

目 次

一 铣削过程的基本知识	1
1. 铣床的基本运动	1
2. 铣削用量	1
3. 铣削过程的一些特点及其对铣床的影响	3
二 铣床概述	7
1. 铣床的用途和类型	7
2. 铣床型号的编制方法	16
三 万能升降台铣床的传动及其结构	20
1. 主轴变速传动系统	20
2. 主轴变速操纵机构	26
3. 进给变速传动系统	29
4. 进给变速箱	32
5. 升降台和工作台的操纵机构	36
6. 电器控制系统	38
四 立式升降台铣床	47
1. 立式升降台铣床的主轴传动系统	48
2. 立铣头的结构	49
五 铣床的维护	51
1. 铣床的合理使用	52
2. 铣床的维护和调整工作	54

一 铣削过程的基本知识

1. 铣床的基本运动 在各类铣床上作铣削加工时,铣床必须具备两个基本的运动,这就是铣刀的旋转运动 n 和工件的进给运动 S (图 1)。

铣刀的旋转运动也叫主体运动。铣床的主体运动都是由功率足够大的交流电动机带动的。为了适应加工各种金属材料以及使用不同类型和大小铣刀的需要,要求铣床主体运动的转速在一定范围内能作相应的调整。铣床的主轴变速箱就是为实现这个目的而设置的。

工件的进给运动是由另一个功率比较小的电动机带动铣床工作台而实现的。但是,有些小型或旧式的铣床,它们的进给运动与主体运动则是由同一个电动机所带动的。

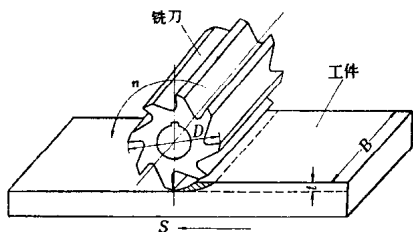


图 1 铣削要素

由于对被加工零件的精度和表面光洁度的要求不同,因而要求进给运动的速度在一定范围内也能作相应的调整。所以,各式铣床上就都设有进给变速箱装置。

2. 铣削用量 通常所说的铣削用量,是指铣削深度 t 、铣削宽度 B 、铣削速度 v 以及进给量 S (图 1)。

铣削深度 t 是待加工表面与已加工表面的垂直距离,单位为毫米。

铣削宽度 B 是平行于铣刀轴线方向量出的被切去金属层的宽

度，单位为毫米。

铣削速度 v 是铣刀最大直径处的圆周线速度，它的大小要根据铣刀的直径 D 和转速 n 用下述公式计算得出：

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ (米/分)}$$

式中 D ——铣刀的直径（毫米）；

n ——铣刀的转速（转/分）。

在实际应用时，通常是根据所用铣刀的类型（圆柱铣刀、端铣刀、立铣刀）、刀片材料（高速钢、硬质合金）和工件材料的情况，先确定一个合适的速度 v ，然后按上式算出铣刀的转速 n ，再根据转速 n ，调整机床主轴变速箱的手柄位置。因此，可将上式变为：

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} \text{ (转/分)}$$

进给量 S 是表示进给运动的大小。目前生产中一般有三种表示方法：铣刀旋转一分钟，工件（或工作台）沿进给运动方向移动的距离，称铣刀每分钟进给量，用 S_M 表示，单位为毫米/分；铣刀每转过一个刀齿时，工件（或工作台）沿进给运动方向移动的距离，称铣刀每刀齿进给量，用 S_z 表示，单位为毫米/齿；铣刀每转一转时，工件（或工作台）沿进给运动方向移动的距离，称铣刀每转进给量，用 S_n 表示，单位为毫米/转。

S_M 、 S_z 和 S_n 之间的关系如下：

$$S_M = n S_n = n z S_z$$

式中 z ——铣刀的刀齿数。

因为铣刀有粗齿和细齿两种，有容屑槽大些和小些之分。根据所用铣刀的类型，并考虑到加工精度和表面光洁度的要求，我们就可以确定一个合适的 S_z 值，然后按上式计算出工作台每分钟的进给量 S_M 。

有丰富实践经验的铣工师傅，在生产中并不需要按上述步骤来计算转速 n 和进给量 S_m ，而是在研究了图纸的加工要求和确定所用的刀具后，就能够直接调整变速箱，选取所需的转速 n 和进给量 S_m 。这是什么道理呢？

毛主席教导我们：“我们看事情必须要看它的实质，而把它的现象只看作入门的向导，一进了门就要抓住它的实质，这才是可靠的科学的分析方法。”因为铣工师傅有着多年的实践经验，对于一般的零件该用多大的转速 n 和进给量 S_m ，已经积累了很多具体的数据，因而操作时就不必每次都经过计算了。但是，对于初学铣工的同志来说，为了弄清道理，就需要对一些具体过程作科学的分析，研究它与其他方面的联系。这样，才能掌握其基本原理，并为今后创造性的劳动打下牢固的基础。

3. 铣削过程的一些特点及其对铣床的影响 铣削是最常用的金属切削加工方法之一。铣刀上每个刀齿的作用，相当于一把车刀或刨刀。从这方面来说，它与车削、刨削的切削过程有很多共同点。但是，铣削也有其本身的一些特点。这些特点，不但直接或间接地影响到铣床的结构，而且也影响到铣床的使用、维护和加工质量等方面。这主要表现为：

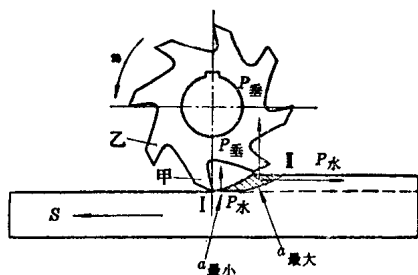


图2 铣削力的变化

(1) 铣削的不连续性
性 图2所示为常见的卧铣平面的加工情况。

当刀齿甲进入切削区，在位置 I 开始切削时，切屑的厚度 α 是从零逐渐加大的，到位置 II 时达最大。这时，作用在工件上铣削力的水平分力 $P_{水}$ 和垂直分力 $P_{垂}$ ，也相应地由零逐渐增到最

大值。但是，当刀齿切离金属层的时候（过了位置Ⅱ的一瞬间），铣削力就立即消失（刀齿数比较少的情況），紧接着，下一个刀齿乙进入位置Ⅰ开始切削，铣削力又从零逐渐增加。显而易见，在铣削过程中，铣削力总是由零到最大，最后突然消失。这样重复多次变动的结果，就引起了机床的振动。铣刀的刀齿数愈少，这种振动就愈为明显和严重。而这种情况对车削和钻削等加工方法来说是不会出现的，因为它们的切削过程是连续不断的。

另外，如果铣刀刃磨得不好，刀齿在圆周上高矮不一致，那末，切削时的振动就将更为加重。

铣削过程的这种振动，除了直接影响到加工零件的精度和表面光洁度外，也是损害铣床很重要的一个因素。因此，在使用铣床的时候，就要经常注意检查各个部件或零件的连接地方，看看有没有因受振动而松脱，它们之间的正常配合间隙是否有变动，运动部件被磨损的情况是否加剧了，等等。发现问题就要及时地调整好，否则，这种振动将会异常严重地恶化下去。

对铣削加工来说，要完全避免这种振动是不可能的。但若采用螺旋齿的铣刀来代替直齿铣刀，并适当地增加刀齿数，这种振动就可大为减轻。因为这种以螺旋线形式分布在刀体上的每一个刀齿，它们在加工时，是逐渐地切入和逐渐地脱离工件的，使切削区Ⅰ-Ⅱ之间同时工作的刀齿数在2~3个以上，因而切削就平稳得多。刀齿的螺旋角愈大，铣削时的平稳性就愈好。

（2）顺铣和逆铣 铣削方式有顺铣和逆铣之分。从道理上说，采用顺铣对加工质量比较有利。但在生产中却以逆铣方式较为普遍使用，其原因是与铣床工作台传动的结构性能有关。为了说明这个问题，我们从图3所示工作台传动机构的工作情况进行分析。

图3a是常见的逆铣方式。螺母固定在工作台的底座上，丝

杠则由带键块的锥齿轮传动。当铣刀还没有切入工件的时候，工作台按 S 箭头所示的方向作空进给运动。这时，丝杠螺纹的右侧面与螺母螺纹靠紧。当铣刀齿开始切入工件时，铣削力的水平分力 P_x 向右作用在工件——工作台——丝杠系统上，其结果也是使丝杠螺纹的右侧面与螺母螺纹靠紧。因此，在整个铣切过程中，丝杠和螺母的螺纹接触面始终是紧靠着的。这就是逆铣时进给运动比较平稳的原因。

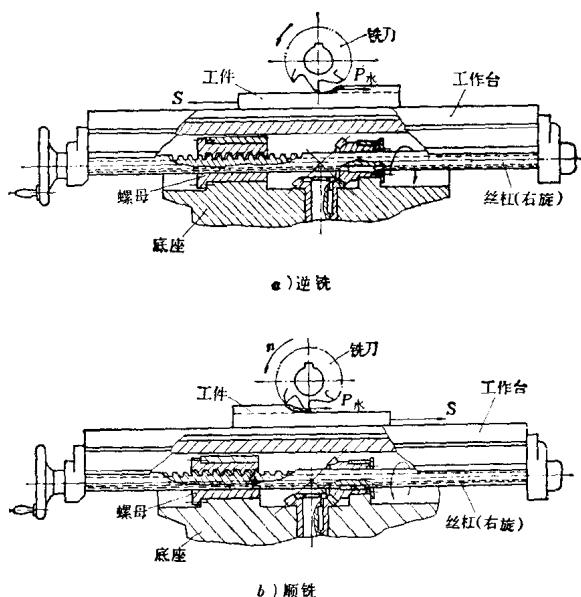


图 3 铣削方式示意图

图 3 b 是顺铣方式。工作台的进给运动 S 向右（丝杠要反转），铣刀齿从最大厚度处切入工件，并逐渐减少到零后离开工件。当铣刀齿还没有切入工件时，工作台连同工件由丝杠推动，按 S 方向作空进给运动。这时，丝杠螺纹的左侧面与螺母螺纹靠紧。

但当铣刀切入工件时，水平铣削分力 P_x 很大，把工件——工作台——丝杠系统推向右方。由于丝杠与螺母的配合总是有一定间隙的，这就使丝杠螺纹的左侧面突然离开螺母螺纹，直至它们的另两个侧面相接触为止，因而产生一次冲动。但是，由于铣削力 P_x 是不平稳的，时大时小，所以丝杠螺纹的接触面就会不断地改变。这种现象就是顺铣时进给运动不平稳的主要原因，也是顺铣时经常出现“打刀”的根源。要避免这种弊病，就要设法消除丝杠与螺母之间的传动间隙。

在近代的各式铣床上，虽然都装有消除丝杠螺母传动间隙的机构，但由于诸如机构的作用效果不显著、机构没有调整好，或因使用日久磨损严重等种种原因，使丝杠螺母的间隙不能可靠地消除。另外，有些机构虽经调整后间隙可以减至最小，但却增大了摩擦力，使丝杠工作沉重，磨损加快。这些情况都直接影响着顺铣方式的普遍采用。

(3) 变形和硬化现象 任何一种刀具，不管作如何精细的刃磨，它的刃口总不可能是绝对锋利的。若在放大镜下观察，就能清楚地看到，任何刃口，总是有一个相当于某个圆弧半径 r 把刀具的前、后面连接起来的（图4）。

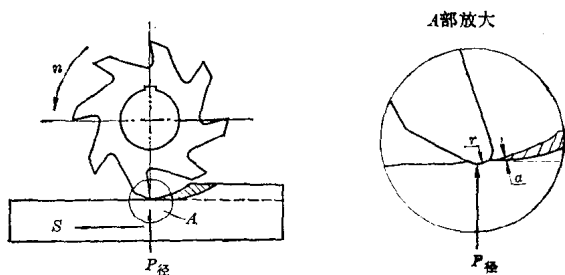


图4 铣刀的刃口

在以逆铣方式加工时，由于铣刀齿上这个刃口半径 r 的存

在，使在切入工件的初期，刀刃不可能立即切削金属，而要在工件表面上滑动一小段距离。这是因为此时切屑的厚度 a 小于刃口半径 r ，因而刀刃只是挤压这层金属，并使它产生弹性变形和塑性变形。我们知道，金属受力变形的结果会产生硬化现象，在工件的已加工表面上形成一层很不均匀的硬化层，其硬度比原材料的硬度为高，并兼有金属被撕裂的现象。这种情况会严重地影响到零件的加工质量和使用性能（降低了零件的耐疲劳强度和耐腐蚀性能等）。因此，对加工质量要求较高的零件来说，需要再经过精加工把这层金属切掉。

此外，从图 4 中还可看到，在切屑厚度小于刃口半径的一小段滑行过程中，被挤压的金属由于弹性变形的恢复与刀背（后面）紧紧地压贴着的结果，产生了剧烈的摩擦作用，因而刃口附近的发热和磨损相当严重。刃口半径 r 愈大（刀愈钝），这种作用就愈为剧烈。逆铣方式的缺点之一也表现在这些地方。因此，对加工质量要求较高的工件，最好还是采用顺铣方式。

从以上分析来看，当采用逆铣方式时，一定要注意检查铣刀的磨损情况。若发现铣刀用钝了，就应重新刃磨，否则不仅会严重地影响到零件的加工质量，而且也由于用钝了的铣刀径向力很大，容易把铣床的心轴顶弯，并使轴承负荷增大，降低它的使用寿命。

二 铣床概述

1. 铣床的用途和类型 在铣床上可以完成多种形状很复杂的零件加工任务。例如：铣削各种内外平面、沟槽、角度、齿轮以及立体成型表面等，还可用来切断及镗孔。

铣床的品种极其繁多，据粗略统计，总数约有几百种。铣床

也有多种分类方法，按其结构不同，可分为升降台铣床、工作台不升降铣床、龙门铣床等。下面，我们选择其中一些较为普通和典型的品种作些概略介绍，以便于比较全面地学习和了解铣床。

(1) 升降台铣床 这类铣床的通用性最强，应用也最广泛，在一般机器制造厂里几乎到处都可以看到（参看图5至图8）。

升降台铣床在构造上的特点之一，就是它的工作台除了能纵横方向移动外，还能随着升降台上下移动。铣刀则只作旋转运动。

这类铣床的优点是加工适应性广，工作时切削区的高低位置不变，有利于观察加工情况，以便及时地操纵机床和调整机床。

因为升降台铣床主要用于加工不大的中小零件，所以，一般都设有较方便而效率较高的操纵机构和调整机构，以缩短生产辅助时间。

升降台铣床的缺点，主要表现在升降台部分的刚性较差。因此，对重切削和加工大型工件来说，这种结构就不太合适。

升降台铣床根据其结构形式和使用特点，可区分为卧式和立式两种。

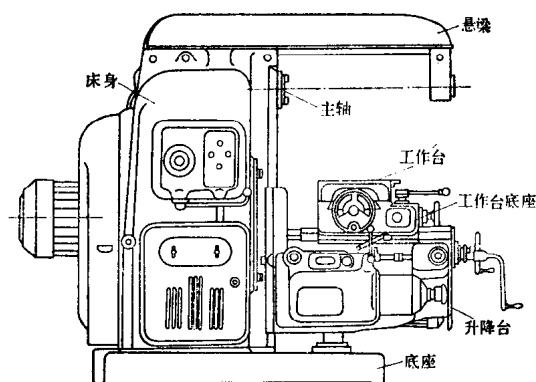


图5 卧式升降台铣床示意图

1) 卧式升降台铣床 这类铣床的结构特点除具有升降台外，它的主轴为水平（卧式）安置的。卧式升降台铣床又可细分

为以下几种类型:

卧式升降台铣床——如图 5 所示。这是升降台铣床的基本结构形式。被加工的零件固定在工作台上，通过升降台、工作台底座和工作台等运动部件，可使加工零件得到垂直、横向和纵向的进给运动，而铣刀则只作旋转的切削运动（主体运动）。这种铣床广泛用作铣削各种平面、沟槽和成型表面等加工。

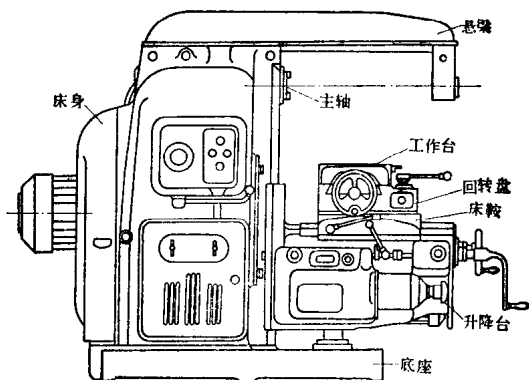


图 6 万能升降台铣床示意图

万能升降台铣床——如图 6 所示。万能升降台铣床在结构上与卧式升降台铣床基本相同，它只是多了一个回转盘，也就是把卧式升降台铣床的工作台底座分成两部分，一为回转盘，另一为床鞍。回转盘可在床鞍上回转 $\pm 45^\circ$ （即向左或向右转 45° ）。所以，这种铣床除了能完成卧式升降台铣床的各种铣削加工外，还可以铣削螺旋槽、斜齿轮和斜面等。

万能回转头铣床——这类铣床的结构形式很多，图 7 所示是其中较为普遍的一种。它的升降台和床身部分与万能升降台铣床完全相同，只是顶部的悬梁内装有单独的电动机和变速箱，用以驱动悬梁前端的万能铣头。万能铣头可以在垂直面内和水平面内各回转某一角度。铣床上的主轴则可以单独使用，也可以与万能铣头同时使用，实现多刀多刃加工。因此，这种铣床除了能完成万能升降台铣床的各种加工外，还可以作钻孔、铰孔、镗孔以及

深度不大的斜孔加工等，大大提高了升降台铣床的万能性，因用途十分广泛。

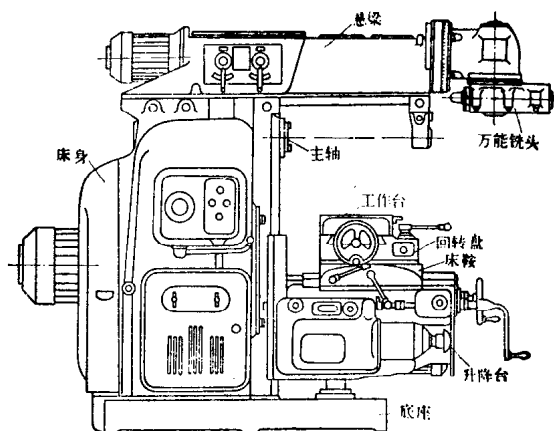


图 7 万能回转头铣床示意图

万能回转头铣床适用于一般机械厂的修理车间和工具车间，尤其适用于县、社的机械修配厂和汽车、拖拉机修理站。

2) 立式升降台铣床 这类铣床的结构特点为主轴是垂直安置的，可使用各式端铣刀和立铣刀作平面、斜面、沟槽、齿轮、凸轮以及弧形槽等加工。因此，这种铣床对大中小机器制造厂均有广泛的用途。

图 8 是这类铣床的典型代表。它的主轴在垂直方向有一个行程不大的移动量 (80~90 毫米)，并且可以在纵向的垂直面内向左或向右回转 45° (也有固定式的主轴结构)。

立式升降台铣床的其他部分 (升降台、进给系统等) 则与卧式升降台铣床完全相同。

(2) 工作台不升降铣床 这类铣床没有升降台，所以被加工零件不能作升降运动。但这类铣床的刚性比较好，因此适于对

中等尺寸和中等重量零件作平面、凸缘、型面和沟槽等加工，也可作钻孔和镗孔等加工。这类铣床主要用于航空、汽车、机车以及重型机器制造等工业部门。

图 9 所示为立式工作台不升降铣床的外形（也有设计成卧式的，但以立式较多）。被加工的零件固定在工作台上。工作台可作纵向和横向进给运动。铣刀与工件之间垂直距离的调整，是靠主轴箱沿床身上的立导轨作上下进给运动而实现的。

这类铣床工作时，切削区的位置随着工件的高矮、大小而变动。因此，若工件太高大或太矮小时，操作者观察加工情况和检查尺寸就会感到不太方便。

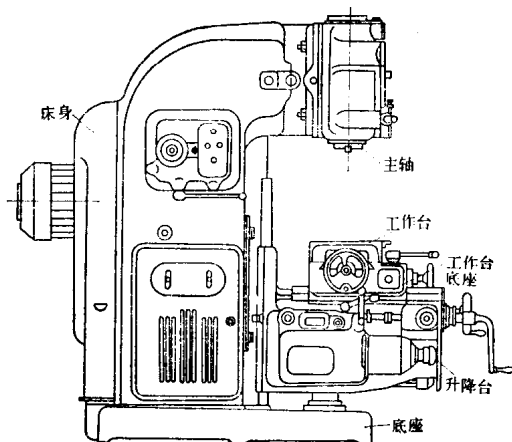


图 8 立式升降台铣床示意图

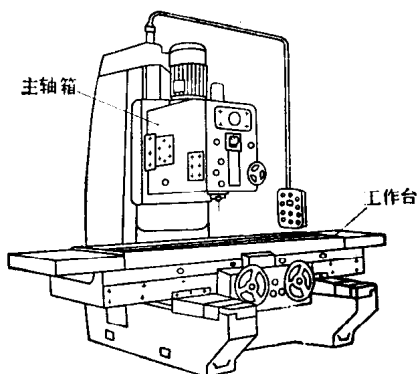


图 9 工作台不升降铣床示意图

（3）龙门铣床 图 10 所示为较普遍的龙门铣床的一种。龙

门铣床可以根据用户的需要装设一个或多个铣头。装在横梁上的称为垂直铣头，装在两边立柱上的称为水平铣头。每一个铣头都有自己的电动机和主轴，因此也称为“多轴式”龙门铣床。

由图 10 可见，这类铣床可以同时加工工件上的数个平面。若采用组合式铣刀，就可实现多刀多刃切削，从而提高机床的生产效率。一般适于在单件或成批生产中加工大型或中型零件用。

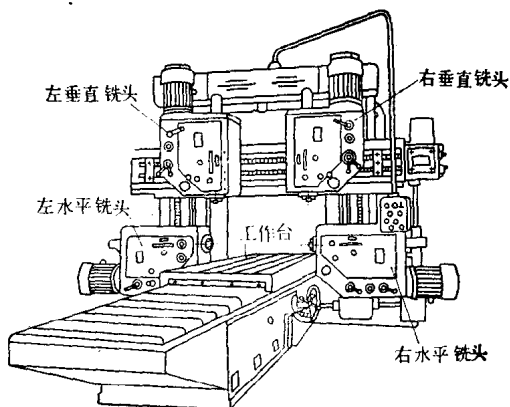


图10 龙门铣床示意图

在龙门铣床上加工零件时，工件固定在工作台上，并随着工作台作往复的进给运动。各个框架上的铣头，都可以分别沿其垂直或水平的导轨作升降或左右的调整运动，而横梁本身则还可以作上下升降运动。有些铣头上的主轴，还可以设计成能在垂直面内回转一个角度，用以加工零件上的斜面。

加工特大型的工件时，龙门铣床的工作台可设计成固定式的，即纵向的进给运动由龙门框架沿固定的水平导轨移动来实现。这种龙门铣床可以加工宽度达 5 米、高 4 米、长 20 多米的巨型零件。此外，由于它的工作台固定不动，所以被加工零件的重量就可不受限制。

(4) 仿形铣床 加工凸轮、连杆、螺旋桨、叶片以及各种模具等工件上的平面曲线型面或立体型面时，一般铣床就不能胜

任了，此时需采用仿形铣床。

对于型面形状比较简单的零件来说，采用机械或液压靠模方式工作的仿形铣床（即直接作用式），由于它具有结构简单、工作可靠以及易于制造（或改装）等优点，所以仍然是一种基本的仿形加工方式之一。

近代的仿形铣床比较多地采用液压、电气或电液联动随动系统的工作方式，它的主要优点是大大减轻了对靠模的工作压力，模型的寿命可大为提高，制作条件也可简化，故常用来加工复杂的立体型面。

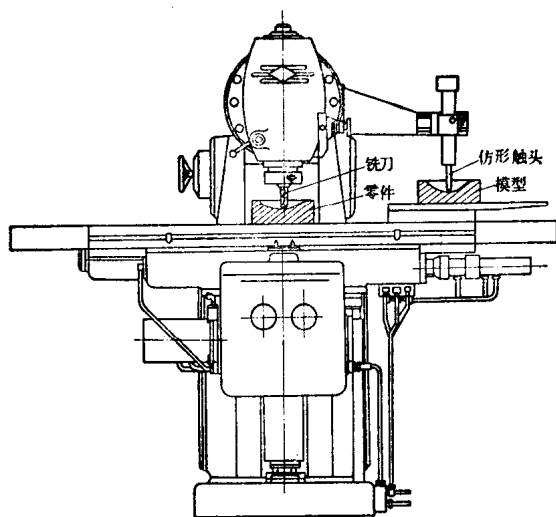


图11 仿形铣床示意图

图11所示为电液作用随动系统工作方式的仿形铣床(立式)。工作时，仿形触头以很小的压力与模型接触。当它碰到模型的凸起或凹下部分时，触头的压力就发生变化和移动，电器装置随即发出相应的电讯号。这个讯号经过放大后，分别送到纵、横、垂

直方向的伺服驱动装置，使工作台得到相应的仿形运动。这时，装在主轴上的指状铣刀便在工件上铣出与模型完全一致的型面。

近代科学技术的发展，使型面加工方法有了飞跃的发展。数字程序控制铣床的出现就是一个范例。数控铣床可以加工任何复杂的型面而不需要制作模型，也避免了触头-伺服电动机随动系统误差较大的缺点，它只需将被加工零件的图形用数码编成程序，然后由电子计算机进行运算，并将运算结果分别输送给控制铣床各种工作运动的驱动电动机，实现复杂型面的加工。

（5）连续作用铣床 这类铣床适于在成批和大量生产的情况下，按顺序连续加工若干个中小零件上的平面和凸缘，生产效率很高。

图 12 所示为这类铣床的一种结构形式—圆工作台式。装在立柱上的主轴箱有两根主轴，可以在一次装夹中完成零件上的粗铣和半精铣加工（或者完成零件上两个部位的加工）。

工作时，圆工作台作缓慢的回转运动（进给运动），被加工的几个零件固定在它的上面，并依次地通过铣刀所在的切削位置。因为进给速度很缓慢，所以工作者可以从容地进行装卸零件，使加工时间与装卸时间重合。当零件经过切削区回到装卸位置时，

该工序即告完成。工作者只在某个固定位置上拆卸已加工好的零件，并装上待加工的零件。这可省去停机装卸零件的辅助时间。

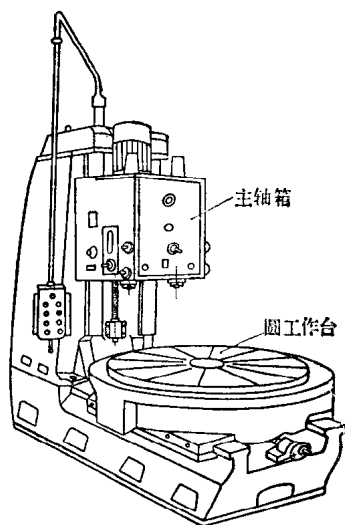


图12 连续作用（圆工作台式）
铣床示意图

大大提高了加工效率。

(6) 专门化铣床和专用铣床 专门化铣床是专门作加工同一类型零件的某种工序用的铣床。例如：铣键槽用的键槽铣床、铣螺纹用的螺纹铣床等。专门化铣床除具有上述的特性外，它仍具有一定的通用性，即在同一种类的工序中，可以加工不同形状和尺寸规格的零件。以螺纹铣床为例来说，它既可以加工不同规格（外径和螺距）的螺纹，又可以加工不同形状（公制螺纹、英制螺纹、丝杠以及蜗杆等）的螺纹。

图 13 所示为键槽铣床。工作时，主轴箱由液压控制作纵向的进给运动，其行程可以调整至等于键槽的长度。当铣刀走至键槽的一端时，主轴即向下进刀，然后反方向铣至键槽的另一端，主轴又向下进刀，依次一层一层地把键槽铣到规定的深度为止（主轴也可以每双行程向下进刀一次）。

为简化结构起见，这种铣床工作台的横向和垂直方向的移动，一般都采用手动方式。

专门化铣床主要用于成批和大量生产。除上述的键槽铣床外，属于这类铣床的还有凸轮铣床、齿条铣床、螺纹铣床、花键铣床、切断铣床等。

至于在大量生产中为专门加工某种固定的零件而设计的铣床，则称为“专用铣床”。这种铣床的特点是结构简单，但效率很

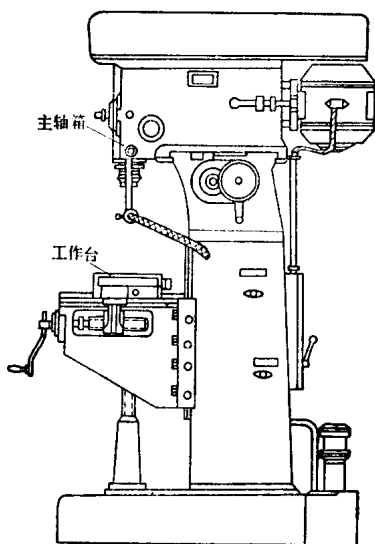


图13 键槽铣床示意图

高，而且一般都设计成自动化或半自动化的。属于这类铣床的品种就更为繁多，可以说，对于任何一种零件，只要产量足够大，都可以为此而设计一台专用铣床，其形状、大小和性能等都直接根据加工零件的需要而定。

2. 铣床型号的编制方法 解放以来，在党和毛主席的英明领导下，认真贯彻执行了毛主席的无产阶级革命路线，我国机床制造工业与其他工业一样，突飞猛进地向前发展，各种类型的金属切削机床越来越多。为了便于管理和选用，同时也是为了便于书写和称呼，就需要对机床进行统一的分类和编制代号。

机床型号编制的原则，不仅需要简明地表示出机床的名称和主要规格，而且还要使人们对这台机床的性能和结构特征有一个基本的概念。

在我国现行的金属切削机床型号编制办法分类中，将所有的金属切削机床分为十二大类，每一类都以汉语拼音字母表示于型号的首位。类中有分类者，在类代号前用数字区别（第一分类不予表示）。各类机床的代号如表 1 所示。

表 1 机床的类和分类代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床	齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	电加工机床	切断机床	其他机床
代号	C	Z	T	M2M3M	Y	S	X	B	L	D	G	Q

每一类机床按其结构性能和用途不同，又可细分为若干个“组”和“型”（系列）。

对于铣床类来说，“组”和“型”（系列）的划分如表 2 所示。