

影响活力分布特征的城市蓝绿空间耦合关键因素 ——基于上海市长宁区 130 个样本的研究

Key Factors of Urban Blue-Green Spatial Coupling that Impact on Vitality Distribution Characteristics: A Study Based on 130 Samples in Changning District, Shanghai

汪洁琼^{1,2,3} 柯楠¹ 潘晶⁴ 王敏^{1,2*}
WANG Jieqiong^{1,2,3} KE Nan¹ PAN Jing⁴ WANG Min^{1,2*}

(1.同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2.高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室(同济大学)水绿生态智能分实验中心, 上海 200092; 3.自然资源部大都市区国土空间生态修复工程技术创新中心, 上海 200003; 4.上海翳世景观设计咨询有限公司, 上海 200031)

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai, China, 200092; 2. ECO-SMART Lab Attached to Key Laboratory of Ecology and Energy-saving Study of Dense Habitat (Tongji University), Ministry of Education, Shanghai, China, 200092; 3. Innovation Center for Land Spatial Eco-restoration in Metropolitan Area, MNR, Shanghai, China, 200003; 4. Shanghai FISH Landscape Design Consultation Co., Ltd., Shanghai, China, 200031)

文章编号: 1000-0283(2023)12-0004-10
DOI: 10. 12193/j. laing. 2023. 12. 0004. 001
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2023-08-14
修回日期: 2023-10-25

汪洁琼

1981年生/女/上海人/博士/副教授、博士生导师/同济大学建筑与城市规划学院建成环境技术中心副主任, 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室(同济大学)水绿生态智能分实验中心联合创始人/自然资源部大都市区国土空间生态修复工程技术创新中心成员/研究方向为水绿生态智能、景观生态规划与设计、水生态、城市生态修复工程技术与设计

柯楠

1999年生/女/浙江绍兴人/在读硕士研究生/研究方向为数字景观与工程技术

王敏

1975年生/女/福建福州人/博士/景观学系副系主任、副教授、博士生导师/高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室(同济大学)水绿生态智能分实验中心联合创始人/研究方向为水绿空间生态系统服务、城市绿地与生态规划设计、韧性景观与城市可持续

摘要

城市蓝绿空间共同构成了高密度城区的生态本底, 作为其公共开放空间的组成部分, 共同维持着城市生态系统服务功能与城市活力, 是当前公园城市建设与城市高质量发展的重要抓手。针对以往城市建设中蓝绿割裂、各自为营, 蓝绿空间耦合发展的潜力难以释放的瓶颈问题, 构建城市蓝绿空间基本特征和耦合关系评价指标体系, 选取上海市长宁区 130 个蓝绿空间进行实证研究, 综合采用 LBS 大数据、田野调查、统计分析等手段, 阐明长宁区蓝绿空间活力时空分布特征; 通过蓝绿空间基本特征、蓝绿空间耦合关系的各项指标与蓝绿空间活力的相关性研究, 揭示影响城市蓝绿空间活力的关键因素。结果表明: (1) 水体对城市蓝绿空间的高活力存在显著促进作用; (2) 有水体的蓝绿空间活力具有一定的季节性变化特征; (3) 蓝绿边界长度、蓝绿边界形状指数和绿地包围的水体面积是促进蓝绿空间活力提升的关键因素, 而蓝绿破碎度对蓝绿空间活力存在负面影响; (4) 在小规模的城市蓝绿空间中, 蓝绿耦合关系对活力的影响最为显著。研究结论从活力提升角度为公园城市建设与城市高质量发展背景下的“蓝绿融合发展”提供一定的理论依据和技术支撑。

关键词

城市蓝绿空间; 蓝绿耦合; 基于位置的服务数据; 空间活力; 上海市长宁区

Abstract

Urban blue-green space constitutes the ecological background of high-density urban areas, as part of the city's public open space, maintaining the urban ecosystem service function and urban vitality, is an breakthrough point to the current construction of park cities and high-quality urban development. In view of the bottleneck problem that blue and green spaces are divided and worked separately in past urban construction, it is difficult to release the potential of the coupled development of blue and green spaces. The study constructs the basic characteristics of urban blue and green spaces and the evaluation index system of the coupling relationship and selects 130 blue and green spaces in the Changning District of Shanghai to conduct empirical research. The spatial and temporal distribution characteristics of blue-green spatial vitality in Changning District are elucidated by

基金项目:

国家自然科学基金“基于多重价值协同的城市绿地空间格局优化机制: 以上海大都市圈为例”(编号: 52178053); 自然资源部大都市区国土空间生态修复工程技术创新中心开放性项目“长三角一体化示范区水网复合生境质量智能评价及其修复技术”(编号: CXZX202304); 上海市住建委重点科研项目“公园城市蓝绿灰基础设施生态韧性复合关键技术研究与应用”(编号: 2023-Z02-005); 上海市2023年度“科技创新行动计划”软科学研究项目“公园城市目标下上海城市公园生态数字孪生技术创新与精细化管控策略”(编号: 23692106200)

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: wmin@tongji.edu.cn

comprehensively adopting LBS big data, field surveys, and statistical analyses. Through the correlation study of the basic characteristics of blue-green spaces, the indicators of blue-green space coupling relationship, and the vitality of blue-green spaces, the key indicators of urban blue-green space characteristics that affect the vitality are revealed. The results show that: (1) There is a significant promotion effect of water bodies on the high vitality of urban blue-green space. (2) The vitality of blue-green space with water bodies has specific seasonal change characteristics. (3) The length of the blue-green boundary, the shape index of the blue-green boundary, and the area of the water body surrounded by the green space are the key factors to promote the vitality of the blue-green space, and the degree of blue-green fragmentation harms the vitality of the blue-green space. (4) In the small-scaled urban blue-green spaces, the blue-green coupling relationship significantly affects vitality. The study's conclusions provide a theoretical basis and technical support for "blue-green integrated development" in the context of park city construction and urban quality development from the perspective of vitality enhancement.

Keywords

urban blue-green space; blue-green coupling; LBS data; space vitality; Changning District of Shanghai

城市蓝绿空间 (urban blue-green space) 是城市中以水体为主构成的“蓝色空间” (blue space) 与以公园、绿地为主构成的“绿色空间” (green space) 的集合^[1], 两者共同构成了城市生态系统的本底^[2-3], 但长期以来存在蓝、绿空间各自为营, 其耦合协调发展潜力难以释放的瓶颈问题。城市蓝绿空间作为城市公共开放空间的组成部分, 承载了城市居民的日常休闲活动, 发挥着重要的生态系统文化服务功能, 是城市活力的关键所在。研究城市蓝绿空间活力特征并识别影响其活力高低的主要因素是当前公园城市建设与城市高质量发展的重要抓手。当前全球气候变化及其引发的极端气候情况的增加^[4], 引发了对于如何协同考虑蓝绿空间关系的思考, 海绵城市^[5]、韧性城市^[6]等提升生态系统服务能级的策略与方法应运而生^[7]。当前中国国土空间规划体系改革强调全要素多过程的统筹协调和管控, “一张蓝图”必然兼顾“蓝色空间”“绿色空间”。缓解蓝绿割裂的博弈关系, 能够促进蓝绿空间相互增益 (win-win) 的耦合 (coupling) 关系^[8]。关于蓝绿空间的现有研究多集中在讨论概念、理论及类型, 以区域或市域的宏观视角居多, 从景观生态格局的角度切入, 探讨城市蓝绿空间布局的合理

性^[8-10]。其量化测度多借鉴于“蓝色空间”与“绿色空间”各自的评价体系, 蓝绿耦合关系评价指标体系的构建仍存在研究短板, 场地尺度蓝绿空间品质的研究较为缺乏。另外, 现有研究大多聚焦蓝绿系统关系对于雨洪韧性、气候调节等生态效益的影响^[11-12], 缺乏人本视角下蓝绿耦合情况与空间活力之间的相关性研究。

城市活力研究方面, 传统研究大多依赖于田野调查、问卷调查等数据获取方式来获得使用者视角下对于公共开放空间品质的评价^[13], 以此作为公共开放空间活力的个体表征。该类方法虽然获得信息更全面、更有针对性, 但存在耗时长、效率低、成本高等问题。随着智能手机与高质量移动网络的普及与发展, 手机数据的采集已具备良好的技术和社会基础^[14]。基于位置的服务 (Location Based Services, LBS) 数据既不影响受访者生活, 同时也可以简单快速地获取较为准确的定位数据, 从而获取大规模个体的实时活动特征^[15], 因此被广泛地应用于研究中。刘颂等^[16]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, 分析各类环境要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。已有研究已验证LBS数据在城市尺度上可以用于表征特定空间内的人群活跃程度^[17-19], 为更好刻画城市蓝绿空间活力特征提供了新技术手段。

鉴于此, 基于场地尺度, 以空间活力为抓手, 研究聚焦人本视角下的城市蓝绿空间并将其定义为公园绿地与城市中可供人群活动的滨水绿地及其附属水体的集合, 聚焦研究问题——促进城市蓝绿空间活力的蓝绿耦合特征关键性指标识别, 综合运用大数据等手段, 揭示影响活力的蓝绿基本特征和耦合关系并对其进行量化表征, 为城市市场地尺度蓝绿空间品质提升提供了新思路。研究梳理可能影响活力的城市蓝绿空间基本特征和耦合关系, 构建评价指标体系, 选取上海市长宁区130个蓝绿空间进行实证研究, 运用LBS数据对城市蓝绿空间活力进行测度, 阐明其时空分布特征, 采用统计分析方法, 进行城市蓝绿空间活力与各蓝绿评价指标之间的相关性研究, 从而得到影响活力的城市蓝绿空间耦合特征关键指标。研究在分析与评价长宁区城市蓝绿空间活力与蓝绿耦合关系的同时, 识别长宁区蓝绿空间发展存在的问题, 从活力提升的角度, 为公园城市建设与城市高质量发展背景下的“蓝绿融合发展”提供

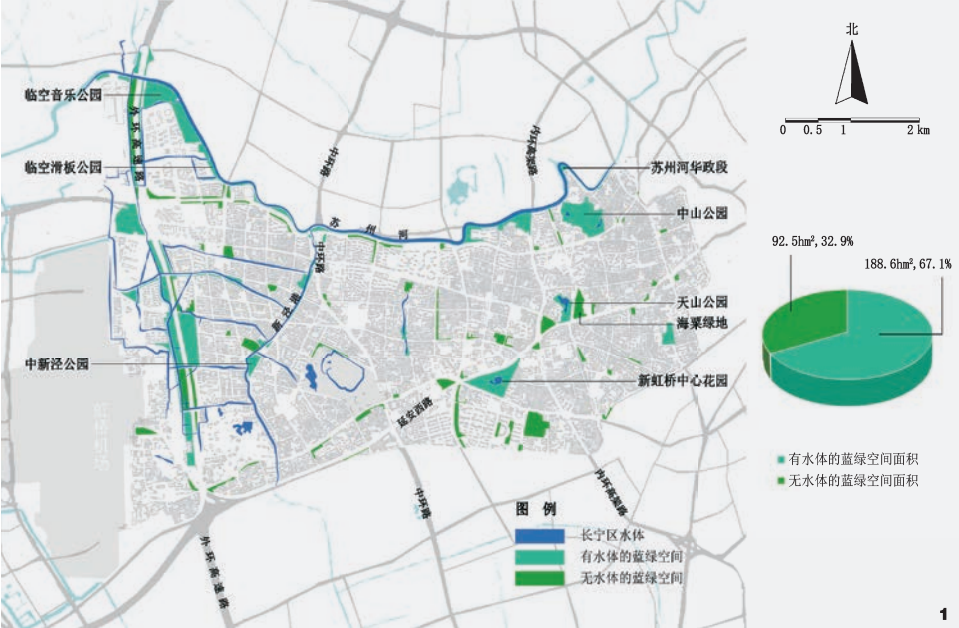


图1 上海市长宁区蓝绿空间
Fig. 1 Blue-green spaces in Changning District of Shanghai

一定的理论依据和技术支撑。

1 研究对象与数据采集

1.1 研究对象

由于LBS活力获取精度的限制, 研究选取上海市长宁区范围内面积大于0.3 hm²的蓝绿空间作为研究对象, 主要包括公园绿地与城市中可供人群活动的滨水绿地及其附属水体。其一, 公园绿地指以公园为主的对公众开放的、可以开展各类户外活动的绿地, 主要依据长宁区单元控制性详细规划所划定的公园绿地(G1), 但部分专类公园(G13)如上海动物园需收费进入, 活力特征具有特殊性, 故不作为研究对象。公园绿地中涉及中山公园、天山公园等含有完整内部水体的公园。其二, 长宁区外环线带虽然用地性质为防护绿地(G2), 但在实际调研中发现其不仅内部存在水体, 且兼具一定的游憩功能, 符合本研究中对城市蓝绿空间的定义, 故也纳

入研究对象。其三, 滨水绿地主要涉及水体到一侧的第一条市政道路之间的蓝绿空间, 单侧滨水绿地的附属水体以河道中心线为界。长宁区北临苏州河, 拥有11.2 km完整且贯通的城市滨河岸线, 其内部现状河流水系丰富, 河道间距较为均匀, 网络清晰分明, 水系结构可概括为“两纵七横”: “两纵”即长宁区内主要的两大规划南北向干河——外环西河和新泾港; “七横”即由北向南的纵泾港、朱家浜、新渔浦、周家浜、陆家浜、午潮港、北夏家浜7条东西向河道。

研究得到长宁区内面积大于0.3 hm²蓝绿空间共计130处, 总面积约281.1 hm²。依据蓝绿空间是否有水体对研究对象进行重分类, 其中有水体的蓝绿空间包括滨水绿地和内部含有水体的公园绿地(图1)。长宁区现状有水体的蓝绿空间共计62处, 总面积约188.6 hm², 占蓝绿空间总面积的67.1%; 不含水体的蓝绿空间共计68处, 总面积约92.5 hm²,

占蓝绿空间总面积的32.9%。

1.2 数据采集与类型

研究采集的数据包含基于开源地图和高德地图的绿地和水体、土地利用、卫星遥感影像, 以及基于LBS的行为数据。LBS数据是桌面端和移动端应用用户使用过程中产生的过程数据, 能够反映在某一时刻、一定空间范围内的人口数量^[20]。研究采用上海市郊环内手机LBS数据, 数据采集点呈均匀点阵分布, 网格密度为100 m。研究基于ArcGIS平台, 利用各数据采集点建立100 m×100 m的空间栅格并对其进行活力赋值。以长宁区各蓝绿空间边界为裁剪范围, 以空间范围是否覆盖格栅1/2以上的面积为判断依据, 通过计算各蓝绿空间所覆盖的栅格活力之和表征蓝绿空间的总活力。

为保证研究结果的准确性, 多维度体现长宁区蓝绿空间活力的时空分布特征。研究在LBS数据的时间选择上综合考虑了季节、工作日、周末、节假日等因素对于活力的影响(表1)。在计算蓝绿空间总活力时, 选取2020-2021年四季中各自天气条件较为适宜出行的一周以及2020年国庆假期前三天来计算活力均值, 以得到长宁区蓝绿空间范围内的时空活力分布。

2 研究方法

2.1 研究路径

(1) 通过文献爬梳, 从蓝绿耦合关系视角, 构建可能影响活力的城市蓝绿空间品质量化评价体系; (2) 基于开源地图和高德地图的绿地和水体、土地利用和卫星遥感影像, 对长宁区各蓝绿空间特征进行识别和制图, 并在此基础上计算各个空间的蓝绿耦合的程度; (3) 利用LBS数据, 通过计算均值的方式得到长宁区各蓝绿空间的总活力值和分季节

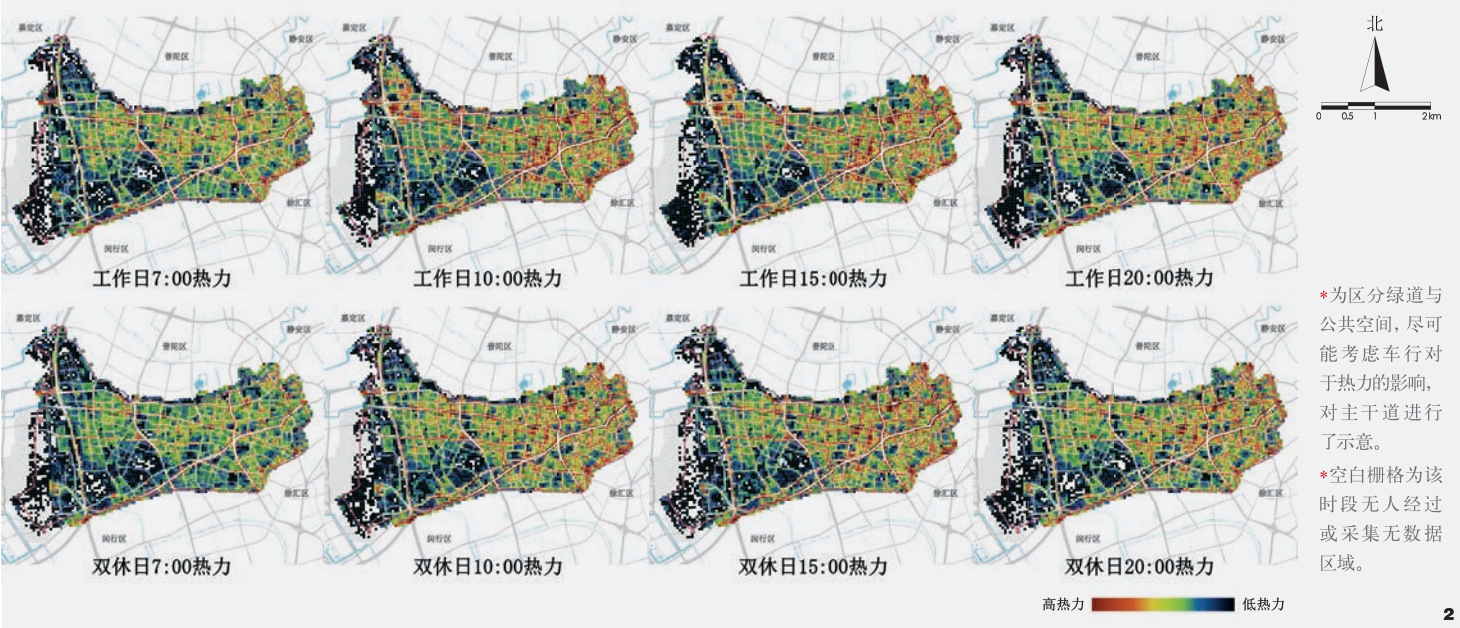


图2 长宁区城市蓝绿空间时空活力总体分布
Fig. 2 Distribution of overall spatio-temporal vitality in Changning District

活力值，从而分析得到长宁区蓝绿空间活力的时空分布特征；(4) 利用SPSS分析蓝绿空间活力与各评价因子间的相关性，得到影响活力分布特征的城市蓝绿空间关键因素。

2.2 城市蓝绿空间耦合关系评价指标建立

在爬梳城市蓝绿空间相关研究的基础上，首先确立蓝绿空间面积(A)、绿化覆盖率

(C) 和水体总面积(a_g) 为可能影响活力的三个蓝绿基本特征。由于目前对于场地尺度城市蓝绿空间耦合关系的相关研究较为缺乏，尚无统一的量化标准。为了评价蓝色空间与绿色空间的关系与耦合程度，研究综合考量了长宁区各蓝绿空间的蓝绿耦合差异，从蓝绿边界关系、蓝绿空间关系和滨水空间可达性三个维度，选取蓝绿边界长度(L_b)、蓝

绿边界形状指数(Sl_w)、绿地包围的水体面积(a_g)、蓝绿面积比(AR)、蓝绿融合度(lD)、蓝色空间破碎度(C_l)、滨水空间平均可达距离(DI_{avg})、滨水岸线最短可达距离(DI_{min}) 共8个指标，量化表征各研究对象内部的蓝绿耦合关系(表2)。在计算各项指标时，考虑到LBS数据的采集时间为2020-2021年间，为避免活力与绿地现状之间时空不匹配的问题，通过人工复核的方式对部分已经改造更新完成的蓝绿空间指标数据进行校准还原。

表1 LBS活力数据及其基本信息
Tab. 1 Basic information of LBS vitality data

活力时段 Different vitality	选择日期 Date selection	天气条件 Weather
春季活力	2021年3月15—21日	最低温度5℃，最高温度24℃；共计7天，其中1天有雨，基本适宜出行
夏季活力	2021年6月21—27日	最低温度22℃，最高温度33℃；共计7天，其中1天有雨，基本适宜出行
秋季活力	2021年9月6—12日	最低温度20℃，最高温度32℃；共计7天，其中0天有雨，适宜出行
冬季活力	2020年12月7—13日	最低温度1℃，最高温度14℃；共计7天，其中1天有雨，基本适宜出行
节假日活力	2020年10月1—3日	最低温度20℃，最高温度28℃；共计3天，其中1天有雨，基本适宜出行

3 结果

3.1 基于LBS的长宁区蓝绿空间时空活力特征

3.1.1 城市蓝绿空间时空活力特征总体趋势

长宁区活力总体分布呈现西冷东热的趋势，围绕新虹桥中心花园、延天绿地、天山公园周边形成活力中心(图2)。东部以天山路街道为核心，仙霞新村街道、虹桥街道、华阳路街道、江苏路街道、周家桥街道、新

表2 城市蓝绿空间评价指标体系
Tab. 2 Urban blue-green space evaluation indicator system

指标名称 Indicators name		指标含义 Indicators' meaning	计算说明 Calculation illustration	取值范围 Range	参考文献 Reference
蓝绿空间基本特征	面积 (A_i)	蓝绿空间总面积 (m^2)	—	不限	[9]
	绿化覆盖率 (C)	蓝绿空间内全部绿化覆盖面积与选区总面积比例	$C=c_g/A_i$ 其中: c_g 为蓝绿空间 <i>i</i> 绿化覆盖面积之和 (m^2), A_i 为蓝绿空间 <i>i</i> 的总面积 (m^2)	0~1	[21]
	水体总面积 (a_g)	蓝绿空间内水体面积总和	$a_g=a_{ig}+a_{ri}$ 其中: a_{ig} 为蓝绿空间 <i>i</i> 内部湖泊、河流面积之和 (m^2), a_{ri} 为蓝绿空间相邻河道面积的1/2 (m^2)	不限	[21]
	蓝绿边界长度 (L_w)	蓝绿空间内滨水岸线长度之和	—	不限	[21]
	蓝绿边界关系 蓝绿边界形状指数 (SI_w)	岸线长度与相同面积且形状为圆形的水体周长的比值	$SI_w=\frac{L_w}{2\times\sqrt{\pi\times A_g}}$ 其中: L_w 为蓝绿空间 <i>i</i> 的岸线长度 (m), A_g 为水体总面积 (m^2)	≥ 1	[11]
蓝绿空间耦合关系	绿地包围的水体面积 (a_{ig})	蓝绿空间内部湖泊、河流面积之和	—	不限	[21]
	蓝绿面积比 (AR)	空间单元中水体面积与绿地面积的比值	$AR=a_g/A_i$ 其中: a_g 为蓝绿空间 <i>i</i> 内水体总面积 (m^2), A_i 为蓝绿空间 <i>i</i> 的总面积 (m^2)	0~1	[12]
	蓝绿融合度 (ID)	城市水生生态系统和陆生生态系统的衔接和过渡	$ID=A_{wg}/A_i$ 其中: ID 为蓝绿空间 <i>i</i> 的蓝绿融合度, A_{wg} 为蓝绿空间 <i>i</i> 中与水体相邻的绿地面积, A_i 为蓝绿空间 <i>i</i> 的总面积	0~1	[12]
	蓝绿破碎度 (C_i)	蓝色空间在各蓝绿空间内部的破碎度	$C_i=N_i/A_i$ 其中: C_i 为蓝绿空间 <i>i</i> 的蓝绿破碎度, N_i 为蓝绿空间 <i>i</i> 内部的蓝色斑块数, A_i 为蓝绿空间 <i>i</i> 的总面积	0~1	[12]
	滨水空间可达性 滨水空间平均可达距离 (DI_{avg})	蓝绿空间各入口到达最近滨水空间的平均距离	$DI_{avg}=A_i/L$ 其中: A_i 为蓝绿空间 <i>i</i> 的总面积, L 为蓝绿空间内滨水岸线长度之和	不限	[22]
	滨水空间最短可达距离 (DI_{min})	蓝绿空间各入口到达最近滨水空间的最短距离	—	不限	[22]

华路街道形成活力较高的生活圈组团，从而带动周边绿地增活。西部新泾镇街道的外环西河与北翟路交汇处周边活力相对较高，苏州河沿线活力较低；北新泾街道在新泾港周边形成高活力片区；程家桥街道内部少绿地水体，整体活力较低。

3.1.2 水体对城市蓝绿空间活力的影响

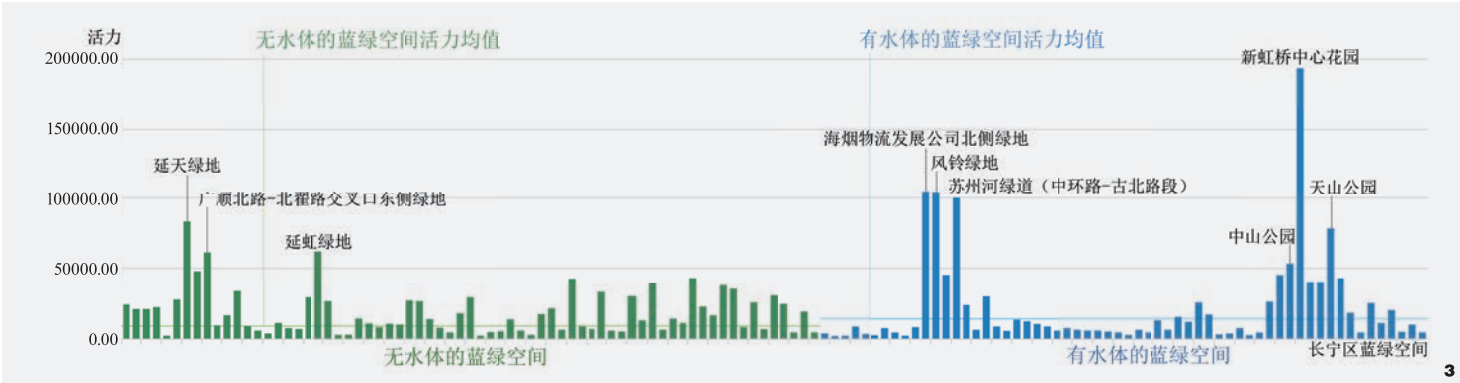
图3显示了有无水体对城市蓝绿空间热力

的影响。62处有水体的城市蓝绿空间活力与69处无水体的城市蓝绿空间相比，在最高值和平均值上均有显著优势，证明了水体对蓝绿空间活力存在显著的促进作用，这与民众“向水”、亲水的需求是相符合的^[23]。但从具体的活力分布来看，长宁区有水体的蓝绿空间活力两极分化，其活力中位数低于无水体的蓝绿空间活力中位数，这说明对于有水体的蓝绿空间的重视有待提升，目前未能完全激活滨

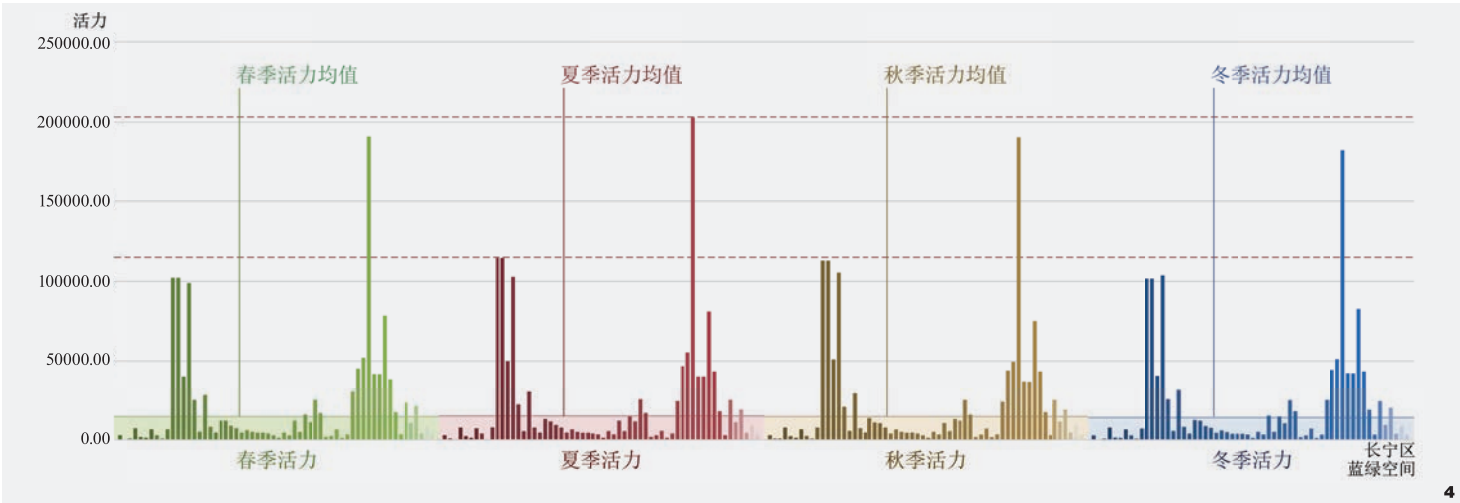
水绿地潜力，建设上存在发展不平衡的问题。

3.1.3 城市蓝绿空间四季活力比较

长宁区有水体的蓝绿空间活力具有季节性变化的特征（图4）。区内蓝绿空间冷热点整体随四季变化较小，尤其东侧高密度建成区内蓝绿空间的活力基本不受季节影响。含水体的蓝绿空间活力随四季变化有一定规律，其中夏季最高，春秋季节次之，冬季活力最



3



4

图3 长宁区130个蓝绿空间活力统计直方图
Fig. 3 Histogram of the vitality statistics of 130 blue-green spaces in Changning District

图4 长宁区62处含水体的蓝绿空间四季活力直方图
Fig. 4 Histogram of seasonal vitality of 62 blue-green spaces with water bodies in Changning District

低。从微气候调节的角度来说，水体作为城市中主要的生态冷源之一，具有降温、增湿、局地环流的作用，可以有效缓解热岛效应^[24]。夏季天气炎热，该优势对于人群的吸引力更为突出。水体的冷岛效应在冬季存在一定劣势，不利于活力的提升。设计上可以通过增加落叶树种配比的方式增加滨水空间冬季日照，从而促进滨水空间冬季增活。

3.2 长宁区蓝绿空间耦合关系分布特征

本节针对62处含有水体的蓝绿空间进行蓝绿空间耦合关系研究(图5)，因为不含水

体的蓝绿空间在蓝绿耦合的各项指标上均表现为最差值，不存在讨论的意义和价值。长宁区含水体的蓝绿空间依据与水体的关系可分为两大类：一类是依托于苏州河、外环西河、周家浜、新泾港等城市河道的滨水绿地，另一类是中山公园、天山公园等含有内部水体的公园绿地。

3.2.1 蓝绿边界差异

蓝绿边界差异指标包括蓝绿边界长度(图5-a)和蓝绿边界形状指数(图5-b)。长宁区范围内蓝绿空间的蓝绿边界长度与蓝绿

边界形状指数呈相关性分布。岸线越长，蓝绿边界越复杂，岸线越曲折变化。在长宁区的河道水系统中，苏州河的岸线最为曲折，因此苏河沿岸的滨水绿地蓝绿边界形状指数最高；在含有内部水体的公园绿地中，又以中山公园和天山公园的蓝绿边界关系最佳，蓝绿耦合程度高。

3.2.2 蓝绿空间关系差异

蓝绿空间关系差异指标包括绿地包围的水体面积(图5-c)、蓝绿面积比(图5-d)、蓝绿融合度(图5-e)和蓝绿破碎度(图5-f)，内

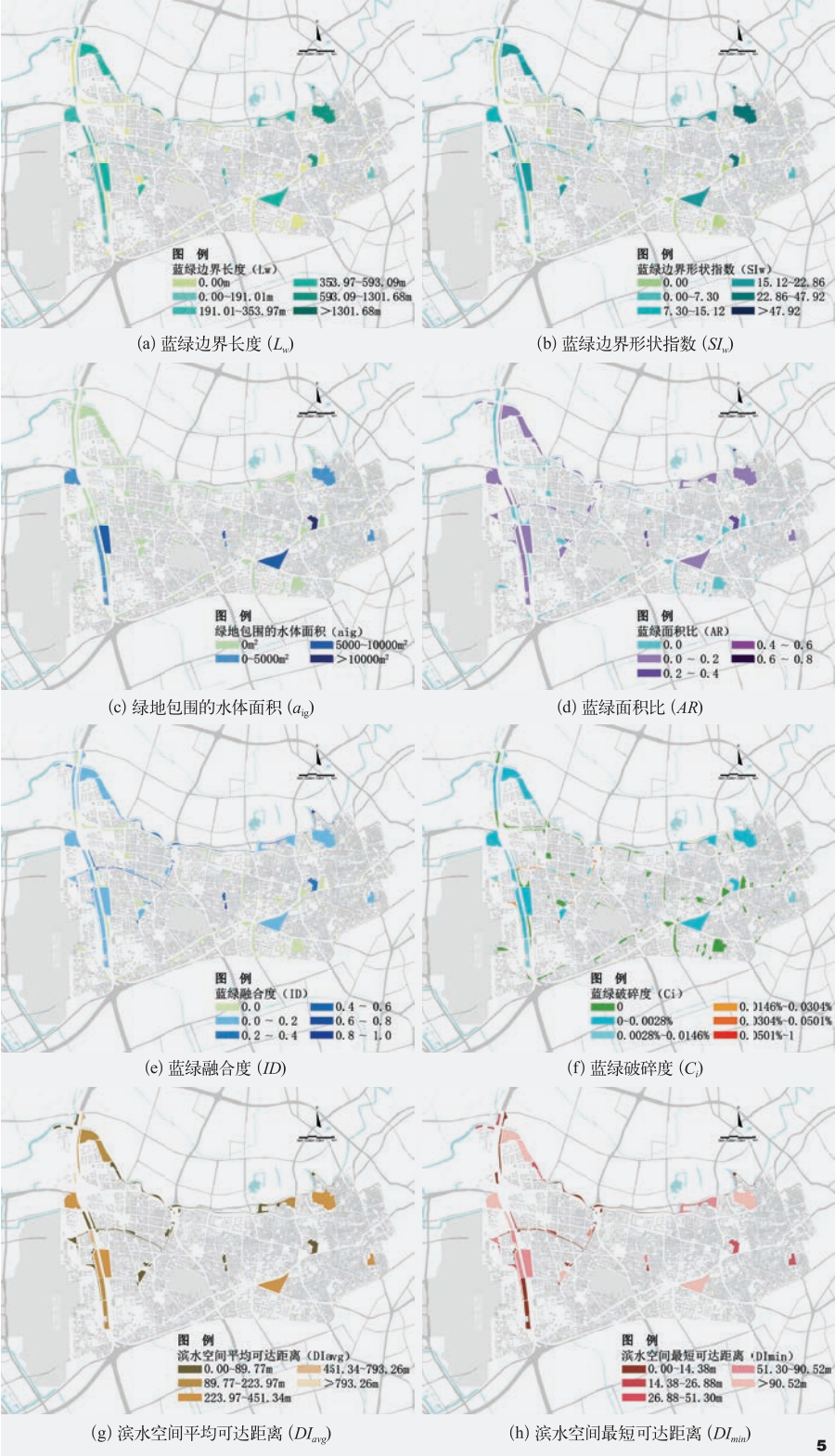


图5 长宁区蓝绿耦合关系空间分布特征
Fig. 5 Characteristics of spatial distribution of blue-green coupling relationship in Changning District

部含水体的公园绿地的蓝绿关系整体优于滨水绿地。(1) 绿地包围的水体面积方面, 长宁区内部含水体的蓝绿空间以综合型公园 (G11) 和社区型公园 (G12) 为主。其中, 天山公园、仙霞公园、水霞公园现状内部水体面积较大, 蓝绿耦合关系较好。(2) 蓝绿面积比和蓝绿融合度在空间上强相关, 滨水绿地和含有内部水体的公园绿地之间差别不大。其中苏州河、新泾港、周家浜滨水带较窄, 在蓝绿融合度上最具优势。相比于大型公园绿地, 天山公园、仙霞公园等中小型含有水体的公园蓝绿融合度更高。(3) 蓝绿破碎度具有空间分布上的特殊性。对比来看, 含有内部水体的公园绿地蓝绿面积比和蓝绿融合度较高且蓝绿破碎度低, 蓝绿耦合关系较好。城市河道的滨水绿地虽然在蓝绿面积比和蓝绿融合度上存在优势, 但在周家浜、新泾港沿岸局部存在蓝绿破碎度高的风险。分析原因发现上述河道沿岸受用地影响, 沿岸多处被地块或道路所割裂, 破碎化程度高, 不利于河道沿岸的蓝绿空间协同发展。

3.2.3 滨水空间可达性

滨水空间可达性指标包括滨水空间平均可达距离 (图5-g) 和滨水空间最近可达距离 (图5-h)。总体来说, 滨水绿地的水体可达性优于含有内部水体的公园绿地。尽管两者在平均可达距离层面上相差不大, 但滨水绿地边界开放度更高, 游赏动线更灵活, 在滨水空间最短可达距离上更具有优势。

4 讨论

4.1 影响有水体的城市蓝绿空间活力的关键因素

长宁区不含水体的蓝绿空间占长宁区蓝绿空间总数的52.3%。该类空间活力值差异较

大，但蓝绿特征指标得分较低且分值缺乏区分度。对于这类空间来说，蓝绿空间品质并非空间活力的主要影响因素。因此，运用SPSS分析62处含水体的城市蓝绿空间活力与蓝绿耦合关系之间的相关性(表3)，对象主要包括了含水体的公园和毗邻河流的绿地空间。

研究发现主要包括三个方面：(1) 蓝绿空间面积(A)和水体总面积(a_g)均对蓝绿空间活力有显著的促进作用。绿地面积越大，水体总面积越大，蓝绿空间活力值越高。(2) 在8个表征蓝绿空间耦合关系的指

标中有4个指标——蓝绿边界长度(L_w)、蓝绿边界形状指数(SI_w)、绿地包围的水体面积(a_{ig})、蓝绿破碎度(C_i)均能显著影响蓝绿空间活力。其中，蓝绿边界的长度和形状复杂程度都会对城市蓝绿空间活力起到正向的促进作用。蓝绿边界作为公众接触水体的重要媒介，不仅在视觉上具有关键性的引导作用，其丰富度也影响了公众对蓝绿空间的感知程度。长且曲折的蓝绿边界对公众更有吸引力。蓝绿空间内部水体和外部水体共同构成了促进蓝绿空间活力的关键要素，绿地包围的水

体面积(a_g)也会显著促进蓝绿空间增活。蓝绿破碎度(C_i)对于蓝绿空间活力促进具有显著的副作用。相比于多个小水面，单一完整的大水面或是成段连续的滨河空间更加吸引公众，能提高活力。

4.2 不同规模的城市蓝绿空间耦合特征对活力的影响

由相关性分析可知，蓝绿空间面积(A)是绿地活力的重要影响因素。进一步分析城市蓝绿活力是否与蓝绿空间规模相关(表4)

表3 有水体的蓝绿空间活力与蓝绿耦合关系的相关性分析表
Tab. 3 Correlation analysis of the vitality of blue-green spaces with water bodies and their coupling relationships

蓝绿空间评价指标 Indicators for the evaluation of blue-green space		蓝绿空间活力 Blue-green space vitality	
蓝绿空间基本特征	面积 (A_i)	0.446**	
	绿化覆盖率 (C)	-0.044	
	水体总面积 (a_g)	0.629**	
蓝绿空间耦合关系	蓝绿边界关系	蓝绿边界长度 (L_w)	0.458**
		蓝绿边界形状指数 (SI_w)	0.455**
		绿地包围的水体面积 (a_{ig})	0.557**
	蓝绿空间关系	蓝绿面积比 (AR)	0.022
		蓝绿融合度 (ID)	-0.009
		蓝绿破碎度 (C_i)	-0.304*
	滨水空间可达性	滨水空间平均可达距离 (DI_{avg})	0.078
		滨水空间最短可达距离 (DI_{min})	0.138

注：*表示p<0.05，**表示p<0.01。

表4 不同规模城市蓝绿空间活力与蓝绿空间耦合关系与的相关性分析
Tab. 4 Correlation analysis of different size urban blue-green spatial vitality and their coupling relationship

蓝绿空间耦合关系 Blue-green spatial relationship		小型蓝绿空间活力 Small-scale blue-green space dynamics	中型蓝绿空间活力 Medium-scale blue-green space dynamics	大型蓝绿空间活力 Large-scale blue-green space dynamics
蓝绿边界关系	蓝绿边界长度 (L_w)	0.615**	0.555*	0.392
	蓝绿边界形状指数 (SI_w)	0.587**	0.554*	0.382
	绿地包围的水体面积 (a_{ig})	0.099	-0.046	0.689**
蓝绿空间关系	蓝绿面积比 (AR)	0.631**	0.449	0.324
	蓝绿融合度 (ID)	0.635**	0.517*	0.190
	蓝绿破碎度 (C_i)	-0.037	0.189	-0.375
滨水空间可达性	滨水空间平均可达距离 (DI_{avg})	-0.146	-0.221	-0.097
	滨水空间最短可达距离 (DI_{min})	-0.220	-0.540*	-0.011

注：*表示p<0.05，**表示p<0.01。

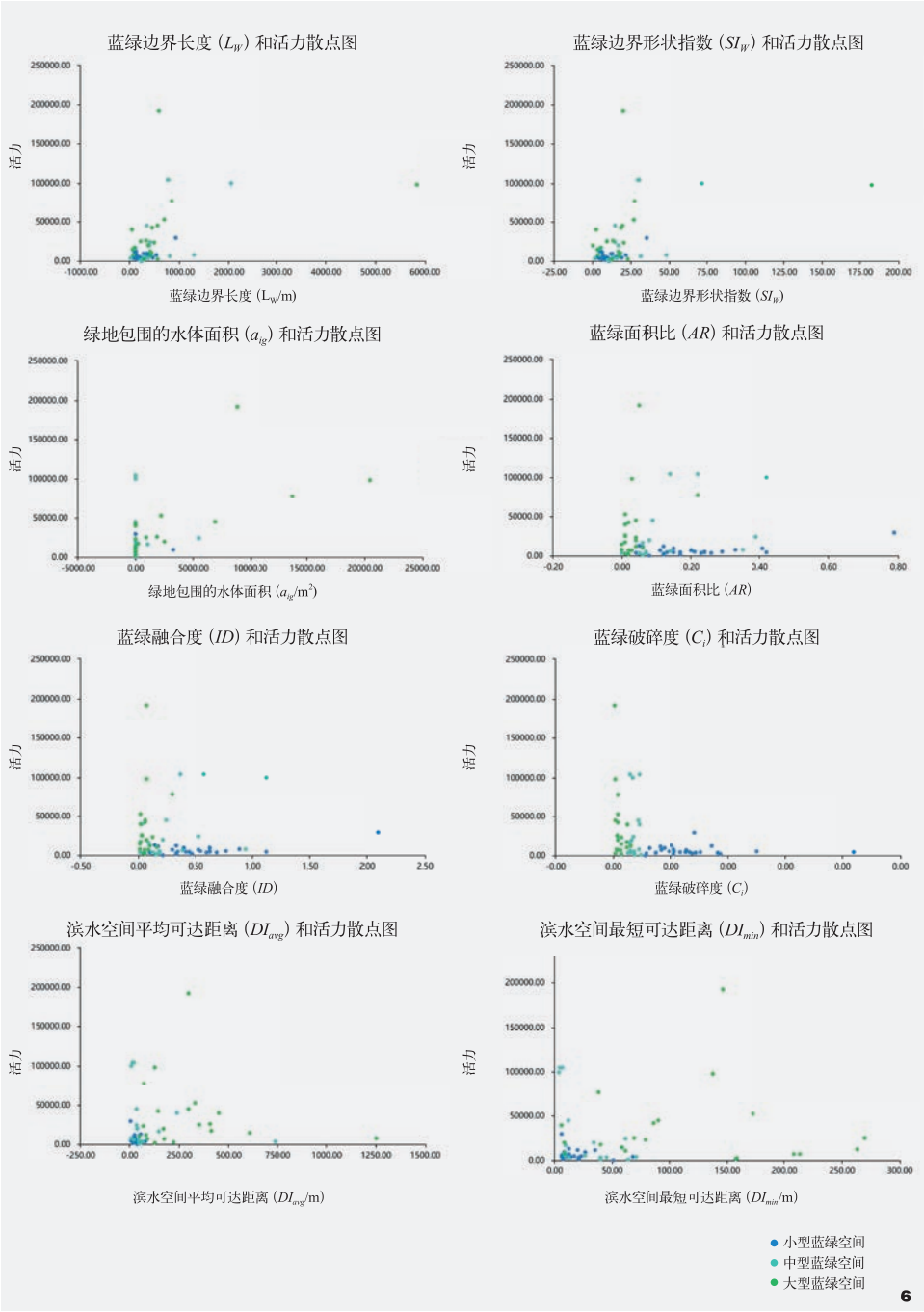


图6 不同规模的城市蓝绿空间耦合特征与活力的散点图
Fig. 6 Scatter plots of different size blue-green coupling relationship and their spatial vitality

发现，在小尺度城市蓝绿空间中，蓝绿耦合关系对活力的影响更为显著。研究以1 hm²和2 hm²为蓝绿空间规模划分依据，将长宁区蓝

绿空间分为小型、中型和大型蓝绿空间三类进行讨论。以蓝绿空间活力—蓝绿耦合关系为x、y轴绘制散点图（图6），发现不同尺度

的城市蓝绿空间分别受到不同因子主导，在活力分布上呈现出不同的变化趋势。

（1）小型蓝绿空间：蓝绿空间耦合关系对活力的影响在小尺度城市蓝绿空间中表征更为显著。对于面积在0.3 ~ 1 hm²的城市蓝绿空间，蓝绿边界长度（ L_w ）、蓝绿边界形状指数（ SI_w ）、蓝绿面积比（ AR ）和蓝绿融合度（ ID ）均对空间活力具有显著的促进作用。

（2）中型蓝绿空间：对于面积在1 ~ 2 hm²的城市蓝绿空间，蓝绿耦合关系对活力依然存在影响。蓝绿面积比在该规模下不再对活力具有促进作用，滨水空间最短可达距离（ DI_{min} ）对活力具有负面作用。

（3）大型蓝绿空间：对于面积大于2 hm²的城市蓝绿空间，仅绿地包围的水体面积（ a_g ）会对蓝绿空间活力起到促进作用。该类蓝绿空间规模较大，水体只是其中的一个景观要素，故蓝绿耦合关系并非影响该类空间活力的主导因素。对于该类蓝绿空间的品质提升，未来可以进一步考虑支持型、文化型生态系统服务效能对于城市大型蓝绿空间活力的影响。

5 结论与不足

针对城市蓝绿空间存在蓝、绿空间各自为营，其耦合协调发展潜力难以释放，现状研究存在缺少场地尺度、耦合关系评价标准匮乏等问题，研究从场地尺度聚焦城市蓝绿空间，提出通过改善蓝绿耦合关系以促进空间活力的设想，旨在厘清提高城市蓝绿空间活力的蓝绿耦合关系的研究思路。选取上海市长宁区蓝绿空间进行实证研究，从活力提升角度，构建适用于量化评价城市蓝绿空间基本特征、城市蓝绿空间耦合关系的评价指标体系。研究利用LBS数据表征各蓝绿空间的活力高低，验证了水体对蓝

绿空间活力存在显著的促进作用, 并进一步发现长宁区有水体的蓝绿空间活力具有季节性变化的特征。通过分析蓝绿空间活力与蓝绿耦合关系之间的相关性, 发现蓝绿边界长度 (L_w)、蓝绿边界形状指数 (S_w)、绿地包围的水体面积 (a_g) 均对蓝绿空间活力有显著的促进作用, 蓝绿破碎度 (C_i) 对于蓝绿空间活力具有显著的副作用。在小尺度城市蓝绿空间中, 蓝绿耦合关系对活力的影响更为显著。

经过实证, 研究发现上海市长宁区蓝绿空间现状存在滨水空间重视不足、活力待激发的问题。为有效提升蓝绿空间品质, 促进空间增活, 研究进一步从规划和设计层面提出优化策略。(1) 规划层面: 转变滨水空间开发模式。由以地块为开发单元、滨水空间为附属空间的开发模式向以水体为主导、滨水带一体化设计的开发模式转变。(2) 设计层面: 重视水体在城市蓝绿空间中的正向作用。一方面, 城市蓝绿空间中完整的大水面较为难得, 应加强对大片水体的完整保护与利用; 另一方面, 滨水岸线是提高城市蓝绿空间活力的关键, 在不破坏滨水带完整性的基础上, 可以适当提高岸线曲折度以丰富滨水空间。

研究是从蓝绿耦合关系视角对蓝绿空间活力的一次探讨, 存在一定的局限性: (1) LBS数据精度有限, 100 m栅格尺度下对于小型城市蓝绿空间的活力测度准确性存在不足; (2) 未考虑在实际情况中, 可达性、城乡梯度、周边用地情况等周边环境可能对空间活力产生的影响, 需要在未来的研究中进一步完善。但研究结论在公园城市建设与城市高质量发展背景下的“蓝绿融合发展”的目标下, 为场地尺度蓝绿空间激活提供了一定的理论依据和技术支撑。

注: 文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] BOLUND P, HUNHAMMAR S. Ecosystem Services in Urban Areas[J]. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 293-301.
- [2] 袁旻洋, 张佳琦, 汤思琪, 等. 基于文献计量分析的城市蓝绿空间生态效益研究综述与展望[J]. *园林*, 2023, 40(4): 59-67.
- [3] 焦香香, 张饮江, 刘小梅, 等. 上海典型河湖水系蓝绿空间指标体系构建及融合度评价[J]. *长江流域资源与环境*, 2023, 32(5): 995-1004.
- [4] 陈思清, 汪洁琼, 王南. 融合景观连通性的城镇规划与生物多样性生态服务效能优化[J]. *风景园林*, 2017(1): 66-81.
- [5] 汪洁琼, 彭唤雨, 卓承学, 等. 海绵社区生态服务综合效能的雷达图评价模型: 墨尔本斯坦福社区的实证研究[J]. *中国城市林业*, 2016, 14(4): 28-33.
- [6] 李彤羽. 韧性城市研究新进展[J]. *国际城市规划*, 2017, 32(5): 15-25.
- [7] RÖLFFER L, CELLIERIS L, ABSON D J. Resilience and Coastal Governance: Knowledge and Navigation Between Stability and Transformation[J]. *Ecology and Society*, 2022, 27(2): 40.
- [8] 屈子雅, 张青萍, 张瑞, 等. 基于双重绩效的城市蓝绿空间布局优化研究——以上海市普陀区为例[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2023(03): 1-10.
- [9] 禹佳宁, 周燕, 王雪原, 等. 城市蓝绿景观格局对雨洪调蓄功能的影响[J]. *风景园林*, 2021, 28(9): 63-67.
- [10] 王敏, 宋昊洋, 朱雯, 等. 国土空间规划背景下城市水网空间近自然修复规划策略与实践——以江苏省太仓市为例[J]. *风景园林*, 2022, 29(12): 36-42.
- [11] 赵海月, 胡森, 朱建宁, 等. 高密度中心城区蓝绿空间的冷岛效应及其影响因素研究——以北京五环路以内地区为例[J]. *生态学报*, 2023(12): 1-16.
- [12] 汪洁琼, 沈桐羽, 王敏, 等. 应对雨洪挑战的城市滨水码头区蓝绿空间耦合设计研究[J]. *园林*, 2023, 40(3): 47-54.
- [13] 陈玉洁, 袁媛, 周钰荃, 等. 蓝绿空间暴露对老年人健康的邻里影响——以广州市为例[J]. *地理科学*, 2020, 40(10): 1679-1687.
- [14] 戴明, 程蓉, 李萌, 等. 城市更新背景下“15分钟社区生活圈”的上海探索[J]. *中国土地*, 2022(09): 14-17.
- [15] 邓晶, 胡刚钰, 黄建中, 等. 基于多源数据的中小城市居民出行特征分析方法研究——以三河市为例[C]// 绿色·智慧·融合——2021/2022年中国城市交通规划年会论文集. 中国城市规划学会城市交通规划学术委员会, 2022: 3111-3123.
- [16] 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.
- [17] 钮心毅, 李志鹏. 基于居民活动特征的上海郊区城镇圈空间组织研究[J]. *上海城市规划*, 2022(1): 80-86.
- [18] 钮心毅, 康宁. 上海郊野公园游客活动时空特征及其影响因素——基于手机信令数据的研究[J]. *中国园林*, 2021, 37(8): 39-43.
- [19] 葛岩, 叶宇, 胡浩, 等. 新城市科学支持下的人本尺度“城市双修”实践——以开封为例[J]. *城市建筑*, 2019, 16(19): 118-127.
- [20] 赵鹏军, 曹毓书. 基于多源LBS数据的居住平衡对比研究——以北京城区为例[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2018, 54(6): 1290-1302.
- [21] 黄铎, 易芳蓉, 汪思哲, 等. 国土空间规划中蓝绿空间模式与指标体系研究[J]. *城市规划*, 2022, 46(1): 18-31.
- [22] 周燕, 刘梦瑶, 杨柳璐, 等. 小微蓝绿空间特征对居民不同类型社会交往的影响——以武汉市东湖绿道为例[J]. *园林*, 2022, 39(10): 87-94.
- [23] 王斐, 赵渺希. 城市滨水空间的活力测度及影响因素检验[J]. *中国园林*, 2023, 39(3): 66-71.
- [24] 张雅妮, 殷实, 肖毅强. 气候适应性视角下的河道空间城市设计评价和策略研究——以广州市荔枝湾涌改造一期工程为例[J]. *西部人居环境学刊*, 2018, 33(3): 73-79.