

# 量具的使用方法

## 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 钢直尺、内外卡钳及塞尺.....  | 3  |
| 一 钢直尺.....            | 3  |
| 二 内外卡钳.....           | 3  |
| 三 塞尺.....             | 6  |
| 第二章 游标读数量具.....       | 8  |
| 一 游标卡尺的结构型式.....      | 8  |
| 二 游标卡尺的读数原理和读数方法..... | 9  |
| 三 游标卡尺的测量精度.....      | 11 |
| 四 游标卡尺的使用方法.....      | 12 |
| 五 游标卡尺应用举例.....       | 14 |
| 六 高度游标卡尺.....         | 16 |
| 七 深度游标卡尺.....         | 16 |
| 八 齿厚游标卡尺.....         | 17 |
| 第三章 螺旋测微量具.....       | 19 |
| 一 外径百分尺的结构.....       | 19 |
| 二 百分尺的工作原理和读数方法.....  | 21 |
| 三 百分尺的精度及其调整.....     | 22 |
| 四 百分尺的使用方法.....       | 23 |
| 五 百分尺的应用举例.....       | 24 |
| 六 杠杆千分尺.....          | 25 |
| 七 内径百分尺.....          | 25 |
| 八 内测百分尺.....          | 27 |
| 九 三爪内径千分尺.....        | 27 |
| 十 公法线长度千分尺.....       | 27 |
| 十一 壁厚千分尺.....         | 28 |
| 十二 板厚百分尺.....         | 28 |
| 十三 尖头千分尺.....         | 28 |
| 十四 螺纹千分尺.....         | 29 |
| 十五 深度百分尺.....         | 29 |
| 十六 数字外径百分尺.....       | 29 |
| 第四章 量 块.....          | 30 |

|     |                      |    |
|-----|----------------------|----|
| 一   | 量块的用途和精度 .....       | 30 |
| 二   | 成套量块和量块尺寸的组合 .....   | 30 |
| 三   | 量块附件 .....           | 31 |
| 第五章 | 指示式量具 .....          | 33 |
| 一   | 百分表的结构 .....         | 33 |
| 二   | 百分表和千分表的使用方法 .....   | 33 |
| 三   | 杠杆百分表 .....          | 37 |
| 四   | 杠杆百分表和千分表的使用方法 ..... | 37 |
| 五   | 内径百分表 .....          | 40 |
| 六   | 内径百分表的使用方法 .....     | 41 |
| 第六章 | 角度量具 .....           | 42 |
| 一   | 万能角度尺 .....          | 42 |
| 二   | 游标量角器 .....          | 43 |
| 三   | 万能角尺 .....           | 44 |
| 四   | 带表角度尺 .....          | 44 |
| 五   | 中心规 .....            | 45 |
| 六   | 正弦规 .....            | 45 |
| 七   | 车刀量角台 .....          | 47 |
| 第七章 | 水 平 仪 .....          | 49 |
| 一   | 条式水平仪 .....          | 49 |
| 二   | 框式水平仪 .....          | 50 |
| 三   | 光学合像水平仪 .....        | 53 |
| 第八章 | 量具的维护和保养 .....       | 55 |
|     | 参考文献 .....           | 56 |

# 第一章 钢直尺、内外卡钳及塞尺

## 一 钢直尺

钢直尺是最简单的长度量具，它的长度有 150，300，500 和 1000 mm 四种规格。图 1-1 是常用的 150 mm 钢直尺。

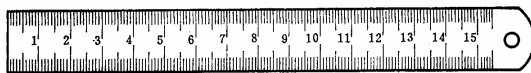


图 1-1 150 mm 钢直尺

钢直尺用于测量零件的长度尺寸(图 1-2)，它的测量结果不太准确。这是由于钢直尺的刻线间距为 1mm，而刻线本身的宽度就有 0.1~0.2mm，所以测量时读数误差比较大，只能读出毫米数，即它的最小读数值为 1mm，比 1mm 小的数值，只能估计而得。

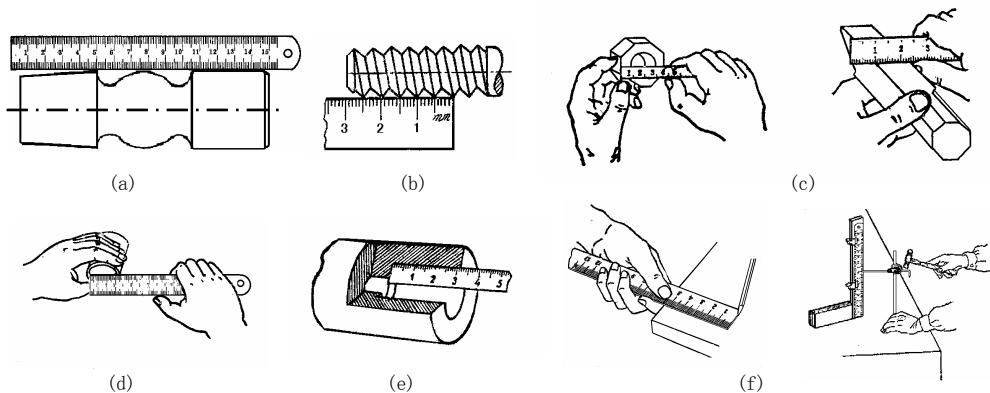


图 1-2 钢直尺的使用方法

a)量长度 b)量螺距 c)量宽度 d)量内孔 e)量深度 f)划线

如果用钢直尺直接去测量零件的直径尺寸(轴径或孔径)，则测量精度更差。其原因是：除了钢直尺本身的读数误差比较大以外，还由于钢直尺无法正好放在零件直径的正确位置。所以，零件直径尺寸的测量，也可以利用钢直尺和内外卡钳配合起来进行。

## 二 内外卡钳

图 1-3 是常见的两种内外卡钳。

内外卡钳是最简单的比较量具。外卡钳是用来测量外径和平面的，内卡钳是用来测量内径和凹槽的。它们本身都不能直接读出测量结果，而是把测量得的长度尺寸（直径也属于长度尺寸），在钢直尺上进行读数，或在钢直尺上先取下所需尺寸，再去检验零件的直径是否符合。

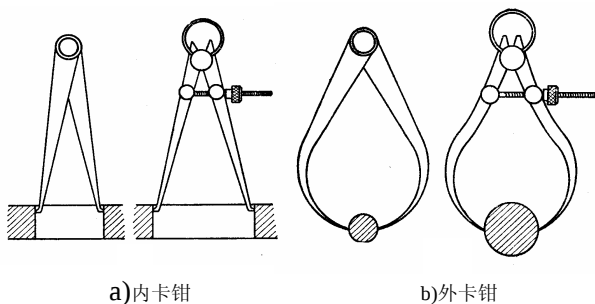


图 1-3 内外卡钳

### 1 卡钳开度的调节 首先检查钳口的形

状，钳口形状对测量精确性影响很大，应注意经常修整钳口的形状，图 1-4 所示为卡钳钳口形状好与坏的对比。调节卡钳的开度时，应轻轻敲击卡钳脚的两侧面。先用两手把卡钳调整到和工件尺寸相近的开口，然后轻敲卡钳的外侧来减小卡钳的开口，敲击卡钳内侧来增大卡钳的开口。如图 1-5(a) 所示。但不能直接敲击钳口，图 1-5(b) 所示。这会因卡钳的钳口损伤量面而引起测量误差。更不能在机床的导轨上敲击卡钳。如图 1-5(c) 所示。

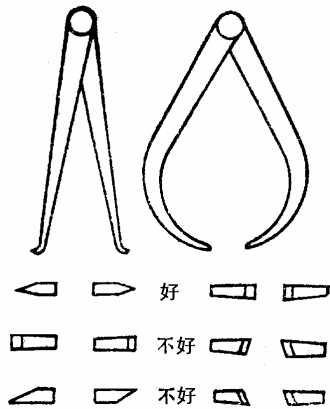


图 1-4 卡钳钳口形状好与坏的对比

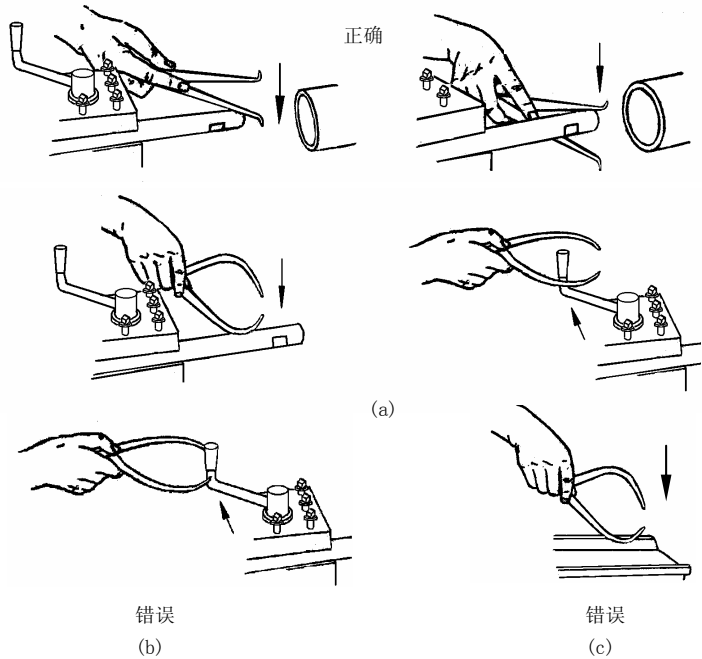


图 1-5 卡钳开度的调节

2 外卡钳的使用 外卡钳在钢直尺上取下尺寸时，如图 1-6(a)，一个钳脚的测量面靠在钢直尺的端面上，另一个钳脚的测量面对准所需尺寸刻线的中间，且两个测量面的连线应与钢直尺平行，人的视线要垂直于钢直尺。

用已在钢直尺上取好尺寸的外卡钳去测量外径时，要使两个测量面的连线垂直零件的轴线，靠外卡钳的自重滑过零件外圆时，我们手中的感觉应该是外卡钳与零件外圆正好是点接触，此时外卡钳两个测量面之间的距离，就是被测零件的外径。所以，用外卡钳测量外径，就是比较外卡钳与零件外圆接触的松紧程度，如图 1-6(b)以卡钳的自重能刚好滑下为合适。如当卡钳滑过外圆时，我们手中没有接触感觉，就说明外卡钳比零件外径尺寸大，如靠外卡钳的自重不能滑过零件外圆，就说明外卡钳比零件外径尺寸小。切不可将卡钳歪斜地放上工件测量，这样有误差。图 1-6(c) 所示。由于卡钳有弹性，

把外卡钳用力压过外圆是错误的，更不能把卡钳横着卡上去，图 1-6(d) 所示。对于大尺寸的外卡钳，靠它自重滑过零件外圆的测量压力已经太大了，此时应托住卡钳进行测量，图 1-6(e) 所示。

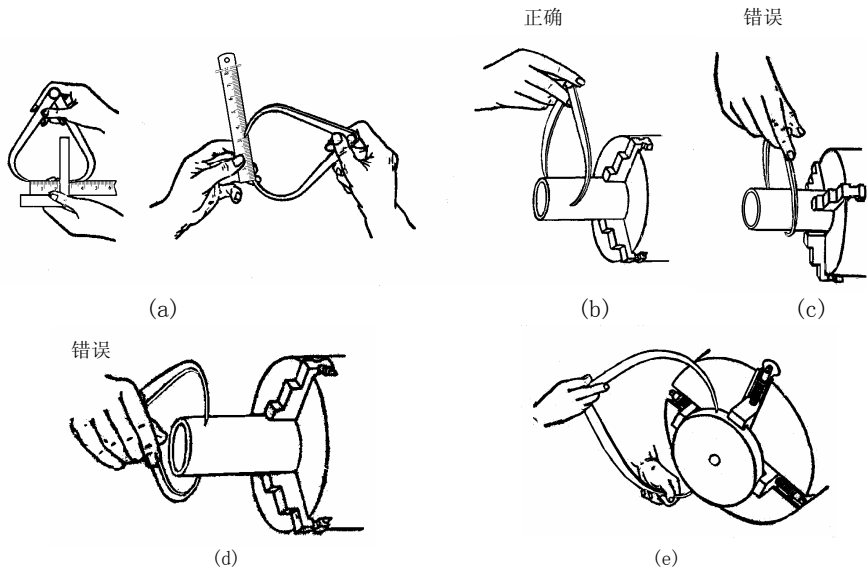


图 1-6 外卡钳在钢直尺上取尺寸和测量方法

3 内卡钳的使用 用内卡钳测量内径时，应使两个钳脚的测量面的连线正好垂直相交于内孔的轴线，即钳脚的两个测量面应是内孔直径的两端点。因此，测量时应将下面的钳脚的测量面停在孔壁上作为支点（图 1-7a），上面的钳脚由孔口略往里面一些逐渐向外试探，并沿孔壁圆周方向摆动，当沿孔壁圆周方向能摆动的距离为最小时，则表示内卡钳脚的两个测量面已处于内孔直径的两端点了。再将卡钳由外至里慢慢移动，可检验孔的圆度公差，图 1-7b 所示。用已在钢直尺上或在外卡钳上取好尺寸的内卡钳去

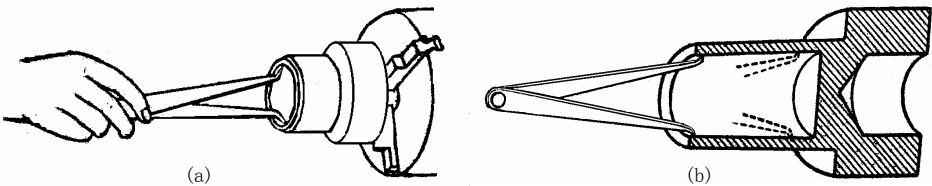


图 1-7 内卡钳测量方法

测量内径，图 1-8a 所示。就是比较内卡钳在零件孔内的松紧程度。如内卡钳在孔内有较大的自由摆动时，就表示卡钳尺寸比孔径内小了；如内卡钳放不进，或放进孔内后紧得不能自由摆动，就表示内卡钳尺寸比孔径大了，如内卡钳放入孔内，按照上述的测量方法能有 1~2mm 的自由摆动距离，这时孔径与内卡钳尺寸正好相等。测量时不要用手抓住卡钳测量，图 1-8b 所示，这样手感就没有了，难以比较内卡钳在零件孔内的松紧程度，并使卡钳变形而产生测量误差。

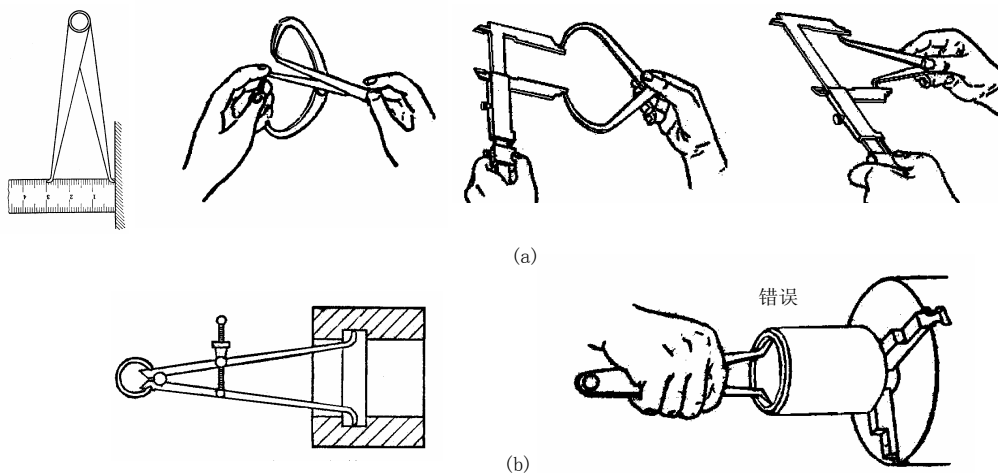


图 1-8 卡钳取尺寸和测量方法

4 卡钳的适用范围 卡钳是一种简单的量具，由于它具有结构简单，制造方便、价格低廉、维护和使用方便等特点，广泛应用于要求不高的零件尺寸的测量和检验，尤其是对锻铸件毛坯尺寸的测量和检验，卡钳是最合适的测量工具。

卡钳虽然是简单量具，只要我们掌握得好，也可获得较高的测量精度。例如用外卡钳比较两根轴的直径大小时，就是轴径相差只有 0.01mm，有经验的老师傅也能分辨得出。又如用内卡钳与外径百分尺联合测量内孔尺寸时，有经验的老师傅完全有把握用这种方法测量高精度的内孔。这种内径测量方法，称为“内卡搭百分尺”，是利用内卡钳在外径百分尺上读取准确的尺寸，如图 1-9 所示，再去测量零件的内径；或内卡在孔内调整好与孔接触的松紧程度，再在外径百分尺上读出具体的尺寸。这种测量方法，不仅在缺少精密的内径量具时，是测量内径的好办法，而且，对于某零件的内径，如图 1-9 所示的零件，由于它的孔内有轴而使用精密的内径量具有困难，则应用内卡钳搭外径百分尺测量内径方法，就能解决问题。

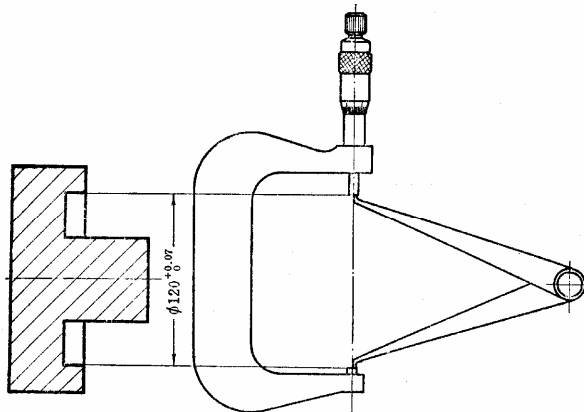


图 1-9 内卡搭外径百分尺测量内径

分尺上读取准确的尺寸，如图 1-9 所示，再去测量零件的内径；或内卡在孔内调整好与孔接触的松紧程度，再在外径百分尺上读出具体的尺寸。这种测量方法，不仅在缺少精密的内径量具时，是测量内径的好办法，而且，对于某零件的内径，如图 1-9 所示的零件，由于它的孔内有轴而使用精密的内径量具有困难，则应用内卡钳搭外径百分尺测量内径方法，就能解决问题。

### 三 塞尺

塞尺又称厚薄规或间隙片。主要用来检验机床特别紧固面和紧固面、活塞与气缸、活塞环槽和活塞环、十字头滑板和导板、进排气阀顶端和摇臂、齿轮啮合间隙等两个结合面之间的间隙大小。塞尺是由许多层厚薄不一的薄钢片组成（图 1-10）按照塞尺的组别制成一把一把的塞尺，每把塞尺中的每片具有两个平行的测量平面，且都有厚度标

记，以供组合使用。

测量时，根据结合面间隙的大小，用一片或数片重迭在一起塞进间隙内。例如用 0.03mm 的一片能插入间隙，而 0.04mm 的一片不能插入间隙，这说明间隙在 0.03~0.04mm 之间，所以塞尺也是一种界限量规。塞尺的规格见表 1-1。

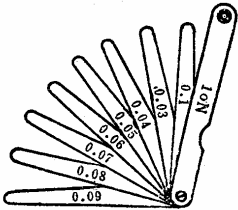
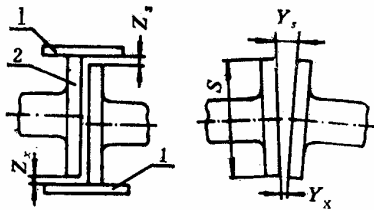


图 1-10 塞尺

图 1-11 是主机与轴系法兰定位检测，将直尺贴附在以轴系推力轴或第一中间轴为基准的法兰外圆的素线上，用塞尺测量直尺与之连接的柴油机曲轴或减速器输出轴法兰外圆的间隙 $Z_x$ 、 $Z_s$ ，并依次在法兰外圆的上、下、左、右四个位置上进行测量。图 1-12 是检验机床尾座紧固面的间隙 ( $<0.04\text{mm}$ )。



1-直尺 2-法兰

图 1-11 用直尺和塞尺测量轴的偏移和曲折

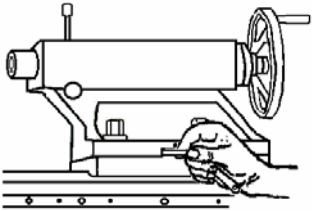


图 1-12 用塞尺检验车床尾座紧固面间隙

使用塞尺时必须注意下列几点：

- 1. 根据结合面的间隙情况选用塞尺片数，但片数愈少愈好；
- 2. 测量时不能用力太大，以免塞尺遭受弯曲和折断；
- 3. 不能测量温度较高的工件。

表 1-1 塞尺的规格

| A 型    | B 型    | 塞尺片长度/mm | 片数 | 塞尺的厚度及组装顺序                                                                                       |
|--------|--------|----------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 组别标记   |        |          |    |                                                                                                  |
| 75A13  | 75B13  | 75       | 13 | 0.02;0.02;0.03;0.03;0.04;<br>0.04;0.05;0.05;0.06;0.07;<br>0.08;0.09;0.10                         |
| 100A13 | 100B13 | 100      |    |                                                                                                  |
| 150A13 | 150B13 | 150      |    |                                                                                                  |
| 200A13 | 200B13 | 200      |    |                                                                                                  |
| 300A13 | 300B13 | 300      |    |                                                                                                  |
| 75A14  | 75B14  | 75       | 14 | 1.00;0.05;0.06;0.07;0.08;<br>0.09;0.19;0.15;0.20;0.25;<br>0.30;0.40;0.50;0.75                    |
| 100A14 | 100B14 | 100      |    |                                                                                                  |
| 150A14 | 150B14 | 150      |    |                                                                                                  |
| 200A14 | 200B14 | 200      |    |                                                                                                  |
| 300A14 | 300B14 | 300      |    |                                                                                                  |
| 75A17  | 75B17  | 75       | 17 | 0.50;0.02;0.03;0.04;0.05;<br>0.06;0.07;0.08;0.09;0.10;<br>0.15;0.20;0.25;0.30;0.35;<br>0.40;0.45 |
| 100A17 | 100B17 | 100      |    |                                                                                                  |
| 150A17 | 150B17 | 150      |    |                                                                                                  |
| 200A17 | 200B17 | 200      |    |                                                                                                  |
| 300A17 | 300B17 | 300      |    |                                                                                                  |

## 第二章 游标读数量具

应用游标读数原理制成的量具有：游标卡尺、高度游标卡尺、深度游标卡尺、游标量角尺(如万能量角尺)和齿厚游标卡尺等，用以测量零件的外径、内径、长度、宽度、厚度、高度、深度、角度以及齿轮的齿厚等，应用范围非常广泛。

### 一 游标卡尺的结构型式

游标卡尺是一种常用的量具，具有结构简单、使用方便、精度中等和测量的尺寸范围大等特点，可以用它来测量零件的外径、内径、长度、宽度、厚度、深度和孔距等，应用范围很广。

#### 1 游标卡尺有三种结构型式

(1) 测量范围为 0~125mm 的游标卡尺，制成带有刀口形的上下量爪和带有深度尺的型式，如图 2—1。

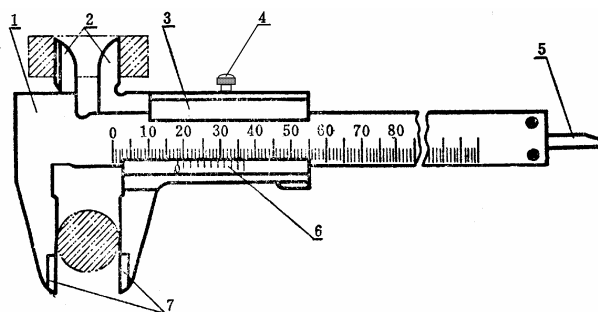


图 2-1 游标卡尺的结构型式之一

1—尺身；2—上量爪；3—尺框；4—紧固螺钉；5—深度尺；6—游标；7—下量爪。

(2) 测量范围为 0~200mm 和 0~300mm 的游标卡尺，可制成带有内外测量面的下量爪和带有刀口形的上量爪的型式，如图 2—2。

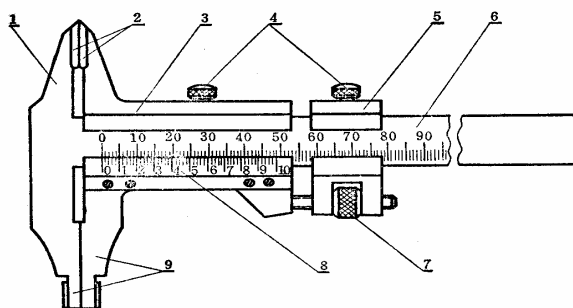


图 2-2 游标卡尺的结构型式之二

1—尺身；2—上量爪；3—尺框；4—紧固螺钉；5—微动装置；  
6—主尺；7—微动螺母；8—游标；9—下量爪

(3) 测量范围为 0~200mm 和 0~300mm 的游标卡尺，也可制成只带有内外测量面的下量爪的型式，如图 2—3。而测量范围大于 300mm 的游标卡尺，只制成这种仅带有下量

爪的型式。

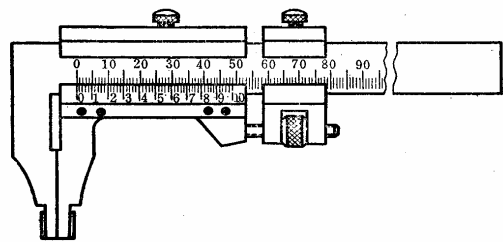


图 2-3 游标卡尺的结构型式之三

2 游标卡尺主要由下列几部分组成

- (1)具有固定量爪的尺身，如图 2-2 中的 1。尺身上有类似钢尺一样的主尺刻度，如图 2-2 中的 6。主尺上的刻线间距为 1mm。主尺的长度决定于游标卡尺的测量范围。
- (2)具有活动量爪的尺框，如图 2-2 中的 3。尺框上有游标，如图 2-2 中的 8，游标卡尺的游标读数值可制成为 0.1；0.05 和 0.02mm 的三种。游标读数值，就是指使用这种游标卡尺测量零件尺寸时，卡尺上能够读出的最小数值。
- (3)在 0~125mm 的游标卡尺上，还带有测量深度的深度尺，如图 2-1 中的 5。深度尺固定在尺框的背面，能随着尺框在尺身的导向凹槽中移动。测量深度时，应把尺身尾部的端面靠紧在零件的测量基准平面上。
- (4)测量范围等于和大于 200mm 的游标卡尺，带有随尺框作微动调整的微动装置，如图 2-2 中的 5。使用时，先用固定螺钉 4 把微动装置 5 固定在尺身上，再转动微动螺母 7，活动量爪就能随同尺框 3 作微量的前进或后退。微动装置的作用，是使游标卡尺在测量时用力均匀，便于调整测量压力，减少测量误差。

目前我国生产的游标卡尺的测量范围及其游标读数值见表 2-1。

| 表 2-1 游标卡尺的测量范围和游标卡尺读数值 mm |                |          |           |
|----------------------------|----------------|----------|-----------|
| 测量范围                       | 游标读数值          | 测量范围     | 游标读数值     |
| 0~25                       | 0.02；0.05；0.10 | 300~800  | 0.05；0.10 |
| 0~200                      | 0.02；0.05；0.10 | 400~1000 | 0.05；0.10 |
| 0~300                      | 0.02；0.05；0.10 | 600~1500 | 0.05；0.10 |
| 0~500                      | 0.05；0.10      | 800~2000 | 0.10      |

二 游标卡尺的读数原理和读数方法

游标卡尺的读数机构，是由主尺和游标(如图 2-2 中的 6 和 8)两部分组成。当活动量爪与固定量爪贴合时，游标上的“0”刻线(简称游标零线)对准主尺上的“0”刻线，此时量爪间的距离为“0”，见图 2-2。当尺框向右移动到某一位置时，固定量爪与活动量爪之间的距离，就是零件的测量尺寸，见图 2-1。此时零件尺寸的整数部分，可在游标零线左边的主尺刻线上读出来，而比 1mm 小的小数部分，可借助游标读数机构来读出，现把三种游标卡尺的读数原理和读数方法介绍如下。

1 游标读数值为 0.1mm 的游标卡尺

如图 2-4(a)所示, 主尺刻线间距(每格)为 1mm, 当游标零线与主尺零线对准(两爪合并)时, 游标上的第 10 刻线正好指向等于主尺上的 9mm, 而游标上的其他刻线都不会与主尺上任何一条刻线对准。

游标每格间距=9mm÷10=0.9mm

主尺每格间距与游标每格间距相差=1mm-0.9mm=0.1mm

0.1mm 即为此游标卡尺上游标所读出的最小数值, 再也不能读出比 0.1mm 小的数值。

当游标向右移动 0.1mm 时, 则游标零线后的第 1 根刻线与主尺刻线对准。当游标向右移动 0.2mm 时, 则游标零线后的第 2 根刻线与主尺刻线对准, 依次类推。若游标向右移动 0.5mm, 如图 2-4(b), 则游标上的第 5 根刻线与主尺刻线对准。由此可知, 游标向右移动不足 1mm 的距离, 虽不能直接从主尺读出, 但可以由游标的某一根刻线与主尺刻线对准时, 该游标刻线的次序数乘其读数值而读出其小数值。例如, 图 2-4(b)的尺寸即为:  $5 \times 0.1 = 0.5$  (mm)。

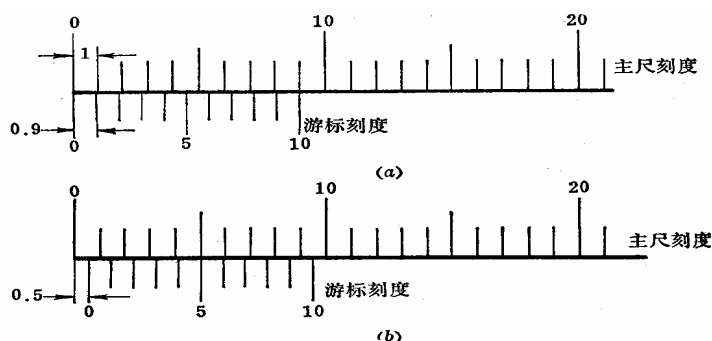


图 2-4 游标读数原理

另有 1 种读数值为 0.1mm 的游标卡尺, 图 2-5(a) 所示, 是将游标上的 10 格对准主尺的 19mm, 则游标每格=19mm÷10=1.9mm, 使主尺 2 格与游标 1 格相差=2-1.9=0.1mm。这种增大游标间距的方法, 其读数原理并未改变, 但使游标线条清晰, 更容易看准读数。

在游标卡尺上读数时, 首先要看游标零线的左边, 读出主尺上尺寸的整数是多少毫米, 其次是找出游标上第几根刻线与主尺刻线对准, 该游标刻线的次序数乘其游标读数值, 读出尺寸的小数, 整数和小数相加的总值, 就是被测零件尺寸的数值。

在图 2-5(b)中, 游标零线在 2 与 3mm 之间, 其左边的主尺刻线是 2mm, 所以被测尺寸的整数部分是 2mm, 再观察游标刻线, 这时游标上的第 3 根刻线与主尺刻线对准。所以, 被测尺寸的小数部分为  $3 \times 0.1 = 0.3$  (mm), 被测尺寸即为  $2 + 0.3 = 2.3$  (mm)。

## 2 游标读数值为 0.05mm 的游标卡尺

图 2-5(c)所示, 主尺每小格 1mm, 当两爪合并时, 游标上的 20 格刚好等于主尺的 39mm, 则

游标每格间距=39mm÷20=1.95mm

主尺 2 格间距与游标 1 格间距相差=2-1.95=0.05 (mm)

0.05mm 即为此种游标卡尺的最小读数值。同理, 也有用游标上的 20 格刚好等于主

尺上的 19mm，其读数原理不变。

在图 2-5(d) 中，游标零线在 32mm 与 33mm 之间，游标上的第 11 格刻线与主尺刻线对准。所以，被测尺寸的整数部分为 32mm，小数部分为  $11 \times 0.05 = 0.55(\text{mm})$ ，被测尺寸为  $32 + 0.55 = 32.55(\text{mm})$ 。

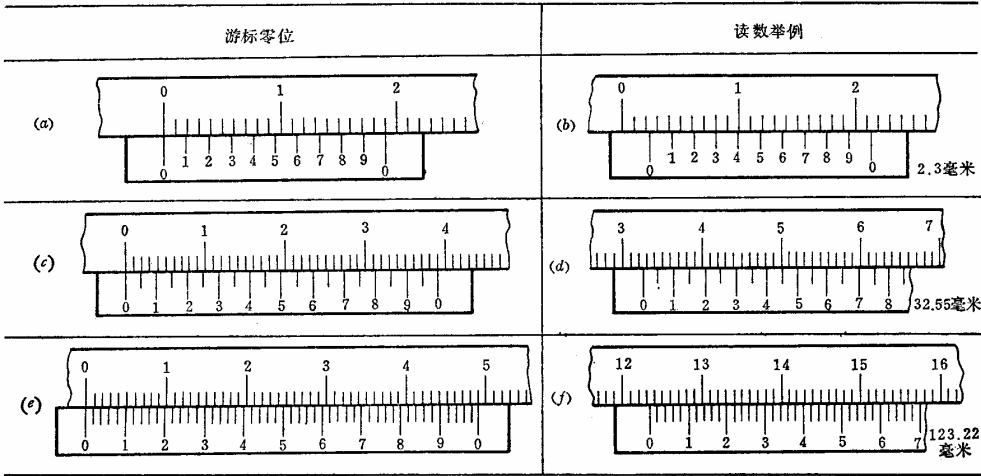


图 2-5 游标零位和读数举例

### 3 游标读数值为 0.02mm 的游标卡尺

图 2-5(e) 所示，主尺每小格 1mm，当两爪合并时，游标上的 50 格刚好等于主尺上的 49mm，则

$$\text{游标每格间距} = 49\text{mm} \div 50 = 0.98\text{mm}$$

$$\text{主尺每格间距与游标每格间距相差} = 1 - 0.98 = 0.02(\text{mm})$$

0.02mm 即为此种游标卡尺的最小读数值。

在图 2-5(f) 中，游标零线在 123mm 与 124mm 之间，游标上的 11 格刻线与主尺刻线对准。所以，被测尺寸的整数部分为 123mm，小数部分为  $11 \times 0.02 = 0.22(\text{mm})$ ，被测尺寸为  $123 + 0.22 = 123.22(\text{mm})$ 。

我们希望直接从游标尺上读出尺寸的小数部分，而不要通过上述的换算，为此，把游标的刻线次序数乘其读数值所得的数值，标记在游标上，见图 2-5，这样使读数就方便了。

### 三 游标卡尺的测量精度

测量或检验零件尺寸时，要按照零件尺寸的精度要求，选用相适应的量具。游标卡尺是一种中等精度的量具，它只适用于中等精度尺寸的测量和检验。用游标卡尺去测量锻铸件毛坯或精度要求很高的尺寸，都是不合理的。前者容易损坏量具，后者测量精度达不到要求，因为量具都有一定的示值误差，游标卡尺的示值误差见表 2-2。

表 2-2 游标卡尺的示值误差 mm

| 游标读数值 | 示值总误差      |
|-------|------------|
| 0.02  | $\pm 0.02$ |
| 0.05  | $\pm 0.05$ |
| 0.10  | $\pm 0.10$ |

游标卡尺的示值误差,就是游标卡尺本身的制造精度,不论你使用得怎样正确,卡尺本身就可能产生这些误差。例如,用游标读数值为 0.02mm 的 0~125mm 的游标卡尺(示值误差为  $\pm 0.02\text{mm}$ ),测量  $\phi 50\text{mm}$  的轴时,若游标卡尺上的读数为 50.00mm,实际直径可能是  $\phi 50.02\text{mm}$ ,也可能是  $\phi 49.98\text{mm}$ 。这不是游标尺的使用方法上有什么问题,而是它本身制造精度所允许产生的误差。因此,若该轴的直径尺寸是 IT5 级精度的基准轴 ( $\phi 50_{-0.025}^0$ ),则轴的制造公差为 0.025mm,而游标卡尺本身就有着  $\pm 0.02\text{mm}$  的示值误差,选用这样的量具去测量,显然是无法保证轴径的精度要求的。

如果受条件限制(如受测量位置限制),其他精密量具用不上,必须用游标卡尺测量较精密的零件尺寸时,又该怎么办呢?此时,可以用游标卡尺先测量与被测尺寸相当的块规,消除游标卡尺的示值误差(称为用块规校对游标卡尺)。例如,要测量上述  $\phi 50\text{mm}$  的轴时,先测量 50mm 的块规,看游标卡尺上的读数是不是正好 50mm。如果不是正好 50mm,则比 50mm 大的或小的数值,就是游标卡尺的实际示值误差,测量零件时,应把此误差作为修正值考虑进去。例如,测量 50mm 块规时,游标卡尺上的读数为 49.98mm,即游标卡尺的读数比实际尺寸小 0.02mm,则测量轴时,应在游标卡尺的读数上加上 0.02mm,才是轴的实际直径尺寸,若测量 50mm 块规时的读数是 50.01mm,则在测量轴时,应在读数上减去 0.01mm,才是轴的实际直径尺寸。另外,游标卡尺测量时的松紧程度(即测量压力的大小)和读数误差(即看准是那一根刻线对准),对测量精度影响亦很大。所以,当必须用游标卡尺测量精度要求较高的尺寸时,最好采用和测量相等尺寸的块规相比较的办法。

#### 四 游标卡尺的使用方法

量具使用得是否合理,不但影响量具本身的精度,且直接影响零件尺寸的测量精度,甚至发生质量事故,对国家造成不必要的损失。所以,我们必须重视量具的正确使用,对测量技术精益求精,务使获得正确的测量结果,确保产品质量。

使用游标卡尺测量零件尺寸时,必须注意下列几点:

1 测量前应把卡尺揩干净,检查卡尺的两个测量面和测量刃口是否平直无损,把两个量爪紧密贴合时,应无明显的间隙,同时游标和主尺的零位刻线要相互对准。这个过程称为校对游标卡尺的零位。

2 移动尺框时,活动要自如,不应有过松或过紧,更不能有晃动现象。用固定螺钉固定尺框时,卡尺的读数不应有所改变。在移动尺框时,不要忘记松开固定螺钉,亦不宜过松以免掉了。

3 当测量零件的外尺寸时:卡尺两测量面的连线应垂直于被测量表面,不能歪斜。测量时,可以轻轻摇动卡尺,放正垂直位置,图 2-6 所示。否则,量爪若在如图 2-6 所

示的错误位置上，将使测量结果  $a$  比实际尺寸  $b$  要大；先把卡尺的活动量爪张开，使量爪能自由地卡进工件，把零件贴靠在固定量爪上，然后移动尺框，用轻微的压力使活动量爪接触零件。如卡尺带有微动装置，此时可拧紧微动装置上的固定螺钉，再转动调节螺母，使量爪接触零件并读取尺寸。决不可把卡尺的两个量爪调节到接近甚至小于所测尺寸，把卡尺强制的卡到零件上去。这样做会使量爪变形，或使测量面过早磨损，使卡尺失去应有的精度。

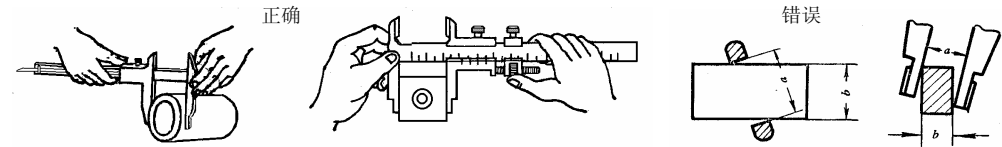


图 2-6 测量外尺寸时正确与错误的位置

测量沟槽时，应当用量爪的平面测量刃进行测量，尽量避免用端部测量刃和刀口形量爪去测量外尺寸。而对于圆弧形沟槽尺寸，则应当用刃口形量爪进行测量，不应当用平面形测量刃进行测量，如 2-7 所示。

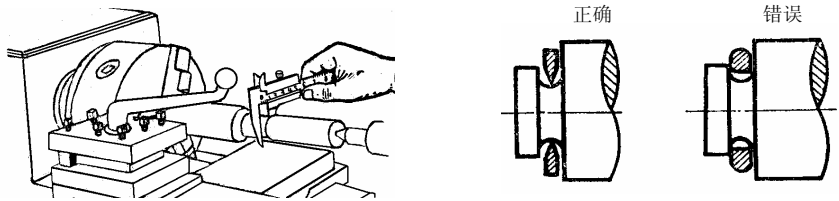


图 2-7 测量沟槽时正确与错误的位置

测量沟槽宽度时，也要放正游标卡尺的位置，应使卡尺两测量刃的连线垂直于沟槽，不能歪斜。否则，量爪若在如图 2-8 所示的错误的位置上，也将使测量结果不准确（可能大也可能小）。

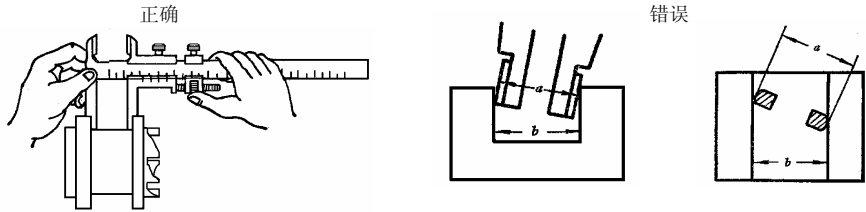


图 2-8 测量沟槽宽度时正确与错误的位置

4 当测量零件的内尺寸时：图 2-9 所示。要使量爪分开的距离小于所测内尺寸，进入零件内孔后，再慢慢张开并轻轻接触零件内表面，用固定螺钉固定尺框后，轻轻取出卡尺来读数。取出量爪时，用力要均匀，并使卡尺沿着孔的中心线方向滑出，不可歪斜，免使量爪扭伤；变形和受到不必要的磨损，同时会使尺框走动，影响测量精度。

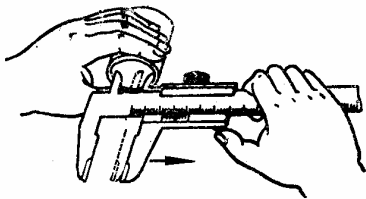


图 2-9 内孔的测量方法

卡尺两测量刃应在孔的直径上，不能偏歪。图 2-10 为带有刀口形量爪和带有圆柱

面形量爪的游标卡尺，在测量内孔时正确和错误的位置。当量爪在错误位置时，其测量结果，将比实际孔径  $D$  要小。

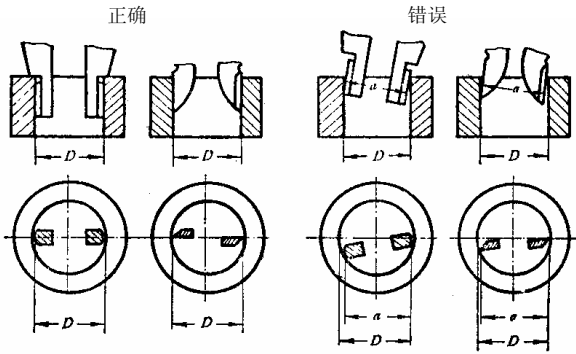


图 2—10 测量内孔时正确与错误的位置

5 用下量爪的外测量面测量内尺寸时如用图 2-2 和图 2-3 所示的两种游标卡尺测量内尺寸，在读取测量结果时，一定要把量爪的厚度加上去。即游标卡尺上的读数，加上量爪的厚度，才是被测零件的内尺寸，见图 2-11。测量范围在 500mm 以下的游标卡尺，量爪厚度一般为 10mm。但当量爪磨损和修理后，量爪厚度就要小于 10mm，读数时这个修正值也要考虑进去。

6 用游标卡尺测量零件时，不允许过分地施加压力，所用压力应使两个量爪刚好接触零件表面。如果测量压力过大，不但会使量爪弯曲或磨损，且量爪在压力作用下产生弹性变形，使测量得的尺寸不准确(外尺寸小于实际尺寸，内尺寸大于实际尺寸)。

在游标卡尺上读数时，应把卡尺水平的拿着，朝着亮光的方向，使人的视线尽可能和卡尺的刻线表面垂直，以免由于视线的歪斜造成读数误差。

7 为了获得正确的测量结果，可以多测量几次。即在零件的同一截面上的不同方向进行测量。对于较长零件，则应当在全长的各个部位进行测量，务使获得一个比较正确的测量结果。

为了使读者便于记忆，更好的掌握游标卡尺的使用方法，把上述提到的几个主要问题，整理成顺口溜，供读者参考。

量爪贴合无间隙，主尺游标两对零。  
尺框活动能自如，不松不紧不摇晃。  
测力松紧细调整，不当卡规用力卡。  
量轴防歪斜，量孔防偏歪，  
测量内尺寸，爪厚勿忘加。  
面对光亮处，读数垂直看。

## 五 游标卡尺应用举例

### 1 用游标卡尺测量 T 形槽的宽度

用游标卡尺测量 T 形槽的宽度，如图 2-11 所示。测量时将量爪外缘端面的小平面，贴在零件凹槽的平面上，用固定螺钉把微动装置固定，转动调节螺母，使量爪的外测量

面轻轻地与 T 形槽表面接触，并放正两量爪的位置（可以轻轻地摆动一个量爪，找到槽宽的垂直位置），读出游标卡尺的读数图 2-11 中用 A 表示。但由于它是用量爪的外测量面测量内尺寸的，卡尺上所读出的读数 A 是量爪内测量面之间的距离，因此必须加上两个量爪的厚度 b，才是 T 形槽的宽度。所以，T 形槽的宽度  $L=A+b$ 。

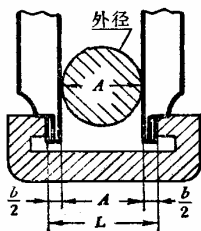


图 2-11 测量 T 形槽的宽度

## 2 用游标卡尺测量孔中心线与侧平面之间的距离

用游标卡尺测量孔中心线与侧平面之间的距离 L 时，先用游标卡尺测量出孔的直径 D，再用刃口形量爪测量孔的壁面与零件侧面之间的最短距离，如图 2-12 所示。

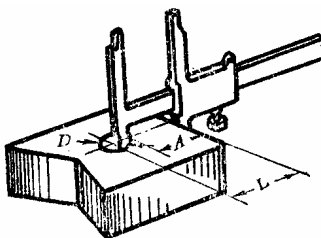


图 2-12 测量孔与侧面距离

此时，卡尺应垂直于侧平面，且要找到它的最小尺寸，读出卡尺的读数 A，则孔中心线与侧平面之间的距离为：

$$L = A + \frac{D}{2}$$

## 3 用游标卡尺测量两孔的中心距

用游标卡尺测量两孔的中心距有两种方法：一种是先用游标卡尺分别量出两孔的内径  $D_1$  和  $D_2$ ，再量出两孔内表面之间的最大距离 A，如图 2-13 所示，则两孔的中心距

$$L = A - \frac{1}{2}(D_1 + D_2)$$

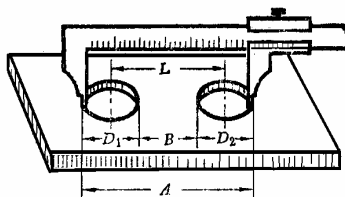


图 2-13 测量两孔的中心距

另一种测量方法，也是先分别量出两孔的内径  $D_1$  和  $D_2$ ，然后用刀口形量爪量出两孔

内表面之间的最小距离B，则两孔的中心距

$$L = B + \frac{1}{2}(D_1 + D_2)$$

六 高度游标卡尺

高度游标卡尺如图 2-14 所示，用于测量零件的高度和精密划线。它的结构特点是用质量较大的基座 4 代替固定量爪 5，而动的尺框 3 则通过横臂装有测量高度和划线用的量爪，量爪的测量面上镶有硬质合金，提高量爪使用寿命。高度游标卡尺的测量工作，应在平台上进行。当量爪的测量面与基座的底平面位于同一平面时，如在同一平台平面上，主尺 1 与游标 6 的零线相互对准。所以在测量高度时，量爪测量面的高度，就是被测量零件的高度尺寸，它的具体数值，与游标卡尺一样可在主尺(整数部分)和游标(小数部分)上读出。应用高度游标卡尺划线时，调好划线高度，用紧固螺钉 2 把尺框锁紧后，也应在平台上进行先调整再进行划线。图 2-15 为高度游标卡尺的应用。

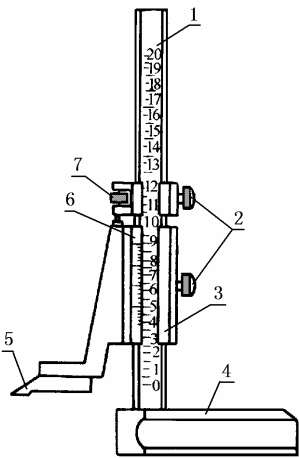


图 2-14 高度游标卡尺  
1-主尺；2-紧固螺钉；3-尺框；4-基座；  
5-量爪；6-游标；7-微动装置。

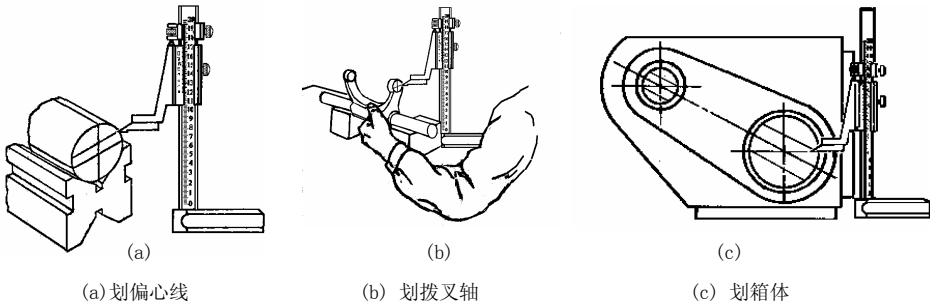


图 2-15 高度游标卡尺的应用

七 深度游标卡尺

深度游标卡尺如图 2-16 所示，用于测量零件的深度尺寸或台阶高低和槽的深度。它的结构特点是尺框 3 的两个量爪连成一起成为一个带游标测量基座 1，基座的端面 and 尺身 4 的端面就是它的两个测量面。如测量内孔深度时应把基座的端面紧靠在被测孔的端面上，使尺身与被测孔的中心线平行，伸入尺身，则尺身端面至基座端面之间的距离，就是被测零件的深度尺寸。它的读数方法和游标卡尺完全一样。

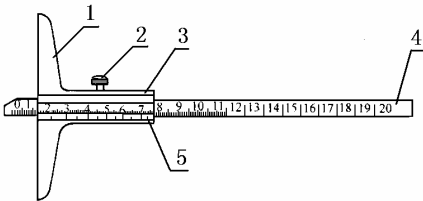


图 2-16 深度游标卡尺

1-测量基座；2-紧固螺钉；3-尺框；4-尺身；5-游标。

测量时,先把测量基座轻轻压在工件的基准面上,两个端面必须接触工件的基准面,图 2-17(a) 所示。测量轴类等台阶时,测量基座的端面一定要压紧在基准面,图 2-17(b) (c) 所示,再移动尺身,直到尺身的端面接触到工件的量面(台阶面)上,然后用紧固螺钉固定尺框,提起卡尺,读出深度尺寸。多台阶小直径的内孔深度测量,要注意尺身的端面是否在要测量的台阶上,图 2-17(d)。当基准面是曲线时,图 2-17(e),测量基座的端面必须放在曲线的最高点上,测量出的深度尺寸才是工件的实际尺寸,否则会出现测量误差。

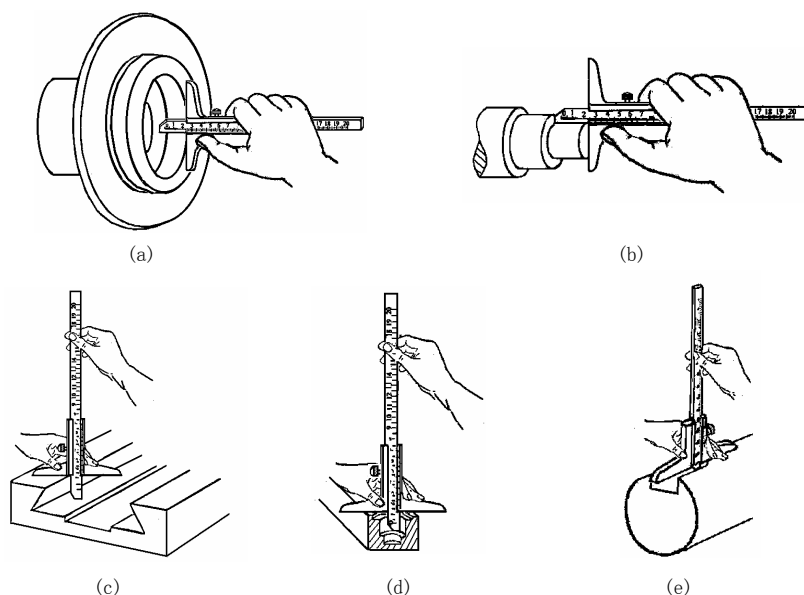


图 2-17 深度游标卡尺的使用方法

## 八 齿厚游标卡尺

齿厚游标卡尺(图 2-18)是用来测量齿轮(或蜗杆)的弦齿厚和弦齿顶。这种游标卡尺由两互相垂直的主尺组成,因此它就有两个游标。A 的尺寸由垂直主尺上的游标调整;B 的尺寸由水平主尺上的游标调整。刻线原理和读法与一般游标卡尺相同。

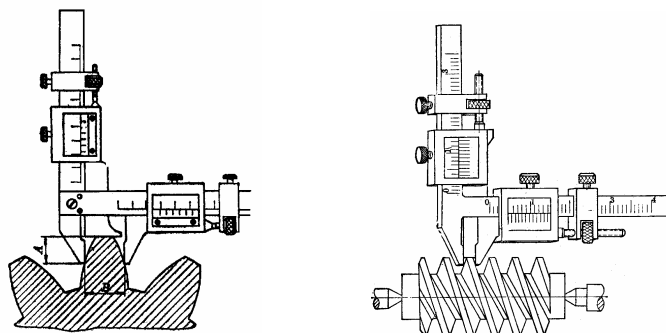


图 2-18 齿厚游标卡尺测量齿轮与蜗杆

测量蜗杆时,把齿厚游标卡尺读数调整到等于齿顶高(蜗杆齿顶高等于模数 $m_s$ ),

法向卡入齿廓，测得的读数是蜗杆中径( $d_2$ ) 的法向齿厚。但图纸上一般注明的是轴向齿厚，必须进行换算。法向齿厚 $S_n$ 的换算公式如下：

$$S_n = \frac{\pi m_s}{2} \cos \tau$$

以上所介绍的各种游标卡尺都存在一个共同的问题，就是读数不很清晰，容易读错，有时不得不借放大镜将读数部分放大。现有游标卡尺采用无视差结构，使游标刻线与主尺刻线处在同一平面上，消除了在读数时因视线倾斜而产生的视差；有的卡尺装有测微表成为带表卡尺（图 2-19），便于读数准确，提高了测量精度；更有一种带有数字显示装置的游标卡尺（图 2-20），这种游标卡尺在零件表面上量得尺寸时，就直接用数字显示出来，其使用极为方便。

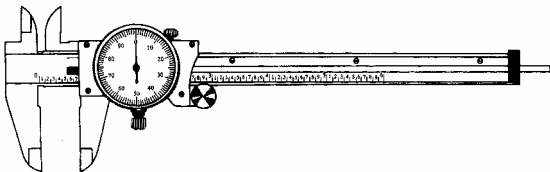


图 2-19 带表卡尺

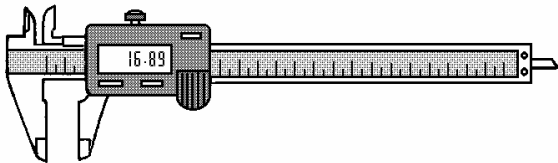


图 2-20 数字显示游标卡尺

带表卡尺的规格见表 2-3。数字显示游标卡尺的规格见表 2-4。

表 2-3 带表卡尺规格 mm

| 测量范围  | 指示表读数值 | 指示表示值误差范围 |
|-------|--------|-----------|
| 0~150 | 0.01   | 1         |
| 0~200 | 0.02   | 1; 2      |
| 0~300 | 0.05   | 5         |

表 2-4 数字显示游标卡尺

| 名称           | 数显游标卡尺                                      | 数显高度尺        | 数显深度尺 |
|--------------|---------------------------------------------|--------------|-------|
| 测量范围 (mm)    | 0~150; 0~200<br>0~300; 0~500                | 0~300; 0~500 | 0~200 |
| 分辨率 (mm)     | 0.01                                        |              |       |
| 测量精度 (mm)    | (0~200)0.03; (>200~300)0.04; (>300~500)0.05 |              |       |
| 测量移动速度 (m/s) | 1.5                                         |              |       |
| 使用温度℃        | 0~+40                                       |              |       |

### 第三章 螺旋测微量具

应用螺旋测微原理制成的量具，称为螺旋测微量具。它们的测量精度比游标卡尺高，并且测量比较灵活，因此，当加工精度要求较高时多被应用。常用的螺旋读数量具有百分尺和千分尺。百分尺的读数值为  $0.01\text{mm}$ ，千分尺的读数值为  $0.001\text{mm}$ 。工厂习惯上把百分尺和千分尺统称为百分尺或分厘卡。目前车间里大量用的是读数值为  $0.01\text{mm}$  的百分尺，现介绍这种百分尺为主，并适当介绍千分尺的使用知识

百分尺的种类很多，机械加工车间常用的有：外径百分尺、内径百分尺、深度百分尺以及螺纹百分尺和公法线百分尺等，并分别测量或检验零件的外径、内径、深度、厚度以及螺纹的中径和齿轮的公法线长度等。

#### 一 外径百分尺的结构

各种百分尺的结构大同小异，常用外径百分尺是用以测量或检验零件的外径、凸肩厚度以及板厚或壁厚等（测量孔壁厚度的百分尺，其量面呈球弧形）。百分尺由尺架、测微头、测力装置和制动器等组成。图 3-1 是测量范围为  $0\sim 25\text{mm}$  的外径百分尺。尺架 1 的一端装着固定测砧 2，另一端装着测微头。固定测砧和测微螺杆的测量面上都镶有硬质合金，以提高测量面的使用寿命。尺架的两侧面覆盖着绝热板 12，使用百分尺时，手拿在绝热板上，防止人体的热量影响百分尺的测量精度。

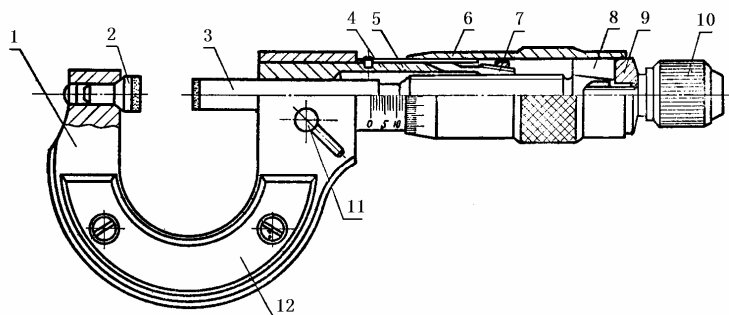


图 3-1  $0\sim 25\text{mm}$  外径百分尺

1-尺架；2-固定测砧；3-测微螺杆；4-螺纹轴套；5-固定刻度套筒；6-微分筒；7-调节螺母；8-接头；9-垫片；10-测力装置；11-锁紧螺钉；12-绝热板。

#### 1 百分尺的测微头

图 3-1 中的 3~9 是百分尺的测微头部分。带有刻度的固定刻度套筒 5 用螺钉固定在螺纹轴套 4 上，而螺纹轴套又与尺架紧配结合成一体。在固定套筒 5 的外面有一带刻度的活动微分筒 6，它用锥孔通过接头 8 的外圆锥面再与测微螺杆 3 相连。测微螺杆 3 的一端是测量杆，并与螺纹轴套上的内孔定心间隙配合；中间是精度很高的外螺纹，与螺纹轴套 4 上的内螺纹精密配合，可使测微螺杆自如旋转而其间隙极小；测微螺杆另一端的外圆锥与内圆锥接头 8 的内圆锥相配，并通过顶端的内螺纹与测力装置 10 连接。当测力装置的外螺纹旋紧在测微螺杆的内螺纹上时，测力装置就通过垫片 9 紧压接头 8，而接头 8 上开有轴向槽，有一定的胀缩弹性，能沿着测微螺杆 3 上的外圆锥胀大，从而使微分筒 6 与测微螺杆和测力装置结合成一体。当我们用手旋转测力装置 10 时，就带动测微螺杆 3 和微分筒 6 一起旋转，并沿着精密螺纹的螺旋线方向运动，使百分尺两个

测量面之间的距离发生变化。

## 2 百分尺的测力装置

百分尺测力装置的结构见图 3-2，主要依靠一对棘轮 3 和 4 的作用。棘轮 4 与转帽 5 连结成一体，而棘轮 3 可压缩弹簧 2 在轮轴 1 的轴线方向移动，但不能转动。弹簧 2 的弹力是控制测量压力的，螺钉 6 使弹簧压缩到百分尺所规定的测量压力。当我们手握转帽 5 顺时针旋转测力装置时，若测量压力小于弹簧 2 的弹力，转帽的运动就通过棘轮传给轮轴 1 (带动测微螺杆旋转)，使百分尺两测量面之间的距离继续缩短，即继续卡紧零件；当测量压力达到或略微超过弹簧的弹力时，棘轮 3 与 4 在其啮合斜面的作用下，压缩弹簧 2，使棘轮 4 沿着棘轮 3 的啮合斜面滑动，转帽的转动就不能带动测微螺杆旋转，同时发出嘎嘎的棘轮跳动声，表示已达到了额定测量压力，从而达到控制测量压力的目的。

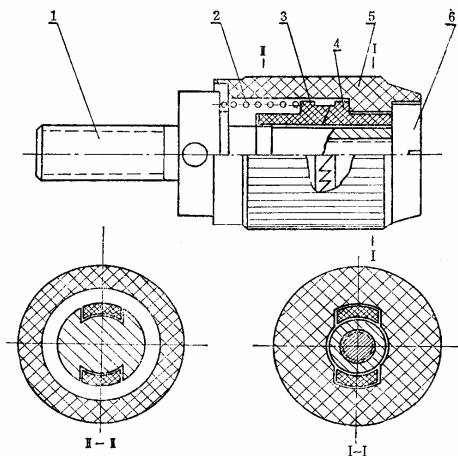


图 3-2 百分尺的测力装置

当转帽逆时针旋转时，棘轮 4 是用垂直面带动棘轮 3，不会产生压缩弹簧的压力，始终能带动测微螺杆退出被测零件。

## 3 百分尺的制动器

百分尺的制动器，就是测微螺杆的锁紧装置，其结构如图 3-3 所示。制动轴 4 的圆周上，有一个开着深浅不均的偏心缺口，对着测微螺杆 2。当制动轴以缺口的较深部分对着测量杆时，测量杆 2 就能在轴套 3 内自由活动，当制动轴转过一个角度，以缺口的较浅部分对着测量杆时，测量杆就被制动轴压紧在轴套内不能运动，达到制动的目的。

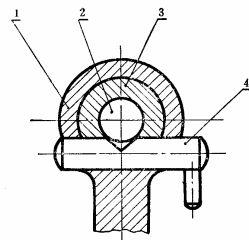


图 3-3 百分尺的制动器

## 4 百分尺的测量范围

百分尺测微螺杆的移动量为 25mm，所以百分尺的测量范围一般为 25mm。为了使百分尺能测量更大范围的长度尺寸，以满足工业生产的需要，百分尺的尺架做成各种尺寸，形成不同测量范围的百分尺。目前，国产百分尺测量范围的尺寸分段为：

0~25；25~50；50~75；75~100；100~125；125~150；150~175；175~200；200~225；225~250；250~275；275~300；300~325；325~350；350~375；375~400；400~425；425~450；450~475；475~500；500~600；600~700；700~800；800~900；900~1000。

测量上限大于 300mm 的百分尺，也可把固定测砧做成可调式的或可换测砧，从而使此百分尺的测量范围为 100mm。

测量上限大于 1000mm 的百分尺，也可将测量范围制成为 500 毫米，目前国产最大的百分尺为 2500~3000mm 的百分尺。

## 二 百分尺的工作原理和读数方法

1 百分尺的工作原理 如外径百分尺的工作原理就是应用螺旋读数机构，它包括一对精密的螺纹——测微螺杆与螺纹轴套，如图 3-1 中的 3 和 4，和一对读数套筒——固定套筒与微分筒，如图 3-1 中的 5 和 6。

用百分尺测量零件的尺寸，就是把被测零件置于百分尺的两个测量面之间。所以两测砧面之间的距离，就是零件的测量尺寸。当测微螺杆在螺纹轴套中旋转时，由于螺旋线的作用，测量螺杆就有轴向移动，使两测砧面之间的距离发生变化。如测微螺杆按顺时针的方向旋转一周，两测砧面之间的距离就缩小一个螺距。同理，若按逆时针方向旋转一周，则两砧面的距离就增大一个螺距。常用百分尺测微螺杆的螺距为 0.5mm。因此，当测微螺杆顺时针旋转一周时，两测砧面之间的距离就缩小 0.5mm。当测微螺杆顺时针旋转不到一周时，缩小的距离就小于一个螺距，它的具体数值，可从与测微螺杆结成一体的微分筒的圆周刻度上读出。微分筒的圆周上刻有 50 个等分线，当微分筒转一周时，测微螺杆就推进或后退 0.5mm，微分筒转过它本身圆周刻度的一小格时，两测砧面之间转动的距离为：

$$0.5 \div 50 = 0.01 \text{ (mm)}。$$

由此可知：百分尺上的螺旋读数机构，可以正确的读出 0.01mm，也就是百分尺的读数值为 0.01mm。

2 百分尺的读数方法 在百分尺的固定套筒上刻有轴向中线，作为微分筒读数的基准线。另外，为了计算测微螺杆旋转的整数转，在固定套筒中线的两侧，刻有两排刻线，刻线间距均为 1mm，上下两排相互错开 0.5mm。

百分尺的具体读数方法可分为三步：

(1) 读出固定套筒上露出的刻线尺寸，一定要注意不能遗漏应读出的 0.5mm 的刻线值。

(2) 读出微分筒上的尺寸，要看清微分筒圆周上哪一格与固定套筒的中线基准对齐，将格数乘 0.01mm 即得微分筒上的尺寸。

(3) 将上面两个数相加，即为百分尺上测得尺寸。

如图 3-4 (a)，在固定套筒上读出的尺寸为 8mm，微分筒上读出的尺寸为 27 (格)  $\times 0.01\text{mm} = 0.27\text{mm}$ ，上两数相加即得被测零件的尺寸为 8.27mm；图 3-4 (b)，在固定套筒上读出的尺寸为 8.5mm，在微分筒上读出的尺寸为 27 (格)  $\times 0.01\text{mm} = 0.27\text{mm}$ ，上两数相加即得被测零件的尺寸为 8.77mm。

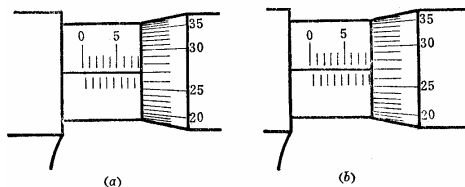


图 3-4 百分尺的读数

### 三 百分尺的精度及其调整

百分尺是一种应用很广的精密量具，按它的制造精度，可分 0 级和 1 级的两种，0 级精度较高，1 级次之。百分尺的制造精度，主要由它的示值误差和测砧面的平面平行度公差的大小来决定，小尺寸百分尺的精度要求，见表 3-1。从百分尺的精度要求可知，用百分尺测量 IT6~IT10 级精度的零件尺寸较为合适。

表 3-1 百分尺的精度要求 mm

| 测量上限    | 示值误差        |             | 两测量面平行度 |        |
|---------|-------------|-------------|---------|--------|
|         | 0 级         | 1 级         | 0 级     | 1 级    |
| 15; 25  | $\pm 0.002$ | $\pm 0.004$ | 0.001   | 0.002  |
| 50      | $\pm 0.002$ | $\pm 0.004$ | 0.0012  | 0.0025 |
| 75; 100 | $\pm 0.002$ | $\pm 0.004$ | 0.0015  | 0.003  |

百分尺在使用过程中，由于磨损，特别是使用不妥当时，会使百分尺的示值误差超差，所以应定期进行检查，进行必要的拆洗或调整，以便保持百分尺的测量精度。

1 校正百分尺的零位 百分尺如果使用不妥，零位就要走动，使测量结果不正确，容易造成产品质量事故。所以，在使用百分尺的过程中，应当校对百分尺的零位。所谓“校对百分尺的零位”，就是把百分尺的两个测砧面揩干净，转动测微螺杆使它们贴合在一起(这是指 0~25mm 的百分尺而言，若测量范围大于 0~25mm 时，应该在两测砧面间放上校对棒棒)，检查微分筒圆周上的“0”刻线，是否对准固定套筒的中线，微分筒的端面是否正好使固定套筒上的“0”刻线露出来。如果两者位置都是正确的，就认为百分尺的零位是对的，否则就要进行校正，使之对准零位。

如果零位是由于微分筒的轴向位置不对，如微分筒的端部盖住固定套筒上的“0”刻线，或“0”刻线露出太多，0.5 的刻线搞错，必须进行校正。此时，可用制动器把测微螺杆锁住，再用百分尺的专用扳手，插入测力装置轮轴的小孔内，把测力装置松开(逆时针旋转)，微分筒就能进行调整，即轴向移动一点。使固定套筒上的“0”线正好露出来，同时使微分筒的零线对准固定套筒的中线，然后把测力装置旋紧。

如果零位是由于微分筒的零线没有对准固定套筒的中线，也必须进行校正。此时，可用百分尺的专用扳手，插入固定套筒的小孔内，把固定套筒转过一点，使之对准零线。但当微分筒的零线相差较大时，不应当采用此法调整，而应该采用松开测力装置转动微分筒的方法来校正。

2 调整百分尺的间隙 百分尺在使用过程中，由于磨损等原因，会使精密螺纹的配合间隙增大，从而使示值误差超差，必须及时进行调整，以便保持百分尺的精度。

要调整精密螺纹的配合间隙，应先用制动器把测微螺杆锁住，再用专用扳手把测力装置松开，拉出微分筒后再进行调整。由图 3-1 可以看出，在螺纹轴套上，接近精密螺纹一段的壁厚比较薄，且连同螺纹部分一起开有轴向直槽，使螺纹部分具有一定的胀缩弹性。同时，螺纹轴套的圆锥外螺纹上，旋着调节螺母 7。当调节螺母往里旋入时，因螺母直径保持不变，就迫使外圆锥螺纹的直径缩小，于是精密螺纹的配合间隙就减小了。然后，松开制动器进行试转，看螺纹间隙是否合适。间隙过小会使测微螺杆活动不灵活，可把调节螺母松出一点，间隙过大则使测微螺杆有松动，可把调节螺母再旋进一点。直

至间隙调整好后，再把微分筒装上，对准零位后把测力装置旋紧。

经过上述调整的百分尺，除必须校对零位外，还应当用表 4-1 所列的第 7 套检定量块，检验百分尺的五个尺寸的测量精度，确定百分尺的精度等级后，才能移交使用。例如，用 5.12；10.24；15.36；21.5；25 等五个块规尺寸检定 0~25mm 的百分尺，它的示值误差应符合表 3-1 的要求，否则应继续修理。

#### 四 百分尺的使用方法

百分尺使用得是否正确，对保持精密量具的精度和保证产品质量的影响很大，指导人员和实习的学生必须重视量具的正确使用，使测量技术精益求精，务使获得正确的测量结果，确保产品质量。

使用百分尺测量零件尺寸时，必须注意下列几点，

1 使用前，应把百分尺的两个测砧面揩干净，转动测力装置，使两测砧面接触(若测量上限大于 25mm 时，在两测砧面之间放入校对量杆或相应尺寸的量块)，接触面上应没有间隙和漏光现象，同时微分筒和固定套筒要对准零位。

2 转动测力装置时，微分筒应能自由灵活地沿着固定套筒活动，没有任何轧卡和不灵活的现象。如有活动不灵活的现象，应送计量站及时检修。

3 测量前，应把零件的被测量表面揩干净，以免有脏物存在时影响测量精度。绝对不允许用百分尺测量带有研磨剂的表面，以免损伤测量面的精度。用百分尺测量表面粗糙的零件亦是错误的，这样易使测砧面过早磨损。

4 用百分尺测量零件时，应当手握测力装置的转帽来转动测微螺杆，使测砧表面保持标准的测量压力，即听到嘎嘎的声音，表示压力合适，并可开始读数。要避免因测量压力不等而产生测量误差。

绝对不允许用力旋转微分筒来增加测量压力，使测微螺杆过分压紧零件表面，致使精密螺纹因受力过大而发生变形，损坏百分尺的精度。有时用力旋转微分筒后，虽因微分筒与测微螺杆间的连接不牢固，对精密螺纹的损坏不严重，但是微分筒打滑后，百分尺的零位走动了，就会造成质量事故。

5 使用百分尺测量零件时(图 3-5)，要使测微螺杆与零件被测量的尺寸方向一致。如测量外径时，测微螺杆要与零件的轴线垂直，不要歪斜。测量时，可在旋转测力装置的同时，轻轻地晃动尺架，使测砧面与零件表面接触良好。

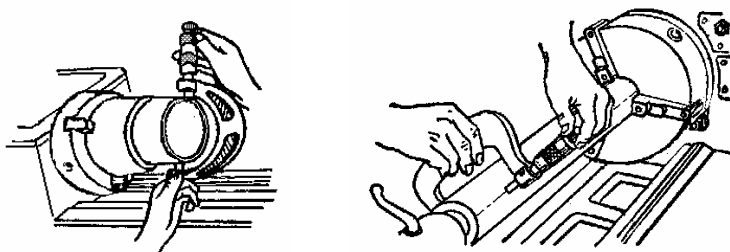


图 3-5 在车床上使用外径百分尺的方法

6 用百分尺测量零件时，最好在零件上进行读数，放松后取出百分尺，这样可减少测砧面的磨损。如果必须取下读数时，应用制动器锁紧测微螺杆后，再轻轻滑出零件，

把百分尺当卡规使用是错误的,因这样做不但易使测量面过早磨损,甚至会使测微螺杆或尺架发生变形而失去精度。

7 在读取百分尺上的测量数值时,要特别留心不要读错 0.5mm。

8 为了获得正确的测量结果,可在同一位置上再测量一次。尤其是测量圆柱形零件时,应在同一圆周的不同方向测量几次,检查零件外圆有没有圆度误差,再在全长的各个部位测量几次,检查零件外圆有没有圆柱度误差等。

9 对于超常温的工件,不要进行测量,以免产生读数误差。

10 用单手使用外径百分尺时,如图 3-6 (a) 所示,可用大拇指和食指或中指捏住活动套筒,小指勾住尺架并压向手掌上,大拇指和食指转动测力装置就可测量。

用双手测量时,可按图 3-6 (b) 所示的方法进行。

值得提出的是几种使用外径百分尺的错误方法,比如用百分尺测量旋转运动中的工件,很容易使百分尺磨损,而且测量也不准确;又如贪图快一点得出读数,握着微分筒来挥转(图 3-7) 等,这同碰撞那样,也会破坏百分尺的内部结构。

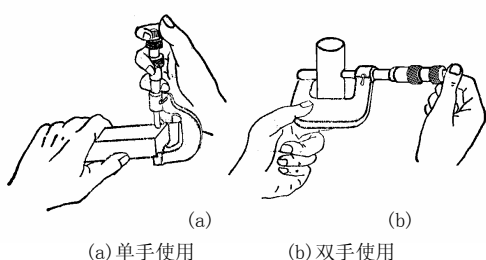


图 3-6 正确使用

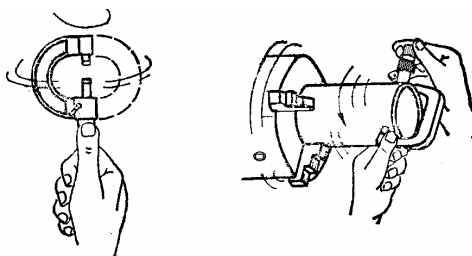


图 3-7 错误使用

## 五 百分尺的应用举例

如要检验图 3-7 所示夹具的三个孔( $\phi 14$ 、 $\phi 15$ 、 $\phi 16$ )在 $\phi 150$ 圆周上的等分精度。检验前,先在孔 $\phi 14$ 、 $\phi 15$ 、 $\phi 16$ 和 $\phi 20$ 内配入圆柱销(圆柱销应与孔定心间隙配合)。

等分精度的测量,可分三步做:

1 用 0~25mm 的外径百分尺,分别量出四个圆柱销的外径 $D$ ;  $D_1$ ;  $D_2$ 和 $D_3$ 。

2 用 75~100mm 的外径百分尺,分别量出 $D$ 与 $D_1$ ;  $D$ 与 $D_2$ ;  $D$ 与 $D_3$  两圆柱销外表面的最大距 $A_1$ 、 $A_2$ 和 $A_3$ 。则三孔与中心孔的中心距分别为:

$$L_1 = A_1 - \frac{1}{2}(D + D_1)$$

$$L_2 = A_2 - \frac{1}{2}(D + D_2)$$

$$L_3 = A_3 - \frac{1}{2}(D + D_3)$$

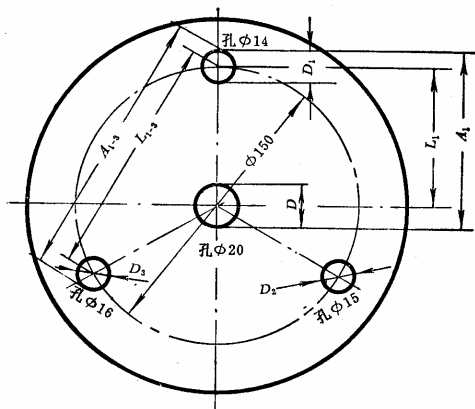


图 3-8 测量三孔的等分精度

而中心距的基本尺寸为  $150 \div 2 = 75\text{mm}$ 。如果  $L_1$ 、 $L_2$  和  $L_3$  都等于  $75\text{mm}$ ，就说明三个孔的中心线是在  $\phi 150\text{mm}$  的同一圆周上。

3 用  $125 \sim 150$  毫米的百分尺，分别量出  $D_1$  与  $D_2$ ； $D_2$  与  $D_3$ ； $D_1$  与  $D_3$  两圆柱销外表面的最大距离  $A_{1-2}$ 、 $A_{2-3}$ 、和  $A_{1-3}$ 。则它们之间的中心距为：

$$L_{1-2} = A_{1-2} - \frac{1}{2}(D_1 + D_2)$$

$$L_{2-3} = A_{2-3} - \frac{1}{2}(D_2 + D_3)$$

$$L_{1-3} = A_{1-3} - \frac{1}{2}(D_1 + D_3)$$

比较三个中心距的差值，就得三个孔的等分精度。如果三个中心距是相等的，即  $L_{1-2} = L_{2-3} = L_{1-3}$ ；就说明三个孔的中心线在圆周上是等分的。

## 六 杠杆千分尺

杠杆千分尺 又称指示千分尺，它是由外径千分尺的微分筒部分和杠杆卡规中指示机构组合而成的一种精密量具，见图 3-9。

杠杆千分尺的放大原理见图 3-9a，其指示值为  $0.002\text{mm}$ ，指示范围为  $\pm 0.06\text{mm}$ ， $r_1 = 2.54\text{mm}$ ， $r_2 = 12.195\text{mm}$ ， $r_3 = 3.195\text{mm}$ ，指针长  $R = 18.5\text{mm}$ ， $z_1 = 312$ ， $z_2 = 12$ ，则其传动放大比  $k$  为：

$$k \approx \frac{r_2 R}{r_1 r_3} \times \frac{z_1}{z_2} = \frac{12.195\text{mm} \times 18.5\text{mm}}{2.54\text{mm} \times 3.195\text{mm}} \times \frac{312}{12} = 723\text{mm}$$

即活动测砧移动  $0.002\text{mm}$  时，指针转过一格。读数值  $b$  为：

$$b \approx 0.002 k = 0.002 \times 723\text{mm} = 1.446\text{mm}$$

杠杆千分尺既可以进行相对测量，也可以像千分尺那样用作绝对测量。其分度值有  $0.001\text{mm}$  和  $0.002\text{mm}$  两种。

杠杆千分尺不仅读数精度较高，而且因弓形架的刚度较大，测量力由小弹簧产生，比普通千分尺的棘轮装置所产生的测量力稳定，因此，它的实际测量精度也较高。

### 3. 使用注意事项

1) 用杠杆卡规或杠杆千分尺作相对测量前，应按被测工件的尺寸，用量块调整好零位。

2) 测量时，按动退让按钮，让测量杆面轻轻接触工件，不可硬卡，以免测量面磨损而影响精度。

3) 测量工件直径时，应摆动量具，以指针的转折点读数为正确测量值。

## 七 内径百分尺

内径百分尺如图 3-10a 所示，其读数方法与外径百分尺相同。内径百分尺主要用于

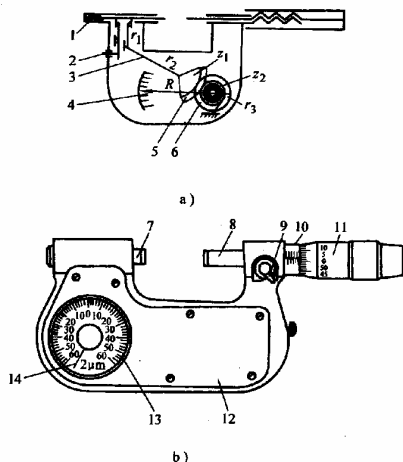


图 3-9 杠杆千分尺

1-压簧；2-拨叉；3-杠杆；4、14-指针；5-扇形齿轮  $z_1 = 312$ ；6-小齿轮  $z_2 = 12$ ；7-微动测杆；8-活动测杆；9-止动器；10-固定套筒；11-微分筒；12-盖板；13-表盘。

测量大孔径，为适应不同孔径尺寸的测量，可以接上接长杆(如图 3-10b)。连接时，只须将保护帽 5 旋去，将接长杆的右端(具有内螺纹)旋在百分尺的左端即可。接长杆可以一个接一个地连接起来，测量范围最大可达到 5000mm。内径百分尺与接长杆是成套供应的。目前，国产内径百分尺的测量范围 (mm)

50~250; 50~600; 100~1225; 100~1500; 100~5000; 150~1250; 150~1400; 150~2000; 150~3000; 150~4000; 150~5000; 250~2000; 250~4000; 250~5000; 1000~3000; 1000~4000; 1000~5000; 2500~5000。读数值 (mm): 0.01。

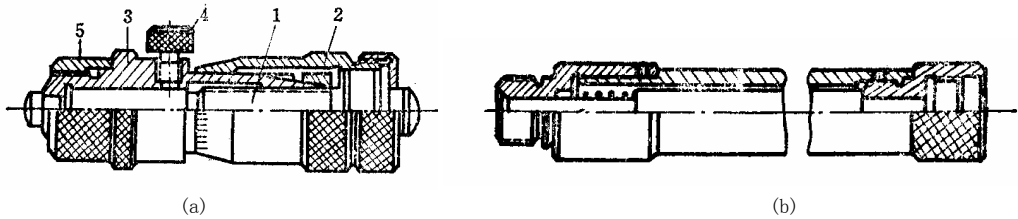


图 3-10 内径百分尺

a)-内径百分尺 b)-接长杆

1-测微螺杆 2-微分筒 3-固定套筒 4-制动螺钉 5-保护螺帽

内径百分尺上，没有测力装置，测量压力的大小完全靠手中的感觉。测量时，是把它调整到所测量的尺寸后(图 3-11)，轻轻放入孔内试测其接触的松紧程度是否合适。一端不动，另一端作左、右、前、后摆动。左右摆动，必须细心地放在被测孔的直径方向，以点接触，即测量孔径的最大尺寸处(最大读数处)，要防止如图 3-12 所示的错误位置。前后摆动应在测量孔径的最小尺寸处(即最小读数处)。按照这两个要求与孔壁轻轻接触，才能读出直径的正确数值。测量时，用力把内径百分尺压过孔径是错误的。这样做不但使测量面过早磨损，且由于细长的测量杆弯曲变形后，既损伤量具精度，又使测量结果不准确。

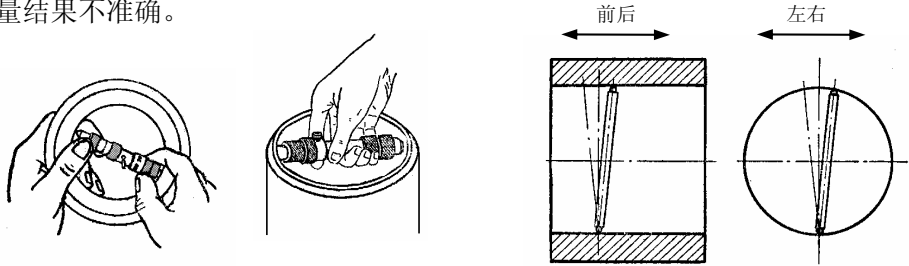


图 3-11 内径百分尺的使用

内径百分尺的示值误差比较大，如测 0~600mm 的内径百分尺，示值误差就有  $\pm 0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 。因此，在测量精度较高的内径时，应把内径百分尺调整到测量尺寸后，放在由量块组成的相等尺寸上进行校准，或把测量内尺寸时的松紧程度与测量量块组尺寸时的松紧程度进行比较，克服其示值误差较大的缺点。

内径百分尺，除可用来测量内径外，也可用来测量槽宽和机体两个内端面之间

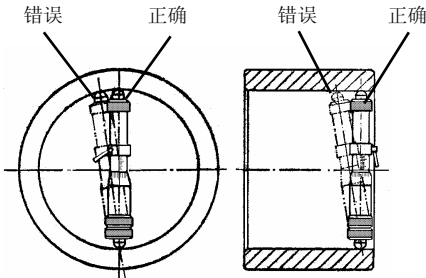


图 3-12 内径百分尺的错误位置

的距离等内尺寸。但 50mm 以下的尺寸不能测量，需用内测百分尺。

### 八 内测百分尺

内测百分尺如图 3-13 所示，是测量小尺寸内径和内侧面槽的宽度。其特点是容易找正内孔直径，测量方便。国产内测百分尺的读数值为 0.01mm，测量范围有 5~30 和 25~50mm 的两种，图 3-13 所示的是 5~30mm 的内测百分尺。内测百分尺的读数方法与外径百分尺相同，只是套筒上的刻线尺寸与外径百分尺相反，另外它的测量方向和读数方向也都与外径百分尺相反。

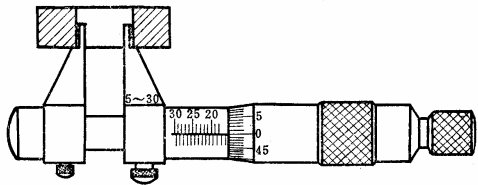


图 3-13 内测百分尺

### 九 三爪内径千分尺

三爪内径千分尺，适用于测量中小直径的精密内孔，尤其适于测量深孔的直径。测量范围(mm)：6~8, 8~10, 10~12, 11~14, 14~17, 17~20, 20~25, 25~30, 30~35, 35~40, 40~50, 50~60, 60~70, 70~80, 80~90, 90~100。三爪内径千分尺的零位，必须在标准孔内进行校对。

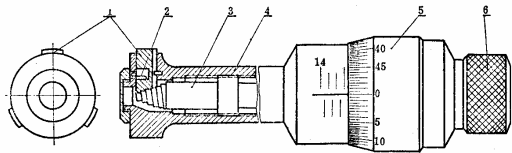


图 3-14 三爪内径千分尺

三爪内径千分尺的工作原理，图 3-14 为测量范围 11~14mm 的三爪内径千分尺，当顺时针旋转测力装置 6 时，就带动测微螺杆 3 旋转，并使它沿着螺纹轴套 4 的螺旋线方向移动，于是测微螺杆端部的方形圆锥螺纹就推动三个测量爪 1 作径向移动。扭簧 2 的弹力使测量爪紧紧地贴合在方形圆锥螺纹上，并随着测微螺杆的进退而伸缩。

三爪内径千分尺的方形圆锥螺纹的径向螺距为 0.25mm。即当测力装置顺时针旋转一周时测量爪 1 就向外移动(半径方向)0.25mm，三个测量爪组成的圆周直径就要增加 0.5mm。即微分筒旋转一周时，测量直径增大 0.5mm 而微分筒的圆周上刻着 100 个等分格，所以它的读数值为  $0.5\text{mm} \div 100 = 0.005\text{mm}$ 。

### 十 公法线长度千分尺

公法线长度千分尺如图 3-15 所示。主要用于测量外啮合圆柱齿轮的两个不同齿面公法线长度，也可以在检验切齿机床精度时，按被切齿轮的公法线检查其原始外形尺寸。它的结构与外径百分尺相同，所不同的是在测量面上装有两个带精确平面的量钳(测量面)来代替原来的测砧面。

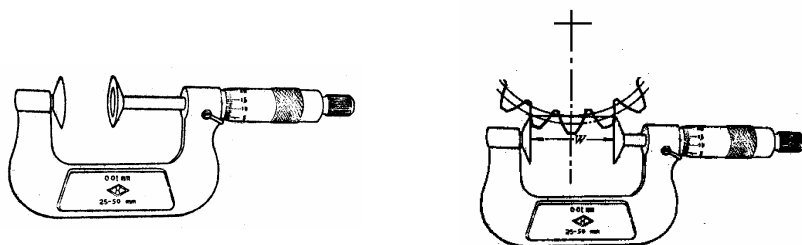


图 3-15 公法线长度测量

测量范围 (mm): 0~25, 25~50, 50~75, 75~100, 100~125, 125~150。读数  
值 (mm) 0.01。测量模数  $m$  (mm)  $\geq 1$ 。

### 十一 壁厚千分尺

壁厚千分尺如图 3-16 所示。主要用于测量精密管形零件的壁厚。壁厚千分尺的测  
量面镶有硬质合金, 以提高使用寿命。

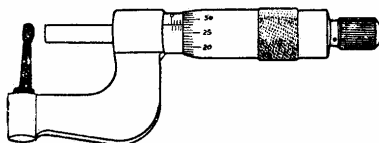


图 3-16 壁厚千分尺

测量范围 (mm): 0~10, 0~15, 0~25, 25~50, 50~75, 75~100。读数值 (mm) 0.01。

### 十二 板厚百分尺

板厚百分尺如图 3-17 所示。主要适用于测量板料的厚度尺寸。其规格见表 3-2。

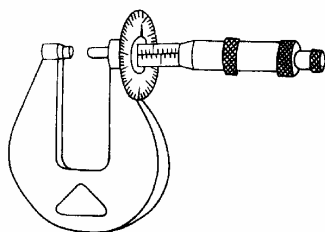


图 3-17 板厚百分尺

表-3-2 板厚百分尺规格 mm

| 测量范围   | 读数值  | 可测深度     |
|--------|------|----------|
| 0~10   | 0.01 | 50       |
| 0~15   |      |          |
| 0~25   |      | 150, 200 |
| 25~50  |      |          |
| 50~75  |      | 70       |
| 75~100 |      |          |
| 0~15   | 0.05 |          |
| 15~30  |      |          |

### 十三 尖头千分尺

尖头千分尺如图 3-18 所示, 主要用来测量  
零件的厚度、长度、直径及小沟槽。如钻头和  
偶数槽丝锥的沟槽直径等。

测量范围 (mm) : 0~25, 25~50, 50~75,  
75~100。读数值 (mm) 0.01。

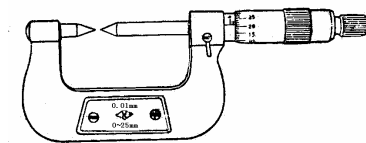


图 3-18 尖头千分尺

#### 十四 螺纹千分尺

螺纹千分尺如图 3-19 所示。主要用于测量普通螺纹的中径。

螺纹千分尺的结构与外径百分尺相似，所不同的是它有两个特殊的可调换的量头 1 和 2，其角度与螺纹牙形角相同的。

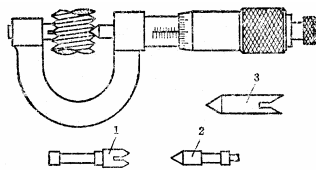


图 3-19 螺纹千分尺

1、2-量头 3-校正规

测量范围与测量螺距的范围见表 3-3

表 3-3 普通螺纹中径测量范围

| 测量范围<br>(mm)       | 测头数量<br>(副) | 测头测量螺距的范围 (mm)                           |
|--------------------|-------------|------------------------------------------|
| 0~25               | 5           | 0.4~0.5; 0.6~0.8; 1~1.25; 1.5~2; 2.5~3.5 |
| 25~50              | 5           | 0.6~0.8; 1~1.25; 1.5~2; 2.5~3.5; 4~6     |
| 50~75<br>75~100    | 4           | 1~1.25; 1.5~2; 2.5~3.5; 4~6              |
| 100~125<br>125~150 | 3           | 1.5~2; 2.5~3.5; 4~6                      |

#### 十五 深度百分尺

深度百分尺如图 3-20 所示，用以测量孔深、槽深和台阶高度等。它的结构，除用基座代替尺架和测砧外，与外径百分尺没有什么区别。

深度百分尺的读数范围 (mm): 0~25, 25~100, 100~150, 读数值 (mm) 为 0.01。它的测量杆 6 制成可更换的形式，更换后，用锁紧装置 4 锁紧。

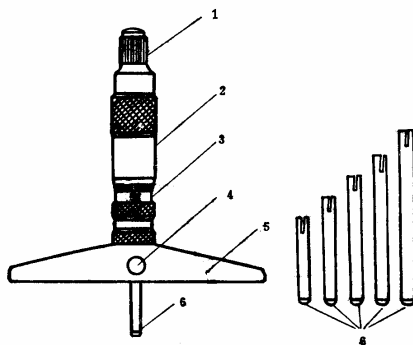


图 3-20 深度百分尺

1-测力装置; 2-微分筒; 3-固定套筒;  
4-锁紧装置; 5-底板; 6-测量杆

深度百分尺校对零位可在精密平面上进行。即当基座端面与测量杆端面位于同一平面时，微分筒的零线正好对准。当更换测量杆时，一般零位不会改变。

深度百分尺测量孔深时，应把基座 5 的测量面紧贴在被测孔的端面上。零件的这一端面应与孔的中心线垂直，且应当光洁平整，使深度百分尺的测量杆与被测孔的中心线平行，保证测量精度。此时，测量杆端面到基座端面的距离，就是孔的深度。

#### 十六 数字外径百分尺

近来，我国有数字外径百分尺（图 3-21），用数字表示读数，使用更为方便。还有在固定套筒上刻有游标，利用游标可读出 0.002 或 0.001mm 的读数值。

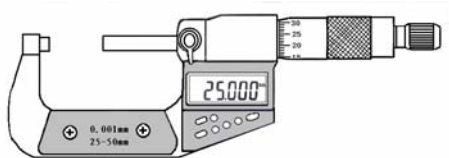


图 3-21 数字外径百分尺

## 第四章 量 块

### 一 量块的用途和精度

量块又称块规。它是机器制造业中控制尺寸的最基本的量具，是从标准长度到零件之间尺寸传递的媒介，是技术测量上长度计量的基准。

长度量块是用耐磨性好，硬度高而不易变形的轴承钢制成矩形截面的长方块，如图 4-1 所示。它有上、下两个测量面和四个非测量面。两个测量面是经过精密研磨和抛光加工的很平、很光的平行平面。量块的矩形截面尺寸是：基本尺寸 0.5~10mm 的量块，其截面尺寸为 30mm×9mm；基本尺寸大于 10 至 1000mm，其截面尺寸为 35mm×9mm。

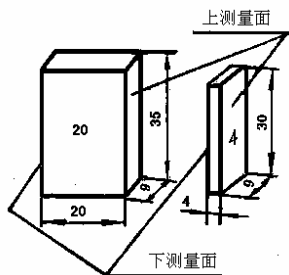


图 4-1 量块

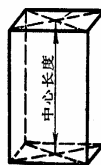


图 4-2 量块的中心长度

量块的工作尺寸不是指两测面之间任何处的距离，因为两测面不是绝对平行的，因此量块的工作尺寸是指中心长度，即量块的一个测量面的中心至另一个测量面相粘合面（其表面质量与量块一致）的垂直距离。在每块量块上，都标记着它的工作尺寸：当量块尺寸等于或大于 6mm 时，工作标记在非工作面上；当量块在 6mm 以下时，工作尺寸直接标记在测量面上。

量块的精度，根据它的工作尺寸（即中心长度）的精度、和两个测量面的平面平行度的准确程度，分成五个精度级，即 00 级、0 级、1 级 2 级和 (3) 级。0 级量块的精度最高，工作尺寸和平面平行度等都做得很准确，只有零点几个微米的误差，一般仅用于省市计量单位作为检定或校准精密仪器使用。1 级量块的精度次之，2 级更次之。3 级量块的精度最低，一般作为工厂或车间计量站使用的量块，用来检定或校准车间常用的精密量具。

量块是精密的尺寸标准，制造不容易。为了使工作尺寸偏差稍大的量块，仍能作为精密的长度标准使用，可将量块的工作尺寸检定得准确些，在使用时加上量块检定的修正值。这样做，虽在使用时比较麻烦，但它可以将偏差稍大的量块，仍作为尺寸的精密标准。

### 二 成套量块和量块尺寸的组合

量块是成套供应的，并每套装成一盒。每盒中有各种不同尺寸的量块，其尺寸编组有一定的规定。常用成套量块的块数和每块量块的尺寸，见表 4-1。

在总块数为 83 块和 38 块的两盒成套量块中，有时带有四块护块，所以每盒成为 87 块和 42 块了。护块即保护量块，主要是为了减少常用量块的磨损，在使用时可放在

量块组的两端，以保护其它量块。

每块量块只有一个工作尺寸。但由于量块的两个测量面做得十分准确而光滑，具有可粘合的特性。即将两块量块的测量面轻轻地推合后，这两块量块就能粘合在一起，不会自己分开，好像一块量块一样。由于量块具有可粘合性，每块量块只有一个工作尺寸的缺点就克服了。利用量块的可粘合性，就可组成各种不同尺寸的量块组，大大扩大了量块的应用。但为了减少误差，希望组成量块组的块数不超过 4~5 块。

为了使量块组的块数为最小值，在组合时就要根据一定的原则来选取块规尺寸，即首先选择能去除最小位数的尺寸的量块。例如，若要组成 87.545mm 的量块组，其量块尺寸的选择方法如下：

|            |          |
|------------|----------|
| 量块组的尺寸     | 87.545mm |
| 选用的第一块量块尺寸 | 1.005mm  |
| 剩下的尺寸      | 86.54mm  |
| 选用的第二块量块尺寸 | 1.04mm   |
| 剩下的尺寸      | 85.5mm   |
| 选用的第三块量块尺寸 | 5.5mm    |
| 剩下的即为第四块尺寸 | 80mm     |

量块是很精密的量具，使用时必须注意以下几点：

- 1 使用前，先在汽油中洗去防锈油，再用清洁的麂皮或软绸擦干净。不要用棉纱头去擦量块的工作面，以免损伤量块的测量面。
- 2 清洗后的量块，不要直接用手去拿，应当用软绸衬起来拿。若必须用手拿量块时，应当把手洗干净，并且要拿在量块的非工作面上。
- 3 把量块放在工作台上时，应使量块的非工作面与台面接触。不要把量块放在蓝图上，因为蓝图表面有残留化学物，会使量块生锈。
- 4 不要使量块的工作面与非工作面进行推合，以免擦伤测量面。
- 5 量块使用后，应及时在汽油中清洗干净，用软绸揩干后，涂上防锈油，放在专用的盒子里。若经常需要使用，可在洗净后不涂防锈油，放在干燥缸内保存。绝对不允许将量块长时间的粘合在一起，以免由于金属粘结而引起不必要损伤。

三 量块附件

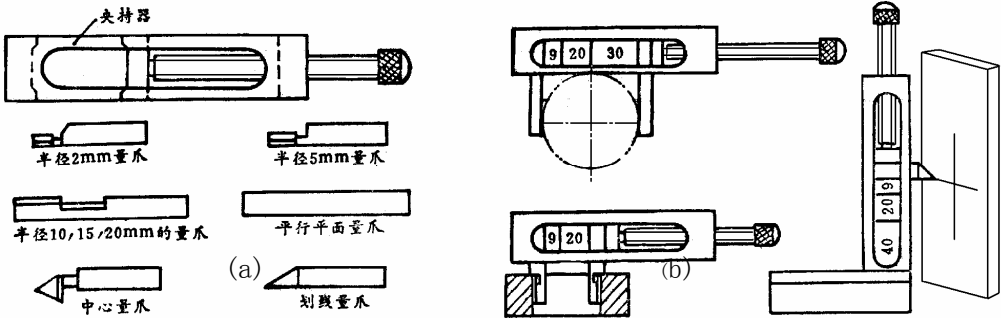


图 4-3 量块的附件及其使用

为了扩大量块的应用范围，便于各种测量工作，可采用成套的量块附件。量块附件

中，主要的是不同长度的夹持器和各种测量用的量脚，如图 4-3(a)所示。量块组与量块附件装置后，可用作校准量具尺寸(如内径百分尺的校准)，测量轴径、孔径、高度和划线等工作，如图 4-3(b)所示。

表 4-1 成套量块的编组

| 套别 | 总块数             | 精度级别               | 尺寸系列 (mm)                                 | 间隔 (mm) | 块数 |
|----|-----------------|--------------------|-------------------------------------------|---------|----|
| 1  | 91              | 00, 0, 1           | 0.5, 1                                    | —       | 2  |
|    |                 |                    | 1.001, 1.002, …, 1.009                    | 0.001   | 9  |
|    |                 |                    | 1.01, 1.02, …, 1.49                       | 0.01    | 49 |
|    |                 |                    | 1.5, 1.6, …, 1.9                          | 0.1     | 5  |
|    |                 |                    | 2.0, 2.5, …, 9.5                          | 0.5     | 16 |
|    |                 |                    | 10, 20, …, 100                            | 10      | 10 |
| 2  | 83              | 00, 0, 1<br>2, (3) | 0.5, 1, 1.005                             | —       | 3  |
|    |                 |                    | 1.01, 1.02, …, 1.49                       | 0.01    | 49 |
|    |                 |                    | 1.5, 1.6, …, 1.9                          | 0.1     | 5  |
|    |                 |                    | 2.0, 2.5, …, 9.5                          | 0.5     | 16 |
|    |                 |                    | 10, 20, …, 100                            | 10      | 10 |
| 3  | 46              | 0, 1, 2            | 1                                         | —       | 1  |
|    |                 |                    | 1.001, 1.002, …, 1.009                    | 0.001   | 9  |
|    |                 |                    | 1.01, 1.02, …, 1.09                       | 0.01    | 9  |
|    |                 |                    | 1.1, 1.2, …, 1.9                          | 0.1     | 9  |
|    |                 |                    | 2, 3, …, 9                                | 1       | 8  |
|    |                 |                    | 10, 20, …, 100                            | 10      | 10 |
| 4  | 38              | 0, 1, 2<br>(3)     | 1, 1.005                                  | —       | 2  |
|    |                 |                    | 1.01, 1.02, …, 1.09                       | 0.01    | 9  |
|    |                 |                    | 1.1, 1.2, …, 1.9                          | 0.1     | 9  |
|    |                 |                    | 2, 3, …, 9                                | 1       | 8  |
|    |                 |                    | 10, 20, …, 100                            | 10      | 10 |
| 5  | 10 <sup>-</sup> | 00, 0, 1           | 0.991, 0.992, …, 1                        | 0.001   | 10 |
| 6  | 10 <sup>+</sup> |                    | 1, 1.001, …, 1.009                        | 0.001   | 10 |
| 7  | 10 <sup>-</sup> |                    | 1.991, 1.992, …, 2                        | 0.001   | 10 |
| 8  | 10 <sup>+</sup> |                    | 2, 2.001, …, 2.009                        | 0.001   | 10 |
| 9  | 8               | 00, 0, 1<br>2, (3) | 125, 150, 175, 200, 250,<br>300, 400, 500 | —       | 8  |
| 10 | 5               |                    | 600, 700, 800, 900, 1000                  | —       | 5  |

## 第五章 指示式量具

指示式量具是以指针指示出测量结果的量具。车间常用的指示式量具有：百分表、千分表、杠杆百分表和内径百分表等。主要用于校正零件的安装位置，检验零件的形状精度和相互位置精度，以及测量零件的内径等。

### 一 百分表的结构

百分表和千分表，都是用来校正零件或夹具的安装位置检验零件的形状精度或相互位置精度的。它们的结构原理没有什么大的不同，就是千分表的读数精度比较高，即千分表的读数值为  $0.001\text{mm}$ ，而百分表的读数值为  $0.01\text{mm}$ 。车间里经常使用的是百分表，因此，本节主要是介绍百分表。

百分表的外形如图 5-1 所示。8 为测量杆，6 为指针，表盘 3 上刻有 100 个等分格，其刻度值(即读数)为  $0.01\text{mm}$ 。当指针转一圈时，小指针即转动一小格，转数指示盘 5 的刻度值为  $1\text{mm}$ 。用手转动表圈 4 时，表盘 3 也跟着转动，可使指针对准任一时刻线。测量杆 8 是沿着套筒 7 上下移动的，套筒 8 可作为安装百分表用。9 是测量头，2 是手提测量杆用的圆头。

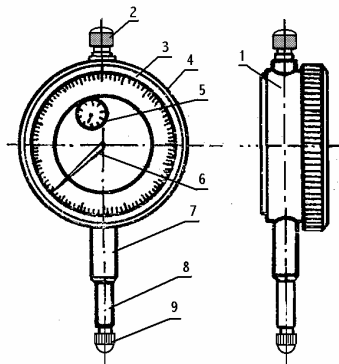


图 5-1 百分表

图 5-2 是百分表内部机构的示意图。带有齿条的测量杆 1 的直线移动，通过齿轮传动( $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ )，转变为指针 2 的回转运动。齿轮  $Z_4$  和弹簧 3 使齿轮传动的间隙始终在一个方向，起着稳定指针位置的作用。弹簧 4 是控制百分表的测量压力的。

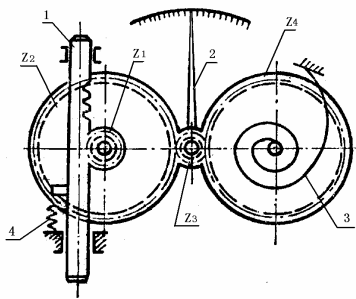


图 5-2 百分表的内部结构

由于百分表和千分表的测量杆是作直线移动的，可用来测量长度尺寸，所以它们也是长度测量工具。目前，国产百分表的测量范围(即测量杆的最大移动量)，有  $0\sim 3\text{mm}$ ； $0\sim 5\text{mm}$ ； $0\sim 10\text{mm}$  的三种。读数值为  $0.001\text{mm}$  的千分表，测量范围为  $0\sim 1\text{mm}$ 。

### 二 百分表和千分表的使用方法

由于千分表的读数精度比百分表高，所以百分表适用于尺寸精度为 IT6~IT8 级零件的校正和检验；千分表则适用于尺寸精度为 IT5~IT7 级零件的校正和检验。百分表和千分表按其制造精度，可分为 0、1 和 2 级三种，0 级精度较高。使用时，应按照零件的形状和精度要求，选用合适的百分表或千分表的精度等级和测量范围。

使用百分表和千分表时，必须注意以下几点：

1 使用前，应检查测量杆活动的灵活性。即轻轻推动测量杆时，测量杆在套筒内的移动要灵活，没有任何轧卡现象，且每次放松后，指针能回复到原来的刻度位置。

2 使用百分表或千分表时，必须把它固定在可靠的夹持架上(如固定在万能表架或磁性表座上，图 5-3 所示)，夹持架要安放平稳，免使测量结果不准确或摔坏百分表。

用夹持百分表的套筒来固定百分表时，夹紧力不要过大，以免因套筒变形而使测量杆活动不灵活。

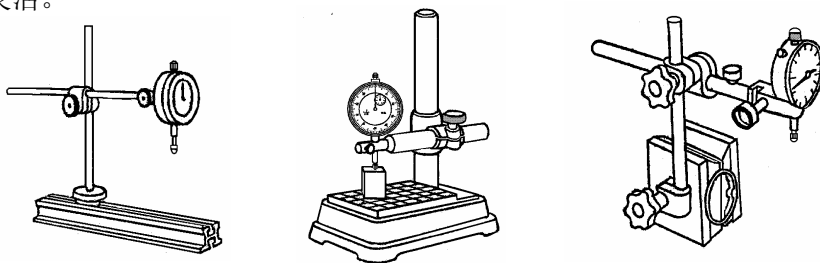


图 5-3 安装在专用夹持架上的百分表

1 用百分表或千分表测量零件时，测量杆必须垂直于被测量表面。图 5-4 所示。即使测量杆的轴线与被测量尺寸的方向一致，否则将使测量杆活动不灵活或使测量结果不准确。

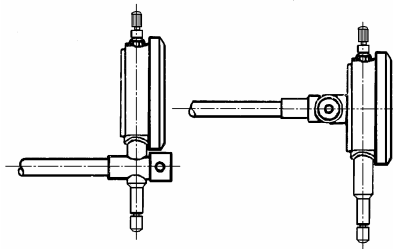


图 5-4 百分表安装方法

2 测量时，不要使测量杆的行程超过它的测量范围；不要使测量头突然撞在零件上；不要使百分表和千分表受到剧烈的振动和撞击，亦不要把零件强迫推入测量头下，免得损坏百分表和千分表的机件而失去精度。因此，用百分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的零件是错误的。

3 用百分表校正或测量零件时，如图 5-5 所示。应当使测量杆有一定的初始测力。即在测量头与零件表面接触时，测量杆应有 0.3~1mm 的压缩量(千分表可小一点，有 0.1mm 即可)，使指针转过半圈左右，然后转动表圈，使表盘的零位刻线对准指针。轻轻地拉动手提测量杆的圆头，拉起和放松几次，检查指针所指的零位有无改变。当指针的零位稳定后，再开始测量或校正零件的工作。如果是校正零件，此时开始改变零件的相对位置，读出指针的偏摆值，就是零件安装的偏差数值。

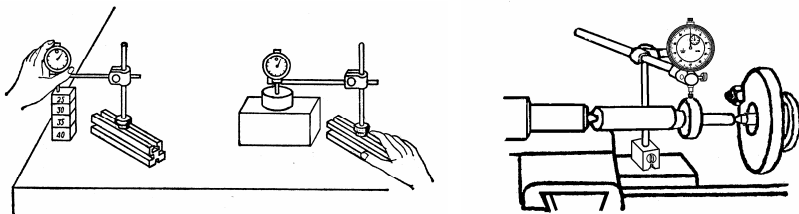


图 5-5 百分表尺寸校正与检验方法

6 检查工件平整度或平行度时，如图 5-6 所示。将工件放在平台上，使测量头与

$\frac{1}{3}$   $\frac{1}{2}$

图 5-6 轴类零件圆度、圆柱度及跳动

检验工件的偏心率时，如果偏心距较小，可按图 5-7 所示方法测量偏心距，把被测轴装在两顶尖之间，使百分表的测量头接触在偏心部位上（最高点），用手转动轴，百分表上指示出的最大数字和最小数字（最低点）之差的  $\frac{1}{2}$  就等于偏心距的实际尺寸。偏心套的偏心距也可用上述方法来测量，但必须将偏心套装在心轴上进行测量。

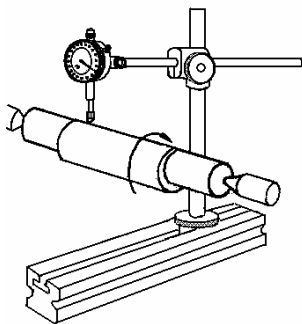


图 5-7 在两顶尖上测量偏心距的方法

The technical drawing consists of two parts. On the left is a cross-sectional view of a circular component mounted on a V-shaped base. The overall diameter of the circular part is labeled  $D$ . The height of the circular part from the base is labeled  $L$ . The thickness of the circular part is labeled  $a$ . The radius of the circular part is labeled  $\frac{D}{2}$ . The height of the V-shaped base is labeled  $c$ . On the right is a perspective view of a cylindrical component mounted on a rectangular base. The cylindrical component has two circular faces, each with a dial or gauge mounted on it. The cylindrical component is labeled with  $D$  and  $L$ .

图 5-8 偏心距的间接测量方法

式中  $e$  ——偏心距 (mm);

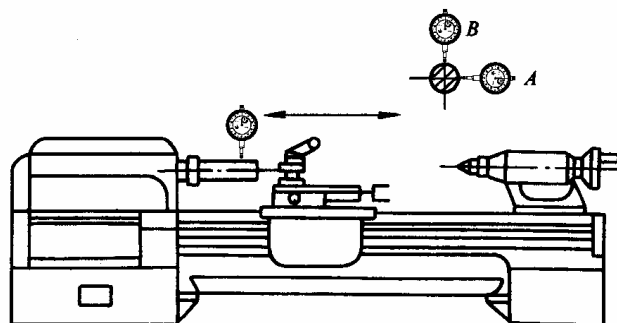
$D$  ——基准轴外径 (mm);

$d$  ——偏心轴直径 (mm);

$a$  ——基准轴外圆到偏心轴外圆之间最小距离 (mm)。

用上述方法, 必须把基准轴直径和偏心轴直径用百分尺测量出正确的实际尺寸, 否则计算时会产生误差。

7 检验车床主轴轴线对刀架移动平行度时, 在主轴锥孔中插入一检验棒, 把百分表固定在刀架上, 使百分表测头触及检验棒表面, 图 5-9 所示。移动刀架, 分别对侧母线 A 和上母线 B 进行检验, 记录百分表读数的最大差值。为消除检验棒轴线与旋转轴线不重合对测量的影响, 必须旋转主轴  $180^\circ$ , 再同样检验一次 A、B 的误差分别计算, 两次测量结果的代数和之半就是主轴轴线对刀架移动的平行度误差。要求水平面内的平行度允差只许向前偏, 即检验棒前端偏向操作者; 垂直平面内的平行度允差只许向上偏。



A) 侧母线位置 B) 上母线位置

图 5-9 主轴轴线对刀架移动的平行度检验

8 检验刀架移动在水平面内直线度时, 将百分表固定在刀架上, 使其测头顶在主轴和尾座顶尖间的检验棒侧母线上 (图 5-10 位置 A), 调整尾座, 使百分表在检验棒两端的读数相等。然后移动刀架, 在全行程上检验。百分表在全行程上读数的最大代数差值, 就是水平面内的直线度误差。

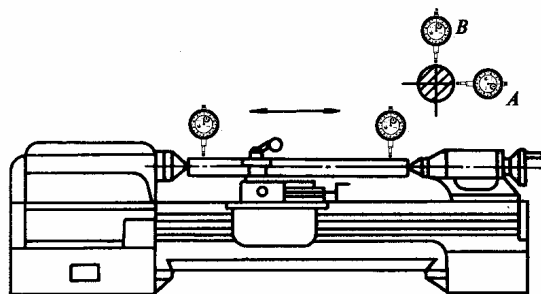


图 5-10 刀架移动在水平面内的直线度检验

8 在使用百分表和千分表的过程中, 要严格防止水、油和灰尘渗入表内, 测量杆上也不要加油, 免得粘有灰尘的油污进入表内, 影响表的灵活性。

9 百分表和千分表不使用时，应使测量杆处于自由状态，免使表内的弹簧失效。如内径百分表上的百分表，不使用时，应拆下来保存。

### 三 杠杆百分表

杠杆千分表的分度值为  $0.002\text{mm}$ ，其原理如图 5-11 所示，当测量杆 1 向左摆动时，拨杆 2 推动扇形齿轮 3 上的圆柱销 C 使扇形齿轮绕轴 B 逆时针转动，此时圆柱销 D 与拨杆 2 脱开。当测量杆 1 向右摆动时，拨杆 2 推动扇形齿轮上的圆柱销 D 也使扇形齿轮绕轴 B 逆时针转动，此时圆柱销 C 与拨杆 2 脱开。这样，无论测量杆 1 向左或向右摆动，扇形齿轮 3 总是逆时针方向转动。扇形齿轮 3 再带动小齿轮 4 以及同轴的端面齿轮 5，经小齿轮 6，由指针 7 在刻度盘上指示出数值。

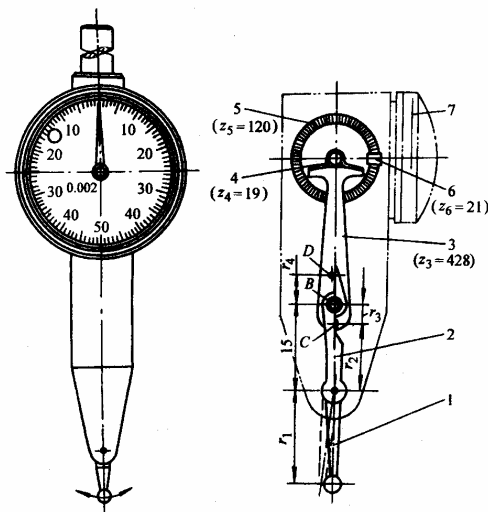


图 5-11 杠杆千分表

1-测量杆；2-拨杆；3-扇形齿轮；4-小齿轮；5-端面齿轮；6-小齿轮；7-指针。

已知  $r_1=16.39\text{mm}$ ， $r_2=12\text{mm}$ ， $r_3=3\text{mm}$ ， $r_4=5\text{mm}$ ， $z_3=428$ ， $z_4=19$ ， $z_5=120$ ， $z_6=21$ ，当测量杆向左移动  $0.2\text{mm}$  时，指针 7 的转数  $n$  为：

$$n \approx \frac{0.2\text{mm}}{16.39\text{mm}} \times \frac{12}{2\pi \times 3} \times \frac{428}{19} \times \frac{120}{21} \approx 1r$$

由于刻度盘等分 100 格，因此 1 格所表示的测量值  $b$  为：

$$b \approx \frac{0.2\text{mm}}{100} = 0.002\text{mm}$$

当测量杆向右移动  $0.2\text{mm}$  时，指针 7 的转数为：

$$n \approx \frac{0.2\text{mm}}{16.39\text{mm}} \times \frac{20}{2\pi \times 5} \times \frac{428}{19} \times \frac{120}{21} \approx 1r$$

由于杠杆比  $\frac{12}{2\pi \times 3}$  和  $\frac{20}{2\pi \times 5}$  相同，因此测量杆向左或向右转动的两条传动链的传动比是相等的，也就是分度值相等。

### 四 杠杆百分表和千分表的使用方法

#### 1 使用注意事项

1) 千分表应固定在可靠的表架上，测量前必须检查千分表是否夹牢，并多次提拉

千分表测量杆与工件接触，观察其重复指示值是否相同。

2) 测量时，不准用工件撞击测头，以免影响测量精度或撞坏千分表。为保持一定的起始测量力，测头与工件接触时，测量杆应有 0.3~0.5mm 的压缩量。

3) 测量杆上不要加油，以免油污进入表内，影响千分表的灵敏度。

4) 千分表测量杆与被测工件表面必须垂直，否则会产生误差。

5) 杠杆千分表的测量杆轴线与被测工件表面的夹角愈小，误差就愈小。如果由于测量需要， $\alpha$  角无法调小时(当  $\alpha > 15^\circ$  )，其测量结果应进行修正。从图 5-12 可知，当平面上升距离为  $a$  时，杠杆千分表摆动的距离为  $b$ ，也就是杠杆千分表的读数为  $b$ ，因为  $b > a$ ，所以指示读数增大。具体修正计算式如下：

$$a = b \cos \alpha$$

**例** 用杠杆千分表测量工件时，测量杆轴线与工件表面夹角  $\alpha$  为  $30^\circ$ ，测量读数为 0.048mm，求正确测量值。

**解**  $a = b \cos \alpha = 0.048 \times \cos 30^\circ = 0.048 \times 0.866 = 0.0416 \text{ (mm)}$

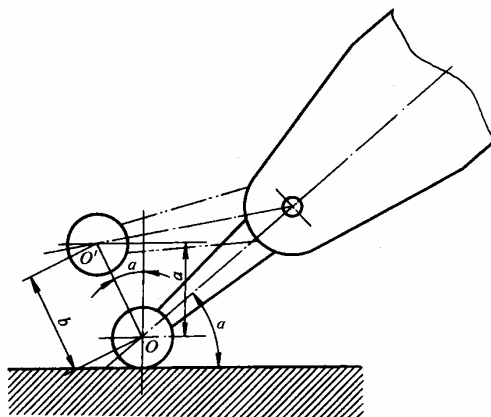


图 5-12 杠杆千分表测杆轴线位置引起的测量误差

2 杠杆百分表体积较小，适合于零件上孔的轴心线与底平面的平行度的检查，如图 5-13 所示。将工件底平面放在平台上，使测量头与 A 端孔表面接触，左右慢慢移动表座，找出工件孔径最底点，调整指针至零位，将表座慢慢向 B 端推进。也可以工件转换方向，再使测量头与 B 端孔表面接触，A、B 两端指针最底点和最高点在全程上读数的最大差值，就是全部长度上的平行度误差。

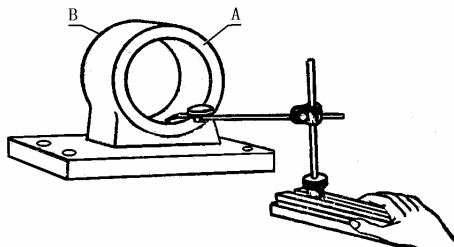


图 5-13 孔的轴心线与底平面的平行度检验方法

3 用杠杆百分表检验键槽的直线度时，如图 5-14 所示。在键槽上插入检验块，将工件放在 V 形铁上，百分表的测头触及检验块表面进行调整，使检验块表面与轴心线平

行。调整好平行度后，将测头接触 A 端平面，调整指针至零位，将表座慢慢向 B 端移动，在全程上检验。百分表在全程上读数的最大代数差值，就是水平面内的直线度误差。

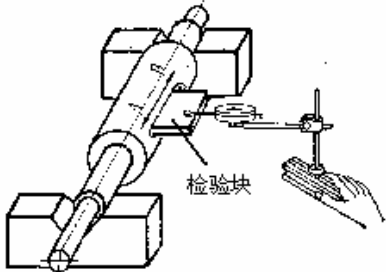


图 5-14 键槽直线度的检验方法

4 检验车床主轴轴向窜动量时，在主轴锥孔内插入一根短锥检验棒，在检验棒中心孔放一颗钢珠，将千分表固定在车床上，使千分表平测头顶在钢珠上(图 5-15 位置 A)，沿主轴轴线加一力 F，旋转主轴进行检验，千分表读数的最大差值，就是主轴轴向窜动的误差。

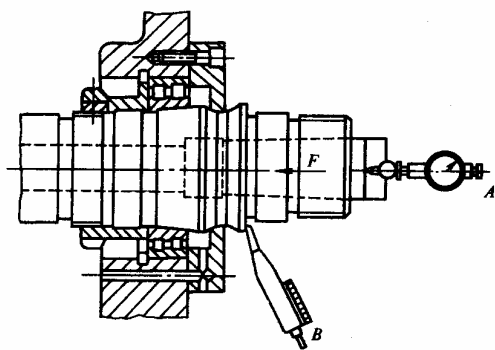


图 5-15 主轴轴向窜动和轴肩支承面跳动检验

5 车床主轴轴肩支承面跳动的检验时，将千分表固定在车床上使其测头顶在主轴轴肩支承面靠近边缘处(图 5-15 位置 B)，沿主轴轴线加一力 F，旋转主轴检验。千分表的最大读数差值，就是主轴轴肩支承面的跳动误差。

检验主轴的轴向窜动和轴肩支承面跳动时外加一轴向力 F，是为了消除主轴轴承轴向间隙对测量结果的影响。其大小一般等于  $1/2 \sim 1$  倍主轴重量。

6 内外圆同轴度的检验，在排除内外圆本身的形状误差时，可用圆跳动量的  $\frac{1}{2}$  来计算。以内孔为基准时，可把工件装在两顶尖的心轴上，用百分表或杠杆表检验（图 5-16）。百分表（杠杆表）在工件转一周的读数，就是工件的圆跳动。以外圆为基准时，把工件放在 V 形铁上，如图 5-17 所示，用杠杆表检验。这种方法可测量不能安装在心轴上的工件。

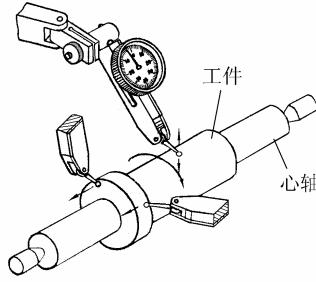


图 5-16 在心轴上检验圆跳动

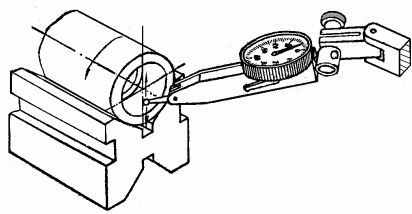


图 5-17 在 V 形铁上检验圆跳动

7 齿向准确度检验,如图 5-18 所示。将锥齿轮套入测量心轴,心轴装夹于分度头上,校正分度头主轴使其处于准确的水平位置,然后在游标高度尺上装一杠杆百分表,用百分表找出测量心轴上母线的最高点,并调整零位,将游标高度尺连同百分表降下一个心轴半径尺寸,此时百分表的测头零位正好处在锥齿轮的中心位置上。再用调好零位的百分表去测量齿轮处于水平方向的某一个齿面,使该齿大小端的齿面最高点都处在百分表的零位上。此时,该齿面的延伸线与齿轮轴线重合。以后,只须摇动分度盘依次进行分齿,并测量大小端读数是否一致,若读数一致,说明该齿侧方向齿向精度是合格的,否则,该项精度有误差。一侧齿测量完毕后,将百分表测头改成反方向,用同样的方法测量轮齿另一侧的齿向精度。

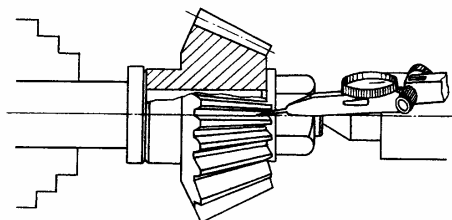


图 5-18 检查齿向精度

## 五 内径百分表

内径百分表是内量杠杆式测量架和百分表的组合,如图 5-19 所示。用以测量或检验零件的内孔、深孔直径及其形状精度。

内径百分表测量架的内部结构,由图 5-19 可见。在三通管 3 的一端装着活动测量头 1,另一端装着可换测量头 2,垂直管口一端,通过连杆 4 装有百分表 5。活动测头 1 的移动,使传动杠杆 7 回转,通过活动杆 6,推动百分表的测量杆,使百分表指针产生回转。由于杠杆 7 的两侧触点是等距离的,当活动测头移动 1mm 时,活动杆也移动 1mm,推动百分表指针回转一圈。所以,活动测头的移动量,可以在百分表上读出来。

两触点量具在测量内径时,不容易找正孔的直径方向,定心护桥 8 和弹簧 9 就起了一个帮助找正直径位置的作用,使内径百分表的两个测量头正好在内孔直径的两端。活动测头的测量压力由活动杆 6 上的弹簧控制,保证测量压力一致。

内径百分表活动测头的移动量,小尺寸的只有 0~1mm,大尺寸的可有 0~3mm,它的测量范围是由更换或调整可换测头的长度来达到的。因此,每个内径百分表都附有成套的可换测头。国产内径百分表的读数值为 0.01mm,测量范围有 10~18; 18~35; 35~50; 50~100; 100~160mm; 160~250; 250~450。

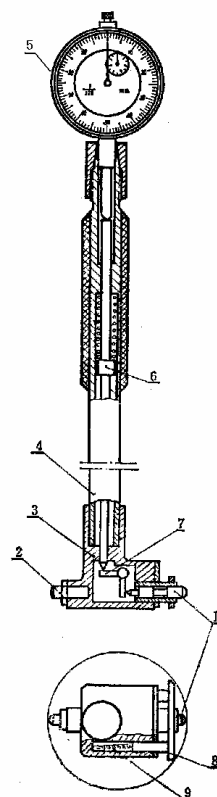


图 5-19 内径百分表

用内径百分表测量内径是一种比较量法，测量前应根据被测孔径的大小，在专用的环规或百分尺上调整好尺寸后才能使用。调整内径百分表的尺寸时，选用可换测头的长度及其伸出的距离（大尺寸内径百分表的可换测头，是用螺纹旋上去的，故可调整伸出的距离，小尺寸的不能调整），应使被测尺寸在活动测头总移动量的中间位置。

内径百分表的示值误差比较大，如测量范围为 35~50mm 的，示值误差为 $\pm 0.015\text{mm}$ 。为此，使用时应当经常的在专用环规或百分尺上校对尺寸（习惯上称校对零位），必要时可在如图 4-3 所示的由块规附件装夹好的块规组上校对零位，并增加测量次数，以便提高测量精度。

内径百分表的指针摆动读数，刻度盘上每一格为 0.01mm，盘上刻有 100 格，即指针每转一圈为 1mm。

### 六 内径百分表的使用方法

内径百分表用来测量圆柱孔，它附有成套的可调测量头，使用前必须先进行组合和校对零位，如图 5-19 所示。

组合时，将百分表装入连杆内，使小指针指在 0~1 的位置上，长针和连杆轴线重合，刻度盘上的字应垂直向下，以便于测量时观察，装好后应予紧固。

粗加工时，最好先用游标卡尺或内卡钳测量。因内径百分表同其它精密量具一样属贵重仪器，其好坏与精确直接影响到工件的加工精度和其使用寿命。粗加工时工件加工表面粗糙不平而测量不准确，也使测头易磨损。因此，须加以爱护和保养，精加工时再进行测量。

测量前应根据被测孔径大小用外径百分尺调整好尺寸后才能使用，如图 5-20 所示。在调整尺寸时，正确选用可换测头的长度及其伸出距离，应使被测尺寸在活动测头总移动量的中间位置。

测量时，连杆中心线应与工件中心线平行，不得歪斜，同时应在圆周上多测几个点，找出孔径的实际尺寸，看是否在公差范围以内。图 5-21 所示。



图 5-19 内径百分表

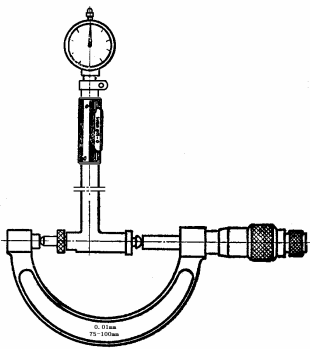


图 5-20 用外径百分尺调整尺寸

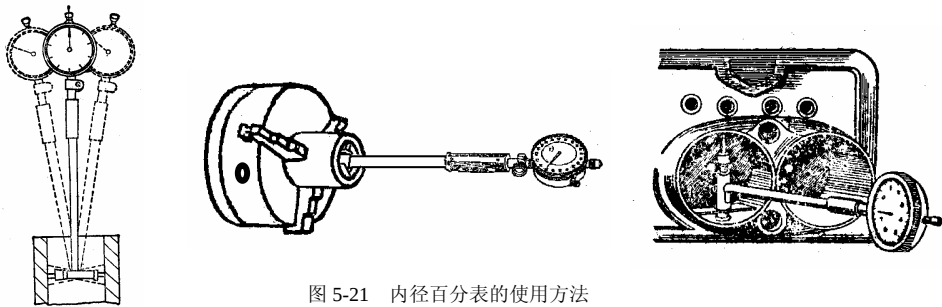


图 5-21 内径百分表的使用方法

## 第六章 角度量具

### 一 万能角度尺

万能角度尺是用来测量精密零件内外角度或进行角度划线的角度量具，它有以下几种，如游标量角器、万能角度尺等。

万能角度尺的读数机构，如图 6-1 所示。是由刻有基本角度刻线的尺座 1，和固定在扇形板 6 上的游标 3 组成。扇形板可在尺座上回转移动（有制动器 5），形成了和游标卡尺相似的游标读数机构。

万能角度尺尺座上的刻度线每格  $1^\circ$ 。由于游标上刻有 30 格，所占的总角度为  $29^\circ$ ，因此，两者每格刻线的度数差是

$$1^\circ - \frac{29^\circ}{30} = \frac{1^\circ}{30} = 2'$$

即万能角度尺的精度为  $2'$ 。

万能角度尺的读数方法，和游标卡尺相同，先读出游标零线前的角度是几度，再从游标上读出角度“分”的数值，两者相加就是被测零件的角度数值。

在万能角度上，基尺 4 是固定在尺座上的，角尺 2 是用卡块 7 固定在扇形板上，可移动尺 8 是用卡块固定在角尺上。若把角尺 2 拆下，也可把直尺 8 固定在扇形板上。由于角尺 2 和直尺 8 可以移动和拆换，使万能角度尺可以测量  $0^\circ \sim 320^\circ$  的任何角度，如图 6-2 所示。

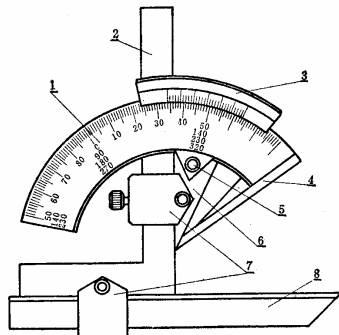


图 6-1 万能角度尺

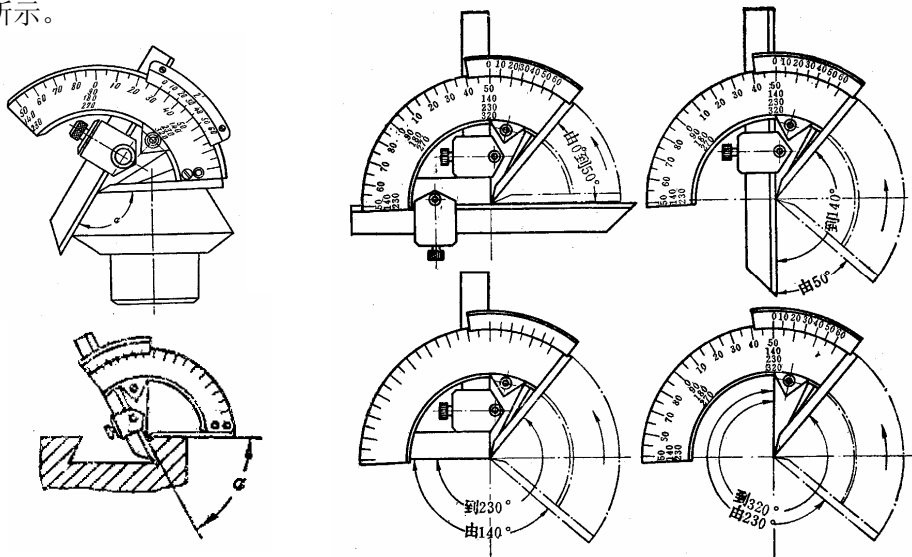


图 6-2 万能量角尺的应用

由图 6-2 可见，角尺和直尺全装上时，可测量  $0^\circ \sim 50^\circ$  的外角度，仅装上直尺时，可测量  $50^\circ \sim 140^\circ$  的角度，仅装上角尺时，可测量  $140^\circ \sim 230^\circ$  的角度，把角尺和直尺全拆下时，可测量  $230^\circ \sim 320^\circ$  的角度（即可测量  $40^\circ \sim 130^\circ$  的内角度）。

万能量角尺的尺座上，基本角度的刻线只有  $0^\circ \sim 90^\circ$ ，如果测量的零件角度大于  $90^\circ$ ，

则在读数时，应加上一个基数（90°；180°；270°；）。当零件角度为：>90°~180°，被测角度=90°+量角尺读数，>180°~270°，被测角度=180°+量角尺读数，>270°~320°被测角度=270°+量角尺读数。

用万能角度尺测量零件角度时，应使基尺与零件角度的母线方向一致，且零件应与量角尺的两个测量面的全长上接触良好，以免产生测量误差。

### 二 游标量角器

游标量角器的结构见图 6-3(a)。它由直尺 1、转盘 2、固定角尺 3 和定盘 4 组成。直尺 1 可顺其长度方向在适当的位置上固定，转盘 2 上有游标刻线 5。它的精度为 5'。产生这种精度的刻线原理如图 6-3(b) 所示。定盘上每格角度线 1 度，转盘上自零度线起，左右各刻有 12 等分角度线，其总角度是 23°。所以游标上每格的度数是

$$\frac{23^{\circ}}{12} = 115' = 1^{\circ}55'$$

定盘上 2 格与转盘上 1 格相差度数是

$$2^{\circ} - 1^{\circ}55' = 5'$$

即这种量角器的精度为 5'。

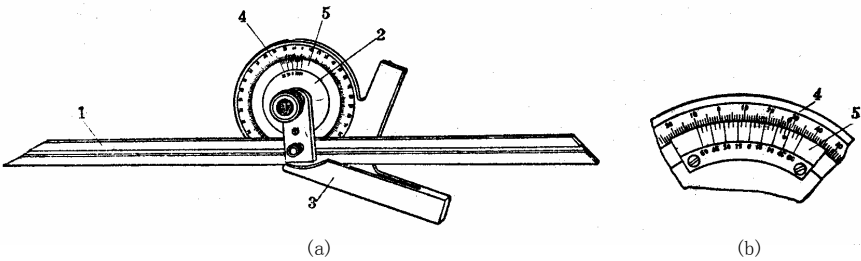


图 6-3 游标量角器  
1-尺身 2-转盘 3-固定角尺 4-定盘

图 6-4 为游标量角器的各种使用方法示例。

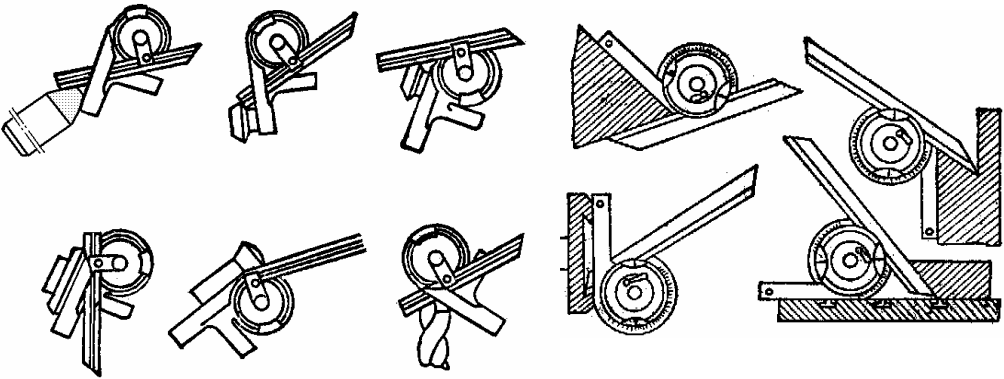


图 6-4 游标量角器的使用方法

### 三 万能角尺

万能角尺如图 6-5 所示。主要用于测量一般的角度、长度、深度、水平度以及在圆形工件上定中心等。又称万能钢角尺、万能角度尺、组合角尺。它由钢尺 1、活动量角器 2、中心角规 3、固定角规 4 组成。其钢尺的长度为 300mm。

1 钢尺 钢尺是万能角尺的主件，使用时与其他附件配合。钢尺正面刻有尺寸线，背面有一条长槽，用来安装其他附件。

2 活动量角器 活动量角器上有一转盘，盘面刻有  $0\sim 180^\circ$  的刻度，当中还有水准器。把这个量角器装上钢尺以后，可量出  $0\sim 180^\circ$  范围内的任意角度。扳成需要角度后，用螺钉紧固。

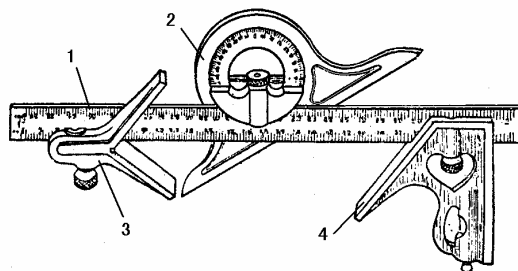


图 6-5 万能角度尺

1-钢尺 2-活动量角器 3-中心角规 4-固定角规

3. 中心角规 中心角规的两条边成  $90^\circ$ 。装上钢尺后，尺边与钢尺成  $45^\circ$  角，可用来求出圆形工件的中心。

4. 固定角规 固定角规有一长边，装上钢尺后成  $90^\circ$ 。另一条斜边与钢尺成  $45^\circ$ 。在长边的一端插一根划针作划线用。旁边还有水准器。

图 6-6 为万能角尺应用的图例。

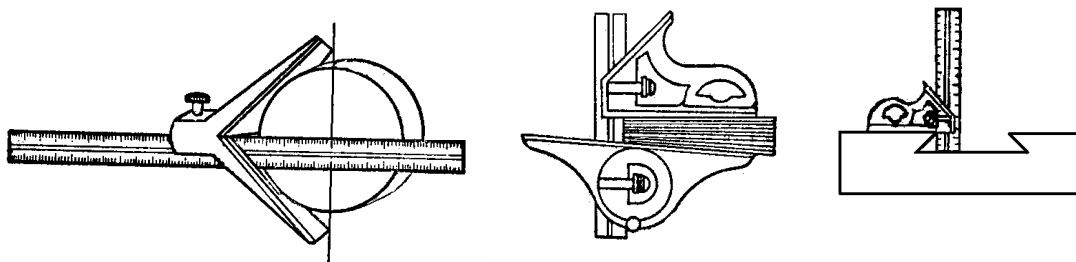


图 6-6 万能角尺的使用方法

### 四 带表角度尺

带表角度尺如图 6-7 所示。用于测量任意角度，测量精度比一般角度尺高。测量范围： $4\times 90^\circ$ 、读数值为  $2'$ 、 $5'$ ； $0\sim 360^\circ$ ，分度值为  $5'$ 。

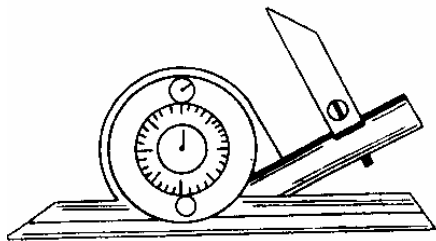


图 6-7 带表角度尺

## 五 中心规

中心规如图 6-8a 所示。主要用于检验螺纹及螺纹车刀角度(图 6-8b) 和螺纹车刀在安装时校正正确位置。车螺纹时, 为了保证齿形正确, 对安装螺纹车刀提出了较高的要求。对于三角螺纹, 它的齿形要求对称和垂直于工件轴心线, 即两半角相等。安装时为了使两半角相等, 可按图 6-9 所示用中心规对刀。也可校验车床顶针的准确性。其规格有  $55^\circ$ 、 $60^\circ$  两种。

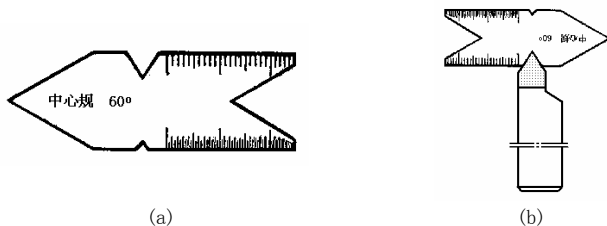


图 6-8 中心规

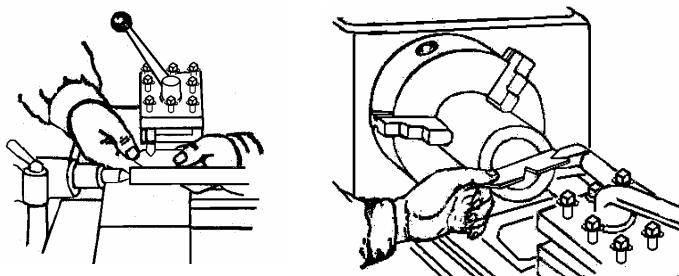


图 6-9 螺纹车刀对刀方法

## 六 正弦规

正弦规是用于准确检验零件及量规角度和锥度的量具。它是利用三角函数的正弦关系来度量的, 故称正弦规或正弦尺、正弦台。由图 6-10 可见, 正弦规主要由带有精密工作平面的主体和两个精密圆柱组成, 四周可以装有挡板(使用时只装互相垂直的两块), 测量时作为放置零件的定位板。国产正弦规有宽型的和窄型的两种, 其规格见表 6-1。

正弦规的两个精密圆柱的中心距的精度很高, 窄型正弦规的中心距 200mm 的误差不大于 0.003mm; 宽型的不大于 0.005mm。同时, 主体上工作平面的平直度, 以及它与两个圆柱之间的相互位置精度都很高, 因此可以用于精密测量, 也可作为机床上加工带角度零件的精密定位用。利用正弦规测量角度和锥度时, 测量精度可达  $\pm 3'' \sim \pm 1''$ , 但适宜测量小于  $40^\circ$  的角度。

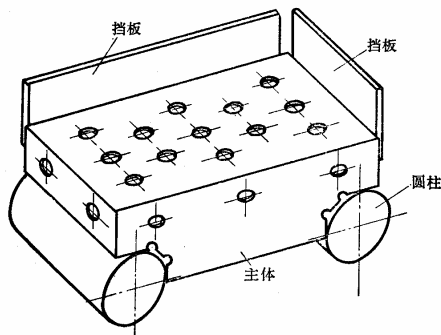


图 6-10 正弦规

表 6-1 正弦规的规格

| 两圆柱中心距<br>(mm) | 圆柱直径<br>(mm) | 工作台宽度(mm) |    | 精度等级  |
|----------------|--------------|-----------|----|-------|
|                |              | 窄型        | 宽型 |       |
| 100            | 20           | 25        | 80 | 0.1 级 |
| 200            | 30           | 40        | 80 |       |

图 6-11 是应用正弦规测量圆锥塞规锥角的示意图。应用正弦规测量零件角度时, 先把正弦规放在精密平台上, 被测零件(如圆锥塞规)放在正弦规的工作平面上, 被测零件的定位面平靠在正弦规的挡板上, (如圆锥塞规的前端面靠在正弦规的前挡板上)。在正弦规的一个圆柱下面垫入量块, 用百分表检查零件全长的高度, 调整量块尺寸, 使百分表在零件全长上的读数相同。此时, 就可应用直角三角形的正弦公式, 算出零件的角度。

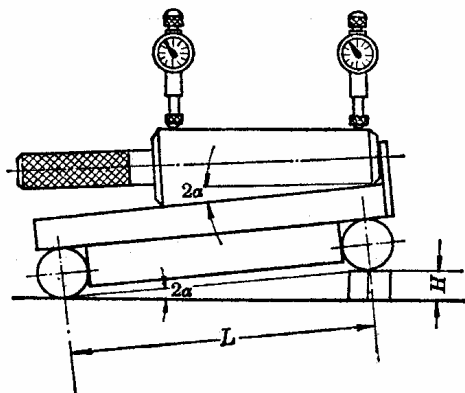


图 6-11 正弦规的应用

$$\text{正弦公式: } \sin 2\alpha = \frac{H}{L} \quad H = L \times \sin 2\alpha = \frac{H}{L}$$

式中  $\sin$  ——正弦函数符号,

$2\alpha$  ——圆锥的锥角(度),

$H$  ——量块的高度(mm),

$L$  ——正弦规两圆柱的中心距(mm)。

例如, 测量圆锥塞规的锥角时, 使用的是窄型正弦规, 中心距  $L=200\text{mm}$ , 在一个圆柱下垫入的量块高度  $H=10.06\text{mm}$  时, 才使百分表在圆锥塞规的全长上读数相等。此时圆锥塞规的锥角计算如下:

$$\sin 2\alpha = \frac{H}{L} = \frac{10.06}{200} = 0.0503$$

查正弦函数表得  $2\alpha = 2^\circ 53'$ 。即圆锥塞规的实际锥角为  $2^\circ 53'$ 。

图 6-12 是锥齿轮的锥角检验。由于节锥是一个假想的圆锥, 直接测量节锥角有困难, 通常以测量根锥角  $\delta_f$  值来代替。简单的测量方法是用全角样板测量根锥顶角, 或用半角样板测量根锥角。此外, 也可用正弦规测量, 将锥齿轮套在心轴上, 心轴置于正弦规上, 将正弦规垫起一个根锥角  $\delta_f$ , 然后用百分表测量齿轮大小端的齿根部即可。根据根锥角  $\delta_f$  值计算应垫起的量块高度  $H$

$$H = L \sin \delta_f$$

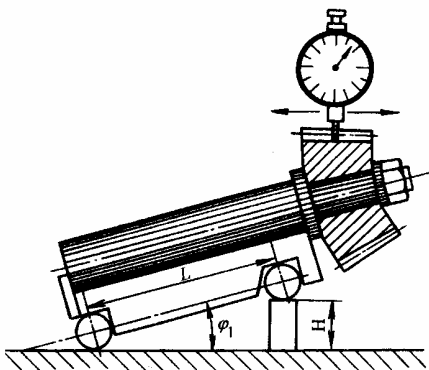


图 6-12 用正弦规检验根锥角

式中  $H$ ——量块高度;

$L$ ——正弦规两圆柱的中心距;

$\delta_f$ ——锥齿轮的根锥角。

## 七 车刀量角台

### 1. 车刀量角台的构造

车刀量角台(图 6-13)是测量车刀角度的专用仪器。它由底座 1、指示板 2、平台 3、定位块 4、指针 5、扇形板 6、立柱 7 和螺母 8 组成。底座 1 为圆盘形, 零线左右各有刻度  $100^\circ$ 。平台 3 可在底座上绕  $Z$  轴左右转动, 转动的角度可由固定在平台底部的指示板 2 指示出来。扇形板 6 上有刻度  $\pm 45^\circ$ 。指针 5 可以绕其轴转动, 转动的角度可在扇形板的刻度上指示出来。针 5 下端是测量板, 测量板有下刃 A、右侧刃 B、左侧刃 C 和前测量面 D。立柱 7 上有螺纹。转动螺母 8 可使扇形板 6 上下移动。

平台 3 绕  $Z$  轴旋转的平面代表基面  $P$ 。因大指针的前测量面 D 与基面垂直, 当转动平台 3 使主切削刃靠拢 D 面时, D 面就代表切削平面。转动平台 3, 使大指针(指针指在刻度零的位置)底边 A 与主切削刃上某点接触, 并与主切削刃在基面上的投影垂直时, 大指针的测量面 D 所指示的平面就是主切削刃上该点的正交平面(或称为主剖面)。

### 2 车刀角度的测量

测量车刀各个角度前, 应先将指示板 2 和指针 5 对准零位, 把待测车刀放到平台 3 上, 并与定位块靠紧, 即完成了各个角度测量前的“准备态”。

1) 测量主偏角  $\kappa_r$ , 将平台 3 绕  $Z$  轴顺时针转动, 使车刀主切削刃与指针测量板的 D 平面贴合, 从指示板 2 指示出的圆盘刻度值即为  $\kappa_r$  值。说明: 主刀刃绕轴  $Z$  作顺时针转动, 也就是使主刀刃与测量板的 D 面贴合, 所贴合的线段视为进给方向。贴合后的转角, 由于是在圆盘刻度上度量的, 即表示测量到主切削刃在基面上的投影与进给方向之间的夹角  $\kappa_r$ 。

2) 测量副偏角  $\kappa'_r$ , 将平台 3 绕  $Z$  轴逆时针转动即可测出  $\kappa'_r$  值。说明: 同理, 副切削刃绕轴  $Z$  作逆时针转动, 也是使副切削刃与 D 面贴合, 其转角同样是在圆盘刻度上度量的, 即表示测量得到副切削刃在基面上的投影与进给反方向之间的夹角  $\kappa'_r$ 。

3) 测量前角  $\gamma_0$ , 使平台 3 绕  $Z$  轴逆时针转过  $(90^\circ - \kappa_r)$  角, 然后使测量板下刃 A 与前刀面贴合, 前角  $\gamma_0$  的数值从扇形板 6 上读出。说明: D 平面代表主剖面, 将平台绕  $Z$  轴逆时针转过  $(90^\circ - \kappa_r)$  角, 这是使主剖面垂直于主切削刃, 由此可测量在主剖面内度量的车刀角度。测量板下刃 A 是与基面平行可代表基面, 当测量板下刃 A 与前刀面贴

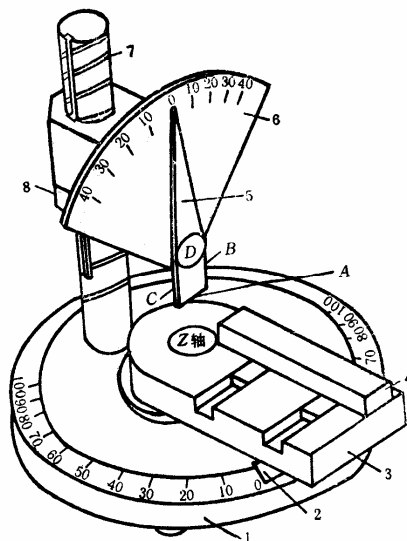


图 6-13 车刀量角台

1-底座; 2-指示板; 3-平台; 4-定位块;  
5-指针; 6-扇形板; 7-立柱; 8-螺母。

合时，由大指针 5 在扇形板上指示的角度，即为在主剖面内测量到的基面与前刀面之间的夹角  $\gamma_0$ 。

4) 测量后角  $\alpha_0$ ，先使平台 3 绕 Z 轴逆时针转过  $(90^\circ - \kappa_r)$  角，再使测量板右侧刃 B 与主后刀面贴合。后角  $\alpha_0$  的数值从扇形板 6 上该得。说明：与测量前角的主剖面位置相同，同时也可以测量后角。用代表切削平面 D 的右侧刃 B 与主后刀面相贴合，其大指针 5 在扇形板上所指示的角度，即为在主剖面内测量到的切削平面与主后刀面之间的夹角  $\alpha_0$ 。

5) 测量刃倾角  $\lambda_s$ ，转动平台 3，调节螺母，使指针 5 的底边 A 与主切削刃贴合，刃倾角  $\lambda_s$  可从扇形板上读出。指针反时针转刃倾角为正，顺时针转刃倾角为负。说明：指针 5 的底边 A 是与基面平行的，因此 A 边可代表基面，当 A 边与主切削刃贴合时，由大指针在扇形板上所指示的角度，即为在切削平面内测量到的主切削刃与基面之间的夹角  $\lambda_s$ 。（正值或负值）。

## 第七章 水平仪

水平仪是测量角度变化的一种常用量具，主要用于测量机件相互位置的水平位置和设备安装时的平面度、直线度和垂直度，也可测量零件的微小倾角。

常用的水平仪有条式水平仪、框式水平仪和数字式光学合象水平仪等。

### 一 条式水平仪

图 7-1 是钳工常用的条式水平仪。条式水平仪由作为工作平面的 V 型底平面和与工作平面平行的水准器（俗称气泡）两部分组成。工作平面的平直度和水准器与工作平面的平行度都做得很精确。当水平仪的底平面放在准确的水平位置时，水准器内的气泡正好在中间位置（即水平位置）。在水准器玻璃管内气泡两端刻线为零线的两边，刻有不少于 8 格的刻度，刻线间距为 2mm。当水平

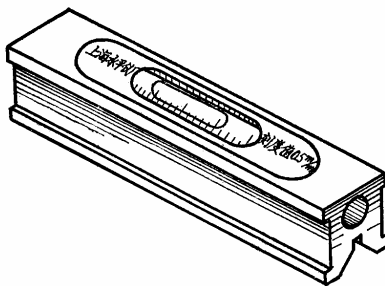


图 7-1 条式水平仪

仪的底平面与水平位置有微小的差别时，也就是水平仪底平面两端有高低时，水准器内的气泡由于地心引力的作用总是往水准器的最高一侧移动，这就是水平仪的使用原理。两端高低相差不多时，气泡移动也不多，两端高低相差较大时，气泡移动也较大，在水准器的刻度上就可读出两端高低的差值。

表 7-1 水平仪的规格

| 品种 | 外形尺寸 (mm) |       |       | 分度值 |           |
|----|-----------|-------|-------|-----|-----------|
|    | 长         | 阔     | 高     | 组别  | (mm/m)    |
| 框式 | 100       | 25~35 | 100   | I   | 0.02      |
|    | 150       | 30~40 | 150   |     |           |
|    | 200       | 35~40 | 200   |     |           |
|    | 250       | 40~50 | 250   | II  | 0.03~0.05 |
|    | 300       |       | 300   |     |           |
| 条式 | 100       | 30~35 | 35~40 | II  | 0.03~0.05 |
|    | 150       | 35~40 | 35~45 |     |           |
|    | 200       | 40~45 | 40~50 | III | 0.06~0.15 |
|    | 250       |       |       |     |           |
|    | 300       |       |       |     |           |

条式水平仪的规格见表 7-1。条式水平仪分度值的说明，如分度值  $0.03\text{mm}/\text{m}$ ，即表示气泡移动一格时，被测量长度为  $1\text{m}$  的两端上，高低相差  $0.03\text{mm}$ 。再如，用  $200\text{mm}$  长，分度值为  $0.05\text{mm}/\text{m}$  的水平仪，测量  $400\text{mm}$  长的平面的水平度。先把水平仪放在平面的左侧，此时若气泡向右移动二格，再把水平仪放在平面的右侧，此时若气泡向左移动三格，则说明这个平面是中间高两侧低的凸平面。中间高出多少毫米呢？从左侧看中间比左端高二格，即在被测量长度为  $1\text{m}$  时，中间高  $2 \times 0.05 = 0.10\text{mm}$ ，现实际测量长度为  $200\text{mm}$ ，是  $1\text{m}$  的  $\frac{1}{5}$ ，所以，实际上中间比左端高  $0.10 \times \frac{1}{5} = 0.02\text{mm}$ 。从右侧看：中

间比右端高三格，即在被测量长度为 1m 时，中间高  $3 \times 0.05 = 0.15\text{mm}$ ，现实际测量长度为 200mm，是 1m 的  $\frac{1}{5}$ ，所以，实际上中间比右端高  $0.15 \times \frac{1}{5} = 0.03\text{mm}$ 。由此可知，中间比左端高 0.02mm，中间比右端高 0.03mm，则中间比两端高出的数值为  $(0.02 + 0.03) \div 2 = 0.025\text{mm}$ 。

## 二 框式水平仪

图 7-2 是常用的框式水平仪，主要由框架 1 和弧形玻璃管主水准器 2、调整水准 3 组成。利用水平仪上水准泡的移动来测量被测部位角度的变化。

框架的测量面有平面和 V 形槽，V 形槽便于在圆柱面上测量。弧形玻璃管的表面上有刻线，内装乙醚(或酒精)，并留有一个水准泡，水准泡总是停留在玻璃管内的最高处。若水平仪倾斜一个角度，气泡就向左或向右移动，根据移动的距离(格数)，直接或通过计算即可知道被测工件的直线度，平面度或垂直度误差。

水平仪工作原理(图 7-3)，精度为  $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$  的水平仪玻璃管，曲率半径  $R=103132\text{mm}$ ，当平面在 1000mm 长度中倾斜 0.02mm，则倾斜角  $\theta$  为：

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{0.02\text{mm}}{1000} = 0.00002 \\ \theta &= 4'' \end{aligned}$$

水准泡转过的角度应与平面转过的角度相等，则水准泡移动的距离(1 格)为：

$$\begin{aligned} a &= \frac{2\pi R \theta}{360 \times 60 \times 60} \\ &= \frac{2\pi \times 103132\text{mm} \times 4''}{360 \times 60 \times 60} \\ &= 2\text{mm} \end{aligned}$$

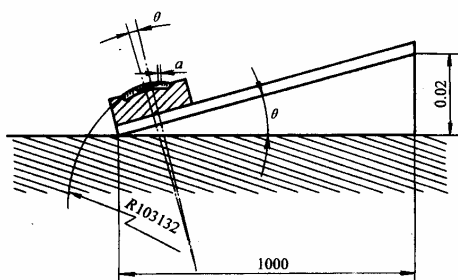


图 7-3 框式水平仪工作原理

水平仪的读数方法有直接读数法和平均读数法两种。

1)直接读数法 以气泡两端的长刻线作为零线，气泡相对零线移动格数作为读数，这种读数方法最为常用，见图 7-4。

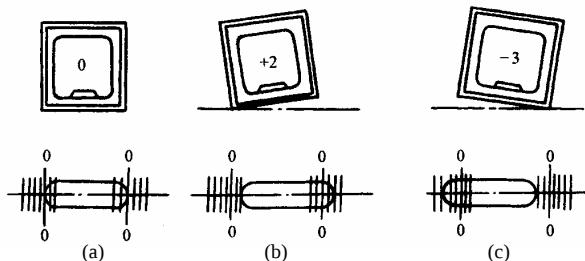


图 7-4 直接读数法

图 7-4a 表示水平仪处于水平位置，气泡两端位于长线上，读数为“0”；图 7-4b 表

示水平仪逆时针方向倾斜，气泡向右移动，图示位置读数为“+2”；图 7-4c 表示水平仪顺时针方向倾斜，气泡向左移动，图示位置读数为“-3”。

2) 平均读数法 由于环境温度变化较大，使气泡变长或缩短，引起读数误差而影响测量的正确性，可采用平均读数法，以消除读数误差。

平均读数法读数是分别从两条长刻线起，向气泡移动方向读至气泡端点止，然后取这两个读数的平均值作为这次测量的读数。

图 7-5a 表示，由于环境温度较高，气泡变长，测量位置使气泡左移。读数时，从左边长刻线起，向左读数“-3”；从右边长刻线起，向左读数“-2”。取这两个读数的平均值，作为这次测量的读数：

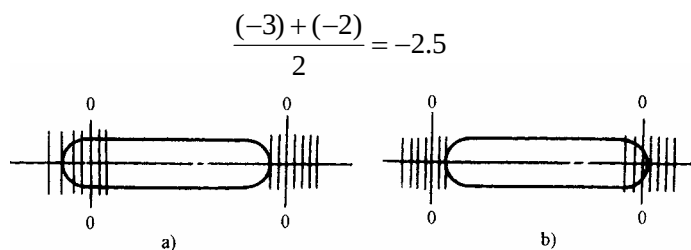


图 7-5 平均读数法

图 7-5b 表示，由于环境温度较低，气泡缩短，测量位置使气泡右移，按上述读数方法，读数分别为“+2”和“+1”，则测量的读数值是：

$$\frac{(+2) + (+1)}{2} = +1.5$$

框架水平仪的使用方法：

1 框架水平仪的两个 V 形测量面是测量精度的基准，在测量中不能与工作的粗糙面接触或摩擦。安放时必须小心轻放，避免因测量面划伤而损坏水平仪和造成不应有的测量误差。

2 用框架水平仪测量工件的垂直面时，不能握住与副侧面相对的部位，而用力向工件垂直平面推压，这样会因水平仪的受力变形，影响测量的准确性。正确的测量方法是手握持副侧面内侧，使水平仪平稳、垂直地（调整气泡位于中间位置）贴在工件的垂直平面上，然后从纵向水准读出气泡移动的格数。

3 使用水平仪时，要保证水平仪工作面和工件表面的清洁，以防止脏物影响测量的准确性。测量水平面时，在同一个测量位置上，应将水平仪调过相反的方向再进行测量。当移动水平仪时，不允许水平仪工作面与工件表面发生摩擦，应该提起来放置。如图 7-6 所示。

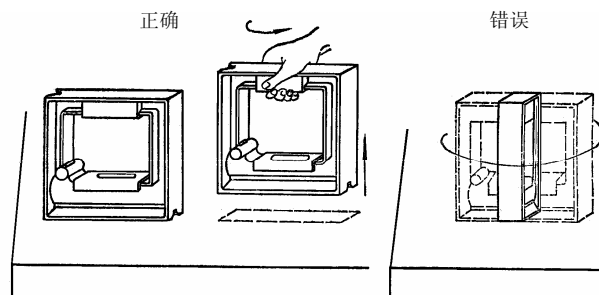
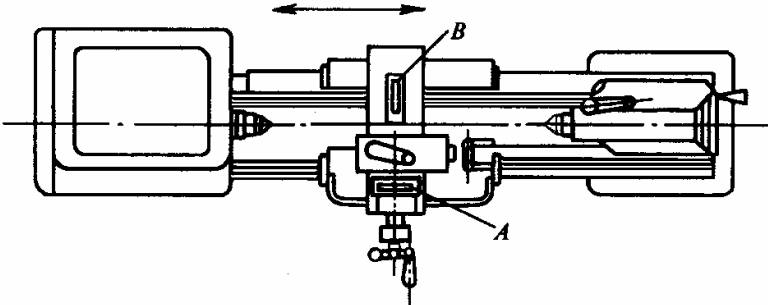


图 7-6 水平仪的使用方法

4 当测量长度较大工件时，可将工件平均分若干尺寸段，用分段测量法，然后根

据各段的测量读数，绘出误差坐标图，以确定其误差的最大格数。如图 7-7 所示。床身导轨在纵向垂直平面内直线度的检验时，将方框水平仪纵向放置在刀架上靠近前导轨处（图 7-7 中位置 A），从刀架处于主轴箱一端的极限位置开始，从左向右移动刀架，每次移动距离应近似等于水平仪的边框尺寸（200mm）。依次记录刀架在每一测量长度位置时的水平仪读数。将这些读数依次排列，用适当的比例画出导轨在垂直平面内的直线度误差曲线。水平仪读数为纵坐标，刀架在起始位置时的水平仪读数为起点，由坐标原点起作一折线段，其后每次读数都以前折线段的终点为起点，画出应折线段，各折线段组成的曲线，即为导轨在垂直平面内直线度曲线。曲线相对其两端连线的最大坐标值，就是导轨全长的直线度误差，曲线上任一局部测量长度内的两端点相对曲线两端点的连线坐标差值，也就是导轨的局部误差。



A、B 水平仪

图 7-7 纵向导轨在垂直平面内的直线度检验

**例** 一台床身导轨长度为 1600mm 的卧式车床，用尺寸为 200mm×200mm、精度为 0.02mm / 1000mm 的方框水平仪检验其直线度误差。

将导轨分成 8 段，使每段长度为水平仪边框尺寸（200mm），分段测得水平仪的读数为：+1、+2、+1、0、-1、0、-1、-0.5。根据这些读数画出误差曲线图（图 7-8）。作图的坐标为：纵轴方向每一格表示水平仪气泡移动一格的数值；横轴方向表示水平仪的每段测量长度。作出曲线后再将曲线的首尾（两端点）连线 I-I。并经曲线的最高点作垂直于水平轴方向的垂线与连线相交的那段距离 n，即为导轨的直线度误差的格数。从误差曲线图可以看到，导轨在全长范围内呈现出中间凸的状态，且凸起值最大在导轨 600mm-800mm 长度处。

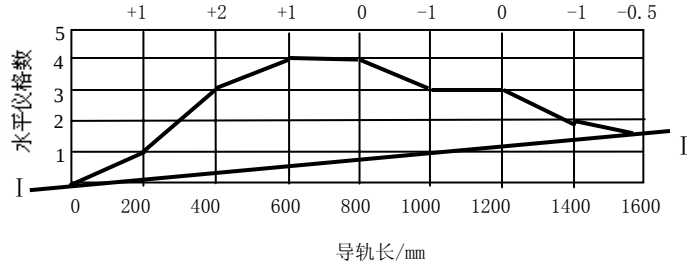


图 7-8 导轨在垂直平面内直线度误差曲线图

将水平仪测量的偏差格数换算成标准的直线度误差值  $\delta$

$$\delta = n i l$$

式中  $n$  ——误差曲线中的最大误差格数；  
 $i$  ——水平仪的精度 (0.02mm / 1000mm)；  
 $l$  ——每段测量长度 (mm)。

按误差曲线图各数值计算得

$$\delta = 3.5 \times 0.02 \text{mm} / 1000 \text{mm} \times 200 \text{mm} = 0.014 \text{mm}$$

5 机床工作台面的平面度检验方法如图 7-9 所示，工作台及床鞍分别置于行程的中间位置，在工作台面上放一桥板，其上放水平仪，分别沿图示各测量方向移动桥板，每隔桥板跨距  $d$  记录一次水平仪读数。通过工作台面上 A、B、D 三点建立基准平面，根据水平仪读数求得各测点平面的坐标值。

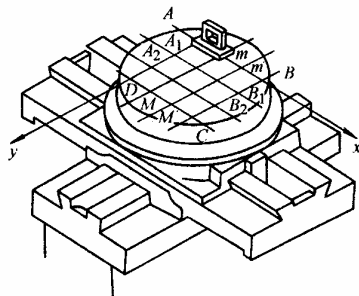


图 7-9 检验工作台面的平面度

误差以任意 300mm 测量长度上的最大坐标值计。标准规定允差见表 7-2。

表 7-2 工作台面的平面度允差 mm

| 工作台直径              | ≥ 500 | > 500 ~ 630 | > 630 ~ 1250 | > 1250 ~ 2000 |
|--------------------|-------|-------------|--------------|---------------|
| 在任意 300mm 测量长度长允差值 | 0.02  | 0.025       | 0.03         | 0.035         |

4 测量大型零件的垂直度时，如图 7-10a 所示，用水平仪粗调基准表面到水平。分别在基准表面和被测表面上用水平仪分段逐步测量并用图解法（图 7-8）确定基准方位，然后求出被测表面相对于基准的垂直度误差。

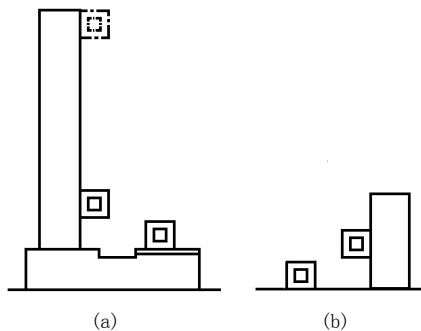


图 7-10 水平仪垂直度测量

测量小型零件时，如图 7-10b 所示，先将水平仪放在基准表面上，读气泡一端的数值，然后用水平仪的一侧紧贴垂直被测表面，气泡偏离第一次（基准表面）读数值，即为被测表面的垂直度误差。

7 水平仪使用完后，应涂上防锈油并妥善保管好。

### 三 光学合像水平仪

光学合像水平仪，广泛用于精密机械中，测量工件的平面度、直线度和找正安装设备的正确位置。

#### 1 合像水平仪的结构和工作原理

合像水平仪主要由测微螺杆、杠杆系统、水准器、光学合像棱镜和具有 V 型工作平面的底座等组成，图 7-10 所示。

水准器安装在杠杆架的底板上，它的水平位置用微分盘旋钮通过测微螺杆与杠杆系统进行调整。水准器内的气泡圆弧，分别用三个不同方向位置的棱镜反射至观察窗，分

成两个半像，利用光学原理把气泡像复合放大(放大 5 倍)，提高读数精度，并通过杠杆机构提高读数的灵敏度和增大测量范围。

当水平仪处于水平位置时，气泡 A 与 B 重合，见图 7-10c。当水平仪倾斜时，气泡 A 与 B 不重合，见图 7-10d。

测微螺杆的螺距  $P=0.5\text{mm}$ ，微分盘刻线分为 100 等分。微分盘转过一格，测微螺杆上螺母轴向移动  $0.005\text{mm}$ 。

### 5 使用方法

将水平仪放在工件的被测表面上，眼睛看窗口 1，手转动微分盘，直至两个半气泡重合时进行读数。读数时，从窗口 4 读出毫米数，从微分盘上读出刻度数。

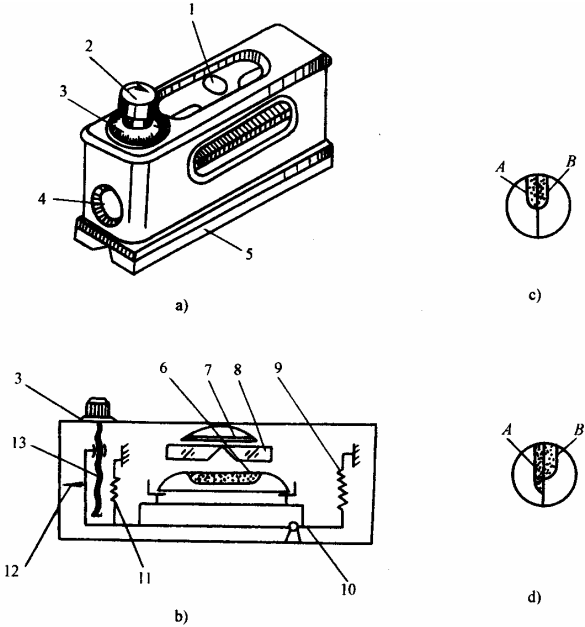


图 7-10 数字式光学合像水平仪

1、4-窗口；2-微分盘旋钮；3-微分盘；5-水平仪底座；6-玻璃管；7-放大镜；  
8-合成棱镜；9、11-弹簧；10-杠杆架；12-指针；13-测微螺杆。

**例**，分度值为  $0.01\text{mm}/1000\text{mm}$  的光学合像水平仪微分盘上的每一格刻度表示在  $1\text{m}$  长度上，两端的高度差为  $0.01\text{mm}$ 。测量时，如果从窗口读出的数值为  $1\text{mm}$ ，微分盘上的刻度数为 16，这次测量的读数就是  $1.16\text{mm}$ ，即被测工件表面的倾斜度，在  $1\text{m}$  长度上高度差为  $1.16\text{mm}$ 。如果工件的长度小于或大于  $1\text{m}$  时，可按正比例方法计算： $1\text{m}$  长度上的高度差  $\times$  工件长度。

### 6 使用特点

1) 测量工件被测表面误差大或倾斜程度大时，使用框式水平仪，气泡就会移至极限位置而无法测量，光学合像水平仪就设有这一弊病。

2) 环境温度变化对测量精度有较大的影响，所以使用时应尽量避免工件和水平仪受热。

## 第八章 量具的维护和保养

正确地使用精密量具是保证产品质量的重要条件之一。要保持量具的精度和它工作的可靠性，除了在使用中要按照合理的使用方法进行操作以外，还必须做好量具的维护和保养工作。

1 在机床上测量零件时，要等零件完全停稳后进行，否则不但使量具的测量面过早磨损而失去精度，且会造成事故。尤其是车工使用外卡时，不要以为卡钳简单，磨损一点无所谓，要注意铸件内常有气孔和缩孔，一旦钳脚落入气孔内，可把操作者的手也拉进去，造成严重事故。

2 测量前应把量具的测量面和零件的被测量表面都要揩干净，以免因有脏物存在而影响测量精度。用精密量具如游标卡尺、百分尺和百分表等，去测量锻铸件毛坯，或带有研磨剂(如金刚砂等)的表面是错误的，这样易使测量面很快磨损而失去精度。

3 量具在使用过程中，不要和工具、刀具如锉刀、榔头、车刀和钻头 etc 堆放在一起，免碰伤量具。也不要随便放在机床上，免因机床振动而使量具掉下来损坏。尤其是游标卡尺等，应平放在专用盒子里，免使尺身变形。

4 量具是测量工具，绝对不能作为其他工具的代用品。例如拿游标卡尺划线，拿百分尺当小榔头，拿钢直尺当起子旋螺钉，以及用钢直尺清理切屑等都是错误的。把量具当玩具，如把百分尺等拿在手中任意挥动或摇转等也是错误的，都是易使量具失去精度的。

5 温度对测量结果影响很大，零件的精密测量一定要使零件和量具都在 20℃ 的情况下进行测量。一般可在室温下进行测量，但必须使工件与量具的温度一致，否则，由于金属材料的热胀冷缩的特性，使测量结果不准确。

温度对量具精度的影响亦很大，量具不应放在阳光下或床头箱上，因为量具温度升高后，也量不出正确尺寸。更不要把精密量具放在热源(如电炉，热交换器等)附近，以免使量具受热变形而失去精度。

6 不要把精密量具放在磁场附近，例如磨床的磁性工作台上，以免使量具感磁。

7 发现精密量具有不正常现象时，如量具表面不平、有毛刺、有锈斑以及刻度不准、尺身弯曲变形、活动不灵活等等，使用者不应当自行拆修，更不允许自行用榔头敲、锉刀锉、砂布打光等粗糙办法修理，以免反而增大量具误差。发现上述情况，使用者应当主动送计量站检修，并经检定量具精度后再继续使用。

8 量具使用后，应及时揩干净，除不锈钢量具或有保护镀层者外，金属表面应涂上一层防锈油，放在专用的盒子里，保存在干燥的地方，以免生锈。

9 精密量具应实行定期检定和保养，长期使用的精密量具，要定期送计量站进行保养和检定精度，以免因量具的示值误差超差而造成产品质量事故。

## 参考文献

1. 《公差配合与技术测量》编写组编，公差配合与技术测量，北京：国防工业出版社，1973
2. 南京海员学校编，车、钳、焊基础工艺（轮机管理专业用）北京：人民交通出版社，1979
3. 技工学校机械类通用教材编审委员会编，机械基础，北京：机械工业出版社，1980
4. 技工学校机械类通用教材编审委员会编，车工工艺学，北京：机械工业出版社，1980
5. 中华人民共和国第一机械工业部统编，钳工工艺学（初级本），北京：科学普及出版社，1982
6. 广州柴油机厂编著，钳工，广东阳春：广东科技出版社，1983
7. 姜明德、黄芝慧编，公差配合与技术测量，长沙：湖南科学技术出版社，1984
8. 天津市机械工业管理局教育教学研究室，钳工，北京：机械工业出版社，1987
9. 孙寿楠、舒华岱主编，机械制造基础实习教材，武汉：武汉水运工程学院，1987
10. 武汉水运工程学院船机工艺教研室编，船舶机械制造与修理工艺学，北京：人民交通出版社，1987
11. 重庆机器制造学校黄云清主编，公差配合与技术测量，北京：机械工业出版社，1997
12. 陈隆德、赵福令主编，互换性与测量技术基础，大连：大连理工大学出版社，1997
13. 陈宏钧、马素敏编，车工操作技能手册，北京：机械工业出版社，1998
14. 机械工业职工技能鉴定指导中心编，刨、插工技术，北京：机械工业出版社，1999
15. 赵月望主编，机械制造技术实践，北京：机械工业出版社，2000
16. 机械工业职工技能鉴定指导中心编，车工技术，北京：机械工业出版社，2001
17. 李维荣主编，五金手册，北京，机械工业出版社，2003
18. 徐鸿本主编，实用五金大全，武汉：湖北科学技术出版社，2004