自然声景对注意力、短期记忆力的影响机制*

梁晓婷 孟 威 杨雨妍

华南农业大学林学与风景园林学院 广州 510642

摘要：自然声景具有恢复性特征，对人类的情绪和认知产生复杂影响，是人与自然互动关系的重要内容。基于“压力输入-声景感知-认知测试”的技术路径，采用对照试验法（将自然声景组作为试验组、城市噪音组作为对照组），探究海浪声、溪流声、鸟鸣声、蛙声等自然声景如何影响大学生的注意力和短期记忆力，构建“自然声景-认知能力”影响机制。结果表明：1）注意力方面，自然声景对冲突作用的恢复最具积极性，对警觉作用、定向作用的恢复有较大局限性。2）短期记忆力方面，自然声景可以促进短期记忆力的恢复；与对照组城市噪音（10.17）相比，蛙声（11.30）的记忆广度最大，其次是雨声（10.70）、鸟鸣声（10.60）。3）声学特征方面，尖锐度与注意力的警觉作用和冲突作用具有显著相关性（$P<0.05$）。综上可知，自然声景对注意力、短期记忆力都具有恢复性，情绪和个人经历是影响城市噪音对认知能力恢复的重要主观因素。

关键词：自然声景；认知能力；声景感知

DOI：10.12169/zgcsly.2023.10.05.0001

Influencing Mechanism of Natural Soundscapes on Attention and Short-term Memory

Liang Xiaoting Meng Wei Yang Yuyan

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642, China)

Abstract: Natural soundscapes are restorative in nature and have a complex impact on human emotions and cognition, which is an important part of the interaction between humans and nature. Based on the technical route of “pressure input - soundscape perception - cognitive testing”, we investigate how natural soundscapes, such as the sound of waves, streams, birdsong, frogs, etc., affect college students' attention and short-term memory, and construct an influencing mechanism of “natural soundscape - cognitive capacity” using controlled experiment method which takes nature soundscape as the experiment group while urban noises as the control. The results show that: 1) In terms of attention, natural soundscape has the most positive effect on the recovery from conflicts, but limited effect on the restoration of alertness and orientation; 2) in terms of short-term memory, natural soundscape and promote the restoration of short-term memory, and the sound of frogs (11.30) has the broadest range of memory compared with the urban noises (10.17), followed by the sound of rain (10.70) and the sound of birds (10.60); and 3) Regarding acoustic features, sharpness has a significant correlation ($P<0.05$) with the alertness and conflicts of attention. In conclusion, natural soundscape is restorative to attention and short-term memory, and emotion and personal experience are important subjective factors influencing the restoration of cognitive capacity in the context of urban noise.

收稿日期：2023-10-05

* 基金项目：广东省哲学社会科学规划项目（GD21CGL16）；广东省哲学社会科学规划项目（G20XGL18）

第一作者：梁晓婷（1998-），女，硕士生，研究方向为自然教育、景观规划与设计。E-mail：314106329@qq.com

通信作者：孟威（1980-），男，博士，副教授，研究方向为自然教育、旅游规划与设计。E-mail：36297006@qq.com

Keywords：natural soundscape；cognitive capacity；soundscape perception

伴随快速城镇化，人们与自然的割裂越来越严重，人类与自然越来越疏远，并产生感觉迟钝、注意力不集中、生理和心理疾病高发等现象，有学者称之为“自然缺失症”[1]。声音是自然环境的重要组成部分，人类 85%的信息量是通过视觉感知获得，10%是通过听觉感官得到[2]。自然声景对人类认知能力的影响具有重要的作用。

目前，对“自然声景-认知能力”关系的研究具备以下特征：1）形成了主导性理论。恢复性环境、亲生命性假说等理论被应用于该领域，阐释了声景是帮助人们从社会压力、心理疲劳等消极情绪中得到恢复的环境[3]，是该领域的主流理论。2）传统方法和新技术都得到广泛应用，试验法是获取数据的主要方式。传统的问卷测量方法被进一步拓展，开发了诸如复愈性感知量表（PRS）、反刍-反思问卷（RRQ）、积极和消极影响量表（PANAS）[4]、数字跨度任务、Raven 渐进矩阵任务[5]等测试评估手段，也有诸如功能核磁共振（functional magnetic resonance imaging，fMRI）、心率（Heart Rate，HR）、肌电（Electrodermal Activity，EDA）、皮肤电导水平（Skin Conductance Level，SCL）、高频心率变异性（Heart rate variability，HRV）、唾液皮质醇等现代医疗客观检测技术[6-7]等新技术。3）研究对象多样化，不同国别、不同年龄、不同性别的对比研究比较普遍。但是以上研究结果之间的可比性较差，如一些研究结果表明暴露于自然声景后认知表现得到了积极的影响，而另一些研究则表明自然声景对认知表现的改善并不显著，自然声景不是影响认知的主要因素[8-10]。造成这一差异的主要原因可能是现有研究对自然声景影响认知能力的过程、机制等深层次机理的关注不足，尚未形成观点共识。因此，本研究致力于探讨鸟鸣声、溪流声、海浪声、蛙声等自然声景对大学生注意力和短期记忆力的影响，构建“自然声景-认知能力”影响机制。

1　研究方法

在人类复杂的认知能力中，注意力和短期记忆力是两种最基本的认知能力，是更复杂认知过程的基础，适合作为短期研究、试验研究的因变量[11]。研究采用对照试验法，将自然声景组作为试验组，城市噪音组作为对照组。在恢复性理论框架下[3]，采取压力输入措施对被试进行注意消耗，分别测量被试在不同声景体验后的认知水平，探究被试的认知能力是否从城市噪音影响下的“消耗”状态恢复到“正常”状态或有所提升[12]。被试为通过滚雪球的方式从华南农业大学招募的 30 名 18~21 岁的大学生，其中女生 24 名、男生 6 名，平均年龄为 19.6 岁[13]。所有参与研究的大学生都听力正常，且自愿有偿参与本次测试。试验过程中虽会引起短暂的注意力疲劳和心理压力，但并不会对人体产生伤害，符合心理学试验伦理要求[14]。

1.1　测试工具

1）Stroop 测试。Stroop 测试（Stroop colour-word test）用作心理应激源测试[15]，旨在测量同一刺激信息和词义信息发生相互干扰的 Stroop 效应[16]，该任务被认为是诱发注意力疲劳的有效方法，达到压力输入、引起心理疲劳和紧张情绪的目的。被试通过装有 E-prime2.0 试验设计系统的电脑完成该项测试。每次正式测试的时长为 3 min[16]。

2）注意网络测试。注意网络测验（Attention Network Test，ANT）是用来评估注意网络的警觉、定向和冲突作用[17]，被试每次需要进行 104 次测试，该任务每次所需平均时长为 3.9 min[4]。测试结果中，警觉作用、定向作用、冲突作用通过反应时表示（单位：ms）。根据 ANT 的设计原理，警觉作用和定向作用的指标数值越大表现越好，冲突作用与二者相反，指标数值越大表现越差[18]。

3）数字广度测验。数字广度测验（Digital Span Test，DST）用来评估被试短期记忆力的变化[19]，使用自编程序完成测试。电脑屏幕上会以每 800 ms 一个数字的速度随机出现一组数字（如 2、8、4）。被试要求按照顺序记住数字组并在数字全部出现后，立即按照出现的顺序输入数字组。该测试任务所需时长平均为 3.2 min。在该任务

中，测试后获得的分数即记忆广度，是被试能够完全正确输入的数字组的最高个数[11]。分数越高，表明被试的短期记忆力越好。

4）ArtemiS 音频分析。通过 ArtemiS 软件（HEAD acoustics）对试验的音频样本进行声学特征分析，包括波动强度（fluctuation strength）、尖锐度（sharpness）、粗糙度（roughness）。尖锐度描述了声音品质评价中的音色特征；粗糙度和波动强度描述声音信号由于周期性的时域变化所引起的主观听感，低频变化产生波动度，高频变化产生粗糙度[12]。

1.2 试验程序

为控制试验的变量，试验提供一个室内空白环境，结合 Ratcliffe 等[20]、Emfield 和 Neider[21]、Shu 和 Ma[11]、朱玉洁等[22]的研究成果，选择 6 种具有潜在恢复性的自然声音（溪流声、鸟鸣声、蛙声、雨声、海浪声、蝉鸣声）作为试验组，对照组声音选择城市噪音[6]。试验组和对照组的声样本均来自中国最专业的声音数据库（https://www.ear0.com/），溪流声、鸟鸣声、蛙声、雨声、海浪声、蝉鸣声皆为单一声源，城市噪音主要由交通噪音和人声组合。本次试验采用统一的声压级[23]，音频声压级为 45~55 dB（A），此区间属于人耳听觉范围内的舒适区间，试验时长控制在 40 min 以内，试验流程如图 1 所示。

试验阶段	开始	压力期	体验期	认知能力测试阶段		访谈阶段	结束
试验内容	被试熟悉环境 ⇨	压力输入阶段 ⇨	认知影响阶段 ⇨	短期记忆力测试阶段	注意力测试阶段	⇨ 被试访谈	个人信息
持续时间	3 min	3 min	3 min	3.2 min	3.9 min	3 min	1 min
试验刺激		Stroop 测试	声景播放	数字广度测试（DST）	注意网络测试（ANT）		
备注			每位被试体验 3 种声景，共持续 9 min				

图 1 试验流程

1）熟悉环境。每位被试在开始试验前休息 3 min，以熟悉周围环境、缓解劳累，指导员会对每位被试进行测试规则解说，解说时长为 3 min。

2）压力输入。被试将会进行 3 min 的 Stroop 测试。

3）声景刺激。播放音频，以城市噪音作为对照组，每种音频持续 3 min。

4）认知测试。接受声音刺激后，立刻进行数字广度测试（DST）和注意网络测试（ANT）。

5）重复测试。每一种声景的测试为一轮，重复三轮以上步骤。

6）访谈与个人信息录入。全部测试结束后，对被试进行访谈并完成个人信息填写。

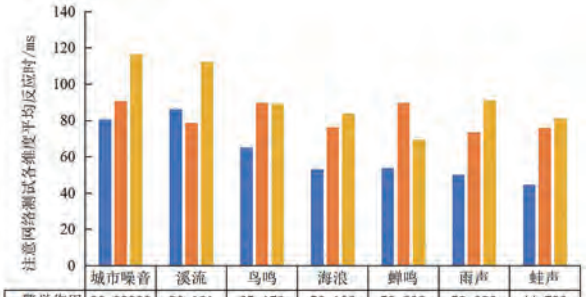
1.3 数据分析

试验获得 90 组数据，使用 SPSS 26.0 进行 Shapiro-Wilk、Kruskal-Wallis 检验，确定各组数据是否具有正态性，检验不同声景对被试的注意力、短期记忆力影响是否具有显著差异。

2 结果与分析

2.1 自然声景对注意力的影响

对试验数据进行 Shapiro-Wilk 正态性检验，P 值部分小于 0.05，属于非正态分布，满足非参数检验方法的要求。Kruskal-Wallis 检验声景对注意力的警觉作用（$P=0.025<0.05$）、定向作用（$P=0.711>0.05$）和冲突作用（$P=0.080>0.05$）的影响。注意网络测试各维度平均反应时结果如图 2 所示。



	城市噪音	溪流	鸟鸣	海浪	蝉鸣	雨声	蛙声
警觉作用	80.38933	86.121	65.173	53.102	53.838	50.086	44.793
定向作用	90.61666	78.768	89.634	76.289	89.799	73.515	75.94
冲突作用	116.523	112.352	89.317	83.627	69.23	90.898	80.942

图 2 注意网络测试各维度平均反应时情况

警觉作用是实现并维持一种警醒的状态，声景类型对其影响的排序（图 2）为：蛙声<雨声<海浪声<蝉鸣<鸟鸣<城市噪音<溪流声，自然声景中溪流声组具有最佳的恢复性。根据溪流声与鸟鸣的声学特征（表 1），警觉作用最具恢复性的波动强度范围是 0.070 1~0.162 vacil，尖锐度范围是 1.54~2.59 acum，粗糙度范围是 0.365~ 0.541 asper。

定向作用是从传入的感觉中选择信息，其声景类型对其影响的排序（图 2）为：雨声<蛙声<海浪声<溪流声<鸟鸣<蝉鸣<城市噪音，总体差异

性并不大。根据蝉鸣与鸟鸣的声学特征（表 1），定向作用最具恢复性的波动强度范围是 0.025～0.162 vacil，尖锐度范围是 2.59～3.16 acum，粗糙度范围是 0.029 3～0.365 asper。

冲突作用是在反应之间解决冲突，声景类型对其影响的排序（图 2）为蝉鸣>蛙声>海浪声>鸟鸣>雨声>溪流声>城市噪音，说明自然声景组比城市噪音组具有更明显的恢复性，其中最具恢复性的是蝉鸣和蛙声。根据蝉鸣与蛙声的声学特征，冲突作用最具恢复性的波动强度范围是 0.025～0.226 vacil，尖锐度范围是 1.53～3.16 acum，粗糙度范围是 0.029 3～0.666 asper（表 1）。

由此可见，在短期自然声景刺激后，提升最明显的是冲突作用，被试解决冲突的反应时间缩短、能力提高，改善了注意力，增强了基础认知能力。自然声景对警觉作用、定向作用有一定恢复性，但具有较大的局限性。

本研究发现，城市噪音组的平均总用时为 236.03 s，蝉鸣组的平均总用时为 226.4 s，海浪声组的平均总用时为 231.8 s，鸟鸣组的平均总用时为 226.4 s，蛙声组的平均总用时为 219.5 s，溪流声组的平均总用时为 225.9 s，雨声组的平均总用时为 222.6 s。城市噪音组比自然声景组完成 ANT 测试所需总时长更长，说明自然声景的整体恢复性优于城市噪音。

表 1　声景样本的声学特征

	波动强度/vacil	尖锐度/acum	粗糙度/asper
蝉鸣声	0.025	3.16	0.029 3
城市噪音	0.020 1	1.46	0.221
海浪声	0.027	2.12	0.266
鸟鸣声	0.162	2.59	0.365
蛙声	0.226	1.53	0.666
溪流声	0.070 10	1.54	0.541
雨声	0.004 95	2.39	0.017 8

2.2　自然声景对短期记忆力的影响

在对“自然声景–短期记忆力”的检验中，Shapiro-Wilk 正态性检验 P 值小于 0.05，被试的数字广度测试的数据属于非正态分布。Kruskal-Willis 非参数检验表明，在数字广度测试部分，测试得分与声景不具有显著差异性（$P>0.05$）。与城市噪音组比较发现，体验蛙声后数字广度测试得分有明显的提高，雨声、鸟鸣声对短期记忆力表现出相对良好的恢复效果，其次是溪流声、蝉鸣声，但海浪声组表现出消极效果（表 2）。据蛙声与雨音的声学特征，对短期记忆力最具恢复性的波动强度范围是 0.004 95～0.226 vacil，尖锐度范围是 1.53～2.39 acum，粗糙度范围是 0.017 8～0.666 asper（表 1）。

表 2　数字广度测试结果

声景类型	平均值（方差）	中位数	与城市噪音的差值
蝉鸣声	10.20（1.511）	10.50	0.03
城市噪音	10.17（2.006）	10.00	—
海浪声	10.00（2.889）	9.50	−0.17
鸟鸣声	10.60（1.378）	10.50	0.43
蛙声	11.30（4.233）	11.00	1.13
溪流声	10.30（2.456）	10.00	0.13
雨声	10.70（3.344）	10.00	0.53

2.3　声学特征与认知能力的相关性

将声学特征与认知指标进行 Spearman 相关分析（表 3）发现：记忆广度与波动强度、尖锐度和粗糙度呈正相关；注意力的警觉作用与粗糙度呈正相关，与波动强度、尖锐度呈负相关；注意力的定向作用与波动强度、尖锐度呈正相关，与粗糙度呈负相关；注意力的冲突作用与粗糙度呈正相关，与波动强度、尖锐度呈负相关。

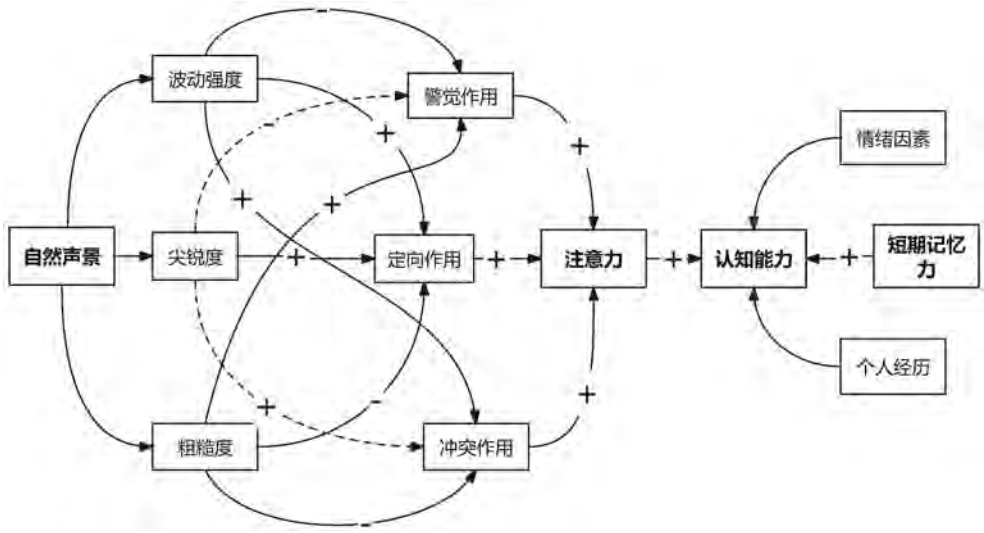
表 3　声学特征与认知指标的相关关系

	波动强度	尖锐度	粗糙度
记忆广度	+0.110	+0.160	+0.984
警觉作用	−0.083	−0.220*	+0.030
定向作用	+0.079	+0.182	−0.016
冲突作用	−0.135	−0.276*	+0.019

注：* 表示 $P<0.05$。

2.4　“自然声景–认知能力”的过程、机制

根据试验结果，将波动强度、尖锐度、粗糙度 3 个声音变量，与警觉作用、定向作用、冲突作用 3 个注意力变量，短期记忆力变量以及被试的情绪因素、个人经历建立“自然声景–认知能力”的反馈关系（图 3）。



注：+号表示该关系为正反馈；-号表示该关系为负反馈；虚线表示该关系具有显著性。

图 3 “自然声景-认知能力”的反馈关系

图 3 表明：记忆广度与波动强度、尖锐度、粗糙度呈正反馈；注意力的警觉作用与波动强度、尖锐度呈负反馈，与粗糙度呈正反馈；注意力的定向作用与波动强度、尖锐度呈正反馈，与粗糙度呈负反馈；冲突作用维度与波动强度、尖锐度呈正反馈，与粗糙度呈负反馈。情绪因素和个人经历也对认知能力具有影响。

3 讨论

本试验结果表明，聆听自然声景对个体注意力、短期记忆力的恢复具有积极作用。该结果与 Shu 和 Ma[11]、Van Hedger 等[24]的观点较为类似，均支持短暂接触自然声景可以改善注意力和短期记忆力。试验结果也显示自然声景对认知能力的恢复是有限的，在部分数据中甚至不具备统计学的意义，这提示自然声景的声学特征并不单独起作用，认知能力恢复是更多因素共同作用的结果。已有研究中，城市噪音在注意力警觉作用、定向作用的恢复性比自然声景更好，与本研究预想有很大出入。本研究通过对被试进行的深度访谈，认为情绪、个人经历在“自然声景-认知能力”过程中发挥了重要作用。

压力水平影响试验结果。通常认为，当兴奋度过高或过低时，认知表现会变差。高压力的被试对自然声景更敏感，从而使从感知到恢复特征到心理健康的途径更加显著[25]。被试在听海浪声后更加愉悦放松，这大大降低了他们的激奋水平，从而降低了被试基础认知能力的恢复。

负面情绪对注意力的警觉作用、定向作用产生了更大影响。城市噪音组比自然声景组的警觉作用、定向作用更高，其原因可能是城市噪音带来了负面情绪，因为相比较于正面、中性的情绪，负面情绪对警觉作用有更强的效果[18]。

个人经历是另外一个影响因素。在访谈中，有多达 30%的人谈到了疫情的影响。测试是在新冠疫情防控期间开展，长期的校园封闭让大学生对外界环境产生了向往，城市噪音的负面影响很大程度上被弱化，这与 Bates 等[26]的研究结果相似，本研究中被试喜欢海滩声音是因为它唤起了与孩子和宠物在海滩上相处的快乐回忆，说明个人对自然环境的反应与生活经历有关。

4 结论

本文基于实证研究，探索声景对认知能力的影响，构建“自然声景-认知能力”的影响机制，得出以下结论：

1）自然声景对注意力具有一定恢复性，但限于冲突作用上，在警觉作用、定向作用上不明显。自然声景更有利于在面对冲突时候，保持警惕性、提升解决效率。情绪和个人经历是城市噪音对认知能力的恢复性的重要主观因素。

2）短期记忆力维度上，自然声景对记忆广度

具有积极的影响，有利于增强保持和回忆信息的能力，促进短期记忆力的恢复。

3）融合主客观因素，建立了“自然声景-认知能力”的反馈关系图，再现了自然声景影响认知能力的关系、机制。

参考文献

[1]理查德·洛夫.林间最后的小孩:拯救自然缺失症儿童[M].自然之友,王西敏,译.北京:中国发展出版社,2014.

[2]胡兵.城市公园声景观评价与营建研究[D].北京:中国林业科学研究院,2016.

[3]KAPLAN S,TALBOT J F.Psychological benefits of a wilderness experience[M]//ALTMAN I,WOHLWILL J F.Behavior and the natural environment.Boston:Springer,1983.

[4]BRATMAN G N,DAILY G C,LEVY B J,et al.The benefits of nature experience:Improved affect and cognition[J].Landscape and Urban Planning,2015,138:41-50.

[5]BOURRIER S C,BERMAN M G,ENNS J T.Cognitive strategies and natural environments interact in influencing executive function[J].Frontiers in Psychology,2018,9:1248.

[6]ALVARSSON J J,WIENS S,NILSSON M E.Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise[J].International Journal of Environmental Research and Public Health,2010,7(3):1036-1046.

[7]李同予,薛滨夏,杨秀贤,等.基于无线生理传感器与虚拟现实技术的复愈性环境注意力恢复作用研究[J].中国园林,2020,36(12):62-67.

[8]STOBBE E,SUNDERMANN J,ASCONE L,et al.Birdsongs alleviate anxiety and paranoia in healthy participants[J].Scientific Reports,2022,12(1):16414.

[9]税依妮,甘永洪,杨林鹏,等.基于视听二元感知的公园景观交互评价[J].中国城市林业,2023,21(1):101-108.

[10]韩亚洁,许大为.我国声景观研究现状与展望:基于科学知识图谱分析[J].中国城市林业,2023,21(4):120-126.

[11]SHU S,MA H.Restorative effects of classroom soundscapes on children's cognitive performance[J].International Journal of Environmental Research and Public Health,2019,16(2):293.

[12]舒珊.针对学龄儿童的恢复性声景研究[D].天津:天津大学,2020.

[13]CUI P,LI T T,XIA Z W,et al.Research on the effects of soundscapes on human psychological health in an old community of a cold region[J].International Journal of Environmental Research and Public Health,2022,19(12):7212.

[14]郭秀艳,杨治良.基础实验心理学[M].第 2 版.北京:高等教育出版社,2011.

[15]HAMID F A,SAAD M N M,MALIK A S.Characterization stress reactions tostroop color-word test using spectral analysis[J].Materials Today:Proceedings,2019,16:1949-1958.

[16]曾祥炎.基于 E-Prime 实现“实验心理学”实验教学的新方法[J].实验技术与管理,2007,24(11):89-91.

[17]王长青,汪凯,孟玉.注意网络测验(ANT)在中国成人中的应用[J].中国临床心理学杂志,2005,13(4):386-388.

[18]蒋军,陈雪飞,赵晓,等.情绪对注意的影响:基于注意网络的分析[J].西南大学学报(自然科学版),2010,32(4):163-167.

[19]杜芳,韩凤珍,任敏.数字广度测验的差异及其与高考成绩的关系[J].济宁师范专科学校学报,2005,26(6):59-60.

[20]RATCLIFFE E,GATERSLEBEN B,SOWDEN P T.Bird sounds and their contributions to perceived attention restoration and stress recovery[J].Journal of Environmental Psychology,2013,36:221-228.

[21]EMFIELD A G,NEIDER M B.Evaluating visual and auditory contributions to the cognitive restoration effect[J].Frontiers in Psychology,2014,5:548.

[21]EMFIELD A G,NEIDER M B.Evaluating visual and auditory contributions to the cognitive restoration effect[J].Frontiers in Psychology,2014,5:548.

[22]朱玉洁,翁羽西,王心怡,等.森林公园声景对心理恢复效益的影响:以福州国家森林公园为例[J].应用声学,2023,42(2):340-348.

[23]朱玉洁,翁羽西,孙丹玫,等.声景对自然和城市环境恢复性效益的影响[J].建筑科学,2021,37(2):63-69,76.

[24]VAN HEDGER S C,NUSBAUM H C,CLOHISY L,et al.Of cricket chirps and car horns:The effect of nature sounds on cognitive performance[J].Psychonomic Bulletin & Review,2019,26(2):522-530.

[25]QIU M Y,SHA J,UTOMO S.Listening to forests:comparing the perceived restorative characteristics of natural soundscapes before and after the COVID-19 pandemic[J].Sustainability,2020,13(1):293.

[26]BATES V,HICKMAN C,MANCHESTER H,et al.Beyond landscape's visible realm:Recorded sound,nature,and wellbeing[J].Health & Place,2020,61:102271.