

环绕声系统与家庭影院

沈 豪 韩秀苓 王以真 编著



A0942770

北京工业大学出版社

内 容 简 介

家庭影院是20世纪末的一个文化娱乐热点。90年代后期,报纸、杂志、广播、电视不间断地宣传,广告铺天盖地,市场进行着价格战。为了正确面对这种情况,了解家庭影院的工作原理、环绕声系统的工作原理、家庭影院系统的组成和配置、家庭影院环境的音质等问题是人们迫切的愿望。本书内容包括基础、技术和应用三部分。基础部分介绍了有关声学和家庭影院的基本知识、听觉心理的基本知识、数字音响电路的基本知识;技术部分讨论了多通路声音传输技术、高保真立体声技术、电影院杜比立体声技术、人工混响技术、杜比环绕声技术;应用部分讨论了家庭影院的组成、音像节目源、家庭影院视听设备、家庭内听音房间的音质设计和控制;最后展望了跨世纪的家庭影院新技术。

本书内容丰富、通俗易懂,具有新颖性、知识性、科普性和实用性,是一本高级科普读物。读者对象是具有中专以上文化程度的广大电子学爱好者、音响爱好者、音乐爱好者以及中等专科学校的教师,同时也可供大专院校电声专业和非电声专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

环绕声系统与家庭影院/沈嵘编著. —北京:北京工业大学出版社, 2000. 12
ISBN 7-5639-0894-3

I. 环… II. 沈… III. ①立体声技术-音频设备-基本知识②家庭影院-基本知识 IV. TN946.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 74987 号

环绕声系统与家庭影院

沈嵘 韩秀苓 王以真 编著

*

北京工业大学出版社出版发行

邮编: 100022 电话: 67392308

各地新华书店经销

北京飞龙印刷厂印刷

*

2001年1月第1版 2001年1月第1次印刷

787mm×1092mm 16开本 15印张 369千字

ISBN7-5639-0894-3/T·158

印数: 1~3000册

定价: 23.00元

前 言

家庭影院是一种新颖的家庭娱乐 AV 系统。聆听音乐是高保真 (Hi-Fi) 立体声的出发点, 进行卡拉 OK、欣赏 MTV 是音像 (AV) 系统的要求。家庭影院用环绕声系统在家中营造出一种类似电影院的视听环境, 使电影拷贝上的信号和电影院内的声场在家庭环境下重现, 使人们可以观赏到和电影院内看电影一样的视觉和听觉效果。虽然都是声音重放, 但它们有相同的一面, 也有不同之处。Hi-Fi 立体声系统主要表现音乐的内涵与细节, 它要求对声音不失真地重放; 在设备方面主要采用双通路立体声系统, 包括放大电路、音量和音调控制电路以及降噪电路等; 在技术指标上研究电路的输出功率 (与动态范围或信号噪声比有关)、频率响应、谐波失真等参数, 对于声场只强调声像的方向定位, 对它的欣赏以听觉为主。AV 系统则主要以声音重放配合画面来表现声场效果, 以歌舞为主, 对音质的要求不高, 因此声音重放系统仍然采用 Hi-Fi 立体声系统, 但要求歌曲的伴奏音乐和歌词内容相配的背景图像同步显示, 因此, 在电路上增加了混响电路、消歌声电路、变调电路和同步电路。家庭影院的环绕声系统则是要求准确重现声场的定位, 强调空间感、环绕感, 能够创造一种与画面配合的反映电影中惊心动魄的场面。它对音乐的细节要求不高, 其音质建立在多通路传输系统上, 欣赏主要集中在视觉和人物的对白, 同时在对直达声源方向感不变的情况下, 给听者带来环绕声效果的音质感觉。在电路方面增加了解码电路、方向控制电路、数据压缩解码电路、多通路放大和控制电路、声场处理电路等。技术指标还应考虑房间的声学特性、各通路之间的分离度并且形成一个技术标准, 使家庭影院系统不再是简单地用电视机来看电影, 而使人们在家中也能享受到与电影院内相同的视听效果。严格说来, Hi-Fi 立体声系统、卡拉 OK 系统和环绕声系统由于音质的不同, 不能通用。用 AV 系统欣赏音乐, 其效果不如用 CD 的 Hi-Fi 立体声。但是, 以数字音响技术为基础的数字环绕声系统却具有非常好的音质, 并且与 Hi-Fi 立体声兼容, 是一种通用的伴随图像和不伴随图像的环绕声系统, 将是发展的方向, 但它目前受家庭听音室面积限制的影响。家庭影院的流行不是偶然的, 电影历来就是一种人们喜闻乐见的艺术形式, 影视节目翻录到视频载体 (LD、VCD、DVD) 上供 AV 系统和家庭影院用作节目源, 将是一个比电影院大得多的市场。据统计, 1998 年我国共放映电影 414.9 万场, 观众达 5.7 亿人次, 而在这一年中, 中央电视台电影频道观众达到 4.3 亿人次, 因此对 AV 系统和家庭影院系统在技术上进一步提高视听质量并降低价格, 家庭影院系统必将成为新世纪 AV 爱好者的文化娱乐热点。

要想在家庭条件下重放获得电影院的视听效果存在着许多技术问题:

(1) 首先是节目源, 显然不能直接用电影拷贝。已有的 Hi-Fi 录像机在质量上不能满足要

求，为此开发了激光影碟 LD 与激光小视盘 VCD。前者价格昂贵系专业音响设备，故不被一般用户接受，后者质量较差，图像清晰度和放声效果都不如电影院内的质量。这里要指出，激光影碟 LD 可用作杜比专业逻辑（Pro-Logic）环绕系统的节目源；而 VCD 因为采用 MPEG-1 压缩编码方式，对于 Pro-Logic 系统的两通路信号需先进行解压缩再由带 Pro-Logic 解码功能的 AV 放大器解码成 4 通路信号推动 4 只扬声器放声。但因为 MPEG-1 是对独立通路分别进行压缩，而经过 Pro-Logic 矩阵编码的信号，在每一通路中除原有的左或右通路信号外，还有一定比例的中央信号和环绕声信号，是非独立通路。采用人耳掩蔽效应的 MPEG-1 压缩方式将打乱原始信号的比例，即使再由 Pro-Logic 矩阵解码，聆听时的声场定位感觉已混乱，因此用 VCD 作 Pro-Logic 系统节目源是一种不合理的配置，而仅仅比较适用作 AV 系统的节目源。最近激光数字视盘 DVD 的开发成功才获得了价格可接受的高质量家庭影院节目源，它具有 5.1 独立通路的多通路传输和记录系统，虽然采用了 MPEG-2 数据压缩方式，但因为是独立的分离通路故也不影响聆听时声场定位的质量。因此，可以用 DVD 直接拷贝电影片作为家庭影院的节目源，以获得在家庭环境下像在电影院看电影那样的视觉和听觉效果。最近公布的 SVCD 标准，因为仍然是两通路编码系统，必将是一个市场过渡节目源，在技术上是不能与 DVD 竞争的。

(2) 双通路立体声系统不能满足杜比立体声的要求，因此在 4-2-4 编码系统上发展了杜比专业逻辑环绕声系统，但是质量尚不能令人满意。最近开发的 5.1 通路的杜比数字环绕声系统可与电影院杜比立体声系统媲美，并且可将 DVD 用作节目源，使杜比数字环绕声系统可与 Hi-Fi 立体声系统兼容。

(3) 数字技术的发展，使得环绕声系统可以采用数据压缩编码，实现低比特率的传输和低比特记录；采用心理声学研究成果可以进一步提高压缩编码效率，保证系统质量但降低了价格，不但可用于视听系统，也可以用于计算机作存储媒质（DVD-ROM，DVD-RAM 等），并且使家庭影院系统的调节和控制的自动化水平有极大的提高。

(4) 心理声学的进展，使人们更了解声场特性与音质的关系，使杜比环绕声系统不但从声像定位发展为声场定位，而且可以通过多通路传输或音质模拟方式，在听音室内感觉到录音现场的空间感、混响感和环绕感，解决了在小房间内聆听获得像电影院那样大房间的音质效果。这些技术的提高促使家庭影院的图像清晰度和音质效果与电影院内类似，从而可预期它的迅猛发展。应该看到，环绕声系统是从 50 年代流行双通路 Hi-Fi 立体声以来放声技术最大的成就。

本书从声学技术和应用观点全面系统地讨论了环绕声系统和家庭影院的基本知识、技术内容和有关实际应用。它包括：

- 听觉心理和它对音质的要求；
- 多通路立体声系统的传输特性；
- 电影院杜比立体声技术；
- 模拟房间音质的人工混响技术；
- 杜比环绕声系统的基本原理和应用；
- AV 节目源设备；
- 家庭影院和它的设备；
- 家庭内听音房间的音质设计和控制；

• 跨世纪的家庭影院新技术。

本书是一本具有科学性、知识性和实用性的高级科普读物。在编写过程中力求使材料新颖、叙述简明扼要且具有先进性。它的一些基本技术内容有利于读者理解环绕声系统和家庭影院有关的技术问题并在实际中应用。读者对象是具有中等专业以上程度的广大电子学爱好者、音响爱好者以及中等专科学校的师生，也可供大专院校电声专业和非电声专业的师生参考。

作者感谢北京工业大学出版社的组稿，特别是老社长钟佐华的支持。感谢马增令、沈愷婷、原念敏、张柏玲、李凤良等同志的支持并帮助编写了部分章节。本书基础部分由北京理工大学教授韩秀苓编写，技术部分由中国科学院声学研究所研究员沈嶸编写，应用部分由天津市天歌音频有限公司高级工程师王以真编写，全书由沈嶸进行整理、删减并对章节作了统一处理。感谢责任编辑刘津瑜老师仔细地校核了原稿并提出宝贵意见，加班加点工作使本书得以迅速出版。此外，在编写过程中除了利用我们积累的资料以外，还参考了《电声技术》、《音响世界》、《家庭影院技术》等杂志，在参考文献中不一一列出，特此说明并对有关论文作者致谢。有关LD、VCD、DVD视盘的详细内容可参考由作者参加编著的另一本书《光盘系统及其应用》，因此这里仅从应用方面做简单讨论。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1-1 引言	1
1-2 声波与声压级	2
1-3 音频信号	4
1-4 环绕声系统	5
1-5 AV 系统	7
1-6 家庭影院	8
1-7 高清晰度电视 (HDTV) 的伴音系统	9
第 2 章 听觉特性和音质	10
2-1 引言	10
2-2 听觉机理	10
2-3 听觉的基本特性	11
2-4 听觉心理实验的一些结果	14
2-5 房间内声音的主观感觉	21
2-6 噪声的主观感觉和评价	23
2-7 汉语易懂度和语言清晰度	26
2-8 音乐节目的音质评价和方法	27
第 3 章 数字音响基础	30
3-1 引言	30
3-2 模拟与数字	30
3-3 脉码调制的工作原理	32
3-4 数字编码音频信号的特性	35
3-5 数字音响设备的信号流程	36
3-6 误码的性质及其防止	37
3-7 数字音响设备的关键性技术	38
第 4 章 多通路立体声系统	49
4-1 引言	49
4-2 方向信息的主观感觉	50
4-3 混响信息的传输	53
4-4 3 通路立体声系统	54

4-5	双通路立体声系统	56
4-6	4 通路立体声系统	60
4-7	环绕立体声系统	67
第 5 章	电影院杜比立体声技术	68
5-1	引言	68
5-2	光学放音原理	69
5-3	电影胶片上的声迹	70
5-4	立体声宽银幕电影放声系统	71
5-5	电影院杜比立体声系统	73
5-6	电影院杜比数字声系统	76
5-7	电影院观众厅的声学特点	78
第 6 章	人工混响技术	80
6-1	引言	80
6-2	人工混响的发展简况	81
6-3	混响信息的模拟	82
6-4	延时器及其应用	84
6-5	混响器及其应用	89
6-6	数字声场处理器	98
第 7 章	环绕声系统	101
7-1	引言	101
7-2	环绕立体声系统的主观感觉	102
7-3	环绕声系统的分类	104
7-4	环绕声系统的应用	107
7-5	简单环绕声系统	108
7-6	杜比环绕声系统	110
7-7	杜比专业逻辑环绕声系统	115
7-8	杜比数字环绕声系统	120
7-9	仿真型 DSP 环绕声系统	126
7-10	SRS 及其他双通路环绕声系统	128
第 8 章	家庭影院	134
8-1	家庭影院的组成	134
8-2	采用 Pro-Logic 环绕声的家庭影院系统	136
8-3	THX 家庭影院系统	138
8-4	采用 AC-3 环绕声的家庭影院系统	141
8-5	采用 DSP 环绕声的家庭影院系统	145
8-6	几种环绕声系统的异同	148
第 9 章	家庭影院音像节目源设备	149
9-1	引言	149
9-2	音像节目源	149

9-3	Hi-Fi 录像机	150
9-4	激光影碟机 (LD)	158
9-5	VCD 视盘机	161
9-6	DVD 数字视盘机	163
第 10 章	家庭影院系统的组成	169
10-1	家庭影院的配置	169
10-2	家庭影院器材选择要点	171
10-3	电视设备	173
10-4	投影机	181
10-5	环绕声解码器	187
10-6	AV 放大器	189
10-7	音箱系统	191
第 11 章	家庭影院环境的音质	195
11-1	房间音质概述	195
11-2	房间对声波的影响	198
11-3	反射声的主观感觉	201
11-4	小房间的音质	203
11-5	听音室的声学设计	205
11-6	听音室的音质控制	208
11-7	扩散与音质	213
11-8	房间对音箱发声的影响	216
11-9	房间声学特性的测量	220
第 12 章	家庭影院展望	224
12-1	采用带环绕声系统电视机的家庭影院	224
12-2	DTS 系统	224
12-3	便携式家庭影院	225
12-4	SDDS 系统	226
12-5	DCS 技术	227
12-6	电脑家庭影院	227
12-7	全能影院	228
12-8	Divx 系统	228
	参考文献	229

绪 论

1-1 引言

高保真立体声的目的是传递或重建某一个特定的声场，使聆听者不受时间、空间的限制而听到原声场的声音和它的空间特性。在听觉上具有临场感，使聆听者犹如身临其境。当有画面配合时，就更为容易获得这种听觉感觉。重建某一特定声场是根据惠更斯原理考虑的。惠更斯原理表明，将无限多个相同传声器分布在包围初级声场的任意闭合曲面上，拾声后馈送给另一对应曲面上的扬声器发声，则在这个闭合曲面内产生的次级声场与原来的初级声场完全相同。早期进行的传声器布置在声源前方一个垂直平面上进行拾音的实验结果表明，采用的传声器越多，则传输声音的质量越高。1933 年在美国费城和华盛顿之间进行了 3 通路立体声传输试验，获得了相当满意的效果；后来为了使用在家庭内，立体声通路减少到两条。这种简化在经济上、商业上具有实用意义，促使双通路立体声的流行。但是，双通路立体声系统存在着一些缺点，如在重发声场中声像位置的畸变比较严重，聆听者对来自后方声音的声像方向不能判别，且临场效果也不太令人满意。后来为了重发聆听者后面和两侧的声像，采用了 4 通路系统，利用四只扬声器方形排列以重发声音。4 通路系统采用 4 只传声器置于录音室内记录左前、左后、右前、右后方向的声音，经放大后分别馈送给听音室内分别放在 4 个墙角处的扬声器重放。这种系统在一定程度上反映了后方和两侧的声像位置，但系统比较复杂。

立体声重放系统不单要使聆听中感觉到各个声音的方向位置，而且还应该具有明显的临场感觉，使聆听者如身临其境。但是，在立体声信息传输中不单要考虑到声像的排列，而且还应考虑到演奏厅声学特性传输的问题。这种立体声信息应该包括混响声、混响声的频率特性、脉冲声的密度、扩散、初始反射声的延迟和取向等。因此，在过去的研究基础上，开发了环绕声系统。家庭内声音重放系统的质量，从高保真系统（Hi-Fi）、双通路立体声系统（Stereo）到环绕声系统（Surround Stereo），传输质量不断改进。90 年代由于数字技术的发展，音频与视频技术可以采用类似的数字信号处理器（DSP）进行处理，因此家庭内音频与视频系统日益紧密结合，使音响系统与视频系统组合或音频-视频系统（AV 系统）。在家庭娱乐方式中，随着音响和电视技术的发展，它们的组合是必然的，近来多媒体技术也逐渐进入家庭。音频与视频技术的各种组合，形成不同类型的 AV 系统，它包含了音响设备、录像机和电视机，可以进行音乐欣赏、舞曲伴奏、观赏电视和聆听录音节目、观看录像，并进一步发展了卡拉 OK 演唱。这种系统的特性多种多样，有的系统兼有听和看的功能，例如一台具有传声器输入端的兼有录像功能的电视机，或者一台有音频输入端的录像机配接一台电视机等，但它们的音质不一定达到高保真的要求。具有卡拉 OK 功能的录像机配以电视机是典型的 AV 系统。大

型歌舞厅的卡拉 OK 系统采用了大屏幕电视机（或投影电视）和高保真系统，具有良好的 AV 特性。家庭用的 AV 系统通常以 AV 放大器为中心，配置高保真系统或环绕声系统以及大屏幕电视机，向着家庭影院方向发展。过去音频与视频系统的结合一直是重视视频而忽略音质。电视迄今还是单通路系统，而录像机虽然有了立体声，但对设备的音质没有足够重视。直到环绕声系统的出现和家庭影院的推出，才使电视机的设计和生产重视 AV 系统的音质。已经感觉到高清晰度电视和即将发展的数字电视，非环绕声系统不能与之相配。目前具有环绕声系统和大屏幕电视机的家庭影院是现代化家庭内的娱乐中心，它可以使人们坐在家中欣赏到电影院所具有的视听效果。

节目源从录音带、录像带、调频广播、电视广播发展到各型视盘 LD、VCD 和 DVD 等，因此就像组合音响那样，形成了成套 AV 系统。在音频方面主要是环绕声系统可供音乐欣赏；在视频方面不断开发大屏幕电视机。对于家庭内以欣赏电影为主的 AV 系统就是将环绕声系统作为大屏幕电视机伴音系统，因此环绕声系统的出现为家庭影院的发展创造了条件。电影院是由放映厅、影院设施和影视设备 3 部分组成。家庭影院也离不开这 3 个方面，不同的是放映厅是家庭内小客厅、影院设施是家中的沙发、桌椅等，影视设备则主要由大屏幕电视机和一套环绕声系统组成。通过数字信号处理技术可以给出一个三维空间的声场，它的方向性很强，声音随着画面的要求而改变方位，令观众仿佛置身于影片情节中，具有逼真的影院效果。但是，节目源必须是带杜比环绕声系统的视盘并使用环绕声音箱，当然大屏幕电视机是重现高清晰度画面效果的关键；另一方面家庭影院不仅限于影视欣赏，也可兼顾音乐欣赏和卡拉 OK，例如音乐电视（MTV）、进行卡拉 OK 演唱、重放 CD 唱片等。如果配以录音座和录像机就具有了家庭音乐中心的功能。当前欧美各国已提出今后将以具有数字环绕声系统的高清度、大屏幕电视机作为家庭 AV 系统的主流。

随着技术与工艺的改进，音响产品的性能不断提高，产品的使用功能不断增多。例如，DVD 与 VCD 相比，其原理基本相同，但在 DVD 中用 MPEG-2 编码方式替代了 VCD 中 MPEG-1 编码方式，同时改进了制作工艺并且采用了分离式数字环绕声系统，因此极大地提高了其技术性能和使用功能，不久将会替代 VCD。另一方面，DVD 的设计推出了 DVD-V、DVD-A、DVD-R、DVD-ROM 以更高的技术性能来取代 VCD、CD、CD-R、CD-ROM。

家庭文化娱乐中心的发展从高保真系统、双通路立体声系统到环绕声系统，它与视频技术相结合形成 AV 系统、卡拉 OK 系统、家庭影院系统。现在将与计算机技术结合向网络方向发展，在家庭中将可以更块、更多地获得网络信息。因此在新世纪中将会出现许多新的产品，例如网络电视、网络音频技术的产品，其中以 MP3 播放机最引人注目。MP3man 是电脑时代的随身听，它以丰富的网上节目源和高性能与 Walkman、Diskman 竞争。此外，在家庭内网络广播和网络音乐、戏曲点播系统也会受到欢迎。由于家庭文化娱乐中心的功能越来越多样化，使用的相关产品种类很多，因此家庭内用于统一控制音频-视频设备的家庭网络技术也会获得发展。

1-2 声波与声压级

1. 声波

当一个物体振动时，在它的周围就会引起扰动，使空气的压强、应力都发生变化。振动的物体可以是人的声带、乐器的簧片、鼓的振膜、管中的空气柱等。由于空气具有惯性和弹

性，在空气质点的相互作用下，周围空气就受到交替的压缩与膨胀而形成声波向外传播。声波通常指空气中传播的压强变化，它作用于人耳时就会产生声音的感觉。图 1-1 给出空气中声

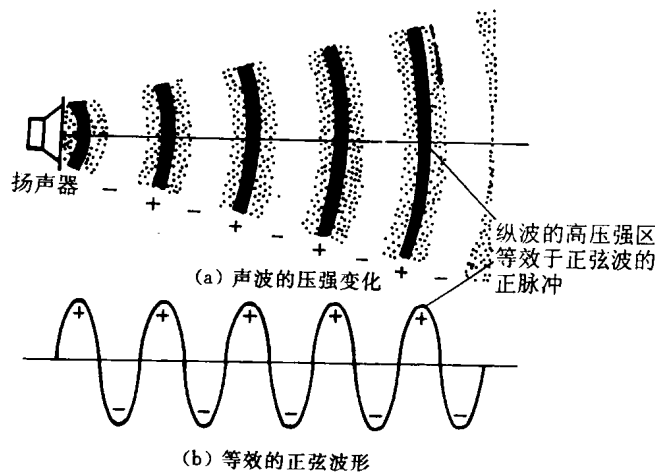


图 1-1 空气中声波的压缩与膨胀

波的压缩与膨胀，其中图 (a) 是扬声器所辐射的声波的压强变化；图 (b) 是等效于压强变化的正弦波形。声音本身和通过高保真系统的电信号都是波的各种形式，它们是分别对应的。任何音响系统的基本性能都是直接与声波有关的。声波的一些重要特性，例如听觉的极限、声速、反射、混响、折射、衍射和散射等对理解高保真技术都是必要的知识。

2. 声压与声压级

媒质中有声波传播时，媒质各部分产生压缩与膨胀的周期性变化。压缩时压强增加，膨胀时压强减少。变化部分的压强，即总压强与静压强的差值称为声压。声压变化的平均值是零，因此平均声压不是一个有用的量，具体描述声波特性常用有效声压（即声压变化的均方根值），它的单位是帕 (Pa)。在实用中更常用的是声压级，它是声压与基准声压的比值取常用对数乘以 20，单位为分贝 (dB)。声压级的数学表达式为

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \tag{1-1}$$

式中 L_p 为声压级，单位为 dB； p 为声压，单位为 Pa； p_0 为基准声压，它等于 20×10^{-5} Pa。

在工程中还使用声级的量，它是以规定的时间计权和频率计权所测得的某一给定声压的分贝数。时间计权通常有快挡、慢挡和脉冲挡三类。测量电表的平均时间常数分别为 125 ms、1000 ms 和 35 ms。频率计权有 A、B、C、D4 种，最常用的是 A 计权。A 计权网络的频率特性是 40 方等响曲线的倒曲线，用它测得的 A 声级 (dBA) 能够较好地反映噪声引起人们的烦恼。因此，音响系统中的本底噪声测量不再用声压级而是用声级。本底噪声的 A 声级表示与人们烦恼的感觉一致。说明声波频谱的方法是频率分析，通常声波频谱分析采用倍频带或 1/3 倍频带声压级。常用的 8 个倍频带中心频率分别为 63、125、250、500、1 000、2 000、4 000、8 000 Hz。对于本底噪声有时还可分别测量 A 声级 (L_A) 和 C 声级 (L_C)、以大致了解噪声频的情况。如果 $L_C > L_A$ 表示低频分量较多； $L_C = L_A$ ，表示高频分量较多。

1-3 音频信号

在生活的环境中,存在着以音乐、人声为主的各种声音。从频率域和音量域来看,它们的分布范围是很宽的。在频率域分布上范围从数赫兹到 $40\sim 50\text{ kHz}$;在音量域中,其声压级约从 $0\sim 150\text{ dB}$ 。其中音乐的频率上限约为 20 kHz ,动态范围可达 90 dB 以上。随音乐的类别而异,图 1-2 给出音乐与人声的声级分布实例。此外,演奏与聆听音乐的空间环境中,还有室外交通噪声和室内生活噪声。

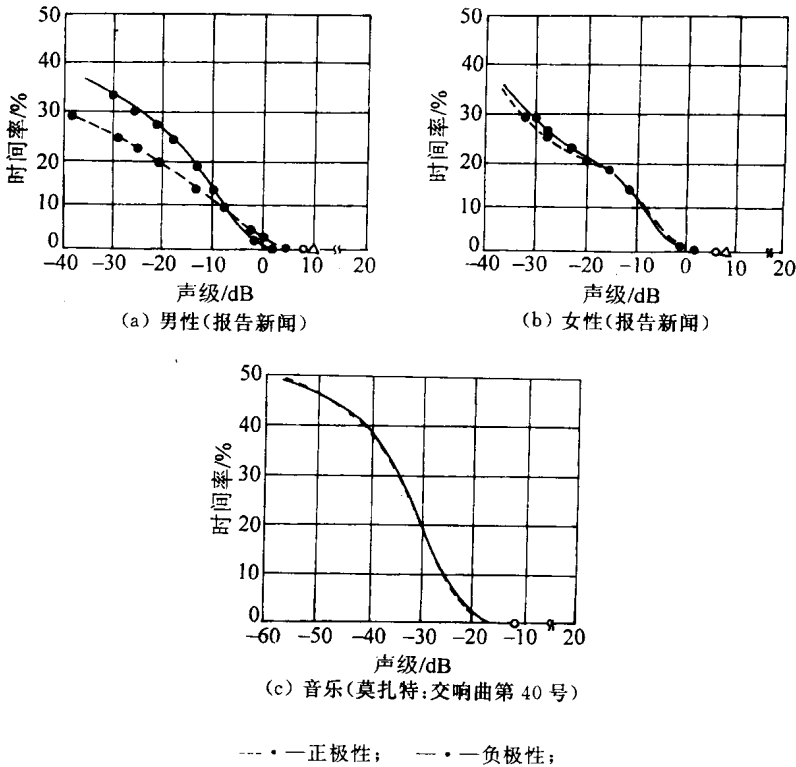


图 1-2 人声与音乐的声级分布

音响技术处理频率在 $20\text{ Hz}\sim 20\text{ kHz}$ 音频范围内的电信号或声信号。音频信号通常指随时间变化的声波或与该声波相对应的电压或电流。用音频信号作载体可以把语言和音乐记录下来,或者进行传送。在接收、传输、记录和重放过程中,信号要受到各种噪声的干扰,从而使信号噪声比(简称信噪比)降低。任何一种信号可以用波形或频谱来描述,因此,要求在记录和传输过程中保持信号的波形或频谱的形状。在信号处理过程中,可以采用随时间连续变化的模拟信号,也可以采用随时间不连续变化的数字信号。模拟信号描述信号的物理量,例如声波的声压变化,通常可以表述为单一正弦波或一些正弦波的组合。数字信号则是由时间上离散出现的一串脉冲组成,通常以码组形式表示。与模拟信号相比,数字信号在传输和记录过程中具有甚小的失真和很强的抗干扰能力。模拟信号和数字信号也是对应的。模拟信号可以通过模数转换器(ADC)变换成数字信号。ADC 包含低通滤波器,经采样、量化和编码转换成数字信号以便进行传输、记录、复制,如图 1-3 所示。从数字信号恢复成模拟信号采用数模转换器(DAC)进行相反的处理,DAC 的方框图如图 1-4 所示,包含 DA 变换和低通滤波,以输出模拟信号。

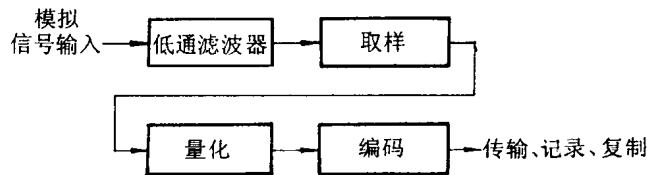


图 1-3 ADC 方框图

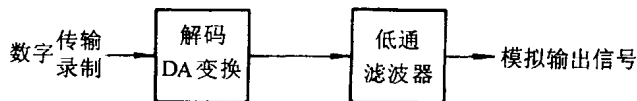


图 1-4 DAC 方框图

音频信号的失真影响人们欣赏音乐、戏曲等艺术作品的音质。通常主要用三大技术指标来进行评价，即频率响应、谐波失真和信噪比（或动态范围）。频率响应是电压（或声压）随频率变化的特性（有时简称频响）。在某频率范围内最大值和最小值之差称为不均匀度。满足允许不均匀度的频率范围称为工作频率范围。因此，描述频率响应要指明工作频率范围和不均匀度，例如 20 Hz~20 kHz（±1 dB）。谐波失真是重放信号中新产生谐波分量的有效值和原来信号的有效值之比，以百分数表示。谐波失真用失真仪测量，先将基波用窄带滤波器抑制，然后测量出所有谐波的总和与输出电压的比值。信噪比是放声时有用信号的信号电平和背景噪声电平的差值用分贝数表示。通常测量额定输入时和无输入信号时输出端的信号和噪声并求出它们的比值的分贝数；也可以用动态范围来描述音频信号的信噪比特性，它是音响设备或系统最大输出与本底噪声之比，用 dB 表示。最大输出信号受信号失真、设备过热或损坏等限制。此外，还有互调失真、相位失真、瞬态响应、瞬态互调失真等也影响信号的聆听。早期对高保真（Hi-Fi）系统的一些标准要求能在 40 Hz~16 kHz 频率范围内均匀放声，其非线性失真（包含谐波失真、互调失真等）小于 3%，动态范围要大于 55 dB。数字音频的发展极大地提高了音响设备和系统的技术特性，表 1-1 给出 4 种录音方式的技术特性。

表 1-1 4 种录音方式的技术特性

录音方式		频率范围/Hz	谐波失真/%	信噪比/dB
机械录音	优 质	20~20 000	1~2	55~60
	一 般	100~7 000	3	45~50
磁带录音	专业用	20~20 000	1~2	50~60
	家庭用	50~10 000	3	45~50
光学录音		40~14 000	3	50~55
激光式录音		20~20 000	<0.05	>90

1-4 环绕声系统

环绕声系统是在 4 通路立体声系统基础上发展起来的。所谓环绕立体声（简称环绕声）系统通常是与双通路立体声系统对比，指声音好像把聆听者包围起来的声音重放方式。它所产生的重放声场，除了保留原信号的声源方向感以外，还伴随着产生环境感和混响感的声音效

果。在聆听环绕声系统时，听者能够区分来自前后左右的声音，即环绕声系统可以使声像扩展到二维甚至三维空间内，因此可再现音乐厅的混响过程，具有更清楚的临场感。如果与大屏幕电视机结合起来，则这种临场感更为逼真、生动。环绕声系统的应用有两类：一类是仅有声音效果的音频（Audio）环绕声系统；另一种是声音与图像（Audio-Video）组合起来的AV环绕声系统。实际中广泛应用的有杜比环绕声系统、杜比专业逻辑环绕声系统、杜比数字环绕声系统和DSP环绕声系统等。下面简单讨论这4种环绕声系统的原理。

1. 杜比环绕声（Dolby Surround）系统

家庭内杜比环绕声技术是同电影院杜比立体声系统相对应的电声技术，区别在于杜比环绕声系统是家用的，它的信息载体是录音磁带、CD唱片、录像磁带、LD影碟、VCD和DVD视盘；解码设备是装有杜比解码器的家用播放设备。杜比环绕声系统也可以说是电影院杜比立体声系统的简化，它也是一种3-1方式的4通路立体声系统；接收时用3只传声器放置在前方左侧、中央和右侧接收主信号，另一只传声器放置在后方接收环境声信号；记录或传输时4条通路的信号经过编码变成两条通路；重放时由两条通路经解码还原成4条通路的信号，用于放置在房间内前方左、中、右3只扬声器重放主信号，另用一只（或两只并联）的扬声器重放环境声信号；后方环绕声通路可以采用多只扬声器，但通常为两只并联分置于后方左、右两侧。

在杜比环绕声系统中，矩阵编码把传递空间信息的独立信号归并为两条，所需的独立传输信号较少，但正因为这样，在编码过程中使原声场的空间信息受到损失，解码时只有牺牲后方声像的清晰度来保证前方声像的清晰度。由于家庭听音区域较小，杜比环绕声常可不使用前方中央通路，而由左右两通路等幅输出，在中间位置建立一个虚幻的前方中央（C）通路。但这种方式将使听音位置局限在与音箱等边三角形的中心垂直线上的一小段距离内，无法使多数人同时欣赏，且也不适宜横向太宽的房间。

2. 杜比专业逻辑环绕声系统

杜比专业逻辑环绕声系统（Dolby Pro-logic Surround）是在杜比环绕声基础上改进而提出的。它在解码时采用了自适应解码技术（也称方向强调技术）可以提高重放通路之间的分离度。杜比环绕声系统的固定矩阵只能简单分离环绕声信号，对直达声主信号根本不处理，因此得到的信号分离度很差，在一定程度上影响使用效果。在专业逻辑环绕声系统中，方向强调电路可在扬声器的方向上产生一清晰的声像，这是它突出的优点，但对于非扬声器方向上的声像却难以奏效，这样就限制了重放声像的分布。

3. 杜比数字环绕声系统

在电影院中由杜比立体声技术发展的杜比SR-D数字环绕声系统在电影院中取得了巨大成功。由于DVD视盘的进展，利用这一技术把最新的多通路数字音响引入家用系统中，称为杜比数字环绕声系统，因此，杜比数字环绕声系统也采用5.1条通路的系统，即前方设置左、中、右通路的扬声器，听音区的后方和侧面分别设置左、右通路的环绕声扬声器，此外还有0.1通路的辅助超低音通路的扬声器。其中超低音扬声器的方向性不强，它放置的位置比较自由。由于杜比数字声系统与电影院内杜比SR-D数字声系统是对应的，因此许多影片可以直接翻录到DVD视盘上，使杜比数字声系统具有丰富的软件。杜比数字声系统的优点之一是环绕通路实现了立体声化，加上前方3条通路使声像定位及声场再现非常好，在欣赏影视节目时临场感会更强烈。

杜比数字环绕声系统采用 AC-3 编码方式。AC-3 是频域编码的一种高效率编码,它采用自适应变换编码,可用于 5.1 通路的环绕声系统,所有 5 条全频带通路和超低频通路实行统一编码,使之成为复合的数据流,比特率由 4.608 Mbit/s 降低为 384 kbit/s,其压缩率为 12。显然,AC-3 编码由双通路扩展到多通路,由 4 通路扩展到 5.1 通路,它的基本概念是一个多通路编码器工作时所需的比特率与编码两条单独通路所需要的比特率近似相同,而同时提高多通路系统的音频性能并避免传统的 4-2-4 系统矩阵编码的一些限制。在杜比 AC-3 编码系统中,5.1 通路均以数字方式传输信号,从声音混合到家庭内重放,整个过程中没有耗损,由于采用了先进的编码系统,占用数据空间很小。这种数字音频编码方法可以将 AC-3 声迹加到 LD 唱片和其他节目源上,并且极大地展宽了频率范围和动态范围,保证了重放时的低失真。杜比 AC-3 系统的 5.1 通路(左、中、右、左环绕与右环绕 5 条全音域通路和一条超低音通路),除超低音通路以外,所有通路的频率范围都可以达到 20 Hz~20 kHz,它还可使单通路或立体声节目通过 5 通路重放得到很好的声音效果。在 ISO/IEC 13818-3 标准的 MPEG-2 编码中规定了音频编码采用 AC-3。MPEG-2 编码是针对传输速率为 3~15 Mbit/s 并以广播电视的水平为目标,但 MPEG-2 把图像放在最优先的地位来考虑处理全彩色、全屏幕、全动态图像,因此 AC-3 编码也将用于数字音频广播(DAB)、卫星广播(DBS)、高清晰度电视(HDTV)和数字视盘(DVD)等。

4. DSP 环绕声系统

在没有预先制作的专用节目源时,要欣赏环绕声的临场感就比较困难,通常可以通过数字信号处理器(DSP)的人工模拟方法营造环绕声场。这种系统将节目源信号通过数字声场处理器(Digital Sound Processor)来模拟接近节目源要求的环境反射声、混响声场以人为地营造出环绕声场,即称为 DSP 环绕声系统。在当前杜比节目源比较少,而电视广播还是以单通路伴音为主的条件下能改善重放节目声的质量,具有实用意义。在实际系统中,数字声场处理器的只读存储器(ROM)内预置着各种类型的环绕声场模式,以供配合各种节目源的要求选用。例如,可以模拟音乐厅、歌剧院、电影院、教堂体育场等的临场感效果,也可以配合爵士乐、迪斯科音乐、摇滚乐等的播放,延迟时间可以在较大范围内选择并设置均衡网络以改善音质。

1-5 AV 系统

AV 系统是把各种音频设备和视频设备按一定要求连接起来,可以进行音乐欣赏、舞曲伴奏、观赏电视和录像节目以及进行卡拉 OK 演唱等文化娱乐活动的组合系统,可以有多种类型,例如:

- (a) 普及型 AV 系统;
- (b) 利用组合音响、录像机和电视机组成的 AV 系统;
- (c) 以卡拉 OK-AV 放大器为中心的 AV 系统;
- (d) 以混音台为中心的小型舞厅内的 AV 系统;
- (e) 家庭 AV 组合系统是由立体声系统或环绕声系统和大屏幕电视机为一体的 AV 设备组成。AV 系统的规模和音质要求可视要求的条件而不同,但视角宽广、清晰的图像和高保真的音质是共同要求的目标,通常电视机屏幕的尺寸可能按照个人要求和房间大小来选择。

AV 系统的信号源有各类 AV 设备,如影碟机(LD)、录像机(VCR)、调谐器(Tuner)、

CD 唱机、录音座 (DECK)、小型视盘 VCD 等,如图 1-5 所示。其中 AV 中心或 AV 放大器是系统的控制枢纽,可以利用遥控器来切换 AV 节目并调节声音和图像的质量。

AV 系统扬声器的布置也是多种多样的,图 1-6 给出 7 种扬声器的配置方式,电视画面位于前方。其中图 (a) 是普通双通路立体声方式;图 (b) 是为了改善声像和图像一致性而采用的 3 通路立体声方式;图 (c) ~ (g) 都是 4 通路方式;图 (c) 是 2-2 方式,即前方两通路,后方两通路;图 (f) ~ (g) 都是 3-1 方式,即前方 3 通路,后方 1 通路;图 (g) 中的后方两只扬声器是由同一通路信号并联放音。主观评价表明,从临场感、自然感、图像与声像一致性等来比较,以 3-1 方式,尤其是图 (g) 的 3-1 方式为最佳。因此,3-1 方式被推荐为家庭环绕声系统的扬声器配置方式。

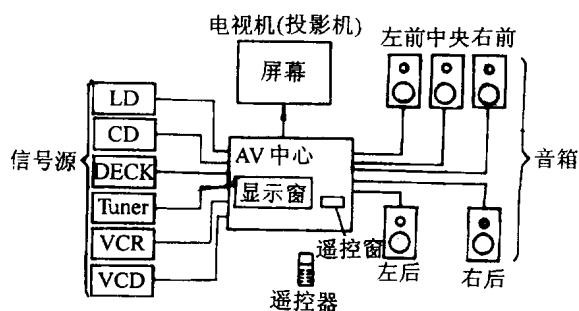


图 1-5 AV 系统原理框图

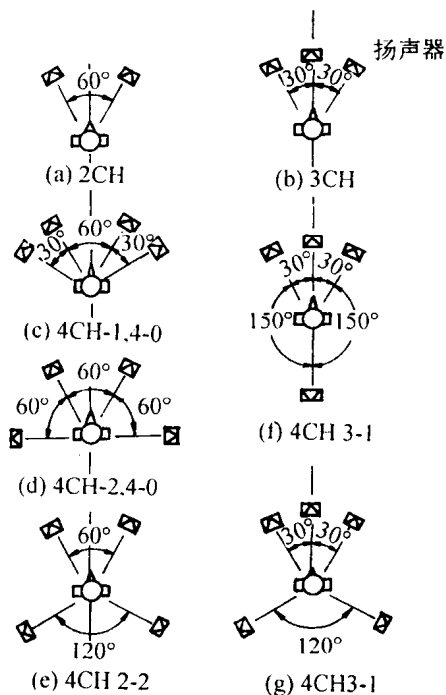


图 1-6 AV 系统的扬声器配置方式

1-6 家庭影院

家庭影院是 AV 系统进一步的提高,它主要用于欣赏影视节目,不但要求高品质的画面,更在于与优质声音系统的配合,以获得高品位、全面的视听享受。家庭影院系统对其音-视频的技术条件有一定的具体要求,因此实际上代表一种新的技术规格。虽然目前还没有一致的、明确的规范和标准,但一些产品都有最低的技术条件,例如电视机是大屏幕的,通常不小于 29 英寸,声系统是环绕声系统,而且应该对房间做一些声学处理,以保证良好的影院效果。因此,更确切地说家庭影院是一个技术规范名词,它包含着一系列技术措施,不像 AV 系统是一种不同方式的音、视频组合系统,仅从使用观点来说突出 AV 组合特点,统一管理与控制家庭内的音频和视频设备,使之成为一个完整的 AV 组合系统。虽然也有人将 AV 系统称为家庭影院系统,但这样降低了对家庭影院系统技术特性和听音房间的音质要求。通常家庭影院采用环绕声系统,最广泛使用的是杜比专业逻辑环绕声系统,但发展方向是杜比 AC-3 数字环绕声系统。目前国内外市场上已经推出的家庭影院的声系统有:

- (a) 杜比专业逻辑环绕声系统;
- (b) 杜比 AC-3 数字环绕声系统;
- (c) THX 家庭影院声系统;

- (d) CINEMA DSP 环绕声系统;
- (e) DTS 数字影院声系统。

1-7 高清晰度电视 (HDTV) 的伴音系统

即将发展的高清晰度电视 (HDTV) 的伴音系统和电影院声系统类似, HDTV 伴音系统也存在着声音方向与图像方向的一致性问题, 并要考虑到多个收看者同时收看避免听者偏离中线位置而造成声像的漂移和不稳定。对 HDTV 声系统的主观评价试验表明, 在左、右扬声器布置的基础上增加一只位于屏幕下方的中央扬声器可明确改善声音与图像的一致性。80 年代以来, 国际上致力于发展高清晰度电视, 为了改善图像质量的同时也使声音重放质量得到改善, 认为只有环绕声的音质才能与 HDTV 的图像质量匹配, 加上考虑到视听一体化系统将成为家庭内立体声系统的发展方向, 要求新系统和现有双通路立体声与电影声系统兼容。

日本在研究 HDTV 时提出采用 4 通路 3-1 系统, 即采用 L、R、C、S 4 个分立信号和相应的重放扬声器 (后方环绕扬声器不只是一只, 通常用两只扬声器并联)。3-1 系统的优点是和现有系统的兼容性好, 但因只有一个环绕通路, 其效果不如 3-2 系统, 因此, 除日本以外, 未被其他国家采用。欧洲为 HDTV 系统提出 5 通路的 3-2 系统, 采用 L、R、C、S_L、S_R 5 个分立信号以及相应的重放扬声器。这种 5 通路 3-2 系统的突出优点是重放效果良好, 适应性广, 适宜作为通用的多路重放声系统, 已为国际上所接受, 并且被 CCIR、SMPTE、EBU 等国际组织推荐为标准多通路系统。美国为 HDTV 声系统提出了 5.1 通路, 它是在 5 通路 3-2 系统基础上增加一路前方的超低音通路而构成, 并且规定采用杜比 AC-3 编码标准。杜比 AC-3 采用数字编码, 它能在比 CD 唱片的一个声音信号的带宽更窄的范围内传输或记录多达 6 路的声音信号, 例如 5.1 通路的 AC-3 系统可在低于 320 kbit/s 的码率下给出 L、R、C、S_L、S_R 的全频带信号和一个超低音信号。这样不仅符合电视数字化方向, 也可以利用伴音、图像压缩编码技术。因此 5.1 通路的 AC-3 系统将可能成为 HDTV 声系统的国际标准。家庭影院是正在发展中的系统, 目前 HDTV 声系统已有将它组合在电视机中, 成为一种一体化的具有高性能的 AV 系统的趋势。目前也已提出了许多模式, 但环绕声系统仍将会作为一个独立声系统发展, 满足高品位的音乐欣赏。