

音频功放



与

王一群 陈凤斌 林卫民

音箱制作



福建科学技术出版社

音频功放 与音箱 制作

王一群 陈凤斌 林卫民



福建科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

音频功放与音箱制作/王一群, 陈凤斌, 林卫民编著.
—福州: 福建科学技术出版社, 2002. 1
ISBN 7-5335-1896-9

I. 音… II. ①王…②陈…③林… III. ①音频
设备-功率放大器-基本知识②扬声器系统-基本知识
IV. ①TN722.7②TN912.26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 069704 号

书 名	音频功放与音箱制作
作 者	王一群 陈凤斌 林卫民
出版发行	福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
经 销	各地新华书店
排 版	福建科学技术出版社照排室
印 刷	三明日报印刷厂
开 本	850 毫米×1168 毫米 1/32
印 张	5.5
插 页	2
字 数	131 千字
版 次	2002 年 1 月第 1 版
印 次	2002 年 1 月第 1 次印刷
印 数	1—4 000
书 号	ISBN 7-5335-1896-9/U·100
定 价	12.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

本书是以普及音响实用知识为目的，为电子爱好者学习音频功率放大器与音箱的工作原理、安装调试和检修技术而编写的。本书强调实用，注重动手能力的培养。书中例举的实践机型，其元器件在市面上都可以购买到。在介绍音频功率放大器的安装、调试和检修方法的同时，我们对初学者在装调音频功率放大器与音箱的过程中常遇到的一些问题和应注意的事项作了详细说明，并对常见的典型故障的检修作了实例分析。我们希望广大读者一边动手制作音频功率放大器与音箱，一边学习本书。这样，读者能更快更深入地学习音响技术和无线电基础知识，体会不同元器件、不同电路对音频功率放大器放音音质的影响，正确掌握调整方法，同时能在理解音频功率放大电路基本工作原理的基础上，掌握音频功率放大器与音箱的制作和检修技术。

本书共分七章，内容由浅入深，由简到繁。前三章以简练、通俗的文笔介绍了音响技术的基础知识和制作音频功率放大器的基本知识，第五、七章介绍了音频功率放大器的附属电路和音箱的制作，第四、六章详细介绍了音频功率放大器的制作安装、调试和故障检修。故障检修部分介绍了初学者在初次组装音频功率放大器与音箱时因基础不扎实、经验不足而引起的一些故障的检修方法。

建议初学者先按第四章提供的元件清单就地购买音频功率放大器与音箱的零件，然后通过第二、三章基础知识的学习，结合实物以第四章介绍的电路为动手实践对象，循序渐进，这样您就可以很快地敲开音响世界的大门。

本书既可作为电子爱好者的自学读物，也可作为音响技术、家

电维修技术和就业上岗的培训教材。

本书由王一群主编。其中第一、二、三章由王一群编写，第四、五、六章由陈凤斌编写，第七章由林卫民编写。陈兰娜为本书做了大量的文字录入工作，在此表示感谢。

由于作者水平有限，书中错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编著者

2001年7月于福州

MAR 02

目 录

第一章 音频功率放大器概述	(1)
一、音频功率放大器组成.....	(1)
(一) 音响系统组成	(1)
(二) 信号源设备	(3)
(三) 扬声器	(8)
二、音频功率放大器的发展	(11)
三、音频功率放大器分类及特点	(13)
(一) 音频功率放大器分类.....	(13)
(二) 晶体管功率放大器特点.....	(14)
(三) 音频功率放大器功率储备量.....	(15)
第二章 音频功率放大器	(17)
一、甲类功率放大器	(17)
二、乙类功率放大器	(18)
(一) OTL 音频功率放大器	(20)
(二) OCL 音频功率放大器	(21)
(三) BTL 音频功率放大器	(23)
三、甲乙类功率放大器	(25)
四、丁类音频功率放大器	(30)
五、超甲类音频功率放大器	(31)
六、集成音频功率放大器	(33)
(一) 差动式放大电路.....	(33)
(二) 抑制零点漂移.....	(35)

(三) 差动式放大电路几种接法.....	(37)
(四) 音频功率放大集成电路.....	(40)
第三章 音频功率放大器的技术指标与音质	(50)
一、音频功率放大器技术指标	(50)
(一) 频率响应.....	(51)
(二) 谐波失真.....	(52)
(三) 信号噪声比.....	(53)
(四) 互调失真.....	(53)
(五) 相位失真.....	(53)
(六) 瞬态响应.....	(54)
(七) 瞬态互调失真.....	(54)
(八) 交越失真与削波失真.....	(55)
(九) 额定功率与功率储备.....	(56)
(十) 阻尼系数.....	(57)
(十一) 转换速率.....	(57)
二、影响音响系统音质的主要原因	(58)
(一) 收音音源.....	(58)
(二) 音箱.....	(58)
(三) 音箱在房间内的布局.....	(59)
(四) 电源.....	(59)
(五) 线路布局.....	(61)
(六) 音频功率放大器.....	(66)
三、改善音频功率放大器音质的原则和措施	(68)
第四章 功放制作实例	(72)
一、分立元件 OTL 功放	(72)

(一) 电路工作原理.....	(72)
(二) 元件选配.....	(75)
(三) 安装与调试.....	(77)
二、高保真 OCL 功放	(81)
(一) OCL 功放电路特点	(81)
(二) 电路工作原理.....	(81)
(三) 安装与调整.....	(87)
三、集成电路功放	(91)
(一) STK4191 厚膜集成器件	(91)
(二) 电路设计.....	(94)
(三) 元件选用.....	(95)
(四) 电路制作.....	(97)
四、功放电源	(98)
(一) 元件选用.....	(98)
(二) 制作实例.....	(99)
(三) 电源电路故障分析及检修	(102)
第五章 功放附属电路.....	(105)
一、输入信号选择电路.....	(105)
(一) 信号源分类及特点	(105)
(二) 电路工作原理	(106)
(三) 制作与调试	(108)
二、音调控制电路.....	(112)
(一) 电路原理及设计	(112)
(二) 元件选用	(113)
(三) 制作与调试	(115)
三、扬声器保护电路.....	(115)

(一) 电路原理及设计	(116)
(二) 元件选用	(118)
(三) 制作与调试	(120)
第六章 功放常见故障检修	(122)
一、完全无声	(122)
二、声音小	(123)
三、输出端中点直流电压失常	(125)
四、元件发热	(126)
(一) 电阻发热或冒烟	(126)
(二) 散热器发烫	(127)
五、声音故障	(129)
(一) 音质不好	(129)
(二) 噪声大	(130)
(三) 自激啸叫	(131)
第七章 音箱制作	(133)
一、简易家用音箱的制作	(133)
(一) 扬声器单元	(133)
(二) 箱体材料	(133)
(三) 箱体结构设计	(134)
(四) 箱体制作	(134)
(五) 分频网络制作	(136)
(六) 组合装配	(137)
(七) 试听与调整	(137)
二、高保真落地式音箱的制作	(138)
(一) 扬声器单元	(139)

(二) 箱体设计	(140)
(三) 箱体制作	(141)
(四) 分频网络制作	(143)
(五) 整体装配	(144)
(六) 音箱调试	(145)
附录一 自制印刷电路板步骤.....	(147)
附录二 常用器件及代换型号.....	(149)
附录三 STK 系列音频厚膜混合 IC 数据	(152)

第一章 音频功率放大器概述

一、音频功率放大器组成

声音是传送信息的媒介，当物体振动时，其周围的空气质点也随之振动而成为声音。声音以声波的形式传播，声波所波及的范围称为声场。声波传到了人的耳朵，人便有了声音的感觉，不同的声音具有大小不同的音量、高低不同的音调和发音体所特有的音色。如果把声音作为振动信号来研究，则音量就是振动幅度的反映，音调是振动频率的反映，而音色由振动波形决定。人耳能敏锐地判断声音的这些要素，从而识别各种特定的音响。不仅如此，人对声音还有方位感，根据两耳所听到声音的强度和时差，就能判断出各个声源的位置。只要重放的声音保持原来的音位，便会使听者获得身临其境的感觉。这种连音位也能反映出来的声音信号就叫做立体声，能把声音信号加以放大并如实地重放出来的电声设备称为音响系统。

(一) 音响系统组成

一套完整的音响系统应由音频信号源、音频功率放大器和音箱三大部分组成，它们之间的关系如图 1-1-1 所示，其中音频功率放大器是音响系统的核心。由音频信号源输出的各种节目信号，经音频功率放大器加工并放大至足够的功率，去推动扬声器工作，然后由扬声器发出与音源相同但响亮得多的声音。只有适

当选择电源电路和音频功率放大电路，并保证元件质量良好、线路布局合理、安装调试正确，才有可能得到满意的音质。当然信号源的音质和扬声器的质量对重放声音也有直接影响，若信号源的音质不好，则重放的声音不可能优美动听。扬声器是电声转换器件，若其性能不好，则重放的声音也不可能好听。另外扬声器重放出来的声音还要经过所在场所的空间混响才能送到听众的耳朵，所以听音场所的音响条件与音箱摆放的空间位置对音质也有影响，不能忽视。因此一个性能良好的音频功率放大器必须要有与之相匹配的音箱和放音环境，才能将音频功率放大器的性能发挥得淋漓尽致。

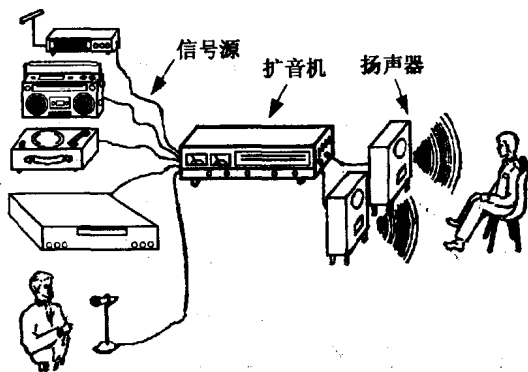


图 1-1-1 音响系统的基本组成

音频功率放大器是整套高保真音响设备的核心，也是高保真音响系统中不可缺少的重要部分，其主要任务是将音频信号放大到足以推动喇叭、音箱等。图 1-1-2 为音频功率放大器的组成原理框图，主要由前置激励级、激励级、功率放大输出级、输出过流保护电路和电源电路组成。音频功率放大器与音频前置放大器不同，它不仅要对音频信号进行电压放大，而且也要对音频信号电流进行放大，以满足外接负载的功率需求。高保真音响系统对功

率放大器的要求是：具有足够大的输出功率，各种非线性失真尽可能小，频率特性平坦，高信噪比，优良的动态特性。

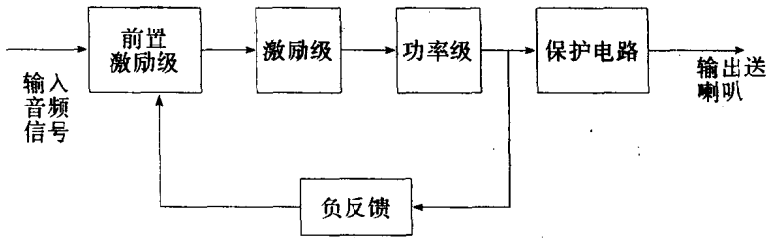


图 1-1-2 功率放大器的组成原理框图

(二) 信号源设备

在音响系统中，常见的信号源有收音调谐器、录音机、录像机、激光视盘机和传声器等。

1. 收音调谐器

收音调谐器就是没有低频功率放大的收音机，其功能是接收广播节目并将射频信号变换成音频信号，然后尽可能不失真地传送给音频功率放大器。广播电台发射的电波信号按调制方式来分有调频和调幅两种，前者用超短波发送，民用广播的频率为 $88\sim 108\text{MHz}$ ；后者则有中波和短波之分，其中中波广播的频率范围为 $535\sim 1605\text{kHz}$ ，短波广播的频率范围为 $1.6\sim 26\text{MHz}$ 。超短波调频 (FM) 和中波调幅 (AM) 波段适合欣赏音乐和收听普通广播节目。调频广播具有比调幅广播更宽的频响、更高的信噪比、更低的失真以及立体声广播，因此它是比调幅广播好得多的音源。

如果已经有了现成的超外差式收音机，就可以用它来做调谐器，只需在收音机上加装一个信号输出插口，收音输出信号可取自收音机的音量电位器，如图 1-1-3 所示。当从音量电位器 1、3 端取信号时，信号大小不受收音机音量电位器控制；而从 2、3 端

取信号时，输出音频信号的检波输出
强弱受收音机音量电位器控制。若希望输出信号大一些，也可经过一级低频放大后再输出，如图 1-1-2 的 4 端虚线所示。图中的 CK 是输出插头，C 是隔直流电容。如果直接从收音机扬声器两端或耳

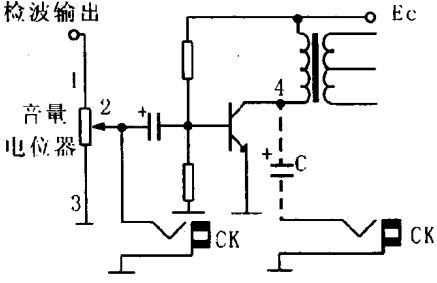


图 1-1-3 从收音机取得信号的方法

机插口取出信号，虽然输出信号较强，但失真也较大。由于普及型半导体收音机的通道频带较窄，输出的音频信号中丢失了高频和低频成分，如果想用它来做信号源，就应首先设法加宽其通频带。廉价的收音机（直接放大式或再生式）因通频带更窄且音质不好，不宜作为音频功率放大器的信号源使用。对音响爱好者来说，如果当地有超短波调频广播，就可使用一个能接收调频广播的收音机，按上述方法制作音频功率放大器的信号源。

2. 磁带录音机和录像机

(1) 磁带录音机和录音座

录音机包括模拟录音机和数字录音机两类，模拟录音机包括盘式录音机（专业用）、卡式录音机和盒式录音机，数字录音机是近几年研制出来的高性能录音机。

好的磁带录音机有很好的音质，是音频功率放大器理想的音源。从录音机取得输出信号的方法有多种，若想获得高音质，就不要在外接耳机或外接扬声器插孔上取信号，而应在录音机的功率放大级之前取信号。通常较好的录音机都设有音频信号线路输出插孔，专门用于配接音频功率放大器。

磁带录音座不包含功率放大器和扬声器，其质量要求比录音机高很多，是高保真音响系统的节目源。目前国产录音座无论从

数量上还是从质量上都达到了相当高的水平，如 ONE CT-730、CT-731 和绅士 CYMET XYZ 998 等。前两种双卡立体声录音座的基本线路与功能相同，不同的是 730 型为电脑自动选曲型，而 731 型为自动翻带型，其主要放音技术指标如下：

频率响应（金属带）：40~16000Hz（ $\pm 3\text{dB}$ ）；

信噪比：50dB；

谐波失真：0.5%。

后一种双卡立体声录音座带杜比（Dolby）B、C 降噪系统，且电路中选材十分讲究，因此放音音质比前两种录音座好，其主要放音技术指标如下：

频率响应（普通带）：40~18000Hz（ $\pm 2\text{dB}$ ）；

信噪比：65dB（杜比 B），72dB（杜比 C）；

谐波失真：0.3%。

（2）录像机

录像机是 AV 设备，能输出音频信号和视频信号。将家用录像机音响设备中的高保真（Hi-Fi）立体声音频功能移植到录像机音频系统中，就使录像机成为高保真录像机，这类录像机输出的音频信号是很好的音频信号源。

3. 电唱机

电唱机用于播放唱片节目，主要由拾音器、唱盘和电动机三部分组成。声音信号以机械录音的方式记录在唱片音槽上，当唱片随唱盘转动时，将拾音器放在唱片上，就有唱片节目的电信号输出。

拾音器又名电唱头，是将机械能转换成电能的一种器件，也是唱片放声时用的力电换能器的总称。在电唱机中，常用的力电换能器有压电式和电磁式两种。压电式拾音器利用一些材料的“压电效应”制成，其内部结构如图 1-1-4 所示，放唱时唱针随唱

片的纹槽摆动，从而牵动压电元件变形，使压电元件两端输出唱片信号电压。压电式拾音器的特点是输出电压高、使用方便，但输出信号的频率特性不均匀，高频失真大，因此只适用于对音质要求不高的场合。电磁式拾音器利用电磁原理制成，其特点是频率响应宽、失真小，虽然电磁式拾音器的输出信号电压低，但音质好，因此被称作高级电唱盘，可作为音频功率放大器较好的音源。

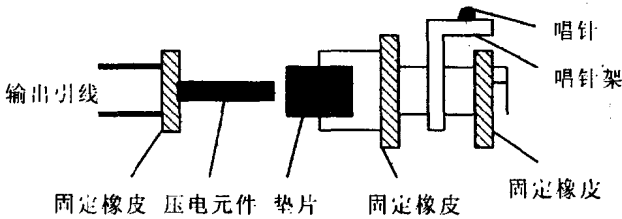


图 1-1-4 压电式拾音器内部结构图

随着近几年来数字技术的飞速发展，性能优良价格低的激光唱机进入了一般家庭，并逐渐取代了普通电唱机，但一些资深年长的音乐爱好者及一些专业机构仍保留了很多具有历史性意义的经典优秀唱片，这些唱片好的音质是电唱机作为高保真音频功率放大器音源的主要原因。

4. 激光唱机

前面介绍的收音机调谐器、录音机、电唱机（盘）、磁带录音机采用的都是模拟技术，模拟技术的缺点之一是信号在传输中容易受到干扰；而采用数字技术记录、传输信号时，其抗干扰能力特别强，因而信噪比很高。激光唱机就采用了数字技术，属于数字音频信号源。

数字音频信号源除最常见的激光唱机（CD）外，还有音频信

号源设备,如激光影碟机(LD)、小影碟机(VCD)和DVD影碟机。

大规模集成电路的出现,使激光唱机的整个系统可被集中到几片集成电路(IC)中。激光唱机主要由以下几部分构成:光学拾音器(激光头)、送进机构、伺服机构、信号处理装置、D/A变换器、数字滤波器、控制系统等。

激光唱机是机、电、光、声一体化高科技产品,是运用近代光学、精密机械学、电子学和计算机学等多种学科交叉渗透制造而成的高保真信号源设备,是音响系统最理想的信号源。

5. 传声器

传声器(Microphone)译音麦克风,俗称话筒,原来用字母S表示,现在用字母B表示,国外常用MIC、ECM和M表示。传声器为声电换能器,对系统的音质有着极大的影响,应正确选择及应用。

传声器按工作原理与结构的不同可分为很多类型,最常用的是动圈式和电容式两大类,前者结构简单、坚固耐用,而后者的各项技术指标都优于前者,被广泛应用于专业场合中。

动圈传声器由永久磁铁、振动膜片、线圈等部分组成,如图1-1-5所示。当振动膜片受到声波激励时便产生振动,使线圈在磁场中运动,线圈两端就产生随声波频率变化而变化的音频电压,从而将声音信号转换为电信号。该信号电压经过放大等处理环节后即可推动扬声器再重现原来的声音,即实现了声音的重放。

电容传声器由一个很薄(几微米到十几微米)的极板与另一个极板等组成。两极板之间的距离很小(一般为 $20\sim 60\mu\text{m}$),因此形成了一个以空气为介质的电容,其静态电容量可达 $30\sim 150\text{pF}$ 。当声波激励薄金属片时,金属片产生振动并改变两极板之间的距离,使其电容量发生了相应的变化。将该变化量取出来变成电信号,就可对应声波信号了,这就是电容传声器的基本工作