

# 多功能厅的建筑声学设计

□范国志

**[摘要]** 多功能厅主要用于学术报告等会议,兼中小型音乐演奏、文艺演出功能。根据使用要求确定建筑声学设计指标,就体型设计、音质设计、隔声设计、室内噪声控制等方面进行建筑声学设计,并要求相关专业加强配合。

**[关键词]** 建声设计 吸声 混响 音质 隔声 管理

多功能厅主要用于学术报告等会议,兼中小型音乐演奏、文艺演出功能。下面以湖北省艺术馆多功能厅为例,阐述如何设计多功能厅的建声指标。

## 1 多功能厅的设计目标

湖北省艺术馆多功能厅的外轮廓为一椭圆台型建筑,平面呈椭圆形,长轴 25 m,短轴 24 m,高 14.5 m,容积为 4 138 m<sup>3</sup>,一楼设 436 座,二楼设 153 座,选用木结构剧院椅,每座平均容积 7.03 m<sup>3</sup>。依据 JGJ57—2000《剧场建筑设计规范》,GB/T50356—2005《剧场、电影院和多功能厅建筑声学设计规范》和 GB-3096—82《城市区域环境噪声标准》等国家规范标准及本项目建设批准文件,并结合多功能厅的实际情况,对音质(吸声、混响、扩散等)、隔声、室内噪声控制等方面进行建筑声学设计,以自然声为主的剧场,在满足响度的前提下,尽可能兼顾会议,使用时的语音清晰和中小型音乐演奏、文艺演出时的声音丰满度,使本设计基本满足以下条件。

(1) 足够的响度,且声场均匀;在获得足够响度的同时,最大最小值相差不大于 6 dB,最大值与平均值相差不大于 3 dB。

(2) 合适的混响时间和混响频率特性,使声音既清晰又丰满、圆润;根据 GB/T5036—2005《剧场、电

影院和多功能厅建筑声学设计规范》标准,中频 500 Hz 的混响时间为 1.0~1.4 s。根据使用功能,确定设计值为 1.3 s(满场),使混响频率特性尽可能达到国家相应标准要求,见表 1。

表1 混响频率特性

频率/Hz	125	250	500	1 000	2 000	4 000
比率	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8
混响时间/s	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1

(3) 较多的早期反射声,提高声音的响度、明晰度和空间感。

(4) 较低的干扰噪声,隔声量不小于 40 dB,背景噪声不高于 NR-25,使声场有较高的可闻动态范围。

(5) 无回声、声聚焦等各种声学缺陷。

(6) 听觉与视觉有较好的方向一致性。

## 2 建筑声学设计

### 2.1 形体设计

为使厅内声场均匀,无回声及声聚集等声学缺陷,结合建筑结构,运用几何声学原理和计算机辅助设计,确定厅内各界面的空间定位和声学表面性质。体型设计的主要任务是利用声学原理作好扩散设计,使观众席有足够的早期反射声覆盖,并使早期反射声分布均匀、覆盖面大。利用各界面扩散与反射错列分布的方式,既提高了扩散均匀度,又使得观众厅形体丰富、美观实用。

## 2.2 音质设计

本厅中频混响时间设计值为 1.3 s(满场),混响设计计算时,严格控制并利用各类不同材料与构造进行组合,使混响频率特性均衡、平滑,尽可能满足设计规范要求。根据声学分析的基本要求,观众厅的墙面、天棚设置反射面。墙的下部做木墙裙;上部做反射结构。

### 2.2.1 观众厅座椅

观众厅座椅是厅内吸声量最大的声学构件,对混响时间影响很大。该厅采用了 YH-8130 型木结构剧院软座椅,空椅状况的有关吸声系数见表 2。但未提供坐人状态的吸声系数,这会对计算满场状态的混响带来一定误差。

表2 观众厅座椅吸声系数(空椅)

频率/Hz	125	250	500	1 000	2 000	4 000
$\alpha$	0.30	0.42	0.53	0.58	0.52	0.53
A	0.29	0.40	0.49	0.50	0.50	0.50

为此座椅进场时必须以此报告进行验收,必要时应进行专业咨询与复测,以达到设计要求的混响时间值。

### 2.2.2 吊顶

大厅吊顶分两层。上层为厚 15 mm 的双层石膏板吊顶,下层通过悬挂 34 个厚 12 mm 的玻璃球切面体,以获得大量的早期反射声。

楼座下吊顶采用厚 12 mm 的高密度邦达板成锯齿状,以增加池座观众席后区的反射声,以提高响度均匀度与语音清晰度。上述构造吸声性能见表 3。

表3 观众厅天棚吊顶材料吸声系数( $\alpha$ )

声学构造	125	250	500	1 000	2 000	4 000
双层石膏板 (后空400)	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.05
玻璃钢球切面体	0.30	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05
高密度邦达板 (后空100)	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.05

### 2.2.3 舞台墙面

采用厚 18 mm 木芯板(饰面层贴面由装修设计另定。基层与龙骨应紧密牢固,成为一体,减少振动损耗,防止对低频声的吸收),做成棱台形和四棱锥形扩散体,其结构见图 1、图 2;其声学构造的吸声性能见表 4。既加强舞台的声音均匀度,同时加强对观众席的早期反射声的组织。

表4 厚18 mm木芯板扩散体(后空5~10 cm)吸声系数

频率/Hz	125	250	500	1 000	2 000	4 000
$\alpha$	0.25	0.15	0.06	0.05	0.04	0.04

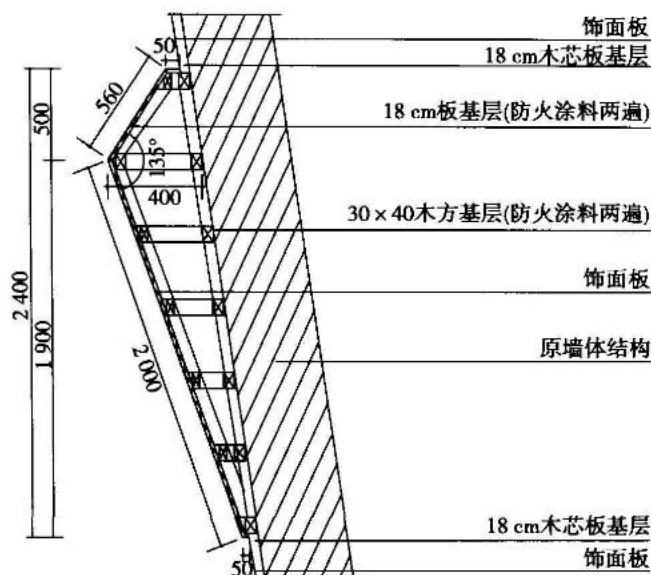


图1 墙面棱台扩散体结构

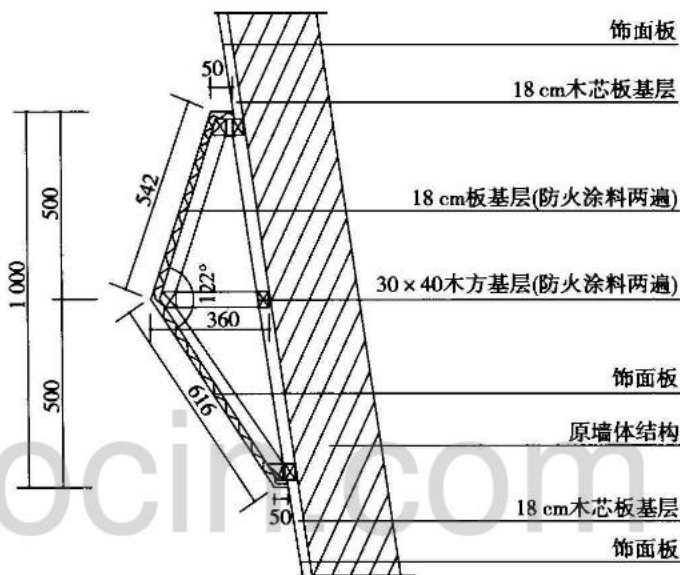


图2 四棱锥结构

### 2.2.4 两侧墙面

木墙裙采用厚 18 mm 木芯板,饰面层贴面由装修设计另定。基层与龙骨应紧密牢固,成为一体,减少振动损耗,以减少对低频声的吸收。

棱台形扩散体采用厚 18 mm 木芯板,饰面层贴面由装修设计另定。基层与龙骨应紧密牢固,成为一体,减少振动损耗,以减少对低频声的吸收。

其余墙面也采用厚 18 mm 木芯板做成平面,饰面层贴面由装修设计另定。基层与龙骨应紧密牢固,成为一体,减少振动损耗,以减少对低频声的吸收。

### 2.2.5 后墙面

木墙裙采用厚 18 mm 木芯板,饰面层贴面由装修

设计另定。基层与龙骨应紧密牢固，成为一体，减少振动损耗，以减少对低频声的吸收。

棱台形扩散体采用厚 18 mm 木芯板，饰面层贴面由装修设计定。基层与龙骨应紧密牢固，成为一体，减少振动损耗，减少对低频声的吸收，做成棱台形扩散体，增加观众席的早期反射声。

各界面的饰面层材料及颜色由装饰设计另行考虑。各种声学结构的吸声性能及观众厅混响时间计算见表 5。

表5 多功能厅观众厅混响时间的计算

吸声材料与构造	面积	$\alpha$					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
木地板	100	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
隔声门	22.7	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09	0.11
音箱口		0.16	0.20	0.30	0.35	0.28	0.31
双层石膏板	290.7	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.05
玻璃钢反射体	175.2	0.30	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05
高密度邦达板	134	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.05
木墙裙		0.25	0.15	0.06	0.05	0.04	0.04
观众椅(空)	589	0.30	0.42	0.53	0.58	0.52	0.53
观众椅(满)估算	589	0.35	0.49	0.62	0.65	0.65	0.65
$T_{60}$ (空)	2063.2	1.72	1.62	1.51	1.43	1.61	1.40
$T_{60}$ (满)估算		1.58	1.44	1.31	1.29	1.31	1.18

## 2.3 隔声与噪声控制设计

(1) 室外噪声主要采取隔声措施，为了防止观众厅周围环境的噪声干扰，外墙采用厚 250 mm 的墙，具有足够的隔声量。

(2) 屋面下面层，采用 K-13 植物喷涂吸声材 (25 厚 100K) 吸声降噪处理，以加强对雨声等的吸声降噪。其吸声性能见表 6。

表6 K-13植物喷涂吸声材(25厚100K)吸声系数

频率/Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha$	0.11	0.28	0.83	0.89	0.96	0.94

(3) 外门均采用国标 J649 隔声门，在施工中应加强对门缝隙的处理。

(4) 观众厅环廊走道在装修设计时宜设置一定的吸声结构进行吸声降噪处理。

(5) 专业音箱室及灯光室与天棚空间采用隔声与吸声措施，使之与观众厅保持一定的声学隔离。

(6) 室内噪声主要来源于空调风口、舞台机械噪声等，应在建造之初就给予通盘考虑，按允许噪声指标合理选用设备，在安装时作好隔声减振处理，保证观众厅的静态背景噪声满足 NR-25 标准。具体措施：一是在风机、空调机和电机下作减振处理，即在风机、

空调机和电机的混凝土基础或安装架下设减振器和橡胶垫，二是机房侧墙作强吸声处理，以减小机房内部的噪声；三是所有悬挂风管的吊钩均作减振吊钩，管道接口采用软性连接；四是风机的送风端和回风端加有足够消声量的消声器，所有风道弯头尽可能做吸声弯头。

## 3 相关配合

为保证达到设计要求，应把建筑声学设计的要求始终贯穿在本项目所有设计与施工中，并要求相关专业加强配合，使整体效果达到有关声学设计标准。

### 3.1 装修设计与扩声、灯光设计

装修与扩声、灯光设计必须在本建筑声学设计的基础上进行，不得任意更改观众厅各界面的空间定位、声学结构和声学材料。主扩声音箱宜在轴线距舞台第二与第三个玻璃钢球切面体间采用吊装方式，拉声像音箱宜在台唇及两侧安装。考虑报告投影需要，宜采用自动升降方式吊装，投影幕宜在舞台后墙上方第一个玻璃钢球切面体处安装电动投影幕。观众厅照明及舞台上必要的演出照明 (除在楼座挑台拦板外侧布置一定数量演出照明灯具外) 可在反射体空隙插入、布置一定数量照明与专业舞台灯具。相关专业图纸要由建声专业会签。施工中必须严格按图纸定位、选材与施工，若确有必要进行调整与变更，应及时进行洽商解决相关问题。

### 3.2 材料进场管理

所有声学材料进场时，必须有生产厂家合格证及国家有声学检测资质的相关检测机构出具的检测报告及声学技术指标，并经建声设计及质检相关人员查验，与本设计要求相符后方可进场。同时材料应达装修规定的耐火和环保等方面的要求。

### 3.3 声学结构施工管理

声学结构必须严格按声学要求进行施工，并经建筑声学人员现场验收后方可安装面层及填料。

### 3.4 中期音质考核管理

在声学结构安装完成后，应请声学专家及有资质的单位用声学仪器现场审检，必要时进行相应调整，直到完全达到要求后，再进行面层涂刷等装修工作。