



QINGNIAN KUOYINJI ZHIZUO

青年扩音机制作

吴志功 编



中国青年出版社

封面设计：曹 琳

青年扩音机制作

吴志功 编

*

中国青年出版社出版 发行

中国青年出版社印刷厂印刷 新华书店经销

*

850×1168 1/32 11.25印张 14插图 197千字

1989年10月北京第1版 1989年10月北京第1次印刷

印数1—6,000册 定价8.70元

前 言

扩音机原来只是在工厂、农村、机关、学校有线广播或会场扩音中使用。近年来，由于录音机和高保真立体声技术的普及，输出功率较大的扩音机已经进入家庭。因此，制作质量优良的扩音机已经成为业余无线电活动的主要内容之一。这本书就是为了向青少年无线电爱好者提供各种各样扩音机制作资料而编写的。

本书主要介绍OTL、OCL、BTL扩音机，也介绍一些有变压器的扩音机。这些扩音机有单声道的，有立体声的；它们的功率从5瓦到 2×30 瓦；它们使用的元件，有晶体管的，也有集成电路的。为了同扩音机配套使用，介绍了收音头和音箱的制作方法。为了调试扩音机，还介绍了一些仪器的制作方法。

本书是按照电路特性分章的。每一章按先易后难的顺序安排若干个扩音机制作，并详细讲述了有关元件的选用和电路的调试方法，而对电路原理只作简单介绍。本书介绍的扩音机电路，在编入之前都经过实际制作，可靠性是高的，只要按照书中介绍的制作方法，一定能取得成功。

本人在三十年前中学读书的时候，就是一个无线电爱好者，今天能有机会为青少年无线电爱好者服务，内心感到十分快慰。

本书在编写的过程中，陈光大同志提供了很多材料，并协

助做了许多试验，李淑媚同志帮助描绘了插图，在此表示衷心感谢。

由于本人水平有限，书中难免有许多缺点和错误，衷心希望广大读者提出宝贵意见。

目 录

前言	1
第一章 扩音机的基础知识	1
第一节 扩音机的基础知识	1
第二节 扩音机的性能指标	8
第二章 有输入输出变压器扩音机	11
第一节 5瓦有变压器扩音机	11
第二节 15瓦有变压器扩音机	31
第三章 OTL扩音机	44
第一节 5瓦 OTL 扩音机	44
第二节 5瓦有输入变压器 OTL 扩音机	56
第三节 5瓦并联推挽 OTL 扩音机	64
第四节 10瓦 OTL 扩音机	76
第五节 2×20 瓦 OTL 立体声扩音机	85
第六节 2×5 瓦集成电路 OTL 扩音机	99
第七节 5瓦集成电路 OTL 扩音机	105
第八节 2×6 瓦集成电路 OTL 立体声扩音机	113
第四章 OCL扩音机	121
第一节 10瓦 OCL 扩音机	121
第二节 15瓦 OCL 扩音机	131
第三节 2×15 瓦 OCL 立体声扩音机	143
第四节 2×20 瓦 OCL 立体声扩音机	152
第五节 20瓦全对称 OCL 扩音机	162
第六节 15瓦集成电路 OCL 扩音机	172

第七节	2 × 20瓦集成电路 OCL 立体声扩音机	180
第八节	2 × 30瓦集成电路 OCL 立体声扩音机	183
第五章	BTL扩音机	193
第一节	10瓦集成电路BTL扩音机	193
第二节	2 × 15瓦集成电路BTL立体声扩音机	205
第三节	2 × 25瓦集成电路BTL立体声扩音机	213
第六章	收音头	220
第一节	中波收音头	220
第二节	调频调幅立体声收音头	233
第三节	简易调频立体声收音头	243
第七章	自制简易测试仪表	256
第一节	1 ~ 30伏可调 2 安稳压电源	256
第二节	大功率晶体管 β 测试仪	263
第三节	简易音频信号发生器	273
第四节	简易毫伏表	281
第八章	扬声器和音箱	286
第一节	扬声器和音箱的基本知识	286
第二节	音箱的制作	299
第九章	图表资料	310
	常用锗高频检波二极管主要特性表	310
	常用硅稳压二极管主要特性表	311
	常用硅整流二极管主要特性表	312
	常用硅全波整流桥堆特性表	313
	常用PNP型锗高、低频小功率三极管特性表	314
	常用硅、锗材料低频小功率三极管特性表	315
	常用NPN型硅高频小功率三极管和开关三极管特性表	316
	常用PNP型硅高频小功率三极管特性表	318
	常用PNP型硅、锗材料低频大功率三极管特性表	319
	常用NPN型硅低频大功率管特性表	320

常用晶体三极管新旧型号对照表·····	323
部分进口和国产音响集成电路型号对照表·····	324
国内外音响集成电路主要生产单位和产品符号（型号首部字母）表·····	325
常用国产变压器铁芯片规格表·····	326
由变压器功率求铁芯截面积和每伏圈数表·····	328
发光二极管电平指示器·····	329

第一章 扩音机的基础知识

扩音机就是音频功率放大器。使用晶体管组成的音频功率放大器叫做晶体管扩音机；使用集成电路构成的音频功率放大器叫做集成电路扩音机。不论用什么器件构成的扩音机，它的基本工作原理和性能指标都是相同的。要学会制作扩音机，就必须学会有关扩音机的一些基础知识。本章将简要地介绍这方面的有关知识。

第一节 扩音机的基础知识

一、扩音机的作用

人在讲话的时候声音的强度是很有限的，如果在一个有成千上万人的会场中，要使每一个人都能清楚地听到是不可能的。利用扩音机，人只要对着话筒讲话，经过扩音机放大，再从扬声器中发出很强的声音，就可以使全会场的人都听到。

扩音机使声音放大的过程
如图 1-1 所示。人讲话的声音通过话筒变成了微弱的电信号，这一电信号的电压的大小



图 1-1 扩音机的放大过程

同声音的强弱成正比，它的频率同声音的频率相同，这种电信号叫做音频信号。由话筒得到的音频信号，电压只有几毫伏，扩音机把这个微弱的音频信号放大，从扩音机的输出端可以输

出功率达几瓦到几十瓦，以至更大的音频信号，推动扬声器，发出强大的声音。

在这一过程中，扩音机的作用只是把音频电信号进行放大，所以，扩音机也就是音频功率放大器。话筒能把声音变成电信号；扬声器能把电信号变成声音。我们把这类元件叫做电声元件。扩音机必须同电声元件配合使用，才能发挥出它的作用。

二、扩音机的电路组成

扩音机一般由前置放大器、功率放大器和电源三部分组成，如图 1-2 所示。

扩音机的前置放大器主要作用是电压放大。这部分包括两级以上晶体管小信号放大电

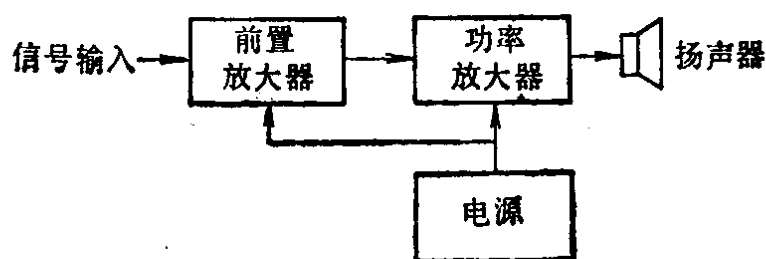


图 1-2 扩音机的电路组成

路，还兼有音量控制，音调控制等电路。功率放大器也叫主放大器，它可以把几毫伏的信号电压放大到要求的功率。为了提高效率，功率放大器绝大多数采用乙类推挽功率放大电路。电源部分的作用是把 220 伏交流电变成低压直流电，供各级放大电路使用。这部分由整流、滤波等电路组成。

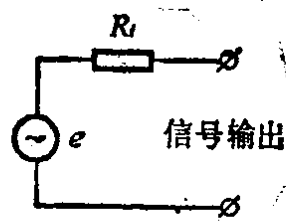
三、信号源和负载

能给扩音机输入音频信号的装置叫做信号源。话筒就是一种信号源。录音机、电唱机、收音机等也都是信号源。在调整扩音机的时候，常用音频信号发生器作信号源。

各种信号源的输出信号电压是不同的。常用的动圈话筒的输出电压约等于几毫伏；录音机的线路输出电压约 100~200 毫伏，录音机的外接扬声器插口输出电压在 1 伏以上；晶体电唱

头输出电压约几百毫伏；电磁唱头输出电压在1毫伏左右；收音机检波器输出电压约30~100毫伏；而信号发生器的输出电压是可以在大范围内调整的。

信号源的另一项指标是输出阻抗，它也叫做信号源的内阻。信号源内阻是指从信号输出端看上去，信号源的等效阻抗是多少。考虑到输出阻抗，信号源可以画成如图1-3所示的等效电路。 e 是信号源的电动势， R_i 是信号源的内阻。动圈话筒有高阻和低阻两档，可以通过不同接线端子转换，高阻档的输出阻抗约等于20千欧，低阻档的输出阻抗约等于



200~600欧；晶体电唱头的输出阻抗约等于几百千欧；电磁唱头的输出阻抗约等于几百欧；录音机线路输出端的输出阻抗一般小于10千欧，录音机外接扬声器端的输出阻抗只有几欧；收音机检波器的输出阻抗在1千欧到几千欧；信号发生器的输出阻抗一般是

图1-3信号源等效电路

可以调整的。

扩音机的输入阻抗是从扩音机输入端看上去的等效阻抗。扩音机的输入阻抗比较高的时候，各种信号源的输出信号都能送到扩音机中。如果扩音机的输入阻抗不够高，由于分压作用，使高输出阻抗信号源的输出信号受到很大衰减，输入到扩音机中的信号就很小了。

接到扩音机输出端的扬声器叫做扩音机的负载。在调整扩音机的时候，常用电阻做负载，负载电阻的额定功率应大于或等于扩音机的额定输出功率。

第二节 扩音机的性能指标

扩音机性能的优劣是通过扩音机的性能指标来反映的。因

此，必须了解扩音机指标的意义。下面介绍扩音机的主要性能指标。

一、失真度

通过扩音机放大，输出的信号应该同输入信号内容完全相同，只是幅度（电压或电流）不同而已。也就是说，扩音机推动扬声器发出的声音应同讲话人的声音完全一样，只是声音大小不同而已。事实上，通过扩音机放出的声音同讲话人的声音多少会有一些区别。质量低劣的扩音机发出的声音，甚至同讲话人的声音相差很远，有时还产生闷塞、沙哑的声音。我们把扩音机输出信号同输入信号不同，产生畸变的这种现象叫做失真。

如何简单地直接观察到失真呢？我们可以先给扩音机输入一个标准的单音信号，就是正弦信号。正弦信号的频率等于 f ，它的电压（或电流）是随时间按正弦规律变化的。用示波器观察输入信号波形如图 1-4 a 所示。再观察扩音机的输出信号波形，如果只有幅度的变化，而波形没有形状的变化，说明输出信号的失真是很小的，如图 1-4 b 所示。如果输出波形的形状与输入信号波形相比有了明显变化，如图 1-4 c 所示，上下顶部都被削掉了，这就是产生了失真。这种波形的失真这是由于晶体管非线性作用引起的，因此也叫做非线性失真。

通过分析可以知道，输出的失

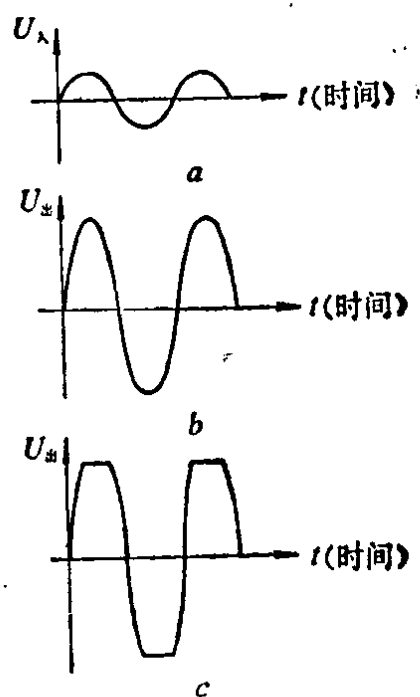


图 1-4 用示波器观察到的信号波形

真波形同输入波形的区别，在于失真波形不再是由单一频率信号组成的，除了有同原来输入信号频率相同的成分以外，还产生了频率是原信号频率 2 倍、3 倍、4 倍……的新成分。我们把同原信号频率相同的成分叫做基波（这是主要的部分）。频率是 $2f$ 的叫做二次谐波，频率是 $3f$ 的叫做三次谐波……。输出的失真信号就是由基波和各次谐波混合组成的。谐波成分越大，失真也就越大，因此非线性失真也叫做谐波失真。

为了定量地表示失真的大小，我们把输出信号各次谐波电压有效值的总和同基波电压有效值的比，用百分数表示，叫做扩音机的谐波失真，或失真度。它可以通过失真度测量仪直接测量出来。一般扩音机的失真度在 7 % 以下，高传真扩音机的失真度在 1 % 以下。在不具备失真度测量仪的情况下，可以用示波器观察波形，从波形上看不出明显失真情况下，失真度一般不会超过 5 %。10 % 以上的失真，人耳可以分辨出来。

二、频率响应

我们知道不同乐器或不同的人发出的声音都不是由单一频率信号组成的，而是由各种频率成分构成的频谱所组成的。在许多频率成分中，频率最低的部分叫做基音或基波，频率是基音 2 倍、3 倍……的成分叫做谐音或泛音。谐音不同，代表了不同人或不同乐器声音的特色。一个乐队既有发声频率较低的乐器，又有发声频率较高的乐器，演奏起来占有很宽的频谱，听起来是十分悦耳的。这一频谱范围可以接近整个音频范围，即 20 赫~20 千赫。如果用扩音机来扩音，那就要求扩音机对每一频率成分的信号都有相同的放大倍数。这时听起来，才同真正乐队的演奏具有同样效果。如果高频的放大倍数小了，听起来就会感到声音发闷，含混不清；如果低频的放大倍数小了，

听起来就显得单调，缺乏浑厚的感觉。

我们用频率响应（简称频响）这个指标来衡量扩音机对不同信号放大倍数的均匀程度。当然，我们希望扩音机对整个音频信号（20赫～20千赫）的放大倍数完全相同。事实上，由于晶体管高频特性、耦合电容等的影响，扩音机只对一段频率的音频信号的放大倍数才是相同的，对频率很低或很高信号的放大倍数都会减小。

用频率响应曲线可以直观地描绘出频率响应来。图 1-5

是某扩音机的频响曲线。图中坐标横轴代表频率，坐标纵轴代表扩音机的输出电压。在保持扩音机输入信号电压不变的情况下，改变输入信号频率，

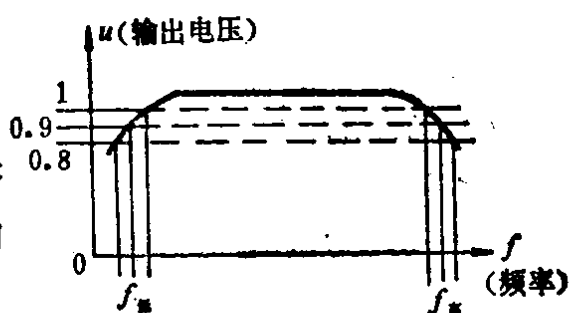


图 1-5 频率响应曲线

测出不同频率时的输出电压数

值，就能绘出频响曲线。这曲线也体现了扩音机对不同频率信号放大倍数的变化情况，从曲线上看到，在中间较大频率范围内，扩音机输出电压是不变的，也就是放大倍数是相同的；在低音频和高音频端，输出电压有所下降，也就是放大倍数比中音频的小了。

为了用语言来描述频率响应，我们设频响曲线中间平坦一段的输出电压是 u_1 ，而高低频端下降（或上升）到同一程度的电压是 u_2 ， u_2 对应的高、低频率分别为 $f_{高}$ 和 $f_{低}$ ， $f_{高}$ 和 $f_{低}$ 之间的频率范围就是频响范围。

u_2 和 u_1 只是一个相对关系，同它们的实际电压数值无关。这一相对关系常用分贝数来表示。

$$\frac{u_2}{u_1} \text{ (分贝数)} = 201g \frac{u_2}{u_1}。$$

$$\frac{u_2}{u_1} = 0.708 \text{ 时, 分贝数} = -3\text{dB},$$

$$\frac{u_2}{u_1} = 1.413 \text{ 时, 分贝数} = +3\text{dB},$$

$$\frac{u_2}{u_1} = 0.794 \text{ 时, 分贝数} = -2\text{dB},$$

$$\frac{u_2}{u_1} = 1.222 \text{ 时, 分贝数} = +2\text{dB},$$

$$\frac{u_2}{u_1} = 0.913 \text{ 时, 分贝数} = -1\text{dB},$$

$$\frac{u_2}{u_1} = 1.122 \text{ 时, 分贝数} = +1\text{dB}。$$

例如： $\frac{u_2}{u_1} = 0.8$ 时，对应的 $f_{\text{低}} = 100$ 赫、 $f_{\text{高}} = 10$ 千赫，

那么这台扩音机的频率响应叫做100赫~10千赫不均匀度2分贝。一般扩音机的频率响应在100赫~10千赫 ± 2 分贝范围内，高传真扩音机的频率响应可以达到20赫~20千赫 ± 1 分贝。

三、输出功率

扩音机的输出功率是指扩音机输出到电阻负载上的电功率。输出功率是通过测量在规定负载上的电压数值计算出来的，设负载电阻是 R （欧），输出电压是 u （伏），输出功率是 P （瓦）就有

$$P = \frac{u^2}{R}。$$

为了适应不同的需要，体现扩音机的实际性能，扩音机的

输出功率有几种不同的定义方法，现简要介绍如下：

1. 额定输出功率。也叫做不失真输出功率。我国标准规定，它是在满足规定谐波失真条件下，输出到纯电阻负载上的正弦信号功率。例如，某扩音机规定的谐波失真不大于1%，那么在失真度等于1%时，测得的输出功率就是该扩音机的额定输出功率。本书所有的扩音机的输出功率都是指在这一条件下测得的结果。我国成品扩音机的输出功率也都是按这种方式测试的。

2. 最大有用功率。由于失真度不超过10%时，人耳没有明显的感觉，所以在外国常规定在谐波失真等于10%时，测得的连续正弦波信号输出功率叫做最大有用功率。最大有用功率能够比较实际地说明扩音机输出功率的大小，所以我国有些录音机也按最大有用功率来标注输出功率。

3. 最大输出功率。它是指输入正弦信号，把扩音机音量开足，满足一定失真条件下，测得的输出功率。它比额定输出功率要大一些。

4. 音乐功率。由于音乐信号同正弦信号的波形差别较大，为描述扩音机工作于音乐信号时输出功率的大小，在国外提出了音乐功率的概念。目前国际上，对音乐功率的定义和测试方法尚无统一的规定。按照美国高保真协会（简称IHF）推荐的测试方法，测得的音乐功率约等于最大有用功率的2倍。

我国的某些产品也有用音乐功率标注输出功率的，本书介绍的所有扩音机都不用音乐功率标注。

四、输入电压

扩音机的输入电压也叫做输入灵敏度。它是指从扩音机输入端输入多大电压的信号，扩音机才能输出额定功率。输入电

压越小，说明扩音机的灵敏度越高。扩音机输入灵敏度并非越高越好，而是要同信号源的输出电压相适应。如果扩音机的输入灵敏度很高，信号源的输出电压也较高时，往往在输入级就产生了严重的失真，即使调小音量，也得不到良好的放音效果。一般来说，话筒插口的输入灵敏度应高于5毫伏；拾音插口灵敏度应高于200毫伏；收音的输入灵敏度在30~100毫伏之间比较合适。

五、音调控制范围

有音调控制的扩音机，能对高、低音进行提升或衰减，为衡量提升或衰减的能力，引入了音调控制范围的概念。低音控制范围一般指在输入100赫信号的时候，低音控制电位器对这个信号输出电压的控制范围，并用分贝表示。如果在低音最大衰减位置，扩音机输出电压是 u_1 ；在低音最大提升位置，扩音机输出电压是 u_2 ，但 u_2 不能超过额定输出功率时的输出电压值，这时候低音控制范围可以表示成：

$$\text{低音控制范围（分贝数）} = 20 \lg \frac{u_2}{u_1}。$$

在输入5千赫或10千赫信号的时候，如果高音控制电位器在最大高音衰减位置，扩音机输出电压是 u_1 ；在最大高音提升位置，扩音机输出电压是 u_2 ，这时候高音控制范围可以表示成：

$$\text{高音控制范围（分贝数）} = 20 \lg \frac{u_2}{u_1}。$$

六、信噪比

扩音机接通电源，不输入信号，距离扩音机较近的时候，可以听到轻微的噪声。扩音机的噪声有两类，一类是有规律的低频哼哼声，这是交流电源引起的交流声；还有一种沙沙声，

这是晶体管本身的噪声引起的。

当有输出信号的时候，噪声就被信号掩盖了。大功率扩音机输出功率大，收听者一般距扬声器远一些，所以噪声大一些也影响不大。小功率扩音机输出功率小，收听者距扬声器较近，所以要求噪声小。用信号噪声比（简称信噪比或信杂比）来衡量扩音机噪声的实际效果是很有效的。信噪比是指扩音机在额定输出功率的时候，输出电压的数值同无信号的噪声电压的比值，并用分贝来表示。

如果扩音机的额定输出电压是 u_1 ，无信号时输出的噪声电压是 u_2 ，那么信噪比可以表示成：

$$\text{信噪比（分贝）} = 201g \frac{u_1}{u_2} \bullet$$