

无线电爱好者丛书

音箱业余设计和制作实例

张银华 编译 俞锡良 审订



内 容 提 要

本书详细介绍扬声器系统(俗称音箱)的简易设计和制作。内容包括扬声器与扬声器系统的简介;设计方案与部件的选择;封闭音箱和倒相型音箱的设计方法与制作技巧;设计制作的实例与改进现有音箱的技巧;折叠等宽号筒音箱和空纸盆音箱的原理及设计制作。内容通俗易懂,具有较强的实用性和系统性。可供广大无线电爱好者自学制作音箱用,也可供音响方面的有关技术人员参考。

无线电爱好者丛书

音箱业余设计和制作实例

Yinxiang Yeyu Sheji He Zhizuo Shili

张银华 编译

俞锡良 审订

责任编辑 孙中臣

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

顺义向阳胶印厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本787×1092 1/32 1991年2月 第一版

印张:9¹⁶/₃₂ 页数:152 1991年2月北京第1次印刷

字数:214千字 印数:1—20000册

ISBN 7-115-04410-4/TN·427

定价:3.65元



中国电子学会科学普及读物编委会名单

顾 问：杜连耀 毕德显 吴朔平 任 朗
 顾德仁 张恩虬 陈芳允 秦诒纯
主 编：孟昭英
副主编：吴鸿适 王守觉 李三立 凌肇元
编 委：叶培大 童志鹏 陶 棫 甘本祓
 何国伟 周炯槃 邱绪环 王玉珠
 周锡龄 周明德 刘 诚 俞锡良
 王明臣

本书责任编辑：俞锡良

CP91/08

丛 书 前 言

电子科学技术是一门发展迅速、应用广泛的现代科学技术。电子技术水准是现代化的重要标志。为了尽快地普及电子科学技术知识，中国电子学会和出版部门约请有关专家、学者组成编委会，组织编写三套有不同特点的、较系统的普及丛书。

本丛书是《无线电爱好者丛书》，由人民邮电出版社出版。其余两套是《电子应用技术丛书》，由科学普及出版社出版；《电子学基础知识丛书》，由科学出版社出版。

本丛书密切结合实际讲述各种无线电元、器件和常用电子电路的原理及应用；介绍各种家用电子设备（如收音机、扩音机、录音机、电视机、小型电子计算器及常用测试仪器等）的原理、制作、使用和修理；提供无线电爱好者所需的资料、手册等。每本书介绍一项实用无线电技术，使读者可以通过自己动手逐步掌握电子技术的一些基本知识。本丛书的读者对象是广大青少年和各行各业的无线电爱好者。

我们希望广大电子科学技术工作者和无线电爱好者，对这套丛书的编辑出版提出意见、给以帮助，以便共同努力，为普及电子科学技术知识，为实现我国四个现代化作出贡献。

编译者的话

日本林正仪编著的《任何人都能制作的扬声器系统——设计制作大全》(1983年8月日本第一版)是一本适合音响爱好者阅读的实用性科普读物。为了便于国内广大读者学习参考,我们采用了编译的方式将本书奉献给大家,并将书名改为《音箱业余设计和制作实例》。

需要特别说明的是,在编译当中,考虑到一些基础知识应当加以补充,尤其是新型放声系统的内容需要有一定的篇幅,所以,我们将原著的序章合并到第三章,并增加了第十、十一两章。将其余章节的内容也都进行了适当地增删。

在书稿完成后,蒙北京无线电厂高级工程师俞锡良审校,谨此表示衷心的感谢。

由于编译者的水平所限,书中的缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

张银华

1989年7月于北京

目 录

第一章 扬声器及其系统简介.....	1
第一节 扬声器简介.....	1
第二节 扬声器系统简介.....	14
第二章 各种扬声器及其构造.....	40
第一节 纸盆扬声器.....	41
第二节 球顶扬声器.....	42
第三节 号筒扬声器.....	43
第三章 设计前的研究和准备.....	46
第一节 设计前的市场调研.....	46
第二节 阅读产品目录.....	47
第三节 设计时所需要的数据.....	54
第四章 音箱设计.....	56
第一节 封闭音箱设计.....	58
第二节 倒相音箱设计.....	67
第三节 最终音箱内容积 V_0 的计算.....	80
第四节 音箱结构尺寸的计算.....	81
第五章 分频网络的设计和制作方法.....	87
第一节 多分频音箱和分频网络.....	87
第二节 滤波器的工作状态.....	89
第三节 分频网络及其特性.....	93
第四节 分频网络的设计.....	101
第五节 阻抗补偿回路.....	113
第六节 分频网络的制作方法.....	118

第六章 衰减器的设计和制作方法	125
第一节 衰减器的工作状态.....	125
第二节 衰减器的使用方法.....	126
第三节 固定式衰减器的设计.....	127
第四节 三阶衰减器的自制方法.....	130
第七章 制作音箱所需的工具和材料	134
第一节 制作音箱所需的工具.....	134
第二节 制作音箱所需的材料.....	136
第三节 制作音箱的程序.....	137
第四节 音箱机械强度的加强.....	140
第五节 音箱外观的装饰.....	142
第六节 树脂防护网的制作方法.....	144
第八章 音箱设计制作技术实例〔I〕	145
第一节 二分频封闭音箱的设计和制作.....	146
第二节 全频带封闭音箱的设计和制作.....	158
第三节 二分频倒相音箱的设计和制作(1).....	165
第四节 二分频倒相音箱的设计和制作(2).....	175
第五节 三分频倒相音箱的设计和制作.....	195
第九章 音箱设计制作技术实例〔II〕	206
第一节 高清晰的超高音音箱的设计和制作.....	206
第二节 丰富低音的3D系统的的设计和制作.....	211
第三节 全频带扬声器用作中高音扬声器的方法.....	214
第十章 折叠号筒音箱的设计和制作	219
第一节 高效率扬声器的音响效果.....	219
第二节 常用的号筒音箱形式.....	222
第三节 折叠等宽号筒音箱的原理和设计.....	223
第四节 折叠等宽号筒音箱的制作方法.....	230

第五节	折叠等宽号筒音箱的优点及其设计和制作中的注意事项.....	234
第六节	分频网络的设计.....	235
第十一章	空纸盆音箱.....	239
第一节	空纸盆音箱与倒相音箱的比较.....	240
第二节	空纸盆口径的大小.....	248
第三节	空纸盆音箱的设计和制作.....	249
第四节	空纸盆音箱实例.....	257
第五节	增音空纸盆音箱简介.....	258
[附录一]	国产扬声器技术参数一览表.....	260
[附录二]	扬声器振动系统等效质量 m_0 的计算方法.....	276
[附录三]	扬声器品质因数 Q_0 的计算方法.....	281
[附录四]	胶合板规格表.....	283
[附录五]	音箱填充的各种吸声材料的吸声系数.....	284
[附录六]	声压——分贝 (dB) 换算表.....	285
[附录七]	常用声学术语.....	287
[附录八]	书中公司符号名称的含义.....	292
参考文献	292

扬声器及其系统简介

第一节 扬声器简介

一、扬声器有哪些特性参数

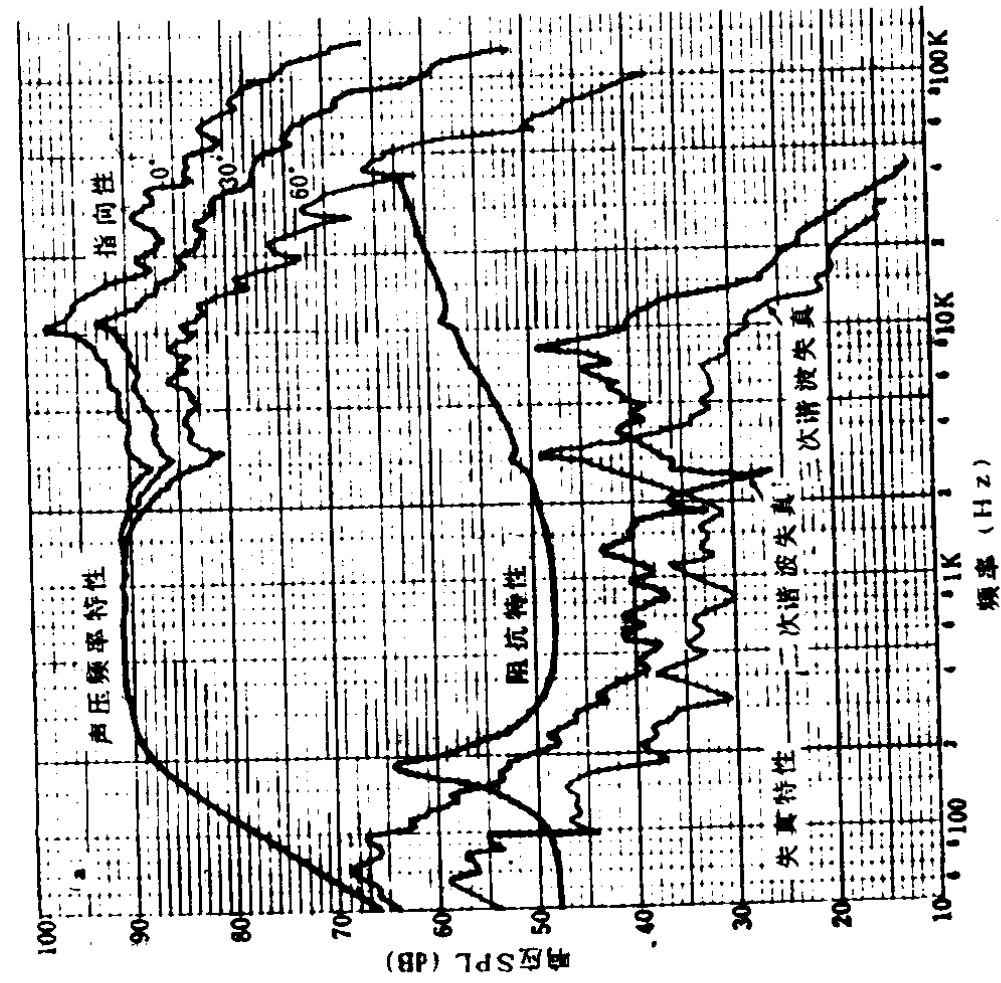
扬声器是一种把电信号变换成声信号的电声换能器件。其变换保真度如何，将由扬声器的性能好坏来决定。表示扬声器性能好坏的量叫特性参数。现就常用的几个特性参数的概念，简单介绍如下。

1. 声压频率特性

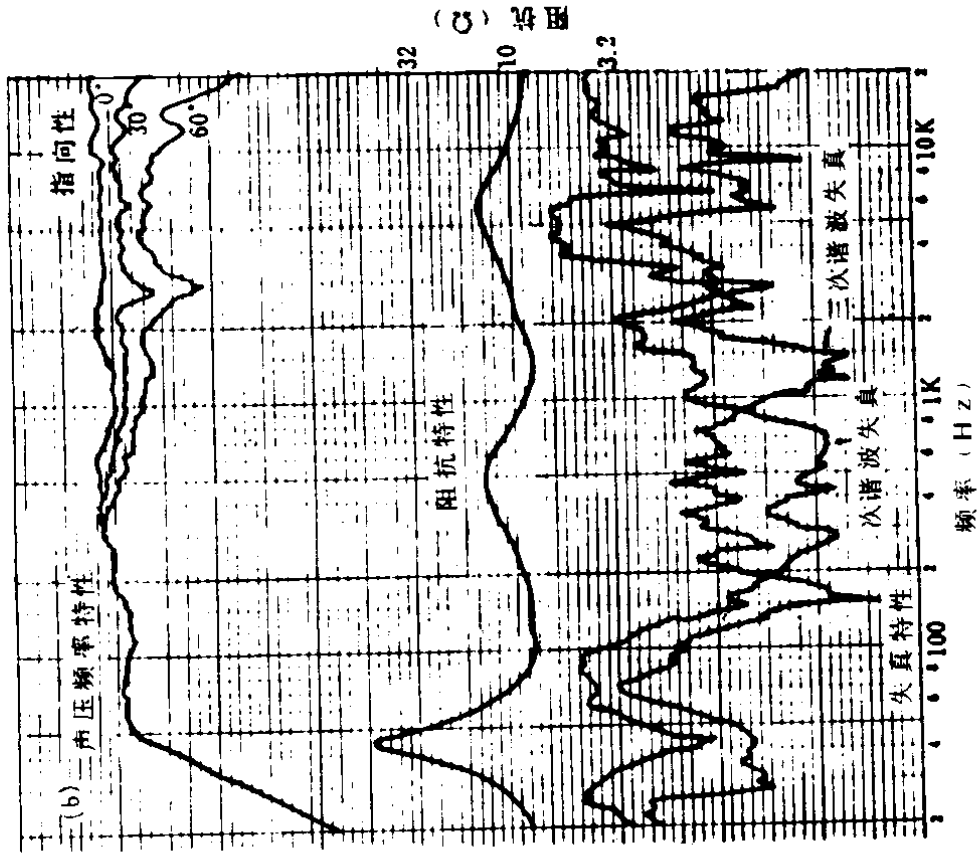
把电信号变成声信号时，即使让扬声器的输入电信号大小保持恒定不变，输出端的声压仍会随电信号频率的变化而产生强弱的变化。这种声压随频率变化的关系，若作成图表曲线即成（图 1-1 所示形式，我们把它叫声压频率特性。如果扬声器从低音到高音能均匀重放，即声压不随频率变化，我们就说这种扬声器（或扬声器系统）声压频率特性好。

2. 指向性

扬声器的声压频率特性是随方向而变化的。这种声压随方向变化的特性叫指向性。通常是用极坐标来表示扬声器输出声



(a) 扬声器特性



(b) 扬声器系统特性

图 1-1 扬声器诸特性

压（级）随方向而变化的特性，矢径的长度表示声压的高低，矢径与纵轴的夹角即为测试点与扬声器正前方的夹角。图 1-2 示出了扬声器的指向性与频率的关系。这里只标出了轴向， $\pm 30^\circ$ 和 $\pm 60^\circ$ 指向性。如果扬声器的声压无论在什么方向上大

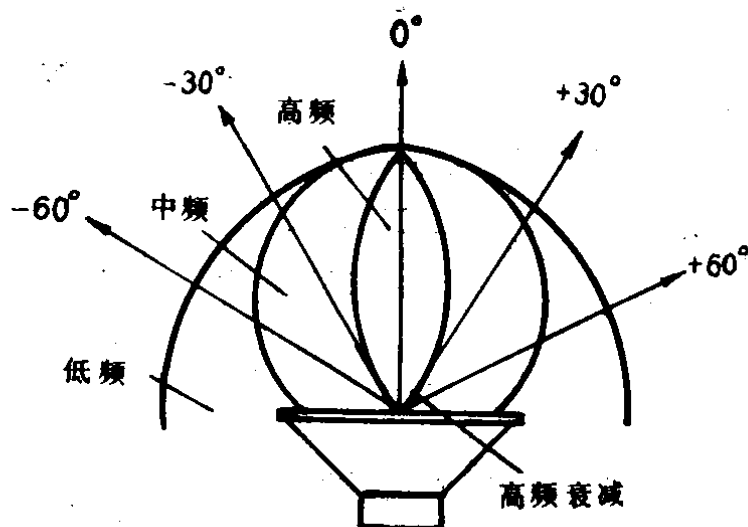


图 1-2 扬声器的指向性

小都一样，我们就说这种扬声器（或音箱）是全指向性的。图 1-3 为一个具体扬声器的指向性图形实例。从图上看，频率不同，极坐标图形状也不同，即指向性是随频率而变化的。

3. 谐波失真特性

从扬声器辐射出去的声音理应只是所加信号的声音重现，但实际上辐射出来的声音中除基频信号声外，还有二倍频和三倍频等声音，在术语上叫二次谐波和三次谐波等。因为这些谐波成分存在，使声音听起来有异常感，这叫谐波失真。表示扬声器谐波失真大小的参数是失真特性。谐波分量可以从二次到十多次，但影响比较大的是二次及三次谐波成分。

4. 效率

扬声器（或音箱）输出声功率与输入电功率之比称作效率。各种扬声器的电声换能效率虽然不一样，但是其效率都是很低

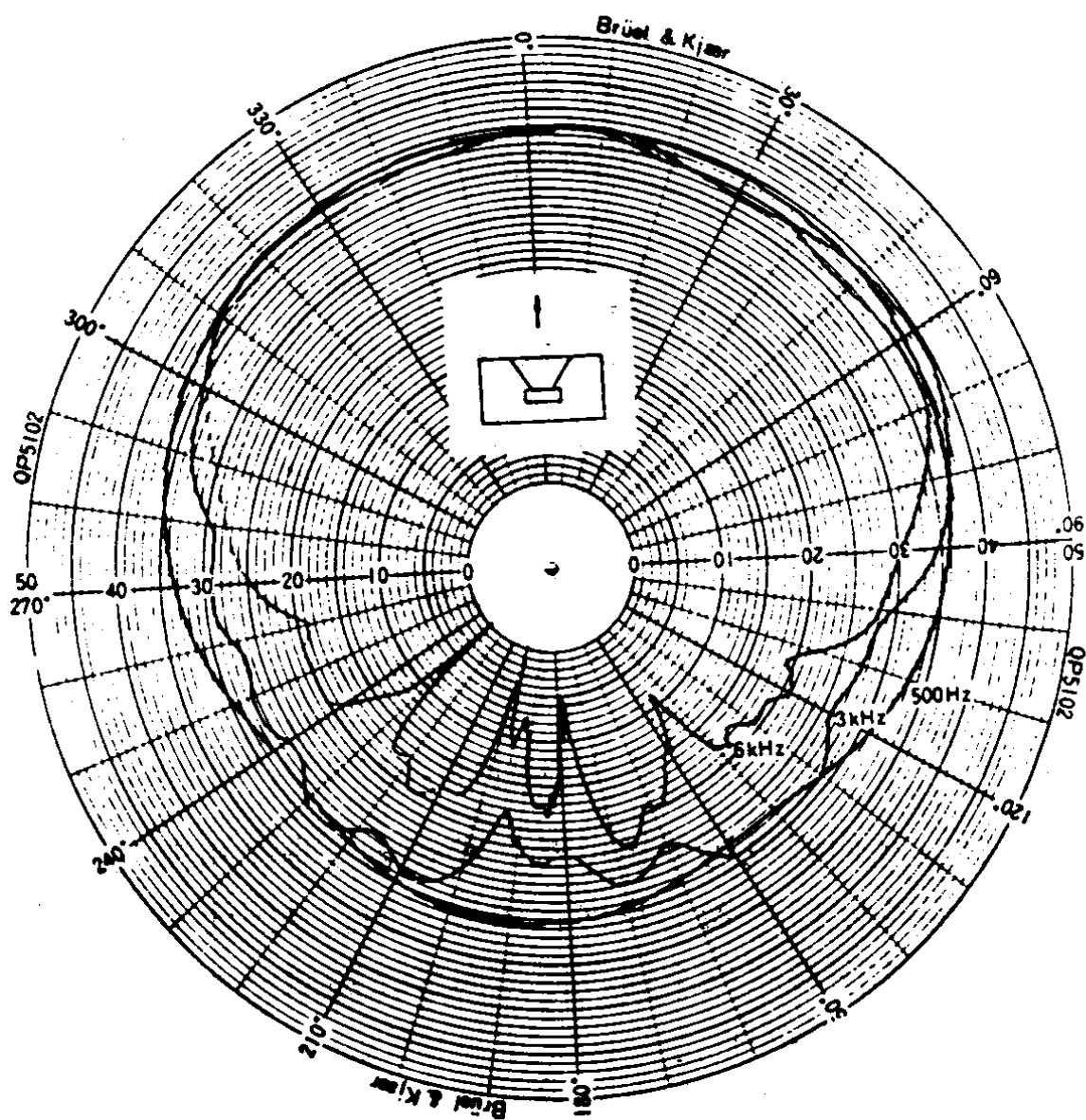


图 1-3 扬声器指向性图形实例

的。纸盆扬声器的效率只有0.5~2%；其他一些种类的扬声器的效率，一般也只有百分之几。

由于扬声器效率的测试是相当复杂和费时间的，所以常常用灵敏度高低来估计扬声器的效率。可以说，灵敏度高的扬声器效率一般也较高。但灵敏度和效率这两者的概念是不同的。因为在计算效率时的声功率是指全部声功率。而灵敏度仅指测量时的参考轴上离参考点所处位置而言，其中还与辐射方向性

有关。

表示灵敏度的方法很多，我国主要用扬声器特性灵敏度和特性灵敏度级来表示。

特性灵敏度：当扬声器加上相当于在额定阻抗上耗散 1 瓦电功率的粉红^[注]噪声信号（在扬声器额定功率范围内）电压时，在测量参考轴上离参考点 1 米处产生的声压。特性灵敏度是用特性灵敏度级分贝（dB）数来表示的。

日本国家标准(JIS)规定扬声器输出的声压级(即灵敏级)为在指定的频带或功率上，馈给扬声器 1 瓦的输入功率，在参考轴上距参考点 1 米处的声压级（用dB 表示）的平均值（几点平均）。

5. 阻抗特性

扬声器作为放大器负载时，其阻抗值大致按几 Ω （欧姆）考虑，差不多所有高保真扬声器，其阻抗都在 4~16 Ω 范围内。阻抗特性就是阻抗值随频率变化的特性。在进行多分频扬声器系统设计时，计算分频网络和衰减器元件值要用到阻抗值。

6. 最大输入功率

最大输入功率就是扬声器输入端容许加的最大电信号功率量，这是选择所需放大器最大输出功率时的主要依据参量。

7. 标称功率

标称功率又称额定功率，是指扬声器能长时间正常安全工作的输入电功率。扬声器在标称功率下工作时，既不会产生过热，也不会机械过载致损，并且发出的声音也不会产生明显失真。但在实际应用中，扬声器所加输入功率短时间可能会大大

[注] 它是指在宽广的频率范围内等比例带宽能量相等的噪声。即在对数坐标中，其能量分布是均匀的；而在线性坐标中，能量分布为每一倍频程下降 3 分贝。“粉红”两字是从光谱学名词中借用来的（见音箱设计一书附录）。

超过标称功率，这就要求扬声器实际功率容量必须高于标称功率1.5~2倍，即为前项“6”的最大输入功率容量。为了声重放获得良好的音质，所加输入功率略低于标称功率为宜。

二、扬声器的分类方法

扬声器的分类方法很多。一般用三种方法进行分类：一种方法是按怎样把电信号加在振膜上使之变换成机械力（进而产生声振动），即按驱动方式进行分类；另一种方法是按振膜或辐射器形状进行分类；第三种是按用途分类。

1. 按驱动方式分类

表1-1是按驱动方式进行分类的情况。

表 1-1 按驱动方式进行分类

驱 动 方 式	作 用 原 理
电 磁 式	由声源信号磁化了的振动部分与磁体的磁性相互吸引和排斥，产生驱动力，在这种力的作用下振膜振动而发声。
电 动 式	声源信号电流流过音圈产生的磁场与磁体磁场相互作用而形成电磁力，振膜在这种力的作用下振动而发声。
静 电 式	把导电振膜与固定电极按相反极性配置，形成一电容，将电信号加于此电容的两极，极间电场变化产生吸引力，使振膜振动发声。
压 电 式	把压电元件置于电场中会发生位移（形变），利用这种原理制成扬声器叫压电扬声器。

2. 按振膜或辐射器形状分类

按振膜形状分，有纸盆形、平板形、球顶形、带状形及薄片形等（见图 1-4）。

(1) 锥形振膜扬声器

平时一提到扬声器，就会想到锥形振膜扬声器，也叫纸盆扬声器。这是目前广泛采用的一种扬声器类型，尤其是作为高




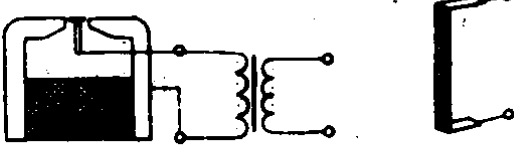

纸盆型	
平板型	
球顶型	
带状型	
薄片型	

图 1-4 按振膜形状进行扬声器分类

保真扬声器系统中的低音扬声器。

所谓纸盆扬声器，其振膜成圆锥形状，它同振膜成平板形状或球面形状扬声器有区别，其结构见图1-5。

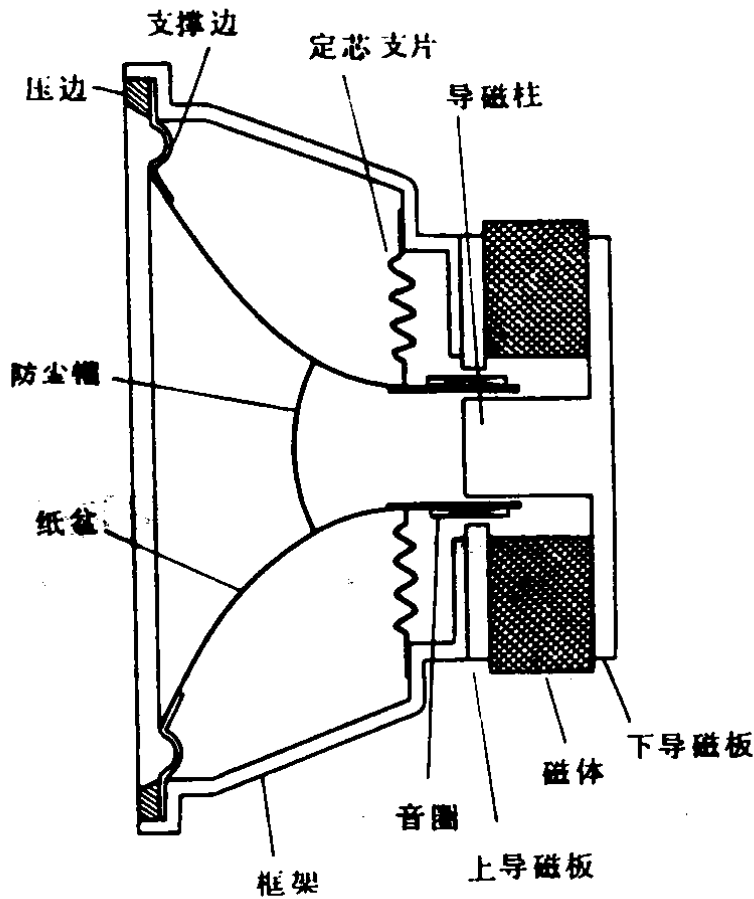


图 1-5 纸盆扬声器剖面图

纸盆扬声器大体由振动系统、支撑系统和磁路系统三大部分构成。振动系统包括纸盆和音圈等；支撑系统包括使音圈正确保持在磁空隙内的定芯支片及用于支撑纸盆的支撑边等；磁路系统包括磁体、导磁柱和导磁板等。纸盆开口的形状有圆形和椭圆形两种，其中圆口用的最多。纸盆从断面上看，有各种各样形状，但使用最多的是直线形纸盆和抛物曲线形纸盆（见图1-6）。

锥形振膜所用材料中最普遍的是纸，或在纸中再加些用以

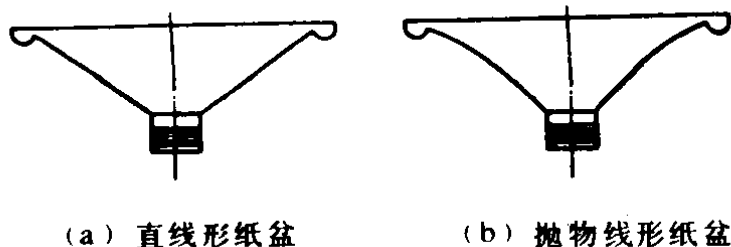


图 1-6 纸盆断面形状

加强机械强度的添加料。所以人们常把纸形振膜叫纸盆或纸锥，其实，它不一定全是纸质的，近期也出现了用金属材料或合成材料作成锥形振膜的。

(2) 平板扬声器

锥形振膜扬声器辐射面呈凹形，所以在实际应用中会产生如图 1-7 所示的“前腔效应”。这种“前腔效应”使声压频率特

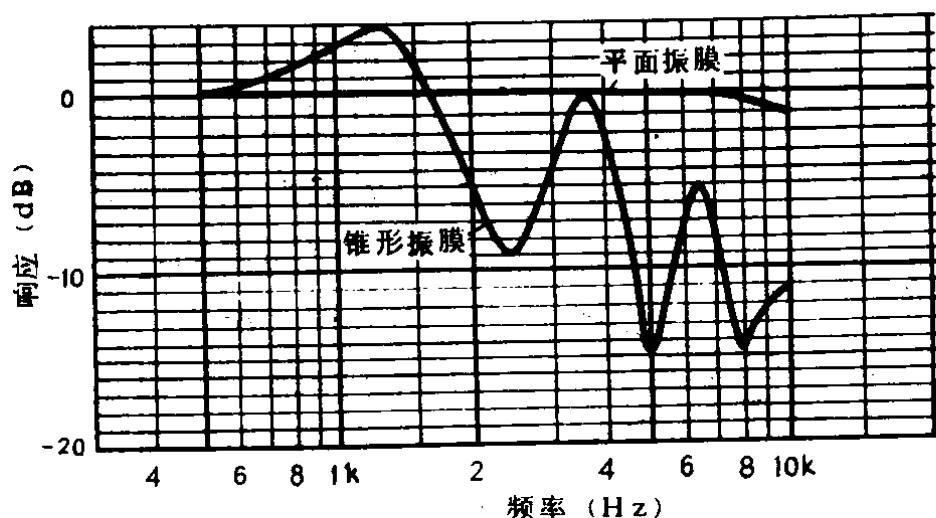


图 1-7 纸盆凹处产生的“前腔效应”

性产生波动性衰减现象，从而大大降低了扬声器的活塞运动范围。为了克服这种缺点，可把振膜作成平板形状。为了进一步提高活塞运动范围，要对结构形状和所用材料加以选择。平板扬声器有直接驱动平板扬声器和在锥形腔体内填有发泡树脂等