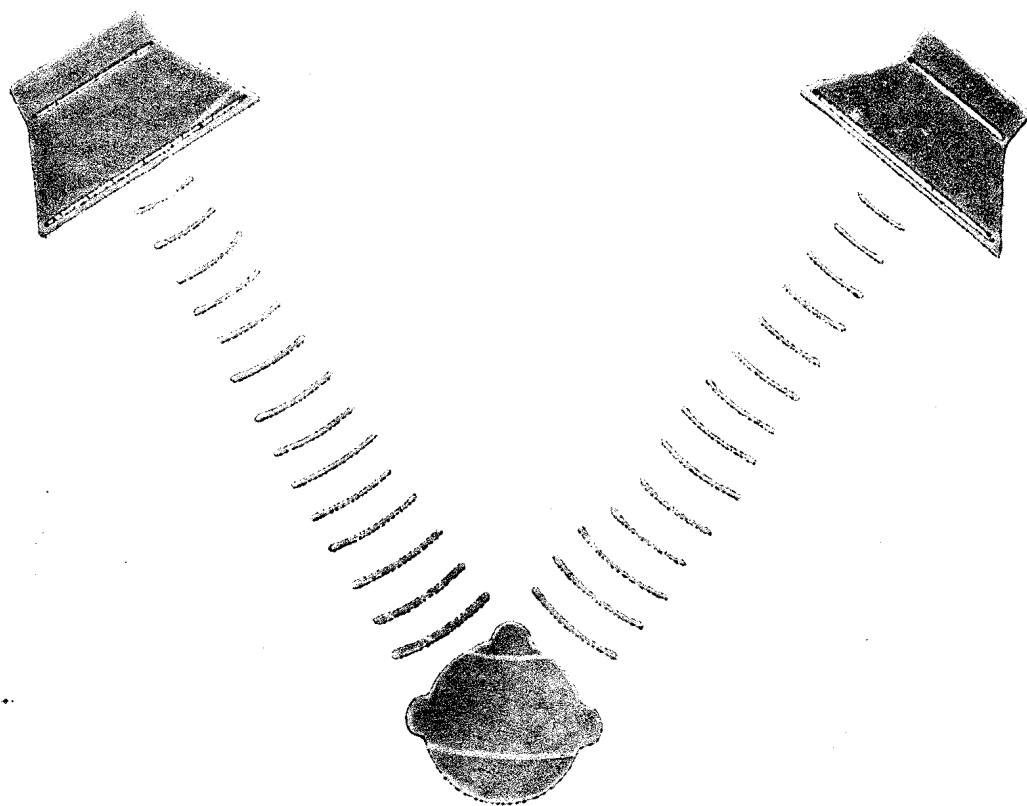


立体声原理

作者：〔苏〕Ю.А.柯瓦尔金 A.B.波里赛柯 Г.С.盖萨尔

译者：胡行舟、郑鹤龄、高迺康 审校：陈通



電子工業出版社

内 容 简 介

本书研究了在家庭住房之类小型放声场所重放立体声节目时立体声效果的实质和扩大立体感觉范围的音响系统的结构特点,分析了这些系统的主观试验结果和各种线路,还讨论了四声系统的可能性。

本书适合于电声技术、无线电广播、心理学、听觉生理学等部门的工程技术人员阅读,对科研人员及高等院校的师生也不无补益。

Ковалгин Ю. А. и др.

Акустические основы стереофонии/Ковалгин Ю.А.,
Борисенко А.В., Геязель Г. С. —М., С.вязь, 1978.—336с., ил.

立 体 声 原 理

[苏] Ю. А. 柯瓦尔金 А. В. 波里赛柯 Г. С. 盖萨尔 著

胡行舟 郑鹤龄 高迺康 译

陈 通 校

责任编辑:王德声

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

新城县书刊商标印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.625 字数: 291千字

1985年6月第1版 1985年6月第1次印刷

印数: 11,500册 定价: 2.40元

统一书号: 15290·132

前 言

音响的立体化受到了广大音乐爱好者的赞赏。立体声广播的技术基础正在逐年完善，组织和形式在不断健全，立体声广播时间在逐渐增加，等级和用途不一的各种家用立体声设备的产量也随之持续增长。与有声电影和音乐厅中的多通道扩音系统不同的是，在无线电广播中信号传输通道的数量受到各种技术条件的限制，同时，信号的重放是在家庭住房里进行的，就声学特点来说，住房与演播室也是截然不同的。

苏联的立体声技术发展成就是声学、无线电广播、心理学、听觉生理学、电子技术等部门大批专家努力的结果。

苏联于1935年，由郭龙（И. Е. Горон）教授领导，在莫斯科苏维埃大厦进行了全面显示三通道立体声优点的首批试验，这些试验给听众留下了强烈的印象，并为发展这一技术创造了必要的前提。现在，苏联正在广泛地开展理论上的研究和实验，以完善立体声的录制和广播系统，并制订立体声通道的技术标准。

富尔杜也夫（В. В. Фурдеев）着重研究关于有声电影和音乐厅扩音用的多通道立体声系统的原理和应用方法。

柯纳诺维奇（Л. М. Кононович）深入地研究了极化调制的原理及其应用，这使他制成了现在用于立体声广播的调制器和发射机。在他领导下，正在研制国产（指苏联——译者）的四声道广播设备的高频综合线路。

阿达明柯（Б. А. Аламенко）、别尔金（Б. Г. Белкин）、特连金（И. Г. Дрейзен）、日木林（П. М. Жмурин）、叶菲莫夫（А. П. Ефимов）、曼柯夫斯基（В. С. Маньковский）、达盖尔（П. Г. Тагер）等人，为发展立体声技术的理论和实践作出了显著的贡献。

近十年来苏联在立体声领域积累了丰富的经验。虽然从事研究和应用这种新设备的专家对有关刊物的需要量很大，但刊物却很少。

目前，诸如立体声广播高频线路的结构和使用的特点、立体声通道技术标准的制订、制作立体声节目时音响导演处理材料的方法等问题正在刊物上进行相当详细的讨论。

但是，刊物上所发表的、关于在无线电听众家里重放立体声的听觉心理生理特点、立体声效果的实质、立体声系统的研制特点及其质量的评价方法、四声道系统的可能性等问题的一系列文章，是颇令广大读者费解的。各个作者使用完全不同的术语，有时会产生原则的分歧，甚至连专家有时也很难理解这些文章。这一切造成了在研制更完善的新型立体声设备中利用这些资料的困难。

本书以填补此空白为目的。书中不仅反映了作者们十几年来研究立体声声学原理的成果，而且分析了这一技术领域所发表的种种资料，并使之系统化。

许多结果是作者用主观统计鉴定法得来的。这里，在各种各样的实验中，不作特殊的

说明时，选择实验数据总数的根据是置信范围取 ± 0.05 ，以使置信度不低于0.95。进行实验的方法和所使用的器材，将在书中有关章节分别阐述。

作者力求此书所提供的资料不仅有助于立体声和空间听觉问题的研究人员，而且也有助于从事演播和家用立体声设备的研制和应用的专家们。

密也尔松 (Б.Я. Меерзон) 详细校阅了本书的手稿，并提出了宝贵的改进意见。作者对此深表谢意。

作 者

译 者 的 话

七十年代起，我国电声工作者开始研究立体声技术，到七十年代末，我国部分电台已能广播调频立体声节目，少数工厂已能制造调频立体声收音机和双通道立体声录音机。为了进一步发展立体声技术，不少科研单位、高等院校、工厂和文艺团体，急需这方面较为系统的理论和技术资料。但当时人们只能得到一些零星的、各抒己见的文章。

一九七九年我们得到苏联邮电出版社一九七八年出版的“立体声原理”一书。该书作者多年从事立体声技术的科研工作。在本书中，他以大量的实验手段和数据系统地介绍了立体声技术研究中取得的第一手资料和新成果。我们认为该书内容翔实，叙述条理清晰，论证严密，是一本颇有价值的立体声技术专著。于是我们立即着手翻译。我们的初稿受到电子工业部第三研究所高级工程师张桂昌同志的关心和重视。中国科学院声学研究所陈通教授对译稿作了详细的校阅，使许多学术上、技术上、甚至文字上的错误和不妥之处得到了纠正，终于使译本以今天这个面目与广大读者见面。同时，借此机会向热情关怀过本书的翻译和出版工作的同志，致以衷心的感谢。译者水平有限，错误和疏漏在所难免，欢迎专家和广大读者指正。

译 者

1984年7月

目 录

前 言

译者的话

第一章 立体声的感觉	1
第一节 自然声的听觉	1
第二节 广播电声系统的种类	3
第三节 单声道和普通立体声系统	5
第四节 立体声放声的最佳性	8
第二章 双通道放声时声象的定位	11
第一节 声象	11
第二节 听者在对称位置 ^① 时强度差的影响	12
第三节 时差的影响	15
第四节 听者在非对称位置时声象方向定位的特点	17
第五节 等效系数	20
第六节 扬声器反相激励时立体声定位的特点	22
第七节 定位与频率的关系	25
第八节 原发声房间混响过程对声象定位的影响	29
第九节 用解析法确定声象位置的可能性	33
第十节 计算方位的相关法	35
第三章 空间全景声	44
第一节 立体声放声信号和空间全景声	44
第二节 立体声信号源	46
第三节 传声器信号的处理	53
第四节 全景声调节器	56
第五节 空间全景声的畸变	60
第六节 立体声放声中的干涉现象	63
第七节 立体声放声中的响度平衡	66
第四章 立体声放声时信号的可区分性	73
第一节 空间感觉和信号的可区分性	73
第二节 人的听觉器官对信号解掩蔽的数学模型	75
第三节 应用双耳解掩蔽模型评价信号的可区分性	85
第五章 双通道立体声混响过程的听觉	98
第一节 混响信号的时间和相关结构	98
第二节 定位器对混响信号的感觉	103

第三节	立体声放声中原发声房间反射声的感觉	105
第四节	混响信号的瞬时功率谱干涉畸变系数	109
第五节	干涉畸变感觉	111
第六节	单通道和双通道声传输中的干涉畸变	116
第六章	双通道声学系统	122
第一节	双通道放声系统的立体声效果范围	122
第二节	双通道声学系统的空间特性	124
第三节	扬声器最佳基线的选择	125
第四节	双通道放声中扩大立体声效果范围的方法	127
第五节	双通道放声系统中扬声器的最佳指向特性	129
第六节	最佳指向性系统的立体声效果范围和响度平衡	133
第七节	制作最佳指向特性辐射器的方法	135
第八节	补偿法的效果	147
第九节	最佳指向特性立体声系统的试验模型	149
第十节	扩大立体声效果范围的放声系统的使用特点	153
第七章	四声系统	155
第一节	伪四声系统	156
第二节	矩阵四声系统	162
第三节	分立式四声系统	173
第四节	立体声感觉范围和扩大此范围的方法	177
第五节	“正方”声学系统中扬声器的最佳指向特性	179
第六节	利用仿真头的声传输系统	181
参 考 文 献		

第一章 立体声的感觉

第一节 自然声的听觉

当我们在一个好的音乐厅里聆听交响乐团或舞台乐队的演奏时，由于乐器是按照舞台的宽度和深度分布在舞台上的，所以各个乐器发出来的声音是从不同的地方到达听众那里的，远不是全部声音都是沿着最短的路线从演奏者那里传给听众的，大部分声音是经过房子表面多次反射后，从各个方向到达听众的。作用于听者感觉器官的各种信号的总和，经过外围组织的适当加工，在听觉分析器官的高级神经中枢产生完整的综合感觉，形成空间、时间都不断变化的活生生的立体声景象。这种听觉的总和，似乎是统一的，却又可以分为一系列可分离的成分。

众所周知，位于音乐厅前排座位的听众能清楚地听出各个乐器在舞台前后左右的位置，可是在离舞台较远地方的听众要确定各个乐器的位置就困难了，这时，听众能较明确地感觉到的只是乐队的宽度。空间印象是自然声最重要的特点。苏联著名的音响导演格克林（Д.И. Гаклин）说过〔18〕^①“写在总乐谱封里的、关于原来的乐器和演奏者在舞台上应如何分布的指示，乃是现代作曲家的准绳。这并非是赶时髦，而是时代的潮流。因为艺术家越来越需要比以前更多地运用影响听者的又一手段——音响区分——来为自己服务，这种手段能强调各种旋律的冲突、统一、对比、矛盾等等。”

双耳效应能使人有方向感觉，并能在空间确定声源的位置。这里，测定方位的现象可用两种因素的作用来解释〔5〕：作用于听者左、右耳信号的双耳时差（ $\Delta\tau_e$ ）和双耳强度差（ ΔL_e ）。根据密尔金斯的资料〔110〕，我们用图1—1表示 ΔL_e 和 $\Delta\tau_e$ 的量依从于声源方位角 φ 的变化情况。这些曲线是在消声室中通过实验取得的。很明显，声源的每一实际位置角度都完全与 ΔL_e 和 $\Delta\tau_e$ 的一定量相对应。在低频段（低于500赫），声源的方向主要由双耳时差来确定；在中频段（500~5000赫），两者（ ΔL_e 和 $\Delta\tau_e$ ）的量对形成方向感觉的作用大致相当；在高频段（高于5000~6000赫），方向测定取决于 ΔL_e 的量。对频率低于100~150赫的声音定位实际上是不可能的。

判断声音在水平面内方向的精度可达 $3\sim4^\circ$ ，可是在垂直面内，人的这种判断力就差多了，一般为 $10\sim15^\circ$ 。

听觉估计自然声源的距离（深度定位）是基于听觉器官辨别声场某些特点的能力。根据〔49〕所述，人的听觉器官不仅能记录声压，还能记录空气质点的振动速度，因此，人才能根据低频的瞬变过程来判断距离 l 。这里，只有直接靠近声源，才能判断此距离。因为远处的声压和振动速度之间有线性的关系。不过在信号不含低频成分时，也可判断出声

注1：文中凡有方括号〔 〕者，表示内容引自参考文献，括号内号码为本书正文后参考文献的编号 ——译者

源的距离。例如，听者能满有把握地判定只发中、高频声的扬声器的距离。有趣的是单耳也能进行深度定位。这一点与方向定位是不同的。双耳感觉使估计距离更加容易，并大大提高了精度，根据〔96〕的假设，听觉器官有两个分开的声接收器，能本能地算出 $\Delta\tau$ 和 $I_{e,}/\Delta I$ 的值，确定到发声体的距离 l 。计算 l 所用的公式为

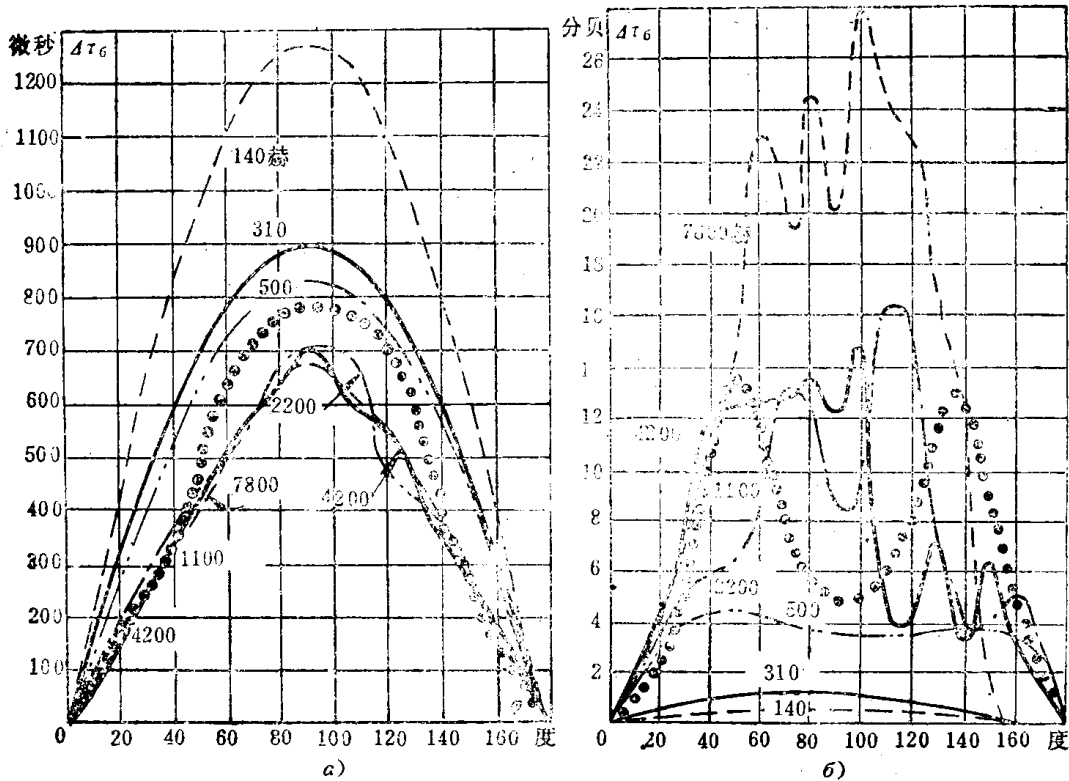


图 1-1 信号的双耳时差 (a) 和强度差 (b) 对声源方位角的依从关系

$$l = 2c \Delta\tau_0 \frac{I_{e,}}{\Delta I} \quad (1-1)$$

式中 $I_{e,}$ 是作用于听者左、右耳的信号平均强度， ΔI 是双耳强度差， c 是声速。公式 (1-1) 的理论分析表明：当 $l > 10$ 米时，必然要对人的分辨时间间隔和强度增量的能力提出超过可能的过分要求。但当 l 为数米时，所需的分辨能力是在人的听觉范围之内的。这时，通过这一计算来判断距离的误差在 50% 左右。显然，这一方法在判断室外或消声室内发声体距离中起着重要的作用。

在室内，除直达声外，对听者起作用的还有大量的反射声。决定深度定位的最重要因素是混响。当发声体的距离 l 改变时，听者接收到各种不同比例的直达声和反射声，这一比例取决于人与发声体之间的距离和房间的特性。利用已知的声学比定义，可写出公式

$$l = \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \frac{\alpha Q_s}{50(1-\alpha)}} \quad (1-2)$$

式中 $\varepsilon_1/\varepsilon_2$ 是称为声学比的反射声和直达声的能量密度比， α 是平均吸声系数， Q_s 是房间的全部表面积。

所有的研究人员都发现,在各种自然条件下,深度定位的精度没有多大差别。

尽管一个乐队包括许多音色和声结构各不相同的乐器,但人的听觉器官和其他分析器官一道,首先是和视觉器官一道,密切注视着整个空间声音景象动态的每一细微变化,按照各个乐器信号的共同特征,比如相同的包迹,把它们统一成一个整体。同时,听者依靠听觉分析器官的辨别能力,又能从听到的音响中分辨出他所感兴趣的乐器来。这一感觉特性被音响导演和音乐家称作音响明晰度。在自然听声的情况下,声音的明晰度与声源的空间位置、声源信号频谱特性和时间特性以及信号的声级比均有关系。它是自然听声的重要特性之一。

这两个性质相反的过程——一个是将复杂音响的各种成分统一成一个整体;一个是从整体中区分出各个成分——是时间和空间都不断变化的声音景象审美感的基础,并提高了整个声音全景的透明度和融合度。

音质在很多方面取决于演奏者所在场所的声学特点。大家都知道,一个乐队的声音在室外比在音乐厅内要单薄得多,所产生的美感要少得多。在直达声之后听到的频谱形状、声级、滞后时间和传播方向都与之不同的反射声,在室内形成了空间混响过程。这个过程不仅有助于深度定位,而且(与室外相比)大大改善了各个乐器和人的歌声的音色,使之更加丰富多采。此外,在或多或少融合的混响背景中听到的、声级较高的、离散的反射声(被称为混响过程的能量峰)和一次反射的结构,有助于对大厅的体积作出相当准确的听觉估计。混响过程的时间结构特点能造成对音乐厅的大小和表现音乐厅音质特色的各种印象,如响亮、亲切、柔和、明亮等。各个反射声的不同传播方向(由于听觉的空间分辨能力),也大大有助于听众对上述的音乐厅声学特点的“理解”〔105〕。这里,声场的扩散程度具有重要意义。所有这些因素组成了在音乐厅里欣赏音乐的所谓“音响气氛”。

音色和音响气氛都是自然听声中的最重要因素。

第二节 广播电声系统的种类

用于广播的电声系统可将声音从原发声场所(音乐厅、无线电台演播室)传输到重放声场所(无线电广播听众的普通住房)。这种系统必须保证尽可能完全和准确地传输自然听声时的各种感觉,比如空间感、音响的明晰度、歌声和乐器声的音色自然性、复杂音响的各个成分间的音乐平衡、还有演播室的声学特点。这种系统还应使听众产生“临场感”,即仿佛把听者带到了具有各种音响特点的原发声场所的幻觉,同时还应为音响导演提供充分的再创作余地,能够产生在自然听声时很难、甚至不可能产生的音响效果。

在电台演播室之类场所制作语言或音乐节目时形成的、在时间和空间上不断改变声压的瞬时值或声级的声场,称为原发声场。而由人造声源——扬声器——在无线电听者的家里所形成的声场,叫做重放声场。实际上,要在重放声场重现原发声场的全部音响特点,即使电声系统的质量指标达到完美无缺的程度,也是不可能的。其原因是自然声源和人造声源的位置和特点不一样,原发声场和重放声场的房间大小和形状不一样,房间里面的吸声材料也不一样。

不应将电声传输看作是演播室原发声场的被动反映，而应看作是（音响导演）对原始音响信息主动的、创造性的再加工的过程，从而（在接收端重放时）形成与原始（原发）声场往往完全不一样的新声场。

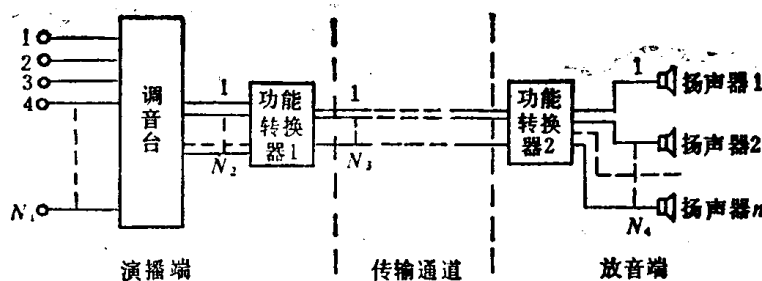


图 1-2 电声音响传输系统的结构示意图

尽管现在用于声音广播的电声系统的类型很多，但它们总的结构线路都可用图 1-2 来表示。图中 1、2、3…… N_1 ，表示接通信号源（传声器、磁带录音机、混响器等等）的输入通道。调音台即音响导演控制台，形成原始广播信号（ N_2 ）。功能转换器 1 和 2 可减少传输通道数（ N_3 ），并得到与传输信号不一样的、在家里重放的信号数（ N_4 ）或改变后者的信号结构。通常应满足条件 $N_1 \gg N_2$ ， $N_2 \geq N_3$ ， $N_4 \geq N_3$ ，而最常用的条件是 $N_2 \approx N_3 \approx N_4$ 。

作为对图 1-2 的补充，表 1-1 所列的基本数据说明了现代人们所熟知的各种音响广播电声系统的结构特点。这里，电声系统的名称仍保持刊物上曾用过的名称。表 1-1 中的 * 号表示具有功能转换的意思。

请注意，具有同一结构代号的系统会有不同名称（如立体双声系统和矩阵四声系统），其原因在于：1. 原发声场中传声器和聆听场所的扬声器位置不同；2. 信号的功能转换不同。各种不同声传输系统的名称（见表 1-1），通常是由作者根据被传输信息的特点（种类）给定的。

根据传输通道数，电声系统有单通道、双通道和四通道之分。它们又可按照被传输信息的特点分为不同的品种（参看表 1-1 的系统名称栏）。立体双声系统和矩阵四声系统在技术文献上常被叫做准四声系统。此外，伪四声系统、分立和矩阵四声系统，按照重放通道数，简称为四声系统。

表1-1 说明声音广播电声系统结构特点的基本情况

序号	系 统 名 称	N_2	功能转 换器 1	N_3	功能转 换器 2	N_4	系统的结构 代 号
1	普通单声道系统 (Обычная монофоническая)	1	无	1	无	1	1-1-1
2	空间音响单声道系统 (Монофоническая система объемного звучания)	1	无	1	无	$N_4 = N > 1$	1-1-N
3	单双声道系统 (Моноамбифоническая)	1	无	1	有	$N_4 = N \geq 1$	1-1-N*
4	伪立体声系统 (Псевдостереофоническая)	2	有	1	有	2	2*-1-2*
5	准立体声系统 (Квазистереофоническая)	1	无	1	有	2	1-1-2*
6	普通立体声系统 (Обычная стереофоническая)	2	无	2	无	2	2-2-2
7	格伦准立体双声系统 (Квазистереоамбифоническая система Т.Корня)	2	无	2	有	3	2-2-3*
8	盖依贝斯准立体双声系统 (Квазистереоамбифоническая система Л.Кейбса)	2	有	2	有	4	2*-2-4*
9	盖依贝斯立体双声系统 (Стереоамбифоническая система Л.Кейбса)	4	有	2	有	4	*-2-4*
10	伪四声系统 (Псевдоквадрафоническая)	2	无	2	有	4	2-2-4*
11	矩阵四声系统 (Матричная квадрафоническая)	4	有	2	有	4	4*-2-4*
12	分立四声系统 (Дискретная квадрафоническая)	4	无	4	无	4	4-4-4

第三节 单声道和普通立体声系统

不管接收通道 (N_1) 和重放通道 (N_4) 的数目多少, 凡发送端和接收端同为一个传输通道所联接 ($N_2 = N_3 = 1$) 的电声系统, 均称为单声道系统。这里, 输出端的所有扬声器都辐射同一个信号。

为了获得最佳的单声道信号, 这种系统, 根据节目的种类和原发声场所的声学特点, 可以只用一个传声器, 但更多地是使用多个传声器。这些传声器输出的信号, 按照声级、频率特性曲线、时间结构、动态范围进行调节, 最后被叠加到一个通道里。即使每个传声器都有理想的频率特性曲线, 通道的频率特性曲线也总是不均匀的 (这是因为各个传声器从同一声源接收来的信号在叠加时产生了干涉现象)。

在重放声场所重放单声道信号常常只用一个扬声器, 这使听者失去在音乐厅里的自然感觉的许多特性。首先失去了音响的空间感。整个乐队全场被缩成了一个点, 而且人们只能从一个方向, 即从扬声器那里听到它。声音的明晰度、乐器声和语言歌声的自然性也显得不足。实际上已不可能感觉到原发声场所的声学环境, 因为, 原发声场所传声器所接

收的全部反射声系列，在重放时也只能从一个方向——扬声器——到达听者，反射声传播失去了空间景象。由于直达声的强有力的掩蔽作用，使反射声更难被感觉到了。

采用分置几个扬声器的方法来产生发声空间的感觉，能在某种程度上消除整个播送的合奏被压缩成一个点的不舒服感觉。当然，这仍然谈不上在空间上区分乐队的各个乐器。

鉴于上述种种原因，在单声道放声时得到的美的享受远比自然听声时差多了。按照格克林(Д. И. Гаклин)的形象说法[18]，单声放声至多不过是“从音乐厅中开着的窗户听声音”。

除单声道系统外，还有一系列单通道系统(见表1-1)能对原始信号进行某种附加的功能转换，以提高放声的质量。这些系统的结构线路和由这些线路所提供的可能性详见参考文献[56]。有一点应注意：应用单双声道系统可获得音乐厅所特有的、某种程度的音响浮雕感和立体感。伪立体声系统只能相当近似地模拟正面空间信息的传输。这种系统给人一种在前面排列着的不是各个乐器，而是乐队全部乐器的不同频率成分的“平面形象”。在重放时，由于一个乐器发出来的声音时高时低，常常会使人觉得同一个乐器的位置一会儿在左面，一会儿又在右面。伪立体声系统有可能较多地传输原发声场所的音响气氛。实际上，在这里原发声场的混响过程是通过两个或几个扬声器传给听者的。此外，在各放声通道里，信号的混响延续至少在幅频特性上是不同的。这些因素多少有助于对原发声场所音响气氛的感觉。

在准立体声系统[56]中，组成原发声混响过程的各个反射声的到达时间和声级有了改变。这种系统传输大音乐厅音响效果的能力比单声道系统好多了，但仍不可能在空间上区分出组成合奏乐队的各个声象。

图1-3是普通立体声系统的结构线路图。这里，利用传声器系统把整个被接收信息，

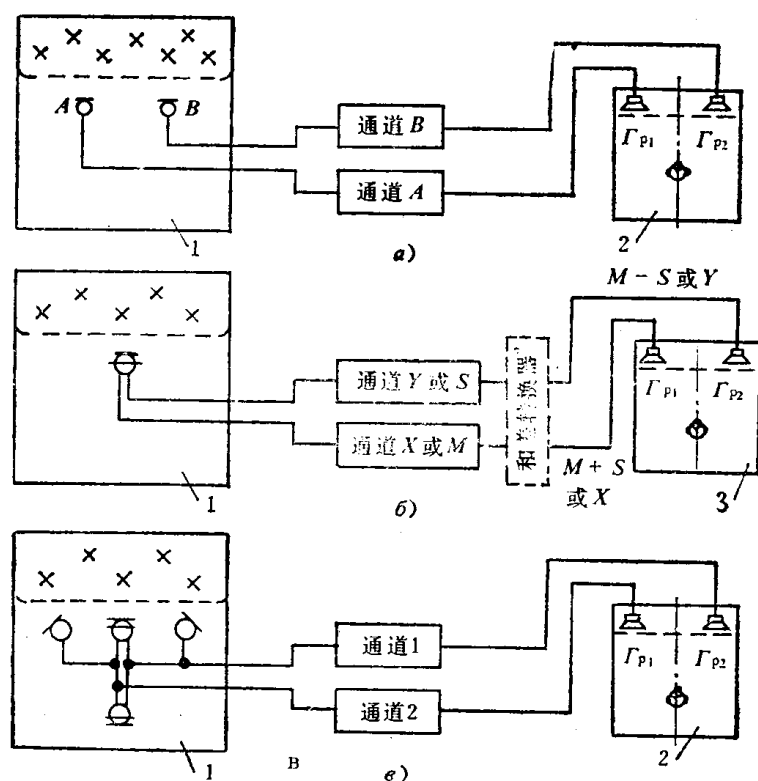


图1-3 普通立体声音响传输系统结构示意图：
а) AB制，б) XY (或MS) 制，в) 混合制

按照传统,分为“左”的与“右”的(AB制、XY制、混合制),或分为“总”的与“两侧”的信息(MS制)。在后一种场合,为了得到左、右通道的信号,必须对信号M和S作附加的和-差变换(CPII)。在原发声场所中,双通道立体声传声器组的使用和分布特点将在第三章里讨论。需指出的是,在两个通道中直达声和反射声的成分比是大体相同的。放声是通过左通道的扬声器(Γ_{p1})和右通道的扬声器(Γ_{p2})实现的。扬声器安装在听众的面前,其安装方法可分为三种:

- (1) 分立式——两个扬声器保持一定的距离;
- (2) 兼用式——左、右通道的扬声器装在一个总的机壳里,在这个机壳里通常还装有立体声收音机、磁带录音机或电唱机的电气部分;
- (3) 混合式——两个低音扬声器连同电气部分装在一起(一个机壳里),中音和高音扬声器单独安置,其尺寸相当小。

本书作者用主观统计鉴定法对上述三种音响系统最佳性所作的研究表明(对大部分节目来说),分立式最令人满意,因此,在以后所有的研究中,扬声器都采用分立式安装。

大量的文献〔6、19、20〕对立体声节目的听觉特点,对立体声和单声的对比进行了研究。通过分析,得出的结论是,立体声效具有以下四个基本特点(成分): (1) 空间印象——感觉到声象既分布在扬声器组的连线上,又分布在离开此连线的纵深处,而且,在这一空间范围内的各声象位置都能准确地定位; (2) 相当高的音响明晰度,因此能在合奏中区分出和分别感觉各个乐器或几个乐器的组合; (3) 传输乐器声和歌声音色的准确性; (4) 对原发声场所声学环境的感觉大大优于单声道传输。

很明显,区别单声道和立体声的这种听觉感觉乃是立体声对(Стереопала)信号不同的结果。双通道声传输信号的基本特点如下: (1) 形成空间全景声的各个声象信号对(Парасигналов)存在着统计关系,这种关系用相关系数 R 值来表示,对全景声中各个声源的信号来说,这个值通常是不一样的; (2) 形成立体全景声中各个声象的通道信号对的到达时差($\Delta\tau$)和声级差(ΔL),在数值和符号上都不一样; (3) 为了获得音乐平衡和理想的明晰度,复杂音响的各个组成部分的信号声级间有一定的(不同于单声的)比例关系; (4) 立体声对左、右通道的混响延续时间结构不同。

表1-2 听觉特点与立体声信号参数的关系

立体声效果的成分		信 息 载 体
空间印象	声象的幅度	形成此声象之各信号相关系数 R 值
	方向定位	ΔL 和 $\Delta\tau$ 的值
	深度定位	$\Delta\tau_0, I_{cp}/\Delta I$ 和声学比 $\varepsilon_1/\varepsilon_2$ 的值
音响的明晰度		ΔL 和 $\Delta\tau$ 的值;形成立体全景的各声源响度声级比;重放系统的音响平衡。
音色的自然性和丰满感		立体声对中各信号的频率和时间特性
声 学 环 境		立体声对中各信号的混响延续时差和强度差

形成立体声效果的听觉特点与立体声信号参数的关系见表1-2。应当指出〔105〕,

从消声室得出的立体声传输只能形成没有“深度”的空间全景感。这时，所有的声象都被感觉在扬声器基线上。这证明在立体声传输中，衡量空间全景声的第二种度量（离开基线的深度定位）是完全受原发声场所的混响过程支配的，同时，立体声对每个通道的直达声信号双耳强度差 ΔL_e 和时差 $\Delta \tau_e$ 都有助于估计听者到扬声器 Γ_{p1} 和 Γ_{p2} 基线的距离（见公式1-1）。

基于听觉器官对方向的分辨能力（见第四章），空间感觉减少了全景声中各声象之间的相互掩蔽作用。这不仅提高了放声的明晰度，而且改善了乐器和歌声音色的感觉条件。在这方面，文献[134]的成果是令人极为信服的：音乐厅里正在演出器乐四重奏，有一百三十位鉴定者出席。在（鉴定者所不知道的）某一时刻，其中一位乐师开始装出演奏的样子，而他的乐谱用录音设备重放。必须指出，录音是单声道的，重放是通过该演奏者身边的声柱进行的。鉴定者的任务是要确定在什么时间和什么乐器的声音是由磁带录音机重放出来的。鉴定的结果表明：听众是无法区分真的演奏和录音设备重放的假演奏（声源的位置保持不变），只有三位鉴定者得出了正确的答案。

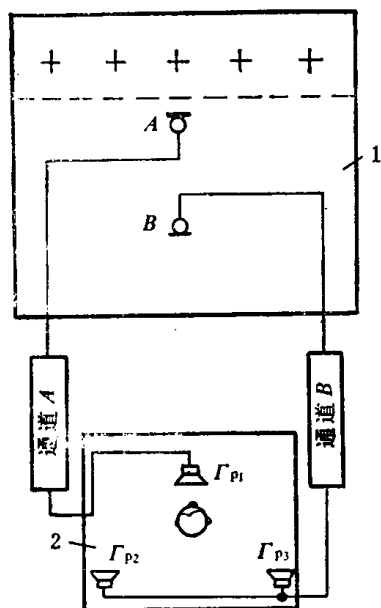


图1-4 T. 格伦系统结构示意图：
1—原发声房间； 2—重放声房间；

图1-3所示的双通道的应用不是唯一的可能。例如，文献[56]所提出的系统，按结构也是双通道系统（见表1-1）。但与普通立体声系统不同的是在这种系统中（图1-4）通道A主要传输直达声，而通道B则主要传输反射声。这是通过对原发声房间中传声器指向特性和放置位置的选择来实现的。当只有通道A接通时，听众将所有的乐器定位在通道A的扬声器处。当通道B也接通时，听众就会感到乐器“从通道A的扬声器里走了出来，在他们面前占据了相当大的空间”。但是，与普通立体声不同的是听众不能准确地指出各个乐器的空间位置，他们只能把全部乐器声看作统一的立体声象。在这一音响试验之后，听众再听一听在传声器和扬声器按通常位置分布时录制下来的同一节目片断。这时，人们发现格伦（T. Корн）系统具有相当好的传输原发声房间声学环境的能力。

这些研究结果证明了具有2—2—2型结构的最简单的双通道系统是不能同等程度地传输音质好的音乐厅中所有的听觉特点的。而这正是研制新的、更完善的四声系统的根本原因。

第四节 立体声放声的最佳性

现在，评价音质的唯一可行的办法是主观统计评价法。最广泛使用的方法是对两种声音进行聆听比较来评价最佳性，即对声音的全部特性进行总的评价，而不是逐一的评价。

需要提醒的是：肯定某一声传输系统（与另一系统比较时）的试验者人数与试验者总数之比，叫做最佳性[19]。

我们称50%的最佳性为不可信的最佳性（因为这时对两种被比较声音的肯定是概率相等的），称75%的最佳性为可信的最佳性。其实，肯定的可信性也就是听者不与别的系统直接对比就能辨认出某一系统声音的可信性[105]。与以上所述相似，根据比较两系统的最佳性的可辨性百分比可得到“有把握和无把握可区分性”这个术语。显然，如果一个听众在两种系统比较时，很肯定地选中二者之一，而在不可能比较时，却难以确认原来被选中的系统的声音，那么，这两种系统的声音肯定有差别，但这种差别表现得不明显。一个系统若既具有可信的可辨认性，又具有可信的最佳性，则其性能上的优点是相当明显的。

我们将从这一立场出发来评价单通道和普通立体声传输系统。苏联无线电科学研究所和莫斯科电信工程学院广播、声学教研室一起做了一个实验，对只有一套扬声器箱的最简单的单声道放声系统和普通立体声系统进行了聆听比较，结果证明[20]：即使性能指标很差的立体声系统也优于高级的单声道系统。

表 1-3 比较聆听的结果

被比较系统的类型		最佳性 %		无明显区别
甲	乙	甲	乙	
单声道	立体声	13	67	20
单声道	伪立体声	7.5	32.5	60
立体声	伪立体声	50	16	34

表 1-3 列入了引自[6]的单声道、伪立体声和立体声的聆听比较结果。

从表 1-3 可知，伪立体声传输系统的音质比立体声系统差，但比单声道系统略好。

立体声和准立体声聆听比较的结果（表 1-4）引起人们特别的兴趣。这些数据引自文献[105]，可用来评价立体全景声中各声象的空间区分对最佳性的影响。

表 1-4 比较聆听的结果

听众相对于两扬声器的位置	最佳性 %		立体声系统音响的辨认 %
	立体声	准立体声	
不对称	48	52	50
对称	64	36	84

试验时，试验者所听的是短小（时间为 6~10 秒）的节目片断。两个对比系统用同一对扬声器依次反复放送同一片断。在试验的第一部分，听众提出的是最佳性，在第二部分，听众不用直接比较就来辨认两系统中某一系统的音响。两扬声器之间的距离为 3 米，听众距扬声器基线 4.2 米。放声在消声室内进行。

立体声和准立体声的聆听比较（见表 1-4）表明，

(1) 在听众处于两扬声器的非对称位置时 (在文献 [105] 中, 试验者位于左放声装置的对侧), 两种音响都表现出不可信的最佳性和不可信的可辨认性, 即实际上没有什么区别。请注意: 当听者处于这种位置时, 两种系统都不可能使听众接收到关于合奏乐队中各个乐器空间区分的信息。

(2) 当听众处于两扬声器的对称位置时, 立体声具有明显的优点 (最佳性达64%, 可辨认性为84%)。这时, 立体声放声保证了全景声中各声象空间区分的可能性。我们已在前面讲过, 这对于伪立体声放声来说是不可能的。

根据这项研究工作所提供的数据可假设: 各声象的空间区分是感觉立体声效果的决定性因素。为了证实这一假设, 本书作者通过和单声道的比较, 对与听者位置有关的立体声最佳性的变化进行了研究。音响导演提供立体声和单声道两种鉴定用的节目, 有交响乐、舞蹈音乐和合唱, 每个节目的放声时间为20秒左右。聆听比较是在面积为26米²的住房里进行的。从各聆听点得到的读数中可找出等最佳性范围。两个扬声器之间的基线长为3米。

这些研究表明: 当听者位置从两个扬声器的对称轴偏移 to 某一扬声器对面时, 立体声优于单声道的最佳性从90%降至60%。这里, 最高的最佳性 (高于85%) 范围与定性的正确定位范围相一致, 在这一范围里, 还可能对形成立体全景声中的各声象进行有把握的空间区分。当听者离开两扬声器的对称轴作侧向位移时, 只要听众还没有觉得乐队合奏在空间上被分裂成两部分, 就能保持立体声的最佳性。最后, 当感觉到的方向减少到只有一个时, 立体声的最佳性才消失。

上述一切说明: 同单声道相比, 立体声最佳性的根本因素是, 可在空间上区分出音响全景声的各成分的方向。

立体声毋庸置疑的最佳性说明, 双通道立体声的应用乃是无线电广播和录音技术发展中显著的质的飞跃。