

擴音機的原理與製造

殷鵬程 左 莖 編譯
李 萱 倪尙達

中國科學圖書儀器公司
出 版

擴音機的原理與製造

殷鵬程 左 堃 編譯
李 萱 倪尙達

中國科學圖書儀器公司
出版

內 容 提 要

本書共分七章，根據蘇聯最近出版的五種名著中的資料，精選組合編譯而成。關於擴音機電聲原理方面的基本知識，以及製造設計方面的實用數據，搜羅非常豐富。

說理簡單明瞭，高深數學儘量避免，舉例結合實際而具體化，以便讀者易於規摹運用，乃本書之特點。本書可適合一般電信專業學校作為教材或業餘技術家作為參攷用書。

擴音機的原理與製造

編譯者	殷鵬程左堃 李萱倪尙達
出版者	中國科學出版社 上海延安中路537號 電話 64545 上海市書刊出版業營業許可證出〇二七號
經售者	新華書店上海發行所

★ 有 版 權 ★

EE.32—0.15 105千字 開本：(762×1066) 1/32 印張：5.75
定價 ¥ 6,400 1955年2月初版第1次印刷 1—4,000

前 言

本書內容共分七章：一、關於聲學的一般知識；二、電子管介紹；三、整流器與濾波器；四、擴音機通論；五、功率放大器；六、電聲儀器——微音器和喇叭；七、擴音機的製造。所有資料完全由下列五種蘇聯名著中精選編譯。

- | | |
|---------------|--------------|
| 1. 整流器和電壓穩定器 | K. Б. 馬善里著 |
| 2. 無線電真空管 | A. X. 雅可勃松著 |
| 3. 擴音機的製造和電聲學 | B. B. 莫浪竹夫著 |
| 4. 無線電技術綱要 | A. Д. 白脫勒可夫著 |
| 5. 無線電技術 | И. П. 石里勃竹夫著 |

關於擴音機電聲原理方面的基本知識，以及製造設計方面的實用數據，搜羅非常豐富。說理舉例，力求簡單明瞭，除儘量避免公式推導的繁複數學外，處處都從實際出發，而使問題具體化，以便讀者易於規摹運用。編述體例，完全依照標準，使本書適合電影、電力和無線電技術學校等的教科用書，以及有志研究擴音機的製造和使用者的參考用書。不過組合的編譯，前後呼應，難免疏漏。讀者意見，請函寄下面地址，指教為謝。

南京四牌樓

南京工學院動力系 李 萱

目 錄

第一章 關於聲學的一般知識	1
1-1 聲的性質.....	1
1-2 聲振動的複合.....	11
1-3 聲波的特性和我人的聽覺.....	15
1-4 在密閉房間內聲音的傳播和回響時間.....	19
第二章 電子管介紹	27
2-1 原子和電子.....	27
2-2 熱電子發射.....	28
2-3 二極管的構造.....	29
2-4 二極管的特性.....	31
2-5 電子管陰極的構造.....	32
A. 鎢絲陰極.....	33
B. 鈷層陰極.....	33
B. 碳化層陰極.....	34
Γ. 氧化層陰極.....	34
J. 銀層陰極.....	34
2-6 三極管的構造.....	35
2-7 三極管的特性.....	37
2-8 三極管的參數.....	39
A. 放大因數.....	39
B. 互導.....	41
B. 板極電阻.....	42
2-9 三極管的放大.....	43
2-10 四極管.....	49
2-11 五極管.....	52
2-12 集射管.....	52
2-13 貯氣穩壓管.....	53
第三章 整流器與濾波器	56
3-1 二極管的整流性質.....	56
3-2 二極管整流器.....	57
3-3 濾波器.....	61
3-4 整流器的計算.....	63
3-5 濾波器的計算.....	71
3-6 電源變壓器的設計.....	75
3-7 抗流圈的設計.....	80
3-8 穩壓器.....	85
第四章 擴音機通論	94
4-1 擴音機的組織.....	94
4-2 擴音機內電壓放大級的作用.....	94

4-3 電壓放大器.....	95	4-5 電壓反饋.....	103
4-4 負反饋放大器.....	102	4-6 電流反饋.....	105

第五章 功率放大器..... 107

5-1 引言.....	107	大器.....	110
5-2 甲類聲頻功率放大器.....	108	5-4 推挽放大器的柵極激勵問題.....	113
5-3 乙類及甲乙類聲頻推挽功率放.....		5-5 輸出變壓器的設計.....	119

第六章 電聲儀器——微音器和喇叭..... 131

6-1 聲電的互變.....	131	A. 感應電磁喇叭.....	139
6-2 微音器.....	134	B. 電動電磁喇叭.....	140
A. 電磁微音器.....	134	B. 氣筒喇叭.....	144
B. 電容微音器.....	135	Γ. 壓電晶體喇叭.....	146
B. 壓電晶體微音器.....	136	6-4 拾音器.....	147
6-3 喇叭.....	139	6-5 分倍爾的概念.....	149

第七章 擴音機的製造..... 154

7-1 單管串聯擴音機.....	154	7-4 雙頻帶擴音機.....	166
7-2 推挽式正負反饋擴音機.....	156	A. 低音頻放大電路.....	166
7-3 較深負反饋擴音機.....	160	B. 高音頻放大電路.....	167
A. 電路.....	160	B. 喇叭.....	169
B. 輸出變壓器 (Tp_1).....	161	Γ. 整流器.....	169
B. 輸出放大級的真空管.....		7-5 擴音機的製造和調整.....	170
和工作類型.....	162	A. 關於製造者.....	170
Γ. 負反饋.....	165	B. 調整.....	173
Δ. 電源.....	165	B. 喇叭.....	174
E. 構造.....	166		

第一章

關於聲學的一般知識

唱片上的語言，歌曲，音樂，以及其他聲音，重新播放很有困難，而必須要比較複雜的儀器，若要播放的聲音沒有變形，問題更為複雜。

爲了瞭解聲音是怎樣播放的，以及播放的儀器必須具備那些條件，首先應當認識聲學的概念。

1-1 聲的性質 假如我們拉開二胡的弦線，隨即放手，則弦線並不同復到原來情況而有一段期間的振動，振動的弦線將發出很清楚的聲音，這個聲音逐漸平弱，直到弦線停止振動時而完全消失。

這個事實，說明：發生聲音總和某種物體的振動相聯繫，這個物體叫做聲源。

因此我們首先就要研究振動的性質，它是研究聲學的基礎。

在一較長的線下，掛一個重球，並拉開它，自平衡位置 AB 到位置 $A'B'$ ，並保持線在伸直狀態（如圖 1-1 所示）。然後把球釋放，在其自己重量的作用下，它動向原來位置，可是到達 B 點時，球並不停下來，由於慣性，繼續前進，到 T 點時（球的運動用單箭頭

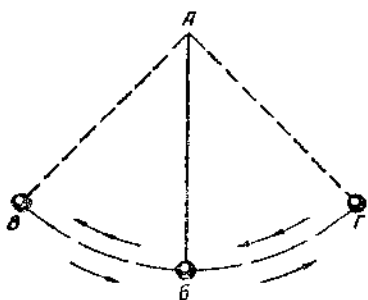


圖 1-1 球的振動

表明),慣性被重力抵消,球即暫時停止。

在 F 點停止後,球又向原路擺回,如圖中雙箭頭所示,經過平衡位置 B ,繼續擺到 D 點,球即完成了一個完全振動。

以後球即在 B, F 兩點間做週期振動。假使沒有摩擦,損

失能量, BD 必等於 BF 。

這個結論,可由下列討論得出。我們把球由 D 拉至 B 時,對它儲蓄位能,即由物體高度所決定的能量,釋放後,球自 D 動至 B 點時,位能變為動能,在 B 點的動能到達最大值,也即球在該點時的速度最大,自 B 動向 F 點時,其動能(也是它的相應速度)逐漸減少,到 F 點而為零,而已轉變為位能。

假使沒有能量損失,則 B, F 兩點的位能應該相等,所以球的位能,自其平衡點算起,立刻可知 BD 等於 BF 。完成一個完全振動所需要的時間稱為振動週期,通常用 T 字來表記,其單位為秒,知道振動週期,即可算出一秒鐘內所有振動的次數。

一秒鐘內振動的次數,稱為振動頻率,通常用 f 字來表記,其單位為赫芝(簡寫 Hz),一赫芝的振動頻率,即為一秒鐘內完成一個完全振動,用式表之為:

$$1 \text{ 赫芝} = \frac{1 \text{ 完全振動}}{1 \text{ 秒}}.$$

從週期及頻率的定義，很明顯的，只要知道兩者之一，即可推出二者中之另一個。例如某一個振動的週期為 $1/20$ 秒，即在一秒鐘內完成 20 個完全振動，也就是其頻率為 20 赫芝。反過來，假使知道振動頻率為 20 赫芝，即在一秒鐘內完成了 20 個完全振動，則每一完全振動，須要 $1/20$ 秒，也就是其週期為 $1/20$ 秒。

頻率與週期間的連繫，可用下式表示：

$$f = \frac{1}{T} \text{ 或者 } T = \frac{1}{f}.$$

由此可知頻率愈大則週期愈小，反之頻率愈小則週期愈大。

偏離平衡點的位移的情況，對描寫振動情況是很重要的。

物體離開平衡點的最大位移，稱為振動的振幅，簡稱為振幅，振動物體的振幅，其單位恆用長度單位（厘米或毫米）來表示，在我們所舉的例子中，振幅即 BT 或 BB 弧線之長度，凡振幅不隨時間而變化者，稱為無阻尼振動。

我們關於沒有摩擦存在的假定，事實上是不存在的，因為物體振動經常終有一些摩擦（例如球與空氣的摩擦），總要引起它的一些能量損耗，所以振幅將逐漸隨時間而變小，直到最後為零，振幅隨時間而逐漸減少者，稱為有阻尼振動。

假如要得無阻尼振動，我們應該對物體加上一力，使其做功，補償物體的能量損失，保持其振幅不變。

由於鐘錶中的彈簧，儲蓄了能量，可以保持鐘擺的振幅一定，所以鐘擺是一個強迫無阻尼振動的例子。不受外力的強迫，物體離開平衡位置後，自行振動時，稱為自由振動或稱固有振動。

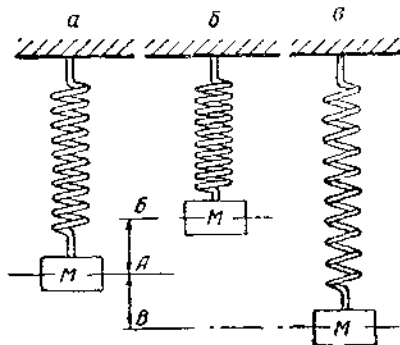


圖 1-2 彈簧下掛重物的振動

再考慮一個振動的例子：

如圖 1-2 所示，設在彈簧下面，掛一個重物 M ，因其重量的作用，彈簧伸長至平衡位置，(如圖 a)。假如提起重物，並壓縮彈簧 (如圖 b)，而後釋放之 (如圖 c)，則重物將以振幅為 $AB =$

AB 而振動起來，假使沒有

能量的損失，其振幅將保持不變，此時重物的振動，取自彈簧伸長或壓縮時所儲蓄的能量。

由質量 (重物) 和彈性體 (彈簧) 所組成的系統，稱為振動子。關於振動子特徵的研究，在研究聲學以及聲學儀器，如擴音機等等，都佔重要地位，那些儀器只不過比較複雜的振動系統而已。表徵一個振動子的最重要的物理量，就是它的固有頻率，也就是它自由振動時的頻率，以後我們研究擴音機時，這些問題將會再行碰到。

現在我們只注意振動子的固有頻率，由其質量和彈性係數所決定者。我們仍須指出上述情形，都是假定沒有能量損失的。

若能量有損失時，其固有頻率也會受到影響。然而在一般實際情況下，這種影響是很小，可以忽略不計。

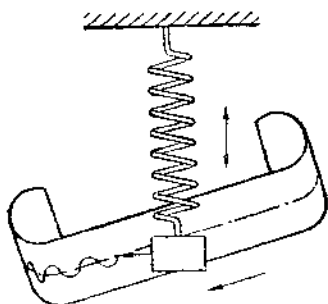


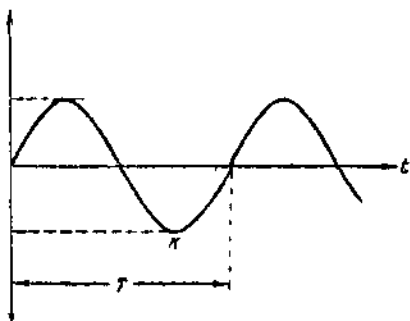
圖 1-3 振動圖形的獲得

藉助於如圖 1-2 所示的振動，可以得到振動圖形，先在重物上緊連一個墨筆，筆頭與另一紙帶相接觸，如圖 1-3 所示，假使一方面讓重物振動，同時使紙帶以等速照圖中所示方向移動，則在紙帶上將劃出表示振動過程的曲線，這曲線在圖 1-4 中另行示

出。

圖中水平軸表示開始振動後的時間，垂直軸表示物體離開平衡位置時的位移。在這個圖上，不僅可以決定其振幅及週期，並且同樣地可以決定每一時刻的位移和位相，所謂位相恆自振動開始時算起，並用週期的分數來表示，例如位相為 $\frac{2}{4}T$ 時，振動物體的位置即在 K 點(圖 1-4)。

假使振動物體的位相，相差為週期的整數倍時，那麼振動物體的位移，在那些時



水平軸：時間 t, T 為週期

垂直軸：位移

圖 1-4 振動的圖形

刻是相等的。故自振動圖形，知道其位相，即可算出其位移。如圖 1-4 劃出的曲線，是正弦曲線，物體完成的振動，亦為正弦振動。

瞭解了振動的一些主要物理量以後，我們再來考慮比較複雜的振動系統。如圖 1-5a，掛在線下有很多小球，並用彈簧相互連繫着。

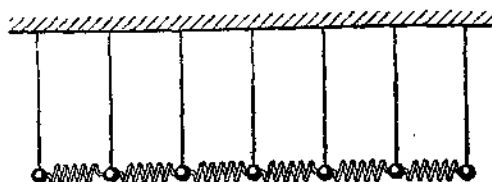


圖 1-5a 彼此有彈簧相連的小球

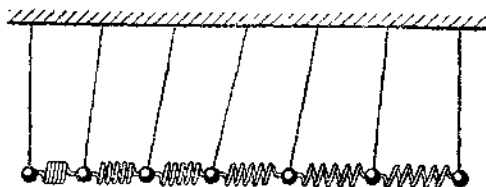


圖 1-5b 彼此有彈簧相連的小球發生振動

先讓第一個小球振動，顯然因彈性的連繫，這個球的振動將會傳給它相鄰的球，經過一段時間，所有小球都要振動起來（圖 1-5b）。

每個個別小球的振動圖形，與我們曾經考慮過的沒有什麼不同。但是我們同時觀察所有小球的運動，我們就會發現，他們在

同一時間的位相，各不相同。這是因為振動自一個球傳遞到另一個球時，需要一定的時間，這時間，須由振動的傳播速度決定。

振動沿某一系統而傳播，稱為波動。

如圖 1-6，縱軸表示振動小球的位移，橫軸表示球距振源的距離（在此情況振源是第一個球）。在振動後，某一時刻，把每個小球的位移，分別表示，可得如圖 1-6 的曲線，為一波動形式。

從圖上可看出相鄰兩個球的位相彼此雖有不同，但相距一定距離的兩球，却有相同的位相。

位相相同的各點間，其最短距離，稱為波長。

波長的單位，用長度單位（厘米或毫米），通常用 λ 字來表示。

可以證明，波長是在一個振動週期中，波動所傳播的距離。

因此知道波長及振動週期以後，波動在一秒鐘內傳播的距離甚易算出。這距離叫做波的傳播速度，通常用 C 字來表示，假使一週期內波的傳播距離為 λ ，那麼在一秒鐘內波所走的距離應該是 λ 的 $\frac{1}{T}$ 倍，故：

$$C = \frac{\lambda}{T}.$$

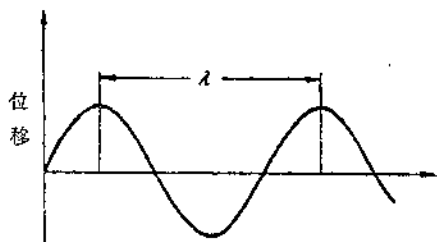
假如我們利用關係式：

$$T = \frac{1}{f},$$

此處 f 為振動頻率，代入前式，即得：

$$C = \lambda f.$$

在平靜的湖面或水池上，投一石子，就會引起波動，這波動在水面上傳播，在石子落到的地方，最初起了振動，由於水分子間有分子力，相互作用，這個振動就會傳播到另一點去。應該注意：波動在小球系統（球）中的傳播與在水面上傳播有一個重要區別，在這兩種情況下，粒子（或者是球）的振動方向各不相同。在球的系統中，球的振動方向，與波動傳播方向，彼此一致，這種波動稱為縱波。



距聲源的距離
圖 1-6 波動圖形

傳播有一個重要區別，在這兩種情況下，粒子（或者是球）的振動方向各不相同。在球的系統中，球的振動方向，與波動傳播方向，彼此一致，這種波動稱為縱波。

在湖面的水波情形下，小的粒子，上下振動，而波動傳播的方向適與其振動方向互相垂直，這種波動，稱為橫波。我們考慮過，小球振動系統的傳播過程，正像在其他系統中傳播情形一樣，只要這個系統，是由許多粒子所組成，而粒子間有彈性連系的。現在我們來研究空氣中振動的傳播過程。如所週知，空氣是由無數氣體粒子組成，而粒子之間，有彈性連繫。假使其中有一個粒子，離開平衡位置而振動，則其振動必將傳給相鄰的粒子，如是在空氣中，就形成了波動。這個波動，和別個粒子的振動一樣，可用振幅及頻率去表徵它。每個粒子的振動位相，各不相同，已如前述，假使開始振動以前，粒子間的距離是一定的，振動以後就要變化。有些部份的氣體粒子要緊縮，相反地，另外部份

的粒子要稀疏。

單位體積內的粒子數目，決定氣體的密度。那麼波動在空氣中（或在其他氣體或液體中）傳播，將要顯出稀疏部份與稠密部份，疏密交替有週期性，也就是說：空氣的密度有週期性的變化。

換言之：在每一時刻，沿波動傳播的方向，不同部份的空氣會有不同的密度，而在每一點的密度，也隨時間而變化。密度的變化情形，由振源的振動情形而定。倘振源做正弦的振動時，則密度的變化，也要服從正弦規律。

密度直接與壓力連繫着，而壓力是表徵氣體狀態的一個重要物理量，它隨着密度的增減而增減。所以波動在空氣中傳播，伴隨着壓力的週期變化。

氣體（或者液體）的壓力，是由氣體作用在物體上的力而決定，並且等於作用在單位面積上的力，其單位為巴*，在一平方厘米的面積上作用的力為一達因時，壓力即為一巴，用式表之：

$$1 \text{ 巴} = \frac{1 \text{ 達因}}{1 \text{ 平方厘米}}.$$

空氣中沒有振動過程時，在地球表面的空氣壓力，接近一大氣壓，而在引起振動時，空氣的壓力就有週期的變化，有的地方其壓力大於一大氣壓，有的地方其壓力小於一大氣壓，由於振動過程而引起的壓力的變化，稱為聲的壓力，簡稱聲壓。

* 實際上量小壓力的單位，常用水銀柱或水柱的毫米高度，量大壓力時用大氣壓，這些單位實際上用起来很方便，而且用下列近似的關係式，可以換算成巴數：

1 大氣壓 = 10^5 巴 = 760 毫米水銀柱 = 10300 毫米水柱。

頻率為 16 到 20000 赫芝的空氣振動傳到我們耳朵，引起氣壓的變化，使我們得到聲音的感覺。

在上述範圍(16~20000 赫芝)的波動，稱為聲波，在 16~20000 赫芝的頻率範圍，稱為聲譜，在聲譜內的振動頻率，稱為聲的振動。

現在我們很易解釋，在本節開始時所講的琴弦振動的實驗。

弦被振動，引起其周圍空氣粒子的振動，這些粒子的振動又傳遞到鄰近的粒子，於是在空氣中傳播着波動，波動傳到我們的耳朵，就引起我人聲音的感覺。

假如弦的振動停止，則空氣的振動亦即停止，我們即不再聽到聲音了。

聲波傳播的速度，簡稱聲速，決定聲速須視傳播介質的特性及其溫度而定。溫度升高，聲速加大，因此我們說明聲音在某種介質中傳播的速度，必須說明介質溫度是多少。空氣中聲速，在 $t = 15^{\circ}\text{C}$ 時，近於 340 米/秒。

這個聲速的數字在實際計算中，常常用到，我們已知道波速，波長及頻率有下列關係式：

$$C = \lambda f.$$

運用此式，即可計算聲譜內的最大及最小波長，在頻率最低 (16 赫芝) 的極限下，其相應的波長為：

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{340}{16} = 21.25 \text{ 米}.$$

在頻率的最高極限下(20000 赫芝)其相應的波長為：

$$\lambda = \frac{340}{20000} = 0.017 \text{ 米} = 1.7 \text{ 厘米}.$$

由此可知在聲譜以內，波長可有 1000 倍的變化，這個情況，就造成了聲學技術上的許多困難問題。

總結本節，我們應該注意的一個重要事實，即波動傳播的速度，不要與個別粒子振動的速度相混。那些傳播振動的粒子，都在自己的平衡位置附近連續振動，因此引起附近粒子的振動，振動傳遞，形成聲速。故聲速決定於振動傳遞的快慢，不是決定於粒子本身的振動速度，而且粒子的振動數可以不同，其最大位移又不能超過其振幅。

1-2 聲振動的複合* 我們在上節認識了由某一振源在空氣中引起聲的振動及其傳播，假使在空氣中同時傳播着兩個振源的振動，那情況將怎樣呢？

很明顯：每一點壓力的變化(密疏的相互變換)，同時由所有振源來決定，而且最後結果，將與個別振源的頻率、振幅、位相有關。

我們把這個問題再研究得仔細些，從最簡單兩個同頻率、等振幅振動的複合入手。

假定兩個波在每一點的位相都相等，即一個波在某一點增大

* 振動的複合在技術上常叫做“干涉”，我們寧願採用比較明顯的名詞“複合”。