



電信建設

載波電話精義

錢家治 著

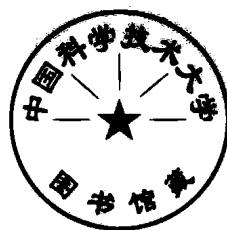
15

華東電信出版社
電信建設叢書

電信建設 叢書之十五

載波電話精義

錢家治 著



華東電信出版社

載波電話精義

定價(線路詳圖在外)16000元

著 者 錢 家 治

出 版 者 華東電信出版社

上海膠州路322號

印 刷 者 中 國 科 學 公 司

上海延安中路537號

版權所有★翻印必究

一九五二年五月初版

一九五二年六月再版

1001—2000

序 言

解放以來，國內長途通信大半由有綫代替了無綫，因此載波通信的發展，已一躍千里。但是有關這方面的技術書籍，猶如鳳毛麟角，而這一類的中文書籍，則更少甚至沒有。爲了適合廣大電信人員的需要，侯德源同志的「長途電話學」以及張熙同志的「長途電話工程」，已先後於 1949 年及 1951 年出版於世，使得服務於載波方面的工作同志得益非淺。作者於公餘之暇，對載波機的性能以及對載波電路的特性等，常作討論，絡繹發表於「電信建設」。這些文稿中，一般是根據實際需要而寫作的，或者是爲新進載波人員有所幫助而寫作的。總的精神則是希望理論與實踐能互相結合，使得整個人民電信的技術能向前再提高一步。由於近來健康的欠佳，故僅能先將以往所發表的稿件中略加整理，集成一書。

本書既由絡繹的文章加以湊集而成，故在結構的連貫性上是不夠的，又因內容中僅是整個長途電話中較有用的部份，故取其名謂「載波電話精義」，最適宜供給長途工作同志以及新進工作同志在實用上作爲參攷。至於長途工程的其他部份，以後如感需要，當再繼續發表。

本書中附印銅版照片，協助讀者瞭解實際情況。並承何慕曾同志代爲攝影，金彥之同志代爲抄繕，謹致謝意。

錢家治自序

1952 年 2 月 1 日

目 錄

序言	1
第 一 章 載波電話概論	1
第一節 載波通信的意義	1
第二節 載波通信的基本原理	2
第三節 通用載波機的程式	3
第四節 通用載波機的頻率分配	7
第 二 章 載波電話的傳輸單位和電平的測試方法	8
第一節 應用在載波上的傳輸單位	8
第二節 電平的測試方法	12
第 三 章 混合線圈的原理	17
第一節 概論	17
第二節 混合綫圈中各端間的阻抗關係	18
第三節 混合綫圈中各端間的電平衰耗	21
第 四 章 負回輸放大器的原理	24
第一節 概論	24
第二節 負回輸放大器的優點	24
第三節 負回輸放大器的基本原理	25
第四節 負回輸放大器的特性	26
第 五 章 載波機的電平討論	35
第一節 緒言	35
第二節 幾個和電平有關的問題	36
目 錄	1

第三節	C 型三路載波機的電平討論	39
第四節	SAT 型及 SAS 型三路載波機的電平討論	43
第五節	M 型三路載波機的電平討論	49
第六章	載波機的導頻指示電路	52
第一節	概論	52
第二節	C _a 型載波機的電平自動調整電路	53
第三節	C _s 型載波機的電平自動調整電路	72
第四節	SAS 型載波機的導頻指示電路	75
第七章	載波機的振鈴器討論	81
第一節	緒言	81
第二節	C _s 型振鈴器的討論	83
第三節	SOS 型振鈴器的討論	91
第四節	SAS 型振鈴器的討論	96
第五節	EE101-A 振鈴器的討論	101
第六節	M 型振鈴器的討論	107
第八章	載波電路的測試原理	115
第一節	調幅載頻的校準原理	115
第二節	導頻的校準原理	118
第三節	載漏的調節原理	120
第四節	羣放大器的調節原理	125
第五節	平均器的配合原理	126
第六節	反調幅載頻的校準原理	131
第九章	利用 SAS 型載波機作短距離直達電路的運用測試	134
第一節	概論	134
第二節	載波電路的發送傳輸測試	138
第三節	載波電路的收訊傳輸測試	145

第四節	雙方導頻指示電路的靈敏度校準	154
第五節	雙方振鈴器之測試和調整	155
第六節	短距離載波電路的開放	155
第十章	利用 C_s 型載波機作短距離直達電路的運用測試	157
第一節	概論	157
第二節	載波電路的發送傳輸測試	160
第三節	載波電路的收訊傳輸測試	168
第四節	雙方振鈴器之測試和調整	180
第五節	短距離載波電路正式開放	181
第十一章	利用 M 型載波機作短距離直達電路的運用測試	182
第一節	概論	182
第二節	載波電路的發送傳輸測試	184
第三節	載波電路的收訊傳輸測試	189
第十二章	長距離載波電路的運用測試	193
第一節	概論	193
第二節	長距離轉接電路的運用測試	194
第三節	長距離直達電路的運用測試	203
第十三章	長距離載波電路的路際串音討論	207
第一節	載波電路串音的基本認識	207
第二節	路際串音的干擾程度	208
第三節	路際串音的討論	209
第四節	討論的總結	219
第五節	對改善的初步意見討論	220
附 錄		223
	載波機簡字對照表	223

第一章

載波電話概論

第一節 載波通信的意義

第二節 載波通信的基本原理

第三節 通用載波機的程式

第四節 通用載波機的頻率分配

第一節 載波通信的意義

解放以來，載波通信的發展已一躍千里。但是在陳舊的有線通信中，雙方在同一對線上僅能允許一對人同時通話，而且距離遠了，由於線路上講話電能的衰耗增大，因此線路上的雜音也就逐漸顯著。當通信距離再向前伸展，通話的聲音甚至可以低得聽不到，而僅能聽到在線路上的雜音。所以利用這種方法來維持通信，不但是不符合經濟原則，而且使通信的效率降低，通信的容量狹窄，更受到通信距離的極大限制。因此在新式的有線通信中，它的方式和方法就大大的改進了。利用某種程式的機鍵，在同一對線上就可以容納許多人在同時間裏講話，能互不干擾，而且通話的距離可以伸展到很遠，通話的聲音可以調節到音質清晰，音量適當，縱然甲乙兩地相隔數千公里以外，但是通話的情況宛若與本城一樣。像這樣效率高、容量大、不受距離限制的通信，就是在本節中所稱的「載波」通信，這種「某種

程式的機鍵」，就是在本節中所稱的載波機。

第二節 載波通信的基本原理

載波通信的意義已經談過了。但是什麼是載波？以及怎樣來達到如上所說的情況？它的基本原理就是利用不同頻率的電波，在同一對線上往來傳輸着。這種電波的頻率，可以高到140千週（如12路載波）；再高了，傳輸時就發生嚴重的困難。

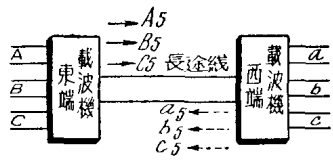


圖 1.1

像這種頻率的電波，就是我們通常所稱的「載波」。例如：有某一種載波機，利用同一對長途線，在甲乙兩地有三對人可以同時通話，這種載波機就稱為三路載波機，在目前情形下是最普遍被應用的一種載波機。所謂「三路」就表示有三條電路，也就是說在甲乙兩地各有三個人在同時間裏可以互相通話的意思。六路載波機和十二路載波機都可以依此類推解釋。實際上，一部三路載波機除有三個載波電路外，尚有一個成音頻率電路，故在同一對綫上共有四個電路。六路載波機的載波頻率較高，除有六個載波電路外，尚可重疊一部三路載波機，故在同一對綫上共有十個電路。十二路載波機的載波頻率更高，除有十二個載波電路外，仍可重疊一部三路載波機，故在同一對綫上共有十六個電路。不過應注意的，即是成音頻率的電路不能像載波電路那樣的能輸送至很遠的距離。在圖1.1中，當用戶A與用戶a互相通話時，用戶A有發送頻率 A_f ，但是用戶a亦有發送頻率 a_f ，這兩個頻率是不同的。同樣的， B_f 和 b_f 不同， C_f 和 c_f 不同，因此在三路載波機中，在同一對線上，就有六個頻率互相往來着，由於這六個頻率是互不相同的，如在載波機裏裝有濾波器，就能將他們個別地分開來，因此使得雙方在講話時，不會引起互相干擾的現象。更因

爲在載波機裏裝設有真空管放大器，當距離遠了，聲音低下去的時候，放大器產生放大作用，所以能夠將聲音不斷的提高，雖然距離很遠，祇要放大器多（即裝設幫電機多），聲音就不會降下去。更由於它是利用有線通信的，祇要長途線不斷，它就不會發生像無線電裏有時所發生聲音不穩的現象，同時如將載波機的特性能調節適當，音質和音量就能達到清晰和明朗的程度，祇要長途線的裝置程式（交叉）能達到標準，電路中的串雜音，就可能降到極低的可能。

從這些簡單的討論中，我們不難明瞭載波通信乃是一種從單純有線通信發展到與無線通信相聯繫的結晶，它在現代電信中是一種效率高容量大的新穎通信工具。當然它亦有一定的缺點，例如必須要依賴長途線作爲雙方傳輸的媒介，因此祇要在全線中，某一點發生障礙，幾條電路就會同時立刻不通，而且距離遠了，架設線路不易，更因爲距離遠了，障礙的機會增多，使得維護上發生許多困難。由於蘇聯先進的維護經驗介紹給我們，實行了包線制和包機制中，這個困難都在逐漸的克服中。

第三節 通用載波機的程式

載波機的程式很多，但是在目前普遍廣用的大概有下列幾種：

- | | |
|----------------------|-------------|
| (1) SAS 型 | (3) MS 型 |
| SAT 型 | MN 型 |
| SOS 型 | MS' 型 |
| SOT 型 | MN' 型 |
| | |
| (2) C _s 型 | (4) CF1-A 型 |
| C _u 型 | CF1-B 型 |
- 英式三路載波機 日式三路載波機
 美式三路載波機 美式四路軍用載波機

雖然它的程式很多，但是在同一程式的載波機中，通常可以分爲東端載波機和西端載波機兩種，都是依其頻率的不同來劃分的。普

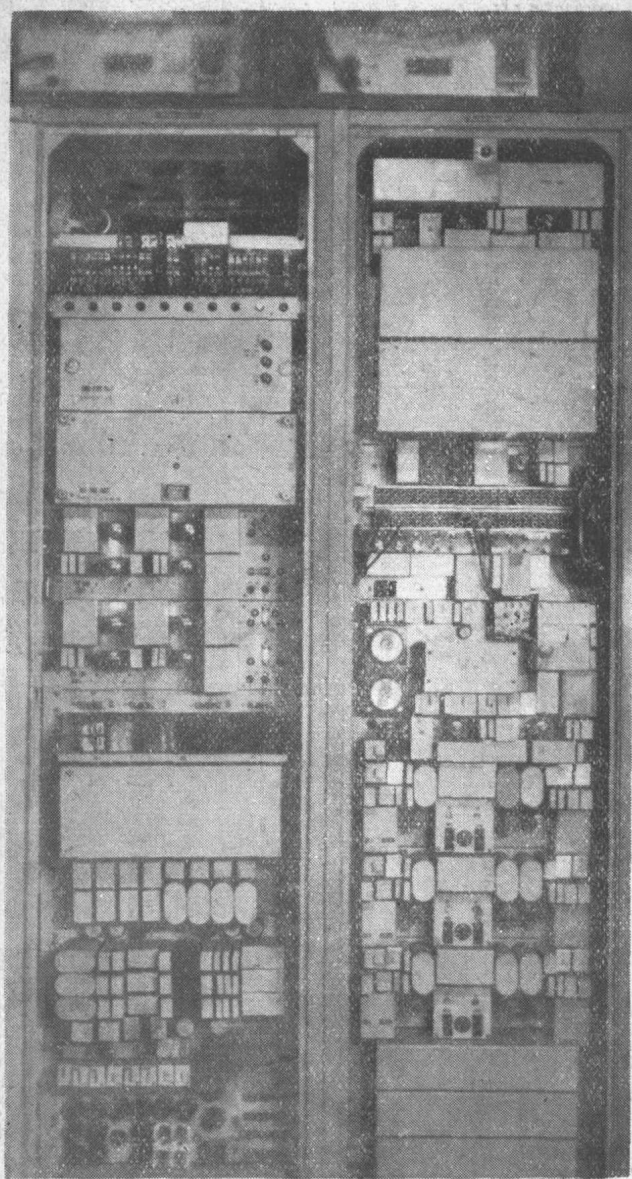


圖 1.2 C_u 型三路載波機 (二架)。

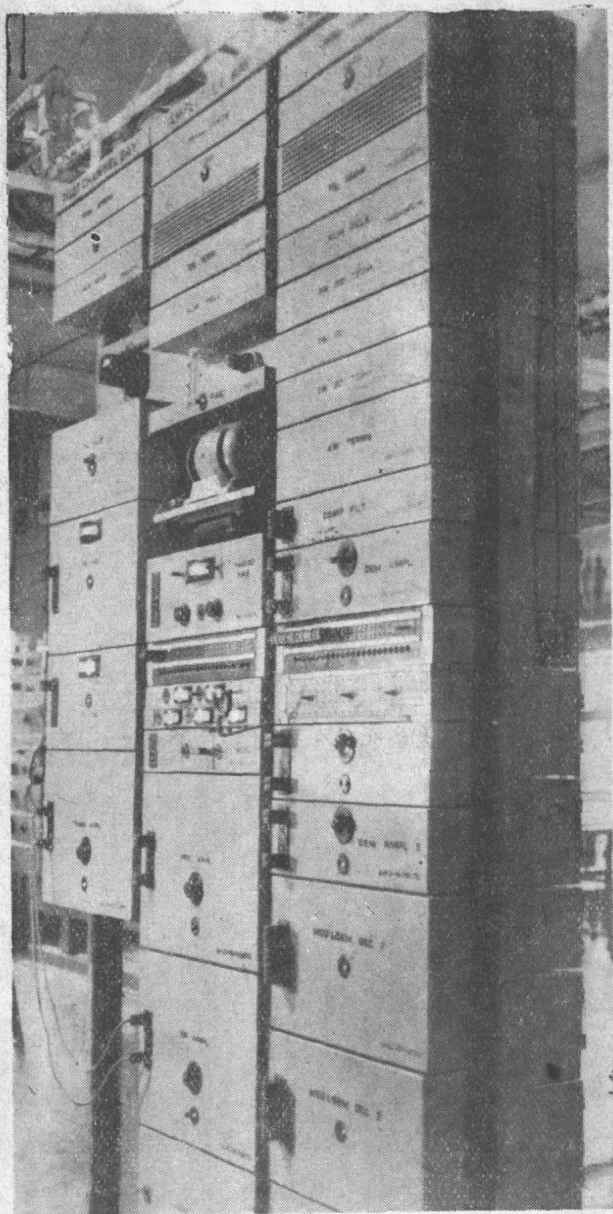


圖 1.3 SOS 及 SOT 型三路載波機(原有四架,整流器小架未攝入)。

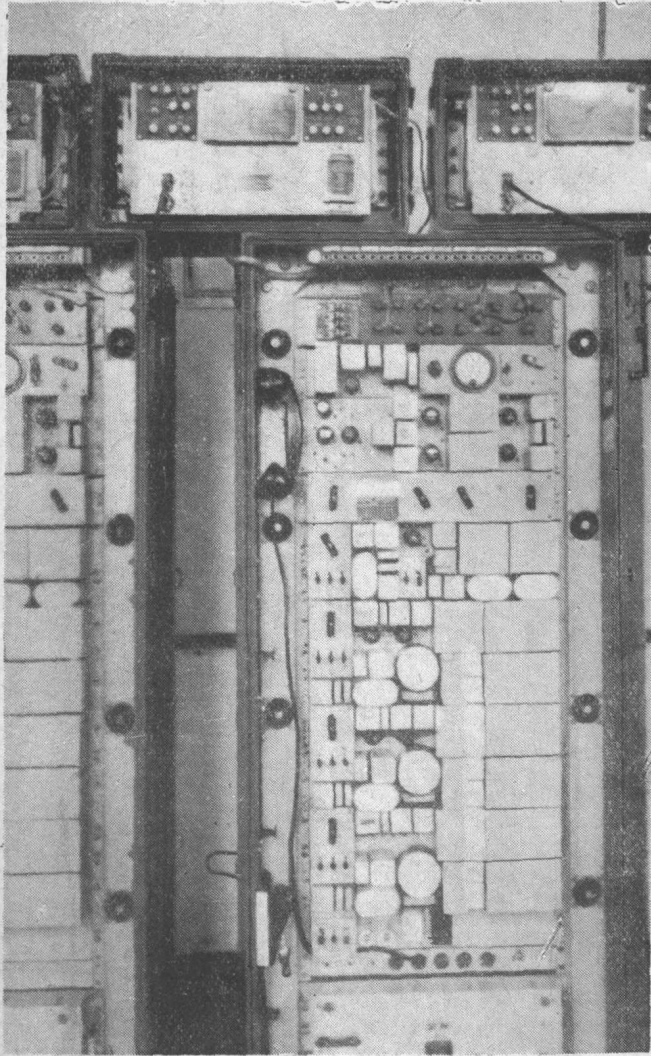


圖 1.4 CF 1-A 四線制軍用四路載波機，CF 1-B 型四路載波機的外貌，與 CF 1-A 相類似。其頂端爲 EE-101-A 振鈴器。

通裝在東端的三路載波機，它的發送頻率較低，大約在 6 千週到 15 千週的範圍，而西端三路載波機的發送頻率較高，在 18 千週到 30 千週左右。至於載波機的收訊頻率，則恰巧相反，這是因為東端的發送頻率就是西端的收訊頻率，而西端的發送頻率就是東端的收訊頻率的緣故。載波機雖因頻率的不同而有東西兩端之分，可是在同一程式的載波機中，它的電平數值却是差不多，祇有少數的差別存在。

第四節 通用載波機的頻率分配

型 式	東 端 → 西 端 頻 率 (千 週)				西 端 → 東 端 頻 率 (千 週)			
	第一路	第二路	第三路	導 頻	第一路	第二路	第三路	導 頻
SAT	14.3 上	10.9 上	7.7 上	14.2	23.7 上	19.8 上	27.7 上	27.6
SAS	12.9 上*	9.4 上	6.3 上	12.8	24.4 下*	20.7 下	28.4 下	24.5
C _u	12.9 上	9.4 上	6.3 上	9.45	21.4 上	17.7 上	25.4 上	21.45
C _s	12.9 上	9.4 上	6.3 上	9.45	24.4 下	20.7 下	28.4 下	24.35
MN	14 下	10.7 下	7.7 下		19.9 上	16.1 上	23.4 上	
MS	12.9 上	9.4 上	6.3 上		24.4 下	20.7 下	28.4 下	
MN'	10.75 上	7.7 上	4.5 上		23.2 下	19.5 下	26.7 下	
MS'	16.3 下	12.7 下	9.35 下		21.2 上	17.3 上	25.15 上	
SOS	12.9 上	9.4 上	6.3 上	9.3-(1) 12.8-(2)	24.4 下	20.7 下	28.4 下	20.8-(1) 24.5-(2)
SOT	14.3 上	10.9 上	7.7 上	10.8-(1) 14.2-(2)	23.7 上	19.8 上	27.7 上	23.6-(1) 27.6-(2)
型 式	第一路	第二路	第三路	第四路	第一路	第二路	第三路	第四路
CF1-A CF1-B	2.8	5.9 下	8.85 下	11.8 下	2.8	5.9 下	8.85 下	11.8 下

* 「12.9 上」表示載波頻率為 12.9 千週，而調幅後的頻率為載波頻率之「上」邊帶。
「24.4 下」表示載波頻率為 24.4 千週，而調幅後的頻率為載波頻率之「下」邊帶。

第二章

載波電話的傳輸單位和 電平的測試方法

第一節 應用在載波上的傳輸單位

第二節 電平的測試方法

第一節 應用在載波上的傳輸單位

一般在電話學上的電能輸傳單位很多，最早的有標準電纜哩 (Mile of Standard Cable, 或稱 M.S.C.)，亦有耐波 (Neper)，有傳輸單位 (Transmission Unit, 或稱 T.U.)；有貝爾 (Bell)，更有分貝 (Decibel, 或稱 db 的)，尤其在載波機上的電平，一般是用分貝作為單位，都有其適當的應用意義存在。

1. 標準電纜哩——這是一種很早以前在電話學上的電能傳輸單位，在那個時候，因為電能的傳輸理論尚未創立，也沒有什麼載波電話，祇有普通的成音電話，所以在一般的工程上，測量衰耗的尺規都以標準電纜哩的大小來表示的，並且將它作為電能的傳輸單位。所謂標準電纜哩就是代表當話音頻率在每哩有 0.054 微法的電容量，以及有 88 歐迴哩的電阻電纜上所受到的衰耗值。這與 19 號線規的銅線，在每哩上所代表的衰耗值相接近。由於這樣的衰耗值是依頻

率的高低而變化的，爲便於計算起見，一般均以話頻範圍中取其頻率成份較大的 1000 週來作爲計算衰耗的標準。所以標準哩數愈長，衰耗值就增大，換言之，如標準電纜哩的數值增加，它所代表的衰耗值亦就愈大，正因爲這種單位是和頻率的高低直接發生關係，所以在頻率較高的載波上，就不得不另找其他適當的傳輸單位來代替它了。

2. 耐波——自從載波的傳輸理論創造以來，一般傳輸上，常以發送端和收訊端的電壓、電流或電功率的比率來作比較，因爲從這些比率上可以看出，在收訊端的電流、電壓或電功率之值，究較發送端所輸出的爲大還是小，因而來決定全電路的特性情形，究竟是屬於衰耗抑是增益。

現在讓我們舉出下面一條長途線路爲例，來說明這個問題。

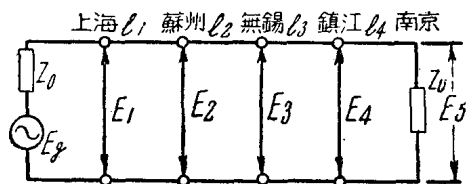


圖 2.1

假設每段中的長途線，可當作無數的均勻電網分佈着，如圖 2.1 所示，並且假設線節上的阻抗都是相等而成爲特性阻抗 Z_0 ，於是在每段中的電壓或電流比例就是

$$E_1/E_2 = I_1/I_2 = \sqrt{E_1 I_1 / E_2 I_2} = \epsilon \alpha l \quad (2.1) \text{ (代表複數)}$$

所以 $E_1/E_2 = \epsilon \alpha l_1, E_2/E_3 = \epsilon \alpha l_2, E_3/E_4 = \epsilon \alpha l_3, E_4/E_5 = \epsilon \alpha l_4$

因此上海南京間的電壓比率就是

$$\begin{aligned} \frac{E_1}{E_5} &= \frac{E_1}{E_2} \times \frac{E_2}{E_3} \times \frac{E_3}{E_4} \times \frac{E_4}{E_5} = \\ &= \epsilon \alpha l_1 \times \epsilon \alpha l_2 \times \epsilon \alpha l_3 \times \epsilon \alpha l_4 = \epsilon \alpha (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) \end{aligned} \quad (2.2)$$

假如把 (2.1) 式用自然對數來表示，即得

$$\begin{aligned} \ln(E_1/E_5) &= \alpha (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) = (\alpha_1 l_1 + \alpha_1 l_2 + \alpha_1 l_3 + \alpha_1 l_4) \\ &+ j(\alpha_2 l_1 + \alpha_2 l_2 + \alpha_2 l_3 + \alpha_2 l_4) \end{aligned} \quad (2.3)$$

(2.3)式中右端第一項表示衰耗(Loss),第二項即表示相位移。因此

$$\text{衰耗} = \ln|E_1/E_5| = \alpha_1(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) = \text{每段衰耗之和} \quad (2.4)$$

從上面的數學演譯來觀察,我們不難明瞭所以要把(2.2)式用自然對數的形式來表示的原因,實由於具有下面的幾個優點:

(1)根據(2.2)式的形式,如用代數方法來計算衰耗,就覺得很繁瑣,但如取了對數來計算,便可以化乘法為加法,如(2.4)式所表示的一樣,因此在計算上甚感方便。

(2)依長途線的衰耗來講,假如說在長途線上沒有衰耗,如取代數式的比率來看,應該等於一,不容易看出意義。但如取了對數的時候,因為此時的對數比率等於零,所以就很容易看出衰耗為零的實際含義。其次,假如電壓比率大於一,對數是正值,代表衰耗;因此當電壓比率小於一,對數為負數時,就可以代表增益。由於對數的正負號,很容易看出電路的特性是增益抑是衰耗。這比電壓比率之大於一或小於一所代表之意義,更為實際而有用。

(3)人耳對音量聽覺的靈敏度亦和對數函數相仿。

因此從上面所講的因素來討論,我們如把長途線上的衰耗值用(2.4)式來表示,就感到既方便又實用,且用這種形式來表示衰耗值,顯與頻率無關,將不會發生如標準電纜哩那樣的受到頻率變化的限制,因此應用(2.4)式的形式就應該確定了。(2.4)式中所代表衰耗值的單位就是耐波。耐波是自然對數的發現者,取其名作為電能的傳輸單位,即為表示紀念他的意思。

3. 傳輸單位——因為耐波單位太大,在實際應用上,感覺到不方便,因此就有另外一種計算衰耗值的形式出現,在新的形式上,所計算的衰耗值就是:

$$\text{衰耗} = 20 \log|E_1/E_2| = 20 \log|I_1/I_2| \quad (2.5)$$

如將(2.1)式代入(2.5)式即得