

城市高强度片区安全感及其影响因素研究

——以北京丽泽金融商务区为例

林浩曦^{1,2} 王瀚笙¹ 赵婷¹ 荣玥芳^{1,*} 黄金川³

(1. 北京建筑大学 建筑与城市规划学院, 北京, 100044; 2. 广东省科学院 广州地理研究所, 广东 广州, 510070;
3. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京, 100101;)

【摘要】随着我国城镇化发展步入新阶段,“人民城市为人民,人民城市人民建”的理念为推进城市集约内涵式建设指明了方向。然而,以空间立体—要素复合—系统交互为特征的城市高强度片区,在追求土地利用效率的同时一定程度上忽视了“人”的诉求,导致使用客体对城市空间的人本需求难以得到充分满足,其中安全感缺失的问题尤为显著。以北京丽泽金融商务区为研究对象,首先,对安全感进行虚拟与现实结合的综合感知评价,作为人群感知因变量;其次,基于安全感可视化地图选取具有代表性的环境样本,利用图像语义分割技术精准识别提取相关空间要素作为环境自变量;最后,借助线性关联分析与最优子集回归结果,阐释城市高强度片区安全感与空间要素的关联影响效应。研究发现,安全感的时空间特征呈现显著异质性,在早晚高峰及人流较大时段安全感会由于人群聚集而有所提高,反之在夜间或人流稀少时段安全感体验显著降低;在交通繁忙和人流稀少的沿街道路安全感体验显著低于绿化丰富、人流密集的公共活动空间;绿视率、标识设施密度、界面透明度等是影响安全感体验的关键空间要素。综上,基于安全感时空间分布特征及其关键影响因素的深入剖析,提出对城市高强度片区增强微空间营造并落实人文关怀的若干建议,为城市高强度片区空间品质优化提供人本尺度的精细化、循证式回应。

【关键词】城市高强度片区;安全感;感知评价;影响因素;北京丽泽金融商务区

【中图分类号】TU984

【文献标识码】A

1 问题提出与文献回顾

我国城市发展由粗放式增量扩张阶段转向集约型内涵提质阶段,因此城市更新既要见“物”更要见“人”^[1-2]。基于人本尺度的空间感知测度涉及以人为使用客体对空间的感觉、认知乃至行为,反之亦关注客观空间对个体与群体感知的作用方式与影响程度。科学感知环境特征与属性是城市空间人本性能优化提升的基础,精准捕捉客观物质空间特征与人类感知的相互关系,有助于改善城市微观人居环境品质^[3-4]。习近平总书记在中央城市工作会议上提出“坚持以人民为中心的发展思想,坚持人民城市为人民”,使城市建设的根本目的回归人的实际生活体验和需求满足本身^[5]。中共“二十大”报告再次强调坚持以人民为中心的发展思想,聚焦人民群众对高品质生活的需要,努力建设“人民之城”“幸福之城”,再次印证了人本理念在城市发展中的重要性。因此,“以人民为中心”是新时期城市发展的基本遵循,是实现中国式现代化目标的应有之义,一系列基于“人民城市”理念的城市更新行动徐徐展开。

城市高强度片区通常位于城市功能与结构的核心或城市发展的战略性增长极,是以公共交通为支撑的空间高强度开发建

设与主要公共服务设施的集聚区^[6]。多元密集的人群流动、多样重叠的活动组织以及多维复杂的空间利用导致高强度片区产生生理健康、公共安全、灾害事故等多重安全隐患,以空间立体—要素复合—系统交互为特征的城市高强度片区因对可持续发展影响重大而成为城市设计管控的重点、难点和焦点。北上广深等超大特大城市的高强度片区相对集中,本文以北京丽泽金融商务区为典型代表,深入剖析安全感时空间分布特征及关键影响因素,为特定区域空间品质研究提供人本尺度的精细化、循证式回应,以期在高强度建成环境中营造并落实人文关怀。

基于感知维度的城市空间研究是改善人本体验的重要手段,其核心在于科学客观地描述和测度使用者感知体验及其影响因素,长久以来是城乡规划学、心理学、认知神经科学等交叉学科领域的关注焦点^[7]。国外相关研究相对起步较早,主要包括现实感知与虚拟感知,前者是使用客体全方位、全要素、全过程的实地体验式感知,例如席尔瓦等以犯罪行为为高发的路径为研究对象,利用皮肤电反应及温度信号构建安全感测度模型,发现流动、透明且具有渗透性的空间界面,以及数量充足、范围均匀、亮度充沛的照明设施对安全感提升效果显著^[8];后者则是使用客体在实验室等环境进行间接虚拟建构式体验,研究不同类型人群对于潜在风险的感知差异^[9-10]。近年,随着街景照片的广泛使用、机器学习的迭代更新、虚拟感知与现实感知的深度融合,以安全感为代表的人本性能相关研究与大数据、人工智能等新兴数据来源与技术手段充分结合^[11],通过多源异构数据综合刻画安全感的特征属性,并着重针对空间要素与安全感进行耦合分析^[12-14]。

总体上,以安全感为典型的人本性能研究遵循概念界定、感知评价、影响机制、优化对策的脉络发展,传统基于照片的主观偏好打分和统计分析弊端明显,脑电、皮电等新兴技术手

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(22YJC790070);国家自然科学基金青年科学基金项目(42201219);国家重点研发计划项目子课题(2023YFC3807404-1);广东省基础与应用基础研究基金委员会区域联合基金项目(青年基金项目)(2020A1515110768)

***通讯作者:**荣玥芳(1972-),女,北京建筑大学建筑与城市规划学院,教授、博士生导师,研究方向为城乡规划与设计、城乡有机更新。E-mail: rongyuefang@bucea.edu.cn。

段拥有聚焦人本尺度对客观空间高精度“扫描”、对主观感知定量化“测度”的能力，具备实时性、客观性与连续性特点，为实时捕捉并观察被测者的心理反应与空间认知提供了新的可能^[15]。尽管如此，目前对于城市高强度片区这类人群稠密、建设密集的特殊区域人本性能提升探讨较少，难以针对其人本需求与设计管控问题提出系统性见解。本文构建一套主客观相结合的评价分析体系，以“客观生理响应—空间要素识别—影响因素解析—对策建议提出”为核心技术路线，从个体的主观心理感受和客观生理反应共同出发，综合探讨多元空间要素对使用客体安全感的影响，量化分析安全感各影响要素的相互关系、影响路径和作用序列，提出安全感视角下定量与定性相结合的城市高强度片区空间识别与优化策略，为复制型城市设计理论构建与实践探索提供科学指导和技术支持。

2 研究设计：区域概况、技术路线与研究内容

2.1 区域概况

北京丽泽金融商务区面积为0.86 km²，整体容积率达到3.86，以商务办公、配套居住以及多功能混合用地为主，其业态功能丰富、绿地广场充足、交通条件优越，具有多样且复杂的功能性空间，使用客体日常活动与建成环境相互作用频繁。作为存量优化与增量建设并重的中央商务区，其产业能级和国际影响力日益提升的同时，由于建设密度高、人流量大、多种行为交织，在错综复杂的交通网络影响下不同使用群体对于公共空间安全性的担忧日益增加。综上，北京丽泽金融商务区为城市高强度片区人本性能及其影响因素的研究提供了典型样本。

2.2 技术路线

基于高精度空间感知测度技术手段，确立空间自变量、感知因变量及相关关系模型，有助于在人本尺度厘清影响安全感的关键空间要素^[16]。本文将自变量定义为影响安全感的空间要素，将因变量定义为人在特定区域中受各种空间要素影响综合形成的应激性感知状态。为实现安全感及其影响因素的实时反馈与量化分析，制定涵盖数据收集、处理分析和结果输出全过程的多源数据融合技术框架。首先，对安全感进行环境交互的现实感知与计算机辅助下的虚拟感知，利用核密度估计建立城市高强度片区安全感可视化地图，作为人群感知因变量；其次，基于安全感可视化地图选取具有代表性的环境样本，利用图像语义分割技术精准识别提取相关空间要素作为环境自变量；最后，通过线性关联性分析与最优子集回归方法，阐释城市高强度片区安全感与空间要素的关联影响效应（图1）。

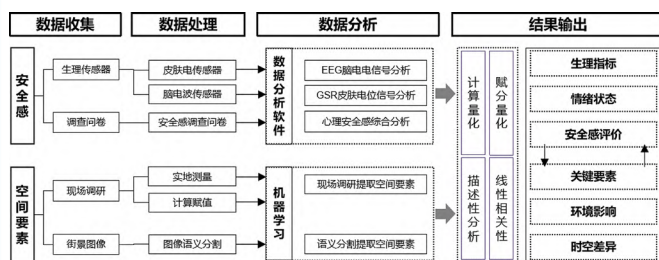


图1 研究技术路线

资料来源：作者自绘

2.3 研究内容

2.3.1 城市高强度片区安全感的表征与测度

以可穿戴传感器收集的脑电波生理信号为基础，将生理信号的波动反馈作为安全感感知水平^[17-18]。使用MATLAB工具处理脑电波数据，去除低频和高频噪声，剔除波动过大（1hz以下或40hz以上）的数据，获取反映脑部活动的四个频段图谱数据，评估个体在特定环/情境下的安全感感知水平，并选取 β/α 指数作为具体表征指标（图2）。

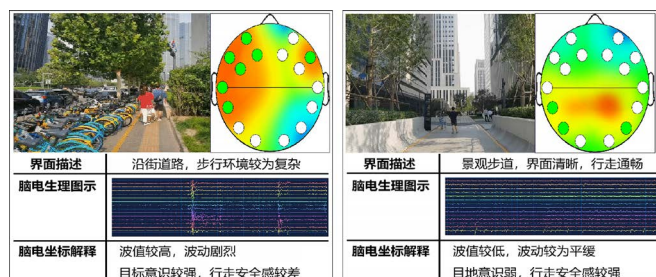


图2 脑电生理图示与坐标解释

资料来源：作者自绘

安全感的测度表征通过虚拟感知和现实感知综合开展。现实感知实验于2024年6月至7月间实施，具体时间为上午9点至12点和下午1点半至夜间9点，实验流程分为前期准备、基准厘定以及环境暴露三阶段（图3）。为真实了解不同人群在城市高强度片区中对于安全感的差异化感知，采用分层随机抽样方法招募30名志愿者，涵盖金融从业者（40%）、周边居民（23.3%）、商务访客（20%）及其他服务业人员（16.7%）等代表性群体。前期准备阶段，研究人员向志愿者讲解实验流程，并为其装备14通道脑电传感器、摄像头以及全球定位设备等可穿戴设备；基准厘定阶段，志愿者被要求至少10min的静息放松以记录生理基线数据；环境暴露阶段，志愿者按照预先设定的路径以舒适的速度步行，其前视场景由胸前摄像头录制、拍摄，期间有两名研究人员陪同以实时监测志愿者的生理反应。在实验过程中志愿者应避免外界干扰并保持身心状态稳定，以确保实验数据的准确性。除了现实感知手段，虚拟感知作为补充手段以增强丰富数据量与可靠度，亦可为结果复核提供依据。具体而言，根据生理传感器记录路径采集，拍摄的水平范围角和仰角分别为35°和0°，方位角分别取0°、90°、180°、270°的街景图像总计864张，图片大小为1920×1080像素。基于上述双重感知手段，利用核密度估计等非参数统计方法建立城市高强度片区安全感可视化地图，作为人群感知因变量。



图3 研究实验流程

资料来源：作者自绘

2.3.2 影响城市高强度片区安全感的空间要素量化

根据城市安全感相关的马斯洛需求层次理论、前景/瞭望—庇护理论、环境设计预防犯罪理论与破窗理论等^[19-20]，本文基于安全感及其空间要素的既有界定与分类，按照空间要素本体

特征和效应类别，遵循可感知、可度量、可实施等原则，从片区、街区、建筑等尺度层层递进，遴选符合城市高强度片区特征的指标，形成理想状态下三大维度、八大类别的空间要素集合（图4、图5），并于实景地图中标识相关要素的典型分布位置。

要素提取							
社区	土地用途	交通设施	配套设施	地下空间	市政设施	绿地广场	街道界面
容积率	建筑密度	交叉口密度	配套设施密度	地下空间出入口设计	环卫设施密度	绿地广场密度	建筑密度
建筑密度	建筑密度	交叉口密度	配套设施密度	地下空间出入口设计	环卫设施密度	绿地广场密度	建筑密度
建筑密度	建筑密度	交叉口密度	配套设施密度	地下空间出入口设计	环卫设施密度	绿地广场密度	建筑密度
建筑密度	建筑密度	交叉口密度	配套设施密度	地下空间出入口设计	环卫设施密度	绿地广场密度	建筑密度
建筑密度	建筑密度	交叉口密度	配套设施密度	地下空间出入口设计	环卫设施密度	绿地广场密度	建筑密度
建筑密度	建筑密度	交叉口密度	配套设施密度	地下空间出入口设计	环卫设施密度	绿地广场密度	建筑密度
建筑密度	建筑密度	交叉口密度	配套设施密度	地下空间出入口设计	环卫设施密度	绿地广场密度	建筑密度

图4 空间要素集合

资料来源：作者自绘



图5 空间要素分布示意图

资料来源：作者自绘

考虑到数据的可获取性、空间要素的代表性和调研对象的特征属性，本文遴选10项典型空间要素开展研究。例如，城市高强度片区内绿化对安全感的影响主要是视线和照明的遮挡，绿视率一定程度上可予以反映；片区内各类监控设施数量多、分布广，对制止与调查犯罪行为作用明显，监控覆盖程度可反映安全感硬件设施保障；片区内街道对安全感的影响主要是突发事件下疏散与避险的便利度，根据前景/瞭望—庇护理论选择街道连续性作为测度依据；片区内街道界面对安全感的影响主要是人与人/环境的能见度，街道界面透明度可实现良好表征。基于安全感测度形成的可视化地图，选取安全感差异显著的26个环境样本以建立空间要素这一环境自变量。空间要素的提取主要通过图像语义分割与实地现场测量综合开展。具体来说，对安全感唤醒空间节点四至的街景图像进行图像语义分割，辅以实地现场测量校核完善相关指标，在此基础上统计各要素的可视空间像素占比情况（表1）。

2.3.3 安全感与空间要素的相关性分析

（1）线性关联性分析。利用皮尔逊相关系数，统计度量空间要素与安全感之间线性关系强度和方向^[21-22]，其值介于-1和1之间，其中-1、0、1分别表示完全负相关、无相关性、完全正相关。皮尔逊相关系数 r 计算公式为：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

其中， X_i 和 Y_i 分别是空间要素自变量 x 和安全感因变量 y 的样本数据点， \bar{X} 、 \bar{Y} 分别是变量 x 、变量 y 的样本均值， $(X_i - \bar{X})$ 与 $(Y_i - \bar{Y})$ 分别为变量 x 、变量 y 观测值与均值的偏差。

（2）最优子集回归模型。本文采用最优子集回归实现全

表1 本文所纳入的空间要素一览表

空间要素	计算方式	量化方法
天空视率		各方向街景图像中天空占街景图像的总比例
建筑视率		各方向街景图像中建筑物占街景图像的总比例
绿视率	图像语义分割	各方向街景图像中绿化、树木等绿地相关要素占街景图像的总比例
标识设施密度		各方向街景图像中标志物、标识占街景图像的总比例
交通干扰度		各方向街景图像中各类车辆占街景图像的总比例
可步行街道宽度		单位长度街道界面中可步行通行街道的宽度
人群活动强度		单位时间、单位街道长度内通过的行人数量
界面透明度	实地现场测量	不同透明度类型界面（完全开放、稀疏围栏、透明并有照明的商业橱窗、包含门窗的建筑立面或矮墙、不开门窗或没有照明）占街道界面沿街总长度
街道连续性		某段街道应为城市道路、住区或公园等区域开设的可供进出的出入口宽度占街道总长度之比
监控覆盖程度		区域感知范围的监视设施数量

局要素的系统分析，通过评估所有可能的预测变量子集来确定应该包含在回归模型中的变量，针对性地筛选出对安全感影响显著的空间要素集合。构建回归方程如下：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon \quad (2)$$

其中， y 是因变量， x_k 是第 k 个预测变量， β_k 是第 k 个总体回归系数， ϵ 是误差项。调整决定系数 R_{adj}^2 的计算公式为：

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{SSE/(n-k-1)}{SST/(n-1)} \quad (3)$$

其中， n 为样本量， k 为入选模型的变量个数， SSE 是真实值与误差值之间的误差平方和，而 SST 是真实值与真实值均值的总平方和，计算公式为：

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (4)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (5)$$

最后，利用贝叶斯信息准则（Bayesian Information Criterion, BIC）评估模型的拟合优度，同时对模型复杂性进行优化校正，具体公式如下：

$$BIC = n \times \ln \frac{SSE}{n} + k \times \ln n \quad (6)$$

其中， n 是观测值个数， $k \times \ln n$ 是对模型复杂度的惩罚项，它随着参数数量 k 和样本数量 n 的增加而增加，防止模型过度拟合。

3 研究结果：安全感与空间要素的关联影响效应分析

3.1 安全感测度评价结果

安全感测度的生理数据通过脑电反应标记的波动唤醒点测量脑电 α 波和 β 波进行。四个通道（T7、P7、O1和O2）在各点位间差异显著。左侧颞叶（T7）、右侧顶叶（P7）、左侧枕叶（O1）和右侧枕叶（O2）的 β/α 指数变化值（Hz）在静息时（均值3.2、4.3、2.3和2.7）显著低于受安全感刺激时（均

值 8.6、7.3、6.6 和 5.1) (图 6)。

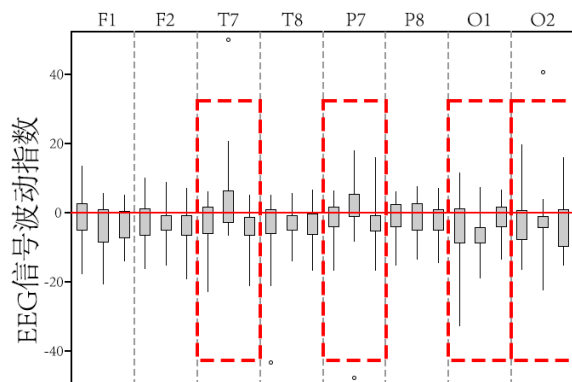


图 6 安全感波动箱型图

资料来源：作者自绘

采用非参数统计检验方法验证不同实验组别间的数据并无显著差异 ($p>0.05$)。通过将峰值发生率较高周期对应的轨迹数据标注在地图上,采用核密度估计方法,将分散的数据点转化为连续图斑,形成安全感热点地图(图 7)。结果显示,安全感体验的空间异质性显著,人群安全感在交通繁忙和人流稀少的沿街道路显著低于绿化丰富、人流密集的公共活动空间,其原因可能是绿化丰富的区域促使视觉舒适和心理放松,而人流密集的公共空间则由于社会互动和人群监督的存在使得安全感提升。安全感体验的时间差异性亦表现出明显的动态变化,早晚高峰及其他人流较大的时段安全感会因应人群聚集而有所改善,反之在夜间或人流稀少时段,由于光照不足和潜在风险增加而影响安全感感知水平。

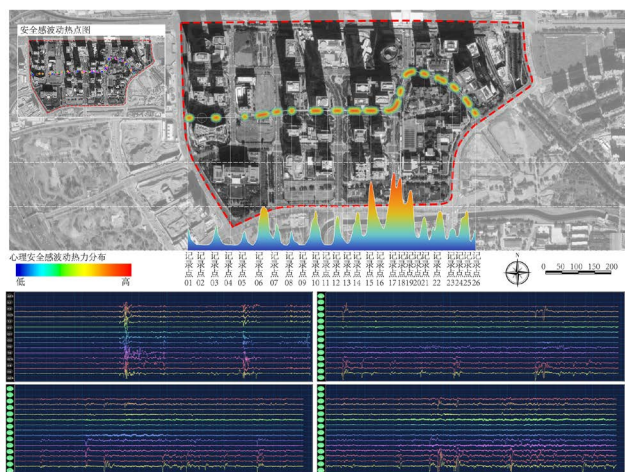


图 7 安全感热点地图与各通道脑电序列图

资料来源：作者自绘

3.2 空间要素提取结果

天空视率、建筑视率、绿视率三大要素合计占比超过 50%,在一些图像中甚至超过 80%,说明在相应的视野范围内,天空、建筑和绿色植物等视觉元素占据主导地位。此外,交通干扰度与可步行街道宽度的联系较为紧密,说明较宽的人行道均有非机动车、共享单车停放,且伴随一定程度的乱停放现象(图 8,表 2)。

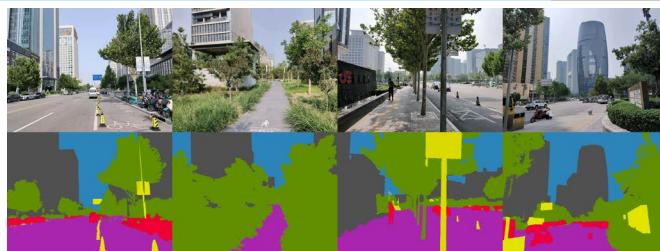


图 8 基于语义分割的要素提取过程示意图

资料来源：作者自绘

表 2 空间要素提取结果一览表

节点	天空视率	建筑视率	绿视率	标识设施密度	交通干扰度	可步行街道宽度	人群活动强度	界面透明度	街道连续性	监控覆盖程度
节点 1	17	21	27	10	0.2	4.5	10	85	80	5
节点 2	19	22	30	9	0.18	4	12	80	75	4
节点 3	20	25	15	8	0.15	3.5	15	85	85	3
节点 4	18	31	24	7	0.12	3	18	80	80	2
节点 5	16	32	30	6	0.1	2.5	20	75	78	1
节点 6	22	28	32	9	0.14	3	14	82	82	3
节点 7	24	28	37	10	0.16	3.5	11	83	77	4
节点 8	21	26	30	8	0.13	3	13	81	83	3
节点 9	19	24	19	7	0.11	2.5	16	84	79	2
节点 10	17	22	29	6	0.09	2	19	82	84	1
节点 11	15	20	39	5	0.07	1.5	22	78	80	1
节点 12	23	18	34	9	0.15	3	14	82	81	3
节点 13	24	16	42	10	0.17	3.5	11	80	85	4
节点 14	22	14	44	8	0.19	4	13	78	78	5
节点 15	20	12	45	7	0.21	4.5	15	75	82	4
节点 16	18	15	44	6	0.23	5	17	72	79	3
节点 17	16	14	50	5	0.25	5.5	19	70	83	2
节点 18	14	14	51	4	0.27	6	21	68	85	1
节点 19	23	16	21	10	0.15	3	13	85	78	4
节点 20	23	18	43	9	0.13	2.5	15	83	84	3
节点 21	21	20	45	8	0.11	2	17	82	88	2
节点 22	19	22	42	7	0.09	1.5	19	80	81	1
节点 23	17	24	39	6	0.07	1	21	78	83	1
节点 24	15	26	46	5	0.05	0.5	23	76	79	1
节点 25	21	18	32	10	0.2	4.5	10	85	85	5
节点 26	20	21	47	9	0.18	4	12	80	82	4

资料来源：作者自制

3.3 安全感与空间要素的关联分析结果

3.3.1 空间要素作用强度

线性关联性分析揭示了多个空间要素与安全感之间的显著相关性。研究结果表明,绿视率($R=0.800$, $p<0.01$)、天空视率($R=0.518$, $p<0.01$)、标识设施密度($R=0.603$, $p<0.01$)、人群活动强度($R=0.506$, $p<0.01$)与安全感正相关性显著,界面透明度($R=-0.894$, $p<0.01$)、建筑视率($R=-0.360$, $p<0.01$)与安全感负相关性显著(表 3)。

3.3.2 关键因素识别特征

将空间样本的变量矩阵带入 R 语言 Leap 统计包进行最优子集回归运算,可获取系列回归模型集合。在众多模型中,拟

合程度 ($\text{Adj.}R^2$) 最高值为 0.894, 远超心理学的经验标准 ($\text{Adj.}R^2 > 0.3$), 说明该回归模型解释力较强。在此基础上, 筛选出回归模型 a ($\text{Adj.}R^2=0.894$)、b ($\text{Adj.}R^2=0.894$)、c ($\text{Adj.}R^2=0.885$) 作为最优识别模型以厘清关键空间因素。结果显示, 本次实验中的空间要素并未全部参与 (图 9)。最优识别模型的 BIC 值均为 -44 左右, 残差平方和 RSS (Residual Sum of Squares) 绝对值均高于 30, 拟合程度较好, 3 组模型中起到显著影响 ($\text{Pr}(>|t|) < 0.05$) 的变量一致性很高。回归结果说明, 虽然城市高强度片区的复杂性导致影响安全感的空间要素众多, 但其中存在起到关键影响作用的要素较为稳定。

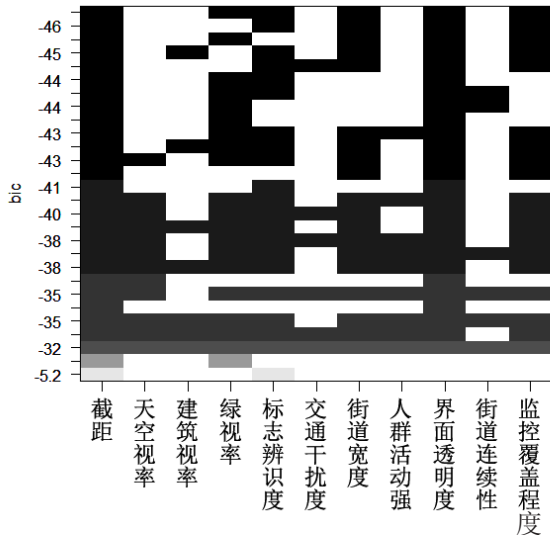


图 9 最优子集回归模型

资料来源：作者自绘

对最优子集回归模型中不同自变量的显著性进行统计, 可将本次实验的识别结果分为关键影响因素和非关键影响因素。关键影响因素为绿视率、天空视率、标识设施密度、人群活动强度、界面透明度; 非关键影响因素为建筑视率、监控覆盖程度, 而其他因素则未产生明显影响 (表 4、表 5)。结合前文对单因素相关性的分析, 绿视率、标识设施密度和界面透明度对安全感的影响最为显著。安全感水平较高的街景图像具有以下鲜明特点: 其一, 机动车数量较少, 城市活力感强, 整体空间布局整洁有序; 其二, 绿视率、天空视率普遍较高, 空间环境舒适宜人, 缓解城市环境带来的压力和紧张感; 其三, 界面围合度较高, 各类型标识系统的清晰度、覆盖率高, 有助于快速辨认识别方向, 增强对环境的控制感和安全感。虽然开放空间在一定程度上能够提供社交互动的机会, 但过高的透明度可能导致使用客体感到暴露, 缺乏隐私保护, 从而增加不安全感。值得一提的是, 虽然其他空间要素未被列入关键影响因素, 可能是相关活动未被有效感知, 仍需更多的感知实验以进一步检验。

表 3

线性关联性分析结果

关键参数	天空视率	建筑视率	绿视率	标识设施密度	交通干扰度	可步行街道宽度	人群活动强度	界面透明度	街道连续性	监控覆盖程度
皮尔逊相关性	0.518**	-0.360	0.800**	0.603**	0.251	0.183	0.506**	-0.894**	-0.052	-0.311
显著性 (双尾)	0.007	0.071	0.001	0.001	0.216	0.370	0.008	0.001	0.800	0.122

资料来源：作者自制

表 4

关键影响因素与非关键影响因素区分

影响程度	空间要素	影响强度
关键影响因素	绿视率	正向 ++
	标识设施密度	正向 ++
	天空视率	正向 +
	人群活动强度	正向 +
	界面透明度	反向 --
非关键影响因素	建筑视率	反向 -
	监控覆盖程度	反向 -
	交通干扰度	——
	可步行街道宽度	——
	街道连续性	——

资料来源：作者自制

表 5

最优子集回归模型中不同自变量的显著性

模型	模型序号	变量个数	自变量	$\text{Pr}(> t)$	BIC	RSS	$\text{Adj.}R^2$
a	1	5	标识设施密度	0.050	-44.563	32.188	0.894
			交通干扰度	0.202			
			界面透明度	0.042			
			街道连续性	0.000			
			监控覆盖程度	0.028			
b	2	5	建筑视率	0.190	-44.685	32.038	0.894
			标识设施密度	0.020			
			可步行街道宽度	0.004			
			界面透明度	0.000			
			监控覆盖程度	0.019			
c	3	4	绿视率	0.008	-44.416	36.693	0.885
			标识设施密度	0.070			
			界面透明度	0.000			
			街道连续性	0.112			

资料来源：作者自制

4 结论与讨论

4.1 基本结论

本文以北京丽泽金融商务区作为典型代表, 构建城市高强度片区空间要素与安全感的关联性模型, 深入剖析安全感时空分布特征及其关键影响因素, 为特定区域空间品质提升与城市设计优化提供人本尺度的精细化、循证式回应。研究发现: (1) 安全感体验在时空分布上呈现出显著异质性, 早晚高峰及其他人流较大的时段与夜间或人流稀少时段安全感体验截然不同, 交通繁忙和人流稀少的沿道路路显著弱于绿化丰富、人流密集的公共活动空间, 一定程度上印证了雅各布斯的“街道眼”理论, 适当的人流量可以产生“自然监控”的发生; (2) 绿视率、标识设施密度、界面透明度等空间要素与安全感体验密切相关,

造成安全感差异的影响因素包括上述要素相对占比和位置关系等，且空间要素构成的良好比例关系和构成形式亦至关重要；

（3）生理信号的高频特征使得人群感知的连续扫描成为现实，基于生理信号的建模有助于实现主观感知的客观测度，进而在人本尺度视角探索影响个体感知的多重因素，研究结果具备高时空粒度研究的潜力。

4.2 研究局限

本文的局限性主要集中在以下两个方面：（1）基于现实感知开展的实验暂未能全面涵盖感觉、知觉、认知乃至行为层层递进的剖析，诸如季节变化等额外的控制变量也未能作长时间段跟踪，后续可面向沉浸式虚拟环境对环境感知与空间要素的相互关系开展更深入的研究；（2）研究仅在丽泽商务区展开，并未涵盖不同类型的城市高强度片区，研究方法与研究结论的适用性有待进一步验证。

4.3 对策建议

本文认为应从不同尺度加强城市高强度片区关键空间要素的调整布局，优化要素间的比例组合与位置关系，为以人本性能提升为导向的城市空间优化设计提供实践指引。片区总体规划层面，应倡导推广小街区、密路网、行人为主的设计理念，更利于城市活力和安全性的提升。中观城市设计层面，应通过种植合适的树木和灌木、增加照明亮度与覆盖范围等促进利于自然监督的街道设计，同时提高绿视率和引入更多的绿色空间以提供舒适的视觉体验和心理安慰，并借助丰富标识系统、清晰路线引导等手段增强安全感体验。微观建筑设计层面，一方面通过增加开放空间、提高天空视率等，增强人群舒适感和安全感；另一方面，通过在建筑物入口处设置透明前厅、并相邻开放空间和公共场所可视化监控等，以加强自然监督的作用。△

【参考文献】

- [1] 孙一民，司马晓，邓东，等. “人民城市设计：创新实践与思考”学术笔谈[J]. 城市规划学刊，2023(3): 1-11.
- [2] 石楠，魏航. 城市规划的语义演进与当代使命[J]. 城市规划学刊，2024(5): 18-28.
- [3] 王建国，崔愷，高源，等. 综述：城市人居环境营造的新趋势、新洞见[J]. 建筑学报，2018(4): 1-3.
- [4] 边兰春，陈明玉. 社会—空间关系视角下的城市设计转型思考[J]. 城市规划学刊，2018(1): 18-23.
- [5] 何艳玲. 大国之城，大城之民：再论人民城市[J]. 城市规划，2024, 48(1): 4-11+20.
- [6] 胡越，荣玥芳，贾梦圆，等. 高强度片区公共空间人本性能研究综述[J]. 建筑技艺（中英文），2024, 30(6):24-29.
- [7] HARVER C, AULTMAN-HALL L, HURLEY S E, et al. Effects of skeletal streetscape design on perceived safety[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 142: 18-28.
- [8] De SILVA C S, WARUSAVITHARANA E J, RATNAYAKE R. An examination of the temporal effects of environmental cues on pedestrians' feelings of safety[J]. *Computers, environment and urban systems*, 2017, 64: 266-274.

- [9] KARAKAS T, YILDIZ D. Exploring the influence of the built environment on human experience through a neuroscience approach: a systematic[J]. *Frontiers of architectural research*, 2020, 9(1): 236-247.
- [10] GIALLINI S, SIRIANNI P, PAGLIAROLI A, et al. Reconstruction of a subsoil model for local seismic response evaluation through experimental and numerical methods: The case of the Wellington CBD, New Zealand[J]. *Engineering Geology*, 2024, 330: 107413.
- [11] ZHU M, TENG R, WANG C, et al. Key environmental factors affecting perceptions of security of night-time walking in neighbourhood streets: a discussion based on fear heat maps[J]. *Journal of transport & health*. 2023, 32: 101636.
- [12] 戚均慧，林戈，单峰，等. 多学科视角下的城市环境心理健康影响研究进展——基于 CiteSpace 的可视化分析[J]. 城市发展研究，2024, 31(3): 13-18+37.
- [13] 郑屹，杨俊宴. “泛健康”视角下高密度城市设计方法的反思与探索[J]. 城市发展研究，2022, 29(9): 23-32.
- [14] 史北祥，西蒙·马尔温，杨俊宴. 后智慧城市转型背景下高密度城区建成环境的品质提升研究[J]. 国际城市规划，2021, 36(2): 16-21.
- [15] 陈笋，刘颂. 基于可穿戴传感器的实时环境情绪感受评价[J]. 中国园林，2018, 34(3): 12-17.
- [16] 王一睿，周庆华，杨晓丹，等. 城市公共空间感知的过程框架与评价体系研究[J]. 国际城市规划，2022, 37(5):80-89.
- [17] ROSSETTI T, LOBEL H, ROCCO V, et al. Explaining subjective perceptions of public spaces as a function of the built environment: a massive data approach[J]. *Landscape and urban planning*, 2019, 181: 169-178.
- [18] 秦萧，张一鸣，甄峰，等. 基于多源大数据的城市安全感评价与优化策略——以南京主城区为例[J]. 世界地理研究，2024, 33(9): 118-132.
- [19] ZHANG F, ZHOU B, LIU L, et al. Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning[J]. *Landscape and urban planning*, 2018, 180: 148-160.
- [20] 朱萌，王灿祥，陈锦富. 街道步行环境夜间安全感关键影响因素识别——基于可穿戴生理传感器的感知实验[J]. 中国园林，2023, 39(6): 64-69.
- [21] 肖通，李德平，万义良，等. 基于街景影像和手机信令数据的城市街道安全性研究[J]. 地理与地理信息科学，2022, 38(1): 71-78.
- [22] 杨阳，夏延亮，赵继龙，等. 基于贝叶斯网络的空间品质公众评价语义转译研究——以济南市老商埠片区为例[J]. 城市发展研究，2024, 31(10): 26-33.

作者简介：林浩曦（1990-），男，北京建筑大学建筑与城市规划学院，城乡规划系副主任，讲师、硕士生导师，研究方向为区域空间治理、城乡有机更新。

收稿日期：2025-02-01

（下转中彩页第33页）

- 32(04):196+232.
- [11] 苟潇冉. 基于地域文化的交通旅游导视系统设计研究——以拉萨站为例 [D]. 成都: 西南交通大学, 2020.
- [12] 孟露. 地域文化商业街导视系统设计研究 [D]. 武汉: 湖北工业大学.
- [13] 彭晓芳, 屈行甫. 地域性文化符号在城市公园设计的应用研究——以陕州主题文化公园为例 [J]. 美与时代: 创意 (上), 2022(9):77-81.
- [14] 严为洁, 姚亦峰. 南京民国城市风貌调查及其保护规划研究 [J]. 现代城市研究, 2006(2):77-81.
- [15] 李秀霞. 近代岭南地区中西合璧的基督教堂建筑 [J]. 中国宗教, 2021(11):72-73.
- [16] 叶华英. 基于地域文化背景下的旅游区导视系统研究 [J]. 艺术工作, 2018(6):96-97.
- [17] 秦旭萍. 地域文化符号视觉设计方法研究 [J]. 设计, 2021, 34(15):55-57.
- 作者简介: 薛岩 (1987-), 女, 江苏第二师范学院副教授, 研究方向: 公园规划与设计、设施设计。
- 收稿日期: 2025-02-07

Design of Urban Signage and Wayfinding System under the Perspective of Semiotics: Conceptual Reconstruction and Cultural Expression: A Case Study of Nanjing Zhongshan Botanical Garden

XUE Yan, WANG Junwei, HU Qing*

【Abstract】The Signage and Wayfinding System Design is not merely a navigational tool within the environment, but also a vital informational interface that connects people with their surroundings, playing a crucial role in public spaces. The Nanjing Zhongshan Botanical Garden, as one of the four major botanical gardens in China, is celebrated for its profound historical depth. This paper thoroughly explores the trajectory of semiotics theory, elucidates the essence of regional cultural symbol theory, and details its application in design practice. By applying the theory of regional symbols, this paper analyzes the design strategies of Nanjing Zhongshan Botanical Garden, which skillfully integrates the cultural elements in the regional environment into the Signage and Wayfinding System Design, enhances the aesthetics of the Signage and Wayfinding System Design by utilizing the regional historical and cultural symbols, and strengthens the attractiveness by integrating the symbols of cultural elements of the rich regional natural environment.

【Keywords】Semiotics; Regional Cultural Symbols; Signage and Wayfinding System Design; Nanjing Zhongshan Botanical Garden

(上接中彩页第 15 页)

Empirical Analysis of Urban High-Intensity District Safety and Its Influencing Factors: A Case Study of Lize Financial Business District of Beijing

LIN Haoxi, WANG Hansheng, ZHAO Ting, RONG Yuefang*, HUANG Jinchuan

【Abstract】As China's urbanization enters a new phase, the philosophy of "cities built by and for the people" guides intensive, connotative urban development. However, high-intensity urban districts, characterized by three-dimensional spatial configurations, composite elements, and systemic interactions, prioritize land-use efficiency over human-centered needs, leaving spatial demands inadequately addressed, particularly in terms of safety perception. Firstly, focusing on Lize Financial Business District of Beijing, this study evaluates safety perception through virtual-reality integrated perceptual measures, framing it as a dependent variable of crowd experience. Secondly, representative environmental samples are extracted from safety perception heatmaps, with spatial elements precisely identified via image semantic segmentation as independent variables. Finally, linear correlation analysis and optimal subset regression elucidate associations between safety perception and spatial factors. Findings reveal significant spatiotemporal heterogeneity: safety perception peaks during rush hours due to crowd aggregation but diminishes markedly at night or in low-traffic periods. Streetscapes with heavy traffic or sparse pedestrian flow exhibit lower safety perception compared to vegetation-rich, moderately crowded public spaces. Key determinants include green view index, signage density, and interface transparency. Based on these patterns, this study proposes micro-space optimization strategies and human-centered design interventions, offering evidence-based, fine-grained solutions for spatial quality enhancement in high-intensity urban districts.

【Keywords】High-intensity Urban District; Safety Perception; Perception Evaluation; Influencing Factors; Lize Financial Business District of Beijing