

上海影城的建筑声学设计

章奎生

(华东建筑设计院 上海·200002)

1 概述

国外电影院设计正在向多厅化、多功能及多片种方向发展,新建成的上海影城是上海技术最新、投资最多、设备最先进、也是国内规模最大的多厅电影院,它兼容5个不同大小规模、不同放映片种、不同放映特性及不同使用要求的电影厅在一幢6层建筑物内,其总建筑面积为13600多平方米,可供国内外电影艺术交流展映及广大市民文化生活的需用。

上海影城内5个电影厅的规模分别为1100座、500座、300座、60座及50座,其中1100座主厅可兼容70mm超宽银幕6声道立体声影片并设同声传译系统,500厅和300厅则以35mm影片为主兼具多种功能,其中300厅又要求为豪华型,以满足国际电影交流之需,而60、50座两个小厅则具有标准放映室的功能,本文即着重对本工程的声学设计作一概要介绍。

2 总体平面及体型设计

在影城总体设计中采取了平面分段,上下隔层的措施,即将五个电影厅分别布置,东段2~3层为1100厅;西段1~2层为500厅、4层为60及50厅、6层为300厅,而东段

一层布置门厅及多功能厅、西段3层及5层分别配置职工餐厅及录像片库、资料库等,既合理组织了人流,也避免了相互间的干扰。

5个电影厅的平剖面体型各不相同,其中1100厅为扇形平面,其侧墙展斜角为 9° ,整个体型呈前窄后宽、前高后低,是70mm电影厅的最佳体型,其标准银幕为目前国内最大(22.3×10.14);500厅及300厅均为钟形平面,前部侧墙均向银幕收拢,而平顶分别为带状园弧形跌落式和平面带状灯槽间隔式;60和50两个小厅的体型均为简单的矩形和前高后低的三块踏步式平顶。

五个电影厅的地坪均为全台阶起坡式,平均起坡为0.2m,5个厅均不设楼座,也无台框,1100厅、500厅及300厅各设一个 ≤ 0.5 m的低台,以满足电影节颁奖及会议需用。

图1~3为上海影城平剖面简图;表1为五个电影厅建筑声学设计主要技术参数汇总表。

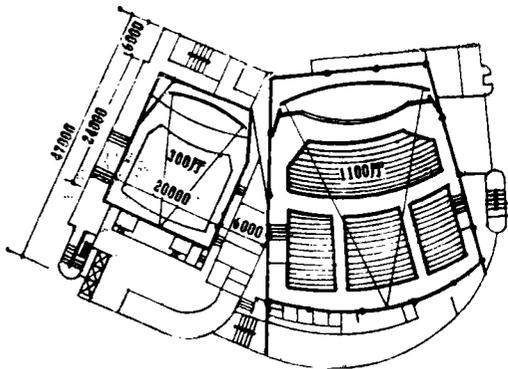


图1 上海影城平面简图

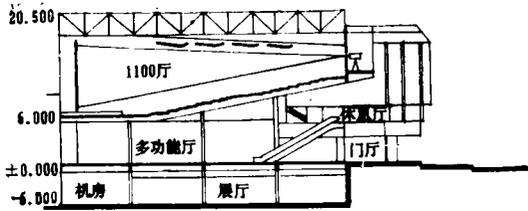


图2 上海影城东段1100厅剖面图

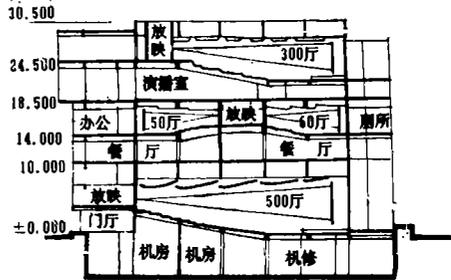


图3 上海影城西段4个电影厅剖面图

表1 上海影城5个电影厅建筑声学设计主要技术参数表

电影厅	1100厅	500厅	300厅	60厅	50厅
项目					
体 型	扇形9°	钟 形	钟 形	矩 形	矩 形
建筑尺寸(m)	$40 \times \frac{24.8}{36}$ 高 11.5	$30 \times \frac{12.7}{20}$ 高 10.0	$24 \times \frac{12.7}{20}$ 高 8.0	12×10.5 高 4.8	12×9.0 高 4.8
单人容积(m ³ /人)	9.2	6.8	6.5	6.1	6.3
总表面积(m ²)	3162	1512	1123	353	269
观众席面积(m ²)	615	248	192	41	36
走道面积(m ²)	449	240	191	65	40
银幕尺寸(m)	22.3×10.14	14.5×6.2	12.0×5.0	8.0×3.3	8.0×3.3
最近/远视距(m)	11.6/36.1	11.5/26.5	9.6/20.6	5.8/9.8	5.8/9.8
第一排仰视角	42°	28.7°	25°	26°	26°
放映俯角	2°	2°	4°	4°	4°
头、末排高差(m)	4.30	2.55	2.30	0.68	0.68
视点高度(m)	0.80	1.30	0.25	0.40	0.40
视线高差(m)	≥0.12	≥0.12	≥0.21	≥0.16	≥0.16
平均起坡(m)	0.195	0.17	0.23	0.17	0.17

3 单座容积和混响控制设计

电影厅的单人容积是声学设计的重要控制指标,电影院建筑设计规范中提出单座容积宜控制在 $3.5\sim 5.5\text{m}^3/\text{人}$ 范围内。实际上由于受电影厅银幕尺寸、观众厅体形、座位大小及排座方式等因素的制约,特别是70mm超宽银幕、全台阶起坡、无楼座观众厅的出现,使单座容积指标高达 $5.5\sim 8.5\text{m}^3/\text{人}$,大大突破规范要求。因此,在具体设计中应尽可能压缩体积,这对控制混响,减少吸声

材料、充分利用声能及降低造价都是十分有益的。上海影城5个电影厅设计中采取的前高后低的平顶形式,目的就是压缩容积,如1100厅平顶前后高差2.1m,但单人容积仍高达 $9.2\text{m}^3/\text{人}$,而500厅、300厅分别为 $6.8\text{m}^3/\text{人}$ 和 $6.5\text{m}^3/\text{人}$,两个小厅则为 $6.1\text{m}^3/\text{人}$ 。为此就必需在观众厅的平顶和侧墙上配置足够数量的吸声材料及吸声结构,以满足混响时间控制的要求。如1100厅几乎全部平顶及墙面都配置了大面积的宽频带吸声材料。

电影厅的混响时间选择也是声学设计的

表 2 部分影院体积及混响时间指标

影院名称	放映片种 (mm)	客座(人)	体积(m^3)	单人容积 ($\text{m}^3/\text{人}$)	银幕尺寸(m)	混响时间(s)
影城1100厅	70/35	1041	9576	9.2	22.3×10.14	0.65
影城 500厅	35	442	2984	6.8	14.5×6.2	0.60
影城 300厅	35	304	1986	6.5	12.0×5.0	0.55
上海和平影院皇后厅	70/35	665	3491	6.4	18.8×8.5	0.6
镇江人民电影院	70/35	1169	7832	6.7	21.2×9.6	0.75
北京大观楼影院	70/35	657	5260	8.3	17.8×8.1	
沈阳光陆电影院	70/35	1020	8976	8.8	21.5×9.7	
哈尔滨电影院	70/35	1273	9684	7.6	19.6×8.9	
洛杉矶奥斯卡厅	70/35	1106	5660	5.1	17.0×7.7	0.50
上海友谊电影院	35	952	6194	6.5	10.5×5.4	0.90
上海大光明影院	35	1913	12400	6.5	14.2×6.1	1.0
新上海影都	35/70	962	5387	5.6	13.5×5.7	0.75
上海电影发行公司 电影厅	70/35	531	3345	6.3	17.0×7.7	0.57
北京中国电影发行 公司电影厅	70/35	618	3340	5.4	13.4×6.0	0.50

重要环节,混响长短主要决定于放映工艺及片种,目前我国有关电影院设计标准中规定(或建议)普通电影院的500赫混响时间为 1.0 ± 0.1 秒;立体声影院为 0.8 ± 0.1 秒;而70mm立体声影院为 0.6 ± 0.1 秒。上海影城5个电影厅的最佳混响时间定为 0.65 ± 0.1 秒(1100厅)、 0.60 ± 0.1 秒(500厅)、 0.55 ± 0.1

秒(300厅)和 0.4 ± 0.1 秒(60/50厅)。选择偏短的目的是充分保证立体声的方位感和对白的清晰度。而混响时间的频率特性则要求中高频基本持平,允许高频略降(4~8kHz 10~20%),而低频可以适当提升(250~63Hz 10~30%),以适当改善音乐的丰满度。(见表2)。

表 3 混响时间-频率特性

中心频率f(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
混响比例(T_f/T_{500})	1.0~1.3	1.0~1.2	1.0~1.1	1.0	1.0	1.0	1.0~0.9	1.0~0.8

间及单人容积两个因素，由于影城内 5 个电影厅混响短而体积大，要求的平均吸声系数达 0.3~0.5 左右，表 4 为影城各厅 500Hz 所需吸声量的估算结果。

4 吸声设计

电影厅内所需吸声量取决于选定混响时

表 4 各电影厅所需吸声量及平均吸声系数

电影厅	混响时间 $T_{60}(s)$	平均吸声系数 α	总吸声量 $A_{总}(m^2)$	观众席吸声量 (m^2)	墙顶吸声量 (m^2)	墙顶平均吸声系数 $(\bar{\alpha})$
1100厅	0.65	0.53	1676	492	1184	0.46
500厅	0.60	0.41	620	186	434	0.34
300厅	0.55	0.40	449	154	295	0.32
60厅	0.40	0.34	120	33	87	0.29
50厅	0.40	0.38	102	29	73	0.31

在吸声设计中改变了以往习惯采用的大面积木质或金属穿孔板露面内填超细玻璃棉的吸声结构形式，而主要选用具有阻燃、透声及装饰性能的织物及穿孔 FC 水泥纤维加压板作为吸声结构的面层材料；用 FC 板及

石膏板后留 ≥ 100 空腔作为薄板共振低频吸声结构，外贴阻燃装饰布，并设计成多种不同吸声频率特性的吸声结构，以满足各厅混响特性控制设计的要求。表 5 为影城主要吸声材料及结构汇总简表。

表 5 影城主要吸声材料及吸声结构用料汇总表

厅位置	第 1 放映厅(1100厅)	第 2 放映厅 (500厅)	第 3 放映厅 (300厅)	第 4 / 5 放映厅 (60/50厅)
天花	整式前高后低吸声吊顶(大空腔、50 棉毡、钢板网、阻燃织物) 下挂 25 块浮云式反射板	圆弧形带状跌落式吸声吊顶(大空腔、50 棉毡、石膏板、贴地毯)	水平带状灯槽间隔式吊顶(凸出门、空腔、25 棉毡、石膏板、针刺地毯；凹入部、空腔、50 棉毡、10% FC 板、针刺地毯)	水平跌落式吊顶(空腔、FC 板、贴织物后改空腔织物层)
侧墙	凸弧形吸声扩散侧墙(空腔、钢板网、75 棉毡、阻燃织物)	上部圆弧形分块下倾侧墙(空腔、网板、50 棉毡) (下部台度做夹板)	凹凸形侧墙 凸出部：空腔、石膏板、针刺毯面。 凹入部：空腔、网板、50 棉、20% FC 板、针刺毯贴面。	60 厅凸弧形、50 厅凹部均为空腔、石膏板贴织物、60 厅平面部、50 厅凸面部均为空腔、网板、50 棉贴包阻燃织物。
后墙	凸弧形吸声扩散后墙(空腔、网板、100 棉毡、阻燃织物包面)	上部斜 5° 吸声后墙(空腔、网板、75 棉毡、地毯包面)	平直吸声后墙(空腔、网板、50 棉针刺地毯包面)	平直吸声后墙，上部斜形(空腔、网板、50 棉织物包面)
银幕后墙	平直面吸声墙面(100 空腔、钢板网、100 厚棉毡、黑色阻燃织物包面)			

5 声缺陷的防止及声扩散设计

声场均匀度除了同厅的平剖面体型、吸声材料的分布、还音扬声器的配置及其指向特性等因素有关外，还同电影厅的声扩散处理有着密切的关系。声场扩散处理既有利于提高厅内声场的均匀度，也可避免声聚焦、颤动回声等声缺陷的产生，如1100厅弧形后墙和侧墙吸声结构均设计成多个不同尺寸的凸弧形；500厅侧墙设计成展斜下倾弧形块状；60厅侧墙处理成分块凸出圆弧形；500厅吊顶为弧形跌落式；60、50厅吊顶为平板踏步式等处理均有利声场的扩散，尤其是在1100厅整片前高后低吸声吊顶下方设计了颇具声学特色的浮云式悬吊扩散反射板，这在国内电影厅声学设计中似属首次尝试。浮云式反射板的单块尺寸为 $4.0 \times 1.8 \sim 2.2\text{m}^3$ ，平面呈长扇形，以与观众厅平面形式相呼应，纵剖面呈机翼型，材质为厚夹板外贴织物。共计25块反射板分六排呈圆弧形放射式悬吊于吸声平顶下方，根据声线设计确定其吊挂高度及倾斜角度，其前次反射声可均匀地复盖整个电影厅，以达到在强吸声、短混响条件下能使大面积观众席获得20ms以内的前次反射声，同时这种新颖浮云式声反射板也构成了电影厅天花装饰图案，丰富了建筑艺术效果。图4为1100厅平剖面及浮云式反射板布置图。

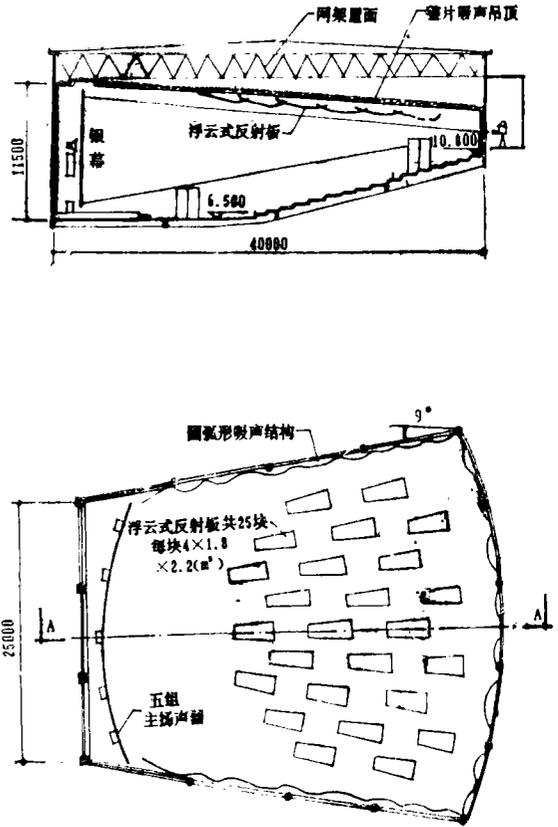


图4 1100厅平剖面及浮云式反射板布置图

表6 影城设计要求的本底噪声

电影厅	1100厅	500厅	300厅	60厅	50厅
本底噪声 (dBA)	≤35	≤35	≤30	≤30	≤30
空调噪声 (dBA)	≤38	≤38	≤35	≤35	≤35

6 噪声控制设计

电影厅内的本底噪声也是音质指标的一个重要方面，表6为影城设计要求的本底噪声。在五个电影厅的总体布局中采取了平面分段、上下隔层的措施，为减少厅与厅之间的相互干扰创造了有利条件，同时由于总体布局的考虑，冷冻、空调等设备机房大多设置在地下层，对空气声隔声处理较为有利。关

键是控制固体声的传递和隔绝，设备设计中除了选用低噪声设备外，对空调冷冻、给排水机组均设减振器橡胶软接管，空调风管系统设置消声器；机房内平顶墙均做吸声；各观众厅均无直接暴露的外墙，这对观众厅的建筑隔声提供了良好的基础；适当加大1100厅和300厅的屋面板厚度，并结合屋面隔热层设计以防止雨淋噪声传入厅内；设计中对放映孔也采取了消声措施。

7 还音系统设计

还音扬声器的选择及系统设计对电影还音质量起着决定性作用,同时也与声场分布

密切有关,上海影城除1100厅为6声道立体声还音系统外,其余均为4声道立体声还音系统,还音扬声器均选用美国JBL产品,分为主扬声器、环境扬声器及次低频扬声器三个部分,表7为还音扬声器配置表。

表7 上海影城各电影厅还音系统配置表

电影厅	银幕后主扬声器(均带障板)	环境扬声器	次低频扬声器
1100厅	5组 JBL 4648×2 JBL 2360A×1	12号 JBL 4673型 (平顶、后墙、侧墙各4路)	8只 JBL 4645型 (置于银幕后墙下方)
500厅	3组 JBL 4648×1 JBL 2360A×1	12路 JBL 8325A型 (两侧墙、后墙各4路)	4只 JBL 4645型 (置于银幕后墙下方)
300厅	3组 JBL 4648×1 JBL 2360A×1	12路 JBL 8325A型 (两侧墙、后墙各4路)	4只 JBL 4645型 (置于银幕后墙下方)
60厅	3组 JBL 4648×1 JBL 2360A×1	6路 JBL 8325A型 (二侧墙、后墙各2路)	/
50厅	3组 JBL 4648×1 JBL 2360A×1	6路 JBL 8325A型 (二侧墙、后墙各2路)	/

8 实测效果及评价

上海影城已于91年底竣工试用,经市电影放映发行公司测试表明,各电影厅反映电声及建声综合效果的主要指标B环特性除1100及300厅在高频8k及10k低1~5dB外,均符合ISO2969标准特性;厅内声场均匀度均能达到设计预期的±3dB及Δ=6dB的效果。

各厅的实测最佳混响时间除50、60厅略偏短外(主要是由于装修施工中平顶做法改变,增加吸声所致),都符合音质设计要求,其混响频率特性也都符合基本平直,低频略升,高频略降的频率特性要求,(见表8)。在现场主观听音评价可感到电影对白清晰,还音真实,层次分明,声级足够高,动态范围也大,还音立体感较强,方位感清楚,视听效果是满意的。

表8 各电影厅初测混响时间频率特性

电影厅	混 响 时 间 (秒)					
	(125Hz)	250(Hz)	500(Hz)	1k (Hz)	2k (Hz)	4k (Hz)
1100厅	0.86	0.70	0.61	0.52	0.52	0.50
500厅	0.73	0.66	0.65	0.65	0.67	0.61
300厅	0.73	0.55	0.49	0.44	0.47	0.43
60厅	0.62	0.53	0.30	0.28	0.25	0.23
50厅	0.36	0.32	0.24	0.28	0.23	0.22

上海影城为国际国内电影艺术交流、展览及上海市民提供了一座现代化的、新颖、一流的电影艺术宫殿,使用两年来得到了国内

外许多官员及电影界的很高评价,93年秋上海影城将迎来我国首次举办的国际电影节,届时,她将向世界展现她绰约的丰姿。