

实用音箱制作技术

shiyong yinxiang zhi zhuo jishu

◆ 张继虞

福建科学技术出版社

643.6

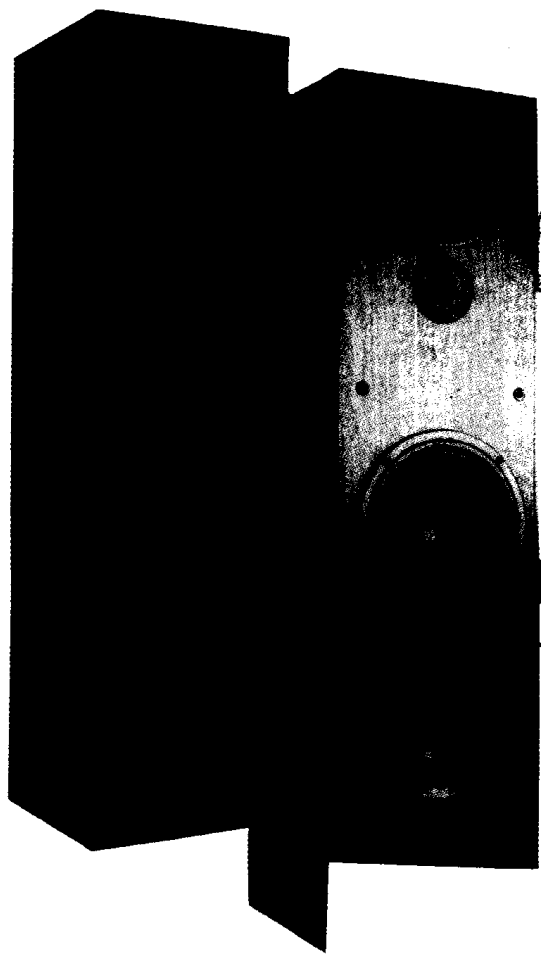
72

TN6436

● 张继虞

福建科学技术出版社

实用音箱制作技术



(闽)新登字03号

实用音箱制作技术

张继虞

*

福建科学技术出版社出版、发行

(福州东水路76号)

福建省新华书店经销

福建第二新华印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 9.5 印张 2 插页 219 千字

1997 年 10 月第 1 版

1997 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1-8 000

ISBN 7-5335-1191-3/TN·154

定价: 12.50 元

书中如有印装质量问题,可直接向承印厂调换

前 言

近年来，随着人们物质、文化生活水平的不断提高，立体声音响系统、卡拉OK、家庭影院等音响设备大量进入普通家庭。音箱是这些音响设备的喉舌，各种节目信号源中的音响效果必须通过音箱才能得到真实的再现。因此，音箱在整个音响系统中具有十分重要的地位，音箱性能指标的好坏在很大程度上决定了整个音响系统的音响效果。

目前，各种款式的进口音箱充斥国内音响市场，其中确实有不少货真价实的音箱精品。如何借鉴国外名牌音箱的成功经验，提高国产音箱的技术性能，使我们国产音箱也能尽早形成自己独特的风格，创建国产名牌音箱是我们义不容辞的任务。近年来，由于种种原因，自己动手制作音箱的音响爱好者逐渐增多。这几年国内不少扬声器生产厂家举办音箱制作大奖赛的实践表明，一些业余音响爱好者设计制作的音箱已经达到甚至超过专业音箱生产厂的音箱技术指标。但在对参赛音箱的测试评比中也发现不少问题，不少音响爱好者在设计制作音箱时往往具有一定的盲目性，制作前缺乏必要的理论计算，音箱制作好后又缺乏正确的调试，从而使制作出来的音箱存在这样或那样的不足。进一步提高业余音响爱好者的整体音箱制作水平，无疑将有助于提高国产音箱的总体制作水平，此书的编写目的就在于此。

本书在编写过程中，参阅了大量有关技术资料，上海电器科学研究所消声室室主任、高级工程师陈业绍先生和上海银笛领先音响仪器有限公司质检科的刘同森工程师协助进行了许多测试工作，为本书提供了第一手资料，周莺、汪欣等女士为书稿的打印做了大量的工作，在此表示感谢。

由于电声技术发展迅速，新型的扬声器材料不断得到开发和应用，各种性能优良的扬声器单元和音箱不断问世。限于自己的专业技术水平，书中缺点和错误必然不少，诚恳希望前辈和广大读者批评指正。倘若本书能对广大业余音响爱好者的音箱设计制作起到抛砖引玉的作用，则是我最大的欣慰。

作 者

1997年3月

目 录

一、扬声器单元

(一) 概述	(1)
1. 扬声器的作用	(1)
2. 扬声器的分类	(2)
3. 音响系统与扬声器	(3)
(二) 电动式扬声器	(4)
1. 电动式扬声器的工作原理	(4)
2. 锥形扬声器	(5)
3. 平板扬声器	(8)
4. 球顶扬声器	(9)
5. 号筒扬声器	(10)
6. 带式扬声器	(11)
(三) 扬声器单元主要技术参数	(12)
1. 扬声器单元的阻抗	(13)
2. 扬声器单元的谐振频率	(15)
3. 扬声器单元的品质因数	(16)
4. 扬声器振动系统的等效质量	(17)
5. 扬声器单元的等效容积	(18)
6. 扬声器单元的功率	(19)
7. 扬声器的频率特性	(20)
8. 扬声器的灵敏度	(23)
9. 扬声器的失真	(23)
10. 扬声器的指向性	(24)
(四) 扬声器单元的选用	(25)
1. 如何选择合适的低频扬声器单元	(25)
2. 如何选择合适的中频扬声器单元	(29)
3. 如何合适的高频扬声器单元	(30)

(五) 几种典型的电动式扬声器.....	(32)
1. 美之声 N-601 低频扬声器.....	(32)
2. AUDAX (32 傲的诗) PR1301 高频扬声器	(32)
3. H489 同轴扬声器	(33)
4. 惠威 DMN 球顶中频扬声器	(34)
二、扬声器分频网络及其设计制作	
(一) 扬声器分频网络的作用与分类	(35)
1. 扬声器分频网络的作用.....	(35)
2. 扬声器分频网络的种类	(36)
3. 扬声器分频网络的组成	(37)
(二) 扬声器分频网络的设计与计算	(39)
1. 扬声器分频网络分频频率的选取	(40)
2. 一阶扬声器分频网络的设计与计算	(42)
3. 二阶扬声器分频网络的设计与计算	(44)
4. 三阶扬声器分频网络的设计与计算	(48)
5. 四阶扬声器分频网络的设计与计算	(49)
(三) 扬声器分频网络中的阻抗补偿电路	(51)
1. 谐振频率处的阻抗补偿	(52)
2. 阻抗曲线高频段的阻抗补偿	(52)
(四) 扬声器分频网络中的衰减器	(54)
(五) 扬声器分频网络中的电抗元件	(55)
1. 扬声器分频网络中电容器的选择	(55)
2. 扬声器分频网络中的电感线圈	(56)
(六) 扬声器分频网络的调试	(58)
(七) 扬声器分频网络的制作实例	(59)
1. 银笛 FQ-11 三分频器	(60)
2. 银笛 FQ-14 二分频器	(61)

三、音箱的分类及其制作

(一) 音箱的作用	(63)
1. 消除扬声器单元的声短路现象	(63)
2. 抑制扬声器单元的声共振	(64)
3. 拓宽单只扬声器单元的频宽, 减小失真	(64)
(二) 音箱的分类	(64)
1. 敞开式音箱	(64)
2. 封闭式音箱	(65)
3. 倒相式音箱	(66)
4. 哑铃式音箱	(68)
5. 超低频音箱	(69)
(三) 立体声扬声器放声系统	(71)
1. 立体声扬声器放声系统的分类	(71)
2. 双声道立体声放声系统用音箱	(73)
(四) 家庭影院扬声器系统	(75)
1. 家庭影院扬声器系统的分类	(75)
2. 家庭影院系统对音箱的配置要求	(78)
(五) 音箱的简单设计	(79)
1. 封闭式音箱的设计	(79)
2. 倒相式音箱的设计	(81)
3. 超低频音箱的设计	(84)
(六) 音箱的制作实例	(85)
1. 落地式三分频音箱的业余制作	(85)
2. 书架式音箱的业余制作	(91)
3. 家庭影院扬声器系统的业余制作	(93)
(七) 音箱箱体的制作	(101)
1. 选择合适的板材	(101)
2. 箱体的制作	(102)

四、音箱的简单调试

(一) 封闭式音箱的调试	(104)
1. 测绘音箱的阻抗特性曲线	(105)
2. 调整音箱的系统谐振频率 f_{∞}	(105)
3. 调整音箱的品质因数	(105)
4. 音箱频响特性的调整	(106)
(二) 倒相式音箱的调试	(111)
1. 箱体内容积的调整	(111)
2. 倒相管的调整	(112)
(三) 倒相式音箱的调试实例	(114)

附录一 几种常用国产扬声器单元参数表

1. 南鲸高保真系统用扬声器单元技术参数表	(118)
2. 银笛扬声器单元技术参数表	(120)
3. 惠威扬声器单元技术参数表	(122)
4. 美之声扬声器单元技术参数表	(123)

附录二 几种进口扬声器单元技术参数表

1. 法国 AUDAX (傲的诗) 扬声器单元技术参数表	(124)
2. 挪威 SEAS (西雅士) 扬声器单元技术参数表	(125)
3. 丹麦 vifa (威发) 扬声器单元技术参数表	(125)
4. 丹麦 HIGH-END 扬声器单元技术参数表	(126)
5. 德国 MIVOC (美高) 扬声器单元技术参数表	(126)

附录三 CD94、CD95 音频网络用铝电解电容器技术参数

附录四 部分国产音箱制作资料

1. 美之声音箱制作资料	(128)
2. 惠威音箱制作资料	(134)

附录五 几种进口音箱的性能指标

1. 美国 JBL 音箱	(138)
2. Rogers 音箱	(142)

一、扬声器单元

(一) 概述

1. 扬声器的作用

我们生活在一个充满各种声音的世界里。人们相互交谈时的讲话声、各种乐器的演奏声、工厂里机器的轰鸣声以及马路上车来人往的喧闹声等，无论你愿意与否，你每时每刻都将听到。任何一种声音都是由物体的振动产生的，物体的振动使周围的空气传播媒介发生相应的疏密变化，空气的这种疏密变化传到人的耳朵就会使耳朵里的鼓膜发生相应振动，从而使我们听到这些声音。在日常生活中人们有时需要提高声音的响度或者将声音传得更远，这时我们可以利用传声器（即我们平时所说的话筒）将需要传送的各种声音转变成微弱的电信号，然后通过功率放大器将这些微弱的电信号放大至具有足够功率的电信号，最后使用一种称为扬声器的器件将放大器输出的电信号还原成原来的声音。例如大型演出厅为了使后排观众也能清楚地聆听到舞台上乐队各种乐器的演奏，通常都在演出厅的不同位置悬挂一定数量的音箱，尽量保证演出厅里每个座位上的观众都能得到相同的听觉效果。

扬声器俗称“喇叭”，它是一种将电能转换成声能的电声器件，它的作用是将电能转换成声能并辐射出去。扬声器的种类很多，有电动式、电磁式、压电式和静电式等，尽管这些扬声器的结构各不相同，但它们的基本工作原理相同，每一种扬声器都首先将输入的电信号转换成相应的机械振动，然后这种机械振动通过辐射器引起周围空气媒质的波动，从而实现电—力—声之间的转换。从1925年发明扬声器以来至今已有70余年的历史，在这短短的70多年历史中扬声器技术得到了飞速的发展。早期的扬声器无论是外观还是各项技术指标都无法与现在的扬声器相比。就拿扬声器的体积来说，早期的扬声器为了产生一个扬声器正常工作所需要的强恒磁场，在扬声器的铁心上绕有一个又重又大的励磁线圈，扬声器工作时必须在励磁线圈的两端接上一个数百伏的直流电源，使励磁线圈产生一个强恒磁场，所以，人们称这种扬声器为“励磁式扬声器”。由于这种扬声器工作时必须使用单独的直流电源，因此整个扬声器的体积显得十分笨重，从而使它的使用范围受到了一定的限制。随着磁性材料的发展，励磁式扬声器中用来产生强恒磁场的励磁线圈逐渐被环状的永久磁体取代，现在这种励磁式扬声器已经成了一些人家中的收藏品。扬声器使用环状永久磁体后省去了励磁线圈产生恒磁场所必须的直流励磁电源，在产生同样大小磁场的情况下，永久磁体的重量比励磁线圈轻，减轻了扬声器的重量，使扬声器的使用变得十分方便。但由于受磁性材料和制造工艺水平的限制，当时环状永久磁体的磁能级还比较低，使扬声器无法承受较大的功率。有时为了使扬声器单元能承受较大的功率，仍不得不增加所用磁体的体积，使扬声器单元显得有些笨重。随着一些优质磁性材料的不断问世，现在的扬声器单元普遍使用由钕铁氧体、锶铁氧体以及铝镍钴等材料制成的磁体，近年来人们又开始研制使用一些稀土永磁材料，例如钕铁硼磁体已

经成功地应用在一些高档的扬声器中。用这种新型磁性材料制成的磁体只需很小的体积就能达到很高的磁能级，有利于扬声器朝大功率和小型化的方向发展。目前掌上游戏机、袖珍式半导体收音机中使用的扬声器单元，它的直径通常只有4cm，厚度仅1cm左右。

2. 扬声器的分类

扬声器的分类方法很多，根据扬声器的用途可将扬声器分为低频扬声器、中频扬声器、高频扬声器和全频带扬声器4种；根据扬声器将电能转换成机械振动的形式不同，又可以把扬声器分成电动式、压电式、静电式和电磁式等几种，其中以电动式扬声器应用最为广泛，在以后的有关章节里我们将主要介绍电动式扬声器以及它在扬声器系统中的应用。

(1) 电动式扬声器

电动式扬声器实际上是一种电—力—声能量转换器。当音频信号电流流经扬声器的音圈时，音圈中音频电流产生的交变磁场与永久磁体产生的强恒磁场相互作用使音圈发生机械振动，即将电能转换成了机械能，而音圈的上下振动则带动振膜，使周围的空气出现相应振动，将机械能再转换成声能。电动式扬声器具有结构简单、频响宽和失真小的特点，因此在扬声器系统中应用最为广泛。目前市场上电动式扬声器的品种很多，有些扬声器的外形虽然十分相似，但由于其中某些零部件材料的不同，常常会使它们之间的性能指标出现很大的差异，价格也相差很大。早期生产的高频扬声器基本上都是些纸盆高频扬声器，后来相继出现了性能优异的球顶高频扬声器和平板高频扬声器，近年来又出现了带式高频扬声器。最早的低频扬声器几乎全部是纸盆扬声器，虽然目前大部分的低频扬声器仍使用纸盆，但现在的纸盆在材料和制作工艺已经有了很大的改进，纸盆的材料中添加了一些长纤维物质，使纸盆扬声器的整体性能有了明显的提高。

(2) 压电式扬声器

压电式扬声器是利用压电材料的逆效应工作的扬声器。它的主要部件是一片圆形的压电晶体，目前常用的压电晶体有石英、罗谢尔盐、磷酸二氢铵、锆钛酸铅和钛酸钡等，这些压电晶体在电场中会发生弹性形变。当音频电信号输入压电晶体时使压电晶体发生形变，利用压电晶体的反向压电效应将音频电信号转换成声信号。压电式扬声器具有灵敏度高、结构简单和造价低廉的优点。但是，这种压电式扬声器的输入阻抗几乎呈纯容抗特性，很难与功率放大器匹配；它的音质较差，频响范围较窄，通常只能在200~8000Hz的频率范围内工作，无法满足全音域的工作需要。因此，压电式扬声器目前大多仅在一些要求不高的汽车音响或组合音响中作高频单元使用。

(3) 静电式扬声器

静电式扬声器是一种比较新颖的扬声器，它由一个振膜和一个固定电极组成一个平板式电容器，利用加在电容器极板上的静电力进行工作。这种扬声器工作时需在它的两个电极接上一组直流电源，使电极极化，产生一个静电场。当有音频信号电流输入时，整个平面振膜在音频信号电流的驱动下振动发声。由于这种扬声器工作时产生的静电场均匀地分布在整个振膜上，振膜的振动方向始终保持一致，不会产生分割振动，这种扬声器的瞬态特性和失真指标都已远远超过了传统的电动式扬声器，近年来，这种静电式扬声器已在Hi-Fi音响系统中成功地得到应用。但是，由于这种静电式扬声器的结构比较复杂，售价较高，而且这种扬声

器需要专门的极化电压才能工作，这就使它的应用范围受到了一定的限制，目前这种静电式扬声器仅在高档扬声器系统中应用。

(4) 电磁式扬声器

电磁式扬声器通常指老式的舌簧式扬声器，这种扬声器在它的两个磁极之间有一组电磁铁线圈，线圈中间有一片可上下活动的舌簧片，当音频电流流经电磁铁线圈时舌簧片被磁化，随着音频信号电流方向的改变，舌簧片的极性也相应地改变，使舌簧片绕支点旋转振动，振动的舌簧经连杆带动锥盆上下振动，将电能转换成声能。虽然电磁式扬声器具有灵敏度高的特点，但它的频响特性无法满足高保真的要求。因此，这种扬声器大多在农村有线广播系统中使用。

3. 音响系统与扬声器

一套完整的音响系统好比一条长链，它通常由信号源、功率放大器和扬声器等器件组成，图 1-1 就是一套完整的音响系统的实例。该图中的信号源通常为磁带录音机、激光唱机等，它的作用是

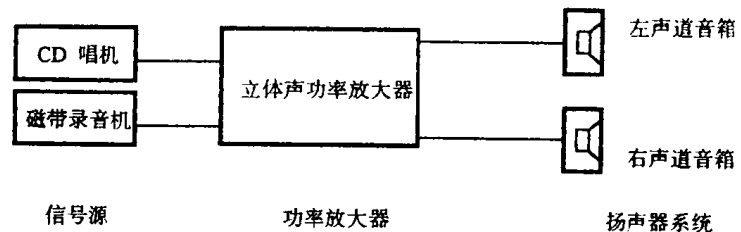


图 1-1 一种典型的音响系统方框图

给整个音响系统提供优质的节目信号；功率放大器的作用是将信号源输出的微弱电信号放大到具有足够输出功率的电信号；在这条长链中扬声器可以说是长链的终端，它负责将功率放大器输出的音频功率电信号还原成声音，因此，我们说扬声器是整个音响系统的喉舌。不论整套音响系统中其它音响器材的电性能指标有多么高，倘若没有理想的扬声器将这些电信号转换成逼真的声信号，同样无法获得良好的欣赏效果。

在我们的日常生活中，从袖珍式半导体收音机、组合音响到目前流行的多媒体电脑、家庭影院系统，从汽车音响到影剧场和音乐厅的整套专业扩声系统，几乎都离不开扬声器。随着人民生活水平的提高，各种音响器材不断进入普通家庭，扬声器已成为我们日常生活不可缺少的必需品。扬声器应用范围的日益扩大促进了扬声器制造技术的飞越发展。一方面，为了适应迪斯科舞厅、影剧院等场所大功率高声压级的扩声需要，扬声器正在朝大口径、高功率的方向发展，这些扬声器的口径可达 51cm (20 英寸)，能承受数百瓦的巨大功率；另一方面，便携式多媒体电脑、迷你型电视机等产品迫切需要扬声器在满足所需电声性能的前提下尽量缩小体积，这又促使扬声器朝小型化的方向发展。随着电子技术的飞速发展，各种优质的信号源不断涌现，从早期的留声机、卡式录音机、立体声唱机发展到目前的 CD 唱机，这些信号源的放音指标已经发生了数量级的变化。音箱历来是整个音响系统中最薄弱的环节，而扬声器单元性能的好坏在很大程度上决定了音箱的总体技术指标。近年来，随着数码技术的发展以及人们音乐欣赏能力的提高，人们对扬声器的音质提出了更高的要求，要求扬声器在能够承受功率大的前提下，具有失真小、动态范围大、频响宽和瞬态响应好的特性。为了使扬声器满足 Hi-Fi 音响技术的发展需要，一些性能优良款式新颖的 Hi-Fi 用扬声器不断在市场上露面。所谓 Hi-Fi 用扬声器，说得通俗些就是指用这些扬声器重放出来的节目信号与我们在现场听到的声音极为相似。这些扬声器为了满足 Hi-Fi 用扬声器的技术要求，它们在生产制

造过程中常常使用了一些新材料和新工艺，从各个方面减小扬声器的各种失真，改善扬声器的瞬态响应和功率承受能力。相信在不久的将来，飞速发展的音响技术和巨大的音响市场必然会促使我国的扬声器工业向更深、更高的层次发展。

（二）电动式扬声器

电动式扬声器是目前使用最广泛的扬声器单元，电动式扬声器根据振膜形状的不同可分为锥形扬声器、平板扬声器、球顶扬声器、号筒扬声器和带式扬声器几种。在这一节中我们将首先介绍电动式扬声器的工作原理，然后对锥形扬声器、平板扬声器、球顶扬声器、号筒扬声器和带式扬声器的特点和结构作简单的介绍。

1. 电动式扬声器的工作原理

我们已经知道，声音是由物体的振动产生的。当我们打开功放和 CD 唱机的电源，播放一段美妙动听的乐曲时，如果我们用手轻轻地摸一下扬声器的锥盆，就会感觉到扬声器发声时它的锥盆在前后振动。那么，扬声器是如何将输入扬声器的音频电流转换成锥盆的振动，从而发出我们所听到的声音呢？这就涉及到一个如何将电信号转换成声信号的问题。要达到这个目的，关键在于如何将输入扬声器的电信号转换成振膜的机械振动。我们知道，载流导体在磁场中将受到磁场力的作用，假设我们将一根载流导线放在图 1-2 所示的均匀磁场中，导线的方向与磁场中的磁力线方向垂直，由于磁场中的磁力线方向始终从 N 极指向 S 极，当导线中电流的方向自我们流向书本时，根据右手定则，载流导线产生的磁力线方向为顺时针方向。我们从图 1-2 中看到，载流导线所产生的磁力线方向在导线上侧与均匀磁场中磁力线的方向相同，从而使总的磁力线变密；载流导线所产生的磁力线方向在导线下侧与均匀磁场中的磁力线方向相反，造成部分磁力线相互抵消，从而使总的磁力线变疏。由于导线上侧磁力线密度高于导线下侧磁力线密度，因此，载流导线在这个均匀磁场中将受到一个向下的作用力，当导线中电流的方向改变时该载流导线在均匀磁场中受到的力也相应改变，这就是我们常说的法拉第定律，目前广泛使用的电动式扬声器就是根据这个原理制成的。

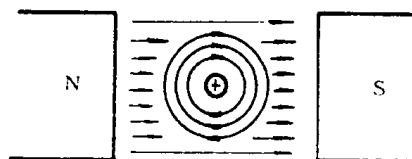


图 1-2 磁场对载流导体的作用

电动式扬声器的工作原理可用图 1-3 表示。电动式扬声器主要由磁体、上下夹板、极芯、音圈和振膜等部件组成，图中磁体位于上下夹板之间，它的作用是产生一个均匀磁场。上下夹板和极芯组成一个磁回路，上夹板和极芯之间有一个很小的气隙，通常我们称之为磁气隙。圆筒形的扬声器音圈悬挂在磁气隙之间，它的一端与锥盆刚性连接。磁体有两个固定的 S、N 极，我们假设图中磁体与上夹板接触的一侧为 S 极，与

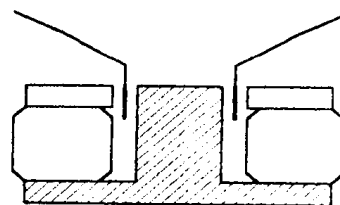


图 1-3 电动式扬声器的工作原理

下夹板接触的一侧为 N 极，那么，在磁体的作用下，图中极芯和上夹板之间的磁气隙中便产生一个均匀磁场，磁场中磁力线的方向由 N 极出发流向 S 极，即由极芯指向上夹板。当音频电流流入扬声器音圈时，假设某一瞬间音圈中音频电流的方向是自我们流入书本。根据弗来

明左手定律，将左手手掌朝向 N 极，使伸直的四指指向与电流方向相同，那么，与四指垂直的拇指方向即为音圈的运动方向，即这时扬声器音圈受到一个向下的力 F 。当音频电流的方向改变时，音圈的受力方向也发生相应变化。这个力 F 的大小与音圈中流过的电流 I 、磁气隙中的磁感应密度 B 和音圈线圈的等效总长度 l 成正比。即：

$$F = B \times I \times l \quad (1-1)$$

扬声器磁气隙中的磁感应密度 B 和音圈线圈的等效总长度 l 在扬声器设计制造过程中一经确定即成为常数，因此，当音频信号电流经过扬声器音圈时，音圈将受到一个与音频信号电流 I 成正比的力，由于扬声器音圈与锥盆刚性地连接在一起，当音圈在磁气隙中随音频电流方向的不断改变而上下振动时，扬声器锥盆将随着音圈的上下振动而振动，锥盆振动的快慢与输入的音频电流的频率有关，锥盆振动的幅度却与输入的音频电流的强弱有关。锥盆振动时激发周围的空气发生同样的振动，形成声波，声波传入人耳就形成我们平时所听到的声音。

2. 锥形扬声器

(1) 锥型扬声器的特点

锥形扬声器是目前应用最广泛的扬声器。锥形扬声器根据锥盆形状的不同通常有圆形扬声器和椭圆形扬声器两种，椭圆形扬声器主要是为了适应电视机和缩小收音机体积的需要而设计制造的，目前在电视机和汽车音响中使用较多。圆形扬声器的标称尺寸通常用扬声器盆架的最大直径表示，椭圆形扬声器的标称尺寸则用椭圆的长短轴表示，单位用 cm 或 mm 表示，习惯上常用英寸表示，两者之间的关系是 1 英寸等于 25.4mm。如我们平时所说的 8 寸扬声器，它的盆架外径为 200mm；4×6 寸扬声器的盆架尺寸为 100mm×160mm。锥形扬声器根据不同的使用频率范围可分为全频带扬声器、低频扬声器、中频扬声器和高频扬声器四种；根据锥盆材料的不同又可将锥形扬声器分为纸盆扬声器、羊毛盆扬声器和聚丙烯盆扬声器等，其中以纸盆扬声器使用最为广泛。由于锥形扬声器具有结构简单和价格便宜的优点，因此，目前收录机、电视机以及不少 Hi-Fi 扬声器箱仍大量使用锥形扬声器。

(2) 锥形扬声器的结构

锥形扬声器是一种直接辐射式扬声器，它通过一个呈圆锥形的锥盆直接向周围空间辐射声波，锥形扬声器的基本结构如图 1-4 所示。从图中我们可以看出，一只完整的锥形扬声器主要由盆架、锥盆、折环、防尘罩、音圈、定位支片、极芯、上下夹板和磁体等组成。由于锥形扬声器的锥盆面积可以做得较大，并能达到较大的振幅，因此，锥形扬声器的低频响应通常可以做得较好。由于这些原因，

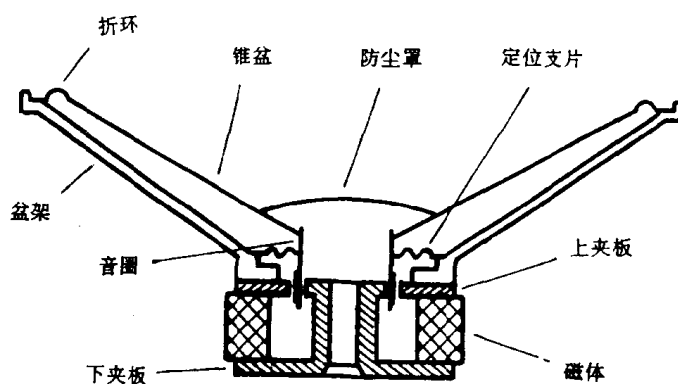


图 1-4 锥形扬声器的基本结构

在当今各种新型的球顶扬声器、号筒扬声器和带式扬声器不断涌现的情况下，锥形扬声器仍以其独到的良好低频响应在众多的扬声器中独领风骚，在超低频和全频带等应用领域起着主

导作用。锥形扬声器的各种零部件根据其不同的作用可分成振动系统、磁路系统和辅助系统三大部分。

①振动系统。振动系统由锥盆、定心支片、防尘罩和音圈组成。

对扬声器性能影响最大的是锥盆。锥盆是圆形或椭圆形的锥形振膜，它的根部与扬声器音圈刚性连接，当音圈在磁气隙中垂直振动时它即作相应的轴向运动，使锥盆前后的空气发生疏密变化。锥盆是扬声器的主要发声部件，在一定程度上决定了扬声器的重放有效频率范围和失真大小。自从1925年锥形扬声器诞生以来，锥形扬声器用来辐射声波的锥盆一直使用纸质锥盆，因此，人们常把锥形扬声器叫做纸盆扬声器。我们知道锥形扬声器是靠锥盆的上下振动发声的，由于锥盆在扬声器盆架上的这种上下垂直运动很像发动机中活塞在气缸里的上下运动，因此，扬声器锥盆的这种运动又叫锥盆的活塞运动。锥形扬声器的锥盆面积一般都较大，工作时锥盆的振幅也较大，锥盆在推动周围大量空气的同时，锥盆会出现一定程度的扭曲变形，使扬声器锥盆整体的刚性运动遭到破坏，整个锥盆不同部位之间出现相对运动，锥盆不同部位之间的这种运动称为锥盆的分割振动。当扬声器的工作频率高于某一频率时锥盆的这种扭曲变形情况会显得更为严重，当锥形扬声器的锥盆出现分割振动时扬声器的失真会明显增大。由于锥形扬声器的分割振动是因锥盆的刚性不好引起的，因此，增加锥盆的刚性、改善锥盆的各项综合性能指标就成了人们努力的方向。为了使扬声器具有良好的性能指标，扬声器振膜的制作材料应具有密度小、机械强度大和内部阻尼适中3个特点。传统的锥盆大多用纸浆打捞制成，俗称纸盆。近年来，为了改善锥形扬声器的电声性能，随着高分子材料的发展，许多用高分子复合材料制作的锥形振膜如碳纤维编织盆、石墨强化PP盆、玻璃纤维编织盆、防弹盆和羊毛盆等纷纷在锥形扬声器中得到应用。由于这些高分子材料物理性能的不同，用这些材料制成的锥形振膜往往具有各自不同的优点，从而使扬声器具有不同的频率响应和音色特点。目前国外一些公司生产的扬声器已经使用一种生物锥盆，这种锥盆用一种从海带等褐藻类中提炼出的藻朊酸丝状物经化学处理加工后形成的藻朊酸纤维取代碳纤维，这种藻朊酸纤维的直径只有20~50 μm ，由于这种锥盆具有重量轻和刚性好的特点，从而能有效地抑制扬声器的高频共振，拓宽扬声器的频率范围。然而值得注意的是迄今为止我们还无法找到能同时满足上述三个基本要求的振膜材料，上述的每一种振膜材料在具有某种优点的同时往往伴随着另一种不足。

定心支片是振动系统中影响扬声器品质的又一重要元件，定心支片的硬度是决定扬声器谐振频率的因数之一。定心支片振动时振幅的线性程度也在一定程度上影响扬声器的失真大小。定心支片通常是一种用亚麻布浸渍酚醛树脂后热压制成的波纹形圆环，它的外端粘接在扬声器的盆架上，内孔则与扬声器的音圈和锥盆刚性地粘接在一起。定心支片的主要作用是保持音圈在扬声器磁气隙中的正确位置，要求它的轴向刚性大，使音圈能在磁气隙中垂直振动不受阻碍，径向则要求能可靠地限制音圈的左右移动，使音圈不与夹板或极芯接触，从而使扬声器具有良好的机械强度和电声特性。它的另一作用是防止外部灰尘进入磁气隙。

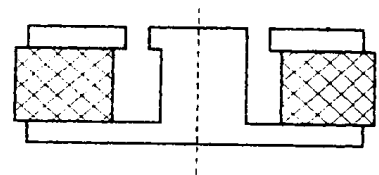
防尘罩是一种用纸质或聚酯塑料等材料制成的球顶状防护罩，安装在锥盆根部与音圈结合部。它一方面可以用来增加结合部的刚性，改善扬声器的高频特性；另一方面可防止金属屑和灰尘进入磁气隙。由于扬声器的高频能量主要靠锥盆的中部辐射，因此，防尘罩的形状和所用的材料对扬声器的高频频响有很大的影响。

音圈是扬声器的驱动元件，它通常用圆漆包线在纸质等材料的圆柱形骨架上绕制，整个音圈分两层或四层绕制，目的是使线圈的引出线两端均朝向锥盆一侧，使引出线能牢固地焊接在锥盆上。为了更有效地利用磁路气隙，提高扬声器的性能，有时整个扬声器音圈用扁平漆包线绕制。为了防止大功率扬声器的音圈在流过较大音频电流时因过热而损坏，近年来，一些Hi-Fi用扬声器已采用铝镁合金音圈骨架，它具有良好的刚性和散热性能。一些高档扬声器甚至使用比铝镁合金性能更优越的KAPTON高分子材料制作音圈骨架。这种新型材料最初应用于航空工业，工作温度可达350℃，它的弹性恢复力也明显优于铝镁合金，用这种材料制作音圈骨架可以使扬声器音圈在高温下不容易变形。

②磁路系统。磁路系统包括磁体、上下夹板、极芯和磁气隙。

磁体是一种用硬磁性材料烧结而成的圆环，它的作用是在扬声器磁气隙中产生一个具有一定磁感应密度的恒磁场。目前大多数扬声器均使用锶或钡铁氧体磁体，铁氧体具有矫顽力高和剩磁磁通密度较低的特点，以及耐氧化、耐腐蚀、重量轻等优点，但缺点是剩磁较低、温度系数大、易碎。一些新型的扬声器从缩小体积或提高扬声器技术性能指标等方面考虑，常常使用性能更好的铝镍钴或钕铁硼磁体。

上、下夹板是一种用导磁性能良好的低碳钢或纯铁制成的圆环形铁板，极芯是用同种材料制成的圆柱形铁芯，极芯和下夹板通常直接铆合在一起。它们的作用是给磁体所产生的磁场提供一个磁回路，并在上夹板和极芯之间形成一个均匀的磁气隙。由于极芯和下夹板铆合接触面常常存在较大的磁阻，使扬声器磁气隙的磁感应密度受到一些影响。近年来，一些高档扬声器的下夹板和极芯大多已用整块优质纯铁冷挤成型，称为一体化T铁。这种一体化T铁没有铆合面，具有导磁高、磁场失真小的优点。为了使音圈在磁气隙中随音频信号的变化线性地产生位移，磁气隙中的磁场应保持均匀对称。在狭窄的磁气隙中确实可以得到良好的均匀磁场，但磁力线会离开磁气隙的空间范围，在磁气隙的两边产生漏磁场。传统的扬声器采用普通的圆柱形磁极芯，由于磁路结构不对称必然会产生不对称的漏磁场，引起扬声器的非线性失真。为了尽量减轻这种因不均匀漏磁场而引起的非线性失真，目前一些Hi-Fi用扬声器大多采用全对称磁路，即将通常的圆柱形磁极芯加工成工字形，或者在磁极芯顶部加工出一个角度。图1-5即为普通磁路和全对称磁路在结构上的差异。



(a) 全对称磁路 (b) 普通磁路

图1-5 普通磁路和全对称磁路在结构上的差异

③辅助系统。辅助系统包括盆架和垫片等。

盆架的作用是将锥形扬声器的振动系统和磁路系统组合成一个牢固的整体。锥形扬声器的盆架大多是薄钢板冲制成有斜壁的环状体，一些大功率Hi-Fi用扬声器为了进一步减小因盆架振动而引起的失真，这些扬声器的盆架则用铝合金浇铸或冷挤成型。低频扬声器为了能很好地重放低音，它的谐振频率一般都设计得较低，扬声器工作时锥盆的振动幅度较大。倘若锥盆与盆架之间的空间过小，锥盆振动时受到锥盆后侧的空气阻力过大，会引起扬声器的谐振频率增高，因此，低频扬声器盆架的斜壁上通常都开有4个或6个花档冲孔，它的作用是避免锥盆振动时被封闭在锥盆和盆架之间的空气给振动系统增加一个额外的负载。为了增加盆架的机械强度，盆架上一般都设有特殊的皱折和凸筋。中频和高频扬声器由于谐振频率

较高，锥盆的振动幅度较小，锥盆和盆架之间的空间已能满足要求，盆架上不设有上述通孔，密封的后腔能有效地防止锥盆后侧发出的声波与其它扬声器发出的声波相互干扰。

3. 平板扬声器

(1) 平板扬声器的特点

人们在长期的实践中发现，锥形扬声器的锥盆是引起失真的重要原因之一。要减少锥形扬声器的失真，使扬声器的频响曲线变得比较平坦，最好能将锥形扬声器的圆锥形锥盆用一块平的振膜来代替。这是因为锥形扬声器的锥盆是一个下凹的圆锥形振膜，它的前面必然会出现一个小气室，当扬声器工作时声波会在锥盆前的这个小气室里产生共振，正是由于这种声波的共振使得整只扬声器的频响特性变坏，我们通常把锥形振膜的这种效应称为前室效应。随着扬声器制造技术的发展，人们在不断改善扬声器各项技术性能指标的同时也越来越注重提高扬声器的转换效率。从提高将机械能转换成声能的转换效率这一角度来考虑，我们希望扬声器振膜与空气的接触面积能尽可能地大。因此，人们设想能否将锥形扬声器的锥形振膜展开成一个平面，使扬声器音圈直接推动一块平面振膜，这样可以使振膜推动更多的空气。为了消除锥形扬声器的这种前室效应，提高扬声器的转换效率，人们进行了种种尝试，用不同的平板材料取代扬声器锥盆，终于成功地研制生产出平板扬声器。

前面我们已经讲过，扬声器的振膜必须要有良好的刚性。人们当初将扬声器振膜设计成圆锥形就是考虑到圆锥形物体具有良好刚性的缘故。现在一旦将圆锥形振膜展开放平，首先迫切需要解决的问题就是如何提高平面振膜的刚性。当然，我们可以通过适当增加平面振膜厚度的方法来增加它的刚性，但这种方法在增加振膜刚性的同时也增加了振膜的质量，扬声器振膜质量过大又会给扬声器的高频特性带来不利。因此，选择质量轻、刚性好的振膜材料是制作平板扬声器的关键。

(2) 平板扬声器的结构

除了振膜以外，平板扬声器的基本结构与锥形扬声器相同。平板扬声器根据平面振膜材料的不同可分成泡沫树脂平面振膜扬声器和蜂窝式平面振膜扬声器两种。泡沫树脂平面振膜扬声器的结构和普通的锥形扬声器基本相同，唯一不同的是它的圆锥形锥盆下凹处填充了泡沫氨基甲酸树脂之类的物质，使原来的圆锥形振膜变成平面振膜。这种扬声器由于锥盆下凹处填充了泡沫树脂，提高了锥盆的刚性，使锥盆前部的小气室不复存在，有效地消除了前室效应，但由于将泡沫树脂填放进锥盆，使振膜质量有所增加，造成扬声器的谐振频率下降，高频响应变坏。蜂窝式平板扬声器的振膜是一种具有六角形蜂窝芯、蜂窝芯两侧贴有铝箔的平板。这种特殊的蜂窝状结构平面振膜具有极大的弯曲刚性，质量轻且强度好，可以有效地消除振膜的分割振动，因此，与前一种平面振膜相比，蜂窝式平面振膜在平板扬声器中应用更为广泛。图 1-6 是一种典型的蜂窝式平面振膜平板扬声器的结构图，与锥形扬声器不同之处是小口径的音圈通过一只锥形喇叭间接地推动平面振膜，采用这种驱动方式可以使用较小的音圈和磁体，这种驱动方式结构简单，但扬声器的技术性能和辐射效率却受到一定程度的影响。因此，有些平面振膜扬声器采用大音圈大磁体的节驱动方式；也有一些平面振膜扬声器采用 4 个音圈同时驱动一块平面振膜的驱动方式，但这些驱动方式对音圈和磁路系统提出了更高的要求。

由于平面振膜具有良好的刚性，消除了锥盆的分割振动和锥盆固有的前室效应，整个平面振膜在有效频率范围内完全处于活塞振动状态，从而使平板扬声器的频率响应变得宽而平坦，扬声器的谐波失真也得到改善。

4. 球顶扬声器

(1) 球顶扬声器的特点

传统的锥形扬声器具有结构简单和能量转换效率较高的特点，然而，由于结构上的原因，这种扬声器的指向性指标往往不尽人意。随着音响技术不断成熟和发展，在越来越多的 Hi-Fi 音响系统中人们开始使用球顶扬声器。球顶扬声器与锥形扬声器的结构有些不同，它们之间的最大差别是振膜形式的不同，锥形扬声器使用一种呈圆锥形的锥盆，而球顶扬声器则使用一种近似呈半球形的振膜，使用球顶形振膜既有利于改善扬声器的指向性，也有利于提高振膜的强度。球顶扬声器的振膜一般用刚性好、质量轻的金属或非金属材料制成，振膜口径也设计得较小，小口径的振膜具有比传统锥盆小得多的质量，质量轻的振膜对高频信号重放非常有利。球顶扬声器和锥形扬声器的另一个差别是振膜的支撑方式不同，球顶扬声器的振膜仅靠振膜周围的折环支撑，这就使球顶扬声器的振膜在频率较低时会出现横向振动，导致一些不必要的失真。球顶扬声器的缺点是这种扬声器的能量转换效率较低，但它的最大优点就是中高频响应优异并具有较宽的指向性，除此以外，它还具有瞬态特性好、失真小和音质较好的优点。

(2) 球顶扬声器的结构

球顶扬声器也是一种直接辐射式扬声器，它的一般结构如图1-7所示。我们从图中可以看出，球顶扬声器的折环、音圈和磁路系统的结构与锥形扬声器相同，但它的振膜与锥形扬声器不同。顾名思义，球顶扬声器的振膜一般都设计成半球顶型，以增加振膜的强度。为了适合重放中频和

高频信号，球顶扬声器的振膜通常用刚性好、质量轻的材料制成，振膜的口径一般也较小。此外，球顶扬声器通常都具有一个后腔。球顶中频扬声器和球顶高频扬声器的结构基本上相同，唯一不同是球顶中频扬声器具有一个较大的后腔。我们知道高频扬声器的谐振频率一般都较高，这时扬声器 T 铁和振膜之间的空腔已能满足它的谐振频率要求；球顶中频扬声器的谐振频率较低，这就要求球顶中频扬声器的振膜后侧具有一个较大的空间，由于这个原因，球顶中频扬声器的极芯通常都设计有一个通孔，并在球顶中频扬声器的下夹板后侧装有一个密封的后腔罩，以便在后腔罩与下夹板之间形成一个较大容积的空腔，空腔内通常还充填一些吸

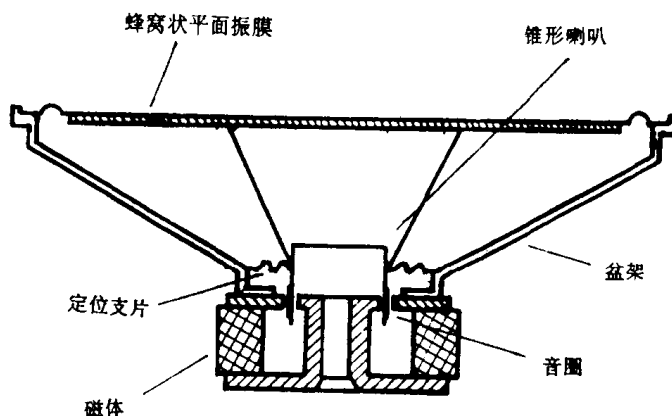


图 1-6 蜂窝式平面振膜平板扬声器的基本结构

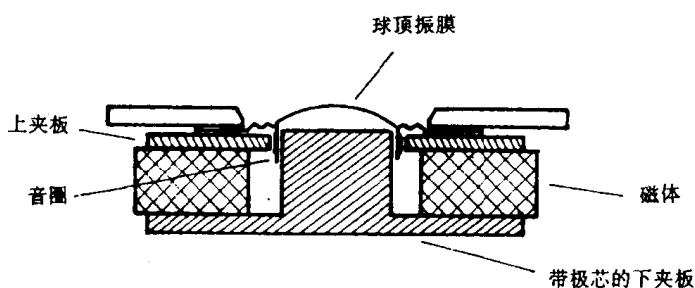


图 1-7 球顶扬声器的基本结构