

# 立体声接收与 重放技术

责任编辑 原式溶  
封面设计 天 慈

立体声接收与重放技术

李执强 编著

\*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂印刷

\*

787×1092毫米32开本 24.625印张 4插页 473千字

1985年2月第1版 1985年2月第1次印刷

印数: 1-20,000

书号 15195·161 定价 4.50 元

---

## 前 言

随着现代电子学、电声技术的进展,以及人民物质文化生活水平的提高,在我国,立体声技术已逐渐深入到千家万户。立体声收录机已逐渐普及,立体声电唱机开始取代单声道电唱机,将盒式录音机、立体声电唱机、立体声调谐器、高保真声频放大器和音箱组合在一起的“家庭音乐中心”开始出现,很多省市已开始了调频立体声广播,立体声技术已成为人们物质文化生活中不可缺少的一部分。学习立体声技术已不仅是广大电声工作者的需要,而且也是广大无线电爱好者和广大音乐爱好者的需要。本书就是为适应这种需要而编写的。

本书选材广泛而系统,涉及到立体声录音机、立体声电唱机、立体声调谐器、高保真声频放大器、音箱等“家庭音乐中心”的各个部件。内容上分为立体声原理、立体声调谐器、高保真放声系统三大部分。各部分可作为独立的学习单元。本书若作为培训班教材,对某些章节,可根据实际需要适当删减。自学者可根据个人爱好阅读部分章节或全书。

本书选材注意了普及性、典型性和先进性。各部分电路的分析均从分离元件基本电路入手,进而介绍较典型的电路实例以及目前出现的新型电路。在论述方法上,对基本理论、基本电路的论述力求通俗易懂、由浅入深,以讲清物理

意义和基本概念为主，便于普通读者掌握。对一些较深的理论问题（如解码电路的分离度及其补偿等），则作了较详细的数学分析，以供电声技术人员参考。本书突出了实用性，各部分电路尽量举出一些典型实例，选录了近年来有关书刊上发表的优秀电路及印刷电路板图，并用一定篇幅介绍了各部分电路的装配、调试及维修方法，便于读者理论联系实际。

本书可供广大业余无线电爱好者、音乐爱好者阅读，特别适于具有中等文化程度的读者自学，及作为培训班教材。对于电声技术人员、有关大专院校师生，也有一定的实用价值。

本书插图由安可大同志绘制，石长河同志、王端萍同志在原稿抄写等方面做了大量工作，山东广播电视厅资料室提供了有关资料，在此表示衷心感谢。

由于笔者水平所限，编写时间仓促，错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

一九八三年九月于山东工业大学

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| <b>第一章 立体声原理</b> .....    | 1  |
| <b>第一节 声音</b> .....       | 1  |
| 一、声音的产生.....              | 1  |
| 二、声音的计量.....              | 2  |
| 三、声音的传播.....              | 4  |
| 四、纯音、复音及声谱.....           | 5  |
| 五、音乐厅中立体声信息的组成.....       | 6  |
| <b>第二节 人耳的听觉特性</b> .....  | 8  |
| 一、人耳对音强、音调、音色的分辨特性.....   | 8  |
| 二、听觉定位特性.....             | 13 |
| <b>第三节 双声道立体声系统</b> ..... | 19 |
| 一、双扬声器实验.....             | 20 |
| 二、双声道立体声系统方框图.....        | 23 |
| 三、双声道立体声的检拾.....          | 23 |
| 四、双声道立体声重放声象的展宽.....      | 40 |
| <b>第四节 仿真立体声系统</b> .....  | 43 |
| 一、仿真立体声的产生方法.....         | 43 |
| 二、中波调幅仿真立体声收音机.....       | 53 |
| <b>第五节 四声道立体声系统</b> ..... | 59 |
| 一、四声道立体声系统的类型.....        | 60 |
| 二、四声道立体声的检拾.....          | 62 |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| 三、四声道立体声的重放 .....      | 65         |
| 第六节 三维空间环绕声立体声系统 ..... | 69         |
| 第七节 立体声的记录 .....       | 74         |
| 一、立体声电唱机 .....         | 74         |
| 二、立体声录音机 .....         | 90         |
| 三、四声道立体声的记录 .....      | 100        |
| <b>第二章 立体声广播 .....</b> | <b>103</b> |
| 第一节 调制 .....           | 103        |
| 第二节 调幅广播 .....         | 105        |
| 一、调幅波波形 .....          | 105        |
| 二、调幅波的数学表达式 .....      | 107        |
| 三、调幅波的频谱 .....         | 109        |
| 四、调幅波的能量关系 .....       | 110        |
| 五、平衡调幅 .....           | 112        |
| 第三节 调频广播 .....         | 114        |
| 一、调频波的波形 .....         | 114        |
| 二、调频波的数学表达式 .....      | 115        |
| 三、调频波的频谱 .....         | 116        |
| 四、调频波的带宽 .....         | 119        |
| 五、预加重和去加重 .....        | 121        |
| 六、调频广播的优缺点 .....       | 122        |
| 第四节 立体声广播制式 .....      | 123        |
| 一、调频制 .....            | 123        |
| 二、调幅制 .....            | 131        |
| 第五节 导频制复合立体声信号 .....   | 136        |
| 一、导频制复合立体声信号的波形 .....  | 136        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 二、调试用标准立体声信号 .....          | 138        |
| 三、标准立体声信号的应用 .....          | 141        |
| 第六节 导频制双声道立体声接收机的组成 .....   | 146        |
| <b>第三章 立体声接收机基础电路</b> ..... | <b>150</b> |
| 第一节 LC谐振电路 .....            | 150        |
| 一、串联谐振电路 .....              | 150        |
| 二、并联谐振电路 .....              | 155        |
| 三、双调谐电路 .....               | 163        |
| 四、耦合电路的反射阻抗 .....           | 167        |
| 第二节 晶体管基本放大电路 .....         | 171        |
| 一、共发射极电路 .....              | 171        |
| 二、共基极电路 .....               | 175        |
| 三、共集电极电路 .....              | 177        |
| 四、三种基本放大电路的比较 .....         | 179        |
| 第三节 场效应管电路 .....            | 181        |
| 一、场效应管的种类及工作原理 .....        | 181        |
| 二、场效应管的主要参数 .....           | 184        |
| 三、场效应管的偏置电路 .....           | 186        |
| 四、场效应管基本放大电路 .....          | 189        |
| 五、场效应管与晶体三极管的性能比较 .....     | 189        |
| 六、场效应管使用注意事项 .....          | 189        |
| 第四节 线性集成电路 .....            | 190        |
| 一、偏置电路 .....                | 190        |
| 二、差分放大器 .....               | 196        |
| 三、双平衡模拟乘法器 .....            | 204        |
| 四、集成运算放大器原理 .....           | 206        |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 五、集成运算放大器的线性应用·····    | 209 |
| <b>第四章 调频高频头</b> ····· | 219 |
| 第一节 输入电路·····          | 220 |
| 一、固定式输入电路·····         | 220 |
| 二、调谐式输入电路·····         | 224 |
| 三、阻抗变换器·····           | 225 |
| 第二节 高频放大电路·····        | 228 |
| 一、高频放大电路对整机性能的影响·····  | 228 |
| 二、基本高频放大电路·····        | 230 |
| 三、高频放大电路的稳定性·····      | 234 |
| 第三节 本机振荡电路·····        | 236 |
| 一、自激振荡原理·····          | 236 |
| 二、LC三点振荡器·····         | 238 |
| 第四节 混频电路·····          | 243 |
| 一、差频方案的选择·····         | 243 |
| 二、混频原理·····            | 245 |
| 三、晶体管混频电路·····         | 245 |
| 四、场效应管混频电路·····        | 249 |
| 第五节 调频高频头实例分析·····     | 252 |
| 一、3T2型调频高频头·····       | 252 |
| 二、3P1型调频高频头·····       | 258 |
| 第六节 电调谐调频高频头·····      | 261 |
| 一、变容二极管及其工作原理·····     | 261 |
| 二、电调谐调频高频头实例分析·····    | 263 |
| 第七节 集成电路调频高频头·····     | 266 |
| 一、输入电路和高放电路·····       | 267 |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 二、混频电路 .....            | 268        |
| 三、本机振荡电路 .....          | 270        |
| <b>第五章 中频放大电路</b> ..... | <b>273</b> |
| 第一节 $LC$ 调谐中频放大器 .....  | 274        |
| 一、单调谐中频放大器 .....        | 274        |
| 二、双调谐中频放大器 .....        | 280        |
| 三、参差调谐中频放大器 .....       | 284        |
| 第二节 陶瓷滤波器中频放大器 .....    | 285        |
| 一、双端陶瓷滤波器 .....         | 286        |
| 二、三端陶瓷滤波器 .....         | 286        |
| 三、双三端陶瓷滤波器 .....        | 287        |
| 第三节 集中选择性滤波器中频放大器 ..... | 290        |
| 一、集中选择性滤波器 .....        | 291        |
| 二、非调谐宽频带放大器 .....       | 296        |
| 第四节 限幅器 .....           | 298        |
| 一、限幅的必要性及限幅器的传输特性 ..... | 298        |
| 二、二极管限幅器 .....          | 301        |
| 三、三极管限幅器 .....          | 301        |
| 四、恒流限幅器 .....           | 303        |
| 第五节 集成电路中频放大器 .....     | 304        |
| 一、FY1201调频调幅中放电路 .....  | 304        |
| 二、FY1018调频调幅中放电路 .....  | 305        |
| 第六节 静噪电路及自动增益控制电路 ..... | 310        |
| 一、静噪电路 .....            | 310        |
| 二、自动增益控制电路 .....        | 312        |
| <b>第六章 鉴频器</b> .....    | <b>321</b> |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 第一节 相位鉴频器 .....           | 323        |
| 一、相位鉴频器的工作原理 .....        | 323        |
| 二、相位鉴频器的鉴频特性 .....        | 329        |
| 第二节 比例鉴频器 .....           | 330        |
| 一、比例鉴频器的工作原理 .....        | 331        |
| 二、比例鉴频器的限幅原理 .....        | 332        |
| 三、比例鉴频器实例分析 .....         | 334        |
| 第三节 移相乘积鉴频器 .....         | 335        |
| 一、移相器 .....               | 336        |
| 二、乘法器及鉴频原理 .....          | 337        |
| 第四节 脉冲计数式鉴频器 .....        | 340        |
| 第五节 自动频率微调电路 .....        | 343        |
| 一、自动频率微调原理 .....          | 343        |
| 二、自动频率微调电路 .....          | 346        |
| 三、捕捉范围与保持范围 .....         | 348        |
| 四、鉴频器特性对自动频率微调性能的影响 ..... | 348        |
| <b>第七章 立体声解码电路 .....</b>  | <b>350</b> |
| 第一节 矩阵式解码电路 .....         | 350        |
| 一、方框图及基本工作原理 .....        | 350        |
| 二、各主要电路的组成及工作原理 .....     | 352        |
| 三、矩阵式解码电路实例分析 .....       | 360        |
| 四、矩阵式解码电路的分离度 .....       | 364        |
| 第二节 开关式解码电路 .....         | 369        |
| 一、开关式解码原理 .....           | 369        |
| 二、开关式解码电路的组成及工作原理 .....   | 374        |
| 第三节 开关式解码电路的分离度及其补偿 ..... | 380        |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 一、导通角对分离度的影响及其振幅补偿 .....            | 380        |
| 二、其他因素对分离度的影响及其振幅补偿 .....           | 392        |
| 三、振幅补偿与重放声象的关系 .....                | 404        |
| 四、振幅补偿电路实例分析 .....                  | 407        |
| 五、反串补偿原理 .....                      | 409        |
| 第四节 开关式解码电路实例分析 .....               | 416        |
| 一、简易开关式解码电路 .....                   | 416        |
| 二、带有反串补偿的开关式解码电路 .....              | 419        |
| 三、带有SCA滤波器及自动切换电路的开关式解码<br>电路 ..... | 422        |
| 第五节 集成电路开关式立体声解码器 .....             | 425        |
| 一、集成电路解码器基本电路 .....                 | 425        |
| 二、FY3301立体声解码器 .....                | 454        |
| 三、FY3361锁相环立体声解码器 .....             | 466        |
| 第六节 包络检波式解码电路 .....                 | 474        |
| <b>第八章 双声道高保真声频放大器</b> .....        | <b>476</b> |
| 第一节 前置放大器 .....                     | 477        |
| 一、均衡放大电路 .....                      | 477        |
| 二、等响度控制电路 .....                     | 483        |
| 三、音调控制电路 .....                      | 487        |
| 四、高、低音切除电路 .....                    | 494        |
| 五、声道平衡控制电路 .....                    | 496        |
| 六、展宽控制电路 .....                      | 498        |
| 七、分频电路 .....                        | 499        |
| 八、前置放大器实例分析 .....                   | 499        |
| 第二节 功率放大器 .....                     | 503        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 一、OTL功率放大器 .....                  | 505 |
| 二、OCL功率放大器 .....                  | 516 |
| 三、DC、CL功率放大器 .....                | 520 |
| 四、BTL功率放大器 .....                  | 525 |
| 五、超甲类功率放大器 .....                  | 529 |
| 六、集成电路功率放大器 .....                 | 540 |
| 第三节 保护电路、指示电路及电源电路 .....          | 558 |
| 一、保护电路 .....                      | 558 |
| 二、功率指示电路 .....                    | 564 |
| 三、立体声平衡指示电路 .....                 | 573 |
| 四、电源电路 .....                      | 574 |
| 第四节 高保真声频放大器装配工艺 .....            | 577 |
| 一、正确接地 .....                      | 578 |
| 二、避免电磁场干扰 .....                   | 580 |
| 第五节 高保真声频放大器的主要技术指标及其<br>测量 ..... | 584 |
| 一、主要技术指标及其测量 .....                | 584 |
| 二、方波信号在声频放大器测试中的应用 .....          | 595 |
| 第六节 电子管及纵向场效应管功放电路 .....          | 599 |
| 一、电子管功放电路 .....                   | 599 |
| 二、纵向场效应管功放电路 .....                | 603 |
| <b>第九章 扬声器系统</b> .....            | 608 |
| 第一节 扬声器 .....                     | 608 |
| 一、扬声器的电声指标 .....                  | 608 |
| 二、电动扬声器 .....                     | 613 |
| 三、其他扬声器 .....                     | 620 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第二节 音箱                | 622 |
| 一、干涉现象及声短路效应          | 622 |
| 二、声障板                 | 625 |
| 三、敞开式音箱               | 627 |
| 四、封闭式音箱               | 628 |
| 五、倒相式音箱               | 636 |
| 六、其他音箱                | 645 |
| 七、组合式音箱               | 649 |
| 八、音箱制作                | 655 |
| 九、家用音箱实例              | 659 |
| 第三节 分频器               | 665 |
| 一、功率分频器               | 665 |
| 二、电压分频器               | 680 |
| 第四节 立体声重放系统音箱的配置      | 681 |
| 一、双声道音箱的配对            | 681 |
| 二、双声道音箱的放置            | 683 |
| 三、放音房间的影响及其声学处理       | 685 |
| 四、带有中间扬声器的放音系统        | 686 |
| 五、双声道立体声效果范围的扩大       | 688 |
| 六、立体声放音系统的调整          | 691 |
| 七、声电反馈系统              | 693 |
| 第五节 立体声耳机             | 694 |
| 一、立体声耳机放音的优点          | 694 |
| 二、立体声耳机的种类            | 695 |
| 第十章 立体声接收机及重放系统的调试与维修 | 699 |
| 第一节 立体声调谐器实例分析        | 699 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 一、电路原理·····                       | 699 |
| 二、元件选用及装配·····                    | 701 |
| 第二节 立体声信号发生器·····                 | 702 |
| 一、方框图·····                        | 702 |
| 二、面板结构·····                       | 704 |
| 三、使用操作·····                       | 708 |
| 四、校准·····                         | 710 |
| 第三节 立体声接收机的调试·····                | 713 |
| 一、立体声调谐器的调试·····                  | 713 |
| 二、立体声调谐器的指标测试·····                | 718 |
| 三、立体声接收机输入、输出综合特性曲线·····          | 721 |
| 第四节 故障维修·····                     | 725 |
| 一、基本维修方法·····                     | 725 |
| 二、扬声器系统的故障及维修·····                | 729 |
| 三、声频放大器的故障及维修·····                | 733 |
| 四、立体声调谐器的故障及维修·····               | 735 |
| 第五节 音质评价·····                     | 738 |
| 一、技术指标与音质评价·····                  | 738 |
| 二、音质评价术语·····                     | 739 |
| 三、频率响应、失真、混响、声级等与音质评价的<br>关系····· | 747 |
| 附录一 动态降噪系统·····                   | 752 |
| 附录二 功率、电压、电流的分贝换算关系·····          | 755 |
| 附录三 10A型、10K型调频中频变压器线圈参数·····     | 761 |
| 附录四 国内外常用音响集成电路的互换(附表4)·····      | 765 |
| 参考文献·····                         | 774 |

# 第一章 立体声原理

当我们细耳聆听周围的声音时，不但能感觉出声音的强度、音调和音色，而且还能感觉出声源的方向和距离。例如，在音乐厅中欣赏交响乐队的演奏时，不但从音色中能区别出各种乐器的类别，而且还能判断出各种乐器的位置，即所谓有现场感或临场感。这说明，人们的听觉除了对声音的强度、音调、音色有所感觉外，还有一种空间印象感，即立体感。也就是说，人耳具有“声学透视”的特性。因此，听到的声音不仅有强弱、高低、丰歉之分，而且还有方向、深度之别。

既然人们的听觉具有立体感，在声音的记录、传输或重发过程中，欲保持原发声的真实性，就必须保持原发声的“立体特性”。我们所熟悉的单声道系统的重发声，虽然在一定程度上可以使聆听者有声音的深度感，但却没有方向感。因此，单声道系统不能满足立体声传输的要求。

为了解决立体声的重发问题，人们进行了大量的研究，并先后研制成功了双声道、四声道等各种立体声系统。本章对声音的有关概念、人耳的听觉特性、各种立体声系统的基本原理，以及立体声的检拾、记录等问题，进行简单的论述。

## 第一节 声 音

### 一、声音的产生

声音是由机械振动产生的。当一物体振动时，会激励它周围的空气介质发生振动。由于空气具有压缩性，在介质的相互作用下，周围的空气就产生了交替的压缩和膨胀，并且逐渐向外传播。这一传播过程称为声波。声波作用于人耳时，若频率为20~20000赫，并且具有一定的强度，人耳就会听到。频率为20~20000赫的声波称为声频波；低于20赫的声波称为次声波；高于20000赫的声波称为超声波。次声波和超声波是人们听不到的，但有些动物，如蝙蝠、狗、海豚等，可以听到某些范围内的超声波。通常所说的声音，指的是频率为20~20000赫的声频波。

## 二、声音的计量

声音有强弱之分，声能量有大小之别。通常用“声压”、“声强”及“声强级”等物理量来计量声能量的大小。

### 1. 声压

在静止的空气中存在着均匀的大气压强。当声波在空气中传播时，空气各部分会产生周期性的压缩和膨胀，各处的压强也会随之呈现周期性的增大和减小。这部分附加的交变压强是由声波引起的，称为声压，用 $P$ 表示。

平面波的声压和质点运动速度 $v$ 成正比，即：

$$P = \rho c v \quad (1-1)$$

式中： $\rho$ 为介质密度； $c$ 为声波传播速度。 $\rho c$ 又称为声阻率。

通常用仪器测得的声压是均方根值，即有效声压，因而习惯上把有效声压简称为声压。声压的单位是帕。过去也常用微巴作声压单位：

$$1 \text{ 帕} = 1 \text{ 牛顿/米}^2$$

$$1 \text{ 微巴} = 1 \text{ 达因/厘米}^2$$

$$1 \text{ 帕} = 10 \text{ 微巴}$$

1 个大气压力约等于  $10^5$  帕。

## 2. 声强

单位时间内通过介质单位面积的声能量称为声强，用  $I$  来表示。声强与声压的平方成正比，与声阻率成反比，即

$$I = \frac{P^2}{\rho c} \quad (1-2)$$

声强也可表示为声压  $P$  与质点运动速度的乘积，即

$$I = P v \quad (1-3)$$

或表示为质点运动速度的平方乘上声阻率，即

$$I = \rho c v^2 \quad (1-4)$$

声强的单位为瓦/米<sup>2</sup>，空气的声阻率为 420 公斤/米<sup>2</sup>·秒。

## 3. 声强级

声音强度的变化范围是很大的。在空气中，人们刚刚能听到的声音的声强为  $10^{-12}$  瓦/米<sup>2</sup>（有效声压为  $2 \times 10^{-5}$  帕），在声学中称为“听阈”。听阈是能引起人耳听觉的最弱声音的极限，该极限值是健康人听阈的平均值。人耳能够忍受的最大声强约为  $10^2$  瓦/米<sup>2</sup> 左右，超过这个极限，人耳会有痛感，因此声学中称其为“痛阈”。由此可知，痛阈声强约为听阈声强的  $10^{14}$  倍，因此声音强弱的变化范围是非常大的。为描述和书写方便，一般不直接用声强来描述声能量的大小，而用声强级来描述（声强级一般用  $L$  表示）。某一声音的声强级由声强相对于听阈声强的对数来确定，即

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (1-5)$$