

基于VR技术的不同类型公园绿地的景观偏好与复愈作用的关系研究

The Relationship Between Landscape Preference and the Restoration Effect of Different Types of Park Green Spaces

于 娜¹ 林艺薇² 高 天¹ 邱 玲^{1*} 刘建军^{1*}
YU Na¹ LIN Yiwei² GAO Tian¹ QIU Ling^{1*} LIU Jianjun^{1*}

(1.西北农林科技大学风景园林艺术学院, 杨凌 712100; 2.大荔县文化旅游局, 渭南 715100)
(1. College of Landscape Architecture and Art, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi, China, 712100; 2. Dali County Bureau of Culture and Tourism, Weinan, Shaanxi, China, 715100)

文章编号: 1000-0283(2023)06-0054-09
DOI: 10. 12193/j. laing. 2023. 06. 0054. 007
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2023-02-15
修回日期: 2023-04-28

摘 要

城市绿地对城市居民身心健康的复愈效果受绿地类型的影响,同时也受城市居民对城市绿地景观偏好的影响。为了揭示其相互作用关系,以咸阳市小西湖公园为例,基于实地调查划分6种绿地空间类型(密林草结构空间、复层结构空间、疏林草结构空间、灰色临水硬质空间、灰绿参半临水硬质空间、绿色临水硬质空间),采用VR设备为视觉载体,用虚拟现实代替实际场景,以简明心境量表(POMS)为心理复愈指标,以脑波、皮电(SCL)、血压、心率为生理复愈指标,将景观偏好作为景观感知评价工具,研究不同类型绿地的复愈性差异,并探究偏好和环境复愈作用的关系。研究表明:(1)不同类型绿地能够有效提升情绪状态水平并有利于各项生理指标的唤醒与复愈;(2)6种类型绿地的景观偏好水平和心理复愈效益无显著差异,但SCL和低压作为灵敏的生理指标在不同环境中的复愈效益有显著差异,灰色临水硬质空间对SCL有显著复愈作用,绿色临水硬质空间对低压有显著复愈作用;(3)心理复愈和生理复愈在短时间的环境感知中并不完全同步变化,心理上的情绪复愈仅与低压的改变有显著相关关系;(4)偏好水平与心理复愈呈显著负相关关系,单层密林草结构的绿地景观偏好得分最低,但心理复愈效益最好。研究结果以期为今后营建城市公园复愈性环境提供理论基础与参考。

关键词

城市绿地;虚拟现实;心理指标;生理指标;景观偏好;复愈性环境

Abstract

The healing effect of urban green space on the physical and mental health of urban residents is influenced by the type of green space, as well as the preference of urban residents for urban green space landscape. In order to reveal the interactions, our study takes Xiaoxihu Park in Xianyang City as an example and classifies six types of green space (dense forest-grass structure space, compound structure space, sparse forest-grass structure space, gray waterfront hard space, gray-green semi-waterfront hard space, and green waterfront hard space) based on the field survey. VR devices were used as visual carriers. Virtual reality was used instead of actual scenes, the Brief Mood Scale (POMS) was used as a psychological healing index, brain waves, skin electrical (SCL), blood pressure, and heart rate were used as physiological healing indexes, and landscape preference was used as a landscape perception evaluation tool to study the differences in healing in different types of green spaces and to investigate the relationship between preference and environmental healing effects. The results show that:(1) Different types of green spaces can effectively enhance the level of emotional state and facilitate the awakening and healing of physiological indicators.(2) There is no significant difference in the level of landscape preference and psychological healing benefits among the six types of green spaces, but there are significant differences in the healing benefits of SCL and low pressure as sensitive physiological indicators in different environments, with gray waterfront hard spaces having significant healing effects on SCL and green waterfront hard spaces having significant healing effects on low pressure. (3) Psychological healing and physiological healing were not completely synchronized in a short period of environmental perception, and psychological and emotional healing was only significantly correlated with the change of low pressure. (4) Preference level was significantly negatively correlated with psychological healing, and the preference score of green space with a single layer of dense forest and grass structure was the lowest, but the psychological healing benefit was the best. The above findings are intended to provide a theoretical basis and reference for the construction of healing environments in urban parks in the future.

Keywords

urban green spaces; virtual reality; psychological indicators; physiological indicators; landscape preference; restorative environment

于 娜
1980年生/女/陕西西安人/在读博士研究生/工程师/研究方向为景观认知偏好与环境复愈性

邱 玲
1981年生/女/陕西西安人/博士/教授/研究方向为基于景观与认知偏好视角的园林规划与设计、城乡生物多样性保护与规划

刘建军
1962年生/男/山西夏县人/博士/教授/研究方向为大地景观规划和生态修复

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: qiu.ling@nwsuaf.edu.cn; lij@nwsuaf.edu.cn

基金项目:
国家自然科学基金面上项目“基于景观认知与偏好视角的城市绿地生物多样性保护与游憩利用平衡关系研究”(编号: 31971720)

复愈性环境 (Restorative environment) 是指可以缓解人们的心理疲劳并使人们从压力产生的消极情绪中恢复的环境设置^[1]。城市绿地对人们具有很好的身心复愈作用^[2-3], 能够缓解压力, 改善抑郁、焦虑情绪, 减轻传染病、心血管疾病和呼吸系统疾病等, 是支持人类健康和福祉的基础^[4-5]。关于城市绿地复愈性能的研究, 早期集中在直接对比城市自然绿地环境与人工环境对居民身心复愈效益的差别上^[6], 其后发展到开始探究不同自然环境特征及景观元素的复愈效应^[7]。但是城市绿地呈现出各种各样的空间形式、景观元素、植被类型^[8], 目前得到的研究成果也呈现多样性^[9-10], 其如何影响城市绿地的复愈性能仍不清楚。识别这些绿地的特性, 并了解其以何种程度在哪些不同的方面可以发挥作用, 仍然是今后研究的主要方向。为了发掘城市绿地更多的复愈作用潜能, 需要针对更加多样的城市绿地的样地类型进行研究^[11-12]。

然而, 部分研究发现并不是所有的绿地都能促进人类健康^[13-14]。不同的绿地空间类型^[10]或绿地特征^[7]对人们的景观偏好影响不一样。景观偏好作为个体对环境感知评价的一种快速、直观的体现形式, 与环境复愈性有紧密关系^[15], 会改变人的情绪状态和一系列生理指标^[16], 从而影响人们的身心健康^[17]。研究发现, 偏好对环境复愈性可能产生积极影响^[18], 也可能产生负面影响^[19]。不同研究结果促使对于景观偏好和环境复愈作用之间关系的研究还需要进一步验证, 以探求在不同类型绿地环境下, 偏好与环境复愈性之间的相互作用。

另外, 关于环境复愈性的研究大多是围绕心理上较为主观的自我压力评估判断, 缺少客观而直接的心理变化和生理复愈的数据分析, 因此应增加关于心理、生理复愈指标

的客观数据监测, 以便获得更多的数据进行量化研究。血压、心率^[20]测量值的高低变化能够反映人体的紧张和情绪焦虑程度; 皮肤导电水平 (SCL) 是对皮肤表面和汗腺上的交感神经活动的无偏测量^[7], 当人的情绪激动时, 汗腺分泌加强, 皮肤导电水平加强, 是一个较好反映情绪压力的生理指标。而脑电波中的 α 波值越高则人体的生理松弛程度越高^[21], 当人们精神亢奋、情绪激动时会出现 β 波, 当困倦状态出现, β 波活动减少^[22]。因此本研究采用上述生理指标作为在实验中鉴别复愈性环境的客观指标。

受访者对现实场景的景观评价会被场地存在的交通噪音、垃圾、风力等不可控因素干扰, 而VR模拟现实场景技术可以有效规避现实场景中的这些问题^[23], 成为复愈性环境研究的有效工具, 为研究和实践提供新的途径。因此, 本研究通过VR技术进行视觉刺激, 结合生态学和社会学的方法, 探讨不同类型的公园绿地对人的心理和生理指标变化的影响, 进而总结城市绿地的身心复愈作用。本研究主要解决几个问题: (1) 不同类型的城市绿地对受访者身心复愈性是否具有差异?

(2) 受访者对不同类型城市绿地的景观偏好是否不同? (3) 受访者对不同类型绿地的景观偏好和身心复愈之间的关系如何?

1 研究方法

1.1 研究区域和样地选择

小西湖公园位于陕西省咸阳市杨陵区, 占地总面积为5.82 hm², 其中水域面积为1.68 hm², 全区绿化面积共3.48 hm²。公园内景色优美, 植物种类丰富。

首先根据土地覆盖类型将研究区域划分为蓝色空间和绿色空间; 其次根据植被水平结构的郁闭度和竖向结构的植被层数, 将绿色空间划分为密林草结构 (CS) 绿地、复层结构 (MS) 绿地和疏林草结构 (OS) 绿地; 最后根据临水空间的植被覆盖率将蓝色空间划分为灰色临水硬质空间、灰绿参半临水硬质空间和绿色临水硬质空间。根据以上标准, 在小西湖公园中选取6个典型空间 (表1, 图1)。场地郁闭度及植被覆盖率利用DJI Mavic2无人机航拍照片测算, 选择晴朗无风天气, 云台俯仰角度为90°, 飞行高度100 m, 以确保影像清晰。将场地正摄航拍

表1 样地划分
Tab. 1 Plot division

空间类型 Space type	植被结构/植被覆盖率 Vegetation structure & cover	样地特征 Sample plot characteristics
绿色空间	密林草结构 (CS)	郁闭度80%, 闭合单层绿地空间, 建群种高度为300~500 cm
	复层结构 (MS)	郁闭度40%~70%, 复层混合绿地空间, 建群种高度为80~400 cm
	疏林草结构 (OS)	郁闭度10%~40%, 开敞绿地空间, 建群种高度为<80 cm
蓝色空间	灰色临水硬质空间 (LWS)	临水空间, 植被覆盖率为0~10%, 极少或无植被的公共广场
	灰绿参半临水硬质空间 (SWS)	临水空间, 植被覆盖率为20%~40%, 有少量植被覆盖的公共广场
	绿色临水硬质空间 (MWS)	临水空间, 植被覆盖率为50%~70%, 有较多植被覆盖的公共广场

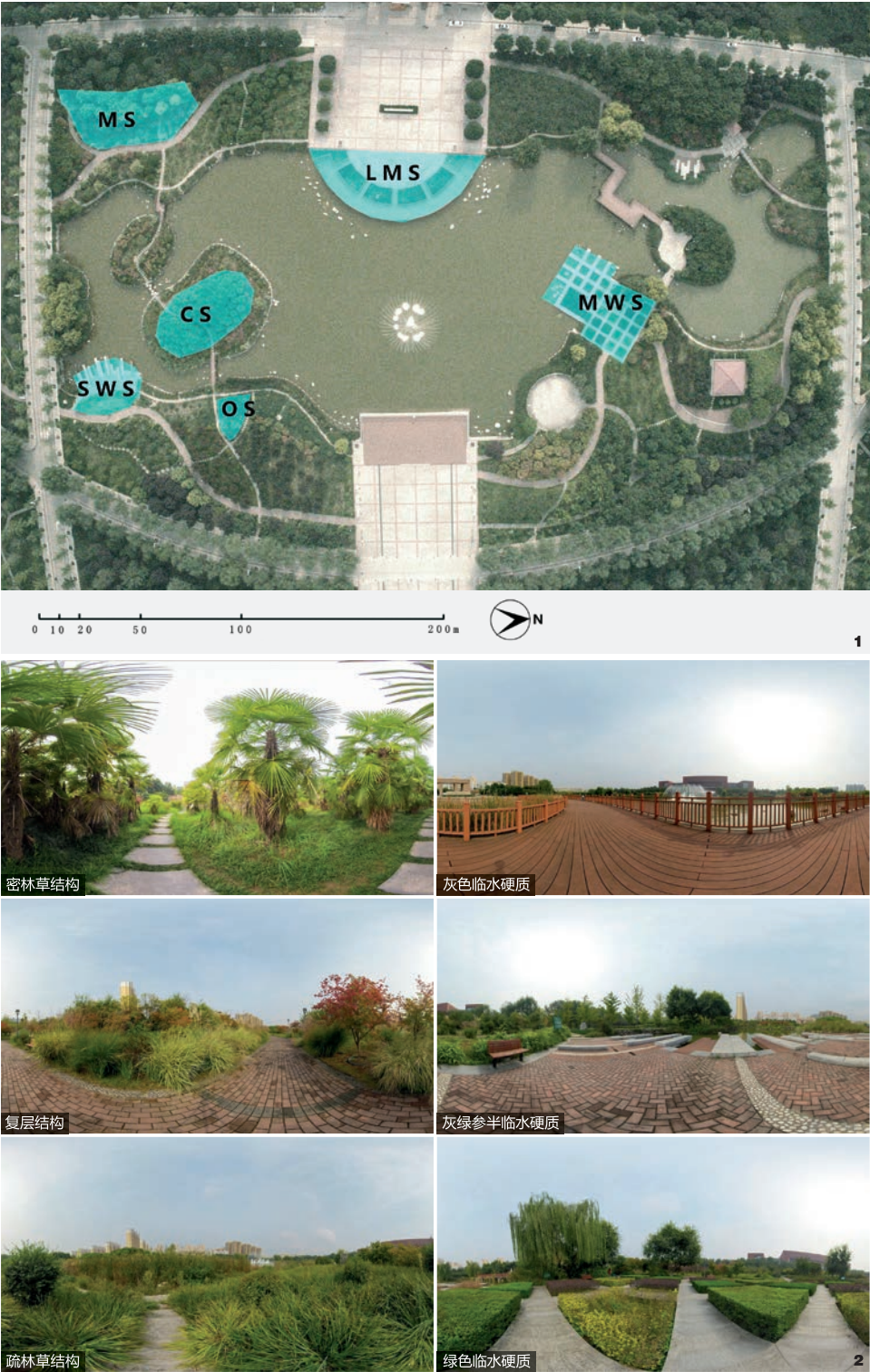


图1 样地分布图
Fig. 1 Sample plot distribution map

图2 样地全景照片
Fig. 2 Panoramic photos of the sample site

照片导入Photo Shop CC2019 软件对影像进行处理，计算绿色空间的郁闭度和蓝色空间的植被覆盖率。采用zx直读式测高器 (HG18CGQ-1) 测量获得植被层数及其中建群种高度数据。

1.2 基于VR技术的虚拟自然环境的获取

本研究使用虚拟现实技术 (VR)，通过头戴式显示设备，将外界的视觉干扰和听觉杂音隔离开来，以确保参与者专注于对样地环境的感知^[23]。确定好实验样地后，选取晴朗无风的天气在9:00-11:00选取最佳 viewpoints 并使用全景相机 (Insta360 Pro-I) 对6个样地拍摄全景照片，固定拍摄高度统一为1.2 m，这与受访者室内坐姿的体验高度一致。全景照片的分辨率为7 680×3 840 dpi (8K)。实验场地视觉刺激将通过VR眼镜 (Pico Goblin VRall-in-one) 展示，分辨率为2 560×1 440 dpi，屏幕刷新率为70 Hz (<20 ms) (图2)。

1.3 实验内容

1.3.1 志愿者招募

利用线上宣传报名和线下招募方式，共招募了120名大学生 (不限制专业，学历均本科及以上，平均年龄22.9岁，SD=2.37，男性29人，女性91人)。所有参与者均身体健康，无不良嗜好，近视度数在800度以下 (VR设备要求)，且实验前一天避免饮酒熬夜。每个场地有20名受访者，为避免受访者之间互相影响，每次实验上午下午各安排10位参与者，实验共进行6天半。

1.3.2 生理指标测定

采用电子血压计 (欧姆龙，HEM-7211) 测量左臂的血压 (高压/mmHg，低压/mmHg，脉搏/bpm)，每次数据记录含两次测量，取两者平均值为最终数据输入结果；使用

infiniti3000A生物反馈仪设备及其相应的Bio Graph Infiniti软件来监测和记录皮肤导电水平 (SCL); 使用Neuro Sky便携式脑电波设备, 内部装有Neuro Sky TGAM脑电波芯片, 通过附着在头皮上的电极获得参与者的脑电波数据。在正式采集数据之前, 在Matlab软件里面通过降噪、伪迹去除等处理后, 采集脑电波中8 ~ 13 Hz的 α 波和13 ~ 30 Hz的 β 波的数据作为情绪评价价值。

1.3.3 心理指标测定

通过受访者填写1992年McNair修订的简明心境量表(POMS)来测定相应的心理指标数据^[24]。该量表包括消极情绪和积极情绪, 情绪评价总分计算方法为消极情绪得分减去积极情绪得分再加100, 得分越低代表情绪状态越好。实验要求参与者根据VR视觉刺激前、后的情绪状态共填写两次, VR实验后的情绪状态得分减去实验前得分即为实验感知到的情绪变化水平。实验样地的偏好得分采用问卷调查形式收集, 受访者根据VR体验不同类型绿地全景图的自身感受, 对所观看的整个景观环境的视觉偏好情况进行评估, 分别为“喜欢/不喜欢/不确定”的回答。喜欢记3分, 不确定记2分, 不喜欢记1分。每个场地20位受访者的偏好平均分作为该场地的最终偏好得分。

1.4 实验流程

实验在三个房间内完成, 每个房间需要受访者完成相应的测试内容。具体步骤如下:

(1) 受访者到场签到, 在窗边进行2 min的无干扰平静冷静阶段。完成后进入1号房间填写第一个问卷, 包括个人信息和POMS量表。填写完成后要求受访者使用VR眼镜观看非实验用场景来调节全景照片清晰度。

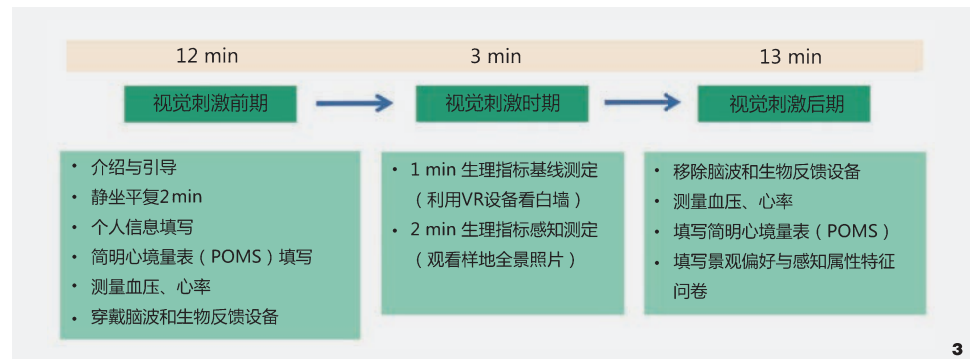


图3 实验流程图
Fig. 3 Experimental procedure

(2) 完成后进入2号房间, 在研究人员的操作下完成血压和心率的测量。测量共进行两次, 取两次平均值为最终结果。然后将便携式脑电设备的电极置于受访者的前额, 生物反馈仪(Infiniti3 000A)连接参与者的手指。所有设备穿戴完成后使用VR设备显示1 min的2号房间白墙的全景视图, 将期间采集到的生理数据作为基线作对比, 以消除观看VR的干扰。然后每位受访者观看2 min的VR场地全景照片。感知体验期间持续监测并记录受访者的脑电、皮电等生理指标。观看结束后移除VR眼镜、便携式脑电设备和生物反馈仪传感器, 随后用取平均值法再次测量受访者的血压和心率。

(3) 最后进入3号房间填写第二个问卷, 包括POMS评估和场地偏好打分。实验按照结构化程序进行, 整个实验过程大约需要28 min(图3)。

1.5 数据分析

本实验中涉及的所有数据均使用Microsoft Excel 2019和IBM SPSS Statistics26.0软件进行统计分析, 以 $p < 0.05$ 为有统计学意义。

将收集到的脑波及SCL数据进行算数平均值计算, 将1 min室内VR环境感知阶段的平

均值作为实验前的基线数据, 将2 minVR场地感知阶段的平均值作为实验后的感知数据。用感知数据与基线数据的差值作为VR环境感知中各项生理指标的变化值。情绪状态、血压与心率的变化值计算同理。

对收集到的生理和心理的基线数据、感知数据采用配对样本T检验, 比较不同复愈指标在6个实验场地中感知前后的变化。采用单因素方差分析和图基(Tukey)多重比较分析来检验不同类型绿地对受访者的心理、生理复愈效益及偏好影响。采用皮尔逊相关分析法探究心理复愈和生理复愈的相互作用关系。

对场地偏好进行算数平均值计算, 采用斯皮尔曼(Spearman)相关性分析探讨景观偏好和环境复愈效果之间的影响因素。

2 研究结果

2.1 不同类型的城市绿地对受访者身心复愈性差异分析

2.1.1 VR感知前后各指标变化情况

(1) 心理指标变化。如图4-a所示, 所有实验场景VR视觉刺激后POMS评分均有所下降, 受访者情绪水平均有所提高。配对样本T检验的结果表明疏林草结构(OS)

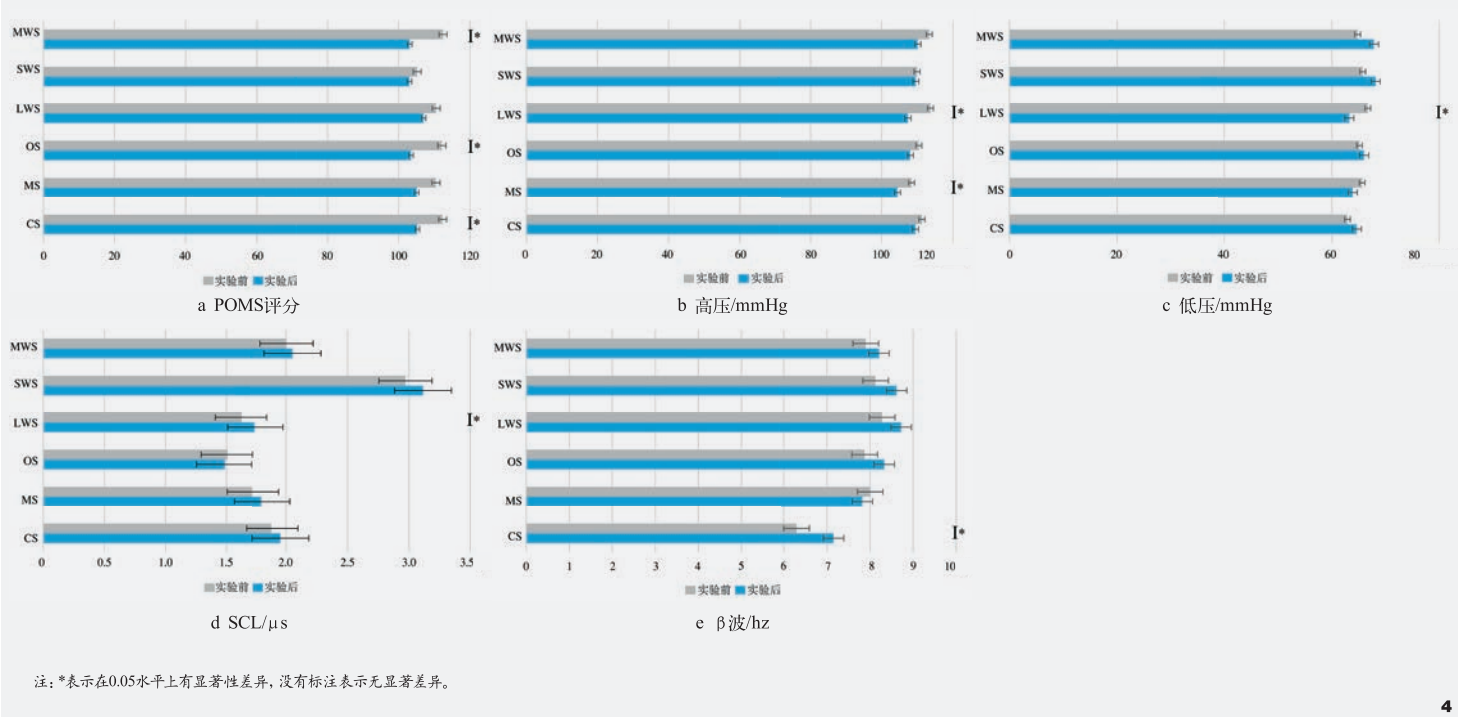


图4 VR刺激前后心理及生理指标变化
Fig. 4 The mean values of psychological and physiological indicators before and after the visual stimulation by virtual reality (VR) glasses

($T=3.49$, $p=0.002$)、绿色临水硬质场地空间 (MWS) ($T=2.43$, $p=0.015$) 和密林草结构 (CS) ($T=2.24$, $p=0.025$) 的POMS评分下降趋势均达到显著水平。

(2) 生理指标变化。如图4-b至4-e所示, 配对样本t检验的结果表明, VR视觉刺激前后各生理指标变化中高压、低压、SCL和 β 波均有显著性差异。所有实验场景VR视觉刺激后高压均有所下降, 其中复层结构 (MS) ($T=1.99$, $p=0.046$) 和灰色临水硬质场地空间 (LWS) ($T=3.22$, $p=0.001$) 中高压的下降趋势达到显著水平 (图4-b)。VR视觉刺激前后低压、SCL和 β 波的变化仅在个别环境中达到显著水平 (图4-c至4-e)。在灰色临水硬质空间 (LWS) 中低压 ($T=2.08$, $p=0.038$) 和SCL ($T=2.90$, $p=0.004$) 的变化均达到显著水平, 密林草结构 (CS) 中 β 波

($T=2.09$, $p=0.037$) 的变化达到显著水平。而 α 波和心率则无显著变化趋势。

2.1.2 不同类型绿地的复愈性差异

(1) 心理指标变化。单因素方差分析结果显示6种不同场地之间的心理复愈效果没有显著性差异 ($F=1.42$, $p=0.220$), 这表明不同类型绿地在情绪复愈作用上没有显著不同。从VR视觉刺激前后情绪变化的趋势来看 (图4-a), 但是所有绿地环境都能使受访者情绪

水平有所恢复, 只是不同场地间的复愈差异并不显著。

(2) 生理指标变化。采用单因素方差分析对不同场地的复愈效果进行比较时发现, 在接受VR景观视觉刺激后, 6个实验场地中SCL ($F=2.94$, $p=0.016$) 和低压 ($F=2.65$, $p=0.026$) 的复愈效果产生了显著性差异, 而高压 ($F=1.46$, $p=0.210$), 心率 ($F=0.50$, $p=0.780$), 脑电 α 波 ($F=0.59$, $p=0.700$) 和脑电 β 波 ($F=0.97$, $p=0.440$) 均无显著性差

表2 不同场地类型对SCL和低压影响的方差分析结果
Tab. 2 ANOVA of the impact of habitat type on SCL and diastolic blood pressure

	平方和 Sum of squares	df	均方 Mean squares	F	Sig.	Tukey's HSD
SCL	2 004.02	5	400.80	2.24	0.016	LWS ^a >CS ^{ab} , SWS ^{ab} , MS ^{ab} , MWS ^{ab} >OS ^b
低压	629.59	5	125.92	2.65	0.026	MWS ^a >SWS ^{ab} , CS ^{ab} , OS ^{ab} , MS ^{ab} >LWS ^b

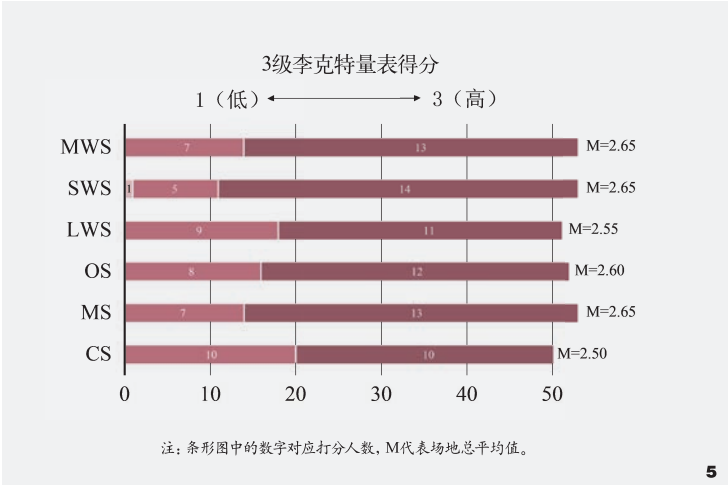


图5 不同类型绿地偏好得分
Fig. 5 Preference scores in different types of green space

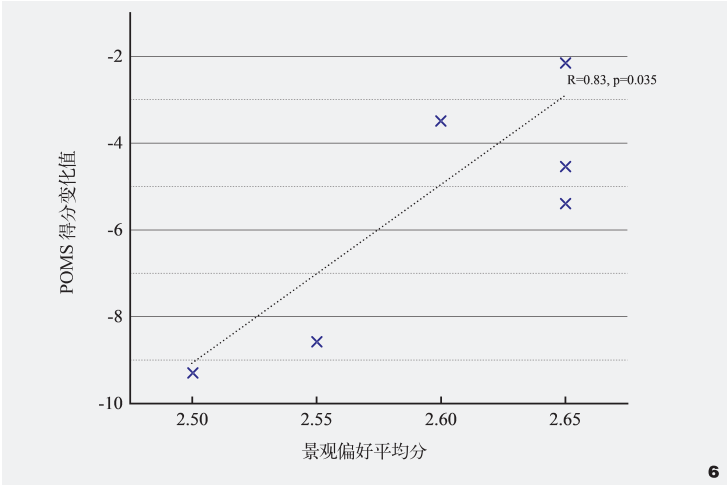


图6 POMS变化和偏好关系趋势图
Fig. 6 The relationship between preference and restorative effects

异(表2)。通过图基(Tukey)多重比较分析发现,灰色临水硬质空间(LWS)对SCL的生理复愈效果最好,其次是密林草结构(CS)、灰绿参半临水硬质空间(SWS)、复层结构(MS)、绿色临水硬质空间(MWS),而疏林草结构(OS)对于SCL的影响效果最小。同时也发现,低压在绿色临水硬质空间(MWS)复愈效果最好,在灰色临水硬质空间(LWS)复愈效果最差;灰色临水硬质空间(LWS)对SCL有着最好的复愈效益,但对低压的复愈没有较大作用。

(3) 心理指标与生理指标变化的相关性。通过皮尔逊相关性分析探究心理复愈和生理复愈的相关性,结果表明POMS得分变化与低

压值呈显著负相关关系($R=-0.25$, $p=0.007$),与其他生理指标均无显著相关性(表3)。

2.2 受访者对不同类型绿地的偏好差异

在偏好评价方面(图5),6种不同类型绿地的偏好评价没有显著差异,但从平均分来看,密林草结构(CS)和灰色临水硬质空间(LWS)得分较低。

2.3 复愈性与偏好的相关性

从斯皮尔曼相关系数及显著性结果中可以看出偏好与POMS评分变化有显著正相关关系($R=0.84$, $p=0.035$),即偏好水平越高,POMS评分的上升趋势越明显(图6),则心理

复愈效果越差。偏好与情绪复愈呈负相关。密林草结构(CS)偏好水平最低,但其心理复愈效果最好。

此外,偏好水平与其他生理指标变化在数理统计学上无显著相关关系:高压($R=0.34$, $p=0.510$),低压($R=-0.30$, $p=0.570$),心率($R=0.23$, $p=0.660$),SCL($R=0.42$, $p=0.410$),脑电 α 波($R=0.64$, $p=0.170$)和脑电 β 波($R=0.60$, $p=0.200$)。这表明,受访者对环境的偏好水平不会影响该场地的生理复愈效益。

3 讨论

3.1 不同类型绿地的身心复愈效果差异分析

3.1.1 VR景观视觉刺激前后的身心复愈比较

观看6种不同类型绿地全景照片后,受访者的POMS得分均有所下降,表明6种不同类型绿地均能产生一定的心理复愈效益,其中疏林草结构(OS)、密林草结构(CS)和绿色临水硬质空间(MWS)在观看前后心理状态复愈均达到显著水平。之前的研究发现具有10%~30%灌木覆盖的开放绿地能够有效

表3 心理指标与生理指标的皮尔逊相关性分析结果						
Tab. 3 Results of pearson correlation analysis of psychological and physical indicators						
变量		低压	高压	心率	α 波	β 波
Variable		Low pressure	High pressure	Heart rate	α wave	β wave
POMS得分	相关系数	-0.25	-0.70	0.05	0.001	-0.011
变化	Sig.	0.007**	0.450	0.570	0.989	0.907

注:*表示在0.05水平上具有显著性差异,**表示在0.01水平上有显著性差异。

改善消极情绪^[25]。又根据眺望庇护理论, 绿色临水硬质空间(MWS)和疏林草结构(OS)满足开放且具有远眺视野的条件, 因此在一定程度上改善了受试者的情绪状态^[26]。而密林草结构的郁闭度达80%以上, 在一定程度上增加了空间私密性给人安全感, 提升了心理复愈效益。但也有研究表明, 过密的植被会损害环境的庇护性, 使人感到不安和焦躁^[27]。这样结果不一致的原因是本研究中密林草结构选自人工管护程度较高的城市公园, 植被景观较为规整, 没有杂乱荒野感, 在一定程度上减少了受试者的不安感^[9]。

在VR景观视觉刺激前后的生理指标对比中, 脑电 α 波和心率在6种实验场地中无显著性差异, 这一发现与之前的研究结果不一致^[28]。但与本研究结果相同的是, 睁眼状态看空白墙面和利用VR感知景观空间相比, α 波的变化并无显著性, 在闭眼状态下, α 波产生了明显变化^[25]。造成这一结果可能的解释是, 工作人员要求受访者平静了2 min才进入正式实验流程, 因此在VR景观视觉刺激前后, α 波和心率并无明显变化。另一个可能的解释是, 受试者对于该类场景较为熟悉, 缺乏新鲜的刺激就难以促使受试者大脑产生如多巴胺等能够唤醒积极情绪的化学物质^[29], 因此部分生理指标在观景前后并无显著变化。但从整体的研究结果来看, 受访者的SCL、血压及 β 波在不同场地经过VR景观视觉刺激前后具有显著性变化, 其中对高压具有最明显的复愈作用。未来可以将城市公园的绿地环境照片导入VR设备, 用于高血压病人的身体康健过程。

3.1.2 不同类型绿地的复愈性差异

在6种实验场地复愈性的横向比较中, SCL和低压在不同环境中的复愈效益有显著

差异。灰色临水硬质空间(LWS)对SCL复愈最有效, 因为该空间面向公园的主要水体, 并且能够远眺水景对面的茂密植被, 从而唤醒受试者的SCL水平。绿色临水硬质空间(MWS)对血压复愈最有效, 该场地同样面向公园的主要水体, 受访者通过亲水平台可接触水面。而灰绿参半临水硬质空间(SWS)因为所面向的水面较小, 复愈效果比前两种空间差一些。由此可发现, 可接近的净水环境能够有效提高环境的复愈作用^[30]。同时, 实验结果证明SCL和低压可以作为较灵敏的生理指标, 反映不同绿地自然环境间对生理复愈的影响^[28]。

其他复愈指标如高压、心率、脑波和情绪状态在不同结构绿地中均无显著性差异。这一发现与其他研究结果一致, 不同类型的自然环境在生理和心理复愈效果上差异不大^[31]。这可能是因为这6种不同类型的绿地均选自同一个城市公园, 本底具有高度的同质性且人工管护程度较高, 所以很难对人们产生差异化的复愈性影响。除此之外, 参与者对外界调节接收程度的个体差异^[32]可能会影响实验的结果。后续在研究差异较小的不同自然环境的复愈作用时, 应当更加重视协变量的控制和变化。

3.1.3 心理复愈与生理唤醒的关系

研究结果发现低压的复愈与情绪状态显著相关, 即情绪复愈越好, 低压上升趋势越明显, 这一结果与前人研究结果一致^[33]。Lanki等^[34]也发现, 心理状态的变化进一步影响了探访绿地自然环境时的生理指标变化趋势。但研究结果同时也显示情绪状态与除低压外的其他生理指标之间并无显著相关性, 这与其他的研究结果并不一致^[28]。可能的解释是, 不同的自然环境会带来差异化的复愈

体验, 从而引起不同复愈指标的变化^[22]。因此, 情绪的变化与不同生理指标的复愈并不一致。第二种可能的解释是生理指标监测是在2 min的VR感知过程中监测并记录的, 但情绪测量POMS量表的填写需要在环境感知后的更多时间内完成, 这就可能导致在不同时间条件下, 情绪状态和生理指标的复愈效果并不一致。且相较于生理指标迅速且直接的变化, 情绪状态的改变需要更长的时间。因此未来可以在更长的实验监测时间中探索自然环境心理、生理复愈之间的关系。

3.2 不同类型绿地的景观偏好差异

在本研究中, 受访者对这6种不同类型绿地的偏好没有显著差异, 且6种场地的偏好水平都较高。以往的研究表明水是增加环境吸引力和复愈潜力的重要因素^[35], 但本研究结果显示在临水和非临水环境之间也没有偏好差异。这表明在人工养护程度较高的城市公园绿地中, 受访者对不同类型绿地的偏好评价没有较大差异。虽然不同环境的偏好得分在统计学上没有显著差异, 但仍然可以通过6种场地的偏好平均值发现, 密林草结构(CS)的偏好得分最低。这一结果与以往研究结果一致^[36], 即人们对植被茂密的闭合绿色空间有着较低的偏好评价。推测的原因可能是实验中选取的闭合环境物种和景观色彩单一, 类型简单。且郁闭度过高的类型可能会损害人工管理的美感, 使人感觉杂乱无序^[30]。因此, 密林草结构的空間设计与建造应注重人工管理与高密度植被之间的平衡, 以适度的人工修建和环境管理消除在植被密度较高的闭合自然环境中人们的不安全感和混乱感。

3.3 偏好与复愈性的关系探讨

研究结果表明, 偏好水平与情绪复愈

状态有着显著负相关关系，即受人们喜爱的场地，其情绪复愈效果反而较差；偏好得分最低的场地其情绪复愈效果最佳。这一发现与之前的研究结果一致，即具有高复愈作用的环境并不总是最受人们喜爱的高审美质量环境，反之亦然^[18]。从各场地偏好得分来看，密林草结构（CS）偏好水平最低，但其心理复愈效果最好。这可能是由于密林草结构提供了一个相对封闭且私密的空间，相较于偏好得分较高的灰色和灰绿参半临水硬质空间，密林草结构绿地可以为人们提供庇护感和安全感。另一个可能的解释是，密林草结构绿地产生的围合空间将人们与周围环境很好地隔离开，可以使人能够更好地冥想而不受外界干扰，从而带来更好的心理复愈效益。这一结果与Qiu等^[36]的研究结果一致。

综合来看，人们对景观的偏好评价并不会影响该场地的环境复愈性，但也有部分研究结果表明身处偏好的环境里更有利于身心健康的复愈，景观偏好与心理复愈是正向的相关关系^[37]。推测出现这种不一致结果的原因可能是本研究所选场地均选自同一本底的城市公园，不同类型绿地的偏好水平差距不大，所以对环境复愈作用无明显影响。但高品质的复愈性景观不但应构建对大多数游客均具有吸引力和复愈性的景观框架，而且还应注重维护管理景观，提高景观设施的积极影响，以同时兼顾改善视觉观赏质量和复愈潜力^[29]。

4 结论与局限性

本研究运用VR感知技术探究不同类型绿地对受访者的身心复愈和景观偏好的影响。利用VR设备观看不同类型绿地的全景照片，能够有效提升情绪状态并有利于各项生理指标的复愈。虽然6种不同类型绿地的偏

好水平和心理复愈无显著差异，但它们对生理指标有显著变化的影响，如植被覆盖率为0 ~ 10%的灰色临水硬质空间对SCL有显著复愈作用，植被覆盖率为50% ~ 70%的绿色临水硬质空间对低压有显著复愈作用，大面积的开阔水域视角能有效提高环境的生理复愈效益。另外，心理复愈和生理复愈在短时间的环境感知中并不完全同步变化，心理上的情绪复愈仅与低压的改变有显著相关关系。受访者的偏好水平与心理复愈呈显著负相关关系，郁闭度大于80%的单层密林草结构（CS）的偏好得分最低，但心理复愈效益最好。因此对于植被郁闭度较高的围合绿地建设应考虑人工管理养护与高密度植被之间的平衡，以此兼顾视觉景观质量与复愈潜力的提高。

在本研究中，仅观察了受访者沉浸不同景观空间VR环境2 min内的生理指标变化。因此，未来的研究可以探索受访者在更长时间内沉浸VR的复愈效果变化趋势。研究采用了三个量级的偏好评价指标研究受访者的景观偏好与不同城市绿地对受访者复愈效果的关系，初步发现两者之间存在的相互关系。后续研究应细化偏好调查的评价指标，以期更加深入地探讨二者之间的内在联系以及影响因素。另外，本研究的城市绿地类型只涉及了6类，为了得出更普遍的结论，应在此研究和其他类似研究的基础上，探索更多不同类型城市绿地复愈性功能的内在机理和影响因素。

注：文中图表均由作者自绘/摄。

参考文献

[1] KAPLAN S, TALBOT J F. Psychological Benefits of a Wilderness Experience. In: I. Altman and J.F. Wohlwill, ed. Human behavior and environment[M]. NewYork: Plenum Press, 1983: 163-203.

[2] PURCELL T, PERON E, BERTO R. Why Do Preferences Differ Between Scene Types?[J]. Environment and Behavior, 2001, 33(1): 93-106.

[3] BERMAN M, JONIDES J, KAPLAN S. The Cognitive Benefits of Interacting with Nature[J]. Psychological Science, 2008, 19(12): 1207-1212.

[4] NILSSON K, BENTSEN P, GRAHN P, et al. What Is the Scientific Evidence With Regard to the Effects of Forests, Trees on Human Health and Well-being?[J]. Santé Publique, 2019, 1(HS): 219-240.

[5] ZHANG J, YU Z, ZHAO B. Links Between Green Space and Public Health: A Bibliometric Review of Global Research Trends and Future Prospects from 1901 to 2019[J]. Environmental Research Letters, 2020, 15(6): 63001.

[6] ULRICH R S, SIMONS R E, LOSITO B D. Stress Recovery During Exposure to Natural and Urban Environments[J]. Journal of Environmental Psychology, 1991, 11(3): 201-230.

[7] HUANG Q, YANG M, JANE H A. Trees, Grass, or Concrete? The Effects of Different Types of Environments on Stress Reduction[J]. Landscape and Urban Planning, 2019, 193.

[8] KAPLAN R, KAPLAN S. The Experience of Nature: A Psychological Perspective[M]. New York: Cambridge University Press, 1989.

[9] MARTENS D, GUTSCHER H, BAUER N. Walking in “Wild” and “Tended” Urban Forests: The Impact on Psychological Well-being[J]. Journal of Environmental Psychology, 2011, 31(1): 36-44.

[10] GATERSLEBEN B, ANDREWS M. When Walking in Nature Is Not Restorative: The Role of Prospect and Refuge[J]. Health & Place, 2013, 20: 91-101.

[11] Making Healthy Places: Designing and Building for Health, Well-being, and Sustainability[M]. Washington DC: Island Press, 2011: 229-243.

[12] JORGENSEN A, GOBSTER P H. Shades of Green: Measuring the Ecology of Urban Green Space in the Context of Human Health and Well-being[J]. Nature and Culture, 2010, 5(3): 338-363.

[13] FORNARA F, TROFFA R. Restorative Experiences and Perceived Affective Qualities In Different Built and Natural Urban Places[J]. Proceedings of the International IAPSCSBE & Housing Network, 2009.

[14] AKPINAR A, BARBOSA-LEIKER C, BROOKS K R. Does Green Space Matter? Exploring Relationships Between Green Space Type and Health Indicators[J]. Urban Forest & Urban Greening, 2016, 20: 407-418.

[15] VAN D B A E, KOOLE S L, VAN D W S L. Environmental Preferences for Restoration. (How) Are They Related?[J]. Environment. Psychology, 2003, 23: 125-146.

- [16] GRAHN P, STIGSDOTTER U K. The Relation Between Perceived Sensory Dimensions of Urban Green Space and Stress Restoration[J]. Landscape and Urban Planning, 2010, 94: 264-275.
- [17] BUCCI W. Varieties of Dissociative Experiences[J]. Psychoanalytic Psychology, 2003, 20: 542-557.
- [18] 刘群闻, 尤达, 潘明慧, 等. 游憩者场所感知与复愈性知觉关系研究——以福州温泉公园为例[J]. 旅游学刊, 2017, 32(007): 77-88.
- [19] 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.
- [20] TANG J W, BROWN R D. The Effect of Viewing a Landscape on Physiological Health of Elderly Women [J]. Journal of Housing for the Elderly, 2005, 19(3-4): 187-202.
- [21] CHANG CY, CHEN P K. Human Response to Window Views and Indoor Plants in the Workplace[J]. Hort- Science, 2005, 40: 1354-1359.
- [22] LEE B G, LEE B L, CHUNG W Y. Mobile Healthcare for Automatic Driving Sleep-onset Detection Using Wavelet-based EEG and Respiration Signals[J]. Sensors Basel, 2014, 14: 17915-17936.
- [23] YU C P, LEE H Y, LUO X Y. The Effect of Virtual Reality Forest and Urban Environments on Physiological and Psychological Responses[J]. Urban Forest & Urban Greening, 2018, 35: 106-114.
- [24] GROVE J R, PRAPAVESSIS, H. Preliminary Evidence for the Reliability and Validity of an Abbreviated Profile of Mood States[J]. Sport Psychologist, 1992, 23: 93-109.
- [25] GAO T, ZHANG T, ZHU L. Exploring Psychophysiological Restoration and Individual Preference in the Different Environments Based on Virtual Reality[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(17): 3102-3110.
- [26] APPLETON J. The Experience of Landscape[M]. London: John Wiley Press, 1975: 66-67.
- [27] VAN D B A E, JORGENSEN A, WILSON E R. Evaluating Restoration in Urban Green Spaces: Does Setting Type Make a Difference?[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 127: 173-181.
- [28] DENG L, LI X, H LUO. Empirical Study of Landscape Types, Landscape Elements and Landscape Components of the Urban Park Promoting Physiological and Psychological Restoration[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2020, 48.
- [29] RUSSELL J A. A Circumplex Model of Affect[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1980. 39: 1161-1178.
- [30] WANG R, ZHAO J, MEITNER M J, et al. Characteristics of Urban Green Spaces in Relation to Aesthetic Preference and Stress Recovery[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2019, 41: 6-13.
- [31] TYRVAINEN L, OJALA A, KORPELA K, et al. The Influence of Urban Green Environments on Stress Relief Measures: A field experiment[J]. Journal of Environmental Psychology, 2014, 38: 1-9.
- [32] KOOLE S L. The Psychology of Emotion Regulation: An Integrative Review[J]. Cognition & Emotion, 2009, 23(1): 4-41.
- [33] PIEPER S, BROSSCHOT J F, VAN DER LEEDEN R, et al. Cardiac Effects of Momentary Assessed Worry Episodes and Stressful Events. Psychosomatic Medicine, 2007, 69: 901-909.
- [34] LANKI T, SIPONEN T, OJALA A. Acute Effects of Visits to Urban Green Environments on Cardiovascular Physiology in Women: A field Experiment[J]. Environmental Research, 2017, 159: 176-185.
- [35] MEARS M, BRINDLEY P, JORGENSEN A, et al. Green Space Spatial Characteristics and Human Health in an Urban Environment: An Epidemiological Study Using Landscape Metrics in Sheffield, UK[J]. Ecological Indicators, 2019, 106.
- [36] QIU L, CHEN Q, GAO T. The Effects of Urban Natural Environments on Preference and Self-Reported Psychological Restoration of the Elderly[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(2): 509.
- [37] ABKAR M, KAMAL M S M, MAULAN S, et al. Relationship Between the Preference and Perceived Restorative Potential of Urban Landscapes[J]. Horticulture Technology, 2011, 21(5): 514-519.