

金属切削及刀具

(上册)

八院校教材编写组

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，经过无产阶级文化大革命，我国各条战线都出现了一派大好形势。为了适应社会主义革命和建设的需要，我们八院校遵照毛主席关于“教材要彻底改革”的教导，结合几年来教育革命的实践，集体讨论和拟定了编写教材的基本原则，并制定了《金属切削及刀具》这一教材的大纲，由各院校分工编写。

在编写过程中，我们以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，力求用无产阶级政治统帅整个教材，结合三大革命运动和开门办学的需要，本着“少而精”原则，分别到各地区许多工厂向工人师傅学习，并进行调查研究，尽量做到理论联系实际，运用辩证唯物主义的观点分析和解决问题，以有利于培养学员分析问题和解决问题的能力。

全书共分三部份：第一部份（一至五章）阐述金属切削过程的基本规律以及提高生产率和表面质量的途径。可结合学工劳动进行教学。第二部份（六至九章）为普通切削刀具，结合典型任务教学的需要，了解和合理选用车刀、孔加工刀具、铣刀及磨削工具，并分析这些刀具在生产中出现的问题，学习工人师傅的经验提出改进措施。第三部份（十至十四章）为“刀具设计及其参考资料”，它结合专题设计任务的需要，介绍成形刀具、硬质合金端铣刀、拉刀、花键滚刀以及组合机床和自动线刀具的设计原理、方法和步骤。上述第二、第三部份也可根据各院校开门办学的具体需要，选择有关章节进行讲解或自学。

本教材由广西大学、太原工学院、内蒙古工学院、河北工学院、河北矿冶学院、郑州工学院、陕西机械学院和黑龙江工学院协作编写。在编写过程中得到了许多工厂、科研单位及兄弟院校的工人师傅和技术人员的大力支持和帮助。特别是在制定大纲时，得到郑州市“金切队”工人师傅的指导。在审稿时南宁市“金切队”和龙江机械厂的工人师傅亲临指导，并参加了审稿的全过程，对教材提出了很多宝贵意见。本教材由山西725厂承印，在此一并表示衷心感谢。

由于我们路线觉悟不高，业务水平有限，编写时间又较短促，调查研究还不够深入广泛，教材中一定存在许多缺点和错误，希望同志们和广大工农兵学员批评指正，并将书面意见寄给我们，以便修改订正。

《金属切削及刀具》编写组

一九七六年七月

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

我们进入了这样一个时期，就是我们现在所从事的、所思考的、所钻研的，是钻社会主义工业化，钻社会主义改造，钻现代化的国防，并且开始要钻原子能这样的历史的新时期。

坚持政治挂帅，加强党的领导，大搞群众运动，实行两参一改三结合，大搞技术革新和技术革命。

华主席最近指示：科学要兴旺发达起来，要捷报频传。还指出：有毛泽东思想，有毛主席制定的革命路线，有社会主义制度，有现在这样一支科技队伍，有八亿勤劳勇敢的人民，我们应当有信心赶超世界先进水平。

目 录

第一章 基本概念

§ 1—1	切削时的运动和切削用量	(1)
§ 1—2	切削层横截面的几何参数	(2)
§ 1—3	刀具的切削角度	(3)
§ 1—4	车刀的手工刃磨与角度测量	(7)
§ 1—5	车刀的工作图	(8)
§ 1—6	车刀的工作角度	(9)
§ 1—7	车刀各截面内的角度关系	(14)
§ 1—8	几种常用车刀介绍	(15)

第二章 刀具材料

§ 2—1	对刀具切削部份材料的基本要求	(17)
§ 2—2	工具钢	(18)
§ 2—3	硬质合金	(21)
§ 2—4	其他刀具材料	(27)

第三章 切削过程的变形规律和切削力

§ 3—1	切屑形成过程及三个变形区	(29)
§ 3—2	切屑形成区的变形分析	(31)
§ 3—3	切削力的产生与分解	(37)
§ 3—4	切削力的测量、切削力和功率的计算	(39)
§ 3—5	切削力的变化规律	(46)

第四章 刀具磨损、耐用度和切削用量

§ 4—1	刀具磨损方式、过程和原因	(49)
§ 4—2	刀具磨损限度与耐用度	(52)
§ 4—3	减小刀具磨损及提高耐用度的措施	(53)
§ 4—4	切削用量的合理选择	(63)

第五章 已加工表面质量

§ 5—1	已加工表面质量对机械零件使用性能的影响	(71)
§ 5—2	已加工表面的形成过程	(72)
§ 5—3	表面光洁度不高的原因及其提高方法	(73)
§ 5—4	影响表面层物理机械性能的因素及其控制方法	(77)
§ 5—5	冷却润滑液	(80)
§ 5—6	提高表面质量的其它措施——滚压加工	(83)

第六章 车刀的合理使用与改进

§ 6—1 硬质合金车刀的焊接	(85)
§ 6—2 车刀结构的改进	(87)
§ 6—3 粗加工车刀的改进	(93)
§ 6—4 加工细长轴车刀的改进	(96)
§ 6—5 加工耐热不锈钢车刀的改进	(99)
§ 6—6 切断刀	(100)
§ 6—7 车削钢料的断屑方法	(103)
§ 6—8 优选法在刀具改进中的应用	(106)

第七章 孔加工刀具

§ 7—1 孔加工刀具的种类	(113)
§ 7—2 麻花钻	(119)
§ 7—3 深孔钻	(145)
§ 7—4 铰刀	(161)
§ 7—5 浮动镗刀	(170)

第八章 铣削与铣刀

§ 8—1 铣刀的用途和种类	(175)
§ 8—2 铣刀的几何角度	(182)
§ 8—3 铣削要素	(184)
§ 8—4 铣削力及动力计算	(188)
§ 8—5 铣削特点和铣削方式	(191)
§ 8—6 铣刀结构的改进	(193)
§ 8—7 铣刀的刃磨	(195)

第九章 磨削与磨具

§ 9—1 磨具的基本知识	(201)
§ 9—2 磨削过程及其基本规律	(208)
§ 9—3 磨削热和表面烧伤	(214)
§ 9—4 磨削表面光洁度	(215)
§ 9—5 高速磨削和强力磨削	(219)

第十章 成形刀具

§ 10—1 成形车刀的种类及用途	(221)
§ 10—2 径向成形车刀的切削角度	(222)
§ 10—3 径向成形车刀的截形求法	(225)
§ 10—4 径向成形车刀的结构尺寸	(228)
§ 10—5 径向成形车刀的样板	(241)
§ 10—6 成形车刀的加工误差	(242)
§ 10—7 径向成形车刀设计举例	(243)
§ 10—8 成形铣刀概述	(247)
§ 10—9 铲齿成形铣刀的铲齿工艺和齿背曲线	(248)

§ 10—10	铲齿成形铣刀的法向后角及改善措施	(253)
§ 10—11	求正前角 ($\gamma > 0^\circ$) 时铲齿成形铣刀的廓形	(256)
§ 10—12	铲齿成形铣刀的结构设计	(260)
§ 10—13	整体铲齿成形铣刀的设计举例	(268)
第十一章 硬质合金端铣刀		
§ 11—1	概述	(273)
§ 11—2	硬质合金端铣刀的一般构造及刀齿的夹固方式	(273)
§ 11—3	硬质合金端铣刀几何参数的确定	(285)
§ 11—4	硬质合金端铣刀主要结构参数的确定	(297)
§ 11—5	计算公式列表	(308)
§ 11—6	硬质合金端铣刀设计举例	(312)
附录:		
11—1	一般体外刃磨式硬质合金端铣刀重磨以后的对刀调整	(321)
11—2	H值 公式 (11—8) 的证明及加工刀体的刀槽时有关数据的计算	(322)
11—3	铣削用量小数指数的乘方数及常用铣床技术资料(附表11—1、附表11—2)	(329)
11—4	(GR68—60) 标准硬质合金端铣刀设计 系列图	(331)
11—5	带止推螺钉的平面楔夹固刀齿的硬质合金端铣刀设计系列图	(333)
11—6	螺钉楔块夹固刀齿式 $\phi 320 \sim 700$ 硬质合金端铣刀设计系列图	(334)
11—7	不重磨式硬质合金端铣刀	(338)
11—8	压簧拉楔夹固刀片式机夹密齿端铣刀	(343)
第十二章 拉刀		
§ 12—1	拉 削 工 作 原 理 和 拉 刀 的 应 用	(357)
§ 12—2	拉 刀 的 构 造	(361)
§ 12—3	拉 刀 工 作 部 分 的 设 计	(363)
§ 12—4	拉 刀 其 它 部 分 的 设 计	(378)
§ 12—5	机 床 拉 力 及 拉 刀 强 度 的 验 算	(385)
§ 12—6	花 键 拉 刀 的 设 计	(388)
§ 12—7	拉 刀 的 技 术 条 件	(392)
§ 12—8	拉 刀 的 刃 磨	(394)
§ 12—9	设 计 举 例	(396)
第十三章 花键滚刀		
§ 13—1	花键滚刀 齿形 的设计原理	(407)
§ 13—2	花键滚刀的齿形 设计与计算	(408)
§ 13—3	工件节圆半径 的选择及其对被切齿形的影响	(415)
§ 13—4	花 键 滚 刀 的 结 构 尺 寸	(418)
§ 13—5	滚 刀 的 技 术 条 件	(425)
§ 13—6	花键滚刀的设计 举例	(427)

第十四章 组合机床刀具及自动线刀具

§ 14—1 概 述	(435)
§ 14—2 普通刀具在组合机床上的应用	(437)
§ 14—3 复合刀具	(465)
§ 14—4 刀具的导向与工具	(484)
§ 14—5 自动线刀具	(494)

第一章 基本概念

金属切削加工是用刀具从毛坯上切去一层多余金属，以获得符合预定技术要求的另件或半成品的一种加工方法。与热加工比较，切削加工是使另件获得更高精度（尺寸误差可达0.007毫米）和光洁度（可达 $\nabla 14$ ）的重要手段。通常它的劳动量约占总劳动量的50%左右。

切削时刀具挤压工件使其上一层金属变成切屑与工件分离而得到所需要的加工表面，这个过程通称为切削过程。在切削过程中由机床把刀具和工件联系起来而又相互作用构成了“切除”和“反切除”矛盾对立的两方。伟大领袖毛主席教导我们：“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性。因此，对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究，就构成某一门科学的对象。”因此我们研究切削加工的目的就是要认识和掌握刀具和工件这一特殊矛盾及其基本规律，多快好省地为社会主义革命和社会主义建设服务。

§ 1—1 切削时的运动和切削用量

在金属切削加工中，要从工件表面上切下金属，刀具和工件之间必须发生相对运动。要想认识和研究刀具，必须同切削运动联系起来。

一、切削时的运动：

要完成切削过程究竟需要些什么相对运动呢？以车削外圆为例，工件必须旋转，刀具必须做平行于工件轴线的直线运动。

按运动在切削过程中的作用，可以分为主运动和辅助运动。

主运动：切削运动中速度最高、消耗功率最大并担负主要切削任务的运动。如车削时的回转运动（图1—1）。

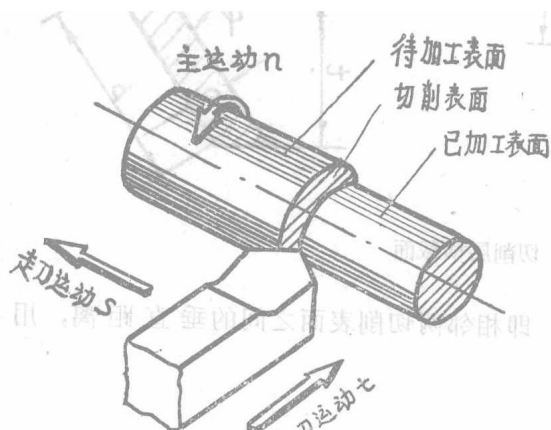


图1—1 车削时的运动

辅助运动：除主运动外，完成切削所必须的其他运动。如图1—1所示的走刀运动和吃刀运动都是辅助运动。

走刀运动：使新的金属层连续投入切削，以便切出整个已加工表面的运动。如外圆车削时，车刀沿工件轴向的直线运动。

一个切削过程只能有一个主运动，但可以有一个或几个（如磨削）辅助运动。主运动和辅助运动可以同时动作，也可以交替动作。

二、切削用量

切削速度：主运动的线速度称为切削速度，用 V 来表示。其单位为米/分。在车削时，主运动是回转运动，则：

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

式中： D —工件待加工表面的直径，单位为毫米。

n —工件每分钟的转数，单位为转/分。

走刀量：工件每转一转，刀具沿着走刀方向移动的距离（见图1—2），用 S 表示。其单位为毫米/转。

吃刀深度：每次走刀切入的深度，即待加工表面和已加工表面的垂直距离，用 t 表示。其单位为毫米。在车削中（图1—2）

$$t = \frac{D - d}{2} \text{ 毫米}$$

式中： D 和 d 是加工前和加工后的工件直径。

上述切削速度 V 、走刀量 S 和吃刀深度 t 三者合在一起，称为切削用量。

§ 1—2 切削层横截面的几何参数

在切深 t 和走刀量 s 已定的情况下，工件每转一转就有一层金属被切掉，这层金属被工件的轴向截面所截得的截面，就称为切削层的横截面。对于主刀刃为直线的外圆车刀，切削层横截面的形状是一个平行四边形，如图1—2所示。

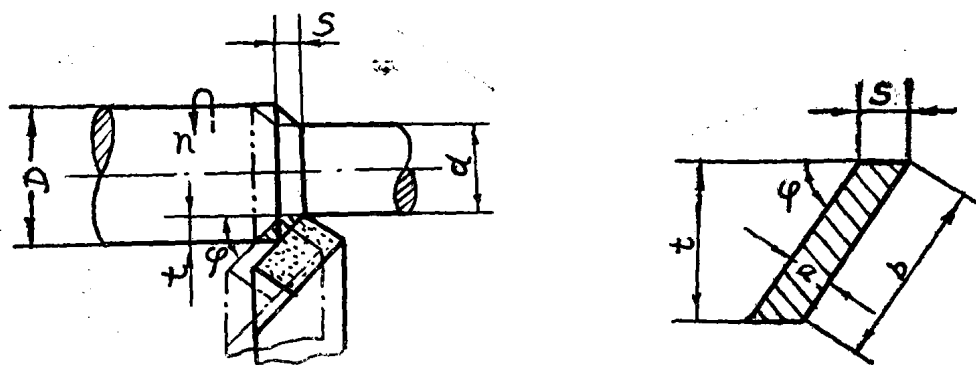


图1—2 切削层横截面

切削厚度：切削层的厚度称为切削厚度，即相邻两切削表面之间的垂直距离，用 a 表示，单位为毫米。在车削中（图1—2），

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

切削宽度：切削层的宽度称为切削宽度，它表示主刀刃参加工作 的长度，用 b 表示，单位为毫米。在车削中（图1—2），

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} \quad \text{毫米}$$

切削面积：切削层横截面的面积，简称为切削面积，用 F 表示，单位为毫米²。在车削中（图1—2）， $F = a \times b = S \times t$ 毫米²

切削层截面形状直接影响着切屑截面形状，是影响切削过程的主要因素。由于金属在切削过程中产生变形，所以切削面积和切屑面积是不相同的。

§ 1—3 刀具的切削角度

众所周知，要切削工件，必须要有一个能够切削金属的刀具，才能完成切削加工。

是不是有一个很硬的方块块，就可以当作“刀具”去切金属呢？比如，我们用一个白钢刀条，齐头齐脑的去进行刨削加工（图1—3），切削情况就极为恶劣，切屑一块块地硬啃下来，变形很大，加工表面坑坑洼洼，极为粗糙。因为切削加工的目的是为了获得合格的工件表面，而不是切铁末子，这就需要把这个“傻刀”改造一下；当把刀具磨出一定的角度（图1—4中的 γ 和 α ）后，切削就正常了，切屑卷曲也顺利，加工表面就光滑了。这就说明，要想进行切削加工，必须把刀具磨出一定的切削角度。

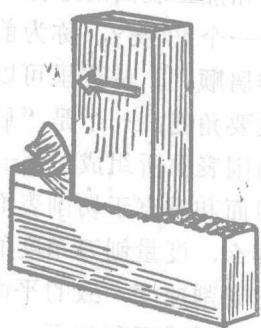


图1—3 齐头齐脑刨削情况

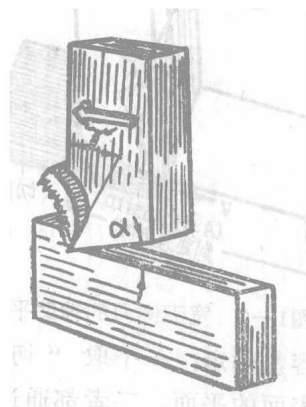


图1—4 有角度后刨削情况

刀具的种类繁多，有些刀具形状很复杂，但就其切削部分而言，基本上相当于一把车刀的刀头。因此，研究刀具切削角度时，往往以外圆车刀为典型，研究它们的共性。把车刀搞清楚，其它刀具也就不难认识了。

一、刀刃：

根据刀刃的作用不同可以分为（图1—5）：

- 1、主刀刃：担负主要切削任务的刀刃。完成已加工表面的予切工作的刀刃。
- 2、付刀刃：不担负主要切削任务的刀刃。由于通常它参加切削的刀刃很短，只有少许的切削作用，所以叫付刀刃。

二、刀面：

一把刀看上去有好多刀面，如外圆车刀，起码有3~4个刀面，其他复杂刀具甚至有更多刀面。其实，仔细分析一下，任何刀具基本的刀面只有两个，这就是同每一条刀刃毗联的

前刀面和后刀面（图 1—5）。

1、前刀面：切屑流出所经过的表面。

2、后刀面：

主后刀面：与主刀刃相毗联，面对着工件切削表面的刀面。

付后刀面：与付刀刃相毗联，面对着工件已加工表面的刀面。

三、辅助平面：

凡是度量都要有个基准。比如说，确定地势高低用海面作基准，确定坡度大小用水平作基准。刀刃和刀面的空间位置构成刀头的几何形体和几何角度，这些角度的规定和度量也得有基准面，即刀具的辅助平面，它包括切削平面、基面和主截面：

1、切削平面和基面：

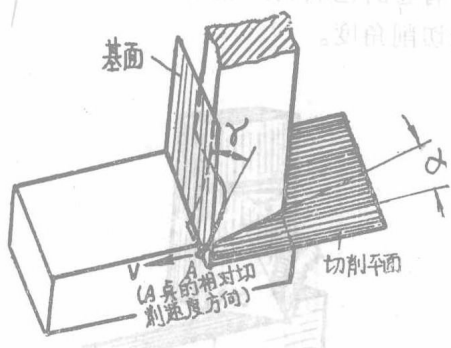


图1—6 宽刃刨刀的辅助平面

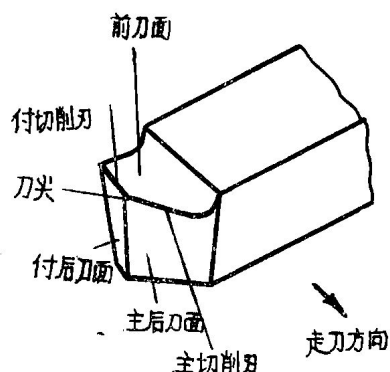


图1—5 刀具与刀面

以刨削为例分析刀具的角度及其辅助平面。如图 1—6 所示。把宽刃刨刀的后刀面磨出一个角度 α ，称为后角，以减少后刀面和加工表面的摩擦，把刨刀的前刀面磨出一个角度 γ ，称为前角，使切削轻快，排屑顺利。从这里可以看出，刨刀有两个主要角度：一个是“后角”，由后刀面和切削表面所组成；另一个是“前角”由前刀面和垂直于切削表面的平面所组成。那么，度量刨刀角度的基准面是什么

呢？这就很容易确定：一个取“切削表面”（正好是与切削速度一致的平面），另一个取垂直于切削表面的平面，二者都通过刨刀刀刃，分别称为切削平面和基面。

但是，切削表面不尽是平面，常见的还有圆柱面、圆锥面、螺旋面或其它空间曲面。因此，必须找到适合于一般曲面的辅助平面。要解决这个问题，就要科学地抽象出一个切削平面。抽象的办法很简单，一句话：碰上曲线时抓它的切线，碰上曲面时抓它的切平面。

由上例可见，正是由于有了前角，改善了切屑的流动。有了后角，减轻了刀具与工件已加工表面的摩擦。因此，研究切削角度所需的辅助平面，必须体现与切削运动方向的密切联系。所以，我们可以把切削平面和基面的定义规定如下（见图 1—7）：

切削平面——刀刃上任一点的切削平面是包含该点切削速度方向而又切于刀刃的平面。

基面——刀刃上任一点的基面是通过该点并垂直于切削速度方向的平面。

2、主截面：

在空间中度量一般需要三个坐标平面，前面已经说了两个，第三个坐标平面显然应当同时垂直于上述两个坐标平面，称为主截面。其定义规定如下（见图 1—7）：

刀刃上任一点的主截面是通过该点并垂直于主刀刃在基面上的投影的平面。

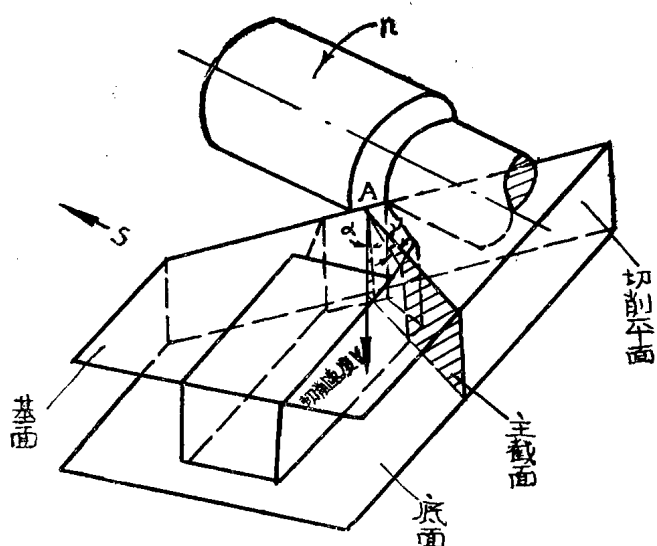


图1-7 车刀辅助平面

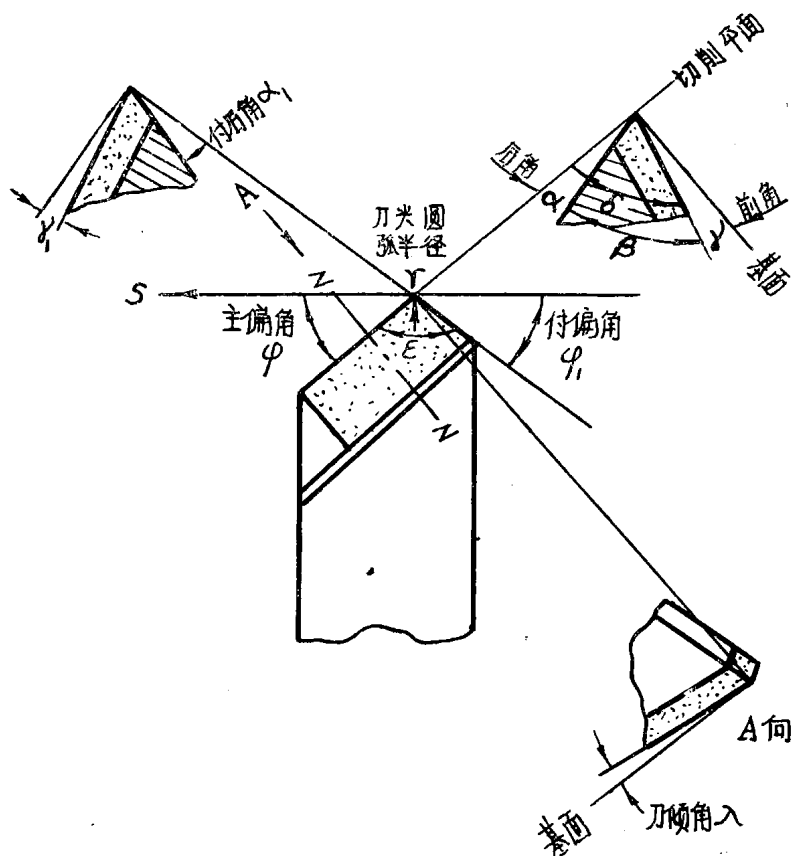
主截面、基面和切削平面是互相垂直的三个坐标平面，是我们规定和用以测量刀具切削角度的基准面。

四、切削角度

车刀的切削角度是以切削平面、基面和主截面作为辅助平面来度量的。它们的定义如下（见图1-8）：

在主截面中度量的角度有：

1、前角：前刀面与基面之间的夹角，以 γ 表示。前角可以是正值或负值，也可以等于零。前角的正与负都是相对于基面而言，在主截面内，当前刀面和基面重合，前角就等于零；当前刀面低于基面，切削省力，前角就是正值；当前刀面高于基面，切削费力，前角



1-8 车刀的切削角度

就是负值。

2、后角：主后刀面与切削平面之间的夹角，以 α 表示。

在基面中度量的角度有：

3、主偏角：主刀刃与走刀方向之间的夹角，以 φ 表示。

4、付偏角：付刀刃和背走刀方向之间的夹角，以 φ_1 表示。

在切削平面中度量的角度有：

5、刃倾角：主刀刃与基面之间的夹角，以 λ 表示。

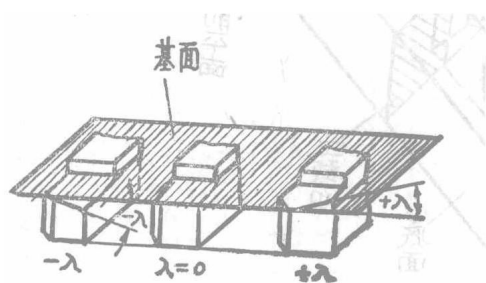


图1—9 λ 角的正负

当刀尖位于主刀刃上的最高点时，刀刃强度小，这时 λ 为负值（图1—9），当主刀刃和基面平行（或重合）时， λ 等于零，当刀尖位于主刀刃的最低点时，刀刃强度大，这时 λ 为正值。

在付截面中度量的角度有：

6、付后角：付后刀面与通过付刀刃并垂直于基面的平面之间的夹角，以 α_1 表示。

示。

以上是车刀的六个主要角度，其中尤以主刀刃上的四个角度 γ 、 α 、 φ 和 λ 最为重要。还有一些角度是从上述角度中派生出来的，它们是：

7、楔角：在主截面中，前刀面和主后刀面之间的夹角，以 β 表示。

8、刀尖角：主刀刃与付刀刃在基面上投影的夹角，以 ϵ 表示。

$$\epsilon = 180^\circ - \varphi - \varphi_1$$

9、切削角：在主截面中，切削平面与前刀面之间的夹角，以 δ 表示。

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

10、付前角：在付截面中，前刀面与基面之间的夹角，以 γ_1 表示。通常图上不标出。

$$\text{tg} \gamma_1 = \text{tg} \gamma \cdot \cos(\varphi + \varphi_1) - \text{tg} \lambda \cdot \sin(\varphi - \varphi_1)$$

刀头的形状是多种多样的，有些车刀还有过渡刃和修光刃，如图1—10所示，有些还有倒棱和卷屑槽，如图1—11所示。看上去车刀的角度很多，但是只要区分主次，找到联系，抓住主要矛盾，其它的问题也就迎刃而解了。我们不仅要弄懂这些角度的含义，而且还要掌握角度的刃磨和度量方法，这才是真正学以致用。

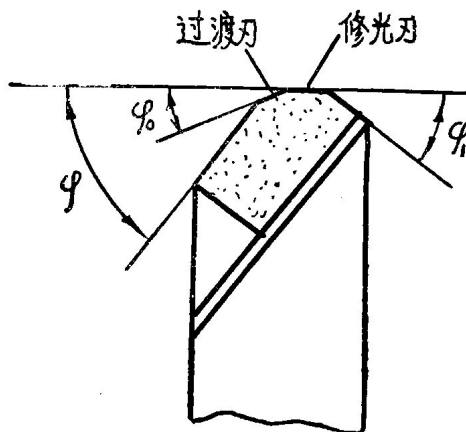


图1—10 过渡刃和修光刃

§ 1—4车刀的手工刃磨与角度测量:

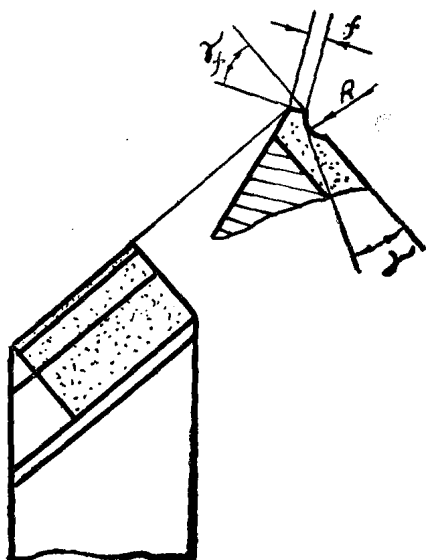


图1—11 倒棱和卷屑槽

一、车刀的手工刃磨:

目前在中小型工厂里,对于硬质合金车刀,仍普遍采用手工刃磨。刃磨不好,活也难以干好。要学会磨刀,应该很好地向工人师傅学习,主要靠实践,这里只是介绍一些基本知识。硬质合金刀片具有很高的耐磨性和硬度、性脆导热系数又很低,因此,在刀片与砂轮接触时局部受热,磨削温度很高,而且容易发生裂纹或崩刃。为了提高硬质合金车刀手工刃磨的质量,一般从两个方面着手解决:一方面设法降低和减少磨削热;另一方面提高砂轮回转的平稳性。为此:

1、合理选择砂轮,硬质合金车刀宜用绿色碳化硅砂轮(见第九章),精磨工序最好是在粒度为80~200,硬度中硬的碗形绿色碳化硅砂轮上进行。

2、砂轮应经过仔细的平衡,并保证有尽可能小的径向跳动。这样就能使刀具不易受到砂轮的冲击,较少发生崩刃现象。刃磨时砂轮的回转方向必须由刀口向刀体方向转动,否则刀口会崩裂造成不平直。

3、尽量减少刀具刃磨表面与砂轮表面的接触面积。这样会缩小磨削区、减少磨削热量,不造成更大的热应力。例如:在刃磨硬质合金车刀之前,先用粗砂轮(棕刚玉砂轮,粒度46、硬度中软)磨去刀杆上刀头部分的氧化皮,然后再磨车刀刀体后角(在车刀后刀面的下面部分,应磨一个比后角略大 3° 的角度,叫刀体后角),它的作用是减少后刀面的刃磨面积,使后刀面容易磨得光洁。

4、尽量缩短刀具刃磨表面与砂轮的接触时间,以增加散热时间,降低磨削温度。刃磨时车刀应沿砂轮外园周面左右移动,使刀片受热均匀,避免刀片产生裂纹。有些工厂采用开槽砂轮,间断磨削,效果更为明显。

5、刃磨时应尽量使刀具与砂轮保持大致不变的压力,压力过大会使磨削热增多并容易崩刃,压力过小又会使刀具刃磨时出现跳动。

6、刃磨时,严禁将刀头放到水和油中冷却,也不要将刀体放到水中冷却,以防止刀片骤冷产生过大的内应力而发生裂纹。

7、刃磨后,前刀面和后刀面的工作面一定要用油石加以研磨(推荐用碳化硼油石),这样可以提高车刀的使用寿命。

二、车刀切削角度的测量:

度量车刀角度可以用万能量角器、角度样板,也可以用专用的车刀量角台。车刀量角台

(图1—12)由台座1、立柱2、角度板3、靠板4及锁紧螺母5等构成,它可以量车刀的前角、后角、刃倾角、主偏角和付偏角等。

图1—13表示使用普通量角器测量 φ 及 φ_1 角的方法。

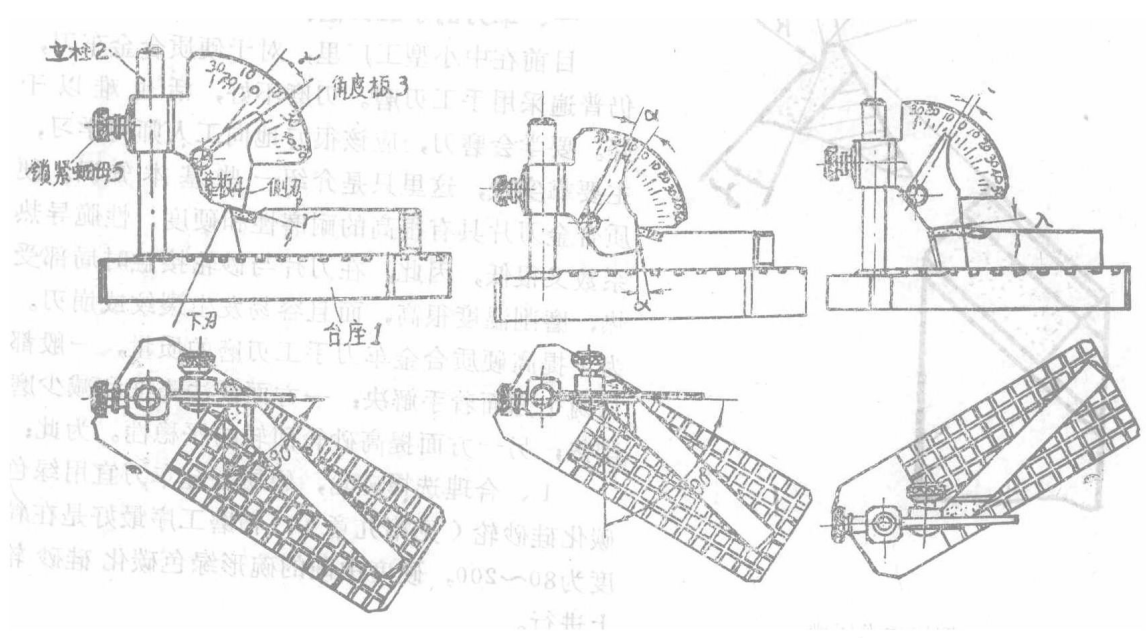


图1—12 I、 α 、 λ 角的测量

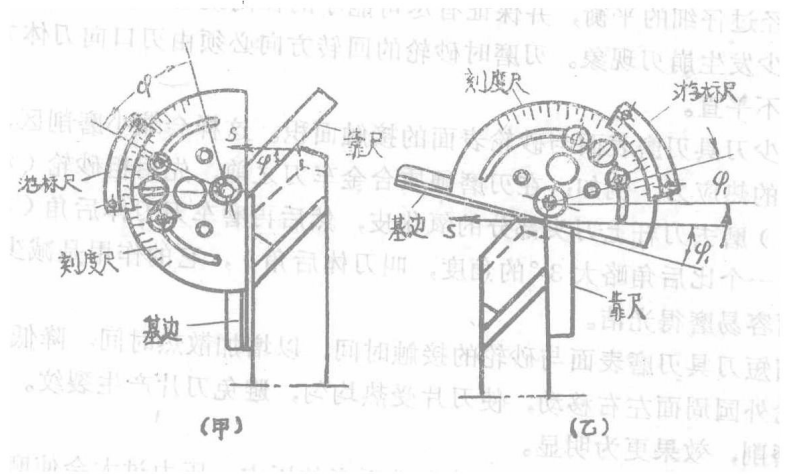


图1—13 φ 、 φ_1 角的测量

§ 1—5 车刀的工作图

制造一把刀具,先要设计并画出一张刀具工作图。车刀的工作图是如何绘制的呢?以加工铸铁材料的75°粗车刀为例(图1—14)。

首先画出车刀的俯视图〔 $L = 130$ 毫米, $B = 20$ 毫米, $m = 5$, $\varphi = 75^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$, 刀片

表 1—1

普通车床的技术条件

序号	检验项目	检 验 示 图	精 度 (毫米)	
			允	差
1	溜板移动在垂直平面内的不直度		在溜板每1M行程上为 在溜板全部行程($\leq 2M$)上为	0.02 0.04 (导轨只许凸起)
2	溜板移动时的倾斜		在溜板每1M行程上为 在溜板全部行程($\leq 2M$)上为	0.02/1000 0.03/1000
3	溜板移动在水平面内的不直度		在溜板每1M行程上为 在溜板全部行程($\leq 2M$)上为	0.02 0.03 (导轨只许向机床后方凸)
4	床尾移动对溜板移动的不平行度		在溜板每1M行程上为 在溜板全部行程($\leq 2M$)上为	$\begin{cases} a & 0.03 \\ b & 0.02 \end{cases}$ $\begin{cases} a & 0.05 \\ b & 0.03 \end{cases}$
5	主轴锥孔中心线的径向跳动		在靠近主轴端部的a处 在距主轴端300的b处	0.01 0.02
6	溜板移动对主轴中心线的不平行度		在300的测量长度上为 (在检验棒伸出端只许向上偏和向前偏)	$\begin{cases} a & 0.03 \\ b & 0.015 \end{cases}$
7	小刀架移动对主轴中心线的不平行度		在小刀架全部行程(≤ 100)上为	0.03
8	主轴的轴向窜动			0.01
9	主轴轴肩支承面的跳动			0.02