

# 半三维空间立体声系统中声像位置畸变的矫正

谢兴甫 梁淑娟

(华南理工大学)

1988年12月5日收到

从过去的研究结果可知:在半三维空间立体声重发系统中,由于其摒弃了上、下方向的方向信息并取消了下方的扬声器,这就使重发声像在竖直方向上产生了位置畸变。本文就在原有的左、右方向信号 $S$ ,前、后方向信号 $D$ 以及“和”信号 $M$ 导出一个与上、下方向信息有关的辅助信号 $C_H$ ,并与原来的 $M$ 、 $S$ 及 $D$ 三个信号共同组成一组三维空间立体声的重发信号,在重发中可以产生一个无声像位置畸变的重发声场。但是,辅助信号 $C_H$ 并不是一个完全的方向信号,所以重发声场中的声像位置分布也只限于排列在重发声场的上(或下)方;而不是遍布于整个空间。

这种重发方式如果用于半三维空间立体声系统中时,就可用以矫正声像位置畸变现象。

## 一、引言

从过去的一些研究<sup>[1-2]</sup>可知:三维(立体)声系统的一组独立传输信号,可以取一个无指向性传声器和三个相同的“8”字形(旋转)指向特性传声器,重合而置于录音室中,并使其指向主轴分别对正左方 $L$ 、前方 $F$ 和上方 $u$ ,这时检拾所得的信号为,

$$M = E_0; S = kE_0 \sin \phi_s \cdot \sin \theta_s; D = kE_0 \sin \phi_s \cdot \cos \theta_s; C = kE_0 \cos \phi_s \quad (1)$$

式中 $E_0$ 和 $k$ 各为一个正常数,与传声器的灵敏度有关。 $\phi_s, \theta_s$ 为声源在球坐标系统中的方向位置角:规定当 $\phi_s = 0$ 时,表示声源在检拾体系的上方;当 $\phi_s = 90^\circ$ 而 $\theta_s = 0^\circ$ 或 $90^\circ$ 时则分别表示声源在检拾体系的正前方或左方。检拾体系位于坐标的原点。

如果在这组信号中,摒弃其上、下方向信号 $C$ 而作半三维空间立体声重发时,则声像在竖直方向上即产生位置畸变现象<sup>[3]</sup>。本文的目的在于如何矫正这种声像位置畸变。

## 二、辅助信号 $C_H$ 的取得

若取一个辅助信号 $C_H$ :

$$C_H^2 = (kM)^2 - (S^2 + D^2) \quad (2)$$

将(1)式中的 $M, S$ 及 $D$ 代入后可得:

$$C_H = \pm |kE_0 \cos \phi_s| \quad (3)$$

当式中右端取正号时,辅助信号 $C_H$ 与(1)式中已摒弃(或原缺)的上、下方向信号 $C$ 的绝对值相同。因此,在某一定条件下,也可以与 $M, S$ 及 $D$ 组成一组三维(立体)声系统的重发信号而重发出一个无声像位置畸变的三维(立体)声场。图1示取得这个辅助信号 $C_H$ 的电路方框图。

## 三、 $M, S, D$ 及 $C_H$ 信号的三维(立体)声重发

如果将 $M, S, D$ 及 $C_H$ 这组信号用作4-8

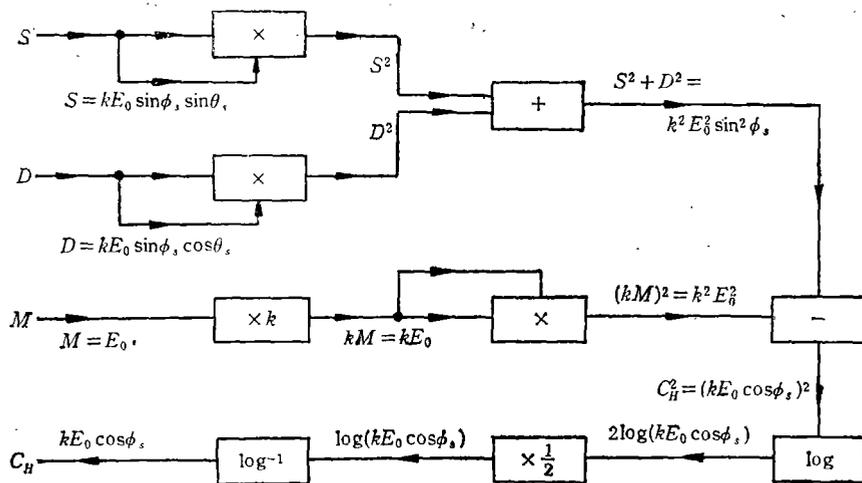


图1 取得辅助信号  $C_H$  的电路方框图。

型正立方排列三维(立体)声重发时<sup>[2]</sup>, 馈给分别置于正立方体的左前上方、左前下方、……右后下方等八个顶点上各个扬声器的信号  $L_{Fu}$ 、 $L_{FD}$ 、…… $R_{BD}$ , 可以通过下面的译码矩阵方程而取得:

$$\begin{bmatrix} L_{Fu} \\ L_{FD} \\ L_{Bu} \\ L_{BD} \\ R_{Fu} \\ R_{FD} \\ R_{Bu} \\ R_{BD} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} M \\ S \\ D \\ C_H \end{bmatrix} \quad (4)$$

当  $S$ 、 $D$  及  $C_H$  信号中的  $k$  为:

$$k = \sqrt{3} \quad (5)$$

时, 可以得到无位置畸变的声像  $I$ , 即

$$\phi_I = \phi_s, \theta_I = \theta_s \quad (6)$$

在一般情况下,  $k$  值未必一定能满足(5)式的条件, 这时, 可以调整  $S$ 、 $D$  及  $C_H$  三个信号放大电路的放大系数而取得。

应用声学

#### 四、声像位置的讨论

实际上, 在(1)式所示的一组三维(立体)信号中, 信号

$$C = kE_0 \cos \phi_s,$$

是一个上、下对称的“8”字形(旋转)指向性传声器检拾所得的信号(图 2a); 其指向主轴对正录声室的上方。当声源  $s$  位于  $LF$  (即  $XY$ ) 水平平面的上方时(图 2a 中的  $s_1$ ):

$$0 \leq \phi_s \leq \pi/2, \cos \phi_s \geq 0.$$

而当声源位于  $LF$  水平平面下方时(图 2a 中的  $s_2$ ):

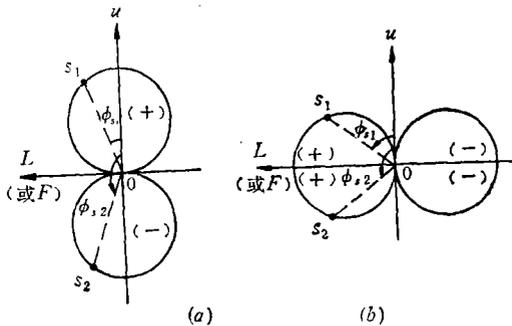


图2 (a).  $C$  是一个上、下对称的“8”字形(旋转)指向性传声器检拾所得的信号; 其指向主轴对正录声室的上方。(b).  $S$  与  $D$  是一个左、右或前、后对称的“8”字形(旋转)指向性传声器检拾所得的信号; 其指向主轴分别对正录声室的左方或前方。

$$\pi/2 \leq \phi_i \leq \pi, \cos \phi_i \leq 0.$$

这样就把声源的上、下位置区分出来。

如果将(1)式中的 $C$ 值取平方,则不论 $\phi_i$ 为何值,其结果都为正值;再将其开方之后虽有正、负两值(如(3)式),但在应用上却只能在这两者之中任取其一。当 $C_H$ 值取正时,重发中产生的声像就只能分布在 $LF$ 水平平面的上方;这对应于原声场中处于 $LF$ 水平平面上方的声源。对于原声场中处于 $LF$ 水平平面下方的声源所对应的声像来说,由于 $C_H$ 取了正值,它便以上、下对称的形式出现于 $LF$ 水平平面的上方。故此,整个重发声场就没有出现于下方的声像。同样,当 $C_H$ 取负值时,全部声像也只能出现于 $LF$ 水平平面的下方。

对于(1)式所示的 $M$ 、 $S$ 及 $D$ 三个信号来说,其中信号 $M$ 是一个无指向性的信号,因此也就不可能提供声像的任何方向信息。对于 $S$ 及 $D$ 两个信号来说,虽然都具有“8”字形的指向特性,但因其指向主轴分别对向左方 $L$ 或前方 $F$ ,故对于上、下方向并无区别(图2b)。譬如就 $S$ 信号而言,当声源的水平方向角 $\theta_i$ 确定之后,对于 $\phi_{i1} = \phi_i$ 和 $\phi_{i2} = \pi - \phi_i$ 两个上、下对称位置上的声源信号值(参看(1)式中的 $S$ )完全相同;因此,在重发中就不可能将其声像的上、下位置区分出来(不含上、下方向信息)。在 $D$ 信号方面也可作同样的分析。

由此可见,前面所讨论的重发方式,实际上是一种半三维空间的重发方式。当其应用于三维(立体)声重发时,就会产生一种上、下方声像位置不能区别的现象(也是一种声像位置畸变现象)。但是,如果将这种重发方式应用于半三维空间立体声系统中时,则因其本来就没有下方的声源,所以就可以得到一个无声像位置畸变的重发声场。

## 五、棱锥型半三维空间立体声重发

半三维空间立体声重发系统采用第三节的

4-8型正立方排列重发方式时,所需用的扬声器有时也嫌过多而有所不便。如果采用正三角棱锥(正四面体)排列重发方式时系统就可以简化。

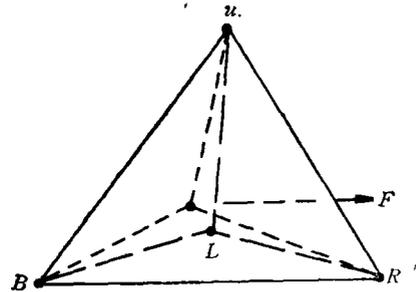


图3 正三角棱锥型排列的半三维空间立体声重发方式。

如图3所示,馈给分别置于三角棱锥四个顶角上各扬声器的信号 $L$ 、 $R$ 、 $B$ 及 $u$ 可以通过以下的译码矩阵方程取得<sup>[2]</sup>:

$$\begin{bmatrix} L \\ R \\ B \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 4a_0/\sqrt{3} & 4a_0/3 & -1 \\ 1 & -4a_0/\sqrt{3} & 4a_0/3 & -1 \\ 1 & 0 & -8a_0/3 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} M \\ S \\ D \\ C_H \end{bmatrix} \quad (7)$$

其中  $a_0 = 1/0.943$

而在 $S$ 、 $D$ 及 $C_H$ 信号中的 $k$ 已并入(7)式的矩阵中。这种重发方式在各种半三维空间立体声系统中结构最为简单;而且也没有声像位置畸变现象。

## 参 考 文 献

- [1] Carey M. J. and Sager J. C., *Wireless World*, 80-1467(1974), 422-425.
- [2] 谢兴甫, *声学学报*, 13-5(1988), 321-328.
- [3] 梁淑娟, 谢兴甫, *应用声学*, 7-1(1988), 14-19.