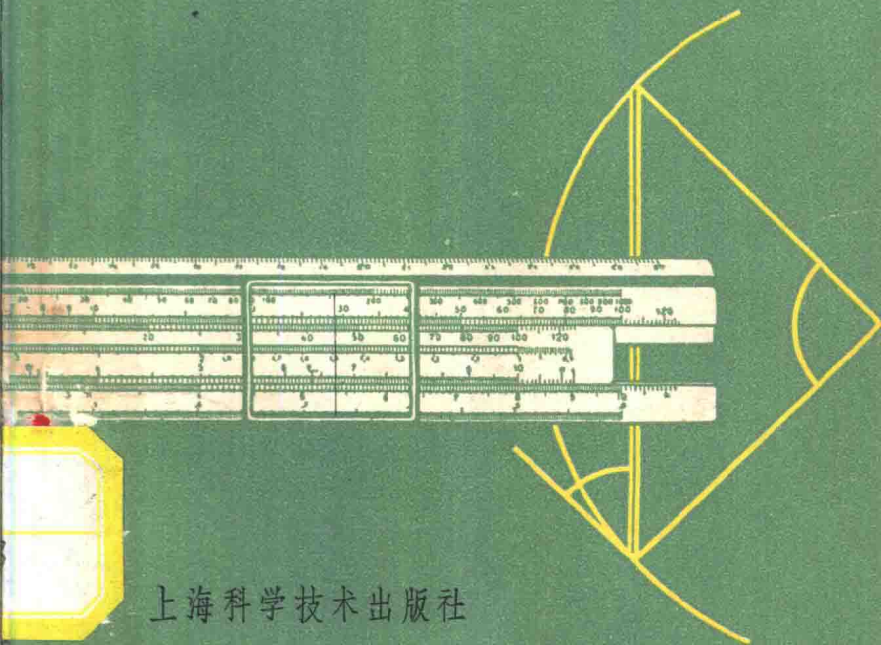


计算尺的原理与用法

樊 恆 鐸 編



上海科学技术出版社

計算尺的原理与用法

(第二版)

樊 恒 鐸 編

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书先介紹計算尺的构造、制法、尺度刻法、尺度讀法、簡語簡圖等基本知識，再依次詳論对数、乘除、乘方开方、数字方程、三角函数、复数、重对数、双曲綫函数等計算的原理和方法；叙述清楚，配合例題，并附有总结性图表。可供中等和高等学校学生以及科技工作者参考。

本书初版于1949年，这次經作者作了較多的修改和补充，作第二版发行。

計算尺的原理与用法

(第二版)

樊恒鐸 編

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市印刷四厂印刷

*

开本 787×1092 1/36 印張 3 字数 67,000

(原中、科技版共印 118,510册 1949年10月第1版)

1962年8月第2版 1964年6月第4次印刷

印數 81,001—101,000

統一書号：13119·1

定 价：(十) 0.30元

目 次

第一章 基本知識	1
一 引言.....	1
二 构造.....	1
三 制法.....	3
四 選擇与保护.....	6
五 尺度命名大意.....	8
六 尺度刻法.....	9
七 尺度讀法.....	10
八 运算簡語与簡图.....	11
第二章 原理与用法	13
一 对数.....	13
§1 常用对数 §2 以任意数为底的对数	
二 乘除.....	16
§1 乘除法 §2 倒数 §3 比例 §4 連續乘除 §5 单位換算法	
三 乘方与开方.....	30
§1 平方 §2 立方 §3 指数是整数的乘幂 §4 指数是 $\frac{3}{2}$ 或 $\frac{2}{3}$ 的乘幂 §5 倒数尺度的联用 §6 比例 §7 連續运算 §8 任意次幂与任意次根	
四 圓的計算.....	37
§1 圓周 §2 圓面积 §3 圓柱	
五 数字方程.....	40
§1 二次方程 §2 三次方程 §3 四次方程 §4 指数方程	

六 簡易电工計算	48
§1 千瓦与馬力的換算 §2 效率 §3 銅綫的重量 §4 銅綫的电阻 §5 銅綫电阻与温度的关系 §6 电位降落 §7 其他計算	
七 三角函数	52
§1 对数型三角函数尺度: 正弦 余弦 正切 余切 正割 余割 比例 連續运算 角度与弧度換算法 三角函数的对数	
§2 非对数型三角函数尺度: 正弦 余弦 正切 其他函数 角度与弧度換算法 度分互化法	
八 复数与矢量	63
§1 化直角坐标式为极坐标式 §2 化极坐标式为直角坐标式 §3 其他計算	
九 重对数的应用	71
§1 一数的任意乘幂或方根 §2 一数以任意数为底的对数	
十 双曲綫函数	81
§1 实数的双曲綫函数 §2 复数的双曲綫函数	
附 录	93
(一) 計算尺小史	93
(二) 备查数学公式	93
§1 乘幂与方根 §2 对数 §3 代数方程 §4 求积公式 §5 三角函数 §6 双曲綫函数	
(三) 計算尺常用尺度表	100
(四) 計算尺常用符号表	102
(五) 計算尺的尺度排列举例	103

第一章 基本知識

一 引 言

科学技术工作者和学生們在工作和学习中常遇到各种实用数值計算,应用适当的計算尺,这些計算可以迅速而簡便地作出来,大大地提高了工作效率。和其他計算工具如算盘或計算机比較,計算尺的突出优点是使用簡易,携带方便,虽然准确度一般約为3~4位有效数字,但在实用上已經足够。因此,善于使用計算尺已是每个科学技术工作者的必备技能了。

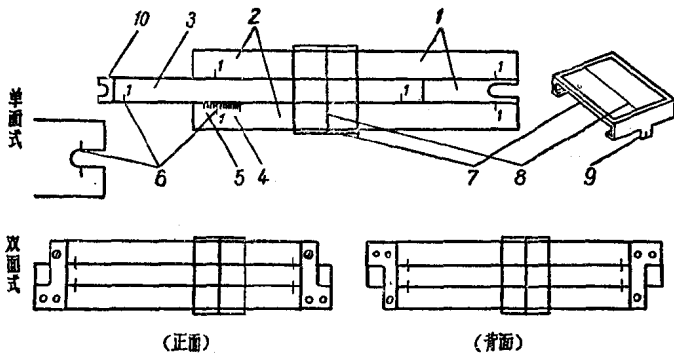
本书介紹广泛流行的普通类型計算尺的原理和用法。計算尺是一种巧妙而簡单的工具,学过初等代数就能够基本上掌握它。在学习本书时,务請准备一支計算尺,結合閱讀进行练习。同时,学习的目的不仅是了解計算尺的原理,学会它的用法,更重要的是要能利用它迅速、准确、而有把握地进行实际計算。这只有通过不断的实践才能做到。

为了适应各部門工作的特殊需要,还制有机械、电工、測量等多种专业計算尺。但是各种計算尺的基本原理是相仿的,掌握一种計算尺后,使用其他种計算尺就不致发生特別困难,并且可以設計出需用的計算尺来。

二 构 造

計算尺的主要部分由一条可动尺在两条固定尺間滑动

而构成。常見的計算尺可分为单面与双面两种型式，它們的构造如下：



1. 尺身 計算尺的固定部分，称为尺身。

2. 上尺与下尺 尺身的上部称为上尺，下部称为下尺。

3. 滑尺 上下尺間可滑动的尺称为滑尺。

4. 尺度 上下尺与滑尺的尺面上，刻有許多組分度，用以进行各种計算：每組分度称为一条尺度、标尺或图尺，或簡称尺。尺度的左右两端常刻有尺度的簡名和表明尺度上函数数值范围的旁标。

5. 延长部 为运算便利計，有时将尺度两端各延长少許，用紅色标出，称为延长部。

6. 指标 对数型尺度上标 1 处或与 1 对应处，称为該尺度的指标。例如尺度 C, D 左右两端标 1 处，都称为它們的指标。

7. 滑标 为便于迅速准确地讀出或对准各尺度上的刻度，在上下尺身上附以可滑动的透明片，称为滑标。

8. 准綫 也称視准綫或发綫，是刻在滑标透明片上的

垂直尺身的細綫。

9. 滑舌 有时为便于讀出下尺底部的尺度,在滑标底部附有舌形突出部,称为滑舌。

10. 指端 在单面式計算尺上,有时为便于讀出滑尺下方的尺度,在滑尺左端附以金属片,称为指端。

計算尺的长度有 12.5, 15, 25 和 50 厘米等多种(指的是尺度的淨长)。对一般应用而言,前一种太短,准确度較差;后一种太长,携带与使用都欠便利;最常用的是 25 厘米計算尺。有时把一条尺度分为数段,刻在短計算尺上,称为折迭式尺度,准确度与长計算尺相同,但使用稍为麻煩。有些計算尺的滑标上附有放大鏡或放大机构,以提高准确度。

此外,有的制造厂把尺度刻在一个金属圓盘上或两个可动的圓筒上,再附以适当的滑标,就成为計算盘或計算筒。它們的构造原理与普通計算尺相同,优点是携带便利,但制造較难,所以应用不广。

三 制 法

如果你想自制一支計算尺,請先搜集以下几种材料:

(1) 干燥木板(如黄楊木板)数块,尺寸約为 $320 \times 50 \times 6$ 毫米;质地宜細致柔韌,不易扭曲变形(竹板、胶木板或厚紙板也合用)。

(2) 螺釘六七枚,长约 10 毫米,直徑約 3 毫米。

(3) 厚約 1 毫米的金属片若干。

(4) 透明胶片,有机玻璃片或薄玻璃片若干。

(5) 图釘或小螺釘数枚。

(6) 有彈性的薄金属片若干。

(7) 尺面一份。常用的計算尺的尺度排列見本書后面的附錄(五)。你不妨先摹仿任一種，自己划綫試制一支使用，等到熟練了計算尺的原理與用法後，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，就可以動手制作了。

(一) 雙面式計算尺的制法

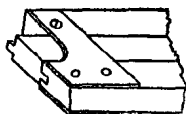
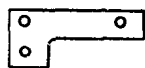
1. 尺身與滑尺 把木板鋸成下圖所示的大小數塊。



滑尺與上下尺的寬度由所用的尺面決定。上下尺內側的槽，須與滑尺兩側的凸處完全密

合，使滑尺移動時，不致過緊，也不致鬆動。

把1毫米厚的金屬片，按右圖的形狀，共剪四片，再用螺釘把金屬片和各尺釘起。釘時金屬片與上下尺接觸處須墊以厚紙片，以免滑尺移動時尺面為金屬片擦傷。裝成後的情形見右圖（等尺面貼好後再釘牢）。



最後把紙尺面貼在上下尺與滑尺上。計算尺的準確程度，主要由這步工作決定。貼時須注意：

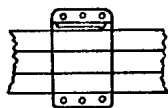
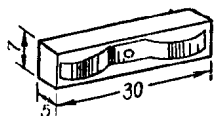
(1) 漿糊或膠水須塗在木板上，動作要敏捷，以免紙尺面受濕而伸長變軟。

(2) 各尺度上左右端和中間部分的相應處都須對准（在同一垂直綫上）。正面各尺度對准時，背面各尺度的相應處也須對准（或先將滑標制成，再借助滑標粘貼尺面）。

(3) 靠近上下尺边缘处的尺面,可反折起少许,这样滑标移动时,不致擦伤尺度。

尺面干燥后,可涂上一薄层透明油漆,以资保护(将废照相胶片用水泡去乳胶层,剪碎后溶解于乙酸戊酯、丙酮或酒精中,可以制成合用的赛璐珞漆)。

2. 滑标 找两块质地致密的木块,削成下图所示的大小。用有弹性的薄金属片剪成 30×4 毫米的一条,中央固定于木块之一的内侧,两端弯起,如右图所示,作为弹簧。



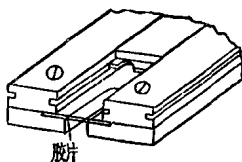
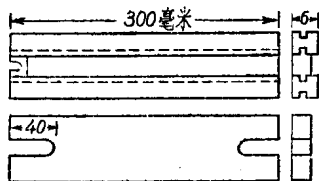
剪同宽的透明胶片两片,长度等于尺宽加两木块的厚度。每片内面的中央用针刻划准线一条,务求明细正直,用红铅笔涂入颜色。

把木块与胶片套在尺身上,核验准线位置是否正确,用图钉或小螺钉钉牢,如上图所示,大功就算告成。

(二) 单面式计算尺的制法

1. 尺身与滑尺 木板锯法仿前,但须多锯一块作底板,宽度仍由尺面的宽度决定。上下尺两侧都须刻槽,以便安装滑标。滑尺左端下侧钉以小金属片,作为指端(滑尺下方没有尺度时不需要)。

在底板两端的拱形缺口上放以大小适宜的透明胶片,

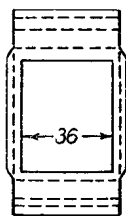


再用螺釘把上下尺固定在底板上，如上图所示。若用厚1毫米的金属板作底板，更可輕巧不少。

仿前細心貼好尺面。滑尺下方應貼在底板上的尺面，宜把第二章第六節 § 2, § 6 的用法看完後粘貼。

在底板的膠片上對應尺度 C, D 兩端的指標處，刻劃准綫，以便讀出滑尺背面的尺度。

2. 滑標 用金屬片剪成下圖的形狀，嵌入膠片（或玻璃片）與彈簧，照虛綫處折屈，使恰可套在上下尺兩側的槽中滑動。這種計算尺上的准綫通常有三條，可暫刻中央的一條，其餘的可在看完第二章第四節 § 2 與第六節 § 1 的用法後刻劃。



以上介紹的是最簡單的制法，希望你進一步想法把它制得更美觀、堅固、合用些。倘若細心制作，它的準確度可與商品計算尺不相上下。

四 選擇與保護

質量優良的計算尺應具備下列特點：

(1) 滑尺和滑標移動自由，各處松緊相同，不會自行滑動。上下尺與滑尺間沒有裂縫。滑尺移動時，滑標完全不動。

(2) 尺度和滑標上的刻綫細而清晰，滑標上的准綫緊貼尺面，以減小視差。

(3) 尺身和滑尺上各尺度兩端和中間部分的對應處在同一垂直綫上。

(4) 滑標准綫與尺身垂直，當准綫對准某尺度的一端時，它也對准其餘尺度的同一端。在雙面式計算尺上，這

时背面的准綫也对准各尺度的同一端。

(5) 所用材料的性能和形状經久不变, 保持計算尺的高度准确。

我国上海、广州、北京等地的許多厂家已生产有多种质量优良价格低廉的計算尺。附录(五)中示出几种較常用的計算尺的尺度排列。

选择計算尺时, 应当根据計算工作的种类和要求的准确度, 决定計算尺应具有的尺度、长度和质量要求。双面式計算尺可以比同样大小的单面式計算尺容納較多的尺度, 而且使用比較方便, 所以一般乐于选用。

計算尺是一种很精致的工具, 必須小心使用和注意保护:

(1) 不可放在高温或潮湿的地方。放在日光下、火炉旁或暖汽管附近时, 尺身可能干裂或扭曲致不能使用。放在潮湿处, 木质将膨脹, 使滑尺不易抽动。

(2) 用后应装入尺匣內, 以免尺面被灰尘沾污或被尖锐物品擦伤。計算尺不可受到敲打或摔跌。

(3) 如果尺面弄脏了, 可用軟橡皮輕輕擦去, 或用蘸少量汽油或酒精的絨布揩拭。汽油能溶解刻度的顏料, 酒精能溶解尺面的賽璐珞质, 水能使木质湿脹, 都不宜大量使用。

(4) 滑尺推拉較紧时, 可将它抽出, 用少許滑石粉或石蜡抹拭它的上下側和尺身內槽, 切勿用小刀之类刮削。

(5) 有些計算尺上装有調整螺釘, 若滑尺过松过紧, 或各尺度对应不准时, 可小心旋动調整。但不可頻繁調整, 以免損伤計算尺。

五 尺度命名大意

最初的計算尺只用来作乘除和平方运算，只有四条尺度，所以便用 A、B、C、D 依次代表上尺、滑尺上部、滑尺下部、下尺的各尺度。后来計算种类日繁，尺度也相应增多。茲将尺度簡名的意义略記如下：

L——对数尺度 (logarithm scale)。

C, D, A, B, K——对数型尺度 (logarithmic scales)

C, D 称单段对数型尺度；C 位于滑尺，D 位于下尺。A, B 称双段对数型尺度；A 位于上尺，B 位于滑尺。K 称三段对数型尺度。

I——倒尺度 (inverted or reciprocal scale) 如 CI 是 C 尺的倒尺度。

F——折尺度 (folded scale) 如 DF 是 D 尺的折尺度，CIF 是 CI 尺的折尺度。

S, T, ST——三角函数尺度 (trigonometric function scales) S 称正弦尺度 (sine scale), T 称正切尺度 (tangent scale), ST 称正弦正切尺度 (sine tangent scale)。

Sh, Th——双曲綫函数尺度 (hyperbolic function scales) Sh 称双曲綫正弦尺度 (hyperbolic sine scale), Th 称双曲綫正切尺度 (hyperbolic tangent scale)。

H, P, Q——平方尺度或向量尺度 (square, vector or Pythagorean scales) P 位于上尺或下尺, Q 位于滑尺。

LL——重对数尺度 (lg-ln scale) LL1、LL2、LL3、LL01、LL02、LL03 等分別代表它的各段。

計算尺上各种常用尺度的主要性能見附录(三)。

有些計算尺上的尺度名称沒有标出，可与尺度表中的

数值范围和刻尺函数比较而决定。

六 尺 度 刻 法

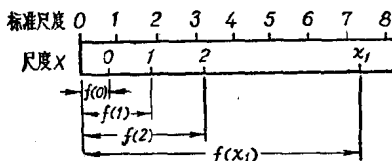
为了不同的计算目的，每条尺度刻划时都须根据某种函数。这些函数因计算目的之不同而异，可从附录(三)的尺度表中查得。

设刻划尺度 X 时根据的函数是 $f(x)$ ，则刻尺的手续是：

(1) 求出与自变量 $x=0, 1, 2, \dots, x_1, \dots$ 相应的函数值 $f(0), f(1), f(2), \dots, f(x_1), \dots$ 。

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

(2) 取一条长度适宜的均分尺度作标准尺度。自尺度 X 的左端开始，用标准尺度量出长度 $f(0)$ ，刻线并标以 0。再量出长度 $f(1)$ ，刻线并标以 1。仿此标出其他数字，如下图所示。



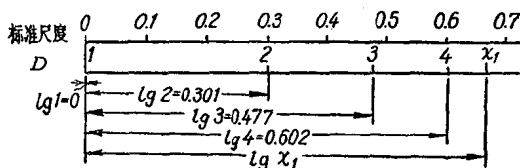
[例 1] 要刻划 D (或 C) 尺，步骤如下：

(1) 由尺度表查出根据的函数是 $\lg x$ 。

(2) 求出与 $x=0, 1, 2, \dots, x_1, \dots$ 相应的函数值：

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

(3) 如下图所示,刻出 D 尺。



[例 2] 要刻划 S 尺,应取的步骤是:

- (1) 由尺度表查出根据的函数是 $\lg \sin \theta$ 。
- (2) 求出与 $\theta = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, \dots$ 相应的函数值(只计定值部):

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

(3) 刻出 S 尺。

七 尺度讀法

在尺度上讀出数值时,須注意下列事項:

(1) 計算尺是一种近似計算工具。每条尺度的准确度决定于尺长和刻尺时根据的函数,通常用有效数字的位数或相对誤差表示。例如在 25 厘米长的計算尺上, D 尺(或 O 尺)的左端可讀出四位有效数字(如 1.111),右端可讀出三位有效数字(如 9.99),設末位数字可能和准确值差 1,則讀数的相对誤差都約等于 $\frac{1}{1000} \left(\frac{0.001}{1.111}, \frac{0.01}{9.99} \right)$ 。在 12.5 厘米长的計算尺上, D 尺上讀数的相对誤差約为 $\frac{2}{1000}$ 。

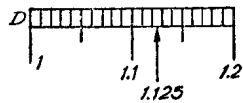
近似計算要求得到应有的准确度,但决不要求浪費時間和精力去追求毫无价值的“多余的准确度”。例如,在讀尺时追求超过实际需要的或不可能讀出的有效数字

位数。

注 一数除去其中用以表示位数的零后所余的数字，称为有效数字；例如 72100, 72.1 和 0.0721 三数具有相同的有效数字。

(2) 在有些尺度如 L, S, T, LL 上，讀出的是实际数值。在有些尺度如 C, D, A, B, CI 上，讀出的是有效数字，位数另用其他方法决定；有效数字相同的数，都在尺度上的同一位置讀出。

(3) 任一尺度上的数值都不可能全部刻出或标出，讀时須适当估計。例如 D 尺上的 1 与 2 間本有无穷多的数，但标出的只有 1.1, 1.2, 1.3, …，刻划而未标出的也只有 1.01, 1.02, 1.03, …。要讀出 1.125，就需在 1.12 和 1.13 間估定。



(4) 如上节所述，尺度刻划时系根据特定的函数，刻綫間的距离多不匀称。所以在估定未刻出的数字时，宜参照左右的刻綫而作决定。例如在尺度 LL3 上，525 的位置不在 500 与 550 的正中，而稍偏右方。

使用計算尺时，最困难的就是讀尺。計算工作进行得是否迅速而准确，主要决定于讀尺的熟练程度。

[例 1] 試借助滑标上的准綫，在 D, A, CI, CF 各尺度上讀出下列各数：

3.29, 3290, 0.329; 1.73, 173, 0.0173;

12.43, 1.034, 0.243, 78.6, 362.5.

[例 2] 試在 S, T 尺上讀出下列角度：

12° , 27° , $44^\circ 30'$, 76.5° , $7^\circ 13'$.

八 运算簡語与簡图

使用計算尺时，一般用手指輕持尺身上下側，不可觸及

尺面，以免弄污。移动滑尺时，用手指在两端推送，不可猛拉。滑标无弹簧的一侧应紧贴尺身，以免准綫傾斜。

使用計算尺的基本操作有两种：

1. 置放 把位于滑尺上的尺度甲上的数 a ，对准位于尺身上的尺度乙上的数 b ，称为“置 a 于 b ”。进行这种操作时，先把滑标的准綫推在 b 上，再推动滑尺，使 a 也在准綫下。

2. 对讀 已知尺度甲上的数 c ，要在尺度乙上讀出与 c 正对的数 d ，称为“对 c 讀 d ”。进行这种操作时，只須移动滑标就够了。

例如要把 C 尺上的 2 对准 D 尺上的 4，再对 C 尺上的 3 而求 D 尺上的讀数。进行的程序是：

把滑标上的准綫置于 D 尺上的 4，

把 C 尺上的 2 推在准綫下；

把滑标上的准綫放至 C 尺上的 3，

在准綫下讀出 D 尺上的 6。

为便于以后叙述，我們采用以下的簡語与簡图：

〔簡語〕 “置 2C 于 4D，对 3C 讀 6D”。

〔簡图〕

C	2	3
D	4	(6)

图中在同一纵行內的数相互对准，运算順序由左而右，附括号的数表示待求的数。