

# 海口世纪公园空间特征与体力活动关系研究

李清云<sup>1</sup> <sup>#</sup>, 肖亦敏<sup>1\*</sup>, 蔡嘉明<sup>1</sup>, 许睿琦<sup>1</sup>, 王韞镭<sup>2</sup>, 陈波<sup>1</sup>

(1. 浙江广厦建设职业技术大学 城乡建设学院, 浙江 东阳 322100 中国; 2. 中国热带农业科学院 香料饮料研究所, 海南 万宁 571533 中国)

**摘要:** 滨水公园作为激发居民体力活动的关键载体, 其空间特征的健康效应在热带滨海地区亟待深化研究。本研究以海口市典型滨海公园世纪公园为研究对象, 综合运用空间句法分析与行为观测法, 从空间组织特征(整合度、连接度)和形态特征(可进入面积、形状指数)两个维度, 分析其与体力活动(包括锻炼类和休闲类)密度的相关性。结果表明: 1) 傍晚时段, 体力活动在各空间表现出较为明显的分异特征; 2) 空间组织特征显著促进活动密度(整合度相关系数为 0.76, 连接度相关系数为 0.68), 其中整合度贡献率占比达 63.2%; 3) 空间形态特征(面积、形状指数)与活动密度无显著相关性( $P>0.05$ ), 证实人群聚集更受拓扑关系而非几何属性支配。建议通过重点提升关键节点与路径的空间可达性(连接度与整合度)、优化核心空间功能复合性与舒适性、改善边缘空间连接性, 植入差异化场景分流压力, 构建支持体力活动的热带气候适应性城市滨海公园环境。

**关键词:** 体力活动; 热带; 公园; 空间特征; 相关性分析

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1674-7054(2026)02-0347-08

李清云, 肖亦敏, 蔡嘉明, 等. 海口世纪公园空间特征与体力活动关系研究[J]. 热带生物学报(中英文), 2026, 17(2): 347–354. DOI: 10.15886/j.cnki.rds wxb.20250091 CSTR: 32425.14.j.cnki.rds wxb.20250091



在全球城市化进程加速与健康中国战略推进的双重背景下, 城市公共空间的健康促进功能已成为城乡规划研究的核心议题。世界卫生组织最新报告指出, 全球约 27% 的成年人存在体力活动不足的问题<sup>[1]</sup>, 而城市建成环境被确认为影响居民活动行为的关键外部因素<sup>[2]</sup>。滨水公园凭借其独特的亲水环境与复合功能, 成为激发居民体力活动的重要载体<sup>[3]</sup>。当前研究在空间特征与体力活动的关联机制上已形成三项共识: 其一, 空间拓扑特征(如整合度与连接度)通过可达性显著影响活动分布, 高整合度区域可提升活动密度达 40%<sup>[4-6]</sup>; 其二, 空间形态特征(如可进入面积与形状指数)对活动强度的直接作用较弱, 其效应需结合功能布局方能显现<sup>[7-9]</sup>; 其三, 气候适应性设计存在地域分异, 温带滨水空间强调景观视野主导性<sup>[10]</sup>, 而热带环境则证实遮阴覆盖率与通风效率对活动持续性具有决定性影响<sup>[11]</sup>。然而, 既有研究仍存在显著局

限, 约 78% 的滨水空间研究聚焦温带城市<sup>[12]</sup>, 对高温高湿、强日照的热带滨海环境关注严重不足; 其次, 缺乏对空间拓扑特征与形态特征在热带语境下差异化贡献的定量解析。

为填补上述研究缺口, 本研究以海口市世纪公园为实证对象, 通过耦合空间句法分析与行为观测技术, 从空间组织特征(整合度、连接度)和形态特征(可进入面积、形状指数)两个维度, 定量探究其与体力活动(包括锻炼类和休闲类)密度的相关性。重点解决以下科学问题: 1) 在热带滨海环境中, 空间拓扑特征是否仍是主导体力活动分布的核心因子; 2) 高温高湿气候下, 空间可达性如何影响活动密度。研究成果将为热带滨海城市滨水空间的健康设计提供理论依据与实践范式。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区概况与样本选择

世纪公园位于海



收稿日期: 2025-07-04

修回日期: 2025-12-09

基金项目: 海南省自然科学基金项目(723QN275); 浙江广厦建设职业技术大学科研启动项目(2024ZX076)

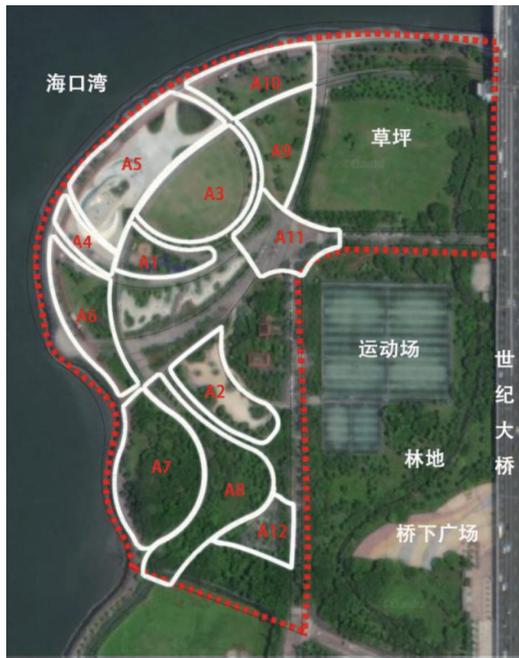
\*第一作者: 李清云(1987—), 女, 讲师。研究方向: 建成环境与体力活动研究。E-mail: [lqy181268@126.com](mailto:lqy181268@126.com); ORCID: 0009-0002-9422-8542

\*通信作者: 肖亦敏(1985—), 男, 讲师。研究方向: 建成环境与体力活动研究。E-mail: [282466187@qq.com](mailto:282466187@qq.com)

南省海口市龙华区世纪大桥南端(20°02'30" N, 110°19'15" E), 总占地面积 35.47 hm<sup>2</sup>。本研究聚焦其公共活动核心区(图 1), 面积 10.67 hm<sup>2</sup>(占公园总面积 30.1%)。空间边界依据功能开放性、行为支持性与技术可析性三原则划定: 1) 功能开放性。纳入 24 h 免费开放的广场、绿地及园路系统, 排除收费运动场馆与生态保护区; 2) 行为支持性。限定为可承载体力活动的区域(最小宽度 ≥ 1.5 m, 坡度 ≤ 8%); 3) 技术可析性: 采用凸空间分

割法<sup>[13]</sup>划分为 12 个拓扑独立单元(A1 ~ A12), 单元间通过轴线模型建立连接关系。

研究区西侧大部分边界(约 62.3%)毗邻琼州海峡海口湾, 形成典型滨海界面; 周边用地以文化设施与商业服务业用地为主, 构成"文化-商业-生态"复合功能区。值得注意的是, 区内无遮阴硬质场地占比达 41.7%(2023 年 8 月 FLIR T540 热成像仪实测地表温度 > 50℃), 凸显热带滨水空间的热环境敏感性<sup>[14]</sup>。



- A1: 儿童设施活动区(Children's play facility area)
- A2: 沙坑活动区(Sand pit activity area)
- A3: 草坪休闲区(Lawn leisure area)
- A4: 休憩看护区(Rest & supervision area)
- A5: 云洞休闲广场(Cloud hole leisure plaza)
- A6: 雨水花园休憩区(Rain garden rest area)
- A7: 疏林草坪活动区(Open woodland lawn activity area)
- A8: 坡地草坪休闲区(Sloped lawn leisure area)
- A9: 入口草坪休闲区(Entrance lawn leisure area)
- A10: 观海草坪活动区(Sea view lawn activity area)
- A11: 主入口广场(Main entrance plaza)
- A12: 次入口活动区(Secondary entrance activity area)

图 1 世纪公园公共活动核心区(A1 ~ A12)与周边环境特征

Fig. 1 The public activity core zone of Century Park (A1-A12) and its surrounding environmental characteristics

## 1.2 数据采集

### 1.2.1 形态特征和组织特征数据获取

基于公园 CAD 总平面图, 绘制各样本空间的凸空间模型, 并计算其面积和形状指数, 然后, 将模型导出为 DXF 格式, 导入空间句法的分析软件 Depthmap 中, 分析得出描述连接度和整合度等数据。整合度是测量某一空间在系统内的可达性, 即到达系统内其他所有空间的方便程度。整合度高的区域, 系统内可达性好, 能方便地到达其他空间。连接度指与一特定空间直接相连的空间数目, 连接度高的区域有较多的出入口, 人流穿过性强。本研究选择整合度和连接度作为组织特征变量以反映区位条件, 将可进入空间的面积和形状指数作为形态特征变量。为量化这些特征, 在全局尺度(Radius= $n$ )下计算两类组织特征指标<sup>[5]</sup>(表 1)。

### 1.2.2 公园使用者体力活动特征研究

基于热带滨海城市夏季气候特征(高温高湿、强日照)及居民避暑行为规律<sup>[11]</sup>, 本研究于 2023 年 6—8 月, 非工作日(周六、周日)晴朗天气(日最高温 ≥ 28℃ 且无降水)开展实地观测。基于前期系统实地勘察, 每日 05:30—07:30 及 16:30—18:30 进行对比观察, 结果发现, 晨练时段的体力活动发生频率显著偏低(整个公园就零星几个人), 不存在空间分异特征和密度分异特征, 因此仅选择傍晚(16:30—18:30)时段, 每个时段以 30 min 为间隔单位进行数据采集, 每日每空间单元记录 3 次瞬时活动状态(16:30, 17:30, 18:30), 覆盖全部 12 个空间单元(A1~A12)。

采用系统化行为观察法(Systematic Observation)<sup>[2]</sup>采集活动密度特征数据, 通过扫描计数法每 30 min 定点拍摄+人工清点记录各单元空间瞬时活动人

表 1 空间特征变量提取

Tab. 1 Extraction of spatial feature variables

| 特征分类<br>Feature category               | 特征指标(自变量)<br>Feature indicators<br>(Independent variables) | 数据来源<br>Data source                        | 表征含义<br>Representation meaning                     |
|--|--|--|--|
| 组织特征<br>Organizational characteristics | 整合度  | 基于空间句法软件Depth Map计算得到                      | 表征空间单元到系统中所有其他单元的平均拓扑深度, 值越大(如A11=2.24)表明全局可达性越强   |
|  | 连接度  | 基于空间句法软件Depth Map计算得到                      | 定义为与目标空间直接相连的邻接单元数量, 值越高代表局部渗透性与人流集散潜力越优, 揭示局部渗透效率 |
| 形态特征<br>Morphological characteristics  | 可进入空间面积  | 基于测绘数据计算可进入面积                              | 反映活动容量承载潜力   |
|  | 可进入空间形状指数  | 形状指数= $D/S$<br>其中, $D$ 为场地周长,<br>$S$ 为场地面积 | 反映空间边界复杂程度(值越大表明几何形态越不规则)                          |

注: 拓扑分析采用无距离衰减的全系统尺度( $R=n$ ), 适用于公园整体结构解析; 凸空间划分经人工校验确保无重叠缝隙(拓扑容差 $\leq 0.5m$ )。

Note: The topological analysis employs a system-wide scale without distance decay ( $R = n$ ), suitable for analyzing the overall structure of the park. The convex space division is manually verified to ensure no overlapping gaps (Topological tolerance  $\leq 0.5 m$ ).

数, 使用 Nikon Coolpix P1000 相机固定机位拍摄, 辅以激光测距仪标定观测范围。为保障数据可靠性, 剔除音乐节等大型活动日数据, 保留常态使用场景, 随机抽取 10% 时段视频由第二观察员复核, 确认误差率 $<3\%$ 。

## 2 空间特征研究

### 2.1 空间组织特征

**2.1.1 空间整合度和连接度分析** 空间整合度作为空间句法核心指标, 量化了单元空间在系统内的全局可达性(见表 2)。世纪公园整合度分析显示(图 2-a), 主入口区域(A11 单元)以 2.24 的整合度峰值成为公园拓扑核心, 表明该空间可最便捷抵达园内所有区域; 次级高值区分布于临近入口的集散空间 A1(2.23)与 A2(1.98)单元, 形成次级

可达枢纽; 而边缘区域如 A10 单元(整合度 0.65)则普遍低于 1.30 临界值, 反映其空间区位边缘化趋势。连接度指标表征空间单元的局部渗透性(表 2), 分析表明: 东侧主入口广场(A11)以连接度最大值 5 形成核心辐射节点, 沿东西向主轴分布的 A3、A5、A6 单元均保持连接度 4, 构成次级渗透网络; 东南侧 A12 单元则因连接度仅为 1, 在空间系统中呈现孤岛状态(图 2-b)。

空间拓扑指标的关联性验证显示, 连接度与整合度的 Pearson 相关系数达 0.89 ( $P < 0.001$ ), 证实二者存在极显著强正相关。这一统计规律揭示: 空间局部渗透性(连接度)与全局可达性(整合度)具有协同增强效应, 高连接度空间必然占据系统拓扑核心区位, 提升局部连接性可直接优化其在整体网络中的战略地位。

表 2 空间单元分类与空间结构分析

Tab. 2 Classification of spatial units and analysis of spatial structure

| 类别<br>Category          | 特征(连接度/整合度)<br>Characteristics (Connectivity/integration) | 包含空间单元<br>Spatial units included | 空间功能推测<br>Presumed spatial function |
|-------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------------|
| 核心区域<br>Core area       | 连接度 $\geq 4$ 且整合度 $\geq 1.7$                              | A1、A2、A11                        | 公园主要活动节点, 人流汇聚中心                    |
| 次级节点<br>Secondary node  | 连接度 = 4 且整合度 $< 1.7$                                      | A3、A5、A6                         | 次要活动区域, 连接核心与边缘                     |
| 边缘区域<br>Peripheral area | 连接度 = 2~3 且整合度 $< 1.3$                                    | A4、A7、A8、A9                      | 可达性较低, 功能可能较单一                      |
| 孤立区域<br>Isolated area   | 连接度 $\leq 2$ 且整合度 $< 0.9$                                 | A10、A12                          | 可达性差, 可能为辅助设施或死角                    |

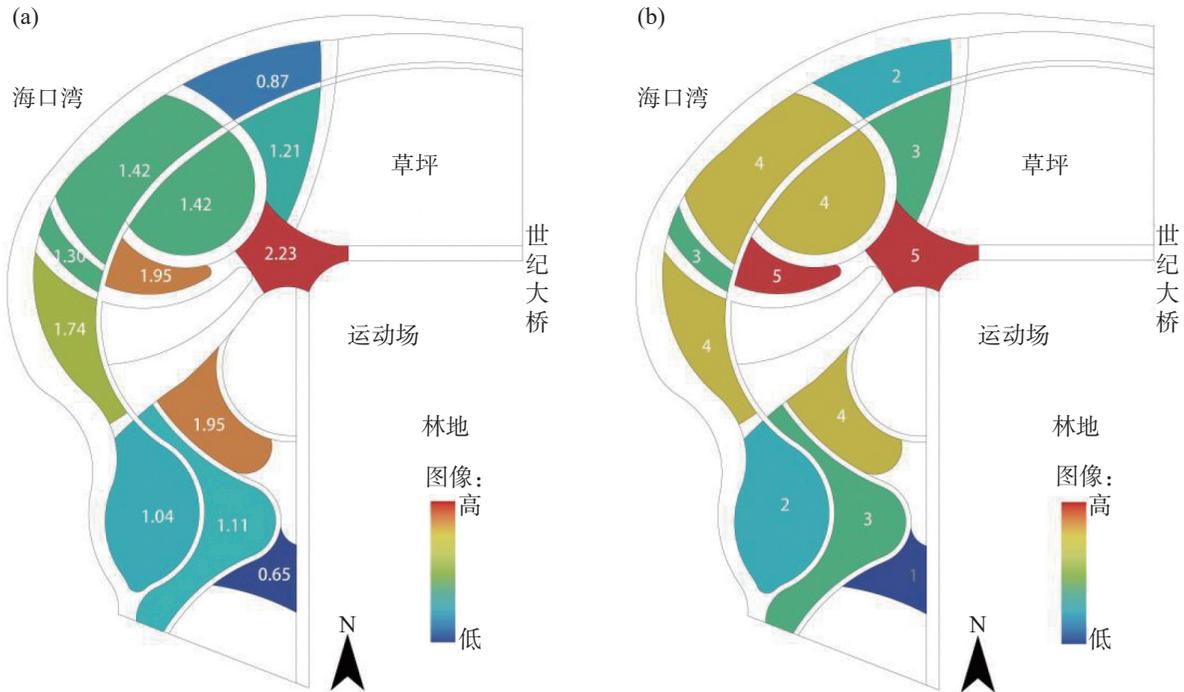


图2 空间整合度(a)和空间连接度(b)

Fig. 2 Spatial integration (a) and spatial connectivity (b)

**2.1.2 关键空间单元分析** A11(连接度 5, 整合度 2.24), 2 项指标均为最高, 是公园的绝对核心, 作为承担 60% 人流集散的主入口广场, 需维持其高渗透性结构。A12(连接度 1, 整合度 0.65), 2 项指标均为最低, 主要原因是该方向的人流较少, 为了提升利用率。A6(连接度 4, 整合度 1.74), 连接度高但整合度低于核心区域, 作为次级活动节点。

**2.2 空间形态特征** 海口世纪公园的空间形态特征可通过量化数据予以解析(表 3), 公园内 12 个抽样空间在面积与形状指数上呈现出显著的差异性及一定的分布规律。从空间面积来看, 其数值跨度较大, 介于 1 195.24 ~ 7 210.30 m<sup>2</sup>, 其中最大空间(A5)面积约为最小空间(A4)的 6 倍, 显示出丰富的尺度层级。

在空间形状方面, 形状指数的范围为 0.048 ~ 0.838, 揭示了形态复杂度的巨大差异。绝大多数空间(11 个)的形状指数低于 0.15, 表明公园空间整体倾向于边界清晰、形态规整的几何格局, 这有助于形成明确的空间领域感, 便于人群活动和功能组织。然而, A6 空间(形状指数 0.838)作为一个突出的异常值, 其形态极为复杂与曲折。

### 3 体力活动特征研究

世纪公园傍晚体力活动人群密度如图 3 所

表 3 空间形态特征数据

Tab. 3 Data of spatial morphological features

| 空间编号<br>Spatial ID | 空间面积/m <sup>2</sup><br>Spatial area | 空间形状指数<br>Shape index |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| A1                 | 1 862.31                            | 0.112                 |
| A2                 | 3 716.12                            | 0.078                 |
| A3                 | 6 060.01                            | 0.049                 |
| A4                 | 1 195.24                            | 0.149                 |
| A5                 | 7 210.30                            | 0.054                 |
| A6                 | 3 826.59                            | 0.838                 |
| A7                 | 6 799.02                            | 0.048                 |
| A8                 | 5 852.50                            | 0.086                 |
| A9                 | 3 447.04                            | 0.078                 |
| A10                | 3 528.07                            | 0.076                 |
| A11                | 3 173.72                            | 0.080                 |
| A12                | 1 915.06                            | 0.113                 |

示, 最高密度出现在 A1 空间(0.0161), 次高密度集中在 A2(0.0135)、A3(0.0083)和 A11(0.0110)空间, 最低密度出现在 A8 空间(0.0017)。公园内部空间呈现一定的空间分布规律, 前 3 个空间(A1 ~ A3)整体密度较高, 形成明显的“高密度区”, 中间区域(A4 ~ A10)密度普遍较低, 呈现“低密度带”特征, A11 空间作为独立高密度点值得关注。热力图直观展示了人群分布的空间不均衡



图 3 傍晚体力活动人群密度热力图

Fig. 3 Density heat map of evening physical activity population

性, 为空间规划提供了明确的可视化依据。

#### 4 体力活动与空间特征相关性分析

根据分析结果(表 4), 各空间指标与人群密度的相关性结论如下: 连接度与整合度与人群密度存在显著正相关关系。其中, 连接度与人群密度的相关系数为 0.68 ( $P=0.02$ ), 显示连接度越高, 人群密度越大; 整合度与人群密度的相关系数为 0.76 ( $P=0.00$ ), 表明空间二者存在极显著的正相关关系。空间面积与空间形状指数与人群密度无显著相关性。综合以上结果表明, 连接度和整合度的高相关性验证了“空间可达性越好, 人群聚集度越高”的规律, 空间面积和形状对人群分布的影响不明显, 说明人群聚集更受空间拓扑关系而非几何特征影响。

表 4 体力活动与空间特征相关性分析

Tab. 4 Correlation analysis between physical activity and spatial features

| 编号<br>Number | 指标<br>Variable | 相关系数<br>Correlation coefficient | P值<br>P-value |
|--------------|----------------|---------------------------------|---------------|
| 1            | 连接度            | 0.68                            | 0.02          |
| 2            | 整合度            | 0.76                            | 0.00          |
| 3            | 空间面积           | -0.38                           | 0.22          |
| 4            | 空间形状指数         | -0.16                           | 0.62          |

#### 5 结论

本研究聚焦海口世纪公园傍晚高热应力时

段, 探究了其空间形态特征与体力活动密度及持续性的关联。主要结论包括三个方面, 首先是空间拓扑特征的核心作用, 公园空间的连接度与整合度对傍晚时段的体力活动密度具有显著的正面影响; 其次是空间几何形态的边际效应, 在本研究尺度下, 空间的可进入面积与全局形状指数( $D/S$ )对活动密度的影响未呈现统计显著性; 接着是热带气候环境的调节与重构, 研究揭示了热带环境下“热规避”行为对活动模式的深刻影响。高连接度与整合度的空间, 通过提供多样化的路径选择、便捷的服务设施接入和灵活的环境应对可能, 有效支持了活动者在高温高湿条件下的持续性活动。

#### 6 讨论与建议

6.1 讨论 本研究将观测焦点集中于活动更为密集、类型更为多样、空间分异更为明显的傍晚时段, 以期深入揭示该典型时段下空间形态与活动密度的关联。这一设计在保证观测效率与深度的同时, 也意味着本研究结论主要适用于解释热带滨海公园在傍晚高热应力时段的活动模式。对于全天模式, 特别是晨练等特定时段的活动特征, 有待后续研究通过延长观测周期、覆盖更多时段予以进一步验证。针对空间形态特征影响不显著的现象, 其内在机制可能在于公园尺度下, 当空间具备良好的拓扑可达性时, 其作为活动目的地的核心吸引力已然确立, 此时几何属性(如面积大小或形状复杂度)对人群聚集密度的边际效应趋于弱化<sup>[15]</sup>; 使用者行为更侧重于空间可达性与功能适

配性,而非纯粹的形态特征<sup>[16]</sup>。值得注意的是,特定空间形状虽可能适配特定活动类型(如狭长通道利于跑步、开敞广场适合集体舞),但本研究采用的全局性形状指数( $D/S$ )未能有效捕捉此类精细化匹配关系<sup>[17]</sup>,这也与活动类型多样性分析结论一致——即多样性主要受功能布局而非拓扑形态驱动<sup>[18]</sup>。

深入探讨热带气候条件下空间拓扑特征对活动持续性的影响机制,发现高连接度与整合度通过三重路径强化行为持久性。其一,在高温高湿环境中,活动者存在显著的“热规避”行为倾向,而高可达性空间提供了丰富的路径选择与短距离通达优势<sup>[11]</sup>,使用者能快速抵达遮阴节点、通风廊道或服务设施,最大限度减少暴露于不适环境的时间;其二,拓朴核心区更易高效布局饮水点、休憩座椅等支持设施网络<sup>[10]</sup>,为持续性活动提供物质保障;其三,高整合度空间赋予使用者根据实时体感(如日照变化、突发降雨)动态调整路线或场地的灵活性<sup>[14]</sup>,增强环境应对韧性以维持活动连贯性。

相较于温带滨水公园研究,本结论凸显出热带环境的特殊性及其对设计理念的重构需求。温带研究普遍强调景观视野性与亲水设施的核心作用<sup>[10]</sup>,而在热带滨海语境下,遮阴覆盖率、通风效率与热舒适设计跃升为与空间可达性同等关键的活力决定因子<sup>[19]</sup>。若忽略气候适应性,即使高可达空间也难以支撑持续性活动<sup>[7]</sup>。同时,热带居民为躲避高温呈现独特的“傍晚高峰”活动模式,要求设计强化傍晚时段的环境保障(如避免日晒的朝向优化);滨海水体亦展现出“降温资源”(海风利用)与“热胁迫源”(强日照下水面眩光增温)的二元属性,需通过植被缓冲、遮阴构架等设计策略趋利避害,而非简单移植温带的开放式亲水模式<sup>[14]</sup>。

**6.2 滨水公园更新建设策略** 基于空间特征与体力活动显著相关的实证分析,特别是连接度与整合度对活动密度与持续性的关键作用,并结合热带滨海城市特有的高温高湿、强日照气候环境,本研究提出“健康导向”的滨水公园更新策略如下:

强化空间拓朴可达性是提升公园活力的基础。应重点维护并强化如 A11 等高整合度、高连接度核心空间(如入口广场、滨水广场)的枢纽地位,确保其与公园内各功能区保持便捷联系,充分发挥人流集散与活动组织功能。同时,针对 A10、

A12 等低连接度、低整合度的“孤岛”空间,亟须增设便捷且具有吸引力(尤其需考虑遮阴)的步行路径,将其有效接入公园主要活动流线网络,以显著提高这些边缘空间的利用率。此外,对于 A3、A5、A6 等连接度尚可但整合度不足的次级节点,应通过优化其与核心区域及周边空间的路径设计(例如缩短迂回路径、增加视觉引导、改善路口设计),提升其在公园整体空间结构中的便捷程度与整合水平。

提升核心空间的功能复合性与环境舒适度是增强活动吸引力和持久性的核心。在已识别的高活力区域(如 A1 ~ A3、A11),需要复合布置多样化且适宜热带气候条件的体力活动设施与服务配套,以鼓励和支持晨练、傍晚散步、广场舞、亲子活动等多种类型活动的共存。尤为关键的是,必须系统性增强热带气候适应性设计,在主要活动路径、重要节点及休憩区广泛增设遮阴设施,积极改善通风条件,并配置充足的带遮阴休憩座椅,有条件区域可考虑设置喷雾降温点。这些措施将直接作用于缓解高温高湿环境带来的不适,显著提升活动舒适度,从而延长使用者停留与活动时间。

激活低密度空间潜力是优化公园整体利用效率的重要补充。对于 A8 等低密度空间,在着力提升其空间连接度的前提下,应结合场地自身的景观或区位特征,引入具有独特吸引力的功能或塑造特色景观环境,以此形成差异化吸引力,有效分流核心区域的人流压力,并丰富公园整体的活动体验层次。

## 参考文献:

- [1] World Health Organization. Global status report on physical activity 2022 [R]. Geneva: WHO, 2022, 37.
- [2] Sallis J F, Cerin E, Conway T L, et al. Physical activity in relation to urban environments in 14 cities worldwide: a cross-sectional study [J]. *The Lancet*, 2016, 387(10034): 2207-2217. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01284-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01284-2)
- [3] Leporelli E, Santi G. From psychology of sustainability to sustainability of urban spaces: Promoting a primary prevention approach for well-being in the healthy city designing. A waterfront case study in livorno [J]. *Sustainability*, 2019, 11(3): 760. <https://doi.org/10.3390/su11030760>
- [4] McCormack G R, Koohsari M J, Turley L, et al. Evidence for urban design and public health policy and prac-

- tice: Space syntax metrics and neighborhood walking [J]. *Health & Place*, 2021, 67: 102277. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.102277>
- [5] Soltani A, Javadpoor M, Shams F, et al. Street network morphology and active mobility to school: Applying space syntax methodology in Shiraz, Iran [J]. *Journal of Transport & Health*, 2022, 27: 101493. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2022.101493>
- [6] Sprague N L, Fan I B, Dandeneau M, et al. StreetTalk: exploring energy insecurity in New York City using a novel street intercept interview and social media dissemination method [J]. *Humanities and Social Sciences Communications*, 2024, 11(1): 1–15. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03477-5>
- [7] Zhang J, Hu X, Wang J. Spatial vitality variation in community parks and their influencing factors [J]. *PloS one*, 2025, 20(3): e0312941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312941>
- [8] 蔡诗韵. 城市公园休闲体力活动的支持性环境研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2022. <https://doi.org/10.27670/d.cnki.gcqdu.2022.003923>
- [9] 韩西丽, 张心悦. 城市公园正式及非正式运动场地体力活动特征研究: 以深圳市为例[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2023, 59(6): 981–990. <https://doi.org/10.13209/j.0479-8023.2023.084>
- [10] 金广君, 钱芳. 运动处方理念下的城市滨水区空间类型解析[J]. *中国园林*, 2011(5): 60–64. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6664.2011.05.018>
- [11] 邱宇缙. 城市公园滨水健身空间绿色锻炼心理效益的影响机制研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2020. <https://doi.org/10.27018/d.cnki.gfjnu.2020.000811>
- [12] Han F, Ma Y, Huang S, et al. The double construction of human settlements and regional culture: A review of domestic waterfront spaces research from the perspective of historical inheritance [J]. *Tropical Geography*, 2023: 1–12.
- [13] Turner A. From axial to road-centre lines: a new representation for space syntax and a new model of route choice for transport network analysis [J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2007, 34(3): 539–555. <https://doi.org/10.1068/b32067>
- [14] 吴逸, 裘鸿菲, 罗心玥, 等. 基于恢复性感知的城市滨水绿地景观要素对公众健康行为影响[J]. *风景园林*, 2025, 32(3): 119–126. <https://doi.org/10.3724/j.fjyl.202407210396>
- [15] Luo Z, Marchi L, Chen F, et al. Correlating urban spatial form and crowd spatiotemporal behavior: A case study of Lhasa, China [J]. *Cities*, 2025, 160: 105812. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105812>
- [16] 古智颖, 李秀玲, 谢立国, 等. 城市公园道路系统空间句法分析与实证研究[J]. *价值工程*, 2019, 38(20): 252–254. <https://doi.org/10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2019.20.082>
- [17] 翟宇佳. 基于凸边形地图与轴线地图的城市公园空间组织分析[J]. *南方建筑*, 2016(4): 5–9. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-0232.2016.04.005>
- [18] 郭昊栩, 李颜, 邓孟仁, 等. 基于空间句法分析的商业体空间人流分布模拟[J]. *华南理工大学学报(自然科学版)*, 2014, 42(10): 131–137. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-565X.2014.10.021>
- [19] Wu S, Zhang L, Han Z, et al. Research on microclimate optimization of traditional residential buildings in central Anhui based on humid and hot climate characteristics and regional architectural features [J]. *Buildings*, 2024, 14(8): 2323. <https://doi.org/10.3390/buildings14082323>

# Relationship between spatial characteristics and physical activity in Haikou Century Park

Li Qingyun<sup>1#</sup>, Xiao Yimin<sup>1\*</sup>, Cai Jiaming<sup>1</sup>, Xu Ruiqi<sup>1</sup>, Wang Yunlei<sup>2</sup>, Chen Bo<sup>1</sup>

(1. School of Urban and Rural Construction, Zhejiang Guangsha Vocational and Technical University of Construction, Dongyang, Zhejiang 322100, China; 2. Spice and Beverage Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wanning, Hainan 571533, China)

**Abstract:** As a key catalyst for promoting residents' physical activity, the health effects of the spatial characteristics of waterfront parks in tropical coastal regions warrant further investigation. Haikou Century Park, a representative coastal park in Haikou City was selected as a case study. By integrating space syntax analysis with behavioral observation methods, the correlation was analyzed between the park's spatial characteristics and the density of physical activities—encompassing both exercise and leisure types—from two dimensions: spatial organization features (integration and connectivity) and morphological features (accessible area and shape index). The findings revealed that physical activities during the evening period showed relatively distinct spatial differentiation. Spatial organization features significantly promoted activity density; the integration correlation coefficient is 0.76, and the connectivity correlation coefficient is 0.68), with integration accounting for 63.2% of the contribution rate. Spatial morphological features (area and shape index) exhibited no significant correlation with activity density ( $p > 0.05$ ), suggesting that crowd aggregation is influenced more by topological relationships than by geometric attributes. It is proposed to enhance spatial accessibility (connectivity and integration) of key nodes and paths, optimize functional complexity and comfort in core spaces, improve connectivity in marginal spaces, introduce differentiated scenarios to disperse activity pressure, and ultimately foster a climate-adaptive urban coastal park environment that supports physical activity in tropical regions.

**Keywords:** physical activity; tropical; park; spatial characteristics; correlation analysis

(责任编辑:邹游兴)