

数字混响效果器的原理及应用

数字混响效果器是产生各种声场效果和特殊声音效果的音响器材。原先主要用于录音棚和电影伴音效果的制作，现已广泛用于现场扩声系统。这类器材的品种繁多，功能各异，调节方式也各不相同，但基本原理一样。如果不能掌握基本原理和调节技巧，很难达到预期效果，甚至会适得其反，严重影响系统的放音质量。

效果器的基本类型可分为声场效果、特殊效果和声源效果三类，一般都能存储数十种效果类型，使用者可根据需要选择相应的效果类型。

室内声场的组成

- 1. 直达声（Direct Sound）
从声音发出直接到达听众耳朵的声音这是首先听到的声音，也是声压级的主要组成部分。声压级的传播衰减与距离的平方成反比，即距离增加一倍，声压级减小 6dB，与房间的吸声特性无关。
- 2. 早期反射声（Early Reflections）
早期反射声又称近次反射声，是声源发出的声音经周围界面（墙壁及天花板、地面）反射 1~2 次后到达听众耳朵的声音，比直达声晚到达 50ms 以内的反射声都属于这个范围。
早期反射声的特点是耳朵无法把它和直达声区分开来，只能把它们叠加在一起感受。因此早期反射声对提高声压级和声音的清晰度有益。它的传播衰减与反射界面的吸声特性有关。
- 3. 混响声（Reverberation）
比直达声晚到 50ms 以上的多次反射声都称为混响声。它可帮助人们辨别房间的封闭空间特性（房间容积和体形）。对音乐节目来说，混响声虽可增加音乐的丰满度，但它在增加音乐丰满度的同时会降低声音的清晰度和语言的可懂度，因此这个成分不可没有（太小时会使声音发“干”），也不能过大。混响声的大小与房间的窖和周围界面的吸声特性直接有关，可用房间的混响 RT 来表示混响声的大小。混响时间是当声源停止发声后，室内声压级衰减 60dB 所需的时间，如图 2 所示。
反射声比直达声延迟 30~50ms 时，人耳开始感觉到有滞后声音的存在，但它与直达声叠加后近似同时发声。如果这个延迟时间超过 50ms 以上，延迟声便清晰可闻，会产生回声现象。

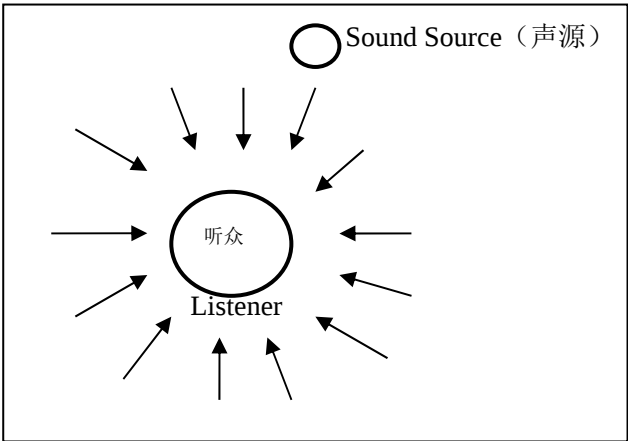


图 1 室内声场的组成

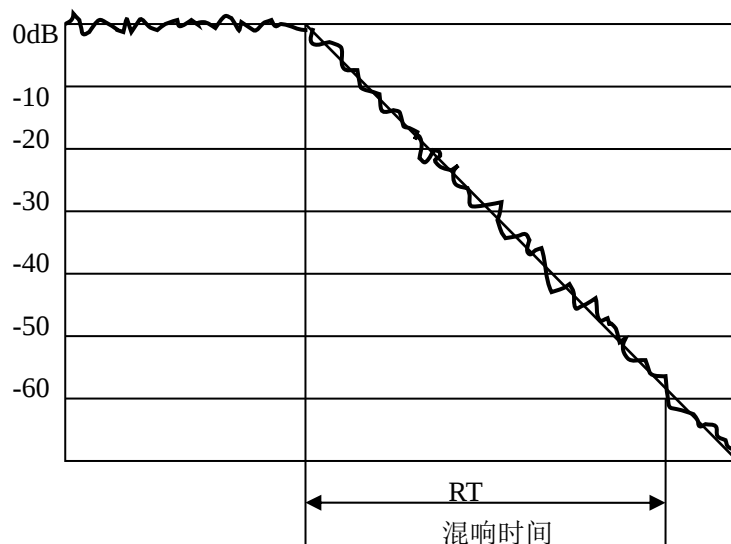


图 2 混响声和混响时间

混响效果器的基本原理

混响效果器的作用是产生声场效果和特殊的声音效果，因此它主要是对混响声及频谱和延时进行处理，因此它主要是对混响声及其频谱的调节、混响声频谱的处理、混响声的衰减特性以及混响声与直达声的比例等等。这些参数的处理都是用一种数字信号处理模块通过机器面板上的旗帜钮进行参数的调节设定来完成的。基本原理方框如图 3 所示。

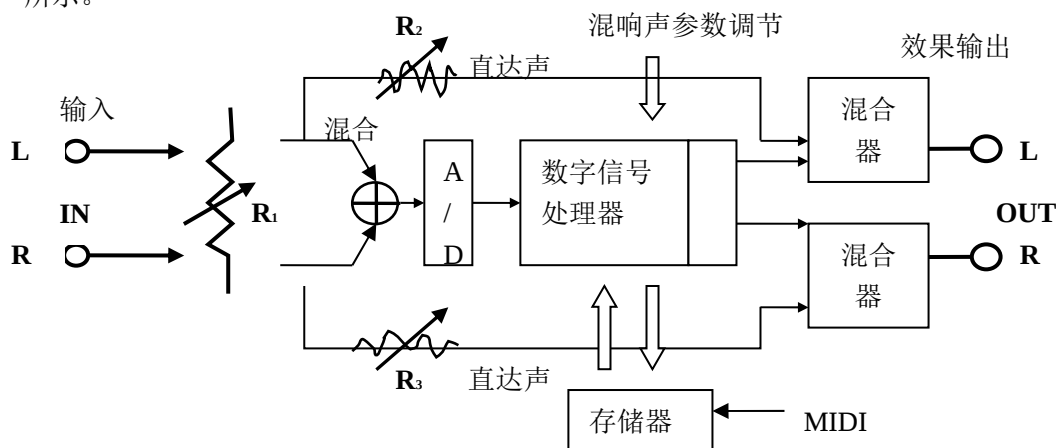


图 3 混响效果器原理方框图

音频信号通过输入端送到输入衰减器 R_1 ，再经 A/D 转换变成数字音频信号送到数字信号处理器中进行效果处理，通过 D/A 转换，把混响效果声的数字信号变成模拟音频信号后与直达声信号混合，构成各种效果声输出。

R_2 和 R_3 是调节直达声与混响声比例的衰减器。如果把直达声衰减至零，混响器的输出全部为混响声，此时称“湿”状态；如果把混响声衰减至零，此时全部输出均为直达声，称为“干”状态。混响效果器各参数的调节均通过前面板上的旗帜钮进行，并可存储到存储器中，随时可取出调用使用。

MIDI (Music Instrument Digital Interface) 接口可输入外接电子音乐键盘信号（电子琴、电子鼓和节拍机等），并可以它们进行适当处理。

效果声的三种基本类型

效果声的种类很多，如厅堂、房间、教学、剧场、体育比赛、卡拉 OK、合唱、颤

音、回声金属板混响、移相效果、镶边效果、闸门混响。。。等，可达数十种。这些名目繁多的效果声归起来可分成三种基本类型：声场效果、特殊效果和声源效果。

1. 声场效果

声场效果声是在现场条件下，模仿不同条件下的声场效果。如 Room（房间）混响、Hall（大厅）混响、Church（教堂）混响、Studio（演播室）混响、KaraOK（卡拉 OK）混响等声场效果。主要用于现场扩声系统。在只有直达声而无混响声的室外扩声系统中声场效果可使“干”的声音变为“干”——“湿”两相宜的丰满声音。

主要调节参数有混响时间、混响频谱的衰减、延时以及“干”和“湿”声音的混合比例。数字信号处理器主要采用的是 DSP（Digital Sound Processor）处理芯片。

2. 特殊效果

特殊效果声主要用于剧场扩声的背景效果，乐队实况演出时的声音处理，电影录音和演播室录音的特殊声效处理等。

特殊效果声的种类很多，如 Chorus（合唱）效果、Echo（回声）效果、Pitch（变调）效果、Phate（金属板）混响器效果、Phasing（移相）效果、Tremolo（颤音）效果、Flang（镶边）效果、Gate（闸门）效果以及上述效果叠加组合后组成的具有幻觉色彩的声音效果等。

特殊效果声的调节参数很多，除上述声场效果的参数外，还有低频调制信号的频率、深度和速度（波形）、反馈深度、参数均衡器参数、闸门时间等等，这些参数的调节范围及其对应的效果名称一般在产品使用手册或产品的面板上均有说明。下面介绍几种典型的特殊效果声产生的原理。

（1）Pitch 变调（移调）效果把音乐信号的频谱以 440Hz 为基准，向上或向下移动一个倍频程，就会把音乐的音调移动一个八音度。一般产品的变调范围均可达到 ± 6 个音阶（ ± 6 个八音度）。

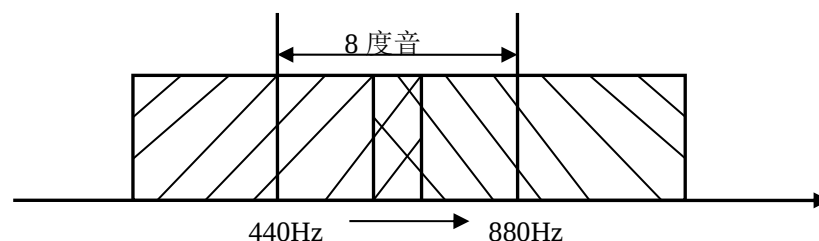


图 4 变调原理

（2）Echo 回声效果

回声是把混响频谱的延迟调节到超过 100ms，延时时间越长，回声的间隔时间也越长。直到可明显听到两重声或多重声。回声效果的反馈率（0~99%）可控制回声的次数。反馈率为 0 时，效果器实际上成为一个延时器；最大时，会形成无休止的回声效果。因此回声效果一般控制在 30%左右。

（3）Chorus 合唱效果

如果把音乐频谱用一个 0.1Hz~10Hz 的超低频进行调制，使原来的音乐频谱跟着调制频率发生周而复始的移动，就可发生音调的周期性变化；此外，再把把这个调制频谱相对于原声频谱延迟一个时间，并与原声频谱混合后，会产生不同音调的合唱效果。合唱效果的调节参数有调制频率、调制深度和速度、频谱的延迟时间等。

（4）Phasing（移相效果）

将延时后的声音与未经延时的声音混合在一起，由于两个声音有时间差（相位差），叠加后会在某些频率上相加，形成峰点，而在另一些频率上相互抵消，形成谷点。使整修频率响应特性形成“梳状滤波器”的形状（图5）。梳状滤波器效果使频率特性发生了变化，改变了原声的音调，于是产生出一种特殊的声效果。通过延迟参量的调整，可控制梳状滤波器的峰与谷出现的位置。移相效果的延迟量不宜过大，它的调节范围是1ms~20ms。调整直达声和延迟信号之间的混合比便可调整梳状滤波器特性的峰与谷的差值。当两者的比例为1:1时，峰与谷的差值最大，达到6dB（一倍）。

（6）Flang 镶边（法兰）效果

镶边效果是用一个超低频信号对延迟时间进行调制后所产生的效果。这种效果可以循环往复地夸张声音中的奇次谐波或偶次谐波分量，使声音的频谱发生周期性的变化，从而产生的“空洞”声、“喷流声”和“交变声”等富有幻变色彩的声音效果。主要用于特殊声音效果的处理场合，要慎重使用。

调制信号的波形共有4种：

A、正弦波（Sine），具有平滑的输入和输出的变调效果。

B、三角波（Triangle），产生线性变调的镶边效果，在转折点附近会产生快速升高和降低的音调。

C、对数形（Logarithmic）。

D、指数形（Exponential）。

这两种波形是同一性质的波形，镶边效果最好，但还要根据实地实验后决定。

Flange 效果的调节参数有调制频率、调制波形、调制深度、延时量和反馈率。

镶边电平/Flange Level：控制镶边的整体电平，控制调节范围0~100。

镶边延迟/Flange Delay：镶边效果使用的延迟量，可调范围为0~60ms。

镶边速度/Flang Speed：镶边的扫描速度控制，可调范围为0~16Hz。

镶边反馈/Flang Feedback：控制反馈到模块的输入量，可调范围为±99%。大的反馈量可产生戏剧性的、不自然的有趣的声音。

镶边深度/Flang Depth：超低频扫描信号对延迟调制的深度，调节范围为0~40ms。

除了上述几种特殊效果外，还有其他许多特殊效果，并且不可把特殊效果进行叠加产生更富有幻觉的丰富多彩的效果声。

3. 声源处理

对各种声源信号进行效果处理创造特定的声源效果。效果器中专门为电子乐器、鼓机（电子节拍机）和打击乐器等设有MIDI接口。

数字混响效果器的应用和连接方法

效果器在实况扩声中使用的原则是只用在对话筒输入信号（人声或乐器演奏）进行处理，因为这些声音信号经话筒拾取后没经任何处理，音色可能不够理想。但对于标准的音乐节目（CD、LD、MD等），一般都不使用效果器处理，因为这些节目源在制作时已把各声部的合成效果调到最佳状态了。

以效果器混响时间的调节可根据下列因素来确定：

- （1） 容积较大、吸声较差，房间本身的混响时间较长时，效果器的人工混响时间应要短些，否则会影响清晰度。
- （2） 男声演唱时混响时间应短些，女声演唱时间可长些。

- (3) 专业歌手演唱时，混响时间应短些或不加混响，以保持原声的音色特征，业余歌手可使用较长的混响时间，以掩盖原音色不足之处。
- (4) 环境噪声大的场合，混响时间可适当加长。
- (5) 音量较大时，混响时间可调得短一些。

预延时（Pre Delay）的调整：

预延时是控制效果器（ECHO）的时间间隔。回声是由同一声源先后到达听众耳朵的时间差超过 50ms 时的现象。Pre Delay 主要是用来改善演唱的颤音效果。一般歌唱的颤音频率范围（声音起伏的间隔时间）在 0.1~0.2s 之间。

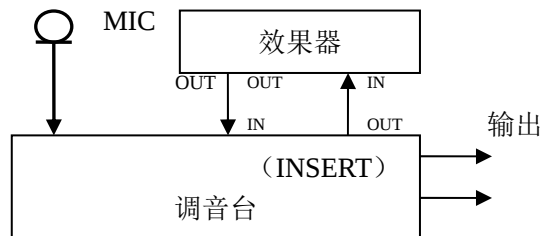


图 7 效果器的插入连接法

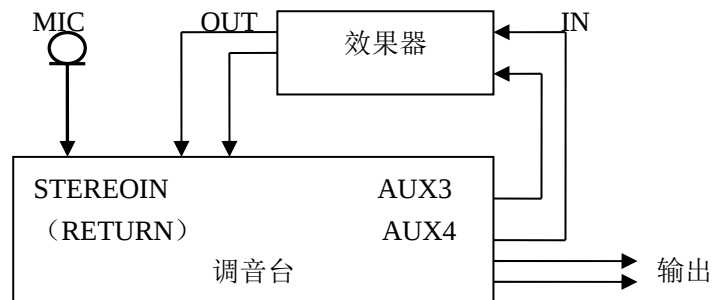


图 8 效果器的输入输出连接法

效果器在系统应用中的连接方法：

(1) 播入法

利用调音台的 INSERT（插入）端口，将效果器接入到系统中。连接方法如图 7 所示。效果器可插到话筒通道的 INSERT 端口，也可插入到话筒通道编组后的那个编组通道的 INSERT 端口（此时效果器对该编组的各话筒均起作用）。在这种接法中，可使用效果器中的 MIX（混合）来调节直达声（干）和混响（混）的比例。

(2) 输入输出法

从调音台的 AUX/After Fader（推子后的辅助输出）端口送出放大的话筒信号至效果器的输入端，效果器的输出信号送到调音台的 Effect Return（效果返回）输入端或 Stereo In（立体声输入端），用调音台的推子（Fader）和效果器的输出电平调节电位器用来调整直达和混响声的比例（即“干”和“湿”的比例），效果器的 MIX 置于最大“湿”的位置（WET），如图 8 所示。输入输出法有单输入单输出、单输入双输出和双输入双输出三种连接方法，以双输入双输出的效果最佳，有明显的空间感，因此在实际应用中最为常见。

(3) 声源效果连接法

为加强电子乐器和鼓机（电子节拍机）等声源的特殊效果，可把这些声

源直接输入效果器，经它处理后再送至调音台通道的线路输入。

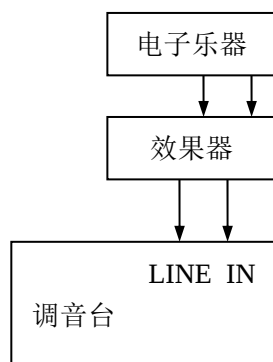


图9 声源效果的连接方法