

滨海影剧院的声学设计和音质效果

顾德俊* 朱茂林
(上海市民用建筑设计院)

滨海影剧院座落在上海石油化工总厂生活区内。观众厅可容纳 1805 人,总投资 180 万元,1978 年 9 月竣工并交付使用。经几年来的使用表明,它是上海解放以来新建的设备齐全、造价较低、音质效果良好的中型多功能厅堂。

一、声学设计

1. 混响时间及体积参数的选择:

混响时间是评价厅堂音质优劣的重要指标之一。不同功能的厅堂又要求不同长短的混响时间。一般说,以集会、电影等以语言清晰度为主时希望混响时间短一些,而音乐、歌剧等则要求混响时间长一些。对多功能厅堂,要求选定的混响时间满足各种功能是困难的,所以实际情况往往是以一种功能为主、又不太影响其它功能为原则来选择其最佳混

响时间。

表 1 为七十年代我国与日本国建成的多功能厅堂的混响时间和体积参数。从表知,日本国的多功能厅堂的体积参数比我国的大得多,混响时间也比我国的长。

我们感到,适当选择较长的混响时间,不会影响语言清晰度。但是,考虑到总的一次投资及长期运行费用(主要指空调系统)不致太高,故体积参数不宜选择太大。我们最后选定滨海影剧院的体积参数为 $5.4\text{米}^3/\text{人}$,混响时间如表 2 所述,满场中频混响时间希

表 1 多功能厅堂体积参数和满场混响时间

厅 堂 名 称	容 座 N	体 积 参 数 m^3/N	满 场 混 响 时 间 (秒)						建 成 年 代
			125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	
杭 州 剧 院	2000	5.0	2.1	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1979
南 宁 剧 院	1720	5.3	1.5	1.5	1.25	1.15	1.15	1.15	1974
高 江 剧 院	1300	5.0	1.5	1.25	1.3	1.25	1.25	1.15	1976
南通工人文化宫	1848	4.4	2.2	1.66	1.31	1.25	1.16	1.05	1978
日本新宿文化中心	1802	8.2			1.71				1978
石川厚生舞会馆	1754	7.1			1.51				1977
八幡市公会堂	1624	9.5			1.70				1975

表 2 滨海影剧院满场混响时间(设计值)

T_{60} (秒)	Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
设计值	2.1~1.8	1.7~1.4	1.4~1.3	1.4~1.2	1.3	1.3

望达 $1.3\sim 1.4$ 秒。

2. 观众厅体型及声反射面设计:

滨海影剧院平面为结构比较简单的钟形平面。为使楼座后排有较好的视听条件,楼座挑出深度与挑台口高度比取尽量小,为 $9\text{m}:5\text{m}=1.8$ 。池座最后一排距台口 30 米,起坡 2 米,容纳 3/5 观众。楼座最后一排水平

* 现在上海宝钢总厂环保处

距离为36米,可容纳2/5观众。

为使池座贵宾席有较好的前次反射声,我们将观众厅近台口两侧墙及平顶做成适当角度展开或倾斜的声反射面,同时还利用了楼座挑台栏板及包厢栏板(作成适当角度倾斜)的声反射。另外,为使观众厅的声场扩散较好,将平顶,侧墙作成较大起伏的锯齿状。侧墙以砖砌粉刷,平顶以20mm厚杉木板外用4mm厚硬质纤维板饰面。(图1)

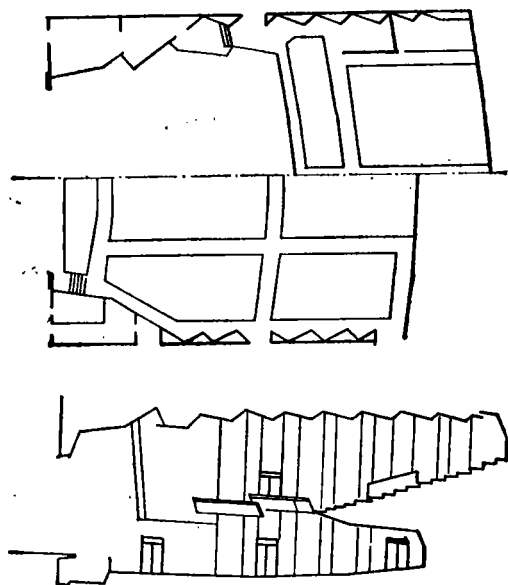


图1 观众厅平、剖面图

3. 电声系统设计:

图2为整个电声系统的方块图。本系统的特点是采用前级(低电平)三分频,集会时只用主声柱(全通带)。功率放大器可以互相切换,演出时万一发生故障,采用牺牲音质来确保正常使用。使用的扬声器及传声器均有指示灯指示。调音设备可以由控制室移入包厢内操作。

为了使电声系统形成的声像与演员一致,我们将主声柱及高音号筒布置在午台口上方,低音箱置于约距午台口7米的面光桥。同时,为将声像往下拉,故又在午台口二侧布置二条小声柱。从而,使午台口声柱组合形成一个“声门”。建成后主观听音说明,电

声系统形成的声像与演员能良好地统一。

4. 振动和噪声控制措施:

空调机房为三层楼建筑,位于午台右侧,距付台3米。底层布置水泵及冷冻机组,二层布置风机及回风道和回风消声器,三层布置送风道和送风消声器。(图2)另外送风机及冷冻机皆以JG型橡胶减震器隔振。

消声器采用施工简单,造价便宜的阻性消声器,利用建筑空间,以25mm厚木丝板作吸声材料。

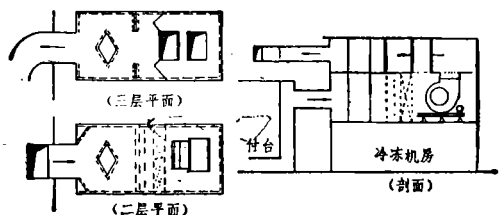


图2 空调机房及消声器

二、观众厅音质效果

1. 混响时间:

图3为1979年6月1日实测的空满场混响时间。从图6可以看出与设计值能较好地符合(参见表2),中频满场混响时间为1.34秒。混响时间频谱特性良好,低频比中频提升1.6倍,高频基本与中频保持平直。

2. 脉冲声响应图形:

图4即为观众厅脉冲声响应图形。从图4知,池座前区贵宾席(7排2座)脉冲声图形良好,50毫秒之前反射声密集,能量集中。

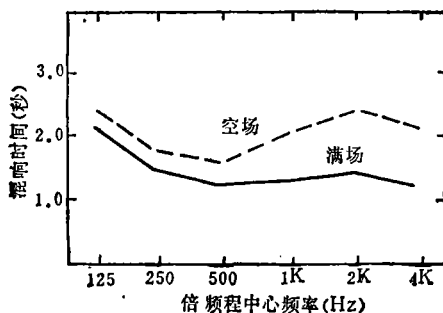


图3 观众厅混响时间(实测值)

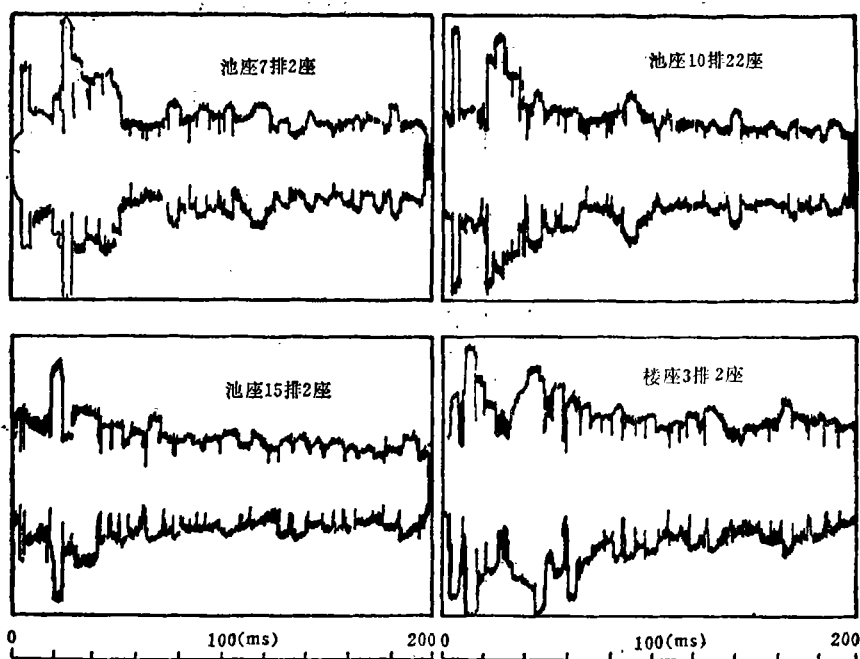


图4 观众厅脉冲声响应图形(2000Hz)

50~70毫秒能量稍低,70毫秒后,反射声序列分布均匀。说明声反射面的设计是合理的。另外从其它部位脉冲声响应图形看,反射声序列分布都较均匀。

3. 声场不均匀度:

声场不均匀度是评价厅堂音质好坏的重要指标之一。我们使用置于午台中央的电影放声扬声器箱作为声源,实测它的声场的不均匀度。使用场内电声系统实测电声系统声场不均匀度。空场共测量122点(半场),其结果汇总为表3。从表3知,使用场内电声系统时,2000Hz声场不均匀度是 $\pm 2\text{dB}$,效果是好的。自然声声场不均匀度略差些2000Hz为 $\pm 3\text{dB}$ 。

表3 观众厅声场不均匀度(dB)(空场)

不均匀度(dB)	Hz			
	500	1000	2000	4000
自然声声场不均匀度	± 4.0	± 4.0	± 3.0	± 3.0
电声系统声场不均匀度	± 4.5	± 3.0	± 2.0	± 2.0

4. 传声增益:

传声增益的测定方法是,将一个内装

YD₂-1651纸盆扬声器的扬声器箱置于午台中央开会做报告时报告人位置,发出-3dB的粉红噪声,在距扬声器箱30厘米处声压级控制在90dB,然后放上CD₂-1动圈话筒,接收后送入场内电声系统,调整主放大器输出,当系统啸叫后,即退回3dB,此时测量观众厅内各点声压级。经计算得电声系统传声增益如表4所示。从表4知,传声增益是良好的。

表4 电声系统传声增益(dB)

Hz	250	500	1000	2000	4000
传声增益(dB)	不劣于-8	不劣于-7	不劣于-5	不劣于-5	不劣于-7

5. 观众厅频率响应:

图5所示为观众厅频率响应。测量方法是分别使用电影放声扬声器和场内电声系统发噪音,并保证功率放大器输出功率恒定不变,以声级计加1/3倍频程滤波器在池座15排2座测量。从图5知,大厅频率响应良好,其带宽在63Hz~8000Hz。

6. 观众厅噪声级:

图6即为舞台和观众厅空调系统全开时

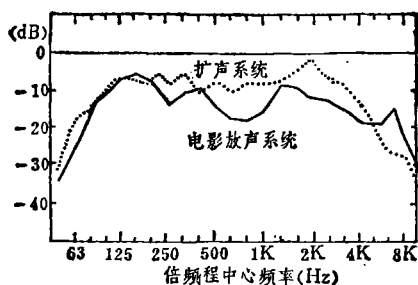


图5 观众厅频率响应曲线

观众厅实测噪声级。从图6知，观众厅噪声低于N35曲线，完全可以满足使用要求。

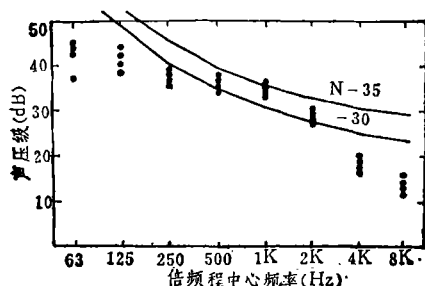


图6 观众厅噪声级

7. 语言清晰度:

我们采用南京大学声学研究所推荐的语言清晰度试验表，由男、女两个播音员在午台中央讲台处按正常速度及声级朗诵，通过场内扩声系统或不用扩声直接播出，请几十名观众在不同座位上收听填表，其结果为表5。

表5 观众厅语言清晰度

		100%	95%以上	90%以上	85%以上	80%以上	备注
空场	用扩声		20	60	84	96	字表Ⅳ
	不用扩声	3.8	38.5	69.2	84.6	92.3	“Ⅴ”
满场	用扩声	35.7	64.3	91.1	94.6	98.2	“Ⅰ”
	不用扩声	22.5	56.4	62.9	79.0	88.7	“Ⅱ”

从表可知，满场使用扩声系统时，语言清晰度较好，但不使用扩声系统时，因观众

厅大，声级偏低而影响语言清晰度。这一结论与演出时主观评价意见是一致的。

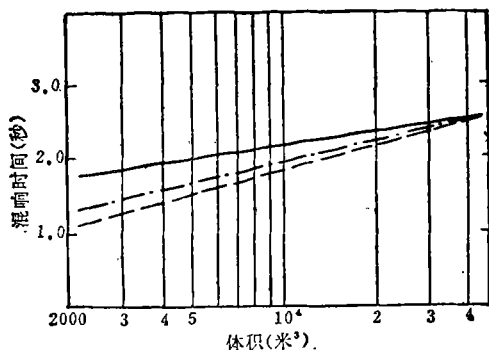
8. 观众厅音质主观评价意见综述:

组织音质主观评价时，我们选择了短小精干的节目。其中有上海乐团女声小组唱，以及京剧、越剧、评弹和曲艺、说唱等节目。评价人员由上海电影制片厂、上海电影技术厂、上海科教电影制片厂、上海电影译制厂、上海美术电影制片厂，中国唱片厂，上海人民广播电台，同济大学，上海工业建筑设计院等单位的教授，专家，录音师共20余人，多数节目采用扩声，少数节目不用扩声，其意见综述为：使用扩声时，响度适中，声音清晰，低音满意，力度尚好，高音嘹亮，音乐层次也清晰，但有些节目因扩声太响而失真。在不使用扩声时，普遍反映响度不够，听起来吃力，但清晰度尚好。

三、几个问题的探讨

1. 多功能厅堂最佳混响时间:

努特生——哈里斯早就提出了适用于各类用途的厅堂的最佳混响时间，可惜没有多功能厅堂的最佳混响时间推荐值，故而往往采用音乐厅的推荐值作为设计依据。日本广播公司NHK根据对日本国内多功能厅堂的调查，提出适用多功能厅堂的最佳混响时间与体积的曲线。我国建筑科学研究院对我国



——努特生——哈里斯 — — —我国建研究
——日本NHK

图7 多功能厅堂最佳混响时间(满场,秒)

的多功能厅堂作了调查，也提出了一个适用多功能厅堂最佳混响时间与体积的关系曲线（图7）

从图7知，日本国广播公司NHK和我国建研院提出推荐值比较接近，与努特生——哈里斯提出的推荐值比较，当厅堂体积超过了30000米³以上时，数值接近，当体积小于20000米³以下时，表现出差异，且体积越小，差异越大。

表6为滨海影剧院建成后头两年使用状况记录。从表6知，就我国而言，多功能厅堂主要为放电影，文艺演出很少，即使以音乐厅或歌剧院等命名的厅堂也是如此，只是文艺演出的比例稍大点而已。

表6 滨海影剧院使用状况

用 途	1979年			1980年(半年)		
	场次	小时	%	场次	小时	%
电 影	1379	2758	93.21	668	1336	92
戏 剧	20	60	2	18	54	3.7
话 剧	7	21	0.7	3	9	0.6
午 蹈、杂技	8	24	0.8	4	12	0.8
集 会	32	96	3.2	16	48	3.3

因此，我们认为，多功能厅堂的最佳混响时间，要真正满足各种功能是很困难的，所以设计时最好采用以某种功能为主，同时兼顾其它功能来考虑选择其最佳混响时间。

2. 满堂脚手架的吸声：

观众厅施工中，总是采用满堂脚手架，因此，欲想在施工过程中了解观众厅声学设

计的效果，只好待脚手架全部拆除后，方可进行声学测量，一旦发现问题，则因脚手架已拆，改动平顶为时已晚。这样，事先掌握脚手架的吸声数据至关重要，表7即为在施工过程中实测脚手架拆除前后观众厅混响时间变化，然后计算出的满堂脚手架的吸声系数。

表7 脚手架的吸声系数(1/米²)

频率 Hz	250	500	1000	2000	4000	8000
吸声系数 α	0.01	0.012	0.0163	0.0238	0.0354	0.0451

另外我们也实测了空场时木质人造革座椅的吸声系数如表8所述。表9为观众的吸声系数实测结果，时间是六一儿童节，观众为少年儿童。

表8 木质人造革座椅吸声系数（1/只）

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.14	0.23	0.29	0.26	0.17	0.10

表9 观众吸声系数（1/人）

Hz	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.06	0.12	0.15	0.26	0.29	0.30

参 考 文 献

1. 田守林：滨海影剧院设计 建筑学报 1979年第4期
2. 山本照二：最近多功能厅堂的建筑声学特点和音质特性 日本放送技术 1979年第2期
3. 日本广播公司NHK大厅的声学设计 日本NHK技术研究1972年3月
4. 韩璘、王铭枢：多功能厅堂混响时间的建议，建筑学报 1981年第6期
5. 王季卿等：实用会场扩声 科学出版社 1980年