

計算尺的原理與用法



3100

4498

K3

116605

計算尺的原理與用法

樊 恆 鐸 編

中國科學圖書儀器公司

出 版

內容介紹

本書先把計算尺的構造、製法、刻法、讀法、簡語、簡圖等概括說明，依次詳論原理及各式計算的運用方法，解釋精細，各有例題，並附圖表，極合初學者之用。

計算尺的原理與用法

編 者 樊 恆 鐸

出版者 中國科學圖書儀器公司
印刷 上海延安中路 537 號 電話 64545

總經售 中國圖書發行公司

版權所有★不可翻印

M 3—0.10

32 開 100 面 73 千字 每千冊用紙 3.22 令

新定價 ¥ 5,600

1949 年 10 月初版 0001—1000

1953 年 5 月 8 版 22001—27000

310.281

2498

265457

目 次

第一章 通 論

第一節	引言	1
第二節	構造	1
第三節	製法	3
第四節	保護與校準	6
第五節	尺度命名大意	7
第六節	尺度刻法	8
第七節	尺度讀法	10
第八節	運用簡語與簡圖	11

第二章 原理與用法

第一節	對數	12
1. 常用對數 2. 以任何數為底的對數		
第二節	乘除	15
1. 乘除法 2. 倒數 3. 比例 4. 連續乘除 5. 單位換算法		
第三節	乘方與開方	20
1. 平方 2. 立方 3. 指數是整數的乘幕 4. 指數是 $\frac{m}{n}$ 或 $\frac{m}{p}$ 的乘幕 5. 倒數尺度的聯用 6. 比例 7. 連續運算 8. 任何次幕及任何次根		
第四節	圓的計算	33

1. 圓周 2. 圓面積 3. 圓柱

第五節 數字方程式 37

1. 二次方程式 2. 三次方程式 3. 四次方程式 4. 指數方程式

第六節 舊法電工計算 43

1. 仟瓦與馬力的換算 2. 效率 3. 銅線的重量 4. 銅線的電阻
5. 銅線電阻與溫度的關係 6. 電位降落

第七節 三角函數 47

- (一) 對數型三角函數尺度: 1. 正弦 2. 餘弦 3. 正切 4. 餘切, 正割, 餘割,
5. 比例 6. 連續運算 7. 角度與弧(弧度)換算法 8. 三角函數的對數
(二) 非對數型三角函數尺度: 9. 正弦 10. 餘弦 11. 正切 12. 其他函數
13. 角度與弧換算法 14. 度分互化法

第八節 複數與矢量 58

1. 化直角坐標式為極坐標式 2. 化極坐標式為直角坐標式 3. 其他計算

第九節 複對數的應用 65

1. 一數的任意乘冪或方根 2. 一數以任何數為底的對數

第十節 雙曲線函數 74

1. 實數的雙曲線函數 2. 複數的雙曲線函數

附 錄

(一) 小史

(二) 備查數學公式

1. 乘冪與方根 2. 對數 3. 代數方程式 4. 求積公式 5. 三角函數
6. 雙曲線函數

(三) 計算尺常用尺度表

(四) 計算尺常用記號表

(五) 常用算尺的尺度排列

第一章 通 論

第一節 引言

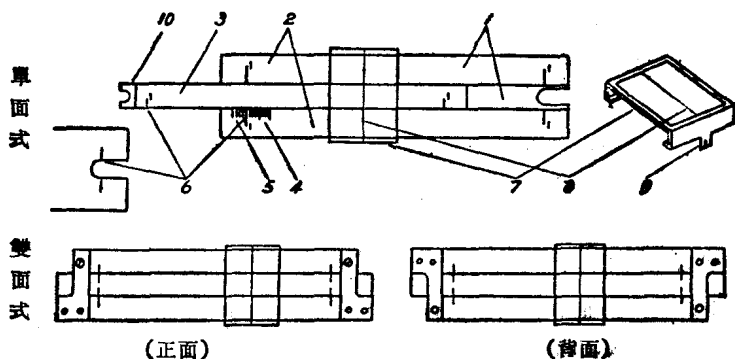
學者、工程師、工商業家、與學生們，在他們的工作中或業務上，常遇到不少的繁複數值計算；應用適宜的計算尺，這些計算可以化得極其簡易，而且可以準確到四五位數字，當然節省了許多時間。有人說根據會使用計算尺的人的多寡，可用來衡量一國的文化水準，並不是過分的話。

常見若干人需要一支計算尺而無力購買，或有一支很好的計算尺而不能完全利用。其實計算尺是一件極簡單的工具，它的基本原理，念完代數的初中同學就可明白；它的製造與使用，更是任何人都能勝任的。目前爲了適應各界的不同需要，計算尺的種類當然也極其繁多。本書只把常用計算尺的原理、製法與使用，作極簡略的介紹，以備參考。諸君如能動手自製一支，把原理究清，用法習熟，不僅其他種類的很易推知，並且很易設計出幾種新的計算尺來。

第二節 構造

計算尺的西名是 Calculating Rule；因爲它的主要部分由一條小尺在固定大尺間滑動而構成，所以也稱爲 Slide Rule。常見的計算尺可分爲單面與雙面兩種型式；它們的詳細構造可據圖說明如下：

1. 尺身(body) 計算尺的固定部分，稱爲尺身。
2. 上尺與下尺(upper and lower rule) 尺身的上部稱爲上尺，下部稱爲下尺。



8. 滑尺(slide) 上下尺間可滑動的尺稱為滑尺。

4. 尺度(scale) 上下尺與滑尺的面上，刻有許多組的分度，用以作各種計算；每組分度稱為一條尺度，或稱一條“刻度尺”

5. 延長部(extension) 為計算便利計，有時將尺度兩端延長少許，用特殊顏色標出，稱為延長部。

6. 指標(index) 任何尺度上標 1 或與 1 對應的配號，稱為該尺度的指標。例如尺度 C, D 左右兩端標 1 處，都稱為它們的指標。

7. 滑標(indicator or cursor) 為便於迅速並準確讀出或對準各尺度上的刻度計，須在上下尺上附以可滑動的玻璃框，稱為滑標。

8. 縱線(hairline or cursor line) 或稱髮線，是刻在滑標玻片上的細線。

9. 滑舌(tongue) 有時為便於讀出下尺底部的尺度，在滑標底部附有一個舌形突出部，稱為滑舌。

10. 指端(pointer) 在單面式的計算尺上，有時為便於讀出滑尺下方的尺度，特在滑尺左端附以金屬薄片；稱為指端。

計算尺按長度可分為五吋、八吋、十吋、二十吋等多種，所指的都是尺

淨長。對一般應用而言，五吋的太短，準確度不夠；二十吋的太長，取攜與使用都欠便利；最常用的要推十吋計算尺。有時把一條尺度分為數段，刻在短計算尺上，稱為折疊式尺度；功用與長計算尺相同，只是用時稍為麻煩些。

此外，有的製造廠家，把尺度刻在兩個可以互相轉動的圓盤或圓筒上，再附以適當的滑標，就成所謂計算盤或計算筒。原理與普通計算尺相同，優點是攜帶便利與較為準確，但製造較為困難，所以很少應用。

第三節 製法

倘若你願自製一支計算尺，請先搜集以下幾種材料：

- (1) 鋅板木板(或竹板)數塊，大小約為 13 吋 $\times$ 2 吋 $\times$ $\frac{1}{8}$ 吋；木質宜細緻，不易彎曲，表面柔韌而微有彈性。
- (2) 螺釘六七枚，長約 $\frac{1}{2}$ 吋，直徑約 $\frac{1}{16}$ 吋至 $\frac{1}{8}$ 吋。
- (3) 厚約 $\frac{1}{16}$ 吋的金屬片若干。
- (4) 透明膠片(如照相底片)一二張；能覓得薄玻璃片更好。
- (5) 圖釘數枚。
- (6) 彈性薄金屬片一片或細鋼絲一段。
- (7) 尺面一份，工程人員最常用的計算尺是下列三種。

1. 美國 Keuffel & Esser 公司的 No. 4083 雙面式複對數向量計算尺(Log Log Vector)。〔或採用複對數三角計算尺(Log Log Trig)〕。
2. 日本逸見(Hemmi)製作所的太陽牌(“SUN”)No. 153 雙面式電工計算尺。
3. 德國 A. W. Faber 公司的 “CASTELL” 1/98/998 電工計算尺。

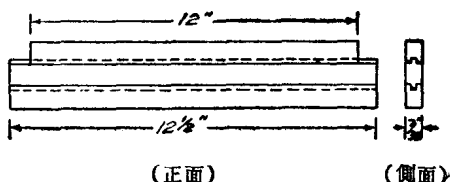
它們都是世界上最有名最合用的設計成品，你不妨先摹倣這三份自己劃線試製三支使用；等到把以後的原理與用法學習純熟後，再自己組合幾種便於使用的尺度，或設計幾種新的尺度。材料收集完畢，就可以開始動手了。

(一)雙面式計算尺的製法

(1) 尺身與滑尺，把木

板鋸成右圖所示的大
小數塊；滑尺與上下

尺的寬度，須與所用

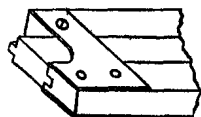
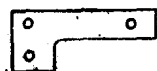


(正面)

(側面)

尺面的寬度完全相同(由所用尺面決定)。上下尺內側的凹處，須與滑尺兩側的凸處完全密合，俾滑尺移動時，不致過緊，也不致鬆動。

用 $\frac{1}{8}$ 吋厚的金屬片，剪成右圖的形狀，共剪四片。再用螺釘與金屬片把上下尺與滑尺釘起；釘時金屬片與上下尺接觸處須墊以厚紙片，以免滑尺移動時為金屬片擦傷。裝成後的情形見右圖。



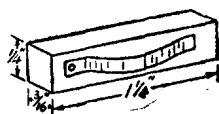
最後把紙尺面用漿糊或膠水黏在上下尺與滑尺上。這是最困難的工作，計算尺的準確與否，主要由這步工作決定。黏時須注意：

- 漿糊須塗在木板上，不可塗在尺面背後，以免紙面因濕而伸長變壞。
- 各尺度上左右端的相應處都須確在同一垂直線上；正面與背面尺度的左右端也須完全對應；任二尺度上的相應位置，都不得稍錯。(或先將滑標製成，再藉助滑標黏準尺面。)

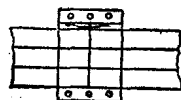
(c) 靠近上下尺邊緣處的尺面，應反摺起少許，以免滑標移動時，擦傷尺面。

(d) 如有適當的透明而不易乾裂的釉漆之類時，可在尺面塗上一薄層，以資保護。

(2) 滑標。找兩塊質地堅實緻密的木片，削成下圖所示的大小。用彈性薄金屬片剪成1吋× $\frac{1}{8}$ 吋的一條(或用鋼絲代替)，一端固定於一塊木片的內側，中央彎起，如右圖所示，以充彈簧。



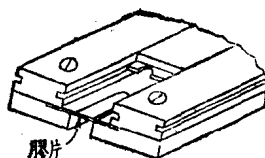
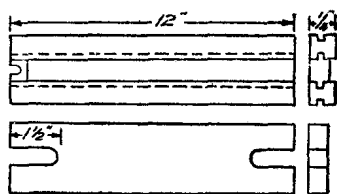
剪同寬的透明膠片兩片，長度等於尺寬加兩木片的厚度；每片內面的中央刻劃縱線一條，務求細明正直；如覺刻出不便，可用細髮黏貼，或固着在各片內面。



把木片與膠片套在上下尺上，核驗縱線位置是否妥當，用圖釘釘牢，如上圖所示，大功就算告成。若用玻璃片替代膠片，當然更好。

(二)單面式計算尺的製法

(1) 尺身與滑尺。木板鋸法仿前，但須多鋸一片作底板，寬度仍由尺面的寬度決定。上下尺兩側都須刻凹，以便安裝滑標。滑尺左端下方釘以小金屬片，以充指端。



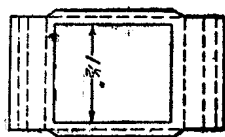
在底板兩端的拱形缺口上放以大小適宜的透明膠片，再用螺釘把上下尺固定在底板上，如上

圖所示。若用厚4吋的金屬板剪充底板，更可輕便不少。

仿前細心黏妥尺度；滑尺下方應貼在底板上的尺度，宜把第二章第六節 §§ 2,6 的用法看完後黏貼。

把底板的膠片上對應尺度 C, D 兩端的指標處，刻縱線作指標，以便讀出滑尺背面的尺度。

- (2) 滑標，用金屬片剪成右圖的形狀，嵌入膠片(或玻片)與彈簧，照虛線處摺屈，使恰可套在上下尺兩側的凹處滑動。這種計算尺上的縱線常有三條，可暫刻中央的一條，其餘的宜於看完第二章第四節 §2 與第六節 §1 的用法後刻劃。



以上所舉的是最簡陋的製法，希望你想法把它製得更美觀、堅固、合用些。倘若製得細心時，它的準確度可與商品計算尺不相上下，價格却經濟得多了。

第四節 保護與校準

計算尺是一種極精密的儀器，所以須加適宜的保護：

- (1) 計算尺用後須藏於匣內，並避免潮溼、日光與溫熱，因為它們能使尺身扭曲。
- (2) 萬一尺身扭曲時，可用手輕壓，使之復原；但一度扭曲後，終難完全恢復原狀。
- (3) 普通計算尺面都由賽璐珞質構成，弄污時可用絨布蘸汽油揩拭；不可用酒精，因為酒精能溶解賽璐珞質；水能使木質漲脹，也不宜使用。
- (4) 滑標污穢時，可在尺面上平放軟紙數條，把滑標在紙條上輕輕推

動，便可擦淨。

- (5) 在潮溼氣候下使用計算尺，或須粗率抽拉滑尺時，宜將滑尺上下側塗以純淨滑石粉或凡士林少許。

計算尺使用日久後，容有不準；須加以適當的校正：

- (1) 各尺度兩端的對應處必在同一垂直線上；如有誤差，可鬆動螺釘調整。
- (2) 滑標縱線必與尺身垂直；雙面式計算尺滑標一面的縱線對準尺度的兩端時，他面的縱線必須也對準尺度的兩端；如有誤差，可旋動螺釘校正。
- (3) 滑尺過鬆或過緊時，雙面式的可調整固定上下尺的螺釘；單面式的底部若附有調整鬆緊的螺釘，應用更為便利。若稍緊時，只須在滑尺上下側撒以滑石粉少許即可。

應注意的是不可時常校正，以免損傷計算尺。

第五節 尺度命名大意

最初的計算尺只用來作乘除與平方運算，只有四條尺度，所以使用A、B、C、D依次代表上尺、滑尺上部、滑尺下部、下尺的各尺度。後來計算種類日繁，尺度也日益增多；茲將它們簡名的涵義略記如下：

L——對數尺度(logarithm scale)

C, D, A, B, K (Cu)——對數型尺度(logarithmic scales)。C, D稱單節(1-section)對數型尺度；C位於滑尺，D位於下尺。A、B稱雙節(2-section)對數型尺度；A位於上尺，B位於滑尺。K稱三節(3-section)對數型尺度。

I——倒尺度(inverted or reciprocal scale)；如CI是尺度C的倒尺度。

F——摺尺度(folded scale); 如 DF 是尺度 D 的摺尺度, CIF 是尺度 CI 的摺尺度。

S, T, ST——三角函數尺度(trigonometric function scales)。S 稱正弦尺度(sine scale), T 稱正切尺度(tangent scale), ST 稱正弦正切尺度(sine tangent scale)。

Sh, Th——雙曲線函數尺度(hyperbolic function scales)。Sh 稱雙曲線正弦尺度(hyperbolic sine scale), Th 稱雙曲線正切尺度(hyperbolic tangent scale)。

Ge——Gudermanian 尺度。

P, Q——平方尺度或向量尺度(square or vector scales)。P 位於上尺, Q 位於滑尺。

LL——複對數尺度(log-log scale); LL1、LL2、LL3 等分別代表它的各節。

W——效率尺度(efficiency scale)

V——電位降落尺度(voltage drop scale)

這裏舉出的只是最常見的幾種,其他的可以推想而知。

第六節 尺度刻法

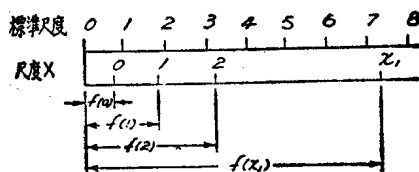
爲了達成不同的運算目的,每條尺度刻劃時都須根據某種函數;這些函數因計算目的之不同而異,可據附錄中的尺度表內查得。

設刻劃尺度 X 時所本的函數是 $f(x)$, 則刻尺的手續是:

- (1) 求出與 $x=0, 1, 2, \dots, x_1, \dots$ 相應的函數值 $f(0), f(1), f(2), \dots, f(x_1), \dots$

x	0	1	2		x_1	
$f(x)$	$f(0)$	$f(1)$	$f(2)$		$f(x_1)$	

- (2) 取一條長度適宜的均分尺度作標準尺度。自尺度 X 的左端開始,用標準尺度量出長度 $f(0)$,刻線並標以 0;再量出長度 $f(1)$,刻線並標以 1;倣此標出其他數字,如下圖所示。

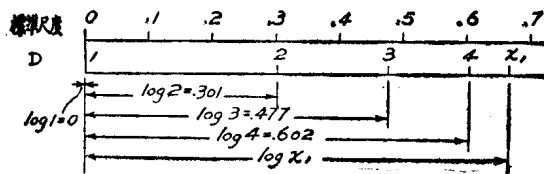


【例】要刻劃尺度 D (或 C), 應取的步驟如下:

- (1) 由尺度表查出所本的函數是 $\log x$ 。
 (2) 求出與 $x=0, 1, 2, \dots, x_1, \dots$ 相應的函數值;

x	0	1	2	3	4		x_1	
$\log x$	$-\infty$	0	.301	.477	.602		$\log x_1$	

- (3) 如下圖所示,刻出尺度 D。



【例】如要刻劃尺度 S, 應取的步驟是:

- (1) 由尺度表查出所本的函數是 $\log \sin \theta$ 。
 (2) 求出與 $\theta = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, \dots$ 相應的函數值(只計定值部):

θ	10°	20°	30°	
$\log \sin \theta$	.2397	.5341	.6990	

(3) 刻出尺度 S.

第七節 尺度讀法

要在任一尺度上讀出某數時，須注意以下幾點：

- (1) 在若干尺度如 A、B、C、D 上，只須讀出有效數字，位數另用他法決定。所謂有效數字，就是一數除去其中用以表示位數的零後所餘的數字；例如 72080，72.08 與 0.007208 三數的有效數字全同，所以在尺度 D 上覓讀時，都在同一位置。
- (2) 為免除混亂計，任一尺度上的數值都未全部刻出或標出，讀時必須估定。例如尺度 D 上的 1 與 2 間本有無窮多的數，但標出的只有 1.1, 1.2, 1.3.....，刻分而未標出的也只有 1.01, 1.02, 1.03,.....；如要讀出 1.027，就須在 1.02 與 1.03 間估定。作為一個初步練習，試在尺度 D 上讀出 10.15, 1247, .0275 與 79.8 來！
- (3) 如上節所述，尺度刻劃時係根據一定的函數，刻線間的距離當然多不勻稱。所以在估定未刻出的數字時，宜參照左右的刻線而作決定。例如在尺度 LL 3 上，525 的位置不在 500 與 550 中間，而稍偏右方。

使用計算尺時，最困難的工作就是讀尺；計算尺用得是否迅速而準確，主要視讀尺的熟練與否而定。外國有一條 “CGS & 3R Rule”，可作說明：

The Correct Reading is

The Golden Rule of

The Slide Rule.

第八節 運用簡語與簡圖

握持計算尺的手勢，各人不一致；普通用手指輕持上下側，不可觸及尺度，以免弄污。移動滑尺時，用手指在左右兩端推送，不可猛拉。滑標無彈簧的一側應在下面，並緊貼下尺底邊，以免縱線傾斜。

使用計算尺的主要動作，只有兩種：

(一)置放。把位於滑尺上的尺度甲上的數 a ，對準位於固定尺上的尺度乙上的數 b ，稱為“置放 a 於 b ”；作這步動作時，先把滑標的縱線推在 b 上；再推動滑尺，使 a 也在縱線下。有時置放的結果不合用，須重新移動滑尺，稱為“重置”。

(二)對讀。設已知尺度甲上的數 c ，要在尺度乙上讀出與 c 正對的數 d ，稱為“對 c 讀 d ”；作這步動作時，只須移動滑標就夠了。

例如要把尺度C上的2對準尺度D上的4，再對尺度C上的3而求尺度D上的讀數；應採的手續是：

把滑標上的縱線置於尺度D上的4，

把尺度C上的2推在縱線下；

把滑標上的縱線放至尺度C上的3，

在縱線下讀出尺度D上的6。

為便於以後敘述計，我們採用以下的簡語與簡圖：

簡語：“置2 C於4 D，對3 C讀6 D。”

簡圖：

C		2		3
D		4		(6)

圖中在同一縱行內的數相互對準，附括號的數表示欲求的數。

第二章 原理與用法

本章以應用的尺度為根據，釋明作各種計算時的原理與用法。每種計算的方法常很多，這裏只舉出最合實用的幾種；學者可選擇自己認為最便利的一兩種，練習純熟應用。

為敘述便利與節省篇幅計，以下各節中，都採用前敘的簡語與簡圖。

第一節 對數

對數尺度的使用，最為簡易，又與以後的運算有密切關係，所以我們先從它起始。試想，一條十吋長的對數尺度，就可以代替一簿本四位對數表，而且免去補差法的麻煩；計算尺的便利可想而知了。

§1. 常用對數

應用尺度：[L, D]

【原理】

(a) L 與 D 在尺的同一面。由圖，設 L 上的某數 x 與 D 上的數 N 相對，按尺度刻法，

可知：

在 L 上，用標準尺度量得 0 與 x 間的距離 = x ，

在 D 上，用標準尺度量得 1 與 N 間的距離 = $\log N$ ；

但 L 上 0 與 x 間的距離 = D 上 1 與 N 間的距離，

