

引用格式: 梁璐, 刘宇峰, 史晓峰. 站前广场声环境调查与评价——以太原站和太原南站站前广场为例[J]. 声学技术, 2021, 40(5): 702-709. [LIANG Lu, LIU Yufeng, SHI Xiaofeng. Acoustic environmental investigation and evaluation in the front squares of Taiyuan station and Taiyuan south station[J]. Technical Acoustics, 2021, 40(5): 702-709.] DOI: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2021.05.017

站前广场声环境调查与评价——以太原站和太原南站站前广场为例

梁璐, 刘宇峰, 史晓峰

(太原理工大学建筑学院, 山西太原 030024)

摘要:以太原站和太原南站站前广场为例, 采用客观测量和主观问卷相结合的方式, 对站前广场的声环境进行调查研究。调查结果表明, 两个站前广场声环境质量基本达标, 但有部分区域噪声值超标。得益于整体规划合理并设有绿化带等原因, 太原南站站前广场声环境满意度较高。社会生活噪声是站前广场的主要声源, 其中以广播宣传声为主; 铁路列车声是站前广场特有的声源。基于语义差别法和因子分析法对站前广场声环境的研究分析表明, 站前广场声环境的舒适度和趣味性一般, 声源强度和丰富度较高。最后针对站前广场目前存在的声环境问题提出改善建议, 旨在提高声环境质量并为此类空间声景营造提供参考依据。

关键词: 站前广场; 声环境; 语义差别法; 因子分析法

中图分类号: TU112

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2021)-05-0702-08

Acoustic environmental investigation and evaluation in the front squares of Taiyuan station and Taiyuan south station

LIANG Lu, LIU Yufeng, SHI Xiaofeng

(College of Architecture, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, Shanxi, China)

Abstract: By taking the front squares of Taiyuan Station and Taiyuan South Station as examples, a combination of objective measurement and subjective questionnaires is used to investigate and study the acoustic environment of station squares. The survey results show that the acoustic environmental quality of the front squares of the two stations basically reaches the standard, but the noise levels in some areas exceed the standard. Profited from the reasonable overall planning and the establishment of green belts, the acoustic environmental satisfaction in the front square of Taiyuan South Railway Station is relatively high. Noise from social life is the main sound source in the front square of the station, among which the broadcasting sound is dominated, and the train sound is the unique source there. Based on semantic difference method and factor analysis method, the research shows that the acoustic environment in the front squares of the station is generally comfortable and interesting, and the intensity and abundance of the sound source are relatively high. Finally, some suggestions are put forward to solve existing acoustic environment problems and improve acoustic environmental quality in the front squares of station, which provides a reference for the construction of such spatial soundscapes.

Key words: station square; acoustic environment; semantic difference method; factor analysis

0 引言

随着近年来经济的快速发展, 人们的生活水平大幅提高, 与此同时, 环境污染也日益严重。其中, 噪声污染是一个不可忽视的方面, 为了营造健康舒适的生活环境, 声环境的保护和改善尤为必要。声

环境质量的重要性已被广泛认识, 国内外已有很多关于公共空间声环境的研究成果。Mediastika 等通过视障人士对某公园声环境进行评价, 对于视障人士而言, 突发性声源和愉悦性声源是公园中最突出的声源^[1]。孙杨等根据对临时露天市场的客观和主观测量, 研究了露天市场对声音环境和声音感知的影响, 得出人群密度增加可以降低声压级的结论^[2]。为研究交通运输噪声对小区声环境的影响, 陈琳等采用 Cadna/A 软件建立某路段的噪声预测模型, 分析声屏障的降噪效果, 为高速公路沿线交通运输噪声污染提供防控方法^[3]。目前的声环境研究都是针对公园、市场和小区等功能空间展开, 即使有关于

收稿日期: 2021-03-01; 修回日期: 2021-03-31

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(51708383)、山西省高等学校科技创新项目(2019L0158)。

作者简介: 梁璐(1995—), 女, 山西太原人, 硕士研究生, 研究方向为建筑声学。

通信作者: 史晓峰, E-mail: xiaofengshi@hotmail.com

站前广场环境的研究，也大多停留在景观规划设计、使用后评估等方面^[4-6]，针对站前广场声环境的研究还相对匮乏。火车站作为铁路交通与城市内部交通的转换场所，其站前广场承担着交通转换及旅客集散的重要作用。除此之外，作为外来旅客到达一个城市后首先体验的环境，站前广场可被看作是一个城市的门户，向人们展示城市面貌。近年来站前广场的环境较过去有所改善，功能也日趋多样，与人们的生活联系更加密切。为了提高人们对公共空间声环境的重视，并改善和保护站前广场声环境，对其进行研究就显得十分必要。本文将站前广场作为研究对象，分别进行物理测量和基于语义差别(Method of Semantic Differential, SD)法的问卷调查，将所得数据进行分析，总结声源构成，分析声音喜好度的影响因素，通过因子分析法归纳影响站前广场声环境的主要因子，并就其声环境现状提出优化方案和解决意见，为此类声环境的改善与发展提供参考依据。

1 研究方法

1.1 研究对象

太原站的历史可追溯到清光绪三十三年(1907年)，1975年新太原站正式建成运营，2010年改造后被列为太原市历史建筑。太原南站2014年投入运营，是太原市的标志建筑车站，也是山西省的重要交通枢纽之一。新老两个火车站分别主要承担高铁、动车与普通列车的客运工作，旅客到发量日均十余万人次。两个火车站站前广场都紧临城市主干道，位于城市主要街区，与人们的生活息息相关，不仅是交通转换、人流集散的空间，同时也是市民休闲娱乐、健身活动的场所。本文将太原站及太原南站站前广场作为声环境研究对象，旨在通过对其调查数据进行分析，对比新老两个火车站站前广场声环境的异同和优缺点，对其声环境做出评价并提出建议，为同类型建筑声环境设计和研究提供参考，给广大旅客和市民展现太原的良好风貌和提供更加舒适的生活环境。

1.2 前期调查

“声漫步法”是声环境研究中广泛采用的方法之一^[7-9]，最早由加拿大作曲家 Schafer 提出，由实验人员在预定路线上漫步，并对沿途声源做出判断和评价^[10]。本次调查前期通过“声漫步法”确定了广场上的声源主要有：自然声、社会生活噪声(广播宣传声、人流活动声、拉杆箱声)、交通运输噪声

(铁路列车声、机动汽车声)和建筑施工噪声。

两个广场各选取具有代表性的四个区域作为测点，太原站站前广场选取出站口处(测点1)、地下通道口处(测点2)、广场中央(测点3)和售票口处(测点4)四个测点，太原南站站前广场选取站房处(测点5)、地下出站口处(测点6)、绿化带处(测点7)和公路边(测点8)四个测点，具体位置如图1、图2所示。太原站站前广场，出站口(测点1)是旅客出站的必经之处，其声环境质量的好坏直接影响到外来旅客对站前广场乃至一个城市的声环境评价；城市中采用步行或公共交通方式的人们需要通过地下通道(测点2)到达站前广场，此处人流密集，对站前广场声环境有很大的影响；广场中心(测点3)作为站前广场上地理位置的中心，具有较强的代表性；售票口处(测点4)不仅是人们来到火车站现场购票的场所，同时也紧临停车场出入口，声环境易受到附近交通运输噪声的影响。太原南站站前广场，站房处(测点5)作为站前广场人流最密集的地方，主要噪声来源是人流活动声，噪声会对广场上大部分人们的声环



图1 太原站站前广场测点分布图
Fig.1 Distribution of survey points in the front square of Taiyuan Station

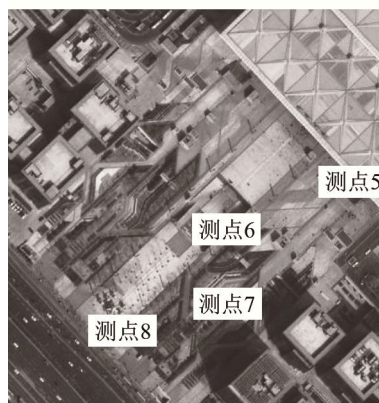


图2 太原南站站前广场测点分布图
Fig.2 Distribution of measuring points in the front square of Taiyuan South Railway Station

境感受产生最直接的影响；地下出站口处(测点 6)作为部分旅客出站后的缓冲空间，且位于地下，可以将其与地上声环境作为对比；绿化带处(测点 7)作为站前广场上人们的休闲场所，这里的噪声会直接影响在此休息活动的人们的听觉感受，将其作为测点也可探究绿化带对噪声衰减的效果；公路边(测点 8)作为站前广场最靠近公路的位置，交通运输噪声对其有很大影响。因此，将以上区域作为测点是比较有价值且具有一定代表性的。

根据站前广场的现场声环境情况制作语义差别评价量表，语义差别法是由 Osgood 提出的心理学研究方法。其方法是选取多对与被测环境相关且互为反义词的形容词，由被测者根据其主观感受对形容词的程度进行评价^[11]。为了能够对站前广场声环境准确描述，通过小范围发放问卷，分析结果后剔除了初定 20 组形容词对中 3 组对站前广场声环境描述不够贴切或不易做出判断的形容词对(缓慢/急促、熟悉/陌生、热情/冷漠)，最终得到包含 17 组形容词对的语义差别评价的五级量表。

1.3 客观测量

参考现行环境噪声监测技术规范^[12]和 ISO/TS 12913-2: 2018^[13]，对太原站和太原南站站前广场的声环境分别于平常时期和春运时期进行了客观测量，平常时期测量时间为 2020 年 12 月 26 日和 27 日，春运时期测量时间为 2021 年 1 月 31 日，时间分为上午 9: 00、中午 12: 00 和下午 3: 00 三个时间段。对前期确定好的 8 个测点进行测量，因 A 计权声压级最能模拟人耳听觉特性，所以本次实验采用 A 计权声压级，测量仪器为 HS6298B 型噪声频谱分析仪，测点位于距离地面 1.2 m 以上，距离任何反射物(地面除外)大于 3.5 m，天气无雨雪、无雷电，风速 $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下。每个测点测量 20 mins 并记录等效连续声级 L_{eq} 、最大声级 L_{max} 、最小声级 L_{min} 等测量结果。

1.4 主观问卷调查

为保证调查问卷结果的可信度和有效性，选在天气较好的时间，由 6 名实验人员向站前广场上有填写意愿的人群随机发放问卷。调查问卷内容包括 (1) 被调查者的基本身份信息：性别、年龄和身份(进出站旅客/在此活动的居民)；(2) 对站前广场上各种声源的评价：自然声、社会生活噪声(广播宣传声、人流活动声、拉杆箱声)、交通运输噪声(铁路列车声、机动汽车声)和建筑施工噪声，评价内容包括：声音响度、声音频繁程度和声音喜好程度，程度最高为 5 分，最低为 1 分，以及希望听到的声音；

并对声音喜好度与身份信息进行相关性分析。(3) 对站前广场整体声环境的评价：由 17 组形容词组成的语义量表，中间分为五个连续等级，分值依次为 -2、-1、0、1、2 分，并可根据其结果绘制语义差别量表(SD 曲线图)^[14]。由此获得被调查者对站前广场的声环境主观感受评价，进一步分析其影响因素；(4) 对站前广场整体声环境的满意度和重视程度评价，以及对站前广场整体环境的满意度评价，并进行相关性分析。

2 结果分析

2.1 客观测量结果分析

根据《声环境质量标准》，按区域的使用功能特点和环境质量要求分类，站前广场属于 4 类声环境功能区，要求昼间环境噪声限值不得超过 70 dB(A) ^[15]。太原南站站前广场整体声环境较好，各测点声压级平均值在平常时期和春运时期均小于太原站站前广场。各测点上午(9: 00)、中午(12: 00)和下午(3: 00)三个时间段测得的等效连续 A 声级的平均值如表 1 所示，其中，太原站站前广场平常时期出站口处(测点 1)和售票口处(测点 4)声环境质量达标，地下通道口处(测点 2)噪声值超标，为 71.7 dB(A) ，其主要原因是此位置靠近地下通道，噪声由大量的交通运输和人流活动造成；广场中心(测点 3)噪声值超标，为 74.3 dB(A) ，噪声主要是由此处连续播放响度较大的广播造成的。与太原站站前广场不同的是，由于太原南站建设晚于太原站，所以各方面设施和环境相对完善，太原南站站前广场南北两侧设置了绿化带，绿化带处(测点 7)的噪声值明显小于其他多数测点。而地下出站口(测点 6)因为其地势原因，噪声值最小。太原南站站前广场平常时期声环境总体较好，除公路边(测点 8)的噪声值超标外(70.9 dB(A))，其余测点均达标，公路边噪声值超标的主要原因是此处紧临城市主干道，噪声来源主要是交通运输噪声。

春运时期各测点的声压级测量值均高于平常时期，以太原南站站前广场站房处(测点 5)的噪声级提高最为明显，较平时提高了 6.1 dB(A) ，为 74.4 dB(A) ，并且超过了《声环境质量标准》4 类声环境功能区昼间不得超过 70 dB(A) 的标准，这主要与春运时期站前广场客流量增加有关，此处的噪声源主要为人流活动声和广播宣传声。而由于春运期间太原南站高铁动车对太原站普通列车的旅客分流和疫情原因，太原站的人流变化不大，因此站前

广场的声压级变化并不十分显著。

表 1 各测点等效连续 A 声级测量值
Table 1 The measured equivalent continuous A sound level at each measuring point

测量位置	太原站站前广场 等效连续 A 声级 测量值/dB(A)		测量位置	太原南站等效连 续 A 声级测量值/ dB(A)	
	平常	春运		平常	春运
出站口处 (测点 1)	66.3	67.8	站房处 (测点 5)	68.3	74.4
地下通道口 处(测点 2)	71.7	72.7	地下出站口 处(测点 6)	58.2	58.9
广场中心 (测点 3)	74.3	74.6	绿化带处 (测点 7)	64.0	64.9
售票口处 (测点 4)	64.4	64.9	公路边 (测点 8)	70.9	73.6
平均值	69.2	70.0	平均值	65.4	68.0

2.2 主观问卷调查结果分析

本次调查共发放问卷 200 份，太原站和太原南站各发放 100 份，收回有效问卷 191 份，其中，太原站 94 份，太原南站 97 份，问卷有效回收率为 96%。为分析被调查者的性别、年龄和身份与声源喜好度评价、整体声环境评价、声环境满意度和重视程度的关系，统计了被调查者的基本身份信息，如表 2 所示。本次实验数据均通过克朗巴哈(Cronbach)信度系数法进行信度分析，Cronbach Alpha 系数是衡量信度的一种指标，越大表示信度越高。本次整体实验数据的 Alpha 系数是 0.803，说明信度比较好。

表 2 站前广场问卷基本身份信息统计表
Table 2 Statistics of basic identity information of the questionnaire in the station square

地点	性别		年龄				身份	
	男	女	18~35 岁	36~50 岁	51~65 岁	65 岁 以上	旅客	居民
太原站	60	34	49	24	18	3	53	41
太原南站	63	34	53	27	15	2	76	21
总数计	123	68	102	51	33	5	129	62

2.2.1 声源构成

综合调查问卷中的声音响度和声音频繁程度两个评价指标，取其平均值来反映站前广场声环境的声源构成，分值越高，代表其对人们的影响越大，结果如表 3 所示。由表 3 可见，太原站和太原南站站前广场最主要的声源是社会生活噪声，包括广播声、人流活动声和拉杆箱声。其中，影响最大的是广播宣传声，在调查过程中，多名被调查者表示太

原站站前广场的广播声响度过大，对此声音感到反感，由此影响了对站前广场整体声环境质量的评价。自然声和交通运输噪声的评分居中。评分最低的声源是建筑施工噪声，评分分别为 1.3 分和 1.4 分，说明建筑施工噪声在站前广场上并不明显。

表 3 站前广场声源构成评价表
Table 3 Evaluation table of sound source composition in the station squares

声源	太原站 站前广场	太原南站 站前广场
自然声	2.2	1.9
社会生活噪声	广播宣传声	3.7
	人流活动声	3.1
	拉杆箱声	3.1
交通运输噪声	铁路列车声	1.8
	机动汽车声	2.1
建筑施工噪声	1.3	1.4

2.2.2 声音喜好度评价

在声音喜好度评价中，统计调查问卷评分取得平均值，结果如表 4 所示，最受人们喜爱的声源是自然声，评分为 3.0 分。人们对广播宣传声等社会活动声和交通运输噪声的喜好度一般。交通运输噪声中，人们对机动汽车声较为反感，但因所处站前广场这种特定场合，人们对于铁路列车声比较包容。虽然站前广场上的建筑施工噪声并不明显，但其依然最受人们反感，喜好度评分仅为 1.7 分，由于站前广场附近建筑施工噪声不明显，因此在喜好度影响因素研究中对其不做分析。

表 4 站前广场声源喜好度评价表
Table 4 Evaluation table of sound source preference in the station squares

声音类型	喜好度评分	声音类型	喜好度评分
自然声	3.0	铁路列车声	2.6
广播宣传声	2.5	机动汽车声	2.3
人流活动声	2.6	建筑施工噪声	1.7
拉杆箱声	2.3		

以被调查者的性别、年龄和身份为自变量，声音喜好度为因变量，探讨之间的相关性关系。利用 SPSS 软件对数据进行分析，基于本次实验数据的特性，选择通过曼-惠特尼(Mann-Whitney U)检验法分析声音喜好度与性别、身份的相关性，选择通过克鲁斯卡尔-沃利斯(Kruskal-WallisH)检验法分析声音喜好度与年龄的相关性，结果如表 5 所示。渐进显著性小于 0.05 时表示存在显著相关性。声音喜好度与性别相关性不显著，仅在广播声方面女性的接受度稍好与男性。声音喜好度与被调查者的身份相

表 5 声音喜好度与其影响因素表
Table 5 Sound preferences and their influencing factors

影响因素	自然声喜好度		广播宣传声喜好度		人流活动声喜好度		拉杆箱声喜好度		铁路列车声喜好度		机动汽车声喜好度	
	渐进显著性	均差值	渐进显著性	均差值	渐进显著性	均差值	渐进显著性	均差值	渐进显著性	均差值	渐进显著性	均差值
性别	0.892	-0.018	0.011	0.441	0.54	-0.1	0.91	-0.017	0.398	-0.172	0.95	-0.087
身份	0.007	0.63	0.006	0.48	0.015	0.38	0.075	0.315	0.193	0.262	0.44	0.131
年龄	0.04	-	0.129	-	0.002	-	0.008	-	0.015	-	0.04	-

关性显著，自然声喜好度、广播宣传声喜好度和人流活动声喜好度与被调查者的身份显著相关，渐进显著性分别为 0.007、0.006 和 0.015，在此活动的本地居民对于以上声音的喜好度普遍比进出站的旅客更高，这有可能是因为在此活动的居民已经习惯了这些声音，而进出站旅客的心情更容易受到这些声音的影响。分析声音喜好度与年龄的相关性结果显示，除广播宣传声喜好度外，其余声音喜好度的渐进显著性均小于 0.05，说明不同年龄段对声音喜好度有显著的差异，进一步分析独立样本测试图得出，65 岁以上年龄段的人群对于自然声、人流活动声、拉杆箱声和机动汽车声的接受度更高。而越年长的人对铁路列车声的喜好度越高，这可能与年长的人对噪声的敏感度下降有关。

在被问到是否希望听到其他声音中，52.4%的受调查者表示不希望听到其他声音，希望所处环境尽量安静，47.6%的人希望听到其他声音，其中以水流声和音乐声最受欢迎，分别占比 40.0%和 33.0%，其次为鸟鸣声，占比 27.5%。通过 Mann-Whitney U 检验法分析是否希望听到其他声音与性别、身份的相关性，选择通过 Kruskal-WallisH 检验法分析是否希望听到其他声音与年龄的相关性，如表 6 所示，是否希望听到其他声音与被调查者的性别和身份无关，年龄与是否希望听到其他声音相关性比较显著，渐进显著性为 0.042，进一步分析独立样本测试图可得年龄与希望听到其他声音呈负相关，说明年龄越长的人往往越喜欢安静的环境，因此他们普遍不希望广场上有其他声音，即使这些声音是相对悦耳的，而年轻人因为比

表 6 是否希望听到其他声音与其影响因素表
Table 6 The willingness to hear other sounds and its influencing factors

影响因素	是否希望听到其他声音	
	渐进显著性	均值差
性别	0.850	0.165
身份	0.635	0
年龄	0.042	-

较活泼好动，对新鲜事物更感兴趣，所以他们更希望听到水流声、音乐声等声音，以此丰富广场上的声源构成。

2.2.3 声环境感受评价

通过以多样/单一、集中/分散、平稳/起伏等 17 组意思相反的形容词构成的五级量表的语义差别法调查，获得了被调查者对站前广场整体声环境的主观印象评价结果，如图 3 所示。其中，太原站站前广场，有 9 对评分绝对值超过 0.5，8 对评分接近中立。人们普遍在多样、平稳和有信息等方面的评分绝对值较高，平均分分别达到 0.94、0.79 和 0.78。而对自然、严肃和有趣等方面的感受都接近中立，平均分分别为-0.06、-0.11 和-0.24。而在太原南站站前广场中，有 8 对评分绝对值超过 0.5，9 对评分接近中立。在多样、有方向和有信息等方面的评分绝对值较高，分别为 0.80、0.78 和 0.70，在自然、独特、有趣等方面评分接近中立，分别为 0.10、-0.12 和-0.15。说明站前广场特征性不强，需在其独特性和趣味性等方面多做考虑。值得注意的是，严肃/活泼这组形容词的评价两个广场相反，人们对太原站站前广场的声环境评价偏向于比较活泼，而太原南站站前广场的评价偏向于比较严肃。

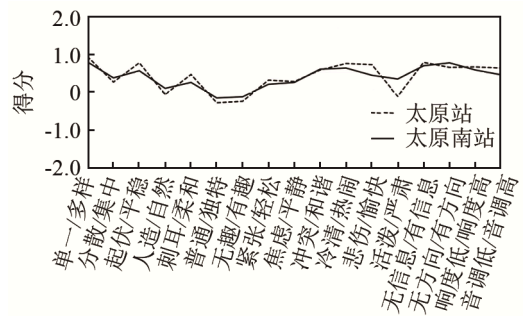


图 3 语义差别法调查结果
Fig.3 Survey results of the semantic differential method

从上述 17 对形容词变量中提取出具有代表性的因子，从而进一步研究被调查者性别、年龄和身份与其对声环境评价的关系。因子分析法最早由英国心理学家 Spearman 提出，是指从多个变量中提

取出具有代表性因子的统计方法^[16]。效度检验结果显示，本次实验中 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin, 判断样本充足性的检验系数)的取值为 0.737, 表明适合进行分析, 巴特利球体(Bartlett)检验的 sig 值为 0.000, 说明数据来自正态分布总体, 适合进一步分析。初始特征值中有 4 个特征值大于 1, 所以只选择前四个公因子; 第一公因子的方差贡献率是 23.693%, 前四个公因子的方差占有主成分方差的 56.720%, 由此可见, 选前四个公因子已可基本代表原来的变量。如表 7 所示, 因子 1 所代表的变量主要与舒适度相关; 因子 2 代表的变量主要与趣味性相关; 因子 3 代表的变量主要是声源的物理属性; 因子 4 代表的变量主要与声源构成的丰富度相关。对表 7 中的 4 个因子得分取平均值, 得到四个的因子的平均分分别为 0.46、0.01、0.67 和 0.78。说明站前广场的声环境舒适度和趣味性一般, 而声源强度较高, 声源构成丰富度较高。

表 7 因子分析法的成分矩阵表
Table 7 Component matrix of the factor analysis method

主要因子	方差百分比	原变量	KMO 系数
因子 1	23.69%	轻松/紧张	0.750
		柔和/刺耳	0.707
		平静/焦虑	0.675
		愉快/悲伤	0.647
		和谐/冲突	0.640
		平稳/起伏	0.540
因子 2	14.94%	严肃/活泼	0.708
		自然/人造	0.703
		独特/普通	0.668
		集中/分散	0.623
		有趣/无趣	0.614
因子 3	10.55%	音调高/音调低	0.777
		有信息/无信息	0.725
		有方向/无方向	0.677
		响度大/响度小	0.661
因子 4	7.57%	热闹/冷清	0.742
		多样/单一	0.690

再进一步用皮尔逊(Pearson)相关系数分析上述因子与被调查者性别、年龄和身份的相关性, 相关系数反映正/负相关性的程度, sig 表示相关性显著的级别。如表 8 所示, 性别与四个因子无相关性; 年龄与因子 1、因子 2 和因子 3 相关性最为显著, 相关系数分别为 0.157、-0.327 和 -0.279, 即年长者的人认为站前广场声环境的舒适度更佳, 这可能说明站前广场的声环境更适合年长的人; 同时, 年长者对站前广场声环境的趣味性感受越差, 这可能与之前提到的年长的人普遍更向往安静的声环境, 只

要足够安静他们便感到舒适, 而对于声环境的其他方面并不十分在意; 此外, 年长者对于声源强度的感受越低, 这可能与年长者听力下降有关, 在调查时多名老年人表示他们并不能够听清站前广场上的各种声音, 因此他们对于声音强度并不敏感。被调查者的身份与因子 2 和因子 3 相关性较为显著, 相关系数分别为 -0.177 和 -0.155, 说明进出站的旅客比在此活动的居民认为站前广场的声环境更加有趣, 这可能与进出站的旅客对相对陌生的站前广场声环境感到新奇有关, 而在此活动的居民对声源强度比较不敏感, 这可能与他们经常在站前广场活动从而已经习惯了此处的声音有关。

表 8 主要评价因子及其影响因素表
Table 8 Main evaluation factors and their influencing factors

影响因素	因子 1		因子 2		因子 3		因子 4	
	相关系数	sig	相关系数	sig	相关系数	sig	相关系数	sig
性别	-0.016	0.829	-0.008	0.918	0.056	0.438	-0.010	0.889
年龄	0.157*	0.0300	-0.327**	0.000	-0.279**	0.000	0.010	0.890
身份	0.083	0.251	-0.177*	0.0140	-0.155*	0.043	0.089	0.220

注: **表示在 0.01 级别, 相关性显著; *表示在 0.05 级别, 相关性显著。

2.2.4 声环境满意度与重视度评价

声环境满意度是评价站前广场声环境的一个总体指标, 可以最直接反映站前广场声环境质量的好坏。调查结果表明, 太原站站前广场声环境的满意度为 65.8%, 其中, 非常满意和满意分别占 15.1% 和 50.7%。而太原南站站前广场声环境满意度稍高于太原站站前广场, 为 66.9%, 非常满意和满意分别占 18.3% 和 48.6%。调查中发现, 太原南站站前广场原本设有水景, 因时值冬季没有开放, 这一因素可能会对其声环境满意度造成一定影响, 因为水流声是人们普遍欢迎的声源, 推测水景开放时太原南站站前广场的声环境满意度可能会有所提高。通过斯皮尔曼(Spearman)相关系数分析声环境满意度和环境满意度的关系, 得到其相关系数为 0.578, sig 值为 0.000。可见, 两者的相关性非常显著, 因此, 声环境的好坏在很大程度上会直接影响整体环境的好坏。

为了进一步探究声环境满意度、环境满意度以及声环境重视程度的影响因素, 采用 Spearman 相关系数, 对上述三个变量与被调查者的性别、年龄和身份进行相关性分析, 结果如表 9 所示, 声环境的满意度和重视度与性别不相关; 年龄与声环境满意度和声环境重视程度相关性显著, 相关系数分别为 0.190 和 -0.258, 说明年龄越长, 对于站前广场

声环境的满意度越高,在调查过程中有多名年长者表示太原站在 2010 年改造完成后,其站前广场的声环境有了大幅改观,作为这场改造的见证者,对比改造前的站前广场声环境,他们对改造后的声环境更加满意。而声环境的重视程度与年龄呈负相关,也就是说,年长者普遍不够重视声环境对站前广场整体环境的影响,这与他们的听力下降有很大关系,这自然导致他们不重视声环境,此外,普遍更加重视视觉环境^[17-18],也是年长者不重视声环境的因素之一。身份与声环境重视度也显著相关,相关系数为-0.190,表明进出站的旅客相较在此活动的居民更加重视声环境质量,这与其中很多旅客经常往来各地有关,他们能够将太原的站前广场与其他城市进行对比,因此也就对站前广场的声环境更加重视。

表 9 站前广场满意度与其影响因素表
Table 9 Station square satisfaction and its influencing factors

影响 因素	声环境满意度		环境满意度		声环境重视度	
	相关系数	sig	相关系数	sig	相关系数	sig
性别	-0.054	0.461	-0.127	0.080	0.081	0.268
年龄	0.190**	0.008	0.103	0.154	-0.258**	0.000
身份	0.071	0.327	0.037	0.616	-0.190**	0.008

注:**表示在 0.01 级别,相关性显著。

3 结 论

综上所述,因整体规划合理并设有绿化带等原因,太原南站站前广场声环境好于太原站站前广场,主要体现在噪声值普遍偏低和声环境满意度较高等方面。分析客观测量数据,太原站站前广场中心、地下通道口处和太原南站站前广场公路边在平常时期噪声值超过《声环境质量标准》,春运时期各测点的噪声值较平常时期均有提高,以太原南站站前广场站房处噪声值提高最为显著。

分析主观问卷调查数据,在声源构成方面,社会生活噪声是站前广场的主要声源,其中最主要的是广播宣传声,铁路列车声是站前广场特有的声源。声源喜好度分析表明,自然声是站前广场上人们最喜欢的声音,因所处站前广场这种特定场合,铁路列车声也较能被人们所接受。声环境评价的影响因素主要与被调查者的年龄和身份相关,与性别无关。在希望听到的声音中,水流声和音乐声最受欢迎。声环境整体感受评价结果表明,站前广场声环境特征性不强,舒适度和趣味性一般,声源强度和丰富度较高。声环境满意度及重视度方面,声环境满意度对整体环境满意度有很大影响。

为了向外来旅客展现更好的城市风貌,同时也为当地居民提供更好的生活环境,针对以上站前广场声环境中存在的问题,提出以下优化措施以改善站前广场的声环境质量:

(1) 噪声控制。站前广场上的噪声控制方法主要适用在声传播途径中控制,具体措施有以下几种:①研究表明,绿化带对减少噪声作用显著,本次调查中站前广场绿化带处的噪声值较其他多处测点明显较小。高大绿植不仅可以净化空气,美化视觉环境,还可以作为声屏障有效减少噪声。②目前,站前广场地面铺装多为硬质铺装,这无疑会加强噪声的反射,从而增加噪声值,因此可以采用硬质铺装和其他铺装形式相结合的方式减少声反射并吸收噪声,如部分采用碎石或绿地等疏松多孔的材料进行铺装,不仅可以对广场的景观起到装饰作用,更可以有效吸收噪声。

(2) 引入声景。适当引入受人们欢迎的声景观不仅可以丰富站前广场的声环境,还可以提高声环境的趣味性和独特性,给人们留下更加深刻的美好印象,并提供更加宜人的体验感受。具体方法有:①增设水景,水流声作为人们普遍喜爱的声源,可以形成声掩蔽现象,从而减少人们听到其他不喜欢的噪声。此外,水景不仅是视觉景观也是声景观,可以增添声环境的趣味性。②站前广场上应增设可供人们驻足停留景观节点或休息空间,并可播放具有地方特色的音乐等,以此提高站前广场声环境的独特性,这样人们可以在休息的同时欣赏景观,提高对站前广场声环境的满意度。

(3) 由于站前广场上的主要声源——广播宣传声声源的位置位于进站口处,属于集中分布的声源类型,为了降低这一噪声给站前广场上的人们带来的困扰,同时又不影响广播的指示作用,①可以选用指向性声源,使其指向旅客进站区域,降低对周边的影响;也可选用分布式扩声系统,尽量分布在受众区域,可以降低声源的强度。②增加屏幕显示信息,通过视觉信息来代替部分听觉信息的联系功能。

参 考 文 献

- [1] MEDIASTIKA C E, SUDARSONO A S, KRISTANTO L, et al. Appraising the sonic environment of urban parks using the soundscape dimension of visually impaired people[J]. International Journal of Urban Sciences, 2020, 24(2): 216-241.
- [2] MENG Q, SUN Y, KANG J. Effect of temporary open-air markets on the sound environment and acoustic perception based on the crowd density characteristics[J]. Science of the Total Environment, 2017, 601-602: 1488-1495.
- [3] 陈琳,叶颖,郑明美,等. 交通噪声对小区声环境的影响分析: 以

- 京港澳高速黎托下沉段为例[J]. 公路工程, 2019, 44(3): 65-68, 160.
CHEN Lin, YE Ying, ZHENG Mingmei, et al. Analysis of the influence of traffic noise on the residential area—taking lito sinking section of Beijing-Hong Kong-Macao highway as an example[J]. Highway Engineering, 2019, 44(3): 65-68, 160.
- [4] 肖鹏. 新建高铁站站前广场交通规划探讨: 以吉首东站为例[J]. 智能城市, 2020, 6(16): 12-14.
- [5] 周希霖, 李传成, 持田灯. 京沪高铁沿线车站站前广场空间模式和使用评价研究[J]. 华中建筑, 2017, 35(10): 43-49.
ZHOU Xilin, LI Chuancheng, Mochida Akashi. Use evaluation and spatial patterns of Beijing-Shanghai high-speed railway station square[J]. Huazhong Architecture, 2017, 35(10): 43-49.
- [6] 唐毅. 基于交通流线的站前广场景观规划设计探索: 以成都火车北站为例[J]. 南方建筑, 2017(1): 95-99.
TANG Yi. Research of station square landscape based on traffic streamline: case study of Chengdu railway station[J]. South Architecture, 2017(1): 95-99.
- [7] 张秦英, 胡杨, 李丹丹. 基于声漫步的天津水上公园声景观评价研究[J]. 中国园林, 2019, 35(9): 48-52.
ZHANG Qinying, HU Yang, LI Dandan. Research on soundscape of Tianjin water park based on soundwalks[J]. Chinese Landscape Architecture, 2019, 35(9): 48-52.
- [8] 洪昕晨, 王欣, 段芮, 等. 基于声漫步法的森林公园声景喜好度评价研究[J]. 声学技术, 2018, 37(6): 584-588.
HONG Xinchun, WANG Xin, DUAN Rui, et al. Evaluation of soundscape preference in forest park based on soundwalk approach[J]. Technical Acoustics, 2018, 37(6): 584-588.
- [9] OBERMAN T, JAMBROŠIĆ K, HORVAT M, et al. Using virtual soundwalk approach for assessing sound art soundscape interventions in public spaces[J]. Applied Sciences, 2020, 10(6): 2102.
- [10] KANG J, ZHANG M. Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces[J]. Building and Environment, 2010, 45(1): 150-157.
- [11] 庄惟敏. SD 法与建筑空间环境评价[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1996, 4: 42-47.
ZHUANG Weimin. SD Method and Environmental Assessment of Building Space[J]. Journal of Tsinghua University (Natural Science Edition), 1996, 4: 42-47.
- [12] 中华人民共和国环境保护部. 环境噪声监测技术规范 城市声环境常规监测: HJ 640—2012[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2013.
- [13] Soundscape-Part 2: Data collection and reporting requirements: ISO/TS 12913-2:2018 [S]. International Organization for Standardization, 2018.
- [14] 王德, 张昀. 基于语义差别法的上海街道空间感知研究[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2011, 39(7): 1000-1006.
WANG De, ZHANG Yun. Study of street space perception in Shanghai based on semantic differential method[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2011, 39(7): 1000-1006.
- [15] 环境保护部. 声环境质量标准: GB 3096—2008[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [16] 李竹颖, 林琳. 基于语义细分法的校园声景评价因子提取: 以中山大学南校区为例[J]. 规划师, 2015, 31(S1): 285-288.
LI Zhuying, LIN Lin. Assessment factors extraction of campus soundscape based on semantic differential method: a south campus of Sun yat-Sen university case[J]. Planners, 2015, 31(S1): 285-288.
- [17] 任欣欣. 视听交互作用下的乡村声景研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [18] 李睿, 欧达毅. 大学校园声景观调查与研究[J]. 建筑科学, 2017, 33(8): 59-67.
LI Rui, OU Dayi. Survey and study on the soundscape of university campus[J]. Building Science, 2017, 33(8): 59-67.