

★ 郵 電 叢 書 ★

長途電話通信制度

人民郵電出版社

PDG

序 言

將聲音傳輸到遠處，最初在 1876 年是用磁石話機來實現的，今日已經變成現代生活必需的要求。

完全可以說，在全地球上安裝的電話機有幾千萬部。延伸在陸上、地下和水裏的通信綫路有幾百萬公里長。不僅近處的通信；即市內電話通信普遍應用着，就是那能在地球上任意兩地間實行通話的長途通信，也都在日常生活裏有着廣泛的應用。

在我們國家裏，長途通信也得到很大的發展。偉大的十月革命以後，工業自籠罩着它的不景氣中被解放出來。長途電話電報通信技術也就開始了迅速的發展。

早在 1914—1915 年，蘇維埃學者烏·依·科瓦連科夫就開始了研究電話增音機的工作，它在那時是增加電話傳輸距離唯一的辦法。革命後，這一工作得到了必需的發展，並且第一個蘇維埃的電話增音機在 1922 年就製造成功了。

這一個成就在蘇聯長途電話通信的發展上是一個推動力。由於這個緣故，蘇聯在通信綫路長度上及其技術裝備上佔先進地位之一。

通信的進一步發展，尤其是長途電話電報通信的進一步發展，是被恢復和發展國民經濟的五年計劃規定了的。

由於實行這五年計劃的結果，蘇聯的電氣通信已經能够在必要程度上保證國民經濟和國防的一切需要。

僅僅在最近 25—30 年之內才得到顯著發展的長途電話通信雖

然重要性很大，可是除了電信方面的專家以外，還很少有人對於這一技術領域的目前狀況有足夠清楚的概念。

本書的對象就是這些希望知道長途通信的方法和機器底一般概念的人們。因此，本書只對長途電話通信工程的目前情況做一簡短的說明，並不深究技術方面的詳細情節。

書內敘述了長途電話通信的任務、機器個別部分的基本動作原理和在各種條件下的通信所用的綫路類型。

本書也敘述了在各種架空和電纜通信綫路上所使用的標準機器的基本特徵。

本書還敘述了長途通信服務原理（連接用戶的方法）和長途電話電報通信今後發展的前途。

目 錄

序 言

第一章 聲音與電話傳輸的一般概念	(1)
1. 關於聲音的概念	(1)
2. 電話傳輸原理	(3)
3. 現代的電話機接線圖	(5)
4. 沒有增音機時電話傳輸距離之局限性	(9)
第二章 增加電話傳輸距離的方法	(13)
1. 減小線路衰耗的方法	(15)
2. 電話增音機	(16)
3. 雙向電話增音機	(19)
4. 音頻長途通信之局限性	(25)
第三章 多路使用線路的原理	(31)
1. 單路使用線路的不利性	(31)
2. 多路使用線路的方法	(31)
3. 用作多路傳輸的線路類型及其特性	(41)
4. 長途通信機械各部分的動作原理	(49)
第四章 多路電話通信制度	(71)
1. 研究長途通信制度的程序	(71)
2. 同軸電纜長途電話通信制度	(72)
3. 對稱電纜通信制度	(95)
4. 架空銅線通信制度	(111)

5. 架空鋼絲通信線路之利用	(145)
6. 利用輸電線的載波通話	(149)
7. 水底電纜的多路使用	(154)
第五章 現代的長途電話電報通信及其發展前途	(157)
1. 通信線路的複合使用	(157)
2. 無線通信的多路使用	(167)
3. 現代的接續長途電話通信的方法	(176)

第一章

聲音與電話傳輸的一般概念

1. 關於聲音的概念

人的語言由各種各樣的聲音組成，每一個聲音都各自具有一定的頻率和振幅。人耳所感覺到的多種多樣的語言和音樂，全都是由這些聲音配合出來的。

普通談話的頻率大約是從 100 到 8000 週⁽¹⁾。即使是奏樂器、唱歌等發出的聲音也超不出從 10—15 週到 16000—20000 週範圍以內的頻譜。

人耳不可能同樣程度地感覺出不同頻率的聲音。圖一示出可聽限度曲線——它說明能被感覺到的最小振幅；還示出感覺限度曲線——它確定開始發生感覺疼痛的最大振幅。從圖一可以看出，人耳

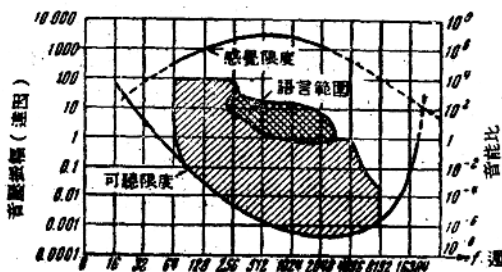


圖 一

(1) 振盪頻率用週（俄文縮寫為 Гц）來表示，它說明每秒的振盪數。

最容易感受位於 500—8000 週範圍之內的頻率。

實際上，爲了保證普通語言清楚程度正常（在這種情況下，完全保留發音之音質是不必要的），需要從 200—400 週到 2500—3500 週的頻譜。

從圖二用實線表示的清晰度⁽¹⁾曲線上，可以看出某一頻率對於清晰度影響的大小。

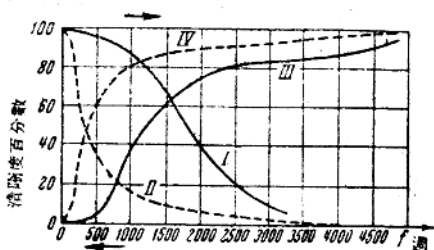


圖 二

曲線 I 表明當除去低頻率的時候清晰度減少的情況；曲線 II 表明在這種情況下語言裏音能減少的情況。曲線 I 和 II 表明這樣一個事實：譬如當僅僅 1000 週以上所有頻率通過的時候，清晰度係數等於 85%，就是說，總共減少了 15%，然而所通過的頻率的音能却只是全部語言音能的 15%（音能和音壓成比例，後者用“巴” $= \frac{\text{達因}}{\text{平方公厘}}$ 來表示）。

曲線 III 和 IV 說明當除去通話頻譜上部頻率的時候所得出的清

(1) 語言的清晰率叫做清晰度，是用下面的方法來確定：發出沒有意義的單獨的音節，就像“TSH”、“KPO”、“RBEX”、“IV”等等，並且記錄出正確接收下來的音節的百分數。這百分數就可以確定清晰度。顯然可見，它將自發話人傳輸到受話人時，在這種或那種因素影響之下發生的聲音失真程度來決定。

晰度和語言音能。舉例來說，假若把1000週以上所有頻率都除去，那末，雖然所通過的頻率音能是原有語言音能的82%，但清晰度却僅有40%。

這樣，雖然人類語言的一大部分音能包含在頻率較低部分內，但較高的頻率對於保持語言高度清晰來說却是很重要的。現在，一般認為當傳輸普通談話的時候，頻譜應該是300—2700週；為了保證傳輸質量再好些，更要保持從300到3400週的頻譜。普通進行通信方面的計算和試驗時，都習慣採用800週或1000週作為電話傳輸的平均頻率。

必須指出，所有上面說的對於藝術的和音樂的傳輸不適用。清晰度這概念在那方面一般來說沒有意義。在那方面最重要的是保持正常的音質和聲響。對於這一種傳輸，保持從50到7000—8000週的頻率是必要的，而最近，甚至要求在傳輸時保持30到16000週的頻率。然而電話通信的任務僅要求把聲音從發話人傳輸到受話人時，能保證正常的清晰度⁽¹⁾。

2. 電話傳輸原理

哥·貝爾最初製成的電話機的構造如圖三所示。無論送話器或受話器都是帶有振動膜的永久磁石。

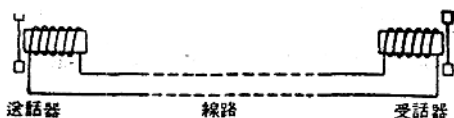


圖 三

當音波作用到送話器振動膜上的時候，後者就開始振動，就是

(1) 關於保證藝術的和音樂的傳輸問題，本書不作詳細研究。

說，它得出和音波相符的振動。因此，振動膜和磁石之間的距離起了變化。由於這個緣故，磁場強度也發生了變化，在纏繞於磁石上的綫圈裏遂激勵出波形和音波波形相似的電動勢。這電動勢通過連接送話器和受話器的綫路，作用到受話器底綫圈上，綫圈就使得磁石對於振動膜的作用加強或減弱。因此，受話器振動膜受到的吸引力相應地不斷改變，振動膜遂振動起來，這振動和對於電磁石綫圈起作用的電流波形相似。振動膜的振動引起空氣的振盪。這樣，在受話人的耳朵裏就聽到了聲音。

最初的電話機採用酸性液體作為送話器。它在振動膜振動的影響下，不斷改變自己的電阻，從而使得從特製的電池放出來而流過液體、綫路和受話器綫圈的電流發生變化。

但最初那些按照上圖動作的電話機，由於所採用的送話器只能產生十分小的電動勢，可聽度很差，甚至當送話器和受話器之間的距離只有幾公里的情況下，可聽度就全然不能令人滿意。炭素送話器的發明大大地增加了電話通信底距離。

俄國發明家波·莫·郭魯勃錯夫在 1880 年設計的電話機有了顯著的改良。

在今日，炭素送話器由炭素振動膜作成，裏面裝的炭素粉緊貼着它（圖四）。當振動膜振動的時候，炭素粉受到的壓力不斷變化。由於這個緣故，它的電阻起了變化。接有電池的電路裏，電

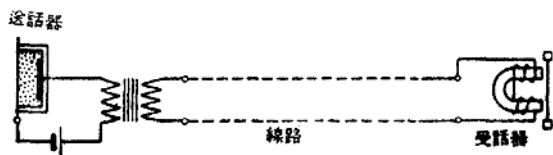


圖 四

流強度也相應地變化。

由於使用炭素送話器和改進了受話器（動作原理並沒有根本的改變），不採用任何增音機也能使電話通信距離達到幾百公里（根據連接發信和收信電話機所用的電綫材料和綫徑而定）。

雖然如此，但是不藉助於任何輔助裝置而想在 700—1000 公里以上的距離進行電話通信還是不能實現。在無綫通信上首先採用的真空管放大器就是這樣的輔助裝置。有了這種裝置，今日在陸地上任何地點間都能實行電話通信了。

但在研究藉助於放大器以增加電話通信距離的方法以前，我們要先來研究沒有放大器時限制着傳輸距離的基本因素，以及現代的電話機接綫圖。爲了明瞭用以增加電話通信距離的裝置，後者對我們來說是必需知道的。

3. 現代的電話機接綫圖

現代的電話通信基本上分爲下面三種：（1）共電式自動電話通信（ЦБ АТС），（2）共電式人工電話通信（ЦБ РТС），（3）磁石式人工電話通信（МБ РТС）。最後一種通信形式雖然從歷史上看最初採用很廣，但後來把優先地位讓給了其餘制度之後，今日它的重要性已最小。

磁石式電話通信原理圖示於圖五。當鈎鍵上掛有送受話器的時候，綫路和話機的鈴接通，而送話器的電池電路則被拆斷。

當鈎鍵升起的時候，電池電路閉合到送話器上，綫路被接到感應綫圈 ИК 和受話器上。爲了改進送話器到綫路去的功率輸出，感應綫圈是必需的。

電話通信是按照下面的方法進行的。在取下送受話器以前，先搖動手搖磁石發電機的搖柄。這時，接點 K_1 放開，接點 K_2 閉合。

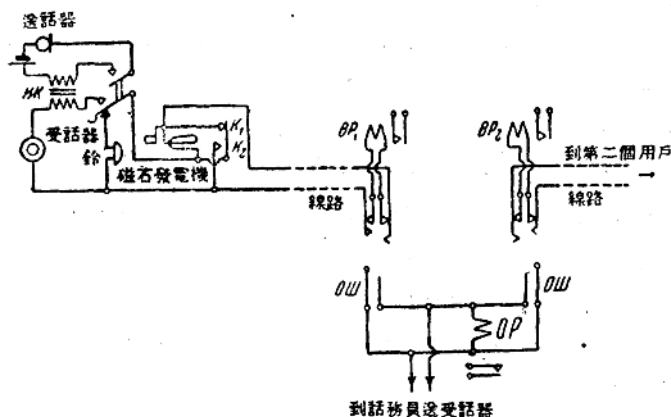


圖 五

因此，磁石發電機所產生頻率為 10—15 週的電流就流經線路，作用到中央局內閉合信號電路（信號燈和鈴）的呼叫繼電器 BP 上。⁽¹⁾

主叫用戶在送出振鈴電流以後，拿起送受話器，等待電話局回答。話務員把應答塞繩 OIII 插入交換機塞孔裏，用它詢問了用戶之後，先用磁石發電機向被叫用戶振鈴，再用塞繩對（圖五下面部分示明接綫狀況）把他和被叫用戶的塞孔連接起來。

被叫用戶得到呼叫信號（鈴聲）之後，拿起送受話器，就和主叫用戶接通了。

通話完畢之後，兩個用戶掛上送受話器，並且用磁石發電機送

(1) 繼電器是一種電磁機械，它是一個帶有繞圈的鐵心。當電流沿着繞圈通過的時候，鐵心被磁化了，同時吸引可動的唧鐵。這唧鐵引起固定在繼電器外殼上的接點閉合（或者在某些情況下，引起開放）。

出復原信號（通話完畢）。這信號作用到中央局內話終繼電器 OP 上。

在這個接綫圖裏，送話器電源由裝在用戶那裏的本地電池來供給。因此，這種制度得到了本地供電式（即磁石式）（MB）的名稱。

共電式人工電話通信（ПБ PTC）底特徵是向送話器供電的電池不裝在用戶那裏而是裝在中央局內（中央電池）。共電式（ПБ式）電話機接綫圖示於圖六。

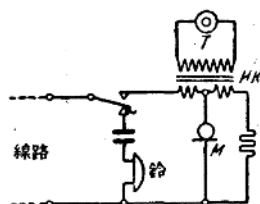


圖 六

當放下送受話器的時候，綫路閉合到鈴上。電容器和鈴的串聯，使中央電池流來的直流電流不能通過。受話器 T 接在感應綫圈 ИК 兩端。

向電話局振鈴是由昇起鈎鍵來進行的。在這種情況下，中央電池放出來的電流通過呼叫繼電器 BP₁（圖七）底綫圈和綫路而達到送話器 M，同時呼叫繼電器 BP₁ 動作。因此在電話局裏得到相應的信號。

應答以後，話務員預先用感應電流振鈴，同時把主叫用戶和被叫用戶連接起來。

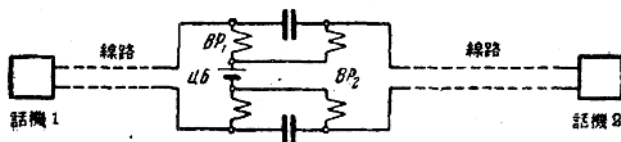


圖 七

4. 沒有增音機時電話傳輸距離之局限性

如同上面所說，不採用任何輔助的放大裝置時，電話傳輸距離不能超過幾百公里。

現在讓我們研究那些影響傳輸距離的因素。傳輸距離首先由聲音的響度決定，同時也由具有最大有效作用係數的送話器把音波變為沿着綫路進行的電波的能力、受話器完成逆變換的能力和人耳底靈敏度等來決定。

在正常的通話響度和正常的電話機的情況下，後者在綫路始端發出大約 1 毫瓦的電力。在有綫通信上，這電力被當做和所有另外情況下的電力進行比較時的標準量。因此，它叫做零電平。

普通使用對數來比較電力。用“納波”（電平單位底名稱）來表示的電平可以根據下式計算後確定：

$$P_{\text{納波}} = \frac{1}{2} \ln \frac{N}{1 \text{ 毫瓦}},$$

這裏 N 是在該情況下所具有的電力，用毫瓦表示。

上面的計算是用自然對數（即納波氏對數）來進行，因此電平單位才這樣命名。

有時電平也用“分貝”來表示，那時

$$P_{\text{分貝}} = 10 \log \frac{N}{1 \text{ 毫瓦}}.$$

當電流通過綫路或任何另外裝置的時候，它的電力損失可以用電平的減低來表示。因此，電力損失，或者換句話說即衰耗，也能用納波或分貝來表示。

假若在綫路始端具有電力 N_a ，而在其終端具有電力 N_e ，那末綫路衰耗的納波值將等於：

$$b_{\text{納波}} = \frac{1}{2} \ln \frac{Na}{Ne} \sigma$$

在話機質量和人耳靈敏度正常的情况下，可聽度的質量和加到話機上電力的關係示於表一。

表 一

電力大小, 毫瓦	可聽度質量	發送和接收電話機間的衰耗, 納波
1.000	十分優良的	0.0
0.135	優良的	1.0
0.018	良好的	2.0
0.0025	相當好的	3.0
0.00034	不够好的	4.0
0.00005	不好的	5.0

從表一可以看出，在頻率 800 週的時候，發送和接收話機間的衰耗不應超過 3—3.5 納波。舉例來說，在直徑 4 公厘鋼綫的雙綫綫路上（在沒有任何另外裝置的情況下），這衰耗（採用 3.3 納波）可以使傳輸距離達到 195 公里；而在同樣直徑的銅綫綫路上，則可以達到 1200 公里。

當兩個用戶通話的時候，除了長途綫路衰耗之外，在市內用戶綫路裏、在市內和長途電話局的中繼設備裏，還常常有附加的電力損失。雖然用戶綫路長度通常不大（約幾公里），但由於採用的電纜心綫直徑較小（0.5 公厘）⁽¹⁾，它們的衰耗還是比較大。這衰耗可達（但不應超過）0.5 納波。

由市話局中繼設備引起的衰耗，根據定額，不應超過 0.15 納波，而由長途電話局中繼設備引起的不應多於 0.1 納波。

(1) 架空綫路很少採用為大都市裏的用戶綫。

除此以外，市話局和長途局之間的中繼綫可能有某些衰耗（達 0.25 納波）。

圖九是電話路綫各個部分裏的衰耗分佈圖。

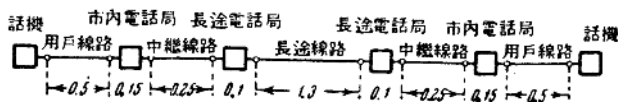


圖 九

從這個圖上可以看出，從用戶到長途線路起點，衰耗可達 1.0 納波，並且在這條線路的終點到受話用戶之間也可能存在同樣的衰耗。

從而在兩用戶間所容許的總衰耗 3.3 納波裏，留在長途線路本身上的衰是 1.3 納波。

那末，用鋼綫時的傳輸距離是 80 公里，而用銅綫時是 470 公里。

這樣，與各都市之間可能的距離比較起來，尤其是在蘇聯，這個傳輸距離是不够大的。

直接的傳輸距離還被另一個因素限制，就是在線路十分長的時候，通話頻譜裏高頻和低頻的線路衰耗差別太大，以致傳輸失真（叫做振幅失真），使傳輸變得非常低劣。

圖十示出不同類型的電綫底公里衰耗曲綫（即 1 公里線路所引起的衰耗）。從圖十可以看出，假若一段 195 公里長的鋼綫線路，在頻率 $f=800$ 週時有 3.3 納波的衰耗；當 $f=300$ 週時，衰耗將等於 $b_{300}=1.83$ 納波；而當 $f=2500$ 週時，衰耗將等於 $b_{2500}=5.85$ 納波。

那時，衰耗差 $b_{2500}-b_{300} \cong 4$ 納波。這個數值高於所容許的失

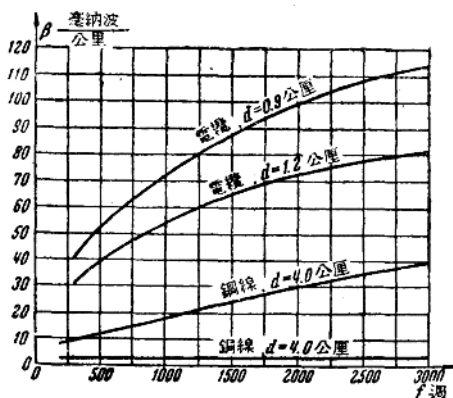


圖 十

真，因為在電話傳輸所需的頻譜裏，失真不應超過 1 納波。在 1200 公里長的銅綫綫路上，情況較好。衰耗差 $b_{2500} - b_{300} = 3.75 - 3.1 = 0.65$ 納波，就是說，振幅失真位於容許範圍以內。

當採用長 68 公里、心綫直徑 1.2 公厘（當 $f = 800$ 週時，衰耗等於 3.5 納波）的電纜綫路時，振幅失真達 3.08 納波，那就完全不能容許。

這樣看來，能否保證滿意的可聽度，要由許多因素決定：即綫路和機械的衰耗、振幅失真等等。這些因素就把直接的電話傳輸距離限制到 400—500 公里以內（在架空銅綫的情形下）。