

DOI: 10.20103/j.stxb.202409242321

徐伟振, 史瑞翔, 陈梓怡, 陈静. 上海城市公园访客感知生物多样性对其情绪状态影响研究——基于恢复性效益的中介效应. 生态学报, 2025, 45 (18): - .

Xu W Z, Shi R X, Chen Z Y, Chen J. Study on the impact of perceived biodiversity on urban park visitors' emotional states in Shanghai: The mediating effect of restorative benefits. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45 (18): - .

# 上海城市公园访客感知生物多样性对其情绪状态影响研究

## ——基于恢复性效益的中介效应

徐伟振, 史瑞翔, 陈梓怡, 陈 静\*

同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092

**摘要:** 保护城市生物多样性被视为实现生态与社会效益“双赢”的重要自然解决方案, 但其对公众心理健康的具体影响机制仍需深入研究。在高密集人口的大都市区, 城市公园不仅为访客提供游憩休闲场所, 还在维持生物多样性、减轻环境压力及提升人类福祉方面发挥不可替代的作用。以上海市 4 个城市公园内五类典型绿色空间为例, 探讨访客对不同绿色空间中生物多样性(植物、鸟类)的感知差异, 并通过结构方程模型 (Structural Equation Modeling, SEM) 解析其与感知自然度、恢复性效益以及情绪状态(积极/消极)之间的动态关系和潜在因果链条。研究结果表明: 1) 带电体的开敞绿色空间 (Open Green Space with Water Bodies, OGW) 在感知鸟类多样性、积极情绪和恢复性效益方面表现最佳, 而密闭绿色空间 (Enclosed Green Space, EGS) 和半开敞绿色空间 (Semi-Open Green Space, SOGS) 在感知植物多样性上更具优势; 2) SEM 分析显示, 尽管感知生物多样性对感知自然度未见显著影响 ( $P > 0.05$ ), 但两者均能显著增强恢复性效益、改善积极情绪和降低消极情绪 ( $P < 0.05$ ); 3) 恢复性效益在感知生物多样性与情绪状态之间发挥重要中介作用, 其中感知鸟类多样性 ( $P < 0.001$ ) 相比感知植物多样性 ( $P < 0.01$ ) 对情绪状态的直接和间接影响更为显著。结合研究结果, 本文旨在为城市绿色空间规划、设计与提供理论支持, 强调通过优化生物多样性建设, 不仅能维护和增强城市生态系统健康, 还能改善高密度建成环境中公众的心理健康和情绪状态, 进而推动生态与社会效益的协同发展。

**关键词:** 城市绿色空间; 景观感知; 生物多样性保护; 健康效益; 恢复性环境

## Study on the impact of perceived biodiversity on urban park visitors' emotional states in Shanghai: The mediating effect of restorative benefits

XU Weizhen, SHI Ruixiang, CHEN Ziyi, CHEN Jing\*

College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China

**Abstract:** Preserving urban biodiversity is widely recognized as a vital nature-based solution that not only enhances ecological integrity but also promotes social welfare. However, the specific mechanisms through which urban biodiversity impacts public mental health remain underexplored. Particularly in densely populated metropolitan areas, urban parks not only serve as essential recreational spaces for residents but also play an irreplaceable role in maintaining biodiversity, mitigating environmental stress, and enhancing human well-being. This study focused on five typical green spaces within four urban parks in Shanghai, examining visitors' perceptions of biodiversity (plants and birds) within these diverse

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (32001364); 上海同济城市规划设计研究院有限公司联合一般课题 (KY-2022-LH-B05); 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (22120240667)

收稿日期: 2024-09-24; 网络出版日期: 2024-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jingchen@tongji.edu.cn

environments. Structural Equation Modeling (SEM) was employed to analyze the dynamic relationships and potential causal pathways among perceived biodiversity, perceived naturalness, restorative benefits, and emotional states (positive and negative). The findings revealed several key insights: 1) Open green spaces with water bodies (OGW) exhibited the best performance in terms of perceived bird diversity, positive emotions, and restorative benefits. In contrast, enclosed green spaces (EGS) and semi-open green spaces (SOGS) showed advantages in perceived plant diversity. 2) SEM analysis indicated that while perceived biodiversity did not significantly influence perceived naturalness ( $P>0.05$ ), both perceived biodiversity and naturalness significantly fostered restorative benefits, improved positive emotions, and reduced negative emotions ( $P<0.05$ ). 3) Mediation tests demonstrated that restorative benefits played a crucial mediating role between perceived biodiversity and emotional states. Notably, perceived bird diversity ( $P<0.001$ ) exerted more significant direct and indirect impact on emotional states compared to perceived plant diversity ( $P<0.01$ ). Based on these results, several measures were proposed to enhance visitors' restorative benefits and emotional well-being. For instance, urban park designs should prioritize the incorporation of native flora and adaptive plant species to attract diverse bird populations. Creating varied microhabitats can promote natural biodiversity growth while fostering a rich soundscape, which in turn enhances visitors' positive emotions and restorative experiences. Additionally, incorporating water features, such as small lakes, fountains, or ponds, not only provides crucial resources for wildlife but also enhances the aesthetic and tranquility of the landscape. Finally, ensuring the safety and accessibility of different green spaces through well-designed paths and recreational facilities can increase their attractiveness and encourage frequent use by diverse visitor groups. The study underscores the importance of integrating biodiversity into urban planning and park management practices, advocating for a holistic approach to advance urban environmental and public health strategies. By optimizing green space design, particularly in high-density urban areas, cities can simultaneously improve residents' mental well-being and promote the synergistic development of urban ecological and social benefits. These findings provide a theoretical foundation for the planning and design of restorative urban green spaces aimed at maximizing biodiversity and human well-being.

**Key Words:** urban green spaces; landscape perception; biodiversity conservation; health benefits; restorative environments

全球城市快速发展对人类健康和福祉构成了挑战<sup>[1]</sup>,城市居民因缺乏自然接触而面临精神紧张、抑郁和疲劳等问题。预计到 2050 年,城市人口将占全球人口的 69% 以上,这将进一步限制居民与自然的互动<sup>[2]</sup>。城市绿地是维持城市生态系统健康的关键要素之一,为城市中的野生动植物提供了必要的栖息地空间。包括公园、花园、街道绿化带以及屋顶绿化在内的多种绿地类型,共同构成城市重要的生态基础设施,其作为关键的恢复性环境,对改善城市环境和提升居民生活质量具有不可替代的作用<sup>[3-4]</sup>。注意力恢复理论(Attention Restoration Theory, ART)<sup>[5]</sup>指出,自然环境有助于恢复个体的注意力,提高记忆力和信息处理能力;而压力减少理论(Stress Reduction Theory, SRT)<sup>[6]</sup>则认为,环境引发的情绪反应会影响行为与认知评估,进而影响情绪和生理反应。此外,亲生物假说(Biophilia Hypothesis)强调人类天生具有的“生物亲和性”<sup>[7]</sup>,即在进化过程中形成了对自然的情感依恋。因此,恢复或增强城市生物多样性水平通常作为缓解城市化负面影响的重要策略之一<sup>[8]</sup>。然而,尽管有相关理论研究支持,目前仍缺乏确凿证据表明城市生物多样性如何影响人类健康福祉。因此,深入理解生物多样性与人类福祉之间的关系,并揭示可能调节该关系的变量,对于指导城市规划和保护实践至关重要。

感知生物多样性<sup>[9]</sup>是指个体对环境中植物和动物物种多样性的主观感知。然而,生物多样性水平与健康福祉间的关系复杂且不一致<sup>[10]</sup>,在不同物种群体、文化背景和城市环境中有所差异。有研究发现<sup>[11-12]</sup>,城市环境中的鸟类丰富度与人类心理福祉之间存在显著关联,而植物多样性则表现出复杂关系(积极、消极、单峰或无关联)。此外,环境类型和个体背景也会影响生物多样性与福祉之间的关系。周燕等人<sup>[13]</sup>证实了城市

滨水绿地岸线可达性越低,其感知鸟类多样性对于感知恢复性的正向效益越大。马彦红等人<sup>[14]</sup>在研究城市公园感知生物多样性与注意力恢复关系中发现,个体文化程度起到关键调节作用,呈现文化程度越高,恢复效应越明显的趋势。另一方面,感知自然度也是影响生物多样性与福祉关系的关键变量之一。过往研究表明,感知自然度与人们在自然环境中的户外活动时间呈正相关,并且与较低落的心理状态和认知焦虑水平相关<sup>[15]</sup>。然而,生物多样性与心理福祉的关系复杂且多维,理解其相互关系及调节效应仍需进一步研究,这对协调公共健康与生物多样性保护的目标至关重要。

城市公园是城市生态系统中的关键绿色基础设施<sup>[16-17]</sup>,对于维护和增强生物多样性具有重要作用,其生物多样性不仅是一种生态资产,还能增强公众审美体验<sup>[18]</sup>。与城市公园内动植物的互动能够加深访客对自然的欣赏,促进环境带来的健康益处,提供更好的城市恢复体验。已有研究证实,公众对植物种类丰富度的审美偏好与环境的感知自然度正相关<sup>[19]</sup>,且大众通常倾向于物种丰富的环境<sup>[20]</sup>。自生或野生植物群落因其更“自然”的特性,与恢复性效益改善密切相关<sup>[21]</sup>。公众对绿色空间特征的感知可通过多感官线索解释,例如色彩异质性高的绿地设计更能增加审美享受<sup>[22-23]</sup>,鸟鸣声则可降低交通烦恼度<sup>[24-25]</sup>,增强个体恢复能力、积极情绪或改善心理福祉<sup>[26]</sup>。尽管许多研究表明,植物和鸟类的多样性有助于提高生活满意度,减少抑郁、焦虑和压力等<sup>[27-30]</sup>,但感知生物多样性如何支持城市绿地中访客的情绪状态仍有待深入研究<sup>[29]</sup>。此外,作为“中介变量”的恢复性效益在解释感知生物多样性和感知自然度对福祉的影响机制方面,亟待进一步研究探索<sup>[31-32]</sup>。

当前,不同类型城市绿色空间中感知生物多样性的差异及其对感知自然度、恢复性效益和情绪状态的具体影响机制尚未得到系统揭示。上海作为我国高密度城市的典型代表,近年来大力推动城市公园建设,不断提升城市绿地的生态功能与社会价值。城市公园不仅是上海绿色空间的重要组成部分,还在稳定生态环境、保护生物多样性以及促进居民健康福祉方面发挥着关键作用。因此,以上海城市公园为研究对象,探讨感知生物多样性与公众健康福祉之间的关系,具有重要理论意义与实践价值。基于既有研究,本文选取了上海 4 个典型城市公园,调查了访客对不同绿色空间中植物和鸟类多样性的感知差异,并通过结构方程模型揭示感知生物多样性对恢复性效益与情绪状态的作用机制。研究旨在为高密度城市居民健康福祉的提升提供科学依据,同时为上海及其他高密度城市的绿色空间规划、设计与管理提供实践建议。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域概况

本研究从功能分类、管理评级与空间区位三个维度综合遴选研究样地(图 1),具体选取依据如下:(1)功能类型互补性:和平公园(17.63hm<sup>2</sup>)、杨浦公园(21.71hm<sup>2</sup>)与黄兴公园(39.86hm<sup>2</sup>)作为 G11 类综合公园,具备市民休闲游憩、运动健身等多元复合功能;共青森林公园(124.74hm<sup>2</sup>)为 G13 类专类公园,突出自然保育与生态涵养的核心价值。(2)管理效能梯度性:根据上海市星级公园评定体系,选取五星级(共青森林公园、黄兴公园,≥95 分)与四星级(和平公园、杨浦公园,85—94 分),覆盖优质标杆与优良水平的管理样本。(3)空间服务可达性:所选样地均位于上海主城区,兼具生物多样性保护与市民日常可达性需求。

借鉴先前研究<sup>[33-34]</sup>,城市公园的绿色空间可分为五种基本类型:开敞绿色空间(Open Green Space, OGS)、半开敞绿色空间(Semi-Open Green Space, SOGS)、覆盖绿色空间(Covered Green Space, CGS)、密闭绿色空间(Enclosed Green Space, EGS)和垂直绿色空间(Vertical Green Space, VGS)。OGS 具有广阔视野和大量草坪,适合广泛休闲活动,空间内绿植简单,视线较少遮挡,通常以草地或低矮植被为主;SOGS 在视觉上部分封闭,一面或多面受到遮挡或围合,提供相对私密的休闲环境;CGS 顶部通常由树冠或建筑物覆盖,空间立面开敞,适合提供阴凉或静谧的休息场所;EGS 在视觉和物理上都高度封闭,往往存在围栏、墙壁或树篱等屏障;VGS 通常顶面视觉开敞、立面物质封闭。

在预调研过程中发现,四个公园均拥有开阔水体,因此将带有水体的开敞绿色空间(Open Green Space

with Water Bodies, OGW) 列为研究样地类型之一。由于所选公园中 VGS 较少且主要用于通行功能,未将其纳入调查样地。同时,为确保样本的代表性和空间的多样性,样地筛选遵循多阶段约束条件:首先,在每个公园内进行随机抽样,剔除游客利用率较低或难以进入的区域,选取样点间距超过 50m,以保证样点空间独立性。每个公园从五类绿色空间类型(OGS、SOGS、CGS、EGS 和 OGW)中各挑选一个典型且人流量适中的区域作为调查样点。最终确定 20 个具有明显特征的样点进行调查分析(图 2)。

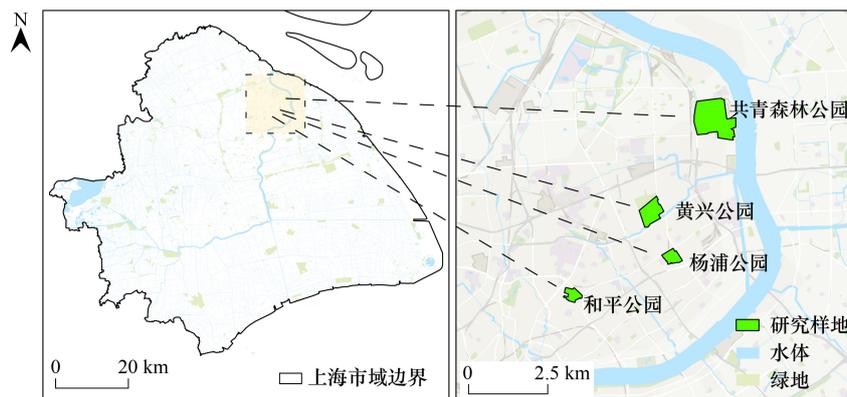


图 1 所选 4 个城市公园区位图

Fig.1 Location map of the selected four urban parks



图 2 研究样点位置

Fig.2 Locations of study sample site

开敞绿色空间(OGS)、半开敞绿色空间(SOGS)、覆盖绿色空间(CG S)、密闭绿色空间(EGS)及带有水体的开敞绿色空间(OGW)

## 2.2 路径假设

根据环境心理学中的刺激-有机体-反应(Stimulus-Organism-Response, S-O-R)理论<sup>[30,35]</sup>,外界环境刺激(S,如感知生物多样性和感知自然度)能够引发个体内部的恢复性反应(O),进而影响其情绪状态输出(R)。在此框架下,恢复性效益作为中介变量,连接感知生物多样性、感知自然度与情绪状态。具体而言,感知生物多样性首先影响个体恢复性效益,并通过其转化为具体情绪状态(如积极或消极情绪),在个体对环境反应和反馈中起到中介作用。为便于解释和模型简化,本研究将情绪状态视为一个整体变量,包括积极、消极情绪两个维度。基于此,研究提出四条理论假设路径(图 3),即 H1:感知生物多样性(如鸟类、植物)直接影响情绪状

态(包括积极和消极情绪);H2:感知生物多样性通过感知自然度或恢复性效益间接影响情绪状态;H3:感知自然度直接影响情绪状态;H4:恢复性效益直接影响情绪状态。

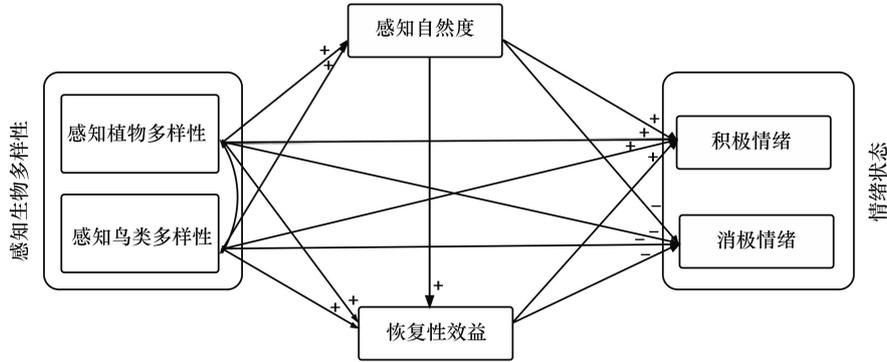


图 3 研究假设模型

Fig.3 Research hypothetical model

+代表正向影响,-代表负向影响

2.3 数据来源与分析方法

2.3.1 问卷调查与数据收集

本研究采用客观选择题调查受访者人口学特征,并通过自我报告问卷收集感知生物多样性、感知自然度和情绪状态等信息(表 1)。人口统计学信息涵盖年龄、性别、职业、受教育程度、绿地访问频率、每次游玩时长。感知生物多样性量表参考文献<sup>[13-14,36]</sup>,结合上海城市公园常见物种特征,划分为感知植物多样性(物种、气味、颜色)和感知鸟类多样性(物种、声音、颜色)。感知自然度<sup>[37-38]</sup>通过回答“您认为该区域有多自然?”进行评估。恢复性效益评估基于 Han<sup>[39]</sup>开发的短版修订恢复量表(Short-version Revised Restoration Scale, SRRS),涵盖情感、生理、认知和行为四个维度的 8 个指标,得分相加即为恢复性效益总分。情绪状态评估参考 Watson 等人开发的积极和消极情绪量表(Positive and Negative Affect Schedule, PANAS)<sup>[40]</sup>量化参与者在环境中的主观情绪状态,经专家咨询和参照过往在中国进行的相关研究<sup>[41-42]</sup>,选择 5 种积极情绪(坚定、自豪、热情、兴奋和快乐)和 5 种消极情绪(无聊、愤怒、困倦、恼火和紧张),分别以每组分数总值作为情绪得分。问卷量表均采用李克特 5 级量表,由受访者根据主观感受进行打分。为确保随机样本的代表性,正式调研于 2024 年 7 月至 9 月在晴朗或多云的天气条件下进行。共回收问卷 329 份,剔除无效问卷 19 份,最终有效问卷 310 份,有效回收率为 94.22%。

表 1 各测量量表具体题项

Table 1 Specific items of each measurement scale

| 测量类别<br>Measurement category                               | 测量指标<br>Measurement indicator | 测量类别<br>Measurement category                  | 测量指标<br>Measurement indicator |
|--|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 感知植物多样性 <sup>[13-14,36]</sup><br>Perceived plant diversity | 植物物种多样性<br>植物气味多样性<br>植物颜色多样性 | 恢复性效益 <sup>[39]</sup><br>Restorative benefits | 情感维度<br>生理维度<br>认知维度          |
| 感知鸟类多样性 <sup>[13-14,36]</sup><br>Perceived bird diversity  | 鸟类物种多样性<br>鸟类声音多样性<br>鸟类颜色多样性 | 情绪状态 <sup>[40]</sup><br>Emotional state       | 行为维度<br>积极情绪<br>消极情绪          |
| 感知自然度 <sup>[37-38]</sup><br>Perceived naturalness          | —                             |   |                               |

问卷统计信息显示(表 2),在 4 个城市公园和 5 类绿色空间类型中发放的有效问卷数量较为均衡。在性

别方面,男性受访者占比为 58.71%,女性占比 41.29%;年龄结构上,以 18—30 岁的青壮年和 60 岁以上的老年人为主,二者合计占总量的 71.62%;文化水平上,本科及以上学历者占 70.33%,受访者整体文化水平较高;职业方面,无工作者/退休人员是主要游憩群体,占比 38.06%,而从事行业者(31.29%)和学生(30.65%)两类游憩群体占比相当;在绿地访问频率方面,每月数次(31.94%)和每周数次(23.87%)的受访者合计占比超过半数;单次游玩时长方面,1—3h 的访客占 58.71%,少于 1h 的较少(18.39%)。

表 2 问卷统计信息(N=310)

Table 2 Survey statistical information (N=310)

| 问卷统计信息<br>Survey statistical<br>information | 类别<br>Category    | 数量<br>Count | 占比<br>Percentage | 问卷统计信息<br>Survey statistical<br>information  | 类别<br>Category | 数量<br>Count | 占比<br>Percentage |
|---|-------------------|-------------|------------------|--|----------------|-------------|------------------|
| 性别<br>Gender                                | 男                 | 182         | 58.71            | 职业<br>Occupation                             | 从事行业者          | 97          | 31.29            |
|   | 女                 | 128         | 41.29            |  | 无工作者/退休人员      | 118         | 38.06            |
| 学历<br>Educational level                     | 高中及以下             | 92          | 29.68            |  | 学生             | 95          | 30.65            |
|   | 本科或大专             | 200         | 64.52            | 绿地访问频率<br>Frequency of green<br>space visits | 几乎每天           | 55          | 17.74            |
|   | 研究生及以上            | 18          | 5.81             |  | 每周数次           | 74          | 23.87            |
| 年龄<br>Age                                   | 18—25 岁           | 66          | 21.29            |  | 每月数次           | 99          | 31.94            |
|   | 26—30 岁           | 80          | 25.81            |  | 每年数次           | 44          | 14.19            |
|   | 31—40 岁           | 27          | 8.71             |  | 几乎不            | 38          | 12.26            |
|   | 41—50 岁           | 29          | 9.35             | 单次游玩时长<br>Duration of single<br>visit        | <1h            | 57          | 18.39            |
|   | 51—60 岁           | 32          | 10.32            |  | 1—2h           | 99          | 31.94            |
|   | 60 岁以上            | 76          | 24.52            |  | 2—3h           | 83          | 26.77            |
| 绿色空间类型<br>Type of green space               | 覆盖型绿色空间           | 61          | 19.68            |  | 半天及以上          | 71          | 22.90            |
|   | 密闭型绿色空间           | 61          | 19.68            | 城市公园<br>Urban park                           | 共青森林公园         | 76          | 24.52            |
|   | 开敞型绿色空间           | 63          | 20.32            |  | 和平公园           | 79          | 25.48            |
|   | 开敞型绿色空间<br>(带有水体) | 64          | 20.65            |  | 黄兴公园           | 76          | 24.52            |
|   | 半开敞型绿色空间          | 61          | 19.68            |  | 杨浦公园           | 79          | 25.48            |

### 2.3.2 量表信效度检验及分析方法

首先,基于问卷有效数据对量表进行信效度检验,结果显示量表总体维度 Cronbach's  $\alpha$  值为 0.702 ( $>0.700$ ),各维度 Cronbach's  $\alpha$  值在 0.764—0.830 区间,表明量表具有良好的内部可靠性。此外,总体 KMO 值为 0.831 ( $>0.700$ ),Bartlett's 球形检验的显著性水平均 $<0.001$ ,表明量表各潜变量的信效度较好(表 3),适合构建结构方程模型。进一步使用极大似然法检验模型的拟合度,所选择 7 个指标( $X^2/DF$ 、NFI、RFI、IFI、TLI、CFI、RMSEA)拟合值均在参考范围内,表明模型结果可接受(表 4)。其次,通过单因素方差分析(ANOVA)和 LSD 事后检验,评估不同绿色空间中感知生物多样性、恢复性效益和情绪状态的差异。最后,通过 AMOS 26.0 软件对研究假设模型进行结构合理性和稳定性评估。

表 3 问卷信效度检验

Table 3 Questionnaire reliability and validity testing

| 维度<br>Dimensions                       | KMO   | Bartlett's 球形检验                |         |          | Cronbach's $\alpha$ |
|--|-------|--------------------------------|---------|----------|---------------------|
|  |       | 近似卡方<br>Approximate Chi-Square | df      | P        |                     |
| 感知植物多样性 Perceived plant diversity      | 0.694 | 335.869                        | 3.000   | $<0.001$ | 0.817               |
| 感知鸟类多样性 Perceived bird diversity       | 0.706 | 361.499                        | 3.000   | $<0.001$ | 0.830               |
| 积极情绪 Positive emotion                  | 0.817 | 485.982                        | 10.000  | $<0.001$ | 0.803               |
| 消极情绪 Negative emotion                  | 0.814 | 337.052                        | 10.000  | $<0.001$ | 0.764               |
| 恢复性效益 Restorative benefits             | 0.686 | 815.012                        | 28.000  | $<0.001$ | 0.787               |
| 量表总体维度 Overall dimensions of the scale | 0.831 | 2991.289                       | 300.000 | $<0.001$ | 0.702               |

KMO:凯塞尔-迈尔-奥尔金抽样适宜度测量 Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy;df:自由度 Degrees of freedom

表 4 结构方程模型拟合度结果

Table 4 Results of structural equation modeling fit indices

| 拟合指标 Fit Indices     | X <sup>2</sup> /DF | NFI    | RFI    | IFI    | TLI    | CFI    | RMSEA  |
|----------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 拟合值 Fit value        | 1.451              | 0.939  | 0.912  | 0.980  | 0.971  | 0.980  | 0.038  |
| 参考范围 Reference range | <5.00              | >0.900 | >0.900 | >0.900 | >0.900 | >0.900 | <0.800 |

X<sup>2</sup>/DF:卡方值与自由度比 Chi-Square/Degrees of freedom ratio;NFI:标准拟合指数 Normed fit index;RFI:相对拟合指数 Relative fit index;IFI:增量拟合指数 Incremental fit index;TLI:塔克-刘易斯指数 Tucker-Lewis index;CFI:比较拟合指数 Comparative fit index;RMSEA:近似均方根误差 Root mean square error of approximation

### 3 研究结果

#### 3.1 不同绿色空间的感知生物多样性、感知恢复性及情绪状态差异

在感知鸟类多样性的三个维度中,OGW 显示较高均值,其中鸟类声音多样性为  $3.58 \pm 0.13$  (mean $\pm$ SE,以下类同),鸟类物种多样性为  $3.80 \pm 0.11$ ,鸟类颜色多样性为  $3.63 \pm 0.13$ ,EGS 次之,而 CGS 均值较低(图 4)。LSD 事后分析显示,在鸟类声音多样性上,EGS 与 OGS、CGS 存在显著差异( $P < 0.05$ );在鸟类物种多样性上,OGS 与 EGS、CGS 存在显著差异,并且 SOGS 和 EGS、CGS 之间也有显著差异。在感知植物多样性三个维度中,OGS、CGS 均值较低,其余绿色空间类型在不同维度中各具优势。进一步分析表明,不同绿色空间类型的感知植物物种多样性未见显著差异( $P > 0.05$ ),而感知植物气味、植物颜色多样性存在显著差异( $P < 0.05$ )。

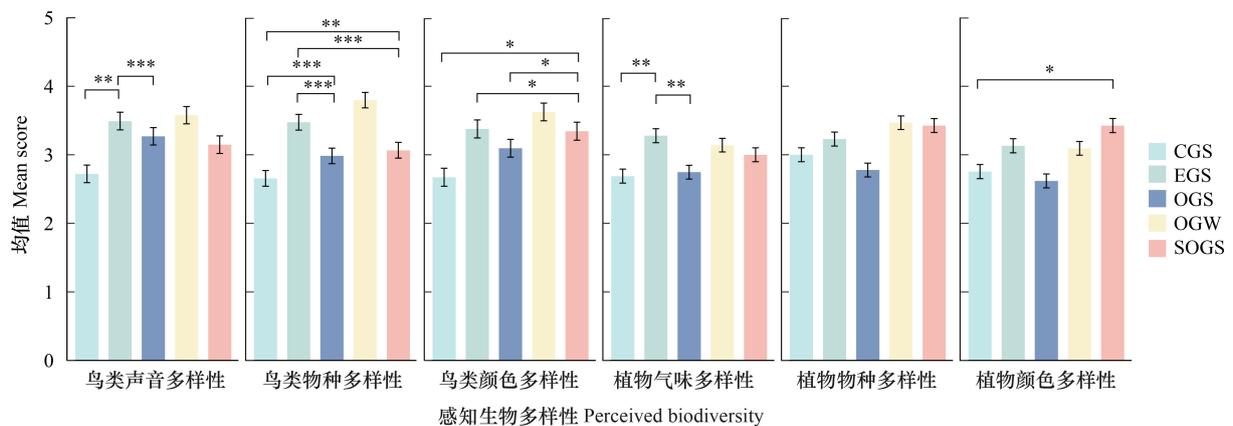


图 4 单因素方差分析不同绿色空间感知生物多样性差异

Fig.4 One-Way ANOVA of differences in perceived biodiversity in various green spaces

OGS:开敞绿色空间;SOGs:半开敞绿色空间;CGS:覆盖绿色空间;EGS:密闭绿色空间;OGW:有水体的开敞绿色空间

积极情绪差异对比中,OGW 均值较高 ( $19.25 \pm 0.38$ ),SOGs ( $16.48 \pm 0.47$ ) 和 EGS ( $17.33 \pm 0.41$ ) 次之且均值较为接近,而 OGS 均值较低 ( $15.40 \pm 0.49$ ) (图 5)。LSD 事后检验分析表明,OGW 与其他四类绿色空间在积极情绪方面存在显著差异( $P < 0.05$ )。在消极情绪方面,CGS 具有更高均值 ( $12.28 \pm 0.31$ ),与其他四类绿色空间存在显著差异( $P < 0.05$ ),其次为 OGS ( $11.30 \pm 0.40$ )、SOGs ( $10.23 \pm 0.35$ ) 和 OGW ( $9.78 \pm 0.34$ )。在恢复性效益方面,OGW ( $25.88 \pm 0.51$ ) 和 EGS ( $25.10 \pm 0.37$ ) 具有较高均值,其次为 CGS ( $22.70 \pm 0.26$ ) 和 SOGS ( $24.48 \pm 0.37$ ),但 OGW、EGS 及 OGS、SOGs 两对间未发现显著差异( $P > 0.05$ )。

#### 3.2 结构方程模型结果

结构方程模型的路径分析结果表明(图 6),在直接效应方面,感知植物多样性和感知鸟类多样性对感知自然度均未产生显著影响( $P > 0.05$ )。感知植物多样性对恢复性效益 (estimate = 0.239,  $P < 0.01$ ) 及消极情绪 (estimate = -0.159,  $P < 0.01$ ) 存在显著影响。感知鸟类多样性对恢复性效益 (estimate = 0.312,  $P < 0.01$ )、积极情

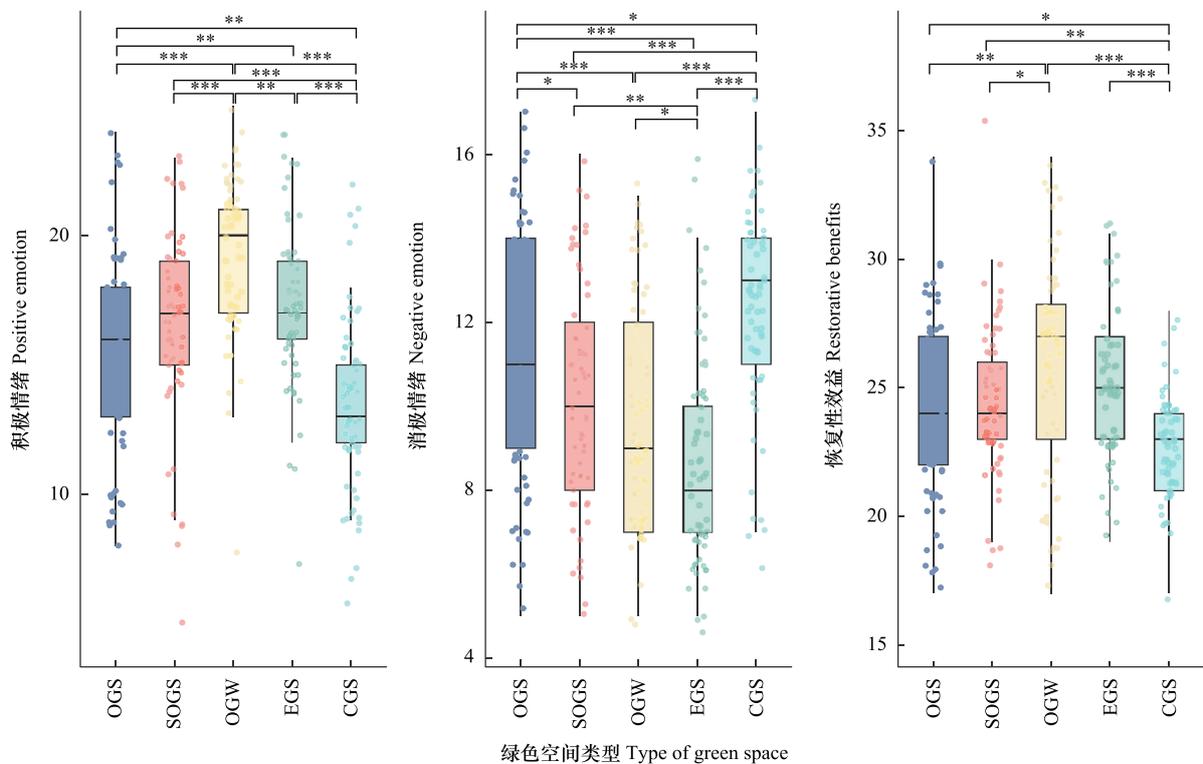


图5 单因素方差分析不同绿色空间的情绪状态、恢复性效益的差异

Fig.5 One-Way ANOVA of differences in emotional states and restorative benefits across different types of green spaces

绪 (estimate = 0.219,  $P < 0.001$ ) 和消极情绪 (estimate = -0.211,  $P < 0.001$ ) 均存在显著影响。此外,感知自然度对恢复性效益 (estimate = 0.288,  $P < 0.001$ )、积极情绪 (estimate = 0.131,  $P < 0.05$ ) 和消极情绪 (estimate = -0.147,  $P < 0.05$ ) 均有显著直接影响。

### 3.3 中介效应检验

基于 bootstrap 法重复抽样 2000 次,进行 95% 置信区间的自举分析,检验感知生物多样性对情绪状态的中介效应。结果显示,感知生物多样性(鸟类、植物)均能通过恢复性效益间接影响情绪状态。相较于感知植物多样性,感知鸟类多样性通过增强恢复性效益进而对积极、消极情绪产生更强烈的间接影响(表 5)。

表 5 中介效应  
Table 5 Mediating effect

| 中介路径<br>Mediating pathway   | 估计值<br>Estimate | 标准误<br>SE | 偏差校正的 95% 置信区间<br>Bias-corrected 95% CI |          |        |
|---|-----------------|-----------|---|----------|--------|
|   |                 |           | 下限 Lower                                | 上限 Upper | $P$    |
| 感知植物多样性→恢复性效益→积极情绪<br>Perceived plant diversity → Restorative benefits → Positive emotion | 0.122           | 0.041     | 0.052                                   | 0.217    | <0.01  |
| 感知植物多样性→恢复性效益→消极情绪<br>Perceived plant diversity → Restorative benefits → Negative emotion | -0.113          | 0.037     | -0.193                                  | -0.046   | <0.01  |
| 感知鸟类多样性→恢复性效益→积极情绪<br>Perceived bird diversity → Restorative benefits → Positive emotion  | 0.159           | 0.041     | 0.091                                   | 0.255    | <0.001 |
| 感知鸟类多样性→恢复性效益→消极情绪<br>Perceived bird diversity → Restorative benefits → Negative emotion  | -0.147          | 0.038     | -0.230                                  | -0.084   | <0.001 |

仅列出具有统计学意义显著性( $P < 0.05$ )的中介路径

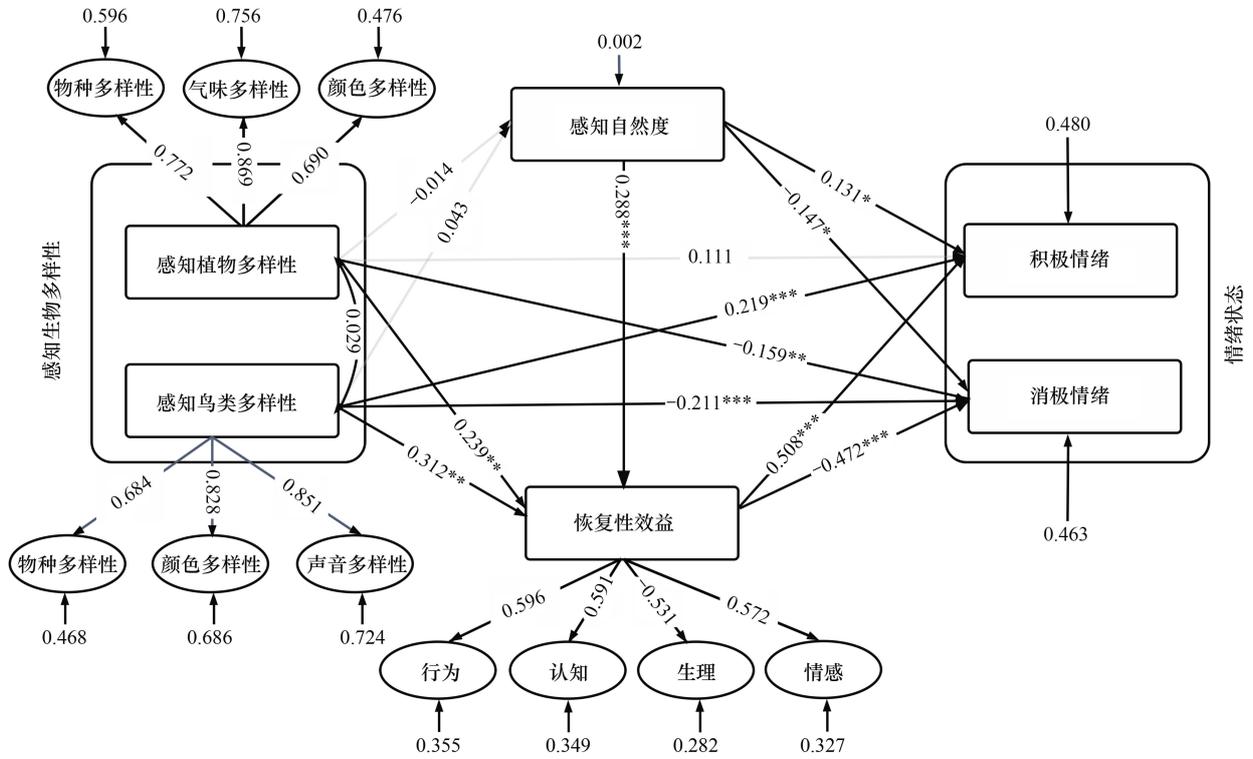


图 6 感知生物多样性对情绪状态影响的理论模型

Fig.6 Theoretical model of the impact of perceived biodiversity on emotional state

灰色线条代表路径不显著,黑色线条代表路径显著, \* \* 和 \* \* \* 和分别表示 P 值在 0.01 和 0.001 水平上显著

### 4 讨论与结论

#### 4.1 讨论

生物多样性指数是评估城市公园生态质量的关键指标,其中鸟类和植被作为易于感知的生物多样性要素,对访客的心理恢复具有重要潜在价值。本研究发现,感知鸟类多样性的三个维度—声音、物种和颜色多样性—在不同类型绿地环境中存在显著差异。尤其是在 OGW 中,较高的感知鸟类多样性均值可能归因于水体周围丰富的生物多样性和适宜的生态环境,这为多种鸟类提供了理想栖息地。此外,水体环境通过丰富的视听体验,不仅满足了访客的审美需求,还通过鸟鸣声和颜色多样性有效促进了心理恢复,从而增强其积极情绪。一项来自南美洲的研究表明,当人们感知到某个地点物种丰富、自然度较高、安全且适合鸟鸣体验时,会获得更强烈的恢复性效益<sup>[43]</sup>。Marsell 等人发现,城市公园中生物多样性较高的环境能够促进心理恢复<sup>[44]</sup>。因此,城市绿色空间的管理不仅对提升野生动物生境质量具有重要作用,还能通过感知生物多样性带来的心理益处,优化人类福祉<sup>[45-47]</sup>。具体而言,生物多样性丰富的环境能够为人们提供更多的心理恢复机会,促进情绪的积极转化,尤其是在城市化进程日益加快的背景下,合理规划和设计具有生物多样性的绿地空间,对于改善城市居民的生活质量尤为重要。

本研究还发现,不同类型的城市绿色空间访客的情绪体验存在一定差异。CGS 因其植被覆盖和通勤需求,可能在一定程度上限制了开阔视野或社交互动,从而引发部分游憩群体的消极情绪。相反,EGS 由于其私密性能促进更多自然暴露,有助于降低消极情绪并提升积极情绪体验。因此,未来城市绿地规划与管理应综合考虑不同类型绿色空间的设计特点及其对访客情绪体验的影响,以优化空间功能,提升人们的恢复性体验和心理福祉。过往研究表明,感知生物多样性通过美学享受直接增强积极情绪是其主要作用途径之一<sup>[48-49]</sup>。在多样化城市环境中,丰富的植物和动物不仅满足了人类的审美需求,还激发了好奇心和探索欲望<sup>[50]</sup>。此

外,感知自然度和生物多样性通常能够通过提供有利于心理恢复的环境(如心理与物理距离、环境吸引力和兼容性)间接改善个体情绪和幸福感<sup>[51-52]</sup>。然而,感知自然度具有多维性,其不仅涉及植物、动物或鸟类多样性的感知,还可能受到其他环境因素(如空间结构、景观格局指数和声音环境等)影响<sup>[53-54]</sup>。这些因素的复杂交互可能导致感知自然度与感知生物多样性之间存在复杂关系<sup>[44,55]</sup>。尤其在特定环境中,感知自然度可能更多地反映参与者对景观整体结构和视觉特征的感知。因此,这种复杂性可能是感知自然度与感知生物多样性之间缺乏显著直接关联的一个重要原因。

本研究结果显示,感知生物多样性能够通过提高恢复性效益,间接提升积极情绪并降低负面情绪。此外,生物多样性丰富的环境所提供的自然刺激,如多彩的植被群落和多样化的鸟类鸣声,能够吸引访客的无意识注意力。这种“软性注意力”帮助个体从紧张的认知负荷中得到缓解,从而增强其心理健康<sup>[56-57]</sup>。同时,当人们感知到自己是自然的一部分时,会增强其归属感及和谐感,这不仅提高了访客的自我价值感,还可能增强其对自然环境的积极感受和保护动机<sup>[42]</sup>。因此,感知生物多样性在提升积极情绪同时,也可能间接促进环境保护意识和行为的形成。Dallimer 等人的研究发现,在英国,参与者对鸟类的识别能力较强,因此鸟类多样性对情绪状态的影响相较于植物和蝴蝶更为显著<sup>[58]</sup>。然而,在观鸟活动尚未普及的发展中国家,个人生态知识对研究城市生物多样性与人类健康福祉关系至关重要,但目前相关研究仍然稀缺<sup>[59]</sup>。因此,未来研究应考虑加入多维度的环境变量,或采用更精细化的感知测量工具来探索这些因素的交互作用,从而更全面地揭示不同类型城市绿色空间中访客感知生物多样性与个体健康福祉之间的复杂关系。

福州城市公园的一项研究表明<sup>[60]</sup>,生物多样性丰富程度与访客之间的情感联系呈正相关,并通过增强地方依恋感来提升恢复体验,这凸显了城市公园生物多样性在促进公共健康和福祉方面的潜在价值。为实现这一正向反馈循环,城市规划者和管理者应注重培育和保护生物多样性丰富的绿色空间,这不仅有助于维持自然生态平衡,还能增强公众对自然的亲近感,从而在有限的城市空间内创造更多恢复性环境。结合本研究结果,以下策略可供优化公园环境质量并提升访客体验:首先,城市公园设计应强化生物多样性措施,包括引入本地物种和适应性强的植物种类,构建多层次植被结构,以吸引更多元化的鸟类物种。通过种植不同高度的树木、灌木和地被植物,创造多样化的微生境,促进生物多样性的自然增长,并营造丰富的自然声景<sup>[61]</sup>,进而提升访客的积极情绪和恢复体验。其次,水景和水声作为潜在的恢复性景观元素,对于心理健康有着积极影响<sup>[62-63]</sup>,因此可以考虑在公园内设置水体,如小型湖泊、喷泉或池塘,不仅为野生动物提供重要水源,还能提升景观美感和宁静感。最后,公园规划设计应关注不同类型绿色空间的安全性和可达性,确保路径和游憩设施对各类人群友好,增强空间的吸引力和使用频率。

## 4.2 结论

本研究以上海城市公园中常见的 5 类绿色空间为例,探究访客感知生物多样性的差异性及其与恢复性效益和情绪状态的关系,主要结论如下:1)带有水体的开敞绿色空间(OGW)在感知鸟类多样性、积极情绪和恢复性效益方面表现最佳,而密闭绿色空间(EGS)和半开敞绿色空间(SOGS)在感知植物多样性上具有优势。除感知植物物种多样性外,不同绿色空间在感知生物多样性、情绪状态和恢复性效益方面均存在显著差异。2)感知生物多样性(植物和鸟类)虽未显著影响感知自然度,但二者均直接显著影响恢复性效益和情绪状态(包括积极和消极情绪),表明感知生物多样性和感知自然度对心理健康具有重要影响。3)恢复性效益在感知生物多样性与情绪状态之间发挥显著中介作用。感知植物多样性和鸟类多样性越高的环境更能促进个体的心理恢复,改善其情绪状态,且感知鸟类多样性的直接和间接效应更为显著。研究结果旨在为城市公园中以感知生物多样性提升为导向的恢复性绿色空间规划与设计提供理论依据,尤其在高密度城市中,优化绿色空间设计不仅有助于提升居民心理健康,还能推动城市生态与社会效益的协同发展。

## 参考文献(References):

- [1] Goldstein G. Urbanization, health and well-being: a global perspective. *The Statistician*, 1990, 39(2): 121.
- [2] Angel S, Parent J, Civco D L, Blei A, Potere D. The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000—

2050. *Progress in Planning*, 2011, 75(2): 53-107.
- [ 3 ] 毛齐正, 罗上华, 马克明, 邬建国, 唐荣莉, 张育新, 宝乐, 张田. 城市绿地生态评价研究进展. *生态学报*, 2012, 32(17): 5589-5600.
- [ 4 ] 王鸿达, 叶菁, 陈凌艳, 郑郁善. 城市绿地恢复性感知研究进展. *世界林业研究*, 2021, 34(1): 7-13.
- [ 5 ] Kaplan S. The restorative benefits of nature; toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 1995, 15(3): 169-182.
- [ 6 ] Ulrich R S, Simons R F, Losito B D, Fiorito E, Miles M A, Zelson M. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 1991, 11(3): 201-230.
- [ 7 ] Kellert S, Wilson E. *The biophilia hypothesis*. Washington, DC: Island Press. 1993
- [ 8 ] 姜斌, 罗蓝, 刘雪鸣, 梁婉莹, 王思琪. 健康景观与健康社区景观:理论框架与数字评价系统. *中国园林*, 2023, 39(2): 13-19.
- [ 9 ] van Riper C J, Kyle G T, Sherrouse B C, Bagstad K J, Sutton S G. Toward an integrated understanding of perceived biodiversity values and environmental conditions in a National Park. *Ecological Indicators*, 2017, 72: 278-287.
- [ 10 ] Pett T J, Shwartz A, Irvine K N, Dallimer M, Davies Z G. Unpacking the people-biodiversity paradox: a conceptual framework. *BioScience*, 2016, 66(7): 576-583.
- [ 11 ] Cameron R W F, Brindley P, Mears M, McEwan K, Ferguson F, Sheffield D, Jorgensen A, Riley J, Goodrick J, Ballard L, Richardson M. Where the wild things are! Do urban green spaces with greater avian biodiversity promote more positive emotions in humans? *Urban Ecosystems*, 2020, 23(2): 301-317.
- [ 12 ] Ferraro D M, Miller Z D, Ferguson L A, Derrick Taff B, Barber J R, Newman P, Francis C D. The phantom chorus: birdsong boosts human well-being in protected areas. *Proceedings Biological Sciences*, 2020, 287(1941): 20201811.
- [ 13 ] 周燕, 罗雅文, 郭诗怡. 大型滨水绿地生物多样性感知对心理恢复的影响机制. *风景园林*, 2024, 31(2): 111-119.
- [ 14 ] 马彦红, 朱捷, 陈曦. 城市公园感知生物多样性促进注意力恢复的影响研究. *中国园林*, 2022, 38(7): 80-85.
- [ 15 ] Martyn P, Brymer E. The relationship between nature relatedness and anxiety. *Journal of Health Psychology*, 2016, 21(7): 1436-1445.
- [ 16 ] 刘航, 马焯清, 朱争鸣. 健康视角下城市密度与绿地空间暴露关系的脉络及展望. *生态学报*, 2024, 44(24): 11096-11108.
- [ 17 ] 贺香, 纪凯婷, 孙建平, 兰春, 谢辉, 荣慧芳. 城市绿地与绿化投入的居民健康效应. *生态学报*, 2024, 44(24): 11177-11187.
- [ 18 ] Hinds J, Sparks P. The affective quality of human-natural environment relationships. *Evolutionary Psychology*, 2011, 9(3): 451-469.
- [ 19 ] Wang R H, Zhao J W, Meitner M J, Hu Y, Xu X L. Characteristics of urban green spaces in relation to aesthetic preference and stress recovery. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, 41: 6-13.
- [ 20 ] Fischer L K, Honold J, Cvejić R, Delshammar T, Hilbert S, Laforteza R, Nastran M, Nielsen A B, Pintar M, van der Jagt A P N, Kowarik I. Beyond green: Broad support for biodiversity in multicultural European cities. *Global Environmental Change*, 2018, 49: 35-45.
- [ 21 ] Qiu L, Lindberg S, Nielsen A B. Is biodiversity attractive? —On-site perception of recreational and biodiversity values in urban green space. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 119: 136-146.
- [ 22 ] Hoyle H, Hitchmough J, Jorgensen A. All about the 'wow factor'? The relationships between aesthetics, restorative effect and perceived biodiversity in designed urban planting. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 164: 109-123.
- [ 23 ] Graves R A, Pearson S M, Turner M G. Species richness alone does not predict cultural ecosystem service value. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017, 114(14): 3774-3779.
- [ 24 ] 洪昕晨, 刘江, 王光玉, 王嘉炳, 成玉宁. 城市公园鸟鸣声持续时间对交通噪声烦恼度的影响研究. *噪声与振动控制*, 2024, 44(4): 248-251, 301.
- [ 25 ] 李荷, 黄文圣, 杨培峰, 黎丽娟. 高密度建成环境鸟鸣声的感知评估与优化提升研究——以重庆市南岸区为例. *园林*, 2023, 40(3): 114-124.
- [ 26 ] 刘昱齐, 刘晶岚, 樊晓丽, 胡宜深, 郭鸿筱, 薛凡. 鸟鸣多样性感知与声景感知恢复性: 鸟鸣音频和科普的干预. *生物多样性*, 2024, 32(1): 64-74.
- [ 27 ] 聂玮, 黄旭, 李红梅, 赵瑾瑜. 视听交互下城市绿地鸟鸣声景对感知偏好的影响. *中国城市林业*, 2024, 22(2): 64-71.
- [ 28 ] 沈林骏, 盛黎蔚, 张宇晨, 施春燕, 应桃园, 詹菁. 杭州市公园绿地景观空间对使用者的感知恢复及行为意向影响研究. *林业与环境科学*, 2024, 40(2): 61-68.
- [ 29 ] Gong C, Yang R T, Li S H. The role of urban green space in promoting health and well-being is related to nature connectedness and biodiversity: Evidence from a two-factor mixed-design experiment. *Landscape and Urban Planning*, 2024, 245: 105020.
- [ 30 ] Jiang J D. The role of natural soundscape in nature-based tourism experience: an extension of the stimulus-organism-response model. *Current Issues in Tourism*, 2022, 25(5): 707-726.
- [ 31 ] 冯紫婷, 陈欣. 城市公园游憩者声景感知、声景恢复性评价与主观幸福感关系研究--以保定市植物园为例. *林业与生态科学*, 2024, 39(2): 233-242.
- [ 32 ] 屈海燕, 郑思远. 公共健康视角下的恢复性环境实证研究综述. *西部人居环境学刊*, 2024, 39(1): 52-60.
- [ 33 ] 刘江, 米思乐, 张雪葳, 洪昕晨. 城市公园植物景观空间声景感知特征及影响因素研究. *中国园林*, 2023, 39(2): 43-49.
- [ 34 ] 诺曼·K·布思. *风景园林设计要素*. 北京:中国林业出版社, 1989.
- [ 35 ] Mehrabian A, Russell J A. *An approach to environmental psychology*. Cambridge, MA: MIT Press. 1974
- [ 36 ] Fuller R A, Irvine K N, Devine-Wright P, Warren P H, Gaston K J. Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biology Letters*, 2007, 3(4): 390-394.
- [ 37 ] Eulogio R, Constantino A, José M S. Classification of landscapes using quantitative and categorical data, and prediction of their scenic beauty in north-western Spain. *Journal of Environmental Psychology*, 2000, 20(4): 355-373.

- [38] Liu Q Y, Zhang Y J, Lin Y W, You D, Zhang W, Huang Q T, van den Bosch C C K, Lan S R. The relationship between self-rated naturalness of university green space and students' restoration and health. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018, 34: 259-268.
- [39] Han K T. A reliable and valid self-rating measure of the restorative quality of natural environments. *Landscape and Urban Planning*, 2003, 64(4): 209-232.
- [40] Watson D, Clark L A, Tellegen A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1988, 54(6): 1063-1070.
- [41] Xu W Z, Xu S Q, Shi R X, Chen Z Y, Lin Y Y, Chen J. Exploring the impact of university green spaces on Students' perceived restoration and emotional states through audio-visual perception. *Ecological Informatics*, 2024, 82: 102766.
- [42] 刘凡, 傅伟聪, 王敏华, 董建文. 拥挤感知对游客恢复性体验的影响—以福州城市公园为例. *风景园林*, 2022, 29(3): 98-104.
- [43] Fisher J C, Irvine K N, Bicknell J E, Hayes W M, Fernandes D, Mistry J, Davies Z G. Perceived biodiversity, sound, naturalness and safety enhance the restorative quality and wellbeing benefits of green and blue space in a neotropical city. *Science of the Total Environment*, 2021, 755: 143095.
- [44] Marselle M R, Irvine K N, Lorenzo-Arribas A, Warber S L. Does perceived restorativeness mediate the effects of perceived biodiversity and perceived naturalness on emotional well-being following group walks in nature? *Journal of Environmental Psychology*, 2016, 46: 217-232.
- [45] 李辉, 燕守广, 王楠, 姚国慧, 李海东. 城市破碎化和植被恢复型绿色空间对植物物种丰富度的影响. *生态与农村环境学报*, 2024, 40(7): 908-918.
- [46] 陈冰晶, 左为. 绿地暴露对视觉健康影响的研究进展. *景观设计*, 2024, (3): 30-33.
- [47] 马睿, 张敏. 居民绿色空间接触对心理健康影响的动态地理情境: 研究进展与分析框架. *地理研究*, 2024, 43(6): 1522-1538.
- [48] Phillips D, Lindquist M. Just weeds? Comparing assessed and perceived biodiversity of urban spontaneous vegetation in informal greenspaces in the context of two American legacy cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2021, 62: 127151.
- [49] Wartmann F M, Stride C B, Kienast F, Hunziker M. Relating landscape ecological metrics with public survey data on perceived landscape quality and place attachment. *Landscape Ecology*, 2021, 36(8): 2367-2393.
- [50] Marselle M R, Hartig T, Cox D T C, de Bell S, Knapp S, Lindley S, Triguero-Mas M, Böhning-Gaese K, Braubach M, Cook P A, de Vries S, Heintz-Buschart A, Hofmann M, Irvine K N, Kabisch N, Kolek F, Kraemer R, Markevych I, Martens D, Müller R, Nieuwenhuijsen M, Potts J M, Stadler J, Walton S, Warber S L, Bonn A. Pathways linking biodiversity to human health: a conceptual framework. *Environment International*, 2021, 150: 106420.
- [51] Hipp J A, Ogunseitan O A. Effect of environmental conditions on perceived psychological restorativeness of coastal parks. *Journal of Environmental Psychology*, 2011, 31(4): 421-429.
- [52] Gonzalez M T, Hartig T, Patil G G, Martinsen E W, Kirkevold M. Therapeutic horticulture in clinical depression: a prospective study of active components. *Journal of Advanced Nursing*, 2010, 66(9): 2002-2013.
- [53] Hartig T, Kaiser F G, Bowler P A. Psychological restoration in nature as a positive motivation for ecological behavior. *Environment and Behavior*, 2001, 33(4): 590-607.
- [54] de Vries S, van Dillen S M E, Groenewegen P P, Spreeuwenberg P. Streetscape greenery and health: Stress, social cohesion and physical activity as mediators. *Social Science & Medicine*, 2013, 94: 26-33.
- [55] Carrus G, Scopelliti M, Laforteza R, Colangelo G, Ferrini F, Salbitano F, Agrimi M, Portoghesi L, Semenzato P, Sanesi G. Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 134: 221-228.
- [56] Ha J, Kim H J. The restorative effects of campus landscape biodiversity: Assessing visual and auditory perceptions among university students. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2021, 64: 127259.
- [57] Nghiem T P L, Wong K L, Jeevanandam L, Chang C C, Tan L Y C, Goh Y, Carrasco L R. Biodiverse urban forests, happy people: Experimental evidence linking perceived biodiversity, restoration, and emotional wellbeing. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2021, 59: 127030.
- [58] Dallimer M, Irvine K N, Skinner A M J, Davies Z G, Rouquette J R, Maltby L L, Warren P H, Armsworth P R, Gaston K J. Biodiversity and the feel-good factor: understanding associations between self-reported human well-being and species richness. *BioScience*, 2012, 62(1): 47-55.
- [59] Liang H Y, Lin Y W, Chen Y Y, Hao X L, Gao D Y, Yu N, Li Y P, Qiu L, Gao T. The relationships among biodiversity, perceived biodiversity and recreational preference in urban green spaces: a case study in Xianyang, China. *Ecological Indicators*, 2023, 146: 109916.
- [60] Chen J R, Wu B S, Dai K L, Yu J. Linking perceived biodiversity and restorative benefits in urban parks through place attachment—a case study in Fuzhou, China. *Diversity*, 2024, 16(7): 416.
- [61] 岑渝华, 王鹏, 黄飞, 钟俊宏, 叶梓轩, 林声伟, 胡珂, 翁雷霆, 胡志文, 肖荣波. 不同植被类型城市绿地声景特征及其影响因素. *生态学报*, 2024, 44(15): 6540-6553.
- [62] Zhu Y J, Huang N, Weng Y X, Tong H R, Wang X Y, Chen J X, Liu J, Chen Z Y, Dong J W, Wang M H. Does soundscape perception affect health benefits, as mediated by restorative perception? *Forests*, 2023, 14(9): 1798.
- [63] Liu F F, Liu P Y, Kang J, Meng Q, Wu Y, Yang D. Relationships between landscape characteristics and the restorative quality of soundscapes in urban blue spaces. *Applied Acoustics*, 2022, 189: 108600.