

15.77

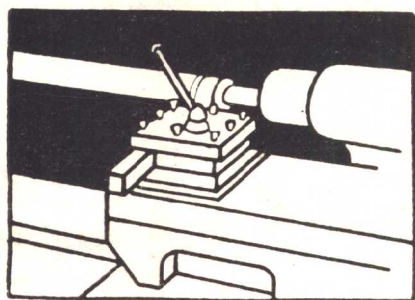
# 机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

## 先进车刀的分析 and 选择

曾友立 张治平 编著

车工



机械工业出版社

**内容提要** 任何一把先进车刀，都是根据一般刀具原理与特定的生产条件下产生的。本书扼要地介绍了车刀的基本概念、车刀几何参数的选择，并以车工常用的先进车刀为例，着重分析各先进车刀的结构、切削特点、使用效果等。本书既有理论分析，又有应用实例。可供三级以上车工学习。

## 先进车刀的分析 and 选择

曾友立 张治平 编著

\*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{32}$  · 印张  $3 \frac{5}{8}$  · 字数 88 千字

1981 年 8 月北京第一版 · 1981 年 8 月北京第一次印刷

印数 00,001—17,500 · 定价 0.27 元

\*

科技新书目: 6-85

统一书号: 15033 · 5168

# 目 次

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 一 车刀的基本概念.....                                                 | 1   |
| 1 车刀的组成(1)——2 辅助平面(2)——3 车刀各角度的定义及作用(2)——4 车刀的工作角度(5)          |     |
| 二 车刀几何参数的选择.....                                               | 8   |
| 1 刀刃的形状和选用(8)——2 刃口的型式与选择(11)——3 前刀面型式和选择(13)——4 车刀几何角度的选择(19) |     |
| 三 常用车刀的分析和应用.....                                              | 31  |
| 1 强力切削车刀(31)——2 精车刀(38)——3 内孔车刀(48)——4 切断刀(61)——5 螺纹车刀(75)     |     |
| 四 加工特种材料的车刀.....                                               | 96  |
| 1 加工淬火钢的车刀(96)——2 加工不锈钢的车刀(99)——3 加工钛合金的车刀(103)                |     |
| 五 几种特殊形状的车刀.....                                               | 106 |
| 1 多刃车刀(106)——2 弧形刃车刀(107)——3 波形刃车刀(111)——4 机夹75°大刃倾角车刀(114)    |     |

## 一 车刀的基本概念

我们知道，车削过程是车刀对工件在一定相对运动下，从毛坯上切除一层多余的金属，以获得符合图纸要求的表面形状和表面质量的工件。这里，车刀是完成这一过程的重要工具。在金属切削刀具中，车刀又是一种有代表性的典型单刃刀具。因此，了解车刀，熟悉车刀的几何参数和定义，研究它的切削过程，对刀具革新具有十分重要的意义。

**1 车刀的组成** 车刀是由刀头和刀体(或刀杆)组成的(图1)。刀头用来切削工件，故称车刀的切削部分。刀体是用来安装刀片和夹固在刀架或刀座上的部分。刀头又由前刀面、后刀面、副后刀面、主刀刃、副刀刃和刀尖等组成。

**前刀面**(又称前面)——切屑沿其表面流出的刀面，称为前刀面。

**后刀面**(又称主后面)——对着工件加工表面的刀面，称为后刀面。

**副后刀面**(又称副后面)——对着工件已加工表面的刀面，称为副后刀面。

**主刀刃**——前刀面与后刀面的相交部分称为主刀刃。在车削过程中直接切除被切金属层，担负着主要切削任务，又称主切削

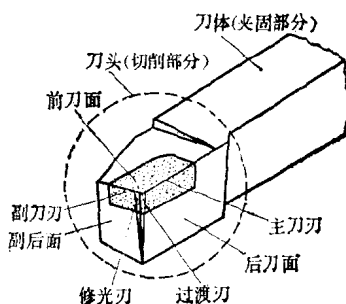


图1 车刀的组成

刃。有时为了增强刀尖，在主刀刃上磨出一小段偏角小于主偏角的刀刃，称为过渡刃。

副刀刃——前刀面与副后面的相交部分，称为副刀刃。在车削过程中直接形成已加工表面的刀刃，又称副切削刃。有时为了加大走刀量和提高已加工表面的光洁度，在副刀刃上磨出一段副偏角为零的刀刃，称为修光刀刃。

刀尖——主刀刃和副刀刃的相交部分。

任何车刀都具有上述的刀面、刀刃和刀尖，只不过其数目不完全相同，具体形状不一而已。如梯形螺纹车刀就有三条主刀刃；切断刀就有两个刀尖。此外，刀面的形状有的是平面型的，也有的是曲面型的；切削刃有的是直线的；也有的是曲线的。

**2 辅助平面** 为了确定车刀各刀面和刀刃的空间位置，弄清车刀角度和定义，需要根据车削的运动状态来规定和测量车刀角度的基准面，即切削平面、基面、主截面和副截面，称为辅助平面（图2）。

一、切削平面：通过主刀刃上一点与切削表面相切的平面，如图2所示。

二、基面：通过切削刃上一点与该点的切削平面相垂直的平面，如图2所示。

三、主（副）截面（又称主剖面、副剖面）：过车刀主（副）刀刃上一点并垂直于主

（副）刀刃在基面上投影的平面，如图2所示。

**3 车刀各角度的定义及作用** 车刀各角度的定义如下：

一、前角  $\gamma$ ——在主截面内，前刀面和基面之间的夹角（图

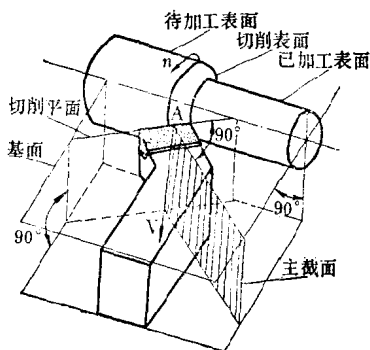


图2 车刀的辅助平面

3)。前角影响切屑变形和流出的难易程度，切削力的大小和刀头的强度等。前角越大则排屑越流畅，切削力也越小，但刀头强度就越差。

二、后角  $\alpha$  ——在主截面内，后刀面和切削平面之间的夹角（图 3）。后角  $\alpha$  的大小表示后刀面离开加工表面的倾斜程度。后角越大，后刀面与工件的摩擦越小。但后角过大时，刀头的强度降低。

三、楔角  $\beta$  ——在主截面内，前刀面和后刀面之间的夹角（图 3）。楔角  $\beta$  的大小，直接影响着刀刃的强弱和锐利程度。当前角和后角数值确定后，楔角的大小也随着被确定。这三个角度的关系如下式：

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

四、主偏角  $\varphi$  ——主刀刃在基面上的投影与走刀方向的夹角（图 3）。主偏角的大小影响径向切削力  $P_y$  和轴向切削力  $P_x$  的分

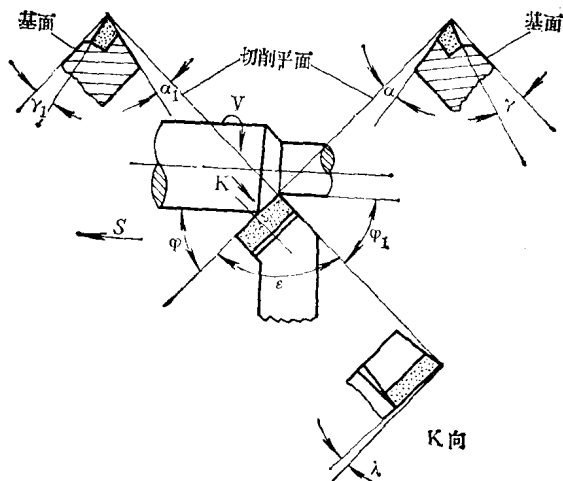


图 3 车刀的几何角度

配比例，改变切削厚度与切削宽度，也直接影响工件表面质量和刀具耐用度。增大主偏角，径向切削力减小，轴向切削力增大，主刀刃的工作长度减短，刀尖角减小，刀刃的散热面积减小，当主偏角增大时（ $S$  和  $t$  不变）切削厚度增大而切削宽度减小。

五、副偏角  $\varphi_1$ ——副刀刃在基面上的投影和走刀方向之间的夹角（图 3）。副偏角  $\varphi_1$  的大小影响已加工表面的光洁度和副刀刃的工作长度。当副偏角减小时，工件表面光洁度改善，副刀刃参加切削的长度增加。

六、刀尖角  $\varepsilon$ ——主刀刃和副刀刃在基面上投影之间的夹角。刀尖角  $\varepsilon$  的大小影响刀尖的强度和刀头的散热性能。当主偏角和副偏角的数值确定后，刀尖角的大小也随着被决定。它们三个角之间的关系如下式：

$$\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ$$

七、刃倾角  $\lambda$ ——在切削平面内，主刀刃与基面之间的夹角（图 3）。它可以是正值、负值或等于零度。当刀尖在主刀刃上是最低点时，规定  $\lambda$  为正值；当刀尖在主刀刃上是最高点时，规定  $\lambda$  为负值；当刀刃与基面平行时， $\lambda$  为零度，如图 4 所示。

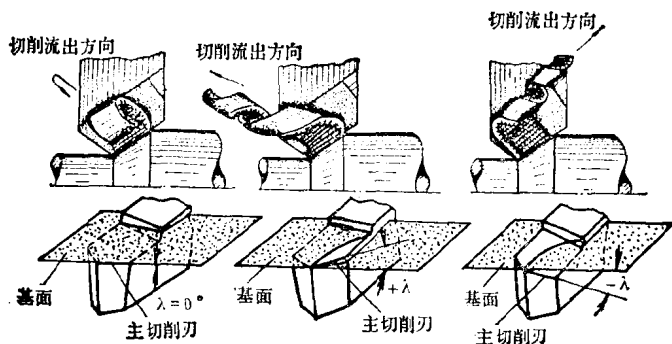


图 4 刃倾角

刃倾角影响排屑方向，刀头的强度，切削力的波动和实际前角的大小等。当采用正刃倾角时，刀尖位于主刀刃上的最低位置，切屑流向已加工表面，刀头强度提高。由于切削过程主刀刃倾斜切入，切削平稳，因此减小了切削力的波动，改善了断续切削过程，并使实际工作的前角增大。当采用负刃倾角时，刀尖位于主刀刃上的最高位置，切屑流向待加工表面，不会擦伤已加工的工件表面，但刀头强度降低。

八、副后角  $\alpha_1$ ——在副截面内，副后刀面与副切削平面之间的夹角（图3）。副后角的作用与后角相似。

在副截面内除副后角外，还有副前角  $\gamma_1$ 。但副前角不是独立的角度，其大小随主偏角、副偏角、刃倾角和前角的数值而定。

**4 车刀的工作角度** 车刀图纸上标注的角度，一般是假定刀尖在工件中心高上，走刀量  $S = 0$  的条件下规定的角度。但车刀在实际切削时，并不符合上述假定的条件（例如  $S \neq 0$  时），所以，车刀的实际工作角度就不同于原来标注的角度数值了。因此，必须对车刀在车削过程中的实际工作角度的变化情况进行分析和研究。

一、车刀安装高低对车刀工作角度的影响：车削时，车刀的刃倾角  $\lambda = 0^\circ$ ，车刀安装一般刀尖应在工件中心高上。此时，切削平面与车刀底面垂直，基面与车刀底面平行，车刀的前角和后角的数值不变。若将刀尖安装得高于或低于工件中心时，则切削平面与基面发生倾斜，从而使工作角度发生变化。由图5a可知，当刀尖安装得高于工件中心时，前角增大，后角减小。当刀尖安装得低于工件中心时，则前角减小，后角增大。

如果是车削内孔（镗孔），它的角度变化情况则与外圆车削时相反。如图5b所示。

二、车刀安装偏斜时对车刀工作角度的影响：车刀安装偏斜

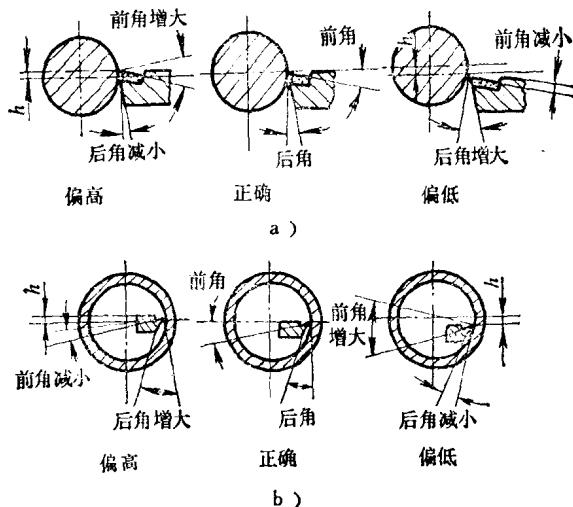


图5 装刀高低对工作角度的影响

时，刀杆中心线将与走刀方向不垂直。因此，改变了主、副偏角数值的大小。如图6所示。刀头偏左时，则使主偏角增大，副偏角减小。装刀不正，使车刀主、副偏角数值变化，对一般外圆车削的影响还不太明显，但如果是车螺纹，车削其他成型表面零件或切断时，它的影响就很显著了。如螺纹的半角出现误差，齿型偏斜，成型表面的轮廓出现误差；切断时使刀头折断……等。

三、走刀运动对车刀角度的影响：横向车削时，车刀刀刃上

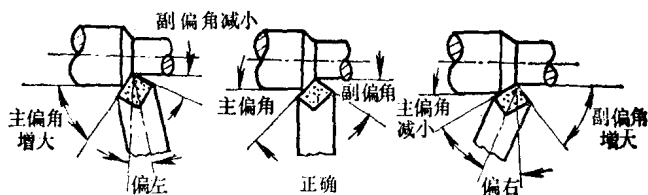


图6 装刀偏斜对工作角度的影响

的任意一点与工件相对运动所形成的轨迹是一条阿基米德螺线（如图7 a）。车刀越接近中心，阿基米德螺线的曲率半径越小，使车刀后角逐渐减小，前角不断增大。这就是我们在车削端面时，常常感到越到工件中心越难车的道理。所以，一般端面车刀的后角宜稍大一些。

纵向车削时，车刀与工件相对运动所形成的加工表面（或切削表面）是阿基米德螺旋面，由图7 b可知。实际的切削平面由原来的  $A-B$  位置转移到  $A'-B'$ ，转动的角度为  $\mu$ （即螺旋升角）。因此，车刀的实际后角减小，前角增大。由于一般外圆车削时，走刀量很小（ $S \leq 0.05 \sim 0.6$  毫米/转），对车刀角度影响不

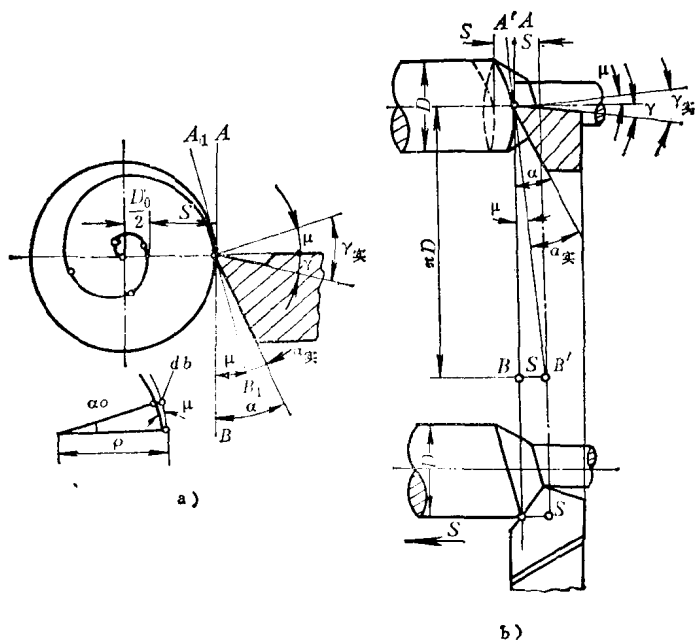


图7 走刀运动对工作角度的影响

大，可不必考虑。但在车削导程较大的螺纹或蜗杆这类工件时，由于走刀量（走刀量即为螺纹导程）较大， $\mu$  值也较大，因此引起车刀前、后角的数值变化较大，这就必须在刀具设计时，考虑它对工作角度的影响而给以适当的修正。

## 二 车刀几何参数的选择

车削加工时，车刀必须具备一定的切削性能，才能顺利地切除金属。而切削性能的好坏取决于刀具的材料和刀具的几何参数。对于车工来说，固然应当正确选用刀具材料以保证车刀的切削性能，但更经常的则是在刀具材料既定之后，合理地选择几何参数。

**1 刀刃的形状和选用** 在生产实践中，人们为了提高刀具的切削性能和加工质量，常常对各种车刀的刀刃形状加以改革，以满足加工的需要。现以常用的几种切断刀的刃形为例（见图 8），分析如下：

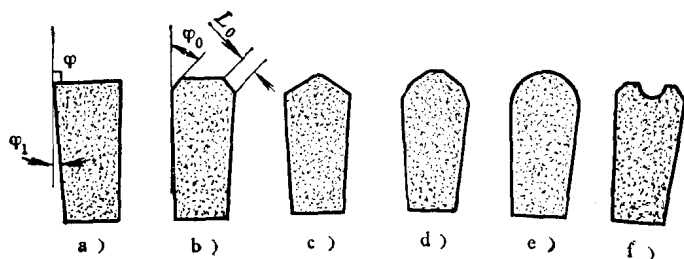


图 8 切断刀的几种刃形演变

一、普通直刃形（见图 8 a）：它有一条与走刀方向垂直的主刀刃，两条对称的副刀刃和两个刀尖，具有  $\varphi = 90^\circ$  的主偏角和两个副偏角  $\varphi_1$ 。刃形结构简单，刃磨方便，所以在生产中仍被

采用。但由于这种刀头的散热条件较差，使用中刀尖容易磨损，耐用度不高，而且经常出现刀尖烧损现象，有时还产生扎刀，造成刀头被打坏。

二、双过渡刃形（见图8b）：为了改变普通直刃形的切削条件，加强刀尖强度，改善散热条件，提高刀具耐用度，因此采用双过渡刃形的刀头。过渡刃偏角一般取  $\varphi_0 = 45^\circ \sim 60^\circ$ ，刃长  $l_0$  约为刀宽  $\frac{1}{4}$  左右。

三、圆弧顶角折线刃形（见图8c）：这种刃形减小了主偏角，增长了有效刀刃的长度，同时采用了一定半径  $R$  的圆弧来加强折线顶刃。因此，使单位刃长上的切削力降低，提供了刀头较好的散热条件，故刀具耐用度提高。另外，由于主偏角  $\varphi$  值的改变，调整了刀头上的走刀抗力  $P_x$  和吃刀抗力  $P_y$  的大小，改善了刀头的受力状况，提高了刀具的导向性能和抗振能力。同时，两折线刃上的切屑沿槽中央往后排出，流动顺畅。

四、弧刃形（见图8e）：弧形刃的切断刀，刀刃上各点的主偏角的大小不同，而且有效地增长了切削刃的长度，在整个刀头上不存在薄弱的刀尖。因此，提高了刀具的耐用度，改善了切断刀的切削性能和加工质量。在相同的加工条件下，可比普通直刃形切断刀的切削速度提高20%左右。

多段对称折线刃形（如图8d）的特点与弧刃形相似，不再详述。

五、月牙弧刃形（见图8f）：沿切断刀直刃的后刀面上刃磨出一圆弧形槽，以形成月牙弧刃形的刀刃。采用这种刃形的切断刀切断工件时，月牙弧形在槽底的加工表面上划出一道圆环筋，从而在工件与刀具之间起着相互箝制的作用，使切断过程导向良好、消减振动和切削稳定。所以月牙弧槽又称为防振槽。

上述这组切断刀，通过主刀刃形状的变化，适应了不同的加工对象和条件，说明改变主刀刃形状是提高刀具切削能力的重要方面。它们的基本特点是，选用了合理的主偏角 $\varphi$ 和过渡刃偏角 $\varphi_0$ ；增强了刀头的薄弱环节——刀尖；加长了有效的刀刃长度；采取了良好的分屑排屑措施等。应该指出，任何刀具，刃形改革的一个基本内容是重视和发挥过渡刃的作用，不论是外圆车刀，内孔镗刀和切断刀等许多先进刀具，在过渡刃的变革上收到了很好的效果。

其次，在刃形选择上，对形成已加工表面的副刀刃的刃形也不能忽视。不少精加工车刀，为了提高工件的表面光洁度，经常副刀刃上磨出一段平直修光刃，或大圆弧修光刃，如图9所示。

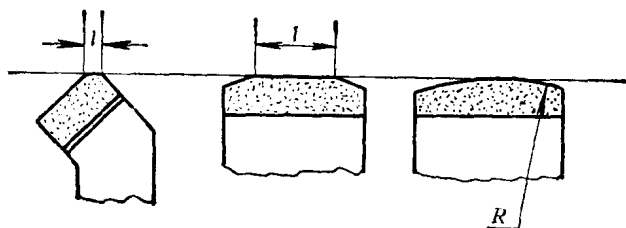


图9 具有修光刃的车刀

采用修光刃能使理论残留高度减小，平直修光刃的 $\varphi_1 = 0^\circ$ ，一般刃长 $l$ 与走刀量 $S$ 的关系为： $l = (1.2 \sim 1.5) S$ 。修光刃过长，容易引起切削振动，使加工表面光洁度降低。

大圆弧宽修光刃形，一般半径 $R$ 较大， $R > 300$ 毫米，甚至可达500毫米以上，所以理论残留高度很小，有利于提高表面光洁度，而且装刀比较方便。

另外，在强力切削的车刀上，也常在副刀刃上磨出一段修光刃，为实现大走刀的高效切削和提高已加工表面的光洁度，提

供了有利的条件。

**2 刃口的型式与选择** 刃口型式是刀刃在主截面(副截面)内的形状。在切削过程中,工件表层金属余量的切除,已加工表面的形成,都要产生切削力与切削热以及刀具磨损等物理现象,并直接影响着刀具的切削作用。使刀头上经常发生刃口磨损钝化、卷刃和崩刃。这就说明了,切削过程的基本矛盾是集中在刀头的刃口周围,刃口的型式是否选择适当,直接关系着刀头的切削性能。而刀头上的楔角 $\beta$ 和刃口圆弧半径 $\rho$ ,以及刃口棱面参数,是构成刃口几何形状的基本因素。因此,合理地选择刃口的基本参数和刃口型式,是提高刀具的切削性能,避免刀具发生不正常的损坏,延长刀具耐用度的重要措施。现将生产实践中常用的几种基本刃口型式(见图10)介绍如下:

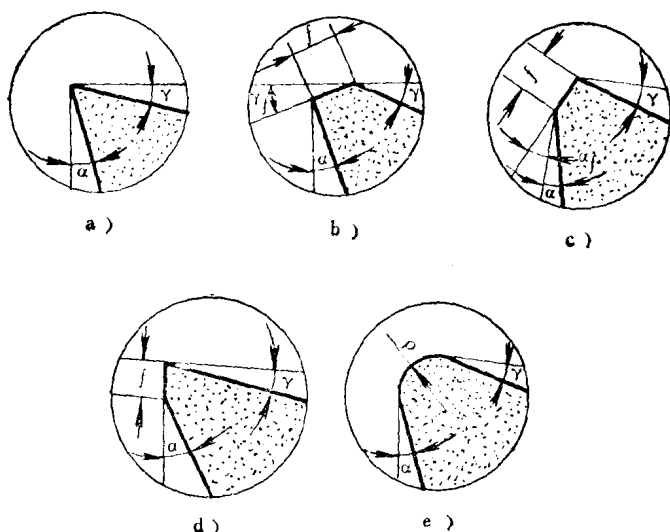


图10 刃口的基本型式

a—锐刃 b—前面负倒棱刃 c—后面  
消振棱刃 d—白刃 e—倒圆刃

一、锐刃 (见图10 a): 这种型式的刃口, 其楔角  $\beta$  和刃口半径  $\rho$  的数值较小, 刃口锐利, 但这种刃口型式的刀头, 强度较低, 散热能力较差, 因此只适用于精车或微量车削, 以获得较高的工件表面质量。

二、前面负倒棱刃 (见图10 b): 在硬质合金刀具的刃口上沿前刀面磨 (或磨) 出负倒棱面, 这是“锐中求固”的一种有效措施。在粗加工的车刀上, 这种刃口型式采用极为普遍。实践表明, 当负倒棱的参数  $f$  (倒棱宽度) 和  $\gamma_f$  (倒棱前角) 选得合适时, 刀具耐用度可提高几倍, 甚至十几倍。

必须指出, 前面负倒棱的宽度  $f$  不能太宽, 否则将会使负倒棱转化为负前角的前刀面了, 从而失去负倒棱的性质与作用。

前面负倒棱的取舍和  $f$  与  $\gamma_f$  具体数值大小的选取, 应根据刀具材料、工件材料和加工条件的不同, 区别对待。但总的原则是, 即使切削力增加不要太多, 又能保证刀具耐用度有明显的提高。如高速钢车刀, 由于它的韧性较好, 抗弯强度较高, 所以一般不要负倒棱。而加工各种钢件的硬质合金车刀 (精车刀除外), 一般都需要磨出负倒棱。如用硬质合金车刀加工碳素结构钢、合金结构钢时, 一般取  $f = (0.3 \sim 0.8) S$ ,  $\gamma_f = -5^\circ \sim 15^\circ$ ; 加工低碳钢 (43)、易切钢时, 由于它的强度和硬度较低, 可不必负倒棱; 加工不锈钢时, 一般采用  $f \leq 0.5 S$ ,  $\gamma_f = -5^\circ \sim -10^\circ$  的负倒棱; 粗加工或断续切削锻钢件或铸钢件时, 当车床功率和刚性许可时, 刀具因承受重载或冲击负荷, 可采用  $f = (1.5 \sim 2) S$  的负倒棱。用硬质合金车刀加工灰铸铁时, 由于它的性质很脆, 切屑与前刀面的接触长度较短, 一般  $f \leq 0.5 S$ ,  $\gamma_f = -5^\circ \sim -10^\circ$ ; 加工硬度较低的灰铸铁, 也可以不用前面负倒棱刃口型式, 仅在锐刃上用油石将刃口轻轻磨光, 以提高耐用度。加工强度、硬度低的铝、铜等有色金属的硬质合金车刀, 就不要使用前面负倒棱刃

口型式。

三、后面消振棱刃（见图10 c）：在车刀的后刀面上刃磨出一条后角为负值的窄刃带，即后面消振棱。具有后面消振棱的车刀，在工艺系统刚性不足，特别是在工件刚性很差的细长轴加工时，能减轻或克服车削时的振动影响，使车削平稳，保证加工零件达到一定的加工精度和表面光洁度。车刀后面背出负倒棱，加强了刀具刃口，从而提高了车刀的抗振能力和改善散热条件。一般细长轴加工， $f = 0.1 \sim 0.3$ 毫米； $\alpha_f = -5^\circ \sim -10^\circ$ 。切断刀必要时也可磨出宽度  $f = 0.1 \sim 0.2$ 毫米和  $\alpha_f = -5^\circ \sim 0^\circ$ 左右的消振倒棱刃。

白刃（见图10 d）：是一种消振倒棱后角  $\alpha_f = 0^\circ$  的刃口型式，它的作用与消振负倒棱刃口型式相同。

四、倒圆刃（见图10 e）：这是对硬质合金刀具采取刃口钝化工艺措施后，使刃口半径适当增大的一种刃口型式。倒圆刃口半径  $\rho$  值应根据工件材料和不同加工条件来选取。一般可分轻型倒圆  $\rho = 0.025$ 毫米；半轻型倒圆  $\rho = 0.05 \sim 0.1$ 毫米和重型倒圆  $\rho = 0.15$ 毫米以上。当加工低碳钢、不锈钢、高镍合金等材料时，可取轻型倒圆刃，加工灰铸铁或球墨铸铁以及中碳钢、高碳钢材料时，可取半轻型倒圆刃；当加工淬火钢、高锰钢等时，可取重型倒圆刃。在生产实际中，为了使刀具适应各种加工情况，发挥刀头的切削效能，上述各种刃口型式，是可以组合采用的。

**3 前刀面型式和选择** 车削时车刀的前刀面是直接推挤被切金属层，使金属变形后沿前刀面流出而形成切屑。因此，前刀面的形状结构，对切削过程的作用是非常重要的。

一、前刀面型式：前刀面形状有正前角平面型，正前角负倒棱平面型，正前角带卷屑槽型，正前角负倒棱曲面（卷屑槽）型，负前角双面型，负前角平面型，波浪曲面型等（图11）。

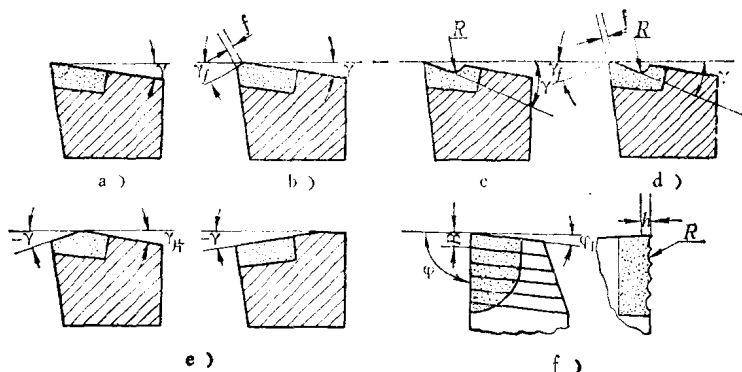


图11 前刀面的形状

(1) 正前角平面型 (图11 a): 前刀面为平面型, 这时刀刃上的前角各处是相等的。由于这种前刀面构成的刀头形状简单, 刃磨方便, 是车刀常用的一种前刀面型式。

(2) 正前角负倒棱平面型 (图11 b): 在平面型前刀面上沿刀刃倒棱, 因而增加了刀刃强度。这种前面型式一般多用于铸铁的粗车或半精车。

(3) 正前角带卷屑槽型 (图11 c): 在前刀面上磨出卷屑槽, 对加工塑性材料时, 切屑的卷曲和断屑效果良好, 应用较为广泛。

(4) 正前角负倒棱曲面 (卷屑槽) 型 (图11 d): 在前刀面上磨出卷屑槽, 并沿刀刃倒棱, 刀刃强度较好, 并有良好的断屑效果, 一般用于加工各种钢料。

(5) 负前角平面型 (图11 e): 负前角的前刀面, 刀头强度高, 能承受冲击负荷, 不易崩刃, 适应于加工高强度硬度的工件材料。如高锰钢, 淬火钢等, 其使用条件要求工件有足够的刚性。这种前刀面型式分为负前角双面型和负前角单面型。其中双