

(1982年4月)曾进行过两次测量,前次测量由于室内装修及舞台挂幕等均未完成,故混响时间偏长。最后结果表明基本达到设计要求(中频为1.35秒),见图2。会议和电影放映效果也说明混响时间比较满意。本厅还有人工混响设备,可根据演出需要增加大厅的丰满度(详见下节扩声部份介绍)。

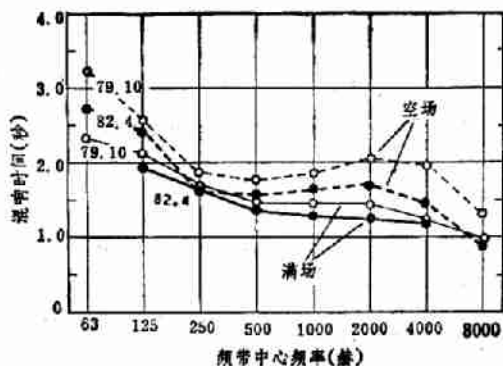


图2 实测和设计的混响时间

(二) 界面设计

台口 采用伸出台口4.2米并略作倾斜(约 8°)的台口大平顶和略带展斜的台口侧墙(约 10°),使池座前排获得一定的早期反射声。光槽的平顶及包厢的拦板也考虑到对前座的早期反射作用。

墙面 整个侧墙以反射和扩散为主。楼上侧墙为三角形柱体,墙面为抹灰及乳胶漆,楼下则为五夹板后衬2厘米厚毛板。楼上后墙面作吸声处理,以防止对前座有回声的可能。

平顶 中部为反射处理,由3厘米厚钢丝网抹灰做成V形横条形平顶,其倾斜角度由声线作图决定。平顶两侧及后部均作吸声处理(见上节介绍)。

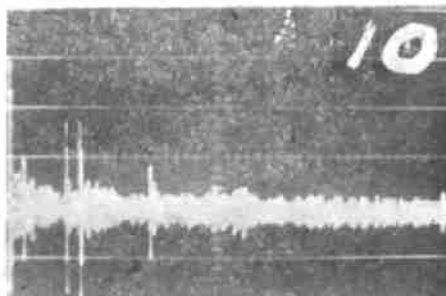
挑台 挑台下空间较深,其开口高度与深度之比为1:2,达到了一般要求的极限。又因舞台台口较高,主扬声器系统不能照顾到楼下后座,故采用延时扬声器来弥补。

乐池 乐池的使用率通常均很低,但又不能不设,故本厅采用升降乐池以扩大使用范

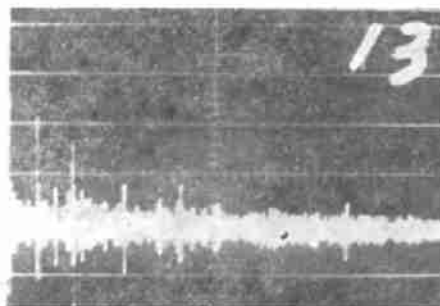
围和提高声学效果。这在国内尚属首次。当乐池升至舞台面时,可使演出区推向观众厅,以大大减少向舞台上空逸散的声能,同时也缩短至观众席的距离。而在通常情况下,乐池则升至与观众厅平齐,以增加座位。

(三) 反射声验证

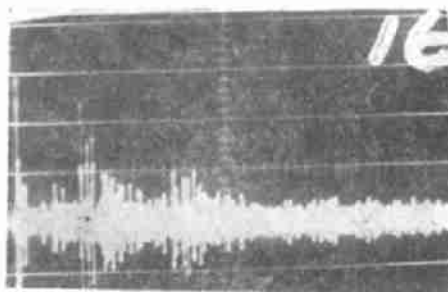
利用电火花脉冲声源在示波器上的脉冲响应图来验证界面设计的效果。声源置于舞台大幕线内3米的中心处,高1.5米。图3所示为前排几个典型位置上的记录,直达声之后50毫秒内约有3个较强的早期反射声,达到了预期的效果。



(a) 3排5座



(b) 5排29座



(c) 11排3座

图3 池座前排几个典型位置上的脉冲响应

(四) 噪声控制

本会堂地处交通干道的转角地带,环境噪声较高。由于观众厅四周有会议室、休息室及走道包围,并作了平顶吸声处理,故交通噪声对观众厅已无影响。例如楼下休息室内为49dB(A),而观众厅内则降至22dB(A)。当然这些房间的平顶吸声处理再强一些,整个建筑物的安静气氛还要好些。

空调系统的噪声控制是需要进行专门考虑的问题,因它与大厅的音质关系密切。但我们未参与这方面设计,以致完工后发现回风口风速过高(2.4~3米/秒,个别部位达6米/秒),离风口1米处噪声高达50dB(A),有些地方消声措施也不够,有待改进。

二、扩声系统设计

(一) 设计考虑

本设计中除了要解决一般大厅中存在的问题,还要解决一些3000人大型厅堂的特殊问题。为此,考虑了下列几个方面:

1. 从多功能用途出发,既要高的清晰度,又要兼顾演出的音质效果。由于受经济条件和国内设备的限制,技术指标(如展宽高频范围和保留功率裕量等)不宜要求太高,以适当照顾大厅各种用途为度。

2. 为了兼顾演出,在扩声系统中利用了人工混响设施,以改变观众厅内的混响时间。本厅采用了较为简单的混响室方法和环绕式扬声器系统。

3. 将主扬声器布置在台口上方,易使池座前排听众有头顶感,尤其以放录音代替乐队作为伴奏时,更会使人感到不舒服。因此要采取相应措施来弥补。

4. 台口上方集中布置扬声器时,往往对台口传声器产生较大的声反馈,特别是低频部分,因此目前有不少设计是把低音扬声器放到台口以外8—10米的面光槽后背处,但这样会与台口的中高音扬声器分离太远,而使

声音有分离的感觉,这对池座前排尤为明显。因此,考虑了在减少声反馈的前提下,尽量把低音扬声器的位置与中高音扬声器接近。

5. 目前不少新建的会场、剧院,为了控制声源的指向性而采用声柱。有时由于它的低音不够,要另设250赫—300赫以下的低音箱来增加低频响应,又因一般声柱高频的频响和指向性不能满足使用要求,往往不得不再加装高音扬声器,组成三分频扬声器系统。而且由于声柱长度较大(约在1.5—2.0米左右),使安装地位和建筑装修产生矛盾。而在本厅设计中则采用低音箱和中高频号筒组成的两分频扬声器系统。

6. 大厅楼座后墙至台口的水平距离远达41.5米,又因台框较高,使后座与台口主扬声器之间受到面光槽的遮挡。挑台下座席离台口虽只有31.5米,但由于挑台较深和舞台口太高,使后座受到一定的遮挡。为了弥补主扬声器直达声在这部分座席上的不足,考虑了采用有延迟装置的辅助扬声器,以使全厅的声场更为均匀。

7. 操作人员要求在能直接听到厅内音质效果的情况下进行调音,于是将扩声控制室布置在观众厅池座后部。但由于控制室的窗洞敞开面积做得过小,致使室内听音受到一定的影响。

(二) 扬声器的选择和布置

会堂的扩声系统如图4所示。有关扬声器的选择和布置介绍如下:

1. 主扬声器组 在台口上方中央,布置了两只40瓦YZX40-1型木号筒式低音箱和7只20瓦YGT20-101型中高音号筒。其中3只朝向楼下前座(1A),4只朝向中排和后排(1B和1C),其位置和角度见图5。扬声器系统采用前级分频,分频点设在450赫。

2. 延迟扬声器组 楼上和楼下后部听众席因离主扬声器较远,又受面光槽及挑台遮挡,故在后座加设了延迟扬声器。所采用的国产YS-1型数字式电子延时器,共有四路输

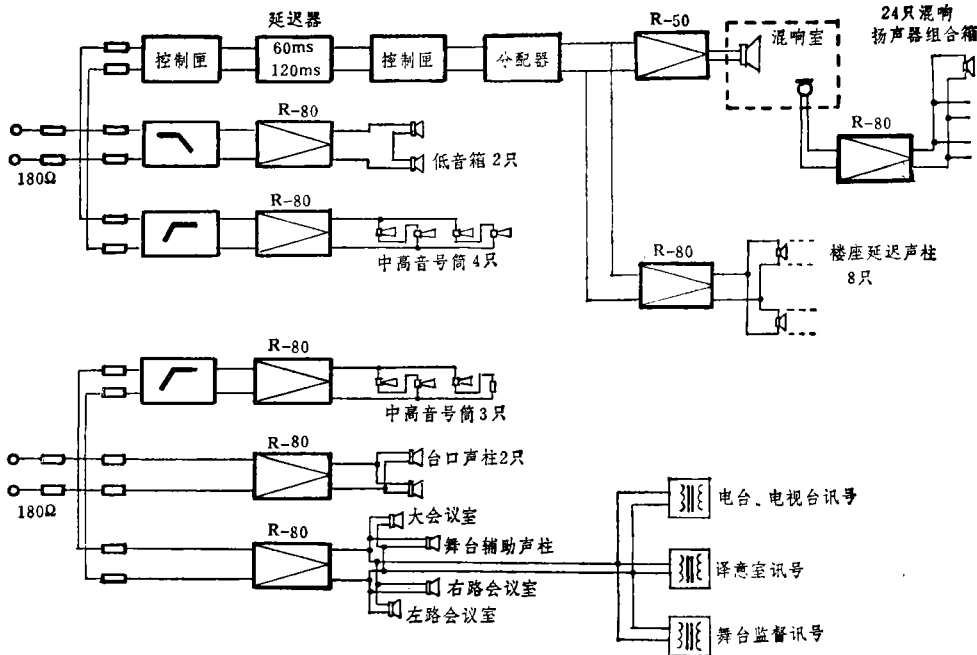


图4 大厅扩声系统图

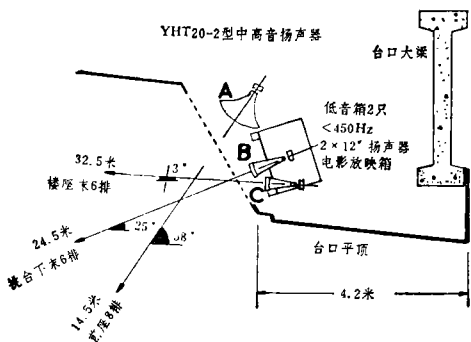


图5 大厅主扬声器的布置位置

出，最大延时可调到120毫秒。我们选用了其中两路，一路60毫秒送人工混响系统，另一路120毫秒送后排延迟扬声器组。

3. 人工混响用扬声器 整个厅内选用了24只 $\phi 200$ 橡皮折环扬声器和 $\phi 80$ 高频扬声器的组合箱。楼下两侧包厢之下的墙上各装4只，楼上两侧及后墙平顶的灯槽内分别安装16只。根据使用效果来看，对大厅中部的混响效果还不够，如能在大厅平顶中部区域再增加一些则会更好。

混响室选在舞台南侧一间体积约200米³的房间。室内用YZX3-1型监听箱放声，通过CDZ1-1型双回路动圈式传声器接收后，再送回R-80功放机，最后则送至大厅内混响扬声器。

4. 台口两侧声柱 为了解决主扬声器的头顶感及加强前排座席的声级，有些厅堂在乐池栏杆上设置扬声器。由于它面对前排听众太近，又受扬声器箱尺寸的限制，这些声音听来很不自然，加以观众有遮挡作用，其有效范围不过二三排而已。我们认为效果还不如台口两侧声柱。这些台口声柱由 $\phi 200$ 橡皮边折环扬声器和 $\phi 40$ 高频纸盆扬声器组成，亦可供播放录音效果声之用。

(三) 测试结果

如前所述，本厅的扩声系统经调试和测量，其主要特性达到如下要求：

1. 声场分布 测量声源是用稳态粉红噪声进行的。大厅声场受主扬声器系统各个扬声器的覆盖角度和它们之间功率分配的调节，以及与后座扬声器的音量等有关。经调试

后全厅各频率(125—4000 赫)不均匀性大部分均在 6 分贝以内,而同一排的中区和边区相差一般仅 2—3 分贝,因此声场比较均匀。

2. 频率响应 由于本扩声系统采用前级分频,故高低频组成的比例可通过后级功率放大器加以调节,此外还有多频均衡器可对个别频率进行调节。当扩声系统在不用均衡器的正常条件下工作时,在几个典型座席上的实测频响曲线,见图 6 所示。它们比较平直。与国内几个新建的大厅比较,其频响还是属于比较好的。

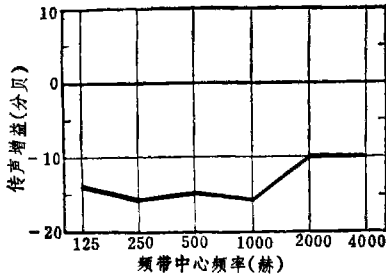


图 6 厅内楼上和楼下几个典型位置的频响特性(粗线为平均频响曲线)。

3. 传声增益 这是扩声系统的一项重要指标,图 7 是采用 CDZ-1 型动圈传声器在全厅 14 个位置上所测得的结果。由图可见,低中频的传声增益约为 -15 分贝,高频为 -10 分贝左右。根据本厅把低音箱和中高频号筒扬声器集中布置在台口上方的经验来看,只要设计恰当,不会因此而引起严重的声反馈。这样就改变了目前通常要把低音箱放在面光槽背后的做法,从而可避免低音和中高音产生分离的感觉。

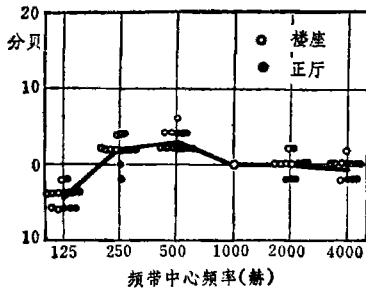


图 7 大厅扩声系统的传声增益

4. 延迟扬声器 设置延迟扬声器的目的,是提高观众厅后座的声级。调试时要着重解决两个问题,一是延迟声声强需要多大才能补偿后座声级的不足,二是延迟时间以多少最为恰当,使听觉感不到延时扬声器的存在,而是感到声音来自台口主扬声器。

我们试了两种情况。第一种是延迟扬声器到达楼座 26 排的声音与主扬声器的 A 声级相同;第二种是延迟扬声器声级高出 3 分贝。在第一种情况下,延迟 110 毫秒较为恰当,第二种情况则以 120 毫秒为宜。考虑到后座需要的声级,故最后将延迟定为 120 毫秒(原设计考虑为 110 毫秒)。

图 8 所示为按第二种情况调整后的结果,即主扬声器加上延迟扬声器后对后座可达到的效果。

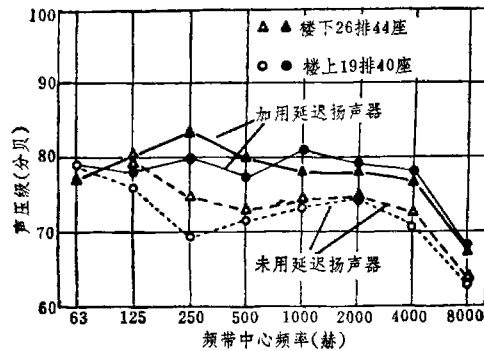


图 8 大厅后座加延迟扬声器后的效果

在试听过程中发现,如果延迟时间不恰当,则不仅可以明显地察觉声源方位的变化,而且对不同声源的音色差异也特别敏感,再则延迟扬声器主要是解决中高频声音的问题。所以采用了 $\phi 167$ 和 $\phi 80$ 两种纸盆扬声器组合的声柱(各三只),它与主声道的中高频号筒音色(尤其是到达后座的)是有差异的,但如果配合恰当,则可减少这种差异感。

原设计中考虑延时声比路程差增加 10 毫秒,这是假定前后声级相同的条件。现在随着前后声级的调节,延时声的延迟时间至少还应有 20—30 毫秒可调范围。

(下转第 58 页)

秒之内传播速度接近声速。但作更仔细的测量后,则发现有差别。用能量为5焦耳、脉宽150毫微秒的CO₂激光脉冲在二氧化碳中激发的压缩波,激波速度比声速快0.52毫米/微秒,这时相应的波前峰值为10⁸兆帕。

图6所示,是由一种能量为0.1焦耳、脉宽为30毫微秒的红宝石激光脉冲在水中发生光击穿时所激发出的压缩波的波形,我们看到r=2.5厘米处峰值压力大致等于0.8兆帕。

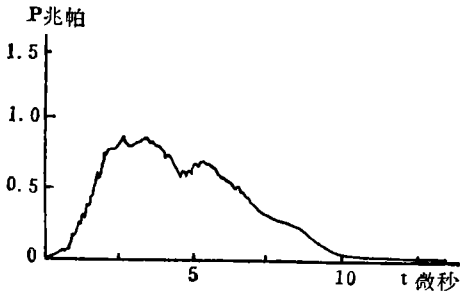


图6 离焦点2.5厘米处光击穿产生的压缩波的波形

为要对高强度激光辐射作用于凝聚态介质的发声现象作一严格的分析,则看来应基

(上接第18页)

调试过程中,对台口主扬声器给以30毫秒延迟,结果发现在正厅7—8排处可以使头顶感大为减弱。而感到声源来自舞台,我们是利用台上一人读报来进行试听的。对于1—3排听众,即使不用延迟声亦能使人感到声源来自台上,但稍后几排约7、8排以后,则会因直接声的减弱,和扬声器来的声音时间不够大,而有明显的头顶感。看来上述作法是解决“声象”方向感的较好办法,较之目前在台唇处或乐池栏杆处装以小扬声器,效果要好得多。

5. 语言清晰度 清晰度试验系按照南京大学声学研究所提供的简化划字字音表的方法进行的,发音人由河南省广播局播音员担任,分男声和女声两表测验,厅内女声平均声级为75~80dBA,而男声为71~75dBA,观众厅内的背景噪声为63~65dBA。参加测验者分散坐在楼上楼下前中后各个座席上,

于求出气体动力学的非平稳方程、流体力学的、光学的和汽化运动学的非平稳方程之解的这一基础上。尽管在物理学中对大功率激光辐射与物质的作用已有广泛的研究,但对于在作用时物质状态发生强烈扰动条件下激光发声过程的研究,则尚未作过系统的讨论。有些重大的问题,例如对液体汽化表面上形成亚稳态的可能性,就未曾作过研究。理论上的估计指出,由于汽化前沿的热不稳定性不可能有亚稳状态存在,但直接的经验则未能确认这个估计,而有待我们作进一步的研究。

(冯绍松摘译)

据 Л. М. Лямшев, Л. В. Седов. Оптическое Возбуждение звуковых волн акустических Журнал 1981, Т.27 No.1

Л. М. Лямшев, К. А. Наугольных, Оптическая генерация звука. Нелинейные эффекты Акустический Журнал 1981 Т.27 No.5

参考文献从略

根据对75人的统计结果,清晰度达90%左右。1982年4月我们又作了第二次满场语言清晰度测试,方法和条件基本相同,所得结果也完全一致。在一次会议时实测了观众席的声级,结果如下(厅内观众噪声55dBA左右):

位 置	一般声级	最大声级
楼下14排中	70~75dB(A)	80~85dB(A)
18排中	75—80	88
楼上横走道9排中		85—87
末排(延迟未用)	70—75	78

从两年多来开会实际效果反映,本厅清晰度是很高的。

附记:参加本工程声学设计的有河南省建筑设计院(邱铨、周成元等)河南省广播局(马福魁等)。参加电声安装和调试的有上海市广播局、天津市广播局和湖南省广播局援外组的同志,还有中央广播局设计室同志和我室其他同志也参加了前后两次调试工作。