

会展建筑展厅声环境主观评价

王 雪^{1,2}, 杨 柳^{1,2}, 闫增峰^{1,2}, 成 辉^{1,2}

(1. 西部绿色建筑国家重点实验室(西安建筑科技大学), 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 通过会展建筑现场调查研究探讨了适用于评价会展建筑展厅声环境的主观评价指标。以西安市某会展中心展厅为研究对象, 对展厅采取现场测量的方法进行连续等效 A 声级测量, 并对参展观众和工作人员使用主观问卷调查的方法进行展厅声环境质量的主观评价。结果表明: 展厅 LA_{eq} 最大值为 80.1 dB(A), 最小值为 64.5 dB(A), 68~78 dB(A) 是展厅声环境的主体部分(占总体展厅声环境的 84%); 随着展厅声压级提高, 工作人员和参展观众对展厅的满意度和声舒适度评价都呈下降趋势; 工作人员和观众的满意度临界声压级分别为 73.3 dB(A) 和 72.6 dB(A), 工作人员和观众的声舒适感临界声压级分别为 74.2 dB(A) 和 74.3 dB(A); 当声环境为 74~76 dB(A) 时, 观众期望背景音乐声降低, 而当声环境小于 73 dB(A) 时, 观众期望背景音乐声增大。参展观众和工作人员对于展厅的主观满意感、声舒适和声环境可接受度随着展厅声压增大而减小。会展建筑展出时应控制展厅背景声、音乐声和宣传广告声等声音的音量, 建议会展建筑展厅声压应低于 74 dB(A)。

关键词: 会展建筑; 展厅; 声环境; 主观评价

中图分类号: TU112

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2020)05-0647-07

Subjective evaluation of acoustic environment of conference and exhibition building

WANG Xue^{1,2}, YANG Liu^{1,2}, YAN Zengfeng^{1,2}, CHENG Hui^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Green Building in Western China, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: Based on the field investigation of exhibition buildings, a subjective evaluation index suitable for evaluating the acoustic environment of exhibition halls is discussed. Taking the exhibition hall of an exhibition center in Xi'an as the research object, a field experiment method was adopted for equivalent continuous A-weighted sound pressure level monitoring of the exhibition hall, and the subjective evaluation of the acoustic environment quality of the exhibition hall was conducted by means of subjective questionnaire survey for the audience and working personnel. Results show that the maximum value of LA_{eq} is 80.1 dB(A), the minimum value is 64.5 dB(A), 68~78 dB(A) is the main part of the exhibition hall's acoustic environment (accounting for 84% of the total exhibition hall's acoustic environment). With the increase of the sound pressure level of the exhibition hall, the working personnel and audience's satisfaction with the exhibition hall and the evaluation of the sound comfort show a downward trend. The critical sound pressure levels of working personnel and audience's satisfaction are 73.3 dB(A) and 72.6 dB(A) respectively. The critical sound pressure levels of sound comfort for working personnel and audience were 74.2 dB(A) and 74.3 dB(A), respectively. When the sound environment is 74~76 dB(A), the audience expects the background music to decrease, and when the sound environment is less than 73 dB(A), the audience expects the background music to increase. The subjective satisfaction, sound comfort and acceptability of the sound environment of the exhibition hall decrease with the increase of the sound pressure of the exhibition hall. It is suggested that the sound pressure of the exhibition hall should be lower than 74 dB(A).

Key words: conference and exhibition building; exhibition hall; acoustic environment; subjective evaluation

会展建筑建设随着社会经济活动的需求有了快速的发展, 其建筑面积、建筑空间容积、参展人数在不断地增加。其建筑尺度大, 使用人数多,

声学环境较一般建筑特殊, 应进行相应的声学研究。这一领域国外研究者研究的起步较早, 2002 年 Chad^[1] 提出大型展厅的背景噪声、隔声和混响

收稿日期: 2019-11-28

修改稿日期: 2020-09-12

基金项目: 陕西省教育厅专项科研计划项目(18JK0454); 国家重点研发计划项目(2017YFC0702402-04); 陕西省教育厅重点科学研究计划项目(20JS080)

第一作者: 王 雪(1986—), 女, 博士生, 主要研究建筑声学。E-mail: wangxue19861213@163.com

衰减的情况不同于一般的建筑,必须在室内实施额外的声学 and 噪声控制处理以适应使用需求. 2007年, Kang^[2]在大型中庭空间声场的研究中发现,比较大的中庭空间用经典的混响时间计算公式已经不再适用,认为混响时间可以用于评价空间的平均混响时间,而具体某一点的混响时间则应通过计算机模拟单独计算. 2015年, Lotte R. Baerends^[3]对 Turin 展厅的分析发现,拱形结构的和混凝土材料设计的展厅声场很不理想,限制了展厅的其他功能的使用. 国内对大空间室内的声学研究起步略晚, 2006年, 杨涛^[4]通过语言清晰度研究发现展厅在混响时间较长的情况下,发声者与听音者距离较近时语言清晰度较高,在距离较远时大部分声能为反射声能,语言清晰度不佳. 燕翔^[5]总结了室内噪声随人数增多而增大的特点,随着人数的增多,室内声场变化经历了安静阶段、舒适阶段、膨胀阶段和持续阶段. 王超^[6]通过对大空间声场特性进行分析,认为仅通过混响时间描述整个大空间声场不够准确,应采取计算机模拟等方式研究升高声场.

胡国祥^[7]通过对展厅声场现场测试调研发现,展会期间室内的环境噪声能达到 70 dB(A)以上,标准展位的围板对加强直达声能有一定作用,改变围板的吸声系数得到语言清晰度(STI)比同样环境噪声下特装展会有提高,但在环境噪声较高的情况下(NR50)语言清晰度状况仍不乐观.

顾克明^[8]、杨志华^[9]和晏家龙^[10]等针对大型会展中的扩声系统设计提出了扩声系统设计参数和控制系统可靠性设计方法,对大型会展中心建设与设计起到积极的作用.

《展览建筑设计规范》JGJ 218-2010^[11]提出在空场时的背景噪声的允许噪声级不宜大于 55 dB(A),对具体的吸声措施没有提出更多的要求或建议,缺少对展厅建筑声学设计的深入指导. 而通过计算机模拟发现在 55 dB(A)的背景噪声情况下,进行正常语言交流达不到良好的语言清晰度^[7],而在展会期间环境噪声水平更高,不大于 55 dB(A)的要求对实际展厅建筑声场设计的指导作用很有限. 部分展厅没有做专项的声学设计下,室内混响时间长,导致听不清广播和对话^[12].

以上研究明确了展厅空间的混响时间长、展厅噪声较高、语言清晰状况较差等声场缺陷问题,经典的混响时间计算方法不适用于大型展厅空间,使用人员的数量对空间的噪声有一定影响,肯定了吸声材料尤其是展位的围板对提高语言清晰的

作用,提出了增加吸声材料、空间吸声体等建筑设计指导原则,但是对于参展人员和展厅中的工作人员主观评价研究较少. 为了深入研究使用者对会展建筑展厅的主观评价,本研究通过对会展建筑展厅的主观评价和客观测试,目的在于找到合理的主观声评价指标和设计与管理会场声环境的依据,从而为优化会展建筑声环境设计和管理提供理论基础.

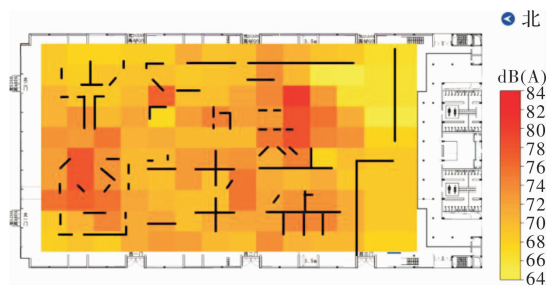
1 研究方法

以西安市某会展中心展厅为研究对象,采用调查访问和声环境测量及数据统计分析的方法.

1.1 会展中心展厅概况

对西安市某会展中心展厅进行客观测试和主观问卷调查. 该建筑于 2000 年建成使用,该会展中心展厅主体为长方形,长 130.24 m,宽 74.1 m. 展厅主要空间是单拱大跨度空间,局部有二层,三面墙面材料为玻璃幕墙,一面墙为混凝土墙,屋顶材料为金属板和玻璃. 进行主观和客观测试时,72%地面材料为临时铺装的薄地毯,其余地面为材料为水泥面.

在调查和测试期间,展厅展示了某环保展览,有 8 个大型展场(展出面积 150~400 m²)19 个中型展场(展出面积 50~150 m²),45 个小型展场(20~50 m²). 大型展场使用了大型 LED 屏、扬声器和电视,一般情况下 LED 屏与扬声器共同配合使用;中型展场一般以电视展示为主,并配合使用扬声器,小型展场部分使用电视展示,较少使用扬声器. 展厅展示时间从每日 9:00 开始至 17:00 结束. 展厅布展情况见图 1.



注:黑粗线(展位围板)

图1 展厅布展与等效 A 声级分布

Fig. 1 Exhibition hall distribution and equivalent A sound level distribution

1.2 主观调查方法

在正常展出的时间里进行主观问卷调查,测试调查日期为 2018 年 11 月 16 日至 28 日. 对展厅内参展观众和工作人员发放主观调查问卷,解释并

回答参展人员和工作人员对问卷的疑问, 共发放调查问卷 680 份, 去掉无效调查问卷后, 共收到有效调查问卷 622 份, 有效率为 91%。

考虑统计因素对评价结果的影响, 将受访人员按照性别、年龄、受教育程度、参展时间进行划分。受访人员男女性别比例比较接近; 除 18~25 年龄段人数比例稍少外, 其他年龄段比例较接近。受访者受教育程度大学生以上学历占总受访人数 75%。

对参展人员设置的问题有 7 个选择评分问题和调研人员背景问题。选择评分问题及对应的选项见表 1 和表 2。

1.3 等效 A 声级测量方法

对展厅平面平均划分为 10×17 个单元格, 在展出人数较稳定的时间段(11:00~15:00), 对每块单元格进行测试。每个单元用声级计记录 A 声级 LA_{eq} 的数据。测量时保证测量位置离墙面和其它主要反射面不小于 1 m, 距离地面 1.2 m 至 1.5 m, 每 1 秒记录一个读数, 连续测量 5 min, 得出等效 A 声级(LA_{eq})。

表 1 主观评价问题
Tab. 1 Subjective evaluation questionnaire

问题	内容
Q1	您认为大厅吵吗?
Q2	你对大厅声环境满意吗?
Q3	您认为大厅声环境舒适吗?
Q4	您能够接受现在的声环境吗?
Q5	大厅的声环境的烦恼感是怎样的?
Q6	您希望大厅背景音乐应该调小吗?
Q7	您希望背景噪声更低吗?

使用的仪器为 B&K2270 信号分析仪。测试前仪器均经过校正, 符合测试条件。测试期间场馆温度为 16.5~18.8℃, 相对湿度为 45%~60%。将展厅的 A 声级 LA_{eq} 水平绘制于图 1。

对受访人主观问卷询问结束之后, 马上在调查地点进行声环境的测试, 测试内容为等效 A 声级 LA_{eq} , 测试方法同上。

表 2 问题对应的选项和定量标准
Tab. 2 Options and quantitative criteria for questionnaire

	-2	-1	0	1	2	3	4
Q1	/	/	一点也不吵	好像有点吵	比较吵	相当吵	特别吵
Q2	很不满意	不满意	一般	较满意	很满意	/	/
Q3	很不舒适	不舒适	一般	较舒适	很舒适	/	/
Q4	/	/	不能接受	能接受	/	/	/
Q5	/	/	毫不烦恼	有点烦恼	烦恼	非常烦恼	极其烦恼
Q6	调高背景音乐		不需要变化	调低背景音乐	关闭背景音乐	/	/
Q7	/	/	不需要变化	噪声应该稍低	噪声应该非常低	/	/

2 结果与分析

2.1 展厅声环境

对展厅的调查发现, LA_{eq} 最大值为 80.1 dB(A), 最小值为 64.5 dB(A)。由图 1 可知, A 声级 LA_{eq} 较高区域主要集中于展厅北门入口区, 和其他个别小展区, 而展厅四周部分声压较小。其中 68~78 dB(A) 占总体展厅声环境的 84%, 是展厅声环境的主体部分。

展厅的 A 声级 LA_{eq} 水平图 1 中可以看出, 有展位展位的围挡的区域围挡内外 LA_{eq} 差异可以很大, 无围挡区域在较高处向四周的声压级衰减较慢。由此可见, 为了减少各展区之间声环境的相

互干扰, 在展厅中可适当增加围挡的长度和高度。并应根据展区面积、围挡长度合理安排各个展区的声源。

2.2 主观调研问卷

根据收集到的主观调研问卷评价结果, 对每份问卷的客观声环境情况进行一一对应匹配。调研期间时, 主观问卷中 LA_{eq} 最大值为 78.2 dB(A), 最小值为 68.1 dB(A)。以 1 dB(A) 为基本单位, 将调研问卷分组分析, 工作人员与参展观众每 1 dB(A) 的问卷数量见图 2。由图可知, 工作人员较多的集中在 70~74 dB(A) 环境中工作, 而参展观众主要在 68~74 dB(A) 参观展出。在调研中有少部分工作人员(13.5%) 在 77~78 dB(A) 工

作,但在77~78 dB(A)的声环境下没有获取参展观众的问卷。

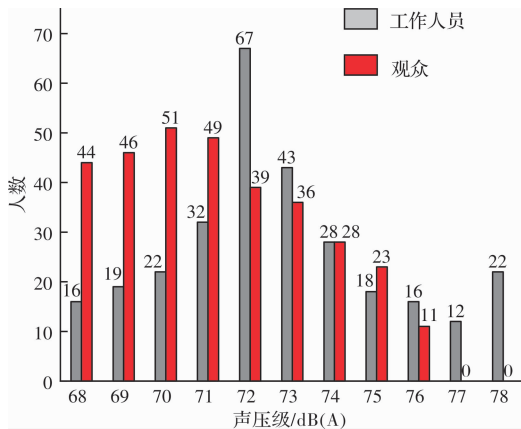


图2 受访者人数分布

Fig. 2 Distribution of respondents

2.2.1 声环境满意度

对每1 dB(A)工作人员和参展观众的满意度进行平均值统计,统计情况见图3,工作人员的满意值平均值为0.45,观众的满意值平均值为0.58,二者的满意值平均值较接近。由图可看出,随着声环境声压的增高,工作人员和观众的满意率都在降低。当大厅声环境为68~73 dB(A)时,工作人员和观众都表示较满意,且反应情况也比较一致。参展观众在73~78 dB(A)环境下,对大厅声环境满意度的评价快速降低。工作人员在76~78 dB(A)环境下,对大厅声环境满意评价快速降低。

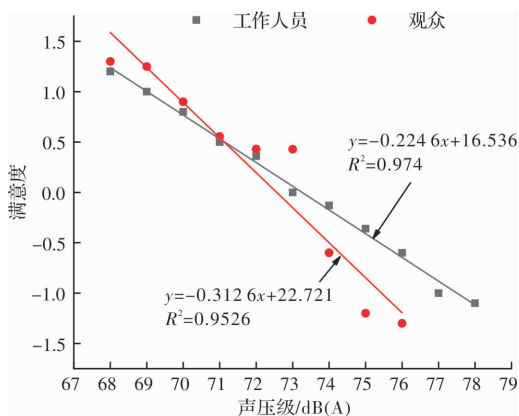


图3 展厅声环境满意度

Fig. 3 Acoustic environmental satisfaction in exhibition hall

对工作人员与观众的满意度与声压级回归分析,满意度回归模型为式1和式2

$$S_{\text{工}} = -0.2355LA_{\text{eq}} + 17.256 \quad (1)$$

$$S_{\text{观}} = -0.3479LA_{\text{eq}} + 25.248 \quad (2)$$

令 $S_{\text{工}}$ 和 $S_{\text{观}}$ 为0,即满意度为0时,求解 LA_{eq} 的值为满意度临界值,工作人员和观众满意度临

界值为 $L_{\text{满,工}} = 73.3$, $L_{\text{满,观}} = 72.6$,观众与工作人员的满意度临界指标值较为接近。

2.2.2 声环境舒适度

对每1 dB(A)工作人员和参展观众的对环境的舒适程度评价进行平均值统计,统计情况见图4。由图可知,随着大厅声压级的提高,工作人员和观众对大厅声环境的舒适评价降低。当大厅声压级为68~73 dB(A),参展观众对声环境舒适的评价变化较不明显,在73~78 dB(A)区间,随着声压的增大,观众的舒适度在降低。分别对工作人员舒适评价的全段和观众在73~76 dB(A)区间舒适评价进行线性回归,回归结果显示于图4。通过图4可知,工作人员和观众对声舒适的敏感度较接近,但观众的舒适评价高于工作人员。

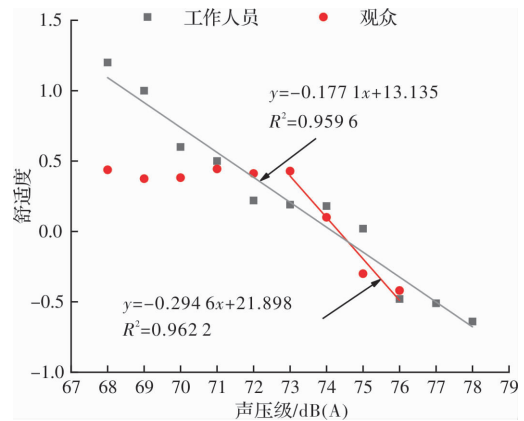


图4 展厅声环境舒适度

Fig. 4 Sound environment comfort in exhibition hall

对工作人员与观众的舒适度与声压级回归分析,满意度回归模型为式(3)和式(4)。

$$C_{\text{工}} = -0.1771LA_{\text{eq}} + 13.135 \quad (3)$$

$$C_{\text{观}} = -0.2946LA_{\text{eq}} + 21.898 \quad (4)$$

令 $C_{\text{工}}$, $C_{\text{观}}$ 的值为0,即舒适度为0时,求解观众与工作人员的舒适度临界指标, $L_{\text{舒,工}} = 74.2$, $L_{\text{舒,观}} = 74.3$,观众与工作人员的舒适度临界指标较为接近。

2.2.3 声环境可接受率

对会展大厅环境的声环境可接受率进行平均值统计,统计情况见图5。大厅声压级为70~78 dB(A)时,随着声压级增大,声环境可接受率降低。当大厅声压为75~78 dB(A),工作人员声环境的可接受率低于80%。当大厅声压为75~76 dB(A),观众的声可接受率低于80%。

2.2.4 声环境吵闹度

对每1 dB(A)工作人员和参展观众的对环境的吵闹程度评价进行平均值统计,统计情况见图6。由表可看出,随着大厅声压的升高,工作人员和

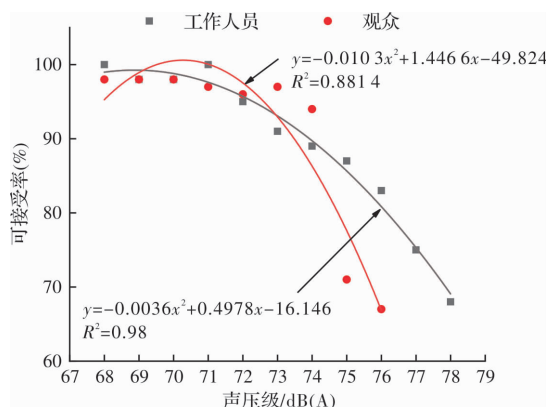


图5 展厅声环境可接受率

Fig. 5 Acceptability of sound environment in exhibition hall

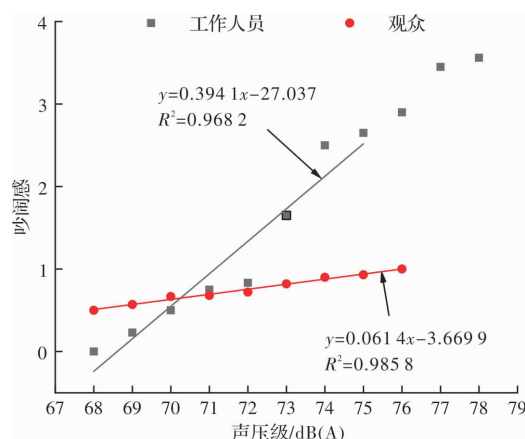


图6 展厅声环境吵闹度

Fig. 6 Noise felt in exhibition hall

观众对环境吵闹程度评价升高, 受访者以为声压高的环境下, 更吵闹。工作人员在 73 ~ 78 dB(A) 环境下, 对大厅吵闹感的评价要高于观众。

2.2.5 声环境烦恼度

“非常烦恼”和“极其烦恼”的人群数量所占比例称为高烦恼度(HA%)^[13]。观众和工作人员的的选择选项结果中未出现“非常烦恼”和“极其烦恼”选项。这一指标不适合评价会展大厅的声环境。

为了进一步考察展厅声环境中的烦恼水平, 采用了烦恼感指标进行评价。烦恼感即每 1 dB(A) 声环境中烦恼评价问题对应的定量平均值, 见图 7。图中可见, 观众的烦恼感低于工作人员。

2.2.6 背景声期望

对观众的会展中心大厅环境的声期望情况进行统计, 统计情况见图 8。由图可知, 展厅中观众对背景噪声降低期望始终接近 1, 即声音降低一点。当声环境为 74 ~ 76 dB(A) 时, 受试人员对背景音乐声降低的期望为 0.56 ~ 0.78, 期望背景音乐声低, 当声环境为 68 ~ 72 dB(A) 时, 受试人员

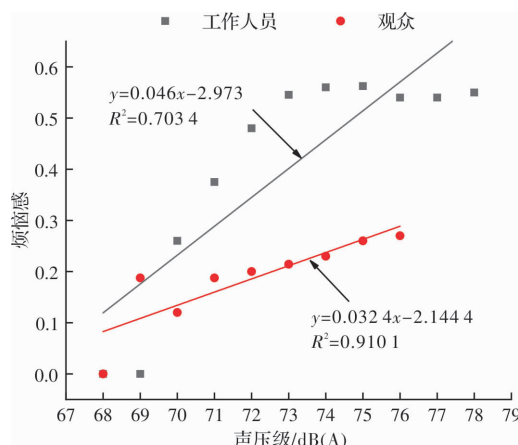


图7 展厅声环境烦恼感

Fig. 7 Sound environment annoyance in exhibition hall

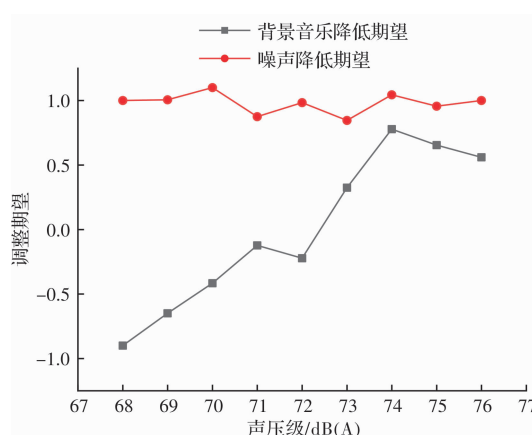


图8 展厅背景声期望

Fig. 8 Expectations of background sound in exhibition hall

对背景音乐声降低的期望为 -0.92 ~ -0.12, 期望背景音乐声增高。

3 讨论

从以上六个指标的主观评价的结果来看, 六个指标对会展中心的声场情况都有较好的反应, 但六个指标的侧重情况又有不同, 且工作人员和观众和指标也有不同的回应和评价。观众和工作人员对展厅的声满意度和声舒适度评价指标比较接近, 但观众和工作人员的满意度临界值均小于舒适度值, 这说明观众和工作人员对满意度要求高于舒适度要求, 并且声压越小评价越优。二者的评价相比较, 观众对高声压区更为敏感。声环境的吵闹感指标和烦恼度指标也有相似的评价, 随着声压变大, 吵闹感和烦恼感都会增强。但观众的烦恼感更趋近于线性的评价, 而工作人员在较高声压区段, 随声压增大烦恼感增加不多。观众对背景声始终都希望噪声减小, 当声压级小于 72 dB(A) 时, 也希望增加背景音乐。

陈静^[14]等在天津国展中心和天津梅江会展中心的声环境研究显示,声环境的响度是对使用者情绪、注意思考能力和行为产生影响最大的因素。使用者因背景噪声较大,难以从中获取有效信息。在本次研究中,观众对较低背景噪声的声环境较满意,也呼应了陈静的研究结果。

观众在会展中心参展时的心理和生理的变化是一系列复杂的问题,观众在参展中对客观展厅声环境的主观评价也在复杂的变化。为了得到真实场景下的声环境评价结果,本次研究使用了展厅现场调查研究。现场情况更加复杂和不易控制,对研究结果的精度有一定程度的影响,这与现场实验特性有关。在今后的研究中,可以考虑增加更精确的实验研究配合现场研究进行更加深入的研究。

4 结论

通过在西安会展中心展厅中就参展人员和工作人员对主观声舒适评价研究,得出以下结论:

(1)参展观众和工作人员对于展厅的主观满意感、声舒适和声环境可接受度随着展厅声压增大而减小,在展厅展出时应控制展厅音乐声和宣传广告声等声音的音量。

(2) 72~74 dB(A)是参照观众和工作人员声满意和声舒适的临界值,建议会展建筑展厅声压应低于 74 dB(A)。

(3)当展厅声环境低于 73dB(A)时,受试者期望音乐背景声增高,受试者对于展厅始终有降低噪声的期望,可利用室内的音乐声和广播声,提高使用人员的满意度。

以上研究为会展建筑声环境设计和声环境管理提供依据。

参考文献 References

- [1] HIMMEL C N, EVANS J B, KNIGHT S B. Virtual auditorium concepts for exhibition halls [J]. Journal of the Acoustical Society of America. 2002, 112(5): 2312-2312.
- [2] KANG J, YAP P L, MENG Y, et al. Acoustics in large atrium spaces [C]// 14th International Congress on Sound and Vibration 2007. ICSV, 2007: 164-171.
- [3] LOTTE R Baerends. The design of a multifunctional

exhibition hall [D]. Delft University of Technology, 2015: 28.

- [4] 杨涛. 会展建筑的声学设计研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2006: 69-71.
YANG Tao. Research on acoustic design of exhibition buildings [D]. Jinan: Shandong University of architecture, 2006: 69-71.
- [5] 燕翔. 体育馆声学装修设计[J]. 电声技术, 2012, (5): 3-10.
YAN Xiang. Acoustic decoration and design for the gymnasium [J]. Audio Engineering, 2012 (5): 3-10.
- [6] 王超. 大空间声场特性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
WANG Chao. Research on the acoustics Characteristics of large space [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013.
- [7] 胡国祥. 大型展厅声场特点及语言清晰度研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011: 54-57.
HU Guoxiang. Research on the acoustics and speech intelligibility of large exhibition hall [D]. Guangzhou, 2011: 54-57.
- [8] 顾克明, 陈敏, 顾铿. 昆明滇池国际会展中心万人会场扩声系统设计[J]. 电声技术, 2015, 39(8): 3-8.
GU Keming, CHEN Min, GU Zeng. Design of sound reinforcement system in Kunming Dianchi international convention exhibition center hall [J]. Audio Engineering, 2015, 39(8): 3-8.
- [9] 杨志华, 邱德华. 会展中心声学设计[J]. 电声技术, 2004(2): 5-7.
YANG Zhihua, QIU Dehua. Acoustical design for convention and exhibition center [J]. Audio Engineering, 2004(2): 5-7.
- [10] 晏家龙. 贵阳会展中心大会堂电声系统设计[J]. 电声技术, 2005 (8): 18-21.
YAN Jialong. Design of electroacoustic system for the great hall of Guiyang convention and exhibition center [J]. Audio Engineering, 2005 (8): 18-21.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 展览建筑设计规范: JGJ 218-2010[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010: 16.
Ministry of housing and urban rural development of the people's Republic of China: Code for design of exhibition buildings JGJ 218-2010 [S]. Beijing: China Construction Press, 2010: 16.

- 际城市规划, 2019, 34(1): 50-57.
- ZHANG Lingzhu, QING Anlan. Application of 3D spatial network analysis in pedestrian system of high density urban center: a case study of Central Hong Kong [J]. Urban Planning International, 2019, 34(1): 50-57.
- [24] 董世永, 龙晨吟. 基于模糊综合评价的住区可步行性测度方法及发展策略研究: 以重庆典型住区为例[J]. 西部人居环境学刊, 2015, 30(1): 106-112.
- DONG Shiyong, LONG Chenyin. Research on the measurement method and development strategy of residential walkability based on fuzzy comprehensive evaluation [J]. Journal of Human Settlements in West China, 2015, 30(1): 106-112.
- [25] 周钰. 街道界面形态规划控制之“贴线率”探讨[J]. 城市规划, 2016, 40(8): 25-29, 35.
- ZHOU Yu. Exploration on “build-to-line ratio” in urban planning control on street interface [J]. City Planning Review, 2016, 40(8): 25-29, 35.
- [26] 方智果, 宋昆, 叶青. 芦原义信街道宽高比理论之再思考: 基于“近人尺度”视角的街道空间研究[J]. 新建筑, 2014(5): 136-140.
- FANG Zhiguo, SONG Kun, YE Qing. Reflection of Yoshinobu Ashihara's research about the proportion of street width to building height: A study of street space based on Human Scale [J]. New Architecture, 2014(5): 136-140.
- [27] 刘泉. TOD地区规划圈层结构划分的影响要素[J]. 国际城市规划, 2017, 32(5): 72-79.
- LIU Quan. Factors affecting circle structure of TOD concentric models [J]. Urban Planning International, 2017, 32(5): 72-79.
- (编辑 桂智刚)
-
- (上接第 652 页)
- [12] 张维. 会展建筑展厅综合性能提升策划设计策略探讨[J]. 南方建筑, 2017(5): 20-23.
- ZHANG Wei. Discussion on the architectural programming and design strategies to enhance the overall performance of the exhibition hall in exhibition and convention center [J]. South Architecture, 2017(5): 20-23.
- [13] 程建春, 田静. 创新与和谐: 中国声学进展[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 576-586.
- CHENG Jianchun, TIAN Jing. Innovation and harmony: The development of acoustics in China [M]. Beijing: Science Press. 2008: 576-586.
- [14] 陈静, 马蕙. 大空间建筑声环境分析[J]. 南方建筑, 2019(3): 48-53.
- CHEN Jing, MA Hui. analysis of the acoustic environment in large interior spaces [J]. South Architecture, 2019(3): 48-53.
- (编辑 桂智刚)