

无线电爱好者丛书

无线电爱好者读本

(下 册)

宋东生等 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

《无线电爱好者读本》下册共分五章，在上、中两册介绍电子元器件和单元电路的基础上，分别介绍扩音机、收音机、磁带录音机、晶体管电视机和无线电遥控设备的基本工作原理。

本书适合无线电爱好者阅读。

无线电爱好者丛书

无线电爱好者读本

Wuxiandian Aihaozhe Duben

下 册

宋东生等 编著

责任编辑：高坦弟

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 1985年11月第一版

印张 10 20/32 页数 170 1985年11月北京第一次印刷

字数 242千字 插页 6 印数：1—104,000册

统一书号：15045·总3104-无6347

定价：1.70元

目 录

第十二章 扩音机

第一节	概述	2
第二节	扩音机工作原理	13
第三节	扩音机电路分析	19
第四节	扩音机常用的附加电路	35
第五节	音箱	57
习 题		61

第十三章 收音机

第一节	收音机的分类和性能指标	63
第二节	收音机的工作原理和电路结构	65
第三节	收音机的附属电路	103
习 题		108

第十四章 磁带录音机

第一节	概述	109
第二节	磁带录音机工作原理	130
第三节	磁带录音机的电路结构	145
第四节	盒式录音机的特殊电路	167
习 题		187

第十五章 晶体管电视机

第一节	概述	189
第二节	电视图象的形成原理	192
第三节	电视机的电路结构	222

第四节	黑白电视机电路分析·····	233
第五节	电视唱片简介·····	284
习 题	·····	290
第十六章	无线电遥控设备	
第一节	无线电遥控设备的用途和分类·····	295
第二节	无线电遥控设备的典型单元电路·····	308
第三节	几种简单的无线电遥控设备·····	318
第四节	无线电遥控设备的可靠性和抗干扰性·····	327
习 题	·····	329

第十二章 扩音机

扩音机已经从公共场所走进了越来越多的家庭，走到广大无线电爱好者身边来了。扩音机似乎不象收音机、电视机、录音机那样举目皆是，其实，这些家用电器的放声部分与扩音机如出一辙，其中还有些是包括了完整的扩音机的。因此可以说，扩音机知识也是学习其它电声设备不可缺少的基础知识。

本章首先介绍音质、听觉特性和声音信号三者之间的关系，进而介绍扩音机用什么电气指标来表示所具有的能力和保证放音音质；然后介绍扩音机的工作原理，进行具体电路的分析；最后介绍扩音机为改善音质而附加的几种常用电路和音箱。

顺便指出，本书从这一章开始，将从介绍单元电子线路转为介绍整机。两者的学习方法和分析方法都有较大的差异，希望读者能有意识地摸索规律。具有某种功能的电子设备或系统，经常需要把非电的物理量转换成电信号，经过对电信号的加工、处理，再以其它物理量的形式表达出来。因此，在了解整机或整个系统之前，对始末两端的物理量及其与电信号之间的转换装置有起码的认识是非常必要的，至少需要了解与整机衔接所要求的匹配关系。比如，要学习扩音机，就应当对声音、听觉特性有所了解；对话筒、拾音器、扬声器等声——电、电——声转换装置有所了解。其次，需注意整机的技术指标对最终效果有什么影响；如果能进一步根据所要收到的效果估计出所需的指标，那么必定对你未来的创作有所裨益。再有，在具

体分析整机电路或读电路图时，往往由于电路复杂，很难一目了然。一般作法是，首先了解整机功能与实现的方案，然后再根据局部电路的作用和特点，或根据自己所熟悉的单元电路，把整机电路分解成许多小块，进而对每一小块电路进行分析，最后再把对每小块电路的分析结果“串”起来，便得到了对整机比较深刻、完整的印象。

第一节 概 述

在介绍扩音机的具体电路之前，需要对扩音机有个概括的了解，尤其对扩音机的“工作对象”——声音及“服务对象”——人的听觉有个起码的认识。

一、扩音机的功能

扩音机是一种能把微弱的声频电信号放大到足够大的电功率的电子设备。它与话筒(传声器)、扬声器(喇叭)等声——电、电——声转换装置相配合，起到放大声音的作用。

扩音机输入的声频电压信号的来源有多种形式。话筒可以直接把声波转换成与其振动规律一致的电信号，然后通过扩音机把它放大到足够大的电功率，最后去推动扬声器，利用扬声器把变化的电能转换成相应的振动，发出宏亮的声音。此外，还可分别利用拾音器(唱头)、磁带录音机、磁带录象机、电影机、收音机、电视机等装置，把记录在唱片上、磁带上、电影胶片上和高频信号所携带的各种形式的声音信号转换成相应的电信号。

对扩音机最基本的要求通俗地说就是：重放出的声音要比原来的声音宏亮，但其它方面不能“走样”。这就是所谓的“保

真”。那么保真保的又是什么呢？

二、音质、听觉特性和声音信号之间的关系

在用不同扩音机欣赏同一张名曲唱片的时候，效果往往不同。一些扩音机放出的声音显得那样逼真，那样丰满、圆润、优美动听，确有扣人心弦之感；而有些扩音机放出的声音却是那样生硬、空洞、干涩、虚漂，甚至嘶哑刺耳，使人心身不安。或许有人会脱口而出：“音质真差！”要么就是有人归咎于扩音机的质量。那么，音质与扩音机质量之间有什么关系呢？在回答这个问题之前，需要首先了解音质是什么。

音质是由响度、音调、音色、音品和混响等几个主要因素决定的。虽然它与声音信号有密切关系，但并不是声音信号的“本来面目”，而是指人对声音信号这个客观物理量的主观感觉，是一种主观评价的结果。不是经常遇到这样的现象吗？在同时鉴定同一台扩音机放出的声音时，有些人觉得很满意，而有些人却认为低音不足或高音不够……指出一系列问题。这就是说，对同一声源放音的音质可能有不同的评价，与鉴定者的听觉、兴趣爱好、文化素养、鉴赏能力等因素和心理因素都有密切关系。为了便于叙述，下面以音质的几个主要因素为线索，说明音质与声音信号、听觉特性之间的关系。

1. 响度

响度又叫音强，常说的声音大小、音量大小就是指响度的变化。它是人耳对声音强弱的主观评价，所对应的客观量是声强。也就是说响度与声音信号的振幅或声压有密切关系，然而又不完全一致。

响度既然包含着主观因素，必然与每个人的听觉灵敏度有

关。不是经常有这样的事吗？在听同一个人讲话时，有的人已经听得很清楚了，而有的人还要求声音再大些。这样，几乎就无法定量的表示响度的大小了。为便于表示，国际上已根据统计规律，制定出它的客观计量标准，单位是“宋”。

响度与声音信号的振幅不完全一致表现在许多方面。比如，在声音很小的时候，加大一些信号振幅，觉得音量变化很大，而在声音已经很大的情况下，信号加大同样的振幅，可能几乎感觉不到音量变化。再比如，把声音信号的振幅增加到原来的100倍，人们感觉到的音量的变化却远远小于100倍。这些都显示了音量的变化与声振动振幅的变化并不成正比。事实上，它们接近于对数关系；这就是常说的人耳的对数特性。因此，当把收音机、扩音机等音量电位器错改为线性（X型）电位器时，就会发现，音量电位器从零位刚刚旋起的时候，音量便突然增大，很难获得微弱的音量；而继续旋转音量电位器时，音量又几乎没有变化。这就是听觉的对数特性造成的。只有用指数型（Z型）音量电位器补偿人耳的对数特性，才能均匀调节音量。

人对声音强弱的感觉与声振动的频率也密切相关。人只能听到18赫至20千赫这个范围内的声音。超出这个范围，哪怕声振动振幅再大，人也听不到了，即响度仍为零。这个可闻的声频范围还随着年龄的增长而变窄，尤其表现在高频段更为明显。比如，儿童可听到20千赫左右的声音，而到了老年，仅能听到12千赫至13千赫左右的声音了。即使在可闻的声频范围内，同一个人的敏感程度也不相同。一般对1千赫至3千赫的声音最为敏感，而对低频的声响最为迟钝。也就是说，在声振动振幅相同的情况下，感觉1千赫至3千赫声音的响度最大，而低音的响度最小。扩音机等电声设备中设置的音调控制

器就可用来补偿不同人的这种听觉特性(参见本章第四节)。

响度与声振动频率的上述关系还受响度大小的影响。在响度较大的情况下,上述差别较小;而响度越小,这种差别越大。同样是在低频段最为明显。这一特性我们也能经常体验到。比如,用收音机欣赏交响乐时,在音量较大时,觉得高、低音还都丰满,而当关小音量时,总觉得高、低音贫乏,尤其是“倍司声”几乎都听不到了,于是促使听众拚命增加音量,扰得四邻不安。其实,音量变化的前后,各频段声振幅的比例并无明显变化,人的这种感觉,是由人本身的听觉特性造成的。可见,要想获得好音质,特别是在音量变化时保持不失真,单纯保证各频段内振幅比例不变是不够的,应当保证的是响度相等。为此,在高保真度(Hi-Fi)扩音机中,都特设有等响度电路(参见本章第四节)。

图 12-1 所示即为等响度曲线。它形象地描述了上述听觉特性。每条曲线都代表某一不变的响度等级,横座标为对应的声振动频率,纵座标为所需的声压。不等距的曲线反映出响度

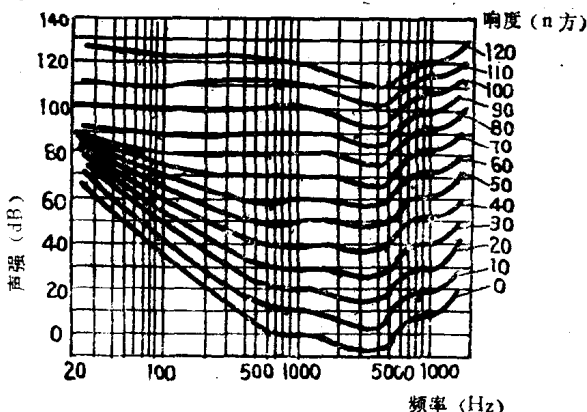


图 12-1 等响度曲线

对听觉特性的影响。

2. 音调

大家在唱歌时，经常提到调子高了、调子低了，所说的调子就是音调。音调也是听觉的主观评价，所对应的客观物理量是声振动的频率。它们之间的关系也只能说基本上一致，声振动频率升高，感觉音调升高（也是对数关系），然而在低频段和高频段，主观感觉的频率变化也都变得迟钝多了。

人耳对音调的感觉也受响度影响。一般说来，在频率不变、响度增加的情况下，人耳感到音调有所降低；声频率越低，这种现象越严重。

根据音调的概念可知，扩音机本身并不能改变音调，扩音机上的音调调节也不是用来改变音调的。扩音机放声的音调不准，原因在于信号源——录音机或电唱机。

3. 音色和音品

不同的乐器，即使以同样的响度，分别发出同一音调的声音，人们也能分辨出它们，有经验的人还能指出发声乐器的名称。可见，各种乐器，甚至可以说是各种声源发出的声音都有一定特征，主要表现为音色和音品不同。

原来，自然界绝大多数声源发声时所做的振动都不是简单的正弦振动，而总是伴随着一个基本正弦振动，还产生比基本振动频率高一倍、两倍、三倍……的正弦振动。发出的声波也不再是简单的正弦波，而是由基波及其各次谐波合成的复杂波形。不同的声源，由于谐波的数量不同，各次谐波振幅的比例也不同（即频谱不同），合成的波形也就大不一样，于是给人以不同的感觉。这种区别我们称为音色不同。

另外，各种声源由静止到稳定振动的建立振动的起始过程和振动结束时的衰减过程的规律也大不相同，表现在波形上，就是波形的包络形状不同。这种过渡过程的差异赋予声音的特征十分明显。这种特征叫做音品。

根据频谱分析的原理可知，归根结底音色和音品都是由声音信号的频谱不同(即谐波的数量及它们振幅的比例不同)所造成的。人们听到的音调是由基波决定的，尽管有时基波的振幅可能比某次谐波的振幅还小，也是如此。高音乐器的音调已经很高，它的高次谐波(一般乐器能发出5~8次谐波)的频率将接近20千赫，甚至超过可闻声域，如果扩音机不能一视同仁地放大这样高频率的信号，则将引起重放音色、音品的变化，严重时甚至给人造成错觉。这就涉及到了扩音机通频带指标的制定。

4. 混响特性

恐怕大家都有过这样的体验，同一台录音机在空旷的殿堂和在拥挤的房舍里放声效果截然不同。这是混响特性不同造成的。所谓混响特性，是指关断声源后，声音衰减到一定程度所需用的时间。它主要是由周围环境对声波的吸收及反射条件决定的，与扩音机本身无关。但是，当扬声器与扩音机匹配不当(主要是扩音机输出端对扬声器的阻尼作用)，或扬声器箱设计、制造不合理时，将出现与混响效果不好相类似的现象。

三、扩音机的技术指标

知道了决定音质的几个因素之后，不但可以确定衡量扩音机质量的技术指标，而且更有助于理解这些指标的意义，在扩音机的技术指标中，除规定了一些保证音质的条件外，还有一

些是代表扩音机能力和与信号源及负载匹配关系的指标。其中很多指标的基本概念都与本书第四章中介绍的概念相呼应。

1. 噪声电平

噪声电平是指未加输入信号时扩音机的输出电压。它是在输出端接额定负载，输入端接信号源等效内阻（低阻输入选接 600 欧电阻，高阻输入选接 10 千欧~50 千欧电阻），音量电位器处于标准状态（即在额定负载，额定输入电压，输出也恰为额定电压时的位置）下测得的。

噪声电平实际上包含了扩音机元、器件的热噪声和引入的各种干扰，就是有时我们听到的扩音机放出的“嗡嗡”、“沙沙”声或“劈哩叭拉”声。虽然一般噪声电平都很小，但人耳对它非常敏感，因此可以说，它对放声效果的影响不亚于其它指标。噪声大的主要原因有：元、器件（尤其是输入级）的质量不高；电源滤波不好；元件布局和走线不合理，尤其是接地点的位置，话筒插口及电位器的安装位置、方法及走线途径不当；屏蔽不好等。

2. 非线性失真度

非线性失真度是扩音机的另一项重要指标。它反映了单一正弦信号经放大后的波形畸变程度，以产生的谐波与基波的比来度量。这种失真严重时，由于谐波过多，将使扩音机放出的声音变得嘶哑、干涩，甚至发劈、发破。这种失真主要是放大管的非线性特性和工作点选择不当造成的。当某一级信号过大时，这种现象尤为严重。一般说来，人耳对非线性失真不算敏感，小于10%的非线性失真，人耳是不易察觉的。

3. 频率响应

扩音机的频率响应是指在输入信号幅度不变的情况下，输出电压随信号频率的变化关系，也就是代表扩音机对不同频率信号的放大倍数。优质扩音机常给出频响曲线。一般扩音机只给出放大倍数基本不变（相差 ± 3 分贝）的频率范围，即通频带。

频率响应对音质的影响非常明显。根据前文介绍的音质知识可知，频响宽而平坦，重放的声音最为逼真，而当某一频段的放大倍数发生变化时，将使某些音调的强弱变化，或使这一频段内的谐波的强弱变化，因而改变了音色和音品。笼统地说，当高频衰减过多时，将使声音发闷；高频过强时，则声音发尖；中频衰减过多时，将使声音虚漂而干涩；低频衰减过多时，声音不丰满、无力，而低频过强时，则声音发浑。

4. 输出功率

输出功率属于扩音机的能力指标。常给出额定输出功率和最大输出功率两种指标。

(1) 额定输出功率 额定输出功率是一种人为规定的指标，好象是一个最低保证，即保证在额定负载和额定输出功率的情况下，其它各项指标不劣于规定值。

(2) 最大输出功率 最大输出功率现在有两种说法：一种是在额定负载的情况下，不超过某一规定的非线性失真度，或输出波形无明显失真情况下的输出功率。有时明确为最大不失真功率。另一种解释不受非线性失真度的限制，指尽量加大输入信号，直到输出功率不再增加时的输出功率。

使用者一般是根据用场与需要选择扩音机的额定输出功率。

率。需要说明的是，为了保证音质良好，选用晶体管扩音机时，额定输出功率需有相当大的裕量，经常选用额定功率比需要的平均功率大几至十几倍的扩音机，原因比较复杂，这里就不便说明了。

5. 输入阻抗

在扩音机输入端加上输入信号时，要产生一定的输入电流，因此从输入端看进去，相当于一个阻抗，这就是输入阻抗。在中频段，输入电流与输入电压同相，等效为一个电阻。

输入阻抗代表了扩音机向信号源索取功率的特征，更重要的用途是做为选择信号源的依据。因为扩音机的信号源种类很多，其内阻相差悬殊，只有在扩音机的输入阻抗等于或高于信号源内阻时，才能获得良好的匹配效果。扩音机的话筒输入有两种，高阻输入的输入阻抗一般等于或大于 20 千欧，低阻输入的输入阻抗一般为 600 欧左右；拾音输入的输入阻抗多大于 500 千欧。

6. 额定输出阻抗

扩音机的额定输出阻抗与扩音机或放大器的输出电阻或输出阻抗是完全不同的两种概念。额定输出阻抗实际上是指扩音机所需配接的额定负载的阻抗值，而不是扩音机本身的输出阻抗。只有在配接的负载阻抗与额定输出阻抗相等时，上述各项指标才能得到保证。这项指标对于定阻式扩音机尤为重要。当负载阻抗偏离额定输出阻抗较大时，将会造成严重事故。对于定压式扩音机（包括 OTL、OCT、BTL 电路），允许实际负载阻抗高于额定输出阻抗，但不失真功率可能达不到给定值。

最后需要指出的是，以上仅给出了扩音机的几个主要电气

指标。大家知道，扩音机只是声音重放系统中的一个重要组成部分。重放系统中还有信号源、扬声器(箱)等一些重要环节。它们的质量以及与扩音机之间的相互配合也是极为重要的。

四、扩音机的分类

随着电子技术的飞跃发展和客观需要的日益增加，扩音机的用途越来越广泛，种类也越来越多。象其它电子装置的分类一样，它的任何一个特点，都可做为一种分类的原则。扩音机常以下列原则进行分类：

1. 按用途分类

(1) 广播扩音机 这种扩音机用于公共场所，如农村、厂矿企业、学校的有线广播，以及车、船、会场的广播等等。这类扩音机以播放语音为主，因此通频带较窄，其它电气指标也不高，而以保证输出功率和负载特性好为主要要求。在广播线路较长的情况下，常用 240 伏或 120 伏的高压，定压输出。

(2) 剧场扩音机 这种扩音机用于影院、剧场、礼堂、主要供做欣赏用。因此，除要求其输出功率大外，对其各项指标要求都很严格。采用的改善音质的措施也较多。

(3) 家用扩音机 这种扩音机主要用于家庭，供少数人欣赏用。除输出功率无需太大（一般为 3~10 瓦）外，家用扩音机其它指标几乎不亚于剧场扩音机。

(4) 专用扩音机 除上述通用扩音机外，还有大量的专用扩音机。它们多与专用的信号源配套使用，绝大多数不能“自成一体”，如电影扩音机、电话增音机等等，甚至录音机、收音机、电视机的声频放大部分，从性质上看，也可说成是专用扩音机。这类扩音机的指标多根据信号源的性质和用场而定。

一般说来，对广播扩音机和剧场扩音机还有一个共同的要求，就是输入路数多，也就是需要它们能与收音机、录音机、电唱机等多种信号源配合使用，并能适应多种、多个不同阻抗的话筒同时使用。

2. 按组成电路的器件分类

由于电子工业的飞速发展，当今出现了电子管、晶体管和集成电路共存的局面。以这三种器件分别构成的扩音机，或由两种器件混合组成的扩音机数量都不少。总的趋势是电子管扩音机日渐淘汰，主要原因是它体积大、笨重、耗电多。然而，由于它放音柔和，检修方便，还迟迟没有退出历史舞台。

3. 按电路结构分类

按扩音机的输出方式，可分为变压器输出和无变压器输出两类，而无变压器输出扩音机又可分成 OTL、OCL 和 BTL 三种。一般说来，变压器输出的扩音机便于匹配，可实现高压输出，但笨重，不易达到高音质，常用于广播扩音机。而无变压器输出扩音机的特点恰恰相反，并且一般电路都较复杂。但由于它可以获得高保真输出，负载特性又很好，应用越来越广泛了。

从整机的电路结构看，扩音机可分成单声道、双声道以及多声道扩音机，还可分成分频式和普通扩音机。所谓双声道和多声道扩音机，实际上就是把几个完全相同的扩音机合并安装在一起，主要是为立体声放音用。所谓分频式扩音机，是把它的功率放大部分分成了两套，由电子分频器把声频信号分成两个频段，主功率放大器放大中、低频信号，而另一套功率放大器放大高频段信号。

4. 按功率放大器的工作状态分类

声频功率放大器可以工作在甲类、甲乙类和乙类三种工作状态，按上述顺序非线性失真依次加大，而效率也依次提高。目前，使用最多的工作状态是接近于乙类的甲乙类工作状态。

5. 按输出的负载特性分类

按照这种分类原则，扩音机可分为定压式和定阻式两类。定压式扩音机在输出端有较深的电压负反馈，负载特性较好，负载变化时，输出电压变化很小，但输出功率将随之发生变化。通常，只要负载阻抗不低于额定输出阻抗，便可正常工作。配接负载比较方便，尤其适于家用和远距离输送信号。无输出变压器的扩音机和几百瓦的有线广播扩音机多属于这种类型。定阻式扩音机的特点是对负载匹配的要求比较严格，但易于获得额定输出功率。在扩音机的输出端，有多组输出端子，并注明额定输出阻抗，只有在扬声器阻抗（一只或多只串、并联组合的等效阻抗）与扩音机额定输出阻抗相等，并且各扬声器所获得的功率不超过额定功率时，才能安全工作，并达到各种技术指标。否则，要么损坏扩音机，要么损坏扬声器。

第二节 扩音机工作原理

扩音机是把微弱的声频电信号放大到具有足够大的电功率的电子装置。因为在扩音机内部，只需对声频电信号放大，无需做任何信号变换，所以就其本身的电路性质而言是十分单纯的，都属于本书第四章介绍的声频放大器。然而，做为电子设备，必须考虑它与信号源及负载的匹配问题，并且最终应满足