人视街景下的城市街道老年包容性昼夜评估*

张 静 陈崇贤 黄芝润

（华南农业大学林学与风景园林学院，广州 510642）

摘要：【目的】评估昼夜情境下城市街道老年包容性的空间分布特征及影响因素，为街道空间适老化更新与优化提供参考。【方法】以广州市花都区为研究范围，整合人视街景图像、老年人主观感知评价与深度学习方法，从安全、舒适、心理友好和社会包容 4 个维度构建老年包容性预测模型，利用语义分割提取环境视觉要素指标；在昼夜情境下开展空间分布分析，并引入空间计量模型探讨不同维度的空间作用机制。【结果】研究区街道老年包容性夜间显著（$P<0.001$）低于昼间，心理友好性与社会包容性降幅最为大，夜间空间差异进一步扩大；昼间呈现显著的空间集聚特征（$P<0.001$），夜间高值区收缩并趋于离散；昼间主要表现出空间溢出效应，夜间则更多受区域尺度未观测因素影响。【结论】城市街道老年包容性存在显著（$P<0.001$）昼夜差异与空间异质性，作用机制呈现时段分异：昼间可通过空间品质优化发挥溢出效应，夜间需强化照明与安全保障以提升整体包容性。未来可结合纵向追踪数据及多模态生理指标，开展多尺度、多城市比较研究，结合 GPS 数据进一步验证昼夜异质机制的普适性与边界条件。

关键词：老年包容性；昼夜差异；城市街道；深度学习

DOI：10.12169/zgcsly.2026.01.05.0003

Diurnal Assessment of Age Inclusiveness of Urban Streets Based on Street View from Human Perspective

Zhang Jing Chen Chongxian Huang Zhirun

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: 【Objective】 This study aims to evaluate the spatial distribution characteristics of age inclusiveness of urban streets at daytime and nighttime and the influencing mechanisms, providing evidence to support the renewal and optimization of age-friendly streets. 【Method】 Taking Huadu District of Guangzhou as the study area, this research integrates human-perspective street-view images, subjective perceptional evaluations from the elderly, and deep learning techniques, to construct an age-inclusiveness prediction model from the four dimensions of safety, comfort, psychological friendliness, and social inclusiveness. Environmental visual elements are extracted using semantic segmentation of street-view imagery, spatial distribution patterns are analyzed under both daytime and nighttime scenarios, and spatial econometric models are employed to explore the spatially acting mechanisms underlying different dimensions. 【Result】 The age inclusiveness of streets in the study area is significantly lower at night than during the daytime, which is most pronounced in the dimensions of psychological friendliness and social inclusiveness, and spatial disparities become more evident at night. During the daytime, age inclusiveness exhibits the characteristic of significant spatial clustering ($P<0.001$), whereas the nighttime high-value areas shrink and become more dispersed. Daytime inclusiveness is primarily characterized by spatial spillover effects, while nighttime patterns are more strongly influenced by unobserved factors on the

收稿日期：2026-01-05

* 基金项目：国家自然科学基金项目（32471934）

第一作者：张静，女，1997 年生，博士，研究方向为健康景观。E-mail：1357150359@qq.com

通信作者：陈崇贤，男，1984 年生，博士，副教授，研究方向为健康景观。E-mail：chongxian@scau.edu.cn

regional scale.【Conclusion】Age inclusiveness of the urban streets demonstrates significant diurnal differences and spatial heterogeneity, while the acting mechanisms are temporally differentiated. During the daytime, enhanced spatial quality may give play to spatial spillover effects, whereas nighttime conditions require strengthened lighting and safety measures to improve overall inclusiveness. Future research could incorporate longitudinal tracking data and multimodal physiological indicators to conduct multi-scale and multi-city comparative analyses, and integrate GPS data to further validate the universality and boundary conditions of day-night heterogeneity mechanisms.

Keywords: age inclusiveness; diurnal difference; urban street; deep learning

伴随我国人口老龄化和城市化进程的加速，建设老年友好型城市已成国际共识，WHO 强调需兼顾老年人使用的物理无障碍与感知安全舒适[1-2]。国家统计局数据显示，2024 年末，我国 60 岁及以上人口达 3.1 亿，占总人口的 22.0%，老龄化对城市空间包容性提出更高要求。《“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系规划》明确推进老年宜居环境建设，城市街道作为老年人日常出行与社交的核心载体，其环境品质直接影响老年群体生活质量与心理健康[3]。

既有研究多聚焦于昼间静态的街道空间品质提升，往往忽视城市环境的时间动态性，且评价方法多为问卷调查或单一环境指标[4-5]，难以匹配老年人夜间街道使用需求的提升趋势[6]，如利用谷歌街景图（GSV）评估日间步行指数或绿视率[7]。基于劳顿的能力-环境压力理论（Lawton's Environmental Press Theory），老年人因视觉机能退化使其对光环境变化敏感，夜间低照度会放大环境压力，加之视线受阻易诱发犯罪恐惧心理[8-9]。因此，仅依赖昼间评估无法反映街道对老年群体的真实包容水平。此外，街道环境存在邻近性与溢出效应[10]，单点分析难以揭示其复杂空间作用机制。

本文以广州市花都区城市街道为研究对象，整合人视街景与深度学习技术，构建昼夜双维度的老年包容性评估体系。引入空间滞后模型（Spatial Lag Model，SLM）与空间误差模型（Spatial Error Model，SEM），分析街道环境视觉要素对昼夜老年包容性的影响及空间异质性，以期为城市街道适老化改造、夜间公共空间规划及老年友好型城市建设提供实证参考和理论支持。

1 研究区概况

花都区位于广州北部，是中心城区向外围新城区拓展的重要过渡区域，这种新旧城区并存的空间格局，为分析老年包容性的空间异质性提供了典型情境。第七次人口普查结果显示，花都区 60 岁以上老年人口占比约 9.55%，老年人的日常出行与街道使用需求持续增长。相较于广州中心城区，花都区以中低密度居住社区为主，街道空间兼具通行、停留与邻里交往等公共属性，是老年人日常高频使用的重要公共空间。

2 研究方法

2.1 数据采集

2.1.1 城市街道环境视觉数据

基于 OpenStreetMap（OSM）规划街道采集路线与时间安排，研究人员佩戴 Insta360 ONE X2 全景相机，对研究区街道环境进行昼间（09：00—18：00）与夜间（19：00—22：00）视频采集。利用 Insta360 Studio 将原始视频转换为 MP4 格式，通过 FFmpeg 按 5 m 间隔提取视频静态帧。采用 py360convert 将静态帧转为全景图像，使用 ExifTool 提取图像对应的地理位置信息。共获得昼间 44 447 张、夜间 36 728 张，分辨率统一为2 048×512。

2.1.2 城市街道老年包容性水平评估数据

基于 WHO《全球老年友好性城市指南》中室外空间与建筑相关准则，结合 Ewing 与 Handy 的街道空间品质测度体系[11]，本文从安全、舒适、心理友好和社会包容 4 个维度构建街道老年包容性水平的评价体系[12]（表 1）。其中，感知安全与可达性维度保障老年人基础通行及防跌倒需求；感知舒适与可用性反映街道对老年人驻留行为的支撑能力；心理友好性与社会包容性则突出街道在老年人社会交往、情感寄托中的载体价值[13]。

通过 ArcGIS 对全域街景图像进行随机抽样，得到昼间 4 430 张、夜间 4 290 张的人工评分样本数据集。招募 186 名男女比例均衡的志愿者开展主观评分，含 150 名居住在花都区的 60~80 岁老年人、36 名老年友好型环境研究及相关社会服务专业人员；评分采用 0~100 分的标准化量表，街景图像以纸质或平板呈现，每位志愿者被随机分配 80 张图像进行独立打分（昼间与夜间各 40 张）。对回收的 8 720 份问卷进行信效度检验，整体 Cronbach's α 系数为 0.917，各分维度 α 系数均大于 0.7，表明评价量具有较高的内部一致性与稳定性；KMO 检验值为 0.911，Bartlett 球形度检验 $P<0.000$，表明变量间相关性显著，适合开展因子分析。

表 1　城市街道老年包容性水平评估指标体系

维度	指标	定义
感知安全与可达性	可步行性	老年人对街道是否适合安全、连续行走的主观评价，包括人行空间连续性与行走难度
	安全感知	老年人对在街道空间中活动时可能存在的人身风险的主观感受
	导向清晰度	老年人对街道空间中方向识别、路径辨识及空间理解难易程度的感知
感知舒适与可用性	清洁度	老年人对街道环境整洁程度及维护状况的主观评价
	舒适度	老年人对街道环境整体舒服、适宜的感知
	停留意愿	老年人在街道空间中停留、休息或短暂停驻的主观意愿
	步行意愿	老年人在街道环境中进行日常步行活动的主观意愿
心理友好性	愉悦感	老年人在街道空间中产生情绪愉悦与心境开朗的感受
	放松感	老年人在街道环境中产生心理压力缓解与精神放松的感受
社会包容性	群体互动支持	老年人感知街道空间是否有利于与同龄人或他人进行集体性交流活动
	代际友好性	老年人对街道空间是否支持不同年龄群体共同使用与互动的感知
	归属感	老年人对街道空间产生的被接纳感、认同感及情感依附程度

2.2　数据处理

2.2.1　城市街道环境视觉要素指标量化

结合老年人环境行为特征与既有研究，本文从生态感知、空间形态、安全保障 3 个维度构建环境视觉要素指标体系（表 2）。绿视率是衡量街道心理友好性的核心指标[14]；街道空间开敞度与连续性是保障老年人步行可达性的物理基础[11]；安全设施与照明水平则关联老年人犯罪恐惧与跌倒风险，其中亮度为夜间老年人感知安全的首要影响要素[15]。

采用语义分割技术提取昼夜街景图像的环境视觉要素。昼间、夜间图像分别基于 ADE20K[16]、Nightcity 数据集[17]的全卷积神经网络（Fully Convolutional Networks，FCN）进行语义分割，计算绿视率、天空可视率、视觉围合感、人行空间可视率、街道安全的像素占比；亮度指标通过 Python 结合 OpenCV 实现，将图像转换至 HSV 色彩空间后提取亮度（V）通道，计算全图像素平均值获得[18-19]。

表 2　城市街道环境要素指标体系

指标	定义	获取方式
绿视率	城市街道图像中植被像素占总像素的百分比	语义分割
天空可视率	城市街道图像中天空区域像素占总像素的百分比	语义分割
视觉围合感	城市街道图像中植被、地形、建筑物、围墙、栅栏及立面要素像素占总像素的百分比	语义分割
人行空间可视率	城市街道图像中行人可使用的步行空间像素占总像素的百分比	语义分割
街道安全	城市街道图像中围栏和路灯总像素占围栏、路灯和汽车总像素的百分比	语义分割
亮度	城市街道图像的平均亮度值，取值范围 0~255（8 位图像），0 为纯黑，255 为纯白	Python 图像统计（HSV-V 通道均值）

2.2.2　城市街道老年包容性指标量化

在老年包容性水平预测中，采用深度卷积神经网络 ResNet50 模型，结合人工评分样本对街景图像进行监督学习，该模型依托残差结构可有效缓解深层网络训练的梯度消失问题，具有良好的特征提取能力与模型泛化性[20]。研究将图像数据分为评分样本与全域图像两类，实施两轮模型训练与预测。第一轮选取约 4 000 张评分图像及对应包容性得分作为训练集，对剩余样本进行预测，并采用平均绝对误差（MAE）和均方根误差（RMSE）评估模型性能[21]。模型预测误差均小于 10，可靠性良好；第二轮纳入全部评分样本及对应评分开展训练，对研究区全域街景图像进行预测，最终获取昼夜城市街道老年包容性水平得分数据。

2.3　数据分析

为识别城市街道老年包容性水平的空间依赖

性及作用机制，首先采用独立样本 t 检验分析昼夜情境下老年包容性各维度指标的差异显著性，明确其昼夜基本特征；其次构建普通最小二乘（Ordinary Least Squares，OLS）回归模型作为基准模型，通过方差膨胀因子（VIF）检验多重共线性，各环境视觉要素 VIF 均低于 6，模型评估稳定性良好；最后对 OLS 残差进行 Moran's I 检验，判断是否存在显著空间自相关，若存在则引入空间计量模型予以修正。

在此基础上，采用拉格朗日乘数检验（Lagrange Multiplier，LM-lag 与 LM-error）及其稳健形式（Robust LM-lag 与 Robust LM-error）判断空间依赖类型。当 LM-lag（或其稳健形式）显著且大于 LM-error 时，优先采用空间滞后模型（SLM）；当 LM-error（或其稳健形式）显著且更强时，优先采用空间误差模型（SEM）；当两者同时显著时，则依据稳健统计量大小与模型拟合优度综合判断[22]。

采用 K 近邻法（K=6）构建并进行标准化空间权重矩阵，刻画街道空间单元间的局部邻接关系。模型估计后，对 SLM 或 SEM 残差再次进行 Moran's I 检验，验证空间相关性是否得到有效消除，并确认模型选择合理性。上述流程分别应用于昼、夜间数据，以对比不同时段老年包容性水平的空间作用机制差异。为直观解析环境视觉要素在城市街道老年包容性维度中作用的昼夜异质性，基于空间计量模型估计结果绘制回归系数效应对比图，量化分析各环境视觉要素的作用强度与昼夜差异。

3 结果与分析

3.1 城市街道老年包容性水平昼夜基本特征

由表 3 可知，花都区街道老年包容性各维度指标昼夜差异均达到显著水平（$P<0.001$），整体表现为夜间显著低于昼间。心理友好性与社会包容性降幅最为突出，其中放松感与群体互动支持的效应量分别达 1.24 和 1.09，属于大效应水平；愉悦感、归属感等指标亦为中到大效应，表明夜间街道对老年人情绪体验与社会互动支持显著减弱（$P<0.001$）。感知舒适与可用性维度的舒适度、停留意愿与步行意愿均显著下降（$P<0.001$），其中停留意愿降幅最大（下降 6.26 分，d=0.76）；感知安全与可达性维度降幅相对较小（d=0.59~0.68），显示基础通行支持能力在夜间有所减弱但相对稳定；清洁度昼夜差异的效应量较小（d=0.24），变化幅度相对有限。从分布特征看，昼间各指标最大值普遍高于 85 分，夜间部分指标最大值降至 60~70 分且最小值显著降低，表明夜间街道老年包容性整体下降，且空间差异进一步扩大（图 1）。

表 3 城市街道老年包容性水平昼夜得分

维度	指标	平均值±标准差		t 值	Cohen's d	最大值		最小值	
		昼间	夜间			昼间	夜间	昼间	夜间
感知安全与可达性	可步行性	58.25±11.07	51.42±12.36	82.11***	0.59	100.00	100.00	24.14	7.65
	安全感知	67.93±7.81	63.00±8.43	85.86***	0.61	88.89	86.25	32.68	8.24
	导向清晰度	49.91±10.87	42.38±11.20	96.88***	0.68	100.00	86.41	13.75	7.03
感知舒适与可用性	清洁度	69.01±9.09	66.97±7.49	35.08***	0.24	90.96	91.74	25.44	31.32
	舒适度	51.27±11.47	43.28±10.71	102.49***	0.72	99.52	92.29	21.90	9.31
	停留意愿	37.49±8.84	31.23±7.40	109.95***	0.76	88.39	65.85	15.93	7.22
	步行意愿	52.13±12.18	44.29±11.62	93.539***	0.66	97.67	95.08	19.91	6.76
心理友好性	愉悦感	46.21±10.96	38.44±10.25	104.16***	0.73	94.70	83.09	18.40	7.42
	放松感	52.14±6.71	41.26±10.70	169.12***	1.24	85.50	92.36	29.52	10.20
社会包容性	群体互动支持	41.74±7.66	33.08±8.25	153.63***	1.09	79.16	70.75	20.20	7.27
	代际友好性	41.88±9.14	35.32±8.26	107.21***	0.75	85.60	70.06	17.29	9.06
	归属感	44.34±8.65	35.40±7.82	154.45***	1.08	84.87	71.65	20.61	9.20

注：***、**、*分别代表在 0.1%、1%、5%水平上显著，下同。

3.2 老年包容性水平的空间分布格局及昼夜差异

昼间城市街道老年包容性水平呈现明显的空间集聚格局（图 2），高值区与低值区分布具有较强连续性。高值街道主要集中于北部新城区及中部新旧城区过渡带中路网连续性较好的区域；低值区则多分布于西南部老城区及建筑密集片区，这可能与道路结构复杂、景观环境陈旧有关。

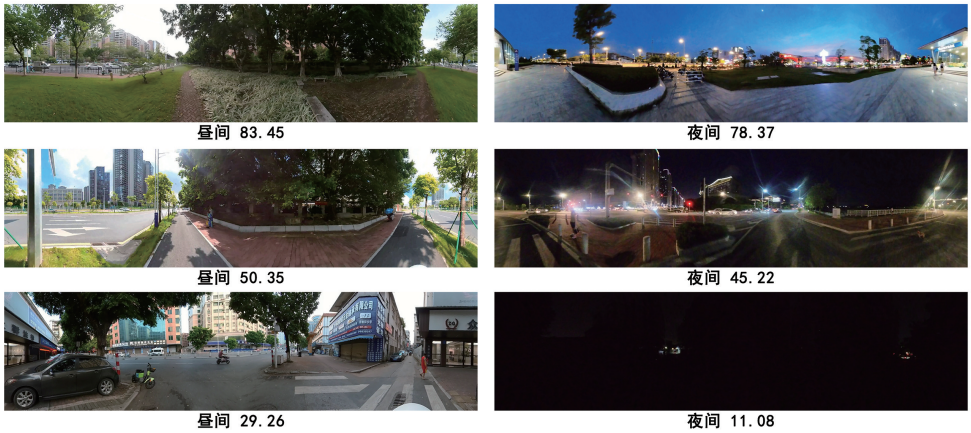


图 1　典型街道老年包容性水平昼夜场景与得分对比

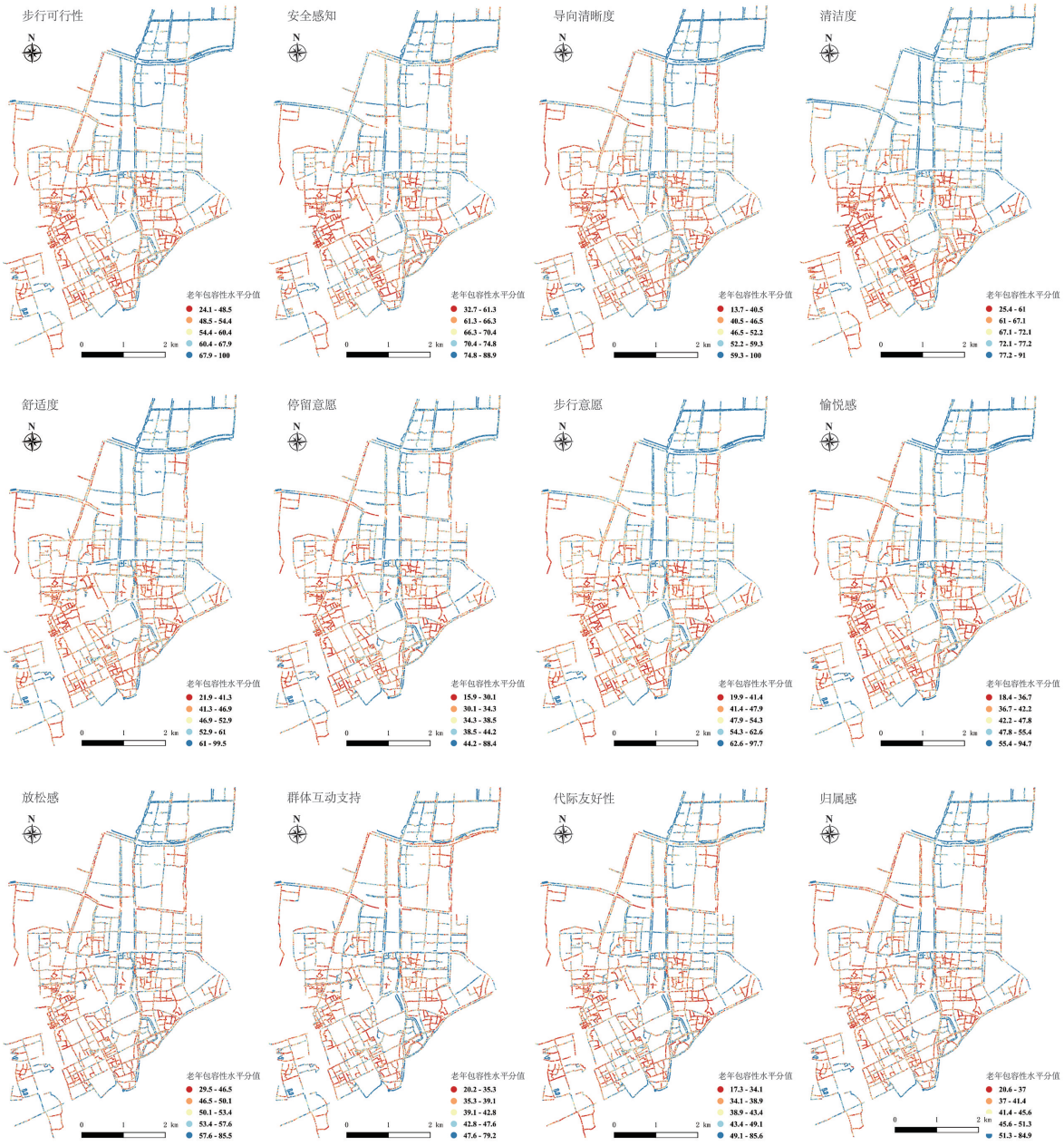


图 2　老年包容性水平昼间空间分布

与昼间相比，夜间老年包容性水平整体下降，高值区空间范围显著收缩，原有中高值街道部分转变为中低值区（图 3）。空间连续性减弱，相邻街道之间的等级变化更为频繁，整体格局趋于离散。西南部老城区少数街道社会包容性维度出现相对提升，这可能与老年人的地方依恋情节有关，但未改变整体下降趋势。

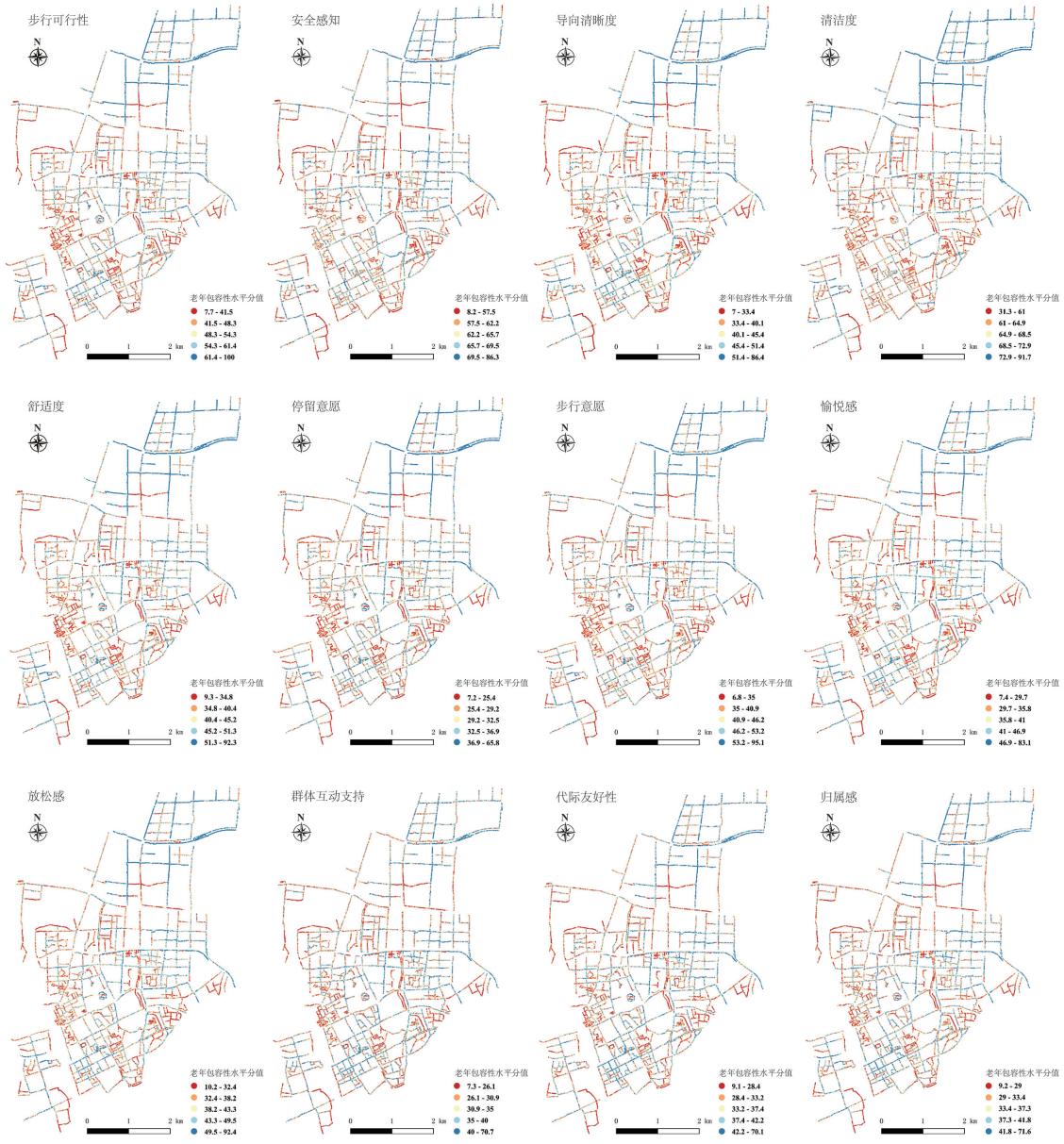


图 3 老年包容性水平夜间空间分布

3.3 影响老年包容性水平的空间机制

3.3.1 空间依赖特征与模型选择

空间依赖性检验（表 4）表明，昼夜城市街道老年包容性水平均存在显著空间自相关（Moran's I> 0.5，P<0.001）。引入空间计量模型后，各模型拟合优度提升（R^2），残差空间自相关显著减弱（P< 0.001）（表 5），说明空间效应得到有效控制。

从模型类型（表 4～5）看，昼夜呈现出明显的结构性差异。昼间中可步行性、安全感知、导向清晰度及舒适度等功能性指标主要适用于空间滞后模型（SLM），空间滞后系数 ρ 呈水平显著为正（0.646～0.775，P<0.001），表明存在较强的空间溢出效应。夜间多数指标转向空间误差模型（SEM），空间误差系数 λ 维持较高水平（0.643～0.765），显示夜间老年包容性更多受到区域尺度因素的系统性影响。

表 4　老年包容性水平空间依赖性检验与模型选择结果（昼夜）

包容性指标	Moran's I		LMlag（adjRSlag）		LMerr（adjRSerr）		模型选择（SLM/SEM）	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
可步行性	0. 66	0. 63	1 121. 80	557. 53	686. 70	960. 23	SLM	SEM
安全感知	0. 60	0. 68	1 487. 50	230. 94	243. 04	2 302. 30	SLM	SEM
导向清晰度	0. 60	0. 74	1 305. 50	482. 96	211. 83	2 416. 40	SLM	SEM
清洁度	0. 66	0. 69	1 278. 50	1 480. 40	322. 36	645. 84	SLM	SLM
舒适度	0. 67	0. 73	969. 04	869. 29	844. 66	1 407. 90	SLM	SEM
停留意愿	0. 66	0. 69	915. 81	1 104. 20	1 177. 90	972. 99	SEM	SLM
步行意愿	0. 73	0. 67	1 275. 90	1 224. 80	1 543. 50	682. 15	SEM	SLM
愉悦感	0. 71	0. 73	1 020. 30	703. 20	1 308. 10	1 752. 40	SEM	SEM
放松感	0. 55	0. 70	449. 55	917. 32	529. 32	1 056. 50	SEM	SEM
群体互动支持	0. 62	0. 54	683. 45	313. 27	1 394. 40	544. 73	SEM	SEM
代际友好性	0. 62	0. 61	908. 96	489. 63	959. 04	883. 32	SEM	SEM
归属感	0. 60	0. 62	622. 16	464. 90	764. 47	941. 81	SEM	SEM

表 5　空间计量（SLM/SEM）模型诊断指标汇总（昼夜）

包容性指标	模型		系数（ρ/λ）		Resid_ MoranI		Resid_ p	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
可步行性	SLM	SEM	0. 670 ***	0. 689 ***	−0. 061	0. 582	1	<0. 001
安全感知	SLM	SEM	0. 720 ***	0. 731 ***	−0. 099	0. 634	1	<0. 001
导向清晰度	SLM	SEM	0. 775 ***	0. 765 ***	−0. 119	0. 705	1	<0. 001
清洁度	SLM	SLM	0. 701 ***	0. 894 ***	−0. 088	−0. 129	1	1
舒适度	SLM	SEM	0. 646 ***	0. 752 ***	−0. 044	0. 693	1	<0. 001
停留意愿	SEM	SLM	0. 570 ***	0. 847 ***	0. 398	−0. 103	<0. 001	1
步行意愿	SEM	SLM	0. 590 ***	0. 869 ***	0. 439	−0. 124	<0. 001	1
愉悦感	SEM	SEM	0. 579 ***	0. 751 ***	0. 415	0. 689	<0. 001	<0. 001
放松感	SEM	SEM	0. 544 ***	0. 733 ***	0. 357	0. 667	<0. 001	<0. 001
群体互动支持	SEM	SEM	0. 595 ***	0. 643 ***	0. 428	0. 494	<0. 001	<0. 001
代际友好性	SEM	SEM	0. 574 ***	0. 682 ***	0. 407	0. 560	<0. 001	<0. 001
归属感	SEM	SEM	0. 564 ***	0. 691 ***	0. 386	0. 575	<0. 001	<0. 001

3. 3. 2　环境视觉要素影响的昼夜差异

不同环境视觉要素在昼夜情境下对老年包容性的作用强度存在差异（图 4）。

绿视率与人行空间可视率在可步行性、舒适度、愉悦感等多数包容性维度中均呈显著正向影响（P<0. 001），昼夜系数均位于零线右侧且数值较高，表现出较强的持续性作用。视觉围合感在夜间呈显著负向效应增强趋势（P<0. 001），成为制约夜间包容性的重要因素。相比之下，街道安全与亮度在夜间模型中的系数显著提升（P<0. 001），尤其在安全感知与可步行性维度中作用更为突出。

4　讨论

4. 1　城市街道老年包容性水平的昼夜差异及空间格局分异

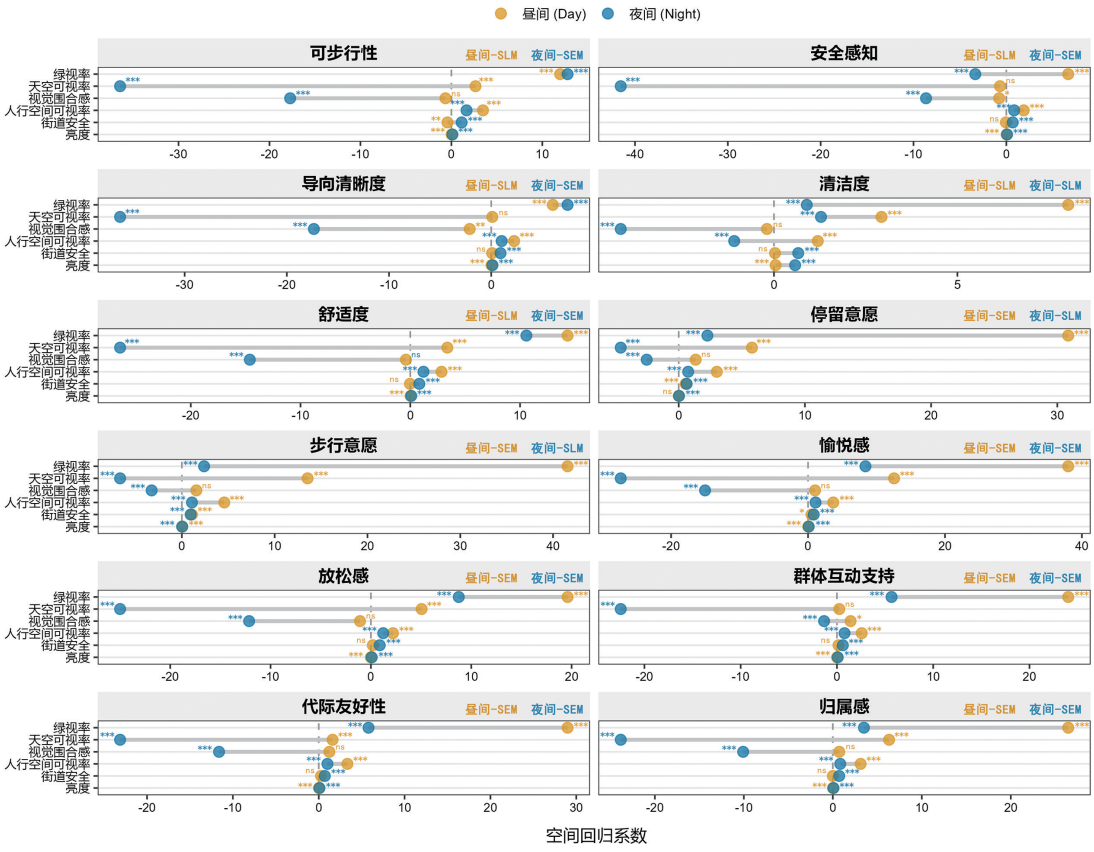
城市街道老年包容性水平存在显著昼夜差异（P<0. 001），各维度指标夜间均有不同程度下降，反映出夜间街道环境对老年人的整体支持能力弱化，尤其在照明、安全感知与空间可见性方面[23]。其中，心理友好性和社会包容性降幅最为显著，感知安全与可达性等基础功能维度则相对稳定，说明夜间街道对老年人情绪体验、社会参与等高层次需求的支撑能力大幅减弱；同时夜间各指标标准差普遍增大，区域间老年人的街道体验差异被进一步放大。

空间格局上，昼间老年包容性呈明显空间集聚特征，高值区分布连续、边界清晰；夜间整体水平下降，高值区明显收缩，街道间差异趋于离散，空间均衡性减弱。可见街道老年包容性并非恒定，夜间易因照明、安全及活动支撑条件不足丧失空间优势。这种昼夜差异既体现为包容性整体水平的降低，也表现为空间格局从集聚向离散的转变，凸显了夜间环境条件对老年人街道使用感知的关键影响[24]。

4. 2　昼夜情境下老年包容性水平的空间异质机制

城市街道老年包容性水平在昼夜间呈现出从空间溢出向情景约束转变的分异特征，反映了老年群体在不同时空维度下的行为模式与环境心理需求的差异。

昼间可步行性、安全感知等功能性指标适配



注：图中展示了空间回归模型（SLM/SEM）的标准化系数；橙色圆点代表昼间，蓝色圆点代表夜间；灰色连接线长度反映了昼夜效应的差异幅度；***、**、* 分别代表在 0.1%、1%、5%水平上显著，ns 代表不显著。

图 4 城市街道环境视觉要素对老年包容性水平回归系数昼夜效应对比

空间滞后模型（SLM），体现了街道空间品质的连续性与传导性。光线充足下老年人的出行意愿强、活动半径大，高绿视率、开敞人行空间等优质街道环境不仅提升了街道的包容性，更能形成空间溢出效应，带动周边街道活力提升，降低老年人出行阻力，促进跨街道社交休闲活动，进而形成空间高值集聚的良性循环[4]。夜间更多老年包容性指标转向适应空间误差模型（SEM），说明其不再单纯依赖单条街道的环境视觉要素，更多受片区治安、整体照明、夜间活力氛围等区域尺度隐含因素的系统性约束。这提示夜间在视觉信息受限和心理不安全感增加的情境下，老年人对街道的评价往往基于对整个社区或街区的整体安全印象，而非单条街道的具体设计[25]，如过高的视觉围合度易形成盲区，诱发犯罪恐惧并产生空间回避行为[26]。因此，夜间老年包容性的提升，更需通过区域层面的整体照明保障与环境通透性优化，消除未观测因素带来的系统性负面评价。

4.3 面向老年包容性的城市街道设计优化建议

1）短期策略。强化夜间安全保障，提升照明与视线通透性。心理友好性和社会包容性维度在昼夜均对区域因素依赖较强（SEM），且受到视觉围合感的显著负向约束，因此短期更新以补足短板，保障安全底线为目标。优先完善人行道与交叉口照明设施，消除照明盲区；清理街道障碍物，增强街道空间可见性与环境安全感。

2）长期策略。鉴于昼间绿视率、人行空间可视率等环境视觉要素在可步行性、安全感知和导向清晰度等包容性指标的溢出效应（SLM），长期更新应致力于区域品质联动提升。通过绿化提升、口袋公园建设提高绿视率；增强步行空间连通性，拓宽步行道并消除高差，构建网状适老步行廊道。

3）动态管控。建立长效管理机制。针对夜间社会包容性对区域氛围的依赖，通过社区巡防与夜间活动引导提升街道活力与安全感；依据空间作用机制划分更新优先级，以重点街道示范改造

带动周边区域协同提升。

5　结论

本研究揭示城市街道老年包容性具有显著的昼夜非对称性：夜间整体水平较昼间下降，心理友好性与社会包容性降幅最大，基础通行维度相对稳定；空间格局从昼间集聚连片转向夜间离散收缩；作用机制呈现路径分异，昼间受绿视率、人行空间等品质要素驱动，通过空间溢出效应联动提升，夜间则受区域尺度未观测因素约束，视觉围合感成为显著负向因素。据此提出分期优化建议，为存量规划背景下的精细化适老化更新提供理论依据与实践参考。未来可结合纵向追踪数据及多模态生理指标，验证老年人在昼夜情景下的真实情绪反馈，开展多尺度、多城市比较研究，结合 GPS 数据进一步验证昼夜异质机制的普适性与边界条件。

参考文献

[1]方宇星.生活性街道空间品质对老年人休闲体力活动的影响机制研究[D].武汉:华中科技大学,2023.

[2]郑玲,郑华."老龄友好型城市"的理论内涵与构建框架:基于扎根理论的分析[J].社会科学战线,2021(10):226-233.

[3]杨皓森,姜宇道,陈杰,等.积极老龄化视角下的城市空间适老化评价与规划应对[J].建筑学报,2025(增刊2):1-6.

[4]胡琼文,游宁龙,霍伟伟,等.生活性街道绿色空间对老年人社会交往的影响研究[J].南京师大学报(自然科学版),2025,48(2):139-148.

[5]钟瑶琼,罗震伟.基于老年人健康促进的老旧社区公共空间优化策略研究[J].中国园林,2021,37(增刊2):56-61.

[6]陈崇贤,熊心蕊,林广思,等.夜间户外环境对居民健康影响的研究进展[J].风景园林,2025,32(7):21-29.

[7]RUNDLE A G, BADER M D M, RICHARDS C A, et al. Using google street view to audit neighborhood environments [J]. American Journal of Preventive Medicine, 2011, 40(1): 94-100.

[8]CRIST J D, LACASSE C, PHILLIPS L R, et al. Lawton's theory of person-environment fit: theoretical foundations for detecting tippingpoints[J]. Innovation in Aging, 2019, 3(S1): S597.

[9] LOUKAITOU-SIDERIS A. Is it safe to Walk? 1 neighborhood safety and security considerations and their effects on walking[J]. Journal of Planning Literature, 2006, 20(3): 219-232.

[10]王天,康晓琪,回景淏,等.基于多源时空数据的街道空间品质量化评价[C]//2022/2023 中国城市规划年会论文集.2023.

[11] EWING R, HANDY S. Measuring the unmeasurable: urban design qualities related to walkability [J]. Journal of Urban Design, 2009, 14(1): 65-84.

[12]张晓瑞,朱泓叡,丁峰,等.多源数据的城市街道适老化测度及优化研究:基于合肥市典型街道的实证[J].南京师范大学学报(工程技术版),2025,25(4):69-79.

[13] BUFFEL T, PHILLIPSON C, SCHARF T. Ageing in urban environments: developing 'age-friendly' cities[J]. Critical Social Policy, 2012, 32(4): 597-617.

[14] ULRICH R S. View through a window may influence recovery fromsurgery[J]. Science, 1984, 224(4647): 420-421.

[15] PAINTER K. The influence of street lighting improvements on crime, fear and pedestrian street use, afterdark [J]. Landscape and Urban Planning, 1996, 35(2/3): 193-201.

[16] SHELHAMER E, LONG J, DARRELL T. Fully convolutional networks for semantic segmentation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017, 39(4): 640-651.

[17] TAN X, XU K, CAO Y, et al. Night-time scene parsing with a large real dataset[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2021, 30: 9085-9098.

[18] DING M C. Quantitative contrast of urban agglomeration colors based on image clustering algorithm: Case study of the Xia-Zhang-Quan metropolitan area [J]. Frontiers of Architectural Research, 2021, 10(3): 692-700.

[19] YUAN Y, WANG R Y, NIU T, et al. Using street view images and a geographical detector to understand how street-level built environment is associated with urban poverty: a case study in Guangzhou[J]. Applied Geography, 2023, 156: 102980.

[20] MOUSAVI SS, SCHUKAT M, HOWLEY E. Deep reinforcement learning: an overview [C]// Proceedings of SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys) 2016: Volume 2. London, UK: Springer, 2018.

[21] WEI J X, YUE W Z, LI MM, et al. Mapping human perception of urban landscape from street-view images: a deep-learning approach[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2022, 112: 102886.

[22] ANSELIN L. Spatial Econometrics: Methods and Models[M]. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988.

[23]陈崇贤,刘欣宜,邱添,等.夜跑友好视角下城市街道环境视觉感知评价[J].风景园林,2024,31(4):36-43.

[24]李琳,叶宇,陈泳.城市步行安全及其环境影响要素研究综述与展望[J].风景园林,2025,32(2):86-94.

[25]冯昕玥,陈崇贤.社区绿地昼夜视觉环境对老年人文化感知的影响[J].中国城市林业,2025,23(3):17-24.

[26]张惠玲,彭丹,庞鲜鲜.基于眼动特征的信号交叉口老年人等待过街精神负荷分析[J].科学技术与工程,2023,23(24):10530-10539.