

会议室扩声系统的 吸顶扬声器设计

□兆翦

目前很多会议扩声系统使用着吸顶扬声器设计,尤其是办公场所的圆桌型会议室。在这种场合采用吸顶式设计显然对声场的均匀度指标贡献是最大的。但很多工程上所设计的吸顶扬声器系统还是沿用背景音乐扩声方式的连接与控制,这样做不但没有发挥顶置扩声系统的强项,反而给人一种“廉价工程”的感觉。在本文的稍后,我们以国务院某会议室的实际工程为例,向读者介绍一下顶置扩声系统的种种优势。

我们首先要明确一点,就是会议扩声到底怎样才算好呢?我想应该从两个方面考虑,一个是讲功能,也就是先进性和灵活性的问题,还要操作简单,这个问题不是本文的讨论重点;第二个就是声场的效果,对于会议扩声系统我们最关心什么?答案是首先要听得见,其次是听得清。那么它对应的技术问题就是要有足够的声压级和足够的清晰度,本文就是围绕着这两个问题展开讨论的。

会议室的声场声像问题

国内的会议室格局大抵可以分为主席台式的“报告会议厅”和圆桌式会议厅两大类。前者通常室内空间较大,分为主席台和听众两个部分。目前很多的工程设计都是采用前置主音箱,并在侧墙处悬挂补声音箱的做法,见图1。

这种扬声器设计似乎是可以“万能”的,因为它不考虑房间的长宽比、不考虑房间高度、不考虑纵向深度、不考虑会议室有没有圆柱等遮挡物等等,统统可以使用。而对于纵深尺寸过大的场合,只需要在后场增加延时即可。这样设计的最大问题就是声场

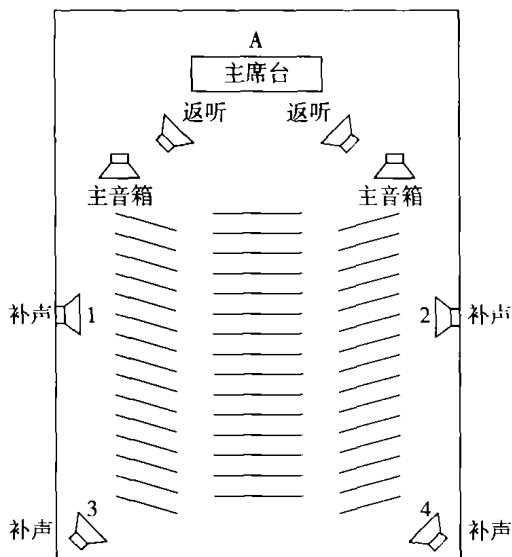


图1 大报告会议厅的主音箱+多补声音箱的设计
的均匀度很差,也就是越大的房间均匀度越不好,靠近扬声器的听众声压过大。而且由于不均匀的扬声器布局将会大大限制传声增益,同样这样的布局对于声像的定位也不是十分准确。

这里我们认真讨论一下声音的声像定位。开篇的时候我们已经确认会议系统最重要的两个问题就是声压级和清晰度,并没有提到声像的问题。这点是和演出系统完全不同的,对于演出系统来说,声像定位甚至比清晰度更加重要,所以几乎全部的大型演出系统,只要有办法通过主扩声系统均匀覆盖全场的设计,就绝对不能使用补声扬声器,因为任何的侧补声、顶补声都会对声像的正确还原产生影响。但是在会议系统中,我们扩声的主要任务是让听众最清楚地听到发言者的讲话内容,而不是关心这个声音是从哪个方向发过来的(在联合国大会上,听众

们都是带着耳机开会的,他们也不会认为讲话者是凑在他耳边发言的),也就是说能听清楚,就达到目的了。所以我们在会议扩声的设计中,应该把声像的问题放在最后。

对于一些改造的系统、临时搭建的场地或者不具备吊顶安装扬声器的场合,建议大家尽量采用图2所示的音箱布局。

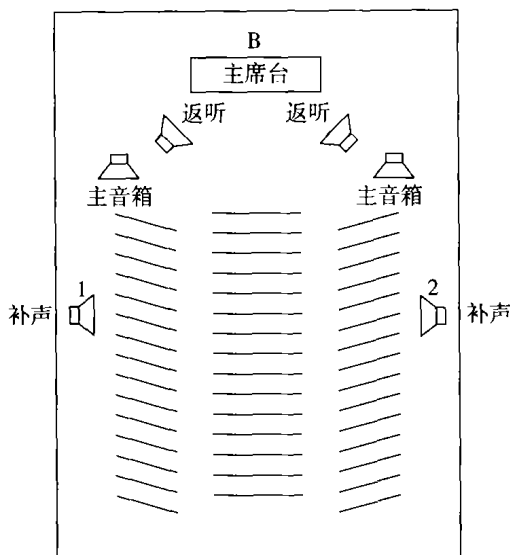


图2 补音音箱的放置方法

因为在图1中的补声3和补声4的两只音箱完全是多余的,即使会议室的纵深非常狭长,也只需要再增加一对音箱并同样按照向后的摆放方法向后场平移。象图1那样把补声音箱3和补声4放置到后面的两个角上,然后对向主席台方向就是很不可取的,此时在中间座位的听众将获得一些延时不同的各方向的声音,反而降低了声音的清晰度。要知道,我们不是在欣赏多通道的电影环绕立体声(电影的环绕声在不同的音箱发出的是不同内容的声音,所以能产生包围的感觉,但是在会议系统中全部的通道都是一模一样的声音,它们在空间会聚只能产生干涉)。当然按图2的摆放也要适当对后场音箱增加延时。

另外一种圆桌型会议室则更不建议采用四角的包围式结构了,如图3。这样做几乎很难达到足够的传声增益,啸叫的现象会很严重,甚至使用大量吸

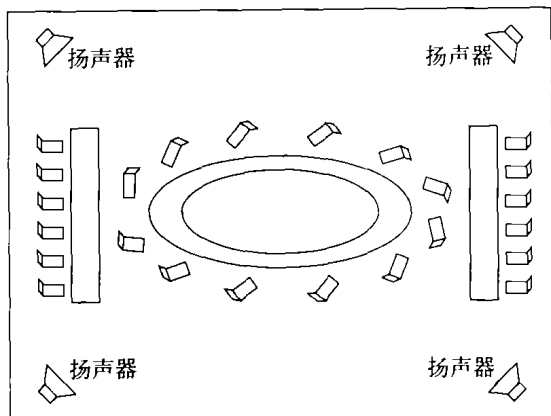


图3 圆桌会议室的四角式音箱布局会产生严重的啸叫声材料和反馈抑制器也将无济于事。

吸顶扬声器网络布置方案

在大部分会议室扩声系统中,我们都建议采用吸顶扬声器的设计,由于这样声场很容易分布均匀,同时也能大大降低声反馈的概率,提高了传声增益。当然在这样的设计中,也要充分考虑会议话筒的指向性选择,通常是采用超心形指向的鹅颈话筒,尽量避免全向或半球形的界面话筒(PZM),也要尽量避免使用高灵敏的领夹话筒。

吸顶扬声器按辐射面积分布可以有以下三种布置。见图4。

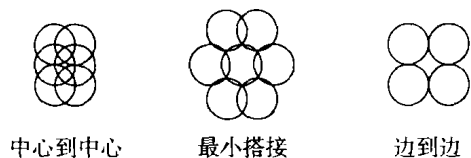


图4 吸顶扬声器辐射面积的分布

作为会议系统使用,我们只推荐第二种,也就是最小搭接的方式。图4所示的圆形是在听众耳朵高度测量的一个声场分布图,所对应的顶棚扬声器安装的数量当然还与房间吊顶的高度以及扬声器的有效辐射角(指向角)相关。在图5中,我们要想精确算出辐射半径,只要知道辐射角和辐射高度就可以了。

这是一个简单的数学计算,我们按照这个计算方法,估算出了100m²的房间的扬声器数量,见表1。

表1 房间扬声器数量估算表

辐射角 \ 辐射高度	2.5m	3m	3.5m	4m	4.5m	5m
90°	9	6	5	4	3	3
60°	25	17	13	10	8	7

专业音响

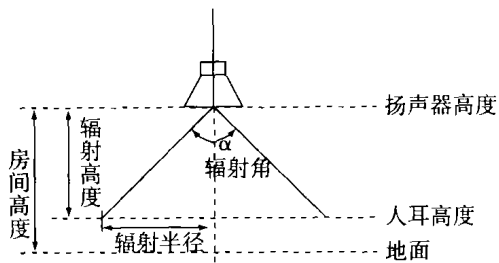


图5 吸顶扬声器的辐射范围

从表1我们可以发现,如果使用大辐射角的扬声器可以节省安装的数量,从这个角度分析是对的。可是大辐射角的扬声器的指向性差,相应的临界距离小,所以对提高语音清晰度又是不利的,这不又是个矛盾么?我们把这个话题留在了第四部分讨论。

吸顶扬声器在天花板上的布局基本上要遵循对称摆放的原则,除非你的会议室是不规则的,一般来说对称的分布有利于声场的均匀性。两种类型的会议室布置方法参考图6和图7。

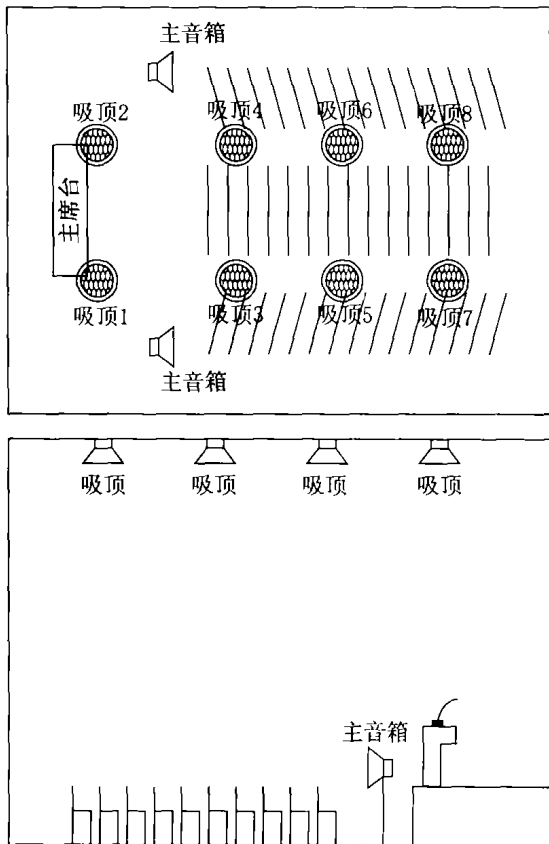


图6 主席台会议室吸顶扬声器布局

在图6中,主席台的返送音箱也同时被顶棚的吸顶扬声器所取代,这对美观也是有很大好处的。

顺便多提一句,推动各扬声器的功放,最好用两

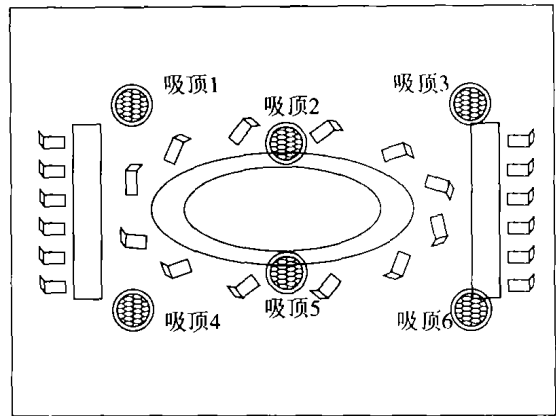


图7 圆桌会议室吸顶扬声器布局

个通道推动交叉对称的音箱,如图7中,用“功放1”推动吸顶1、5;用“功放2”推动吸顶2、6;用“功放3”推动吸顶3、4,这样做的目的就是万一某台功放出现故障,也不致使整个这半边都没有声音。

有效避免颤动回声

我们知道,在闭合空间构成的混响声场里,声音会在室内产生共振,共振频率波称为简正波,当简正波在多个方向上同时重合时(声学上称为间并现象),就会发生强烈的频率共振,这个共振频率是极易引起声学啸叫的。由于这个问题是由于空间的物理分布和声波传递的特性造成的,与扩声系统无关,所以我们要对房间进行声学处理,也就是通常说的增加吸声材料、改变反射结构等。我们这里所讨论的会议室扩声,一般都是很规正的房间结构和装修,这对声学特性的处理非常不利。如果我们能在装修之前提出声学装修建议,很多后面的调试就不会那么辛苦。但多数工程都是内部装修方案已经确定甚至已经装修完毕才让我们介入,所以很难去控制房间的声学环境。

我们在布置扬声器的时候,要尽量避免的就是颤动回声,所谓颤动回声也是一种简正波,就是声音在两个硬质平行反射面之间来回反射,而能量却衰减很少,见图8。

颤动回声可以在顶棚和地面之间形成,也可以在两个平行的侧墙之间形成,而且这种驻波很容易激发电声系统的自激形成正反馈,所以我们在系统设计时要尽量避开颤动回声,当安装吸顶扬声器时,扬声器的轴向最好避开坚硬的水平桌面,可以落在

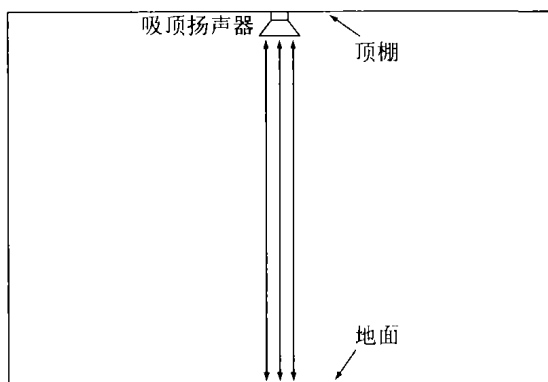


图8 颤动回声

人的头顶或其他空白区域。另外地面应该铺设尽量厚重的地毯,座位也要尽量选择软布包的软椅。顶棚有可能时也要在照顾美观的同时做进一步的声学设计(充分利用顶棚的空腔吸声结构是对低频共振的最好解决方法,但要请专业的声学设计师做设计指导)。

扬声器的带宽、 功率和指向角对清晰度的影响

在会议扩声系统中,我们没有必要去追求象音乐重放所需要的带宽。通常来说,我们可以在电子控制部分,将滤波器带宽限制在 $100\text{Hz}\sim 8\text{kHz}$ 已经足够用了。可能有人要提出会议室可能还要放音乐之类的音源,我们不要忘记,这个扩声系统是为开会使用的,音乐只是附加的、次要的东西(何况 8kHz 的带宽对于一般的音乐播放也足够了),我们不能为了这个次要的东西去冒啸叫的危险,因为电声系统开放的带宽越宽,则发生啸叫的概率就越大。实际工作中,有时为了达到足够的传声增益,我们甚至把带宽压缩到 $150\text{Hz}\sim 4.5\text{kHz}$ 仍然能得到足够的语音清晰度。对于扬声器,我们不建议使用定压方式的吸顶扬声器(在下一部分我们也提到为了进一步增加系统增益,必须采用多通道分区传输信号,这样就需要多台功放去推动全部的吸顶扬声器,在这种应用中也就不必要使用定压扬声器了);第二个原因就是会议系统使用的扬声器并非是背景音乐中使用的小功率扬声器,多为 100W 以上的全频扬声器或扬声器组(可以是组合形式,但最优是同轴全频带吸顶扬声器),这种大功率扬声器若要配接更大容量的变压器也会进一步提高成本,却得不到任何好处;

其三就是普通的音频变压器会劣化扬声器的频响特性,但加装昂贵的音频变压器的价格已经超过了扬声器本身了。

会议扩声系统,功率的问题是比较矛盾的。一方面设计了足够大的输出功率,另一方面却又推不起来音量(因为啸叫)。以至于工程验收的时候,工程商乐于播放流行音乐,那个声压级足可以和Disco媲美。但另一方面呢?一推起话筒就傻眼,声音小得可怜,推杆一动就啸叫,然后就把责任一鼓脑的推到建声上面去,声音不好我们也是受害者。有多少设计师是真正的从自己身上找出毛病又解决了呢?现在很多的设计师在设计会议室功率时还采用“辐射距离每增加一倍,声压级衰减 6dB ”这个理论,结果就是在一个百十来平方米的会议室用了上千瓦的功率音箱。要知道这个“倍距衰减 6dB ”的理论是在自由声场中才使用的,会议室是封闭的混响声场,声能的衰减在倍距上可能还不足 1dB (在一个 120m^2 的阶梯教室里,教师只要有一只 2W 的扩音器就可以让全部的学生听得清清楚楚的)。在圆桌型的会议室里,若扩声系统的平均声压级比本底噪声高 3dB ,听众就能听得非常清楚。所以会议扩声系统设计师需要做的不是“需要多大功率”,而是“能输出多大功率”。

我们在第二部分讨论了一些关于吸顶扬声器的辐射角对声音覆盖范围的影响。其实辐射角度影响不仅仅是覆盖特性,更重要的是它的传输特性,对于一个宽指向角的扬声器,相应的临界距离会缩得非常小,使得听众的耳朵高度很容易就进入到混响区域,这会大大降低语音清晰度指标,为了避免这些问题,就必须降低天花板的高度,这在现实中是不能被接受的。所以选择适当的辐射角非常关键,在国内的大部分工程,选择 60° 或 90° 的指向角都是值得推荐的。

利用 Mix Minuses 提高传声增益

对于 Mix Minuses 的概念可能大部分音响工程师还比较生疏,其实这只是一种技术手段而已,实现的方法可以是多样的。具体来说,就是在吸顶扬声器构成的会议系统中,某只话筒正上方对应的扬声器,应该尽量的衰减由该只话筒输出的信号。换句

专业音响

话说就是头顶的每只喇叭都在播放全部的音频信号,但是对于这只喇叭下面的那只话筒,应该从总音量中减掉大部分。这样做的目的就是尽量减少相互靠近的扬声器和话筒之间的放大倍数,用以提高传声增益,还有一个原因就是讲话本人(及左右“邻居”)也没有必要听太多的“自己”的声音。

因此我们在实现 Mix Minuses 的系统中,必须仔细调校每一只扬声器所对应的下面的话筒(以及邻近的话筒)的反相插入电平。见图 9。

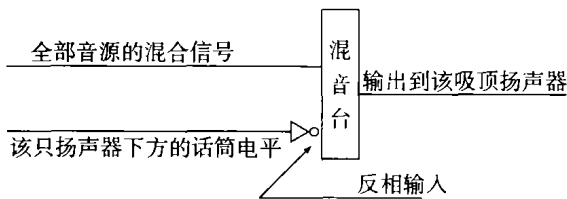


图 9 Mix Minuses 原理

这只是一个示意图,其中的混音台可以是一个调音台,也可以是一个电子处理器。反相输入就是利用类似调音台上的反相按钮(Invert)将其相位翻转 180°以后和总线电平叠加。

实现 Mix Minuses 要具备两个主要条件:一是吸顶扬声器必须是多通道系统,调音台的每个输出通道对应一个扬声器通道,我们要在这个通道上进行该区域话筒的反相叠加;第二个条件就是要求图 9 中的两个输入信号必须具有严格的相同的相位延时,如果两个信号并非同步到达混音器,那么反相信号就不能准确地从合成电平中“减掉”,也就达不到 Mix Minuses 的目的了。

工程案例

在国务院某总理会议室,采用了吸顶扬声器的安装方式,会议为圆桌形式。该会议室长约 18m,宽约 10m,吊顶高约 5.5m,共使用了 10 只独立通道的扬声器,每只扬声器的功率是 150W。控制系统以媒体矩阵为核心并应用了 Mix Minuses 技术。在最终的使用中,该系统可以长时间保持 70 只话筒同时打开、最多 11 人同时讲话而不出现啸叫。而这个系统只是在输出端总共加入了 15 段参量均衡器,而且没有使用图表均衡器和反馈声抑制器。 □

(上接 3-27 页)

的拨号器,可以把电话线直接接到 VORTEX 上,完全把它当作一个电话机使用,并且能够消除电话线路中可能产生的问题。另外,它还提供了一个 10W 功放的输出选择,当会场比较小时这个功放就可以满足基本扩声的要求,从而省去了额外的功率放大器。

VORTEX 还为用户提供了多种预设模式,用户可以根据自己的需要来保存经常用到的情景模式和设置,以便需要的时候随时调用,非常简单易行。

除了音频处理和路由的功能外,VORTEX 还提供了多种的控制方式,我们可以根据需要进行不同的控制方式选择。比如我们可以通过前面板来对 VORTEX 进行手动控制,这对于最终用户来说是非常简便的。VORTEX 同时支持 RS232 的串口协议,通过这个接口我们可以使用笔记本电脑、中控设备来对 VORTEX 进行集中控制,它能够为中控设备提供所需代码。这个代码也可以发送给摄像头来实现与摄像头的联动功能,比如当某个人在讲话的时候我们可以把这个代码发送给摄像头,让它对话

筒进行跟踪,讲话者位置改变或发言者改变时摄像头的位置也会随之改变。此外在设备的背板上还提供了两个 DB25 针的逻辑编程口,通过这个接口可以实现对设备的外部控制,它的每一个针脚都可以进行编辑定义,此接口同时支持宏命令(也就是命令集)的编写与调用,因此它能够调用和编辑的命令也是非常多的。举个例子来说,我们可以在会场中外接一个开关,通过对针脚的编辑,实现按下开关时所有话筒哑音的功能。总之,它可以实现外部对设备的控制功能。

与 VORTEX 产品配套的是一个称为 Conference Composer 的设计软件,在软件中可以完成音频的路由和参数的设定。并且在连机状态下可以通过软件向机器上传程序和从机器下载程序,允许保存相应的设计文件。

在搭建一个完整的远程通讯系统的过程中,音频处理是一个很重要的部分,也有着自己的特点与要求,因此建议大家选用功能强大完善的设备来处理音频信号。 □