

銑床常識

魏振華著

164

機械工业出版社

一 甚么是銑床

在机器制造工厂里，我們可以看到各种各样的机床，它們大部分是用来进行金屬切削加工的。通过这些机床的加工，可以将各种不同性質和形状的金屬材料制造成机器零件，再将这些零件装配成机器。

金屬切削加工是指将刀具切入金屬內，用力推动刀具或工件，使刀力前面的一層金屬和主体分开。这和木工用刨子刨木料的情形一样。金屬切削中所用的刀具，最簡單的也和刨木料的刀子一样成楔形，如圖 1 中的甲、乙所示。圖中甲表示刨刀开始切削的情形，圖中乙表示切屑的形成。木材可以用人工来刨削，金屬材料就必須用机器来加工，因此就产生了各式各样的金屬切削机床。

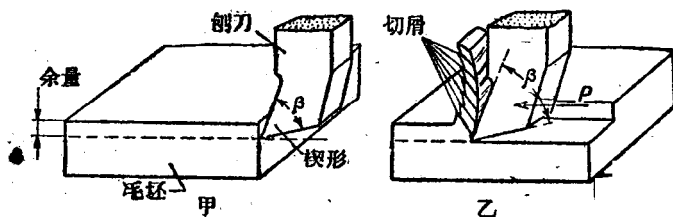


圖 1 刨刀切削过程簡圖：
甲—刀具开始切入；乙—切屑的形成。

銑床是金屬切削机床中的一种。它是用快速旋轉的多刃刀具——銑刀来进行切削的。甚么叫做多刃刀具呢？要解釋这个問題，我們先来看一看刀具是怎样进行切削的。我們知道，金屬切削是刀尖在金屬材料上推过，切出一層切屑来。我們的祖先，最早应用的刀具是單刃刀具。在金屬切削加工中，最簡單的刀具也是單刃刀具，車刀、刨刀就是單刃刀具。其他刀具都是根据車刀，增加切削刀刃数量，改变形状而發展出来的。銑刀就是其中的一种。

甚么叫做銑床呢？要回答这个問題，我們先要知道各种机床的切

削方式。举例來說，同样削一枝鉛笔，可以用普通小刀，可以用單刃卷笔刀，也可以用多刃卷笔机。用普通小刀削鉛笔是一刀刀地削，它的切削方式就像金屬切削机床中刨床的切削方式一样。用單刃卷笔刀切削是刀具或鉛笔旋轉，这和車刀的切削方式很相似。卷笔机的切削是用手柄使螺旋形的多刃刀具一方面自行旋轉，一方面又繞鉛笔而轉，这样形成鉛笔的圓錐体，这也就是銑刀的切削原理。銑切金屬时一般是刀具旋轉，工件作来回移动或旋轉。

圖2表示一把銑刀的外形，刀齿是分布在圓周上，每一个刀齿就等于一把單刃的車刀。銑刀繞自己的軸心旋轉，刀齿在圓周上逐漸切入金屬表面，切去一層切屑，和刨刀加工情形一样，但銑刀上各齿連續切削所形成工件的表面，則成波浪形。如果刀齿一个接一个的間隔很小，用肉眼看起来好像很平，但实际上还是凹凸不平的。圖3甲表示用平面銑刀銑削的情形。銑刀按箭头方向旋轉，工件沿箭头向前进刀，銑刀的刀齿就把切屑切下（按圖3乙中虛綫所示的情况），留下的表面便成波浪形。另一种銑刀的刀齿是分布在圓周的端面上（圖4），刀具仍旧沿中心旋轉，工件是沿垂直于刀具中心的方向前进，这样切出来的平面沒有像圖3那样的波浪形，但每齿走刀之間的高低不平現象，仍旧是存在的。第一种銑削方式通常叫做平銑，第二种叫做立銑或端銑。

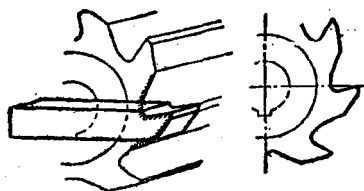
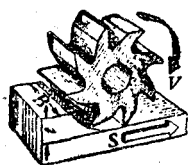
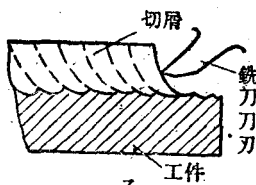


圖2 車刀和銑刀齿的对比

銑削得到的精度和生产率比刨削要高，所以用得很广泛。因为



甲



乙

圖3 用平面銑刀銑削的情况。

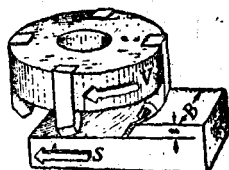


圖4 用端銑刀銑削的情况。

它只要花很少的时间就可以加工出具有一定精度(一般为三级)的零件。在机器制造厂中,从制造十分精确细小的仪表零件开始,到巨大的水轮机、重型机械,几乎没有不用铣削方式来进行加工的,因而铣床在机器制造业中占着重要的地位。它的主要结构、各部分运动原理和操作方法是怎样?铣床的种类很多,各有各的结构及运动机构,操作方法也不相同。现在,我们以最常见的卧式铣床为例,将各主要部分的结构、运动原理和操作方法简单介绍如下:

铣床上最主要的动作有两个:主轴(安装铣刀的轴)的旋转运动和工作台的移动(工作台的移动分纵向——沿台面长度方向,横向——垂直于台面长度的方向及垂直方向——上下的方向)。图5所表示的就是最常见的一种卧式铣床。铣刀装在水平的刀杆(主轴)上,由一套传动机构带动铣刀旋转。工件安放在长方形的工作台上,可以左右、前后及上下移动,这样就完成了铣削的主要动作。另外,还有一

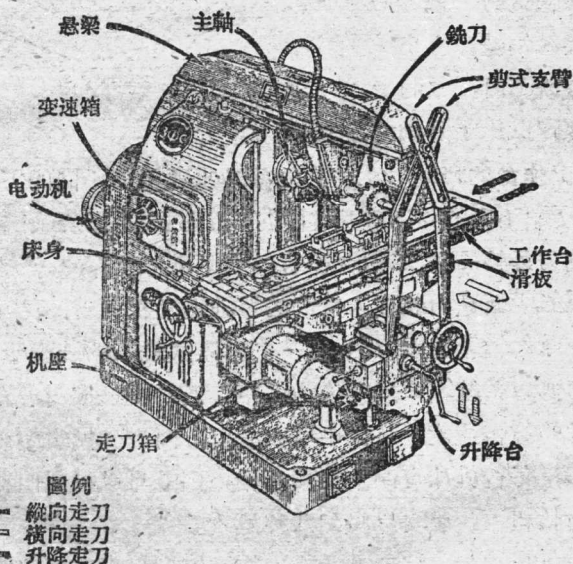


图5 卧式铣床。

种常見的銑床是立式銑床（圖6）。立銑刀裝在垂直的主軸內，主軸與工作台的運動跟臥式銑床相同。

1 主軸的旋轉運動

銑削時，由於材料的不同，所用的銑刀也不同。因此，銑刀主軸必須有幾種旋轉速度，以適應銑削各種硬度的材料。例如，銑削鋼及鑄鐵時，銑刀旋轉速度要慢一些，銑削較軟的材料如銅、鋁等有色金屬時就可以快一些。此外，切削余量較大的，即每齒的吃深較大時，銑刀轉速也要減慢些。應用硬質合金銑刀時，它的旋轉速度可以比工具鋼或高速鋼的銑刀高。

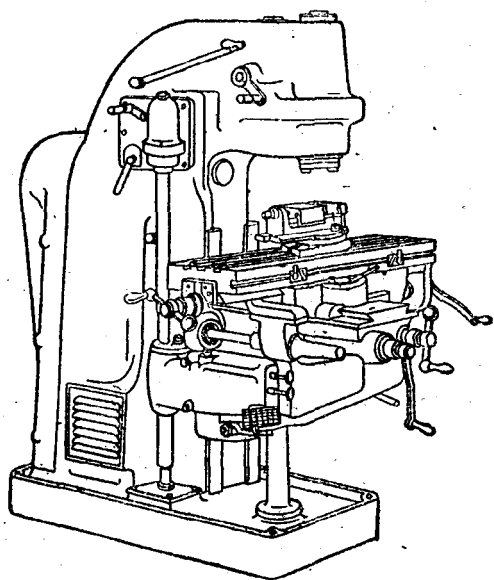


圖6 立式銑床。

2 工作台的移動 工作台的移動也要根據不同的刀具、工件和切削條件，選用不同的移動速度（縱向，橫向或垂直）。工作台的移動速度是根據銑刀每轉一轉，工作台移動多少距離來計算的，一般叫做走刀量。

銑床的主軸是由裝在床身內的單獨電動機傳動的，主軸的旋轉速度是用變速齒輪箱來調節的。圖7表示臥式銑床的裝配示意圖。圖8表示主軸的傳動系統。通過變換齒輪甲、乙的調換或齒輪組丙的移動來改變主軸的旋轉速度。從圖中可以看出，兩個變換齒輪就能得到兩種主軸轉速，每台機床有四個變換齒輪，因此可以得到四種速度。如果再移動齒輪組丙，就可以得到八種速度。

新式機床的走刀運動都是機動的，它們用電動機傳動。走刀箱的運動可以傳動工作台及升降台的全部機構。這種機床還有工作台的快

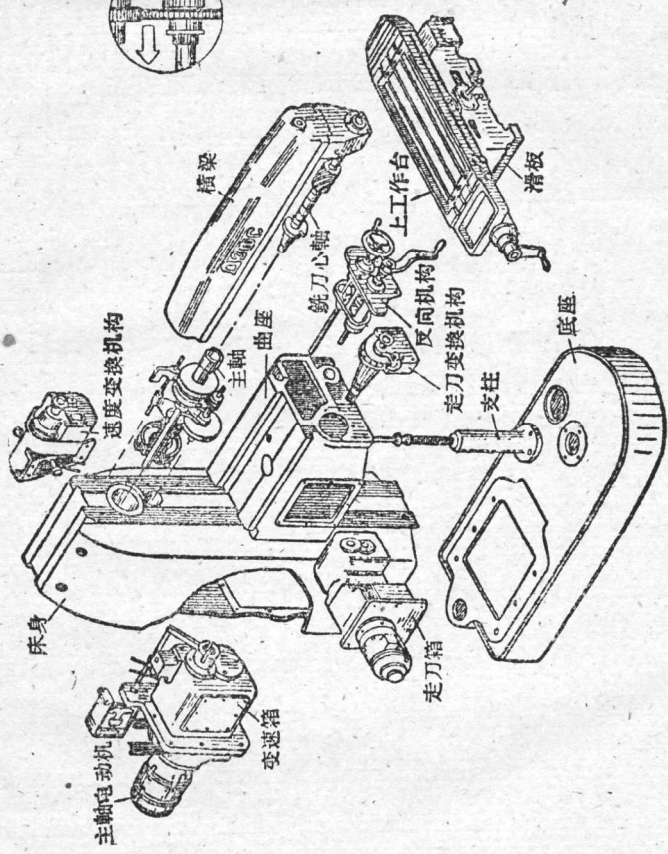


圖7 臥式銑床的裝配示意圖。

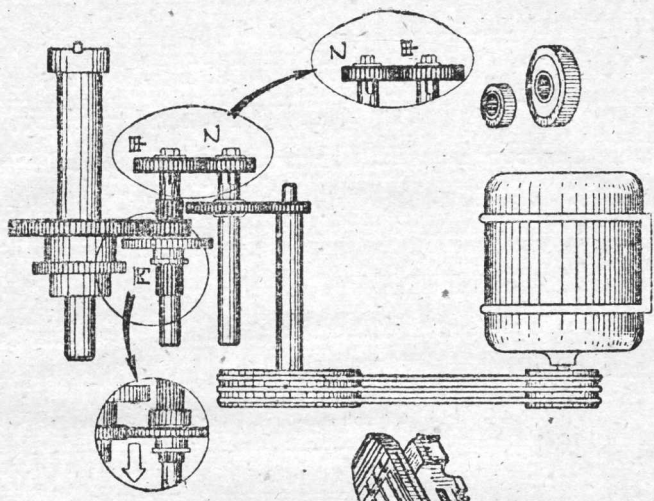


圖8 主軸的傳動系統。

速空刀行程。走刀运动还能够自动停止。

以 6H82 型万能铣床为例，它的全部走刀机构，如图 9 所示。在这个图上我们可以看到升降台里面有两根长螺杆，一根使升降台及工作台上、下移动，而另一根则使工作台作横向移动。这两根螺杆可以机动的，也可以手动的。工作台的纵向移动是由纵向走刀轴通过一系列齿轮带动。图 10 中的锥齿轮 B_1 ，再经过连接器（克拉子）传动走刀螺杆，使工作台左右移动。

图 11 表示 6H82Г 型平铣床的走刀机构，它有单独的走刀电动机，所以不需要像 6H82 型（图 9）那样有一套与走刀箱相连的传动机构。铣床的主要组成部分，除了上面所说的两个传动系统外，还有床身、横梁、升降台（曲座）、支柱、底座、工作台及滑板等（见图 7）。

3 铣床的操纵 现代化的铣床都是用单独电动机传动，由按钮控制电动机的开关。要变换主轴转速及走刀量，要用手柄（图 12）或转盘

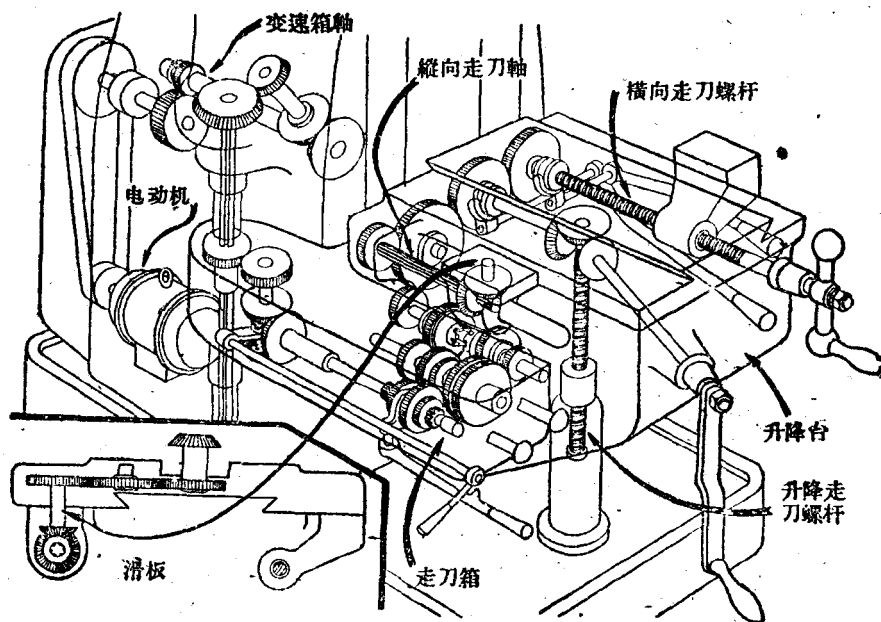


图 9 6H82型机床走刀机构。

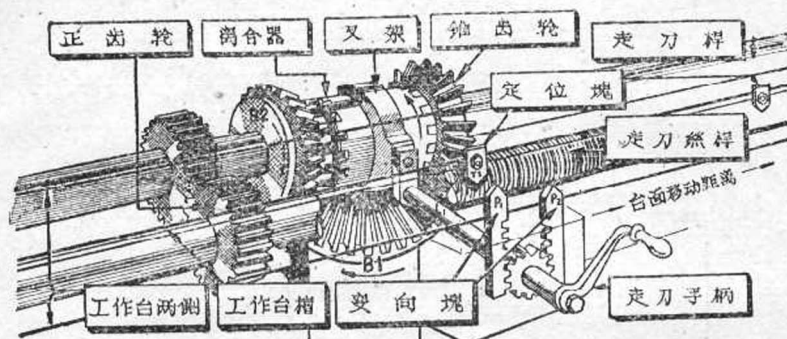


圖10 由齿轮的传动作用使工作台移动。

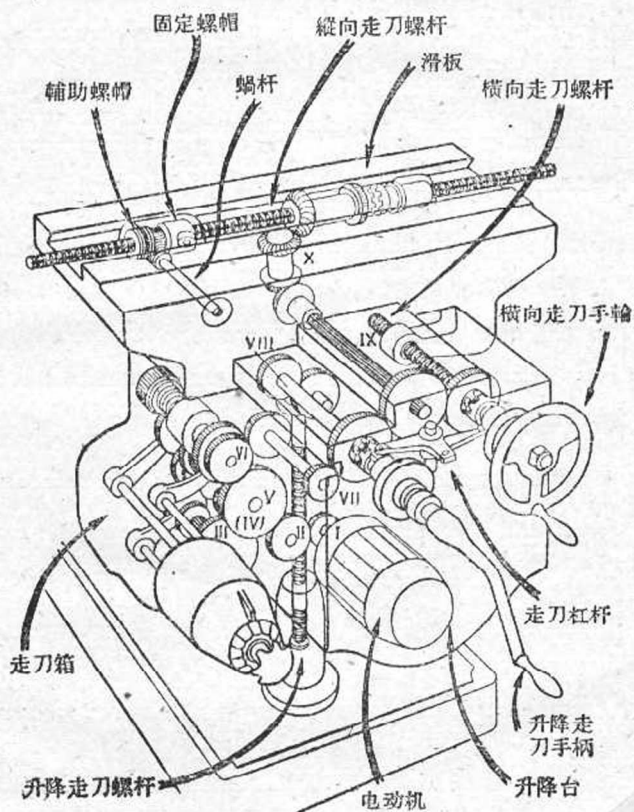


圖11 6H82Γ型平銑床的走刀机构。

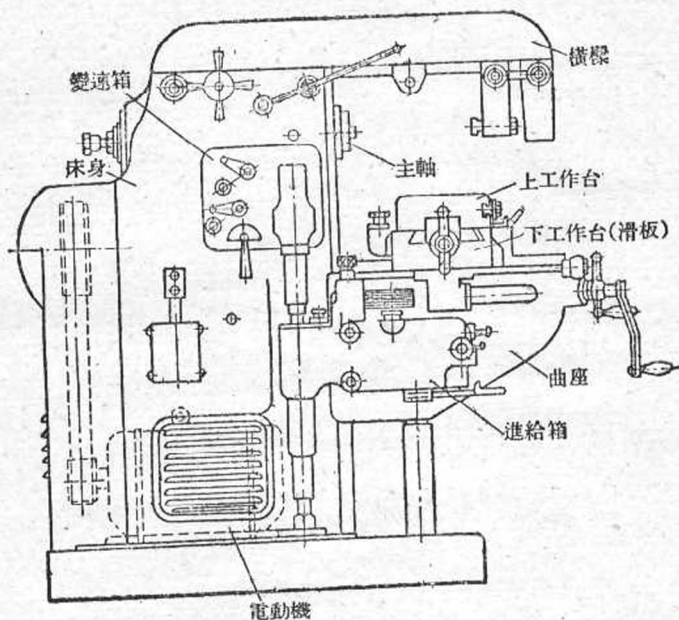


圖12 銑床操縱機構。

來調整，不需要像舊式銑床那樣開車、停車或變換主軸轉速，用很多木質的手柄來撥動天軸上的皮帶及連接器。

工作台、升降台的縱向、橫向、上下移動及快速移動（機動或手動）都是用不同的手柄來控制的（圖13）。

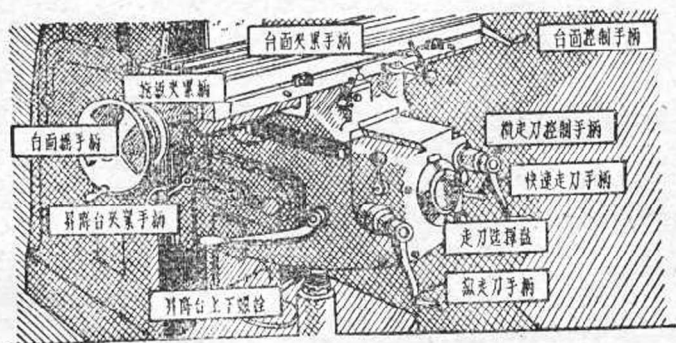


圖13 用手柄控制的。

工作台在工作行程終了時，在它側面直槽內的擋鉄（位置可根據行程長短來調整）打動走刀手柄，機動走刀就自動停止。不論縱向、橫向或垂直方向，台面的三個側面都有擋鉄來控制走刀行程。

此外，機床上還有快速移動用的手柄及改變走刀方向的反向手杆。新式的機床，在設計時盡量將各項控制手柄集中在機床前面或側面，便于操作。

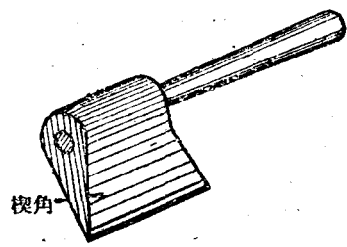


圖14 原始的刀具。

二 銑削用的刀具及夾具

刀具在切削中起着重要的作用。所有金屬切削用的刀具基本上都是楔形的（像日常我們劈木頭的斧頭，圖14就是最原始的刀具形狀）。圖15表示金屬切削刀具中最簡單的一種切刀（車刀或刨刀）。

我們先來談談這種切刀的各個部分及其名稱。其他刀具基本上也和它相似。切刀11按照圖中箭頭P的方向移動，切入工件1後，把要切去的一部分金屬從工件表面上剝掉，這就產生了切屑2。刀具上排除切屑的表面叫前面6，對着已加工過的表面8的一面叫做後面7，前面和后面的交叉綫就是切削刃3（或叫刀口）。刀具前面與垂直于工件的平面4所形成的角度叫做前角5，刀具后面與已加工過的工件面所成的角度叫做後角9。前面與後面之間的夾角叫做切削角10（或叫楔角）。

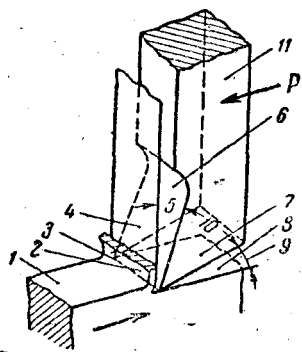


圖15 簡單的切刀：

- 1—工件；2—切屑；3—切削刃；
- 4—垂直面；5—前角；6—前面；
- 7—後面；8—已加工面；9—後角；
- 10—刀尖角（楔角）；11—切刀。

上面我們簡單地介紹了切刀的各主要部分及名稱。銑刀（圖16）雖然比較複雜，但每個刀齒實際上就是一把切刀。

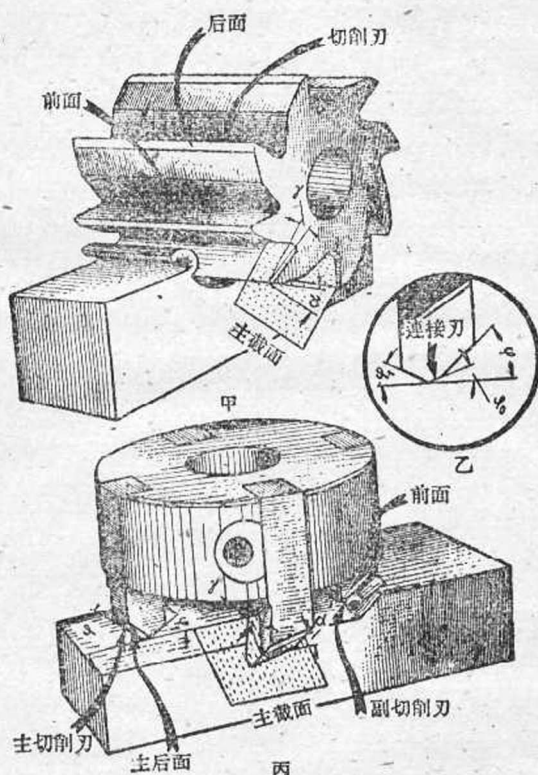


圖16 銑刀的因素：

甲—圓柱銑刀；乙—端銑刀的刀齒；丙—端銑刀。

通常銑刀分圓柱銑刀（棒銑刀）——刀刃沿圓周排列和端銑刀——刀刃沿端面排列（圖16）。圖17表示銑刀每個刀齒的主要部分及其名稱。

刀刃是刀具最主要的部分，刀刃不好就不能很好地切削，不是容易折斷，就是切削時消耗功率大。刀具各部分角度的大小決定其切削效果。我們根據削鉛筆或劈木頭的經驗，知道切削角（楔角）愈小則切削效果愈好，就是愈容易切削，切削時費力愈少，缺点是刀具

强度较差，容易折裂。所以我们必须根据刀具材料，工作材料及切削条件来决定前角、后角及切削角的大小。一般地讲，加工硬材料，切削角就要大一些，加工软材料，切削角可以小一些。无论如何，铣刀的切削角如果与削铅笔刀或斧头比起来那要大得多了。另外有一种硬质合金刀具，它的切削角比高速钢刀具还要大，因此能够飞快地将金属材料切去，这就是高速切削。

铣刀切削刃的前面和切屑接触，后面和工作接触，切屑在离开工件前，在刀具面上滑动，所以刀具前面须有一个空隙可以容纳这些切屑，这就叫做排屑槽（图17）要从工件上切去一层很厚的金属，排屑槽就要大一些，如果只要切去很薄的一层，那么排屑槽就可以小一些。因此粗加工的铣刀，在设计时排屑槽要考虑得大一些，这样刀刃的数目就相对地减少了。工件经过粗加工后，表面粗糙部分去掉了，接下来只要再将表面薄薄地切去一层，就是再经过一次精加工，工件尺寸及精度基本上就能符合要求了。精加工用的铣刀，排屑槽较小，刀刃齿数则较多（图18）。

在选择铣刀的几何形状时，我们应注意下列几方面：

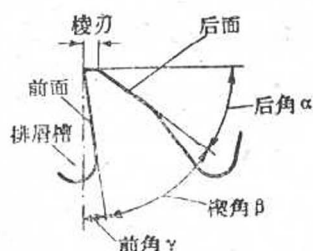


图17 铣刀的刀齿。



图18 精加工用的铣刀。

一、前角選擇得正確，切屑排出比較容易，能減少銑削時所消耗的功率。同時刀齒前面的磨損較小，延長刀具使用壽命。一般銑刀的前角採用 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

二、後角如果選擇得恰當，則銑刀後面的摩擦減少，能提高加工表面的光潔度。後角增大，可以使摩擦減少，表面光潔度改善，但這樣切削角變小，使刀齒強度削弱，容易折裂。一般後角採用 $12^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。

三、在一般情況下，高速鋼銑刀的角度如圖18所示。高速銑削時所用的硬質合金銑刀，應該採用較大的切削角，前角要採用負值（圖19）。

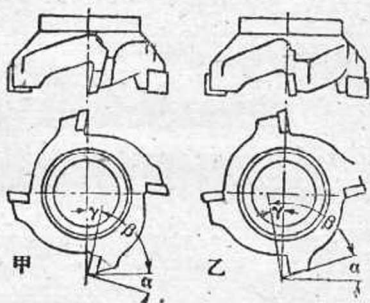


圖19 四齒硬質合金銑刀：

甲—有正前角；乙—有負前角。

1 銑刀刀齒的種類 銑刀刀齒可分尖齒及鏟齒兩種。

從圖20中可以看出，尖齒銑刀的形狀好像鋸子。這種刀齒因為製造簡單，所以在加工精度要求不高和形狀不複雜時，都採用這種銑刀。

圖20甲銑刀的強度較差，同時排屑困難，因此一般多用圖20乙的二次隙角的銑刀。

銑刀刀齒是銑出來的，用鈍後每刃磨一次，刀齒高度及齒槽

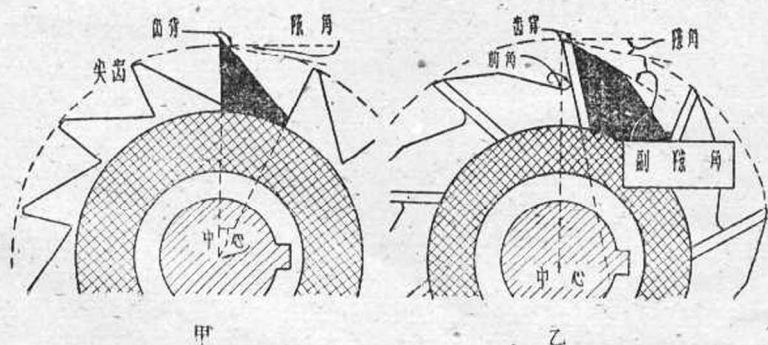


圖20 銑刀的種類。

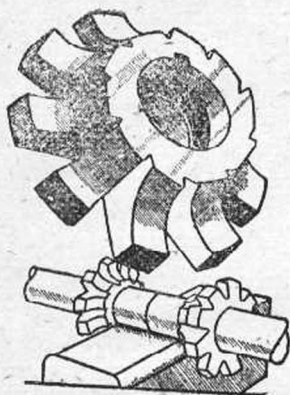


圖21 成型铣刀。



圖22 鏈齒形的铣刀。

就要变小，就是說減小了排屑空間，這是尖齒铣刀的缺點。此外，尖齒铣刀在重磨後會失去原來的形狀，所以在加工精度要求較高時，特別是採用成型铣刀（圖21）時，必須採用鏈齒形的铣刀（圖22）。

鏈齒铣刀的後面同尖齒铣刀不同，不是直線而是曲線的，這種曲線叫做阿基米德螺旋線，是在特殊的鏈齒車床上加工出來的。圖21和圖22所表示的凹形或凸形铣刀的前面，磨礪後刀刃沿螺旋線下去，形狀不變，齒槽變寬，排屑容易，這是鏈齒铣刀的優點。但製造複雜，成本要比尖齒刀高得多。

尖齒铣刀通常用碗形砂輪磨外圓和後面來恢復它的切削刃，這樣操作複雜，並且要有專門的機床和附件（圖23）。刀齒經過磨礪後，像前面已經談過那樣，不易保持原來的齒形而切屑槽也變狹。鏈齒铣刀是按照前面刃磨的，圖24甲說明刃磨時前角等於零，而圖24乙則為前

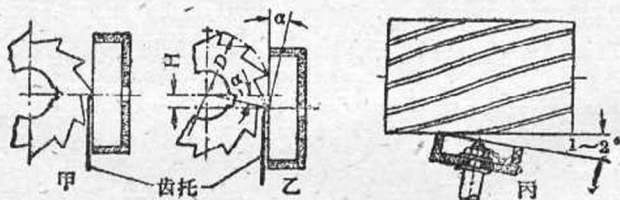


圖23 尖齒铣刀的刃磨。

角大于零。这样鍍齿铣刀刀磨后，各刀齿的截面形状仍旧不变。在刀磨时必须注意各个刀齿所磨去的金属层，多少一致，以避免铣刀摆动。如果一个刀齿上磨去的金属层少一些，那么这个刀齿就特别长，切削时就要担负较大的负荷，产生的切屑也较厚，这样这个刀齿必然会钝得较快。

上面我们将铣刀按尖齿与鍍齿来分类。现在我们按形状来分类，有直齿铣刀与螺旋齿铣刀（圖 25）。近来已很少应用直齿铣刀来加工平面了。用螺旋齿铣刀的优点是每个刀齿的全宽是逐渐切入金属毛坯的。在第一个刀齿还没有完成切削动作前，第二个刀齿已经开始切入

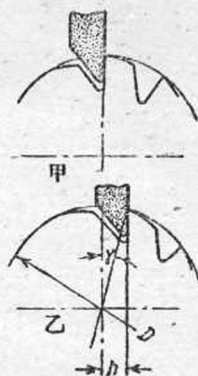


圖24 鍍齿铣刀的刀磨：

甲—前角 $\gamma = 0$ ；

乙—前角 $\gamma > 0$ 。

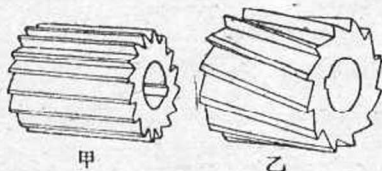


圖25 圆柱铣刀：

甲—直齿的；乙—螺旋齿的。



圖26 螺旋齿铣刀。

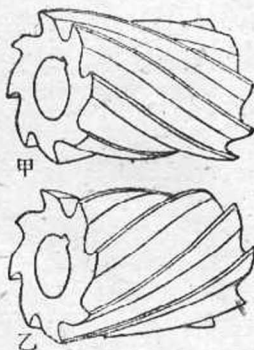
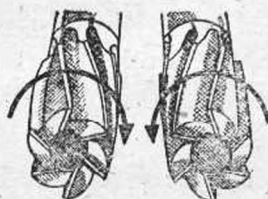


圖27 螺旋齿圆柱铣刀：

甲—左螺旋铣刀；乙—右螺旋铣刀。



左铣刀—左旋 右铣刀—右旋

圖28、左铣刀和右铣刀。

毛坏了(圖26)。这样刀齿受力比較均匀,切削平稳。卷笔机就是这样,用两把螺旋铣刀来工作的。螺旋齿铣刀的刀齿分左旋、右旋两种,因此又叫做左铣刀及右铣刀。那么怎样来分别左旋和右旋呢?只要将铣刀立起来,看刀刃螺旋槽是怎样上升的。如果由左向右上升,这就叫做右铣刀;相反的,由右向左上升,这就叫做左铣刀(圖27)。如果用另一种方法来区分也可以,就是从铣刀頂端看去,铣刀切削方向是順时針方向旋轉的,叫做右铣刀,逆时針方向旋轉的,叫做左铣刀(圖28)。螺旋铣刀的缺点,是会产生軸向推力(使铣刀在切削时沿軸向有向左或向右移动的傾向),如圖29甲。为要消除这个缺点,在铣切較寬的平面时,可将左旋与右旋的铣刀合在一起使用,使左向推力与右向推力互相抵消,如圖29乙所示。

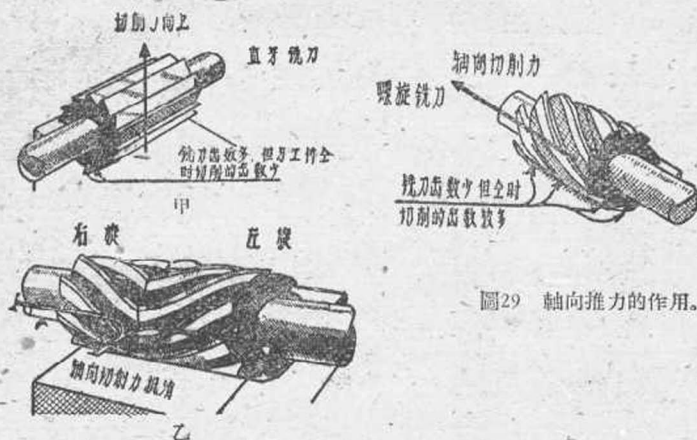


圖29 軸向推力的作用。

刀具的材料一般要比所切削的工件材料硬得多。所以要用較好的材料,如高級碳工具鋼、高速鋼等制成。为了節約刀具材料,除了铣刀刀刃以外,其他不切削的部分可以用次等材料制成。一般小型的铣刀为了制造方便,是用整体制造的。尺寸較大的铣刀,只是刀齿用優質鋼鑲上的。这种铣刀叫做鑲片铣刀。鑲齿的方法很多,可以用螺釘旋上去,或者用



圖30 鑲片铣刀之一。

V形槽夹紧(圖 30、31),也有用銅焊焊上去,这种方法特別在鑲硬質合金刀片时应用得最广泛。

前面我們是根据銑刀不同的刀齿結構区分为尖齿銑刀与錐齿銑刀、直齿銑刀与螺旋齿銑刀、整体銑刀与鑲片銑刀。由于銑刀的种类繁多,現按其形状和用途划分如下(圖 32):

1. 錯齿边銑刀——刀齿左右交錯傾斜,就是第一只齿刀刀向左,第二只齿刀刀向右,这样左右交替开口,供銑槽及銑側面时用。这种銑刀还叫做錯齿三面刀銑刀,因为两面都有刀口,可以进行切削。

2. 直齿边銑刀(三面刀銑刀)——这种銑刀的作用与第一种相同,但是刀齿并不錯开,直齿排列,三面有刀口(圖 33)。

3. 普通銑刀——这是常用的一种銑刀,只有外圓有刀口,可供銑平面、凹槽等用(圖 34)。

4. 半圓銑刀——这是用来在工件上銑制凹圓或凸圓用的銑刀。

5. 鋸片銑刀——这种銑刀的刀齿数目很多,刀齿是尖齿(并不鑲齿),厚度一般只有几毫米,主要用来銑割工件(圖 35)。

6. 特殊立銑刀——这种銑刀的錐柄很長,装在立銑床上来銑銷槽。

7. 螺旋立銑刀、双唇立銑刀——这两种銑刀都是用来銑銷槽、凹槽及仿形銑削等(圖 36)。此外,还有一种双头立銑刀(圖 37),用途相同,两头都可作立銑。

8. 粗齿平銑刀——斜齿——这种銑刀用来粗銑平面,圖 38 的缺口面銑刀也可以作粗銑用。

9. 細齿平銑刀——螺旋齿——这种銑刀用来精銑平面。

10. 鑲片面銑刀(壳形)——这种銑刀主要是用来銑工件平面的。安装的时候靠刀柄及螺帽拼紧,装入立銑或龙门銑床上。刀片是用螺

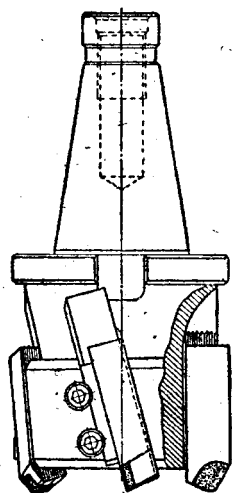


圖 31 高速切削用的硬質合金鑲齿端面銑刀。