

农机工人技术培训教材

钻 工 工 艺 学

(初、中级)

机械工业部农机工业局 统编

机械工业出版社

农机工人技术培训教材

钻 工 工 艺 学

(初、中级)

机械工业部农机工业局 统编

0.4 1/2



机械工业出版社

505047



B

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育制度体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全国家机行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套农机有关专业工种的初级、中级工人技术培训教材。

这套教材编写的依据是农业机械部一九八二年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲(专业工种初、中级部分)》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和农机行业的特点，既坚持“少而精”的原则，又注意了知识的科学性、系统性、完整性，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。

这套教材的出版，得到了有关省市机械(农机)厅和有关企业、学校的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部农机工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八六年三月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 金属切削基本知识	2
第一节 基本定义	2
第二节 金属切削过程	9
第三节 刀具磨损和刀具耐用度	18
第四节 刀具材料	21
第五节 已加工表面质量	28
第六节 切削液	33
第七节 刀具的合理几何参数	35
复习题	38
第二章 钻削与钻头	40
第一节 麻花钻的结构和几何参数	40
第二节 钻削切削要素	45
第三节 钻削力与钻削功率	46
第四节 钻削热与钻头磨损	48
第五节 钻削用量的选择	48
第六节 麻花钻的修磨	50
第七节 各种改进型麻花钻	52
第八节 麻花钻的刃磨	62
第九节 其它结构的钻头	65
复习题	68
第三章 钻孔工作	70
第一节 钻头的装夹工具	70
第二节 一般的钻孔方法	73
第三节 小孔的钻削	78
第四节 深孔加工的特点与方法	82
第五节 安全技术规程	86
复习题	87
第四章 扩孔、铰孔与铰端面	88
第一节 扩孔钻与扩孔用量的选择	88
第二节 用麻花钻扩孔	92
第三节 铰孔与铰端面	95
复习题	97
第五章 铰孔工作	98
第一节 铰刀的种类与用途	98
第二节 铰刀的结构参数	102
第三节 铰刀的几何角度	104
第四节 铰刀的校准部分	106

第五节 铰削过程与铰削余量的选择	107
第六节 铰刀的刃磨与研磨	110
第七节 铰孔方法、铰孔产生废品的原因及其预防	111
复习题	114
第六章 攻丝工作	115
第一节 螺纹加工概述	115
第二节 丝锥的一般结构与几何参数	116
第三节 常用丝锥的结构特点	121
第四节 丝锥公差带的选用与丝锥标记示例	124
第五节 攻丝螺纹底孔的确定方法	124
第六节 攻丝用辅具	128
第七节 一般的攻丝方法	132
第八节 攻丝产生废品的分析和工具损坏的原因	135
复习题	137
第七章 钻床	139
第一节 钻床的种类与用途	139
第二节 钻床的型号	142
第三节 Z525型立式钻床的性能	143
第四节 Z525型立式钻床的传动系统	144
第五节 Z525型立式钻床主要部件的结构	147
第六节 Z525型立式钻床的润滑、切削液系统和使用	152
第七节 Z35型摇臂钻床的性能	154
第八节 Z35型摇臂钻床的传动系统	155
第九节 Z35型摇臂钻床主要部件的结构	160
第十节 Z35型摇臂钻床的润滑、切削液系统和使用	168
第十一节 钻床的维护和保养	171
第十二节 钻床的参数、精度检验及安装要求	173
复习题	179
第八章 钻床夹具	180
第一节 机床夹具的基本概念	180
第二节 钻模的结构形式及适用范围	181
第三节 工件的定位	189
第四节 工件的夹紧	199
第五节 钻模套筒	205
第六节 组合夹具	210
第七节 分度头	217
复习题	223
第九章 机械加工工艺规程的基本知识	224
第一节 生产过程与工艺过程	224
第二节 机械加工工艺过程的组成	225
第三节 工艺文件的格式与应用	227
第四节 钻床加工方法的选择	230
复习题	231

绪 论

一、钻床工作在机械加工中的作用

钻削是孔的主要加工方法之一。除钻孔外，在钻床上还可以完成扩孔、铰孔、攻螺纹、铰沉头座、铰平面等工作。一般来说在车床上也可以进行这些工作。但由于车削加工时工件旋转作主运动，因此在车床上加工的多是与工件外形同轴的孔，否则装夹及找正工件很费时。对于有许多孔的工件，在车床上加工孔就更不方便了。通常，形状复杂件上的多孔加工是在钻床或镗床上进行。

在钻床上加工孔时，刀具旋转作主运动的同时沿轴向作进给运动。加工前调整工件或刀具的位置使被加工孔中心线对准刀具的旋转中心，这叫对刀。对刀通常以工件上划好的线或采用钻模夹具进行。所以箱体和形状不规则零件上的孔，在钻床上加工既方便又迅速，而且经济性也好。只要工艺安排得当，对大多数零件孔系间有位置精度要求的孔，在钻床上加工都是方便而经济的。

在钻床上加工孔的直径与其刀具的公称直径相同。钻床上加工孔的直径一般较小。通常钻孔直径不大于80mm，攻螺纹直径不大于52mm。

在没有镗床或为了工艺上的需要和经济性，可以利用钻床进行一般精度的镗孔工作。单件生产或维修中利用钻床还可以完成其它一些工作。

二、学习钻工工艺学的意义、内容与方法

正如世界上的各种实践活动一样，包括钻床工作在内的各种机械加工工作都有其内在的规律性。从事机械加工工作的人们总是不断地在发现和总结这些规律，使其成为理性知识。我们钻工工作者掌握和运用这些知识便能提高操作技术水平和解决生产中不断出现的新问题。

《钻工工艺学》是为了适应钻工工人的系统理论学习而编写的，主要供具有一定钻工工作经验并学习过《机械制图》、《机械基础》和《金属材料工艺学》等课程后的工人同志学习。

本教材的第一章（金属切削的基本知识）阐述金属切削的基本规律。这一部分是所有机械加工工作者都应当具备的基础知识，也是学习以后各章节的基础。第二～八章的内容是钻工工人应懂得的工种专业知识。第九章介绍机械加工工艺规程的一般知识。

在钻工工人的实际操作中遇到的问题是极为广泛而复杂的，而我们教材编写和课堂讲授所涉及的内容总归是有限的。因此我们在教材编写和教学工作中不仅要使学员获得有关的工种专业知识，更应使学员学会发现、分析、处理和解决问题的方法。希望使用本教材的教师和学员同志们能注意到这一点。

第一章 金属切削基本知识

第一节 基本定义

用金属切削刀具从工件上切除预留的（或多余的）金属，从而获得在形状上，尺寸精度及表面质量上都合乎预定要求的加工，称为金属切削加工。

为了实现正常、有效的切削加工，为了促进切削加工技术的发展，经常需要分析、研究、说明和记述切削加工中的各种现象和规律性，需要用工程语言（图样和工艺文件等）来表达有关的设计和工艺要求。这就需要确立一些能正确反映切削加工中各种现象的基本概念和术语。用简明准确的语言（文字）表达这些基本概念和术语，就是我们所要讲的基本定义。以下就切削加工中的运动、切削用量、刀具切削部分的几何角度、切削层尺寸等方面，讲述其基本定义。

一、切削中的运动和加工表面

1. 主运动和进给运动

图1-1a表示在龙门刨床上刨削平面。这时工件随刨床工作台的直线运动（工作行程）是切

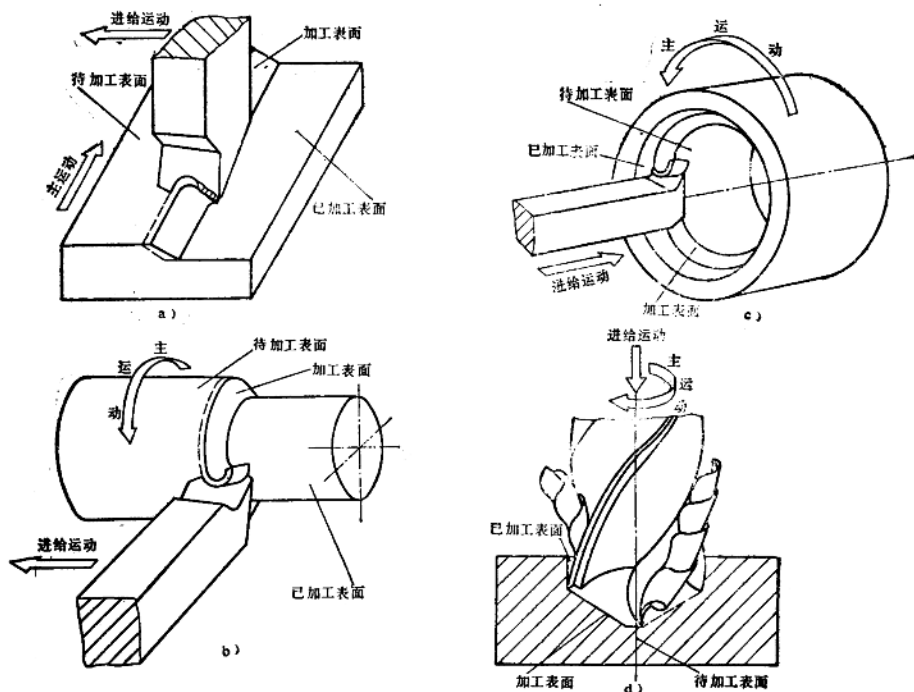


图1-1 切削时的运动和加工表面

a) 刨平面 b) 车外圆 c) 车孔 d) 钻孔

除工件上金属层以形成加工表面的基本运动，称为主运动。显然，只有这一种直线运动是不能使切削加工持续进行的，必须在工件回程运动之后，由刨刀向未加工表面方向移动一段距离，才能实现下一次的工作行程(主运动)。这时刨刀的直线运动称为进给运动。

刨削时的主运动和进给运动是交替进行的两个直线运动，进给运动保证了主运动的间歇发生、持续进行。

切削加工中最广泛的运动组合形式是一个回转运动和一个直线运动的组合，而且其主运动和进给运动是同时进行的。图1-1b、c表示在车床上加工外圆和内孔时的运动组合。工件随车床主轴的回转运动是它的主运动，而刀具的直线运动(沿纵向或横向，图示为纵向)是它的进给运动。主运动和进给运动是同时进行的。

图1-1d表示钻床上钻孔时的运动。钻头随钻床主轴回转实现主运动的同时，沿轴向实现直线的进给运动。在钻床上进行扩孔、铰孔、攻丝、镗孔等都属于这一种运动组合形式。

主运动 切除工件上预留的(或多余的)金属层，使之转变为切屑，以形成工件新表面的运动，称为主运动。

进给运动 维持切下切屑、形成工件新表面的运动连续不断或使这种运动间歇发生的运动，称为进给运动。

2. 切削中的加工表面

切削加工中，工件上的切削层不断地被刀具切削并转变为切屑，从而加工出所需要的工件新表面，因此在切削过程中，工件上有三个不断变化着的表面(见图1-1)：

- (1) 待加工表面 即将被切去金属层的表面；
- (2) 加工表面 切削刀正在切削的表面；
- (3) 已加工表面 已经切去金属层而形成的新表面。

二、切削用量

切削用量是指调整和操作机床所不可缺少的切削速度、进给量和切削深度这三个要素。

以下以车削为例分别加以说明。

1. 切削速度 v

主运动的线速度称为切削速度，其单位是m/min。在车削外圆时切削速度 v 与工件转速 n 有以下关系：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (1-1)$$

式中 d ——工件待加工表面直径(mm)；

n ——工件每分转速(r/min)。

在实际的切削工作中，如切削速度已选定为某一数值，则可将上式改变为下式，计算出工件的每分转数：

$$n = \frac{1000v}{\pi d} \approx 318v/d \quad (\text{r/min}) \quad (1-2)$$

对于钻削、铰削、攻丝等工作，由于其主运动为刀具的回转运动，以上两公式中的 d 为刀具外径， n 为刀具转速，而 v 则为刀具外径处的线速度。

2. 进给量 f

车削时，在工件(钻孔时为刀具)转一周的时间内，刀具沿着进给方向移动的距离称为

进给量，单位为每转毫米。

3. 切削深度 a_p

每次走刀中，工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离，单位为毫米。 a_p 的大小与主切削刀的工作长度直接有关，它反映了刀具负荷的大小。

对外圆车削
$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (\text{mm}) \quad (1-3)$$

对钻孔工件
$$a_p = \frac{d_m}{2} \quad (\text{mm}) \quad (1-4)$$

式中 d_m ——已加工表面直径(mm);
 d_w ——待加工表面直径(mm);

三、刀具切削部分的基本定义

刀具一般是由具有切削刃的切削部分和用以夹持刀具的刀杆（刀柄）部分所组成。

通常，刀具切削部分由1至2个切削刃和不少于两个刀面所组成。当刀具的切削刃和各刀面相对于工件的空间位置不同时，其切削性能也有很大差异。

为了适应切削工作的需要，在绘制刀具图、磨刀和分析切削过程中，必须用一些角度来确定这些表面的位置，这些角度就是通常所说的刀具几何角度。

1. 车刀切削部分的构造要素

车刀的切削部分俗称刀头，它通常由三个刀面、两个切削刃和一个刀尖所组成，图1-2a所示为一普通外圆车刀的切削部分，其构造要素及定义如下：

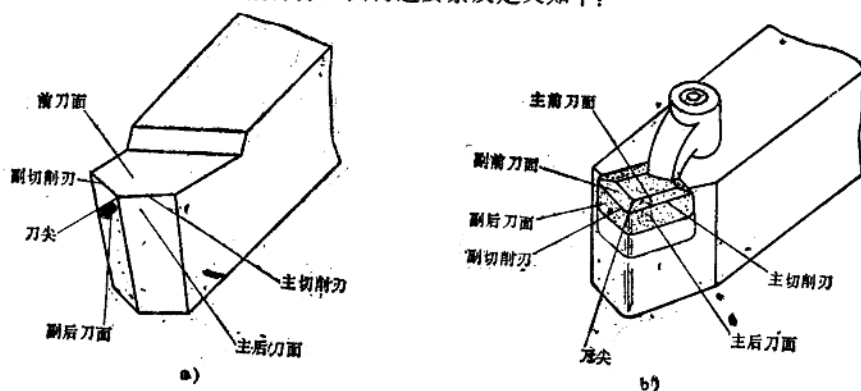


图1-2 车刀切削部分的构造要素

前刀面——直接作用于被切削的金属层，并控制切屑沿其排出的刀面。

主后刀面——同工件上的加工表面互相作用和相对着的刀面。

副后刀面——同工件上已加工表面互相作用和相对着的刀面。

主切削刃——前刀面与主后刀面的相交部位，它完成主要的切除或表面形成工作。

副切削刃——前刀面与副后刀面的相交部位，它配合主切削刃完成切除工作，并最终形成已加工表面。

刀尖——主切削刃和副切削刃的联结部位，或者是切削刃段之间转折的尖角部分。为了强化刀尖，许多刀具都在刀尖处磨出直线或圆弧形过渡刃。

每条切削刃都可以有自己的前刀面和后刀面，但为了制造和刃磨简便，常常是多段切削

刃在同一个公共前刀面上。图1-2a所示车刀具有公共前刀面，图1-2b所示的机夹不重磨刀片则分别有主前刀面和副前刀面。

2. 车刀切削部分的几何角度

(一) 辅助平面

由于刀具是相对于工件运动而实现切削加工的，所以必须确定能够表达相对于工件空间位置的刀具几何角度。也就是说我们需要的刀具几何角度是能够表达相对于工件空间位置的角度，规定了四个假想的辅助平面，即两个参考平面：切削平面与基面及两个测量平面：主剖面与副剖面。

切削平面——切削刃上某一选定点的切削平面是通过该点又切于加工表面（不考虑进给运动的影响，假定进给量为零）的平面。如图1-3中的ABCD平面便是M点的切削平面。图1-3a、b分别表示直线切削刃与曲线切削刃车刀的情况。

基面——切削刃上某一选定点的基面是通过该点又垂直于切削速度的平面。如图1-3中的ADEF平面便是M点的基面。

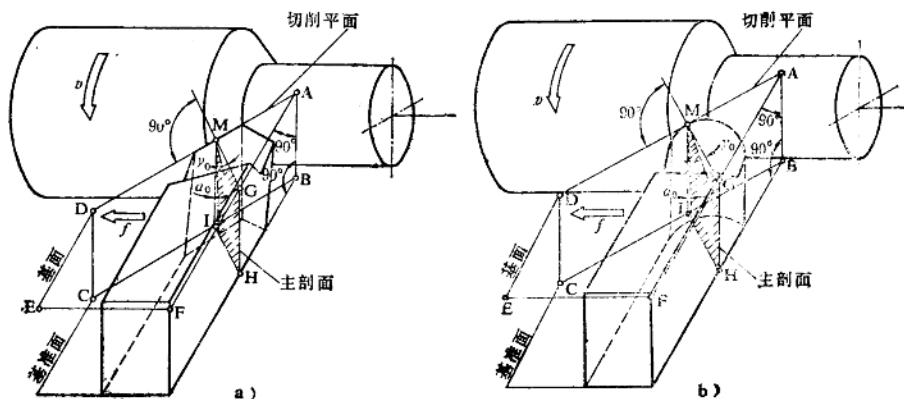


图1-3 切削平面、基面和主剖面的空间位置

从切削平面和基面的定义知，基面与切削平面是互相垂直的。

主剖面——垂直于主切削刃在基面上的投影线所作的剖面。如图1-3MGHI平面为通过

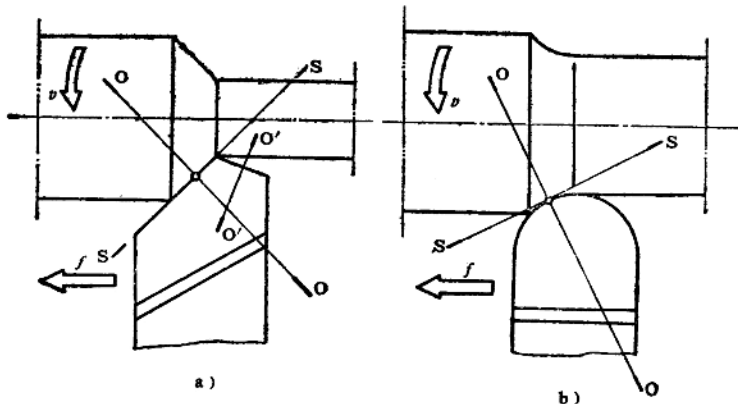


图1-4 切削平面与主剖面在基面中的表示法

a) 车刀为直线切削刃 b) 车刀为曲线切削刃

M点的主剖面。图1-4为落于基面上之平面图，其上O—O线代表主剖面，S—S代表切削平面。

在图1-5中可清楚地看出主剖面的位置。

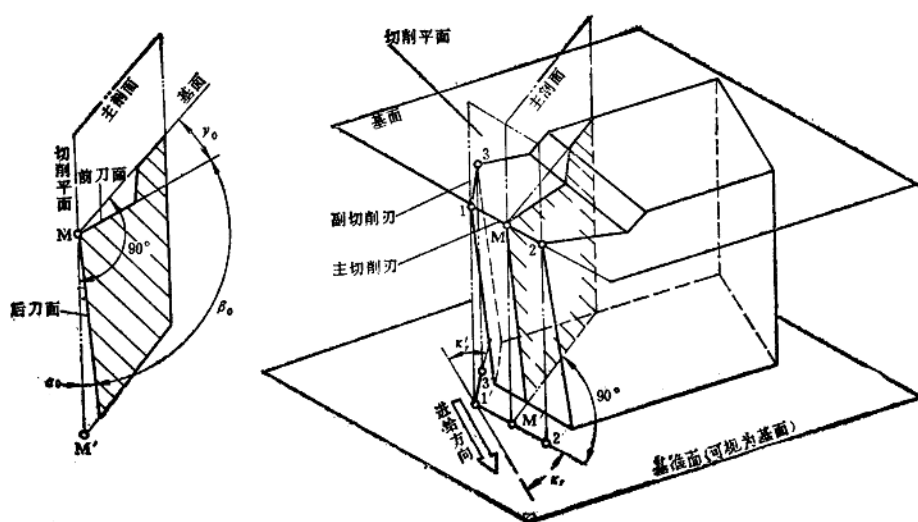


图1-5 在主剖面和基面中测量的角度

副剖面——垂直于副切削刃在基面上的投影线所作的剖面。图1-4a中之O'—O'线代表副剖面。

(二) 车刀切削部分几何角度的定义

为便于刀具的设计与制造，必须使刀具切削部分的设计、刃磨、检验与安装能有共同的基准面，并使基准面垂直于切削平面或平行于基面。对于车刀来说，还要规定其刀尖安装于工件中心高度上，刀杆中心线垂直于进给运动方向。下面对车刀各几何角度的定义都是以上述条件为依据的。

在主剖面内测量的角度（见图1-3、图1-5、图1-6）有：

- (1) 前角 γ_0 前刀面与基面之间的夹角。图1-6中O—O剖面表示出 γ_0 为正、为零、为负值的情况。
- (2) 后角 α_0 后刀面与切削平面之间的夹角。
- (3) 楔角 β_0 前刀面与后刀面之间的夹角。

由上述定义可知：

$$\begin{aligned}\gamma_0 + \beta_0 + \alpha_0 &= 90^\circ \\ \beta_0 &= 90^\circ - (\alpha_0 + \gamma_0)\end{aligned}\quad (1-5)$$

在基面的投影上测量出的角度（见图1-5、图1-6）有：

- (4) 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。
- (5) 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。
- (6) 刀尖角 ϵ_r 主切削刃和副切削刃在基面上投影间的夹角。

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa'_r) \quad (1-6)$$

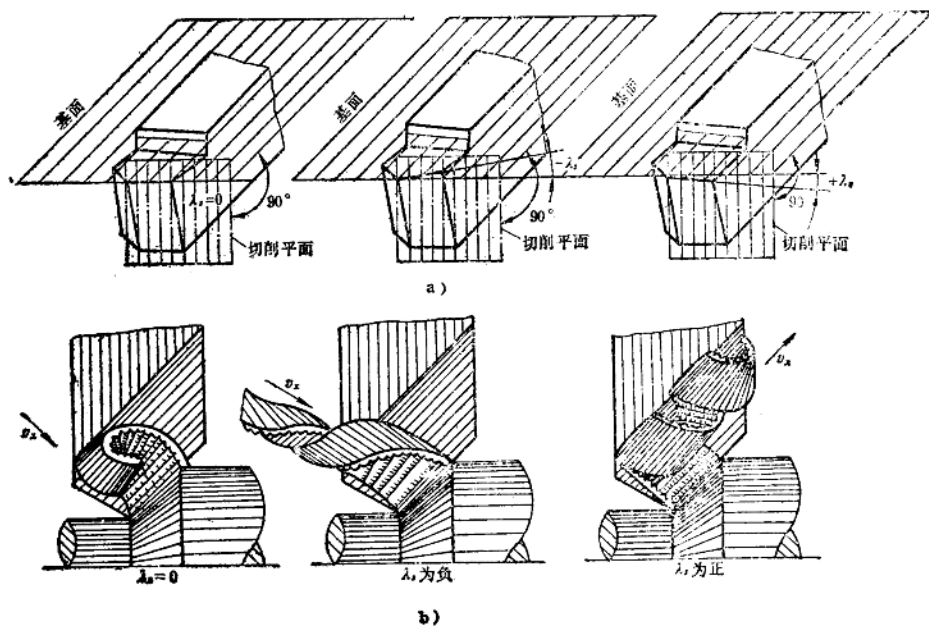


图1-7 刀倾角及其对切屑流向的影响

位置之间的一层被切金属。切削层的剖面形状和尺寸，规定在垂直于切削速度 v 的平面（即基面）内观察和度量，这样的切削层剖面通常称为切削层横剖面。图1-8a表示外圆车削时的切削层横剖面ABCD。图1-8b表示当主偏角 κ_r 小于或等于 90° 时，切削层横剖面为一平行四边形或矩形。

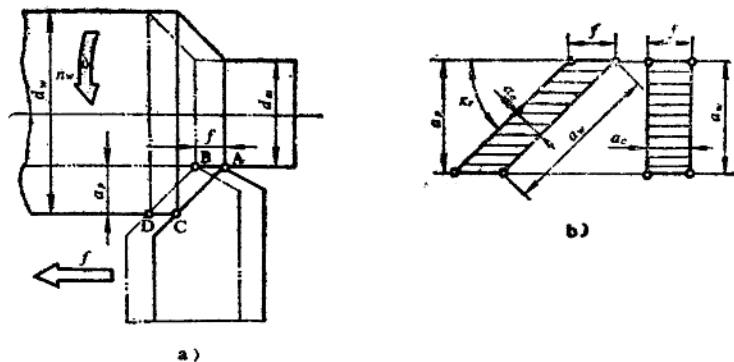


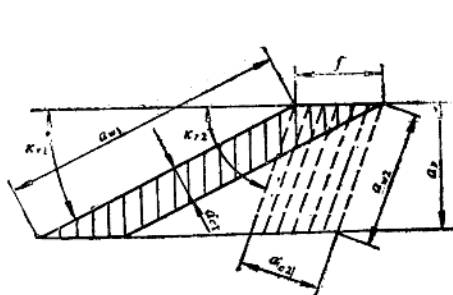
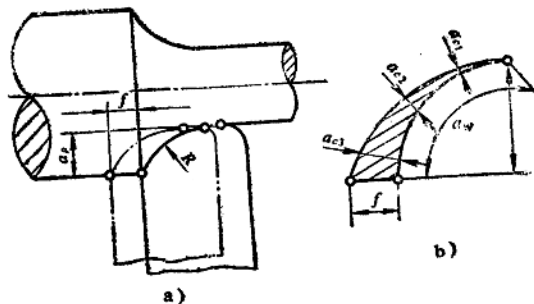
图1-8 外圆车削时的切削层参数

a) 切削层横剖面 b) 切削层横剖面参数

1. 切削厚度

切削层的厚度简称切削厚度，它是沿着主切削刃在基面上的投影线的垂线方向度量的尺寸，以 a_e 表示。在外圆车削（ $\lambda_s=0$ ）时：

$$a_e = f \sin \kappa_r \quad (1-7)$$

图1-9 主偏角 κ_r 不同时 a_c 、 a_w 的变化图1-10 曲线切削刃工作时之 a_c 及 a_w

2. 切削宽度

切削层的宽度简称切削宽度，它是沿着主切削刃在基面上的投影线方向度量的尺寸，以 a_w 表示。在外圆车削($\lambda_s=0$)时：

$$a_w = a_f / \sin \kappa_r \quad (1-8)$$

可见，在进给量 f 与切削深度 a_f 一定的条件下，主偏角 κ_r 越大，切削厚度 a_c 也越大(图1-9)，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， $a_c=f$ ， $a_w=a_f$ 。

曲线形主切削刃，切削层各点的切削厚度互不相等(图1-10)。

3. 切削面积

切削层在基面内的面积，称为切削面积，以 A_c 表示。其计算公式为：

$$A_c = a_c a_w \text{ (mm}^2\text{)} \quad (1-9)$$

对于车削，不论切削刃形状如何，切削面积均为：

$$A_c = a_c a_w = f a_f \quad (1-10)$$

上面公式得到的是名义切削面积(图1-11中的ABCD)。实际切削面积应当等于名义切削面积，减去残留面积(图1-11的ABE部分)。

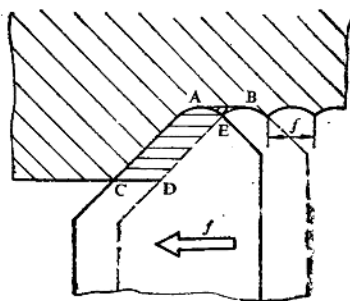


图1-11 残留面积

第二节 金属切削过程

金属切削过程是指工件上一层预留的(或多余的)金属被刀具切除而形成已加工表面的过程。

本节概要地讲述金属切削过程中切削变形的基本概念、切屑的形成和切屑的种类、切屑的变形系数、切削力、切削热、积屑瘤等基本物理现象，用以分析、改善切削过程，从而提高加工质量及刀具耐用度。

一、切削变形的基本概念

金属切削时，被切金属层在刀具的挤压、摩擦作用下产生变形后形成切屑，与此同时，已加工表面也是在刀具的挤压、摩擦作用下经受变形而形成的。金属切削变形是一种较为复杂的过程。切削变形同金属的一般受力变形一样，也有弹性变形和塑性变形。塑性变形又称永久变形，它是由剪应力引起的，当剪应力达到金属材料的屈服极限以后，金属便沿剪切面

(或称滑移面) 滑移, 产生塑性变形。

图1-12是金属受挤压与切削时的对比示意图。由材料的力学试验得知, 当金属试件受压时 (图1-12a), 内部产生剪切应力和应变, 剪切面OM, AB与作用力 F_r 的方向(最大剪应力的方向)大致成 45° 。偏挤压时 (图1-12b) 试件上只有一部分金属 (OB线以上) 受到挤压, OB线以下由于有金属母体的阻碍, 使金属不能沿AB线滑移, 而只能沿OM滑移。

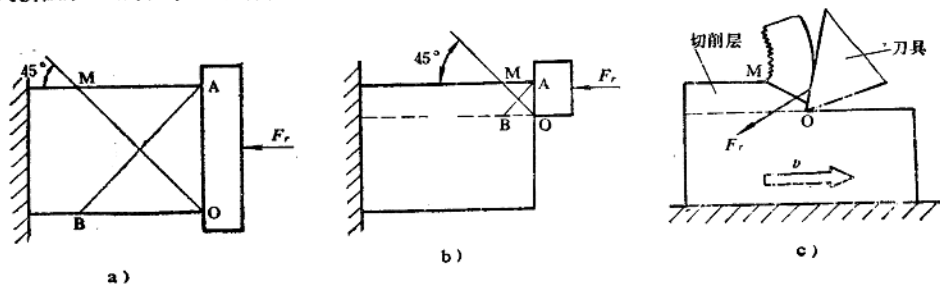


图1-12 金属的挤压与切削

金属切削的情况虽然比挤压试验要复杂得多, 但上述试验结果仍可用于来粗略分析切削过程中的变形现象。如图1-12c所示, 切削层在刀具的挤压作用下沿剪切面OM滑移。OM与刀具对工件的作用力 F_r (刀具对工件的合力) 之间的夹角, 根据切钢实验结果大约为 $40^\circ \sim 50^\circ$, 这与金属挤压实验的结果是很接近的。

为了进一步分析金属切削时的变形过程及其实用意义, 我们把切削区域划分为三个变形区, 如图1-13所示。

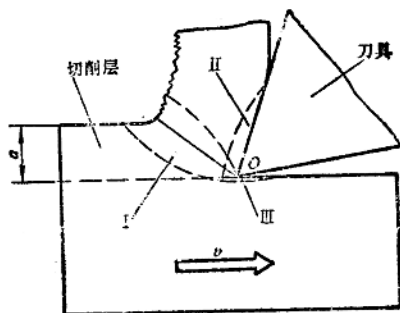


图1-13 三个变形区
(低速自由切削时)

第一变形区 I: 是指靠近前刀面的切削层在刀具的挤压作用下产生的变形。对塑性金属材料, 主要是沿剪切面的滑移变形。

第二变形区 II: 是指切屑在流出过程中与前刀面之间产生的挤压、摩擦变形。

第三变形区 III: 是指在刀具的挤压、摩擦作用下, 加工表面和已加工表面上产生的变形。

以上这三个变形区各有其特点, 但又互相联系和互相影响。例如, 当第一变形区沿剪切面的变形抗力越大时, 则作用在前刀面与切屑间的正压力和摩擦力也越大, 从而影响第二变形区的变形。又如当切屑与前刀面的摩擦系数不同时, 则作用力 F_r 的大小与方向也不同, 从而对第一变形区的变形也会产生影响。此外, 这三个变形区都包含有刃口的作用和影响。在刃口直接作用下的区域 (或称刃前区) 是一个应力比较集中、变形比较复杂的区域。

二、切屑的形成和切屑的种类

切屑的形成过程, 就其本质而言, 是被切削金属层在刀具切削刃和前刀面的作用下, 经受挤压而产生剪切滑移变形, 并经受前刀面的剧烈摩擦而成为切屑的过程。

图1-14表示切屑的形成过程。在图1-14a中, 我们只考虑剪切面的滑移, 把各单元比喻为象平行四边形的薄片, 实际上由于第二变形区的挤压、摩擦, 这些单元的底面被挤压压

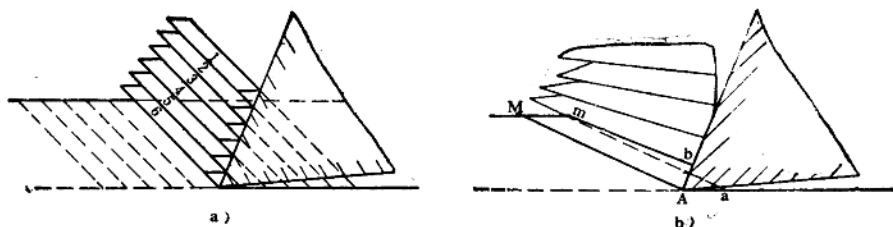


图1-14 切屑形成过程示意图

- a) 只考虑剪切面的滑移, 各单元象平行四边形
b) 由于第二变形区的影响, 造成切屑的卷曲

长, 它的形状不再如AaMm那样的平行四边形(图1-14b), 而是象AbMm的梯形了。许多梯形薄片迭起来, 就成为切屑。另一方面, 由于刀具前刀面上的压力对切屑产生一个弯矩, 迫使切屑卷曲。实验结果表明: 刀具的前角越小, 这种挤压就越强烈, 切屑的卷曲、变形也越大。

图1-14b可代表切削一般塑性金属材料时, 切屑的形成过程和外部形态。由于加工工件材料不同, 切削条件不同, 切削过程中的变形程度也就不同, 因而在实际生产中我们看到的切屑种类是多种多样的。但是经过归纳、分析, 根据其变形程度和性质, 分为以下四种类型(见图1-15)。

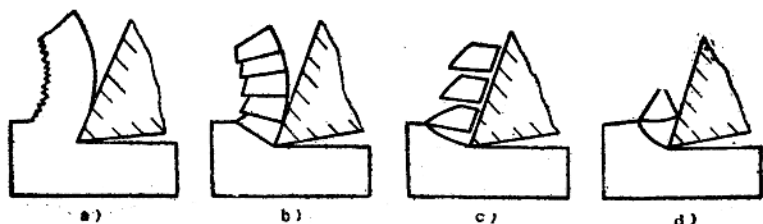


图1-15 切屑的四种类型

- a) 带状切屑 b) 挤裂切屑 c) 单元切屑 d) 崩碎切屑

带状切屑 是最常见的一种切屑, 它的外形有的象钟表的发条, 有的象螺旋弹簧, 有的呈弯曲的条带状。它靠近刀具前刀面的表面(内表面)是光滑的, 另一面(外表面)是毛茸状的。它的外表面, 肉眼看起来大体上是平整的, 如用显微镜观察, 可以看到剪切面的条纹, 但每个单元很薄。当加工塑性金属材料, 切削厚度较小(进给量小), 切削速度较高, 刀具前角较大, 往往得到这类切屑。形成这种切屑时的切削过程比较平稳, 切削力波动较小, 已加工表面粗糙度较小。但是, 当这种切屑连绵不断时, 会缠绕在机床、工件或刀具上, 造成麻烦或事故, 碰到这种情况, 就必须采取有效的断屑措施。

挤裂切屑 这类切屑与带状切屑不同之处在于其外表面呈锯齿形, 内表面有时也有裂纹。这是由于在剪切滑移过程中滑移量较大, 由滑移变形所产生的加工硬化使剪应力达到了材料的破裂强度, 这种切屑大都在切削速度较低、切削厚度较大(进给量大)、刀具前角较小的情况下产生。

单元切屑 如果在挤裂切屑的整个剪切面上剪应力超过了材料的破裂强度, 则各单元间的裂纹贯穿整个切屑厚度, 而成为梯形的单元切屑。单元切屑实质上是挤裂切屑的一种极端情况。

以上三种切屑都是在切削塑性金属时得到的。对同一种塑性金属材料，改变其切削条件，其切屑种类可以在上述三种切屑间相互转化。例如，当某种切削条件下产生挤裂切屑，如果加大刀具前角，提高切削速度，减小切削厚度，则有可能得到带状切屑；如果减小刀具前角，降低切削速度，增大切削厚度，则又可能得到单元切屑。

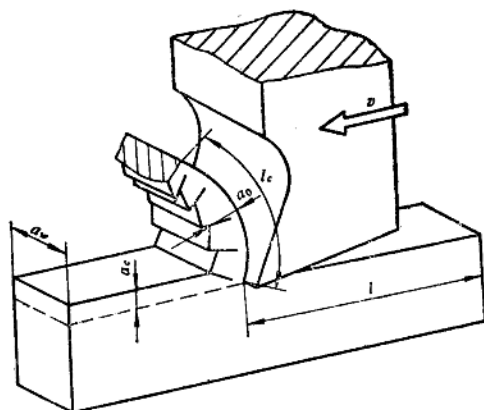


图1-16 切屑的变形系数示意图

崩碎切屑 切削脆性材料时，由于材料的塑性很小，抗拉强度较低，刀具切入后，切削层内靠近切削刃和前刀面的局部金属未经塑性变形就被挤裂或在拉应力状态下发生脆性断裂，形成不规则的碎块状切屑，同时使工件已加工表面凹凸不平。对于灰铸铁和铸青铜等脆性材料，当使用较小的切削厚度，较高的切削速度时，就可得到针状或片状切屑，有时甚至形成一种称为“假带状切屑”的切屑。

三、切屑的变形系数

在金属切削加工的实践中，我们可以注意到刀具切下的切屑厚度(a_c)要大于工件上切削层的厚度(a_0)，而切屑长度(l_c)却小于切削层长度(l)，参看图1-16。根据切屑厚度的增大、切屑长度的缩短程度，可直观地反映出切屑的变形程度。切屑厚度(a_c)与切削层厚度(a_0)之比，称为厚度变形系数 ξ_a ；而切削层长度(l)与切屑长度(l_c)之比，称为长度变形系数 ξ_l ，即：

$$\xi_a = \frac{a_c}{a_0} \quad (1-11)$$

$$\xi_l = \frac{l}{l_c} \quad (1-12)$$

由于切屑宽度与切削层宽度差别很小，可以忽略不计，故根据材料体积不变原理，可知

$$\xi_a = \xi_l = \xi \quad (1-13)$$

变形系数（又称收缩系数） ξ 是大于1的数。显然， ξ 值越大，表示切屑越厚越短，说明切屑变形越大。对同一种金属材料而言，增大刀具前角，提高切削厚度，则变形系数减小；在中等切削速度以上，提高切削速度时，变形系数亦随之减小。切削中碳钢时，在各种切削条件下变形系数 ξ 约为2~5。一般说来，切削同一材料，切屑变形越大，其切削力也越大。

四、切削力

在切削过程中，切削力影响着切削热的产生，影响着刀具磨损、刀具耐用度和已加工表面质量。在生产、技术工作中，切削力又是计算切削功率，设计和使用机床、刀具、夹具的必要依据。所以有必要对切削力的来源、性质、作用等基本问题进行一些分析、讨论。

1. 切削力的来源

在分析、研究切削变形时，我们知道被切金属层和加工表面、已加工表面在刀具 F 力（图1-12c）作用下产生弹性变形和塑性变形，被切金属层成为切屑被切离。