校园景观感知下心理亚健康中学生的缓压效果*

刘新航 张 培 王 潇 温 静

河北农业大学林学院（园林与旅游学院） 河北保定 071000

摘要：【目的】探究以景观缓压为目的的中学校园疗愈环境特点，为构建能够诱发使用者达到最佳自我疗愈效果的校园视听景观提供实证与理论参考。【方法】采用视频音频模拟真实环境的方式，以两种自然声和 4 种植物围合空间形式为变量，通过主观偏好问卷与客观生理试验相结合的方法，对景观缓压刺激前后初中生个体的脑电 β 波、血压、心率及情绪纷乱总值变化情况进行分析，判断不同景观感知下心理亚健康中学生的恢复效果。【结果】1）视觉景观刺激下半开敞型植物空间对于心理亚健康状态学生的缓压效果最佳，流水声与鸟叫声组的恢复效益相近；2）并非所有感官交互刺激组的缓压效果都优于对应的单感官刺激组，其中半开敞型空间与自然声的组合对于各生理指标及心理指标的变化作用效果最显著，对被试者积极情绪增加及压力纾解效果最佳；3）感官交互刺激下，视听景观对于心理指标变化的影响较生理信号更为显著；4）相比中学生，由于空间需求各异，不同人群对植物空间围合类型的偏好存在差异。【结论】建议校园疗愈景观设计注重半开敞空间营造，在构建疗愈景观时，需审慎考虑植物空间的开合度与声环境的和谐性，以达到最佳疗愈效果。由于本试验样本量限制可能影响结论普适性，未来仍需扩大样本进一步验证。

关键词：心理亚健康；初中生；校园景观；景观缓压；视听感官刺激

DOI：10.12169/zgcsly.2025.05.23.0001

Stress Relief Effect of Campus Landscape Perception on Psychological Sub-Health Middle-School Students

Liu Xinhang Zhang Pei Wang Xiao Wen Jing

(College of Forestry, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, Hebei, China)

Abstract: 【Objective】 To explore the characteristics of therapeutic environments in middle school campuses for the purpose of pressure relief in landscape, and provide empirical and theoretical references for constructing audio-visual landscapes in the campuses with the aim at stimulating users to achieve optimal self-healing effects. 【Method】 Real environments are simulated through video and audio, and two types of natural sounds and four forms of enclosed plant space as variables to analyze the changes in individual EEG β waves, blood pressure, heart rate and Total Mood Disturbance Score of middle-school students before and after pressure relief in landscape by using the method which combines a subjective preference questionnaire with objective physiological experiments in order to determine the recovery effect of different landscape perceptions on the students' psychological sub-health. 【Result】 1) Under visual landscape stimulation, the semi-open plant space has the best stress relief effect on students with the mental sub-health problem, and the recovery benefits of water flowing sound and bird chirping sound are similar; 2) Not all sensory interaction stimulation groups have better stress relief effects than the single

收稿日期：2025-05-23

* 基金项目：河北省社会科学发展研究课题（2019031204018）；首批省级研究生教育教学改革研究项目（YJG2023042）；河北省社会科学发展研究课题（202402194）

第一作者：刘新航（1999- ），女，硕士生，研究方向为园林景观设计。E-mail：2746144995@qq.com

通信作者：温静（1982- ），女，博士，教授，研究方向为健康景观设计与研究。E-mail：94049583@qq.com

sensory stimulation groups. The combination of semi-open space and natural sound has the most significant effect on the changes in physiological and psychological indicators, which shows the best effect on the experiment participants in terms of positive emotions and stress relief; and 3) Under sensory interaction stimulation, audio-visual landscapes have the more pronounced impact on the changes in psychological indicators than on physiological signals. 4) Due to their varying spatial needs, different groups of people have different preferences for plant space types, compared with middle-school students. 【Conclusion】 It is recommended that campus healing landscape design should focus on creating semi-open spaces. When constructing healing landscapes, the opening and closing of plant spaces and the harmony of sound environment should be carefully considered to achieve the best healing effect. In addition, the sample size of this experiment may affect the universality of the conclusions, and further validation with larger number of samples is needed in the future.

Keywords: psychological sub-health; junior-school student; campus landscape; pressure relief in landscape; audiovisual sensory stimulation

世界卫生组织（WHO）研究表明，全球约75%的人处于亚健康状态[1]。《2022 年中国儿童健康成长白皮书》数据显示，初中生抑郁检出率约30%[2]，超半数心理障碍始发于 14 岁或之前[3]，且成年时期心理问题的产生多源于青少年时期情绪障碍未及时化解。前人曾针对如何干预中学生群体的亚健康展开研究，研究视角涵盖心理辅导、体育锻炼、营养与饮食健康、生活方式及社会环境等多个维度[4-7]。中学校园是中学生长时间生活和学习的环境，但较少有学者以此展开研究。

恢复性环境研究的核心理论——减压理论（SRT）和注意恢复理（ART）都是从心理学角度强调环境对个体心理的恢复作用[8-9]。利用景观感知辅助设计决策是风景园林健康促进领域的关键议题之一，其研究热点从景观偏好评价逐渐向压力缓解、健康效益方向发展[10]。近年来许多学者围绕不同景观类型的压力恢复效应开展多维度实证研究，李同予等[11]对比分析了复愈性景观与普通城市空间在改善高校学生注意力集中度和减轻心理压力方面的效果差异；范文熙[12]以城市综合公园中的植物景观空间为研究对象，探究了游客在植物景观空间内主观评价偏好和恢复性感知的关系。

恢复性景观的研究重点主要集中在人类的感官感知范畴，以视听刺激作用最为显著。朱玉洁等[13]通过研究自然环境中声景对视觉注意力的影响发现，鸟鸣感知程度越高，被试者平均注视时间越长；周燕等[14]发现植物空间与鸟叫声结合的视听多样性感知可显著提升心理恢复水平。探索多感官间的协同作用机制已成为新的研究热点和趋势，但多维感知的数量与裨益并非简单的正向线性关系[10]，感官刺激间是否存在累加/遮蔽效应仍需进一步探讨，目前少有研究将中学生群体的缓压效果作为环境偏好评价指标。综上，期望通过本研究了解心理亚健康中学生对校园景观环境构成要素的偏好需求，探究诱发使用者达到自我疗愈效果最佳的校园视听景观类型。

1　研究方法

采用视频音频模拟真实环境的方式，以校园景观中最常出现的自然声和植物围合空间形式为变量，通过主观偏好问卷与客观生理试验相结合的方法，对景观缓压前后初中生的生理心理信号变化情况进行分析。

1.1　自变量：视听景观

1.1.1　视觉材料

现有文献一般将植物围合空间分为开敞、半开敞、垂直、覆盖及封闭空间 5 种[15]，由于垂直空间在初中校园内并不常见，仅对其余 4 种围合方式进行讨论。使用 Midjourney 软件生成 4 种植物围合空间的图各 10 张作为视觉刺激试验材料，统一调整为 1 200×1 200 像素（表 1）。为避免时间与季相差别对人体缓压试验的主客观影响，在图片生成时统一设置为全绿色环境，模拟夏季上午晴朗天气的相机拍摄质感，以每张图片显示 4 s 循环轮播的形式制作成 5 min 的视频在试验中进行播放，显示器屏幕为 27 英寸，距被试者约 80 cm。

表 1 植物围合空间软件生成图

类型	Midjourney 软件成图	类型	Midjourney 软件成图
开敞型		覆盖型	
半开敞型		封闭型	

1.1.2 听觉材料

声景对人们的情绪感知与心理健康营造有着重要的作用[16]。研究指出，从皮质醇指标的变化程度来看，流水声和鸟鸣声有助于人们从压力中恢复[17]。为保证声源的真实性，使用录音设备在校园中分别录制流水声、鸟叫声两种类型的声音，导入 Adobe Audition 软件中处理后生成 5 min、60 dB 的音频，在听觉缓压试验中进行播放。

1.1.3 视听交互材料

除单一视、听环境外，“视+听”交互环境同样作用于人的心理感受和生理反应[18]。根据交互试验方法[19]，将视觉与听觉刺激材料进行交叉组合，形成 8 组 5 min 的试验刺激材料。设置视觉组 4 组、听觉组 2 组、交互刺激组 8 组，共 14 个试验组及 1 个空白对照组，空白对照组不接受任何视听景观刺激，被试者面对白墙静坐，代表接受压力刺激后短时间内人体自身恢复能力。

1.2 因变量：缓压效果指标

采用主观指标和客观指标相结合的方式，选取脑电信号（β 波）、血压、心率作为生理信号的评价指标，选取 POMS（Profile of Mood States）量表的 TMD（Total Mood Disturbance）值作为心理情况变化指标，以此进行视听环境对学生瞬时压力恢复情况的研究[20-22]。

生理信号：1）脑电信号（β 波）[23]：正常频率为 14~30 Hz，在受到刺激、紧张焦虑或情绪激动等状态下，脑电图会出现这种波形，试验选用 Credamo 见数公司研发的便携式脑电（EEG）设备对脑波进行分析。2）心率血压[24]：紧张或焦虑状态会导致心率加快、舒张压和收缩压上升；试验选择星脉血压仪 V03 进行测量记录，测量精准度± 3 mmHg。

心理信号：简明心境状态量表（POMS 量表）采用五级评分法[25]，包含 40 个待选项目，其中 TMD 值（情绪纷乱总值）= 五个消极情绪得分之和减去两个积极情绪得分之和+100，总分越低说明情绪状态越积极。

1.3 试验对象及地点

于 2024 年 6 月在保定市某公立初中的无噪音实验室内，根据《青少年亚健康多维评定问卷》心理亚健康分量表填写情况筛选 45 名存在心理亚健康问题的初中生开展景观缓压试验，其中男生 17 名，女生 28 名，平均年龄（12.89± 0.87）岁，均为右利手。由于被试群体初中学生在校时间及可参与试验的人数、时间有限，在试验条件允许范围内开展小样本试验。将被试者每 3 人 1 组随机均匀分配至各组合方案下，参与者均无视听障碍，试验前未进行剧烈运动。

1.4 试验流程

研究表明，接触自然环境 5 min 左右便可以得到较高信度的研究结论[26]，因此施压、景观刺激缓压环节时间均定为 5 min。试验共分为 5 个阶段（图 1）。当人未受到强烈刺激时，血压、心率等生理指标均处于相对平稳的状态，在景观感受试验中受到的视听等刺激往往并不会对血压心率产生显著影响，因此在试验前对受试者进行预先心理施压[27]。预试验过程中发现进行 POMS 量表评价时，会影响生理仪器的信号记录，因此 2 min 时限的 POMS 量表填写放在施压及恢复试验后完成。

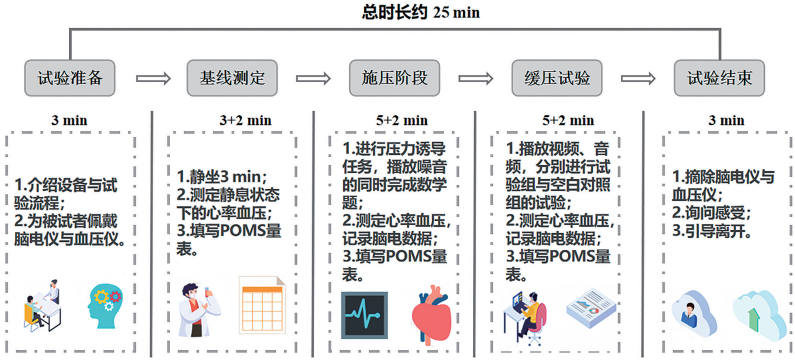


图 1　试验流程

1.5　数据处理

将试验过程中记录的每组数据以均值表示，通过分析每组指标的变化率判断恢复性最优的视听元素[28]，用以评估不同视听因素的缓压效益。对各组数据缓压前后数值作为一对配对样本进行 T 检验，通过比较前测数据与后测数据的差异确定试验对被试者的恢复性效果。

2　结果与分析

2.1　脑电信号

对试验组及空白对照组的脑电 β 波数据进行配对样本 T 检验（图 2）可知：单一感官刺激下除空白对照组、开敞组两组外均呈现显著差异性（$P<0.05$）；视听交互刺激组中除空白对照组、覆盖+水声、覆盖+鸟叫声、封闭+水声 4 组外，脑电变化前后差异均显著（$P<0.05$）。视听交互刺激组中“半开敞+鸟叫组”刺激后 β 波下降值最高，为 12.76± 1.71 Hz（$P=0.011^{*}$）；单一听觉刺激组中，“鸟叫组”β 波下降值为 11.53 ± 2.30 Hz（$P=0.002^{**}$），“水声组”下降值为 10.25± 1.77 Hz（$P=0.013^{*}$），缓压效果较为接近；单一视觉刺激组中“半开敞组”β 波下降值最大为 9.86± 3.70 Hz（$P=0.002^{**}$）。

组别	空白对照组	开敞组	半开敞组**	覆盖组*	封闭组*	鸟叫声组*	水声组*	开敞+鸟叫组*	开敞+水声组*	半开敞+鸟叫组*	半开敞+水声组*	覆盖+鸟叫组	覆盖+水声组	封闭+鸟叫组*	封闭+水声组
缓压前均值(Hz)	25.77±1.56	28.94±0.86	29.83±2.08	26.78±1.74	25.23±1.25	28.65±1.45	25.68±0.58	24.89±2.37	24.01±0.32	27.12±1.39	27.65±0.94	29.03±3.05	26.46±2.61	28.46±1.24	28.79±0.95
缓压后均值(Hz)	24.63±1.58	22.35±2.35	19.97±1.62	17.46±0.86	19.12±0.68	17.12±0.85	15.43±1.19	18.46±0.88	17.04±0.71	14.89±0.77	16.35±0.09	20.66±1.37	17.98±2.03	18.79±1.65	23.13±2.78

注：* 表明 $P<0.05$，差异显著；** 表明 $P<0.01$，差异极显著；下同。

图 2　缓压试验前后脑电 β 波变化情况

对 β 波变化情况进行单因素方差分析（图 3）发现：单一视觉刺激下除封闭组外，其他组均与空白对照组存在显著差异（$P<0.05$），LSD 事后检验结果表明，4 个试验组间不存在显著差异（$P>0.05$），但均呈下降趋势；单一听觉刺激下两个试验组与空白对照组存在极显著差异，且两组间差异不显著（$P>0.05$）；交互刺激组内试验组间恢复效果不存在显著差异，半开敞+鸟叫组、半开敞+水声组两组的变化值极显著高于空白对照组（$P<0.01$），封闭+鸟叫组与空白对照组恢复效果差异显著。综上可推测除封闭组外，被试者接受单一视觉刺激后大脑紧张状态显著下降，且半开敞组情绪恢复效果最佳，视听交互感知下半开敞+鸟叫声的刺激方式对被试者的主观情绪缓解效果最佳。

2.2　心理信号

对不同组的 TMD 值变化率进行分析发现，观看不同类型植物围合空间、听自然声、视听交互刺激后的 TMD 值均低于基线值，被试者消极情绪降低，达到缓解压力、改善情绪状态的正向效果。

配对样本 T 检验结果显示，单一感官刺激下半开敞组、封闭组及两个自然声组的 TMD 值试验前后下降显著（$P<0.05$），被试者在缓压刺激试验前后主观情绪变化明显。分析变化率可知：单一视觉组缓压效果最佳的植物空间围合方式为半

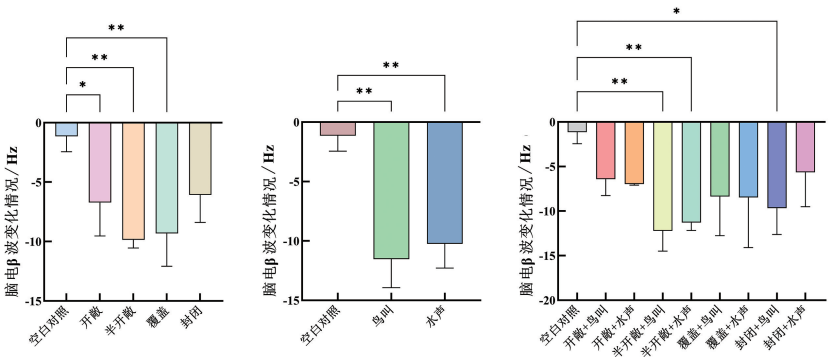
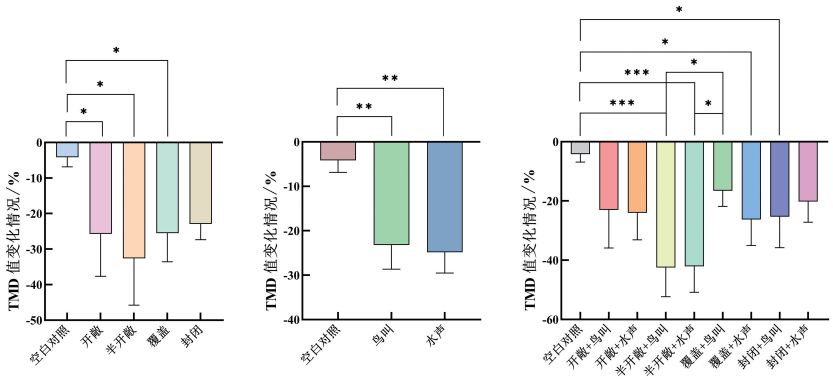


图 3 单一感官刺激与感官交互刺激下脑电 β 波变化情况

开敞型，下降率达 32.70%（$P=0.031^{*}$）；水声刺激组后 TMD 值下降率达到 25%（$P=0.019^{*}$），鸟叫声组变化率为 23.48%（$P=0.029^{*}$）；缓压效果最佳的交互刺激方式为半开敞+鸟叫组，下降率达 43.02%（$P=0.030^{*}$）。

单因素方差分析（图 4）显示：单一视觉刺激下开敞组、半开敞组、覆盖组的变化率均显著高于空白对照组（$P<0.05$）；两个自然声组变化率与空白对照组存在极显著差异（$P<0.01$），LSD 事后检验结果表明两组间不存在显著差异（$P>0.05$）；交互刺激组内半开敞+鸟叫组、半开敞+水声组两组的变化值非常显著高于空白对照组（$P<0.001$），对被试者的压力缓解与紧张情绪的释放作用效果最佳。



注：*** 表明 $P<0.001$，差异非常显著。

图 4 单一感官刺激与感官交互刺激下 TMD 值变化情况

2.3 生理信号

2.3.1 心率

由配对样本 T 检验结果可得，除空白对照组、封闭组及水声组外，其余试验组的被试者心率均变化显著（$P<0.05$）。半开敞+鸟叫声、半开敞+水声两组的变化率最大，分别为 13.55%（$P=0.011^{*}$）、13.02%（$P>0.05$），但半开敞+水声组的变化不显著（$P=0.173$），可能需要更大样本验证；单一视觉刺激中半开敞组下降率最高为 11.81%（$P=0.043^{*}$）；单一听觉刺激组内水声和鸟叫声对于心率变化率的影响十分相近但前后变化均不显著（$P>0.05$）。

对单一感官刺激组及视听交互刺激组进行单因素方差分析（图 5）发现，虽呈下降变化趋势但组间差异均不显著（$P>0.05$）。由此推断，本试验中单一因素刺激与交互刺激两种方式对被试者心率变化的影响不显著。

2.3.2 血压

与基线状态相比，试验组及对照组的被试者缓压后收缩压与舒张压都呈下降状态。通过变化率分析可知，半开敞+鸟叫组的血压变化率最大，半开敞组在单一感官刺激组中下降率最高。配对样本 T 检验结果表明，单一听觉刺激下鸟叫声组试验前后收缩压、舒张压变化显著（$P<0.05$），空白对照组与水声组变化不显著。

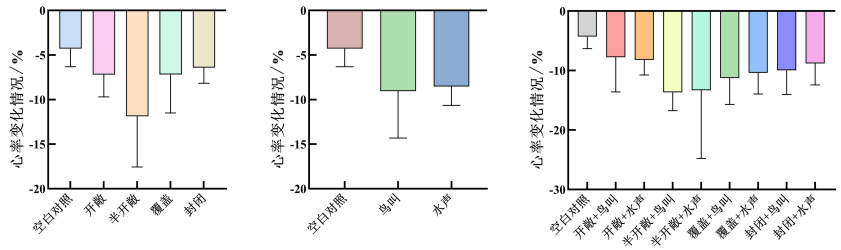


图 5　单一感官刺激与感官交互刺激下心率变化情况

收缩压变化率降幅最高的交互刺激方式为半开敞+鸟叫组、半开敞+水声组两组，分别为 13.18%（$P=0.008^{**}$）、12.00%（$P>0.05$），单一刺激下半开敞组被试变化率为 11.56%（$P=0.050^{*}$），鸟叫声的加入普遍增强降压效果（如覆盖+鸟叫组对比单一视觉覆盖组，P 值从 0.048 变化至 0.015^{*}）；分析舒张压变化情况可知，半开敞+鸟叫组（变化率为 12.56%，$P=0.010^{**}$）和半开敞+水声组（变化率 12.38%，$P=0.019^{*}$）降幅最大且变化显著，由此推测，半开敞环境结合自然声刺激可能协同增强降压效果。当人体处于放松状态下及压力舒缓情况下血压下降，因此认为被试者在经过恢复试验后得到了压力缓解。

收缩压变化情况单因素方差分析结果（图 6）显示，单一感官刺激下仅半开敞组变化率与空白对照组间存在显著差异（$P<0.05$）。多重比较结果显示，半开敞+鸟叫组、半开敞+水声组两组的变化值极显著高于空白对照组（$P<0.01$）。

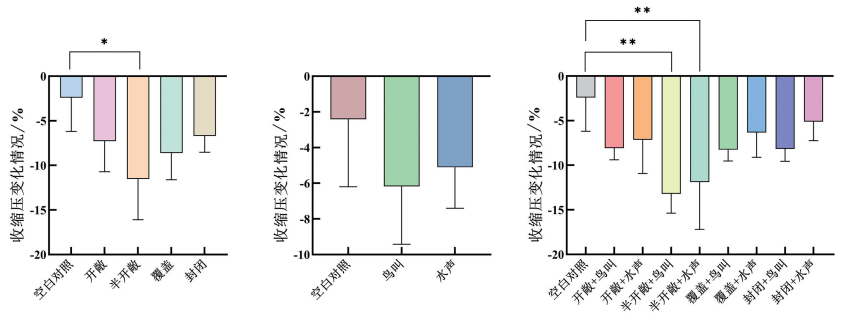


图 6　单一感官刺激与感官交互刺激下收缩压变化情况

由图 7 可知，单一刺激组组间变化情况不显著，因此不再进行多重比较；视听交互刺激组内仅半开敞+鸟叫、半开敞+水声两组与空白对照组间存在显著差异（$P<0.05$）。

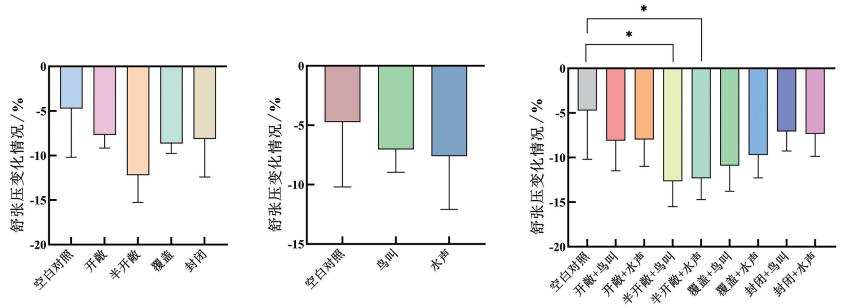


图 7　单一感官刺激与感官交互刺激下舒张压变化情况

3　讨论

3.1　不同人群植物围合空间偏好差异

本研究表明两种自然音刺激后被试者压力恢复效果十分接近且无显著性差异，与前人关于自然声对人体的恢复效益研究结论基本一致[29]。植物景观空间中郁闭度、绿视率等特征对青年健康效益存在影响，且郁闭度的影响程度最大[30]。基于注意力恢复理论的 4 类环境属性[31]，结合中学生心理特征与亚健康成因分析推测，半开敞型植

物空间通过植物多层次围合形成“软边界”，兼具开放性和私密性，为学生提供心理上的安全感和归属感。

相比中学生，不同人群对植物空间围合类型的偏好存在差异。孙芸浩等[32]研究表明，森林景观中半开敞环境对游客个体生理、心理健康有最佳恢复效果，同样偏好半开敞型植物空间的还有城市白领群体，大部分白领选择半开敞绿地进行工作间隙的休息[33]，比开敞空间的使用频次高53%。而老年人的偏好差异主要源于生理机能衰退与社交需求转变，更依赖静态空间进行康复活动[34]。研究表明，老年人在半开敞自然环境中停留 20 min，注意力恢复效率比城市环境高 40%，且冬季开敞绿地的使用率比半开敞空间高 28%，主要用于晒太阳和短暂散步[35]。欧美国家的老年人更则偏好开敞空间的功能性，如疏林草地的运动与社交属性，其使用频率比封闭空间高 48%。大学生群体在森林景观中对于开敞、封闭型植物景观偏好最高、游憩意愿最强[36]，开敞型森林的线性步道、观景平台等设计，满足了大学生对“可探索性”的需求，而封闭型森林的高郁闭度环境营造沉浸式体验，增强大学生与自然的情感联结，促进注意力恢复[9]。与中学生相比，城市居民的偏好差异主要源于环境压力源的复杂性，因此对空间的心理恢复功能要求更高[37]，且不同年龄群体差异显著，对开敞植物空间与半开敞空间的满意度均较高[38]。

3.2 不足与建议

试验开展的主要局限在于各组样本量相对较小，尽管在现有条件下进行了严谨的实验设计和数据分析，但小样本量不可避免地带来了一些限制，结果可能受到个体差异的影响，或许结论并不具有普适性。未来研究中仍需招募更多受试者以显著提高统计效力，在更大样本量中验证结果的稳定性和可重复性，对于 P 值接近阈值的组别进行进一步分析验证，减少结果变异性带来的影响。另外，由于被试者群体为初中生，其大脑神经系统仍在不断成熟和变化中，这也是导致脑电信号波动较大，可能影响数据的准确性。

在针对中学校园恢复性环境这一主题进行文献研读的过程中发现，我国目前的校园疗愈类景观实例案例尚欠成熟，对于中学生群体的重视度明显低于大学生等群体。期望往后有更多学者在试验中扩大样本量以得到更加普适可信的结果，构建更满足实际需要的中学校园疗愈景观。因此，在未来校园疗愈空间营造时建议：1）尽量避免采用视线完全开敞或完全封闭的空间类型，在营造半开敞型植物空间时通过植物层次的搭配来遮挡教学楼等建筑体；2）可选择国槐（*Sophora japonica*）、樟树（*Camphora officinarum*）、接骨木（*Sambucus williamsii*）、金银木（*Lonicera maackii*）及蔷薇科（Rosaceae）等引鸟植物，为鸟类提供食源及栖息停留条件，营造鸟叫声环境，吸引学生非定向注意力，达到舒缓紧张情绪、缓解学习压力的效果；3）若校园内因外部因素无引水条件，可课间在室外播放流水声等自然声，舒缓学生课业压力。

4 结论

1）植物围合空间的视觉刺激能够降低人体交感神经兴奋性，使血压、心率等生理指标趋于平稳，并反馈到心理层面，缓解紧张情绪，其中半开敞型植物空间对于心理亚健康状态学生的缓压效果最佳；2）两种自然音刺激后被试者压力恢复效果十分接近且无显著性差异；3）半开敞型空间与自然声结合的视听交互刺激方式对心理亚健康状态初中生的积极情绪提升及缓压效果最佳，构建校园疗愈景观时需审慎考虑植物空间的开合度与声环境的和谐性，以达到最佳的疗愈效果；4）在本试验所设置视听感官刺激组中，植物围合空间类型及自然声景观的刺激对于心理指标的变化作用相较于生理信号更显著，对于情绪的提升效果优于压力的纾解。

参考文献

[1]赵瑞芹,韩秀霞,梁京.亚健康问题的国内外研究现状与对策[J].国外医学情报,2005(9):8-11.

[2]中国儿童健康成长白皮书[C]//艾瑞咨询系列研究报告(2022 年第 5 期).2022.

[3]赵英欣,郑毅.儿童青少年精神障碍流行病学研究进展[J].中华精神科杂志,2014,47(3):186-189.

[4]朱琪雯.重防优治:学校心理健康教育机制探寻[D].上海:华东师范大学,2022.

[5]马渊源，吴慧攀，尹小俭，等.中国青少年营养状况与心理亚健康的相关性[J].中国学校卫生，2021，42(1)：28-31.

[6]黄天龙.青少年 24 小时活动行为与心理亚健康的关系研究[D].上海：华东师范大学，2022.

[7]姚婷，李会茹，付玺行，等.父母教养方式、校园欺凌和心理韧性影响青少年心理亚健康的结构方程模型分析[J].华中科技大学学报(医学版)，2022，51(2)：192-197.

[8]ULRICH R S.Natural versus urban scenes：some psychophysiological effects[J].Environment and Behavior，1981，13(5)：523-556.

[9]KAPLAN S.The restorative benefits of nature：toward an integrative framework[J]. Journal of Environmental Psychology，1995，15(3)：169-182.

[10]戴璟，李芝也.基于 CiteSpace 的近二十年景观空间视觉感知研究综述[J].建筑与文化，2025(4)：147-149.

[11]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.

[12]范文熙.游人对城市综合公园植物景观空间的偏好及恢复性感知研究[D].雅安：四川农业大学，2024.

[13]朱玉洁，董嘉莹，翁羽西，等.基于眼动追踪技术的森林公园环境视听交互评价[J].中国园林，2021，37(11)：69-74.

[14]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[J].风景园林，2024，31(2)：111-119.

[15]胡子正.园林植物空间结构解析：以杭州西湖景区为例[D].杭州：浙江大学，2012.

[16]许晓青，刘珊珊.建成环境中声景与情绪感知研究：以古典园林为例[J].时代建筑，2020(5)：42-46.

[17]MICHELS N，HAMERS P.Nature sounds for stress recovery and healthy eating：a lab experiment differentiating water and bird sound[J].Environment and Behavior，2023，55(3)：175-205.

[18]ANNERSTEDT M，JÖNSSON P，WALLERGÅRD M，et al.Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest：results from a pilot study[J].Physiology & Behavior，2013，118：240-250.

[19]HEDBLOM M，GUNNARSSON B，IRAVANI B，et al.Reduction of physiological stress by urban green space in a multisensory virtual experiment[J].Scientific Reports，2019，9：10113.

[20]黄尹姝.风景游憩竹林林内景观评价研究[D].雅安：四川农业大学，2019.

[21]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.

[22]邓莉.基于视听感知的城市公园恢复性环境研究：以成都市浣花溪公园为例[D].雅安：四川农业大学，2020.

[23]张琪，周延祯，屈海燕.脑电技术在风景园林领域的应用研究现状综述[J].南方建筑，2023(5)：75-83.

[24]LI Z Z，KANG J.Sensitivity analysis of changes in human physiological indicators observed in soundscapes[J]. Landscape and Urban Planning，2019，190：103593.

[25]绵赟.五种芳香植物挥发成分测定及对大学生焦虑情绪的影响[D].南昌：江西农业大学，2023.

[26]NEILL C，GERARD J，ARBUTHNOTT K D.Nature contact and mood benefits：contact duration and mood type[J].The Journal of Positive Psychology，2019，14(6)：756-767.

[27]YIN J，YUAN J，ARFAEI N，et al.Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery：a between-subjects experiment in virtual reality[J]. Environment International，2020，136：105427.

[28]刘巧辉.北京浅山区典型森林类型与自然体验对森林疗养效果影响研究[D].北京：北京林业大学，2022.

[29]BUXTON R T，PEARSON A L，ALLOU C，et al.A synthesis of health benefits of natural sounds and their distribution in National Parks[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America，2021，118(14)：e2013097118.

[30]刘禹佟.森林公园植物景观空间对青年人健康效益影响研究[D].长春：吉林农业大学，2024.

[31]高铭，朱逊，张雅倩.自然与健康：Kaplan 注意力恢复理论研究探析[C]//中国风景园林学会 2020 年会论文集(下册).2020.

[32]孙芸浩，聂庆娟，艾洪彦，等.不同植物空间类型康养步道五感体验因子质量综合研究[J].中国城市林业，2024，22(1)：94-102.

[33]XIE X H，ZHOU H Z，GOU Z H，et al.Spatiotemporal patterns of the use of green space by white-collar workers in Chinese Cities：a study in Shenzhen[J].Land，2021，10(10)：1006.

[34]GAO T，LIANG H Y，CHEN Y X，et al.Comparisons of landscape preferences through three different perceptual approaches[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health，2019，16(23)：4754.

[35]华畅，梁燕敏.养老环境中康体植物空间结构优化研究[J].绿色科技，2020，22(3)：37-39.

[36]刘雯华.不同森林景观结构空间对大学生复愈性影响研究[D].杨凌：西北农林科技大学，2019.

[37]汪淼，陈振杰，周琛.城市绿色开敞空间可达性研究：以南京市中心城区为例[J].生态学报，2023，43(13)：5347-5356.

[38]冯宇霆，孙超，安欣卓.城市绿地开敞空间认知与游人满意度的研究：以上海为例[J].农业科技与信息(现代园林)，2011，8(8)：1-4.