

人工電話學

吳興吾 編著

大東書局出版

人工電話學

吳興吾編著

大東書局出版

一九五三年二月初版

人工電話學

定價人民幣：9,000元

版權所有 編著者 吳興吾
不准翻印 出版發行者 大東書局

上海福州路310號

印刷者 導文印刷所

上海威海衛路357弄



書號：5084 (0001-3000)

自 序

本書內容主要包括五部份：（一）和言語、聽覺有關的聲學，及通話的基本原理；（二）發話器和收話器；（三）久磁制和共電制電話機的基本電路；（四）久磁制和共電制交換機的基本電路；（五）保護裝置和測驗設備。末章述鐵路用調度電話設備。這是爲了供鐵路電信工作人員的參考而增加的。本書的目的在闡述電話學的基本原理，所以首先討論語言、聽覺和有關的聲學問題，然後比較詳細地討論發話器和收話器。因爲這些是電話學方面最基本的問題。

電話機和各種交換機等設備，我國公營和私營的電話工廠雖已完全能够製造，但還沒有正式規定的標準制式，因此本書內的各種交換機電路也祇是涉及普通的基本電路，並不牽涉到這是那一個廠的出品。因爲我以爲如果了解了這些電路以後，就已掌握了看電路的原則和方法，就可以看懂其他任何電話機和人工接線市内交換機電路了。

本書脫稿已久，並經作者幾度修改，但個人的能力有限，難免有不妥當的地方，還希望讀者隨時予以指正，我一定虛心接受的。再本書曾蒙金乃謙、張永琨和陳萬復三位先生先後賜予校閱，並提出許多寶貴意見，我就在這裏向他們道謝。

一九五二年八月 吳興吾謹於上海交通大學

目 錄

第一章 聲音語言和聽覺	1
(1.1) 導言	1
(1.2) 聲的性質	1
(1.3) 聲的反射吸收和傳遞	2
(1.4) 回音	3
(1.5) 餘音	3
(1.6) 噪音	4
(1.7) 語言的聲音	4
(1.8) 聽覺	6
(1.8.1) 頻率響應	6
(1.8.2) 辨別聲音的響度	7
(1.8.3) 聲音的掩蔽效應	7
(1.9) 清晰度和可解度試驗	7
第二章 電話發話器	9
(2.1) 電話發話器	9
(2.2) 麥克風	9
(2.3) 電話發話器的類型	10
(2.4) 炭粒發話器的原理	11
(2.5) 發話器電流的變動量	13
(2.6) 發話器所產生的畸變	13
(2.7) 炭粒發話器的噪音	15

(2·8) 壓背式發話器	16
(2·9) 新式發話器	18
(2·9·1) 位置特性	19
(2·9·2) 頻率響應	19
(2·9·3) 炭粒	20
(2·9·4) 護膜片	20
第 三 章 電話收話器	21
(3·1) 電話收話器	21
(3·2) 收話器的類型	21
(3·3) 久磁鐵膜片電話收話器	22
(3·3·1) 收話器的理論	24
(3·3·2) 需要永久磁鐵的理由	2
(3·4) 電話收話器裏的畸變	28
(3·5) 聲力收話器	29
(3·6) 現代式電話收話器	29
第 四 章 電話機	30
(4·1) 用戶電話機	30
(4·2) 簡單的電話機電路	31
(4·3) 久磁制電話機	33
(4·4) 久磁手搖發電機	39
(4·5) 定極電鈴	42
(4·6) 在久磁制裏合用線電話機的接法	43
(4·7) 共電制電話機	44
(4·7·1) 側音幫流電路	45
(4·7·2) 減側音電路	47
(4·7·3) 消側音幫流電路	47

(4·8) 自動電話機	50
(4·9) 現代式電話機	50
(4·10) 在其電制裏的合用線電話機接法	52
(4·11) 兩戶合用線	53
第 五 章 久磁制交換機	54
(5·1) 久磁制市內交換線電路	54
(5·1·1) 自動還原吊桿	57
(5·1·2) 夜啓鈴電路	58
(5·2) 轉電線圈	62
(5·3) 久磁制長途交換機	63
(5·4) 久磁制無繩式交換機	64
(5·5) 久磁交換機通自動(或其電制)電話局的雙向中繼線 電路	69
第 六 章 共電制簡式交換機	69
(6·1) 替續器和信號燈	69
(6·2) 共電制簡式交換機電路	71
(6·3) 共電制專用小交換機的中繼線電路	74
(6·4) 互通式通話機	76
(6·5) 公共電池的接法	77
第 七 章 共電制複接交換機	81
(7·1) 共電制的複接式	81
(7·2) 共電制複接交換機	85
(7·3) 乙交換機	87
(7·3·1) 兩局間甲乙臺話務員的聯絡方法	88

(7.4) 部份複接法.....	90
(7.5) 兩局甲乙交換機的通話.....	92
(7.6) 配線架.....	95
第 八 章 電話的保安設備.....	101
(8.1) 導言.....	101
(8.2) 避雷器.....	102
(8.3) 熔線.....	103
(8.4) 熱熔線圈.....	104
(8.5) 保護設備的裝置.....	105
(8.6) 電蝕的防止.....	106
第 九 章 電力和測驗設備.....	107
(9.1) 鈴流機.....	107
(9.2) 蓄電池.....	109
(9.3) 測驗設備.....	110
(9.3.1) 茂萊迴路測量.....	112
(9.3.2) 伐雷迴路測量.....	114
附錄 鐵路行車調度電話.....	115
(10.1) 調度電話的性質和作用.....	115
(10.2) 調度電話設備概要.....	115
(10.3) 主要機件的說明.....	117
(10.4) 使用說明概要.....	128
中英名詞對照表.....	132

第一章 聲音、語言和聽覺

(1.1) 導言

在通話時，電話機中發話器把聲波變成電的脈動，然後通過電話線傳到遠處的對方電話機收話器裏。收話器把這些電的脈動再變成聲波，使接受電話的人能夠聽到。爲了充分說明這些作用起見，下面先介紹一些聲音、語言和聽覺方面的知識。

(1.2) 聲的性質

聲是空氣裏的一種物理的波動，但從另一方面看，聲也是人們聽覺器官裏的一種感覺。空氣中如有物體振動，例如緊張的線或薄膜的振動，撞擊了周圍空氣分子，使它們運動起來。被撞擊的分子再撞擊它們周圍的分子，這樣連續撞擊下去，就構成疏密交替的聲波。發生振動的物體叫做聲源。聲波裏含有能量，份量非常微小。

通常低而穩的汽笛聲音或音叉振動所發出的聲音，稱爲純音，是一種單頻率現象，可用正弦波來表示，如圖 1 所示。複雜的聲音，包括許多頻率不同的正弦波在內，波形往往很奇特的，要經過分析，纔能分辨出各種正弦

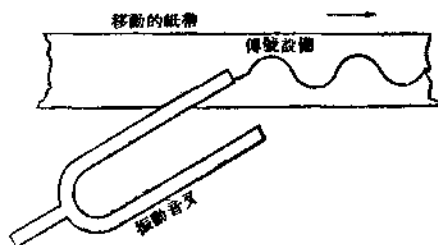


圖 1 一個振動音叉產生純正的音波

波成份。由於這些波的正弦性質，一般聲波都賦有正弦波的基本特性，例如頻率和振幅。因此聲波的相加、干擾和其他幾個特性都跟電磁波共有。不過聲波的速率跟電磁波比起來是很低的。在攝氏 20° 或華氏 68° 的海平面上，聲波速率每秒僅 342.9 公尺。上面已經說過聲波裏藏有能量。當聲波利用空氣振動而傳送時，如果空氣發熱，溫度稍微增高，則聲波的能量有些損失，振幅漸漸減低，形成衰減現象。有時碰着障礙物，或物體表面有細孔的，更容易吸取聲波裏的能力，使其難於傳送。

(1.3) 聲的反射、吸收和傳遞

當聲波從聲源向四周擴展，碰到一垛堅實的牆壁時，就有若干重要的現象發生，像圖 2 顯示一聲波的反射作用；實際上，如牆壁表面的物質，平滑而沒有空隙，大約百分之九十六的聲能將被反射回來，餘下來的聲能，有一部份被吸收，只有一小部份能夠透過牆壁。

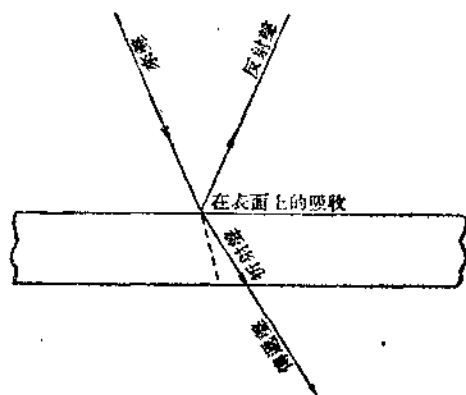


圖 2 聲波碰了一垛堅實的牆壁所發生的現象，那反射的一部份可能造成強烈的錄音。

撞擊而振動。聲波在堅實物體裏的運動速率比較在空氣裏大。由於這個原因，聲波射線（這不過表示進行的方向）不論進入或是離開這個實體的時候，就產生折射現象。

要由空氣裏的分子振動來引起實體裏的分子振動是比較困難的，

所以在空氣裏傳送的聲波，碰到堅實的牆壁時，能够傳遞過去的聲音是微細不足計的。但是如果用鐵錘撞擊一垛堅實的牆壁時，這些直接傳遞的振動，就很容易透過牆壁而傳過去。這一點區別很重要，我們應該注意。

(1.4) 回音

上面已經說過，當聲波觸碰一垛堅實的牆壁時，就發生反射。如果它的表面平滑，那些反射的聲能要佔總數裏很大的百分數。但是我們站在一個很大的反射平面的前面說話，並不能聽到反射的回音。原因是距離太近，原聲和反射聲差不多同時進入我們的耳朵，我們就不能夠辨別出那是回音，那是原聲。

只要這個說話的人退回若干步，使兩種聲波的時差達 $\frac{1}{17}$ 秒，他就可以聽到很清楚的回音。

回音是很討厭的，有些戲院或禮堂，有曲線反射面的，往往把回音集中於一點更是討厭。減免回音的方法有兩種：第一，改造那些牆壁的形狀，使回音分散；第二，用吸收聲音的物料，敷築牆壁，使傳送到達牆壁的“聲波能量”大部份被吸收，祇有極小的一部份被反射，不能產生回音。

(1.5) 餘音

如果那些聲波是在一間屋子裏或是在其他關閉的地方所產生的，那末，聲源停止發聲後，它們還是可以被人聽到，要等到它們所包含的聲能大部份消耗，音量低到完全聽不到，纔罷休。這種聲源停止振動後所存在的聲的延長現象，叫做餘音。劇場或播音室裏往往有很強烈的餘音。它比回音更討厭；在室內添裝吸收聲波的材料，可以減免餘音。

(1.6) 噪音

這一種聲音在電話裏更討厭了，我們可以說噪音是電話工作者最痛恨的一個敵人。這句話並沒有什麼誇張過甚。噪音碰到了電話機的發話器，就混充信號發出去。倘若這電話機有噪音，那些噪音更會使本機裏的受話器動作，干擾受話人的收聽作用。電話交換機室裏種種煩雜的聲音往往使話務員疲乏和增加錯誤。所以從事於電話事業的人應當了解噪音的性質，知道怎樣控制它。

任何不需要的聲音就叫做噪音。即使是很好聽的音樂對於專心一意在看書的人來說，也是噪音。不過，按一般狀況說，噪音都是一種不悅耳的、討厭的雜聲。運用恰當的方法可使噪音的強度大為減低。

以下所述的是減低室內噪音的幾種簡單方法：第一，防止強烈噪音的產生。採用無喧聲的打字機和其他機器，就是地板上面鋪的一層材料也要使其不產生噪音。第二，儘可能應用橡膠、彈簧或其他類似的裝置，把機器和地板，跟房屋的其他部份隔離。第三，室內的牆壁、天花板、地板或其他表面，最好要蓋上了吸聲材料，使已經產生的噪音大部份被吸收了去。這個原理，根本上跟防止強烈的餘音相同，所以這樣裝置後即使已經產生了很多噪音，因有多量吸聲材料的存在也可以立即把噪音吸收，防止它在室內累積擴大起來。

(1.7) 語言的聲音

如果把語言的聲音產生的聲源作為分類的根據，它們可以分做三類：（1）聲音由振動聲帶產生，被頭部的諧振空氣孔道所修改的，（2）聲音由於空氣的流經嘴裏的小孔或銳邊（例如牙齒）所產生的，（3）聲音由（1）和（2）兩種方法混合產生的。

聲帶能調節肺部流出的空氣量，所以振動的聲帶是若干基本音的發生器。這些音裏包含很多的諧波（也叫泛音）。喉嚨和嘴裏的諧振空氣孔道（或鼻孔），把這些諧波或是遏止了，或是加強了，母音就是這樣產生的。子音則大部份由第（2）種方法產生。輕輕的耳語卻用不着聲帶動作，這是很有趣味的一點。

電話電路裏所傳語言的波型是非常複雜的。非但電流振幅的變化很大，而且其中包含很多頻率不同的成份。在發話人和收話人中間的電話傳輸系統裏，必須要把這些語言的信號傳過去，在量的方面，不得衰減過甚，以免收話聲音太弱；在質的方面，不得畸變過甚，以免收話人聽不懂。

經過很多人研究，知道普通人說話所含的平均功率約為10微瓦（就是百萬分之十瓦）^①，跟其他我們熟悉的功率比起來，真可以說微乎其微了。不過在電話機裏炭粒發話器祇是運用語言的功率來控制電池裏電能的流動，那個發話器本身的功率輸出比較要大得多。

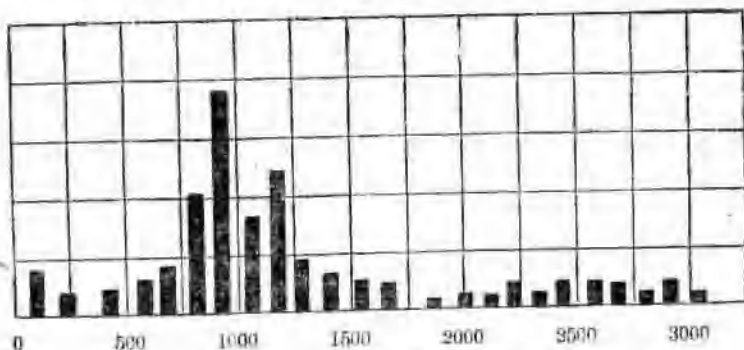


圖3 注音字母字裏各種頻率成份的相對量

我們必須先要知道語言的聲音裏包含那些頻率不同的成份，纔可

① 經計算，如果有一百萬入同時說話，連續一個半小時，他們說話所產生的總能量僅僅是燒煮沸一茶杯的水。

以設計一個電話傳輸系統來把這些頻率完全傳遞過去。舉一個例子，把注音字母Y的讀音分析一下，就獲得圖3所顯示的主要成份的振幅和各頻率的分佈。其他母音的組合和上圖相類似，不過子音裏所包含的“高頻成份”更多，這是它的特點。根據實際試驗的結果，一種設備如能傳遞100到5,000週的頻率保持真實，可以算得近乎盡善盡美了，在實用方面還不需要這樣寬的頻率範圍哩。

(1.8) 聽覺

因為一個電話通信設施的好壞，是由人類的聽覺機構來做最後的判斷，所以我們須要了解人耳的特性。

耳朵包括三個部份：

(1) 外耳是人耳張開在外面的一個部份，引導聲能進入耳管，它的終端就是鼓膜。當聲波碰着了鼓膜，就使它振動起來。

(2) 中耳包含一個機械的槓桿系統，它的作用是把鼓膜的振動量降低，然後把這些已經減小的振動，傳到一個橢圓窗，進入內耳。

(3) 內耳包括幾個部份，其中一個部份叫做耳蝸，它是一個充滿流質的管道系統。根據理論的推斷：聲波脈動轉入中耳，到達橢圓窗，然後經過耳蝸裏的那些流質，傳達到內耳裏的神經終端。

聽覺機構富有趣味，可是對於電話工作者看來，耳朵的特性更為重要，所以下面要說到耳朵的聽覺特性。

(1.8.1) 頻率響應 根據一般年青人平均可以聽到的聲音來分析，頻率範圍大約是20到30,000週，或者更高一些。一般成年人平均所能夠聽到的頻率範圍，大約從20到20,000週，年齡越大，聽覺範圍越小，尤其是高頻限度更要降低。聽覺不能超過每秒幾千週頻率的人很多，不過這些人聽別人的說話並沒有感到什麼困難，他們自己或者還沒有知

道那些情形哩。

(1.8.2)辨別聲音的響度 聲音的強弱是根據人耳的感覺來決定的，對於一種不容易聽到的聲音，我們就斷定它是弱的；另一方面，如果它對於腦神經產生的刺激太大，這些聲音就叫做太響了。所以聲音響度的意義就是它在腦子裏所產生的一種感覺的大小。所以聲音的響度沒有絕對的意義，一種聲音，對於一個人聽起來相當響，但是對於耳朵稍聾的人聽來就覺得很弱了。

(1.8.3)聲音的掩蔽效應 同時有幾種聲音進入耳朵裏，它們的掩蔽效應是很重要的。前面說過的噪音往往把所需要聽的語言的聲音掩蔽起來，因此不得不把傳達語言給受話人的電功率提高一些，超過在沒有噪音時所需要的數值，所以電話事業方面為噪音所費的錢很多。

(1.9)清晰度和可解度試驗

一種電話設備系統的存在，目的在乎傳達消息，把語言聲音從一處傳到另一處。我們可以在這個設備系統上面做清晰度和可解度試驗來判斷它是否能夠完全做到它的任務。清晰度試驗是用傳遞沒有連貫意義的聲音來做的。收話方面所能夠正確記錄的聲音百分率，就表示這個通話系統的“清晰度”。可解度試驗是傳遞有意義的語句，由收話方面的記錄正確的百分率來判斷可解度的優劣。

上面曾說過，電話通信方面並不需要把語言裏所包含的頻帶全部傳遞過去。這個結論是根據和上述相似的試驗結果得來的。圖4顯示這些試驗的結果。做這些試驗需要把一種叫做濾波器的電網絡插入在原來質地良好的電路裏。

要獲得圖上所示的[清晰度] I_D 曲線，和能量 I 曲線，必須要在電路裏插入一個通高頻濾波器，它的特性是祇能容許在規定頻率以上的聲

音通過。因此，倘若把 1,000 週以下的除去，祇是讓 1,000 週以上的聲音通過，大約 87% 的聲音可以聽懂，可是祇有 17% 的原能量存在了。換句話說，就是除去低頻成份的結果使語言輕弱無力，可是還能够使人了解。在另一方面，像圖上所示的清晰度 L 和能量 L 曲線，乃是把另一種叫做通低頻濾波器插入電路裏，祇准許在規定頻率以下的聲音通過，所

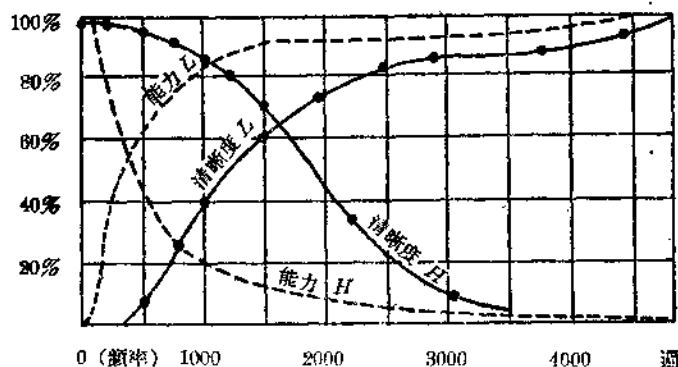


圖 4 去掉了某些頻率區域後，對於語言的清晰和能量方面所產生的效應。

得結果恰跟以前相反。像圖上所指出的一樣，倘若把 1,000 週以上的頻率除去，祇准許 1,000 週以下的通過，雖是包含的能量達 83% 之多，而清晰度卻降低到祇有 40% 了。

清晰度良好的意義，就是等於可解度的良好。從這個試驗可知高頻成份很重要，因為這些成份裏的能量雖弱，而最主要的可解度卻完全包含在這些頻率裏面。從這些試驗和實用的經驗獲知，倘若電話機通話時，供應了 250 到 3,000 週寬的傳遞波帶，這種電話已經可以獲得很好的實用服務標準了。電話技術繼續進步，這個傳遞波帶勢必加寬，使傳遞來的語言更能够保持它的自然。目前的趨勢是要把高級電話電路裏的高頻波帶放寬，從 200 到 4,000 週。

第二章 電話發話器

電話機錄設備是用來傳遞說話的，從一處傳到另一處。前章裏曾經討論過語言的性質複雜，能力微弱。所以用作檢取語言聲音的器具（發話器）必須靈敏，而且能够很忠實的把聲音變成電脈動。

(2.1) 電話發話器

這是一個把聲波變成電波或電脈動的器具。爲了擔負這個重要任務，它在整個通信系統裏，是一個主要而不可缺少的連桿。

一個電話發話器必須把說話的聲音變成電脈動，不許有過甚的畸變。雖說這種能量變換，並不需要像爲公開演講裝置的擴音機和在無線電廣播裏那樣的音質優美，但是過份的畸變將要減少雙方談話的了解度，甚或使收話人認不清發話人的音調。

發話器的輸出電功率必須相當高，除長途通話以外，不需要用真空管放大器。

一個發話器必須堅固耐用，尤其用於新式合併式手持收發話器裏的，必須具備這個條件。並且，發話器的輸出功率，必須跟安放的位置，沒有什麼關係。

(2.2) 麥克風^①

現在麥克風的意義往往用來代表電話發話器，尤其在無線電方面

① 麥克風 (Microphone)，按照意義，可譯做微音器。