

文章编号:1673-9469(2025)02-0101-06

DOI:10.3969/j.issn.1673-9469.2025.02.014

乡村胡同宽高比的情感舒适度量化研究

张静¹,李世坤¹,黄珉哲^{1,2*}

(1. 河北工程大学 京津冀空间智能感知协同技术创新中心,河北 邯郸 056038;

2. 祥明大学 人本人工智能系,韩国 首尔 03016)

摘要: 为了量化乡村胡同空间宽高比(D/H)对人类情感舒适度的影响,依据冀南地区乡村的实际情况,设计了3种不同高宽比的胡同空间,邀请32名被试在2D场景中进行体验,记录他们的情绪变化,收集了主观情感量表数据与生理数据,共同量化被试的空间感知能力与情感舒适度,并讨论了情感舒适度变化背后的交感/副交感神经的变化。主观情感量表的结果显示,在 $D/H < 1$ 时,其值越小,人感受到的空间越狭窄,情绪舒适感越低(3.16 ± 0.22);在 $1 < D/H < 3$ 时,其值越大,人感受到的空间越宽阔,情绪舒适感越高(5.06 ± 0.17);当 D/H 接近1时,人的空间感知和情绪舒适度介于前两者之间,且尺度感受较为适宜(4.13 ± 0.09);同时,生理数据也佐证了主观情感量表的结果。本研究强调了宽高比适宜的胡同空间在促进个体情感舒适度、神经反应以及身心健康中的重要作用。

关键词: 宽高比(D/H);空间尺度;情感舒适度;量化研究;乡村胡同

中图分类号: TU-024

文献标识码: A

A Quantitative Study on the Emotional Comfort Degree of the Distance-to-Height Ratio of Rural Hutongs

ZHANG Jing¹, LI Shikun¹, WHANG Mincheol^{1,2*}

(1. Jingjinji Spatial Intelligent Perception Collaborative Innovation Center, Hebei University of Engineering,

Handan, Hebei 056038, China; 2. Department of Human-Centered Artificial Intelligence,

Sangmyung University, Seoul 03016, Korea)

Abstract: In order to quantify the influence of the distance-height ratio of rural hutong space on human emotional comfort, based on the actual situation of rural areas in southern Hebei Province, three kinds of hutong spaces with different distance-height ratios were designed. Thirty-two subjects were invited to participate in a 2D virtual experience, during which their emotional changes were recorded. Both subjective emotional scale data and physiological data were collected to jointly assess spatial perception ability and emotional comfort levels. The results from the subjective emotion scale showed that when $D/H < 1$, subjects perceived the space as narrower, showing lower emotional comfort (3.16 ± 0.22). When $1 < D/H < 3$, the perceived spaciousness increased with higher emotional comfort (5.06 ± 0.17). When D/H approached 1, emotional comfort was intermediate (4.13 ± 0.09), indicating optimal perceived proportionality. Physiological measurements correlated with the subjective scale results, revealing sympathetic/parasympathetic nervous system responses underlying the observed emotional comfort variations. This study demonstrates that optimally proportioned hutong spaces significantly enhance emotional comfort, modulate autonomic nervous system responses, and promote physical-mental wellbeing. These findings provide empirical evidence for proportion-oriented design of rural street spaces.

Key words: distance to height ratio; spatial scale; emotional comfort; quantitative study; rural hutongs

收稿日期:2024-12-24

基金项目:韩国国家研究基金会(NRF)资助项目(IRS-2023-00239818)

第一作者:张静(1990—),女,河北张家口人,博士,讲师,从事情感识别、数字内容分析等方面的研究。

* 通信作者:黄珉哲(1960—),男,韩国仁川人,博士,教授,从事感性工学、脑科学等方面的研究。

胡同作为乡村环境中兼具交通功能和社交属性的典型空间,胡同空间的尺度影响着居民的日常生活和情感归属^[1]。在《美丽乡村建设指南》(GB/T 32000—2015)全面实施背景下,当前乡村建设已从单一的基础设施完善阶段转向环境品质的精细化提升阶段。现有的研究多聚焦于利用人因技术量化城市空间中的人类情感,缺乏对乡村胡同尺度与情感关联机制的探讨。既有研究主要聚焦在城市空间的情感评价^[2]。在街道空间的人因研究方面,陈志敏团队^[3]从街道的步行友好性出发,结合生理传感技术,从客观角度对建成环境进行评估,系统地构建街道空间界面要素与宜步行性的关联性模型;徐磊青团队^[4]通过VR实验探讨城市街道的疗愈性,结果表明,绿视率和街道界面对个体疗愈有显著影响,并提出了疗愈性街道的设计策略;马嶝^[5]则选取合肥市特色街区罍街作为研究样本,通过语义学的解析方法(Semantic Differential, SD)结合眼动实验数据,分析街区环境氛围对参与者心理感知的影响;方明源^[6]进一步拓展应用场景,通过脑电、眼动信号与SD量表,评估黄山市的黎阳in巷和屯溪老街的夜间空间情感体验;Paul等^[7]通过心率变异性发现性别对城市空间的感知存在显著差异,数据表明,男性对城市空间的情绪感受更加平和,女性更容易体验到负面情绪;高景川团队^[8]剖析了绿/蓝色空间视野开阔度与类型对锻炼后短时情绪、心率变异性及血压差异化的影响,数据表明,开阔视野下,绿色空间对心率变异性与情绪有显著提升。学者们通过人因技术逐渐建立起生理-环境-行为之间的关联。在人因技术使用的过程中,有关情感与建筑的研究往往聚焦于脑科学、眼科学,忽视了心脏在人体中的重要性^[9],而关于心率变异性(Heart Rate Variability, HRV)的研究早在1970年就迅速兴起,HRV是一种易于使用的研究工具,并且是情绪反应的客观衡量标准之一^[10]。HRV通过量化连续心跳间期的波动特征,反映自主神经系统交感与副交感分支的动态平衡。相较于脑电、皮肤电活动等生理信号,HRV具有非侵入性的优势,使其成为建筑环境中情绪评估的理想生物标志物。

在本项研究中,将胡同空间宽高比这一尺度要素落实到中国冀南乡村中,使用HRV与主观情感量表评估2D场景中人类情感的变化,旨在探究胡同空间的宽高比与人类情感舒适度之间的关

系,并解释情感背后交感/副交感神经的活动情况,寻找一个符合人体情绪舒适感受的胡同宽高比值,为今后我国冀南乡村街道空间的规划设计提供参考意见。

1 研究对象和实验内容

1.1 研究对象

笔者通过实地调研,对河北省邯郸市复兴区张庄村238户住宅檐口高度与22条胡同进行测量,如图1所示,总结了当前张庄村建筑环境的相关数据,如表1所示。张庄村胡同的宽度在2.24~5.43 m之间,均值为(3.39±0.86) m;围合胡同空间是当地的民居建筑,这些建筑大多为一层,建筑的檐口高度均值为(4.06±0.62) m;张庄村胡同空间宽高比 D/H 在0.38~2.72之间,其中 $D/H \approx 0.7$ 的胡同占比达45%, $D/H \approx 1$ 的胡同占比达36%, $D/H \approx 1.8$ 的胡同占比达18%。

1.2 实验场景

在实验场景的选取上,采用理论和实践相结合的双重机制,首先基于芦原义信提出的 D/H 理论^[11],将空间感知的临界值 $D/H \approx 1$ 作为基准值,通过实地测绘采集到的数据,发现胡同的 D/H 值分布在0.38~2.72区间,该区间覆盖了从封闭到开放的空间感知转折带,能够有效监测空间比例量引发的情感变化。但由于现实场景中街道宽高比的情况比较复杂,为了使得实验场景更加贴近实际情况,设置3种不同宽高比值的街道:场景1, $1 < D/H < 3$ (D/H 均值在1.8),道路宽度 $D=3\sim 5$ m,建筑檐口高度 $H=2.4\sim 5.2$ m;场景2, $D/H \approx 1$,道路宽度 $D=2.5\sim 3.5$ m,建筑檐口高度 $H=2.4\sim 3.6$ m;场景3, $D/H < 1$ (D/H 均值在0.7),道路宽度 $D=2.5\sim 3$ m,建筑檐口高度 $H=2.7\sim 5.4$ m。实验根据以上3种宽高比(D/H)的设置,以1.6 m高的视角、1.2 m/s的步速分别录制在胡同中行走的视频,每段视频时长是5 min,使用SketchUp Pro 2020软件创建场景。由于乡村住宅多由农户自建,外观风格并不统一,为了控制建筑立面上的装饰图案和其他因素对实验的影响,采用Mars2022对建筑物进行白模渲染,地面保持原本的材质,如图2所示。

1.3 实验假设

基于芦原义信提出的 D/H 理论,对冀南乡村胡同的空间尺度与情感的关系提出以下假设:

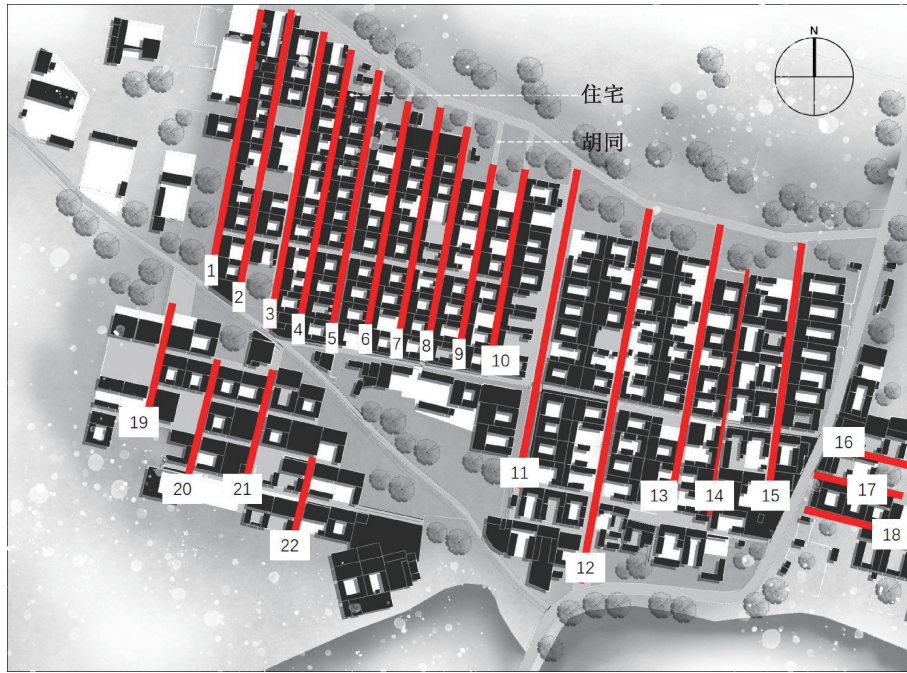


图 1 张庄村总平面中实地调研胡同位置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the location of hutongs obtained through on-site investigation in the overall layout plan of Zhangzhuang Village

表 1 研究对象的调研数据

Tab. 1 Survey data of the research subjects

	檐口 高度/m	宅基地占 地面积/m ²	胡同 宽度/m	胡同 长度/m
最小值	2.00	126.76	2.24	70.40
最大值	5.88	578.13	5.43	216.30
平均值	4.06	262.27	3.39	147.22
标准差	0.62	58.14	0.86	38.16
偏度	-0.03	1.53	1.19	-0.45
峰度	0.63	4.63	0.86	-0.29

假设 1: $D/H < 1$ 时, 乡村胡同空间尺度给人的感受较狭窄, 人的情绪舒适度较低, 可能伴随负向情绪。

假设 2: $1 < D/H < 3$ 时, 乡村胡同空间尺度给人的空间感受较宽阔, 人的情绪舒适度较高, 可能伴随正向情绪。

假设 3: $D/H \approx 1$ 时, 街道给人的空间感受与情绪舒适度介于假设 1 和假设 2 之间, 可能伴随正向

情绪。

1.4 被试的选取

根据 G* Power3.1 预估样本量, 对于本实验适用重复测量方差分析, 在显著水平为 0.05 且效应量为 0.25 时, 预测达到 80% 的统计力水平所需总样本量至少为 28 人, 实际招募 32 名被试人员, 其中女性 14 名, 年龄在 25.87 ± 2.76 岁之间。实验要求参与者无心脏方面的疾病, 无情绪病, 没有吸烟喝酒的习惯, 没有服用任何引起神经活跃的药物, 排除了可能影响研究结果的潜在因素。本次研究共收集了 32 份有效数据, 在实验前, 所有参与者均被告知研究目的和实验流程。

1.5 实验仪器与实验步骤

实验过程中使用的心电仪器是 TMSi SAGA 32/64+, SAGA 心电记录仪最大采样率为 4 096 Hz,



场景1: $1 < D/H < 3$

场景2: $D/H \approx 1$

场景3: $D/H < 1$

图 2 实验场景

Fig. 2 Experimental scenarios

模拟带宽为 DC0-800Hz,该仪器的硬件采用纯直流放大器,硬件不做滤波,可获取高质量的原始数据。实验过程中要求被试佩戴心电仪器静坐在尺寸为 47.6 cm×26.8 cm、分辨率为 1 920×1 080 的液晶显示器前,实验场景在英伟达 GTX1060 显卡的计算机上播放。

实验步骤如下:首先,准备阶段,告知被试实验目的以及实验流程,请被试提前阅读主观情感量表的内容;之后帮助被试佩戴心电贴片以及调整坐姿,并告知被试实验期间的注意事项;接着是静默阶段,该阶段是帮助被试调整心情,保持平静的状态,该状态持续 5 min;然后,进入实验阶段,在实验过程中被试将看到 3 段时长分别为 5 min 的视频,每段视频后有 30 s 的时间填写主观情感量表,随后休息 30 s。在整个实验流程中,持续记录被试的心电数据。

1.6 主观情感量表的设计

本研究根据实验目的,将量表的内容分为 2 个部分,都采用 7 级评分制(等级越小越趋向于极端负面,反之趋向于极端正面)。第 1 部分是对人们空间宽敞感知程度的提问,第 2 部分对有可能感受到的空间场景的情感舒适度提问,包括对舒适感、放松感、愉悦感、安全感、平静感、尺度适宜感进行提问,通过主观情感量表量化主观体验。

1.7 心率变异性的指标选取

HRV 常见的分析方法有时域分析和频域分析。时域分析选用的指标分别有正常心跳间期的标准差(Standard Deviation of all NN intervals,SDNN),相邻正常心跳间期差值的均方根(Root Mean Square of Successive Differences,RMSSD),相邻正常心跳间期差异超过 50 ms 的比例(Percentage of NN Intervals Differing >50 ms,pNN50);频域分析选用的指标分别是低频功率(Low Frequency,LF),高频功率(High Frequency,HF),低频与高频功率比值(LF/HF),总频谱功率(Total Power,TP)。

时域和频域的心率变异性参数都可以提供有关自主神经活动信息。在时域分析中,SDNN 被

用来衡量整体心率变异性的指标,也是评估交感神经功能的指标;RMSSD 和 pNN50 是评估副交感神经功能的指标。在频域分析中,HF 一般反应副交感神经活动;LF 一般反应交感神经活动;LF/HF 反应自主神经的均衡控制,也是评估交感神经活动的指标;TP 反应总体变异性。

2 数据分析

2.1 主观情感量表的结果分析

2.1.1 空间感知层面

通过主观情感量表调查了被试有关空间宽敞度感知的程度。数据结果显示,场景 1 的得分均值最高,为 5.53 ± 1.16 ,被试认为该空间有点宽敞;场景 3 的得分均值最低,为 3.09 ± 1.03 ,被试认为该空间有点狭窄;场景 2 的得分均值介于场景 1 和场景 3 之间,为 4.03 ± 1.12 ,被试认为该空间的空间宽敞度中等。对数据进行单因素方差检验后表明,3 组场景之间个体对空间宽敞感知差异明显($p < 0.01$)。

2.1.2 情感舒适度层面

通过主观情感量表调查了被试有关情感舒适度的相关情感,例如舒适感、放松感、愉悦感、安全感、平静感和尺度适宜感,主观情感的评分均采用单因素方差分析,如表 2 所示。

在舒适感、放松感、愉悦感、安全感方面,场景 1 的得分均值最高,被试认为场景 1 给人带来的情绪舒适感受偏正向;场景 3 的得分均值最低,被试认为场景 3 给人带来的情绪舒适感受偏负向;场景 2 的得分均值介于场景 1 和场景 3 之间,整体情绪舒适感受较为适中。在平静感受方面,通过单因素方差检验后发现被试对 3 种场景的评分没有显著差异($p > 0.05$),被试认为 3 个场景带来的平静感受都比较中性。在空间尺度感受的合适度方面,被试认为场景 3 的空间尺度是比较不适宜的($p < 0.01$)。

2.2 心率变异性分析

本研究主要利用时域分析、频域分析探究 D/H

表 2 情感舒适度的主观情感量表结果

Tab. 2 Results of the subjective emotional scale for emotional comfort level

场景	舒适感	放松感	愉悦感	安全感	平静感	尺度适宜感
场景 1	5.06 ± 0.98	3.84 ± 0.88	4.25 ± 0.76	4.31 ± 0.59	4.50 ± 0.62	4.84 ± 1.42
场景 2	4.13 ± 0.49	3.5 ± 0.80	3.63 ± 0.71	4.09 ± 0.53	4.47 ± 0.51	4.43 ± 0.80
场景 3	3.16 ± 1.22	2.84 ± 1.22	2.5 ± 1.11	3.72 ± 0.77	4.44 ± 1.01	2.25 ± 1.48

和心率变异性之间的关系,为了方便统计分析,所有指标经过 SPSS 中 Z-score 标准化处理。

2.2.1 时域分析

从心率变异性时域信号中提取到 SDNN、pNN50 和 RMSSD,采用 Kruskal-Wallis 检验对 3 种不同 D/H 的场景进行统计分析,结果如图 3(a) — (c) 所示。相比场景 1 (-0.20±0.92) 和场景 2 (-0.31±0.82) 的 SDNN 的数值,场景 3 的 SDNN 数值(0.51±1.06) 最高,pNN50 和 RMSSD 在 3 个场景中无显著统计学差异。由于 SDNN 与心率变异性的整体状态相关,结果显示,当场景 3 的胡同 D/H<1 时,被试的 SDNN 更高,说明个体在生理上对场景的情绪激活程度更高(p<0.01)。

2.2.2 频域分析

在 3 组场景中,频域指标的结果如图 3(d) — (g) 所示。场景 3 的 LF 数值(0.42±1.09) 和 TP

数值(0.46±1.17) 最高,且与场景 2 和场景 3 有显著差异(p<0.01),这说明被试在场景 3 中交感神经活动增强,被试对该场景的情绪唤醒度更高,但场景特征并未显著影响副交感神经的活性,即 HF 无显著差异(p>0.05)。这一结果表明,场景 3 中较为封闭的空间感带来了适度的兴奋感或其他生理反应,而不会产生过度压抑感或紧张感。

TP 反映了交感神经和副交感神经 2 个系统的总活动量和相互作用。场景 1 和场景 2 的 TP 值较低,说明个体的自主神经系统活动保持在较低水平;场景 3 的 TP 值最高,说明整体的自主神经系统和交感神经活动较高,场景 3 引发个体生理反应增强,3 组场景之间差异显著(p<0.05)。人们通常认为 LF/HF 反应了交感神经的活动,LF/HF 比值高反映了更强的交感神经活动,这可能与压抑或者焦虑水平相关。从不同建筑檐口高度场景

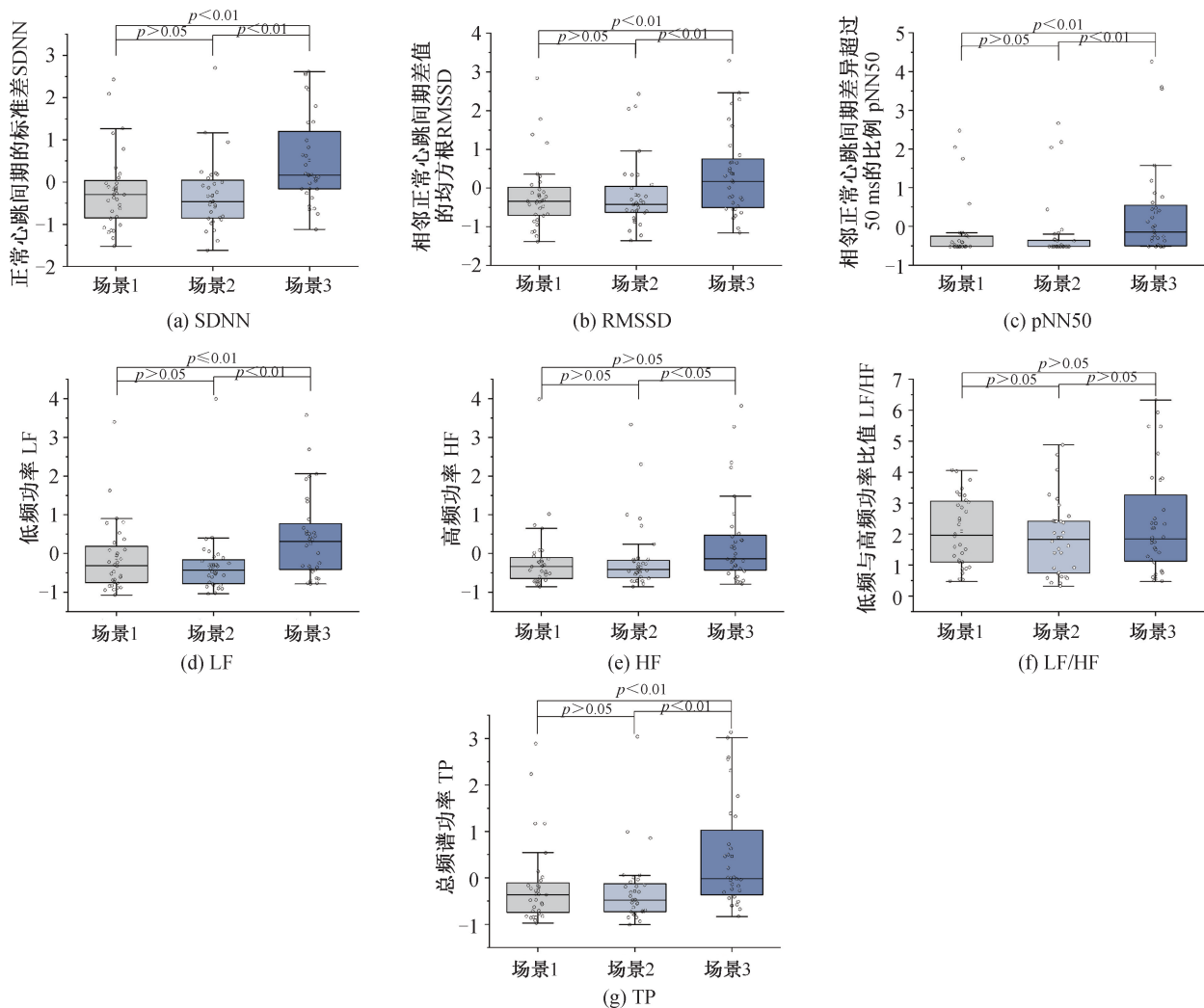


图 3 心率变异性各项指标数据的箱线图

Fig.3 Box-and-whisker plots of various indicators of heart rate variability data

得到的 LF/HF 的比值来看,相比场景 1 和场景 2,场景 3 的均值最大,说明场景 3 的建筑檐口高度带给人更强的交感神经活动,在场景 3 的建筑檐口高度下可能存在更高的生理唤醒度。经过 Kruskal-Wallis 检验显示,3 组场景之间的 LF/HF 无显著差异($p>0.05$),因此,可以认为在 3 个场景中的 LF/HF 的变化没有显著不同。

3 结论

1)在不同街道宽高比 D/H 的比值下,个体对空间宽敞度感知是比较显著的, D/H 的比值越大,空间感受越宽阔,也符合本研究的实验假设。

2)从主观情绪量表的层面来看,当乡村胡同尺度为 $1<D/H<3$ 时,个体的情绪感受更舒适;当胡同空间尺度为 $D/H<1$ 时,个体情绪舒适感受更差。

3)从生理数据层面看,在 $D/H<1$ 时,心率变异性的各项指标显著高于其他 2 个场景,人的生理反应显著增强,结合主观情感量表的结果来看,可以认为这种生理反应是负面的。虽然在生理上没有出现极端的压力反应,但适度的交感神经激活可能与主观的负面情绪有关。我们倾向场景 1 和场景 2 更能带来积极的情绪体验。

4)就本研究的研究结果而言,在乡村胡同空间的建设中,应将胡同空间的尺度调整为 $1\leq D/H<3$,适量减少 $D/H<1$ 尺度的胡同空间。

参考文献:

- [1] 薛碧怡,范霄鹏,高超. 老城街巷空间尺度感知的测度研究——以三眼井胡同和砖塔胡同为例[J]. 工业建筑,2023,53(8):17-24.
- [2] 李宇宏,徐绍民. 城市休闲广场人群活动负面影响分析及设计[J]. 河北工程大学学报(自然科学版),2014,31(3):47-51.
- [3] 陈志敏,黄镭,黄莹,等. 街道空间宜步行性的精细化测度与导控——基于虚拟现实与可穿戴生理传感器的循证分析[J]. 中国园林,2022,38(1):70-75.
- [4] 徐磊青,孟若希,黄舒晴,等. 疗愈导向的街道设计:基于 VR 实验的探索[J]. 国际城市规划,2019,34(1):38-45.
- [5] 马 颀. 基于视知觉感知量化的特色街区外部空间环境研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2018.
- [6] 方明源. 基于感性评价的传统商业街区夜景空间氛围研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2020.
- [7] PAÛL I A D, GUILERA T, GUERRERO L M. Gender differences between the emotions experienced and those identified in an urban space, based on heart rate variability [J]. Cities,2022,131:104000.
- [8] 高景川,陶 猛,KUBIS H P,等. 绿蓝色视野暴露结合运动的积极和消极情绪效益研究[J]. 体育科学,2023,43(6):39-52+87.
- [9] LACEY B C, LACEY J I. Two-way communication between the heart and the brain. Significance of time within the cardiac cycle[J]. The American Psychologist,1978,33(2):99-113.
- [10] MAREK M, THOMAS B. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use[J]. Circulation,1996,93(3):1043-1065.
- [11] 芦原义信. 外部空间设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1985.

(责任编辑 王利君)