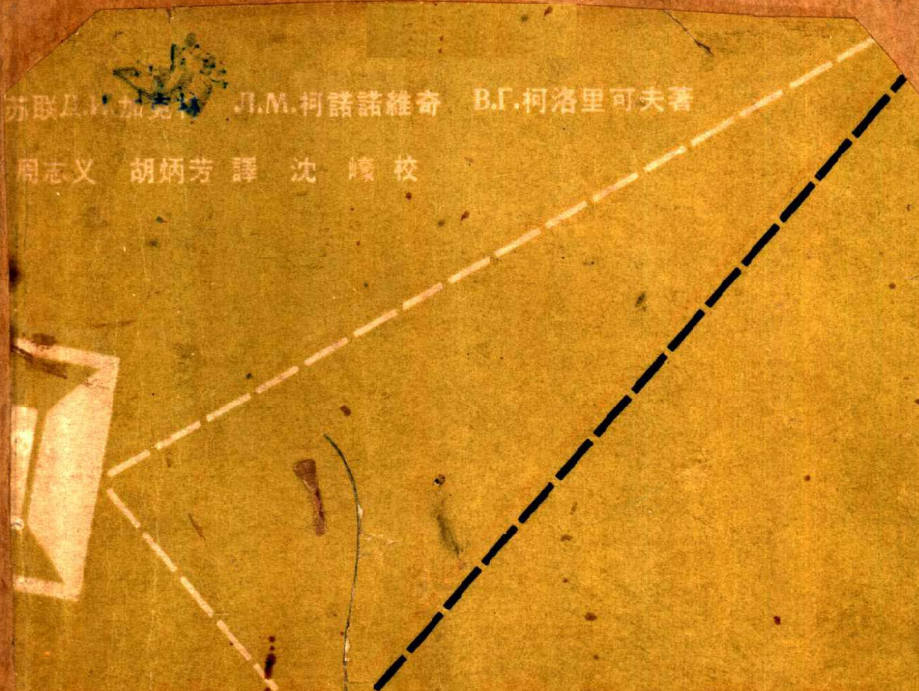


苏联L.加瓦 J.M.柯諾諾維奇 B.Г.柯洛里可夫著

周志义 胡炳芳 译 沈 峻 校



立体声广播和录音

立 体 声 广 播 和 录 声

Д. И. 加 克 林
苏联 Л. М. 柯諾諾維奇 著
В. Г. 柯洛里可夫
周志义 胡炳芳 译
沈 耀 校

人 民 邮 电 出 版 社

Д. И. ГАКЛИН, Л. М. КОНОНОВИЧ,
В. Г. КОРОЛЬКОВ
СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЕ РАДИОВЕЩАНИЕ
И ЗВУКОЗАПИСЬ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ 1962

内 容 提 要

本书闡明了立体声广播和立体声磁带录声的原理,叙述了所用的设备以及接收立体声广播用的收音机附加器。

本书适合研究立体声广播和录声的各种問題的工作者以及对在自己家里实现立体声放声感兴趣的广大无线电爱好者閱讀。

立体声广播和录声

著 者: 苏联 Д. И. 加克林 Л. М. 柯諾諾維奇
В. Г. 柯洛里可夫

譯 者: 周 志 义 胡 炳 芳

校 者: 沈 嶸

出版者: 人 民 邮 电 出 版 社

北京东四 6 条 13 号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第〇四八号)

印刷者: 旅 大 印 刷 厂

发行者: 新 华 书 店

开本 787×1092 1/32

1964 年 9 月旅大第一版

印张 3 18/32 页数 57

1964 年 9 月旅大第一次印刷

印刷字数 80,000 字

印数 1—8,050 册

統一书号: 15045·总1410—无395

定价: (科 4) 0.38 元

引 言

人对声源位置的感觉問題早在上世紀末就研究过了。本世紀三十年代就提出了关于一条通路（单通路）声传输有缺陷的問題。就在这几年內制成了第一批設備，可以用来証实立体声比单通路声有許多重大的优点。1934—1935 年美国的 Г. 富力契和 Л. 斯托可夫斯基和苏联的 И. Е. 郭龙都做过这种实验。И. Е. 郭龙在莫斯科苏維埃大厦十月革命大厅的舞台上表演了包括三个揚声器的三通路立体声系統，这三个揚声器分別通过放大器和通信綫路同安装在苏維埃大厦圓柱大厅舞台上的傳声器相連接，乐队就在圓柱大厅的舞台上演奏。乐队在十月革命大厅里演奏的立体声的质量非常高，以至听众觉得在場的好象是乐队本身，而不是揚声器系統。

电影中采用立体声的初次尝试大約也属这段时期（Б. Н. 科諾普列夫，М. З. 魏索茨基，Б. Н. 莫日維洛夫，Н. С. 庫普里揚諾夫等人的工作）。

随着磁带录声的出現，开始了同时用几条声道进行立体声磁带录声的試驗工作。1947 年 Н. С. 庫普里揚諾夫在波波夫科学技术学会列宁格勒分会的学术會議上表演了双通路立体声录声和放声裝置。1948 年上半年 И. Е. 郭龙表演了用 35 毫米磁带的三通路录声。

立体声同普通单通路声音相比，优点是这样的明显，以致在以后的几年中广泛地开展了創制廉价的、广大用戶有力购置的立体声放声設備的工作。因此，生产了立体声唱片和家庭用立体声磁带录声机。

Н. С. 庫普里揚諾夫在 1949 年就开始了立体声广播方面的

研究工作。1955年在列宁格勒成功地进行了立体声广播的試驗。但是这些試驗工作大大地超过广播的一般发展水平，所以当时沒有得到实际应用。1958年苏联又在新的技术基础上恢复了立体声广播的試驗工作。由于波波夫无綫电广播接收和声学研究所的这些研究工作，創造了极化調制立体声广播系統。全苏无綫电广播和电视委员会所属的莫斯科实验工厂制成了播音室用立体声磁带录声机的样机，同时广播和录声大厦也掌握了高质量立体声磁带录声。在那个时期还制成了家庭用立体声声学系統。

1960年1月6日在列宁格勒第一次用极化調制系統进行了正式的立体声广播。大約100人听了这次广播，听众对广播质量的評價很高。同年六月在莫斯科和列宁格勒，以后又在基輔和塔林，开始了定期的实验性立体声广播。

現在，可以毫無疑問地說，不久的将来，在世界各地，立体声广播将成为音乐广播最普遍的方式，立体声收音机和立体声三用机将变成广大听众有力购买的設備。

本书将詳細地分析和立体声广播以及双通路立体声磁带录声有关的各种問題。

目 录

引言

第一章 立体声传输的原理 1

1. 单通路声传输 1
2. 听觉的一些特性 2
3. 双耳法声传输 4
4. 理想的立体声传输 5
5. 通路数量有限时的立体声传输 6

第二章 双通路立体声 10

6. AB 制系统 10
7. XY 制系统 15
8. MS 制系统 18
9. 各种立体声传输系统的相互关系 20
10. 派生的各种立体声传输制 22
11. 立体声传输通路间的串话衰减 29
12. 双通路立体声传输和单通路声传输的兼容性 30

第三章 立体声广播系统 32

13. 基本要求 32
14. 用两个载频的立体声广播系统 33
15. 用调幅波段内一个载频的立体声广播系统 33
16. 用超短波波段内一个载频的立体声广播系统 37
17. 调立体声广播系统 42

第四章 极化调制的立体声广播系统 46

18. 极化调制的原理 47

19. 极化調制波的檢波	49
20. 获得极化調制波的方法	52
21. 极化調制在立体声广播中的应用	55
22. 发送設備	58
23. 和其他立体声广播系統的比較	60
第五章 立体声收音机和立体声三用机	64
24. 概論	64
25. 立体声收音机的高頻通路	65
26. 极化檢波器	72
27. 立体声放大器	74
28. 接收立体声广播用的附加器电路	77
第六章 双通路立体声录音	78
29. 立体声感觉的特点	78
30. 录音房間的选择	79
31. 录音时傳輸系統的选择	80
32. 各种声傳輸系統中的传声器型式和它們的布置方案	80
33. 立体声录音的技术設備	86
第七章 立体声磁带录音机	89
34. 立体声磁带录音設備的原理	89
35. 双通路立体声磁带录音的一些标准	90
36. 立体声磁带录音設備的特点和它的工作原理	93
37. 立体声已录音磁带和单通路已录音磁带的兼容性	97
38. 立体声磁带录音机的試驗和調整	101
39. 家庭用立体声磁带录音机	105

第一章 立体声传输的原理

1. 单通路声传输

在日常生活中，我们经常碰到距离超出声波一般传播范围的声传输。打电话，无线电广播，电视广播的伴音就是这种传输的例子。声传输既可以是单向的，也可以是双向的；例如打电话时，声音既要对方传输给我们，又要从我们这里传输给对方，无线电广播是单向声传输，因为声音仅传输给听众，有时声音可以任意迟延一段时间后传输给听众，我们碰到的任何一种录声都是这样的。但是在最后一种情况中也和声传输有关系。声传输技术是作为无线电技术和电话学的分支发展起来的，它利用了无线电技术和电话学中把声波变换为电振荡，再由电振荡变换回来的方法以及用电子管或半导体器件提高电振荡功率和变换电振荡波形的的方法。

图1是单向声传输的方块图。要传输的声波用传声器1变换为波形相同的电振荡。然后用放大器提高它的功率，在方块3中它们变换为在通信线路4上传输的振荡波形。通信线路接收端的方块5重新把接收到的振荡变换为声频的电振荡，经放大器6放大，再用耳机或扬声器8变换为和始端相似的声波。除了上述元件外，还可以接入录声-放声设备7，用来延迟或保存所要传输的声音。

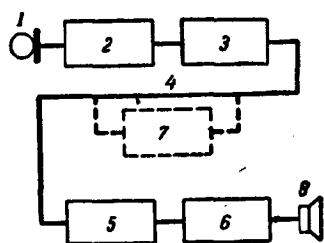


图1 声传输通路的方块图

上述方块图是最一般的，它符合所有实际应用的声传输。通信线路可以是有线电路，也可以是无线电信道。变换器 3 和 5 可以是各种形式的，譬如无线电发射机和无线电接收机。有些声传输，上述方块图的元件不一定齐备。最简单的声传输信道是由传声器导线式通信线路和耳机组成的。

现在，声传输技术已经很完善了，它能在相当小的频率畸变和非线性畸变条件下，传输 20~20000 赫的频带和 60 分贝的动态范围。虽然如此，但是沿图 1 所示的信道进行声传输，在收听处仍然不能保证得到自然的放声。原因是在自然的条件下，我们通常不是听一个声源，而是听到分布在空间的许多声源。听觉正常的人容易分辨由各声源传来的声音的方向，从而产生空间声场的印象。

在上述的声传输中，无论声源在传声器前怎样分布，各声源的声音都由扬声器所在处传给听众。这时声音失去了空间图象，因此即使声传输信道的质量指标很高，放声还是不自然的。增加传声器的数量也无济于事，虽然这样能扩大声音辐射面，但因为所有扬声器都重发同一声音，所以声音仍然是不自然的。

上述的声传输称为单通路声传输，因为它仅通过唯一的一条信道，传输一种声音信息。从以后的讨论可以看出，这种限制是产生畸变的无可幸免的原因。

2. 听觉的一些特性

为了理解比单通路声传输更完善的另一种声传输系统的工作原理，必须先简短地认识听觉的一些特性，因为我们是靠这些特性来感觉声源位置的。

我们的听觉器官是用极坐标来确定声源的位置。显然，为

此听众应该具有确定声音在水平面和垂直面上传来的方向以及判断声源距离的能力。人们在水平面上定向是非常准确的。这是依靠所谓双耳效应（换言之，用两只耳朵听）达到的。同一声源到达左右两耳的声音一般是不一样的，因为有一只耳朵比另一只耳朵离声源较近。

声音可以按声强、到达时间、振动相位来区别。这些差别作用于中枢神经系统，使中枢神经系统对声音传来方向作出心理判断。因某种原因只能用单耳来听的人就失去了确定声源位置（或者说，声源定位）的可能性。

水平面上定向的准确性与声源的振动频率有关。对于频率低于 300 赫的声音，确定声音传来方向实际上是困难的。在这样低的频率下，声波的波长很长，它能无阻地绕过头部，在左右两耳产生几乎相同的声压；而声波到达两耳的时差同振动周期相比是很小的，故相位差也很小。

只有在中频和高频，声源的定向才变得可能。因为任何一种真实的声音（讲话、音乐、噪声）实际上都包括所有声频分量，所以听众基本上是依靠其中振动频率高于 300 赫的分量来确定声音传来的方向。其中 1000 赫到 3000 赫的频率起着主要的作用，它们除了容易定向外，对入耳还是最敏感的。

对于分布在听众前面的声源，水平面上声源的定位准确度是 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。对于分布在听众后面的声源，定位的准确度要低得多。分辨声音从前面来还是从后面来的能力以及在垂直面上对声音定位的能力，可以用耳壳的屏蔽作用来解释。人们的这两种能力比较弱。

听觉器官用两个因素来判断声源的距离（深度定位）：声音的响度和反射声强与直射声强之比。声源离听众愈远，声音就愈弱，而房间里的混响感觉就愈强。

3. 双耳法声传输

研究了作为分辨声音传来方向能力的基础的一些听觉特性和双耳效应后，不禁会想到，如果在传输声音时用两条信道来代替一条信道，以隔开左右两耳，就有可能保存声音的空间图象。

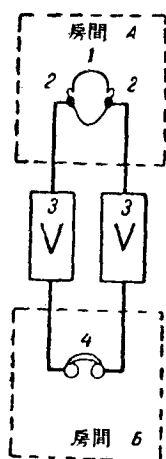


图 2 双耳法声传输的方块图

- 1—人头模型；
- 2—传声器；
- 3—放大器；
- 4—耳机

图 2 就是这种声传输的方块图，称为双耳法声传输。在进行传输的房间 A 中，设置一个人头模型，其大小同真的一样。在假耳壳里嵌置两个传声器，这两个传声器所“听”到的房间中的声音将同站在那一点的人听到的完全一样。从左右两传声器得到的电振荡沿着两条分开的信道传输到听众所在的房间 B 中，并分别地送到左右两只耳机。不难看出，这种声传输系统似乎“加长”了听众的耳朵，把它们由房间 B 移到房间 A，同时保存了自然听觉的所有特点。

双耳法声传输能很好地保存声音的空间图象，但是一定要用耳机听是它的严重缺点。此外，用双耳法把声音传给几个听众时，不管他们在房间 B 中的位置怎样，都被“移到”（在听觉方面）房间 A 的同一点，移到放置传声器的人头模型的那一点。如果从房间 A 向房间 B 不仅传输声信息，还传输光信息（例如电影或电视），就会使在房间 B 中人们的视觉和听觉失调，因为他们都在房间 A 的同一点听声音，却在房间 B 的各点（决定于各人自己在房间 B

6

8 0 6

• 5 •

中的位置)看图象。因为上述諸原因,双耳法声传输没有得到实际应用。

4. 理想的立体声传输

声传输时保存空间图象的另一种方法是所谓立体声传输。为了便于说明问题,我们来看图3,图中表示声传输在房间1内进行。我们假想用平面A-A把演奏者表演的舞台隔开。声波将不断地穿过这个平面,跑到听众所在的那一半房间里。让我们来做这样一个实验:在平面A-A上装置许多小型传声器,其尺寸小到它的存在不会使声场有多大改变。每个传声器用单独的通路同与传声器一样的顺序装置在

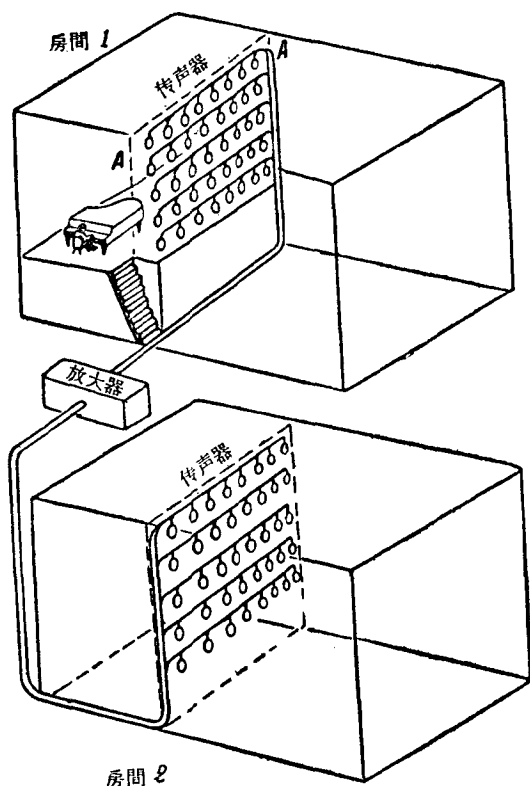


图3 理想的立体声传输的方块图

声传输目的地——房間 2 中的小型揚声器連接起来。若使各通路的传输系数都等于一，則各个揚声器所建立的声場就与作用在同它相連的那个传声器上的声場完全相同。

如果两个房間完全一样，則不难看出，揚声器在房間 2 中所激励的空間声場同房間 1 中原有的声場一样。在声传输时我們所用的通路数量愈多，空間图象就保存得愈精确。这种声传输系統称为理想的立体声传输系統。注意一下它同双耳法声传输系統的原則性区别是很有意思的：用双耳法声传输时似乎把听众移到传输房間中；而在立体声传输时刚好相反，好象是把声場移到听众那儿。理想的立体声传输系統，虽然原則上解决了所提出的問題，但是由于它复杂且笨重，同双耳法声传输一样，沒有得到实际应用。

5. 通路数量有限时的立体声传输

由于实际上不可能实现理想的立体声传输，有人就试图把所用通路减少到可以接受的数量，同时也对放声自然程度的要求作一些限制。首先，不得不排斥满足理想立体声传输的要求，即在和进行传输房間一样的房間內听。其次，已經公认可以把声传输限制在只使听众能确定水平面上声音传来方向，因为在自然条件下垂直面上听觉定向能力是很小的。第三，在判断个别声音的传来方向时允許有一些誤差。当传输声音而不同时传输图象时，这样的誤差是不很明显的。

考虑到这些对放声要求的降低，为各种实际用途設計了目前使用的、通路数量有限的立体声传输系統。放弃了声音的垂直定向，就可以在所有的这类系統中只布置一排传声器和揚声器，不必象在理想的立体声传输时那样要在垂直平面上排列好多排。揚声器的排列順序与传声器相同（图 4），但它們不是

刚好在两房間的相应的那一点，因为一般收听房間本身就完全不同於傳輸房間。

通路数量愈多，声音的空間图象就傳輸得愈准确，通常說，声音就愈有“立体”声特点。另一方面，增多通路数量将使設備复杂化。所以在各种具体情况中，当然應該采用通路数量尽可能少的声傳輸系統。

大量实验表明，通路数量决定于下列諸因素：

1. 接收声傳輸的房間的 尺寸愈大，听众听边上两只揚声器的角度愈大，需要的通路数量就愈多。如果通路数量不够就得增大揚声器間的距离，直到使各揚声器所发的声音不可分辨的印象消失。

2. 在声傳輸时对保存声音空間图象的要求愈高，換句話說，对立体声特性的要求愈高，所需要的通路数量就愈多。当然，象我們預計的那样，立体声特性并不和通路数量成正比。图 5 的曲線表明声音的立体声特性和通路数量 n 的关系*。当 $n=1$ 时，立体声特性等于零（因为它相当于单通路声傳輸），而当 $n \rightarrow \infty$ 时，立体声特性趋向于一，它相当于理想的立体声。惹人注意的是：起初立体声特性随着通路数量的增加而增长得很快，以后增长就变慢了。所以，通路数量增加到五条以上是

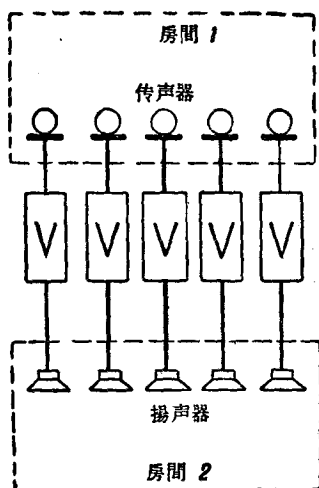


图 4 通路数量有限的立体声傳輸的方块图

* 这曲線是由 M. 3. 魏索茨基提出的。

不合理的，因为这对音质几乎没有什么提高。

3. 如果声传输伴随着图象传输，则对确定声音传来方向的准确性的要求就高了。因为甚至不大的误差也容易因听觉印象同视觉印象不符而被发现。

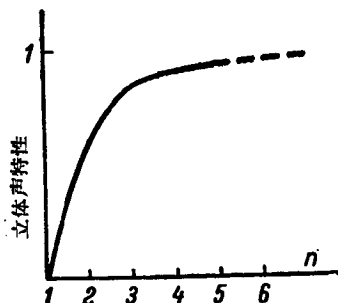


图5 立体声特性同通路数量的关系

4. 如果在进行声传输时声源在移动，则为了达到准确的立体声放声所需要的通路数量要比在声源不动的情况下多。

现在，立体声传输得到了普及，它实际应用于下列几种情况：1)在家庭条件下听（立体声收音机，立体声唱机和立体声磁带录声机），在这三种情

况中都使用两条通路的声传输。2)在专用房室内听（在宽银幕电影院內，专用的音乐厅和全景电影院內。前两种情况用三条通路的声传输；而在第三种情况中，由于银幕很大，通路数量增加到五条）。

本书专讲两条通路的立体声传输（或简称双通路立体声）。由于这种立体声使用的设备不十分复杂，因此在家庭条件下也是可以办到的。同时，虽然它只有两条通路，但在立体声传输时的音质要比单通路声传输时高得多。

当然，如果断定双通路立体声能传输自然的声空间图象，那是不正确的。相反，双通路声传输时，在确定某个声源的真正的位置时完全可能有误差。但是如果考虑到在家庭环境中使用双通路立体声的具体情况，这些误差就不那么要紧了。重要的是在另一方面：在立体放声时，声音不再总是令人讨厌

地从一个扬声器传来，我們觉得声音既从扬声器传来，也从扬声器间的空間传来，就好像空气本身开始发声一样。这一切都使听众产生很好的印象，这就是为什么双通路立体声在最近获得那样普及的原因。

除了立体声传输以外，还提出了并在有些地方采用着的許多所謂**眞立体声传输**。在眞立体声传输时，力图只用一条通路，运用各种技术，使听众产生声音空間图象的幻觉。

其方法之一是，在收听端用滤波器把声頻振荡分成高频部分和低频部分，并分別用两只不同的扬声器放声。这样，輻射声波的頻譜主要是高频的那些声源由一只扬声器重发，而主要是低频的声源由另一只扬声器重发，听众就产生了它們似乎分布在不同空間位置的印象。

这样的声传输方法也属于眞立体声传输，这就是同一通路的声信息在收听端送至几个扬声器，如果分別調节各扬声器的响度就会使人产生似乎声源在移动的印象。这种方法称为“强度控制法”。

眞立体声传输系統比立体声系統簡單，但在放音的自然程度方面要比后者逊色得多。

在以上列举的双通路立体声的許多实际应用中，双通路立体声广播和双通路立体声磁带录声在本书以后的篇幅中占着主要地位。

校者注：* 原文为 способ панорамирования，是指由一控制頻率傳送控制各个扬声器音量的信息的眞立体声系統，故譯为强度控制法。

第二章 双通路立体声

6. AB 制系統*

这种立体声传输系统使用灵敏度和指向特性都一样的两个传声器。两个传声器放置得使它们彼此相距 1.5—2 米。从图 6 可以看出，左边的传声器主要接收来自左边声源的声波，把

它变换为电振荡，通过左边通路的放大器，传输给左边的扬声器（我们约定：方向“左”或“右”按面朝声源的听众的位置来确定）。在右边的通路中也发生类似的过程。

两传声器对位于两传声器中间的声源的接收是相同的，所以听起来声音是来自两扬声器中间的空间。

更详细地分析这种声传输的过程时就必须考虑到辐射到左边传声器前面的空间的声音也将被右边传声器接收，但是有一定的相位差（说得更确切一些是时差）和强度差。同样地，辐射到右边

传声器前面的声音也将被左边传声器接收，也有时差和强度

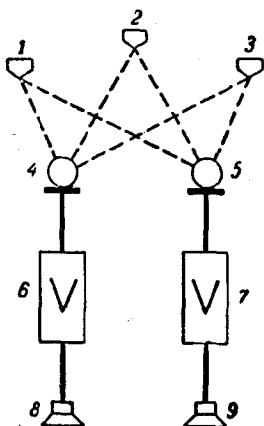


图 6 AB 制双通路立体声传输系统方块图

- 1, 2 和 3—声源;
- 4 和 5—传声器;
- 6 和 7—放大器;
- 8 和 9—扬声器

* AB制系统在文献中经常称为“古典立体声”。