

人工头制式录声用扬声器重发

人工头制式录声技术的概念是众所周知的。但技术上必须用耳机重放。如果用扬声器重发,由于串扰使立体声效果损坏。串扰是指右耳听右扬声器的声音时也听到左扬声器的声音,反之左耳也如此。数字信号处理技术提供了可以加入人工串扰以抵消自然串扰的前景,从而保存用耳机重放所具有的立体声效果,如图1所示,其中 X_l 和 X_r 表示在两耳鼓膜处重发声压的两通路信号,下标 l 和 r 分别相应于左、右耳; Y_l 和 Y_r 是输入扬声器的信号; Z_l 和 Z_r 为用扬声器重发时耳膜处声压。 H 表示由 Y 到 Z 的转移函数。因此

$$Z_l = H_{ll} \cdot Y_l + H_{lr} \cdot Y_r, \quad (1)$$

$$Z_r = H_{rl} \cdot Y_l + H_{rr} \cdot Y_r, \quad (2)$$

为了消除串扰,就要求:

$$Z_l = k \cdot X_l \quad (3)$$

$$Z_r = k \cdot X_r \quad (4)$$

式中 k 是常数。

若 P 为人头中心的声压,当人头不在时,则

$$H_{ll} = \frac{Z_l}{Y_l} \Big|_{Y_r=0} = \frac{Z_l}{P} \Big|_{Y_r=0} \cdot \frac{P}{Y_l} \Big|_{Y_r=0}$$

$$H_{lr} = \frac{Z_l}{Y_r} \Big|_{Y_l=0} = \frac{Z_l}{P} \Big|_{Y_l=0} \cdot \frac{P}{Y_r} \Big|_{Y_l=0}$$

在对称的假定下可以定义

$$A = \frac{Z_l}{P} \Big|_{Y_r=0} = \frac{Z_r}{P} \Big|_{Y_l=0}$$

$$B = \frac{Z_l}{P} \Big|_{Y_l=0} = \frac{Z_r}{P} \Big|_{Y_r=0}$$

$$C = \frac{P}{Y_l} \Big|_{Y_r=0} = \frac{P}{Y_r} \Big|_{Y_l=0}$$

式中 A 为左扬声器声音到达左耳或右扬声器声音到达右耳时头部散射的自由场响应校正; B 为左扬声器声音到达右耳或右扬声器声音到达左耳时头部散射的自由场响应校正; C 为左扬声器或右扬声器声的扬声器响应。

联立方程(1),(2),(3),(4)并代入上述定义式子可求得

$$Y_l = \frac{A}{A^2 - B^2} \left(X_l - X_r \frac{B}{A} \right) \frac{k}{C} \quad (5)$$

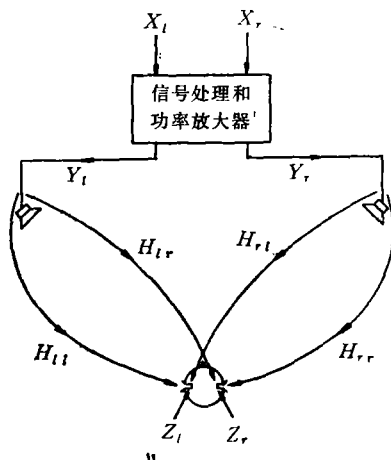


图1 从录声信号到耳膜处声压的传输示意图

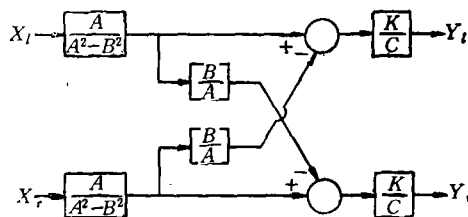


图2 信号处理器方框图

$$Y_r = \frac{A}{A^2 - B^2} \left(X_r - X_l \frac{B}{A} \right) \frac{k}{C} \quad (6)$$

实现方程(5),(6)的信号处理方框图如图2所示。上述 A 、 B 和 C 的函数可用纽曼 KU-80i 型人工头测得。 B/A 可用递归数字滤波器实现,例如用 Motorola XSP 56200 芯片的有限脉冲响应滤波器。实验表明,在消声室内串扰的抑制非常有效。对两通路输入加上粉红噪声进行主观试听也表明,至少在方向性方面重放与用耳机听时一样好。一些听者甚至指出,在前方区域内有更好的空间分辨能力。计划进一步深入研究以使它能使用于普通听音室内。

(沈喙 摘译自 JAES 37(1989), 1/2, 30)