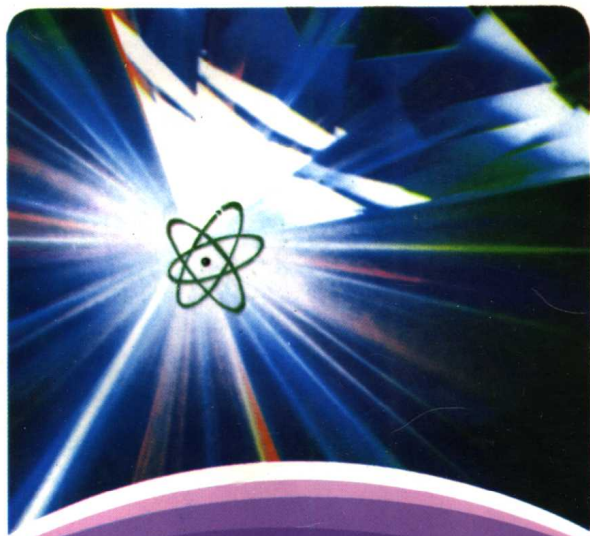


无线电爱好者丛书

# 无线电爱好者读本

本书编写组 编著

(修订本) 中



无线电爱好者丛书

**无线电爱好者读本 (中)**

(修订本)

本书编写组 编著

人民邮电出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

无线电爱好者读本(中)/《无线电爱好者读本》编写组编著。  
—2版(修订本)。—北京:人民邮电出版社,1993.9

(无线电爱好者丛书/中国电子学会《无线电爱好者丛书》编委会主编)

ISBN 7-115-04862-2

I. 无…

II. 无…

III. 无线电技术-普及读物

IV. TN80-49

无线电爱好者丛书

### 无线电爱好者读本(中)

(修订本)

---

◆ 编 著 本书编写组

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街14号

中国铁道出版社印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/32

印张:8.5

字数:192千字

1993年9月第2版

印数:455 101-467 100册

1998年6月北京第14次印刷

ISBN 7-115-04862-2/TN·592

---

定价:10.00元

# 前 言

广大无线电爱好者大多是从业余制作起步的。通过制作一些简单的无线电设备，积累了初步的实践经验，产生了日益浓厚的兴趣，由此进一步去探索无线电世界的奥秘。但是，无线电技术的初学者，在分析比较复杂的电子电路，或对无线电整机进行调试和修理时，却由于缺乏比较系统的理论知识而感到困难和吃力。理论基础的薄弱羁绊了无线电爱好者长足进取。为了向具有中等文化水平的无线电爱好者普及无线电电子学方面的基础知识，系统地介绍无线电电路的基本原理和基本分析方法，指导他们更好地从事业余无线电实验与制作活动，我们编写了这套《无线电爱好者读本》。

这套书是中国电子学会组织编写的“无线电爱好者丛书”中的一种。自1983年出版以来，深受读者欢迎，多次重印，畅销不衰。近年来，无线电技术发展十分迅速，新型电子器件和元件不断涌现，无线电设备特别是音像设备不断更新换代。与此同时，全国各地相继成立了无线电爱好者的群众组织，无线电爱好者的队伍进一步扩大，业余无线电活动的内容也在更新和变化。在这样的形势下，本书初版的内容已经不能满足广大无线电爱好者新的更高的需求。为此，我们对原书进行了全面的修订。

目前，“无线电爱好者丛书”已经出版了多种专册，为了避免和其它专册重复，本书不涉及某种设备的制作工艺、调试、维修方法等内容，而是从各种无线电设备的共性出发，比较深入地阐述各种电子元器件、无线电单元电路以及整机电路的工作原理和分析方法。在写法上侧重讲清物理概念，尽量避免繁琐

的数学推导，力求深入浅出，通俗易懂，便于自学。这次修订，对原书中无线电爱好者比较熟悉的内容，做了必要的删节，重新改写了部分章节，新增了“运算放大器”、“脉冲与数字电路”、“彩色电视机”、“录像机与摄像机”、“微型计算机的基础知识”等，改写和新增的内容约占全书的70%。

《无线电爱好者读本》(修订本)分上、中、下三册出版，上册内容包括“无线电通信基础知识”、“半导体器件与电真空器件”、“声频放大器”、“电子电路中的电源”、“高频放大器”、“正弦波振荡器”、“调制与解调电路”、“混频器与变频器”、“运算放大器”以及“脉冲与数字电路”等十章。中册包括“扩音机”、“收音机”、“磁带录音机”等三章。下册包括“黑白电视机”、“彩色电视机”、“录像机与摄像机”、“微型计算机基础知识”以及“无线电遥感、遥测与遥控”等五章。

本书初版共分十六章，其中“无线电通信基础知识”、“形形色色的半导体器件”与“整流、滤波和稳压电路”、“扩音机”由王行国编写；“电路基础和无线电元件”由赵锡禄、宋东生编写；“声频放大器”、“高频放大器”、“收音机”和“磁带录音机”由张春元编写；“正弦波振荡器”、“调制与解调电路”、“混频器与变频器”、“电子管”与“晶体管电视机”由李璜编写；“开关电路”由宋东生编写；“无线电遥控设备”由赵锡禄编写。这次修订，“无线电通信基础知识”、“电子电路中的电源”、“扩音机”由张爱华编写；“半导体器件与电真空器件”、“运算放大器”与“脉冲与数字电路”由宋东生编写；“收音机”由张春元编写；“彩色电视机”由王贯一编写；“摄像机与录像机”由杨克威编写；“微型计算机”由朱凯编写；“无线电遥测及遥控”由许茂祖编写。初版及修订本均由宋东生统编。

编者

# 目 录

<b>第十一章 扩音机</b> .....	1
<b>第一节 概述</b> .....	3
一、扩音机的功能.....	3
二、音质、听觉特性和声音信号之间的关系.....	4
三、扩音机的技术指标.....	8
四、扩音机的分类.....	11
<b>第二节 扩音机工作原理</b> .....	14
一、前置放大器.....	15
二、混合放大级.....	17
三、推动级.....	17
四、功率放大级.....	18
五、电源及馈电系统.....	18
<b>第三节 扩音机电路分析</b> .....	19
一、晶体管扩音机.....	20
二、电子管扩音机.....	31
<b>第四节 音响集成电路</b> .....	36
一、前置放大集成电路.....	37
二、功率放大集成电路.....	46
<b>第五节 扩音机常用的附加电路</b> .....	68
一、频率均衡电路.....	68
二、音调控制电路.....	72
三、等响度电路.....	88

四、分频网络 .....	92
<b>第六节 音箱 .....</b>	<b>99</b>
一、扬声器 .....	100
二、音箱 .....	102
<b>第七节 卡拉OK伴唱机 .....</b>	<b>106</b>
一、什么是卡拉OK伴唱机 .....	106
二、实用卡拉OK伴唱机 .....	107
三、功能齐全的卡拉OK伴唱机 .....	114
四、卡拉OK视听设备 .....	116
<b>第八节 环绕立体声 .....</b>	<b>118</b>
一、什么是环绕立体声 .....	118
二、环绕立体声系统的三种类型 .....	120
三、AV环绕立体声 .....	124
<b>习题 .....</b>	<b>126</b>
<b>第十二章 收音机 .....</b>	<b>128</b>
<b>第一节 收音机的分类和性能指标 .....</b>	<b>128</b>
一、收音机的分类 .....	128
二、收音机的主要性能指标 .....	129
<b>第二节 收音机的工作原理和电路结构 .....</b>	<b>130</b>
一、直接放大式晶体管收音机 .....	130
二、超外差式晶体管收音机 .....	133
三、调频收音机 .....	144
四、调频立体声收音机 .....	151
五、集成电路收音机 .....	157
<b>第三节 收音机的附属电路 .....</b>	<b>164</b>
一、短波频率微调电路 .....	164
二、本地、远程转换开关 .....	165

三、短波增益提升电路·····	166
四、自动频率微调电路 (AFC) ·····	166
五、静噪调谐电路·····	167
六、调谐指示电路·····	169
习题·····	169
<b>第十三章 磁带录音机</b> ·····	<b>171</b>
<b>第一节 概述</b> ·····	<b>171</b>
一、从唱片录音谈起·····	171
二、声、电、磁转换的灵巧工具·····	172
三、磁头和磁带·····	175
四、磁带传动机构简介·····	185
五、对磁带录音机的主要要求·····	190
<b>第二节 磁带录音机工作原理</b> ·····	<b>192</b>
一、录音工作原理·····	192
二、抹音工作原理·····	198
三、放音工作原理·····	200
四、录音、放音过程中的频率损失和补偿·····	200
五、录音、放音频率均衡放大器·····	203
<b>第三节 磁带录音机的电路结构</b> ·····	<b>208</b>
一、单声道盒式录音机·····	208
二、立体声盒式录音机·····	216
三、电子管磁带录音机·····	223
<b>第四节 盒式录音机的特殊电路</b> ·····	<b>228</b>
一、自动电平控制电路·····	228
二、录、放音电平监视电路·····	231
三、磁带选择电路·····	235
四、声像展宽电路·····	237



五、自动选曲电路简介.....	239
六、走带全自停电路.....	241
七、直流电机电子稳速电路.....	243
八、几种开关.....	244
第五节 录音机新技术简介.....	248
一、多声道录音技术.....	248
二、数字磁带录音机 (DAT) .....	249
三、数字盒式磁带录音机 (DCC) .....	259
习题.....	260

# 第十一章 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。扩音机看起来不像收音机、电视机、录音机那样举目皆是，其实，这些家用电器的放音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。目前正在普及的家庭卡拉OK机和家庭组合音响，其本质就是功能齐全的扩音机。因此可以说，扩音机知识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；再介绍几种常用的音响集成电路和实用扩音机电路；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。再者，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。其实，电子电路的构成具有很强的规律性。从许多相同类型的电子电路来看，不仅功能上大致相同，而且在电路的结构上也大体相似。这就为广大无线电爱好者分析、组合、设计电子电路提供了极大的方便。近年来，人们明确提出了“单元电路的积木化原理”这一新概念。

所谓“单元电路的积木化原理”包括以下两方面内容：

### 一、复杂电路的可分解性

任何一个复杂的电路都可分解成若干个具有完整基本功能的单元电路。比如，一架超外差式六管机，是由变频、中放Ⅰ、中放Ⅱ、检波、低放和乙类功放这六个单元组成。这里的每个单元都可看作是构成整机电路的一块“积木”。

### 二、单元电路的可组合性

单元电路的积木化功能，不仅具有上述的化整为零的特点，还能达到集简成繁的目的。当了解了每个单元电路的功能、特点、电路典型参数和调试方法后，就能按照预期的某种需要，将某几种单元电路按一定的规律适当地组合成一个较为复杂的、具有全新功能的整机电路。实际上，在许多整机电路的设计中，都是自觉或不自觉地应用了单元电路的组合原理。可以说，电子电路的多样性，正是建立在单元电路的可组合性这一基础上的。

在对整机电路进行“分解”或用单元电路“组合”整机时，

也不只是一种简单的分割或拼凑，这里还需要有一点经验和技巧。但只要无线电爱好者们能有意识地在这方面培养自己的能力，就可逐步提高水平，达到灵活运用的境界，成为无线电爱好者行列中的“上乘”。

## 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，尤其是对扩音机的“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音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。

扩音机输入的音频电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、磁带录像机、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，但其它方面却不能“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。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。经常会遇到这样的现象，在同时鉴定同一台录音机放出的声音时，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，这与鉴定者的听觉、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

响度又叫声强。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，这就必然与每个人的听觉灵敏度有关。在听同一个人讲话时，有的人已经听得很清楚了，而有的人还要求讲话者声音再大些。这样，几乎就无法定量地表示响度的大小了。为了便于表示，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，就觉得音量变化很大；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的变化。再比如，把声音信号的振幅增加到原来的100倍，而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，当音量电位器从零刚刚旋起的时候，音量便突然增大，很难获得微弱的音量；而在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。一般人只能听到18Hz~20kHz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，尤其是表现在高频段更为明显。比如，儿童可听到20kHz左右的声音；而到了老年，只能听到12~13kHz左右的声音了。即使在可闻的声频范围内，同一个人对不同频率的声音的敏感程度也不相同，一般对1~3kHz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1~3kHz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。

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，于是促使听者拚命增加音量，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 (参见本章第五节)。

图 11-1 所示为等响度曲线。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。横坐标为对应的声振动频率，纵坐标为所需的声压。不等距的曲线反映出响度对

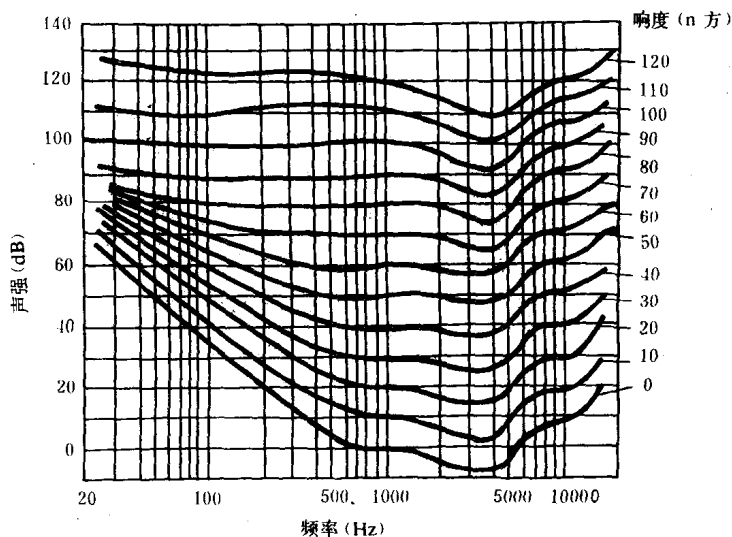


图 11-1 等响度曲线

听觉特性的影响。

## 2. 音调

人们在唱歌时，经常提到调子高了、调子低了，这里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的不同。

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，在伴随着一个基本正弦振动同时，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，但也如此。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20kHz，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

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三章中介绍的概念相一致。

#### 1. 噪音电平