

铣工实践

侯慧人 陈钰才 编著
张忠孝 张益方

科学出版社

内 容 简 介

本书总结了广大铣工多年来的生产实践经验,内容由浅入深,既有一般的加工方法,也有目前较先进的加工方法。书中以举例的形式较详细地介绍了各种典型零件的加工方法,并在各章节中分别介绍了不少有代表性的先进刀具以及铣床的扩大使用。

全书以较多篇幅叙述了铣各种成型表面、螺旋面以及齿轮的加工和刀具开齿,此外,对常用铣床,铣削基础知识、分度头及分度法、各种平面、沟槽和齿式离合器等零件的加工也增加了不少新的内容。

书中的图表和计算方法力求结合实际,避免冗长烦琐。本书可供广大铣工和工厂工艺员在生产中作参考用,也可作为技工学校教学参考用书。

铣 工 实 践

侯慧人 陈钰才 编著
张忠孝 张益方

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1979 年 8 月第一次印刷 印张: 18 3/4

印数: 0001—81,030 字数: 370,000

统一书号: 15031·238

本社书号: 1436·15—3

定 价: 1.50 元

前 言

铣削是金属切削领域中生产效率较高的一种加工方法，经过长期的生产实践，广大铣工师傅积累了丰富的经验。我们组织了江南造船厂侯慧人、新新机器厂陈钰才、求新造船厂张忠孝三位师傅和上海业余工业大学张益方老师共同编写了这本《铣工实践》，目的是想让铣工师傅们的实践经验在新的长征途中发挥更大的作用。

这本书主要反映了广大铣工师傅在生产中表现出的聪明才干和积累的丰富实践经验，内容力求通俗易懂，由浅入深，结合生产实际，既可供青年铣工阅读，又可供铣工师傅和技术人员参考。

在编著过程中，我们得到江南造船厂、新新机器厂、求新造船厂和市业余工业大学各级党组织的热情支持，以及五七三厂、上海服装机械厂等单位的大力协助，全国不少科技部门、铣工师傅和技术人员无私地提供了许多宝贵经验，在此表示衷心的感谢！

由于初次编写书籍，水平有限，本书只反映部分铣削加工的实践经验，很可能有错误的地方，希望广大读者批评指正。

上海市卢湾区科学技术协会

上海市黄浦区科学技术协会

上海市南市区科学技术协会

1978年6月

目 录

一 铣床	(1)
(一) 常用铣床的结构特点	(1)
(二) 铣床的各部分名称及功用	(5)
(三) 铣床的调整	(7)
(四) 铣床的维护保养	(15)
二 铣削基础知识	(18)
(一) 铣削运动及切削层几何形状	(18)
(二) 铣刀的几何角度	(25)
(三) 铣削力	(31)
(四) 铣刀的磨损	(46)
(五) 铣刀的选择及装夹	(52)
(六) 不重磨式硬质合金铣刀	(64)
(七) 选择铣削用量	(74)
三 分度头及分度法	(81)
(一) 常用分度头的功用和构造	(81)
(二) 分度法	(88)
(三) 正确使用和维护分度头	(127)
四 铣平面	(129)
(一) 铣平面的方法	(129)
(二) 铣平行面及垂直面	(133)
(三) 如何提高平面铣削的精度及光洁度	(145)
(四) 各种材料的铣削特点	(150)
(五) 铣斜面	(156)
五 铣沟槽	(171)
(一) 铣较宽的直角槽	(172)

(二) 铣较窄的直角槽及切断材料·····	(191)
(三) 铣键槽·····	(202)
(四) 铣V形槽·····	(215)
(五) 铣T形槽·····	(220)
(六) 铣燕尾槽及燕尾块·····	(224)
六 铣多边形、花键、离合器及刻线 ·····	(228)
(一) 铣多边形·····	(228)
(二) 铣花键·····	(232)
(三) 铣离合器·····	(245)
(四) 刻线·····	(269)
七 铣成形表面和镗孔 ·····	(273)
(一) 按划线手动进给铣直线成形表面·····	(274)
(二) 用迴转工作台铣直线成形表面·····	(275)
(三) 按靠模铣直线成形表面·····	(303)
(四) 用成形铣刀铣直线成形表面·····	(310)
(五) 铣球面、椭圆体及大圆弧面 ·····	(312)
(六) 镗孔·····	(331)
八 铣螺旋面 ·····	(352)
(一) 螺旋面的概念·····	(352)
(二) 铣螺旋面时挂轮的配置·····	(359)
(三) 铣圆柱螺旋面·····	(369)
(四) 铣等速盘形凸轮·····	(397)
九 铣齿轮 ·····	(409)
(一) 铣标准直齿圆柱齿轮·····	(409)
(二) 铣内齿轮·····	(428)
(三) 铣标准斜齿圆柱齿轮·····	(434)
(四) 铣齿条·····	(444)
(五) 铣蜗杆和蜗轮·····	(455)
(六) 铣直齿锥齿轮·····	(480)
(七) 铣弧齿锥齿轮·····	(498)

(八) 以铣代滚.....	(516)
十 刀具开齿	(523)
(一) 铣圆柱面直齿槽.....	(524)
(二) 铣圆柱面螺旋齿槽.....	(539)
(三) 铣端面齿槽.....	(559)
(四) 铣锥面直齿槽.....	(568)
(五) 铣锥面螺旋齿槽.....	(576)

一 铣 床

铣床是一种用途极广泛的金属切削机床。它的加工效率通常要比刨削高。在铣床上，只要更换各种不同用途的铣刀就可以加工平面、沟槽、角度表面、成形表面、螺旋面、齿轮及进行刀具开齿等工作，也可以用来切断材料。此外，如采用一些特种工具或对铣床稍加改装，还可以进行镗孔、滚切齿轮及蜗轮和铣削弧齿锥齿轮。因此，在一般机械制造业中，铣床在金属切削机床总数中所占的比例较高，个别的企业甚至可达 50—60%。

（一）常用铣床的结构特点

按铣床的应用范围可分为通用铣床及专门化铣床两大类。常见的通用铣床有卧式或立式的升降台铣床、工具铣床、龙门铣床、仿形铣床等。专门化铣床是指具有专门用途的铣床，如螺纹铣床、键槽铣床、齿条铣床、钻槽铣床等。下面我们对一些常用的通用铣床的结构特点作一简略的介绍。

1. 卧式升降台铣床

这种铣床通常简称为卧式铣床，其结构特点是主轴水平

安装,工作台可作纵、横、垂直三个方向的移动,刀杆一般都比较长,为了增强刀杆的刚性,其端部常以挂架加以支承。

卧式铣床主要用来加工平面、沟槽、台阶、花键轴、直齿齿轮及进行直齿刀具的开齿等工作。此外,由于刀杆较长,便于安装组合铣刀,实现多刀切削提高生产效率。也可将端铣刀、立铣刀或镗杆直接安装在主轴的端部或主轴锥孔中以铣削平面、沟槽或进行镗孔等工作。

2. 卧式万能升降台铣床

这种铣床的结构基本上与卧式铣床相同,所不同的是纵

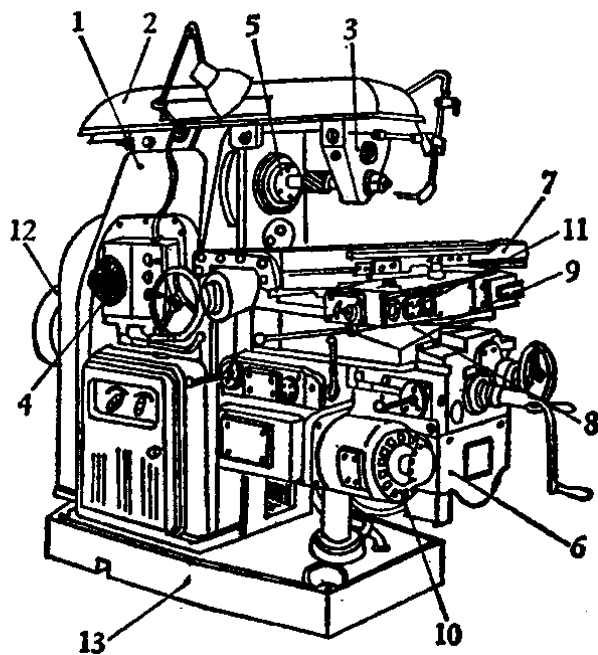


图 1-1 X62W 型卧式万能升降台铣床

1. 床身 2. 横梁 3. 挂架 4. 主轴变速机构 5. 主轴 6. 升降台 7. 纵向工作台
8. 横向工作台 9. 回转台 10. 机动进给变速机构 11. 丝杆间隙调整机构
12. 主电动机 13. 底座

横工作台之间有一迴转台，使纵向工作台能在水平面内向左右各 45° 的范围内作旋转调整。因此，它除了具有卧式铣床的各种功用外，还可用来加工螺旋表面。

卧式万能升降台铣床也可简称为万能铣床。图 1-1 所示为国产 X62W 型卧式万能升降台铣床，它的各个组成部分及用途将在下面介绍。

3. 立式升降台铣床

这种铣床与卧式铣床的区别仅在于其主轴是垂直安装的，通常可简称为立式铣床。为了扩大铣床的工作范围，有些立式铣床的主轴位置可在垂直平面内作左右旋转调整，使主

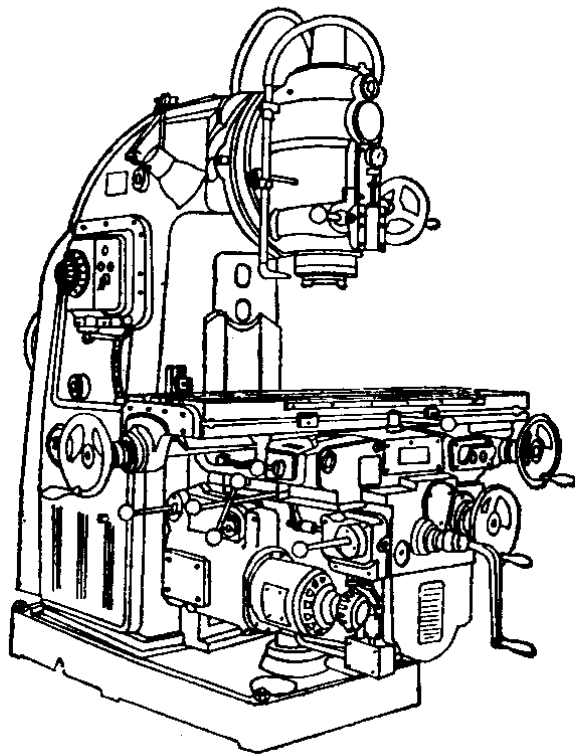


图 1-2 X52T 型立式升降台铣床

轴和工作台台面成一定的倾斜角度，并且主轴本身可沿轴线方向移动。

图 1-2 所示是国产 X52T 型主轴位置可调的立式升降台铣床，其主轴能在垂直位置向左右各 90° 的范围内转动。和卧式升降台铣床相比，立式铣床的优点是：使用较灵活，加工范围广，它除了能用来铣削平面、沟槽、球面、螺旋表面、齿轮及进行镗孔外，还可与靠模装置配合加工复杂的曲线型面；较便于采用硬质合金端铣刀进行高速铣削；在立铣上工作时，操作者便于观察铣刀的工作情况。

4. 数 控 铣 床

这是由于数字程序控制技术出现的一种具有较高自动化程度的新型机床。

图 1-3 所示，是国产数控立式铣床。这是一种连续曲线轨迹数字程序控制铣床，由机床本体、数控装置、液压泵站及

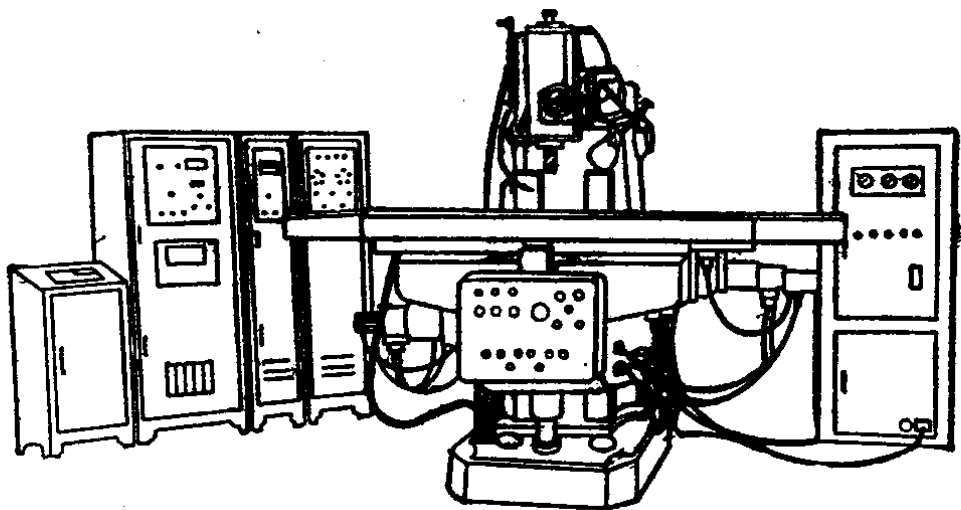


图 1-3 数控立式铣床

中频电源机组等四部分组成,并配有纸带穿孔机。

该机床用来自动铣削齿轮、样板、模具等零件的曲线型面。在加工前只预先按照工件图纸的尺寸及加工要求编制程序,然后用纸带穿孔机将所编程序打在穿孔纸带上,再将纸带送入数控装置,它能按照穿孔纸带的信息,向机床的三个电脉冲马达发出指令脉冲。各电脉冲马达将按照数控装置发来的指令脉冲,驱动各自的传动齿轮及滚珠丝杆付,使工作台在纵、横、垂直三个方向(即空间 X 、 Y 、 Z 三坐标轴方向)移动,实现铣刀和工件之间的按预定轨迹的相对运动,完成零件的加工。

采用数控机床后,对一些形状复杂,精度要求高,难度大的零件,不但能自动迅速地进行加工,并能保证较高的加工质量。因此,随着国民经济及科学技术的发展,对零件的加工要求也日益提高,数控机床将会得到愈来愈普遍的应用。

(二) 铣床的各部分名称及功用

铣床的种类虽然繁多,但它们的工作原理和基本组成有着许多共同的地方。下面以 $X62W$ 型万能铣床为例,介绍其主要组成部分的名称及功用。

$X62W$ 型铣床的外形如图 1-1 所示,其各主要组成部分的功用分述如下:

床身——铣床的主体,用来安装和连接机床的其他部件、床身顶部有燕尾形的水平导轨,横梁 2 可在上面移动。前壁

有燕尾形的垂直导轨，供机床升降台上下移动用。后背装有机床主电动机 12。主轴变速机构 4 安装在床身的腹部内，主轴 5 由床身前壁的上方伸出。床身本身固定在机床的底座 13 上。

横梁——用来固定支承刀杆端部的挂架 3。横梁的位置可在床身顶部水平导轨上前后移动，调整好后可用床身侧面的两个螺母加以紧固。

挂架——用来支承刀杆端部，以增加铣刀装夹刚度。挂架的轴承孔内配有耐磨青铜衬套，并可利用调节螺母调整衬套与刀杆轴套之间的配合间隙。每一台铣床均附有两个挂架，以便必要时在铣刀两侧都用挂架将刀杆托住。

主轴变速机构——这是一个由传动轴和齿轮组成的传动机构，主电动机通过它进行降速后再传动主轴，可得到 30—1500 转/分范围内共 18 种主轴转速。

主轴——用来安装刀杆或铣刀。其前端有 7:24 的锥孔和 $\phi 128.57$ 的定位外圆，供刀杆或铣刀的定位安装。

升降台——用来支承工作台，并带动工作台上下移动，以调整铣刀与工件的相对切削位置，或使工件作垂直进给运动。升降台的内部还安装有机动进给变速机构 10 及进给电动机。

纵向工作台——是工作台最上面的一层。台面上有三条 T 形槽，以便利用 T 形螺栓将工件、夹具或铣床附件固定在台面上，其中中间一条 T 形槽的精度较高，因此一般应将夹具或铣床附件的定位键安放在中间的 T 形槽内。工作台的下部有

一根传动丝杆，通过它使纵向工作台带动工件作纵向进给运动。此外，工作台的前侧面还有一条 T 形槽，可用来固定自动挡铁，以便实现机床的半自动操作。

横向工作台——位于升降台的水平导轨上，可带动纵向工作台作横向进给运动。

迴转台——位于纵、横工作台之间，能使纵向工作台在水平面内作旋转调整，旋转的范围是左右各 45° 。

机动进给变速机构——与主轴变速机构类似，也是一传动机构。进给电动机通过它进行降速后传动机床的纵横工作台或升降台，以获得所需的进给量。工作台纵向或横向的进给量在 23.5—1180 毫米/分范围内共 18 种。升降台作垂直进给时的进给量也有 18 种，但其大小为变速盘上所标读数的三分之一。

纵向工作台丝杆螺母付间隙调整机构——用来调整传动丝杆与螺母之间的间隙，以减少工作台在铣削时产生的窜动现象。

(三) 铣床的调整

铣床各部分调整得是否恰当，会直接影响铣削加工质量。因此，为了保证加工出符合精度要求的高质量工件，在铣削之前要注意铣床的调整。大致要调整以下几方面：

1. 万能铣床的迴转台调整

这是指迴转台的“0”位调整。如果迴转台的“0”线与基准定位线发生偏移，将会造成纵向工作台的进给方向与主轴轴线不垂直。由此会引起下列弊病：

① 图 1-4 所示是用三面刃铣刀铣直角槽的情况。此时

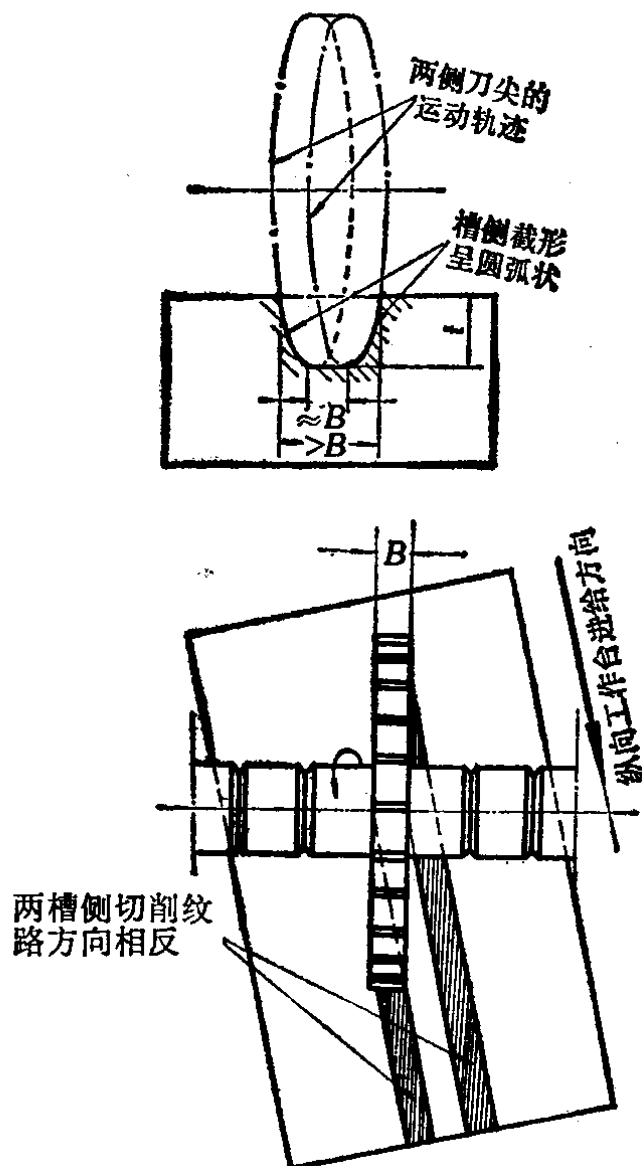


图 1-4 迴转台“0”位不正确所造成的工件槽形误差

如迴转台位置偏移“0”位,当铣刀外圆的最低点切入工件后,槽的一侧有“拖刀”现象,形成沟槽两侧的切削纹路方向相反,槽形变得上宽下窄,并且两侧面呈凹圆弧形。同理,此时如用盘形齿轮铣刀加工齿轮,齿轮的齿形也要发生畸变。

② 如用锋利的锯片铣刀铣窄槽,则由于锯片两侧副刃无后角,会造成锯片一侧和工件槽侧强烈摩擦,产生高温,并伴有不正常的尖叫声。有时甚至还会使锯片崩碎。

③ 当用端铣刀铣削平面时,如以纵向工作台进给,则铣削后工件已加工平面上形成的刀痕是单向的弧形纹路,并且在垂直于进给方向测量平面的平直度很差,有内凹或外凸现象产生(图 1-5);而如果以升降台垂直进给,则铣出的平面是一个和基准平面不平行的斜面,此时如选用小直径铣刀加工大平面,还会在加工表面形成明显的高低不平的接刀痕迹。

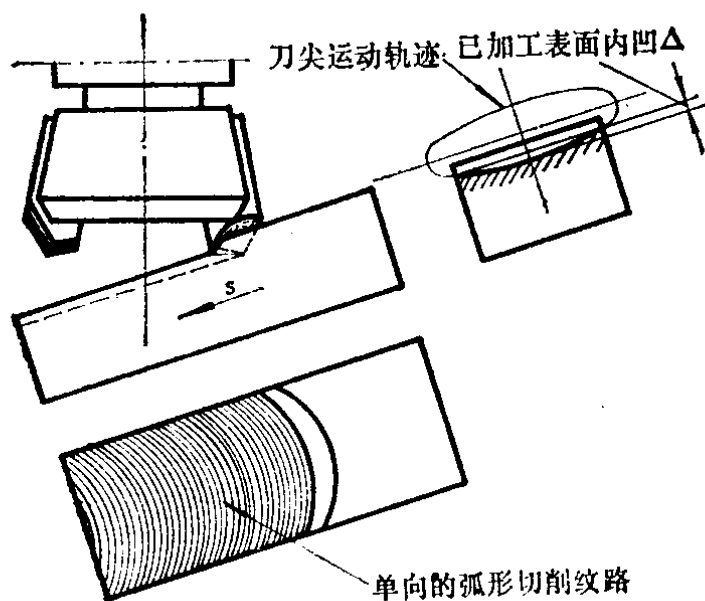


图 1-5 迴转台“0”位误差造成工件已加工表面内凹现象

因此,从上述三种现象可知道迴转台调整的重要性,必须予以足够的重视。尤其对加工精度要求较高的工件,不论铣床的精度如何,都必须事先经过仔细的调整。调整的方法如下:

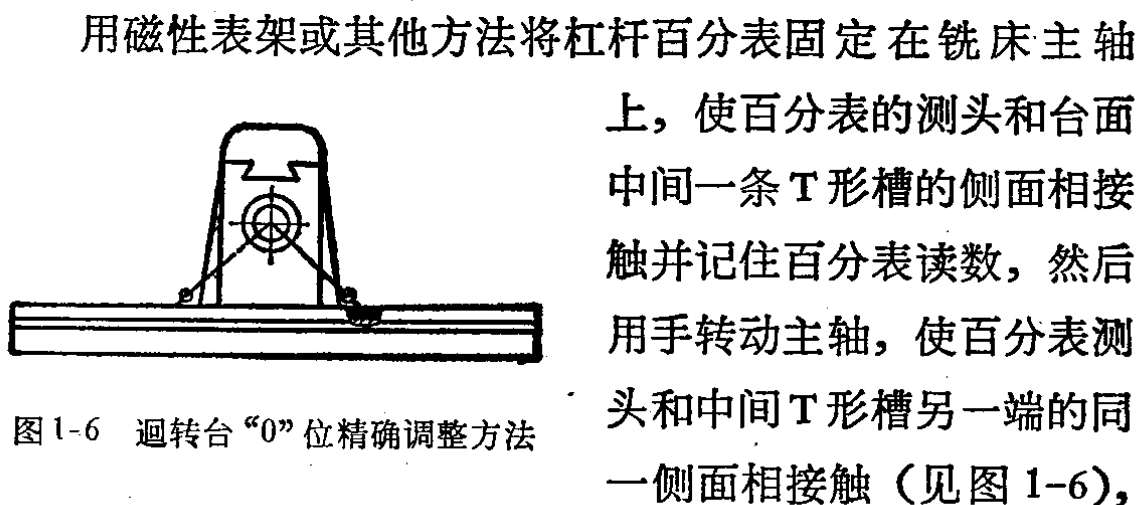


图1-6 迴转台“0”位精确调整方法

如读数不一致,说明迴转台“0”位不准,必须予以调整,其误差在300毫米长度内允差0.02毫米。

2. 立式铣床的迴转式立铣头调整

立式铣床的迴转式立铣头的“0”位调整,有着和万能铣床迴转台“0”位调整同样的意义。如果迴转式立铣头“0”位不对,则主轴轴线将不垂直于工作台台面,这样除了会产生上述弊病外,还会影响立铣头镗孔的加工精度。此时如以升降台垂直进给镗孔,则孔径会产生椭圆度,而如以立铣头主轴进给镗孔,则会产生孔的轴线歪斜。

迴转式立铣头“0”位调整的方法如图1-7所示:

将百分表固定在立铣头主轴上,使测头和工作台台面相

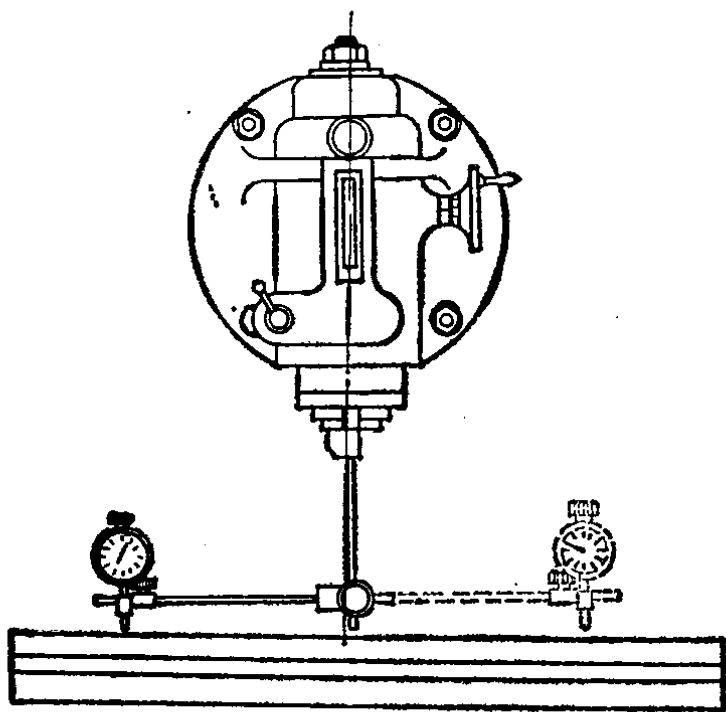


图 1-7 迴转式立铣头“0”位精确调整方法

接触，然后用手转动主轴（约转 180° ），百分表测头将在新的位置再与台面相接触。此时调整立铣头位置，逐步使百分表的两次读数尽可能相同。其误差在 300 毫米长度上允差 0.02 毫米。

3. 工作台传动丝杆间隙的调整

先朝某一方向转动工作台手轮，然后反向转动手轮时必有一空位存在，空位的大小综合地反映了传动丝杆和螺母之间的间隙及丝杆本身安装的轴向间隙。这两种间隙之和可用空位时手轮刻度盘上转过的读数来度量。

铣削时，铣削力的方向和进给方向一致时，丝杆如有间隙，会使工作台产生窜动现象，这样既影响加工质量，又容易