

音箱 业余设计与 制作400例

张庆双 编著



精
品
系
列



无线电爱好者丛书

高、中、低档音箱简易设计方法

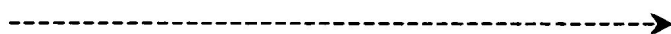
来自实践的业余制作经验

400个不同档次音箱的
制作实例

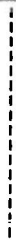
不用设计，参考制作实例
也能制作音箱

人民邮电出版社

无线电爱好者丛书精品系列



音箱业余设计与制作400例

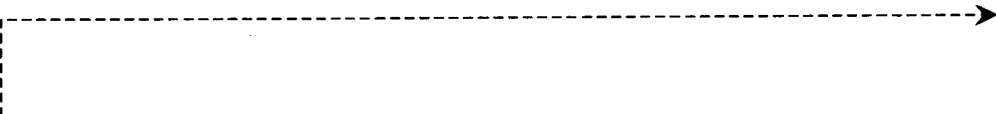


张庆双 编著



人民邮电出版社





内容提要

音箱是 Hi-Fi 音响系统和 AV 家庭影院系统的贵重设备。本书通俗而详尽地介绍了各种型式、各种档次音箱的业余设计和业余制作方法。为了满足音响爱好者的不同需求,书中还给出了 400 个音箱制作实例,最适合不懂或不愿进行公式计算而又想自己动手制作音箱的朋友们参考。

本书内容力求新颖、通俗、实用,适合广大无线电爱好者和音响爱好者阅读。

《无线电爱好者丛书》精品系列 音箱业余设计与制作 400 例

◆ 编 著 张庆双

责任编辑 刘文铎

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@pptph.com.cn

网址 <http://www.pptph.com.cn>

河北涿水华艺印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:24

字数:598 千字

1999 年 9 月第 1 版

印数:8 001—12 000 册

2000 年 7 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-115-07937-4/TN·1512

定价:31.00 元

中国电子学会
《无线电爱好者丛书》编委会

主 任:杜肤生
副 主 任:徐修存 宁云鹤 李树岭
编 委:王亚明 刘宪坤 王明臣
 刘 诚 孙中臣 安永成
 郑凤翼 赵桂珍 聂元铭
 郑迎春 孙景琪 李勇帆
 刘文铎 陈有卿 徐士毅
 于世均 贾安坤 张国峰

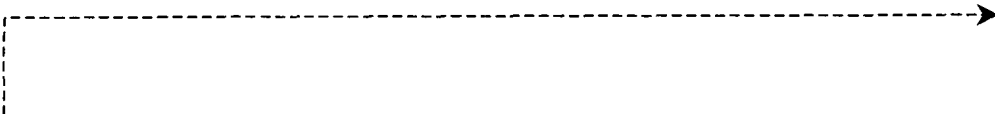
无线电爱好者丛书前言

众所周知,迅速发展着的无线电电子技术,是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识,培养更多的无线电爱好者,适应现代化建设的需要,中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发,按照理论联系实际的指导思想,深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理;介绍各种家用电器、电子设备(如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等)的工作原理、制作技术、使用和维修方法,为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书,使读者通过阅读本丛书和不断动手实践,能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者,对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见,给予帮助。让我们共同努力,为普及无线电电子技术,为实现我国现代化做出贡献。

AAAL75/07



前言

不管是 Hi-Fi 音响还是 AV 家庭影院器材,音箱都是不容忽视的一个环节。我们知道,所有的音频信号源经放大器放大输出后,最终都要靠音箱来播放演绎。因而,音箱质量的好坏直接决定一套音响系统音质的优美程度和耐听程度,难怪有人将其称之为音响系统的“灵魂”。

目前,市场上销售的音箱品牌众多、款式各异,但性能良好的音箱,通常其价格也不菲。对于具有一定技术理论和动手能力的音响爱好者来说,自制音箱还是比较实惠的。为了让初学者了解音箱的设计和制作技术,进一步提高业余音响爱好者的制作水平,我们编写了此书。

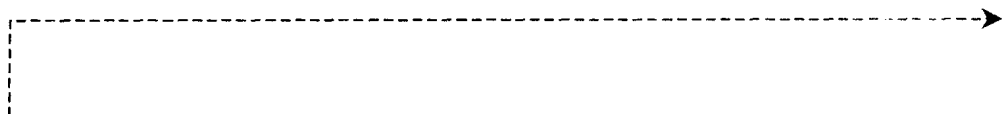
本书共分三章。第一章是音箱的结构与组成,介绍了扬声器的种类与结构特点、箱体的材料与类型、分频器的分频频段与种类等内容;第二章是音箱的设计与制作方法,介绍了扬声器单元的正确选用、箱体与分频器的设计、计算方法及音箱的制作方法;第三章是音箱的设计与制作实例,给出了 400 个音箱的制作实例,最适合不懂或不愿进行公式计算而又想制作音箱的朋友们参考。附录中给出了部分扬声器的主要指标参数。

音箱看似简单易制,实是“易响而难精”。一款好音箱,不仅是智慧、技术、工艺的结晶,也是经验与努力的结果,只要您根据自己的音乐修养和实际需要,选择合适的扬声器单元和箱体材料,进行细致的设计、安装和反复调试,一定能制作出满意的音箱。

本书在编写过程中,得到了各音箱和扬声器生产厂家的大力支持,他们提供了许多宝贵资料,在此深表感谢。参加本书编写工作的还有姜立华、继堃、张媛媛、杨俊峰、赵立波、陈明辉、张永发、陈旭东、王光明、周伟达等同志。由于作者水平有限,缺点错误在所难免,欢迎广大读者批评指正。

张庆双

1999 年 3 月 15 日



目 录

第一章 音箱的组成	1
第一节 扬声器	1
一、扬声器的分类	1
二、电动式扬声器	1
三、扬声器的基本参数	6
四、典型扬声器简介	8
第二节 箱体	15
一、箱体的设计类型	15
二、箱体材料	18
第三节 分频器	19
一、分频频段	19
二、功率分频器与电子分频器	20
三、滤波器与阻抗补偿器、衰减器	21
四、分频点与分频斜率	22
第二章 音箱的设计与制作方法	25
第一节 扬声器单元的选用	25
一、低音扬声器的选用	25
二、中音扬声器的选用	26
三、高音扬声器的选用	27
第二节 音箱的设计	27
一、密闭式音箱的设计	27
二、倒相式音箱的设计	30
三、带通式音箱的设计	36
四、箱体外形尺寸比例的确定	38
第三节 分频器的设计	39
一、分频点与分频斜率的正确选取	40
二、功率分频器的设计与计算方法	40
三、电子分频器的设计与计算方法	47
四、阻抗补偿器和衰减器的设计与计算	50
第四节 音箱的制作	51
一、箱体的制作	52

二、分频器的制作与安装	53
三、吸音材料的铺设	56
四、箱体外观的装饰	56
五、脚钉与音箱架的制作	57
第三章 音箱的设计与制作实例	58
第一节 业余制作实例	58
一、倒相式音箱	58
二、密闭式音箱	86
三、混合式音箱	93
四、加载式音箱	101
五、迷宫式音箱	104
六、指数号筒式音箱	106
七、空纸盆音箱	109
八、超重低音音箱	110
九、家庭影院音箱	117
第二节 成品音箱实例	122
一、惠威(杜希)音箱	122
二、南鲸音箱	164
三、银笛音箱	183
四、T&T 音箱	208
五、索威音箱	228
六、伟士特音箱	234
七、信字音箱	241
八、声泰音箱	256
九、海力音箱	269
十、音霸音箱	276
十一、雷顿音箱	281
十二、美之声音箱	290
十三、新德克音箱	294
十四、维沙通(VISATON)音箱	301
十五、其它品牌音箱	306
附录 部分扬声器参数表	315

第一章

音箱的组成

音箱是音响系统的终端设备,它担负着把电信号转变成声音信号的关键任务,仿佛人的喉舌。其性能与质量的好坏,直接影响着整套器材的还音效果。

音箱主要由扬声器、箱体和分频器等组成。

第一节 扬声器

扬声器俗称“喇叭”,是一种电—声转换器件,其作用是将电能转换成声能并辐射出去。图 1-1 是扬声器的电路图形符号。

一、扬声器的分类

扬声器根据驱动方式、振膜结构、振膜形状、声波的辐射方式、外形、磁路形式、磁路性质、重放频带、振膜材料等的不同,可分为多种类别。

按其驱动方式(即换能方式)可分为电动式、压电式、电磁式、电容式、离子式、数字式和气流调制式扬声器;

按其振膜结构可分为单纸盆、复合纸盆、复合号筒和同轴扬声器;

按其振膜形状可分为锥盆式、球顶式、平板式、平膜式和带式扬声器;

按其重放频带可分为高频、中频、低频和全频带扬声器;

按其声波的辐射方式可分为直接辐射式和间接辐射式;

按磁路形式可分为内磁式、外磁式、双磁路式和屏蔽式;

按磁路性质可分为铁氧体磁体、钕铁硼磁体、铝镍钴磁体和直流励磁;

按振膜材料可分为纸质和非纸质。

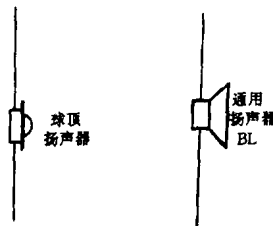


图 1-1 扬声器的图形符号

二、电动式扬声器

电动式扬声器是家用音响系统中应用最多的一种,它是利用通电导体(音圈)和恒定磁场之间的相互作用力使振膜振动而发声的。

1. 电动式扬声器的结构特点

电动式扬声器由磁路系统、振动系统和辅助系统等组成。

磁路系统由磁体、上下夹板和导磁芯(柱形铁芯)组成。磁体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。上下夹板和导磁芯的作用是给磁体所产生的磁场提供一个磁回路,并在上夹板和导磁芯(通常与下夹板为一体)之间形成一个均匀的环形磁气隙。

电动式扬声器的磁路系统主要分内磁结构、外磁结构、双磁路结构和屏蔽式磁路结构等几种。内磁结构的磁体位于工作气隙内,其优点是漏磁较小。外磁结构的永磁体位于气隙之外,可满足工作气隙直径较大的要求,但其漏磁较大。双磁路结构由磁极相反的两部分组成,它可以提高磁间隙的磁通量和扬声器的灵敏度,还可减少漏磁。屏蔽式磁路结构是对外磁和双磁路等结构的磁体进行磁屏蔽等防磁处理,使漏磁最小。

振动系统由振膜、音圈、定位支片、防尘罩和折环等组成。

音圈是扬声器的驱动部件,大多数是用漆包线在圆柱形骨架(有纸质、铝镁合金和 KAP-
TON 高分子材料等)上绕制而成。当音频电流通过音圈时,音圈产生随音频电流而变化的磁场,这一变化的磁场与扬声器磁体的磁场发生相吸或相斥作用,导致音圈产生机械振动,从而带动振膜振动而发出声音。定位支片的外端与扬声器支架相连,内孔与音圈和锥盆相互粘接在一起,它用来保持音圈在扬声器磁气隙中的正确位置,还可防止灰尘进入磁气隙内。防尘罩除防尘外,还可改善扬声器的高频特性。折环多应用于低、中音锥盆扬声器中,主要用来改善扬声器的低频特性,同时也起到保护振膜的作用。

辅助系统包括支撑架(振膜支架)、垫片(压圈)、引线和焊片等。支撑架通常由薄钢板或铝合金等材料制作,其作用是将振动系统和磁路系统组成一个牢固的整体。

常用的电动式扬声器有锥盆扬声器、球顶扬声器、平板扬声器、号筒扬声器、金属带式扬声器和同轴扬声器等几种。

2. 锥盆扬声器

锥盆扬声器的特点是结构简单,能量转换效率高。它分为高音、中音、低音和全音域(全频带)四种类型,各类型的基本结构相同,只是扬声器的口径和振膜材料等不同。图 1-2 是电动式锥盆扬声器的结构图,其外形如图 1-3 所示。

锥盆扬声器的振膜外形有圆形和椭圆形两种,支架外形有圆形、方形(四角正方形)、准方形(八角形)、矩形和椭圆形等几种。支架与振膜均为圆形的扬声器最为常用。

锥盆扬声器的振膜材料以纸浆材料为主流,为增加其刚性、内阻尼及防水等性能,往往在纸浆中掺有羊毛或木棉、蚕丝、碳纤维、亚麻等材

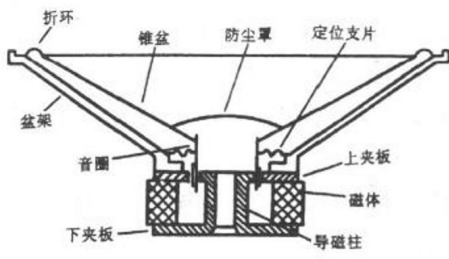


图 1-2 电动式锥盆扬声器的结构图

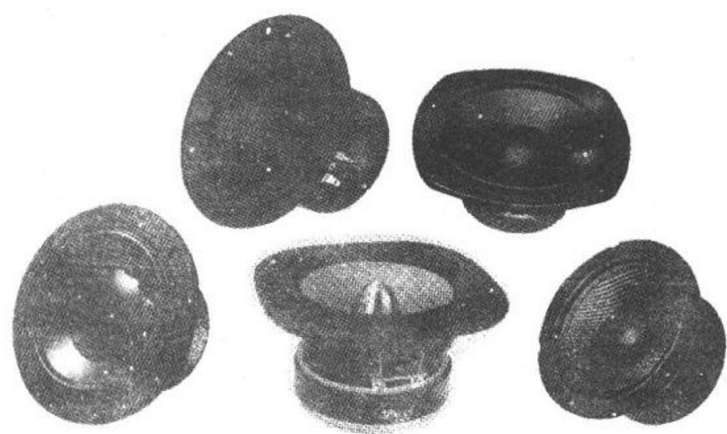


图 1-3 电动式锥盆扬声器的外形图

料。随着科学技术的发展,又出现了新型的非纸浆振膜材料,如聚丙烯、聚苯乙烯、云母碳化聚丙烯、发泡聚丙烯树脂、氯丁树胶、碳纤维编织、防弹布、硬质铝箔、发泡镍、天然生物、CD 波纹、玻璃纤维及 TPX、PMK、DPC、PG、HD-A 等复合材料,使振膜的高性能化在逐步实现。

高音扬声器的振膜材料往往做得轻薄且硬,轻薄则惰性小、高频失真小;硬则能重放较高的频率,音质柔和自然。中、低音扬声器的振膜要求内阻尼大、弹性好,重放中频饱满、低频量感足。全音域扬声器的振膜采用带同心圆折痕形式,如图 1-4 所示,它是利用锥盆的物理性来分音,使锥盆中央出高音、周围出低音。

不同重放频带的锥盆扬声器,其标称外形尺寸(口径)也不相同。通常,高音扬声器采用小口径,在 40mm~100mm(1.5 英寸~4 英寸)之间。中、低音扬声器采用较大口径。中音扬声器的外形尺寸在 50mm~130mm(2 英寸~5.5 英寸)之间,低音锥盆扬声器的外形尺寸在 120mm~450mm(5 英寸~18 英寸)之间。其中,4 英寸的中音扬声器和 5 英寸~12 英寸的低音扬声器较为常用,而锥盆高音扬声器因辐射面较小、效率不高,已基本上被球顶高音扬声器和号筒高音扬声器等所取代,很少再使用。

3. 球顶扬声器

球顶扬声器的工作原理与锥盆扬声器相似,但其振膜为近似半球形的球面,振膜尺寸较小,多为高音或中高音扬声器,与锥盆低音扬声器配合使用。图 1-5 是球顶扬声器的结构图,其外形如图 1-6 所示。

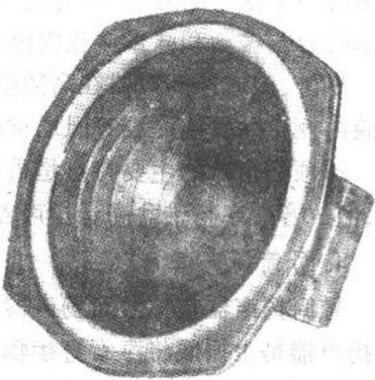


图 1-4 全音域锥盆扬声器的外形图

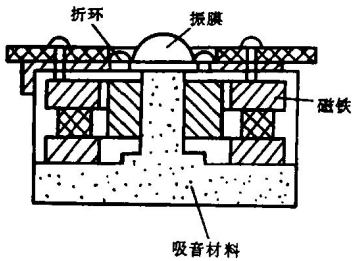


图 1-5 球顶扬声器的结构图

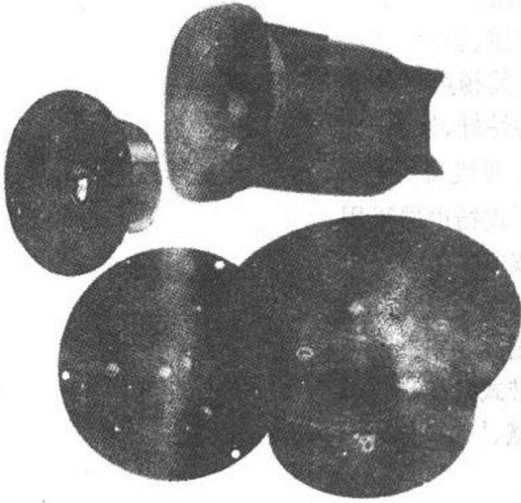


图 1-6 球顶扬声器的外形图

球顶扬声器按振膜的软硬程度可分为软球顶和硬球顶两种。软球顶扬声器的振膜采用蚕丝、丝绢、浸渍酚醛树脂的棉布、化纤、橡胶类及复合材料等,其音质柔和,适合古典音乐的重放;硬球顶扬声器的振膜采用铝合金、钛合金及镀合金等材料,其刚性较强,重放时音质清脆,较适合现代音乐和交响乐。

球顶高音扬声器和球顶中音扬声器的基本结构相同,但后者较前者的后空腔(在下夹板后

侧设有一个密封的后腔罩)要大一些,通常还填充一些吸音材料,这样可防止振膜凹陷、阻尼低频率的分割振动和防止空腔内出现驻波。

另外,硬球顶扬声器在高频段时还会出现分割振动和声能减弱,为改善其高频特性,可在振膜内侧粘贴发泡橡胶等阻尼材料或在振膜上增加非磁性材料的折环来均衡。

球顶扬声器的主要特点是重放频带宽,高音可达 25kHz,指向性也较宽,失真小、瞬态特性好,但放音效率与锥盆高音扬声器相比略低。

4. 号筒扬声器

号筒扬声器也称号角扬声器,其工作原理与锥盆扬声器一样,但声音的辐射方式不同。锥盆扬声器是由振膜将声音直接辐射出去,而号筒式扬声器则是振膜振动后,声音经过号筒再扩散出去,属于间接辐射式。图 1-7 是号筒扬声器的结构图,其外形图如图 1-8 所示。

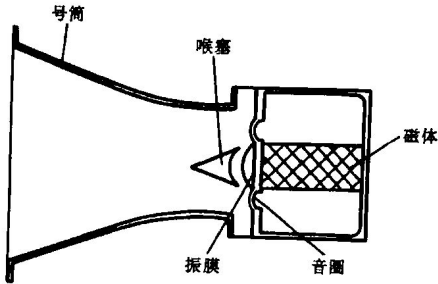


图 1-7 号筒扬声器的结构图

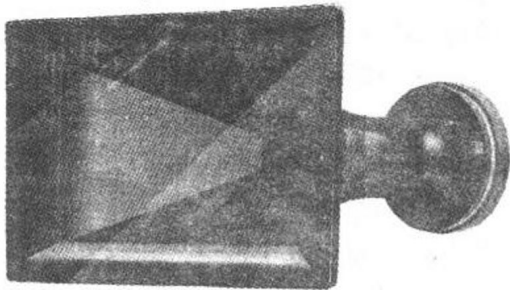


图 1-8 号筒扬声器的外形图

号筒扬声器的音头(去掉号筒后)按辐射方向可分为前辐射式和后辐射式;按振膜形状可分为球顶形、反球顶形和环形;按喉塞还可分为单缝隙式、多缝隙式和无喉塞式。

号筒扬声器按号筒形状可分为圆形号筒、指数号筒、锥形号筒、抛物线形号筒、矩形号筒、径向号筒、多格号筒、扁形号筒等多种。

号筒扬声器主要用作中、高频的重放,其特点是辐射效率高,距离远,电声转换效率高,中高频特性好,失真小,但重放频带及指向性较窄,不如锥盆扬声器和球顶扬声器音质柔和。

5. 带式扬声器

带式扬声器采用了带式振膜、印刷线圈和特殊的偶极磁路结构。带式振膜以铝合金或聚酰亚胺薄膜等材料为主,偶极磁路结构由相互平行的条形磁体及多孔导磁极板组成,音圈直接制作在整个带式振膜上,音圈与振膜间直接耦合,当音频电流通过音圈时,音圈产生的交变磁场与磁气隙中的恒磁场相互作用,使带式振膜在磁气隙中上下振动,辐射出声波。

带式扬声器以重放中、高频为主,其响应速度快、失真小、频响平坦均匀,扩散性好,重放音质细腻、层次感好。但制作工艺较复杂,调校难度大。图 1-9 是带式扬声器的外形图。

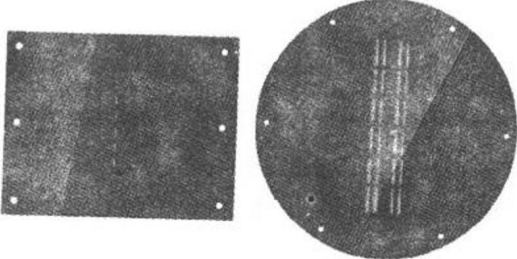


图 1-9 带式扬声器的外形图

6. 平板扬声器

平板扬声器的核心是平面振动板,它是采用轻而刚性较强的蜂窝式平板或在刚性较强的金属锥形振膜中填充泡沫树脂制成的。图 1-10 是蜂窝式平板扬声器的结构图,图 1-11 是填充泡沫树脂的金属锥形振膜式平板扬声器的结构图,平板扬声器外形图如图 1-12 所示。

平板扬声器的特点是振膜为平面,没有前室效应(即锥盆前无小气室谐振),能获得平坦的响应,振动范围宽,相位特性好、失真小。

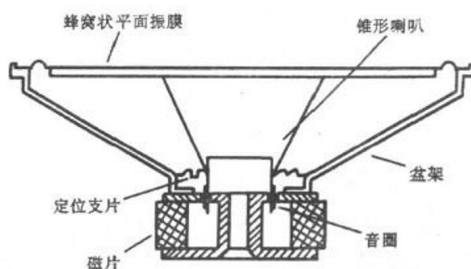


图 1-10 蜂窝式平板扬声器的结构图

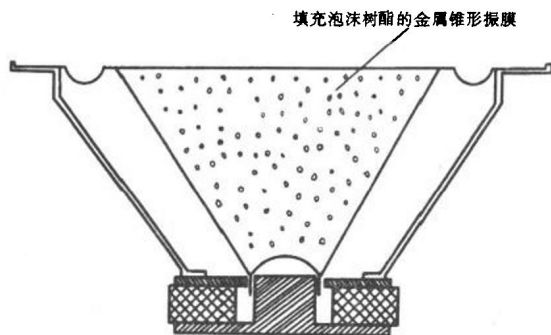


图 1-11 泡沫树脂式平板扬声器的结构图

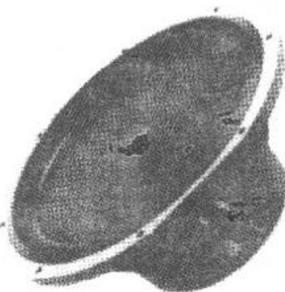


图 1-12 平板扬声器的外形图

7. 同轴扬声器

同轴扬声器是指高音单元与低音单元装在一起,并保持两者位于同一中心轴线上的复合扬声器单元,大多数为二分频的结构。图 1-13 是同轴扬声器的结构图,其外形图如图 1-14 所示。

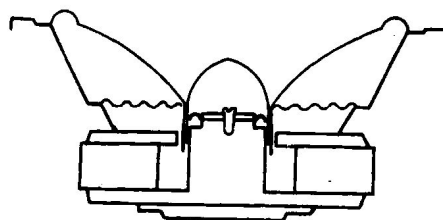
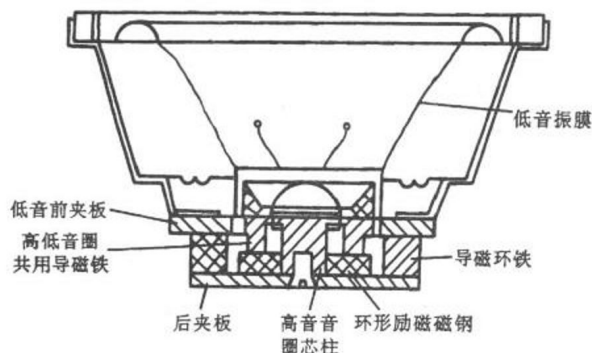


图 1-13 同轴扬声器的结构图

同轴扬声器的低音单元口径在 4 英寸~18 英寸不等,6 英寸~8 英寸的较为常用。高音单元在组合方式上分为前置式和后置式两种结构。后置式高音单元常在其前方设置一个小号筒,独立地从低音振膜的中部穿出,其缺点是高低频声源位置有明显的误差,低音单元的声音易在高频号筒上产生折射和绕射,影响频率的正常传输;前置式的则跟流行的球顶高音单元一样,振膜外露,其外缘与低音单元的振膜相融合,利用低音单元的振膜作高音号筒的再延伸,这相当于加长了高频号筒的长度,且开口面积更大,高低频声源在一点上,可使频响更平直,声音失真更小。

同轴扬声器的特点是高、低频单元所播放的声音始终处于同一平面,具有恒定的指向性和扩散性,且频率平稳、连续,具有理想的球面波形、声向定位准确。

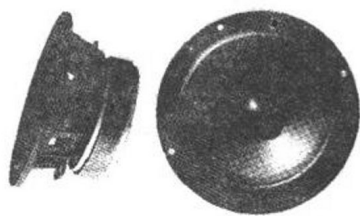


图 1-14 同轴扬声器的外形图

三、扬声器的基本参数

扬声器的基本参数主要有阻抗、功率、谐振频率、频率特性、灵敏度、失真度、总品质因数、等效质量、等效顺性、弹性系数、等效振动半径、等效容积、线性范围和指向性等。

1. 额定阻抗(Z)

扬声器并不是一个纯电阻,而是一个复杂的阻抗。扬声器音圈既有阻抗值,也有感抗值。其阻抗值是随着工作频率(音频信号频率)的改变而变化的。这种规律即是扬声器的阻抗特性。

扬声器的额定阻抗也叫标称阻抗,是在共振峰后扬声器所呈现的最小阻抗,有 4Ω 、 6Ω 、 8Ω 、 16Ω 和 32Ω 几种。额定阻抗并不等于扬声器音圈的直流电阻,通常前者为后者的 1.1 倍左右。在不知扬声器的额定阻抗时,可用万用表测出其直流电阻值,再乘以 1.1 左右的系数,即可估算出扬声器的额定阻抗。

2. 功率

扬声器的功率分为额定功率、最大功率、最小功率和瞬间功率,其单位为 W。额定功率又称标称功率,是指扬声器能长时间正常连续工作而无明显失真的输入平均电功率。最大功率又称最大承载功率,是指扬声器长时间连续工作时所能承受的最大输入功率,一般为额定功率的 1 倍~3 倍。最小功率又称起步功率,是指扬声器能被推动工作的基准电功率值。瞬间功率也称瞬时承受功率,是指扬声器在短时间(10ms)所能承受的最大功率,一般为额定功率的 8 倍~30 倍。

3. 谐振频率 f_s

谐振频率是指扬声器所能重放的最低频率,它是决定扬声器低频特性的重要参数。

谐振频率值与扬声器的口径大小有关。低音扬声器的谐振频率值大致随口径的增大而降低,一般 6 英寸低音单元为 50Hz 左右,8 英寸低音单元为 40Hz 左右,10 英寸低音单元为 30Hz 左右,12 英寸低音单元为 20Hz 左右。谐振频率值越低,扬声器重放低音的质感和力度越佳。

4. 频率特性

扬声器的频率特性是指当输入扬声器的信号电压恒定不变时,扬声器在参考轴上的输出声压随输入信号的频率变化而变化的规律。它是一条随频率变化的频率响应(简称频响)曲线,反映了扬声器对不同频率之声波的辐射能力。

扬声器的频响曲线并非一条平坦的直线,而是具有许多峰谷点的不规则连续曲线。将扬声器的谐振频率作为其低频下限频率,而将频响曲线高频端的交点为其高频上限频率,低频下限与高频上限之间的频率范围,称为该扬声器的有效频率范围。在扬声器的有效频率范围内,频响曲线上最大声压级与最小声压级之差,称为不均匀度。扬声器的频响曲线越平坦,说明其不均匀度越小,频率失真越小,有效频率范围越宽。

高、中、低音扬声器所要求的频率范围不同,一般低音扬声器的频率范围要求在 20Hz ~ 3kHz 左右,中音扬声器的频率范围在 500Hz ~ 5kHz 左右,高音扬声器的频率范围在 2kHz ~ 20kHz 左右。

5. 灵敏度

灵敏度用来反映扬声器的电—声转换效率,也称输出声压级。灵敏度较高的扬声器,用较小的电功率即可推动它。扬声器的灵敏度有特性灵敏度级和平均特性灵敏度两种表示方法。

特性灵敏度级是目前采用较多且测试误差较小的灵敏度测试方法。它表示在扬声器的额定频率范围内,用粉红噪声(指一种在任何相对带宽内功率相等的无规律噪声)信号对扬声器进行测试所得到的声压级大小值,其单位是 dB/m/W。

平均特性灵敏度是指给扬声器输入不同频率正弦纯音信号,然后根据频响曲线上不同频点的声压级来计算出平均值。其测试误差相对较大。

6. 失真度

失真主要表现为重放声音与原始声音有差异。扬声器的失真主要有谐波失真、瞬态失真、互调失真和相位失真。

谐波失真是指当扬声器输入某一频率的正弦信号时,扬声器输出声音信号中,除了输入信号基波成分外,又出现了二次、三次…… n 次谐波(即高于输入信号基波的2倍、3倍…… n 倍信号)而引起的失真。由失真而产生的总谐波声压的有效值与总输出声压的有效值之比,即是总谐波失真。

瞬态失真是指扬声器的振动系统跟不上快速变化的电信号而引起的输出波形失真,它与扬声器的频率响应及振动系统的质量有关。

互调失真是指两个不同频率(高频和低频)的电信号同时输入扬声器时,扬声器的重放声中除了有这两种频率的声音信号外,还出现了非线性信号(即这两个单频率信号的各次谐波及各种组合的和信号与差信号)。

相位失真是指音频信号通过扬声器播放后,不同频率相移的不均匀性,一般用相移的最大值与最小值来表示。

7. 等效质量(m_0)

扬声器的等效质量(也称振动质量)是扬声器振动系统的静态质量(振膜和音圈本身的质量)与同振质量(振膜两边随之一起振动的部分空气层的质量,也称附加质量)之和。它通常是与扬声器的口径成正比(随着扬声器的口径增大而增大),而与扬声器的谐振频率成反比。扬声器振动系统的等效质量越大,锥盆折环和定位支片越柔软,扬声器的谐振频率也就越低。等效质量的单位是克(g)。

8. 等效顺性(C_{MY})

等效顺性也称力顺或声顺,表示扬声器悬置系统的松紧度(即折环和定位支片的柔软程度)或说是其受力后位移的顺从性。高顺性的扬声器,说明其折环和定位支片相对较柔软,振膜受力后的位移较大,在相同振膜质量的情况下,其谐振频率也就较低。顺性的单位是米/牛顿(m/N)。

9. 弹性系数(S_0)

弹性系数也称扬声器振动系统的等效力劲度,是表示锥盆折环和定位支片刚性的参数,也是扬声器等效顺性的倒数。它与扬声器的谐振频率成正比,与振动系统的等效质量成反比。

10. 总品质因数(Q_{ts})

总品质因数主要反映了扬声器振动系统消耗能量的快慢(即表示振动系统损耗的大小)。扬声器的 Q_{ts} 值要适当,否则会出现放音失真增大或瞬态响应变差,还会影响音箱的箱体大小

及低频响应。 Q_{ts} 值过大,说明扬声器的振动系统所产生的阻尼作用小,对能量的消耗慢,振动衰减所需时间长,放音失真增大; Q_{ts} 值过低,系统对振动的阻尼作用变大,能量的消耗也变快,谐振频率处的输出便会不足,将会影响低音的力度和质感。低音扬声器的 Q_{ts} 值一般在0.2~0.8之间。

扬声器的总品质因数 Q_{ts} 与扬声器等效质量 m_0 的平方根成正比,与扬声器顺性的平方根成反比。改变扬声器振动系统的等效质量和顺性,可在一定程度上控制扬声器的 Q_{ts} 值。

11. 等效容积(V_{as} 或 V_{eq})

扬声器的等效容积是指扬声器振动系统顺性的等效空气容积。它与扬声器的等效顺性成正比,与扬声器有效振动半径的平方成正比。也可以说,扬声器的口径越大,其等效容积也就越大。其单位是升(L)。

12. 等效振动半径(S_d)

扬声器的等效振动半径也称振膜有效面积,它表示有助于声音辐射的面积,可以认为是从振膜中心到折环中间处的长度(实际是指振膜振动部分的半径)。

13. 磁感应强度(B)

磁感应强度也称磁隙强度,是表示扬声器空气隙中磁场强度的品质标记。其单位是T($1T=10^4GS$)。

14. 磁通量

磁通量等于磁感应强度和空气隙面积平均值的乘积。

15. 线性范围(X_{max})

线性范围是扬声器振膜的最大线性位移。扬声器在工作时,若振膜的位移超出 X_{max} 值时,放音失真将会增大。扬声器的线性范围 X_{max} 与其口径大小和辐射效率成正比。大口径的扬声器, X_{max} 值也较大,其辐射效率也较高。

16. 指向性

指向性是指扬声器在不同方向的声压辐射能力随频率而变化的特性(也可以说是扬声器声波辐射到空间各个方向的能力),通常用指向性曲线来表示。扬声器的指向性与声音频率有关,输入扬声器的信号频率越高,扬声器的指向性越强。

四、典型扬声器简介

目前,市场上流行的扬声器有惠威、美之声、银笛、南鲸、飞乐、玄度、索威、新德克、澳宁、雷顿、天籁、伟士特(伟达)、海力、信宇、声泰、湖山、T&T、西雅士(SEAS)、PROVOX、绅士宝(Scam-Speak)、魔雷(MOREL)、威发(Vifal)、奥迪斯(AUDAX)、美高(MIVOC)、HIGH-END等品牌。下面对各品牌的系列产品作一简介,供读者制作音箱时参考。有关各品牌、各系列扬声器的主要技术参数请参见附录部分。

1. 惠威扬声器

惠威扬声器是广东省珠海市经济特区杜希电业有限公司(原惠威电子厂)的产品,在国内外享有盛誉。其主要产品有S系列、K系列、SS系列、SK系列、C系列、T系列、ST系列、D系列、E系列、F系列、Q系列、W系列、高音系列和中音系列。

S系列扬声器有S5、S6.5、S8、S8-98、S10、S5R、S6.5R、S8R、S8-98R、S10R、S5-plus、S6.5-plus、S8-plus、S8II-plus、S10II-plus等型号。其中,S5~S10采用poly propylene云母碳化聚丙烯振

膜、高散热涂层铝镁合金骨架音圈、高阻尼软罩和全对称低失真磁路系统,其特点是重放频带宽,音色纯正甜美。S5R~S10R是S5~S10的防磁型号,采用了双磁钢全对称屏蔽式磁路系统,改善了磁间隙内磁场的均匀性,降低了失真度,可用于家庭影院的音箱系统的制作。S5-plus~S10II-plus(即S5₊~S10II₊)是S5~S10的升级型号,采用长冲程设计和P&P振膜,性能更优。

K系列扬声器有K6.5、K8、K10、K12、K6.5R、K8R、K10R、K12R和K6.5-plus、K8-plus、K10-plus、K12-plus等型号。K6.5~K12采用poly kevlar多层涂覆防弹纤维编织材料的振膜、塑胶复合折环和全对称低失真磁路系统,其重放声音自然细腻,解析力强,动态大。K6.5R~K12R是K6.5~K12的防磁型号,K6.5-plus~K12-plus(K6.5₊~K12₊)是升级型号。

SS系列扬声器是S系列扬声器后续型号,有SS5、SS6.5、SS8、SS8II、SS10、SS12、SS5R、SS6.5R、SS8R、SS8IIR、SS10R、SS12R、SS6.5-plus、SS8-plus、SS8II-plus、SS10-plus、SS12-plus等型号。SS5~SS12采用丹麦PMK双层基底加云母强化振膜材料、日本25mm 5NOFC无氧铜线绕高散热涂层铝镁合金骨架音圈和高强度低碳钢精密压制盆架。SS5R~SS12R是SS5~SS12的防磁型号,SS6.5-plus~SS12-plus(SS6.5₊~SS12₊)是SS5~SS12的升级型号。

SK系列扬声器有SK6.5、SK8、SK10、SK12、SK6.5R、SK8R、SK10R、SK12R、SK6.5-plus、SK8-plus、SK10-plus、SK12-plus等型号。SK6.5~SK12采用Super Kevlar超强防弹纤维振膜材料,是K系列产品的改进型号。SK6.5R~SK12R是防磁系列产品,SK6.5-plus~SK12-plus(SK6.5₊~SK12₊)是升级型号。

C系列扬声器有C6.5、C8、C10、C12、C6.5R、C8R、C10R、C12R等型号,均采用多层密压PG振膜(用特殊处理的复合纸基与阻尼层复合密压而成)、5N无氧铜线铝镁合金骨架音圈和全对称低失真磁路系统。其中,C6.5R~C12R为防磁型号产品。

T系列扬声器有T6.5、T8、T10、T12、T6.5R、T8R、T10R、T12R、T6.5-plus、T8-plus、T10-plus、T12-plus等型号。该系列产品采用超轻高强度碳纤维编织振膜、高顺性高泡折环,具有阻尼特性好、频响平坦和重放音色准确等特点。其中,T6.5R~T12R为防磁单元,T6.5-plus~T12-plus(T6.5₊~T12₊)为升级型号。

ST系列扬声器是T系列扬声器的改进型号,有ST6.5、ST8、ST10、ST12、ST6.5R、ST8R、ST10R、ST12R、ST6.5-plus、ST8-plus、ST10-plus、ST12-plus等型号。其中,ST6.5R~ST12R为防磁型号,ST6.5-plus~ST12-plus(ST6.5₊~ST12₊)为升级型号。

D系列扬声器有D5、D6、D6.8、D8、D8.8、D10、D10.8、D5G、D6G、D6G-98、D8G、D10G等型号,采用长冲程对称磁隙结构、防磁耐高温Neodymium钕铁硼磁路结构、高密度一体化铸铝盆架、Kevlar天然纤维超轻高强复合一体化振膜(或M&D、PMK、DPC等材料的振膜)和德国特制高损耗耐疲劳橡胶折环,具有大动态、大功率、低失真等特点。

E系列扬声器有E5、E6、E8、E10、E12等型号;F系列扬声器有F5、F6、F8、F10、F12、F5.1、F6.1、F8.1、F10.1、F12.1、F5-plus、F6-plus、F8-plus、F10-plus、F12-plus等型号;Q系列扬声器有Q10.1、Q12、Q12.1、Q-711、Q711.1、Q1270、Q1905等型号;W系列有W5、W6、W10、W12等型号。这些都是惠威的新产品,采用了新技术和新型材料。

中音系列有DMA、DMB、DMC、DMD、DME、DMF、DMN、D5M、SDMA等型号。高音系列有C1、R1、R2、Q1、X1、M1、C3/4、C1R、X1R、SS1、SC1、SS1-II、SS1R、TN28、TC28、SD1.1、R1C、R2C、TM1等型号。其中,R1(方型)、R1C(圆型)、R2、R2C为带式高音扬声器,其余型号为球顶或中高音扬声器。