

关于录音棚、体育馆和歌剧院演播厅 声学系统施工技术研究

唐馨庭

(北京城建集团有限责任公司, 北京 100088)

摘要: 随着体育场馆、市民中心和剧场演播厅建设的增多, 声学系统的规范化建设有了更高的要求。声学系统是非常特殊的, 不同类型工程声学指标要求相差巨大。通过对三类工程(国家速滑馆、中央电视台录音棚和中央歌剧院)举例分析, 探讨从声学方案形成到施工实施过程中所遇到的问题和解决办法。

关键词: 噪声、隔声控制、电声设备、声学测试

Research on construction technology of acoustic system in recording studio, gymnasium and opera house studio

TANG Xinting

(Beijing Urban Construction Group Co., Ltd., Beijing 100088, China)

Abstract: With the increase of the construction of recording studio, gymnasium and opera house studio, the standardization construction of acoustic system has higher requirements. The acoustic system is very special, different types of engineering acoustic index requirements vary greatly. Through the analysis of three types of projects (national speed skating Museum, CCTV recording studio and Central Opera House), discuss the problems and solutions encountered in the process from the formation of acoustic scheme to construction implementation.

Key words: noise; sound insulation control; electroacoustic equipment; acoustic testing

0 引言

随着大型娱乐公共建筑在各领域陆续投入使用, 国际领先建筑技术标准得以不断的细化和深入研究。

笔者在中央电视台、体育馆和歌剧院的施工过程中, 通过对不同建筑类别的“声学方案”“建声”与“电声”的技术配合、声学环境模拟以及声学测试检测的参数前期目标设定等对比发现, 在声学系统工程中, “电声”是实现声学效果最后一道关口, 也是声学工程中最复杂的技术。

1 声学方案

通常在建筑专业和少数机电专业图样说明中, 有一个概述性的声学技术要求, 提出噪声技术指标, 对声学环境需求采取的技术措施, 但详细的措施方法以专业深化形式出图。在声学工程的实施阶段仅有一个指导性的说明概述, 对“电声”的设计说明少, 使得“电声”更加被忽视。

“电声”的设计依据亟待探讨。①声学设计受建筑结构形式影响较大, 同时隔声、吸声等声学方法不多, 需要从这些不多的方法中找出一切可以利用的条件; ②电声的深化和调试, 需要更多预

判性经验和不断总结解决办法。

1.1 声学方案编制依据

(1) 设计规范

厅堂、体育馆的声学设计主要根据GB/T 28049—2011《厅堂、体育场馆扩声系统设计》、JGJ 57—2016《剧场建筑设计规范》、GB 3096—2008《声环境质量标准》、GB 50118—2010《民用建筑隔声设计规范》、GB/T 50121—2005《建筑隔声评价标准》和16BJ1-2《隔声楼面轻质隔声墙》，从上述规范可看到声学设计规范还是很多的，基本都是建筑设计和构造隔声方面规范，而扩声设备的具体安装数据、性能指标等规范很少，并且颁布时间较早。

(2) 验收规范

声学系统的验收多归属到“智能建筑”专业，根据GY 5055—2008《扩声、会议系统安装工程施工及验收规范》验收。

1.2 声学方案由谁编制

声学方案并没有固定的编制单位，设计院、设计咨询公司、专业组委会和建筑类大学都是方案编制的参与方。

例如中央电视台录音棚的声学方案，华东设计院、荷兰大都会设计顾问和建筑大学等都参与了共同编制。

歌剧院的声学方案由德国BBM声学设计公司和中元设计院等参与了共同编制。

体育馆的声学方案由北京设计院、奥组委会专家和研究院等共同编制。

在上述三个工程中，可以看到不同工程的声学方案形成都有其独特性。

1.3 声学方案中涉及的机电专业

对比上述三个工程声学方案，并不能对全部机电专业进行指导，甚至有些对机电安装没有任何指导。

机电专业要利用方案已知的条件进行扩声系统的选择，同时进行声学场景模拟。对隔声、本底噪声进行综合平衡，声学设备指向性设计、混响延时指标进行横向对比再次深化确定。

2 总防噪设计

上述三个工程均为临街建筑，而且有地铁在附近通过。通过声学方案上的对比可以看出，电视台新台址录音棚充分做了总噪声防护设计，为“房中房”构造。

歌剧院的台仓布置在首层，体育馆的比赛场地在B1层，这两个工程对机电设备的减震措施有比较详细的要求。

从上述介绍中可知环境噪声的设计条件实际是非常不利的。

3 声学方案深化

3.1 声学顾问和模拟声学报告

上述工程的图样设计说明和声学顾问对声学的要求都较为简单，对建筑专业的隔声和反射声的建筑构造有说明，具体安装数量、位置和规格等没有详细的说明，并且声学模拟测试报告不是都能在建设初期就能提供，造成了各专业施工深化设计困难。

各机电专业安装单位应有具体的施工做法，从而得以保证最终的效果。

3.2 总包在声学方案深化中的作用

从上述工程的实际声学施工过程，了解到声学顾问和建筑设计在声学方案提出的建筑声学解决方案其实内容很少，多为概念性的要求声学效果建议和方向。

电声的图样由声学专业施工单位负责绘制，图样通常仅为不同位置声学设备安装数量、配电图样。由设计院电气专业进行配电系统的审核，其他专业参与很少。

上述两个方面造成的结果是，声学工程难度逐渐加大。这就需要总包机电技术人员应在不同阶段对建筑声学 and 机电声学设备安装深化图样，并进行把控。

1) 根据声学说明，组织声学模拟测试，分析声学模拟测试报告中的建议，并判断是否符合对应的声学测试参数指标要求标准。

2) 要求电声单位对各专业进行声学图样会

审,通过电声清晰度计算确定产品,并进行声学设备实际安装模拟场景测试。

4 电声深化

作为机电技术人员,应该在电声深化中根据不同功能需求确定电声的深化方向和主控要点。

4.1 功能决定声学的特点(录音棚为例)

中央电视台设置了亚洲最大的两个顶级录音棚,大录音棚面积480 m²,小录音棚面积200 m²。虽然都是录音棚,但是承担的功能不同,声学指标不同。

1) 大录音棚以同期录音为主,那么棚内混响的时间预定为固定值。

2) 小录音棚以分轨录音为主,具有可变声学条件,混响时间可有一定调节范围。

可见这两个录音棚在声学方案的深化方向是不同的。

4.2 电声方案深化

1) 根据某大学建筑设计院声学室,实际测试控制的技术指标包括本底噪声、隔声和混响时间为录音棚的三个重要测试指标。

2) 体育馆和歌剧院测试报告:语言清晰度、混响时间为厅堂、场馆的重要测试指标。

从上述指标可看到关键都是在于机电设施的安装。

4.3 降低本底噪声和完善隔声的深化措施

录音棚在外部噪声控制后,对应的电气设备本底噪声和隔声。

录音棚内和声控室墙面、顶棚安装了多种机电末端、通风设备、消防设备、应急照明灯具和声控室引入的工艺配电箱。

应注意不破坏建筑声学设施和避免形成声桥。

录音棚的面积较大,空调系统的送回风口数量很多,风口的面积很大,通过调节送回风量比例,降低风速和噪声。对通风设备的电动机采取减震措施(体育馆对风盘的噪声要求NR-30,后来选择了直流电动机)和风口位置管道的增加可

调节百叶和封堵防止漏风形成乱流造成漫反射。墙体风口如图1所示。墙体配电箱如图2所示。录音棚如图3所示。声控室如图4所示。



图1 墙体风口
Fig. 1 Wall vent



图2 墙体配电箱
Fig. 2 Wall distribution box

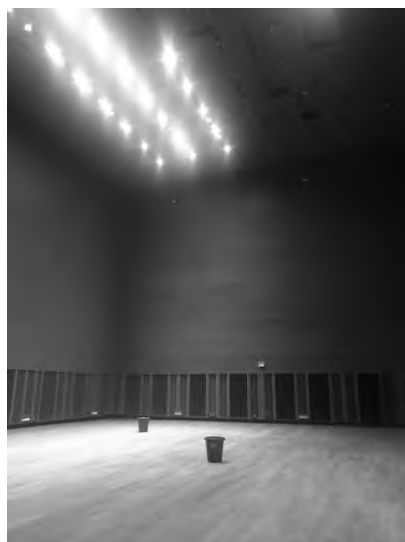


图3 录音棚
Fig. 3 Recording studio



图4 声控室

Fig. 4 Voice control room

从图3中看到声控室和录音棚的4 m宽隔墙上有15个插座,这是形成声桥的薄弱点。在电气配管敷设时,配管不应集中排布敷设,每4根SC20管为一组,配管间距不小于2 cm,保证配管之间可以填充隔声材料。隔墙两侧插座位置错开间距大于5 cm,防止插座后部隔声厚度做法不够。插座的内部设置防火石棉垫封堵严密。

工艺配电箱内预留配管管口封堵严密,穿线的配管、线槽用柔性防火堵料封堵。在所有配管路径上增加一层吸声离心玻璃棉板。配管、线槽和接线盒这些容易造成隔声效果较差位置,均须采取声学的保护措施。

录音棚和声控室的顶部有大量的照明灯具,在灯具的选用起初,在声学方案中没有文字要求,所以为了照度和还原效果选用了自带变压器的金属卤化物灯具。在灯具的选择过程中,机电技术人员提出了自带变压器金属卤化物灯具在使用过程中可能产生电流噪声问题,经设计院同意更换为LED灯具。

由于房间顶部交错设置声吸收和声反射扩散体QRD板,灯具的安装伸出长度和伸出位置不能影响声学的效果。在声学吸收构造QRD板位置设置灯具;在声学反射位置设置了隐蔽式喷淋头。在QRD板的上部设置了排烟风口。这样在房间顶部机电安装综合排布上更加合理。

4.4 电声混响时间的各项前置条件(体育馆为例)

空间越大,混响越难以控制。在声学报告和设计规范中能够经常看到的混响时长的数值多期望小于4 s。实际混响的测试是有很多前置条件的,并不是完全依靠建筑本身的声学构造。

在体育馆声学专题会上,设计院、组委会专家和总包深化设计技术人员对混响延迟和扩声设备深化进行了深入的探讨。

首先要确定的就是建筑声学模拟空场率最不利的条件(满场效果更好),确定为0.5。

明确声学重点部位是评论员区。评论员区和观众区的隔声保证没有直达声进入。不同区域测试通过话筒采集探测声压级,根据一级场馆参数加强不同区域声压级别。

扬声器阵列的直达声布置尽量离观众区域近,减少地面对声音指向性的无效区域投放。根据不同赛事和后期运行需求,在制冰区域敷设吸声材料。

体育馆拟定达到的混响时间为2.5 s,优于国外类似比赛场馆的混响时间(2.9 s)。

场地周边墙体采用吸声材料,座椅采用吸声材料。

实际情况是在场馆的模拟声学测试报告完成后,场馆采用塑料座椅,研究院模拟测试时将声源放在对称4个角落中圈马道下1 m,声源均为无指向性点声源,声源各频率声功率级均设为100 dB,背景噪声为NC40。混响时间模拟时相对湿度设为40%,温度设为15℃。满场率也提高到了80%,模拟共设置了20个接收点,均匀布置在观众席及比赛场地,距观众席1.2 m,距比赛场地1.6 m。

最终通过模拟声学报告混响时间控制为 (3.0 ± 0.5) s。

从上述情况看,对于机电施工人员,声学方案前后发生了巨大的变化:①实际中蓝色侧墙和首层看台下竖墙是没有穿孔铝板吸收构造;②地面区域不做声学测试考虑。

电声必须达到最好的条件,才能达到混响建议指标,根据建筑条件要有针对性地选择电声设

备。体育馆吸声模拟数据见表1, 体育馆声学模拟透视分区如图5所示。

表1 体育馆吸声模拟数据

Tab. 1 Sound absorption simulation data of gymnasium

布置位置	布置大致面积/m ²	拟布置构造	对应各频率吸声系数					
			125	250	500	1 000	2 000	4 000
中心吊顶	20 400	低辐射吸声膜+玻璃棉						
内部两圈马道底板	1 100		0.15	0.6	1	1	1	1
外侧吊顶与外侧检修通道	6 200	透光透声张拉膜+防火板贴玻纤板	0.07	0.14	0.28	0.50	0.57	0.57
蓝色侧墙	4 300	穿孔铝板吸声构造						
首层看台下竖墙	1 127		0.30	0.40	0.70	0.68	0.74	0.58

注: 低辐射吸声膜构造的吸声系数是按照厂家提供的材料手册中值计算的。

满场情况考虑到观众及座椅的吸声贡献。赛时约12 000人, 满场按照80%即9 600人算。吸声量换算到观众席地面, 125~4 000 Hz倍频程中心频率吸声系数分别为0.19、0.41、0.46、0.50、0.54和0.57。

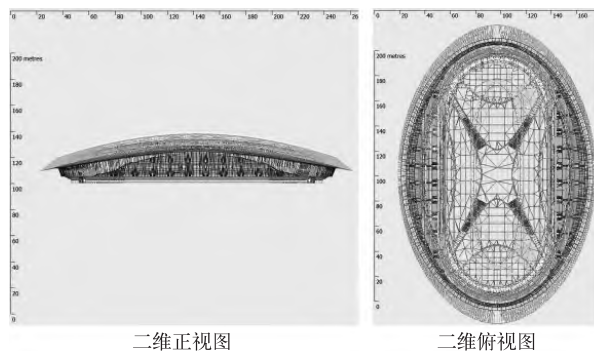


图5 体育馆声学模拟透视分区

Fig. 5 Acoustical simulation perspective zoning of Gymnasium

5 电声设备的布置和选型深化

由于该场馆体型较大, 属超常规, 混响时

间势必较长。因此, 语言清晰度是最难解决的问题。

在现有建筑声学条件下, 配合合理的扩声系统, 方能达到最佳的语言清晰度。

5.1 扩声设备的布置方式对比 (分散式和集中式)

(1) 分散式布置

在观众席和比赛场地上方马道层高度分散吊装中小型恒指向性号筒扬声器分区覆盖, 将观众席和比赛场地分成若干个区域, 每个区域用若干只扬声器覆盖。扬声器距离听众距离较近, 容易获得较大的声压级, 声场均匀度比较好控制。扬声器除覆盖所在区域之外, 还会对临近区域造成明显负面影响, 对清晰度不利; 扬声器数量较多, 安装点位需要有马道支持, 安装难度大, 成本较高。

(2) 集中式布置

在比赛场地中心正上方集中吊装一组恒指向性号筒扬声器, 横向布置, 组成一个环形阵列, 覆盖观众席和比赛场地。可以大大减小整个扬声器之间的延时干扰和干涉现象, 有利于清晰度和音质; 扬声器所需数量少, 并且易于安装和检修。扬声器距离听众较远, 所需声压级较高, 因此, 需要选用高品质的具有良好指向性控制能力, 高声压级的扬声器。

扩声设备分散和集中布置对比如图6所示。

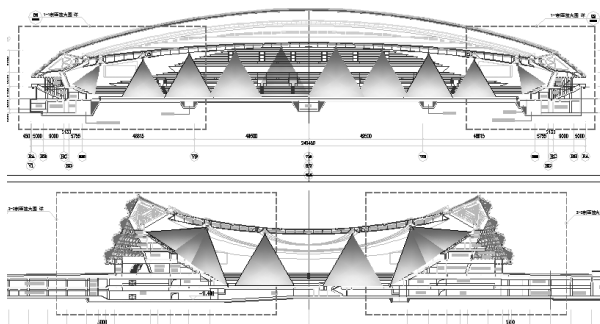


图6 扩声设备分散和集中布置的示意对比

Fig. 6 Schematic comparison of decentralized and centralized arrangement of sound reinforcement equipment

5.2 扩声设备的Q值 (指向性) 及选型

非观众区扩声衰减如图7所示。

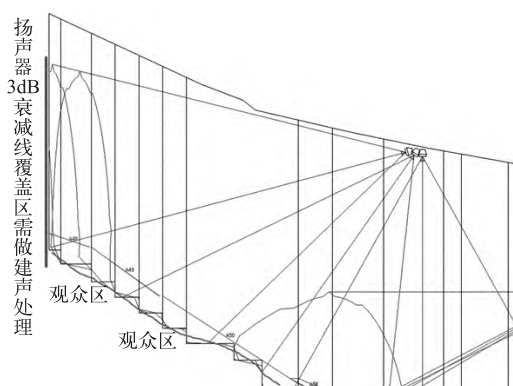


图7 非观众区扩声衰减

Fig.7 Sound reinforcement attenuation in non audience area

根据扬声器声线覆盖图,可以看出后墙在扬声器的3 dB衰减线覆盖区域,因此要在此处做建声处理,将声反射降到最低,从而提高观众区的语音可懂度指数。

从图7可以看到声音在看台上部蓝墙位置有个较大的反射声,场馆的观众区域的面积和声场夹角是不断变化,如果扩声设备的指向越好,语言清晰度越好。

设备的选型见表2。

表2 设备选型

Tab. 2 Equipment Selection

序号	需求	备注
1	强指向性	高Q值,垂直角度尽可能窄
2	宽覆盖角	水平角度尽可能宽
3	音箱数量少	尽可能少,最好是1或者2
4	声能密度大	扬声器之间无梳状滤波

5.3 测试效果

在观众没有进场空场条件下的测试,语言清晰度为0.7,平均0.63(现场实测)。

设置四个声场,东、南、西、北的音响间距小于16 m,保证声场的均匀度。声压级达到106~108 dB,传声增益-5 dB。选用高声密度设备,音响指向座椅区域,对超过座椅区域声音衰减大于-10 dB。比赛期间音响使用为95 dB。

到达墙面的声音南北衰减实际为12 dB,属于集中布置音响,面阵列技术,声音的指向性更强达到Q值128,远远优于通常Q值10的指标。

500 Hz混响时间3.3 s, 1 000 Hz混响时间3 s。

6 声学检测依据

6.1 检测依据

竣工检测根据JGJ/T 131—2012《体育场馆声学设计及测量规程》、JGJ/T 131—2012《厅堂扩声特性测量方法》、GB/T 4959—2011、GBJ 76《厅堂混响测量规范》和GB/T 15508—1995《声学、语言清晰度测量方法》。

在上述的检测规范中条纹和相关“国家建筑工程质量监督检验中心”出具的检验报告所列检验结论,可以看到声学检测内容包括:①最大声压级;②传输频率特性;③传声增益;④声场不均匀度;⑤总噪声;⑥扩声系统语言不均匀度;⑦混响时间。

根据上述特性指标判定属于《厅堂、体育馆扩声系统设计》中附表对应的级别分类。

6.2 功能不同检测区别

在GB/T 28049—2011《厅堂、体育场馆扩声系统设计》第3.1、3.2条中对厅堂、体育场馆进行了定义,中央电视台工程中大小录音棚未在规范中明确提及。后期根据某大学对录音棚的测试方法和报告特性指标为本底噪声、隔声和混响时间,可见录音棚与厅堂、场馆应区别对待。

7 结束语

本文对三个不同类型工程的声学专项施工内容的实施过程进行解析,根据建筑的特点,通过声学控制的措施,得到一个有特色的声学建筑环境。希望通过对三个代表性工程的声学方案的总结和对比,使得声学方案能有所完善。根据声学的特点和测试的不同及电声的控制方面,使得在施工前期准备和后期的运行阶段声学环境可控,达到最佳效果。

作者简介

唐馨庭(1976—),男,高级工程师,主要研究方向为建筑电气设计。

(收稿日期:2021-10-08)