城市绿地地被植物景观对公众健康的影响*

王晶懋[1] 冯洪晶[1] 姜 涛[2] 杜 喆[2] 李兆楠[1] 张昱阳[1] 金 傲[1]

1 西安建筑科技大学建筑学院 西安 710055
2 西安建筑科技大学艺术学院 西安 710055

摘要:【目的】深入分析地被植物群落种类与公众健康指标的关联,为城市绿地规划提供科学依据,提升公众生活质量。【方法】选取自然、半自然、人工 3 大类 22 张具有代表性的地被植物群落样本及 1 张空白对照样本作为刺激材料,通过血压计、脑电仪、眼动仪等仪器测量受试者生理指标(血压、血氧饱和度、脉率、脑电指标、眼动行为),运用知觉压力量表、状态焦虑量表、语义差异法等心理量表评估心理状态,探究城市绿地地被植物景观对公众健康的影响。【结果】1)地被植物景观对公众身心健康恢复效益显著,植物景观暴露后,受试者的收缩压、舒张压及脉率均显著下降($P<0.05$),兴趣、兴奋、专注指标及眼动眨眼次数均优于对照组;知觉压力与状态焦虑显著($P<0.05$)缓解。2)不同类型植物景观影响有差异:自然演替群落在兴趣、兴奋指标上占优势,且平均眨眼次数最少,SD 评分凸显其美感与多样性,眨眼次数与美感负相关。人工植物群落专注度最高,秩序感强但美感评分较低。【结论】城市绿地系统规划与植物景观设计应兼顾公众健康需求与心理偏好,构建差异化景观模式,即自然群落维护自然特性,用于生态保护区;半自然群落适度人工干预,适配社区绿地;人工植物群落精心规划,适用于城市广场等。

关键词:植物多样性;植物群落组构;眼动仪;健康指标;景观感知
DOI:10.12169/zgcsly.2025.01.27.0001

Influence of Urban Ground Cover Plant Landscape in Green Spaces on Public Health

Wang Jingmao[1] Feng Hongjing[1] Jiang Tao[2] Du Zhe[2] Li Zhaonan[1] Zhang Yuyang[1] Jin Ao[1]

(1. College of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;
2. College of Art, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract:【Objective】To make an in-depth analysis of the association between the type of ground cover plant communities and the indicators for public health, so as to provide a scientific basis for urban green space planning and thus to improve the life quality of the public.【Method】Twenty-two representative samples of ground cover plant communities, including self-generated, semi-natural, and artificial types, as well as one control sample, are selected as stimulus materials. The physiological indicators, including blood pressure, oxygen saturation, pulse rate, electroencephalogram, and eye-tracking, of the subjects are measured using instruments such as blood pressure monitors, electroencephalographs, and eye trackers, and their psychological states are assessed using psychological scales such as the Perceived Stress Scale, State Anxiety Scale, and semantic differential method, to explore the influence of ground cover plant landscape in urban green spaces on the public health.【Result】1) Ground cover plant landscapes have

收稿日期:2025-01-27
* 基金项目:国家自然科学基金(52394223);陕西省自然科学基金项目(2023-JC-QN-0525、2023-JC-QN-0628);陕西省教育厅专项科研项目(23JK0513)
第一作者:王晶懋(1988-),女,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为低碳景观设计、风景园林植物景观设计。E-mail:airainmail@126.com

significant benefits on public physical and psychological health restoration. When exposed to plant landscapes, the subjects have significantly decreased systolic blood pressure, diastolic blood pressure and pulse rate ($P<0.05$), and the indicators of interest, excitement, concentration and the number of eye blinks are better than those of the control group. The perceptual stress and state anxiety are significantly alleviated ($P<0.05$); and 2) The effects of different types of plant landscapes vary: the communities with natural succession have the advantages in the interest and excitement indicators and have the lowest average number of eye blinks. SD scores emphasize their aesthetics and diversity, and the number of eye blinks is negatively correlated with aesthetics. Artificial plant communities have the highest concentration and strong sense of order but their aesthetic scores are low.【Conclusion】 Urban green space planning and plant landscape design should take into account the needs of public health and psychological preferences, and propose differentiated configuration models, in which natural characteristics are maintained with natural communities in ecological protection zones, semi-natural communities are moderately artificially interfered with in community green spaces, and artificial plant communities are carefully planned in urban plazas.

Keywords: plant diversity; plant community composition; eye tracker; health indicators; landscape perception

当前，城市化进程中的高密度建设、环境污染以及快节奏生活方式对公众健康构成了潜在威胁[1]。城市绿地作为城市生态系统的重要组成部分，其地被植物景观多样性对于改善城市环境、提升公众健康水平具有不可忽视的作用[2]。公众健康指标评价方法分为两个层面：第一，心理层面通过状态特质焦虑量表（State-trait anxiety inventory，STAI）[3]、知觉压力量表（Chinese Perceived Stress Scales，CPSS）[4]等测算公众的注意力、情绪稳定力，聚焦于人们内在的心理感受与状态，精准量化公众的注意力和情绪稳定力，明确绿地及植物景观这类环境元素在维护心理健康方面的重要意义。第二，生理层面利用血压计、血氧仪、脑电仪和眼动仪等测试公众的血压、脉率、脑电波活动以及眼动轨迹等生理数据[5-6]，系统探究不同植物景观因素，诸如植物类型、层次等与居民生理状态之间错综复杂的关联机制，并通过大量样本数据的积累与分析，识别出哪些环境因素对生理健康起着关键的促进或抑制作用[7]。

城市绿地的植物多样性对提升城市环境及居民生活质量具有多方面的重要作用。植物景观作为落实“自然—健康[8]”的重要途径，在健康资源扮演着重要的角色。当置身于城市绿地中时，植物所营造出的丰富景观为人们带来多样的视觉和感官刺激，这些刺激通过视觉传导通路传递至大脑，进而影响神经系统。已有大量研究证实植物环境对缓解压力和疲劳恢复具有良好的效果[9]，从心理层面体现为消极情绪的削减、注意力的有效恢复等，生理层面则表现为对血压、脉率等健康指标的调节。本研究聚焦城市绿地地被植物景观对公众健康的影响，通过血压计、脑电仪、眼动仪等设备收集生理数据，借助多种心理量表评估受试者心理状态，深入分析地被植物群落种类与公众健康指标的关联，旨在为城市绿地规划提供科学依据，提升公众生活质量，推动城市可持续发展。

1 研究方法

1.1 试验地点及对象

试验于 2024 年 12 月 1—7 日在西安建筑科技大学雁塔校区南门试验室展开，试验期间，试验室门窗保持关闭状态，以隔绝外界噪音，营造相对稳定、安静的试验环境，确保受试者注意力集中，避免外界环境因素对试验结果造成偏差。本次试验共招募 35 名受试者，年龄在 18～26 岁，男女比例约为 1∶2，所选受试者身体健康，无慢性疾病史，心理健康状况稳定，具有正常的视力和色觉[10-12]。

1.2 试验材料选择

从自然、半自然、人工植物 3 种地被植物类型中选取代表性群落样本[13]。自然群落选取如蒈

草（*Achillea wilsoniana*）、狗尾草（*Setaria viridis*）等构成的群落，其自然演替具有随机性与多样性，能体现自然生态系统的原始特征[14]；半自然演替群落选取以针茅（*Stipa capillata*）、百日菊（*Zinnia elegans*）等植物组成的群落，兼具自然特性与人工管理的有序性；人工植物群落则选取狗牙根（*Cynodon dactylon*）、早熟禾（*Poa annua*）、铺地柏（*Juniperus procumbens*）等植物形成的多层次多功能植物群落，兼顾生态、景观和空间分隔等作用。

针对每种类型，选取代表性样地拍摄图片。地被群落样方设为 1 m×1 m，含乔木的群落样方扩大至 5 m×5 m，从每种类型中挑选 2~3 张样地图片，经筛选确定 22 张有效图片（图 1），准备 1 张空白对照图，用于对比无植物景观刺激时受试者状况。

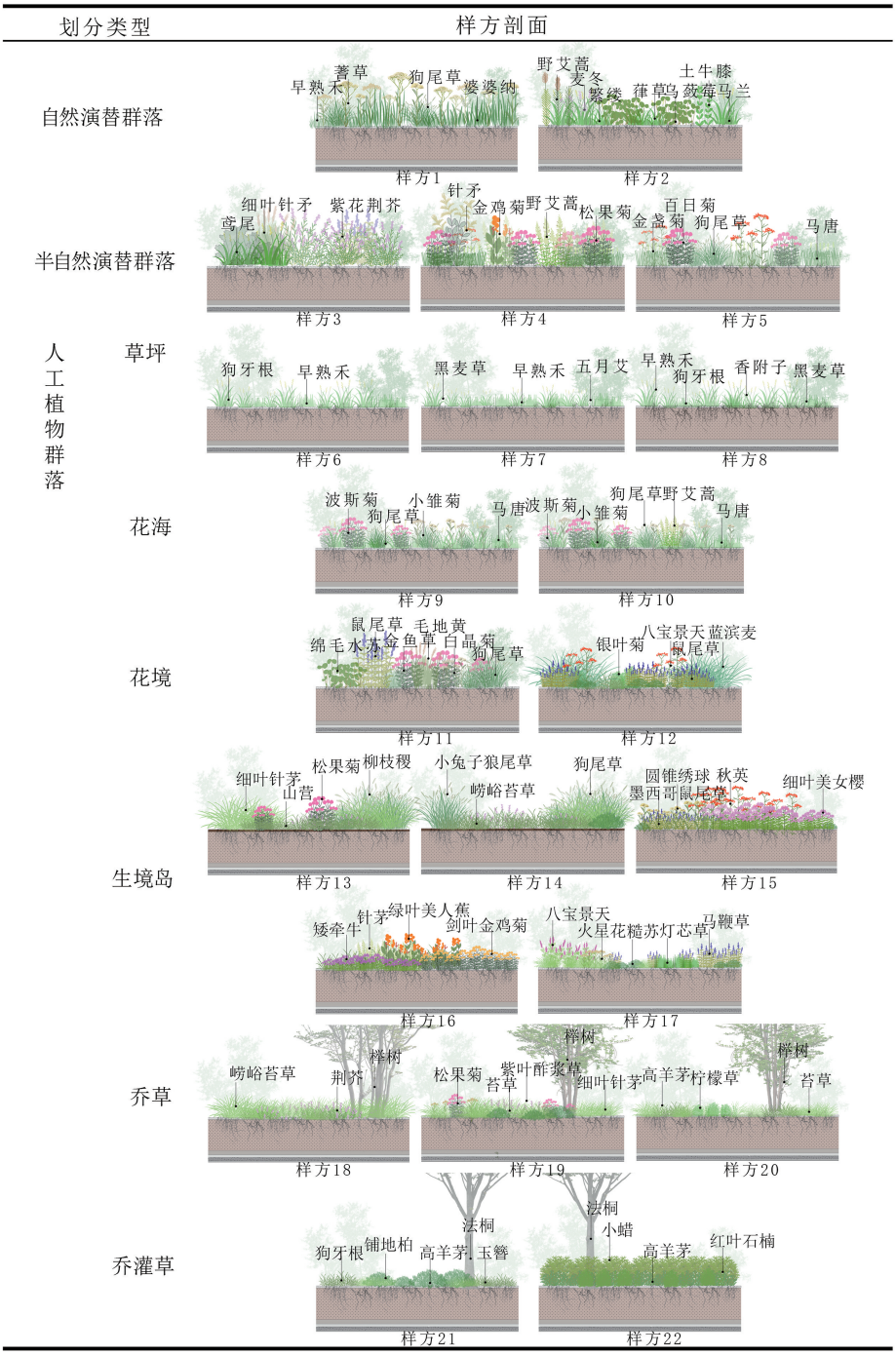


图 1　植物样方选取剖面图

1.3 指标测定方法

1.3.1 生理指标

生理反馈技术克服传统言说类调查信度局限，通过实时记录受试生理数据，为环境感知研究的客观测量开拓新途径。试验测量的生理指标包括血压（Blood Pressure，BP）、血氧饱和度（Oxygen saturation，SpO_2）、脉率（pulse rate，PR）、脑电波（Electroencephalogram，EEG）、眼动行为（Eye-tracking，ET）。其中，血压包括收缩压（Systolic Blood Pressure，SBP）和舒张压（Diastolic Blood Pressure，DBP）。选取 6 个情绪指标即“参与、兴奋、压力、放松、兴趣、专注”作为脑电波数据[12]；选取注视次数、瞳孔直径、眨眼次数和眼跳次数作为眼动行为指标；测量设备如表 1 所示。

表 1 生理指标基本意义及测量设备

测量设备	指标	指标特征	
电子血压计(臂式)	血压(BP)	反映身体应激状态,压力下常升高	
指夹式脉搏血氧仪	血氧饱和度(SpO_2)	压力或情绪波动时可能偏离正常范围(90%~95%)	
	脉率(PR)	正常情况下与心率一致,处于情绪激动状态时,脉率加快	
EMOTIV-便携式脑电仪	脑电波(EEG)	参与	反映沉浸、投入或吸引的程度
		兴奋	得分越高表示人受到的外界刺激越大
		压力	反映人的神经紧张程度,得分越高表示紧张程度越高
		放松	反映人压力状态缓解情况,得分越高表示人更轻松
		兴趣	反映当前环境的吸引程度,得分越高吸引程度越高
		专注	反映对某任务的定向注意力,得分越高表示某任务对人的定向注意力消耗越多
Gazepoint GP3 眼动仪	眼动行为(ET)	注视次数	反映受试对某一兴趣区域的关注或偏好程度
		眼跳次数	当个体处于情绪压力状态下导致眼跳次数的增加
		平均瞳孔直径	在正负情绪时的瞳孔直径要明显大于中性情绪[15]
		平均眨眼次数	平均眨眼次数越多,意味着信息认知负担较轻或注意力分散,视觉疲劳增加[16-17]

1.3.2 心理指标

采用多种心理量表全面评估受试者心理状态，以深入探究植物景观对个体心理层面的影响。知觉压力量表（CPSS）用于测评个体知觉压力水平[4]，包含失控感、紧张感 2 个维度，共 14 个条目，得分越高，表示心理压力越大。状态焦虑量表（State Anxiety Inventory，S-AI）用于获取受试的心理状态，主要包括 6 个问题，对所有项目计算评价总和分数，分值越高表明受试者焦虑程度越高[18]。语义差异法（Semantic Differential，SD）用于测量公众对植物景观的主观感受与认知评价[19]，其前提是确定心理评价的形容词及评价尺度，具体所需形容词对数尚无明确规定[20]。本文选取美感、植物多样性、秩序感 3 个景观评价因子（表 2），设置 3 个正反义形容词对用于描述群落植物景观，并以 7 级评价尺度获取公众的量化评价，深入了解公众的心理感知。

表 2 SD 法形容词对描述表

编号	评价因子	形容词对
1	美感	无美感的——有美感的
2	植物多样性	植物单一的——植物丰富的
3	秩序感	杂乱的——有序的

1.4 试验流程

试验严格根据既定步骤开展：受试者入场后，先介绍试验流程、内容及注意事项；接着为其佩戴 EMOTIV 便携式脑电仪，记录血压、脉率、血氧饱和度等生理数据，并让受试者填写心理健康问卷（CPSS 和 S-AI），所得数据作为基线阶段数据。仪器佩戴完毕，施加 3 min 限时数学题计算作为刺激源；刺激结束，再次测试受试者生理数据并填写心理健康问卷，这些数据构成施压阶段数据。进入恢复阶段后，受试者坐到指定位置矫正眼动仪，随后依次播放空白图片及 22 张植物群落图，每张图展示 15 s，期间记录眼动、脑电数据，受试者填写 SD 法景观评价表。最后，再次测试生理数据并填写心理健康问卷。单次试验全程共 20 min。

2 结果与分析

2.1 植物景观对公众身心健康指标的恢复效应

2.1.1 生理指标

试验对人体处于不同阶段（基线、施压、恢复阶段）下的多项核心生理指标展开深入比较，结果（表 3）发现，压力刺激后，收缩压、

舒张压及脉率均上升；植物景观恢复后，三者均显著下降（$P<0.05$），且低于基线指标。血氧饱和度未呈现显著（$P>0.05$）差异，说明在当前试验设定下，血氧饱和度具备较强的稳定性，外界压力刺激及植物景观并未对其产生明显扰动。

表 3　不同阶段生理指标变化

生理指标		基线	施压	恢复	*F*	*P*
血压	收缩压/mmHg	107. 433±11. 004	114. 267±11. 522	104. 267±8. 304	7. 355	0. 001 ***
	舒张压/mmHg	73. 967±8. 147	78. 900±8. 397	71. 900±8. 285	5. 504	0. 006 ***
脉率次/min		75. 067±11. 089	80. 167±10. 593	73. 200±10. 097	3. 537	0. 036 **
血氧饱和度		97. 600±1. 037	97. 867±1. 137	97. 767±1. 135	0. 462	0. 632

注：*** 、** 、* 分别代表 1%、5%、10%的显著性水平；下同。

2. 1. 2　心理指标

在知觉压力方面（表 4），失控感和紧张感数值均在施压阶段显著（$P<0.05$）上升，恢复阶段显著（$P<0.05$）下降。状态焦虑中的平静、紧张、烦乱、心满意足和烦恼等感受在不同阶段同样有显著改变，其中烦恼的 F 值较高，说明其在不同阶段的差异尤为显著。

表 4　不同阶段心理指标变化

心理指标		基线	施压	恢复	*F*	*P*
知觉压力 CPSS	失控感	21. 241±2. 012	22. 452±4. 024	20. 889±3. 926	2. 497	0. 043 *
	紧张感	19. 552±2. 046	20. 452±4. 146	17. 741±3. 23	4. 502	0. 016 **
状态焦虑 S-AI	平静	2. 828±0. 711	3. 000±0. 724	2. 484±0. 832	3. 435	0. 039 **
	紧张	1. 586±0. 780	2. 129±0. 991	1. 407±0. 636	5. 555	0. 006 ***
	烦乱	1. 690±0. 712	2. 065±1. 031	1. 444±0. 577	4. 197	0. 020 **
	轻松	2. 724±0. 702	3. 194±0. 910	2. 704±0. 912	2. 985	0. 059 *
	心满意足	2. 276±0. 702	2. 871±0. 885	2. 030±0. 967	4. 286	0. 019 **
	烦恼	2. 069±0. 799	2. 387±0. 882	1. 593±0. 844	6. 125	0. 004 ***

2. 2　不同类型植物景观对身心健康指标的影响

2. 2. 1　脑电指标

脑电指标显示（图 2）：不同植物类型（自然、半自然、人工）刺激下，参与指标、压力指标、放松指标无显著（$P>0.05$）差异；兴奋指标、专注指标、兴趣指标差异显著（$P<0.05$），且自然图片最能引发兴奋和兴趣，人工图片最能引发专注。综上，主要分析兴奋、兴趣、专注 3 个指标在不同阶段的变化。

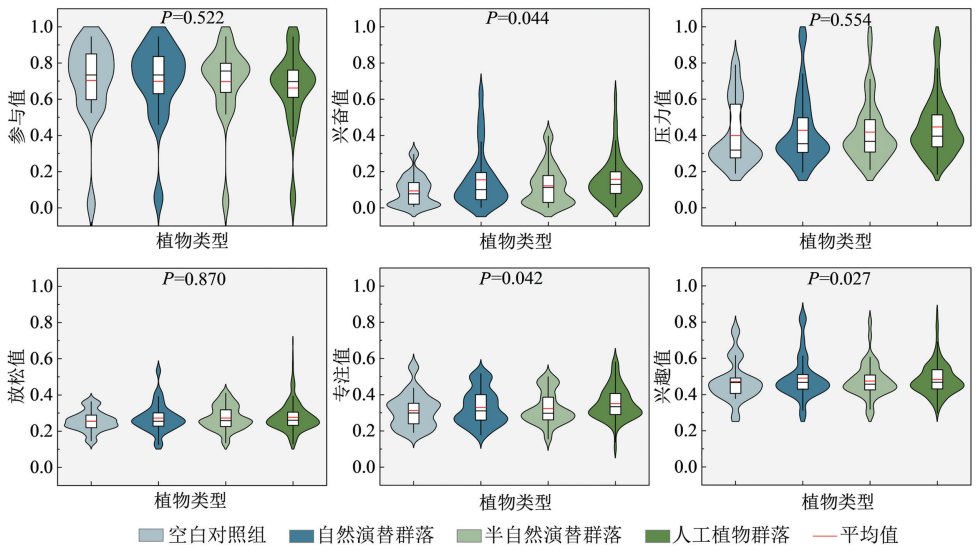
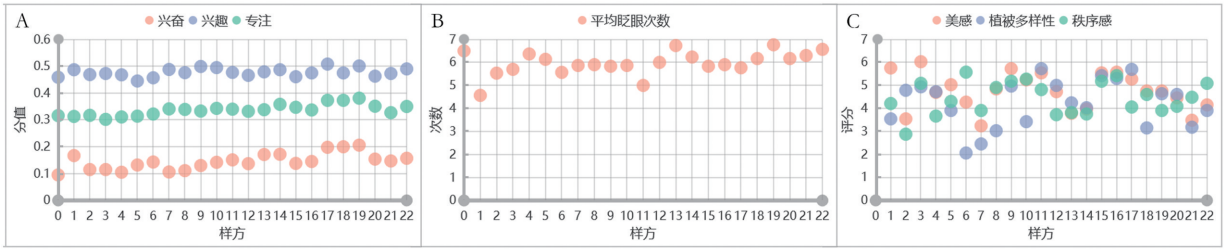


图 2　不同植物类型下脑电指标的变化

由图 3A 可知，兴奋指标在空白对照图初始值为 0. 095，观看样方 1，6 及 17～19 时出现峰值，整体呈波动上升且幅度小。兴趣指标在空白对照图取值 0. 459，观看样方 1、9、10 及 17、19 时陆续出现高峰值，整体波动上升且数据稳定。专注指标始于空白对照图的 0. 316，观看样方 7 时出现首峰，在样方 17～19 阶段达最高峰值后逐步回落，整体呈波动上升，波动程度有限。自然类样方 1 可能激发对自然的向往，兴奋与兴趣指标均较高；人工类样方 7（草坪）、18～19（乔草）凭借精准布局形成视觉秩序，引导注意力集中。



注：A 各样方兴奋、兴趣、专注指标分值；B 各样方平均眨眼次数；C 各样方 SD 法植物景观评分。

图 3　不同样方植物景观对身心健康指标的影响

2. 2. 2　眼动指标

眼动指标（图 4）显示：不同植物类型刺激下，注视次数、眼跳次数、平均瞳孔直径差异不显著（P>0. 05），但自然群落均值都较高；平均眨眼次数差异显著（P<0. 05），自然群落均值显著低于其他类型。

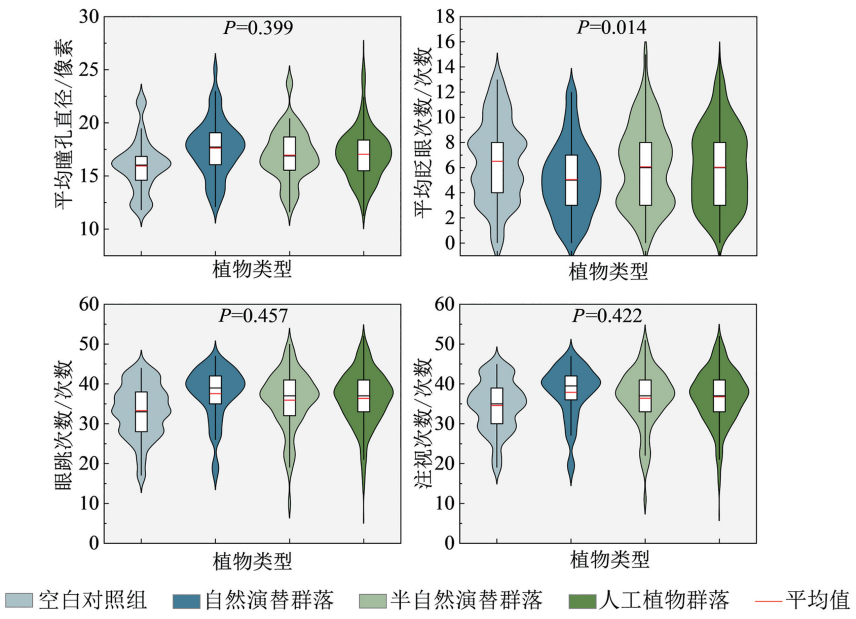


图 4　不同植物类型下眼动指标的变化

针对 1 组空白对照与 22 组地被植物群落图就平均眨眼次数展开分析，结果（图 3B）呈现出明显的波动变化趋势，有多个峰值和谷值，其中在样方 12～14 和 18～20 出现主要峰值，样方 1、11 出现主要谷值。自然类样方 1 或因原生形态的视觉舒缓性，眨眼次数最少；人工类样方 12（花境）、13～14（生境岛）、18～20（乔草）则可能因色彩对比、多层结构等视觉刺激及人工干预形成的复杂设计，导致受试者眨眼次数增多。

2. 2. 3　SD 法植物景观评价

试验主要聚焦 22 个样方在“美感”“植被多样性”“秩序感”3 个维度的评分（图 3C）。在美感维度，半自然类样方 3、自然类样方 1、人工类样方 9 因色彩搭配与适度秩序评分最高，人工类样方 7（草坪）、21（乔灌草）因单一化评分最低；植被多样性方面，人工类样方 11（花境）物

种最丰富，样方 6、7（草坪）单一化显著；在秩序感维度，人工类样方 6（草坪）、16（生境岛）因规整布局评分高，自然类样方 2 因随机生长评分低。3 个维度表现与景观类型紧密相关，其中自然类依赖色彩与物种组合提升美感；人工类以秩序性为核心优势；半自然类则实现多维均衡，为景观设计的功能与美学匹配提供依据。

2.3　类型差异与变量关联解析

Pearson 相关性分析结果（图 5）显示：兴奋、兴趣和专注之间呈现强正相关，表明个体处于兴奋状态时，往往伴随着较高的兴趣水平，且专注度也会显著提升。平均眨眼次数与美感呈显著负相关，意味着眨眼次数较少的个体可能对美感有更高的欣赏倾向。美感与植被多样性及秩序感均为正相关，显示个体对自然美与有序环境的偏好存在内在联系。然而，兴趣、植被多样性与美感之间的正相关关系不显著，专注与美感、植被多样性及秩序感之间也无显著相关性，表明这些变量间的直接关联较弱。

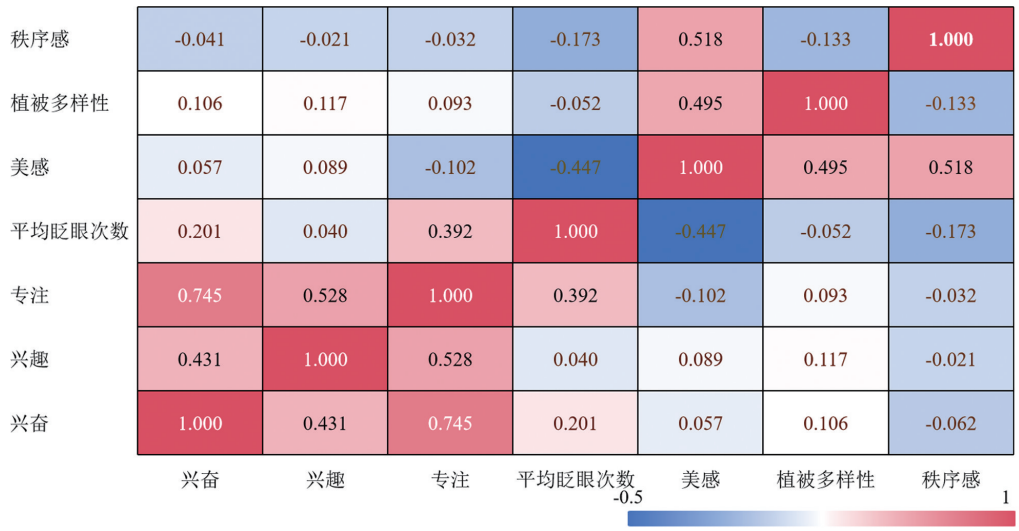


图 5　身心健康指标相关系数热力图

3　讨论

3.1　地被植物景观对公众身心健康指标的影响机制

本研究通过整合脑电、眼动、血压、脉率以及多维心理量表（CPSS、S-AI、SD 法），综合评估了地被植物景观对公众身心健康的调节作用，为“自然接触有益健康”这一普遍认知提供了更精细、更客观的生理心理证据。从生理指标来看，虽地被植物景观类型不同，但公众在观察植物景观后收缩压、舒张压及脉率均显著下降，且脑电指标（兴奋指标、专注指标、兴趣指标）均显著高于空白对照组；眼动指标（平均眨眼次数）均低于对照组。从心理指标来看，相较于对照组，地被植物景观对公众知觉压力和状态焦虑调节作用明显，使公众积极情绪如平静、心满意足等显著升高，消极情绪如失控感、紧张感、紧张、烦乱、烦恼等显著下降。这一结论与 Hartig 等[21]提出“自然-健康”机制中的减压和恢复机制一致。进一步分析发现，植物群落的自然度属性是影响公众身心恢复效果的关键因子，这与 Hoyle 等[22]学者提出的“具有中等或最自然结构的种植比最不自然结构的更能促进心理恢复。”的观点一致。值得注意的是，本研究结论与已有研究“乔灌草复合群落更有利于生理心理恢复”存在差异[23]，这种分歧可能源于研究尺度的差异，即前者聚焦以乔木为主导的大尺度森林景观，而本研究聚焦于地被植物层的微观生态效应，揭示了不同植被层次在健康促进功能上的特异性[22]。

3.2　不同植物景观类型的恢复效益分异原因

自然演替群落在兴趣、兴奋指标及眨眼次数上的优势，与“亲生命性”理论中人类对自然生态原型的本能偏好一致[24]。且已有研究证实，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[25]。究其原因，其随机生长的野生群落因保留完整生物多样性，提供了温和且持续的视觉刺激。相较于人工植物群落，自然演替群落的低眨眼频率表明其视觉感知过程更高效，可能与演化形成的色彩、形态协调性降低大脑信息处理能耗有关。半自然演替群落因适度人工干预，在植物多样性与视觉秩序感上均处于中间水平，导致兴奋与专注指标无显著优势。这一结果提示其更适合作为社区绿地等过渡性空间的景观配置，而非承担核心恢复功能的场景。人工植物群落的专注得分较高，可能得益于人工设计的秩序感[26]，如其中样方 7 以极简规整快速提升专注，样方 18、19 通过垂直分层有序结构强化并维持专注，通过明确的视觉线索减少认知混乱。

3.3 基于公众感知的植物景观构建模式

3.3.1 自然群落构建

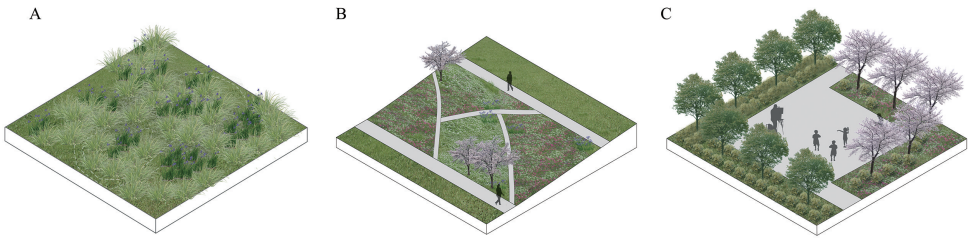
自然群落凭借丰富生物多样性与原始美感，在激发兴趣方面表现出色。构建时需维护其自然生长特性，减少人为干预，保留完整生态系统。适用于城市生态保护区、大型公园自然区域等。如大型森林公园中，保留蒿草、狗尾草等野生植物群落（样方 1），任其自由演替，为公众提供亲近自然、舒缓身心的空间，满足对自然的向往，助力身心健康恢复（图 6A）。

3.3.2 半自然群落构建

半自然群落融合自然与人工特性，各项指标相对均衡。构建时以保留自然特征为基础，适度人工管理引导。选择适生植物，适合社区绿地、街边小游园等半开放空间。如社区绿地采用样方 3 类似植物组合，兼具自然气息与秩序感，为居民打造日常休闲、赏景的环境，提升生活环境品质（图 6B）。

3.3.3 人工植物群落构建

人工植物群落设计性强，侧重引导与专注，构建需注重植物色彩、形态组合及空间布局。常用于城市广场、商业区等场所。城市广场可参考生境岛（样方 15～17）景观，吸引人群注意力，满足审美与体验需求，提升城市景观品质。设计时可借鉴样方 19，增加植物种类多样性与层次，提升景观生态功能，让人工景观兼具观赏性与生态性（图 6C）。



注：A 自然群落适用场地示意图；B 半自然群落适用场地示意图；C 人工植物群落适用场地示意图。

图 6 不同场地与植物搭配示意图

4 结论

地被植物景观对公众身心健康恢复效益显著：生理上调节血压、脉率，减轻应激；心理上缓解知觉压力与状态焦虑。不同类型植物景观影响各异，自然景观激发兴趣与兴奋优势明显，人工景观引导专注效果佳，自然景观在平均眨眼次数指标表现最优。基于此，提出植物景观构建模式：自然群落维护自然特性，用于生态保护区；半自然群落适度人工干预，适配社区绿地；人工植物群落精心规划，适用于城市广场等。因此，城市绿地系统规划与植物景观设计应兼顾公众健康需求与心理偏好，合理配置景观。现有研究仍存在局限性，如未深入分析年龄分布，未考量职业、绿地使用频率等因素，试验环境与真实场景有差距，对景观动态变化考量不足。未来需扩大样本、优化设计、加强实地研究，探究景观动态影响，为城市绿地建设提供科学指导。

参考文献

[1] VLAHOV D, GALEA S. Urbanization, urbanicity, and health[J]. Journal of Urban Health, 2002, 79(1): S1-S12.

[2] JACKSON L E. The relationship of urban design to human health and condition[J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 64(4): 191-200.

[3]李文利,钱铭怡.状态特质焦虑量表中国大学生常模修订[J].北京大学学报(自然科学版),1995,31(1):108-114.
[4]王萱,段莉,王耐,等.知觉压力量表的应用现状[J].承德医学院学报,2018,35(3):242-244.
[5]鲍焱焱,孙旻恺,张健,等.眼动追踪技术在风景园林中的应用研究进展[J].风景园林,2024,31(4):79-86.
[6]刘凌汉.基于生理、心理恢复的城市公共绿地恢复性效应研究[D].沈阳:沈阳建筑大学,2020.
[7]周冰.体质健康中的生理因素和心理因素的关系[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2006,21(1):111-113.
[8]CLEARY A,FIELDING K S,BELL S L,et al.Exploring potential mechanisms involved in the relationship between eudaimonic wellbeing and nature connection[J]. Landscape and Urban Planning,2017,158:119-128.
[9]VALTCHANOV D,ELLARD C G.Cognitive and affective responses to natural scenes:effects of low level visual properties on preference,cognitive load and eye-movements[J].Journal of Environmental Psychology,2015,43:184-195.
[10]王茜,张延龙,赵仁林,等.四种校园绿地景观对大学生生理和心理指标的影响研究[J].中国园林,2020,36(9):92-97.
[11]翁羽西,朱玉洁,董嘉莹,等.校园绿地声景观对情绪和注意力的影响:以福建农林大学为例[J].中国园林,2021,37(2):88-93.
[12]王一凡.听嗅及视嗅交互下梅花景观对大学生的恢复效应研究[D].杭州:浙江农林大学,2024.
[13]张胜强.植物多样性对城市化梯度的响应[D].武汉:华中农业大学,2012.
[14]史新园.西安城区自生植物资源调查与园林应用研究[D].西安:西安建筑科技大学,2024.
[15]PARTALA T,SURAKKA V.Pupil size variation as an indication of affective processing[J]. International Journal of Human-Computer Studies,2003,59(1/2):185-198.
[16]HAMEDANI Z,SOLGI E,HINE T,et al.Revealing the relationships between luminous environment characteristics and physiological,ocular and performance measures:an experimental study[J]. Building and Environment,2020,172:106702.
[17]周祥,谭子媚,陈素青,等.基于眼动追踪的历史文化街区城市景观体验评价:以广州永庆坊为例[J].中国园林,2023,39(12):54-59.
[18]高雅玲,黄河,叶菁,等.高校绿地景观自然度对人体生理和心理指标的影响[J].中国城市林业,2022,20(4):103-109.
[19]刘文洁,黎欢,孙乔昀,等.园林微观环境要素对游览体验的量化评估[J].中国城市林业,2024,22(4):156-163.
[20]赵慧楠.基于 SBE 法和 SD 法的植物群落景观评价研究:以杭州西湖周边公园为例[D].杭州:浙江农林大学,2019.
[21]HARTIG T,MITCHELL R,DE VRIES S,et al.Nature and health[J]. Annual Reviews of Public Health,2014,35(1):207-228.
[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[J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 164: 109-123.
[23]FU W J,GAO F,ZHANG X,et al.Tree-shrub-grass composite woodland better facilitates emotional recovery in college students emotion better than other plant communities[J]. Frontiers in Psychology,2024,15:1285792.
[24]WILSON E O.Biophilia:the human bond with other species[M]. Cambridge,MA:Harvard University Press,1984.
[25]OIU L,LINDBERG S,NIELSEN A B.Is biodiversity attractive? — On-site perception of recreational and biodiversity values in urban green space,[J].Landscape and Urban Planning,2013,119:136-146.
[26]KAPLAN S.The restorative benefits of nature:toward an integrative framework.Joural of Environmental Psychology,1995,15(3):169-182.