

董雯, 朱逊, 赵晓龙. 社区绿道建成环境特征与体力活动强度关联性研究: 以深圳市为例 [J]. 风景园林, 2021, 28 (12) : 93-99.

社区绿道建成环境特征与体力活动强度关联性研究——以深圳市为例

Research on Correlation Between Built Environment Characteristics of Community Greenway and Intensity of Physical Activities: A Case Study of Shenzhen

董雯 朱逊 赵晓龙 *
DONG Wen, ZHU Xun, ZHAO Xiaolong*



中图分类号: TU986
文献标识码: A
文章编号: 1673-1530(2021)12-0093-07
DOI: 10.14085/j.fjyl.2021.12.0093.07
收稿日期: 2020-11-18
修回日期: 2021-11-03

董雯 / 女 / 哈尔滨工业大学建筑学院在读硕士研究生 / 寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室成员 / 研究方向为健康景观规划设计
DONG Wen is a master student in the School of Architecture, Harbin Institute of Technology and a member of Key Laboratory of Cold Region Urban and Rural Human Settlement Environment Science and Technology, Ministry of Industry and Information Technology. Her research focuses on health landscape planning and design.

朱逊 / 女 / 博士 / 哈尔滨工业大学建筑学院教授、博士生导师 / 寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室成员 / 研究方向为城市景观规划设计及其理论
ZHU Xun, Ph. D., is a professor and doctoral supervisor in the School of Architecture, Harbin Institute of Technology, and a member of Key Laboratory of Cold Region Urban and Rural Human Settlement Environment Science and Technology, Ministry of Industry and Information Technology. Her research focuses on urban landscape planning and design and its theory.

赵晓龙 / 男 / 博士 / 苏州科技大学建筑与城市规划学院教授、博士生导师 / 本刊编委 / 研究方向为生态导向城市设计及其理论、健康景观规划设计理论与实践
通信作者邮箱 (Corresponding author Email) : 943439654@qq.com
ZHAO Xiaolong, Ph. D., is a professor and doctoral supervisor in the School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology, and an editorial board member of this journal. His research focuses on eco-guided urban design and its theory, health landscape planning and design theory and practice.

摘要: 社区绿道作为社区生活圈中的绿色线性空间, 是高密度城市建成区居民进行日常体力活动的重要场所。以深圳市已建成的 167 段社区绿道为研究对象, 探讨社区绿道建成环境特征与体力活动强度的关联性, 旨在推动城市社区更新并提升公共健康水平。首先, 将深圳市社区绿道按照周边用地性质分为绿地景观型、商业服务型和生活休闲型 3 类, 基于 POI 数据爬取和实地测量方法, 从临近性、连接性、场所性 3 个方面提取建成环境特征数据, 采用行为观测结合《体力活动能量消耗编码表》的方法获取绿道体力活动强度数据。其次, 运用相关分析和多元回归分析的数理统计方法识别关联性建成环境特征因子, 并比较显著影响因子的影响强度差异, 结合散点图明确其适宜值范围。结果表明, 在临近性和连接性特征中, 3 类社区绿道的显著影响因子与影响强度各不相同, 而在场所性特征中, 绿道载体宽度与绿视率是 3 类绿道体力活动强度的共同偏好因子, 但其适宜值域范围有所差异。最后, 基于研究结果对深圳社区绿道的规划设计提出相关建议。

关键词: 社区绿道; 建成环境特征; 体力活动强度; 公共健康; 绿地更新; 深圳

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (编号 51878206) ; 黑龙江省教育科学规划重点课题 (编号 GJB1320074); 黑龙江省哲学社会科学项目 (编号 20TYC175) ; 中国博士后科学基金 (编号 2020M670873)

Abstract: As a green linear space in the community living circle, the community greenway is an important place for residents of high-density population urban built-up areas to carry out daily physical activities. Taking 167 community greenways that have been built in Shenzhen City as the objects, this research explores the relationship between the built environment characteristics of community greenways and the intensity of physical activities, in a bid to promote urban community renewal and improve public health. Firstly, according to the nature of the surrounding land, the community greenways in Shenzhen are divided into three categories: green space landscape type, commercial service type, and life leisure type. Based on the POI data crawling and field measurement methods, the built-up environmental characteristic data from the aspects of proximity, connectivity and locality, the greenway physical activity intensity data based on the behavior observation along with the physical activity energy consumption table method. Secondly, the research adopts the mathematical statistics method of correlation analysis and multiple regression analysis to identify the related built environment characteristic factors, compares the impact intensity differences of significant impact factors, and clarifies the appropriate value range in combination with the scatter diagram. The results show that the significant impact factors and impact intensity of the three types of community greenways are different in proximity and connectivity characteristics. The greenway carrier width and visibility in location characteristics are the common preference factors for physical activity intensity of the three types of greenways, but their appropriate ranges are different. Finally, based on the research results, the authors put forward relevant suggestions for the planning and design of community greenways in Shenzhen.

Keywords: community greenway; built environment characteristics; physical activity intensity; public health; green space renewal; Shenzhen

Fund Items: General Program of the National Natural Science Fund of China (No. 51878206); Key Topic of Education Science Planning in Heilongjiang (No. GJB1320074); Philosophy and Social Science Project of Heilongjiang Province(No. 20TYC175); China Postdoctoral Science Foundation(No. 2020M670873)



1 深圳市 3 种社区绿道类型
Three types of community greenways in Shenzhen

如今, 体力活动匮乏的静态生活方式导致慢性疾病频发, 建成环境设计已成为城市规划中主动干预人群健康的重要切入点^[1]。社区绿道作为社区生活圈中的绿色线性空间, 是高密度建设区居民进行日常体力活动的重要场所^[2], 在中国城市建设“存量提质”的发展阶段, 进行社区绿道建成环境与体力活动强度关联研究, 对推动城市社区绿地更新、提升公共健康水平具有重要意义。

2010 年《珠江三角洲绿道网总体规划纲要》提出建设“区域—城市—社区”三级绿道网体系, 社区绿道作为绿道系统的“毛细血管”组成部分, 串联起公共绿地、公共服务设施和居民主要活动场所, 具有分布广泛且形式灵活的特征^[3]。中国绿道建设正处于由省际绿道、市域绿道向社区绿道的深化阶段^[2], 深圳、广州、武汉、成都等多个城市均已展开社区绿道建设工程。在理论层面, 赖寿华等阐述了我国社区绿道的建设意义及构成要素^[2], 李方正等基于环境公平视角进行了回龙观社区绿道选线研究^[4], 韩西丽等探讨了深圳市社区绿道不同断面形式的交通行为特征^[5], 在文秀等通过社区绿道“使用后评价”(POE) 分析了广州市民日常生活与绿道的关系^[6]。在国外, 诸如温哥华、伦敦、奥拉宁堡等高度发达城市中, 亦有学者提出将自行车设施和街道景观相结合的“新形式绿道”, 并关注其温室气体排放和土地资源利用等问题^[7-10]。总体来看, 目前对于社区绿道的研究方兴未艾。

在此以深圳市已建成社区绿道为例, 进行社区绿道建成环境特征与体力活动强度关联研究, 旨在解决以下 3 个问题: 1) 目前深圳市已建成社区绿道可以分为哪几类、其分

布特征如何? 2) 各类型社区绿道体力活动强度的相关建成环境因子分别是什么、其相关程度如何? 3) 各类型社区绿道显著影响因子的影响强度差异和适宜值范围如何?

1 研究基础

1.1 体力活动强度与健康

体力活动强度通过量化能量消耗值以描述体力活动水平。目前, 国际上常以代谢当量 (metabolic equivalent, MET) 作为体力活动强度的评价指标, 按照代谢当量大小可将体力活动强度分为低 ($\text{MET} \leq 3$)、中 ($3 < \text{MET} < 6$)、高 ($\text{MET} \geq 6$) 三级^[11]。相关医学研究指出: 中、高强度体力活动对于心肺功能^[12]、肌肉力量^[13]和骨骼水平^[14]的健康均具有重要作用, 并可以显著降低帕金森病的发病风险^[15]。Nature 的最新研究指出, 在运动消耗同等能量的情况下, 提高中、高强度的运动占比对健康影响更大^[16]。世界卫生组织《体力活动指南》建议成人每周至少进行 150 min 中等强度或 75 min 高等强度的体育活动^[17]。探讨中、高强度的体力活动绩效水平对于提高居民运动健康、落实“健康中国”战略具有重要意义。

1.2 绿道建成环境特征与体力活动

绿道研究自 20 世纪末期开始聚焦于绿道建成环境特征与体力活动的关联研究, Gobster^[18]和 Lindsey^[19]分别发现不同绿道类型和同一绿道不同路段的活动频率与住宅距离呈显著关联; Coutts^[20]指出住宅距离与土地利用类型可以影响城市绿道的活动容量; Wolff-Hughes^[21]发现, 较低的街道连接性、较大的交通量和较高的车辆速度所造成的障碍均会

降低城市绿道使用者的数量; LIU 等^[22]研究证明, 良好的公交系统与绿道网络连通性对体力活动多样性具有积极影响。既有研究主要集中于城市绿道与中观建成环境指标的定性关系讨论, 社区绿道作为绿道与社区的结合产物, 其建成环境更加人工化、生活化。本研究根据文献综述和实地调研建立社区绿道建成环境指标体系, 并采用定性与定量相结合的方式探讨。

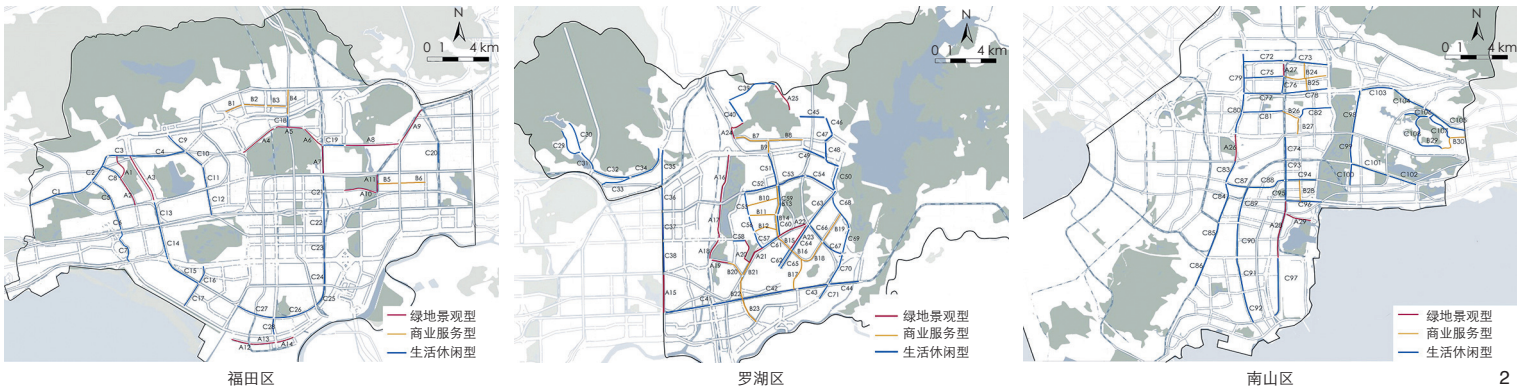
2 研究方法

2.1 深圳社区绿道分类与布局特征

深圳市社区绿道结合现状城市道路进行修建, 具有投资少、可操作性强的优势^[5], 目前已完成超 1 000 km 的社区绿道建设, 初步形成较为成熟的社区绿道网络体系。本研究以深圳市城市管理和综合执法局发布的《深圳市绿道地图册 (2014 版)》作为社区绿道样本选择依据, 按照社区绿道 200 m 半径缓冲区内用地性质, 将其分为绿地景观型、商业服务型和生活休闲型 3 类 (图 1)。绿地景观型社区绿道以公园绿地为主导, 其用地占比达到 50% 以上, 绿道通常建设于城市公园外侧的人行道处, 毗邻主干道并随城市公园呈离散状分布, 是居民重要的健身运动场所; 商业服务型社区绿道沿街为商业服务用地且占比通常达到 15% 以上, 绿道为依托于次干道/支路的人行道, 主要分布在 2000 年以前建设的开放社区中, 具有购物、通勤及休闲的复合功能; 生活休闲型社区绿道以居住用地 (少数为办公园区) 为主导且占比达 50% 以上, 绿道通常结合社区级绿地尤其是带状绿地进行布置, 主要依托于深圳封闭小区外侧主次干道的人行道, 是居民日常的休闲及通勤空间。

2.2 样本选取及分段

结合深圳市社区绿道网络地图和实地调研, 选择区域发达程度及绿道建设水平均相近的福田、罗湖、南山 3 个区的社区绿道, 以主要路口为分界点, 少部分按照建成环境的显著变化进行绿道分段, 共计样本量 167 段, 其中绿地景观型 29 段, 商业服务型 30 段, 生活休闲型 108 段 (图 2)。



2 社区绿道研究样本
Community greenway study samples

表 1 社区绿道建成环境指标体系
Tab. 1 Built environment index system of community greenway

一级指标	二级指标	具体指标因子	数据来源	计算方法
临近性	人口临近	住宅密度	OpenStreetMap	居住建筑用地面积占缓冲区内地总面积的百分比
		出入口密度		单位长度的绿道侧（小区 / 公园）出入口数量 /（个 / km）
	目的地临近	餐饮设施密度	高德地图数据	单位面积的餐饮设施数量 /（个 / km ² ）
		生活日用设施密度		单位面积的便利店、菜店、水果店等生活日用设施数量 /（个 / km ² ）
		体育休闲设施密度		单位面积的健身馆、体育馆等体育休闲设施数量 /（个 / km ² ）
连接性	交通设施	文化服务设施密度	高德地图数据	单位面积的文化宫、博物馆等文化服务设施数量 /（个 / km ² ）
		交通站点密度		单位长度的公交、地铁站点数量 /（个 / km）
	道路网络	过街设施密度	OpenStreetMap	单位长度的斑马线、立体交通设施数量 /（个 / km）
		交叉口密度		单位长度的交叉口数量 /（个 / km）
场所性	空间特征	绿道网络连通性	深圳市绿道网络地图	单位长度的绿道与其他社区 / 城市绿道的连接点数量 /（个 / km）
		绿道载体宽度	实地勘测	社区绿道所在人行道的可通行宽度值 / m
		天空可视因子		鱼镜头拍摄结合 RayMan 模型计算，数值越趋近 1 表示空间遮蔽率越低
		沿线绿化宽度		30m 缓冲区内沿线绿色乔灌木植被的宽度 / m
	设施特征	绿视率		利用 SegNet 图像分割算法计算图片中绿色植物与观测图像的面积比值
	设施特征	设施丰富度		绿道的设施类型（休憩、健身、艺术设施）数量（总设施类型数量）

2.3 建成环境指标体系建立与数据采集

Cervero 等将建成环境指标总结为密度 (density)、多样性 (diversity)、设计 (design)、交通换乘距离 (distance to transit) 和目的地的可达性 (destination accessibility) 的“5D”维度^[23]，鲁斐栋等基于研究尺度将建成环境要素归纳总结为中观的空间要素和微观的场所要素 2 个层面^[1]。本研究基于国内外研究及实地调研结果，从临近性、连接性和场所性 3 个方面建立社区绿道建成环境特征指标体系 (表 1)。基于 5 min 步行距离，选取社区绿道 200 m 缓冲区范围内的建成环境作为测度对象，利用 OpenStreetMap 平台、高德地图数据和深圳市规划和自然资源局相关文件获得绿

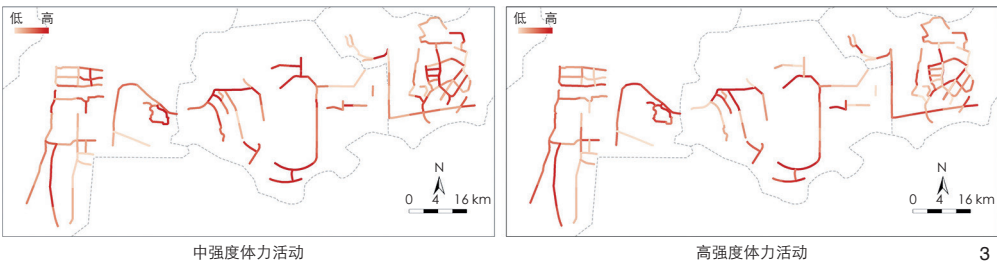
道临近性和连接性建成环境数据，通过实地勘测获得场所性数据。

2.4 体力活动数据采集

本研究在 2019 年 3 月 1 日—4 月 15 日天气晴朗且温度适宜的情况下，进行 6 组共计 25 天的有效观测。根据预调研，选择居民进行体力活动的常用时间段，避开上下班高峰期及炎热时段，最终选择 9：00—10：00、15：00—16：00、19：00—21：00 的时间段进行调研。每条绿道段研究样方均观测 4 天，包括 3 个工作日和 1 个非工作日。为便于数据的采集与分析，依照体力活动强度将步行、骑行和跑步的速度分为 3 个等级，对应《体力活动能量消耗编码表》(Compendium of Physical

Activities)^[24]，选取各等级的代谢当量 (表 2)。参与研究的共有 6 名培训有素的观察员，每次每人对 5 段社区绿道进行调查，研究者于每段社区绿道中间位置记录 10 min 内所经过人群的体力活动方式及活动强度等级，进而计算每段社区绿道的中强度和高强度体力活动代谢当量值。

利用 ArcGIS 将体力活动数据采集结果可视化 (图 3)，可见绿地景观型社区绿道的中强度和高强度体力活动分布水平均较高，其建成环境对多样化的体力活动支持力度相对较强；商业服务型社区绿道主要以中强度体力活动分布为主，高强度活动值较低；由于生活休闲型社区绿道分布最为广泛，建成环



3 体力活动强度水平分布
Physical activity intensity level distribution

表 2 社区绿道体力活动能量消耗表
Tab. 2 Compendium of physical activities of community greenways

活动方式	等级 1	等级 2	等级 3
步行	3.0 METs (< 2.5 mph)	3.5 METs (2.5~3.5 mph)	4.0 METs (> 3.5 mph)
骑行	4.0 METs (< 10 mph)	6.0 METs (10~11.9 mph)	8.0 METs (> 11.9 mph)
跑步	7.0 METs (< 5 mph)	9.0 METs (5~6 mph)	11.0 METs (> 6 mph)

表 3 社区绿道体力活动强度与建成环境特征相关性分析
Tab. 3 Correlation analysis of physical activity intensity and built environment characteristics of community greenways

一级 指标	二级 指标	具体指标 因子	绿地景观型		商业服务型		生活休闲型	
			中强度	高强度	中强度	高强度	中强度	高强度
临近性	人口临近	住宅密度	0.348*	0.375*	0.607**	0.439*	0.417**	0.390*
		出入口密度	0.570**	0.530**	0.328*	0.405*	0.416**	0.304*
	目的地临近	餐饮设施密度	0.228	0.273	0.761**	-0.354*	0.302	-0.023
		生活日用设施密度	0.054	0.114	0.769**	-0.386*	0.235*	0.103
		体育休闲设施密度	0.074	0.149	0.042	0.063	0.193	0.084
连接性	交通设施	文化服务设施密度	0.217	0.106	0.248	0.072	0.294*	0.246*
		交通站点密度	0.693**	0.689**	0.125	0.035	0.206*	0.117
	道路网络	过街设施密度	0.548**	0.456*	0.110	0.249	0.076	0.137
		交叉口密度	-0.265	-0.147	0.492**	-0.574**	-0.065	-0.106
场所性	空间特征	绿道连通性	0.376*	0.429**	0.159	0.530**	0.189	0.331**
		绿道载体宽度	0.471**	0.530**	0.507**	0.803**	0.541**	0.738**
		天空可视因子	-0.037	-0.043	-0.110	-0.220	-0.607**	-0.430**
		沿线绿化带宽度	0.276	0.313	0.075	-0.328	0.471**	0.675**
	设施特征	绿视率	0.641**	0.479**	0.684**	0.603**	0.337**	0.580**
设施丰富度			0.306	0.389	-0.208	-0.080	0.510**	0.214*

注：**在 0.01 级别（双尾），相关性显著；*在 0.05 级别（双尾），相关性显著。

境异质性最强，其体力活动水平呈现出体力活动强度跨度较大且不均匀分布的特点。

3 建成环境特征与体力活动强度关联分析

基于 SPSS20.0 统计分析软件，利用 Pearson 相关分析识别 3 种社区绿道类型中与中、高强度体力活动相关的建成环境因子；筛选出相关性显著（ $P<0.05$ ）的影响因子并建立多元回归模型；通过计算模型标准系数比较各

指标对中、高强度体力活动的影响强度差异，并结合散点拟合分析对中、高强度体力活动共有的建成环境因子进行适宜值探讨。

3.1 绿道建成环境与体力活动强度相关性分析

绿地景观型社区绿道的中、高强度体力活动均与连接性中的“交通设施”特征相关性最强，与临近性中的“目的地临近”相关性最弱。该类型绿道是唯一一个绿道连通性与中、高强度体力活动均有所关联的绿道类型。

商业服务型社区绿道的中强度体力活动与临近性中的“目的地临近”相关性最强，高强度体力活动与连接性中的“道路网络”特征相关性最强，二者均与连接性中的“交通设施”相关性最弱。其中餐饮设施、生活日用设施和交叉口密度指标对中、高强度体力活动的影响趋势相反。

生活休闲型社区绿道的中强度体力活动与临近性中的“人口临近”特征、场所性中的“空间特征”和“设施特征”相关性最强；高强度体力活动与场所性的“空间特征”相关性最强。此外，“交通站点密度”仅与中强度活动相关，而“绿道连通性”仅为高强度活动的关联因子。生活型社区绿道是唯一与场所性特征中的所有因子都相关的绿道类型。社区绿道体力活动强度与建成环境特征相关性分析如表 3 所示。

3.2 建成环境因子影响强度差异与适宜值分析

3.2.1 绿地景观型社区绿道

根据多元回归结果（表 4），中强度体力活动的显著建成环境因子按照影响程度由大到小依次为交通站点密度（Beta=0.497）、绿视率（Beta=0.444）、绿道载体宽度（Beta=0.391）、公园出入口密度（Beta=0.323）和过街设施密度（Beta=0.096）；高强度体力活动的显著因子由大到小依次为绿道载体宽度（Beta=0.583）、交通站点密度（Beta=0.530）、绿视率（Beta=0.361）、绿道连通性（Beta=0.208）和公园出入口密度（Beta=0.142）。由模型结果可知，临近性特征中的“公园出入口密度”对中、高强度体力活动均具有重要作用，该指标的增加既可提升公园内外的人员渗透，亦表征公园开放带来更多的绿色渗透度；连接性特征中，该类型绿道由于依托城市公园从而具有较大的服务范围，增加交通站点和过街设施密度以及绿道网络化建设可以有效增强绿道可达性，从而提升体力活动水平。在场所性特征中，绿道宽度和绿视率是中、高强度体力活动的显著偏好因子，较宽的绿道载体宽度可以有效提高运动承载量和运动类型多样性，绿视率的提升则可以提供更为绿色舒适的运动体验。进一步结合散点拟合进行定量分析

(图 4)，得出在交通站点密度面 4~5 个 /km、绿道载体宽度 4~5 m、绿视率 50%~60% 时，中、高强度的体力活动值均可达到较高水平。

3.2.2 商业服务型社区绿道

利用方差膨胀因子进行共线性诊断 (VIF<10)，发现餐饮设施密度与生活日用设施密度之间存在多重共线。通过主成分分析，提取新建成环境中的餐饮和生活日用设施因子以消除共线性，KMO 检验值为 0.817，证明该结果具有良好实用性。最终，通过多元回归模型可知 (表 5)，中强度体力活动的显著建成环境因子按照影响程度由大到小依次为餐饮和生活日用设施密度 (Beta=0.435)、绿视率 (Beta=0.415)、交叉口密度 (Beta=0.314)、居住密度 (Beta=0.167) 和绿道载体宽度 (Beta=0.151)；高强度体力活动的主导因子由大到小依次为绿道载体宽度 (Beta=0.557)、交叉口密度 (Beta=-0.406)、绿视率 (Beta=0.378) 和绿道连通性 (Beta=0.243)。结合相关性分析和多元回归结果可见，临近性特征中较多的餐饮和生活日用设施可以有效促进绿道上中强度体力活动，但较多零售带来的购物人流继而会引发绿道上的运动冲突，对跑步、骑行等高强度体力活动产生负向影响；连接性特征中的交叉口可以通过人流量的增加提升中强度体力活动绩效，但其造成的连续性中断对高强度体力活动具有抑制作用；场所性特征中，绿道载体宽度和绿视率同样是中、高强度体力活动的主要影响因子，其中绿道载体宽度的增加可以有效拓展运动空间、缓解运动冲突问题，因此成为高强度体力活动最为偏好的因子特征。进一步结合散点拟合进行定量分析 (图 5)，在绿视率大于 30%、绿道载体宽度达到 5 m 以上时，中、高体力活动强度均可达到较高水平，交叉口密度在 1.5~2 个 /km 左右时可以在较小影响高强度活动的基础上提升中强度体力活动绩效水平。

3.2.3 生活休闲型社区绿道

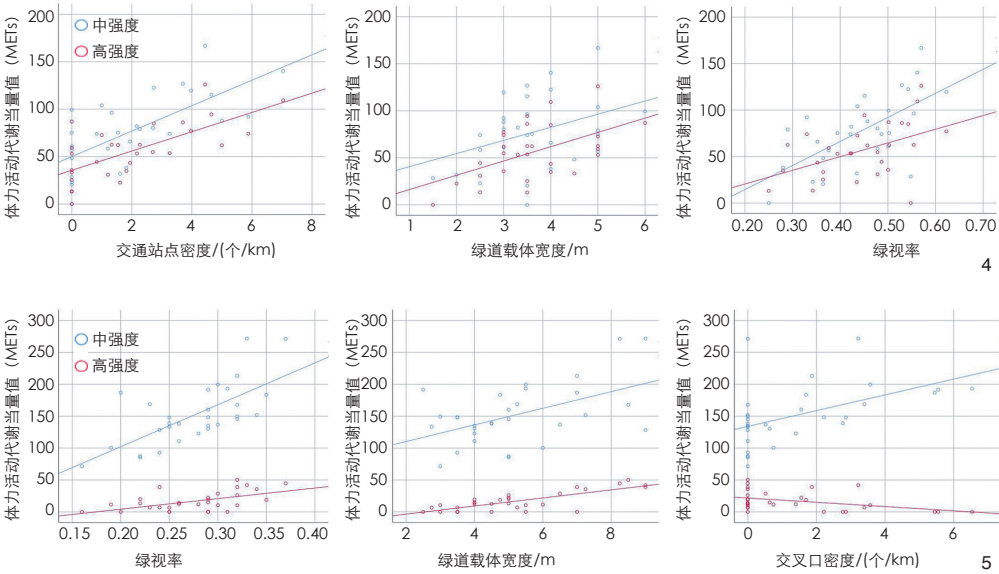
利用方差膨胀因子进行共线性诊断 (VIF<10)，可得沿线绿化带宽度与绿视率之间存在多重共线，分析发现由于二者存在因果关系，故在方程中剔除绿视率因子。最终多元回归模型可得 (表 6)，中强度体力活动

表 4 绿地景观型社区绿道建成环境显著因子影响程度排序
Tab. 4 Ranking of the significant factors influencing the built environment of green space landscape type community greenways

中强度体力活动				高强度体力活动			
影响因子	标准化回归系数	t 检验	显著性	影响因子	标准化回归系数	t 检验	显著性
常量		-304.641	0.000	常量		-45.742	0.000
交通站点密度	0.497	322.867	0.000	绿道载体宽度	0.583	55.185	0.000
绿视率	0.444	281.221	0.000	交通站点密度	0.530	47.107	0.000
绿道载体宽度	0.391	233.431	0.000	绿视率	0.361	31.777	0.000
出入口密度	0.323	203.601	0.000	绿道连通性	0.208	19.221	0.014
过街设施密度	0.096	46.179	0.003	出入口密度	0.142	12.884	0.026

表 5 商业服务型社区绿道建成环境显著因子影响程度排序
Tab. 5 Ranking of the significant factors influencing the built environment of commercial service type community greenway

中强度体力活动				高强度体力活动			
影响因子	标准化回归系数	t 检验	显著性	影响因子	标准化回归系数	t 检验	显著性
常量		-1.178	0.250	常量		-12.044	0.000
餐饮和生活日用设施密度	0.435	11.467	0.000	绿道载体宽度	0.557	11.909	0.000
绿视率	0.415	13.082	0.000	交叉口密度	-0.406	-10.340	0.000
交叉口密度	0.314	10.148	0.000	绿视率	0.378	9.274	0.000
居住密度	0.167	4.976	0.036	绿道连通性	0.243	5.372	0.017
绿道载体宽度	0.151	4.710	0.003				

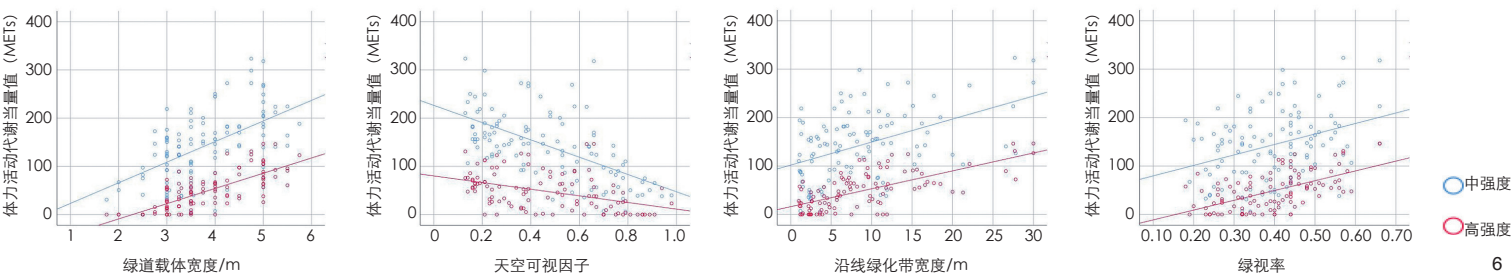


4 绿地景观型社区绿道散点拟合分析
Scattered fitting analysis of green space landscape type community greenways

5 商业服务型社区绿道散点拟合分析
Scattered fitting analysis of commercial service type community greenways

的主导建成环境因子影响程度由大到小依次为天空可视因子 (Beta=-0.531)、设施丰富度 (Beta=0.430)、沿线绿化带宽度 (Beta=0.414)、出入口数量 (Beta=0.257)、居住密度 (Beta=0.253)；高强度体力活动的主导因子由大到小依次为沿线绿化带宽度 (Beta=0.507)、

绿道载体宽度 (Beta=0.433)、天空可视因子 (Beta=-0.358)、绿道连通性 (Beta=0.271)。由此可见，中、高强度体力活动均对场所性特征偏好显著，其中，中强度体力活动更加偏向于较高的树木荫蔽度及丰富的设施类型，高强度体力活动更加偏向沿途绿化环境良好



6 生活休闲型社区绿道散点拟合分析
Scattered fitting analysis of life leisure type community greenways

表 6 生活休闲型社区绿道建成环境显著因子影响程度排序
Tab. 6 Ranking of the significant factors affecting the built environment of life leisure type community greenways

中强度体力活动				高强度体力活动			
影响因子	标准化回归系数	t 检验	显著性	影响因子	标准化回归系数	t 检验	显著性
常量		8.810	0.000	常量		-7.314	0.000
天空可视度	-0.531	-21.184	0.000	沿线绿化带宽度	0.507	16.039	0.000
设施丰富度	0.430	16.430	0.000	绿道载体宽度	0.433	13.195	0.000
沿线绿化带宽度	0.414	16.653	0.000	天空可视度	-0.358	-11.676	0.000
出入口密度	0.257	10.131	0.000	绿道连通性	0.271	8.986	0.000
居住密度	0.253	10.050	0.000	居住密度	0.038	1.247	0.215

和空间宽敞的运动环境。此外，中强度体力活动对人口临近性特征偏好程度较高，在居住密度一定时适当提高绿道侧的小区出入口密度是促进中强度活动的有效办法，高强度体力活动则受连接性中的绿道连通性影响较大。进一步结合散点拟合可见（图 6），绿道载体宽度达到 3 m 后才会支持高强度体力活动的发生，中强度体力活动对宽度的要求相对较低；天空可视因子与中、高强度体力活动为负向影响，并在处于 0.1~0.4 时中、高强度体力活动值均处于较高水平；绿视率大于 40% 时对体力活动强度促进作用明显；绿道沿线绿化带宽度为约 7 m（不超过 7 m）时，对中、高强度体力活动值影响最为显著，但超过 7 m 后体力活动强度值提升相对缓慢。

4 讨论与建议

4.1 利用临近性与连接性因子权重赋值，提升绿道选线水平

在已确立连接锚点的社区绿道选线工程实践中，可利用 GIS 工具对备选路线的临近性和连接性环境因子进行权重赋值和叠加分析，从而得到体力活动支持视角下的最优路

径，并减少未来的设施改造成本。其中，权重赋值结果通过层次分析法计算得出，即根据前文讨论的 3 类社区绿道相关分析及多元回归分析结果，对应层次分析的比例标度表构造判断矩阵并计算权重向量，最终获得各因子权重指标。

由分析结果可得：
权重赋值 $T_{\text{绿地景观型}} = 0.453 \times \text{交通站点密度} + 0.282 \times \text{公园出入口密度} + 0.148 \times \text{绿道连通性} + 0.077 \times \text{过街设施密度} + 0.040 \times \text{住宅密度}$ ，

$T_{\text{商业服务型}} = 0.481 \times \text{交叉口密度} + 0.227 \times \text{绿道连通性} + 0.154 \times \text{餐饮和生活日用设施密度} + 0.100 \times \text{居住密度} + 0.038 \times \text{小区出入口密度}$ ，

$T_{\text{生活休闲型}} = 0.395 \times \text{小区出入口密度} + 0.234 \times \text{居住密度} + 0.163 \times \text{绿道连通性} + 0.107 \times \text{文化服务设施密度} + 0.064 \times \text{交通站点密度} + 0.037 \times \text{生活日用设施密度}$ 。（3）

由此可见，绿地景观型社区绿道的选线规划应主要考虑其与公交地铁、城市绿道及过街设施的接驳联系，充分增加绿道可达性；商业服务型绿道则应着重关注交叉口密度和

绿道连通性，餐饮和生活日用设施密度也对体力活动强度具有较大影响；生活休闲型绿道应充分结合小区出入口和住宅密度进行规划设计，并适当结合各类设施和公交站点以诱发体力活动行为。

4.2 优化社区绿道场所性建成环境设计，提高绿道运动环境品质

1) 因地制宜地提升 3 类社区绿道载体宽度与绿视率。分析结果表明，绿道载体宽度与绿视率是 3 类社区绿道中、高强度体力活动共同偏好的场所性特征因子，且其促进体力活动的适宜值域范围有所不同。景观型社区绿道的绿视率为 50%~60%、绿道载体宽度 4~5 m 为宜，该类型绿道自身资源基础条件较好，可充分借助城市公园的优势破墙透绿，并结合景观绿化向内适当拓宽人行道，从而增加绿道绿视率并提高载体宽度（图 7-1）。商业服务型社区绿道中，人行道可通行宽度应拓展至 5 m 以上，并在绿道两侧设置花坛绿植进行人流分割，或在人行道旁设置独立自行车道，从而缓解人行道上的购物人流与骑行、跑步等高强度体力活动的冲突问题。此外，还可以将绿道载体拓展至整条街道支路，树池凸出处理以有效增加人行道通行宽度，交叉路口采用凸出路缘增加绿化水平，二者共同通过窄化路面、维稳交通以保证居民骑行活动安全（图 7-2）。生活休闲型社区绿道的绿视率大于 40%、绿道载体宽度 >3.5 m 为宜，研究证明该类型绿道的绿视率水平与沿线绿化带宽度显著相关，未来应努力推动绿道旁边社区级绿地尤其带状绿地的建设，但散点拟合发现将宽度控制在 7 m 之内，可节约绿道建设成本。

2) 提升生活休闲型社区绿道设施丰富度

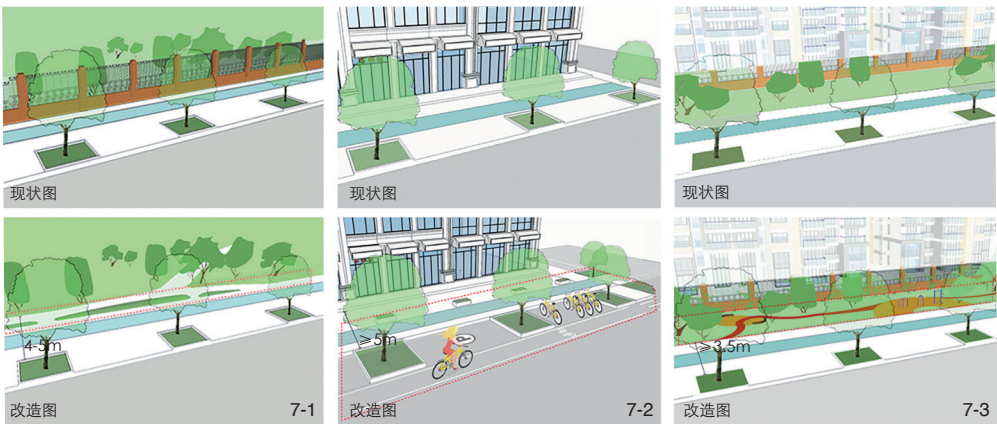
与顶界面舒适度。经研究分析可知，生活休闲型社区绿道是唯一与场所性特征均相关的社区绿道类型。散点拟合发现部分仅有较高绿带宽度样本的体力活动强度水平并不显著，可见相比于城市绿道而言，社区绿道对绿廊宽度要求并不严苛，在绿带宽度一定时绿道体力活动更加偏好于场所的设施特征和顶界面特征。因此社区绿道建设应注重沿途节点广场的布置，并结合座椅、廊架及健身、艺术设施等丰富绿道运动体验（图 7-3），宜种植成形成较快的高大乔木提升绿道顶界面的植物荫蔽度等，从而诱发更多的中、高强度体力活动。

5 结语

当今中国高密度建成区绿色体力活动场所匮乏，社区绿道建设对满足居民活动需求、提升公共健康水平具有重要意义。本研究以深圳市 3 种类型社区绿道为研究对象，基于数理模型探讨了不同建成环境要素对各类型社区绿道体力活动强度的影响，并对深圳市社区绿道选线规划和环境设计提出优化建议，旨在塑造高质量的体力活动支持型绿道环境。研究表明，3 类社区绿道体力活动强度的显著影响因子、影响强度及适宜值范围均存在差异，不同类型的绿道改造优化应因地制宜。需要注意的是，本研究仅针对深圳市而言，不同城市的平均温度、绿化水平等差异可能会导致结果有所不同，未来应加强不同地域社区绿道的比较研究。

参考文献 (References):

[1] 鲁斐栋, 谭少华. 建成环境对体力活动的影响研究: 进展与思考 [J]. 国际城市规划, 2015, 30 (2) : 62-70.
[2] 王婕, 李庆卫, 彭凌迁. 广东社区绿道建设启示: 以深圳福荣绿道为例 [J]. 中国园林, 2014, 30 (5) : 97-101.
[3] 赖寿华, 朱江. 社区绿道: 紧凑城市绿道建设新趋势 [J]. 风景园林, 2012 (3) : 77-82.
[4] 李方正, 郭轩佑, 陆叶, 等. 环境公平视角下的社区绿道规划方法: 基于 POI 大数据的实证研究 [J]. 中国园林, 2017, 33 (9) : 72-77.
[5] 韩西丽, 王烨. 城市社区绿道的服务效率及设计优化研究: 以深圳市为例 [J]. 城市规划, 2020, 44 (4) : 90-96.
[6] CHI W X, LIN G S. The Use of Community Greenways: A Case Study on A Linear Greenway Space in High Dense Residential Areas, Guangzhou[J]. Land(Basel), 2019, 8(12): 188.



7 社区绿道场所品质优化策略

Optimizing strategies for the quality of community greenways

7-1 绿地景观型

Green space landscape type of community greenways

7-2 商业服务型

Commercial service type of community greenways

7-3 生活休闲型

Life leisure type of community greenways

[7] LIU Z, LIN Y L, DE MEULDER B, et al. Can Greenways Perform as A New Planning Strategy in the Pearl River Delta, China?[J]. Landscape and Urban Planning, 2019, 187: 81-95.
[8] NGO V D, FRANK L D, BIGAZZI A Y. Effects of New Urban Greenways on Transportation Energy Use and Greenhouse Gas Emissions: A Longitudinal Study From Vancouver, Canada[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2018, 62: 715-725.
[9] BLOß L. A Greenway for Sustainable Mobility[D]. Berlin: Technische Universität Berlin, 2016.
[10] Transport for London. London Greenways Monitoring Report 2010–2014[EB/OL]. (2014-10-30)[2020-11-18]. content.tfl.gov.uk/greenways-final-annual-monitoring-report.pdf.
[11] HASKELL W L, LEE I-M, PATE R R, et al. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association[J].Circulation, 2007, 116(9): 1081-1093.
[12] DOLLMAN J, RIDLEY K. Differences in Body Fatness, Fat Patterning and Cardiorespiratory Fitness Between Groups of Australian Children Formed on the Basis Ofphysical Activity and Televisionviewing Guidelines[J]. Journal of Physical Activity and Health, 2006, 3(2): 191-199.
[13] ROSIQUE-ESTEBAN N, BABIO N,DÍAZ-LÓPEZ A,et al. Leisure-Time Physical Activity at Moderate and High Intensity Is Associated with Parameters of Body Composition, Muscle Strength and Sarcopenia in Aged Adults with Obesity and Metabolic Syndrome From the PREDIMED-Plus Study[J]. Clinical Nutrition, 2019, 38(3): 1324-1331.
[14] JANE J A, GIANGREGORIO L. Physical Activity and Skeletal Health in Adults[J]. The Lancet, Diabetes and Endocrinology, 2020, 8(2): 150-162
[15] FANG X X, HAN D, CHENG Q, et al. Association of Levels of Physical Activity With Risk of Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-analysis[J]. The Journal of the American Medical Association,2018,1(5): e182421.
[16] STRAIN T, WIJNDAALE K, DEMPSEY P C, et al.

Wearable-Device-Measured Physical Activity and Future Health Risk[J]. Nature Medicine, 2020, 26(9): 1385–1391.
[17] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Recommendations on Physical Activity for Health. [EB/OL]. (2010-11-30)[2020-11-18]. https://www.who.int/publications/i/item/9789241599979.
[18] GOBSTER P H. Perception and Use of a Metropolitan Greenway System for Recreation[J]. Landscape and Urban Planning, 1995, 33(1-3): 401-413.
[19] LINDSEY G. Use of Urban Greenways: Insights from Indianapolis[J]. Landscape and Urban Planning, 1999, 45(2-3): 145-157.
[20] COUTTS C . Multiple Case Studies of the Influence of Land-Use Type on the Distribution of Uses along Urban River Greenways[J]. Journal of Urban Planning and Development, 2009, 135(1): 31-38.
[21] WOLFF-HUGHES D L , FITZHUGH E C , BASSETT D R , et al. Greenway Siting and Design: Relationships with Physical Activity Behaviors and User Characteristics[J]. Journal of Physical Activity and Health, 2014, 11(6): 1105-1110.
[22] LIU K, SIU K W M, GONG X Y, et al. Where Do Networks Really Work? The Effects of the Shenzhen Greenway Network on Supporting Physical Activities[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 152: 49-58.
[23] CERVERO R, SARMIENTO O L, JACOBY E, et al. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá[J]. International Journal of Sustainable Transportation, 2009, 3(4): 203-226.
[24] AINSWORTH B E, HASKELL W L, LEON A S, et al. Compendium of Physical Activities: Classification of Energy Costs of Human Physical Activities[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 1993, 25(1): 71-80.

图表来源 (Sources of Figures and Tables):

图 1 为作者拍摄，图 2~7 由作者绘制；表格均由作者绘制。

(编辑 / 王亚莺 李卫芳)