無線電計算初階

劉同康編

無線電科學社發行

無線電計算初階

劉同康 編

無線電科學社發行

一九五一年十一月發行

無線電計算初階

（再 版）

編 者 劉同康
發行人 劉同康

發行所

無線電科學社

上海郵政信箱七八八號

電話八八五四〇

506 ¥ 12,000

自　序

目前，有許多搞無線電工程技術的人由於業務上的需要而深深地體會到無線電計算的重要性；同時也想把這個工作搞好；可是他們在過去對於數學的學習太不積極，以至於荒疏了，因此在基本上就發生了很多的困難。

這本無線電計算初階就是針對着這個現實的寫成的。這裏把無線電計算上所必需的初等數學包括算術、代數、對數與三角等等加以簡明的敍述，並將有關而重要的分貝耳、向量以及圖示法等等也分別予以解說；以便使讀者能在極短期間扼要地複習一遍基本數學，進一步把它運用到實際工作上去。本書也適合一般無線電職業學校與無線電訓練班採作初級教材之用。

不過，由於編者的才學疏淺，書中難免有漏誤的地方，還希望海內先進不吝批評指正！

劉同康

一九五一年九月十五日

目　錄

第一章

從算術講起

§1·1 記數法 普通，我們用阿剌伯數字寫出數目時，常用十個不同的數字，1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 及 0，並且按一定的次序排列。假定在一個數目中所有的數字不止一個，則每一個數字的位置，在決定其數值時，正與數字本身同樣重要。當我們所演算的是整數時，將常最右面的數字位數代表個位。從個位起，向左面的第一位數字代表十位，向左面的第二位數字代表百位，再向左面的第三位數字代表千位。由此而得法則，卽從個位起，數字每向左面進一位的，其數值便等於乘以十，卽等於右面一位的十倍，例如：

9	2	5	4
千位	百位	十位	個位

可見任何一個數目，實際上是一個數字和。譬如上面所舉的例，實際上是九千、加二百、加五十再加四的總和，這也可寫作：

9	千(10×10×10)
2	百(10×10)
5	十
4	個
9 2 5 4	

其在個位的數，有時稱爲第一序數；其在十位的數，稱爲第二序數；其在百位的數，稱爲第三序數；餘類推。

由數字位置所標明的數值觀念，實在是根據算盤演算的結果而成。譬如說，算盤上裝有十幾檔的橫檔，每一橫檔上穿有盤珠，於是當演算時，越向左首移動而數量越大；每向左首進一檔，則其數值便乘以十，卽較其右首一檔的值大十倍。所以不論一個數量大至如何程度，在算盤上都可淸晰地表示出來。

習慣上，爲便於讀出起見，較大的數目應該分成幾節，每隔三位，常用撇點分開，例如：

6,000,000（不用6000000）

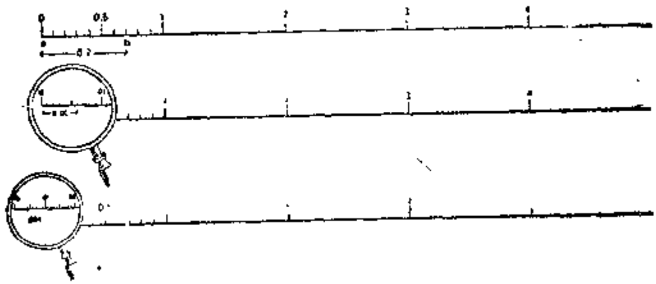
所以我們的記數法的特性有兩種：其一是用位置表示每個數字的數值，另一是用十個數字，由此而演出的，稱爲十進制。

§1·2 小數 我們旣能將一個數向左首無限延伸而增加其數值，相反地將一個數向右首無限延伸而減小其數值，當然

也是合理的。其小於一的數,稱爲分數,如果將整數移向右首一位而以十或十的十進倍數除其數值,則這數卽稱爲小數,小數也是分數的一種。由此,一個數的個位右首的數字表示十分之一,個位右首第二位數字表示百分之一,個位右首第三位數字表示千分之一,其餘依次類推。在個位與十分之一位的中間,須用顯著的點加以分隔,如此才能適當地定出每一數字的數值,這個點卽稱爲小數點。

一個小數例如十分之四,可以隨便寫作 .4 或 0.4,後一種寫法則比較清晰。數字每置於較右首的一位,其數值卽較其左首的一位小十倍;如圖1·1所示,其中每一大格代表一個單位,每一個單位可以分成十小格。圖中祇將第一大格分爲十小格。ab 的長等於十小格中的七小格,用數字來表示卽成 0.7。

其次較小的一格,應寫在小數點右首的第二位,卽是小格

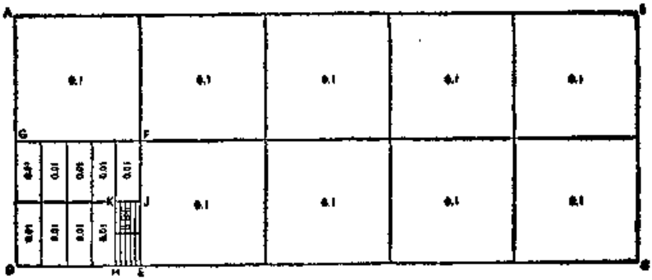


〔圖 1·1〕 用直線表示小數。

的十分之一或每一大格的百分之一。用百分之一來分度，已經極小，所以祇能假定由顯微鏡中顯示，見圖 1·1。照此大小六格，寫成 0.06（百分之六）。現在再用顯微鏡看再小的一格，即在圖 1·1 中的第三列，每一格代表百分之一中的十分之一，照此四格，可寫作 0.004（千分之四）。

學者不要視爲上列數目沒有什麼大用處，須知無線電工程上的計算工作，常會牽涉到極小的數目的。

小數的概念，如用長方形而不用直線形來表示，可能使學者更爲明瞭，如圖 1·2 所示。



(圖 1·2) 圖中 ABCD＝1.0；GFED＝0.1；KJEH＝0.01；KJEH中的每一小格等於 0.001。

§1·3 加法 當兩個或兩個以上的數相加時，往往將該項數目作水平的排列，而用加號置於其中間，＋是表示相加的符號；所以如 7 和 12 相加，可寫成 7 ＋12＝19。

所有相加的數，都稱爲加數，幾個數相加的結果稱爲和。

但當較大或較多的數目相加時，則應該將一個數寫在另一個數或幾個數的下面，而使小數點湊齊在同一垂直線上。如果一個數並無小數點，則在個位數字的右首仍被視爲有一個小數點而並不標出，像這一種數，卽稱爲整數。

舉例：

$$\begin{array}{r} 654 \\ 32 \\ +53041 \\ \hline 53727 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0.654 \\ 3.2 \\ +53.041 \\ \hline 56.895 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 654 \\ 32 \\ +5304.1 \\ \hline 5990.1 \end{array}$$

§1·4 減法 減法是加法的逆算。其符號是－，稱做減號。減去的數稱爲減數，其被減去減數的數稱爲被減數，而相減後的結果稱爲差。用字義來表示，可寫成下式：

$$\begin{array}{r} \text{被減數} \\ -\text{減數} \\ \hline \text{差} \end{array}$$

舉例：

$$\begin{array}{r} 65.4 \\ -32 \\ \hline 33.4 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 65.4 \\ -32.21 \\ \hline 33.19 \end{array}$$

§1·5 乘法 當兩數相乘時，常用×號，稱爲乘號。被乘的數稱爲被乘數，其乘被乘數的數稱爲乘數。兩數或兩數以上相乘的結果稱爲積。用字義表示，可寫成下式：

$$\begin{array}{r} \text{被乘數} \\ \times\text{乘}\quad\text{數} \\ \hline \text{部分積} \\ \text{部分積}\quad \\ \hline \text{積} \end{array}$$

由上式所示，可知乘數有幾位數，便有幾個部分積。在下舉例題中，須注意每一部分積的最右首一個數字，應置於其前一個部分積下面向左過一位的位置上。

舉例：

$$\begin{array}{r} 834 \\ \times\quad 26 \\ \hline 5004 \\ 1668 \\ \hline 21684 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 834 \\ \times\ 206 \\ \hline 5004 \\ 000 \\ 1668 \\ \hline 171804 \end{array}$$

在上列第二個例題中，可見第二個部分積不需含有數字，但須保留其位置。無論何時凡乘數中含有一個圈或零時，則次一部分積應再向左首移過一位。

含有小數的兩數相乘時，可當作兩數中並無小數點的存在，而積數中小數點的位置，須在全部演算完畢後才能決定。小數點在積數中從右首算起的位數，等於被乘數和乘數兩項小數位數的和。

這種法則，須加以熟習。因爲若干無線電工程上的計算，所牽涉的量都是微小的小數。在依記數法解釋的例題中，2位

等等，並未實際寫出，因為小數點的準確位置，比較容易用心算來決定。

舉例：

5.43	2位		0.04	2位
× 0.72	2位		× 0.003	3位
1086			0.00012	2+3=5位
3801				
3.9096	2+2=4位			

如幾數相乘後等於某數，則所有相乘的幾數都稱為某數的因數。

舉例：　$2\times5\times6=60$；則 2,5,6 都是 60 的因數。

又例：　$567\times10{,}000=5{,}670{,}000$；則 567 及 10,000 都是 5,670,000 的因數。

§1·6 **除法**　除法是乘法的逆算。其符號是÷，稱為除號；普通也可用分線(/)，或用一個數寫在另一個數上，中間隔以橫線來表示除法。其為某數所除的數，稱為被除數，經常寫於除號或分線之前，或寫在橫線的上面。其用來除被除數的數，稱為除數，而寫在除號或分線之後，或寫在橫線之下。由此演算而所得的結果稱為商。

$$\text{除數}\overset{\text{商}}{\overline{\big)\,\text{被除數}}}\qquad\text{或}\qquad\text{被除數}\div\text{除數}=\text{商}$$

或

$$\frac{\text{被除數}}{\text{除數}}=\text{商}$$

舉例:

```
         126
834) 105084
      834
     ------
      2168
      1668
     ------
       5004
       5004
     ------
```

```
          49
     -------
49)  2436
     196
     -------
      476
      441
     -------
       35 餘數
```

學者須注意,有時一數不能除盡或整除另一數,因此往往多餘一個數,這一種數卽稱爲餘數。

當數字中有小數時,則除法加置小數點的法則,恰與乘法加置小數點的法則相反。因此所得商數中的小數位數,等於被除數的小數位數與除數的小數位數的差。有時爲簡明起見,可先將除數中的小數點儘量向右移位,至除數變成整數爲止,記住移過幾位小數,然後再將被除數中的小數點,也向右移過同樣的幾位小數, 這裏可不管被除數移過幾位小數後是否是整數或仍是小數。當照此演算完成後,則商數中小數的位數,自然可根據被除數中的小數位數而點出來, 落於同一的垂直位置上。

舉例: 試用 8.34 去除 10.5084。將被除數及除數的小數點都向右移過兩位。

```
            1.26
       ──────────
834)  1050.84
        834
      ─────────
        216 8
        166 8
       ────────
          50 04
          50 04
         ───────
```

又例· 試用 0.017 去除 0.000325。這裏須將被除數和除數的小數點都向右移過三位，使除數中不再含有小數點。

```
          0.019
       ─────────
17)   0.325
         17
         ──
         155
         153
         ───
           2
```

如遇被除數的小數位數少於除數的小數位數時，也可應用同一法則。祇須在被除數後加圈或零，例如：用 0.006 去除 0.49，可先將小數點向右移過三位，則 0.006 變成 6 而 0.49 變成 490，可寫成：

```
         81
      ─────
6 )  490
     49
     ──
      10
       6
      ──
       4
```

當除法演算結果仍有餘數時，有時爲求準確起見，仍須繼續演算，使能多得需要的數字。在此情形中，被除數後應加圈

或零,再將此圈移置在餘數後繼續演算,至求得所要的位數為止。若被除數中原無小數點的,則在被除數後加圈之前,不要忘記先加小數點。例如:

```
       80.33
    ________
 6 ) 482.00
     48
     ---
       20
       18
       ---
        20
        18
        ---
         2
```

這項演算,在無線電計算上往往不很需要,因為無線電問題所要計算的準確度,很少有超過三位有效數字的。關於這一點,以後還要詳述。

§1·7 分數　前面已經講過,計數上小於一的數量,稱為分數。分數可用已講過的小數記數法或用普通分數來表示。普通分數可舉例如下:

$$\frac{\text{分　子}}{\text{分　母}}\qquad\frac{3}{4}\qquad\frac{6}{7}\qquad\frac{1}{5}$$

普通分數橫線上的數量,稱為分子,在橫線下的數量,稱為分母。分子數值小於分母數值時,這個分數稱為真分數,上例中的分數,都是真分數。反過來講,分子數值大於分母數值時,則這個分數稱為假分數。假分數可以化成一個整數加上一

個真分數；具有這種形式的分數，稱爲帶分數。下面舉的例子，已經將假分數化成相當的帶分數。

$$\frac{7}{4}=1\frac{3}{4} \qquad \frac{5}{3}=1\frac{2}{3}$$

§1·8 分數的加減 除了最簡單的分數式，通常分數都須化成小數而行加減，這樣可以便捷不少，這種法則實際上幾乎適用於一切分數的演算；但有時也有必須用分數演算的，所以應多熟習普通分數的法則。

分數的加減，須先使其分母的數值相等，或稱通分。通分的方法，先將第二個分數的分母乘上第一個分數的分子和分母，而後用第一個分數的分母乘上第二個分數的分子和分母。

舉例：
$$\frac{1}{2}+\frac{1}{3}=\left[\frac{1\times3}{2\times3}+\frac{1\times2}{3\times2}\right]=\frac{3}{6}+\frac{2}{6}=\frac{5}{6}$$

$$\frac{3}{4}-\frac{2}{5}=\left[\frac{3\times5}{4\times5}-\frac{2\times4}{5\times4}\right]=\frac{15}{20}-\frac{8}{20}=\frac{7}{20}$$

上列分數式中括弧內所示的演算步驟，除非數字極大，往往都利用心算而並不寫在算式中。

但須注意：如果在分數加減時，各分數的分母數值已經相同，則無需通分，祇須加減其分子就行。

雖然在上示例題中所用的都是真分數，但用假分數的演