

擴音机的原理与制造

戴 立 孫 如 編

上海科學技術出版社

內 容 提 要

擴音機是一種應用非常廣泛的電信器械，不論是電信工程的技術人員或是業餘無線電技術家對於它都有研究的興趣。本書以講解擴音機的原理及介紹實際製造工作中的經驗為主。內容分成：基本認識、微音器和拾音器、成音放大器、揚聲器、音量和音質、音質的提高、擴音機的製造及擴音機的裝設和管理等八章，理論與實際並重。

擴音機的原理與製造

戴 立 孫 如 編 著

*

上海科學技術出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

新華書店上海發行所發行 各地新華書店經售

上海市印刷三廠印刷

*

開本 850×1168 1/32 印張 5 8/32 字數 125,000

（原机电、科技版共印 16,500 册 1956年1月第1版）

1959年1月第1版 1960年3月第3次印刷

印數 8,001—13,000

統一書號：15119·67

定價：（十二）0.75 元

序

擴音機是電信機械的一種，但是它的應用較其它電信機械爲通俗與廣泛。所以不論電信工程的技術人員或非技術人員，都有研究它的興趣。

作者等彙集歷年來教學的資料，結合設計與製造工作上的經驗，寫成本書，以供研習擴音技術者和一般有志於學習擴音機者的參考。

本書的內容是以講解擴音機的原理與介紹實際工作上的經驗爲主；希望能給讀者對擴音機的構造獲得一個明確的概念；而對它的製造與使用獲得一個正確的方法。

本書從開始編寫直到完成，幾經增刪，歷時三年半以上。我倆互相切磋，戰勝了許多困難；消除了不少缺點；增加了很多實際工作方面的竅門。作者等雖曾盡最大努力敘述有關擴音機工程技術方面的資料，但是很可能還沒有達到理想的豐富，而缺點一定也很多，希望技術界和讀者同志們及時指正，以資改進。

戴 立 孫 如

一九五三年五月

目 錄

序

第一章 基本認識 1—5

1. 從揚聲筒到擴音機 1
2. 電和擴音機 1
3. 聲音是一種波 2
4. 擴音的過程 2
5. 頻率和音調 3
6. 電流和音波 4

第二章 微音器和拾音器 6—17

1. 變音波為電流 6
2. 微音器的種類 6
3. 碳粒微音器 7
4. 動圈式微音器 7
5. 速度式微音器 9
6. 感體式微音器 11
7. 控磁阻式微音器 11
8. 晶體式微音器 12
9. 拾音器 12
10. 屏蔽電纜 16

第三章 成音放大器	18—51
1. 成音放大器	18
2. 真空管式放大器概述	18
3. 成音放大器的種類	20
4. 電壓放大器	20
5. 反相器	26
6. 電力放大器	33
7. 電力放大器的類別	36
8. 前級放大器和混合器	40
9. 退耦合濾波器	44
10. 電力供給器	45
第四章 揚聲器	52—66
1 直接輻射式揚聲器	52
2 號角式揚聲器	54
3. 揚聲器的性能	56
4. 直接輻射式揚聲器的助聲設備	58
5. 高音和低音揚聲器的分類裝置	60
6. 揚聲器的配接	62
第五章 音量和音質	67—74
1. 音量與聽覺	67
2. 傳輸單位的意義	67
3. 音量和環境	69
4. 音質與失真	70

5. 失真的根源.....	72
6. 損害音質的噪聲.....	73
第六章 音質的提高	75—100
1. 反回輸電路.....	75
2. 電壓反回輸.....	76
3. 電流反回輸.....	83
4. 拾音器的均衡器.....	84
5. 輸出電路上的均衡器.....	85
6. 音品控制器.....	86
7. 音品補償器.....	89
8. 輸出分頻網路.....	93
9. 音量控制器.....	93
10. 音量的壓縮和擴展.....	93
11. 噪聲的減除.....	97
第七章 擴音機的製造	101—149
1. 裝前準備.....	101
2. 排列與接線.....	102
3. 交流聲的減免.....	103
4. 製法舉例.....	106—144
(1) 2 瓦電唱機.....	106
(2) 3 瓦電唱機.....	108
(3) 6 瓦電唱機.....	109
(4) 6 瓦優質擴音機.....	110
(5) 10 瓦 6B4 擴音機.....	110

(6) 10 瓦 6V6 電唱機.....	113
(7) 12 瓦電唱機.....	114
(8) 12 瓦優質擴音機.....	115
(9) 25 瓦擴音機.....	116
(10) 25 瓦變壓器耦合擴音機.....	119
(11) 25 瓦擴音機.....	119
(12) 25 瓦優質擴音機.....	122
(13) 30 瓦優質擴音機.....	125
(14) 40 瓦優質擴音機.....	125
(15) 50 瓦優質擴音機.....	127
(16) 50 瓦車輛上用擴音機.....	129
(17) 100 瓦擴音機.....	129
(18) 100 瓦大型擴音機.....	135
(19) 200 瓦擴音機.....	135
(20) 250 瓦擴音機.....	141
5. 實例中變壓器的製造法.....	144
6. 校驗.....	144

第八章 擴音機的裝設和管理.....151—159

1. 音量與環境.....	151
2. 實際擴音佈置法.....	152
3. 管理方法.....	157
4. 擴音機的保護.....	159

第一章 基本認識

1. 從揚聲筒到擴音機——擴音機，顧名思義是一種擴大聲音的機器。任何聲音，它所能傳播的範圍都是有限的。譬如我們人說話，在小房間裏，可以聽得很清楚。但是在廣大的場所裏，對着成千成萬的羣衆講話時，即使每個人都不作聲而你喊得力竭聲嘶，大家還是聽不清楚的。因此，人們就想辦法把聲音擴大起來，終於創造了擴音機。

在沒有擴音機之前，要把說話的聲音擴大，只是運用器械的集聲作用與共鳴作用。這種器械一般是一個喇叭形的筒，叫做揚聲筒，也叫做擴音器。把這揚聲筒接在嘴上說話時，可以使聲音傳播得比較遠些而獲得一些擴音的效果。不過這效果並不很大，因為它僅是把聲音集中起來，並由於喇叭筒的共鳴作用而把發音的效率提高了一些。但是它並沒有導入其他能量去增加聲音的強度。

直到真空管發明之後，才利用了真空管的放大作用，做成現在一般應用的擴音機。擴音機在基本上和揚聲筒不同的，就是它把電能導入來增加聲音的強度。所以可以適應各種需要，把聲音擴大到任何強度。

2. 電和擴音機——真空管的放大作用是必須用電力來推動它的。電力的根源，叫做電源。都市裏的電力廠所供給的交流電，就叫做交流電源。一般擴音機都是利用這種電源的。船舶上或小鄉鎮上用直流發電機產生的電是直流電源。還有，用蓄電池等供給的，也是一種直流電源。車輛上用的擴音機大多數用這種電源。

在我國，一般家用的交流電源大多數是 220 伏的電壓，也有少數是

110 伏的；直流發電機供給的直流電源，一般是 110 伏或 200 伏；蓄電池供給的直流電源，一般是 6 伏，也有 12 伏和 24 伏的。

關於電和電路的基本原理和性格，可參閱一般講電學和無線電學的書籍，這裏不再重複。

3. 聲音是一種波——從中學的物理課本裏，我們知道空氣能傳播聲音。把電鈴或鬧鐘放在玻璃罩中，逐漸由抽氣機抽去空氣時，鈴的聲音會逐漸低下去。這個實驗，就說明了聲音是由空氣來傳播的。在這個實驗裏，我們還可以進一步地明瞭鈴為什麼會發音。我們可以仔細地觀察一下，鈴是由於鈴鏈的敲擊而產生一種有規律的振動。這是發生聲音的第一個原因。鈴周圍的空氣被鈴的振動所干擾而發生一種相應的波動。這是發生聲音的第二個原因。所以聲音就是那空氣的波動，科學上叫它做音波。音波振動人們的耳膜，就使我們發生聲音的感覺。

任何物體的振動可以鼓動四週的空氣造成音波。像圖 1 是一只音叉在振動，音波向四週傳播的理想情形（實際上音波是看不見的）。這裏顯示出，音波是一層稀一層密的空氣向四週發射的縱波。它的傳播速度在空氣中平均每秒鐘約 330 公尺。

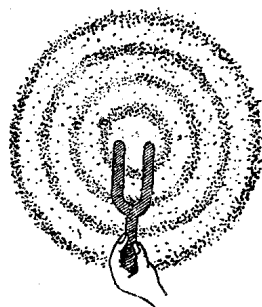


圖 1 在音叉週圍的音波

4. 擴音的過程——擴音機把聲音擴大的過程可以分做三個階段。這三個階段，也就是整個擴音機的基本構造。

第一是音波變成電流的部份，也就是把機械振動變為電動力的部份。在具體構造上可分為兩類：一類是由於音波的擾動而產生電動力的，這類器械，統稱為微音器俗名話筒或麥克風；另外一類是由於唱針在錄音片（唱片）上受到振動而產生電動力的。這類器械，統稱拾音器，

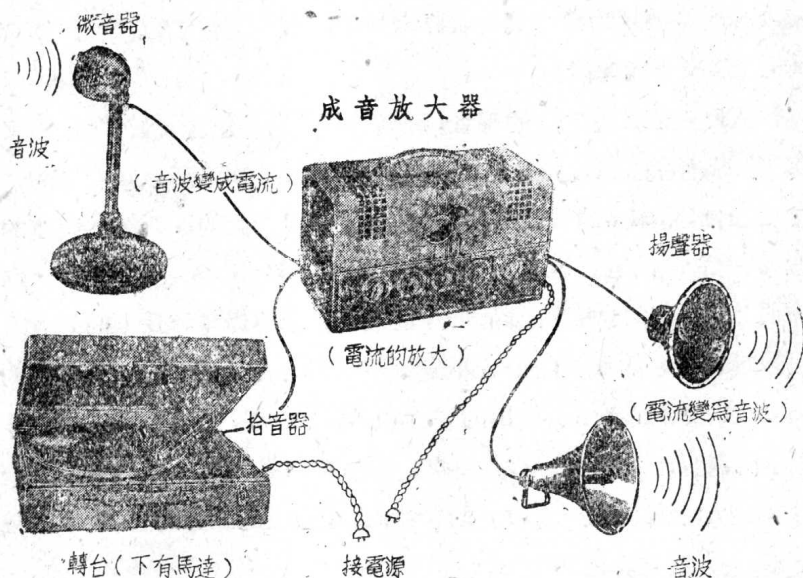


圖 2 擴音的過程

俗名電唱頭。

第二是電流的放大部分，這必須有相當的電源來供給它。這個部份可說是擴音機的首腦部份，它是用真空管和相當的電路所組合起來的，叫做成音放大器。

第三是電流變為音波的部份，也就是把放大了的電力變為機械振動的部份。這是一個發音的器械，統稱揚聲器，俗名喇叭。

5. 頻率和音調——各種物體的振動，由於物體的質料和形態的不同，就有快慢的不同。科學上以每秒鐘振動的次數，稱為音波的頻率，頻率的單位，就是週/秒，簡稱為週。

我們人說話和歌唱的聲音，其頻率大約從 250 週到 2750 週。樂器的基本頻率大約從 30 週到 16000 週。我們人的耳朵，通常只能聽到 16 週到 16000 週的音波。再低或再高，人的耳膜就不起作用而聽不見了。

這種人耳所能聽見的頻率就叫做成音頻率。電訊工程上，規定 20 週到 20000 週為成音頻率段。

使人聽起來感覺爽快的聲音，稱為樂音，它是包含着音調、音品與音強三種特性的。音調和音品，都是由頻率來決定的。所以頻率低的音波發出低音；頻率高的音波發出高音。這就是說音調的高低等於頻率的高低。同一音調的聲音也有使人生不同的感覺的，像小提琴和長笛同樣奏一個“DO”的音，雖然音調相同，但是聽起來小提琴和長笛的聲音還是可以辨別出來的。這是由於小提琴和長笛的音品不同。據科學上的分析，大多數自然界中所作出的聲音，它的音波除了具有一個基本頻率之外，尚包含若干成份的諧波頻率。基本頻率是決定一個聲音的音調的；諧波頻率是決定一個聲音的音品的。音強便是聲音的響度，或稱音量。

6. 電流和音波——在普通電學上，告訴我們，供給我們實用的電流有直流電和交流電兩種。直流電就是電動力（也叫做電壓）的極性和強度不變的電；交流電就是電動力的極性和強度作有規律的變動的電。所以純粹的直流電流，它的方向和強度是固定不變的；交流電流，它的方向和強度是作有規律的變動的。

交流電的電壓或電流的形態，可以用陰極線示波器顯示出來，它是成為波形的。所以交流電的電壓和電流的動態，也是一種波動，統稱電波。在電訊工程上，電波的意義是很廣泛的。不但是電路中的訊號交流電壓和電流可以稱為電波，而且是指無線電波而言的。

電力廠所供給的交流電，它的波形是單純的正弦曲線（圖 3）。音波通過微音器所產生的交流電壓，它的波形不一定是正弦曲線。不同音品的音波，相應的可以產生不同波形的電壓。

交流電壓的頻率，如果是在成音頻率範圍之內的，或者說，它的波

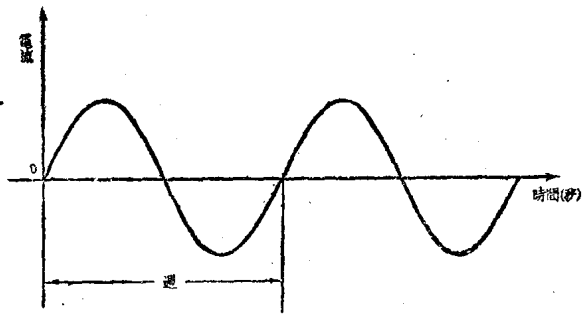


圖 2 交流電波形(正弦波)

形跟音波相應的,叫做成音電壓。它所產生的電流就叫做成音電流。

第二章 微音器和拾音器

1. 變音波爲電流——我們對於音波和電流，既有了相當的認識以後，就可以知道，聲音既是一種振動，那麼可以產生一些機械能量。根據能量不滅定律，機械能可以轉變爲電能的。由於這樣的轉變，才可能在放大器內把它放大起來。

因此，有一種器械，當對着它發音的時候，音波鼓動這種器械，於是產生一個微小的、但波形和那音波相應的交流電壓。這就把音波變成了電流。這種器械，統稱爲微音器。

同樣，我們要把唱片的聲音放得更響更優美動聽些，那末也可以利用放大器。這裏，有一種器械，它是把唱針在唱片上劃動時的機械振動變爲電壓的。這種器械叫做拾音器。

關於這些器械的具體內容和性能，將在以後各節裏，分別加以說明。

2. 微音器的種類——微音器俗稱話筒，也有用外文名的音譯叫它做麥克風的。它的種類一般從它的構造或作用來區別：有碳粒式、動圈式、帶式、感體式、控磁阻式、晶體式、容電器式等數種；如果從音波對它的作用來說，那末可歸納爲壓力式和速度式兩大類。前者是由於音波的壓力，使它產生音電壓的，後者是由於音波的壓力的差或音波的速度使它產生音電壓的。在上述各式中，除帶式屬於速度式外，其他各式都是屬於壓力式的。如果從它產生電壓的方式來說，可分：(a)變阻抗式，像碳粒式和容電器式等，(b)電動式，像動圈式、帶式、感體式和控

磁阻式等及(c)壓電式,像晶體式。

各式微音器的構造和工作原理,除容電器式外,在以下各節中都有圖解說明。因容電器式在使用時須加高壓的直流電,很不方便,現在已很少應用它,所以就略去不講。

3. 碳粒微音器——微音器的製造,還是近三四十年的事。最初微音器,就是碳粒微音器。它是用碳精製成的膜片,裏面放入碳粒製成。當對着它說話的時候,音波的壓力使膜片振動,這就使碳粒壓緊或放鬆;在壓緊的時候,就減少其電阻,放鬆的時候,電阻加大。因為電阻的增減,再加上相當的直流電壓,就產生了微弱而變動的電流。這電流的變動是跟音波的頻率一致的,使音頻電流通過一個變壓器,使它與直流電壓分開後,就獲得了成音電壓。

碳粒微音器的型式,有單鈕式、雙鈕式和雷滋式等數種。它的平均輸出,單鈕式的約有-25分貝;雙鈕式和雷滋式的約有-45分貝。這都是指不連微音器變壓器說的。這些分貝值是以每單位音壓(達因/平方公分)1伏為0分貝基準的;以後都是一樣。關於分貝的意義,請參閱本書第五章第2節。

碳粒微音器內的碳粒,很易受潮而凝結,以致不發生作用,在運用的時候,其效能也很低,而且總是失真很大,再有就是附近有什麼雜聲或回音,它很容易吸收進來而發生絲絲聲,叫做背景噪聲或歇嘶。因此,很不適合作廣播之用,但是正因其靈敏度高、構造也堅固、不易受震而損毀,所以在軍用方面還常可看見。

4. 動圈式微音器——動圈式電動微音器,常簡稱為電動微音器。它的外形如圖4。圖5是它的切面結構,一只線圈放在磁場裏,這固定的強磁場是由套在軟鐵心上的永久磁鋼所產生的,它有二條迴路經過鐵心,每一條迴路上都通過一個空氣隙,來完成永久磁鋼上下兩端間的磁

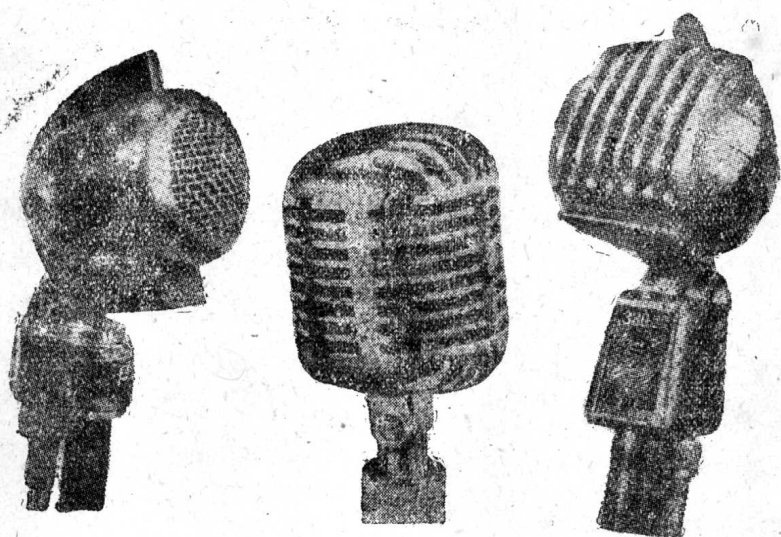


圖 4 動圈式微音器

路，那線圈就在這空氣隙裏。在空氣隙的前面，有一塊膜片，是用一種極易顫動的金屬片做成的，與線圈相聯着。如圖 5 A 的時候，線圈在空氣隙裏的圈數不多，所以僅有一部份空氣隙中的磁束，能穿過這少數的幾圈，此時線圈是呈靜止狀態，沒有感應電壓產生。當音波抵達微音器時，就推動它的膜片，使線圈跟着在磁場裏前後振動，割切着磁力線，因而產生交流電壓。此電壓的大小，是與線圈振動的振幅成正比的。線圈振動的情形，如圖 5 B 及 5 C。

電動微音器是最普遍應用的一種微音器，它的輸出並不太小，以分貝數表示起來，約有 -80 分貝〔這也是指不連變壓器說的。像 33D 型動圈式微音器，它不連變壓器的低阻平均輸出為 -79 分貝（50 歐）。但在 200 歐上輸出就有 -75 分貝；500 歐上輸出就有 -72 分貝；在 30-40 千歐的高阻抗上輸出就有 -52 分貝了。這 -52 分貝折算起伏數來，約有 0.025 伏。〕失真也很微小；又是經得起顫振。它的輸出阻抗分高低兩

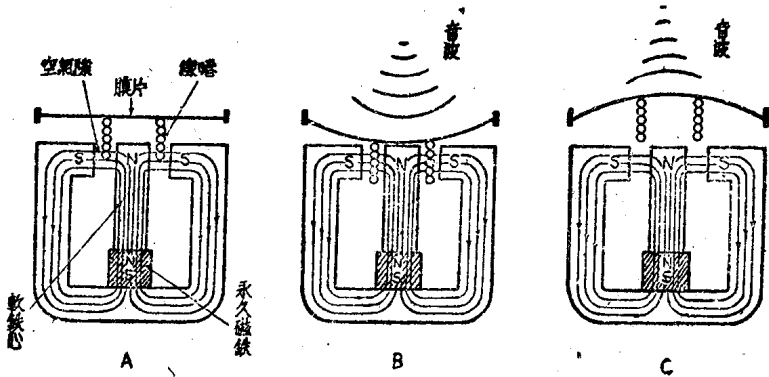


圖 5 A 動圈式微音器的結構剖視；B 動圈振動之一；C 動圈振動之二

種。高的一種，它內部附有升壓變壓器，使用時可以直接接在成音放大器的輸入端上（這輸入端的阻抗最好在 50 千歐左右 100 千歐以下），不須另加輸入變壓器。所以使用起來非常簡便，很適合一般的應用。如果微音器和成音放大器間的距離需要較遠，約超出十公尺以上時，那就需要用低阻抗的一種。這種一般不附升壓變壓器，輸出線端直接動圈的兩端，阻抗約自 50 歐以至 200 歐。因為這可以減除那較長的電纜對高阻抗電路所引起的失真和噪聲。不過當這樣使用時，在成音放大器的輸入端上，須加一只 200 歐比 50 千歐的輸入變壓器，這個變壓器叫做微音器變壓器。

5. 速度式微音器——速度式微音器也叫做帶式微音器。它的外形如圖 6，裏面的構造如圖 7。它的主要部份是一組永久磁鐵和一條鋁質製成縐紋的帶。這帶鬆鬆地張在兩個磁極間的磁場中。因為張得鬆，它的自然諧振頻率可以低到音頻之下，這就可以免除因諧振而引起的失真。當對着它發音的時候，帶的正面先受到音波所給予的壓力。同時，音波也會繞過磁極，抵達它的背面去。因此鋁帶的背面也受到音波的壓力。於是帶所受的總壓力，等於這兩個壓力之差。所以帶的振動速度，是

與音波的壓力梯度，即壓力之差，成正比例的。由於鉛帶的振動，割切着磁場的磁力線，就在鉛帶的兩端產生一個微小的成音電壓。

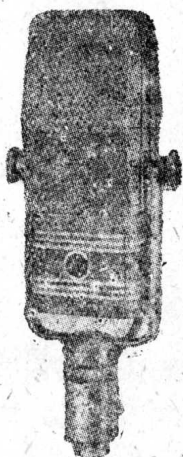


圖 6 速度式微音器外形

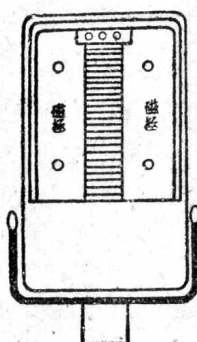


圖 7 速度式微音器的內部構造

速度式微音器比其他各式優異的地方，就是它有雙向性。從它的正前面或是正後面發出的音波，對於鉛帶的作用最大。從其他方向發出的，作用較小。但如在正左或正右兩側對它發音時，則不起作用。因為這時鉛帶的正反兩面所受的壓力正好相等而相反，所以就相抵消而不振動了（這裏所講的正面和反面，僅是比較的，在實際構造上，這種微音器的兩面是一樣的無所謂正面和反面）。和這雙向性的優點相結合的另一優點，就是遙遠拾音性。因此可以掛在音樂台或劇台的半空中來拾取全台的音波。這又是其他微音器所難以勝任的。

速度式微音器的輸出阻抗，也有高阻抗和低阻抗兩種，前者約 30000 歐；後者約自 50 至 250 歐，都附有升壓變壓器。它的輸出，在低阻抗上約為 -90 至 -100 分貝。失真極為微小，自 30 週到 15000 週的頻率輸出都很平均。它最適合於音樂廳、劇院、大播音室、錄製唱片和