

城市滨水步行空间环境品质评价与优化研究* ——以苏州环古城河步行空间为例

Research on Environmental Quality Evaluation and Optimization of Urban Waterfront Pedestrian Spaces: A Case Study of the Suzhou Ancient City Moat Pedestrian Space

孙 婷 韦 祁 吕 飞 雷 琳 SUN Ting, WEI Qi, LYU Fei, LEI Lin

摘 要 滨水步行空间是城市公共空间的核心载体,其规划设计当前已转向品质持续提升阶段,以满足居民日常生活的多元需求。通过梳理国内外研究,构建基于主观感知与客观环境测度的滨水步行空间环境品质评价框架,应用因子分析与有序logistic模型进行基于主观感知的环境要素识别,通过客观环境测度与主成分分析归类识别客观环境影响要素。以苏州环古城河步行空间为案例,开展实地调研、数据采集与评价分析。结果表明,居民对滨水步行空间品质满意度与个人社会特征存在相关性;主观感知要素中步行基础环境、空间舒适体验、公共设施情况与客观要素中空气质量、水体透明度与水体气味对空间品质具有重要影响。在此基础上,结合滨水空间设计导则,提出滨水步行空间环境优化设计建议。

Abstract As the core carrier of urban public space, the planning and design of waterfront pedestrian space has currently shifted to a stage of continuous quality improvement to meet the diverse needs of residents' daily lives. By reviewing domestic and foreign studies, an evaluation framework for the environmental quality of waterfront pedestrian spaces based on subjective perception and objective environmental measurement is constructed. Factor analysis and ordered logistic model are applied for the identification of environmental elements based on subjective perception, and objective environmental influencing factors are classified and identified through objective environmental measurement and principal component analysis. The Suzhou Ancient City Moat pedestrian space is selected as the case site for on-site investigation, data collection, and evaluation analysis. The results show that there is a correlation between residents' satisfaction with the quality of the waterfront pedestrian space and their personal social characteristics. The subjective perception elements, such as the basic walking environment, spatial comfort experience, and public facilities, as well as the objective elements, such as air quality, water transparency, and water odor, have significant influences on spatial quality. Based on this research and in combination with the design guidelines for waterfront spaces, suggestions for the optimal design of the waterfront pedestrian space environment are proposed.

关 键 词 步行空间;有序logistic模型;要素识别;空间优化

Key words pedestrian space; ordered logistic model; element identification; spatial optimization

文章编号 1673-8985 (2026) 03-0040-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20260306

作者简介

孙 婷

苏州科技大学建筑与城市规划学院

副教授,博士,硕士生导师

sunting@usts.edu.cn

韦 祁

苏州科技大学建筑与城市规划学院

硕士研究生

吕 飞

苏州科技大学建筑与城市规划学院

城乡规划系系主任,教授,博士,博士生导师

雷 琳

苏州科技大学建筑与城市规划学院

硕士研究生

0 引言

滨水步行空间具有多样的、独特的价值维度。首先是生态景观价值,滨水步行空间以其独特的水体自然资源类型和历史沉淀的社会人文特征,成为城市中重要的生态交错带^[1];

*基金项目:国家自然科学基金项目“基于日常活动的住区慢行空间关键性要素识别与规划应对”(编号51908391);教育部人文社会科学研究规划基金项目“居家养老导向城市既有社区建成环境改造策略研究”(编号23YJAZH094);江苏高校优势学科建设工程四期项目(城乡规划学);江苏省研究生科研创新计划项目(编号KYCX24_3478)资助。

其次是生物多样性价值,丰富的生物品种使其成为人们日常活动的特殊区域、体验自然要素的直接场所^[2];最后是健康促进价值,提供放松心情的舒适环境,鼓励市民进行身体锻炼,对身心健康有着积极的影响^{[3]208, [4]}。

近年的相关研究聚焦滨水空间对不同人群需求的响应,如儿童友好设计^[5]、老年健康促进^[6]等。研究表明,环境要素对于各年龄段人群活动均有直接影响,且通过影响日常行为间接作用于心理健康^{[7], [8]97, [9]}。同时,城市滨水区步行空间的线路设计和活力情况^{[10-11], [12]85}被认为是影响步行空间使用的重要因素,并得到较多关注。相比之下,对于滨水步行空间品质测度的研究还比较少,尤其是在滨水客观环境对步行空间品质的影响方面。本文开展城市滨水步行空间环境品质评价,选取苏州环古城河步行空间作为研究对象,结合主客观数据量化滨水空间对步行体验的影响,为城市滨水空间规划设计与品质提升提供参考。

1 文献综述

早期研究中对步行空间的评价通常把服务水平作为重要指标,用以解释交通设施状况及交通服务质量^[13]。但仅站在通行角度思考的道路评级,未将街道环境对步行的影响纳入考虑。此后考虑到物质环境因素对步行的影响,构建了基于街道属性的模型,是最早的步行性分析方法^[14]。目前主流的评价方法包括英国的行人环境评价系统^[15]和美国的步行指数^[16-17]。国内学者对于步行空间的研究较晚,但也出现许多关于步行空间评价的新视角,如认为社区的空间环境,特别是服务设施分布^[18]和道路连通性^[19],对居民的步行活动有显著影响。此外,个体社会经济属性^[20-21]、步行活动的健康关系^[22]、步行空间活力等因素,都被证实能够促进居民的步行活动。

信息时代下,步行测度方式越来越受到重视,涉及城市生态环境和城市居民生活品质的量化评价。对步行测度多采用主观评价方法,如问卷量表、实地参与式调研等。国外研究中,城市步行行为的综合调查方法从步行出行特

征、步行意愿、步行环境满意度等方面分析居民步行行为^[23];也有研究采用随行访谈实时感知法,探究影响受访者步行行为及路线选择的重要因素^[24]。国内研究则更多结合本土特征,关注社区空间环境、服务设施分布与步行活动的关系。随着大数据和人工智能技术的快速发展,机器学习算法在步行测度中的应用日益广泛,多项式回归、随机森林回归等模型为步行测度提供了更为准确的数据分析工具^[25-26]。同时,研究尺度从中宏观转向微观的人本尺度,如通过获取线上评价数据、POI数据、手机信令数据^[27]等客观数据挖掘滨水区域活力影响因素,分类讨论不同类型滨水空间特点^{[28]78}。

聚焦滨水空间的研究,国内外学者更倾向将视角转向滨水区设计。在宏观层面,已有研究通过低碳指标^[29]、详细规划指标^[30]、区域生态评估^{[31]1928}等维度,对城市滨水区域与滨水步道的规划设计进行系统分析,并提出相应的规划管控原则与设计导则。在微观层面,学者们强调创建具有生态可持续性的滨水空间,关注使用者行为方式与滨水区空间形成机制的互动关系^[32]。有学者从亲水角度出发,阐述了创造多种“亲水”园林景观的方法,营造具有文化内涵的水岸景观形态^[33]。此外,也有研究从游憩者角度分析不同年龄群体的游憩活动需求与空间之间的交互关系,并提出差异化的设计策略。

进入大数据时代,主客观多因素相结合的研究逐渐增多,从主观的问卷量表评价法^[34]、参与式步行感知到客观的基于GIS多模型的步行适宜性测度^[35],对城市滨水生活空间环境的探索更为人性化和精细化。综上,现有研究还存在以下不足。第一,关于滨水步行空间环境品质评价的中文研究仍然较少。第二,现有研究更多关注一般步行空间属性及特征,对滨水环境要素的影响研究偏少,尤其缺乏对滨水环境要素如何直接作用于步行体验的机制分析。第三,现有研究缺乏系统性构建的主客观结合评价体系,尚未形成从行人主观感知和客观环境品质两个维度系统测度滨水步行

空间环境品质的分析框架。为此,本文拟构建滨水空间对步行环境品质影响的理论模型,运用多种分析模型识别影响因素并分析其作用机制。

2 理论模型

结合已有关于步行空间品质评价与满意度分析的文献^[36-37],本文提出如图1所示的理论模型。模型中包含3类具有因果关系或相互作用的变量:居民主观体验、建成环境与居民个人特征。其中,主观体验涵盖居民对滨水空间设计美感与互动性的直观感受;客观建成环境方面,模型在一般步行空间物质环境要素基础上,纳入水体可视率、水岸形态等滨水特征要素,以系统考量水环境对步行空间品质的影响。

对于主观评价,现有的研究选取指标主要集中在“物质性”^[38-39]与“可参与性”^{[40]1849, [41-42]}两个方面。本文对主观感知指标的选取(见表1)参考了步行体验^[43]、滨水空间视觉与情绪^{[3]207}、老年人滨水空间感知^{[8]96}、滨水空间品质评价^{[12]84}等领域的相关成果,并将问卷分为“滨水空间环境感受”与“滨水空间个体感受”两个部分共8项指标,重点评估主观体验与心理感受。

对客观评价指标的选取基于准确性、客观性、独立性及与滨水步行空间体验强关联的原则。借鉴滨水慢行空间可步行性^[44-45]、生态环境评价^{[31]1930}以及城市空间品质评估的研究成果^{[28]79},本文选取了直接反映滨水步行空间物理环境特征与空间服务水平的客观可测度指标,包括:表征空间开放度与视觉环境的天空可视率、绿视率、水系可视率;反映设施便利性与服务水平的公共厕所密度、垃圾桶密度、

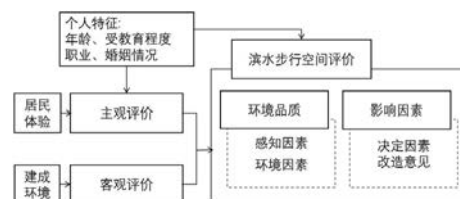


图1 理论模型
Fig.1 Theoretical model

资料来源:笔者自绘。

休闲座椅密度。

个人特征方面,本文主要选取年龄、受教育程度、职业与婚姻情况。

本文通过构建主观评价与客观评价相结合的框架,探讨滨水步行空间环境品质的影响要素。通过因子分析与有序logistic回归识别主观感知的关键因子,通过熵权法确定客观环境要素的权重,最终结合居民个人特征,识别影响滨水步行空间环境品质的重要要素,并提出优化建议(见图2)。

3 数据与方法

3.1 研究区概况

本文选取苏州古城河内外侧约300 m范围内的滨水步行空间,包括城市道路步行空间、环古城河步道空间,以及与古城河关联较强的广场、绿地等滨水步行空间(见图3)。苏州古城河为春秋时期遗址,全长约17.48 km,内侧岸线长约15.5 km,河道宽度为50—150 m。苏州环古城河健身步道建于2015年,宽度在1.5—2.5 m之间,全程近16 km,将古城历史文化遗址、城门等与公园、广场等公共空间串联起来。

3.2 数据来源

本文数据包括两类:主观数据通过面对面访谈与问卷调查获取居民对滨水步行空间环境的感知评级;客观数据来源于官方报告及专业评估等^[45],为研究提供客观条件的量化分析^[46]。在2023年12月开展初步问卷调查,以青年学生群体为预调研对象。根据预调研结果,作者对调查问卷的指标表述与选项设置进行了修改和完善。正式调查时间为2024年1月1日—2024年5月31日,共计5个月。受访者遵循随机抽样原则,问卷发放点散布于步道各空间,因接近公共活动点的人流较为密集,可能会部分限制研究结论的代表性,但环古城河步道空间作为知名健身步道,也有大量居民将整个步道作为日常步行锻炼空间。问卷评级部分采用1—5分李克特量表,1分代表“非常不满意”,5分代表“非常满意”。本次调查共计发放问卷500份,收集有效问卷453份,有效率为90.6%,问卷统计结果如表2、表3所示。

环古城河岸线涵盖道路、广场、绿地等多种空间类型。客观数据采样单元沿环古城河步行空间均匀分布,选取苏州古城河内外侧约

300 m内的滨水步行空间,共划分出20个约800 m长的采样单元(见图4)。采样单元长度的设定综合考虑行人步行尺度、空间功能连续性和指标测量的可操作性,各采样单元内指标值取平均值作为该采样单元的环境指标值。同时,实地记录各采样单元内公共厕所、垃圾桶和休闲座椅的数量用于计算设施密度。最终结果详见表4所示。

天空可视率、绿视率与水系可视率通过街景图像进行测算,约每50 m采集一次全景图像。通过深度学习语义分割模型PSPNet,对天空、植被、水体等要素的像素占比进行识别。

3.3 主客观评价方法

3.3.1 主观数据分析方法

本文针对主观数据采用探索性因子分析,并使用KMO检验,按特征值大于1且累积贡献率达到60%的原则提取公因子。若研究中共有m个变量 $X_1, X_2, \dots, X_m$,有n个样本,对

表1 滨水空间主观感知指标表
Tab.1 Waterfront space index and description

类型	指标	说明
滨水空间环境感受	步行道宽敞程度	反映步行道空间的宽敞感受,即居民在步行道上行走时是否感到舒适和宽敞
	步行空间连续性	指步行空间是否连贯无中断,居民在步行过程中是否会遇到障碍物或需要绕道而行
	路面材质满意度	涉及用户对路面材质的满意程度,例如是否防滑、耐磨、易维护
	路面清洁程度	指路面的清洁状况,包括是否有垃圾、积水、污渍等
	休闲座椅数量	指步行道上提供的休闲座椅的数量,直接影响居民的休息便利性
	绿化覆盖程度	指步行道周围的绿化覆盖情况,包括树木、草坪、花卉等
	公共卫生设施	指步行道附近提供的公共卫生设施,如厕所、垃圾箱等
	娱乐空间感受	指步行道附近的娱乐空间是否满足居民的娱乐需求
	运动器械数量	指步行道附近提供的运动器械的数量和种类
	夜间照明	指步行道在夜间的照明情况,包括照明的亮度、均匀性和覆盖范围
滨水空间个体感受	监控覆盖程度	指步行道上监控设备的覆盖情况,包括监控点的数量和分布
	呼吸舒畅程度	指居民在步行道上行走时的呼吸感受,这与空气质量、绿化覆盖等因素有关
	水岸设计美感	指水岸空间的视觉设计,包括水岸布景、装饰元素是否美观
	滨水互动感受	指居民在水岸区域的互动体验,包括是否有足够的亲水设施和互动项目
	安全性感受	指居民在步行道上行走时的安全感,这可能受到照明、人流密度等因素的影响
	公园可达性	指居民到达公园的便利程度,包括距离、交通方式、步行时间等因素
	情绪放松程度	指居民在步行道上行走时情绪放松状态,包括是否感到压力减轻、心情愉悦等
	步行空间设计美感	涉及步行空间的视觉设计,包括布局、色彩、装饰等元素是否美观、和谐
	健身活动的增加	反映步行道是否促进了居民进行健身活动,如散步、跑步等

资料来源:笔者自制。

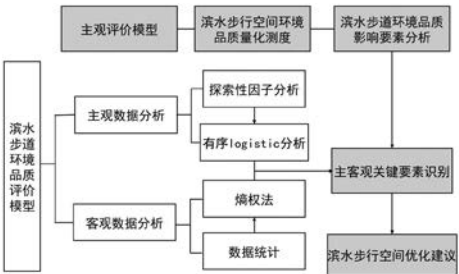


图2 评价方法框架
Fig.2 Evaluation method framework

资料来源:笔者自绘。



图3 主要研究范围周边现状与实地照片
Fig.3 Surrounding conditions and photos of the main study area

资料来源:笔者自绘及自摄。

表2 居民个体特征与比例

Tab.2 Individual characteristics and proportions

个体特征		比例/%
年龄	0—17岁	11.47
	18—29岁	27.15
	30—59岁	35.98
	60岁以上	25.40
受教育程度	不识字或初识字	0.40
	小学毕业	18.99
	初中毕业	21.63
	高中毕业	27.72
	大专或本科	29.36
	研究生及以上	1.90
婚姻状况	已婚	62.04
	未婚	37.96
职业	政府与事业单位	7.27
	企业公司人员	19.64
	自由职业者	15.89
	职业工人	12.36
	家庭照料者	14.30
	学生	13.68
	离退休	12.14
	其他	4.72

资料来源:笔者自制。



图4 客观数据采样空间划分情况和街景图像采样点分布情况

Fig.4 Segmentation of objective data sampling point

资料来源:笔者自绘,街景底图来源于天地图。

m 个变量的测度结果构成1个 $n \times m$ 阶的数据矩阵,表达式如下:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & \dots & X_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & X_{n3} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

因子分析后,归类产生若干公共因子,并选取 p 个公共因子 F_i ($i=1, 2, \dots, p$),得到:

$$F = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1k}F_k + e_i, \quad i=1, 2, \dots, p \quad (2)$$

式中: e_i 是未完全解释而残余的误差项。

针对潜在因子与总体满意度,结合在滨

表3 居民对步行空间环境主观感知评价问卷结果

Tab.3 Residents' subjective perception evaluation questionnaire results regarding the pedestrian spatial environment

评价指标	评分1比例/%	评分2比例/%	评分3比例/%	评分4比例/%	评分5比例/%
步行道宽敞程度	0.44	4.20	17.70	46.24	31.42
步行空间连续性	0.66	1.99	17.93	43.58	35.84
路面材质满意度	0.44	5.53	18.36	40.71	34.96
路面清洁程度	0.88	2.43	19.92	39.82	36.95
休闲座椅数量	4.42	13.51	31.87	30.29	19.91
绿化覆盖程度	0.66	3.54	26.55	37.39	31.86
公共卫生设施	3.98	18.14	30.75	26.99	20.14
娱乐空间感受	3.76	6.64	35.18	29.87	24.55
运动器械数量	4.42	9.51	28.98	34.52	22.57
夜间照明	1.11	6.86	25.22	39.16	27.65
监控覆盖程度	0.44	8.63	19.47	42.48	28.98
呼吸舒畅程度	0.66	3.32	17.70	38.94	39.38
水岸设计美感	0.44	3.98	30.53	33.41	31.64
滨水互动感受	0.66	2.21	30.09	37.17	29.87
安全性感受	0.44	8.19	15.27	36.73	39.37
公园可达性	0.22	2.21	21.46	42.92	33.19
情绪放松程度	0.00	1.11	10.84	48.23	39.82
步行空间设计美感	0.00	1.11	14.60	45.79	38.50
健身活动的增加	0.00	1.55	23.45	44.69	30.31

资料来源:笔者自制。

表4 客观数据收集

Tab.4 Objective data collection

序号	天空可视率/%	绿视率/%	水系可视率/%	公共厕所密度/(个/百米)	垃圾桶密度/(个/百米)	休闲座椅密度/(个/百米)
1	20.6451	41.6373	5.4987	0.1250	1.3750	4.5000
2	13.2037	50.9743	2.1825	0.2500	1.8750	3.2500
3	23.9894	36.4467	3.5719	0.3750	1.2500	4.3750
4	25.3952	48.1854	4.3298	0.6250	0.5000	2.2500
5	16.0488	60.1865	3.2567	0.1250	0.7500	1.8750
6	20.7879	56.6552	5.4056	0.1250	0.2500	2.2500
7	23.1157	47.8098	3.9410	0.2500	0.7500	2.8750
8	24.5150	19.8875	7.7044	0.3750	0.3750	2.3750
9	21.5686	40.3586	4.7916	0.2500	1.3750	5.7500
10	13.5133	59.7159	2.1040	0.3750	2.3750	6.8750
11	10.5729	60.5520	2.7131	0.3750	3.7500	3.3750
12	21.4808	36.8257	3.5182	0.3750	1.3750	3.3750
13	17.0314	48.8526	4.5240	0.3750	1.5000	3.3750
14	16.2547	45.2362	2.7642	0.1250	2.8750	8.2500
15	8.7682	46.1573	5.2513	0.1250	1.3750	1.3750
16	10.7709	28.8779	3.1845	0.1250	0.6250	0.7500
17	17.2865	27.4941	0.3929	0.1250	0.5000	0.2500
18	8.4168	67.1888	3.1224	0.3750	1.7500	0.8750
19	15.0621	27.4706	9.6227	0.1250	1.0000	1.2500
20	13.7912	53.8793	6.9688	0.1250	0.8750	0.3750

资料来源:笔者自制。

水步行空间的问卷中获取的个人信息,运用有序回归分析方法,构建主观滨水步行空间环境的总评分;针对客观指标测度,进行标准化后利用熵权法加权,获得最终评价。

本文以探索性因子分析提取的5个潜在因子(x_1-x_5)和居民个人社会特征(年龄 y 、受教育程度 g 、婚姻状况 m 、职业 w)作为自变量,以居民对滨水步行空间的总体满意度评分

作为被解释变量 (y),采用有序logistic回归模型进行参数估计。有序logistic回归模型表达式为:

$$P(y = j | x_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta x_i)}} \tag{3}$$

式中:xi表示第i个指标, y代表居民的个人信息。

结合本文的自变量设置,建立滨水步行空间主观评价的累积logistic模型:

$$S_i = \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \beta_4 x_{i4} + \beta_5 x_{i5} + k_y y + k_g g + k_m m + k_w w \tag{4}$$

3.3.2 客观数据分析方法

本文采用熵权法进行客观赋权。该方法基于信息熵理论,指标值提供的信息量越多,赋予的权重也应越高,能够有效避免主观因素干扰,适用于多指标综合评价体系。公式如下:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij} \tag{5}$$

式中:Si为第i个样本的综合得分, wj为第j个指标的权重, n为客观指标的数量。

表5 探索性因子分析结果
Tab.5 Results of exploratory factor analysis

潜在因子	主观指标	荷载系数	方差解释	特征值
公共设施情况	公共卫生设施	0.824	16.156	3.070
	娱乐空间感受	0.789		
	休闲座椅数量	0.781		
	运动器械数量	0.769		
	步行道宽敞程度	0.862		
步行基础环境	步行空间连续性	0.859	31.332	2.883
	路面材质满意度	0.743		
	路面清洁程度	0.661		
	呼吸舒畅程度	0.766		
空间舒适体验	绿化覆盖程度	0.747	45.397	2.672
	水岸设计美感	0.729		
	滨水互动感受	0.721		
	公园可达性	0.722		
步行品质感受	情绪放松程度	0.710	57.869	2.370
	健身活动的增加	0.705		
	步行空间设计美感	0.636		
安全保障情况	监控覆盖程度	0.788	70.052	2.315
	安全性感受	0.760		
	夜间照明	0.744		

资料来源:笔者自制。

在分别完成主观和客观评价后,本文将两部分结果整合为综合评价模型。主观评分S1由有序logistic回归的潜在因子系数与居民个人特征系数构成,客观评分S2由熵权法确定的各指标加权得分构成。因主客观评价均采用标准化处理,两部分评分具有可加性,最终综合评分S=S1+S2。

4 结果分析

问卷信效度检验显示, Cronbach's α>0.8, KMO=0.884,数据适合因子分析。根据表5,运用EFA方法将问卷调查的19个主观因素缩减为5个潜在因子,每个测量指标的荷载系数>0.6。原始变量的总方差中,有70.052%被提取的5个因子所解释,大于60%的标准。综

上,主观感受得分模型较为合理,可以对问卷的个人属性用有序logistic回归模型进行进一步的分析。

有序logistic回归模型分析中系数的正负表明 (见表6),公共设施情况、步行基础环境、空间舒适体验、步行品质感受、安全保障情况均与居民个人满意度呈现正相关。步行基础环境在潜在因素中权重最高 (0.565),对满意度有显著影响;公共设施情况、空间舒适体验、步行品质感受等影响能力较弱,权重在0.339—0.389;安全保障情况权重最低。这说明,居民将步行道宽敞程度、步行空间连续性、路面材质满意度、路面清洁程度等步行基础环境作为评判滨水步行空间的首要内容。

公共设施方面,休息座椅、垃圾桶等设施

表6 有序logistic回归模型分析
Tab.6 Analysis of ordered logistic regression model

指标			估算系数k	标准差	Wald	置信下限	置信上限
潜在因素	总体评价=1		-6.451	0.986	42.833	-8.383	-4.519
	总体评价=2		-3.957	0.717	30.447	-5.362	-2.551
	总体评价=3		-2.011	0.678	8.784	-3.340	-0.681
	总体评价=4		1.027	0.671	2.341	-0.289	2.343
	x_1	公共设施情况	0.349	0.098	12.645	0.157	0.541
	x_2	步行基础环境	0.565	0.099	32.428	0.371	0.760
	x_3	空间舒适体验	0.389	0.096	16.339	0.200	0.577
	x_4	步行品质感受	0.339	0.097	12.193	0.149	0.529
	x_5	安全保障情况	0.231	0.097	5.730	0.042	0.420
	居民社会因素	年龄y	0—17岁	0.879	0.628	1.958	-0.352
18—29岁			-0.250	0.592	0.178	-1.410	0.911
30—59岁			0.317	0.498	0.407	-0.658	1.293
60岁以上			0 ^a	—	—	—	—
受教育程度g		不识字或初学字	-1.120	0.627	3.198	-2.348	0.108
		小学毕业	-0.323	0.470	0.471	-1.245	0.599
		初中毕业	-0.144	0.460	0.098	-1.044	0.757
		高中毕业	-0.535	0.392	1.861	-1.303	0.234
		大专或大学本科	-0.265	0.347	0.581	-0.945	0.416
婚姻状况m		研究生及以上	0 ^a	—	—	—	—
		已婚	-0.340	0.332	1.047	-0.992	0.311
		未婚	0 ^a	—	—	—	—
职业w		学生	-0.852	0.530	2.582	-1.892	0.187
		政府与事业单位	0.135	0.525	0.066	-0.893	1.163
		企业公司人员	0.188	0.453	0.173	-0.699	1.075
		自由职业者	-0.696	0.841	0.685	-2.345	0.952
		职业工人	0.930	0.570	2.666	-0.186	2.047
	家庭主妇	-0.090	0.913	0.010	-1.880	1.700	
	离退休	0.775	0.519	2.232	-0.242	1.791	
其他	0 ^a	—	—	—	—		

注:0^a中a表示参考类别,其系数固定为0;—表示不适用,计算时取0。

资料来源:笔者自制。

的合理布局能满足步行过程中的休息与清洁需求,提升整体品质满意度。空间舒适体验与步行品质感受共同影响步行体验:前者通过景观设计、绿化配置营造宜人氛围,带来视觉愉悦;后者通过步行可达性、健身活动增加等条件提供心理放松,两者协同提升品质评价。安全保障权重较低,可能因为滨水区域护栏、警示标志等安全设施已相对完善,作为习以为常的生活内容对满意度提升的作用较小。

在社会特征层面,品质评价呈现差异化趋势。年龄方面,0—17岁与30—59岁人群满意度与年龄呈正相关,前者因活动多样化带来积极体验,后者因对健康和生活品质的重视而增加。18—29岁青年群体满意度最低,其使用预期已超越通行、观景等基础功能,更渴望文化互动、智能科技体验、弹性社交等高阶需求,现有空间功能设计未能有效响应其数字化、复合化诉求。受教育程度方面,研究生及以上学历人群评分呈正相关,当空间品质达到或超过预期时给予更高认可。婚姻方面,未婚者满意度高于已婚者,前者生活自由度较高,步行空间的社交与休闲功能更契合其需求。职业方面,职业工人与离退休人群评价最高,步行空间满足了其工余放松与日常锻炼的核心需求。

主观指标评分公式:

$$S_1=0.349x_1+0.565x_2+0.389x_3+0.339x_4+0.231x_5+k_y y+k_g g+k_m m+k_w w \quad (6)$$

式中: k 代表估算系数。在完成主观数据的因子分析与有序logistic回归后,本文进一步采用熵权法对客观环境指标(天空可视率、绿视率、水系可视率、公共厕所密度、垃圾桶密度、休闲座椅密度)进行权重计算(见表7),以识别其对滨水步行空间品质的客观贡献度(见表8)。

客观指标评分公式:

$$S_2=0.061z_1+0.051z_2+0.152z_3+0.181z_4+0.245z_5+0.309z_6 \quad (7)$$

因在赋分过程中采取了相同的评分区

间,由此可对主客观公式进行加和,获得整体空间品质综合评价公式, k 值需根据个体带入上述表6值:

$$S=S_1+S_2=0.349x_1+0.565x_2+0.389x_3+0.339x_4+0.231x_5+k_y y+k_g g+k_m m+k_w w+0.061z_1+0.051z_2+0.152z_3+0.181z_4+0.245z_5+0.309z_6 \quad (8)$$

熵权法分析揭示:客观指标中,休闲座椅密度与垃圾桶密度对空间品质的贡献显著高于视觉环境指标。这表明,在苏州环古城河这类成熟滨水空间中,设施便利性的客观供给水平是驱动环境品质的核心要素,其重要性甚至超越了通常被优先关注的视觉景观要素,凸显了精细化服务设施配置的底层作用。

5 结论与建议

本文通过结合主观感知评价与客观环境测度,系统解析了环古城河滨水步行空间品质的核心影响要素及其作用机制。

(1) 主观评价表明步行基础环境对满意度的贡献显著高于空间舒适体验与公共设施。步行道宽敞程度、连续性、路面材质及清洁度构成居民明确诉求。传统滨水空间设计往往聚焦水景美学与观赏性,而居民对步行环境品质的要求已逐渐提升,连续无断点的行走路径、防滑耐用的铺装材料等需求应得到优先关注。

(2) 青年群体呈现显著的“高诉求—低满意度”特征。18—29岁受访者综合评价明显低于其他年龄段,该群体对滨水空间的期待已超越基础功能,趋向文化互动、智能科技体验、弹性社交等高阶需求,渴望AR导览、智慧互动装置等创新设施,而现状空间功能未能有效响应,导致满意度落差。

(3) 客观数据揭示休闲座椅密度与垃圾桶密度对空间品质的贡献率显著超越视觉景观指标总和。在成熟滨水区段,基础服务设施的丰富性能够协同视觉美学直接提升环境品质。研究同时发现,尽管水系客观可视率仅

表7 客观环境指标描述性统计

Tab.7 Descriptive statistics of objective environmental indicators

类别	平均值	标准差
天空可视率/%	17.173	0.054
绿视率/%	45.256	0.129
水系可视率/%	4.294	0.021
公共厕所密度/(个/百米)	0.256	0.143
垃圾桶密度/(个/百米)	1.325	0.882
休闲座椅密度/(个/百米)	2.981	2.143

资料来源:笔者自制。

表8 基于熵权法的客观环境指标权重计算结果

Tab.8 Weight calculation results of objective environmental indicators based on entropy weight method

类别	信息熵值e	信息效用值d	权重系数w
天空可视率 z_1	0.9839	0.0161	0.061
绿视率 z_2	0.9864	0.0136	0.051
水系可视率 z_3	0.9599	0.0401	0.152
公共厕所密度 z_4	0.9524	0.0476	0.181
垃圾桶密度 z_5	0.9353	0.0647	0.245
休闲座椅密度 z_6	0.9185	0.0815	0.309

资料来源:笔者自制。

4.2%,居民滨水互动体验主观评分达3.94分,验证了梯度亲水理论的实践意义^{[40]1849}。在物理接触受限区域,通过视觉联结设计可有效弥补亲水性不足,滨水空间设计逻辑应从空间占有转向互动感知的营造。

基于上述结论,本文从4个维度提出优化路径。在设施效能维度,应优先保障休憩与环卫设施的系统布局,在人群聚集区设置集成化服务模块;在空间贯通维度,需消除步道断点,推动全线无障碍贯通,采用透水防滑材料更新铺装;在文化科技融合维度,应针对青年群体嵌入文化标识与科技交互设施,增强空间的文化认同与数字吸引力;在生态服务维度,应采用架空栈道、观景平台与地被组合提升视觉舒适度,加强水体保洁与生态化岸线设计。

本文的主要贡献包括3点:一是揭示成熟滨水空间的品质提升逻辑已从景观设计驱动转向人景感知互动;二是发现青年群体的高诉

求低满足的矛盾,推动设计思维向人群差异化响应转变;三是创建主客观结合的评估模型,修正了传统方法对视觉要素贡献的倾向。未来研究可进一步结合结构方程验证因子路径关系,并扩大青年群体样本深化异质性分析。

参考文献 References

- [1] 周雪,邓奕,唐燕,等.城市滨水空间评价标准及边界尺度优化方法研究——以闽江下游福州段为例[J].城市发展研究,2024,31(11):63-72.
- ZHOU Xue, DENG Yi, TANG Yan, et al. Research on evaluation standards and boundary scale optimization methods for urban waterfront space: a case study of the Fuzhou section of the lower reaches of the Minjiang River[J]. Urban Development Studies, 2024, 31(11): 63-72.
- [2] 叶小军,徐家明,雷诚,等.转型再生:西雅图滨水区可持续更新范式及启示[J].南方建筑,2022(10):60-70.
- YE Xiaojun, XU Jiaming, LEI Cheng, et al. Transformative and regeneration: the sustainable renewal paradigm and enlightenment of Seattle's waterfront areas[J]. South Architecture, 2022(10): 60-70.
- [3] 罗玮菁,袁媛,王琳婷,等.滨水空间视觉特征的注意力和情绪效应——基于高校在校学生眼动追踪实验的证据[J].中山大学学报(自然科学版中英文),2025,64(1):207-217.
- LUO Weijing, YUAN Yuan, WANG Linting, et al. The effects of visual characteristics of waterfront spaces on attention and emotion: evidence from an eye-tracking experiment of college students[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2025, 64(1): 207-217.
- [4] 刘韩昕,马宁.滨水空间旷典感知与恢复性效应交互路径探索——基于桂林山水城市的实证研究[J].南方建筑,2024(4):106-114.
- LIU Hanxin, MA Ning. Exploration of interactive pathways of "Kuang-Ao" perceptions and restorative effects in the waterfront space: an empirical study based on the Guilin Shan-Shui City[J]. South Architecture, 2024(4): 106-114.
- [5] 胡斌.儿童友好城市滨水公共空间布局理论与方法研究——以上海杨浦滨江为例[J].上海城市规划,2023(5):44-51.
- HU Bin. Research on the theory and method of child-friendly city waterfront public space layout: a case study of Yangpu Waterfront in Shanghai[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2023(5): 44-51.
- [6] 和天娇,何琪潇,谭少华.城市蓝色空间促进老年健康的规划路径研究[J].南方建筑,2022(5):54-63.
- HE Tianjiao, HE Qixiao, TAN Shaohua. Research on planning paths for urban blue spaces to promote elderly health[J]. South Architecture, 2022(5): 54-63.
- [7] 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.
- ZHOU Yan, LUO Yawen, GUO Shiyi. Influence mechanism of perceived biodiversity on mental restoration in large waterfront green spaces[J]. Landscape Architecture, 2024, 31(2): 111-119.
- [8] 袁青,李泓锐,冷红.冬季滨江空间环境感知对老年人心理健康影响研究——以哈尔滨市为例[J].南方建筑,2023(6):96-106.
- YUAN Qing, LI Hongrui, LENG Hong. Influence of waterfront environments on the psychological health of older adults during winters: a case study based on Harbin[J]. South Architecture, 2023(6): 96-106.
- [9] 袁敬诚,董满迪,曲天媛.健康导向的城市滨水空间研究进展与展望[J].规划师,2021,37(15):51-60.
- YUAN Jingcheng, DONG Xiaodi, QU Tianyuan. Health oriented waterfront space research progress and prospects[J]. Planners, 2021, 37(15): 51-60.
- [10] 王伟强,马晓娇.基于多源数据的滨水公共空间活力评价研究——以黄浦江滨水区为例[J].城市规划学刊,2020(1):48-56.
- WANG Weiqiang, MA Xiaojiao. Vitality assessment of waterfront public space based on multi-source data: a case study of the Huangpu River waterfront[J]. Urban Planning Forum, 2020(1): 48-56.
- [11] 罗桑扎西,张正欣,杨子江,等.城市滨水公园活力时空特征及影响因素研究——以昆明市为例[J].南方建筑,2024(8):69-77.
- LUO Sangzhaxi, ZHANG Zhengxin, YANG Zijiang, et al. Study on the spatial and temporal characteristics and influencing factors of vitality of urban waterfront parks: a case study based on Kunming City[J]. South Architecture, 2024(8): 69-77.
- [12] 刘若昕,王林,任宁,等.生活型滨水公共空间品质评价研究——以上海苏州河为例[J].上海城市规划,2023(3):84-90.
- LIU Ruoxin, WANG Lin, REN Ning, et al. Study on the quality evaluation of daily-living waterfront public space: a case study of Suzhou Creek in Shanghai[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2023(3): 84-90.
- [13] FRUIN J J. Pedestrian planning and design[M]. New York: Metropolitan Association of Urban Designers & Environmental Planners, 1971.
- [14] ASADI-SHEKARI Z, MOEINADDINI M, ZALY-SHAH M. Disabled pedestrian level of service method for evaluating and promoting inclusive walking facilities on urban streets[J]. Journal of Transportation Engineering, 2013, 139(2): 181-192.
- [15] Transport for London. Pedestrian environment review system: PERS handbook[R]. London: Transport for London, 2006.
- [16] DUNCAN D T, ALDSTADT J, WHALEN J, et al. Validation of Walk Score® for estimating neighborhood walkability: an analysis of four US metropolitan areas[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2011, 8(11): 4160-4179.
- [17] Walk score[EB/OL]. [2015-10-15]. <https://www.walkscore.com/>.
- [18] 陈泳,毛婕,奚文沁,等.机动化时代大城市居民步行行为特征与需求分析——以上海中心城区为例[J].现代城市研究,2016(7):103-112.
- CHEN Yong, MAO Jie, XI Wenqin, et al. Pedestrian travel behavior and needs in large Chinese cities in the motorization age: a case study of the Shanghai central city[J]. Modern Urban Research, 2016(7): 103-112.
- [19] 齐兰兰,周素红.邻里建成环境对居民外出型休闲活动时空差异的影响:以广州市为例[J].地理科学,2018,38(1):31-40.
- QI Lanlan, ZHOU Suhong. The influence of neighborhood built environments on the spatial-temporal characteristics of residents' daily leisure activities: a case study of Guangzhou[J]. Geographical Science, 2018, 38(1): 31-40.
- [20] 周素红,彭伊依,柳林,等.日常活动地建成环境对老年人主观幸福感的影响[J].地理研究,2019,38(7):1625-1639.
- ZHOU Suhong, PENG Yi'ning, LIU Lin, et al. The impact of built environment on well-being of older adults under different geographic contexts[J]. Geographical Research, 2019, 38(7): 1625-1639.
- [21] 姜玉培,甄峰,孙鸿鹄,等.健康视角下城市建成环境对老年人日常步行活动的影响研究[J].地理研究,2020,39(3):570-584.
- JIANG Yupei, ZHEN Feng, SUN Honghu, et al. Research on the influence of urban built environment on daily walking of older adults from a perspective of health[J]. Geographical Research, 2020, 39(3): 570-584.
- [22] LINDELÖW D, SVENSSON Å, STERNUDD C, et al. What limits the pedestrian? Exploring perceptions of walking in the built environment and in the context of every-day life[J]. Journal of Transport & Health, 2014, 1(4): 223-231.
- [23] CHAN H Y, CHENG D, CHEN A. Routes with roots: pedestrian route choices and sense of place of an urban university community[J]. Journal of Transport Geography, 2024, 118: 103943.
- [24] 陈志敏,黄铭,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.

- CHEN Zhimin, HUANG Rong, HUANG Ying, et al. The measurements of fine-scale street walkability and precise design control: an evidence-based approach based on virtual reality and wearable biosensors[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2022, 38(1): 70-75.
- [25] 杨林川,唐祥龙,杨皓森,等. 机器学习支持下的老年人步行环境满意度与适老环境改善策略研究[J]. *西部人居环境学刊*, 2024, 39(2): 35-40.
- YANG Linchuan, TANG Xianglong, YANG Haosen, et al. Machine learning analysis of seniors' satisfaction and improvement strategy of the walking environment[J]. *Journal of Human Settlements in West China*, 2024, 39(2): 35-40.
- [26] 余宇钦,莫尚吴,沈康. 基于POI数据的滨水公共空间优化策略研究——以广州荔枝湾涌为例[J]. *家具与室内装饰*, 2023, 30(10): 127-131.
- SHE Yuqin, MO Shanghao, SHEN Kang. Research on the optimization strategy of waterfront public space based on POI data: a case of Lychee Bay Chung in Guangzhou[J]. *Furniture & Interior Design*, 2023, 30(10): 127-131.
- [27] 方家,王德,张月朋. 基于手机信令数据的上海大型公园分类研究[J]. *中国园林*, 2019, 35(3): 56-60.
- FANG Jia, WANG De, ZHANG Yuepeng. Taxonomic study of large parks in Shanghai by mobile phone signaling data[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2019, 35(3): 56-60.
- [28] 王兰,王静,徐望悦. 城市空间品质评估及优化[J]. *城市规划*, 2018(7): 77-83.
- WANG Lan, WANG Jing, XU Wangyue. Evaluation and optimization of urban spatial quality[J]. *City Planning Review*, 2018(7): 77-83.
- [29] 刘芊池,蔡君,沈诗佳. 城市河流滨水空间低碳景观评价指标体系构建研究[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2023, 54(5): 765-773.
- LIU Qianchi, CAI Jun, SHEN Shijia. Index system and evaluation method about low-carbon design of urban river waterfront[J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2023, 54(5): 765-773.
- [30] 袁勋,许超,李佳虹,等. 详细规划中城市滨河空间管控模式研究——以杭州南站单元控规为例[J]. *现代城市研究*, 2023(12): 81-85.
- YUAN Xun, XU Chao, LI Jiahong, et al. Management and control mode of urban riverside space in regulatory plan: a case study of the unit control planning of Hangzhou South Railway Station[J]. *Modern Urban Research*, 2023(12): 81-85.
- [31] 程朋根,岳琛. 多源数据支持下的城市生态环境评价及其与人类活动的关系[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2022, 47(11): 1927-1937.
- CHENG Penggen, YUE Chen. Evaluation of urban ecological environment and its relationship with human activities with multi-source data[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(11): 1927-1937.
- [32] 韩磊,谢双玉. 武汉市滨水公共游憩空间生产的过程与机理[J]. *人文地理*, 2022, 37(6): 183-192.
- HAN Lei, XIE Shuangyu. The process and mechanism of the production of waterfront public recreation space in Wuhan[J]. *Human Geography*, 2022, 37(6): 183-192.
- [33] 陆邵明. 场所叙事及其对于城市文化特色与认同性建构探索——以上海滨水历史地段更新为例[J]. *人文地理*, 2013, 28(3): 51-57.
- LU Shaoming. Study on place narrative and its application to urban culture characteristics and identity' shaping: a case of the renewal of waterfront historic sites in Shanghai[J]. *Human Geography*, 2013, 28(3): 51-57.
- [34] 刘浦佳,孙婷,吕飞,等. 面向儿童健康的住区慢行空间满意度评价及优化——以苏州工业园区莲花新村为例[J]. *规划师*, 2024, 40(3): 60-66.
- LIU Pujia, SUN Ting, LYU Fei, et al. Satisfaction evaluation and optimization of neighborhood non-motorized space for children's health: Lotus New Village, Suzhou Industrial Park[J]. *Planners*, 2024, 40(3): 60-66.
- [35] HAWES M, DIXON G, LING R. A GIS-based methodology for predicting walking track stability[J]. *Journal of Environmental Management*, 2013, 115: 295-299.
- [36] 孙婷. 健康促进背景下城市街道空间环境测度与优化研究[J]. *城乡规划*, 2022(4): 70-77.
- SUN Ting. Research on measurement and optimization of urban street space environment in the context of health promotion[J]. *Urban and Rural Planning*, 2022(4): 70-77.
- [37] SUN D, ZHOU F, LIN J, et al. A study on landscape feature and emotional perception evaluation of waterfront greenway[J]. *Environmental Research Communications*, 2024, 6(9): 095023.
- [38] LIU X, CHEN X, HUANG Y, et al. Landscape aesthetic value of waterfront green space based on space-psychology-behavior dimension: a case study along Qiantang River (Hangzhou Section)[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, 20(4): 3115.
- [39] SUN D, LI Q, GAO W, et al. On the relation between visual quality and landscape characteristics: a case study application to the waterfront linear parks in Shenyang, China[J]. *Environmental Research Communications*, 2021, 3(11): 115013.
- [40] CHENG S, ZHAI Z, SUN W, et al. Research on the satisfaction of Beijing waterfront green space landscape based on social media data[J]. *Land*, 2022, 11(10): 1849.
- [41] BA M, LI Z, KANG J. The effects of the interaction between sewage odour and sounds on crowd behaviours in urban waterfront park[J]. *Applied Acoustics*, 2025, 229: 110378.
- [42] Cǎixiāng, Suzhou air pollution: real-time air quality index[EB/OL]. [2024-05-31]. <https://aqicn.org/city/jiangsu/suzhou/caixiang/>.
- [43] 邓一凌,陈前虎,过秀成. 街道环境对行人步行体验的影响[J]. *交通工程学报*, 2018(6): 43-50.
- DENG Yiling, CHEN Qianhu, GUO Xiucheng. Impact of street environment on pedestrian walking experience[J]. *Journal of Transportation Engineering*, 2018(6): 43-50.
- [44] 冯悦. 基于可步行性体验的滨水慢行空间设计——以新加坡圣淘沙跨海步行道为例[J]. *装饰*, 2017(8): 130-131.
- FENG Yue. The waterfront non-motorized space design based on walkable experience: taking Sentosa Boardwalk in Singapore as an example[J]. *Zhuangshi*, 2017(8): 130-131.
- [45] 中国环境监测总站. 国家水质自动综合监管平台[EB/OL]. [2024-05-31]. <https://szzdj.cnemc.cn:8070/GJZ/Business/Publish/Main.html>.
- [46] 王英英,刘岚. 社区老年友好环境与老年人生活满意度研究[J]. *城市问题*, 2024(4): 85-94.
- WANG Yingying, LIU Lan. Research on community age-friendly environment and life satisfaction of the elderly[J]. *Urban Problems*, 2024(4): 85-94.