

6664
1

金属工艺学

(切削加工部分)

吉林农业大学农机系金工教研室編

一九七三年十二月

目 录

前 言	1
第一章 刀具的几何形状	
第一节 切削过程的基本概念	2
第二节 刀具的几何形状	4
第二章 刀具材料	
第一节 碳素工具钢	7
第二节 合金工具钢	8
第三节 高速钢	8
第四节 硬质合金	9
第五节 陶瓷材料	10
第六节 刀具材料的选择	12
第三章 切削过程的规律和现象	
第一节 切削变形的本质	13
第二节 切削力	22
第三节 切削热	32
第四节 刀具的磨损及刀具的耐用度	35
第四章 刀具几何参数及切削用量选择	
第一节 刀具几何参数的选择	40
第二节 切削用量的选择	47
第五章 车床与车削	
第一节 车 刀	53

第二节	普通车床.....	6
第三节	普通车床的附件.....	8
第四节	车床的扩大使用.....	100
第五节	转塔车床及其应用.....	104
第六章 钻削与镗削		
第一节	钻头与钻削.....	110
第二节	扩孔钻或铰刀.....	136
第三节	钻床.....	141
第四节	镗床与镗削.....	149
第七章 铣削加工		
第一节	铣刀与铣削.....	155
第二节	铣床.....	173
第三节	铣床的附件.....	178
第四节	双面铣床.....	183
第八章 磨床与磨削		
第一节	砂轮及磨削.....	185
第二节	M131W型万能外园磨床.....	192
第三节	无心外园磨床.....	205
第四节	平面磨床.....	207
第九章 光整加工及特殊加工		
第一节	光整加工.....	209
第二节	特殊加工.....	212

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国各族人民空前团结。无产阶级专政空前巩固。政治经济形势一片大好。我们伟大的社会主义祖国欣欣向荣，日益昌盛。我国农业机械化事业同全国形势一样，突飞猛进的发展，县、社、队三级农机修造网初步形成。为适应三大革命的需要，多快好省地建设社会主义，为贫下中农培养自己的农业修造网的技术队伍和发展“五小”工业的技术力量，对旧教材必须做到“教材要彻底改革，有的首先删繁就简”。遵照毛主席教导的方向，我们对旧教材繁琐、玄虚和脱离实际的现象进行具体的批判。但由于我们接受工人阶级再教育时间较短，再学习的不好，路线觉悟不高，所以对旧教材全面剖析和批判的还很不够深入，对于金属工艺课在农业机械化、专业中的地位和分量也在摸索之中。对于“修”和“造”的辩证关系认识也很肤浅。所以新教材的缺点和错误一定很多，希各方同志，批评指正。以促进“教材要彻底改革”，“教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合”的伟大方针及早落实。为争取毛主席的无产阶级的教育革命路线的彻底胜利而共同奋斗！

所谓金属切削加工就是：

在金属切削过程中，刀具要从工件表面上切除多余的金属，使工件获得我们所要求的形状、尺寸和表面光洁度。

这样，刀具与工件之间就构成了切削过程中矛盾的对立面，也就是切除和反切除的矛盾，其主要表现在变形和反变形的矛盾方面。

刀具在这对矛盾中，处于矛盾的主要方面。

所以我们从它本身讨论开始。进一步分析由它所影响和支配的切削力、切削热、刀具磨损等有关内容。

然而，“主要与非主要方面是互相转化着，事物的性质也就随着起变化。”

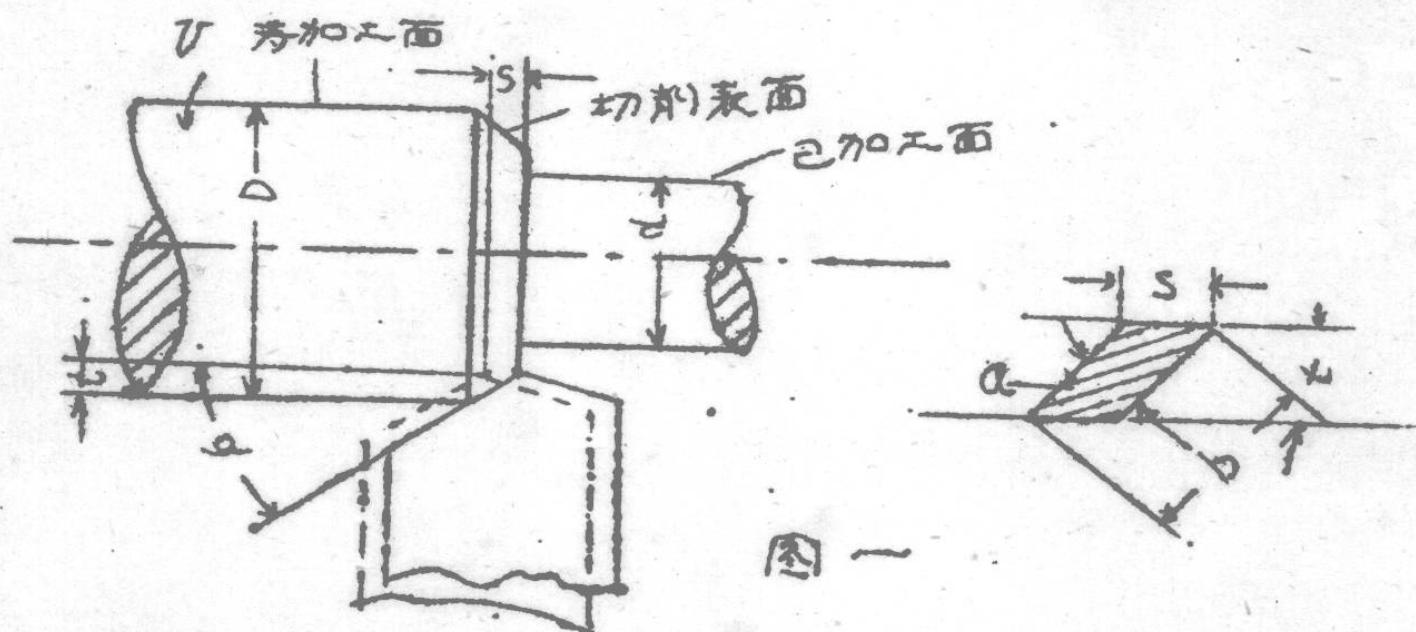
因此，在切削加工中，“决定的因素是人不是物”。人们必须用辩证唯物主义观点武装自己，使自己的思想适合于外界的规律性，以达到预想的结果。这部分课程主要地就是切削加工的一般规律。

第一章 刀具的几何形状

第一节 切削过程的基本概念

要想从工件上切下金属，刀具和工件必须有一定的相对运动，即所谓切削运动。

在车削加工中，工件必须旋转，刀具必须做直线运动。在切削加工过程中，由于刀具和工件相互作用的结果，就在工件上形成三个表面，即切削表面、已加工表面和待加工表面。



图一

在各种加工方法中。刀具和工件各有其不同的运动。但总括起来基本上有两种运动。

主运动：是切下切屑的基本运动，也是切削运动中速度最高、消耗功率最大的运动。主运动的速度称为切削速度，用 V 来代表。其单位为米/分。主运动为迴转运动时：

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \text{ 米/分}$$

D —工件或刀具外径。

n —工件或刀具每分钟转数。

进给运动：是使新的金属层继续不断地投入切削以便加工出完整表面的运动，进给运动可分为两种。

吃刀运动：这是使刀刃切入工件的一种运动。已加工表面和待加工表面之间的垂直距离称为吃刀深度，用 t 代表。其单位是毫米。车削时：

$$t = \frac{D - d}{2} \text{ 毫米}$$

D —待加工表面直径。

d —已加工表面直径。

走刀运动：是使金属层继续投入切削的运动。在车床加工中，工件每转一圈。车刀所移动的距离，单位：毫米/转。用 S 表示。

所谓切削用量，就是指切削速度（ V ），切削深度（ t ）和走刀量（ S ）而言。又称其为切削三要素。

为了研究切削规方便，经常引用与上述三个量有关的如下三个参变量。这是从工件本身表现出来的。

切削宽度 B ：工件上加工表面和待加工表面沿主切削刃的距离，亦即加工切削刃在工件上的切削长度。单位为毫米。

$$B = \frac{t}{S \sin \varphi} \text{ 毫米}$$

切削厚度 a ：每走刀一个 S 后，主切削刃相邻两个位置的垂直距离，其单位为毫米。

$$a = S \cdot S \sin \varphi \text{ 毫米}$$

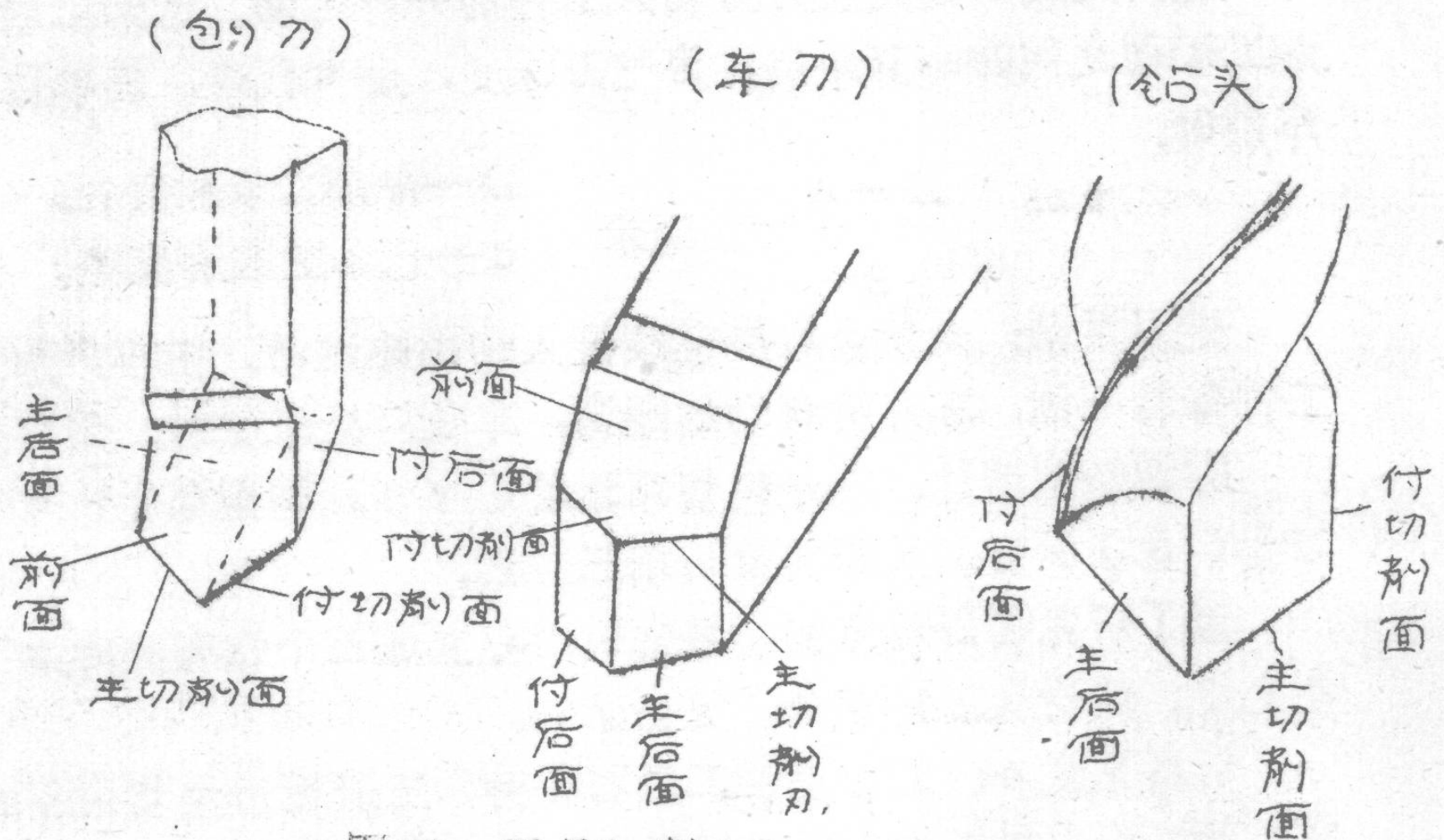
切削面积 F : 切下的金属层垂直于主运动方向断面的面积, 其单位为毫米²。

$$F = S \cdot t = a \cdot b \text{ 毫米}^2$$

第二节 刀具的几何形状

一、刀具切削部分的组成

为了掌握刀具切削部分角度, 我们以车削为典型, 解剖麻雀。因为其它刀具的切削部分都可以看成是外圆车刀刀头的演变: 多刃刀具的每个齿都相当于一把车刀。



图二 刀具切削部分的组成

前面: 前倾面) 切屑沿着它流出的那个表面。

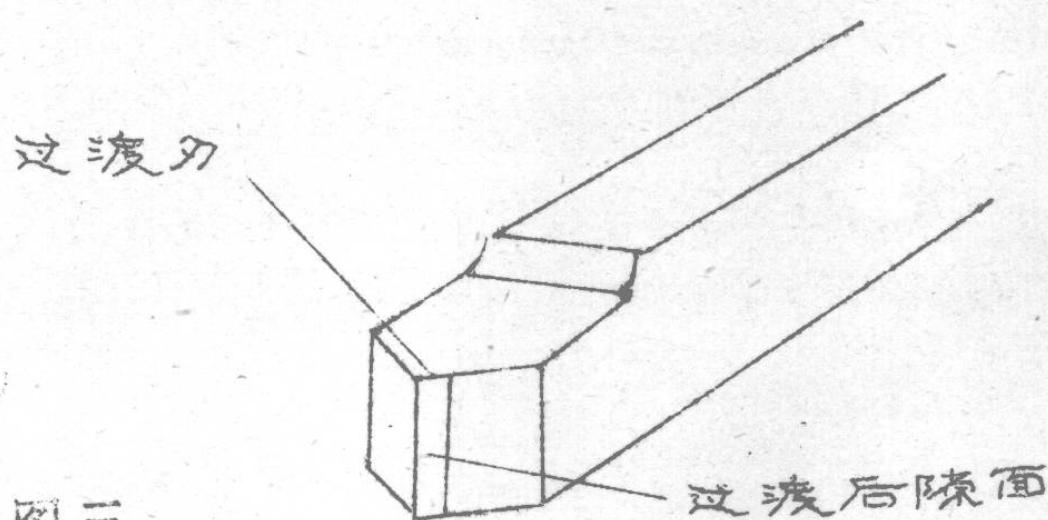
主后面: (后隙面) 与加工面相对的表面。

付后面: 与工件已加工表面相对的表面。

主切削刃: 前面和主后面的交线, 它担负着主要切削任务。

付切削刃：前面和付后面的交线。

过渡刃：车刀的刀尖（主、付刃的交点）一般都不是绝对尖锐的。为了增加刀尖的强度和耐磨性，往往将它磨成圆弧，或一段折线。这种介于主、付刃之间的圆弧或折线形成刀刃称为过渡刃。



图三

二、辅助平面：

各种刀具的切削部分虽然都有上述表面及切削刃，但各表面的空间位置不同，刀具的切削性能就会产生很大的差别。为了决定上述各表面的空间位置，也就是刀具角度，就必须先有一组坐标平面和相应的测量平面。

坐标平面有切削平面和基面。

切削平面——切削刃上任一点的切削平面是通过该点而又切于切削表面的平面。

基面——切削刃上任一点的基面，是通过这一点，而又与这一点的相对速度方向相垂直的平面。切削平面与基面互相垂直。

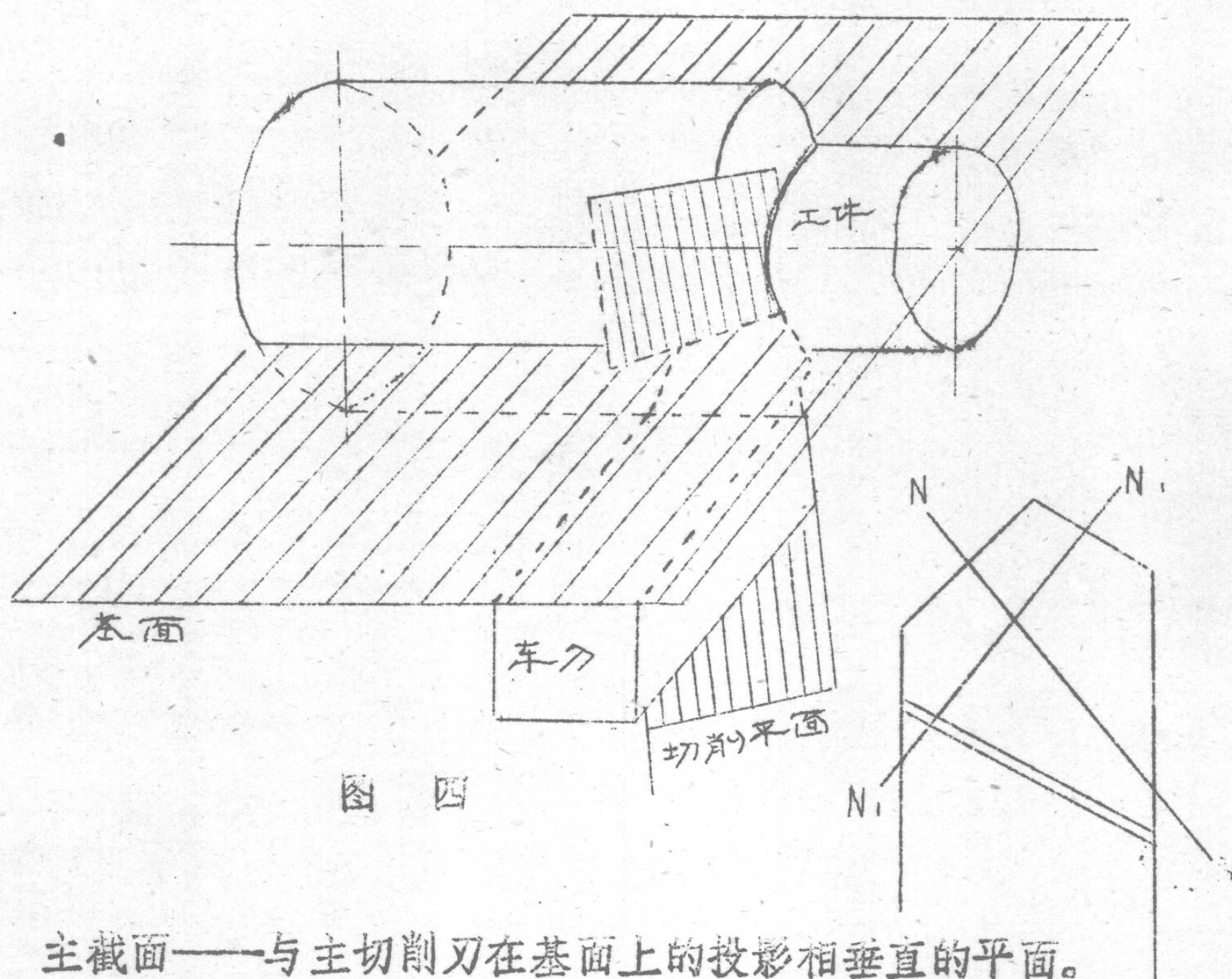


图 四

主截面——与主切削刃在基面上的投影相垂直的平面。

付截面——与付切削刃在基面上的投影相垂直的平面。

三、刀具的切削角度

在主截面中测量的角度：

前角(γ)——是前面与基面之间的夹角。在主截面中测量。

图五 车刀角度图

车刀的锋利与否主要取决于前角的大小，利用改变前角的办法可以改变切削情况。较大的前角，可使切屑变形减小，降低切削温度，减轻刀具磨损，使切削力下降，切削起来就比较轻快。但是不能片面地考虑刀具的锋利。在工作中考虑前角，必须对具体情况进行分析。

后角(α)——主后面与切削平面之间的夹角。其主要作用是减少刀具后面和工件已加工表面之间的摩擦。

切削角(δ)——前面和切削平面间的夹角。切削角越大，刀具就越不锋利，切削就越困难。

楔角(β)——前倾面和主后面之间的夹角。楔角大，刀头截面就大，则刀头强度高，散热条件也就好。

从图中可以看出。以上四个角度的关系如下：

$$\beta = 90^\circ - \gamma - \alpha$$

$$\delta = 90^\circ - \gamma$$

在基面测量的角度：

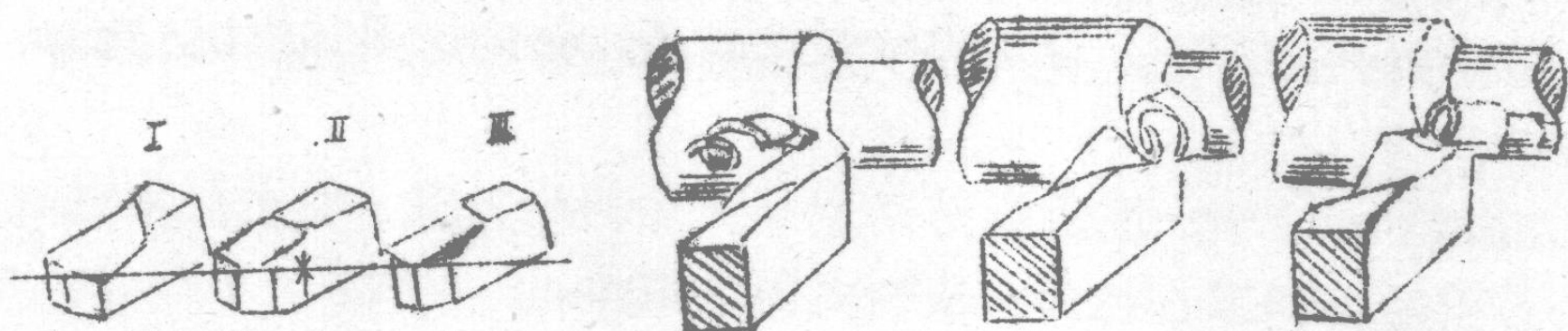
主偏角(φ)——是‘主切削在基面上的投影’和走刀方向之间的夹角。

主偏角(亦称导角)的大小，将影响切屑的厚度与宽度，切削力的变化等。

付偏角(φ)——是付切削刃在基面上投影和走刀方向之间的夹角。

在切削平面中测量的角度：

刃倾角(λ)——主切削刃和基面之间的夹角。它影响切屑的流出方向及刀刃强度。当刀尖位于刀刃最低点时，刀刃强度大，故 λ 称正值；反之当刀尖位于刀刃最高点时，刀刃强度弱， λ 称负值。 λ 为正值时，切屑向已加工表面流出。 λ 为负值时，切屑向待加工表面流出。当 λ 等于零时，切屑在前面上卷曲、流出。



图六 车刀的^刃倾角

车刀的切削角度除上述几种外，还有在付截面中测量的付前角（ γ_1 ），付后角（ α_1 ）等。它们在加工中考虑其作用很小，故不详述。

综上所述，我们知道车刀上共有十一个角度。但其中对切削加工过程有重要影响的是 γ 、 λ 、 α 、 ϕ 四个角度。

但是，上面分析的车刀角度是相对工件的位置、相对于主运动方向而选取的座标而测量的，这是刃磨后尚未工作的角度，也叫刃磨角度。这些角度在刀具切削过程中是要发生变化的，例如走刀运动，工件形状以及刀刃安装的高低都会引起刀具角度的变化，不过在一般情况下，刃磨角度与工作角度的数值相差不大，因此常常不考虑工作角度的变化。

另外，刀具角度的选择，是与工件材料，刀具材料，加工情况以及机床刚性等有关。

第二章 刀具材料

刀具材料是刀具的本质。在切削加工中，能否完成切削任务，主要取决于刀具材料的性能。刀具材料随着国民经济的发展也在不断地更新。而它的每一更新都会给切削加工带来质的飞跃。

高速钢化学成分表%

牌 号	碳	铬	钨	钼	锰硅	钼	硫 磷
W ₁₈ Cr ₄ V	0.7~0.8	3.8~4.4	17.5~19	1~1.4	各≤0.4	≤0.3	各≤0.03
W ₆ Cr ₄ V ₂	0.85~0.95	4~4.6	8.5~10.0	2~2.6	"	"	"

第四节 硬质合金

硬质合金的主要成分是碳化钨和钴。碳化钨的熔点很高，所以硬质合金不仅硬度很高（达到HRA=87~92），而且能耐高温，红硬性达1000℃左右。其切削速度比高速钢高4~10倍。钴在硬质合金中起胶结作用。

常用的硬质合金，按其成分不同分为钨钴合金（YG）和钨钴钛合金（YT）两大类：

1. 钨钴类

这类硬质合金的韧性较好，用来加工脆性材料（如铸铁等）或冲击性较大的工件比较适合，红硬性差，加工钢料是不适宜的。但有时切削钢料：时振动与冲击较大时还是采用YG类硬质合金刀具。

2. 钨钴钛合金

由碳化钨、碳化钛和钴所组成。常温下硬度达HRA=89.5~92.8红硬温度为900~1000℃，因其红硬性较好，在高温条件下比YG类耐磨，所以多用于加工钢料和韧性强的塑性材料。

其缺点是不耐冲击，不宜用于加工脆性材料。

近年来，我国工人阶级试制成功细颗粒YG₆（钨钴钨类）和通用合金类（YW）等新牌号的硬质合金，钨钴钨类可以刃磨得锋利，故可以用于精加工。钨钴钨类既可以加工铸铁又可以加工钢，因此YW类硬质合金的出现，解决了在生产中选择硬质合金种类的麻烦。

对于刀具材料的评价，不要片面的看问题，既要看到高速钢和

和硬质合金用途较广泛的一面，又要看到碳素工具适合低速，又可磨得锋利，同时节省材料的一面。对其性能和选用可参考下表1。

第五节 陶瓷材料

它是氧化铝 (Al_2O_3) 制成的，价格低廉，而且切削性能好。硬度达 $\text{HRA}=91-93$ ，在 1200°C 以上仍保持其原有硬度。其缺点是性脆，抗弯性比硬质合金低三倍，所以切削时切削深度和走刀是受到限制，目前用于半精加工和精加工。我国陶瓷业具有悠久的历史，因此陶瓷刀具材料在我国将是大有发展前途的。目前正在研究试验之中。

表1 各种刀具材料的性能和用途

种类	牌号	物理机械性能			切削性能		用途
		硬度 HRA	抗弯强度 8考公斤/毫米	红硬性	切削 速比	刀口半 径	
碳素工具钢	T 10A 1 12A	80	240	270°C	0.2 ~0.4	10 ~12	手动工具, 低速精加工工具。
合金工具钢	90CrSi 100CrW Mn	80	240	325°C	0.5 ~0.6	12 ~15	板牙、铰刀等变形要求小的工具
高速钢	W ₁₈ Cr ₄ V	80	315~340	620°C	1	15 ~18	复杂刀具、刃磨面积大的刀具
	W ₆ Cr ₄ V ₂	80	315~370	"	1	"	简单刀具, 热轧刀具
钨钴类	YG ₈	87.5	150	粘结温度 615°C(下同)	6		铸铁粗加工, 有冲击时用
	YG ₈ C	86.5	170	640°C	5		钨钢材料
	YG ₆ X	90	135	640°C	10	18 ~20	切削高强度钢耐热钢钛合金
	YG ₆	89	105	665°C	10		铸铁及其他脆性材料半精加工
	YG ₆	88	140	640°C	8		铸铁及脆性材料半精加工
钨钛钴类	YT ₁₅	88.5	130	略低于	4		粗加工钢料(有冲击时)
	YT ₁₅	90	115	790°C	6	20 ~24	半精加工钢料
	YT ₃₀	92	90	略高于 790°C	10		精加工钢料
金刚石		86~96	40	大于 1000°C	12		无冲击的半精加工及精加工

注: 切削速比, 以高速钢为基础, 但YG类的基本条件不同, 是以切铸铁为基准。

从表1可以看出：随着新的刀具材料的出现，切削加工的生产率就不断地提高。合金钢出现后切削速度提高20%；二十世纪初高速钢出现后，切削速度提高2~3倍；而硬质合金出现后，出现了高速切削法，切削速度提高4~10倍，现在陶瓷刀切削速度更增加到高速钢的15倍。

第六节 刀具材料的选择

在生产实践中，选择刀具材料，对具体情况要进行具体的分析，主要的是从工件材料、毛坯性质、加工条件（切削用量、冲击大小）等多方面考虑，抓住主要矛盾，合理选择。表1可供选择刀具材料时参考。此外可以参考北京第一通用机械厂编写的（机械工人手册）。

第三章 切削过程的规律和现象

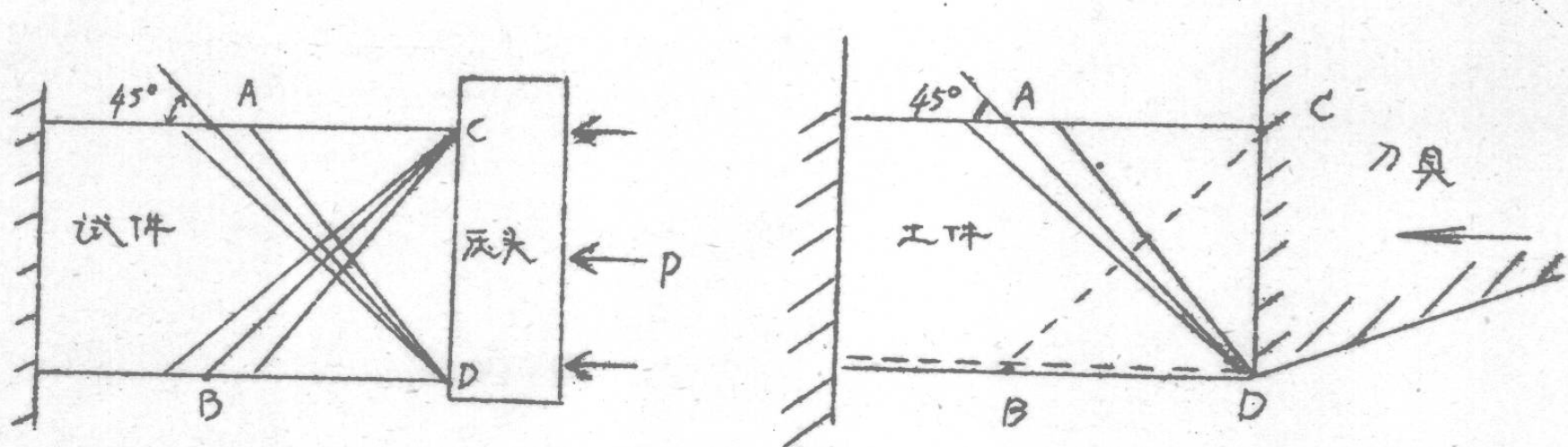
金属变形是切削过程中许多现象及规律的起始，切削热、切削力、刀具磨损等无一不和变形有密切关系。因此我们抓住切屑变形这个主要矛盾来研究切削加工的基本规律，其目的就在于运用这些规律于生产实践，指导生产斗争的进行，使我国的经济建设沿着“多、快、好、省地建设社会主义”的路线前进。

第一节 切削变形的本质

刀具切削金属，它不同于斧子劈木头，而沿着切削速度方向裂开。而是工件材料在前刀面的挤压下，经过弹性变形、滑移、切离和排出等阶段而变成切屑。也就是说，金属切削过程是切削层受到前刀面挤压后，产生以滑移为主的变形过程。

一、切屑的形成过程

根据试验证明，金属在切削时不沿着切削速度方向裂开，而是沿着倾斜方面滑移。为了说明这个问题，我们在普通材料挤压试验和切削过程的比较中可以了解。如图 3-1



(甲) 挤压试验

(乙) 切削示意图

图 3-1 挤压与切削的比较

图 3—1 (甲) 是普通挤压试验的示意图, 试件受压后, 内部产生剪切应力、应变。滑移面 DA 、 CB 方向与作用力 P 大致成 45° , 当 P 增加时, DA 、 CB 两侧还会产生一系列滑移面, 其交线分别集中在 D 、 C 两处。

图 3—1 (乙) 是切削示意图, 由图可知, 切削情况与挤压试验类似, 其不同点在于工件上只有一部分金属——切削层受到挤压, 这是由于 DB 线以下有工件阻碍, 所以金属只能沿 DA 方向滑移, 这就是切削过程的剪切面。实际上, 因为金属层受到刀具挤压后, 还要沿前刀面流出, 所以切削情况还要复杂些。金属受刀具压力产生剪切面的过程称金属切削的挤压过程。

现在以工件切削层中一点 P 来说明滑移过程。如图 3—2

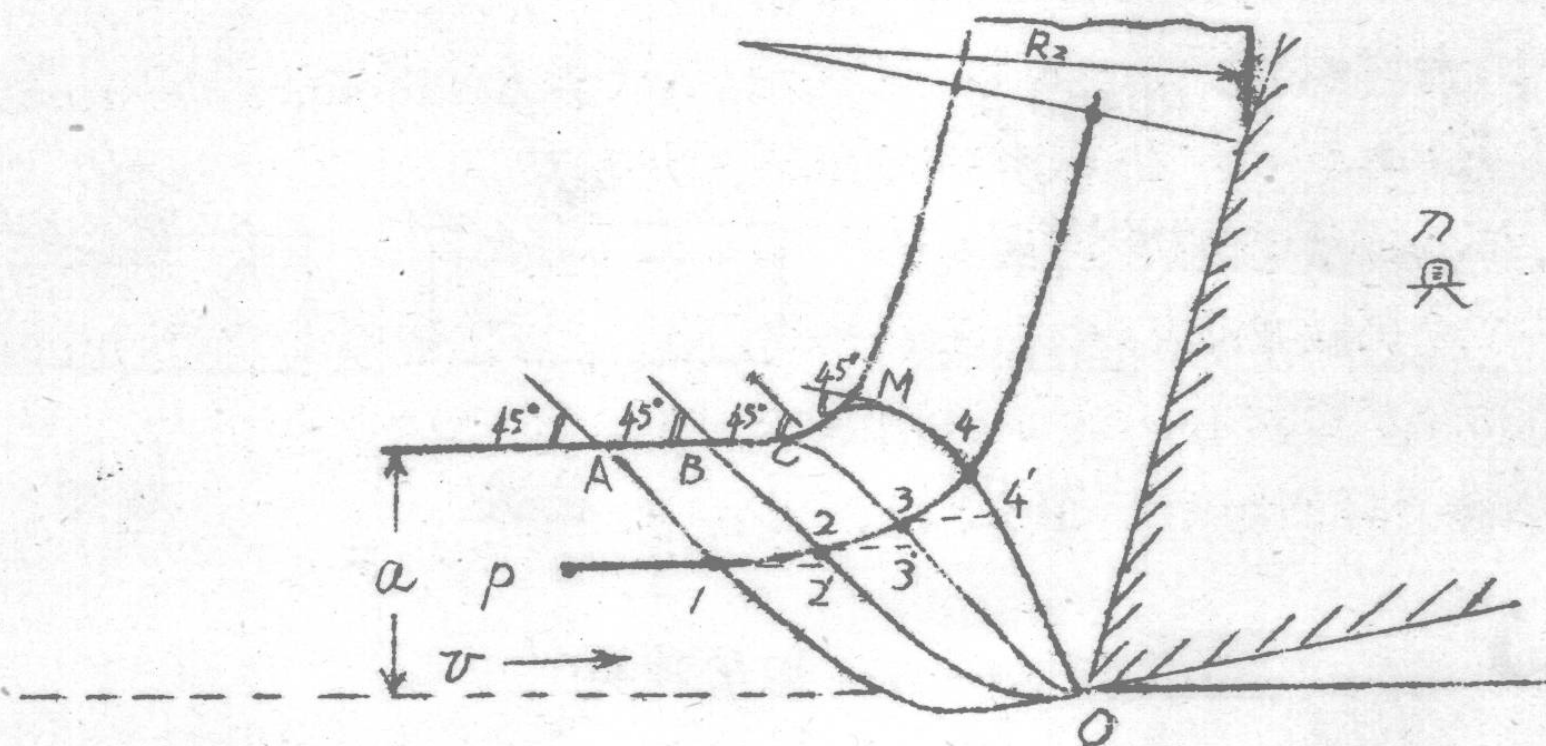


图 3—2 切削形成过程示意图

当刀具开始切入工件时, 开始挤压产生弹性变形, 工件中 P 点继续前进时剪应力达到屈服点 τ_s , 于是金属开始沿着最大剪应力的方向 OA 滑移。此后 P 点一面沿着 U 的方向前进, 一面沿 OA 、 OB ……等等方向滑移。合成运动的方向不断地改变。例如, 无滑移时, P 点应由 1 移至 $2'$ 。但因滑移关系, 实际 P 点已移至 2。故