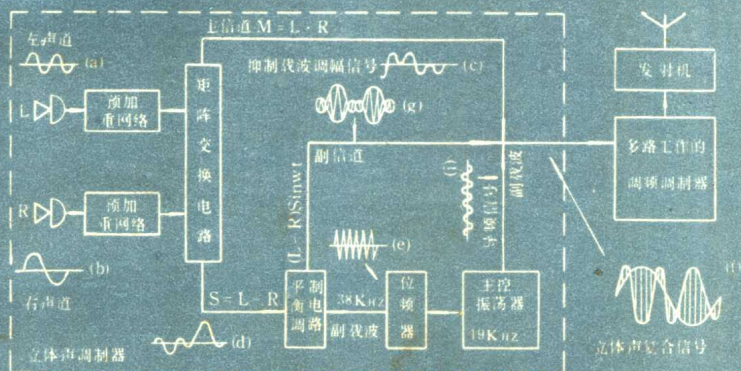


立体声接收与测试



立体声接收与测试



· 无线电小丛书 ·

立体声接收与测试

顾鸣初 李恩林 郭洪儒 编著

辽宁科学技术出版社

1985年·沈阳

立体声接收与测试

Litisheng jieshou yu Ceshi

顾鸣初 李恩林 郭洪儒 编著

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 沈阳市第一印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: $2 \frac{1}{2}$ 字数: 46,000

1984年3月第1版

1985年3月第2次印刷

责任编辑: 陈慈良

责任校对: 王 莉

封面设计: 赵多良

印数: 74,001—118,500

统一书号: 15288·81 定价: 0.37元

出 版 说 明

随着四化建设的飞速发展，电子技术和无线电在各个领域里的应用越来越广泛。为了满足广大青少年和无线电爱好者的需要，我们组织了有关大专院校的教师和无线电工厂的技术人员，编写了这套《无线电小丛书》。

这套丛书的重点旨在介绍各种家用电子设备的制作、使用和修理方法，提供读者所需要的各种数据和资料，具有较强的指导性和实践性，通过学习，使读者既能掌握一定的无线电技术理论，又能从事实际的安装和调试。

我们希望本套丛书的出版有助于电子科学技术的普及，为此，欢迎广大读者提出宝贵的意见和建议。

目 录

一、立体声基本知识.....	(1)
(一) 立体声的组成.....	(1)
(二) 听觉定位原理.....	(2)
(三) 立体声声象定位.....	(6)
二、立体声放音系统.....	(13)
(一) 立体声放音系统的组成及分类.....	(13)
(二) 双声道立体声系统的拾声方式.....	(17)
(三) 导频制双声道立体声广播.....	(22)
三、双声道调频立体声接收机.....	(23)
(一) 立体声接收机的组成及其 各部分的作用.....	(24)
(二) 立体声解码器.....	(26)
四、单声道接收机如何改装成立体声接收机.....	(37)
五、双声道立体声接收机主要性能的测试方法.....	(43)
(一) 有关测试的一般规定.....	(43)
(二) 测试用标准等效天线.....	(46)
(三) 测试电路的组成.....	(52)
(四) 标准试验条件.....	(52)
(五) 立体声接收机一般性能的测试方法.....	(54)
(六) 立体声接收机特殊性能的测试方法.....	(61)

六、家庭立体声放声.....	(66)
(一) 家庭立体声放声系统的组成.....	(66)
(二) 家用立体声音箱的摆放.....	(68)

一、立体声基本知识

(一) 立体声的组成

在日常生活中，人们对外界的声音不仅能感到强度、音调和音色的变化，而且凭借人的双耳，还能判断各种声源所在的位置和方向。也就是说人们所听到的声音都具有空间印象的感觉。例如，我们在音乐厅里聆听乐队演奏的交响乐曲，不仅能听得出演奏乐曲的旋律和强弱的变化，而且即使闭上眼睛，也可以判断出各种乐器在舞台上的位置和方向。通常我们将这种在音乐厅中聆听到的既有强弱、音调和音色之差，又有层次分明、具有方位感和深度感的声音称为立体声。

一般来说，立体声主要由以下几种信息所组成：

1. 直达声

它是指声源（乐队演奏）直达听众席上的声音，直达声比声源（乐队）发出的声音约滞后 $40\sim 50\text{ms}$ 时间，它是立体声源系统中主要的声音信息。

2. 混响声

它是由室内四壁、顶棚等对声音信号的多次无规则反射

所形成的。混响声有一个建立过程，它由乐器发出声音，并引起混响达到最大值，约需要20~50mS 时间。在立体声源中，这个时间对不同频率的声音是不同的，低频需要时间稍长些，高频则短些。它对立体声听音的真实感起着一定的作用。

3. 近次反射声

近次反射声又称有用反射声，它是指舞台前斜顶和舞台两侧壁反射到听众席上的声音。一般反射途径比直达声途径稍长一些，它对直达声起加重、加宽作用。通过改变近次反射声的延时间距，将会使人感到音乐厅的容积在改变。

4. 立体声源的宽度感、展开感、分布感和深度感信息

一个乐队在舞台上要占据一定的宽度，各种乐器或合唱队的各个声部展开在舞台的各个点上。因此，这是一个比较复杂的阵声源。由于人耳所具有的双耳效应，对声音信号有定位功能，即不仅能听到乐音，而且还能判断乐器的分布和展开情况（也就是分布感和展开感）。根据声音到达的时间差判断出发声乐器的前后位置（即深度感）。

总之，临场感是以上四个方面声音的综合反映，它能使听众得到一个完整的音乐现场立体感觉。

（二）听觉定位原理

声源的相对空间位置包括方向、距离、运动和仰角，即在一个立体的三维空间之内。人耳对声源的定位可分为以下

三种，

1. 声源的平面入射角定位

1896年英国物理学家瑞利提出了双耳效应假说，揭示了人类听觉能在平面范围内判断方向的机理。这个理论认为，人类的听觉能够在平面范围内辨别声音的方位是通过到达双耳声音的强度差（声级差）、相位差（声音到达双耳的时间差或路程传播与反射时间差）和音色差作用于人的中枢神经系统，使中枢神经系统对两组信息进行比较，并对同一信息的此刻和前刻状态进行比较，由此对声音传来的方向作出心理判断。强度差、相位差和音色差称为听觉定位的三大要素。

当一声源发声时，由于听众自身头部的屏蔽作用，声源到双耳的距离一般来说并不相等，因而到达双耳的声音具有一定的强度差和时间差。双耳听到的声音可用下式表示，

$$\begin{cases} L = lA_0 e^{-j\omega(t-t_l)} \\ R = rA_0 e^{-j\omega(t-t_r)} \end{cases}$$

式中： L 、 R ——表示声源 S 在时间 t 时所发出的声音传到听众两耳时，所分别产生的扰动势。

l 、 r ——左、右声波绕过听众头部时的绕射系数。

A_0 ——声波振幅常数， lA_0 、 rA_0 则分别为声音到达左、右两耳的强度振幅。

ω ——声波的角频率。

t_l 、 t_r ——声波自声源 S 发出后到达左、右两耳的时间延迟。

对于时间差的计算，我们可按图 1 所示，近似地把人头当作一个球体来处理，并认为双耳间等效距离为 h 。当声波

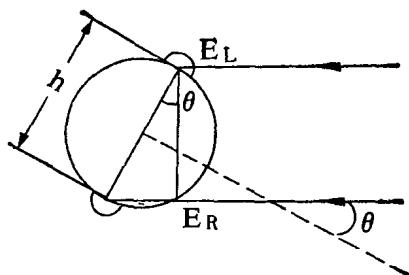


图1 时间差近似计算示意图

和垂直双耳连线的平面的夹角为 θ 时，声音到达双耳的时间差可近似按下式计算：

$$\Delta t = \frac{h}{C} \sin \theta$$

式中： Δt ——为时间差。

C ——表示声速，一般可按340米/秒计算。

实践表明：

(1) 在聆听角范围为 $\theta = 0^\circ \sim 40^\circ$ 时，人耳依靠声波强度差定位准确性较高。

(2) 当声音频率低于300赫时，由于波长很长，声波可以不受阻挡地绕过人的头部，在左耳和右耳产生相等的声压，这样双耳感受到声波强度差几乎为零。也就是说，300赫以下的纯低音，无法用强度差定位。

(3) 当声音频率在低音频至1000赫之间时，因其波长大于或接近于人双耳间的物理距离，左、右声波绕射系数相等，所以时间差 Δt 是定位的主要因素。但对于纯低音，依靠时间差定位，很难判断前后方向。

(4) 当声音频率在1000赫以上时，因为其波长小于人双耳间的物理距离，相位差将是无规则的，因此不能用它来判断定位。但由于人头的遮蔽作用，使左、右声波绕射系数不相等，因此，强度差是定位的主要因素。

2. 声源的距离定位

人耳对声源的距离定位又称深度定位。它具有如下特征：

(1) 在室外。人耳对声源的距离定位和声音到达双耳的强度差成反比，和声音到达双耳的时间差成正比。

(2) 在室内。除直达声外，对听者起作用的还有大量的近次反射声和混响声。决定距离定位的主要因素是直达声与近次反射声或混声响的能量密度比。

(3) 人耳对声源的距离定位与音色变化有关，即和复合音中高次泛音成分的衰减有关。一般说来，声音越远，它的音色就变得越低沉。

3. 声源的高度定位

声源的高度定位包括直线距离（深度）定位和入射波仰角定位。距离定位原理如上述。入射波仰角定位理论目前仍在发展中。近年来，提出的“耳壳效应”（或称单耳效应），较好地解释了入射波仰角定位原理。这种理论认为：人的耳壳对传来的声音会根据入射仰角的不同，产生相位不同的反射波送入耳鼓，其相位时间差达微秒级以上。这样，人的大脑就可以根据脉冲取样计算出入射波方向。这一理论解释了人用单耳也能判别声音方位的原因。但也需指出，这种“耳壳效应”主要对4千赫以上的声波有定向作用，而自然界的

声音和音乐大多是复合波，大多包含丰富的高次泛音成分，因此，耳壳对它们仍有定向作用。

实际上，人对声源的空间定位，除了听觉定位外，还涉及心理作用因素和视觉作用因素。例如，见物听音或启发诱导听音都会提高人对声源定位的能力。尤其是视觉，对听觉定位有很强的心理诱导和校正作用。

(三) 立体声声象定位

上面介绍的听觉定位原理，都是指在只有一个声源发声时，听众确定声源位置的情况。

声象，是应用两个或两个以上的电声换能系统进行立体声放音时，听众对声源位置的印象。立体声声象大多不是在扬声器发声的位置，故又称感觉声源。

当人们在聆听两个声源发出的声音时，双耳获得两个相关的信号，在人的大脑皮层里发生了“融合”，结果听众只接收到一个信号。甚至在信号严重失真的情况下，声象也会发生“融合”。当听众面对两个发出同一信号的扬声器，并和两个扬声器的距离相等。这时，从两个声源到达听众左、右耳的和信号是一样的，听众感觉到的声源就在两个扬声器连线的中点上。反过来，如果听众双耳所接收到的和信号相同，则声源必定在听众的正前方。听众的双耳听觉特点和经验相结合，正是产生声象的原因。如果两个扬声器辐射的是许多对强度差或时间差不同的相关信号，那么就会在听众的前方出现声象群。声象群出现的区域被称为立体声舞台。立

体声放音正是以声象群的形式力图重现原发声场（例如音乐厅、剧场等），从而诱发临场感。当然，这种声象群的空间分布印象和实际声源空间分布是很难完全一致的。所以说，提高声象的相对重现程度、清晰度和自然性是研究立体声系统和提高立体声放音效果所必须了解的基础知识。

按照听觉定位原理，声象的空间分布，除了与立体声放声系统所传输的信号自身的强度差 ΔP 和时间差 Δt 有关外，还与听众的听音位置、扬声器的布局、听音环境的声学特性及听众的心理声学效应有关。因此，研究声象主要采用实验方法，并把对听众的主观判断进行统计的方法作为评价声象效果的基础。

图2所示为研究双声道立体声声象定位的实验装置。TR为单通道录音机； CA_1 、 CA_2 为有分贝刻度的可调衰减器； DL_1 、 DL_2 为有时间刻度的可变延时器； FC_1 、 FC_2 为频率响应调节器； AA_1 、 AA_2 为音频线性放大器；L、R为扬声器。以上装置中，除录音机外，其余装置都对称地分布于左、右两路通道。两扬声器间的连线称为基线，其长度用B表示；听众至基线的垂直距离用y表示；声象在基线上的位置用S表示，基线的中点为 $S=0$ 。基线的中垂线与听众至扬声器的连线间夹角 θ 称为听角；中垂线与听众至声象间连线的夹角 α 称为声象方位角。实验时，我们将听众位于基线的中垂线上，正对前方聆听时，称为对称位置聆听；偏离中垂线位置时，称为在非对称位置聆听；为了避免让听众看到扬声器，可以在两只扬声器前挂一幅透音的幕布。这样，我们只要适当调节左、右声道的衰减器、延时器、频率响应器及改

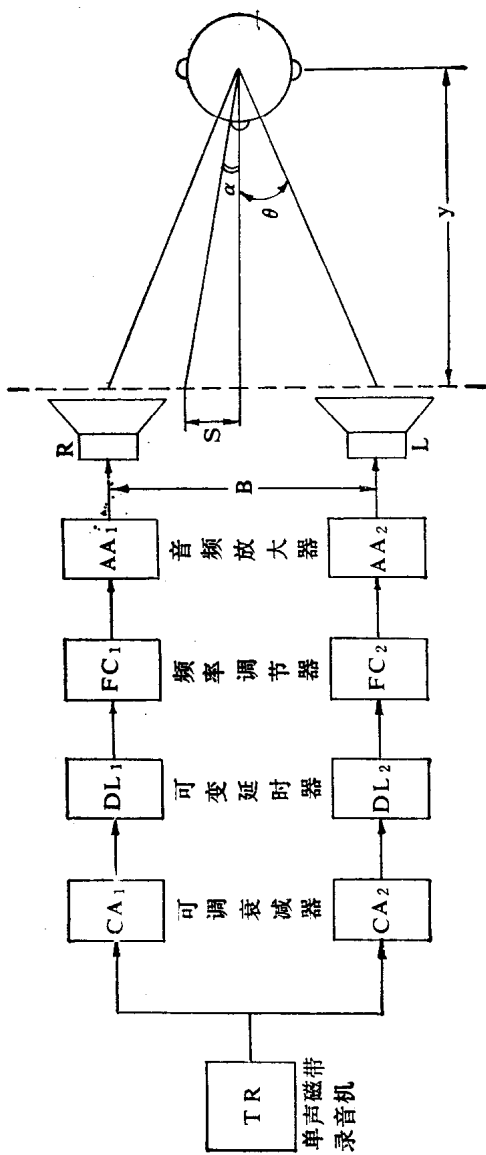


图 2 双声道立体声声像定位实验装置示意图

变听众的位置，就可使听众得到各种情况下的声象定位。经过实验，可以分以下五种情况：

1. 听众在对称位置时强度差声象定位

听众在对称位置时与两个扬声器的距离相等，此时声象位置主要由放音系统所发出信号的强度差 ΔP 和时间差 Δt 所决定。

实验结果表明：

(1) 当左、右两扬声器所产生的声音强度及瞬时同一内容的信息所发出的时间都相等时，即 $P_L = P_R$ ， $t_L = t_R$ ，此时，听众双耳所接收到的声音强度和声音到达双耳的时间都相等。声象位于两扬声器基线的中点， $S = 0$ 。

(2) 当左、右两扬声器瞬时信息所发出的时间相等，而声音的强度不相等，即 $P_L \neq P_R$ ，这时声象就向声压较强的扬声器一侧位移，移动量与两个扬声器的强度差 $\Delta P = P_L - P_R$ 有关。当 $\Delta P \geq 15$ 分贝时，声象方位角 α 已超过 24° ，听众则会感觉到声响完全来自较响的那个声源。

(3) 在两个扬声器发出的声音强度 $P_L \neq P_R$ 情况下，当基线较短 ($B = 0.8 \sim 1.8$ 米) 时，声象的位移实际上与听众在放音系统对称轴上的位置无关。当基线较长，而听众到基线的距离大于基线长度时，即 $y > B$ ，听众的距离也并不影响声象的位移。当听众向基线靠近到小于基线长度时，尽管强度差 ΔP 不变，声象却向基线中点靠近，听众越靠近放声系统，这一现象越明显。

(4) 当强度差 ΔP 为一固定值时，基线长度的变化将导致声象位移按比例地变化。即聆听角 θ 变化时，声象方位

角 α 也随之改变,其关系如下:

$$\sin\alpha = \frac{P_L - P_R}{P_L + P_R} \sin\theta$$

这就是著名的声象定位正弦定律。

(5) 在房间里的混响声实际上并不影响声象定位。即声象定位与听众所在房间大小关系不大。

2. 听众在对称位置时的时间差声象定位

在实验中,如果使两个扬声器发出声音的强度差 $\Delta P = 0$,而瞬间信息所发出的时间不等,即时间差 $\Delta t \neq 0$ 时,听众就感到声象位置从基线中点移到声音较先传来的那个扬声器方向,移动量大小与时间差有关。

当时间差 $\Delta t < 2.5$ 毫秒时,声象方位角 α 和时间差 Δt 近似为线性关系, Δt 每增加0.1毫秒, α 角增加 1° 左右。

当时间差 Δt 在2.5毫秒至3毫秒之间时,声象方位角 α 变化缓慢,趋向饱和。当 $\Delta t > 3$ 毫秒时,则 α 角近似不变,声象将固定在声音先传来的扬声器方向上。

当 $\Delta t < 30$ 毫秒时,听众不但能感到声音似乎是从未经延迟的那个声源中发出的,而且感觉到有另外一个声源存在。当 $30 \text{ 毫秒} < \Delta t \leq 50 \text{ 毫秒}$ 时,听众仍感觉声音是来自未经延迟的声源,但已可以明显识别出延迟声源的存在。当 $\Delta t > 50$ 毫秒时,听众就可以听到一个清晰的回声了,这种现象称为“优先效应”。

3. 听众在对称位置同时具有相位差和强度差声象定位

声波是以连续的空气波动向前传播的,由于低频声音的波长较长,一个从侧面传来的声波作用于听众双耳的相位也

有所不同。这种相位差是大判断低频声波空间方位的一种依据。

在立体声系统中，由于左、右两个通道从检拾录音、传输和贮存、直至还音放声各环节通道传输特性不一致，必然会产生左、右通道信号的相位差，这个相位差的存在将直接影响到声象定位。

实验结果表明，在左、右两个扬声器产生的声音同时具有强度差 ΔP 和相位差 $\Delta \varphi$ 的情况下：

当相位差 $\Delta \varphi$ 小于 45° 时，相位差对声象定位影响很小。

当相位差 $\Delta \varphi$ 在 $45^\circ \sim 90^\circ$ 之间时，相位差将和强度差共同作用，加速声象向相位先导的那一侧扬声器方向移动。

当相位差 $\Delta \varphi$ 在 $90^\circ \sim 150^\circ$ 之间时，随着强度差的增加，声象会扩展到扬声器外侧。

当相位差 $\Delta \varphi = 180^\circ$ ，即变为两个扬声器反相位激励，而又有一定强度差时，声象则呈现在扬声器的外侧，如图 3 所示。这种现象称为“界外立体声”。界外立体声的声象定位符合声音定位的正弦定律。

界外立体声现象具有比较大的实用价值。近年来，人们在双声道立体声系统中，利用这种现象，采取不同的装置或电路，使声舞台变宽。例如，在便携式立体声接收机或台式立体声接收机中，由于两个扬声器之间距离较近，立体声效果不明显。若把 L 声道的信号加到 R 声道扬声器上，同时把 R 声道信号加到 L 声道扬声器上，并适当调节所加信号的大小，就可得到好象两个扬声器距离变大的效果。