

刘颂, 赖思琪. 基于多源数据的城市公共空间活力影响因素研究: 以上海市黄浦江滨水区为例 [J]. 风景园林, 2021, 28 (3) : 75-81.

基于多源数据的城市公共空间活力影响因素研究 ——以上海市黄浦江滨水区为例

Influence Factors of Urban Public Space Vitality Based on Multi-source Data: A Case Study of Huangpu River Waterfront Area of Shanghai

刘颂 赖思琪

LIU Song, LAI Siqi

开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)



中图分类号: TU986

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2021)03-0075-07

DOI: 10.14085/j.fjyl.2021.03.0075.07

收稿日期: 2020-02-19

修回日期: 2021-01-10

刘颂 / 女 / 博士 / 同济大学建筑与城市规划学院景观学系、高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室, 上海城市困难立地绿化工程技术研究中心教授、博士生导师 / 研究方向为城乡绿地系统规划, 景观规划技术方法
LIU Song, Ph.D., is a professor and doctoral supervisor in the Landscape Architecture Department of the College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, and a researcher of the Key Laboratory of Ecology and Energy-saving Study of Dense Habitat, Shanghai Urban Difficult Site Greening Engineering Technology Research Center. Her research focuses on landscape planning technique, and urban and rural green space system planning.

赖思琪 / 女 / 同济大学建筑与城市规划学院硕士 / 伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校建筑学院在读博士研究生 / 研究方向为景观规划设计
LAI Siqi is a Ph.D. candidate in the College of Architecture, University of Illinois at Urbana-Champaign, and gained her master degree in the College of Architecture and Urban Planning, Tongji University. Her research focuses on the landscape planning and design.

摘要: 城市公共开放空间是公共生活和社会交往的重要场所, 其活力是城市空间品质的外在体现。首先, 以上海黄浦江滨水区为例, 通过建立基于多源数据的公共空间活力的定量测度方法, 发现黄浦江滨水空间活力时空变化特征, 分析各类环境影响因素对滨水公共空间活力的影响程度, 继而确定主导的环境影响因素。其次, 多元线性回归分析结果显示: 绿地率、公共服务设施密度、文化设施密度、车行道路网密度、慢行道可达性、周边商业设施密度、周边常住人口密度以及周边景点密度等对滨水公共空间活力具有显著的影响作用。最后提出了提升城市滨水空间活力的规划设计建议。

关键词: 风景园林; 公共空间活力测度; 多源数据; 环境影响因素; 黄浦滨江

Abstract: Urban public open space is an important place for public life and social communication, and its vitality is the external embodiment of the urban space quality. Taking the Huangpu River waterfront area of Shanghai as an example, this research, by establishing a quantitative measurement method for public space vitality based on multi-source data, finds out the spatiotemporal variation characteristics of the waterfront space vitality along the Huangpu River, analyzes the impacts of various environmental factors on the vitality of waterfront public space, and determines the dominant influencing factors. The results of multiple linear regression analysis show that green space rate, public service facility density, cultural facility density, vehicle road network density, slow lane accessibility, surrounding commercial facilities density, surrounding permanent residential population density and surrounding scenic spot density have significant impacts on the vitality of waterfront public space. At last, it puts forward some planning and design suggestions to improve the vitality of urban waterfront space.

Keywords: landscape architecture; measurement of public space vitality; multi-source data; environmental influence factor; Huangpu River waterfront

0 引言

城市公共开放空间有助于促进市民的户外活动与社会互动, 其活力反映了城市空间品质。近年来, 以提升城市空间品质、重塑活力空间为目标的公共空间活力评估及其影响因素的研究一直是国内外的研究热点。当前大多数研究主要聚焦在 2 个方面: 1) 侧重于通过空间的社会属性、物理空间形态和结构属性间接解读空间的活力, 评价指标的选择有一定的主观性; 2) 采用实地调研或观察法获取人群活动行为规律的直观特征, 研究的时空范围受到限制^[1]。

近年来, 信息技术的快速发展, 尤其是基于位置服务的技术的进步及相应服务产品的普及, 为广泛且深度挖掘人群及活动时空特征提供了技术支撑。许多学者尝试采用大数据进行公共空间活力研究, 并取得了直观、精准的研究成果。如龙瀛等首次以基于手机信令数据测算的人群密度作为空间活力的量化指标^[2]; 罗桑扎西等采用手机信令数据, 提出了重访性、混合性、网络交互中心性 3 项测度评价指标^[3]; 叶宇等采用街景数据和新技术分析方法, 发现空间形态量化表达下的高活力空间与实际活动

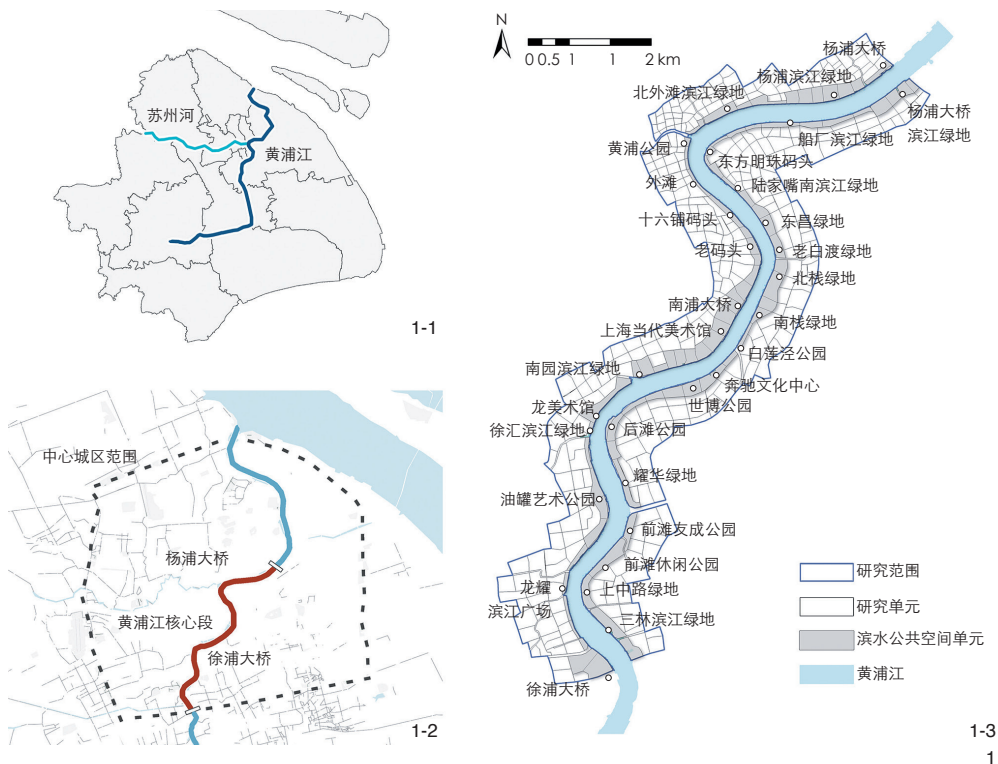


表 1 POI 数据分类与数量
Tab. 1 Categories and amounts of POI data

类型	数量
餐饮服务	6 055
购物服务	14 031
体育休闲服务	1 168
住宿服务	1 158
交通设施服务	2 076
科教文化服务	2 099
风景名胜	445
总计	27 032

1 研究范围
Research area

1-3
1

情况之间存在较高的空间耦合性^[4]。其他时空大数据(如夜光遥感数据、位置签到数据)也逐步应用于空间活力的研究。但是,上述研究多以人群聚集程度(或人群密度)为表征活力的主要指标,忽视了在时间维度上对活力的持续性或稳定度的评价,存在一定的片面性,而且对影响活力的空间环境要素缺乏系统性的分析。

本研究以上海市黄浦江滨水区为例,提出基于多源大数据的滨水公共空间活力的时空定量测度方法,建立各类环境要素与公共空间活力之间的多元线性回归模型,分析公共空间内部特征与外部特征对活力的影响机制,进而确定主导影响因素,为城市空间活力的提升提供依据。

1 研究方法

1.1 研究对象与范围

黄浦江是上海的母亲河,其位于城市中心城区区段的长 23 km(杨浦大桥至徐浦大桥)的滨江岸线,于 2018 年贯通并正式向市民开放,吸引了越来越多的国内外游客。本研究以此 23 km 长的黄浦滨江段为研究对象,以岸线到两侧第一条市政道路围合的区域为滨

水区(《黄浦江两岸公共空间贯通开放概念方案》),并将从该市政道路向两侧腹地延伸的 1 000 m 缓冲带作为研究范围,总面积约 52.89 km²。将研究范围内由城市道路围合而成的最小街区为“研究单元”,共 459 个单元,其中含 88 个“滨水公共空间单元”(图 1)。

1.2 数据来源

本研究采用腾讯“宜出行”(Easygo)数据作为计算滨水公共空间活力的基础数据。“宜出行”是腾讯的开放平台,可提供中国大陆的实时用户密度数据。该数据记录了每小时使用腾讯地图定位服务的手机应用(微信、QQ、大众点评、滴滴打车等)的用户总数。数据以 25 m 的空间分辨率显示在可公开访问的腾讯网站上。已有的研究表明,宜出行数据可以准确反映活动分布,可以很好地用于城市空间研究中^[4-9]。本研究利用网络爬虫采集宜出行数据,采集日期从 2019 年 5 月 17—30 日,共 14 天,期间气温为 18~25 °C,适宜外出活动,因此可反映人群活动的一般规律。其中,5 月 18、19、25、26 日 4 天为休息日,其余均为工作日。从 06:00—22:00,每隔 1 h 采集一次数据,每天共采集 17 次数据。将宜出行数据在 ArcGIS pro 中进行空间可视化,

用空间连接工具将宜出行数据与研究范围图层连接,过滤掉不属于本研究范围的数据。

表征滨水公共空间环境要素的数据来源主要为 POI 数据、建筑矢量数据、路网数据、全国人口普查数据与实地调研数据。研究中的 POI 数据集总量为 27 032 个(表 1),基础路网数据、建筑矢量数据来源于高德地图,笔者通过 2019 年卫星影像图进行了核查校对以确保数据的准确性。

1.3 滨水公共空间活力测度与影响因素的量化表征

1.3.1 滨水公共空间活力测度

公共空间活力指公共空间中可观察到的人及其活动,例如活动类型与活动的持续时间^[7]。笔者认为从空间使用主体的视角来看,公共空间活力具有聚集性、稳定性、多样性 3 个特征^[8]。限于当前数据缺少人群属性及活动类型信息,活力的多样性特征难以准确描述,本研究采用以下 2 个指标进行测度:活力密度表征聚集性,即单位空间的活跃人群数量;活力稳度表征稳定度,即人群活动在一段时间内持续活跃的稳定程度。

1) 活力密度量化方法。活力密度指标是对某时刻公共空间中人群密度的一种度

量,用该时刻人群总量与研究单元面积的比值来表示。指标的数值越大,说明活力越强。本研究以天为单位计算日平均人群密度(人/hm²,公式1),为观察工作日和休息日聚集性的差异,分别计算工作日和休息日的平均活力密度(公式2):

$$\bar{D}_j = \frac{\sum_{i=1}^m P_{i,j}}{A \times m}, \quad (1)$$

$$\bar{D}_j = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^m D_j, \quad (2)$$

式中, \bar{D}_j 为第j天的平均人群密度; $P_{i,j}$ 为第j天在第i小时的人群数量; A 为研究单元的面积(单位:hm²); m 为一天内计算的总小时数。 \bar{D} 为平均人群密度; n 为天数。本研究中, $m=17$, n 分别取10(工作日)、4(休息日)。

2)活力稳度量化方法。活力稳度指标反映了人群活动密度在不同时间段内的动态变化,采用各研究单元在指定时间段内活力密度标准差的逆向指标来表示。活力稳度的数值越大,说明活力越稳定^①(公式3~5):

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m (D_{i,j} - \bar{D}_j)^2}, \quad (3)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^m \sigma_j, \quad (4)$$

$$S = \frac{\bar{\sigma}_{\max} - \bar{\sigma}}{\bar{\sigma}_{\max} - \bar{\sigma}_{\min}}, \quad (5)$$

式中, σ_j 为各研究单元在第j天的人群密度标准差; $D_{i,j}$ 为第j天第i小时的人群密度(单位:人/hm²); \bar{D}_j 为第j天的平均人群密度; m 为一天内计算的总小时数。 $\bar{\sigma}$ 为平均人群密度标准差; S 为活力稳度; $\bar{\sigma}_{\max}$ 和 $\bar{\sigma}_{\min}$ 分别为人群密度标准差的最大值和最小值, n 为天数。同上, $m=17$, n 分别取10(工作日)、4(休息日)。

1.3.2 活力影响因子评价体系构建与量化方法

根据文献研究^[9-13],影响公共空间活力的环境要素包括自然生态、空间功能、历史人文、便捷可达性、周边开发强度、政策管理等方面。综合考虑数据可获取性与指标量化计算的要求,本研究建立了滨水公共空间特征、可达性和周边环境特征3个维度的17个要素作为滨江公共空间活力影响因子指标体系(表2)。

表2 滨水公共空间环境要素及量化度量

Tab. 2 Waterfront public space environment elements and quantitative measurement

类型	指标	说明
滨水公共空间特征	绿地率	滨水公共空间单元内绿化用地面积之和与单元面积的比值
	岸线开敞度	滨水公共空间单元内各段滨水界面中的视野开敞度数值乘以其权重,再取其总和。其中,防汛墙高度超过1.5m,全线几乎不见水,亲水性较弱,取值为1;防汛墙高度处于1.1~1.5m,仅少部分路段视线被遮挡,观水视线较为开阔,亲水性一般,取值为2;防汛墙高度低于1.1m,观水视线开阔,亲水性较强,取值为3
	餐饮服务设施密度	滨水公共空间单元内餐厅、咖啡厅等餐饮建筑的面积与单元面积的比值
	公共服务设施密度	滨水公共空间单元内驿站、公共厕所等公共服务设施的数量与单元面积的比值
	历史与特色建筑密度 ^{a)}	滨水公共空间单元内历史与特色建筑数量与单元面积的比值
	文化设施密度	滨水公共空间单元内艺术馆、科技馆、纪念馆等展馆数量与单元面积的比值
可达性	慢行道密度	滨水公共空间单元内步行道、跑步道、骑行道的总长度与该单元面积的比值
	公交车站覆盖率 ^{b)}	滨水公共空间单元服务区内公交车站服务缓冲区与该研究单元面积的比值
	地铁站覆盖率	地铁站台服务范围与滨水公共空间单元相交面积与该单元面积的比值
	全局整合度 ^{c)}	表示滨水公共空间单元与整个系统联系的紧密程度,其值越高说明该单元所处位置的便捷度越高
	车行道路网密度	滨水公共空间单元服务区内车行道路网总长度与服务区面积的比值
周边环境特征	慢行道路可达性	反映人群抵达滨水公共空间内部慢行道的难易程度。计算方法为每个滨水公共空间单元与腹地相接第一条道路上的入口数量与相接部分道路长度的比值
	周边商业设施密度	滨水公共空间单元服务区内商业POI数量与服务区面积的比值
	周边住宅区密度	滨水公共空间单元服务区内住宅区总面积与服务区面积的比值
	周边常住人口密度	滨水公共空间单元所属街道(行政区划)人口总数与街道面积的比值
	开发强度	滨水公共空间单元服务区的容积率
	周边景点密度	研究单元服务区内景点面积与服务区面积的比值

注:“滨水公共空间单元服务区”是指以每个滨水公共空间单元为中心,以1000m为服务半径,通过ARCGIS网络分析得到的服务区范围。a)数据来源:实地调查结合天地图;b)公交车与地铁站台缓冲区距离设定依据为《城市道路交通规划设计规范》(GB 50220-95);c)可采用Depthmap软件基于Segment map进行计算,具体公式见参考文献[14]。

2 黄浦江滨水公共空间活力时空特征分析

2.1 活力密度分析

2.1.1 活力密度日波动特征

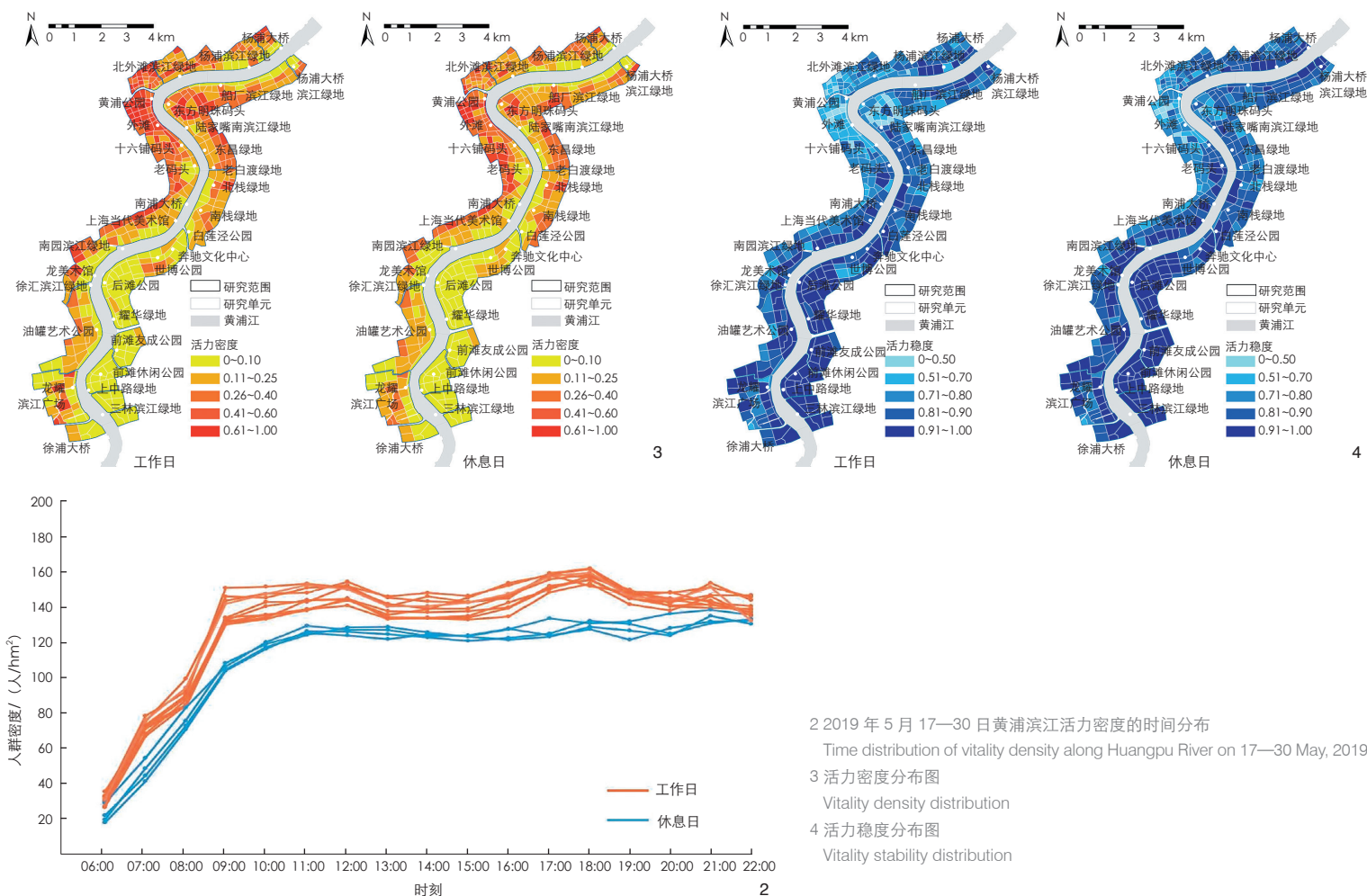
从每日的活力密度波动趋势来看(图2),工作日和休息日具有相近的波动规律,但工作日的活力密度水平整体高于休息日,且波动变化率更大,波峰与波谷更加明显。休息日的活力密度波峰在时间轴上比工作日整体向后偏移,晚间活动时间持续性更强。结果显示,黄浦滨江工作日活力密度的首次峰值出现在09:00,这与人们在通勤早高峰期间由居住地向工作区集聚的时间一致。随着人们在午休期间向户外活场地聚集,12:00左右出现第2次人群密度峰值。受通勤晚高峰和夜生活活动的影响,18:00与21:00附近出现第3次峰值,随后人群逐渐分散,滨水空间活力密度值降低。

休息日活力密度的波动较为平稳,人群

集聚在10:00左右才达到峰值,18:00之后的活力密度值进入缓慢上升阶段,22:00达到最高峰值,说明居民的夜生活较为活跃,也与被滨江夜景所吸引的外地游客数量的增加相关。而通勤人流可能是工作日与休息日活力密度水平差异的原因。

2.1.2 活力密度时空分异特征

为了加强工作日与休息日的活力密度分布情况的可比性,将活力密度进行了标准化处理,并按照自然间断点分级法(Jenks)划分为5个等级(图3)。相对人群密度指数较高的街区(红色斑块)集中分布在外滩以北区域、徐汇区南部与浦东新区陆家嘴街道,南京东路、外滩和豫园等著名的景点、酒店旅馆与地铁站点集中分布在上述地块。反之,相对人群密度指数较低的街区(黄色斑块)主要分布在黄浦江东岸的南部区域,如前滩友成公园与三林路渡口等。在时间差异上,住宅小区周边的滨水绿地、豫园景区在休息日的平



2 2019年5月17—30日黄浦滨江活力密度的时间分布
Time distribution of vitality density along Huangpu River on 17—30 May, 2019
3 活力密度分布图
Vitality density distribution
4 活力稳度分布图
Vitality stability distribution

均活力密度略高于工作日，而具有高活力密度的单元数量略有降低，这可能是由于必要性活动如通勤活动等在工作日减少的缘故。大部分地区工作日活力密度与休息日活力密度的比值 > 1，但在大多数公园比值却 ≤ 1，说明公园在休息日吸引的游客总数多于工作日。

2.2 活力稳度分析

与活力密度类似，将工作日和休息日的稳度值也进行了标准化处理，并按照 Jenks 划分为 5 个等级 (图 4)。高活力稳度的区域集中分布在黄浦江东岸南部区域与杨浦滨江段，包括杨浦滨江绿地、龙美术馆和后滩公园等著名景点。在工作日活力稳度较高的地区包括大部分的住宅区、各类艺术展馆以及公园绿地，活力稳度在休息日的分布情况与工作日大致相同。

2.3 活力密度与稳度协同情况分析

以活力密度和活力稳度为纵、横坐标，

根据等量原则分别将 459 个研究单元的活力密度与稳度分为高、低 2 类，并形成 4 个组合类型 (图 5)，获得 4 类滨水空间活力区域空间分布 (图 6)。

2.3.1 高密度 - 高稳度的街区

这类区域既具有强大的人气吸引力，又具有较高的活力稳度，是最具活力的区域。这类区域聚集分布态势明显，相对密集分布于外滩、陆家嘴以及各住宅小区。其他散点分布的高活力区域多为规模不大的社区和商业设施，如菜场、超市和便利店等；此外，还包括各类学校，如幼儿园、小学、中学、大学和职业技术学校。该类街区休息日的分布结构与工作日大体相近，数量略多于工作日。

2.3.2 高密度 - 低稳度的街区

这类区域虽然在特定时刻具有较强的吸引力，但日均空间利用率较低，并呈现明显的散点分布。此类空间功能主要为住宿、商

业、教育与交通等，具有高度的流动性，如综合金融大厦、各类学校与地铁站出入口等。

2.3.3 低密度 - 高稳度的街区

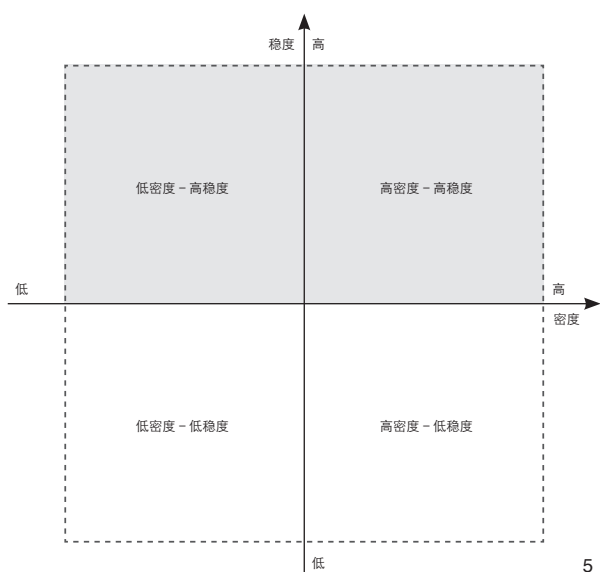
这类区域拥有固定的功能且服务于特定人群，因此具有稳定的日均空间利用率。在工作日，这类区域分布在北外滩滨江绿地、东方明珠游船码头和龙耀滨江广场，而在休息日则分布在油罐艺术公园以及各类停车场。

2.3.4 低密度 - 低稳度的街区

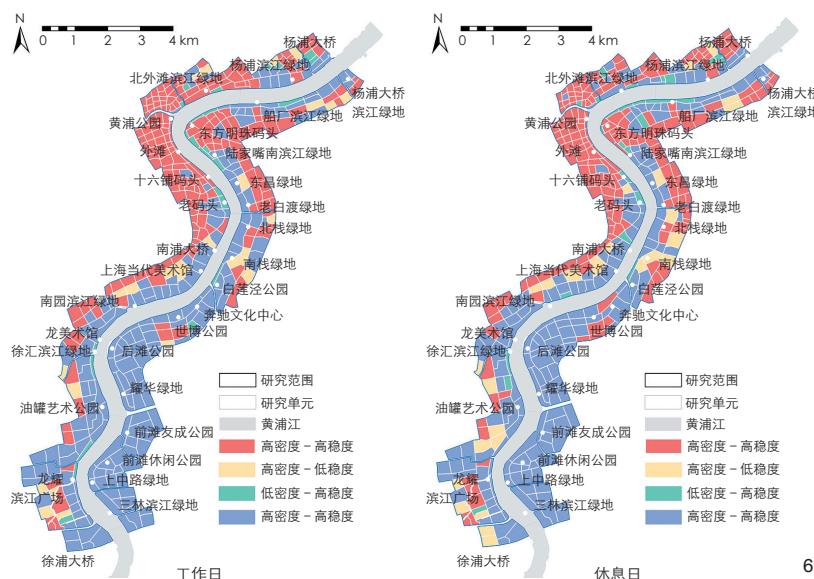
这类区域活力密度与稳度都比较小，是活力最弱的区域。除了未建设区和特殊用地，主要是滨江开放绿地与各类公园，如前滩友城公园、后滩公园、白莲泾公园、世博展览馆与龙美术馆周边地带。这类区域周边人口密度和道路网密度较低。

3 环境要素对滨水公共空间活力的影响

为了甄别滨水公共空间内部与外部因素



5 4 种活力类型
Four vitality types



6 4 种活力类型分布
Distribution of four vitality types

表 3 活力密度回归模型中各变量的回归系数与 T 检验
Tab. 3 The regression coefficient and T test of each variable in the vitality density regression model

类型	自变量	模型 1		模型 2		模型 3		模型 4		VIF
		Beta	t	Beta	t	Beta	t	Beta	t	
滨水公共空间特征	绿地率	-0.258**	-3.048	-0.182*	-2.474	-0.128	-1.947	0.108	1.579	1.898
	岸线开敞度	0.110	1.517	0.080	1.183	0.067	1.266	0.027	0.443	1.456
	餐饮服务设施密度	-0.013	-0.167	-0.047	-0.709	-0.023	-0.429	-0.045	-0.795	1.302
	公共服务设施密度	0.529**	6.190	0.368**	4.733	0.227**	3.022	0.221**	2.856	2.432
	历史与特色建筑密度	0.090	1.228	-0.056	-0.822	-0.008	-0.151	-0.002	-0.032	1.408
	文化展馆密度	0.311**	3.619	0.210*	2.727	0.046	0.695	0.045	0.633	2.023
可达性	慢行道路密度	-0.045	-0.516	-0.060	-0.721	-0.085	-1.379	-0.143*	-1.998	2.077
	公交车站覆盖率			0.049	0.705			-0.001	-0.018	1.420
	地铁站覆盖率			0.041	0.640			0.056	0.947	1.411
	车行道路网密度			0.406**	4.891			-0.096	-0.816	5.644
	全局整合度			-0.042	-0.541			-0.062	-0.835	2.260
周边环境特征	慢行道路可达性			0.086	1.025			0.109	1.539	2.038
	周边商业设施密度					0.484**	5.352	0.515**	4.834	4.622
	周边住宅区密度					-0.114	-1.962	-0.110	-1.700	1.716
	周边常住人口密度					0.113	1.525	0.160	1.752	3.400
模型描述	开发强度					0.106	1.239	0.104	0.995	4.496
	周边景点密度					0.165*	2.285	0.190*	2.454	2.440
	样本量	88		88		88		88		
	调整后的 R ²	0.570		0.695		0.790		0.786		
	F 值	17.448**		17.535**		28.315**		19.850**		

注：表格中 Beta 为标准系数。* 表示 $p < 0.05$ ，** 表示 $p < 0.01$ 。

对滨水空间活力产生影响的差异，本研究设定了 4 种情景，依次利用 SPSS 软件构建了 4 组多元线性回归模型。模型 1 仅考虑滨水公共空间的自身特征；模型 2 包含了滨水公共空间内部特征与可达性指标；模型 3 包含了滨水

公共空间内部特征与周边环境指标；模型 4 包含了所有的指标。

3.1 环境要素与活力密度的关系

对自变量影响因子与因变量活力密度进行多元线性回归分析，4 组模型的方差膨胀系数

(variance inflation factor, VIF^②) 均 < 6，未发现显著的共线性问题。经 F 检验 (F-test) 判断 4 个模型均显著相关，是有效的模型 (表 3)。

模型 1 的结果表明滨江公共空间内部属性能够解释大约 57.0% 的活力，其中公共服务

表 4 活力稳度回归模型中各变量的回归系数与 T 检验
Tab. 4 The regression coefficient and T test of each variable in the vitality stability regression model

类型	自变量	模型 1		模型 2		模型 3		模型 4		VIF
		Beta	t	Beta	t	Beta	t	Beta	t	
滨水公共空间特征	绿地率	-0.297**	-3.712	-0.225**	-3.281	-0.166**	-2.835	-0.146*	-2.374	1.898
	岸线开敞度	0.129	1.884	0.108	1.713	0.093	1.986	0.061	1.140	1.456
	餐饮服务设施密度	0.015	0.202	-0.009	-0.143	0.002	0.043	-0.009	-0.186	1.302
	公共服务设施密度	0.553**	6.847	0.405**	5.570	0.246**	3.664	0.237**	3.402	2.432
	历史与特色建筑密度	0.057	0.816	-0.091	-1.413	-0.029	-0.606	-0.032	-0.611	1.408
	文化展馆密度	0.284**	3.504	0.179*	2.479	0.029	0.495	0.013	0.209	2.023
	慢行道密度	0.074	0.900	0.090	1.162	0.024	0.433	0.005	0.085	2.077
可达性	公交车站覆盖率			0.051	0.791			0.007	0.130	1.420
	地铁站覆盖率			0.035	0.579			0.021	0.394	1.411
	车行道路网密度			0.390**	5.025			-0.087	-0.823	5.644
	全局整合度			0.017	0.242			0.054	0.810	2.260
	慢行道可达性			0.035	0.448			0.060	0.939	2.038
周边环境特征	周边商业设施密度					0.488**	6.039	0.539**	5.620	4.622
	周边住宅区密度					-0.142**	-2.728	-0.136	-2.335	1.716
	周边常住人口密度					0.033	0.506	0.011	0.131	3.400
	开发强度					0.157*	2.049	0.178	1.884	4.496
	周边景点密度					0.131*	2.037	0.127	1.819	2.440
模型描述	样本量	88		88		88		88		
	调整后的 R ²	0.616		0.733		0.832		0.827		
	F 值	20.952**		20.919**		37.008**		25.476**		

注：表格中 Beta 为标准系数。* 表示 $p < 0.05$ ，** 表示 $p < 0.01$ 。

设施密度以及文化设施密度对活力密度具有促进作用，而绿地率则具有抑制作用；模型 2 的结果显示在仅考虑滨水公共空间内部属性与可达性的情况下，车行道路网密度对活力密度的影响作用是最大的；模型 3 表明增加周边商业设施密度与周边景点密度也有显著提升活力密度的效果，对比模型 2 与模型 3 可知，周边环境特征对活力的影响力强于可达性；模型 4 的结果显示周边商业设施密度对活力密度的促进作用最大，慢行道密度的影响力最弱。

3.2 环境要素与活力稳度的关系

由表 4 可知，模型 1 的结果表明滨江公共空间内部属性能够解释大约 61.6% 的活力稳度，模型 2 的结果显示公共服务密度对增加活力稳度的作用力最强，模型 3 表明周边商业设施密度、开发强度与周边景点密度均有助于提升活力稳度。与活力密度的结果类似，周边环境特征对活力稳度比可达性具有更高的促进效果。模型 4 的结果显示周边商业设施密度对活力稳度的促进作用最大，绿地率的影响力最弱。

4 讨论与结论

4.1 环境要素对滨水公共空间活力的影响

4.1.1 滨水公共空间内部特征的影响

滨水公共空间内部环境要素与活力的回归分析结果表明，岸线开敞度、公共服务设施密度、文化设施密度、机动车道和公交站点密度对提升公共空间活力有较大的影响，而慢行道密度、绿地率没有显著影响甚至有抑制作用。

岸线开敞度对空间活力具有一定的促进作用，这一结论表明滨水公共空间活力与其滨水特性有关，证明了“人类与生俱来的亲水特性”^[5]。当人们置身于岸线开敞度高的环境中时，通常会体验到“开阔”和“清爽”的视觉感受，从而引发人群的驻留活动。滨江驿站、公共厕所等公共服务设施的密度能够有效促进滨水公共空间活力，如本案例中黄浦江东岸的 22 座“望江驿”，自建成至今普遍受到了人们的欢迎，成了人气聚集的场所。文化展馆等文化设施承载的活动满足了人们艺术审美的体验需求，丰富了人群活动的类型，对滨江空间活力的持久性有显著的促进作用，

也体现了城市公共空间作为城市文化载体的作用，如上海当代艺术博物馆就是人群聚集的“网红打卡景点”之一。

高绿地率对活力存在抑制作用，这可能是因为绿地率较高的场地中，可用于支持各类户外活动的硬质铺装空间面积较小，不利于开展群聚性活动，空间利用率较低，这一点也在研究范围内的公园如前滩友城公园、后滩公园等（都属于低活力-低稳度区）体现出来。本研究中慢行道密度对活力没有显著的影响作用，这可能是因为黄浦滨江公共空间进行日常体育锻炼活动的人较少，游客前往滨江的目的以体验滨江景致与自然野趣为主。但慢行道可达性对活力有一定的促进作用，这是因为滨水区入口的增加提升了空间的可达性从而提高了吸引力。

4.1.2 周边环境特征的影响

研究发现，滨水区周边 1 000 m 缓冲区内非居住型用地类型、商业设施密度、景点密度和车行道路网密度对提升活力有积极的作用。

本案例中,滨水区沿岸为非居住型用地时,滨水公共空间的活力高于周边为居住区的情况,这可能是因为黄浦滨江两岸的居住区多为高档住宅,降低了居住型滨水空间的共享性与开放性^[6],从而难以引发高强度的人群活动。完备且丰富的商业设施对人群具有强烈的吸引力,可以有效聚集人气。这与CHEUNG等对滨水公共空间功能演变历程的论述一致,即当代的滨水公共空间主要是以旅游为导向的场所^[7]。周边景点密度对提升活力有积极作用,这是因为周边旅游资源集中,扩大了辐射范围,并与滨水公共空间形成了规模效应,激发了滨水公共空间活力。而计算结果显示车行道路网密度对活力具有极强的促进作用,本研究中机动车道主要集中在滨水区两侧,是确保滨水公共空间与周边人流、物流快速互通的媒介,提高了居民与游客到达滨水公共空间的便利程度。笔者认为,这与黄浦滨江的辐射范围大,到访人群以乘坐交通工具为主有关。

4.2 以活力提升为导向的滨水公共空间规划设计启示

4.2.1 提升滨水区公共空间自身吸引力

为提高滨水空间的活力,首先应保证滨水公共空间有能够吸引游客的内部特征,包括丰富的景观资源、文化服务设施、开敞的岸线空间、较高的硬地率等。首先,通过挖掘本底资源,激活或转化地方文化资本,重塑多样化空间功能,艺术化公共空间,培育创新基因,进而持续激发空间活力^[8]。其次,在保证水岸的防汛与连续性要求的基础上,尽可能保证水岸的开敞性,为游人提供良好的亲水体验。如通过抬高公共空间的地坪标高,隐藏阻挡视线的防汛墙,将慢行道和防汛墙合二为一等。最后,保证公共服务设施(如公共厕所、驿站等)按照一定的服务半径布局,同时避免布局公园等大型绿地,而代之以小型绿地斑块,以形成开敞的硬质空间,承载高密度人群的活动。

4.2.2 提高滨水空间的通达性

保证滨水区外围车行道路网和公交站点密度,通过开放的界面,加强外部道路与滨水空间形成视觉吸引;充分考虑滨水公共空

间重要节点的入口与周边交通的关系,提高入口分布密度,建立良好的人车关系;建立多种进入形式,游客可以方便地通过人行道、天桥、地下通道等途径进入公共空间。

4.2.3 滨水公共空间活力分区应与周边环境相呼应

研究发现,滨水空间的活力不仅受到自身条件和优势的约束,也受到周边环境的用地特征、设施布局、经济发展的影响。反过来,城市公共空间活力的提升也会成为所在区域的复兴和发展的触媒。滨水区沿线不可能也没有必要全部建成高活力的区域。高活力核心公共空间的规划目标定位,应考虑其辐射范围内的用地类型、人口特征、商业经济发展潜力等,通过城市规划、景观规划、配套设施规划等不同规划间的有序衔接,形成合理的活力分区及富有特色的高品质公共空间的顶层设计。

4.3 采用多源大数据可以实现对空间活力的直接评价和主导影响因素的识别

本研究基于“宜出行”数据提出活力密度与活力稳度测度模型,并在上海黄浦江滨水公共空间进行了验证,分析结果与日常观察及其他学者的研究结果基本一致^[9]。因此,相较于通过评估空间环境品质来间接描述公共空间活力的方法,基于大数据的对公共空间活力的定量测度方法可以实现更精准的直接描述。在多源大数据的辅助下,通过回归分析,可以发现公共空间活力的场地本身和周边环境的主要影响因素,为进一步提升滨水活力提供了思路。当然,由于黄浦滨江地处上海市高密度城区的核心区域,且具有较高的知名度,本研究获得的影响滨江空间活力的主要因子及其影响机制是否具有普适性还须进一步验证。

注释 (Notes):

① 本研究在此处采用针对逆向指标的无量纲化处理,计算公式为: $U = \frac{X_{\max} - X}{X_{\max} - X_{\min}}$, 式中, U 代表无量纲化处理之后的

数值, X 代表原始数值, X_{\max} 和 X_{\min} 分别代表原始数值中的最大值和最小值。

② 方差膨胀系数 (variance inflation factor, VIF) 是衡量多元线性回归模型中多重共线性严重程度的指标。一般而言,

当该数值 < 10 则认为不存在严重的共线性。计算公式为: $VIF = 1/(1-R_i^2)$, 式中, R_i^2 为方程拟合优度的算术平方根。

参考文献 (References):

- [1] 龙瀛,唐婧娴.城市街道空间品质大规模量化测度研究进展[J].城市规划,2019,43(6):107-114.
- [2] 龙瀛,周垠.街道活力的量化评价及影响因素分析:以成都为例[J].新建筑,2016(1):52-57.
- [3] 罗桑扎西,甄峰.基于手机数据的城市公共空间活力评价方法研究:以南京市公园为例[J].地理研究,2019,38(7):1594-1608.
- [4] 叶宇,张昭希,张啸虎,等.人本尺度的街道空间品质测度:结合街景数据和新分析技术的大规模、高精度评价框架[J].国际城市规划,2019,34(1):18-27.
- [5] CHEN Y, LIU X, GAO W, et al. Emerging Social Media Data on Measuring Urban Park Use[J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2018, 31: 130-141.
- [6] YAO Y, LIU X, et al. Mapping Fine-Scale Population Distributions at the Building Level by Integrating Multisource Geospatial Big Data[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2017, 31(6): 1220-1244.
- [7] JACOBS J. The Death and Life of Great American Cities, Modern Library[M]. New York: Random House, 1961.
- [8] 刘颂,赖思琪.大数据支持下的城市公共空间活力测度研究[J].风景园林,2019,26(5):24-28.
- [9] SAIRINEN R, KUMPULAINEN S. Assessing Social Impacts in Urban Waterfront Regeneration[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2006, 26(1): 120-135.
- [10] BADACH J, RASZEJA E. Developing a Framework for the Implementation of Landscape and Greenspace Indicators in Sustainable Urban Planning. Waterfront Landscape Management: Case Studies in Gdańsk, Poznań and Bristol[J]. Sustainability, 2019, 11(8): 2291.
- [11] HOYLE B. Global and Local Change on the Port - City Waterfront[J]. Geographical Review, 2000, 90(3): 395-417.
- [12] BREEN A, RIGBY D. The New Waterfront: A Worldwide Urban Success Story[M]. London: Thames and Hudson, 1996.
- [13] 张庭伟,冯晖,彭治权.城市滨水区设计与开发[M].上海:同济大学出版社,2002.
- [14] 张玉洋,孙雅婷,姚崇怀.空间句法在城市公园可达性研究中的应用:以武汉三环线内城市公园为例[J].中国园林,2019,35(11):92-96.
- [15] 都市研究会.水网城市[M].京都:学芸出版社,1987.
- [16] 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.
- [17] CHEUNG D M, TANG B. Social Order, Leisure, or Tourist Attraction? The Changing Planning Missions for Waterfront Space in Hong Kong[J]. Habitat International, 2015, 47: 231-240.
- [18] 金云峰,陈栋菲,王淳淳,等.公园城市思想下的城市公共开放空间内生活力营造途径探究[J].中国城市林业,2019(5):52-56.

图表来源 (Sources of Figures and Tables):

文中图表均由作者绘制,其中图1,3,4,6底图来源于国家测绘地理信息局,审图号为:JS(2016)01-115。

(编辑 / 王亚莺)