

第八編

基本操作與儀器器具

目 錄

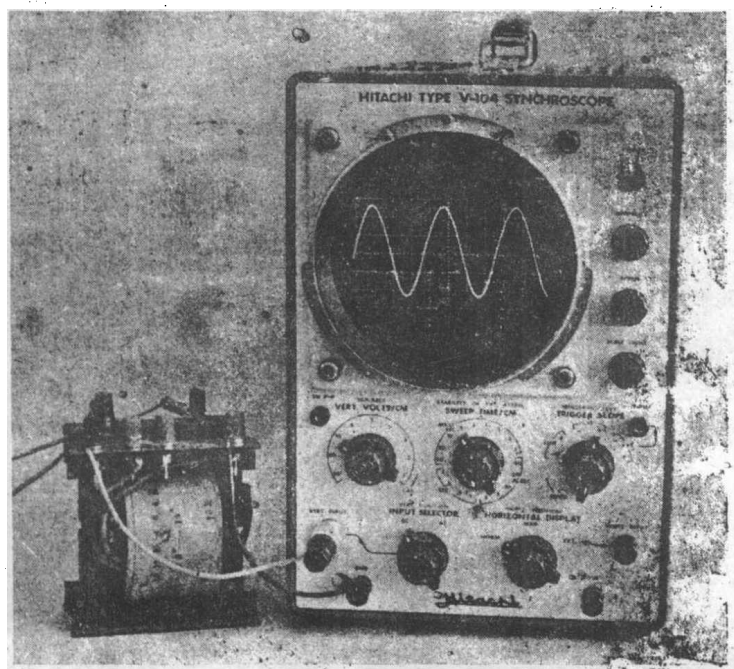
第八編	基本操作與儀器器具	8-1
第一章	基本量的測定	8-3
第一節	長 度	8-3
①	尺	8-3
②	游標測經計	8-6
③	螺桿測微計	8-10
④	物鏡目鏡測微計	8-11
⑤	球徑計	8-14
第二節	長度的測定	8-16
①	光槓桿	8-16
②	長度變化的測定	8-18
第三節	體積	8-23
①	液量計	8-23
②	固定體積的測定	8-26
③	氣體體積的測定	8-30
④	體積變化的測定	8-31
第四節	質 量	8-32
①	物理天秤	8-32
②	化學天秤	8-37
③	盤天秤	8-44
④	自動盤秤	8-45
⑤	精密自動秤	8-48
第五節	時 間	8-52
①	電停錶	8-52
②	紙帶式計時器 (PSSC)	8-54
③	計數管計數器(微短時間的測定	8-56

第六節	溫 度	8-58
①	液體溫度計	8-58
②	自記溫度計	8-60
③	溫差電偶溫度計	8-63
④	熱變電阻器溫度計	8-64
⑤	溫度計的校正	8-77
⑥	液體溫度的自製	8-80
第七節	電器諸量	8-85
①	電流計・電壓計	8-85
②	箔靜電計	8-89
③	真空管電壓計 (VTVM)	8-92
④	電位計	8-95
第二章	實驗儀器	8-99
第一節	力學實驗用儀器	8-99
①	鐵製固定架	8-99
②	喬里彈簧秤	8-100
③	水波實驗器	8-102
④	振動源	8-105
⑤	材料試驗機	8-108
⑥	真空抽機	8-120
⑦	真空裝置	8-126
第二節	光學實驗用儀器	8-131
①	各種光源	8-131
②	投影裝置	8-144
③	實驗室用望眼鏡	8-155
④	顯微鏡	8-158
⑤	分光器	8-161
⑥	分光計	8-164
⑦	紫外線裝置	8-168
第三節	電磁學實驗用儀器	8-171
①	電源	8-172
②	特種電源	8-177

③	電阻器	8-188
④	聲頻放大器	8-190
⑤	聲頻振盪器 (CR 振盪器)	8-194
⑥	測驗用振盪器	8-196
⑦	陰極射線示波器	8-199
⑧	二現象接合器的製作法	8-204
⑨	十進計數管計數器	8-211
第三章	基本操作	8-217
第一節	物理工作	8-217
①	吹玻璃	8-217
②	切瓶	8-205
③	接著	8-229
④	木工	8-239
⑤	金工	8-245
第二節	攝影	8-250
①	攝影用具	8-250
②	感光材料與處理	8-261
③	特殊攝影	8-285
④	反轉顯影	8-298
⑤	轉動式頻閃觀測器製作法與攝影法	8-302

第 八 編

基本操作與儀器器具



8-1

同步示波器

8-2 物理實驗大全①—基本操作與儀器器具

第一章 基本量的測定

第一節 長度

①尺

【用途】 測定一般物體的長度

【用法】 以測定圓柱的直徑與圓周長，而求圓周率為例，說明尺的使用法。

1. 如圖 1 使用三角規與尺測定圓柱的直徑。

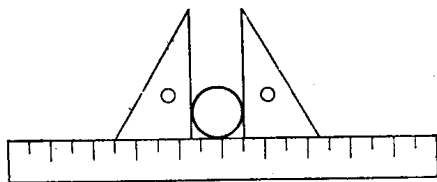


圖 1

2. 如圖 2 把白紙固定於製圖版上，在紙上劃直線 XY ，在圓柱底面上劃一標線，令此圓柱標線與直線 XY 垂直的交點為 A 。

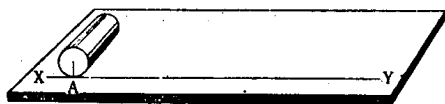


圖 2

3. 將圓柱沿著直線 XY 轉動，不要使它滑動。令標線再與直線 XY 垂直的交點為 B 。用尺測定 AB 長。（如利用帶狀畫圖紙，捲左圓筒，也可以測定圓周長）。

4. 由上面測定值，計算圓周率。

- 【要點】 1. 使用尺測定物體長度時，尺的刻度與物體被測定部分靠緊後才測定。眼睛的位置放在視線與尺能直交的地方。
2. 尺的兩端可能有磨損的情形，不要使用它。使用中間部份測定，並平均測定值。利用尺的不同部份測定若干次。求平均，則可以減少尺分割不均，而產生的誤差。
3. 有時物體面與尺分割面可能不在同一平面上。此時它應使視線與尺成直角而盡量減少視差。
4. 轉動圓柱時，注意不要使它滑動。
5. 測定值應讀到最小分割的 $\frac{1}{2}$ ，最後位數可使用眼睛估計。

表 1

次數	直 徑 (毫 米)			圓 周 (毫 米)		
	左端讀數	右端讀數	直徑	左端讀數	右端讀數	圓周
1	30.0	55.1	25.1	10.0	89.0	79.0
2	40.0	65.1	25.1	20.0	98.8	78.8
3	50.0	75.1	25.1	30.0	108.9	78.9
4	60.0	85.0	25.0	40.0	118.9	78.9
5	70.0	95.0	25.0	50.0	128.8	78.9
6	80.0	105.1	25.1	60.0	138.9	78.9
7	90.0	115.1	25.1	70.0	149.0	79.0
8	100.0	125.1	25.1	80.0	158.8	78.8
9	110.0	135.1	25.1	90.0	168.9	78.9
10	119.9	145.1	25.1	100.0	178.8	78.8
平均			25.1			78.9

$$\text{直徑 } 25.1 \quad \text{圓周 } 78.9 \quad \text{圓周率} = \frac{78.9}{25.1} = 3.14$$

【參考】 1. 長度測定計的檢定公差如下表。

2. 此種測定，有效數字最多為三位數，因此所算出的圓周率第三位數可能稍有相差。

表 2

種 類	尺所表示的量	使用公差	
帶實分劃的直尺 ，摺尺，帶伸縮分 劃的直尺	30 厘米以下	0.75 毫米	
	30 厘米以上	0.75 毫米且每增加 30 厘米加 0.375 毫米	
帶實分劃的直角 曲尺，帶伸縮分劃 的直角曲尺	30 厘米以下	1.2 毫米	
	30 厘米以上	1.2 毫米且每增加 30 厘米加 0.6 毫米	
金屬製捲尺	50 厘米以下	0.9 毫米	
	1 米以下	1.8 毫米	
	1 米以上	1.8 毫米且每增加 1 米加 0.6 毫米	
卷尺（金屬製以 外）	50 厘米以下	3.75 毫米	
	1 米以下	6 毫米	
	1 米以上	6 毫米且每增加 1 米加 2.25 毫米	
種 類	用副尺可測定的 長度	尺所表示的量	使用公差
游 標 尺	0.05 毫米未滿	10 厘米以下	0.075 毫米
		15 厘米以下	0.09 毫米
		30 厘米以下	0.12 毫米
		60 厘米以下	0.15 毫米

深度計	0.05 毫米以上	1 米以下	0.225 毫米
		1.5 米以下	0.3 毫米
		1.5 米以上	0.375 毫米
		10 厘米以下	0.15 毫米
		15 厘米以下	0.185 毫米
		30 厘米以下	0.225 毫米
		60 厘米以下	0.262 毫米
		1 米以下	0.3 毫米
高度計	0.1 毫米以上	1.5 米以下	0.375 毫米
		1.5 米以上	0.45 毫米
		10 厘米以下	0.3 毫米
		15 厘米以下	0.33 毫米
		30 厘米以下	0.36 毫米
		60 厘米以下	0.39 毫米
		1 米以下	0.42 毫米
		1.5 米以下	0.15 毫米
		1.5 米以下	0.6 毫米

(由昭和 26 年 6 月 7 日法律第 207 號，計量法計量器使用公差令摘錄)

②游標測徑計

【用途】 使用於 0.05 毫米程度長的正確測定。

【構造原理】 如圖所示，有主尺與副尺。副尺通常是把主尺刻度的 $(n-1)$ 個刻度長作成 n 等分的尺 (參照參考) 設主尺一個刻度的長為 L_1 ，副尺的一個刻度的長為 L_2 ，則：

$$(n-1)L_1 = nL_2 \quad \therefore L_1 - L_2 = L_1/n$$

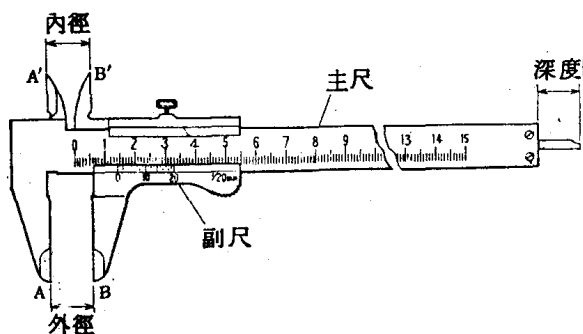


圖 1

則副尺的一個刻度的長比主尺的一個刻度的長短少主尺一刻度長的 $1/n$ 。利用此差，就可以讀取主尺一刻度的 $1/n$ 長。

【用法】說明游標測徑計測定中空圓筒的外徑，內徑，高度以求其體積的方法，此為游標測徑計使用法的一例。

1. 檢查游標測徑計的主尺與副尺的零點是否一致，如果有不一致情形，則讀取其差，以後各次測定都要加上兩尺差做修正。
2. 以不同方向，測定中空圓筒的外徑若干次。

(1)滑動副尺把中空圓筒夾在 A B 中間，此時副尺上的刻度 0 所指示的主尺上刻度則為所求長度的約略值。例如副尺的分割 0 在主尺的 14 毫米與 15 毫米中間，此圓筒的直徑則比 14 毫米大而比 15 毫米短。

(2)然後在副尺的 20 等分刻度上找與主尺的刻度一致的值。例如副尺的第 4 刻度與主尺的某一刻度相致，直徑長則比 14 毫米長 0.2 毫米。(因此副尺為一刻度 $\frac{1}{20}$ 毫米，即 0.05 毫米)則表示所求的圓筒直徑為 14.20 毫米。

3. 以同樣方法測定內徑。測定內徑時，把物體夾在圖 1 的 A' B' 中間。把 A' B' 拉開直到與筒的內側相接為止。然後由 2. (2) 的方法讀取長度。

4. 同法側定高度

【注意】 1. 游標測徑計的主尺為普通的尺，副尺則把主尺的 $(n-1)$ 個刻度分成 n 等分。在圖上游標測徑計為把主尺的 19

次數	零 點	外徑 d_1 mm	內徑 d_2 mm	高度 h mm
1	0.00	23.40	25.00	51.65
2	0.00	28.40	25.10	51.65
3	0.00	28.40	25.10	51.65
4	0.00	28.40	25.10	51.65
5	0.00	28.42	25.10	51.65
6	0.00	28.41	25.10	51.63
7	0.00	28.40	25.10	51.64
8	0.00	28.40	25.10	51.65
9	0.00	28.40	25.10	51.65
10	0.00	28.40	25.10	51.65
平均	0.00	28.40	25.10	51.65

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \left\{ \left(\frac{d_1}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 \right\} \times h = \frac{\pi}{4} (d_1 + d_2) (d_1 - d_2) h \\
 &= \frac{3.1416}{4} \times \{ (28.40 + 25.10) (28.40 - 25.10) \} \times 51.65 \\
 &= 0.7854 \times 53.50 \times 3.30 \times 51.65 \approx 7.164 \times 10^3 \text{ (毫米立方)} \\
 &= 7.165 \text{ (厘米立方)}
 \end{aligned}$$

個刻度分成 20 等分，因此可以正確的測定到主尺一刻度的 $\frac{1}{20}$ 長。

2. 時常零點會有偏差，每次測定時，應先以不夾任何物體，讀取此時副尺的值，以做測定值的修正。

【參考】 1. 副尺有前讀式與後讀式。前者為把主尺最小分劃的 $(n-1)$ 個刻度分成 n 等分，而後者則把主尺最小刻度的 $(n+1)$ 刻度分成 n 等分，兩者皆可測到主尺最小刻度 $1/n$ 長的精確度。

圖 2 的 A, B 為前讀式副尺，而 C, D 為後讀式副尺，在圖例，以兩者測定同一長的以斜影所表示的物體時，由主尺皆可看出 4 毫

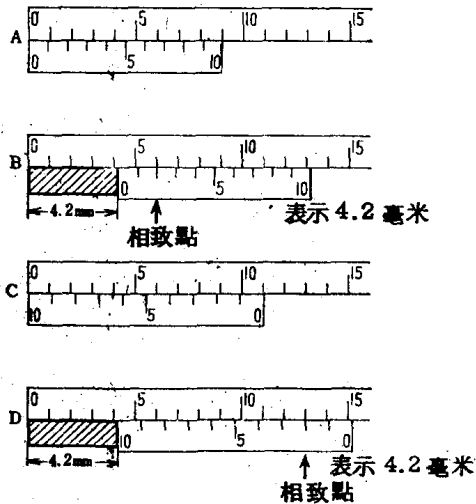


圖 2

米多。然後找主尺的刻度與副尺的刻度重合的點就可以。在圖例，兩者副尺的刻度又皆與主尺的某一刻度重合，因此，此物體的長為 4.2 毫米。

因為此副尺為把 A 主尺的 9 毫米分成 10 等分，副尺的第 2 刻度與主尺的刻度重合時，如令 4 毫米以後的讀數為 x 毫米，則有：

$$2 \times \frac{9}{10} + x = 4$$

的關係，解之，得： $x = 0.2$ (毫米)

因此，此物體的長為 4.2 毫米。

副尺刻度為把主尺的 19 毫米分成 20 等分而成的，也可由上面方法求之。

例如：副尺的 0 點在主尺的 28 毫米～29 毫米中間，而副尺的第 8 分劃與主尺的某一分劃相致時，設所求的長為 x ，則得：

$$8 \times \frac{19}{20} + x = 29$$

解之， $x = 0.4$ 毫米

8-10 物理實驗大全(八)——基本操作與儀器器具

如果主尺與副尺的刻度沒有重合點，則找最靠近的刻度為重合點。假定在此點重合，則可增加一位有效數字而其精確度為 $\frac{1}{20}$ 毫米。

③螺桿測微計

【用途】 使用於金屬線直徑，薄板厚度等的精密測定。

【構造原理】 構造如圖 1 有圓錐形刻度的套筒 F 轉動一轉，圓筒形刻度 D 則前進一刻度。

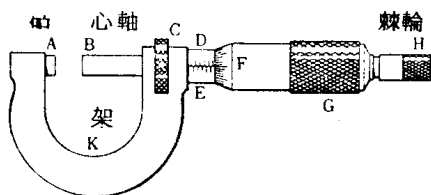


圖 1

【用法】 1. 在螺桿測微計不夾任何物體，轉動棘輪螺絲，直到空轉為止。讀取此時零點。

2. 在砧與心軸間夾金屬線，測定其直徑。(A：砧，B：心軸)

次數	零點 mm	直徑 mm	假定直徑 mm	差
1	0.002	0.645	0.643	+ 0.002
2	0.001	0.643	"	0
3	0.001	0.644	"	+ 0.001
4	0.001	0.643	"	0
5	0.001	0.643	"	0
6	0.000	0.643	"	0
7	0.000	0.644	"	+ 0.001
8	0.000	0.642	"	- 0.001
9	0.000	0.643	"	0
10	0.001	0.644	"	+ 0.001
平均	0.0007	0.6434	0.643	+ 0.0004

所求直徑 = 0.6434 - 0.0007

= 0.6427 毫米 (相當於 B.S22 規格的金屬線)

- 【參考】 1. 螺桿測微計的中心軸BH與ED為如圖1以 $\frac{1}{2}$ 毫米的齒距相啣合。
2. 以左手保持架K，用右手轉動棘齒H，BH則會前進後退。D的刻度為以0.5毫米的間隔分別刻在上下方，F每轉動一轉（移動50刻度）則移動0.5毫米。因F的刻度為50等分，其一格刻度為 $0.5/50$ 毫米 $=1/100$ 毫米。
3. 不夾任何東西而轉棘輪到空轉時，DE與F的0位置如果不一致，讀其值為器差，以做爾後測定值的修正（例如 $+0.005$ 毫米 -0.003 毫米等方式記錄則較為方便。）
4. 做測定時，例如把金屬線夾在砧與心軸間，慢慢轉動棘輪到空轉，把F左端的位置由DE刻度讀到 $\frac{1}{2}$ 毫米，把與DE中央線一致的F刻度，讀到 $1/100$ ，再用眼睛估計讀到 $1/1000$ 毫米。
5. 在若干不同地方測定金屬線的直徑，求平均值。
6. 把所求的金屬線直徑用金屬線號碼計再查它。
- 【注意】 做測定時，不要轉動圖上G處，以移動心軸。

④物鏡目鏡測微計

【用途】 裝在顯微鏡以測定所觀察物體的大小。

【構造】 1. 在玻璃板上，以精密機械刻很細刻線做成的。（圖1）

2. 刻劃線，一格的長度、形狀、位置。

	物 鏡 測 微 計	目 鏡 測 微 計
刻 劃 線	0.1毫米分為10等分	5毫米分為50等分
一格的長度	0.01毫米	0.1毫米
形狀	在玻璃板直接刻分劃線 或在玻璃板上張貼圓形 分劃板	圓形
使用位置	放在顯微鏡載物台上	裝在顯微鏡物鏡台的光 圈位置（圖2）

8-12 物理實驗大全(八)——基本操作與儀器器具

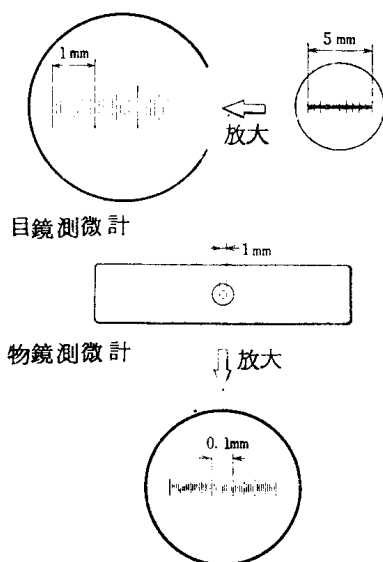


圖 1

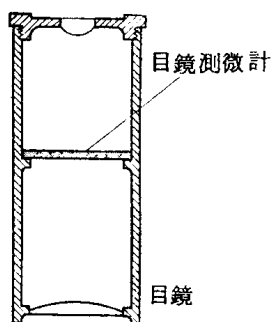


圖 2 目鏡測微計的位置

【原理】 1. 假如目鏡測微計的 a 格刻度與物鏡測微計的 b 格刻度致時，目鏡測微計的一格刻度的長 x 為

$$x \times a = 0.01 \text{ 毫米} \times b \quad \therefore x = 0.01 \times \frac{b}{a} \text{ 毫米}$$

2. 然後把物鏡測微計換成被測定物，則可由目鏡測微計測定其長度。

- 【使用法】 1. 把物鏡測微計放在顯微鏡載物台上，用裝有目鏡測微計的顯微鏡看物鏡測微計的刻劃線。
2. 調節物鏡及目鏡測微計的刻劃線平行，對好焦點使兩刻劃線沒有視差的情況，找兩刻劃線重疊的位置。
3. 例如物鏡測微計的二格刻劃與目鏡測微計的十格刻劃一致（圖 3）。因物鏡測微計的一格刻劃長為 0.01 毫米，其二格刻劃

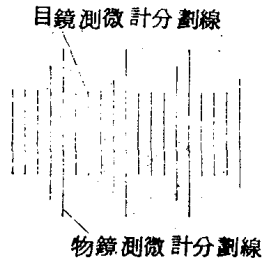


圖 3

長則為 0.01 毫米 $\times 2 = 0.02$ 毫米，因此設目鏡測微計的一格刻劃長為 x ，則：

$$x \times 10 = 0.01 \times 2$$

$$\therefore x = 0.002 \text{ (毫米)}$$

4. 把物鏡測微計換為被測定物時，設被測定物的長為目鏡測微計的三十六格刻劃長，被測定物的真長測為 $0.002 \times 36 = 0.072$ (毫米)。

【參考】 1. 厚度的測定

- (1) 如果顯微鏡的微動對準裝置附有分劃，則可以測定厚度。
 - (2) 把焦點對準於試料（被測定物）的下端，讀取微動裝置軸上的刻劃。
 - (3) 用微動裝置把鏡筒向上移動，對準試料的上端，讀此時的刻劃。
 - (4) 把所移動的刻劃格數每一格刻劃的長度相乘，則可得所求厚度。
2. 只使用目鏡測微計的測定。
- 此時可以做長度的比較，但不能測定真正的長度。
3. 要對準目鏡測微計的刻劃每物鏡測微計刻劃時，利用複式交差移動載物裝置則很方便。