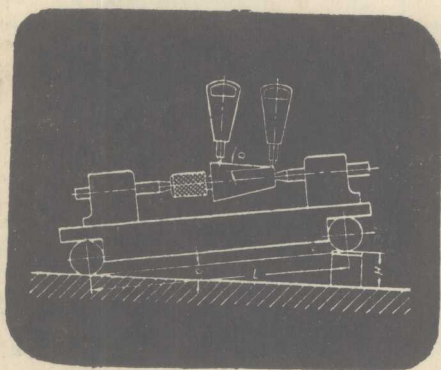
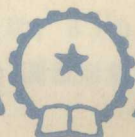


宋学濂 編 著

精密測量和計算



貴州省圖書館



机械工业出版社

第 二 册: 2203

請注

在机械制造的过程中, 每个机器零件都有着它一定的形状、尺寸和技术条件, 所以在加工时或完工后都必须加以检验, 这种把工件的尺寸形状和作为标准的测量量具相比较的方法称为[量度]或[测量]。在机器制造工厂中大部分的测量工作几乎都是长度和角度的测量, 并且为了使零件达到互换性或达到规定的配合起见, 所以有许多零件需要作较精密的测量。在这些测量工作中除了有特别的必要外, 一般都采用万能量具 (例如千分尺, 游标卡尺等), 和专用的极限量规, 但在某些情况下, 若使用这些万能量具难以达到测量目的时, 可利用辅助的量具和采用一些间接的测量方法来进行测量, 因此, 在这本小册子里介绍了如何利用各种常用的万能量具和简单的辅助量具来解决一些用普通方法难于测量的问题。

二 精密校验法

1 锥斜度校验法

一、校验目的:

- 1) 检查或测量锥形工件的角度;
- 2) 检查锥形工件的斜面是否平直。

二、需用的工具和量具:

- 1) 千分尺; 2) C形轧头; 3) 平板; 4) 量块; 5) 0.01 公厘的指示千分表; 6) 千分表架; 7) 直角铁; 8) 圆盘形量规。

三、检验程序和方法:

- 1) 選擇兩個適當直徑的圓盤形量規，並已知它的直徑是 D_1 和 D_2 ;
- 2) 把千分表裝在千分表架上（如圖 1 甲）;
- 3) 查明這個工件的規定角度為 θ° ;
- 4) 按公式（1）計算出所需要的量塊的總長等於 B 公厘;
- 5) 把工件、量塊、圓盤形量規、角鐵和平板如圖 1 甲、乙所示裝好，同時要注意圓盤形量規需和量塊互相靠攏接觸，然後利用 C 形軋頭把圓盤形量規固定在直角鐵上不使移動或鬆開；

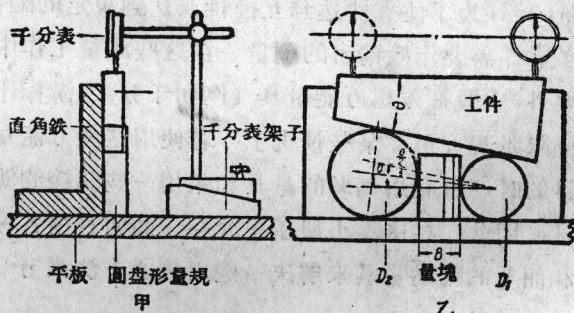


圖 1

- 6) 把千分表架沿着平台左右移動，並使千分表在工件上緣逐步接觸（如圖 1 乙）。如果工件的斜度或角度符合於規定並且斜邊平直，那麼千分表上的指針就不會偏移。如果角度不對或斜邊不平直，那麼千分表的指針，就會指示出左右偏移，它的偏差值（千分表上指示出來的最大讀數和最小讀數的差）就是工件上斜度或斜邊不平直的誤差值。

四、公式：

$$B = \frac{\frac{D_2 - D_1}{2}}{\tan \frac{\theta^\circ}{2}} - \frac{D_2 + D_1}{2} \quad (1)$$

式中 D_1 = 小直徑圓盤形量規；

D_2 = 大直徑圓盤形量規；

θ = 工件的斜錐角度；

B = 在兩個圓盤形量規間所需要放置量塊的總長。

五、舉例：設已知： $D_1 = 15$ 公厘； $D_2 = 17.80$ 公厘； $\theta = 4^\circ$ 。

把已知數值代入公式得：

$$B = \frac{\frac{17.80-15}{2}}{\tan \frac{4}{2}} - \frac{17.80+15}{2} = \frac{1.40}{\tan 2^\circ} - \frac{32.80}{2}$$
$$= \frac{1.40}{0.03492} - 16.40 = 40.09 - 16.40 = 23.69 \text{ 公厘。}$$

六、附注：如果事先不知道工件的斜錐度，而需要測量出斜錐角度時，那么就應選取適當長度的塊規，才能使工件的斜邊用千分表校驗時指針沒有任何偏移，然後再用上面公式計算出它的錐斜角度。

2 正弦法校驗錐斜度

一、校驗目的：

1) 測定或檢查錐形工件的角度；

2) 檢查錐形工件的斜面是否平直。

二、需用工具和量具：

1) 正弦規；2) 平板；3) 指示千分表；4) 量塊；5) 直角銼；6) 游標高度尺或千分表架。

三、檢驗程序和方法（圖2）：

1) 圖12是被校驗的錐度量規，我們要檢驗它的角度；

2) 把正弦規靠着直角銼放在平板上，工件放在正弦規上面，然後在正弦規一端的圓柱下墊放適當高度的量塊。量塊的高度適能使工件（錐度量規）的上邊和平板表面相平行，也就是用千分

表在工件上左右移动的时候，指针没有任何偏差或移动（如果工件表面不平直时，指针也会摇摆不定）；

3) 计算出所垫量块的总高度；

4) 按照公式 (2) 求出工件的角度。

四、公式：

$$\sin A = \frac{G}{L} \quad (2)$$

式中 A = 工件的角度；

G = 量块的高度；

L = 正弦规两圆柱中心的距离。

五、举例：设已知： $L = 200$ 公厘；

$G = 50$ 公厘。

因为 $\sin A = \frac{50}{200} = 0.25 = \sin 14^\circ 28'$ ，

所以 A 角 = $14^\circ 28'$ 。

3 用圆盘形量规校准锥度规的方法

一、校验目的——用两把直尺组成的锥度规（如图 3），如果需要校准到所需的精密角度，可以用圆盘形量规按照它的使用方法校准。

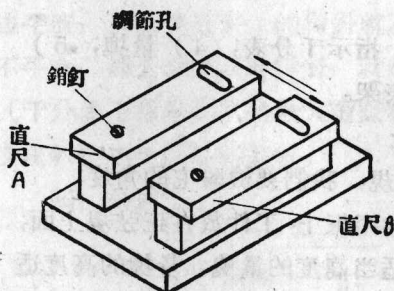


图 3

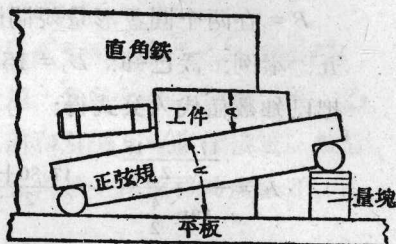


图 2

二、需用的工具和量具：

1) 游标卡尺；2) 圆盘形量规两个（不同直径）。

三、检验程序和方法：

1) 选取两个圆盘形量

規，它的直徑是 D_1 和 D_2 ；

2) 把規定的已知角度和圓盤形量規的尺寸代入公式 (3) 計算出 X 值；

3) 把直尺 A 用螺釘在調節孔中固定。調節直尺 B ，使兩圓盤形量規在直尺間的距離適等於 X (圖 4)；

4) 用螺釘在直尺 B 的調節孔內，使直尺 B 固定於一定位置。然後移去圓盤形量規，所得的兩直尺間的夾角就等於所需要的斜度或角度。

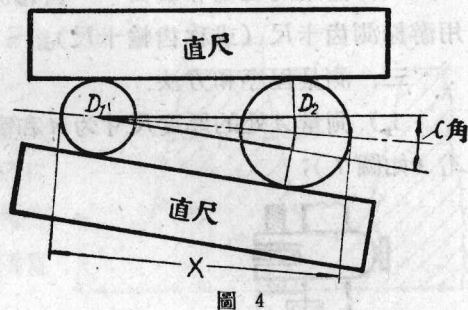


圖 4

四、公式：

$$X = \frac{D_1 + D_2}{2} + \frac{\frac{D_2 - D_1}{2}}{\sin \frac{C}{2}} \quad (3)$$

式中 C = 所需要校準的角度 (已知數)。

五、举例：設已知： $D_1 = 10$ 公厘 (小直徑的圓盤形量規)；

$D_2 = 25$ 公厘 (大直徑的圓盤形量規)。

需要把如圖 4 的錐度規校準到 C 角 $= 19^\circ 30'$ 。

代入公式得：

$$\begin{aligned} X &= \frac{10 + 25}{2} + \frac{\frac{25 - 10}{2}}{\sin \frac{19^\circ 30'}{2}} \\ &= \frac{35}{2} + \frac{7.5}{0.16935} = 17.5 + 44.287 = 61.79 \text{ 公厘。} \end{aligned}$$

4 小錐角的測量法

一、測量目的——小型工件上的錐斜角或大型工件上的小錐

斜角，如果用其他方法难以测定时，可以用这个方法来测量（如图 5 和图 6）。

二、需用工具和量具——齿輪测量用游标测齿卡尺（或称齿輪卡尺）。

三、测量程序和方法：

1) 测量 A 处的厚度尺寸为 A 和高度 A_1 （如图 7）；

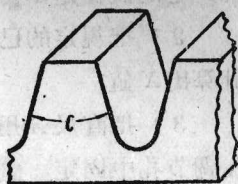


圖 5

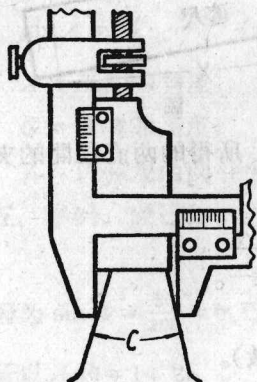


圖 6

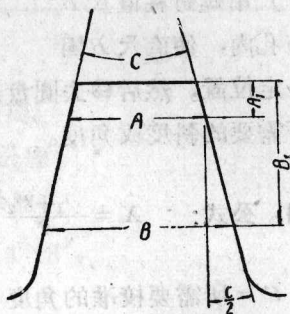


圖 7

2) 测量 B 处的厚度尺寸为 B 和高度 B_1 （如图 7）；

3) 按照公式（4）求得锥角角度。

四、公式：

$$\tan \frac{c}{2} = \frac{\frac{BA}{2}}{B_1 - A_1} \quad (4)$$

五、举例：設已由齿輪卡尺上讀得尺寸如下：

$A = 3.44$ 公厘； $B = 5.90$ 公厘；

$A_1 = 1.00$ 公厘； $B_1 = 7.00$ 公厘。

代入上列公式得：

$$\tan \frac{c}{2} = \frac{5.90-3.44}{7.00-1.00} = \frac{1.23}{6} = 0.20500$$

$$= \tan 11^{\circ}36'.$$

所以 C 角 $= 11^{\circ}36' \times 2$
 $= 23^{\circ}12'.$

六、附注——如果需要測量它的頂寬 W (如圖 8), 可以先用上面的方法求出它的角度 C , 然后用下式求出它的頂寬 W 。

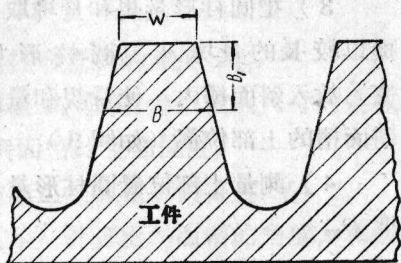


圖 8

公式: $W = B - \left(2 \times \tan \frac{c}{2} \times B_1 \right).$ (5)

举例: 設已知: C 角 $= 23^{\circ}12'.$

$B = 5.90$ 公厘;

$B_1 = 7.00$ 公厘。

$$\begin{aligned} \text{代入公式得: } W &= 5.90 - \left(2 \tan \frac{23^{\circ}12'}{2} \times 7.00 \right) \\ &= 5.90 - (2 \tan 11^{\circ}36' \times 7.00) \\ &= 5.90 - (0.20527 \times 14) \\ &= 5.90 - 2.87378 = 3.026 \text{ 公厘。} \end{aligned}$$

5 斜面槽的校驗方法 (一)

一、校驗目的——檢查斜面槽的角度 (斜面槽具有一側面与底面相垂直, 參閱圖 9)。

二、需用的工具和量具:

1) 圓柱形量規; 2) 量塊; 3) 測深千分尺。

三、檢驗程序和方法:

1) 把圓柱形量規和适当長度的量塊 B_2 放入槽内的下部位

置，如圖 9 所示；

2) 精确測量圓柱形量規的深度 D_2 ；

3) 把圓柱形量規和量塊取出后，換以較長的量塊 B_1 （圓柱形量規不變）放入斜面槽內，使量規和量塊位于斜面槽的上部位置（如圖 9）；

4) 測量上部位置圓柱形量規的深度 D_1 ；

5) 按照公式（6）計算出斜面槽的角度 A 。

四、公式：
$$\sin A = \frac{B_1 - B_2}{D_2 - D_1} \quad (6)$$

式中 B_1 = 較長量塊的總長；

B_2 = 較短量塊的總長。

五、举例：設已知： $B_1 = 37.80$ 公厘；

$B_2 = 30$ 公厘；

$D_1 = 12.70$ 公厘；

$D_2 = 134.10$ 公厘。

代入公式得：
$$\sin A = \frac{37.80 - 30}{134.10 - 12.70} = \frac{7.80}{121.40} = 0.0642$$
$$= \sin 3^\circ 40'。$$

所以 A 角 $= 3^\circ 40'$ 。

6 斜面槽的校驗方法（二）

一、校驗目的——檢驗斜面槽的角度 A 或測量大端槽口的寬度 M （圖 10）。

二、需用的工具和量具：

（1）直徑為 D 的圓柱形量規；（2）測深千分尺；（3）

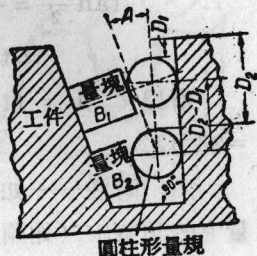


圖 9

量塊。

三、檢驗程序和方法：

(1) 把圓柱形量規 D 和适当長度的量塊組 B_2 放入槽內的下部位置；

(2) 以測深千分尺測量圓柱形量規的深度 H_2 ；

(3) 將圓柱形量規和量塊組 B_2 取出，換以較大尺寸的量塊組 B_1 ，以使圓柱形量規能位于斜面槽的上部位置；

(4) 測量出圓柱形量規在第二次位置時的高度 H_1 ；

(5) 按照公式 (7) 和 (8) 計算出斜面槽的角度 A 和槽口寬度 M 。

四、公式：
$$\sin \frac{A}{2} = \frac{B_1 - B_2}{2(H_2 + H_1)} \quad (7)$$

$$M = (D + B_1) \sec \frac{A}{2} + 2\left(\frac{D}{2} - H_1\right) \tan \frac{A}{2} \quad (8)$$

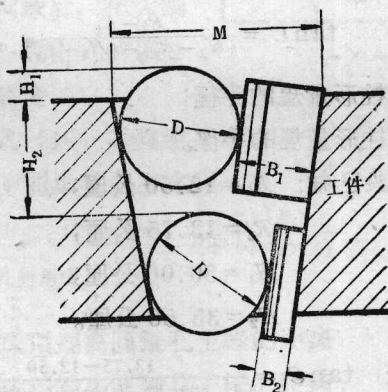


圖 10

7 用圓柱形量規直接檢查斜面槽的方法

一、校驗目的——當斜面槽只有一面傾斜而另一面垂直時，亦可以用圓柱形量規直接檢查它的傾斜角度。

二、需用的工具和量具：

1) 不同直徑圓柱形量規兩個，并已知它的直徑；2) 千分尺；3) 游標高度尺；4) 指示千分表。

三、檢驗程序和方法：

1) 把指示千分表裝在游標高度尺上；

2) 把小直徑圓柱形量規放入斜面槽，并測出它的頂端最高點和槽底的距離 H_1 (如圖 11)；

3) 把大直徑圓柱形量規放入斜面槽，而測得其頂端最高點和槽底間的距離為 H_2 (如圖 11)；

4) 按照公式 (9) 計算出斜面槽的角度 $A = 2C$ 。

四、公式：

$$\tan C = \frac{R_2 - R_1}{(H_2 - R_2) - (H_1 - R_1)} \quad (9)$$

式中 R_1 = 小圓柱形量規的半徑；

R_2 = 大圓柱形量規的半徑。

五、舉例：設已知： $R_1 = 12.50$ 公厘；

$R_2 = 13.75$ 公厘；

$H_1 = 30.00$ 公厘；

$H_2 = 35.56$ 公厘。

代入公式得：

$$\begin{aligned}\tan C &= \frac{13.75 - 12.50}{(35.56 - 13.75) - (30.00 - 12.50)} \\ &= \frac{1.25}{21.81 - 17.50} = \frac{1.25}{4.31} = 0.29002 \\ &= \tan 16^\circ 10' .\end{aligned}$$

C 角 = $16^\circ 10'$ 。

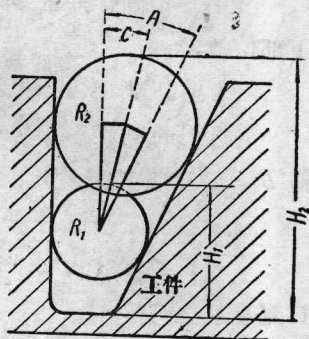


圖 11

所以斜面槽的角度 $A = 16^{\circ}10' \times 2 = 32^{\circ}20'$ 。

8 圓錐孔校驗法

一、校驗目的——測量或檢查圓錐孔的角度（如圖12）。

二、需用的工具和量具：

1) 适当的不同直徑鋼球兩個，大的鋼球半徑為 R_1 ，小鋼球半徑為 R_2 ；

2) 游標高度尺；

3) 千分尺；

4) 測深千分尺。

三、檢驗程序和方法：

1) 把小鋼球放入圓錐孔中，使它落在底下的位置，然后用游標高度尺測出它的深度為 B ；

2) 取去小鋼球后，把大鋼球放入圓錐孔中，測出它的頂點離圓錐孔上緣的高度 A ；

3) 按照公式 (10) 計算出所求得的角度等於圓錐孔角度之半。

四、公式：

$$\sin \gamma = \frac{R_1 - R_2}{B + A + R_2 - R_1} \quad (10)$$

式中 $\gamma = \frac{\text{圓錐孔的角度}}{2}$ ；

B = 小鋼球頂端離圓錐孔上緣的距离；

A = 大鋼球頂端離圓錐孔上緣的距离。

五、举例：設已知： $R_1 = 9.38$ 公厘； $R_2 = 6.25$ 公厘；

$A = 1.87$ 公厘； $B = 37.18$ 公厘。

代入公式得：

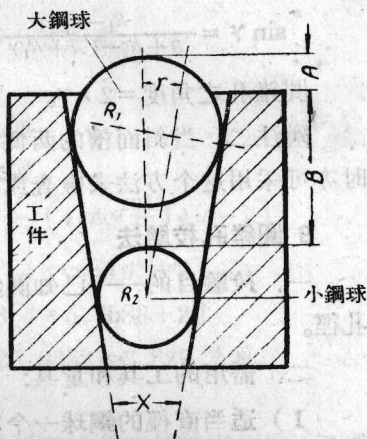
$$\sin \gamma = \frac{9.38 - 6.25}{37.18 + 1.87 + 6.25 - 9.38}$$


圖 12

$$= \frac{3.13}{35.92} = \sin 5^\circ。$$

所以圓錐孔的角度 $= 5^\circ \times 2 = 10^\circ$ 。

六、附注一：如果大直徑鋼球也落入圓錐孔使它圓頂低於圓錐孔上緣平面時，它的計算公式如下（如圖13）：

$$\sin \gamma = \frac{R_1 - R_2}{B + R_2 - (A + R_1)} \quad (11)$$

圓錐孔之角度 $= 2 \times \gamma$ 。

附注二：當斜面槽的兩側面均不垂直時亦可採用這個方法來檢查或測量。

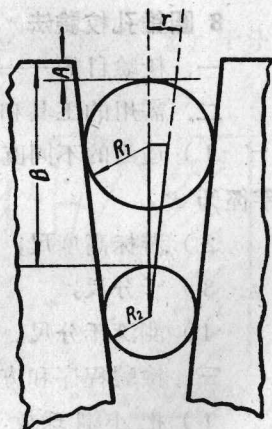


圖 13

9 圓錐孔校驗法

一、校驗目的——已知圓錐孔的角度，需要測量它的大端的孔徑。

二、需用的工具和量具：

1) 適當直徑的鋼球一個；2) 測深千分尺(或游標高度尺)。

三、檢驗程序和方法：

1) 先測定圓錐孔的角度或錐度；

2) 把鋼球放入圓錐孔內（如圖14）；

3) 測得鋼球頂端（即最高點）到圓錐孔上平面的距離 D （如圖15）；

4) 按照公式（12）計算，求出圓錐孔大端的孔徑 M 。

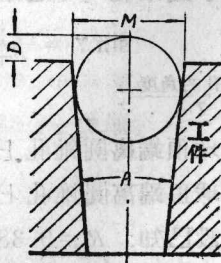


圖 14

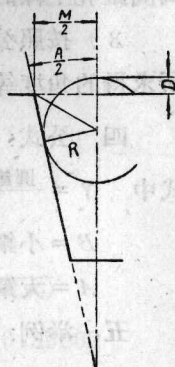


圖 15

四、公式：

$$M = 2 \times \tan \frac{A}{2} \times \left[\left(R \times \csc \frac{A}{2} \right) + R - D \right] \quad (12)$$

式中 R = 鋼球的半徑；

M = 圓錐孔大端的孔徑；

A = 圓錐孔的角度；

D = 鋼球頂端至圓錐孔上平面的距離。

五、举例：設已知： $A = 20^\circ$ ；

$R = 4$ 公厘；

$D = 2$ 公厘。

代入公式得： $M = 2 \times \tan \frac{20^\circ}{2} \left[\left(4 \csc \frac{20^\circ}{2} \right) + 4 - 2 \right]$

$$= 2 \times \tan 10^\circ [4 \times \csc 10^\circ + 2]$$

$$= 2 \times 0.17633 [4 \times 5.7588 + 2]$$

$$= 0.35266 \times 25.0352 = 8.829 \text{ 公厘。}$$

10 傾斜面的校驗方法

一、校驗目的——當工件的傾斜面的角度須精密測定而不能用量角規或正弦規測量時可以用此法校驗。

二、需用的工具和量具：

- 1) 不同直徑的圓柱形量規；
- 2) 直角鐵；
- 3) 游標高度尺；
- 4) 指示千分表；
- 5) 平板。

三、檢驗程序和方法：

- 1) 把指示千分表裝在

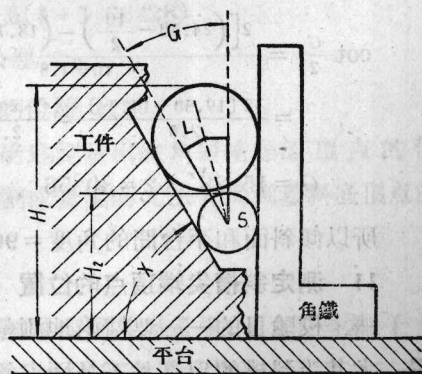


圖 16

游标高度尺上;

2) 把工件的被測斜面在平板上靠近直角鉄 (如圖16);

3) 把小直徑的圓柱形量規放入直角鉄和斜面間的空隙中, 測出圓柱形量規的頂点和平板的距离 H_2 ;

4) 移去小圓柱形量規, 而放入大直徑的圓柱形量規, 使停留于較高的位置, 測出它端頂点离平台的高度 H_1 ;

5) 按公式 (13) 計算, 求出斜面的傾斜角度 G 。

四、公式:
$$\cot \frac{G}{2} = \frac{2 \left[\left(H_1 - \frac{L}{2} \right) - \left(H_2 - \frac{S}{2} \right) \right]}{L - S} \quad (13)$$

式中 L = 大圓柱形量規的直徑;

S = 小圓柱形量規的直徑。

五、举例: 設已知: $L = 10$ 公厘;

$S = 7.5$ 公厘;

$H_1 = 24.50$ 公厘;

$H_2 = 18.73$ 公厘。

代入公式得:

$$\begin{aligned} \cot \frac{G}{2} &= \frac{2 \left[\left(24.50 - \frac{10}{2} \right) - \left(18.73 - \frac{7.5}{2} \right) \right]}{10 - 7.5} \\ &= \frac{2 [19.50 - 14.98]}{2.5} = \frac{2 \times 4.52}{2.5} = 3.6160 = \cot 15^\circ 28' \end{aligned}$$

$$G = 15^\circ 28' \times 2 = 30^\circ 56'.$$

所以傾斜面 and 平台間的角度 $= 90^\circ - 30^\circ 56' = 59^\circ 4'$ 。

11 測定斜槽尖端頂点的位置 (一)

一、校驗目的——要精確地測量出銳角斜槽尖端頂点的位置, 尤其当斜槽的頂点并不是極尖銳 (例如有沉割或修圓時) 的尖角而有必要測出其尖端部的位置時 (圖17)。

二、需用的工具和量具：

(1) 直径为 D 公厘的鋼球或圓柱形量規；(2) 測深千分尺；(3) 精度为 2 分的万能量角尺或角度量塊。

三、檢驗程序和方法：

(1) 先用万能量角尺（或角度量塊）把工件的 A 角精确地測出；

(2) 用測深千分尺和鋼球（或圓柱形量規）測出 M 值；

(3) 按照公式 (14) 間接地求出斜槽底端离开边缘的距离 L 。

四、公式：
$$L = M + \frac{D}{2} \left(1 + \cot \frac{A}{2} \right) \quad (14)$$

五、举例：設已知： $D = 10.00$ 公厘；

A 角 $= 62^\circ$ ；

并測量得 M 值为 18.15 公厘。

代入公式得：

$$L = 18.15 + \frac{10.00}{2} \left(1 + \cot \frac{62}{2} \right)$$

$$= 18.15 + 5(1 + 1.66428)$$

$$= 31.47 \text{ 公厘。}$$

12 測定斜槽尖端頂点的位置 (二)

一、校驗目的——要精确地測量出鈍角斜槽底部頂点的位置，尤其当斜槽的底部有沉割或修圓而无法直接測量斜底頂点的位置时(圖18)。

二、需用工具和量具：

(1) 直径为 D 公厘的鋼球或圓柱形量規；(2) 外測千分尺；(3) 精度为 2 分的万能量角尺或角度量塊。

三、檢驗程序和方法：

(1) 先用万能量角尺(或角度量塊)精确地測出工件的 A 角;

(2) 用外測千分尺和鋼球(或圓柱形量規)測出 M 值;

(3) 按照公式(15)間接地求出斜槽底端离开邊緣的尺
寸 L 。

四、公式:
$$L = M - \frac{D}{2} \left(1 + \cot \frac{A}{2} \right) \quad (15)$$

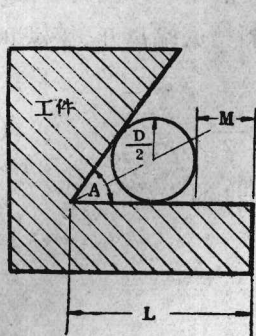


圖 17

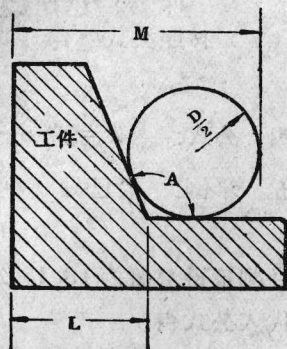


圖 18

13 測定斜槽(或圓錐孔)底部尖端的位置(三)

一、校驗目的——要求精确地測量出斜槽(或圓錐孔)底部尖端离开頂面的尺寸 L (圖19)。

二、需用的工具和量具:

(1) 直徑為 D 公厘的鋼球(當測量圓錐孔或斜槽時)或圓柱形量規(僅可用以對斜槽測量); (2) 測深千分尺; (3) 如第6節所介紹的測量斜面槽以及第8節所介紹的測量圓錐孔的角度時所需用的其他工具和量具。

三、檢驗程序和方法:

(1) 先按前面所介紹的方法測出斜面槽(或圓錐孔)的錐