

基于绿视率的校园景观感知视听耦合特征分析

郝柯宇¹,游蕾晓²,黎璇¹,杨显银¹,金学伟¹,姜大伟¹,游巍斌^{1,3*}

(1. 福建农林大学 林学院,福建 福州 350002;2. 福建农林大学 金山学院,福建 福州 350002;

3. 福建省南方森林资源与环境工程技术研究中心,福建 福州 350002)

摘要:深入认识视觉和听觉耦合下人们对景观的感知规律,对景观资源评价和宜居环境设计尤为关键。以福建农林大学金山校区校园景观为对象,结合样地监测和问卷调查等方法,比较分析夏季(7月)不同绿视率呈现的视觉信息与声音感受特征结合下人们对景观环境感知特征的差异。结果表明:1)校园声景观不同时段的声音类型频率与声级无明显相关关系($P>0.05$),声级大小与空气温度、湿度等环境因子亦无显著相关性;2)景观中10、30 m和50 m的3个圆形缓冲区内的道路面积占比与声级呈中等强度正相关($0.577<r<0.689$),且林地面积占比与声级呈中等强度负相关($r=-0.591$),其他景观要素与声级均无显著相关性;3)声音的存在会影响人们对景观美感和景观自然度感知,但在高和低绿视率景观中表现相反,即:在高绿视率景观中为正向效应,而在低绿视率组中产生负向效应。女性对声景观感知的好感度显著高于男性;4)无论景观绿视率高低与否,受访者对声音响度与视听匹配度的感受都会对景观美感和自然度产生显著影响,但影响作用各异。

关键词:声景观;环境因子;绿视率;人为感知;视觉和听觉;福建农林大学金山校区

中图分类号:S731.1

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2021)05-0207-08

Visible Green Index Based Audio—Visual Interaction Characteristics of the Campus Landscape Perception

HAO Ke-yu¹, YOU Lei-xiao², LI Xuan¹, YANG Xian-yin¹, JIN Xue-wei¹, JIANG Da-wei¹, YOU Wei-bin^{1,3*}

(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China;

2. Jinshan School, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China;

3. Fujian Southern Forest Resources and Environmental Engineering Technology Research Center, Fuzhou 350002, Fujian, China)

Abstract: In-depth understanding of people's landscape perception laws under the audio-visual coupling is particularly critical for landscape resource evaluation and livable environment design. Taking the Jinshan Campus of Fujian A&F University as an example, the differences in the characteristics of the people's perception about landscape environment under the combination of visual information and sound perception characteristics presented by different visible green indices were compared and analyzed by using sample monitoring and questionnaire surveys. The results were showed as follows. 1) There was no significant correlation between the sound type and frequency of the campus soundscape at different time phases ($P>0.05$), and the sound level had no significant correlation with environmental factors such as air temperature and humidity. 2) The proportion of road area in the 3 circular buffer zones of 10, 30 and 50 m in the landscape was positively correlated with the sound level ($0.577<r<0.689$), and the proportion of forest area in the 30 m buffer zone was negatively correlated with sound level at a moderate intensity ($r=-0.591$).

收稿日期:2021-04-14 修回日期:2021-05-09

基金项目:福建农林大学2018年度(第四批)科技创新专项基金项目(CXZX2018139)。

作者简介:郝柯宇。研究方向:城市林业和森林生态。E-mail:KeyuHao111@163.com

*通信作者:游巍斌,博士,副教授、硕士生导师。研究方向:城市生态学和景观生态学。E-mail:wbyou@fafu.edu.cn

There was no significant correlation between the types of other landscape elements and the sound level. 3) The existence of sound would affect people's perception about landscape beauty and naturalness, but the behavior was opposite between the high and low visible green index landscapes, that is, the positive effect appeared in the high visible green index landscape while the negative effect occurred in the low visible green index group. Women's perception of the soundscape was significantly higher than that of the men (higher score). 4) Regardless of whether the visible green index of the landscape was high or low, the interviewee's perception of the sound type and the audio-visual matching had a significant impact on the beauty and naturalness of the landscape, but the impact direction was different.

Key words: acoustic landscape; environmental factor; visible green index; human perception; vision and hearing; Jinshan Campus of Fujian A&F University

20 世纪 60 年代末, R. H. Schafer^[1] 提出“声景观”概念, 声景观生态学这门新兴交叉学科迅速兴起, 人们开始通过声景观与声生态的结合, 探究声音对人的物理影响、审美影响甚至人文方面的影响^[2]。随着声景观研究的深入, 探索如何利用听觉和视觉场景的不同组合有效地改善个人的声音感知能力成为新的关注点^[3], 深入揭示视听交互特征对声景观感知的意义及其影响因素已成当前声景观研究的热点领域。任欣欣^[4]通过声景观视听交互影响试验, 分析人类在视听交互作用下的声景评价、景观评价和眼动规律, 表明在视听交互作用下人类的景观注视会发生显著变化。H. I. Jo *et al*^[5]使用虚拟现实技术为参与者设置视觉环境和视听环境, 发现“交通”声和“鸟鸣”声对受访者确定城市声景质量的初始感知至关重要; 还有学者利用大样本问卷研究证明了视觉元素会改变个人的声音感知^[6-8], 且这种影响会因室外植被设置和可见性差异有不同表现。J. Y. Jeon *et al*^[9]基于个人调查的研究发现人们对声音景象的感知和偏好主要由开放性、视觉风景和听觉舒适度决定。此外, S. Alves *et al*^[10]证实在完全看不见植被的情况下, 居民被噪声烦扰的比例为 34%, 而对于植被非常明显的情况, 这一比例降低到 8%。可见, 令人愉悦的视觉元素被普遍认为可以改善个人的声音感知, 视听互作关系是一个不可分割的整体。

有学者提出绿视率(visible green index)概念, 即人眼观察到的图像中绿色所占的面积百分比^[11], 是一项反映城市空间绿化水平的物理量, 受绿化覆盖率、街道模式、绿化模式、绿化树种等因素影响^[12], 由于该指标从人的生理感知出发进行人眼视野绿量测定, 直观地表达三维空间绿量高低并间接反映视觉环境质量^[13], 因而常被一些发达国家作为衡量城市绿化建设水平的基本评价指标和生态补偿重要参考指标之一^[14]。虽然目前视听交互的声景评估指标已逐渐从单一参数过渡到多参数研究^[3],

然而, 人们对不同绿视率下所呈现的视觉信息如何与声音信息互作, 以及这种关系如何影响人们对景观感知的了解还十分有限。营造绿地和水面、修建建筑楼宇、再利用原生地势地形植被等元素是现有南方地区大学校园(特别是高校新校区)景观建设的常见景观方案。为此, 本研究选择山地、绿地、湖水、建筑楼宇等多种自然、半自然和人文景观组分较为完整的福建农林大学金山校区为对象, 结合野外监测和问卷调查等方法, 比较分析基于 2 种绿视率(高和低)且视听耦合下人们对景观的感知评价(美感度、自然度和代表性 3 方面), 为校园景观规划和设计及其在此基础上制定视听干预策略提供参考。

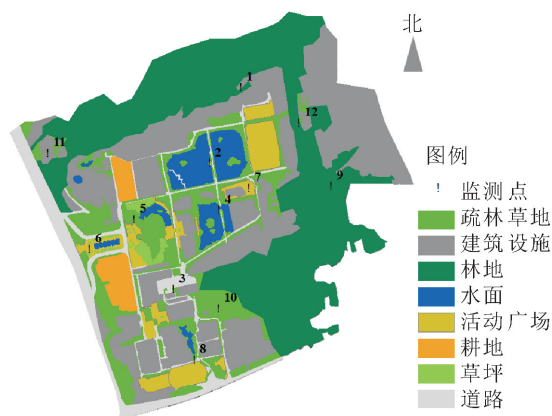
1 材料与方法

1.1 样地调查与声源采集

以位于福建省福州市仓山区的福建农林大学主校区(金山校区)景观为对象, 运用 GIS 技术在 Google earth 高精度影像图上对研究区景观组分类型进行矢量化, 将校园景观组分划分为疏林草地、建筑设施、林地、水面、活动广场、耕地、草坪、道路等类型(图 1)。根据校园景观环境特征, 较为均匀地在校园中选择 12 个监测点(图 1)。在 2018 年 7 月连续 15 d 对选取的 12 样点进行监测。具体方案: 每天 8:00—20:00 进行测量, 使用 RH87 多功能环境测量仪整点测定声音强度[用等效连续 A 声级表示, 其指在规定测量时间内 A 声级的能量平均值, 简写符号为 L_{Aeq} , 单位 dB(A)]、温度、湿度、风速、光照强度等因子。以 2 h 为时间段, 录制 1 次样点的声音片段, 持续 20 min, 在录音时同时记录各个发生声音类型和频率, 统计各个样点的声音组成。根据在校人员的生活习惯, 将 8:00—12:00 划为上午、12:00—16:00 划为下午、16:00—20:00 划为傍晚, 对该 3 大时段内的声音特征进行分析。

基于对福建农林大学校园声景观特点的分析, 把声源划分为 3 大类: 自然声、机械声和生活声^[15]。

自然声指自然界生物以及由于自然因素发出的声音(虫鸣声、鸟鸣声、蛙鸣声、宠物声、树叶声、风声、雨声、雷声、流水声等)。机械声指一些由于人类操控物体发出的声音(机动车行驶声、鸣笛声、警报声)、空调设备、施工声、上下课铃声和娱乐机械声)。生活声包括校园生活中人类或为人类生活服务的设备发出的声音(说话声、脚步声、校园运动声、广播声、食堂嘈杂声)^[16-17]。



注:1.北区山脚;2.观音湖;3.创新楼;4.湿地公园;5.中华园;6.西门;7.拓荒广场;8.下安;9.创业园;10.水保园;11.西区宿舍;12.学术中心。

图1 样点分布

Fig.1 Sample plot distribution

1.2 图片拍摄与预处理

鉴于大多数人眼视野高度在1.6~1.7 m处,感知色彩视域水平视野约60°、垂直方向约70°(水平视线下方40°、上方30°),采用大疆DJI云台相机(osmo pocket)选择全景模式中的3×3模式,该模式可在视线延伸的上、中、下3个方向的9个角度上合成广角照片,进而近似模拟人眼景观色彩感知的可视范围。在12个监测点处利用测量罗盘仪设置支架高度为1.6 m,并保证盘面水平,将云台相机至于盘面上方,并选择相对一致的晴朗天气和时间进行照片拍摄,为尽量减少调查者因拍摄曝光带来的图片色彩差异而对评分造成影响。为降低模式形成图片4角的畸变对受访者感知评分的影响,调查前向受访者说明,评分侧重于感知指标,不将图像畸变纳入评分考量。

为区分绿视率可能对声景观感知评分的影响,采用Adobe Photoshop cc2019软件统计拍摄图片中绿色像素数量,再通过绿色像素数量除以图片总像素计算图片绿视率。以50%绿视率为界,将12张景观图片分为高绿视率组和低绿视率组,分别随机编号用于后期景观感知问卷调查(图2、图3)。

1.3 问卷设计与调查

通过以问卷形式调查校园中120位不同专业的

本科生及研究生(最后获取107份有效问卷,有效率89.2%),了解大学生对校园声景的主观评价。问卷设计为A和B两部分(A卷为图片信息,B卷将图片和音频结合),受访者需分别对景观美感度^[18](人们能够感受到景观视觉上的美感程度)、景观自然度^[19](人们能够体验到的景观自然属性特征及其程度)和景观代表性(测度人们对所处景观符合其心中理想景观认知的满意程度)3大声景观感知指标予以评分。具体包括:景观美感度中,受访者对景观中体现的美学价值的感知进行评分(评分等级划分:1.不美;2.一般;3.很美);景观自然度中,受访者对景观中自然属性的感知进行评分(评分等级划分:1.非常不自然;2.较不自然;3.一般;4.较自然;5.非常自然);在景观代表性中,受访者对景观多大程度上符合其理想中校园景观环境的认识予以评分(评分等级划分:1.完全没有代表性;2.较没有代表性;3.一般;4.较具代表性;5.非常具有代表性)。同时,要求受访者对声音属性的感受进行主观打分,关于声级的感受在问卷中称为声音响度,声音类型对应声音匹配度。具体包括:声音响度(评分等级划分:1.安静;2.一般;3.吵闹)、声音匹配程度(即声音与视觉景观的匹配程度,评分等级划分:1.不匹配;2.一般;3.很匹配)和声音类型(1.自然声为主;2.机械声为主;3.生活声为主)。此外,在问卷第一部分记录受访者基本信息,包括性别、受教育程度和对专业兴趣程度(偏好)等。

1.4 数据处理与分析

1.4.1 景观要素与声音特征关系分析 在12个监测点周围分别设置10、30 m和50 m缓冲区,同时利用GIS技术分析统计3个尺度缓冲区内各景观组分的面积比例。为排除某些在缓冲区内不存在的景观要素面积零值对相关分析的影响,分别将不同缓冲区的面积比例取log对数进行转换(缓冲区内面积为零的景观要素用极小值0.000 01代替后再取对数log)。最终,用Person相关分析检测景观要素面积与声音属性(声景和声频)之间的关系。

1.4.2 问卷数据统计检验 采用非参数检验中的2个相关样本检验(Wilcoxon符号秩检验)方法分析景观图片中无声和有声情况下受访者的感知评分差异,同时运用2个独立样本(Mann-Whitney U检验)检验在有声景观环境中不同性别在3大感知指标评分中的差异。运用非参数检验中多个独立样本差异(Kruskal-Wallis检验)检验不同声音匹配度和声音响度对受访者感知影响的差异,统计分析运用SPSS 22.0软件完成。



图2 高绿视率组中的样片景观及其对应的样地编号

Fig. 2 Sample landscapes in the high visible green index group and their corresponding sample plot numbers



图3 低绿视率组中的样片景观及其对应的样地编号

Fig. 3 Sample landscapes in the low visible green index group and their corresponding sample plot numbers

2 结果与分析

2.1 声景观基本特征

校园中机械声、自然声和生活声占比见图4。自然声、机械声和生活声在早上、中午和傍晚3个时段占比与声级无明显相关性(除了中午时段的自然声与声级存在负相关外)(斯皮尔曼等级相关 $= -0.594$; $P=0.042$)。在12个监测点中,观音湖、创新楼、湿地公园3个样地1d中自然声占比最大,机械声和生活声占比相当且较小;中华园、下安、创业园、水土保持园的自然声仍为主要声音类型,但机械声多于生活声;西门和西区宿舍机械声为其主要声音类型,自然声较多,生活声占比最少;拓荒广场(除上午)和学术中心3种类型声音组成比例相近;北区山脚自然声和生活声占比相近,机械声较少。

校园由于声源类型和地形等因素的不同,导致

不同时间、不同样地的声级大小也有所差别(图5);并且声级大小和空气温度、湿度、光照和风速均无显著相关性($P>0.05$)。在上午,除北区山脚和中华园外,其余样地声级的变化范围不大,其值在55~65 dB(A),而这2个样地声级较大的原因在于其靠近交通要道,来往车辆和人数较多,可见道路交通是影响城市自然景观体验的主要噪声源^[20]。各样地在下午声级的变化幅度较大,从学生经常举办实践活动的场地(如拓荒广场、创业园、学术中心等)可见,下午的声级>上午;而对于人们常观赏放松的样地而言,下午的声级会降低。傍晚声级会呈总体下降的趋势(均<65 dB(A)),在学生常活动实践的地方下降最为明显。但一些自然度较高的地方,如水土保持园,也会出现傍晚声级反而升高的现象,这主要是由夏季虫鸣导致自然声的加强所致。

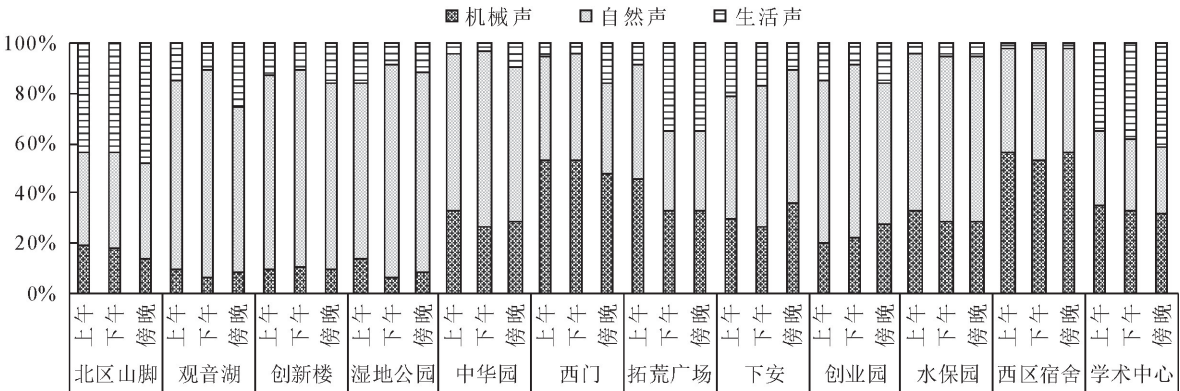


图 4 声音类型不同时间占比
Fig. 4 Percentage of different sound types

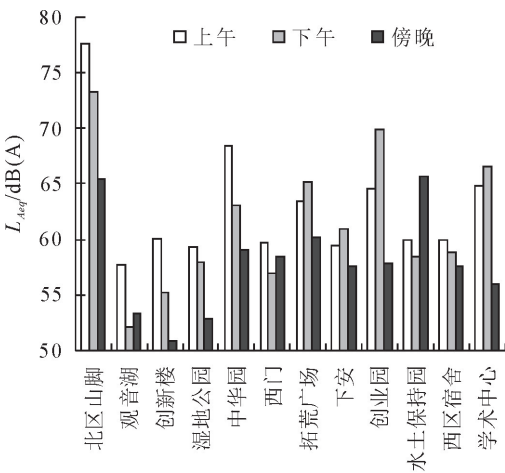


图 5 校园声级时间分布
Fig. 5 Time distribution of campus sound level

2.2 声级与景观要素的关系

各监测点不同缓冲区范围内景观要素面积比例与声级变化相关关系见表 1。道路在 3 个不同的缓冲区内都与声级呈现正相关性(相关系数为 0.577~0.689)。林地和声级大小仅在 30 m 缓冲区范围内表现出一定的负相关(−0.591)。其他景观要素与声级均无明显的显著相关关系。此外,不同类型声音频次与各景观要素之间相关系数均不显著。

2.3 视听耦合下的景观感知

2.3.1 声音存在对受访者景观感知的影响 在受访者观察高绿视率景观图片过程中,声音的加入显著增加人们对景观美感度、景观自然度和景观代表性等 3 个指标感知的评分($P<0.001$),产生了正向效应(评分值分别提高了 8.1%、6.9%、6.9%)。在

表 1 校园声级变化和用地类型的相关性关系

Table 1 The correlation between the change of campus sound level and the type of land use

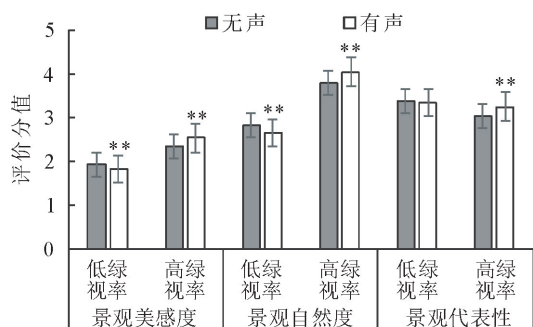
缓冲区范围	景观要素类型						
	草坪	道路	活动广场	建筑设施	林地	疏林草地	水面
10 m	−0.151	0.657 *	0.250	−0.071	−0.473	0.214	−0.306
30 m	−0.032	0.577 *	0.109	−0.149	−0.591 *	0.354	−0.515
50 m	−0.032	0.689 *	0.175	−0.080	−0.558	0.123	−0.530

注: * 表示在 $P<0.05$ 时相关系数达到显著水平。

低绿视率图片组中,声音的加入对景观美感度和景观自然度 2 个指标的感知评分产生显著的负向效应的影响(评分值分别降低了 4.2%、6.0%),且并未对景观代表性指标的评分产生显著影响(图 6)。此外,受访者的性别在有声环境下,显著影响 3 大感知指标的评分值(高绿视率组中的景观代表性指标外),女性评分值显著>男性(图 7)。具体表现为:在低绿视率组中,女性景观美感度平均分 1.94、男性 1.72,高出 12.8%;女性景观自然度平均分 2.76,男性 2.56,高出 7.7.%;女性景观代表性平均分 3.44,男性 3.24,高出 6.2%。在高绿视率组中,景观美感度中女性平均分 2.59、男性 2.48,高出

4.4%;女性景观自然度平均分 4.15,男性 3.94,高出 5.3%。

2.3.2 声音匹配度和响度对景观感知的影响 无论景观绿视率高低与否,受访者感受到的声音类型与视觉景观的匹配度对景观美感度和景观自然度 2 个指标的评分均产生显著影响(图 8)。在高绿视率景观中,对声音“很匹配”的感受显著提高了受访者对这 2 个指标的评分值,而低绿视率景观表现为降低。从声音响度来看,在低绿视率景观中,受访者感受“吵闹”的声音较大幅度降低了景观美感度(降低了 21.9%)、景观自然度(降低了 22.0%)和景观代表性(降低了 11.7%)3 大指标的评分值,感受为



注: * 表示在置信度为 0.05 时,具有显著差异; * * 表示在置信度为 0.01 时,具有极显著差异。下同。

图 6 声音加入对景观感知指标的影响

Fig. 6 The impact of sound addition on landscape perception indicators

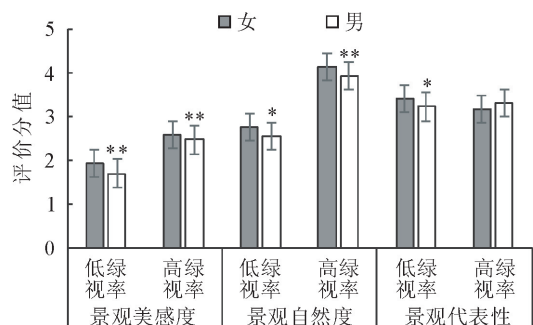
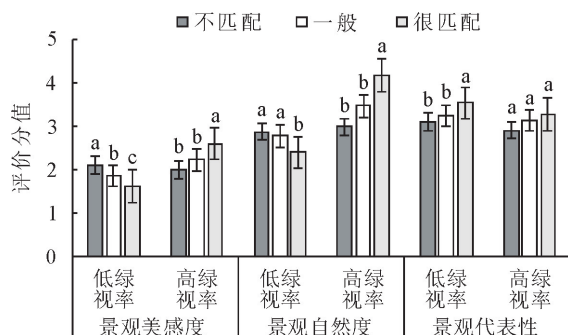


图 7 声音加入对不同性别受访者景观感知指标的影响

Fig. 7 The influence of voice on gender landscape perception indicators



注:不同小写字母表示同一绿视率景观中在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。下同。

图 8 声音匹配度对景观感知指标的影响

Fig. 8 The influence of sound matching degree on landscape perception indicators

“安静”和“正常”的声音响度则没有显著差异($P < 0.05$)(图 9)。在高绿视率景观中,受访者感受“安静”的声音仅显著增加了对景观美感度指标的评分值(增加了 18.4%),在景观自然度和景观代表性 2 个指标中并不产生显著差异。此外,从景观代表性看,声音匹配度和声音响度仅在低绿视率景观环境中存在感受差异,而在高绿视率景观中影响不明显。

2.3.3 专业兴趣度对景观感知的影响 从受访对

象对专业的兴趣度来看,高绿视率组中对所学专业感兴趣的受访者对景观美感和自然度好感度显著优于对本专业不感兴趣的受访者,低绿色率组中并未出现这种现象(图 10)。同时,专业兴趣度在高低绿视率 2 组中均未对景观代表性评价产生显著差异。

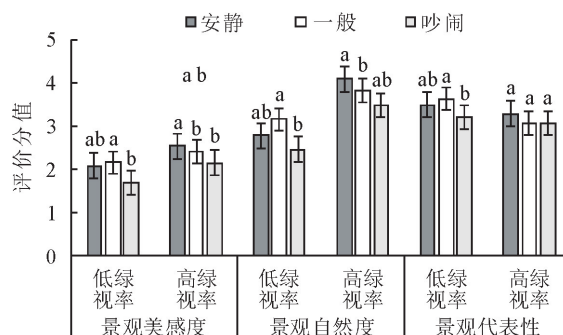


图 9 声音响度对景观感知指标的影响

Fig. 9 The influence of sound loudness on landscape perception indicators

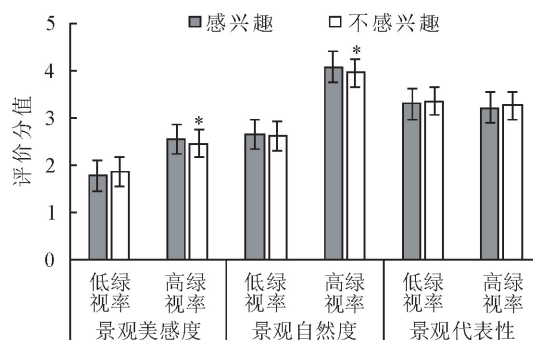


图 10 专业兴趣度对景观感知指标的影响

Fig. 10 The influence of professional interest on the index of landscape perception

3 结论与讨论

3.1 结论

校园景观中的机械声、自然声和生活声在不同地点不同时间所占比例不同,且与声音强度(声级)无明显相关性;道路在 3 个不同的缓冲区内都与声级呈现中等强度正相关(相关系数为 0.577 ~ 0.689),林地和声级大小仅在 30 m 缓冲区范围内表现出一定的负相关(-0.591),其他景观要素与声级均无显著相关关系,且不同类型声音频次与各景观要素之间相关系数均不显著;声音显著影响人们对景观美感度、景观自然度的感知,但在高绿视率景观中,增加人们对景观美感度和自然度的正向感知,而在低绿视率景观中对 2 项指标的感知产生负向效应,并且女性对声景观感知的好感度(分值高)显著高于男性;在高绿视觉率景观中,“很匹配”的视听感受增加受访者评分,却降低在低绿视率景观中的评

分,并且感受“吵闹”的声音响度降低了低绿视率景观中人们对景观感知的评分,感受“安静”的声音能够增加高绿视率景观中人们景观自然度的感知评分。

3.2 讨论

3.2.1 不同尺度下的用地类型与声音属性的关系

研究结果表明,声音强度(声级)与特定用地类型(道路和林地)有关,但这种关系体现在不同尺度上。道路在10~50 m的缓冲区与声级均表现为正相关,而林地却仅在30 m缓冲区尺度上形成负相关关系,疏林草地结果表示为不相关,这可能是由于适当配置类型、三维绿量以及枝下高的城市道路林带对噪声有很好的衰减作用^[21-23],该结果进一步佐证了在景观规划和设计中,林分郁闭度和配置密度要提升至足够高的阈值才能明显起到城市绿地降噪效果^[24]。此外,发现频率和声级不相关,可能是由于生活区、教学区、自然覆被地物在研究地校园中分布较为零散,且采样点也相对分布均匀,导致各类声源在大多数样点中均有出现且响度差异不大(图4)。

3.2.2 不同绿视率景观中声音影响景观感知的效应不同 研究表明,声音显著影响人们对景观美感度和自然度的感知,但在高绿视率景观中产生正向感知效应,而在低绿视率景观中产生负效应。然而,这与现有相关研究大都表明绿视率与人类感知评价呈正相关^[13,25]不完全一致,原因可能是人们更喜欢自然声^[26],对人工声音评分低于自然声音^[3,27-28]。在高绿视率景观中,“很匹配”的视听感受会增加受访者对景观美感度和自然度的评分,而低绿视率景观表现相反,已有研究表明,声音和图像之间的一致性或连贯性会影响景观的偏好性^[29-30],李华等^[31]也指出两者之间的协调程度越高,给人的舒适度和总体满意程度越高,这与上述高绿视率组的结果相符,推测原因为绿化覆盖率相对较低,距离机动车道较近,机械声较多,人们高的自然声接受意愿和相对低的机械声接受程度使得受访者对声景观舒适度的综合评价降低^[15,27],这也符合加入有序且存在一定植被量的视觉元素可显著提升自然性和整体质量,以及加入舒适的声学环境可有效提高城市空间整体满意度的结果^[32],进一步表明为深入揭示视听耦合对人的景观感知影响,需要充分考虑视觉维度的绿视率特征和听觉维度的声音类型匹配度和响度属性等综合作用。

3.2.3 性别特征和专业认知影响学生的景观感知

女性对景观美感度、景观自然度和景观代表性(高绿视率组中景观代表性指标除外)3个指标的评分显著>男性,这与王琪玮^[34]对沈阳世博园声景观研

究调查得出的女性的好感度评分高于男性(女性平均值3.96,男性平均值3.08)的结论相似,然而,国际权威认证声景不受性别影响且影响不一致。可能是由于后者受访人群年龄层和职业类型更加全面,而本研究主要集中在年龄较轻的大学生群体,他们较长时间生活在校园之中,女生更倾向于细腻观察和感知校园;同时相关研究表明,女性更偏向于听大自然的声音^[33],对声音的敏感度比男性高^[34],这是由女性所具有的情感特质决定的。调查前假定由专业兴趣度引起受访对象的心理认知差异会影响景观感知,结果表明仅高绿视率组中对所学专业感兴趣的受访者对景观美感度和自然度好感度显著优于对本专业不感兴趣的受访者,推测原因可能是对专业兴趣度高的受访者自身拥有更高的幸福指数,高幸福指数人群倾向于拥有积极的声景体验,反之,低幸福指数人群往往对声景态度较为消极^[35-36],但更确切的原因仍需要进一步探究。

本研究以50%为界区分高和低绿视率景观从而探索视听耦合下的景观感知特征,这种分组相对简单,未来仍需进一步研究更为细化的不同绿视率划分等级和关键阈值下人们景观视听交互作用的感知差异,这对将绿视率纳入城市规划政策和生态设计指南具有积极的现实意义。另外,本研究由于条件受限,仅选择夏季开展研究,并未充分跟踪监测和分析全年声景观特征,未来将结合绿视率阈值和季节动态进行深入与完善。

参考文献:

- [1] SCHAFER R M. The tuning of the world[M]. New York: Alfred, 1977.
- [2] 秦佑国. 声景学的范畴[J]. 建筑学报, 2005(1): 45-46.
- [3] LI H, LAU S K. A review of audio-visual interaction on soundscape assessment in urban built environments[J]. Applied Acoustics, 2020, 166(2): 107372.
- [4] 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.
- [5] JO H I, JEON J Y. Effect of the appropriateness of sound environment on urban soundscape assessment[J]. Building and Environment, 2020, 179: 106975.
- [6] ISMAIL M R. Sound preferences of the dense urban environment: soundscape of Cairo[J]. Front Arch. Res., 2014, 3(1): 55-68.
- [7] LI H N, CHAU C K, TANG S K. Can surrounding greenery reduce noise annoyance at home[J]. Science of the Total Environment, 2010, 408(20): 4376-4384.
- [8] RENTERGHEM T V, BOTTELDOOREN D. View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 148: 203-215.
- [9] JEON J Y, HONG J Y, LEE P J. Soundwalk approach to iden-

- tify urban soundscapes individually[J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 2013, 134(1): 803.
- [10] ALVES S, SCHEUREN J. Towards the practical implementation of the holistic approach to urban sound planning[C]// Inter-noise & Noise-con Congress & Conference, 2016.
- [11] 李智轩, 何仲禹, 张一鸣, 等. 绿色环境暴露对居民心理健康的影响研究——以南京为例[J]. 地理科学进展, 2020, 39(5): 779-791.
- LI Z X, HE Z Y, ZHANG Y M, *et al.* Impact of greenspace exposure on residents' mental health: a case study of Nanjing City[J]. Progress in Geography, 2020, 39(5): 779-791. (in Chinese)
- [12] 杨英书, 彭生辉, 栗德琼, 等. 城市道路绿地规划评价指标体系研究进展[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(5): 193-197.
- YANG Y S, PENG J H, SU D Q, *et al.* Advance in evaluation index system of green land plan of urban road[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(5): 193-197. (in Chinese)
- [13] 李明霞. 基于绿视率的城市街道步行空间绿量视觉评估[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2018.
- [14] 肖希, 韦怡凯, 李敏. 日本城市绿视率计量方法与评价应用[J]. 国际城市规划, 2018, 33(2): 98-103.
- [15] 崔志华, 杨昕雨. 基于 GIS 的南京市中山陵景区核心区域声景观评价[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2019, 43(2): 121-127.
- CUI Z H, YANG X Y. Evaluation of soundscape in the core area of Dr. Sun Yat-sen's Mausoleum in Nanjing[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2019, 43(2): 121-127. (in Chinese)
- [16] 彭小云. 生态高校校园声环境探讨[J]. 工业建筑, 2004(9): 30-32.
- [17] AXELSSON Ö, NILSSON M E, HELLSTRÖM B, *et al.* A field experiment on the impact of sounds from a jet-and-basin fountain on soundscape quality in an urban park[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 123: 49-60.
- [18] 赵警卫, 张莉, 吴慧. 视觉景观美感度评价研究现状及展望[J]. 中国园林, 2015, 31(7): 48-51.
- [19] 刘江. 北京市建筑物背景与城市森林景观视觉质量的关系研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2017.
- [20] 任欣欣, 康健, 刘晓光. 生态水体景观视觉影响下道路交通声评价的实验研究[J]. 声学学报, 2015, 40(3): 361-369.
- [21] 赵雄伟. 联峰山公园三种林地内空气负离子水平、滞尘及降噪能力研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2007.
- [22] 崔海南. 城市带状绿地植物配置模式的降噪效应研究[D]. 天津: 天津大学, 2014.
- [23] 李亚楠, 黄绍荣, 格日乐图, 等. 长江三角洲地区 11 个县(市、区)城市道路林带降噪能力及其影响因素[J]. 浙江农林大学学报, 2020, 37(2): 251-258.
- LI Y N, HUANG S R, GERI L T, *et al.* Noise attenuation ability and its affecting factors of green belts of 11 areas in the Yangtze River Delta[J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2020, 37(2): 251-258. (in Chinese)
- [24] 李坚. 沈阳市滨河公园声景观评价研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
- [25] 陈秀星. 华侨城社区绿视率对景观评价的影响研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [26] 孙崑崑, 朴永吉, 朱文倩. 城市公园声景分析及 GIS 声景观图在其中的应用[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(4): 229-233, 246. (in Chinese)
- SUN Y Y, PIAO Y J, ZHU W Q. Analysis of soundscape in urban parks and application of GIS soundscapegraphy[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(4): 229-233, 246. (in Chinese)
- [27] 朱玉洁, 翁羽西, 傅伟聪, 等. 声景感知对森林公园健康效益的影响——以福州国家森林公园为例[J]. 林业科学, 2021, 57(3): 9-17.
- ZHU Y J, WENG Y X, FU W C, *et al.* Effects of soundscape perception on health benefits of forest parks: a case study of Fuzhou forest park[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2021, 57(3): 9-17. (in Chinese)
- [28] DENG L, LUO H, MA J, *et al.* Effects of integration between visual stimuli and auditory stimuli on restorative potential and aesthetic preference in urban green spaces[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2020, 53: 126702.
- [29] 刘健行, 彭特, 刘华, 等. 基于公众感知的乌龙江东岸滨江复合型绿地景观视觉评价[J]. 西北林学院学报, 2021, 36(2): 258-265.
- LIU J X, PENG T, LIU H, *et al.* Visual evaluation of landscape of the compound green space on the east bank of Wulong River based on public perception[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2021, 36(2): 258-265. (in Chinese)
- [30] CARLES J L, BARRIO I L, LUCIO J V D. Sound influence on landscape values[J]. Landscape and Urban Planning, 1999, 43(4): 191-200.
- [31] 李华, 王雨晴, 陈飞平. 梅岭国家森林公园声景观的游客调查评价[J]. 林业科学, 2018, 54(6): 9-15.
- LI H, WANG Y Q, CHEN F P. Evaluation of tourist survey of soundscape in Meiling national forest park[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2018, 54(6): 9-15. (in Chinese)
- [32] JEON J Y, JO H I. Effects of audio-visual interactions on soundscape and landscape perception and their influence on satisfaction with the urban environment[J]. Building and Environment, 2020, 169(2): 106544. 1-106544. 12.
- [33] 陈飞平, 廖为明. 基于问卷调查法的森林声景观评价研究[J]. 生态经济, 2011, 27(1): 160-161.
- [34] 王琪炜. 沈阳世博园声景观调查研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017.
- [35] ALETTA F, OBERMAN T, MITCHELL A, *et al.* Associations between soundscape experience and self-reported well-being in open public urban spaces: a field study[J]. The Lancet, 2019, 394: 17.
- [36] HONG J Y, JEON J Y. Designing sound and visual components for enhancement of urban soundscapes[J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 2013, 134(3): 2026.