

# 多通路声和家庭影院 (2)

沈 嶸

(中国科学院声学研究所 北京 100080)

1998年5月6日收到

## 4 杜比环绕声系统

声音具有强大的表现力,近年来在四通路立体声研究的基础上掀起了对环绕声感觉的追求,它是80年代以来放声系统质量继立体声普及后最大的改进。环绕声感觉是指在前置通路直达声方向感不变的情况下,使聆听者感受到声音的音量、音调、语气和情绪与画面、剧情、场景和一切有声艺术的特定内容在环境、人物、空间的广度、深度、比例诸方面相吻合,达到听觉和视觉的一致性,符合所描绘的特定环境。环绕声感觉与心理声学中优先效应和掩蔽效应有关,可以让前置通路直达声先到达以保证声象定位。同时又将与直达声不相干的混响声加大延时(通常不超过50ms),使人们能感觉到这种声音,但不能确定其传来方向。这样既不破坏主声源的方向感,也减少了前置通路声音对混响信息掩蔽,使混响声加强了环绕声感觉效果,增加了距离感并模拟出不同环境下反射群来形成环绕声。

由于受到电影院杜比立体声技术的推动,在家庭中也采用了这样的制式,即采用三条前置立体声通路和一条后环绕通路组成的系统,称为杜比环绕声系统。它用于家庭放声中对录音节目的重放时,后通路可以在听众周围创造一种声场,使聆听者具有环绕声感觉,而不仅仅是重现反映录制节目大厅混响信息的环境声。如果在录音时,将四只传声器布置在舞台上乐

队中间,四通路声就有使人如同置身于录音演员中间,具有像是和音乐家们一起在舞台上的感觉。它和只让后扬声器再现环境声相比较,许多听众更喜欢这种具有包围感的主观感觉。基于这种听觉感受,杜比环绕声系统受到了欢迎。早先杜比环绕声系统也采用矩阵编码方式,在录音室内接收左前(L)、中央(C)、右前(R)、环绕(S)信号,在传输时编码为双通路,重放时经解码恢复为四通路信息,用相应的扬声器L、C、R、S重放。当这种环绕声系统在听音室内重放时,即使在狭小的房间中也能够让聆听者感觉到听音空间变大了。当前置3通路扬声器形成声象定位很精确的前方声场时,视觉与听觉相配合,可以产生非常好的听音效果,使聆听者感觉到剧中人物之言行举止更为逼真,且有立体感。1987年杜比公司开发了具有低价格、高分离度的杜比专业逻辑解码器,加强了人物对白的定位感觉,进入了家用领域。但是这种杜比专业逻辑环绕声系统(Dolby Pro Logic Surround System)仍然采用编码方式和单路后环绕通路,虽然可以用来演示飞跃头顶的声学效果,却无法精确表现后方不同定位感的微细变化。为了解决这两个限制,杜比公司在电影院内采用了一种新系统,命名为Dolby Stereo SR.D,它是一种完全分离的五通路系统,即3路前置通路L、C、R和两路后环绕通路 $S_L$ 、 $S_R$ 。此外还设置了供超低音用的第6条通路。此系统称为5.1系统,其中5

代表 5 条主通路, 0.1 代表超低音通路。将这种技术应用于家庭放声, 称为杜比 AC-3 数字环绕声系统, 它的优点是中央通路定位更为精确, 两条后置环绕通路分别具有 20kHz 宽的频率响应, 声学效果更为自然真实。杜比 AC-3 数字环绕声系统采用感知编码进行数据压缩, 删除人耳不能听闻的部分并利用听觉掩蔽效应大幅度减少所需的比特数。因此 AC-3 系统虽然拥有 6 条通路, 但每秒比特流只有 320kb/s, 例如可以放置在 CD 唱片的一条通路内。

## 5 家庭影院声系统

家庭影院是 AV 系统的一种, 但它的音频部分必须是多通路系统, 并且具有比 AV 系统更严格的技术要求。随着数字技术的发展, 各种大屏幕电视机、视盘机、视盘节目源以及各类数字音响、环绕声系统的出现为家庭影院的建立创造了良好的条件。家庭影院可以使人们在家中欣赏到电影院所具有的视听效果, 甚优于以往家中的视听享受。家庭影院的声系统可以给出一个三维空间声场, 其方向感很强, 声音可以随着画面内容要求而改变方位, 令观众仿佛置身于影片情节之中, 具有逼真的影院效果。但是节目源必须是相应环绕声编码的视盘并使用环绕音箱。当然大屏幕电视机是重现高清晰度画面的关键。

根据节目源编码方式的不同, 家庭影院采用的环绕声系统可以分成两大类: 模拟信号编码型和数字信号编码型。模拟编码型产品的主流是杜比专业逻辑环绕声系统 (Dolby Pro Logic Surround System) 和 Home THX 系统。后者所采用的编码方式仍用杜比环绕声技术, 但增加了一些后处理环节, 并为家庭影院声系统其它环节 (例如功效、音箱等) 制定了严格标准以确保在家庭条件下获得的声学效果与电影院内更加一致。数字编码型主要有杜比 AC-3 数字环绕声系统和数字影院系统 (DTS)。它们都采用数字信号处理技术, 其性能优于模拟型。下面主要讨论在家庭影院中使用较多的声系统应用声学

和它们的音质。

### (1) Dolby Pro Logic 系统

Dolby Pro Logic 系统在录音时接收 L、C、R、S 四个信号, 经过编码矩阵处理, 转换成  $L_t$  和  $R_t$  两组信号, 如图 3 所示, 其中:

$$L_t = L + 0.7c - 0.7js$$

$$R_t = R + 0.7c + 0.7js$$

用来记录在视盘上。重放时经解码恢复成四通路系统, 用放置在房间内四只扬声器重发。这种系统不但创造出具有极为逼真的声学效果, 而且与双通路兼容, 用以提高家庭放声的音质。曾经先后出现过三种杜比解码器, 即电影院使用的杜比立体声解码器, 家庭用杜比无源解码器和杜比专业逻辑 (Dolby Pro Logic) 解码器。但是杜比软件的编码制式只有一种, 不同节目源可以互相转录, 并可以用任何一种杜比解码器进行解码。

Dolby Pro Logic 解码器方框图如图 4 所示。接收到  $L_t$  和  $R_t$  两路信号后用解码器从这两个信号中恢复成四个声信号  $L'$ 、 $C'$ 、 $R'$ 、 $S'$ , 其中的

$$L' = L_t = L + 0.7c - j0.7s$$

$$R' = R_t = R + 0.7c + j0.7s$$

$$C' = 0.7(L_t + R_t)$$

$$= 0.7L + 0.7R + C$$

$$S' = 0.7(L_t - R_t)$$

$$= 0.7L - 0.7R + C$$

扬声器系统的布置采用 3/1 方式的四通路立体声方案, 即在前方设置 L、C、R 三条通路用以模拟聆听者前方声源的直达声, 前方的早期反射声以及后方的混响信息, 在聆听者背面及侧面设置环绕通路 S, 用以携带模拟聆听者左、右和后方的早期反射声和混响声信息, 也可以携带画面以外的效果声信息, 并在环绕通路中插入延时电路以减小对前方定位的影响。在杜比专业逻辑环绕声系统中, 通常环绕扬声器

器应用两只并联。当然增加并联环绕扬声器的数量,可以获得更好的效果。

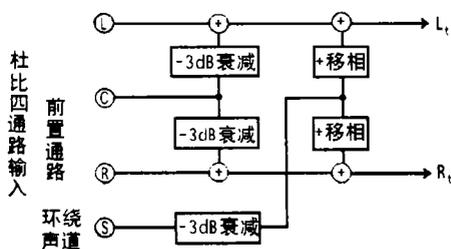


图3 杜比环绕声编码器方框图

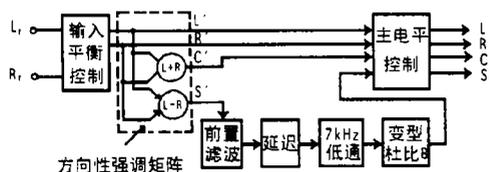


图4 Pro Logic 解码器方框图

Dolby Pro Logic 系统是在杜比环绕声系统的基础上将固定矩阵改为方向性强调矩阵(或称自适应矩阵)。自适应矩阵内部的瞬态电平检测和抗干扰电路能有效地抑制邻近通路的串扰,能提高通路分离度约30dB。对数差分放大器,极性分离器与压控放大器不仅能保证声象的准确集中,而且对位置不断变化的声象有跟踪能力。压控系统保证自适应矩阵对变化的输入信号有很快的跟踪速度,并且对信号的处理上使听觉感到自然。

在Dolby Pro Logic系统中,方向强调电路可以在扬声器方向上产生明晰的声象。这是它的最大优点,但是对于非扬声器方向上的声象却难以奏效,这样就限制了声象的分布。并且在同一时间内,方向强调电路只能对一个方向,最多是对角线上两上方向起作用,而不能同时对多个方向起作用。所以Dolby Pro Logic系统对于在同一时间内只有单一声源发声的情况,如电影(电视)中对话,一些特殊声学效果可以取得很好的效果。但对于同时有多个声源发声的情况,如大型管弦乐队的演出,方向性强调电路就逊色了。此外,Pro Logic系统的

中央通路,相应的自适应解码器和中心模式控制器等从效果上加强了临场感,同时抑制了声象的漂移,可以更接近于实际电影院声系统的效果。

### (2) 杜比 AC-3 数字环绕声系统

80年代中,在杜比立体声SR系统的基础上,采用数字技术发展了杜比数字立体声SR.D系统用于电影院。杜比立体声SR技术是把输入信号进行频谱分析,经处理后可以将更多的信息记录,而且还能扩展动态范围。杜比数字立体声SR.D技术用于家庭内称为杜比AC-3数字环绕声系统,它仍然采用前置L、C、R三条通路,但背面和侧面是两条环绕声通路,另加一条超低音通路称为5.1系统,提高了重放声的音质。它的优点之一是环绕声实现了立体声化,加上前置通路L、C、R使声象定位和声场再现非常好,在欣赏影视节目时临场感更为明显。在杜比AC-3编码系统中,5.1条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,由于采用了先进的感知编码,占据的空间数据很小。极大地扩展了动态范围和频率响应,保证了重放时低的失真。AC-3编码系统的5.1通路除超低音通路频率范围为20-120Hz(在3Hz和121Hz处为-3dB)以外,其它主通路和环绕通路的频率响应都是20-20000Hz,±0.3dB。应该指出,Pro Logic系统的环绕通路是100-7000Hz频率范围,其低音通路是由滤波器得出,在编码信号中不是一条独立通路。AC-3系统的采样频率可为32kHz,44.1kHz或48kHz,比特率是可变的,因此它具有兼容性,最低为32kb/s(单通路方式),最高为640kb/s,典型值为384kb/s(5.1通路杜比数字环绕声系统)和192kb/s(双通路立体声系统)。

### (3) Home THX 系统

THX系统是电影院采用的一种声系统,也可以用于家庭中,称为家用THX系统(Home THX系统),它可以产生更完善的电影院音响效果。电影院THX系统是为了确保电影放映之

际, 让杜比环绕声效果符合电影导演原先预期结果所制定的作业标准。它是卢卡斯电影公司提出的一种电影还音系统标准, 包括电和声的技术要求, 凡达到此标准的电影院即授予 THX 认证标志。对于 THX 家庭影院提出了六方面要求: (1) 对话清晰, 要求人声对白分明, 层次清楚; (2) 精确的画面上声音定位; (3) 具有较好的环绕声感觉效果; (4) 要求整个放声系统的响应平直; (5) 有足够的动态范围和良好的瞬态响应; (6) 平滑的声象移动。此外, 对任何 AV 产品只要能达到 THX 标准同样可授予 THX 认证标志。因此 THX 家庭影院是由 THX 认证的部件组成。THX 家庭影院必须具有完善的 THX 控制环境, 能够将电影音响效果完整地重现, 它主要包含具有杜比专业逻辑解码功能的 THX 控制器和扬声器 L、C、R、SL、SR 和超低音扬声器, 它的系统方框图如图 5 所示。

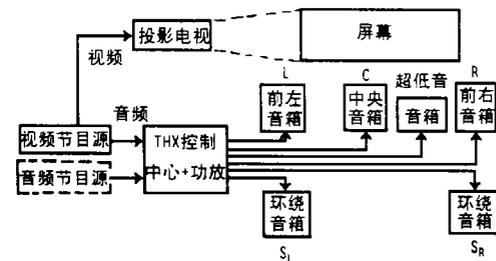


图 5 THX 家庭影院声系统方框图

由于一般家庭内房间比较小, 因此难以体现出电影中那种庞大的配音效果, 为此 Home THX 系统将各通路信号进行处理, 使声音尽量接近于原来信号的音响效果。一方面要求信号源中有 THX 标准编码处理, 同时在放声系统中有 THX 控制电路, 实现再均衡、去相关和音色匹配。再均衡功能是因为在电影院中已提升高音部分, 使声音具有明亮感觉, 而在家中播放时, 过于明亮的声音反而会使听音效果不均衡。去相关功能是利用声音扩展到背景的方法, 使听觉感到不是从某只扬声器发出, 这样更能烘托出临场气氛。音色匹配功能是修正前置

通路与后置环绕通路之差异, 可防止声音移动时在几只扬声器之间产生变化, 以达到更为逼真的效果。Home THX 系统与 Dolby Pro Logic 系统的不同点, 还在于将单通路的环绕声信号在中高频范围内分解成两个相反的信号, 使声音形成有很宽广空间感的左、右独立信号, 将单通路环绕声变成模拟立体声, 再加上超低音通路, 因而能产生出类似电影院具有的听音效果。

THX 控制器工作原理是首先利用 Dolby Pro Logic 解码器将左、右两通路解码产生 L、C、R、S 四通路信号; 再从 L、C、R 三路信号中用滤波器分析出超低音通路, 然后经过再均衡, 以获得适合于家庭小空间的自然声音。此外, 将单通路环绕声信号处理成互不相同却有密切联系的左环绕和右环绕信号  $S_L$ 、 $S_R$ 。另一方面由于同样的声音自前方传来与后方传来, 即使所用扬声器之特性完全相同, 在感觉上仍然会有音色差异, 因此 THX 控制器进行音色匹配处理, 例如飞机从后方跃过头顶冲往前方, 可听到流畅的动态效果声。经过 THX 控制器即形成完整的 L、C、R、 $S_L$ 、 $S_R$  和超低音六条通路, 模拟 5.1 系统。

#### (4) Cinema DSP 系统

在没有专用杜比节目源时, 要欣赏环绕声系统的临场感比较困难, 通常可以通过数字声场处理器 (Digital Sound Processor, 简称 DSP) 模拟环绕声场。这种系统将节目源信号通过 DSP 来模拟接近节目要求环境的反射声、混响声, 人为地创造出环绕声场。在当前杜比节目源较少, 而电视广播还是单通路为主的条件下, 采用 Cinema DSP 系统将能改善节目源的音质, 具有实用意义。

为了给家庭影院提供环绕声感觉使用数字声场处理器, 它不同于一般的数字信号处理器, 后者是在聆听者的后方安装两只扬声器来播放并利用人工混响技术来模拟教堂、音乐厅或电影院的音质。但在实际电影院总是围绕着观众席从两侧面到后方配置了多只环绕扬声

器,它保证了电影院主通路和环绕通路之间的连续性。只使用单通路的两只环绕扬声器系统的环绕声感觉往往被固定在某一点上,而且正面的声音很难向空间扩散,使主通路与环绕通路无法平滑连接,从而不可能得到完整的包围感。

日本 YAMAHA 公司首创的称为影院数字声场 (Cinema DSP) 系统是在 Dobby Pro logic 系统的基础上改进并发展的。Cinema DSP 系统将一些具有代表性的听音环境,例如音乐厅、剧院、体育场、迪斯科舞厅、教堂、电影院等场所的声学特点,声音的延迟时间,混响时间分别测出来,然后用数字技术制作在专门的声场处理集成块电路中,延迟时间可以在较大的范围内变化、选择,并设置了均衡网络以改善音质。当欣赏节目时,可以根据该节目的声场环境要求,重现其音质而有一种身临其境的感受。Cinema DSP 系统的特点是采用 Dolby Pro Logic 环绕声方向增强电路和 YAMAHA 独创的声场处理技术。Cinema DSP 系统的功放除了设有构成杜比环绕声重放的 L、C、R、S×2,5 条通路输出之外,还增加了两条通路,输出正面的声音,即总共有 7 条通路输出,使家庭影院的环绕声重放取得非常好的效果。这种技术的要点是以原输入信号为基础,经杜比专业逻辑解码器和数字声场处理电路处理,根据选择的 Cinema DSP 程序形成 7 条通路信号,重现出一个三维空间的声场,将聆听者团团围住。采用 Cinema DSP 系统重放时声象十分准确,声场分布连续而平滑,并且受音量影响较小。

## 6 家庭影院展望

家庭影院的发展将会有广阔的前景,它是目前商品宣传的热点,但其技术性能还在不断改进和完善。家庭影院市场的发展与经济条件和生活水平相适应。例如,投影电视的视觉效果无疑更接近于电影院的效果,但用它来装备家

庭影院需要两个前提:(1)要求有足够的居室面积;(2)有经济能力购买。从技术角度来看,未来的家庭影院将采用高清晰电视 (HDTV) 并配置 AC-3 多通路解码器。此类解码器将能兼容处理下述编码系统:(1)双通路立体声系统,(2)Pro Logic 系统;(3)AC-3 系统;(4)Home THX 系统;(5)Cinema DSP 系统。

以目前情况而言,家庭内视听室只要面积适当,设备合适就可组成家庭影院,如果它符合 THX 视听标准,将成为一流的家庭影院,此外还可以通过对视听室的声学处理,将小房间的声场在感觉上转化为类似电影院的大型空间声场。家庭影院也会用于音乐欣赏,双通路立体声的音质已逊于多通路声。双通路立体声只能充分利用先进的数字信号处理技术实现突破与升级,例如采用数字声场处理技术、3D-SRS 技术来模拟多通路的效果。当然节目源的音质也极为重要,多通路声节目源将逐渐取代双通路立体声节目源,但是双通路节目源不会完全消失,它仍然是一重要格式,供模拟系统使用。

家庭影院的视听节目源将以 DVD 视盘为主流,它具有高清晰度的图象和多通路声且功能多样化,随着价格的下降必将取代 LD、VCD 和 SVCD 视盘。在视频方面,高清晰度电视和高亮度投影机将占主要地位。环绕声系统的音质会进一步改进,AU 放大器的特性将与 Hi-Fi 放大器相同,而 AV 音箱与 Hi-Fi 音箱兼容。

另一方面,即将生产的大屏幕高质量电视机也将配置环绕声系统。家庭影院或新型电视机还将与多媒体计算机、网络系统兼容。一种可在家中点播电视节目的 Divx 系统将会获得发展,进一步提供了家庭影院节目源的多样化。

## 参 考 文 献

- 1 Doc.A-52 Digital Andio Compression Standard AC-3.
- 2 Bernfold B. JAES, 1975, 23(7): 552.
- 3 Koniyaand S. JAES, 1989, 37(4): 210.