

職業學校叢書

無線電設備指南

FRANCIS E. ALMSTEAD

and

F. R. L. TUTHILL

原著

周夢鑒譯

龍門聯合書局印行

原 序

無線電設備一科可分兩種：專門的與普通的。在專門論述中所能得到的理論的資料都是標準的關於數學和電學各項基本原理的學問。所以專門的一類是把無線電工程原理或者各種進步設備的運用與維護之科學的討論，作為牠的對象的。至於普通的一類，牠所包括的題材則為標準的關於普通電學的介紹，簡單電路的活動，以及基本設備的運用。

本書包含了許多標準的基本原理，那都是一個無線電工作者，或者一個為了研究專門的無線電設備一科而需要有點基礎的人所需要的。這些原理的說明都出之以一種直接的方式，就是先前毫無一點專門經驗的人，也很容易了解。所以本書如為各種補習班，陸海軍通訊官員，以及訓練無線電和信號隊人員的軍事學校所採用，那是非常合宜的。書中題材足供一16週學程之用。陸上或海上的實際工作人員，如用本書作為一本迅捷的參考書，也無不可。

本書中所包含的資料，著者在實際的教學中，都曾試過。在此謹對 Robert Herzig 和 George Holland 表示敬意，為了他們的精確的學識，也為了他們在我們預備初稿時所給的協助。

Francis E. Almstead, F. R. L. Tuthill.

於 Noroton Heights Conn.

美國海軍訓練學校，1943年6月

目 次

原 序

第一章 初等無線電學中所需應用之數學.....	1
1. 基本運算. 2. 加法. 3. 減法. 4. 乘法. 5. 除法. 6. 數之平方.	
7. 數之平方根. 8. 方程式解法. 9. 頻率之決定. 10. 感抗. 11. 容抗.	
12. 阻抗. 13. 功率因數.	
第二章 普通無線電作業.....	15
14. 無線電通訊. 15. 常用之工具. 16. 焊接練習. 17. 四聯接頭.	
18. 焊接材料.	
第三章 電能之本質與控制	20
19. 電子說. 20. 物質之電的性質. 21. 逐出電子方法. 22. 電動勢.	
23. 電流. 24. 電阻. 25. 電場.	
第四章 真空管之研究.....	29
[第一部分. 構造] 26. 兩極管. 27. 三極管. 28. 四極管. 29. 五極管.	
[第二部分. 材料]	
[第三部分. 工作] 30. 兩極管. 31. 特性曲線. 32. 三極管. 33. 特	
性曲線. 34. 放大因數(μ). 35. 板極電阻(R_p). 36. 互導(G_m).	
37. 四極管. 38. 五極管.	
第五章 電路之研究.....	47
[第一部分. 直流現象] 39. 電路因素. 40. 歐姆定律. 41. 串聯電路.	
42. 並聯電路. 43. 串並聯電路. 44. 歐姆定律之應用. 45. 單管	
電路. 46. 關於 6C5 型真空管之計算. 47. 810 型 RCA 真空管之	
計算. 48. 四極真空管之計算. 49. 功率計算.	

- [第二部分，交流現象] 50. 交流之發生。 51. 瞬時值有效值與極大值。
52. 電抗。 53. 感抗。 54. 容抗。 55. 週相關係。 56. 諧振。 57. 阻抗。
58. 功率因數。

第六章 電能來源之研究：電池組..... 77

- [第一部分，類型] 59. 乾電池。 60. 蓄電池。 61. 愛迪生電池。
62. 鉛酸電池。
[第二部分，用途與保養] 63. 愛迪生電池。 64. 鉛酸電池。
[第三部分，概論] 65. 一切蓄電池。

第七章 電能來源之研究：電動機與發電機..... 90

66. 磁場。 67. 電磁。 68. 電磁感應。 69. 交流發電機。 70. 構造。 71. 直流發電機。 72. 直流電動機。 73. 交流電動機。 74. 電動發電機。 75. 一般的維持。 76. 電動機功率定額。 77. 發電機功率定額。 78. 概要。

第八章 電能來源之研究：真空管整流器..... 105

79. 變壓器。 80. 整流器——高度真空管。 81. 整流器——汞汽管。
82. 濾波電路。 83. 分壓器。 84. 電壓調整管。 85. 振動器電能供給。
86. 機械整流法。

第九章 發送機電路之研究..... 115

87. 自激振盪器。 88. 晶體振盪器。 89. 振盪器構造。 90. 反饋電路之型式。 91. 晶體振盪器工作。 92. 施加電壓之方法。 93. 以振盪器作發送機。
94. 放大器電路。 95. 偏電壓。 96. 電容耦合。 97. 電感耦合。 98. 鏈耦合。
99. 並聯放大器。 100. 推挽式放大器。 101. 推挽式並聯放大器。 102. 中介功率放大器。 103. 頻率倍增器。 104. 諧頻。 105. 倍頻器電路之運用。
106. 調制。 107. 振幅調制。 108. 板極調制。 109. 柵極調制。 110. 其他調制方法。 111. 調制之百分數。 112. 發送機之運用。 113. 頻率決定法。
114. 零拍調諧。 115. 頻率指示器。 116. 整定發送機以得所需之頻率。
117. 微音器。 118. 炭粒微音器。 119. 動力微音器。 120. 晶體微音器。
121. 發送機之維持。 122. 電聯器。 123. 多種用途電聯器。 124. 延時電聯器。 125. 控制電聯器電路。 126. 過載電聯器。 127. 電聯器之維持。 128. 交流電聯器。

第十章 空間中消息之傳遞..... 148

129.縱波. 130.橫波. 131.波之折射. 132.波之反射. 133.赫維賽德層. 134.頻率差異之效應. 135.地波. 136.輻射體(天線). 137.馬可尼天線. 138.赫芝天線. 139.傳遞線. 140.天線構造.

第十一章 接收機電路之研究

141.晶體檢波. 142.真空管檢波. 143.掃漏檢波. 144.槽偶壓檢波. 145.調諧電路. 146.再生現象. 147.再生接收機之運用. 148.耦合系統. 149.變壓器耦合. 150.電阻電容耦合. 151.阻抗電容耦合. 152.射電頻率放大法. 153.超致差接收機. 154.探向器. 155.無線電波之偏極化. 156.線圈天線. 157.指向天線即單向天線. 158.探向器工作法. 159.偏向. 160.自動報警系統. 161.接收機之維持.

第十二章 量電儀器之研究..... 188

162.電流計. 163.伏特計. 164.真空管伏特計. 165.安培計. 166.歐姆計. 167.惠斯登電橋. 168.示波器. 169.交流電計. 170.整流器型電計. 171.熱耦型電計.

第十三章 聲波活動之研究..... 199

172.聲波之產生. 173.聲能之傳遞. 174.聲能傳遞之速率. 175.縱波. 176.波長頻率與速度間之關係. 177.都卜勒效應. 178.平方反比定律. 179.聲波之反射. 180.聲波之折射. 181.拍之原理. 182.超聲波之來源. 183.磁伸縮. 184.壓電效應. 185.超聲波接收器.

附 錄..... 209

電阻器與電容器之顏色標記表: 1.電阻器顏色標記. 2.電容器顏色標記.

3.顏色標記表.

變壓器顏色標記表: 4.中頻變壓器. 5.聲頻變壓器. 6.電力變壓器.

測量單位表

頻率波長表

三角函數真數表

各種記號

後 記..... 216

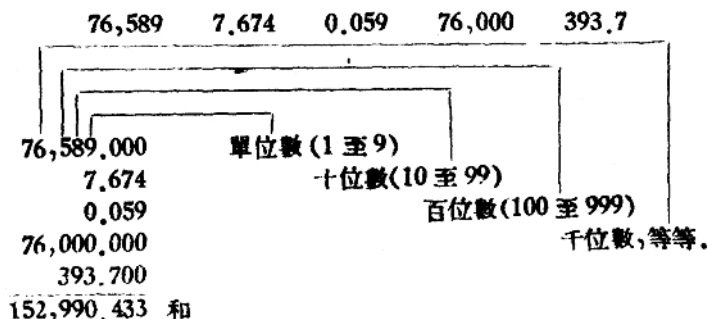
無線電設備指南

第一章 初等無線電學中所需應用之數學

一無線電報務員藉數學之助方可通曉各種關係，各種量的決定法以及若干無線電原理。欲作一切必需之計算，具有算術及初等數學(如代數，三角之類)之知識即足以應付。在基本運算方面之熟練與夫極端之小心謹慎均為不可忽視之事。

1. 基本運算。基本運算有加法，減法，除法，乘法以及求一數之平方與平方根法。

2. 加法。加法乃求取兩數或多數之和之法。一切欲加之數可置之於一處，使一切同位之數字(digit)或居於同一直行內，一數字在另一數字之下。所用之法方如例題中所述。求下列各數之和：



從右首開始加起，再逐漸向左進行。4與9之和為13；將3記於行底，再將1加於次一行上。於是次一行之和遂為7加5加1，即13。再記3於行底，加1於次一行。依此進行，直至各行均已加過為止。

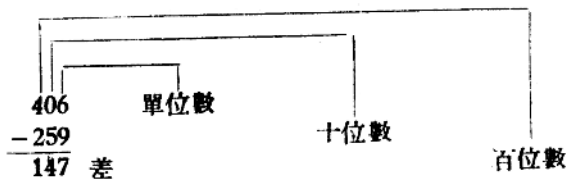
如欲使分數相加，則此一切分數必須同母；換言之，即一切分數均須具有相同之分母方可。在加分數 $\frac{1}{4}$ ， $\frac{3}{8}$ 與 $\frac{7}{16}$ 時，先須使所有各分母（4，8與16）相同。在此一場合中，16乃各分母之公倍數，因其可為此處所有之三數除盡也。當變換分數之分母時，分子與分母必須乘以相同之一數。

$$\frac{1}{4} + \frac{3}{8} + \frac{7}{16} = ?$$

$$\frac{4}{16} + \frac{6}{16} + \frac{7}{16} = \frac{17}{16}$$

用4乘 $\frac{1}{4}$ 之兩個部分（1與4）， $\frac{1}{4}$ 即化為 $\frac{4}{16}$ 。而欲使 $\frac{3}{8}$ 等於 $\frac{6}{16}$ ，則須用2乘其兩部分。 $\frac{7}{16}$ 則維持原狀。各分數既變之後，即可將線之上之數（4，6與7）相加，得其和為17，置於16之上，而答案遂為 $\frac{17}{16}$ 。

3. 減法。減法乃求取兩數之差之法。普通均為由大數中減去小數。小數恆置於大數之下。



因9大於6,故須由十位數一行借1使6成爲16。從16減9乃得7。十位數一行中之0現已爲9;而自9減5乃得4。爲使0爲10之故,既曾由4借1,因而乃由3減2以得1。於是,其差遂爲147。此項答案,可將之加於被減數之上而核驗之(147加259等於406)。

在減一分數之前亦須先求公分母。本例中之公分母爲32。 $\frac{7}{16}$ 可用2乘兩數而化爲 $\frac{14}{32}$ 。

$$\frac{7}{16} - \frac{4}{32} = ?$$

$$\frac{14}{32} - \frac{4}{32} = \frac{10}{32}$$

此 $\frac{10}{32}$ 可用2除其兩個部分而簡化爲等值分數 $\frac{5}{16}$ 。

4. 乘法。求二數之積之法即所謂乘法。

8,362	97.32
476	7.6
<u>50172</u>	<u>58392</u>
33448	68124
58534	<u>739,632</u>
<u>6,238,052</u>	

在兩數相乘時,一數可置於另一數之下,再畫一直線。於是用下數最右一數字(6)乘上數,一次一個數字。將其結果置於線下(50,172)。再重複此項方法,應用下數中從右起之第二個數字,並將其結果放置於第一次結果之左一位。如此繼續進行以迄下數中所有數字均已用過爲止。其各次結果之和所代表者即答案,亦即原有二數之積也。

若一數或二數俱有一小數點，仍可先遵照相同之手續進行；再求兩數中小數點右首數字之個數，然後由積之右首起計數由此所得之小數位數，置小數點於適當位置。如原有兩數中小數點右首之位數有3，則答案中小數點離開最右為3位。

兩分數之相乘可先乘其上數，再乘其下數。

$$\frac{7}{9} \times \frac{7}{16} = ?$$

$$\frac{7}{9} \times \frac{7}{16} = \frac{49}{144}$$

($7 \times 7 = 49$ 而 $9 \times 16 = 144$)。答案為 $\frac{49}{144}$ 。

5. 除法。求一數含於另一數中之次數，其法即所謂除法。在30中含有6個5；故用5除30得6。置被除數於橫線下；再置除數於括弧之左。

$$\begin{array}{r} 54,321 \\ 124 \overline{) 6,735,804} \\ \underline{620} \\ 535 \\ \underline{496} \\ 398 \\ \underline{372} \\ 260 \\ \underline{248} \\ 124 \\ \underline{124} \\ 0 \end{array}$$

故124之進入6,735,804中凡54,321次。

在進行除法時先從括弧下一數之左首開始，向右數去，將能被括弧外一數所除之最低數目的數字數出。124可進入675中5

次。5 即成爲答案之第一個數字。然後即用 5 乘括弧外之一數而將所得之 620 由 673 中減去。至此乃將括弧下之 5 取下，加入 53 中。124 可進入 535 中 4 次。再繼續此項手續，直至括弧下一數所有之數字均已用過爲止。

含有小數點之除法：

$$\begin{array}{r}
 9,657 \\
 36 \overline{) 347,652} \\
 \underline{324} \\
 236 \\
 \underline{216} \\
 205 \\
 \underline{180} \\
 252 \\
 \underline{252} \\
 000
 \end{array}$$

故 36 可進入 347,652 中 9,657 次。

$$\begin{array}{r}
 21,895 \\
 0.067 \overline{) 1,467,000} \\
 \underline{134} \\
 127 \\
 \underline{67} \\
 600 \\
 \underline{536} \\
 640 \\
 \underline{603} \\
 370 \\
 \underline{335} \\
 35
 \end{array}$$

故知 0.067 之進入 1,467 中凡 21,895 十次。

在開始進行除法之前，須使 0.067 成一整數；即將小數點向右移動三位，使之成爲 67。如使括弧外之一數增加 1000 倍，則亦必

使括弧內之一數增加相同之倍數。因而遂須在括弧下一數之右加三個零，使二數實際上均已為 1000 所乘。

如欲使兩分數相除，則需顛倒下一分數，然後再行相乘。

$$\frac{3}{4} \div \frac{8}{7} = ?$$

顛倒 $\frac{8}{7}$ ，使之變為 $\frac{7}{8}$ 。

$$\frac{3}{4} \times \frac{8}{7} = \frac{24}{28} \text{ 即 } \frac{6}{7}$$

$\frac{3}{4}$ 乘以 $\frac{7}{8}$ ，得 $\frac{21}{32}$ ($3 \times 8 = 24$ 而 $4 \times 7 = 28$)。此處所得之分數可用 4 一除其兩個部分而使之化為 $\frac{6}{7}$ 。

6. 數之平方。一數如用其本身乘之，結果即為該數之平方。

$$2 \times 2 = 4 \quad 10 \times 10 = 100 \quad 25 \times 25 = 625$$

7. 數之平方根。應用求平方根法，即可確定一數自乘後之能得已知之一數者究為何數。

$$\sqrt{4} = 2 \quad \sqrt{100} = 10 \quad \sqrt{625} = 25$$

$$\begin{array}{r} 2) 4,73,69,00(\underline{217.6} \\ \underline{4} \\ 41)073 \\ \underline{41} \\ 427)3269 \\ \underline{2989} \\ 4346)28000 \\ \underline{26076} \end{array}$$

故知 47,369 之平方根為 217.6。

在此處，首需將一數之欲求其平方根者分組，從小數點起每兩個數字一組。前例中，4 即為其第一組。於是即求其平方為 4 或

小於4之一數。在此例中，該數為2。2遂成為答案中之第一個數字。將2平方後得4，再照長除法(long division)將此4減去。至此乃將次一組(73)取下。用20乘2，其結果為40，即在40上加此數在73中能被分的次數而得一必須用以除73之數。在此例中，即41是，因73中僅含有一次41也。此1字遂即成為答案中之第二個數字，而41中之4遂成次一除數之第一個數字。再用20乘1，使全數420加上其在3,269中所含之次數。在本例中，427乃最大之一數，如乘以個位上之數字7，即可等於或小於3,269。於是7遂成為答案中之次一數字；如此重複進行，最後即可求得準確之平方根或最近似之平方根。在本例中，217.6即平方根之最切近十分之一者也。

8. 方程式解法。最普通之方程式，其一即有一未知值與二已知值者。歐姆定律，波動方程式以及功率方程式均為此類方程式之代表。

[歐姆定律方程式]

$$E = IR$$

[波動方程式]

$$V = NL$$

[功率方程式]

$$W = IE$$

此數方程式亦可見於其他形式中；諸如 $I = E/R$ ， $N = V/L$ 以及 $I = W/E$ 。一方程式所可具有之一切可能的形式，如均欲知悉，實為不智之舉；而聰明的辦法則在於了解方程式之如何改變其形式。

在方程式 $E = IR$ 一場合中，如需要一求取 R 之方程式，則不妨用 I 除此方程式之兩端。

$$\frac{E}{I} = \frac{IR}{I} \quad \frac{E}{I} = R$$

將分數上下之 I 相消，即得 $R = E/I$ 。

功率方程式亦可作相似之處理。解出 I 。

$$\frac{W}{E} = \frac{IE}{E}$$

用 E 除兩端。

$$\frac{W}{E} = I$$

串聯中諸容電器之電容與夫並聯中諸電阻器之電阻均須用分數相加。方程式為：

[就容電器言]

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

[就電阻器言]

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

求以下串聯中各容電器之總電容：

16 mf, 8 mf, 2 mf, 4 mf

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{16} + \frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2}$$

最小公分母為 16，故所有分數須均為 16 分之幾。

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{16} + \frac{2}{16} + \frac{4}{16} + \frac{8}{16}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{15}{16}$$

$$15 C_t = 16$$

$$C_t = \frac{16}{15}$$

$$C_t = 1\frac{1}{15} \text{ mf}$$

求以下並聯中各電阻之總電阻：

100 歐姆, 600 歐姆, 50 歐姆, 200 歐姆, 30 歐姆

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{100} + \frac{1}{600} + \frac{1}{50} + \frac{1}{200} + \frac{1}{30}$$

600 為最小分母,

$$\frac{1}{R_t} = \frac{6}{600} + \frac{1}{600} + \frac{12}{600} + \frac{3}{600} + \frac{20}{600}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{42}{600}$$

$$42 R_t = 600$$

$$R_t = \frac{600}{42}$$

$$R_t = 14.29 \text{ 歐姆}$$

9. 頻率之決定. 如需確定一槽藕電路或濾波電路之頻率, 可用下一方程式:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

此處 f = 頻率, 以每秒週計。

$$\pi = 3.14$$

L = 電感, 以亨利計。

C = 電容, 以法拉計。

一濾波電路具有一 0.6 mf 之電容與 10.6 亨利之電感, 其諧振頻率為何?

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \\ &= \frac{1}{2 \times 3.14 \sqrt{10.6 \times 0.000006}} \\ &= \frac{1}{6.28 \sqrt{0.0000636}} \\ &= \frac{1}{.628 \times 0.00252} \\ &= \frac{1}{0.01582256} \\ &= 63.1 \text{ 每秒週} \end{aligned}$$

如欲求在某一頻率下造成一諧振電路所需之電感, 則上一方程式即必須變為

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C}$$

此項改變乃由下列各步而來:

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \\ 1 &= 2\pi f \sqrt{LC} \\ \frac{1}{2\pi f} &= \sqrt{LC} \end{aligned}$$

將此一方程式之兩端平方：

$$\frac{1}{(2\pi f)^2} = LC$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C}$$

欲解 C ，可用方程式

$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L}$$

10. 感抗。欲求一線卷之感抗，可用下一方程式：

$$X_L = 2\pi fL$$

此處 X_L 以歐姆計； L 以亨利計； f 以每秒週計。

如在一 60 週波線路上用一 10.6 亨利之線卷，其感抗為何？

$$\begin{aligned} X_L &= 2\pi fL \\ &= 2 \times 3.14 \times 60 \times 10.6 \\ &= 3,993 \text{ 歐姆} \end{aligned}$$

11. 容抗。欲求一容電器之容抗，可用下一方程式

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

此處 X_C 以歐姆計； C 以法拉計； f 以每秒週計。

在一 60 週波線路上，一容電器之電容為 0.6 mf，其容抗為何？

$$\begin{aligned} X_C &= \frac{1}{2\pi fC} \\ &= \frac{1}{2 \times 3.14 \times 60 \times 0.0000006} \\ &= \frac{1}{0.00022608} \\ &= 4,423 \text{ 歐姆} \end{aligned}$$

12. 阻抗。一電路含有一 10.6 亨利之電感，一 0.6 mf 之電容與一 10 歐姆之電阻，如欲求其阻抗，可用如下之方程式與步驟：

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\ &= \sqrt{(10)^2 + (3,993 - 4,423)^2} \\ &= \sqrt{100 + (430)^2} \\ &= \sqrt{100 + 184,900} \\ &= \sqrt{185,000} \\ &= 430.1 \text{ 歐姆} \end{aligned}$$

13. 功率因數。欲求電能在一 a.c. 電路中流動之率可用如下之方程式：

$$W = IE \cos \theta$$

因在大多數 a.c. 電路中，電壓與電流恆屬異相 (out of phase) 之故，電流與電壓之積遂不能為一真正之答案。此時必需用一因數乘之，以調整此項誤差。功率因數即相角之餘弦。

一電路具有一 1000 伏特之電位，現有 200 ma 之電流正在其中流動，而電動勢與電流間之角為 30° ，此電路之真正功率為何？從一三角函數表中查得 $\cos 30^\circ$ 為 0.866。

$$\begin{aligned} W &= IE \cos \theta \\ &= 0.2 \times 1,000 \times 0.866 \\ &= 173.2 \text{ 瓦} \end{aligned}$$

問 題

測量用單位表見附錄，第 212 頁。

1. 加以下各組之數：