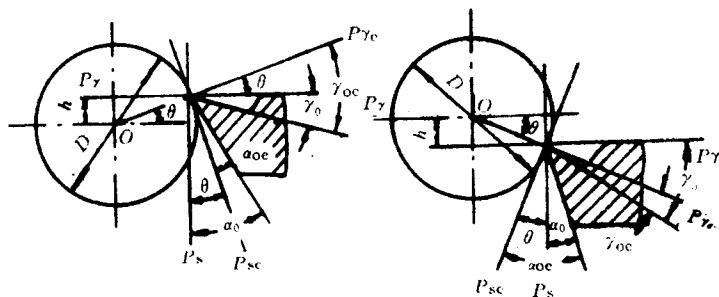


图 1.1-7 刀尖安装高低对工作角度的影响

$$\gamma_{oe} = \gamma_0 \pm \theta$$

$$\alpha_{oe} = \alpha_0 \mp \theta$$

θ 值可由图 1.1-8 得出下列关系式

$$\sin \theta = \frac{2h}{D}$$

式中， h 为切削刃高于或低于工件中心的距离 (mm)；

D 为工件加工表面的直径 (mm)。

③刀杆中心线与进给方向不垂直的影响

安装车刀时，若车刀的刀杆与进给方向不垂直，则车刀的工作主、副偏角将发生变化。当刀杆向右偏装时，则工作主偏角 K_{re} 增大，工作副偏角 K'_{re} 减小；若将刀杆向左偏装，则工作主偏角 K_{re} 减小，工作副偏角 K'_{re} 增大（如

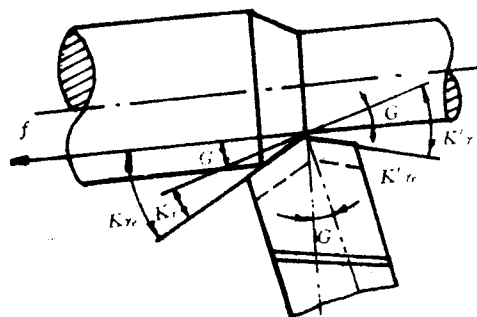


图 1.1-8 刀杆中心线不垂直对进给方向的影响

图 1.1—8 所示), 即

$$K_{re} = K_r \pm G$$

$$K'_{re} = K'_r \mp G$$

式中, G 为进给运动方向的垂直线与刀杆中心线间的夹角。

在普通机床上, 为了适应机床、工件的刚度, 避免振动的发生, 有时可将刀架旋转, 使刀杆偏斜, 以改变主偏角 K_r 。

第三节 金属切削过程

所谓金属切削过程是切屑和已加工表面的形成过程, 即切削时, 被切削金属层在刀具的挤压和摩擦作用下产生变形, 使之变成切屑与工件分离而得到所需要的加工表面的过程。在这个过程中, 产生的许多物理现象, 如切削热、切削力、刀具磨损、已加工表面残余应力、加工硬化等, 都和金属在切削过程中的弹性变形、塑性变形和摩擦有着密切的关系, 同时这些现象将直接或间接地影响加工质量和生产率。因此应该研究金属切削过程, 掌握切削过程的规律, 从而推动切削加工向更高的水平发展。

一、切屑形成过程和切屑的种类

1. 切屑的形成过程

以切削塑性金属为例, 实践证明, 切屑的形成过程是切削层在受到前刀面的挤压后而产生的以滑移为主的塑性变形过程。其切削的情况与挤压的情况很相似, 如图 1.1—9 所示。

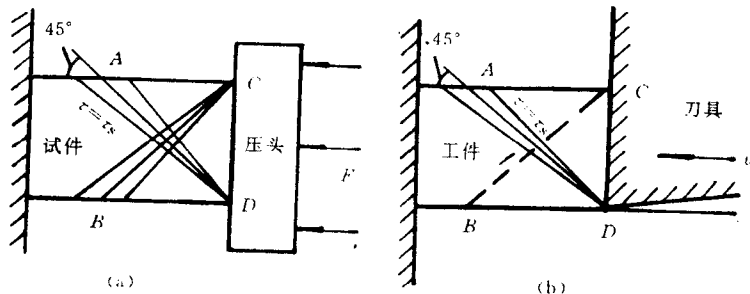


图 1.1—9 挤压与切削的比较

(a) —挤压试验;

(b) —切削示意

图 1.1—9a 是普通挤压示意图。试件受压时, 产生剪切的应力和应变。滑移面 DA 和 CB 与作用力 F 的方向大致成 45° 。

图 1.1—9b 是切削示意图。与 a 图的区别在于: 切削时, 工件上只有 DB 线以上的材料——切削层受到挤压; 而 DB 线以下, 由于有基体材料的阻碍, 切削层不能沿 CB 方向滑移, 所以只能沿 DA 方向滑移。 DA 就是切削过程的剪切面。

金属切削的实际情况比金属挤压试验要复杂一些。因为金属受刀具前刀面挤压后进行滑移, 还要沿前刀面流出, 如图 1.1—10 所示。

切削层在刀具的挤压作用下, 在始滑面 OA 以左发生弹性变形, 愈靠近 OA 面, 弹性变形愈大。在 OA 面上, 应力达到材料的屈服强度 σ_s , 则发生塑性变形, 产生滑移现象。刀

具再继续前进, 当应力达到材料的断裂强度时, 切削层便沿 OE 方向挤裂, 成为切屑, 并沿刀具的前刀面流出。 OE 与刀具对工件的作用力的夹角约为 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。

在切削塑性金属材料时, 在刀具与工件接触的区域产生三个变形区, 如图 1.1—11 所示。

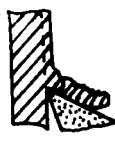
第一变形区——剪切面上的滑移, 即 OA 与 OE 之间切削层的塑性变形区。切削层的材料经过一个从 OA 到 OE 的剪切变形区而变成切屑, 剪切线与自由表面的交角为 45° 。剪切变形区内的剪切应变都是沿剪切线进行的。第二变形区——前刀面上挤压摩擦而造成的第二次滑移。在这个变形区内, 切屑沿前刀面流出时, 在一定的温度与压力作用下, 与前刀面接触的底层受到很大的摩擦力, 因而切屑底层又一次产生塑性变形。第三变形区——切削表面与后刀面附近的滑移。在这个变形区内, 由于刀具的切削刃不是绝对的尖锐, 致使工件的已加工表面金属与切削层和后刀面产生极大的挤压与摩擦, 使金属晶粒产生滑移变形和破碎。第三变形区所产生的摩擦变形, 是已加工表面产生加工硬化和残余应力的主要原因。

2. 切屑的种类

常见的切屑有三种: 带状切屑、挤裂切屑和崩碎切屑。切屑类型及其对切削加工的影响如表 1.1—3。

表 1.1—3

切屑类型及其对切削加工的影响

切 屑 类 型		带状切屑	挤裂切屑	崩碎切屑
简 图				
影响切屑类型的因素	1. 工件材料塑性	大 —————> 小		
	2. 刀具前角	大 —————> 小		
	3. 进给量(切削厚度)	小 —————> 大		
	4. 切削速度	高 —————> 低		
切屑类型对切削加工的影响	1. 切削力的变化	小 —————> 大		
	2. 切削过程的平稳性	好 —————> 差		
	3. 加工表面粗糙度参数值	小 —————> 大		

(1) 带状切屑

这种切屑呈连续不断的带状, 底面光滑, 顶面呈毛茸状。当用较大前角的刀具, 以较高

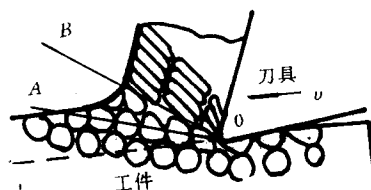


图 1.1—10 切削过程晶粒变形情况

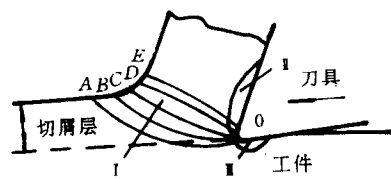


图 1.1—11 切削过程三个变形区