



实用

# 音箱

梅更华 编著

# DIY

福建科学技术出版社



# 实用音箱

# DIY

梅更华 编著

福建科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用音箱 DIY/梅更华编著. —福州: 福建科学技术出版社, 2003. 7

ISBN 7-5335-2007-6

I. 实… II. 梅… III. 扬声器系统-基本知识  
IV. TN912.26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 026458 号

书 名 实用音箱 DIY  
作 者 梅更华  
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排版室  
印 刷 人民日报社福州印务中心  
开 本 880 毫米×1230 毫米 1/32  
印 张 4.5  
插 页 2  
字 数 112 千字  
版 次 2003 年 7 月第 1 版  
印 次 2003 年 7 月第 1 次印刷  
印 数 1—4 000  
书 号 ISBN 7-5335-2007-6/TN·282  
定 价 10.80 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

# 前 言

DIY 是英文 Do It Yourself 的缩略语，即自己动手做之意。时下 DIY 这一群体日渐增多，特别是广大电子 DIY 者。对他们而言，设计、制作一些趣味实用的功能电路，是学习电子技术、提高动手实践能力的有效途径，也是学习更复杂的、功能更齐全的电路的基础。

为此，我们编写了这套面向广大电子爱好者、高职高专相关专业学生的电子制作丛书，分别介绍实用功放 DIY、实用音箱 DIY、实用电子装置 DIY、实用稳压电源 DIY。这些电路由浅入深，由简至繁，理论与实践相结合，突出实践，电路安装调试后就有一定的使用价值。各电路所采用的电子元器件在市面均能购到。读者可以根据自己的实际情况，选择合适的电路进行制作，并在制作中更深入地学习无线电知识，加深对元器件属性的认识，提高动手实践能力。

本书为实用音箱 DIY 分册，共四章。第一章简要介绍扬声器的分类、作用、结构及性能参数等，让读者对音箱的重要单元（扬声器）有总体的认识。第二章介绍音箱及分频网络的结构、性能及设计，让读者知道如何成功设计音箱及分频网络。第三章介绍音箱的制作、检测及调校，对读者在装调音箱时可能碰到的一些具体问题做了前瞻性的介绍。第四章介绍十几款实用音箱制作的全过程，供音响爱好者在制作音箱时参考。

本书既可作为电子爱好者的自学读物，又可作为音响技术、家电维修技术的岗位培训教材，还可作为大中专院校相关专业的第二课堂实践教材。

本书由梅更华编著，参加编写的还有高健青、高平、梅晓文、赵庆等，在此表示谢意。

限于作者水平，书中错误在所难免，敬请读者批评指正，以利再版时修改。

**编 者**

**2003. 2**

# 目 录

<b>第一章 扬声器</b> .....	(1)
第一节 扬声器的分类及作用 .....	(1)
第二节 常见扬声器的结构及工作原理 .....	(5)
一、电动式扬声器 .....	(5)
二、球顶式扬声器 .....	(6)
三、同轴式扬声器 .....	(7)
第三节 扬声器的技术参数及性能检测 .....	(8)
一、扬声器的主要技术指标 .....	(8)
二、扬声器的检测与判断 .....	(11)
<b>第二章 音箱及分频网络</b> .....	(14)
第一节 音箱 .....	(14)
一、音箱的分类及结构 .....	(14)
(一) 密闭式音箱 .....	(14)
(二) 倒相式音箱 .....	(15)

(三) 空纸盆音箱 .....	(16)
(四) 对称式音箱 .....	(17)
(五) 迷宫式音箱 .....	(17)
(六) 克尔顿音箱 .....	(18)
(七) 哑铃式音箱 .....	(19)
(八) 数字式音箱 .....	(19)
(九) 有源音箱 .....	(20)
(十) “音响气团流”式音箱 .....	(20)
(十一) 号角式音箱 .....	(21)
(十二) 超低音音箱 .....	(22)
二、音箱的主要技术性能 .....	(24)
(一) 额定阻抗 .....	(24)
(二) 失真 .....	(24)
(三) 额定频率及有效频率范围 .....	(25)
(四) 特性灵敏度 .....	(25)
三、音箱特性曲线的内容解释 .....	(25)
(一) 频率响应曲线 .....	(25)
(二) 阻抗曲线 .....	(26)
(三) 谐波失真曲线 .....	(26)
(四) 互调失真曲线 .....	(26)
(五) 瞬态反应曲线 .....	(27)
(六) 频谱衰减图 .....	(28)
四、扬声器的选择 .....	(30)
(一) 外部条件的选择 .....	(30)
(二) 技术参数的选择 .....	(34)
第二节 分频网络 .....	(36)
一、分频网络的作用、分类及特性 .....	(36)

二、分频器的工作原理与设计 .....	(38)
(一) 无源分频器 .....	(38)
(二) 有源分频器 .....	(39)
(三) 二分频器 .....	(40)
(四) 三分频器 .....	(41)
三、分频器的制作 .....	(45)
第三节 常见音箱的设计与计算 .....	(46)
一、密闭式音箱的设计与计算 .....	(46)
二、倒相式音箱的设计与计算 .....	(50)
三、音箱外形尺寸的确定 .....	(51)
<b>第三章 音箱的制作、检测与调校 .....</b>	<b>(53)</b>
第一节 箱体的制作 .....	(53)
一、制作材料、阻尼材料及配件 .....	(53)
二、制作程序和工艺 .....	(58)
第二节 音箱的试听与测试 .....	(68)
第三节 音箱的调校 .....	(74)
<b>第四章 音箱制作实例 .....</b>	<b>(75)</b>
一、采用丹麦 VIFA 扬声器制作的书架式音箱 .....	(76)
二、采用绅士宝 (SCANSPEAK) 8545 扬声器制作的音箱 .....	(79)



(一) 二频倒相式音箱 .....	(81)
(二) 二频落地式倒相箱 .....	(82)
三、二路小型倒相式音箱 .....	(82)
四、二频监听音箱 .....	(85)
五、采用惠威扬声器制作的音箱 .....	(89)
(一) 天鹅音箱系列 .....	(89)
(二) 杜希音箱系列 .....	(99)
六、小型书架式音箱 .....	(114)
七、采用绅士宝 (SCANSPEAK) 8845 和丹拿 D260 扬声器 制作的高保真音箱 .....	(116)
八、采用丹麦 VIFA 扬声器制作的密闭式音箱 .....	(117)
九、采用丹拿 (Dynaudio) 扬声器制作的书架式音箱 .....	(119)
.....	(119)
附录一 部分扬声器单元技术资料 .....	(122)
附录二 音箱箱体及分频器制作资料集锦 .....	(133)

# 第一章 扬声器

## 第一节 扬声器的分类及作用

扬声器俗称喇叭，是一种将音频电信号转换为声音的换能器件。随着电子技术的不断进步及电子应用领域的不断扩大，扬声器的种类越来越多，工作原理也有一定的区别，下面介绍几种常见的分类及有关工作原理。

### 1. 按扬声器的声波辐射方式分类

(1) 直接辐射式扬声器。声波由发声器件直接向空间辐射。

(2) 间接辐射式扬声器。声波由发声器件通过号筒向空间辐射。

(3) 耳机式扬声器。声波通过发声器件经密闭的空气室（耳道）进入人的耳膜。

(4) 海尔式扬声器。声波通过特殊形状的振膜振动进行辐射。

### 2. 按扬声器的工作形式分类

(1) 电动式扬声器。当音频电流流过扬声器的音圈时，音圈产生的磁场与音圈周围磁体所产生的磁场形成相互作用的力，该作用力带动振膜产生前后振动而发出声音。其工作原理见本章第二节。

(2) 静电式扬声器。它是依赖电场对电荷的作用力工作的，如图 1-1 所示。电荷由高压极化电源提供，而电荷捕捉是在极薄的振动膜的边缘电导层上进行的。极化电压一般高达 5kV。为安全起见，电源阻抗都特意做得非常高。电场由一对电极提供，电极上打有小孔，以便给声音提供通路。电极上加有平衡高压音频信号，电

压可达千伏。静电式扬声器的一大突出优点是其两电极之间的电场是绝对相等的，因而，施于其振动膜上的驱动力与其位置无关，这使得静电式扬声器基本上达到了线性要求，而在其他电—声转换系统，都不能真正做到这一点。另外，加于振动膜上的驱动力也是均匀的，因而其驱动的是均匀的空气负载。这样，振动膜遭损坏的可能性极小，因此，振动膜就可以做得相当薄。同时，振动膜的重量比几毫升的空气还要轻，因而静电式扬声器的机械效率是相当高的，且扬声器自身不存在热损耗机理。

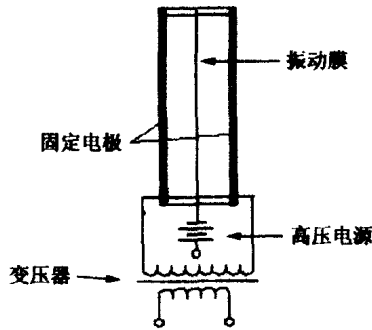


图 1-1 静电式扬声器工作原理示意图

与电动式扬声器相比，静电式扬声器采用静电式原理的放音，失真要小得多，并可免受热压影响。长期以来，在国际 HI-FI 领域，静电式扬声器是公认的高保真器件，一般只在高档系统中使用，属于顶级发烧音响器材。

静电式扬声器也有一定的缺点：因为静电式扬声器的灵敏度不高，所以为了增加扬声器所需要达到的声压，其惟一办法就是增大扬声器的表面积，故静电式扬声器的体积要做得很大；另外由于固定电极相距很近，振膜的振动幅度不能过大，这样发出的声功率就受到了限制，一般的静电式扬声器为了补偿低频大功率发声的需要，都会在下面装上传统的锥形扬声器。

(3) 压电陶瓷式扬声器。图 1-2 是压电陶瓷扬声器的基本结

构。它一般由以下几部分组成：一是驱动系统，由两片圆形陶瓷片，中间夹以圆形薄金属片，粘接成一体组成，其主要功能是把电能转换成振动膜机械能；二是振动系统，通常采用锥形纸盆，其主要功能是将振动膜机械能转换成向空气辐射的声能；三是耦合元件，其主要功能是连接驱动系统和振动系统，把驱动系统的能量有效地传给振动系统。

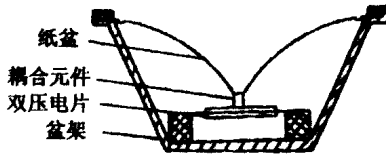


图 1-2 压电陶瓷式扬声器的基本结构

压电式扬声器的工作原理很简单，驱动系统（即压电片）的振动遵循薄板振动规律，当声频电压加在压电片上时，压电片即产生机械形变，机械形变的规律与声频电压相对应，压电片的机械变形推动振膜做对应的振动，从而将声音向空气中辐射。

压电式扬声器是目前所有扬声器中结构最简单，生产最方便，价格最便宜的一种扬声器，一般用于广播系统及报警器中。

(4) 电磁式扬声器。当音频电流流过带磁性心的线圈时，已磁化的振动部分与磁体的磁性相互吸引和排斥而发出声音，目前在音响系统中使用不多。

### 3. 按扬声器的工作频带分类

(1) 高音扬声器。高音扬声器专门重放功率放大器输出的音频信号的高频部分，其工作频率范围一般在  $2\ 500\sim 25\ 000\text{Hz}$ 。

(2) 中音扬声器。中音扬声器专门重放功率放大器输出的音频信号中的中频部分，其工作频率范围一般在  $500\sim 7\ 500\text{Hz}$ 。

(3) 低音扬声器。与高、中音扬声器相比，低音扬声器则专门重放低频信号，其工作频率一般在  $15\sim 5\ 000\text{Hz}$ 。

(4) 全频带扬声器。它工作的频率能够覆盖高、中、低全频段。

#### 4. 按扬声器的振动膜(盆)的制作材料分类

(1) 纸盆扬声器。它采用纸材料制作振动膜,扬声器的灵敏度较高,工作效率较高,但承受功率小、纸盆容易受潮,目前已较少使用。

(2) 碳纤维扬声器。它采用碳纤维制作扬声器的振动盆,扬声器的材质较硬,重放中、低频效果较好,瞬态响应也较好。

(3) PP盆扬声器。它采用石墨强化聚丙烯材料制作,扬声器的重放频带较宽。

(4) 玻璃纤维扬声器。其性能与碳纤维扬声器相似。

(5) 防弹布盆扬声器。它采用高强度防弹纤维制造,扬声器在重放大振幅信号时,非线性失真较小。

(6) 钛膜扬声器。它采用金属钛制作扬声器的振动膜,一般用于高音扬声器,重放声较为纤细,有一定的金属感。

(7) 丝绸膜扬声器。它采用天然丝质编织的振动膜,一般用于高音扬声器,重放声细腻,比钛膜扬声器柔和。

#### 5. 按扬声器振动膜的形状分类

(1) 锥形扬声器。振动膜为锥形,它的性能较为稳定,允许振动的幅度较大,比较容易做成大口径式。目前音箱的中低音单元均为锥形振膜。

(2) 平板形扬声器。其振膜的辐射面呈凹形,它和锥形振膜相比,进一步提高了扬声器活塞运动的范围。

(3) 球顶形扬声器。振动膜为半球顶形,它的重放声指向性较宽,瞬态响应好,相位失真也较小。

#### 6. 按扬声器的用途分类

(1) 高保真扬声器。用于重放保真度很高的音频信号,注重音乐的原声还原。

- (2) 扩声扬声器。一般用于会堂等一些公众场合。
- (3) 监听扬声器。品质较高，一般用于录音室、电台等场合。

## 第二节 常见扬声器的结构及工作原理

### 一、电动式扬声器

目前使用最为广泛的是电动式扬声器，它由振动膜、音圈、永久磁铁、支架等组成，如图 1-3 所示。当扬声器的音圈通入音频电流后，音圈在电流的作用下便产生交变的磁场，而永久磁铁会产生一个大小和方向不变的恒定磁场。由于音圈所产生磁场的大小和方向随音频电流的变化而改变，这样两个磁场的相互作用使音圈做垂直于音圈中电流方向的运动。音圈和振动膜相连，从而带动振动膜产生振动，由振动膜振动引起周围空气的疏密变化，从而发出声音。输入音圈的电流越大，其磁场的作用力就越大，振动膜振动的幅度也就越大，声音则越响。扬声器发出高音的部分主要在振动膜的中央，扬声器振动膜的中央材质越硬，其重放声音的效果越好。扬声器发出低音的部分主要在振动膜的边缘，若扬声器的振动膜边缘较为柔软且纸盆口径较大，则扬声器发出的低音效果更好。

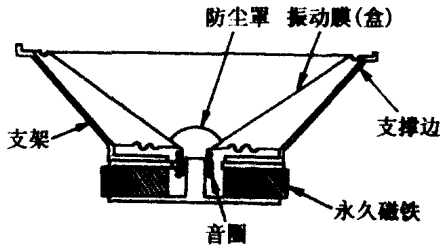


图 1-3 电动式扬声器的结构

扬声器在重放时音圈产生的振动波是依靠振动膜的中心向边缘

传递，然后再振动空气发出声音的，振动波从振动膜中心传递至边缘的速度的快慢决定了重放声的瞬态响应和非线性失真的好坏。若声波传递的速度很快，则重放声的瞬态响应较好，非线性失真也较小，因此扬声器的振动膜如果有较强的强度，其声波传递的速度就较快，瞬态响应和非线性失真也较好。目前较常用的高强度的振动膜主要有石墨强化聚丙烯振膜、玻璃纤维振膜和防弹纤维编织振膜。在实际使用中，往往瞬态响应和非线性失真较好的振动膜，在重放时中频的力度感表现很好，具有一定的刚性，但缺乏一定的柔性，只比较适合播放节奏感较强的音乐。

扬声器在重放低频信号时，依靠振动膜大幅度的前后运动来振动空气，产生强劲的低音效果。扬声器振动膜四周的支持部分为与支架相连接折环，其材料的运用对扬声器低频的重放也有着举足轻重的作用。如果折环具有一定的柔软性，并富有弹性，对振动膜运动时的阻尼就小，有利于振动膜的运动。常用的折环材料有布边、橡皮边、泡沫边和高泡沫边。目前使用最为广泛的是高泡沫边，它具有很好的柔性和弹性。

## 二、球顶式扬声器

对于高音扬声器来说，由于其工作频率很高，在重放高音时振动膜会在永久磁铁的磁路气隙中做高速运动，因此要求高音扬声器的振膜能够对瞬变的高频信号作出迅速的反应，并且能够承受高速运动而产生的空气压力，故对于振膜的制作材料要求质量要轻，并要有足够的强度。

常见的球顶式扬声器内部结构如图 1-4 所示。球顶式扬声器主要分为软球顶和硬球顶两种。金属钛具有轻而硬的特点，因此被广泛应用于制造球顶高音扬声器的振膜。钛球顶高音扬声器的重放声特点是：清晰、纤细、层次分明，具有较好的瞬态响应，属于硬球顶扬声器。为了进一步增强振膜的机械强度，有的钛球顶高音扬声

器在钛膜的表面压有钻石条纹。

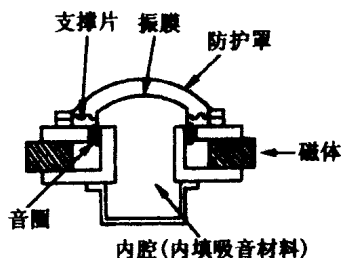


图 1-4 球顶式扬声器的结构

国产的钛球顶扬声器一般额定功率为 30W，频率范围为 4~20kHz，灵敏度为 90dB 左右。

另外还有一种软球顶扬声器，其振膜的制作材料主要有丝、绢、化纤。它的重放声较钛球顶扬声器柔和。

### 三、同轴式扬声器

音响系统的重放声对音源所反映声像定位的准确与否在很大程度上和扬声器的性能有关。传统音箱中的扬声器由于箱体上扬声器分布在不同的位置，故发声点均不在同一点上，所发出的声音会出现先后到达人耳的现象，使欣赏者产生声像定位的失真。为了获得正确的声像定位，扬声器设计人员设计出了“同轴扬声器”（又称点音源扬声器）。同轴扬声器的结构如图 1-5 所示。它是将高、低音扬声器单元的磁铁和音圈安装于同一个垂直的轴线上，当低音单元的音圈中有音频电流流过时，在低音单元的音圈架中也会产生感应电流，它的工作原理和变压器的工作原理相似。由于重放时不同的扬声器在同一个位置上发声，因此高低音分频点衔接较好，声像的定位、扩散角度很好。

最具有代表性的“同轴扬声器”制造商是英国的“天朗”，如天朗 611 II。继“天朗”之后，英国的“KEF”音箱制造商也推出



了同轴扬声器，如 KEF-Q30。

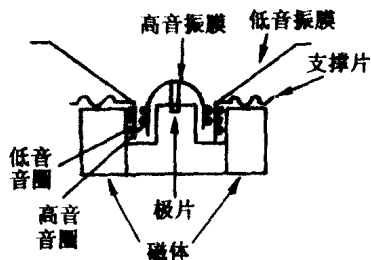


图 1-5 同轴式扬声器的结构

### 第三节 扬声器的技术参数及性能检测

#### 一、扬声器的主要技术指标

了解了扬声器的技术指标，对于制作品质优良的音箱有着很大的帮助。扬声器的主要技术指标有以下几个。

##### 1. 声压频率特性

声压频率特性是指扬声器在输入信号大小不变时，其输出的声压随输入信号的频率变化而变化的关系。如果一只扬声器的输出声压不随输入信号频率的变化而变化，其声压频率特性就较好。

##### 2. 输出效率

扬声器单元输出的声音信号功率与输出这些功率所消耗的电功率之比称为输出效率。通常扬声器的输出效率为 5% 左右，可见扬声器的输出效率是较低的。

##### 3. 频响范围

频响范围是指扬声器在重放时所能够达到的频率范围。扬声器的频响范围越宽，说明其重放的频率范围的覆盖范围越大。一般要求高保真全音域扬声器的最低频响范围不小于 50~12 500Hz。