

194558

基本館藏

機械工人活葉學習材料

游標卡尺的構造和使用法

楊啓道、盛錫松編著



機械工業出版社

19
72
633

一 什麼是游標卡尺

游標卡尺，就是在普通的鋼尺上加設一個輔助的度量裝置，這個裝置就叫做游標尺或副尺。游標的作用，一方面是保證了所讀出尺寸時的正確性，另一面又增加了該量具的精度。游標卡尺是一種精密量具，其精密程度的基礎，是建立在這兩種不同比例的主尺與副尺間的相互關係上。這一原則被機械製造者所採用，現在已成為精密度量的基礎了。

附有游標的量具種類很多，主要有游標卡尺，高度規，深度規，游標量角器，游標分厘卡和齒輪卡尺等。在這本小冊子裏，因篇幅有限，只將前面四種加以介紹。

游標卡尺的應用範圍甚廣，不但製造工場，檢驗部門需要它，就是在設計繪圖工作，也隨時要用到它。因為游標卡尺具有下列幾個優點：

1) 精密度高，用起來很方便而且準確。

2) 度量範圍很大，米制卡尺的度量範圍由 100~1000。英制標準卡尺有 6"、12"、24"、36" 和 48" 等五種。

3) 可以測量機件的外徑，內徑，寬度，長度等工作。

游標高度規和游標深度規的原理完全和游標卡尺一樣，但在構造上略有一些不同。游標高度規和游標深度規是專門用於測量工件的高度和孔槽的深度。

游標量角器是一種量角度的工具，雖然它的構造形式和卡尺不一樣，但基本原理還是相同的。

游標卡尺，分米制和吋制兩種，通用的米制卡尺，有 $\frac{1}{10}$ 公厘， $\frac{1}{20}$ 公厘， $\frac{1}{50}$ 公厘三種；吋制卡尺有 $\frac{1}{128}$ 吋和 $\frac{1}{1000}$ 吋兩種。 $\frac{1}{50}$ 公厘或 $\frac{1}{1000}$ 吋游標卡尺的意義，就是指此種卡尺所能量出的尺寸，能够精確到 $\frac{1}{50}$ 公厘或 $\frac{1}{1000}$ 吋。

游標卡尺的幾種標準型式，和各部名稱，如圖 1 所示。圖甲是吋制的，乙是公制的，丙是刻有吋制和公制的兩用卡尺。甲乙兩種型式基本上是一樣的，它的主尺和固定卡爪 2 連成一體；副尺的各部零件（如游標尺 5 等）與活動卡爪 4 連成一體。活動卡爪可以在主尺上滑動。如果滑塊用固定螺絲 9 栓緊，而轉動調整螺帽 7 時，那活動卡爪可作細微的前進或後退。這種裝置的目的，是防止測量機件時因用力不均而引起卡尺變形和讀數不正確的弊病。

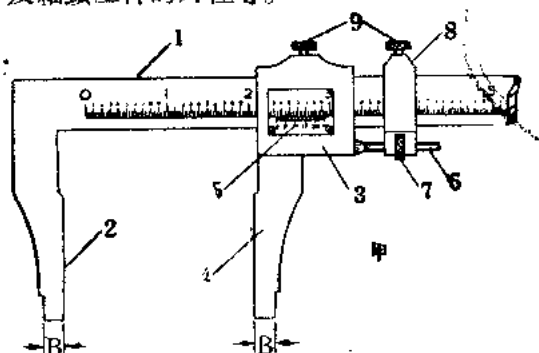
主尺的截面是長方形的，長與寬的比，應保證卡尺在使用時有足够的剛性，以免彎曲。

夾爪和主尺是用同樣材料做成的。卡爪的內表面經過了精密加工，使卡爪合攏時會完全密合，而且垂直於主尺的下邊。

圖 1，乙和甲的卡爪稍有不同，除下面卡爪和甲尺一樣，可用來測量工件的寬度，外徑和內徑外，乙尺上面的卡爪還可用來測量細頸工件的外徑。

圖 1，丙的主尺上有公制和吋制兩種刻線，在與活動卡爪相連的滑架上，分別刻有吋制和公制游標線。滑架的背面裝有一支深度尺，它是嵌在主尺背面的凹槽內，可以隨滑架前進或後退。這是用

來測量工件的深度。這種卡尺可以測量工件的深度、內徑、外
及細頸工件的外徑等。



- 1 主尺
- 2 固定卡爪
- 3 游標架
- 4 活動卡爪
- 5 游標尺
- 6 千分螺絲
- 7 調節螺帽
- 8 滑塊
- 9 固定螺絲

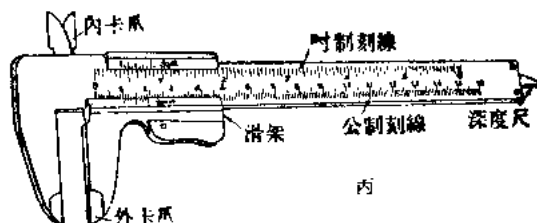
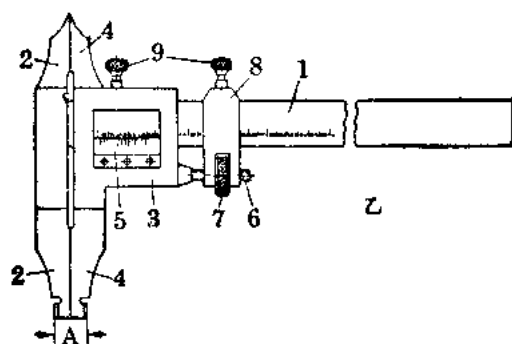


圖1 游標卡尺的三種型式

無論測量工件的外徑或內徑，均能直接從主尺上和游標尺上
得出讀數。而甲、乙圖所示的游標卡尺，在量工件內徑時，就要加上

卡爪尖端的固定厚度，才能得到內徑的真正尺寸。

二 游標尺原理

任何一種鋼尺，無論它的分格線是如何的準確，細緻，它總不能作到很精密的量具。因為，分格線愈小，刻線就更密，對刻線的寬度的要求也更細。這不但製造有困難，就是製造出來，也不容易看得清楚。鋼尺上最小的刻度是 0.01 吋，即使就這樣粗糙的分度，在觀察讀數時就非常困難了。但是，如果我們把兩支刻度較粗的尺，邊對邊地併在一起，我們立刻可以發覺，即使它們的分格線有了些微的誤差，我們立刻就可以看出來。游標卡尺，就是利用這個道理而製造出來的。

為什麼這個道理，可以用作精度量量的基礎呢？讓我們先舉個簡單的例子：假定我們要在一直線上準確地截取 26 公分的長度。用來測量的量具只有兩根沒有分格線的圓棒，一根長 5 公分，另一根長 6 公分。顯然，若只單獨用任一根圓棒量，都不可能準確地量出所需要的長度。利用 5 公分圓棒來測量時，要估計最後的一公分，用 6 公分圓棒作工具時，需要估計最後的二公分。但是若把兩

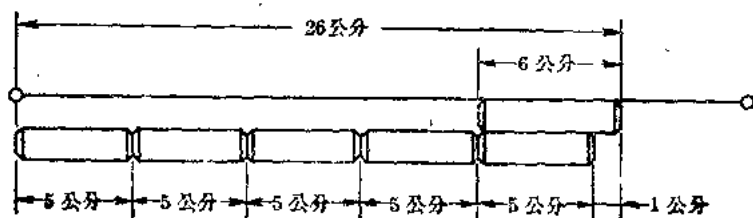


圖2 精密度量可能性原理

個工具合併起來應用，我們就可以不要估計，便能確定它的尺寸了。如圖 2 所示，最後一公分不是估計，而是十分精確的測量出來的。由此可見，只要用兩根分格相差極小的比例尺並列起來，就可以提高測量的精度。

那麼這種可能性又是怎樣的應用到實際工作中，作為精密度量的工具呢？要說明這種過程，並不困難，為了使讀者容易明白起見，讓我們再用例子，來加以說明。

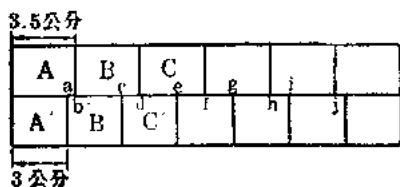


圖3 游標尺原理

假設我們有兩組木塊，一組的木塊邊長是 3.5 公分，另一組木塊邊長 3 公分，把這兩組木塊按圖 3 的方法排列，兩組木塊首先在左邊對齊，現在

我們可以看出，圖中 ab 的距離就是木塊 A 的長度減去木塊 A' 的長度。

$ab = 3.5 - 3 = 0.5$ 公分，再看 cd 的距離是等於木塊 A + B 的長度，減去木塊 B' + A' 的長度。

也就是 $cd = 3.5 + 3.5 - (3 + 3) = 7 - 6 = 1$ 公分。同樣的道理 $ef = (3.5 + 3.5 + 3.5) - (3 + 3 + 3) = 10.5 - 9 = 1.5$ 公分。
 $gh = 2$ 公分。 $ij = 2.5$ 公分。

在這個排列中，有兩點是值得注意的：第一， $cd, ef, gh, \dots$ 的距離，每次增加 0.5 公分，因此不管短木塊多長，只要這個差數很小，那麼每次所增加的長度也就很小。第二，假如兩組木塊的總長度相等，那麼便會出現一個機會，兩組木塊的某一對邊緣互相對

齊。同時，較短木塊的數目，一定比較長的木塊多出一個。這是很自然的道理，譬如上面所舉的例子中，六個長的木塊等於七個短的木塊。即是 $6 \times 3.5 = 7 \times 3 = 21$ 公分。

若我們把每塊較長的木塊代表主尺的分格，較短的每塊木塊代表游標尺的分格，於是我們就知道：卡尺的精確度就是兩組分格的‘長度差’，差數愈小，卡尺就愈能量得精密。還有一點，就是游標尺的長度等於主尺上的一定長度，但在這一定長度內的分格數，游標尺一定要比主尺多一格才對。這就是游標卡尺構造的基本原理。

三 各種游標卡尺的刻線原理和讀法

上節談過，游標卡尺的精密度，是由於主尺和副尺（游標尺）分格長度差而來的。現在我們再來看看各種游標卡尺的刻線原理和讀法。

$\frac{1}{10}$ 公厘 公制卡尺

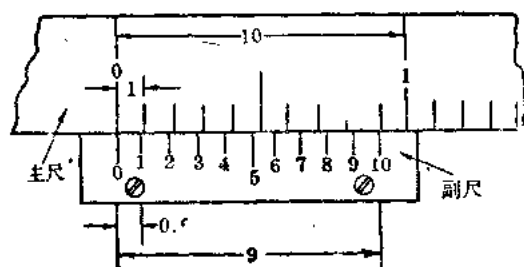


圖4 $\frac{1}{10}$ 公厘卡尺原理

這主尺的刻度與普通的公制鋼尺一樣，如圖4主尺1公分分

成 10 小格，每格是 1 公厘，副尺共分 10 格，全長等於主尺九格的長度（即 9 公厘），這樣副尺每小格的長是 0.9 公厘。所以主尺和副尺每格相差 $1 - 0.9 = 0.1$ 公厘。

因此當主尺的 0 線，和副尺的 0 線相對時，主尺第一線與副尺第一線相差 0.1 公厘，主尺第二線與副尺第二線相差 0.2 公厘，主尺第九線與副尺第九線相差 0.9 公厘。

根據這種關係，我們可以知道，當主尺第一線與副尺第一線相對齊時，副尺 0 線到主尺 0 線間的距離也是 0.1 公厘。副尺第二線與主尺第二分格線對齊時，副尺 0 線到主尺 0 線間的距離也是 0.2 公厘。依此類推，當副尺第九分格線與主尺第九分格線對齊時，副尺 0 線到主尺 0 線間的距離便是 0.9 公厘。

因此，以游標上 0 線為基準，卡尺讀法可分為下列三個（圖 5）步驟：

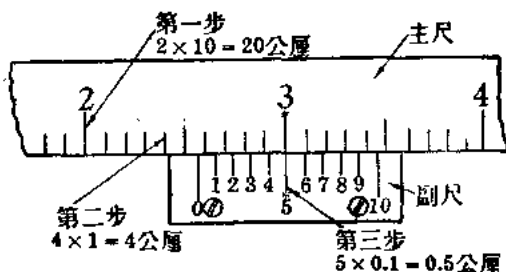


圖5 0.1公厘卡尺的讀法

第一步 讀出游標 0 線左邊主尺上的公分數，因為 1 公分等於 10 公厘，所以上圖中讀得為 $2 \times 10 = 20$ 公厘；

第二步 讀出游標 0 線與其左方最近的公分刻線間的完整分

格數。現讀得為 5 格，因一格是 1 公厘，所以是： $5 \times 1 = 5$ 公厘。

第三步 利用游標，決定游標 0 線與其靠近左邊的那根主尺分格線間的距離；也就是找出第幾根游標分格線與主尺分格線相對齊，再乘以分格長度差（即 0.1 公厘）。上例中，第五分格線和主尺的分格線相對齊。所以讀數是 $5 \times 0.1 = 0.5$ 公厘。

以上所讀出的三個數目的相加，就是所求的尺寸， $20 + 5 + .5 = 25.5$ 公厘。實際上一、二兩步的讀數都是主尺上的尺寸，所以當測量工件看尺寸時，首先要看副尺 0 線所在的左邊，讀出主尺上尺寸的整數；然後再看副尺第幾分格線與主尺分格線相對齊，就把那根線條序數乘以分格長度差，加上主尺寸整數。因此，我們可以得出一個公式：

所求尺寸 = 主尺尺寸整數 + 游標分格序數 $\times$ 分格長度差

上例所求尺寸 = $25 + 5 \times 0.1 = 25.5$ 公厘

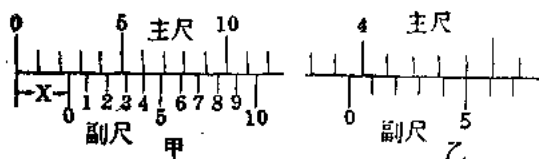


圖6 0.1公厘卡尺的讀法舉例

例1 圖5是 0.1 公厘卡尺讀法舉例，副尺的 0 線，在 2 公厘與 3 公厘之間（圖 6，甲）所以主尺尺寸是 2 公厘。再看副尺的分格線‘4’與主尺的分格線相對齊，按上面的公式得：

$$2 + 4 \times 0.1 = 2.4 \text{ 公厘}$$

例2 求圖 6，乙所示尺寸。

解 副尺 0 線在 3.9 公厘和 4.0 公厘之間，副尺第五分格線與

主尺的分格線相對齊，可知主尺尺寸為 39 公厘，游標所示的尺寸為 5×0.1 公厘。

所求尺寸 = $39 + 5 \times 0.1 = 39.5$ 公厘

0.05 公厘的公制卡尺 這種卡尺的原理完全和 $\frac{1}{10}$ 公厘卡尺一樣，不同的地方，只是副尺上的刻度不一樣罷了。這種卡尺的分格如圖 7 所示。

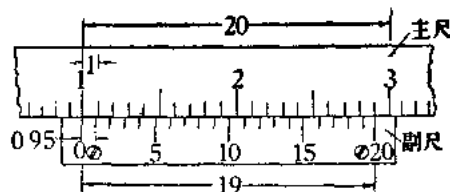


圖7 0.05公厘卡尺的原理

主尺上的小格還是 1 公厘；副尺共分 20 小格，全長度等於主尺 19 小格的長度（即 19 公厘），副尺每小格的長度為 $\frac{1}{20} \times 19 = \frac{19}{20} = 0.95$ 公厘。所以，長度差 = $1 - 0.95 = 0.05$ 公厘。

因此這種卡尺的精確度，不是 0.1 公厘而是 0.05 公厘了。

它的讀法，也是要先看副尺 0 線所在的左邊，讀出主尺上尺寸的整數，然後再看副尺的第幾分格線和主尺分格線對齊，乘上長度差（0.05 公厘）。比如副尺 0 線位在 23 公厘和 24 公厘之間（圖 8，甲），副尺上第七線與主尺分格線對齊。那麼，主尺尺寸的讀數就是 23 公厘，副尺所示的尺寸是 $7 \times 0.05 = 0.35$ 公厘。

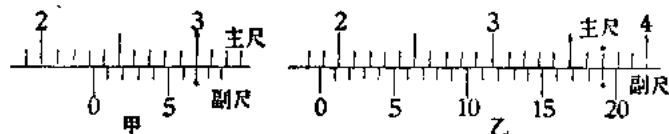


圖8 0.05公厘卡尺

所求尺寸 $\approx 23 + 7 \times 0.05 = 23.35$ 公厘。

再看圖 8, 乙: 副尺 0 線在 18 公厘和 19 公厘之間, 副尺第 19 線和主尺上分格線對齊。所以, 主尺尺寸的讀數是 18 公厘, 副尺所示的尺寸是 $19 \times 0.05 = 0.95$ 公厘。

所求尺寸 $= 18 + 19 \times 0.05 = 18.95$ 公厘

0.02 公厘的公制卡尺。這種卡尺是現在最精密的一種, 0.02 公厘是等於 0.00079 吋即萬分之七點九吋, 所以要比吋制千分卡尺精密得多。

這種卡尺的刻線有兩種, 先說最普通的一種, 如圖 9 所示, 主尺上每一小格還是 1 公厘, 副尺一共分成 50 小格, 全長等於主尺

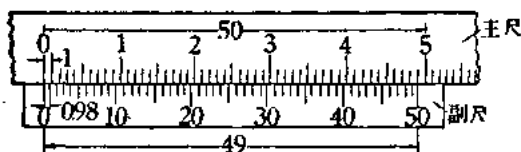


圖9 0.02 公厘卡尺

49 格, 即 49 公厘。副尺每小格的長度等於 $\frac{1}{50} \times 49 = \frac{49}{50} = 0.98$ 公厘, 長度差 $= 1 - 0.98 = 0.02$ 公厘, 所以它的精密度可以到 0.02 公厘。

例 圖 10 中, 副尺的 0 線在主尺 9 公厘和 10 公厘之間, 副尺的第 13 條分格線與主尺的分格線相對齊。所以, 主尺尺寸整數是

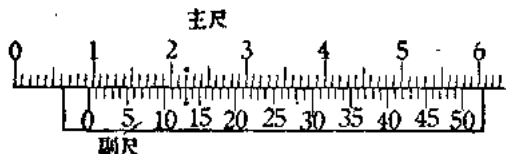


圖10 0.02 公厘卡尺的讀法

9 公厘，游標尺寸是 $13 \times 0.02 = 0.26$ 公厘；即全部尺寸是 $9 + 13 \times 0.02 = 9.26$ 公厘。

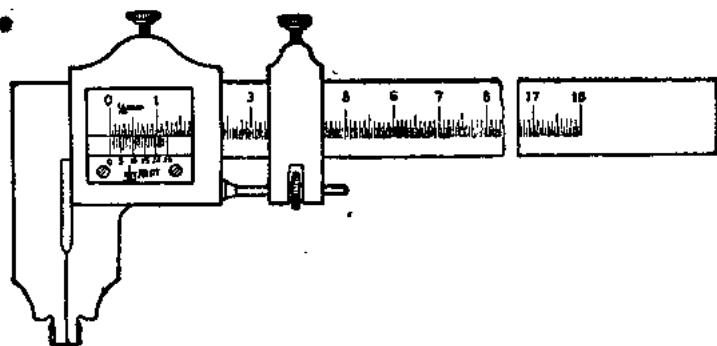


圖11 0.02公厘游標卡尺

前面的幾種卡尺的型式，都和圖 1、乙相同，現在再介紹一種和圖 1、甲相同的 0.02 公厘的游標卡尺，如圖 11 所示。這種卡尺的構造堅固，可用以測量工件外徑和內徑。它的分格線原理，如圖 12 所示。

主尺上每小格的長度是 0.5 公厘，就是把一格 1 公厘的又分成二小格。副尺只分成 25 格，全部的長度等於

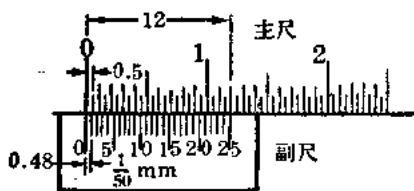


圖12 0.02公厘卡尺的刻線

主尺的 24 小格，就是 12 公厘。因此副尺每小格的長度是： $\frac{1}{25} \times 12 = \frac{12}{25}$ 公厘。所以，主尺和副尺分格的長度差是：

$$\text{長度差} = \frac{1}{2} - \frac{12}{25} = 0.5 - 0.48 = 0.02 \text{ 公厘}$$

由此可知，它的讀法，仍舊和前面那一種所講的一樣。

無論用那一種游標卡尺測量工件時，有時會碰到以下兩種的

特殊情況：(一)主尺上沒有整數尺寸；換句話說，只可由游標尺上讀出帶有小數的尺寸。這在量極薄的工件時，就會有這種情形。
(二)游標尺上的尺寸等於零，這種情形很多，現在舉例說明如圖。

圖13, 甲, 為0.02公厘卡尺的第一種刻線法, 副尺0線是在主

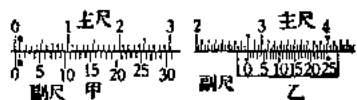


圖 13

尺0線與1線之間，這就表示被量工件的厚度還不到1公厘，所以主尺上沒有整數尺寸。再看副

尺的第一分格線與主尺分格線對齊，因此兩0線的距離是0.02公厘；也就是：

$$\text{所求尺寸} = 0 + 1 \times 0.02 = 0.02 \text{ 公厘}$$

圖13, 乙, 為0.02公厘卡尺的第二種刻線法, 副尺0線在20公厘與30公厘之間, 而且恰好與28公厘的刻線相對齊。所以主尺的讀數是28公厘, 這一讀數, 也就是我們要求的全部尺寸了。因為副尺上的游標刻線, 除起始的0線和最末的一根刻線, 各與主尺分格線對齊外, 再不可能找到另外相對齊的分格線, 此時游標尺的讀數為零。因此凡遇到游標的0線恰好對準主尺上任一刻線時, 游標尺上的讀數就等於零。

吋制 $\frac{1}{1000}$ 吋游標卡尺

圖1, 甲是吋制游標卡尺的一般型式, 它的特點, 就是主尺上的分格線與一般鋼尺不同。圖14表示主尺和副尺的



圖14 $\frac{1}{1000}$ 吋卡尺

刻線情形。主尺的刻線, 每1吋長分成10大格, 所以每一大格的長

度是 $\frac{1}{10}$ 吋 (或 0.1 吋), 分別註以 '1, 2, 3, …… 9' 等數字。此外, 主尺每一大格又等分成 4 小格, 因此每 1 吋長度內, 一共有 40 小格。每一小格的長度是 $\frac{1}{40}$ 吋或 0.025 吋。或讀作 $\frac{25}{1000}$ 吋。

副尺的刻線, 一共是 25 小格, 其總長恰等於主尺 24 小格的長度, 就是: $\frac{1}{40} \times 24 = \frac{24}{40} = \frac{6}{10}$ 吋。因此可知游標尺每 1 分格的長度是 $\frac{6}{10} \times \frac{1}{25} = \frac{6}{250}$ 吋 = $\frac{6 \times 4}{250 \times 4} = \frac{24}{1000}$ 吋。所以主尺和副尺的每格長度差是:

$$\begin{aligned} \text{長度差} &= \text{主尺分格長度} - \text{副尺分格長度} \\ &= \frac{25}{1000} - \frac{24}{1000} = \frac{1}{1000} \text{ 吋} \end{aligned}$$

這就表示此種卡尺測量工件時, 尺寸的精度可以達到千分之一吋, 所以我們叫它為千分游標卡尺。

千分游標卡尺的讀法, 可分為三個步驟:

第一步 讀出游標 0 線左邊, 主尺上代表吋的格數和代表 '十分之一吋' 的格數。圖 15 中的讀數是: $4 + 0 \times 0.1 = 4$ 吋。

第二步 讀出游標 0 線左邊完整的小格格數, 乘以 0.025 吋。圖 15 中讀得有兩個小格, 所以讀數是: $2 \times 0.025 = 0.050$ 吋

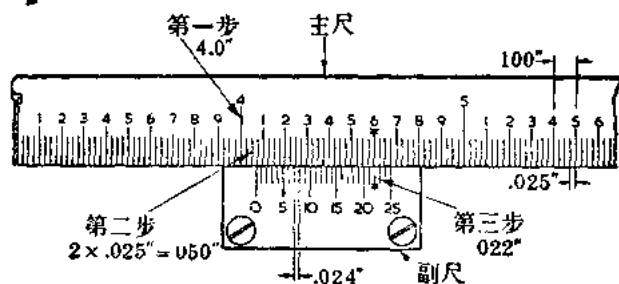


圖15 千分游標卡尺的讀法

第三步 找出第幾條游標分格線與主尺的分格線相對齊，乘以 0.001 吋；所以上圖是 $22 \times 0.001 = 0.022$ 吋。因此，全部尺寸 $= 4 + 0.050 + 0.022 = 4.072$ 吋。

這裏可以看出，千分游標卡尺的讀法還是和公制卡尺一樣；只是主尺的寸數帶有小數，而不是整數。

圖 16 表示千分游標尺測量工件時的四種不同情況，讀者可根據以上所談的步驟，核對它們所示的尺寸。圖 16，甲的讀數：0.01 吋，乙的讀數：0.515 吋，丙的讀數：0.762 吋，丁的讀數：3.782 吋。

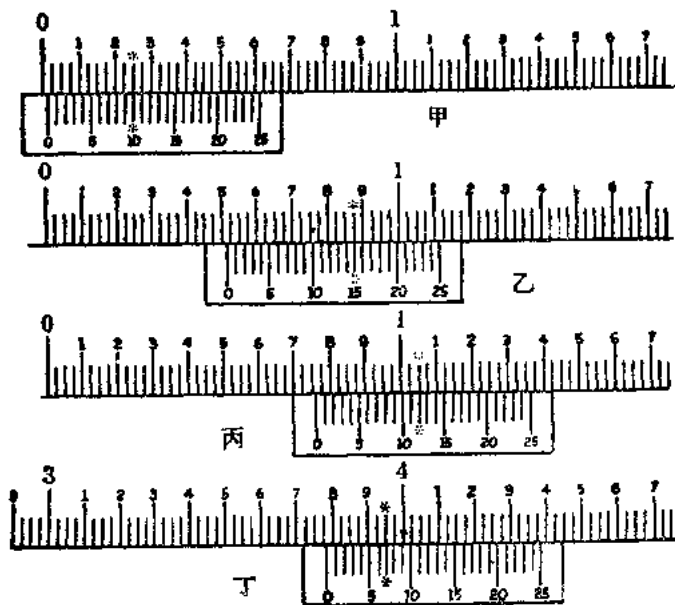


圖 16 $\frac{1}{1000}$ 吋卡尺

$\frac{1}{128}$ 吋卡尺——這種游標卡尺如圖 1，丙所示。主尺的分格線

很簡單，完全與普通吋制鋼尺一樣（如圖 17）。主尺每吋分成 16 小

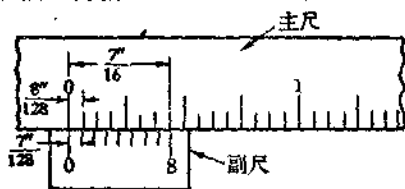


圖 17 $\frac{1}{128}$ 吋卡尺的刻線

格，每格長為 $\frac{1}{16}$ 吋；副尺一共分 8 小格，全長等於主尺 7 小格之長度。因此，副尺每格的長度是： $\frac{1}{8} \times \frac{7}{16} = \frac{7}{128}$ 吋；主尺和副尺的分格長度

差是

$$\text{長度差} = \frac{1}{16} - \frac{7}{128} = \frac{8}{128} - \frac{7}{128} = \frac{1}{128} \text{ 吋}$$

也就是表示用此種卡尺測量時，獲得的精密度可達到 $\frac{1}{128}$ 吋。

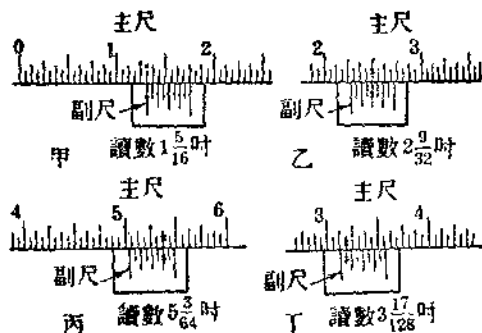


圖 18 $\frac{1}{128}$ 吋卡尺讀法練習

這種卡尺的讀法，除主尺和副尺每小格的長度不同外，完全和前面幾種卡尺的讀法一樣；不過，這種卡尺所量得尺寸，可用 $\frac{1}{16}$ ， $\frac{1}{32}$ 、 $\frac{1}{64}$ 和 $\frac{1}{128}$ 吋等分數的形式來表示。在圖 18 中所表示的四種情況，都已注明量得的尺寸，怎樣得出這幾種讀數，請讀者自己

來解答這個問題，作為學習本節後的一個練習。

四 游標卡尺的使用和維護

游標卡尺是一種精密的量具，所以了解它的正確使用方法，是很重要的。圖 19，表示測量較小工件外徑的姿勢。正確的操作步驟是：(1)以左手握住工件，右手把卡尺的兩卡爪移開，開口要比所量機件的外徑稍為大些；(2)將卡尺的卡爪放在工件外圍需要測量的部分；(3)用右手拇指推動滑塊，使活動卡爪靠近工件，但不可直接就跟工件接觸；(4)用固定螺絲將滑塊固緊，左手的大拇指壓住固定卡爪的尖端，同時用食指扶穩卡尺主尺；然後用右手的拇指，旋轉調節螺帽，使卡尺的活動爪慢慢地接觸了工件。但是，調節螺帽的旋轉轉數，不應超過 $\frac{1}{4}$ 轉；(5)讀出卡尺上的尺寸，不要取出卡尺。

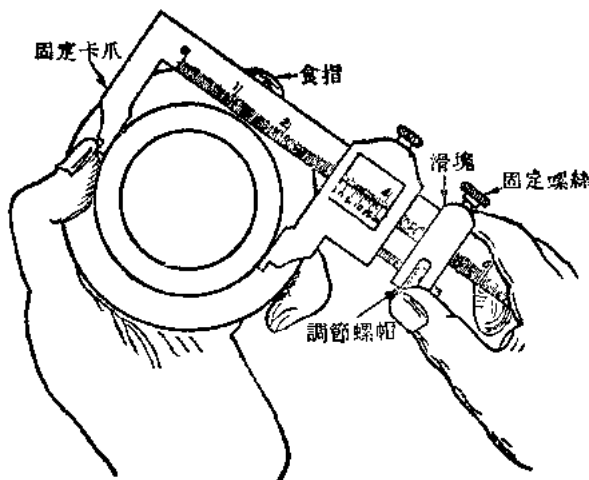


圖19 測量工件外徑的姿勢