

引用格式: 董启迪, 何朋蔓, 吴林家, 等. 成都市锦城绿道一期声景调查与评价[J]. 声学技术, 2022, 41(2): 257-263. [DONG Qidi, HE Pengman, WU Linjia, et al. Soundscape investigation and evaluation of Jincheng Greenway in Chengdu[J]. Technical Acoustics, 2022, 41(2): 257-263.] DOI: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2022.02.017

# 成都市锦城绿道一期声景调查与评价

董启迪, 何朋蔓, 吴林家, 蔡 军, 陈其兵

(四川农业大学风景园林学院, 四川成都 611130)

**摘要:** 随着人们环境保护意识的提高及声景学相关研究在国内的兴起, 声景对城市绿地的影响日渐加深。基于客观声压级与主观声舒适度评价两种数据的绿道声环境表现, 通过解析场地声景优劣的影响因素, 运用多维视角提出锦城绿道一期声景优化的策略与建议。并得出以下主要成果及结论: 首先, 城市道路所产生的车流噪声对绿道影响显著, 绿道内部景观节点处呈现出高声压级点状聚集。其次, 游客对安静的声环境期待较高, 较为安静且自然声较高的区域更容易被游客接受, 同时消极声的干扰程度、场地功能的协调性是产生声环境差异的主要因素。最后, 全局统筹规划并在声源、传播过程及受声处实现多过程管控才能够形成协调的声环境。

**关键词:** 绿道; 声景; 声舒适度; 声地图

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1000-3630(2022)-02-0257-07

## Soundscape investigation and evaluation of Jincheng Greenway in Chengdu

DONG Qidi, HE Pengman, WU Linjia, CAI Jun, CHEN Qibing

(College of Landscape Architecture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, Sichuan, China)

**Abstract:** With the improvement of people's awareness of environmental protection and the rise of soundscape-related research in China, the impact of soundscape on urban green space is deepening. Based on the objective sound pressure level and subjective sound comfort evaluation data of the greenway acoustic environment performance, by analyzing the factors influencing the soundscape quality of the site, the optimization strategy and suggestions for the soundscape of the first phase of Jincheng Greenway are proposed from a multi-dimensional perspective. The main results and conclusions are as follows: first, the traffic noise generated by urban roads has a significant impact on the greenway, and the landscape nodes within the greenway present a point-like aggregation of high sound pressure level. Second, tourists have high expectations for quiet acoustic environment, and quiet areas with high natural sound are more likely to be accepted by tourists. At the same time, the disturbance degree of negative sound and the coordination of site functions are the main factors that produce differences in acoustic environment. Finally, a coordinated acoustic environment can be formed only through overall planning and multi-process control in sound sources, transmission processes and the sound receiving places.

**Key words:** greenway; sound scene; acoustic comfort; sound map

## 0 引言

城市绿道作为连接城区的线性网状系统, 涵盖生态、文化、景观等多种复合功能, 为城市的景观风貌营造了完整且连续的视觉体系<sup>[1-3]</sup>。目前国内外绿道研究主要集中于绿道规划设计、绿道与城市及与人的关系等方面, 其中绿道的使用评价研究发展迅速, 但在绿道声景评价方面鲜有涉及。

声景(Soundscape)起源于 19 世纪 60 年代, 由加拿大作曲家 Schafer 在芬兰地理学家 Granoe 研究的基础上提出, 并形成集研究环境、声音、人三者关系为一体的综合性学科<sup>[4-5]</sup>。国外相关学者通过解析声音(声音特色及声要素)、使用者和环境的特点及其相互关系, 从视听的相互影响、声景地图的绘制以及对声景舒适度评价三方面开展了深入研究<sup>[6]</sup>。在视听感知方面, 国外学者认为声景的关注点应是人的感知, 通过解析声环境与声源分布的关系, 认为地理特征空间感(视觉景观)对声景的影响较大, 能呈现出不一样的体验感<sup>[7-8]</sup>。声景地图绘制方面, 欧盟环境委员会提出噪声地图这一概念, 并颁布《The Environment Noise Directive》<sup>[9]</sup>指令。

收稿日期: 2020-12-18; 修回日期: 2021-01-06

作者简介: 董启迪(1993—), 男, 四川成都人, 博士研究生, 研究方向为风景园林规划与设计、风景园林大数据应用。

通信作者: 蔡军, E-mail: caijun@sicau.edu.cn

而后,多声源的声压级分布地图、基于人工神经网络的声音感知地图、现实声要素声地图等一系列新的地图绘制方式被提出,补充了声地图类型<sup>[10-11]</sup>。国外学者对声舒适度的研究主要通过探析其影响因素,并依据声景的构成要素,认为不同的声源类型对声舒适度的影响存在明显差异<sup>[12-14]</sup>。其中 Southworth 提出低频至中频的声音更受人青睐, Nilsson 指出声景的主观评价与声要素的响度大小有关,并通过大量实验证明,男、女对于声环境的感受、接受程度都不同,同时噪声污染对女性的工作效率消极影响更大<sup>[15-16]</sup>。国内声景研究起步较晚,相关研究可划分为声景设计营造和声舒适度评价等方面。针对声景设计营造,国内学者分别从声音的感知、声要素角色的确立、人与声音的关系以及声景的空间布局等四个方面提出相应的设计原则<sup>[17-18]</sup>。同时倡导在声景设计中要尽可能留下使人愉悦的声要素,提出了好的声环境应按照声要素在声景中的不同作用、不同的匹配比例进行设计的思路<sup>[19-20]</sup>。在声景设计中,现有研究通常采用零、负与正设计三种方法对声景进行干预<sup>[21-22]</sup>。声舒适度研究方面,国内主要以“声音”“使用者”“空间”和“环境”四方面为基础来进行声舒适度研究,即四要素理论<sup>[23-24]</sup>。相关学者通过向使用者调查声舒适度情况,运用心理噪声学和听觉心理学解析使用者在整个环境中的感受及行为,推论出环境或其中的元素是如何作用于使用者个体的心理感知,并提出了游客声景感知的概念模型<sup>[25-28]</sup>。研究对象方面,现有国内外声景研究以城市中的干道、公共空间、公园、商业街、传统园林以及居住区等对象为主,以城市绿道作为主体的声景研究较少,还有待进一步丰富。

本次研究以城市绿道作为载体对声景进行探讨,通过分析城市绿道中环境、声音与使用者之间的内在关系,以期通过景观设计手法解决城市噪声对使用需求的干扰,进而提升绿道的景观秩序以及丰富使用者在绿道中的景观感知,为未来城市绿道的声景营造提供参考。

## 1 研究范围与数据采集

### 1.1 研究范围

天府绿道作为成都市城市绿道的载体,截至2020年10月,总体已建设4161 km<sup>[29-30]</sup>。锦城绿道是天府绿道“一轴、两山、三环、七带”中的重要一环,绿道以成都市重要交通要道成都绕城高速(G4202)为基底,是依托环城生态区为成都市中心城

区提供绿色生态隔离空间的屏障。本文的研究以锦城绿道一期为对象,区域是锦城绿道首期建设段,面积约为28.6 km<sup>2</sup>,具有建设完备、人群聚集度较高的特点,是成都市主要的生活圈,能够完整地反应绿道游客的使用需求,锦城绿道分期规划如图1所示。

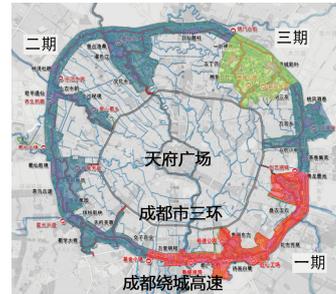


图1 锦城绿道分期规划

Fig.1 Phased planning of Jincheng Greenway

### 1.2 声景要素分类

以现有自然声、机械声、人工声三类声要素类型为基础,结合锦城绿道一期的实际状况,对锦城绿道一期声要素进行分类<sup>[6]</sup>(见表1)。

表1 声要素分类

Table 1 Classification of sound elements

声源类型	声要素名称
机械声	交通声、广播声、运动器材声、除草机声、施工声
人工声	说话声、脚步声、儿童喧闹声、歌唱声或音乐声
自然声	树叶沙沙声、水声、虫鸣声

### 1.3 数据测量网格划分

将锦城绿道一期整体划分为200 m×200 m的正方形网格,同时根据锦城绿道规划文件初步排除场地不可测量点位。

### 1.4 数据采集与整理

#### 1.4.1 声压级(客观)数据收集

声压级数据采集参考《声环境质量标准(GB3096-2008)》<sup>[31]</sup>、《环境噪声监测技术规范(HJ640-2012)》<sup>[32]</sup>,采用A计权网络(即A计权声压级,以下简称声压级)。测量仪器选择性能符合使用需求并在相关研究中常用的PM6708数字声级计。对锦城绿道一期测试点进行10 min的包含等效连续A声级( $L_{Aeq}$ )、最大声级( $L_{max}$ )、最小声级( $L_{min}$ )三项数据的声压级测量。由于场地洪涝原因,调研分为2019年6月22日与11月16日两次,共计得到有效点位246个。数据整理发现,锦城绿道一期有效声景点位中有111处点位的声压级数值超过《声环境质量标准》<sup>[31]</sup>的限值,最高声压级数值达84 dB(A),对环境有一定影响。

### 1.4.2 声舒适度(主观)数据调查

声舒适度是人基于声环境客观条件的主观感受，是感官舒适与心理舒适的直观表达。采用李克特量表，运用语义差异法的评价逻辑设置问卷，构建 5 级评价尺度，对声舒适度及声音大小分别赋予 1-5 的分值，其中分值越高，舒适性、安静程度越高<sup>[12]</sup>。问卷主要分为受访者基本情况、整体感知、分量级评价三个部分。经过调研在 246 个测试点位发放问卷共计 527 份，其中有效样本 502 份。其中整体声舒适度评价中有 65.19% 的受访者对整体声环境的趋向正面评价，其中 10 人认为锦城绿道一期整体声环境其感受很舒服，33 位受访者认为很难受。

## 2 声地图绘制及现状分析

### 2.1 声地图绘制

声地图是用来直观表现声景的方法之一，利用 ArcGIS 绘制的声地图，首先让所有不同格式的图形、图像生成为同一投影坐标，完成地理配准。

#### 2.1.1 声压级地图绘制

由于现场实际测量条件的限制与声源位置的不确定性，仍有部分数据缺失。为了使声地图平滑过渡，选择更能准确预测声场数值变化趋势以及峰值谷值的反距离加权插值法以完成声压级地图的制作，其中颜色越红表示声压级越高，结果如图 2 所示。

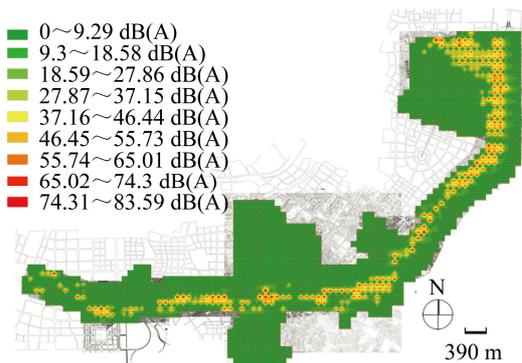


图 2 锦城绿道一期声压级分布图

Fig.2 Sound pressure level map of Phase 1 Jincheng Greenway

#### 2.1.2 声舒适度地图绘制

将整理后的声舒适度数据输入对应的 ArcGIS 地图点位中，通过网格分析，得到锦城绿道一期声舒适度地图，以表达每一个网格中主观数据的平均舒适度，其中颜色越红表示声舒适度越低，结果如图 3 所示。

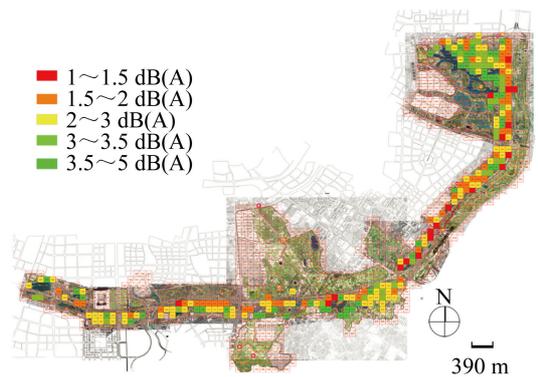


图 3 锦城绿道一期声舒适度分布图

Fig.3 Acoustic comfort map of Phase 1 Jincheng Greenway

### 2.2 声压级地图现状分析

锦城绿道一期内部声压级数值随着向绿道内部延展而下降，由于其影响因素不同，形成差异化的声环境。绿道部分区域因其场地性质开放、空间结构开阔以及景观节点的设置，导致各类声屏障作用不明显，使该片区声源混杂、声压级偏高。绿道受成都绕城高速及城市主干道道路交通声的影响，平均等效连续 A 声级( $L_{Aeq}$ )达 65 dB(A)，最高声压级点位达 84 dB(A)，远高于环境噪声限值，会给游客身心带来不利影响。绿道靠近城市道路的区域符合声压级限值的点位仅有 18.33%，绿道边界与道路相邻区域的声屏障作用较差(见图 4~5)。绕城高速或城市道路中的车行声对声景的营造有很大的消极影响，应当在设计中着重思考在何处增加声屏障来提升对此类交通声的屏蔽作用，以优化声景。

### 2.3 声舒适度地图现状分析

锦城绿道一期声舒适度平均值为 2.89 分，高分区域主要位于锦城绿道内部，环境质量较好、空间性质开放使得游客接受程度较高、声舒适度评价较好。而城市道路两侧大多为 2 分。受交通声影响较大，普遍低于平均分。锦城绿道由于成都绕城高速

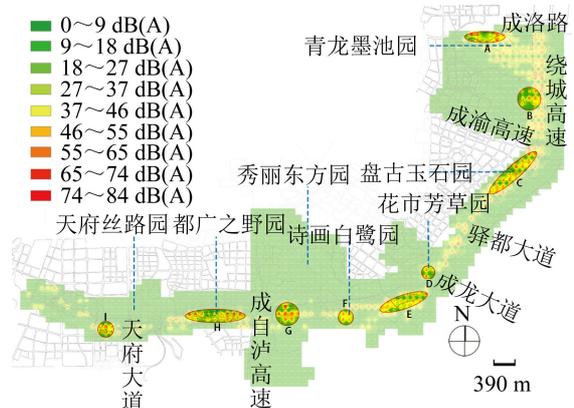


图 4 绿道内部高声压级区域

Fig.4 High sound pressure level area inside the greenway

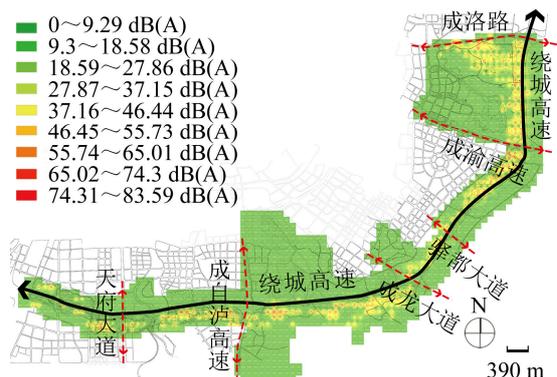


图5 道路两侧较高声压区域

Fig.5 High sound pressure area on both sides of the road

车流量大、声屏障缺失等问题使声压级偏高，声舒适度受交通影响呈线状延伸，同时过多杂乱的机械声要素使受访者心理产生抗拒心态，受访者对绿道与交通主干道交叉、临近区域的声景较为反感，但对于绿道内部景观节点或稍显安静的区域的声景接受度较高(见图6~7)。



图6 绿道内部声舒适低于3的区域分布

Fig.6 Greenway inner areas of acoustic comfort lower than three

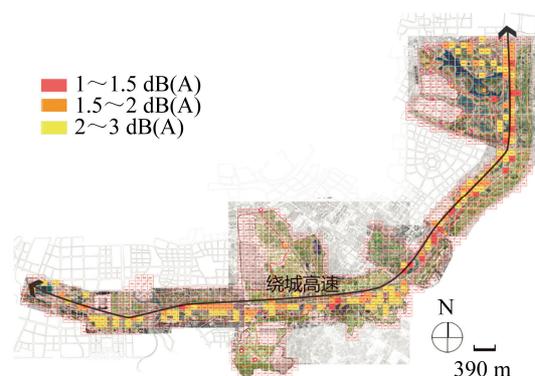


图7 道路两侧声舒适低于3的区域分布

Fig.7 Road side areas of acoustic comfort lower than three

## 2.4 主客观数据相关性分析

通过 SPSS 分析数据相关性，解析绿道声景构成及影响因素，并采用对比方式对绿道声景影响因

素进行分析，结果显示等效连续 A 声级  $L_{Aeq}$  和总体声舒适度存在相关性，其中 Pearson 相关系数为  $-0.517$ ，存在中度相关。即客观声压级数据与总体声舒适度呈中等程度负相关，说明绿道声压级越高，总体声舒适度越低，符合声景基本规律。

## 3 锦城绿道一期声景评价

### 3.1 声景数据叠加分析

将声舒适度与声压级数据叠加分析，发现锦城绿道一期声景存在通性与差异性影响因素。通性即调研点位主客观数据符合声景一般规律，表现为声压级高则声舒适度低，声压级低则声舒适度相对较高。将分析结果所得数值正数所在点位标注为绿色，即声压级低且声舒适度高；负数所在点位标注为橙色，即声压级高且声舒适度低。差异性即调研点位声景存在突出特征，表现为声压级高但声舒适度高或声压级低但声舒适度低的情况，将所在点位标注为空白方框，由此得到锦城绿道一期声景关系地图，如图8所示。



图8 锦城绿道一期声景参数分布图

Fig.8 Soundscape parameter map of Phase 1 Jincheng Greenway

### 3.2 声景通性影响因素解析

锦城绿道一期调研点位符合声景一般规律，其中声压级高区域主要位于成都绕城高速及城市主干道临近区域与绿道主要出入口，呈带状分布。这是由于大量交通声以及人群聚集产生的嘈杂声导致声舒适度低，因刺耳、冰冷使游客感到厌烦。相反声压级低区域主要位于绿道内部的节点与特色园区，说明区域环境优美，存在大量游客喜爱的自然声，鸟语花香、潺潺流水都让游客心旷神怡，且绿化声屏障对消极声的屏蔽作用良好以及适宜的游憩空间使游客接受程度较高。

### 3.3 声景差异影响因素解析

通过对声舒适度与声压级数据差异较大的点位进行二次调研，认为其影响因素可以解释为干扰

性与协调性。

### 3.3.1 干扰性

干扰性是在环境较好、声压级较低的区域中，突然出现消极声要素组成的复合声源，对较好环境产生的消极干扰，即声压级低的区域声舒适度反而低。通过调研发现，该类型点位主要受到交通声以及说话声、脚步声干扰。其中交通声干扰的点位(见图 8 中 1 号点位)虽属于利用植物及水域来降低嘈杂声音的安静区域，由于太靠近绕城高速而带来植物及水域降低不了的交通声，使该点位受交通声干扰严重。说话声、脚步声干扰方面，该点位处于团状滨水公共空间(见图 8 中 2 号点位)，但由于该点位人流量较大，虽然声压级因其空间中大量的水域而减小，但两种声要素叠加后产生的复合声源仍会使游客认为该点位的声音嘈杂。

### 3.3.2 协调性

协调性指场地中所出现的声要素是否与环境相协调，视觉景观与声环境是否相协调，协调性较高点位能给游客更为舒适的游玩体验。其中代表性点位属于绿道旁的线性绿地空间，较为开阔(图 8 中 3 号点位)。大面积绿地为该点位带来了丰富的植物层次、数量以及随之而来的虫鸣声，由于其环境中声压级高的声要素与整体环境的协调性较好，使整体环境与声景呈现出协调的景象，游客认为该点位的舒适度较高。

通过研究造成锦城绿道一期声景主、客观差异的因素发现：(1) 声舒适度与干扰性之间呈显著负相关，说明产生干扰性的交通声以及说话声、脚步声对声舒适度的消极影响较大，通过有效手段降低负面声要素的干扰性能使声舒适度上升。(2) 声舒适度与协调性之间呈显著正相关，说明游客认为声要素与环境之间的协调程度是评价声舒适度的重要条件之一，声景设计需要在总体规划基础上，对声要素进行引进或消减。

## 4 锦城绿道一期声景优化建议

### 4.1 开展声功能区规划，分区差异化治理

在划分声功能分区时，应根据在区域环境敏感性的基础上融合声景要素，划分出声环境敏感区，进而根据区域声源及其衰减范围整理出声压级的高、中、低区域。在高声压级区域以设置各类声屏障控制消极声要素为主；在中声压级区域，增加活动声、特色音和设置可发声的景观小品(声景小品)；在低声压级区域增加自然声，提升区域生趣；在声

环境敏感区以设置警示牌限制声压级为主，确保减少人为干扰。同时应确保在高速两侧 150~200 m 内、城市干道两侧 60~100 m 范围内，不规划安静区域。其次，使园区内一、二级绿道、活动广场等声压级偏高的区域 50 m 范围内应避开声环境敏感区，切实在规划上避开可能对相邻区域产生消极影响的声要素，如图 9 所示。

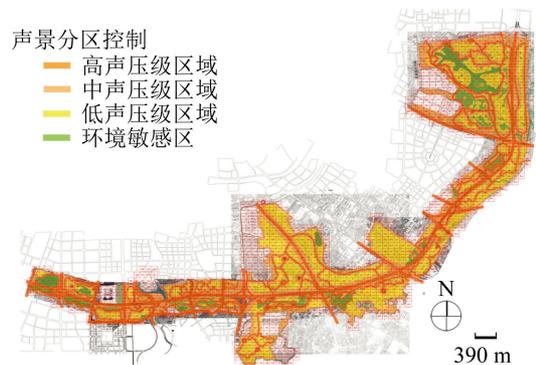


图 9 锦城绿道一期声功能区规划  
Fig.9 Sound functional area planning of Phase 1 Jincheng Greenway

## 4.2 多过程调控消极声，减弱噪声影响

### 4.2.1 声源控制

(1) 改善路面。绿道内道路一般分为园区道路及绿道两种类型。园区道路可选择在现有普通沥青混凝土路面或水泥混凝土路面上，根据降噪需求铺设单层或双层多孔性沥青路面，通过吸收声音单层路面降噪达 5 dB(A)，双层路面降噪达 10 dB(A)，可在一定程度上降低通行所带来的噪声影响。

(2) 设置警示牌。对于人工声声压级较高的现象，应在安静区域以及人流量较大的景观节点处多设置警示牌，采取最直观、最易理解的图案绘制警示牌并放置在显眼位置，起到提醒游人控制音量的作用。

### 4.2.2 传播过程控制

(1) 设置绿化声屏障。在吵闹的游憩广场、特色园区周边设置绿化声屏障。游憩广场中声源多样、复杂，对四周声环境影响较大，设置以草坪、花卉、灌木、小乔木组成的小型绿化声屏障，目的在于消减广场中消极声要素以及提升周边视觉景观，提升景观的芝樱花海节点分布如图 10 所示。

同时城市道路旁植物种植间距控制在 3~4 m，栽植密度控制在 5~13 排，可以对道路噪声起到很好的阻隔作用<sup>[33]</sup>。因此，应采取“小花木+高灌木+高桩乔木”的种植结构，阻隔道路交通噪声带来的不良影响，道路两侧绿化声屏障种植示意如图 11 所示。

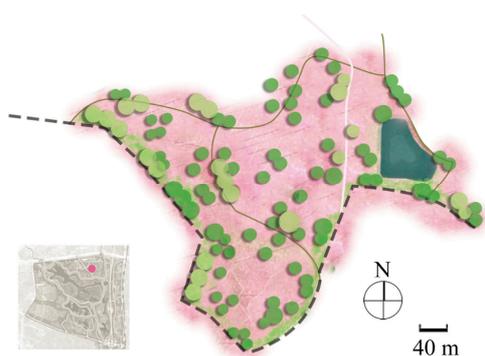


图 10 提升景观的芝樱花海节点分布图

Fig.10 Node distribution map of Shibazakura sea for landscape upgrading

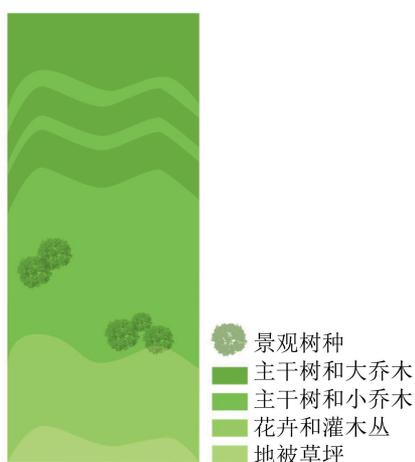


图 11 道路两侧绿化声屏障种植示意图

Fig.11 Green sound barrier planting map on both sides of the road

(2) 设置硬质声屏障。在声压级急需控制的绕城高速、城市干道区域设置硬质声屏障，应选择吸声能效好的材料，使其切实起到减弱噪声的目的。

#### 4.2.3 受声处控制

(1) 引入自然声。在尊重客观场地的前提下，宜在绿道中增设自然或人工水景，在滨水景观带来宜人环境的同时，与环境相协调的虫鸣声与树叶沙沙声会逐步形成，使区域达到环境相宜的声景观。

(2) 增加声景小品。绿道作为线性开敞空间，有大量出入口，在客流量较大的区域宜设置互动型声景小品，一方面可以提升游客的参与度，另一方面又可以增加环境中的声要素。

#### 4.3 引入地域特色声源，丰富声环境

绿道应突出表达城市的精神内核，除将元素应用在景观空间设计中，还应实现声景的地域性表达。四川有浓烈地域方言演绎的非遗项目“四川相书”和结合皮影、手影的“被单戏”以及四川民间戏曲代表“四川清音”等戏曲演唱声，也有四川竹琴、四川金钱板、四川花鼓等民间乐器声。将四川

独特的戏曲声或乐器声配上锦城绿道一期中的虫鸣声、水声等自然声，显得韵味更浓厚，更容易引起游客的情感共鸣，也能借此提升绿道的活力。

## 5 结 论

以对绿道声景调研出发，探究绿道环境中声景的构成，同时分析声压级与声舒适度的关系对声景的影响，解析锦城绿道一期声景的共性与差异性，发现并总结现存声景的问题及影响因素，得出主要结论如下：

(1) 城市道路所产生的车流噪声对绿道影响显著，绿道内部景观节点处主要呈现出高声压级点状聚集。对于绿道声景而言，游客对自然声接受度较高，人工声、机械声则需要景观空间营造及活动开展配合，形成和谐的声环境。

(2) 游客对安静的声环境期待较高，自然声较高、较为安静的区域更容易被游客接受，同时消极声的干扰程度、功能协调性是产生声环境差异的主要因素。不和谐的人工声或机械声，会造成较强的负面作用，但区域若结合多样活力空间也能形成良好的声景。

(3) 声景的营造宜融于设计，而非使用后优化。应以布局合理的声功能分区为本底，在声音传播的各阶段对消极声要素进行控制，再进一步增加缺失的特色音及活动声以提升游客归属感，创造令人舒适的声景体验。

声景研究应是长期且全面的工作，由于条件限制，研究仅是从空间角度出发对城市绿道声景进行解析，忽略了由季节产生的声景差异，无法全面的阐释声景的特征及成因，研究中暴露出来的不足期望为后续研究提供一个新的方向。

#### 参 考 文 献

- [1] 马克·林德胡尔, 王南希. 论美国绿道规划经验: 成功与失败, 战略与创新[J]. 风景园林, 2012(3): 34-41.  
Mark S LINDHULT, WANG Nanxi. American greenway lessons: the good, the bad, the strategic and the innovative[J]. Landscape Architecture, 2012(3): 34-41.
- [2] 王招林, 何昉. 试论与城市互动的城市绿道规划[J]. 城市规划, 2012, 36(10): 34-39.  
WANG Zhaolin, HE Fang. Discussion on urban greenway planning interacting with city[J]. City Planning Review, 2012, 36(10): 34-39.
- [3] 王璟. 我国城市绿道的规划途径初探[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [4] PORTEOUS J D, MASTIN J F. Soundscape[J]. Journal of Architectural and Planning Research, 1985, 2(3): 169-186.
- [5] 康健. 声景: 现状及前景[J]. 新建筑, 2014(5): 4-7.  
KANG Jian. Soundscape: current progress and future develop-

- ment[J]. *New Architecture*, 2014(5): 4-7.
- [6] 秦佑国. 声景学的范畴[J]. *建筑学报*, 2005(1): 45-46.  
QIN Youguo. Category of soundscape aesthetics[J]. *Architectural Journal*, 2005(1): 45-46.
- [7] 刘爱利, 刘福承, 刘敏, 等. 国内外旅游声景研究进展[J]. *旅游学刊*, 2016, 31(3): 114-126.  
LIU Aili, LIU Fucheng, LIU Min, et al. Review of soundscape studies in tourism[J]. *Tourism Tribune*, 2016, 31(3): 114-126.
- [8] 李竹颖, 林琳. 声景研究进展与展望[J]. *四川建筑*, 2017, 37(5): 42-44.  
LI Zhuying, LIN Lin. Progress and prospect of soundscape research[J]. *Sichuan architecture*, 2017, 37(5): 42-44.
- [9] EP Agency. The environmental noise directive[J]. *Environmental Protection Agency (EPA)*.
- [10] 田德森, 谢顺平. 声像地图的研究及其实践意义[J]. *地理科学*, 1994, 14(4): 332-337, 390.  
TIAN Desen, XIE Shunping. A study on talking map and its practical significance[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1994, 14(4): 332-337, 390.
- [11] GJESTLAND T, DUBOIS D. Soundscape of European cities and landscapes-collecting and documenting[M]. *Soundscape-COST*. 2013.
- [12] (英)康健. 城市声环境论[M]. 戴根华, 译. 北京: 科学出版社, 2011: 84, 71-77.
- [13] BURATTI C, BELLONI E, MERLI F, et al. A new index combining thermal, acoustic, and visual comfort of moderate environments in temperate climates[J]. *Building and Environment*, 2018, 139: 27-37.
- [14] 刘晶, 闫增峰. 青城山声景观舒适度评价方法研究[J]. *华中建筑*, 2019, 37(6): 37-41.  
LIU Jing, YAN Zengfeng. The assessment model of soundscape quality in Qingcheng Mountain of China[J]. *Huazhong Architecture*, 2019, 37(6): 37-41.
- [15] SOUTHWORTH M. The sonic environment of cities[J]. *Ekistics*, 1970, 30(178): 230-239.
- [16] BERGLUND BIRGITTA N M E. Soundscape quality in suburban green areas and city parks[J]. *Acta Acustica United With Acustica*, 2006, 92(6): 903-911.
- [17] 王小雨. 基于声景学下的环境景观设计应用研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.
- [18] 刘滨谊, 陈丹. 论声景类型及其规划设计手法[J]. *风景园林*, 2009(1): 96-99.  
LIU Binyi, CHEN Dan. Review on the soundscape pattern and design methods[J]. *Landscape Architecture*, 2009(1): 96-99.
- [19] 聂愿青. 声景(soundscape)研究进展与展望[J]. *北方音乐*, 2019, 39(23): 1-3.  
NIE Yuanqing. Research progress and prospect of soundscape[J]. *Northern Music*, 2019, 39(23): 1-3.
- [20] MENG Q, KANG J. Effect of sound-related activities on human behaviours and acoustic comfort in urban open spaces[J]. *Science of the Total Environment*, 2016, 573: 481-493.
- [21] 王隸, 包志毅. 声景学在园林景观设计中的应用及探讨[J]. *华中建筑*, 2007, 25(7): 150-152.  
WANG Yi, BAO Zhiyi. Application and discussion of soundscape in landscape environment design[J]. *Huazhong Architecture*, 2007, 25(7): 150-152.
- [22] 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.
- [23] 金炜. 声景学在园林景观设计中的应用及探讨[J]. *现代园艺*, 2019(4): 121-122.  
JIN Wei. Acoustic landscape application in landscape design and the study[J]. *Modern gardening*, 2019(4): 121-122.
- [24] 李竹颖, 林琳. 谈城市声景的规划设计[J]. *山西建筑*, 2014, 40(34): 41-42.  
LI Zhuying, LIN Lin. Discussion on city soundscape planning design[J]. *Shanxi Architecture*, 2014, 40(34): 41-42.
- [25] 葛坚, 赵秀敏, 石坚初. 城市景观中的声景观解析与设计[J]. *浙江大学学报(工学版)*, 2004, 38(8): 994-999.  
GE Jian, ZHAO Xiumin, SHI Jianren. Explication and design of soundscape in urban landscape[J]. *Journal of Zhejiang University (Engineering Science)*, 2004, 38(8): 994-999.
- [26] 何谋, 庞弘. 声景的研究与进展[J]. *风景园林*, 2016(5): 88-97.  
HE Mou, PANG Hong. A review of soundscape research history and progress[J]. *Landscape Architecture*, 2016(5): 88-97.
- [27] 马铁丁. 环境心理学与心理环境学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.
- [28] 徐薛艳, 席宇斌, 孙雪飞, 等. 国家地质公园声景构成与游客感知研究: 以云台山风景名胜区分区为例[J]. *地域研究与开发*, 2018, 37(5): 112-117.  
XU Xueyan, XI Yubin, SUN Xuefei, et al. Classification and tourists' perception of soundscapes in the National Park: a case study of Yuntai Mountain[J]. *Areal Research and Development*, 2018, 37(5): 112-117.
- [29] 成都市环城生态区总体规划[Z]. 成都市规划局, 2015.
- [30] 王洁. 城市近郊生态区生态价值转换研究: 以成都市环城生态区为例[J]. *四川建筑*, 2019, 39(6): 6-8.  
WANG Jie. Suburban ecological ecological value conversion research-in chengdu city ecotope, for example[J]. *Sichuan architecture*, 2019, 39(6): 6-8.
- [31] 中国环境保护部. 声环境质量标准: GB 3609-2008[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [32] 中国环境保护部. 环境噪声监测技术规范: HJ 640-2012[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [33] 陈振兴, 王喜平, 叶渭贤. 绿篱的减噪效果分析[J]. *广东林业科技*, 2003, 19(2): 41-43.  
CHEN Zhenxing, WANG Xiping, YE Weixian. Analysis on noise reduction effect of plant hedge[J]. *Forestry Science and Technology*, 2003, 19(2): 41-43.