



# 扩音机

程 权 编 著  
人 民 邮 电 出 版 社

# 扩音机

程 权 编 著

人民邮电出版社

522.74  
535

## 內 容 提 要

本書是根据作者以前出版的“音响扩大机”一書修改补充而成的。主要内容是講扩音机的一般工作原理、計算、安裝和他的附屬配件。全書共分十八章，对于电压放大、功率放大、音調、音量控制、負回授等講得比較詳細，对于电声器件如微音器（話筒）、拾音器、馬达（电轉）、揚声器和各种变压器等也有介紹。最后还介紹一些扩音机檢修和揚声器佈置（会场、礼堂等）的一般实用常識。

書中有七八十个实用大小扩音机电路圖，并且也介紹了許多实际經驗，所以很适合业余無線电愛好者和各扩音机維修人員作参考。

## 扩 音 机

編著者：程 权  
出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京东四6条13号

（北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八号）

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂  
發行者：新 华 書 店

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| 开本 787×1092 毫   | 1958年6月北京第一版         |
| 印張12張 頁數201 插頁5 | 1958年6月北京第一次印刷       |
| 印刷字數 215,000 字  | 統一書号：15045·总776—無107 |
| 日数 1—10,200册    | 定價：(10)1.6元          |

# 目 录

|      |             |     |
|------|-------------|-----|
| 第一章  | 声学初步知識      | 1   |
| 第二章  | 微音器         | 8   |
| 第三章  | 拾音器与电动机     | 22  |
| 第四章  | 电压放大級       | 30  |
| 第五章  | 功率放大級       | 72  |
| 第六章  | 电源供給        | 100 |
| 第七章  | 音調控制和补偿     | 125 |
| 第八章  | 音量扩張与压縮     | 131 |
| 第九章  | 負回輸电路       | 136 |
| 第十章  | 揚声器         | 146 |
| 第十一章 | 各种扩音机实例     | 158 |
| 第十二章 | 扩音机的裝置      | 261 |
| 第十三章 | 扩音机的校驗      | 275 |
| 第十四章 | 揚声器的連接      | 299 |
| 第十五章 | 揚声器与微音器的佈置  | 325 |
| 第十六章 | 扩音机佈置实例     | 332 |
| 第十七章 | 扩音机的修理      | 345 |
| 第十八章 | 音頻变压器的設計与繞制 | 357 |
| 第十九章 | 电子管的換用      | 387 |
| 第二十章 | 附录          | 394 |

# 第一章 声学初步知識

常見的扩音机在工作时的全副配备如圖 1-1，它的主要用途是用来扩大及重放声音。因为人类或乐器唱片所發出来的声音都是很低弱的，只能供数人或数十人听聞，經過了扩音机后，就可以轉变

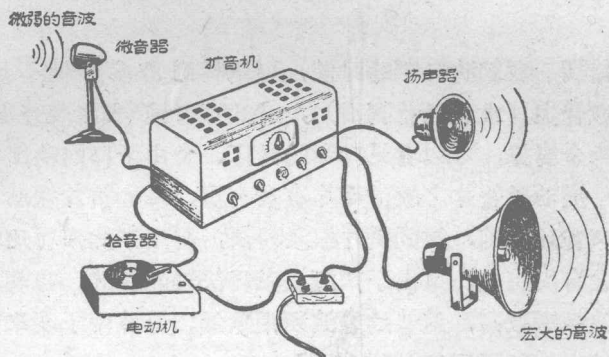


圖 1-1 一般扩音机的配备

成宏大的声音供数百人、数千人或数万人的听聞。所以扩音机的設計与声音当然有密切的关系。所以在未談到扩音机構造之前，对于声音亦應該先有一清楚的認識。

(1) 音波 声音是一种波动，声音之所以發生，是由于物体振动所引起的。如圖 1-2 用一片具有彈性的薄片，一头夾紧，另一头加以敲击后薄片就在空气中来回振动，將它周圍的空气不断地压紧与放松，空气就形成了一部分濃密一部分稀薄

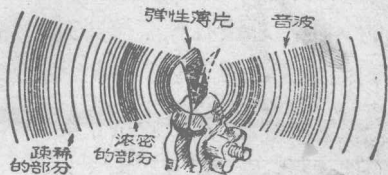


圖 1-2 声音的發生

的运动向四週扩散出去。这种变动的压力傳到人耳就可以听到薄片振动的声音。此种疏密空气向外扩散的运动，与水波的运动相似，所以叫做“音波”。

(2) 频率 圖 1-2 的薄片每往返振动一次，空气就相应地产生了一疏一密的音波。計算音波的振动次数是以秒为單位，每秒振动的次数叫频率，它的單位是赫，每秒振动一次叫做一“赫”，也有叫一周或周/秒的。例如某音波每秒振动 1000 次，它的频率数就是 1000 赫。

(3) 音调 我們吹口琴的时候，可以听到許多高低不同的声音，有的声音尖（或者说音调高），有的声音钝（或者说音调低）；打开口琴的金屬盖，可以看見口琴的發声，是由于口內吹出（或吸入）的气，振动了簧片之故。簧片有長有短，長的簧片振动得慢，發出来的声音比較钝，短的簧片振动得快，發出来的声音比較尖，所以声音之有尖有钝，是由于声源振动得快慢的緣故。也就是說，尖音的音波频率数高，钝音的音波频率数低。音波由于频率数的不同，声音就有高低不同的“音调”。

人类声音的频率，最高可到每秒 10,000 赫<sup>①</sup>，最低可到每秒 80 赫，人耳可听得出的各种音波频率范围則約自每秒 16 赫到 16,000 赫，为易于区别音调的高低起見，普通將全部音波的频率划分为三个部分：频率自 16—250 赫的称低音调；251—5,000 赫的称中音调；5,001—16,000 赫的称高音调。

由收音机或扩音机內揚声器（也叫喇叭）里發出来的言語或音乐的音调，总沒有像直接听到的那样逼真动听，这是因为揚声器發出来的声音，受了它本身机械振动的限制，一部分的音波不能發出来，或者虽然可以發出，但輕重比例和原来的不一样，听起来就不

① 这是考慮到諧波时的情况

够逼真。

不过人耳对音調的感觉是不十分灵敏的，普通收音机發出来的音頻范围不过在 150—3,500 赫左右，一般听起来音調也可以了，差一点的收音机音頻不过在 200—3,000 赫左右，高級收音机，音頻范围也只自 50—6,500 赫，听起来就已足够滿意了（圖 1-3 是常見乐器及人类声音的音調的范围）。

(4) 响度 用力敲鑼打鼓，發出来的鑼声鼓声很宏大，如輕打細敲，鑼鼓声就低弱，声音之所以有强有弱，是与声源物体振动的幅度大小有关，物体振动的幅度大，發出来的声音就宏大，振动的幅度小，發出来的声音就微弱。

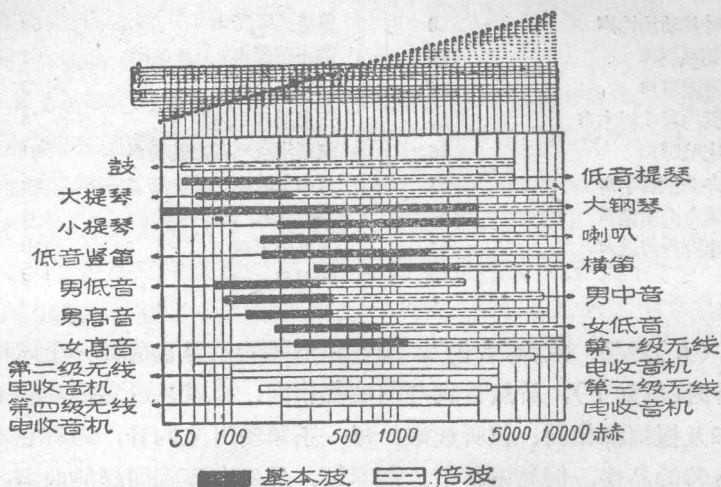


圖 1-3

在我們耳朵听起来声音的大小或强弱的程度叫做“响度”。

但响度并不和声波的能量大小直接成正比关系，乃是与声波能量的对数成正比关系。例如某乐队在演奏时，發出来的乐音，最响与最輕的声波能量要相差百万倍，但人耳所觉出的差别，即响度差

却只有这比值的对数。百万在对数上是  $60(10\log 1,000,000 = 60)$ ，所以最响与最轻声音的比较，人耳听起来不过是相差 60 倍而已。

在比较响度时多用“分贝<sup>①</sup>”来做单位，两个声源的响度相差有 1 分贝时，是人耳才能够勉强分辨出来。有时声音的频率比较复杂，或者耳觉稍差的人，虽然响度相差到几个分贝，还是不能正确分辨出轻重来。

如果拿人耳最低能听得出的声音响度作为 0 分贝，下表是日常可听见的各种声音响度的比较表(以分贝数做单位)：

| 响 度 (分贝)    | 响 度 (分贝)      |
|-------------|---------------|
| 树叶摇动沙沙声 8   | 普通人谈话声 50     |
| 切切私语声 16    | 闹市喧哗声 62      |
| 微风飒飒声 16    | 运货汽车声 70      |
| 静园内风吹树木声 20 | 三叉路口车辆闹声 78   |
| 住宅喧哗声 26    | 筑路用空气鑽之旋转声 81 |
| 静办公室打字声 32  | 火车上坡声 90      |
| 普通办公室杂声 37  | 锅爐間放汽声 104    |
| 汽车静静前进声 44  | 飞机引擎声 110     |
|             | 响雷声 116       |

(5)音品 或称“音色”。用各种不同的乐器来演奏一个同样的乐音时(例如 i)，虽然音调与响度都相同，也就是说它振动的基本频率及振幅都相同，但听起来，每一乐器发出来的音，均有它本身的独特的品格，例如箫、笛、胡琴等，虽然在奏着同样的曲调，但箫、笛、胡琴发出来的乐音各不相同，这就是“音品”的不同。原来乐器在发声时，它所发出的音频数，除基本的频率数外，还混有不少二次、三次、四次等谐波合组而成，并且各谐波与基波的强弱比

① 所谓分贝，即是  $10\log \frac{P_1}{P_0}$ ，这里的  $P_1$  及  $P_0$  各为相比较的音波所含的能量。



率又各不相同，这样复杂频率构成的音波，就具有它本身独特的音品。圖 1-4 示基本波与二次、三次谐波构成复杂的音波曲线。

(6) 乐音与噪音 乐音和噪音的定义很难下，广义的說在該場合下不需要的声音就是噪音或叫杂音。一般的噪音频率分佈極广，且杂乱無章，它的音压变化極不規律；而乐音則多由按一定規律而变化的，它的频率分量都是基頻及基谐波（即諧音），故听起来調和动人。

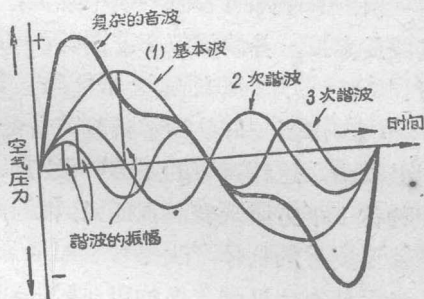


圖 1-4 复杂音波的形成

(7) 声音的传播与波长 声音普通是借空气做媒介。声源与耳朵間如果没有媒介物，声音就听不到。但是传播声音的物体，除了空气外，液体、固体都能傳声，因为对于扩音机的关系較少，所以这里只討論关于空气传播的速度。

声音在空气中传播的速度在温度  $20^{\circ}\text{C}$  时，每秒为 343 米，传播的速度是很稳定的，不依音波的响度强弱或频率高低而变更。

音波的波长及频率的关系，与無線电波的計算完全相同，亦可用公式算出：

$$\text{波長(米)} = \frac{343 \text{ (米)}}{\text{音波的頻率 (赫)}}$$

例如某音波的频率是 100 赫，則它的波长是：

$$\text{波長(米)} = \frac{343}{100 \text{ 赫}} = 3.43 \text{ 米}$$

某音波的频率是 6000 赫，則它的波长是：

$$\text{波長(米)} = \frac{343}{6000 \text{赫}} = 0.057 \text{米 (5.7厘米)}$$

由計算中知道音波的頻率愈高，則它的波長愈短；頻率愈低，則波長愈長。音波的頻率範圍約由 16—16,000 赫，也就是波長由 21.43 米—2.14 厘米左右。

(8) 声压 耳朵能够听到声音的傳來是因为音波有压力加在耳內鼓膜上，这种声音的压力叫做“声压”，以“巴”做單位。1 巴是指在物体 1 平方厘米表面积所受的压力为 1 “达因”时而言（1 达因是能使 1 克重的物体产生每秒 1 厘米加速度的力）。普通距离揚声器 1 米远处有 2 巴到 3 巴的声压时，在一般住宅內，已有足够的响度了。

使人类耳朵开始能听见的声音最小声压在頻率 1000—5000 赫时，大約是 0.0002—0.00005 巴，这是耳觉的最低灵敏度，頻率更高或更低时，声压还要加高一点，才可听出。因人耳对 1000—5000 赫音頻的感觉最为灵敏，但是声压超过 1000 巴时，耳朵就要感觉到疼痛，这是耳觉的最高灵敏度，正常說話时的响度其平均声压約为 1 巴。

由于人耳对 1000—5000 赫頻率以上的高音或以下的低音感觉要差一些，因此如果要使各种声音听起来有同样响度时，对低音与高音就需要有較大的声压。

(9) 共鳴 音波在空气中前进时，如果遇到了一个物体，它本身的自然振动頻率与音波的頻率相同或相近时，这物体就会跟着音波一同振动起来，变成了第二个声源而增加了音波的响度，这种現象叫做“共鳴”或称“諧振”。

共鳴又可分为“共振”及“强迫共振”两种，共振是振动物体的頻率与音波的頻率相同因而引起的共鳴；强迫共振是由于音波有相当的强度足使其他物体也發生振动，但該物体的自然諧振頻率与音波

的頻率并不相同。

(10) **回声** 音波在前进的时候，遇到了較硬的障碍物，如山崖、牆壁、树木等，就会反射回来，我們对着山谷或牆壁叫喊以后所听到的“回声”就是反射回来的声音。

并不是所有反射回来的声音，都能够使我們听到回声，一般物体与声源至少要距离8.75米以上时，才可以听到回声。如果声音被很近的障碍物反射回来，我們就听不出回声，这时回声与原来的声音合在一起，使原来的声音增加响度。我們在門窗关闭的屋子里說話，听起来要比在戶外空地上說話响亮得多，就是說話的音波被四壁門窗等物体反射，增加了响度之故。

(11) **干涉** 上面已說过音波的傳播是由于空气發生了疏密运动之故，現在如果有两个同样的音波同时傳來，它們的頻率与响度相同，而振动的相位适相反，例如傳来的某一音波振动，使在某一点上是空气压缩最密的一部分；而另一个同样的音波在該点却是空气放松在最疏的一部分，这样由于空气疏与密的运动相互抵消，結果空气不起振动，就听不到声音，或者声音变得很低弱，这种現象叫做音的“干涉”。圖1-5A及B示二个音波頻率、响度相同，但振动的相位相反，故混合后波动能力相互抵消，便变成圖C的样子毫無振动。在兩音波干涉得最严重之点，有时也称做“啞点”或“死点”。

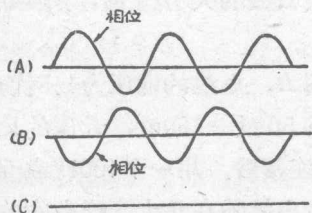


圖 1-5 音波的干涉

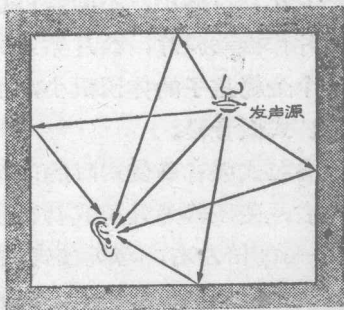


圖 1-6 多次反射形成交混回响

(12)交混回响 在关闭的室内说话或演奏音乐，当声音停止时，还可以继续听到残余的声音。这残余的声音是从室内不同的表面如墙壁、地面、天花板等物对声波多次反射的结果(图 1-6)。例如在空房内说话时多“嗡嗡”之声，使人听了很不自然与模糊难懂，这就是交混回响太多之故，在布置会场时，要注意这个因素以得到最清晰的发音，但若一点没有余音，听起来也非常枯燥乏味。

## 第二章 微音器

微音器又称“传声器”或“话筒”也有叫“麦克风”的，是扩音机中重要的原件之一，因为声音是空气的振动，而扩音机本身所能放大的是电能的振动，微音器的功用就是将人类言语，演说，歌唱或乐器演奏等各种频率的空气振动，转变成同样频率且波形也相同的电能振动以适于扩音机工作的需要。今将常用微音器的种类与用法分别介绍如下：

(1)炭粒式微音器 炭粒式微音器的外型常见者如图 2-1A，内部的构造如图 B，是在一个金属盒子里，装满了炭粉粒，盒底有一金属片或炭质片，盒上封有一云母片，云母片里面贴有一小金属片，它比盒口略小，不与盒口接触，但与炭粒紧贴着，另用极薄的金属片作振动膜片，膜片紧紧的与云母片上的小金属片连接着，因为整个金属盒子的体积很小，不过像衣钮的大小相似，所以通称“炭钮”式微音器。

炭粒式微音器使用时的连接如图 B，电池的电压为 1.5 伏—4.5 伏左右，变压器为升压式初级阻抗约 50 欧—100 欧，升压的比例约为 30—100 倍左右，与炭粒式微音器连接后，用一个 400 欧或 500 欧的可变电阻或电位器调节，使通过的电流约在几十毫安左右，视所用型式而异。

当音波傳至膜片时，膜片即依着声压而振动，膜片与云母片下面的小金屬片是紧贴的，故小金屬片亦随着振动，对炭粒的压力就依着声压而作压紧或放松的运动。炭粒压紧則电阻



(A) 外型

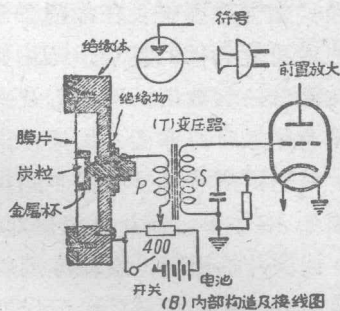
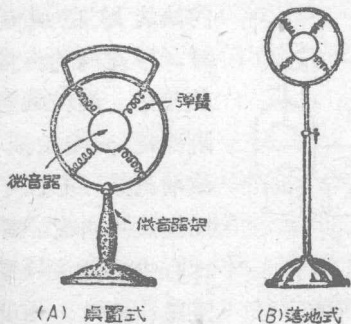


圖 2-1

減少，放松則电阻增大，电路里的电流就依炭粒間电阻的大小而有强弱的变化，此变化的电流通过变压器的初級时，次級就發生了与音波波形相同的电动势。

炭粒式收音机的制造很早，它的优点是構造簡單而輸出功率强，用在扩音机內，可以减少电子管放大的級数。它的缺点是：(一)由于膜片振动受了机械的限制，产生的音波頻率限制在 500—3000 赫左右，且对各頻率的輸出也不平均，失真很大。所以用来播送音乐不甚相宜，一般只适用于播送語言。因播送語言时对音調是否动听是不十分考究的。(二)在發声时常杂有“嘶……”的流水声，

称“炭粒杂声”，是由于电流通过炭粒时因炭粒的接触点不稳定，發生了微小的火花所致，無法完全避免。(三)炭粒通过电流过久，常会凝成小塊，使效率減退，故在每次使用前，要将收音机輕輕敲数下，以分散炭粒的凝聚。(四)在使用时，略受震动影响了炭粒，亦会产生杂声。所以



(A) 桌面式

(B) 落地式

圖 2-2

炭粒式微音器要安装在如图 2-2A 及 B 所示的弹簧支架上，以减少地板或邻近物体的震动。(五)使用时要附用电池，电池的体积往往比微音器大数倍，对使用及携带均感不便，且电池要不时掉换，电流将用尽时，亦会生出杂声，更影响放声的清晰度。

雷磁式微音器是较进步的炭粒式微音器，它的外形及内部构造如图 2-3A、B，膜片是云母片所制，电流自甲点经过炭粒传到乙点，当膜片振动时，炭粒亦因压紧放松而发生电阻的变化，因电极对炭粒的接触面积较广，云母膜片的振动亦较自如，所发的音调亦比较逼真。

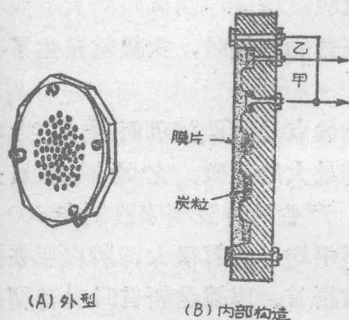


图 2-3

更进一步的設計是采用二个炭盒组成的微音器称“双盒式微音器”或双钮式微音器(用一个炭盒的亦称单盒式)。它的外形及内部构造如图 2-4A 及 B，是在膜片的两侧各放置一个相同的炭盒。膜片受了音波的声压振动时，设甲盒内的炭粒在压缩时，则乙盒内的炭粒在放松，若乙盒

内的炭粒在压缩时，甲盒内的炭粒就放松。炭粒的电阻变化，此增彼减，彼增此减，形成了推挽式的情况，经过有中心抽头的变压器初级时，相反变化的电流经过变

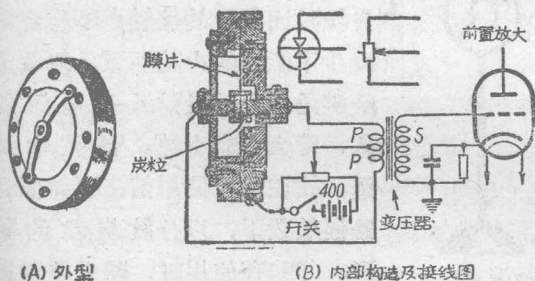


图 2-4

压器变成同向而相加，所以次級可得到二个初級输出的和。

双盒式微音器因推挽作用补救了單盒式的許多缺点（如减小諧波失真），發声方面較單盒式清晰柔和得多。但由于構造关系，膜片需直立在兩炭盒之間，輸出較單盒式者为弱，用在扩大机上比單盒式要多加一級放大以补不足。一般炭粒式微音器的輸出电平約在 -40至45 分貝左右。

炭粒式微音器，因为缺点較多，所以現在一般扩音机中很少采用。但如采用干电池或蓄電池作电源的，或配合在移动的扩音机上，为使扩音机的構造簡單，电流消耗节省起見，用炭粒式微音器仍很合适。

**(2) 晶体式微音器** 化学品中有一种叫酒石酸鉀鈉（又名罗氏鹽， $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）的結晶体，磨成了薄片后，兩面施以压力，就会發生荷电現象，电荷的强弱視所施的压力大小而变化，用二根导綫連接晶体的兩面，則晶体受压后發生的电荷，就会变成电压的輸出，此种現象称晶体的“压电作用”。

晶体式微音器是根据晶体的压电作用而制造的，对声压的感度很灵敏，所以是一种很理想的將声压轉变成电压的工具。因为它受了潮湿或高温会溶化或变形致降低效率。虽然在晶体外面塗一層薄腊可以防止潮气的侵入并用同样的二片晶体膠合成一塊来減少温度影响的变化，但仍不能將缺点完全免除，所以使用不能十分普及。

晶体式微音器的構造分二种，一种叫“声電池式微音器”，它內部的構造如圖 2-5，是利用音波的压力来直接压迫晶体的表面使晶体發出电能来。晶体在工作时，好象是一个電池，能依声压而生电压，故称“声电

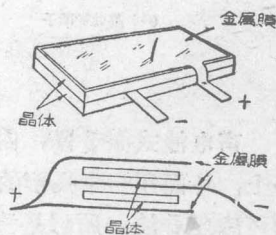


圖 2-5

池”。每一塊晶体是由二片晶体所膠合，用三片薄金屬膜作間隔（中間的金屬膜為輸出電壓的負極，上下二膜併接為輸出電壓的正極）。因晶体本身有機械的諧振頻率，當相同頻率的音波傳來時，會生諧振現象而引起失真，所以晶体的面積要小，使它的本身諧振頻率數在音頻範圍以外。常見的晶体面積為 9.5—4.75 毫米見方，厚約 0.25—0.75 毫米左右。由於面積不大，所生的電壓很低，輸出力嫌不足，所以普通均用幾個晶体如圖 2-6A 所示裝在多層的架子上，每層裝二塊晶体，層數看需要的輸出大小而定，多的有 12 層，少的為 2—4 層。各個晶体作串聯或並聯要看實際配合的總阻而定。這種型式因每個晶体片的尺寸很小，故無方向性。聲電池對音頻的響應性極闊，頻率自 30—14,000 赫範圍內都工作得很好，因本身諧振頻率接近高音方面，所以對於高音的輸出比較強一點。

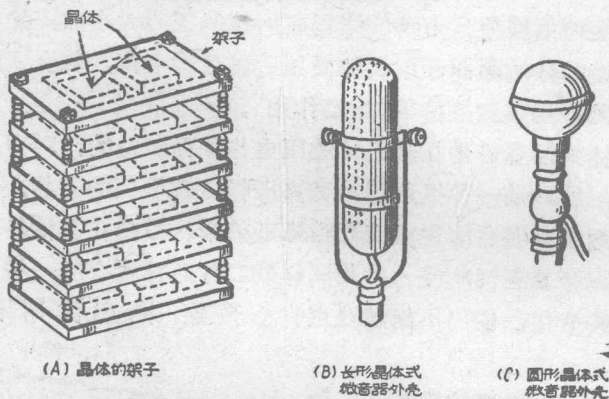


圖 2-6

聲電池式微音器，內部晶体層數多的，往往裝在一個直立的架子上，外面用一個長形的罩子罩住（如圖 2-6B）四面敞開，各方面均可感受音波，所以是沒有方向性的。層數較少的則裝在如圖 2-6C 的圓形外壳內，也是沒有方向性的，最適合在大管弦樂隊使用。但



是不宜受猛烈的震动，否則各組声電池就会产生不規則的杂声电压，或因之使各組声電池的輸出电压相位不同而形成輸出降低或失真。所以声電池式微音器最宜在固定靜止不动的場所（如播音室內等处）使用。

晶体式微音器另一种型式叫做“薄膜晶体式”，是声電池式的变化設計，因为声電池的面积不大，受到的音波压力也小，現在如圖2-7A、B所示除用一塊声電池晶体外，另加薄膜片制成圓錐形的振动膜，膜的中心有連桿，將膜片的振动傳給晶体。因膜片的面积較晶体的面积大得多，晶体上感受的声压也大，輸出的电压就强。所以薄膜式微音器的效率，比声電池式要高得多。不过膜片对频率的响应受了机械的限制，沒有声電池那样广闊，發声就沒有声電池那样逼真，频率响应約在60—9000赫左右，但供一般集会时的使用，也已可令人滿意了。

薄膜晶体式微音器的优点，是構造簡單，售价低廉，輸出电压較高，高音阶易于發揮，供开会时作报告用最为相宜。但晶体受了潮湿或高温，就会溶化变质（雨

季或夏季使用及保存更应注意）。受了猛烈的震动就会碎裂而损坏，無法修理，所以做流动性的使用不甚合宜。

目前我国也有多种晶体式微音器制造，構造上以薄膜晶体式者为多，惟因有上述各种缺点，故采用者較少，一般均配合在鋼絲或磁帶录音机上使用。

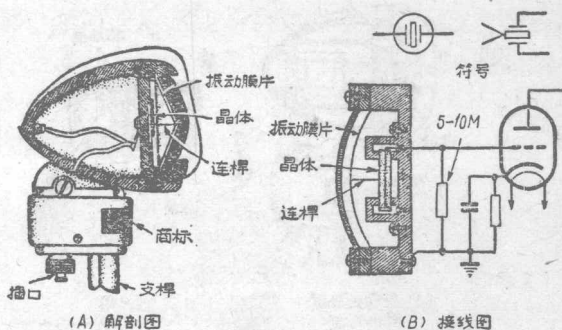


圖 2-7