

音箱喇叭

DIY

杨光宗 杨擎宇 编著

俞锦元 审校

广东科技出版社



自己动手制作音箱
音箱的调校技巧
喇叭的检修

音箱喇叭 DIY

杨光宗 杨擎宇 编著
俞锦元 审校

广东科技出版社

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

音箱喇叭 DIY/杨光宗, 杨擎宇编著. —广州: 广东科技出版社, 2003. 10

ISBN 7-5359-3319-X

I. 音… II. ①杨…②杨… III. 扬声器-基本知识 IV. TN643

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 031297 号

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http://www.gdstp.com.cn

经 销: 广东新华发行集团

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广东省江门市棠下中学印刷厂

(广东省江门市棠下镇棠下大道 邮码: 529164)

规 格: 787mm×1092mm 1/16 印张 13.75 字数 270 千

版 次: 2003 年 10 月第 1 版

2003 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1~3 500

定 价: 28.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

前 言

声频体系，包括影视频系统、声频系统，已应用于广泛领域，作为声频发声终端——扬声器及其音箱系统，更为人们所熟识。音箱系统在使用过程中会遇到故障，笔者根据不同故障，用解剖方式对扬声器以整体分析研究。如果读者能用心细读，定能掌握维修的基本要领，加之实践操练，将成为熟练的喇叭维修师傅。这无疑是通过无师自通之路的首选。

音箱业余设计，包括各种参数的测试，箱体及分频器的制作，倒相管及吸音材料等量值的确定，本书均详细地作了叙述，能给读者一个具体的设计制作方法与程序。

本书在编写过程中，得到广州国光音响有限公司俞锦元总工程师技术及数据支持，并对本书作最后的审校；钟恭良教授、梁淑文、何志强等同志给予大力的支持和协助，在此谨向他们致以衷心的感谢。

由于编者的能力有限，书中难免存在错误和不足，恳请广大读者批评与赐教！

本书编入了许多维修扬声器的应用资料，但不可能完全满足读者的需求。为此，编者热诚为读者提供扬声器维修咨询服务，并可进行业务切磋，以提高维修的技术水平。

编 者

2003年1月于广州

(020) 84306862

13609725900

内 容 提 要

本书比较系统地叙述了扬声器的基本原理、零部件的性能特点、磁路结构、音圈绕制及维修工艺，对音箱的业余简易设计、制作及调校技巧也作了详尽的介绍。并列举简例论述扬声器与扩音机的配接，扼要地介绍扬声器及音箱系统的选择及其注意事项。

本书实用性强，适合扬声器维修从业及业余人员、音响营销人员、音响“发烧友”、选购扬声器或音箱系统之人士阅读。

目 录

第一章 扬声器的发展及基本特性	(1)
第一节 扬声器的发展	(1)
一、概述	(1)
二、扬声器发展动态	(1)
第二节 扬声器的基本特性	(2)
一、功率特性	(2)
二、频率特性	(3)
三、阻抗特性	(4)
四、非线性失真	(5)
五、额定特性灵敏度级	(5)
六、指向性	(6)
第二章 扬声器的类型和结构	(7)
第一节 扬声器的类型	(7)
一、电磁式扬声器	(7)
二、励磁式扬声器	(7)
三、静电式扬声器	(8)
四、压电陶瓷式扬声器	(9)
五、电动式扬声器	(10)
六、挂画式平面扬声器	(20)
第二节 扬声器的结构	(22)
一、磁路系统结构	(23)
二、振动系统结构	(26)
三、辅助系统结构	(34)
第三章 扬声器的检修	(37)
第一节 怎样用好扬声器	(37)
第二节 低音扬声器的故障检修	(37)
一、扬声器无声	(38)
二、扬声器放音低弱	(39)
三、扬声器放音“嘶哑”或含杂音	(40)
四、扬声器放音断断续续	(43)
第三节 低音扬声器局部零件的更换检修	(43)
一、更换折环	(43)
二、更换纸盆	(45)
三、更换音圈	(47)
四、更换定心支片	(48)

五、磁路故障的检修	(49)
第四节 低音扬声器维修过程中的组装	(50)
一、音圈位置	(50)
二、音圈定位法	(51)
三、安装纸盆扬声器的程序	(52)
第五节 高音扬声器的故障检修	(53)
一、纸盆式高音扬声器的检修	(53)
二、球顶形高音扬声器的检修	(54)
三、高音扬声器局部零件的更换与检修	(56)
四、号筒式高音扬声器	(57)
五、高音扬声器维修过程中的组装	(57)
第六节 音圈数据	(58)
一、音圈技术数据的计算	(58)
二、磁隙数据的测量	(61)
三、用圆形漆包线代替扁形漆包线的计算	(61)
第七节 音圈的绕制	(62)
一、绕制的工具	(62)
二、绕制音圈所需的材料	(63)
三、重绕音圈	(65)
四、绕制音圈技巧	(66)
五、绕线方法	(67)
六、扬声器的相位	(69)
第八节 其他	(71)
一、粘胶	(71)
二、脱漆液	(72)
三、维修扬声器的注意事项	(73)
第四章 传声器和耳机	(74)
第一节 传声器	(74)
一、传声器的性能	(74)
二、传声器的种类	(75)
三、传声器的选择与使用	(79)
四、传声器的维修	(82)
第二节 耳机	(84)
一、耳机的电气性能参数	(84)
二、耳机的结构	(84)
三、耳机的选择与使用	(86)
四、耳机的维修	(87)
第五章 音箱的业余设计	(89)
第一节 扬声器的参数测量	(89)
一、测量条件	(89)
二、扬声器低频参数的测量与计算	(89)

第二节	音箱的设计	(94)
一、障板与开放式音箱		(94)
二、封闭式音箱		(95)
三、倒相式音箱		(97)
四、其他音箱		(102)
第三节	分频器的设计与制作	(107)
一、电子分频器		(108)
二、功率分频器		(109)
三、分频网络的设计		(113)
四、阻抗补偿和衰减器的计算		(126)
五、分频器中的电感线圈		(130)
六、分频器中的电容和电阻		(133)
七、分频器电路板的制作		(135)
第四节	调校音箱	(135)
一、音箱的组装		(136)
二、音箱参数的测试		(139)
三、人耳聆听调校		(141)
第六章	音箱的制作	(145)
第一节	音箱结构、材料与放音的关系	(145)
一、音箱结构的选择		(145)
二、箱体材料的选择		(146)
第二节	箱体拼接工艺	(150)
一、拼接的方式		(150)
二、音箱加强筋的设置		(151)
三、音箱植皮工艺		(152)
第三节	喷漆与装配	(153)
一、喷漆油		(153)
二、装配		(154)
第七章	音箱系统的选择与维修	(155)
第一节	扬声器的选择	(155)
一、电声特性的选择		(155)
二、零部件的选择		(155)
三、音箱扬声器的选择		(156)
四、通过聆听选择扬声器		(159)
第二节	音箱的选购与使用	(159)
一、音箱的选购		(159)
二、音箱的使用		(162)
第三节	音箱的检修	(165)
第八章	扬声器与扩音机的配接	(168)
第一节	晶体管放大器与扬声器的配接	(168)

一、Hi-Fi放大器与音箱的配接	(168)
二、广播放大器与扬声器的配接	(170)
第二节 晶体放大器与扬声器的特殊配接	(171)
一、单个扬声器分头配接	(171)
二、Hi-Fi功放原配音箱中另加一对音箱的配接	(173)
三、Hi-Fi功放作广播功放配接广播扬声器	(173)
四、Hi-Fi功放输出用桥式配接	(175)
第三节 配接扬声器的导线	(176)
一、导线的电阻	(176)
二、导线的电感及静电电容	(178)
三、特殊音箱连接线	(178)
附录一 常用漆包圆铜线	(179)
一、漆包线	(179)
二、常用漆包线数据表	(179)
三、漆包线电流负载表	(183)
四、锰铜合金线和镍铜合金线的电阻值	(185)
附录二 台佳工业材料有限公司扬声器专业用粘接剂	(187)
附录三 国光扬声器型号命名与数据表	(191)
一、扬声器型号命名方法	(191)
二、扬声器型号命名用数学表示方法	(194)
三、部分扬声器产品数据表	(197)

第一章 扬声器的发展及基本特性

第一节 扬声器的发展

一、概 述

随着电子技术的发展，扬声器在不断地改进，最初出现的是舌簧式扬声器。1874年，德国 WEMERVON SIEMENS（西门子）取得世界上首位永磁电动式扬声器的专利权。这种永磁，主要由镍铁合金制成，其成本较高。后又出现成本较低的励磁动圈式扬声器。这种扬声器本身并没有永久磁力，它是通过收音机整流系统兼作扼流圈而取得强大的直流电流而产生磁场的，一旦收音机停止工作，励磁随之消失，故称之为励磁式扬声器。使用励磁式扬声器的局限性很大，因此产量也不多。随后，出现了铁氧体永久磁铁，由此生产出永磁动圈式纸盆扬声器及永磁动圈式高音号筒扬声器。

扬声器由多种零部件组成，零部件性能的提高，加以新工艺，使扬声器的电性能不断提高，并朝着低频和更高频领域的方向发展。为获得高质量低频响应特性，相继出现了橡皮折环、布折环、塑料泡沫折环等振盆扬声器；为获得更高音频及更清晰的音色，制成各式各样半球顶小型高音扬声器、号筒式高音扬声器等。采用不同频段的低、中、高频扬声器组成音箱或音柱，能更好地发挥全频领域特色，若配合立体声播放，可获得更加优美动听的声音和乐曲。

二、扬声器发展动态

随着音响技术的突飞猛进，作为音响终端的扬声器及扬声器系统，必须有更优的性能指标。在剧烈市场竞争中为寻求新的突破，各国扬声器厂家，尤其是欧美等国投入了大量的人力物力开发、生产新一代扬声器零部件，在促进高效优质扬声器的发展方面先走了一步。

人们意识到，要提高扬声器质量，首先要在设计水平以及新工艺、新材料等方面有所突破。实际上，目前已涌现出一批新材料或新改进材料，如作为低音振盆材料的聚丙烯、碳纤维、碳纤维交叉编织物、复合材料、陶瓷、玻璃纤维等；作为高音振膜有铝、钛、铍及镁等。在磁性材料上，也出现新的钕铁硼磁种，并采用径向新工艺磁路结构。音圈是扬声器的重要部件。将传统的圆铜线改为扁平线、方形线；把传统纸张绕制音圈骨架，改为用铝、钴、铍、Kapton 塑料膜绕制音圈骨架已取得一定的突破。目前专业大型低音扬声器音圈用玻璃纤维（TIF）作音圈骨架，此种材料耐温 250 ~ 300℃，比

Kapton 耐温高，能承受更大的功率。在未来，人造金刚石、太空硅玻璃、金属单晶硅等材料将为生产新一代扬声器作出贡献。

国外部分厂家生产的扬声器及扬声器系统（音箱）在国际上有较高信誉。如英国 B&W、KEF、AE、CELESTION MISSION，美国 JBL、BOSE、MS、EV 公司，法国 FOCAL 公司，德国 HECO 公司，丹麦 DALI、JAMO 公司，日本 Foster 公司等。虽然我国扬声器生产与国际仍有一段距离，但也正朝着新技术、新工艺、新材料方向发展。

第二节 扬声器的基本特性

一、功率特性

扬声器使用说明书或扬声器上所标志的功率参数值是产品的重要指标之一。国产扬声器制造厂家所标的功率值称额定值（标称功率）。这种功率定义测试，规定谐波失真在给定扬声器标称功率的恒定电压下，所测量的非线性失真系数不应超过规定值。由于该值取决于失真值，所以其功率参数值定得比较低。

国外扬声器厂家所给出的扬声器输入功率参数值，则不受非线性失真的限制，而是加有实际粉红噪声（噪声频谱近似粉红光谱）信号给扬声器。连续 100h，扬声器无过热和机械损伤地安全工作，则该输入功率称为扬声器额定最大噪声功率（额定噪声功率）。该参数值往往比标称功率大 2~4 倍。

国内外扬声器功率质量指标定义的不一致，造成了同一产品规格上的混乱。为了消除这种混乱，1985 年我国颁布了新部标，于 1988 年又通过 GB9396—9400 新国标，1996 年改版为 GB9396—9397—1996 新国标。在新部标和新国标中，结合国际电工委员会颁发的《电声器件·扬声器》和《对高保真设备中扬声器的最低要求》，扬声器质量指标——功率定义为特性功率，最大噪声功率（额定噪声功率），最大正弦功率，长期功率（额定长期功率）和短期功率等。

1. 标称功率

标称功率的定义，在我国已使用了很长时间，近来很多扬声器厂家已逐渐改用其他的标称定义，但旧标的扬声器在市场上还有一定的库存量。

标称功率是用连续正弦波有效值功率测定其失真值的，因此功率值定得较低，是最低标称功率的标志。例如一个扬声器标志谐波失真为 3%，即定为 5W 失真为 3%，那么标称功率就是 5W。若失真低于 3%，则其标称功率还可稍提高。

使用标称功率，扬声器长时间工作既不会产生过热，也不会产生机械过载，并无明显的失真。由于实际放音时，音频信号幅度往往突然变得很大，可能大大超过标称功率，虽然这种情况持续时间很短，但为了安全工作，扬声器应有足够大的承受功率容量，必须高于标称功率 1.5~2 倍，也就是说，输入功率略低于标称功率为宜。

同一品牌的扬声器，铭牌上的标称功率为 5W，则额定噪声功率可标 15W。若改用短期噪声功率标志，则可高达 50W。因此，使用者必须弄清扬声器所标功率的含义，才

能正确地与扩音机进行配接。

2. 特性功率

特性功率是指，在 100 ~ 8 000Hz 频率范围内，测量仪输入粉红噪声信号至扬声器系统，距离音源 1m 处产生一个 94dB 的特性声压级，则该扬声器特性功率为 5W。其值决定扬声器的灵敏度，该扬声器的灵敏度为 87dB。

3. 最大噪声功率（额定噪声功率）

扬声器系统在一定的额定频率范围内，规定用专门测试噪声信号加至扬声器 100h 进行试验（该噪声信号的频谱分布较为接近实际的节目信号），结果并没有过热和机械损伤，达到长期安全地工作，这样测试而得的功率称为额定噪声功率。这一功率与失真无关，所以往往比标称功率大 2 ~ 4 倍。国外的扬声器一般都标示这一功率，国产扬声器也逐渐使用这一功率含义定值。

4. 最大正弦功率

扬声器系统在一定频率范围内，馈给连续正弦功率试验，结果扬声器音圈振动不应产生打底声，也没有过热或机械损伤。由于该功率不受失真值的限制，所以该项功率比标称功率高。

5. 长期功率（额定长期最大功率）

扬声器系统在一定频率范围内，馈给专门规定噪声信号功率试验。扬声器承受此功率在 1min 内不会产生永久性机械损伤，每 2min 试验 1 次，重复 10 次。这项功率比额定噪声功率大许多。

6. 短期功率

在一定频率范围内，馈给扬声器系统专门规定的噪声信号功率进行试验，扬声器承受此项功率在 1s 内不会引起永久性的机械损伤，则此功率为短期功率。它在所有命名功率中标值最大，可以比标称功率大 8 ~ 10 倍。

7. 音乐功率

功率主要取决于扬声器承受 250Hz 以下短期正弦信号频率的能力。扬声器承受此功率，通过实际试验，既无明显的失真，也无过热及机械损伤。音乐功率标值源于德国 DIN45500 标准，它是综合功率的实际标值，有可能被世界各国扬声器厂家所采用。

二、频率特性

扬声器的频率响应特性是衡量其质量的重要指标。对扬声器频率的要求，即是对重播音频信号频率范围能否满足要求而言，因此必须测定实际频率特性曲线。

测试扬声器必须在消音室中进行：使一台正弦波音频信号发生器输出不同的频率，功率电压馈给扬声器，使扬声器工作，纸盆（振盆）振动产生变化的声压。而在距扬声器中心一定距离（如 0.5m、1m 等）处安装，一测试用电容传声器（传声器自身的响应特性曲线平直），这样，扬声器对不同频率的输出声压的反应就由电容传声器输送到自动记录仪并同步地记录下来，以获得一条扬声器的频率响应特性曲线，简称扬声器频响曲线，如图 1-2-1 所示。

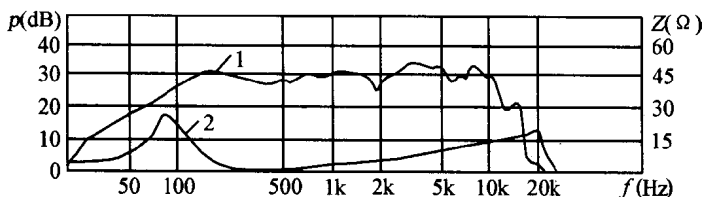


图 1-2-1 YD156—7 型扬声器特性曲线

1. 频响特性曲线; 2. 阻抗特性曲线

对于同规格的扬声器，其频率特性曲线越平坦者越好，它表明该扬声器重放频率失真少，重放精度较高。扬声器的口径尺寸、结构型式，纸盆形状等对其频率特性均有影响。每种扬声器都有一定的频率范围。音频信号的频率范围较宽，为 20Hz ~ 20kHz。由于扬声器受各种条件限制，使其频率特性不可能全部包含在这一全程频率范围内，只能使其中某一频带内的输出较强而失真小，另一频率范围内的输出较弱而失真大而已。

对于动圈式纸盆扬声器，口径越大，低频响应越丰富，橡皮折环、布折环或塑料泡沫折环的扬声器尤为明显。口径小的纸盆扬声器高音响应良好，通常 Hi-Fi 类扬声器中直径在 165mm 以上者低频特性好。直径为 100 ~ 130mm 的扬声器属中音扬声器，口径 < 100mm 则为高音扬声器。

以频率划分，500Hz 以下的为低音扬声器；500 ~ 5 000Hz 为中音扬声器；5 000 ~ 20 000Hz 为高音扬声器。

为了获得全频域的响应，必须选用不同类型的扬声器组成音箱，相互取长补短，才能使音色达到最佳。

三、阻抗特性

扬声器上标志的阻抗，单位为 Ω 。音圈阻抗基本由音圈直流电阻和音圈感抗两部分组成。音圈阻抗特性，即为音圈阻抗随加 $Z(\Omega)$ 至音圈上的信号频率变化而变化的特性，如图 1-2-2。在曲线的低频段和中频段，由于频率较低，感抗很小，可忽略，这时音圈振速最大，音圈导线切割磁力线而产生的反电动势也达到最大，从而使阻抗呈最高阻。这时扬声器的阻抗大都接近音圈的直流电阻。扬声器工作于高频段时，音圈的感抗起作用，而音圈阻抗缓缓上升。这时，它的阻抗是音圈直流电阻的几倍 ~ 几十倍。

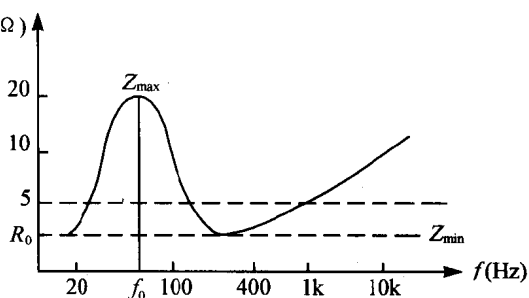


图 1-2-2 扬声器的阻抗特性曲线

四、非线性失真

扬声器是一个非线性发音系统，故容易产生失真。扬声器重放音时会出现许多附加信号成分，从而形成非线性失真。非线性失真主要有以下几种。

1. 谐波失真

磁隙中磁场不均匀、振动系统边缘折环和定心支片顺性在大振幅情况下会引起谐波失真。这种失真总是出现在低频段，频率越低，纸盆振幅越大，谐波失真越明显。图 1-2-3 是 165mm (6.5in) 纸盆扬声器在不同频率时所对应的谐波失真曲线值。由图可明显地看到，扬声器谐振频率在 90Hz 处失真最大，高达 16%。

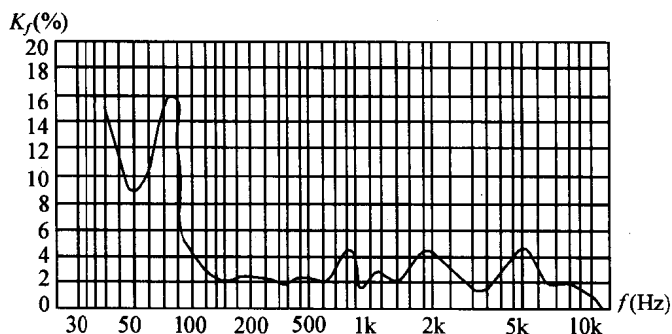


图 1-2-3 不同频率下扬声器的谐波失真曲线

2. 调制失真

扬声器音圈同时输入低频和高频信号，例如低频 100 ~ 200Hz，高频 6 ~ 7kHz，纸盆则同时振动，并出现高频声振动调制低频的现象，这样必然会产生调制失真，使音色发硬。

3. 瞬态失真

扬声器音圈通以电流，振动系统产生振动而发音，必然会产生一定的惯性作用。惯性系统要达到稳定，需要一定时间，如果这种建立时间太长，各种变化极快的信号接踵而来，纸盆的振动就跟不上信号的变化，从而产生放音失真，以脉冲形声音尤为明显。

4. 分谐波失真

分谐波失真是纸盆扬声器的一种固有失真。在输入信号的正半周，纸盆向上弯曲运动；在信号的负半周，由于惯性作用，纸盆被拉直略微往下弯曲，只待下一个输入信号的正半周到来时才会往下运动。所以纸盆的振动频率只有信号频率的一半，造成分谐波失真。这种失真对直线形纸盆失真较为明显，而指数形纸盆几乎不会产生分谐波失真。

五、额定特性灵敏度级

扬声器额定特性灵敏度级，是指在规定的频率范围内，在自由场条件下，相当于馈给扬声器 1W 粉红噪声信号电压，在其参考轴上距参考点 1m 处所产生的声压级。

如果测试功率不取 1W，距离不是 1m，则声压级可用下式换算：

$$L_p = 20 \lg \frac{p_r}{p_0} - 10 \lg \frac{P_e}{P_{e0}} + 20 \lg \frac{r}{r_0}$$

式中 L_p ——换算到 1m，1W 时的声压级 (dB)；

p_r ——在 r 处测到的声压 (Pa)；

p_0 ——基准声压，20MPa；

P_e ——测试时馈给扬声器的功率 (W)；

P_{e0} ——参考功率 1W；

r ——测试距离 (m)；

r_0 ——参考距离 1m。

选购扬声器时，当选同口径下，1m，1W 所测声压级高的扬声器。声压级越高，扬声器灵敏度也就越高，对降低非线性失真很有利。

六、指 向 性

在不同方向上扬声器声辐射的声压分布是不同的，表述这种频率响应的声压性能指标称为辐射指向性。扬声器的指向性与频率有关。扬声器工作于 250 ~ 300Hz 以下，并没有明显的指向性；工作于 1 500 ~ 2 000Hz 以上时，则指向性明显。频率越高，声束越窄，站在扬声器正面与旁侧倾听，则有明显的区别。指向性与扬声器的口径大小有关。口径越大，指向性越尖锐。

第二章 扬声器的类型和结构

第一节 扬声器的类型

扬声器品种繁多，若按扬声器的换能原理来分类，则可分为电磁式扬声器、励磁式扬声器、静电式扬声器、压电陶瓷式扬声器、电动式扬声器、挂画式平面扬声器。

一、电磁式扬声器

电磁式扬声器（舌簧式）主要由永久磁铁（马蹄形）、衔铁（舌簧）、线圈、纸盆和盆架等组成，如图 2-1-1 所示。磁铁是用软铁制成马蹄形，使磁力线集中于两端的极靴上。在两极靴中加入线圈，并在极靴中心嵌入一块用硅钢片制成的舌簧，并与传动装置及纸盆连接。当线圈没有音频电流通过时，舌簧两端在磁场中所受的作用力互相抵消，舌簧静止不动。当线圈有音频电流通过时，舌簧被磁化，两端所产生的极性迫使舌簧倒向一边。当电流交替变化时，其吸引力和排斥力的作用会随着音频电流的变化而变化，因而带动纸盆振动，使之发出声音向空间辐射。

舌簧线圈一般用 0.08mm 左右的漆包线绕上 4 000~5 000 匝制成，直流电阻约 800~1 000 Ω 。舌簧扬声器的特点：灵敏度高，结构简单，成本低。但其阻抗高，频率特性差，较高和较低的音频都发不出来，失真大，振幅小，声压低，承受功率在 1/4~1/2W 之间。这是一种老式扬声器，20 世纪 50 年代农村广播网曾大量使用，现今已逐渐被电动式纸盆扬声器所取代。

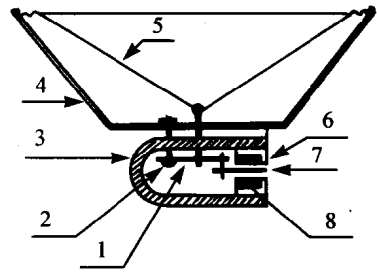


图 2-1-1 电磁式扬声器

1. 传动支架；
2. 固定支片；
3. 磁铁；
4. 盆架；
5. 纸盆；
6. 极靴；
7. 舌簧；
8. 线圈

二、励磁式扬声器

励磁式扬声器与永磁电动式扬声器相似，主要区别在于磁体部分。励磁式扬声器的大形线圈是整流系统中的扼流圈，它通过高电压大电流产生磁力，并与音频信号电流互作用，推动音圈作活塞式振动，带动纸盆发出声音，如图 2-1-2。

励磁线圈安装在扬声器芯柱上，一般用 0.16~0.20mm 漆包线绕上 5 000~10 000 匝而成，其直流电阻约 1 000~2 000 Ω 。绕线越多，产生的磁力越强，但直流电阻会随之增大。因此，要根据所使用的收音机整流系统的电压及电流，配合选定励磁线圈的规

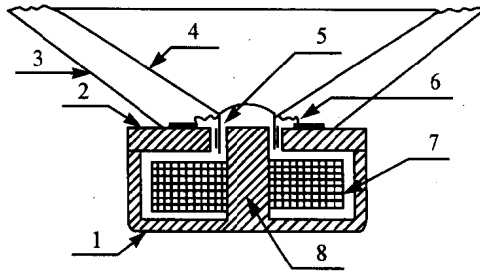


图 2-1-2 励磁式扬声器

1. 铁碗; 2. 上夹板; 3. 盆架; 4. 纸盆; 5. 音圈; 6. 支片; 7. 励磁线圈; 8. 磁芯柱

格。其他部分基本与电动式扬声器相同。

这种扬声器主要用于老式交流电子管式收音机上。收音机不工作时，扬声器没有磁力存在；只当收音机工作，电流通过励磁线圈产生磁力时，扬声器才能正常工作。可见，这种扬声器的使用有着极大的局限性，现今逐渐被淘汰。

三、静电式扬声器

静电式中高频扬声器的工作原理极简单，它是以电容器原理制作而成，可以看做是一个能振动发声的电容器。按结构类型，静电扬声器可分为单极式、推挽式和驻极体式。

1. 单极式

图 2-1-3 是最简单的单极式静电扬声器。它用一金属板作固定极板，用导电材料制成轻且薄的动膜片作另一块电极（辐射电极），两极板间的距离极小。振动膜片采用金属箔或金属化涤纶薄膜制成。

静电扬声器工作时，需要相当高的极化电压，一般为 500 ~ 2 000V，实际当中要视静电扬声器而定。当两极接上极化电压并输入足够幅度的音频信号电压时，两极异性电荷相吸充电，产生强弱变化的电场，迫使膜片振动，从而辐射声波。

要获得静电式中高频扬声器的最大不失真有效输出，关键在于极化电压与音频信号电压的匹配。音频信号过高，将使扬声器过荷和失真；相反，极化电压过高，则可能击穿振动膜片。

静电扬声器的频率特性曲线较平坦，频率范围一般为 500 ~ 20 000Hz，阻抗为容性，如图 2-1-4 所示。

2. 推挽式

推挽式静电扬声器是在单极式静电扬声器中增加一电极而成。它用两块固定的电极

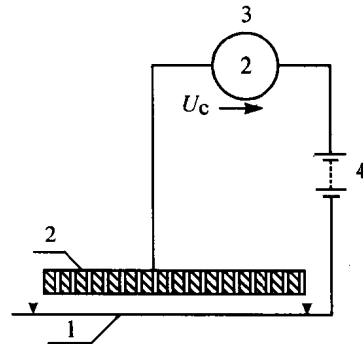


图 2-1-3 单极式静电扬声器的结构

1. 振动膜片; 2. 固定电极; 3. 输入音频信号; 4. 极化电压