doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2025.05.003

基于节点-场所模型的城市轨道交通廊道发展潜能评价
——以广州 3 条典型地铁线路为例

王成芳[1,2]，陈华馨[3]，吴子超[1,2]
（1. 亚热带建筑与城市科学全国重点实验室，广州 510640；2. 华南理工大学建筑学院，广州 510640；
3. 云南省曲靖市自然资源和规划局，云南曲靖 655000）

摘　要：针对城市轨道交通评价多局限于站点层面，未能充分考虑廊道尺度的整体性与协调性的问题，以广州 2 号线、3 号线和 5 号线 3 条典型地铁线路为实证研究对象，从廊道视角引入节点-场所模型，利用核密度及廊道平衡量化的分析方法，系统评价和对比分析沿线站点的发展状态及潜能，并对 3 条典型地铁线路的未来发展提出优化策略。研究结果表明：2 号线整体呈“从属”状态，节点与场所价值均偏低；3 号线整体呈“失衡节点”状态，交通优势显著，但场所价值待提升；5 号线整体相对接近平衡，节点与场所价值发展较为协调；建议 3 条线路从“廊道-站点”双尺度全面审视城市轨道交通沿线地区未来发展的需求和潜力。研究结果可为研判城市轨道交通沿线站点发展潜能及制定差异化发展策略提供参考借鉴。

关键词：节点-场所模型；轨道交通廊道；核密度分析；廊道平衡量化；“廊道-站点”双尺度
中图分类号：U231　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1672-6073(2025)05-0015-08

Evaluation of the Development Potential of Urban Rail Corridors Based on the Node-Place Model: A Case Study of Three Typical Guangzhou Metro Lines

WANG Chengfang[1,2], CHEN Huaxin[3], WU Zichao[1,2]
(1. State Key Laboratory of Subtropical Building and Urban Science, Guangzhou 510640;
2. School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou 510640;
3. Natural Resources and Planning Bureau of Qujing City, Qujing, Yunnan 655000)

Abstract: Existing evaluation approaches for urban rail transit predominantly focus on station-level analysis, lacking comprehensive consideration of the integrity and coordination at the corridor scale. This paper took Guangzhou's Metro Lines 2, 3, and 5 as empirical research objects, and extended the conventional node–place model from the station level to the corridor scale, aiming to better capture spatial dynamics along metro lines. The methods of Kernel Density Estimation and Corridor Balance Quantification were put forward to systematically assess the equilibrium status and development potential of stations along these corridors, and proposes tailored optimization strategies for each. The results reveal that Line 2 exhibited a "dependent" state overall, with both node and place values relatively low; Line 3 showed an "unbalanced node" state, featuring significant transportation

收稿日期：2024-10-27　修回日期：2025-05-29
第一作者：王成芳，女，博士，副教授，研究方向为轨道交通与城市发展、城市更新与保护等，cfwang@scut.edu.cn
基金项目：国家自然科学基金面上项目(52078217)；广东省自然科学基金项目(2024A1515011998)
引用格式：王成芳，陈华馨，吴子超. 基于节点–场所模型的城市轨道交通廊道发展潜能评价：以广州 3 条典型地铁线路为例[J]. 都市快轨交通，2025，38(5)：15–22.
WANG Chengfang, CHEN Huaxin, WU Zichao. Evaluation of the development potential of urban rail corridors based on the node–place model: a case study of three typical Guangzhou metro lines[J]. Urban rapid rail transit, 2025, 38(5): 15–22.

advantages but underdeveloped place value; Line 5 approached a balanced state, with relatively coordinated development between node and place values. The study emphasized the necessity of integrated “corridor-station” dual-scale analysis to holistically evaluate future development needs and potentials along rail transit corridors. The results provided valuable references for formulating differentiated development strategies tailored to various rail transit corridors.

Keywords: node-place model; urban rail corridor; kernel density analysis; corridor balance quantification; “corridor-station” dual scale

自 21 世纪以来，我国城市轨道交通(简称“轨交”)建设取得显著进展，但在规划理念层面仍存在系统性不足。在早期阶段，多数城市对轨交的“廊道效应”认知存在局限，仅将其定位为疏解旧城人口压力和缓解交通拥堵的工具，未能对沿线用地进行战略性规划与开发预留，导致轨交系统功能被单一化。在实施阶段，受制于投融资机制与开发模式的掣肘，站点开发呈现碎片化特征，缺乏对站点间功能协同、产业布局及资源配置的系统性统筹，进而引发站点同质化竞争与运营效率损失等结构性问题。鉴于此，亟需从城市空间发展战略维度重构轨交站点及廊道的功能定位，以实现轨交系统与城市发展的协同优化。

轨交廊道的重要性已受到广泛关注，CALTHORPE[1]提出公交导向开发(transit-oriented development，TOD)理念，首次阐释区域与站点层面的差异化发展特征；ROBERT[2]进一步将站点形象比喻为“轨交珠链”的关键节点，强调其在廊道系统的有机联系；国际 TOD 研究中心[3]指出廊道尺度是分析城市出行特征、预测增长极演化和优化保障性住房布局的理想研究单元。随着研究深入，不少学者[4-12]逐步将研究视野从单一站点拓展到廊道系统乃至城市网络层面。在方法论层面，传统评估体系如交通可达性分析、用地强度评价等存在明显单一维度的局限。BERTOLINI[13]基于欧洲火车站地区再开发背景提出“节点-场所(Node-Place，N-P)”模型，创新性通过解构站点的双重属性——作为交通网络的“节点”和城市功能的“场所”，构建 N-P 纺锤体模型[14]揭示双重维度的动态平衡规律，该模型一经提出在欧美学界受到广泛热议，并被尝试作为技术支撑应用于政策制定和战略谋划[15]。近年来，学界开始深入探讨 N-P 模型背后的系统性意义，ZHANG 等[16]将复杂网络分析引入模型，通过伦敦地铁案例揭示站点系统功能与局部建成环境的多尺度关联；DOU 等[17]基于 N-P 模型拓展第三维度对上海地铁站点开展类型学研究等。而不同轨交廊道在其线网体系和城市空间结构中承担着不同的功能角色，同城背景下不同线路对比研究可更清晰洞察轨交廊道之间的特征差异，从而有利于从城市尺度制定不同线路针对性发展策略，更高效地推进城市和轨交耦合发展。

综上，本文在已有研究基础上，选取广州地铁 3 条典型线路作为实证对象，引入 N-P 模型从“廊道-站点”双尺度剖析轨交沿线站点发展状态并研判其发展潜能，以期为轨交廊道综合效益最大化提供参考借鉴。

1 研究对象与概况

截至 2024 年，广州地铁运营线路共 19 条，运营里程达 693.9 km，位居全国第三[18]。2023 年，广州地铁客流强度达 1.38 万人次/(km·d)，居全国首位[19]。本文综合考虑广州城市规划历程、城市空间形态演变及轨交发展特征等，选取地铁 2 号线、3 号线一期(广州东—番禺广场)和 5 号线作为样本研究对象，区位示意如图 1 所示。3 条线路具有典型代表性：空间上覆盖东南西北四大发展轴向，贯穿 7 个行政区；沿线用地类型多元，涵盖商业中心、居住区、交通枢纽等；运营时间较长，客流常年稳居前三，且沿线开发成熟度高。



图 1 广州地铁 2/3/5 号线区位示意

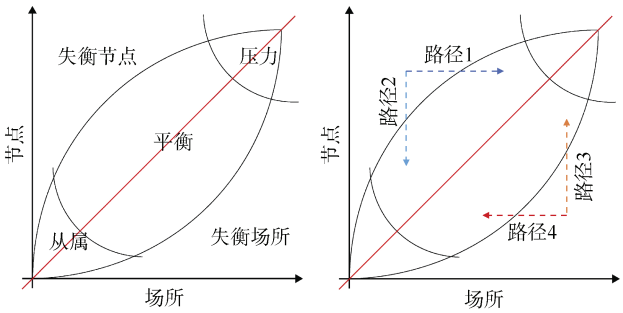
Figure 1 Location schematic of Guangzhou Metro Lines 2, 3 and 5

参考既有研究及行业导则[20-21]，划定沿线各站点 800 m 半径范围作为廊道研究单元，对 3 条线路发展状态和潜力进行深入剖析。

2 研究思路与模型构建

2.1 研究思路

根据 N-P 模型理论框架，站点发展状态可划分为 5 类：平衡型、压力型、从属型、失衡场所型和失衡节点型，如图 2(a)所示。根据动态平衡理论[22]，两类失衡站点具有显著的趋衡特征：失衡节点型站点具备节点价值优势，通过良好可达性促进活动集聚(场所价值提升)；失衡场所型站点则具有场所价值优势，通过生成交通需求刺激节点发展(节点价值提升)。实现趋衡的路径如图 2(b)所示，包括：路径 1(提升场所价值)、路径 2(降低节点价值)、路径 3(增强交通服务)和路径 4(调控场所价值)。通过规划干预引导失衡站点趋衡发展，可优化资源配置效率，最大化轨交沿线价值。在此基础上，将该分析框架拓展至廊道尺度，通过识别线路整体失衡区段，精准挖掘最具发展潜力的轨交廊道空间单元，为制定轨交廊道差异化发展策略提供理论依据。



(a) 节点-场所模型　(b) 节点-场所模型的动态平衡

图 2　节点-场所(N-P)模型及模型动态平衡示意

Figure 2　Node-place model and schematic of dynamic equilibrium

基于 N-P 模型框架，本文引入核密度分析和廊道平衡程度量化分析方法，系统评估轨交廊道的发展状态与潜能。一方面，如图 3 所示，运用 Origin 软件对轨交廊道多个站点基于 N-P 模型生成的状态散点图进行核密度分析，通过概率密度分布特征直观呈现不同廊道的整体发展态势。图 3 中，核密度分析图的颜色越深，意味着该区域内轨交廊道的站点在“节点-场所”特征组合上更为密集，反映出该类发展态势在整体廊道中的代表性或普遍性更强。另一方面，借鉴学者 VALE[23]提出的平衡程度量化方法，通过构建站点场所值和节点值的等值平衡线，并计算各站点到平衡线的欧氏距离 k，以表征各站点的平衡程度。其中，k 值与平衡程度呈负相关关系，如图 4 所示，当站点 A 的 k 值($k1$)大于站点 B 的 k 值($k2$)时，表示站点 A 平衡程度小于站点 B。该方法可用于站点间平衡程度的对比，也可拓展至不同廊道间的比较分析，从而形成基于 N-P 模型的“站点状态识别-廊道特征分析-发展潜能评价”的系统分析框架，为轨交廊道潜能评价提供科学的决策支持。

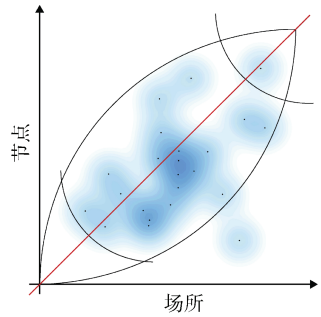


图 3　轨交廊道核密度分析示意

Figure 3　Kernel density estimation (KDE) analysis based on the Node-Place model

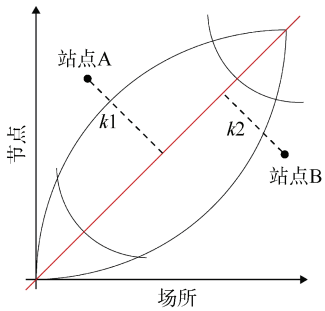


图 4　沿线站点平衡程度量化示意

Figure 4　Quantitative assessment schematic of balance level at rail transit stations

2.2 轨交廊道 N-P 模型构建与测算

采用系统文献分析法，通过检索权威中外文献数据库，对 1996 年 N-P 模型提出至今 130 余篇典型文献进行系统梳理。采用词频统计法提取“节点”和“场所”维度各前 10 个高频指标作为参考借鉴。基于文献分析结果，综合考虑数据可获得性和广州轨交线路特性等因素，构建了包含节点和场所两个维度的指标体系。如表 1 所示，节点维度从轨道交通供给能力、公共交通供给能力、道路交通供给能力 3 个层面选取 7 个指标，场所维度则从活动强度、多样性、混合性 3 个层面选取 11 个指标。数据来源包括广州地铁官网(N1、N2、N4-N6)、Open Street Map(N7)、百度热力图(P1)、高德开放平台(P2-P10)及实地调研(P11)。

表 1 适应轨交廊道的 N-P 模型指标体系构建及权重设置

Table 1 Development and Weighting of N-P Model Indicator System Adapted for Rail Transit Corridors

维度	准则层	指标代号	指标因子	计算方式	权重
节点	轨道交通供给能力	N1	轨道交通线路数	各站点可换乘线路数	0.466 1
		N2	站点服务频次	按发车班次计算	0.112 8
		N3	20 min 可达站点数	按高德在线地图计算	0.093 2
		N4	站点出入口个数	实地调研	0.079 3
	公共交通供给能力	N5	公交车站数	实地调研	0.035 6
		N6	公交车线路数	实地调研	0.142 5
	道路交通供给能力	N7	线网密度	站点 800 m 半径道路总长度/站域面积	0.070 4
场所	活动强度	P1	居住人口密度	百度热力图矢量化后统计站域各热区面积分级赋值加权计算	0.023 5
		P2	建筑密度	站域建筑基底面积之和	0.052 1
		P3	开发强度	站域建筑基底面积×层数	0.104 8
		P4	兴趣点(point of interest，POI)密度	POI 数量总和	0.183 9
	多样性	P5	居住类 POI 数量	居住类 POI 数量之和	0.052 3
		P6	零售/酒店/餐饮类 POI 数量	零售/酒店/餐饮类 POI 数量之和	0.227 6
		P7	教育/医疗/文化类 POI 数量	教育/医疗/文化类 POI 数量之和	0.020 6
		P8	政府机构/公共服务类 POI 数量	政府机构/公共服务类 POI 数量之和	0.028 6
		P9	公司/企业/商务办公类 POI 数量	公司/企业/商务办公类 POI 数量之和	0.207 6
	混合性	P10	POI 功能混合度	$-\sum_{i=1}^{m}P_i \ln P_i$ 其中，P_i 为第 i 类 POI 在区域内所占比例，m 为 POI 功能类型的类别数，如居住、零售类等	0.049 5
		P11	用地功能混合度	$-\sum_{j=1}^{n}S_j \ln S_j$ 其中，S_j 为第 j 类土地用途的面积占比或功能单元占比，n 为用地功能类型的类别数，如居住、商业等	0.049 5

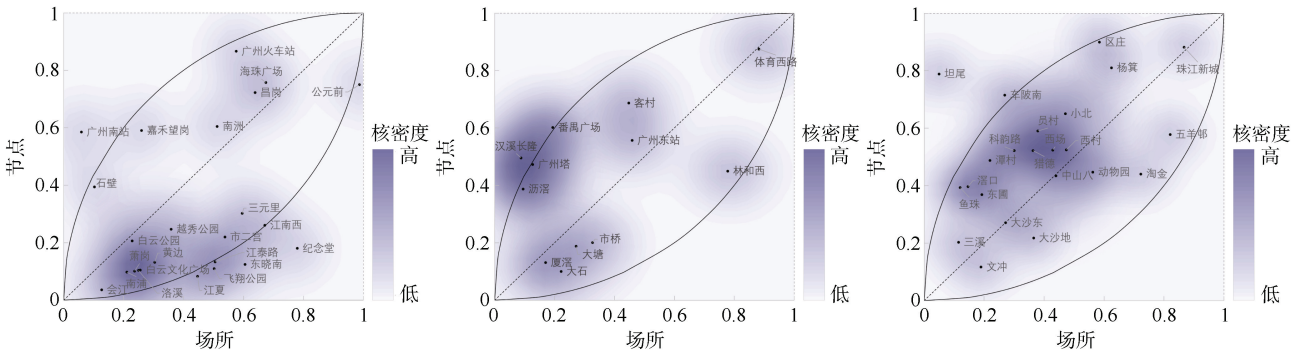
在权重确定方法选择上，结合前人研究对比了主成分分析法[16]、层次分析法[24-25]、最佳最差法[26]和多标准分析法[27]等方法。经预研比较后，采用层次分析法，运用 YAAHP 软件分别构建“节点”和“场所”两个层次分析矩阵。通过专家评分和一致性检验，最终确定各指标权重，权重分析结果如表 1 所示。

3 基于 N–P 模型的廊道发展状态识别与潜能评价

3.1 廊道发展状态识别

为确保多源异构数据的可比性，本文对各指标原始数据进行归一化处理，并结合指标权重值进行加权计算，获得各站点的节点值 N 和场所值 P。3 条线路各站点 N 值和 P 值的散点图和核密度的分析结果如图 5 所示，综合 N-P 模型理论可知：2 号线呈现显著的从属发展状态，表明节点和场所值整体水平较低；3 号线整体趋向失衡节点发展状态，侧面反映其沿线具有良好的交通可达性，但沿线站点场所功能或站点之间协调程度还有较大提升空间；5 号线整体接近平衡状态，表明其沿线土地开发与交通供给的协同效应最为显著。

对 3 条线路的平衡程度 k 值进行量化测度和对比分析，结果如图 6 所示。由图 6 可知：2 号线平衡度 k 值最高，表明其廊道平衡程度最低，失衡站点的占比达 25%，且同时存在节点失衡和场所失衡现象，与其整体“从属型”特征相符；3 号线次之，呈现“失衡节点”状态，失衡站点均为失衡节点型，印证了其作为“失衡节点型”廊道的诊断结论；5 号线 k 值最低，表明其发展最为均衡，失衡站点占比最低，且失衡程度较轻，与其“平衡型”特征相吻合。这一结果与核密度分析结果基本吻合，也为理解不同轨交廊道的发展模式提供了量化依据，表明平衡程度 k 值可作为评估廊道协调发展水平的有效指标。



(a) 2号线核密度分析　(b) 3号线核密度分析　(c) 5号线核密度分析

图 5　基于 N-P 模型的 3 条典型地铁线路各站点发展状态分析和核密度分析

Figure 5　Station development status and kernel density analysis for three typical metro lines (Node-Place model)

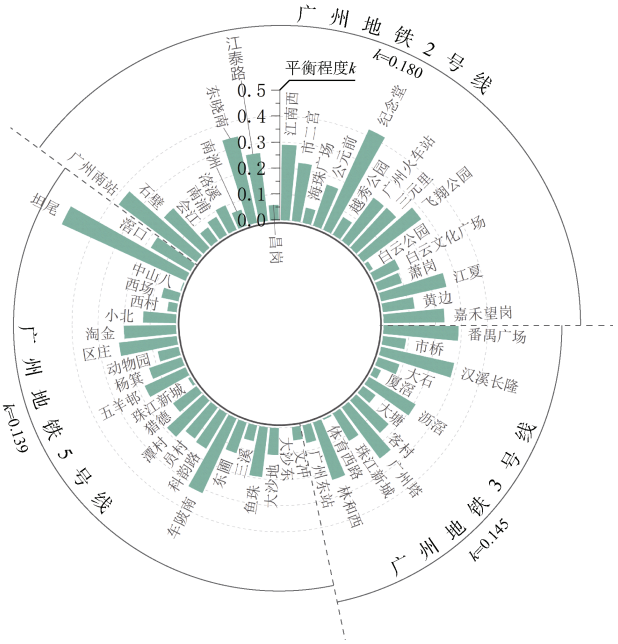


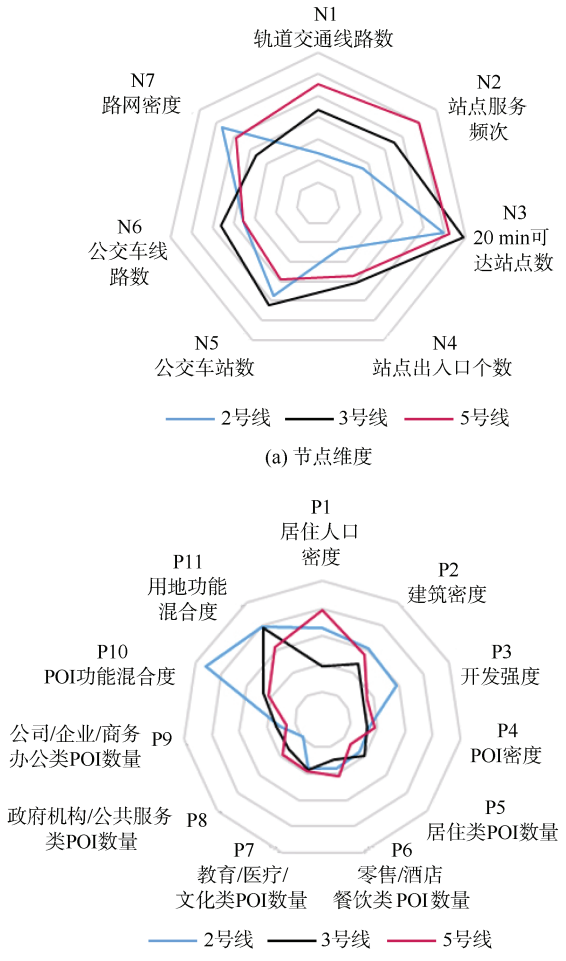
图 6　3 条典型地铁线路沿线发展平衡程度可视化分析

Figure 6　Visual analysis of development balance level along three typical metro lines

3 条线路各站点的节点和场所指标如图 7 所示。由图 7 可知：3 条线路在不同的指标因子中呈现出一定的差异特征，其中，2 号线节点指标均值最低，数据表现与其穿越广州老城区的实际情况相符合，廊道整体活动强度较高；3 号线节点维度优势突出，交通优势明显，具备培育 TOD 珠链结构的先天条件；5 号线表现出均衡发展特征，其多模式交通整合与用地功能协调程度为城轨一体化发展提供了典型范例，可以为不同类型轨交廊道的优化提升策略制定提供实证依据。

3.2　3 条廊道发展潜能评价

根据图 3 的 N-P 模型动态平衡理论，引入物理学



(a) 节点维度　(b) 场所维度

图 7　3 条典型地铁线路节点和场所两个维度的雷达图分析

Figure 7　Radar chart analysis of node and place dimensions for three typical metro lines

“势能差”的计算思路，构建站点发展潜能量化模型，通过计算节点-场所差值测度发展潜能，定义潜能指标 D 为归一化处理后的节点值 N 与场所值 P 的差值，其

表达式为

$$D=\begin{cases}D_{\mathrm{p}}=N-P,\ N>P\text{节点优势型站点}\\ D_{\mathrm{n}}=P-N,\ P>N\text{场所优势型站点}\end{cases}\tag{1}$$

式中，当站点的 $N>P$ 时，该站点为节点优势型站点，其发展潜能为 D_{p}，反映该站点具有场所发展潜能，其场所维度没有匹配当前良好的交通供给水平，此类站点可通过功能植入或强度提升来实现平衡；当站点的 $P>N$ 时，该站点为场所优势型站点，其发展潜能为 D_{n}，反映该站点具有节点发展潜能，其交通供给未能匹配站点的活动强度，需通过提升交通供给或功能疏解实现平衡。

对 3 条廊道沿线站点的发展潜能分别取平均值，得到基于发展潜能的量化评价结果如图 8 所示。由图 8 可知：3 条样本线路均呈现场所发展潜能 D_{p} 显著高于节点发展潜能 D_{n} 的特征，这表明优化沿线场所功能是当前廊道发展的首要任务。具体而言：①2 号线表现出最显著的双向潜能特征，一般站普遍存在节点供给不足，而换乘站/枢纽站则呈场所功能滞后，反映其整体发展不均衡问题突出，节点和场所维度都有较大提升空间；②3 号线沿线场所发展潜能高于节点，印证该线路的“失衡节点”发展状态，同时该线路的 D_{p} 平均值最低，侧面反映其沿线场所发展潜能释放空间比其他两条线路更大；③5 号线呈现区段分化特征，其中猎德-鱼珠段以场所潜能为主，其他区段则呈现混合分布。

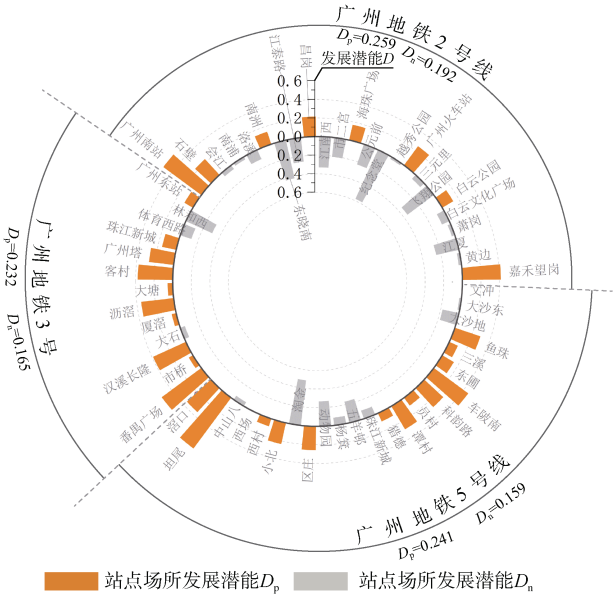


图 8　3 条典型线路沿线站点发展潜能量化评价示意

Figure 8　Quantitative evaluation of station development potential along three typical metro lines

上述结果反映出轨交廊道发展潜能分析需要采用“廊道-站点”双尺度研究方法：既要把握以核密度分析为代表的线路整体特征，又要识别站点个体的潜能差异 D。只有将二者结合才能确保分析结论的科学性和准确性。

4　3 条廊道发展研判与优化思考

4.1　地铁 2 号线：旧城更新导向下节点-场所协同优化

地铁 2 号线作为贯穿广州历史城区的重要交通廊道，其发展面临着独特的机遇与挑战。该线路连接广州南站与白云机场，沿线分布着丰富的历史文化资源，具有重要的城市服务功能与文化传承价值。然而，受限于旧城区复杂的空间肌理和产权结构，线路的廊道效应未能得到充分发挥，站点地区的更新改造面临诸多制约。

从空间特征来看，2 号线沿线站点地区多为小街区密路网形态，可充分利用这一特性，提出“联站成群”的优化思路：通过整合相邻站点的地下空间资源，构建多节点联动的功能网络，将分散的交通优势转化为整体发展动能。如图 9 所示，可重点强化站点间的空间联系与功能互补，促进交通人流向消费人流的有效转化，同时注重历史文化资源的保护与活化利用。

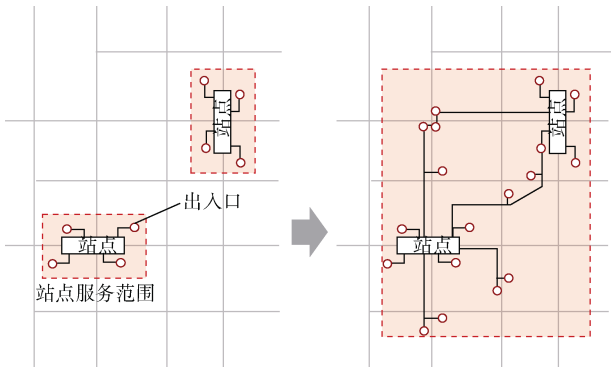


图 9　“联站成群”示意

Figure 9　Schematic of metro station cluster planning

在场所价值层面，建议采用差异化提升策略。针对旧城区商业辐射力减弱，站点场所功能有所弱化，可考虑重点打造社区型站点为主的 TOD 廊道，统筹廊道内站点间的互动，结合现状及未来规划分段定位实现刺激廊道内双向交通流，从而提升廊道内部交通运营效率。针对历史保护类地段，尤其要重视空间环境品质提升，充分利用历史文脉资源吸引外来人流激发经济活力。

4.2 地铁 3 号线：从客流通道向功能复合型廊道转型

作为贯穿城市核心区的南北向骨干线路，3 号线呈现出显著的“失衡节点”状态。北段穿越城市中央商务区，交通供给与城市功能协同度较高；而南段受制于城中村及单一功能居住区的影响，场所价值明显滞后。针对这一区段分异现象，建议实施以下优化策略：重点提升番禺广场站的区域服务能级，强化其作为南部公共服务中心的功能定位；有序推进沿线城中村更新改造，注重环境品质提升和公共服务设施完善；推动南段原有村集体工业向商住或高新技术产业用地转型，提升沿线人流活动强度。通过系统性干预措施，推动廊道由单一交通功能向复合城市功能转型。

4.3 地铁 5 号线：构建动态平衡的韧性发展廊道

5 号线虽整体呈现相对平衡的发展状态，但仍存在局部失衡现象，特别是部分区段的场所价值有待提升。建议针对失衡站点如“猎德-鱼珠”区段精准提升，以打通轨交走廊发展的断点，实现沿线轨交与城市空间一体化发展。同时，也可考虑结合该线路作为示范廊道试点，构建多维度数据监测平台，实时跟踪节点与场所指标演变趋势；设置科学合理的预警阈值，及时识别潜在失衡风险；实施针对性的优化措施，包括公交接驳服务完善和功能混合引导等。

5 结论

轨交廊道沿线站点具备交通节点与城市场所的双重属性，N-P 模型可以直观捕捉站点交通和土地利用的互动反馈动态，结合其“场所”和“节点”价值趋衡发展规律有助于明确站点发展潜力与优化提升方向。同时，各轨交站点并不孤立存在，而是服务于相邻站点，在轨交系统中承担着不同角色[28]。本文突破了传统站点层面的孤立评估模式，将 N-P 模型从站点尺度扩展至廊道尺度，引入核密度分析和廊道平衡程度量化方法，对广州地铁 2 号线、3 号线一期及 5 号线进行实证分析，并提出差异化的优化策略。得出的研究结论如下：

1) 3 条典型线路廊道的发展状态识别与潜能评价结果基本吻合，地铁 2 号线表现为从属状态，整体交通和场所价值偏低；3 号线整体处于节点失衡状态，具备较高的交通优势但场所价值有待提升；5 号线相对接近平衡，节点与场所价值发展较为协调。这体现出 N-P 模型在廊道尺度上的有效性，能够动态识别廊道发展瓶颈与潜力区段，为决策者和规划师提供精准的决策依据，促进城市功能与交通需求的精准匹配，实现廊道效益的最大化。

2) 轨交廊道研究需强调廊道尺度与站点尺度的综合统筹分析。一方面，要树立轨道交通与城市空间协同发展的系统性战略思维，实现城轨一体化发展；另一方面，从“廊道-站点”双尺度视角，全面审视沿线地区未来发展的需求与潜力，实现站点功能与廊道整体布局的有机融合。

在未来新型城镇化进程中，轨交廊道对超大城市发展方向引导、空间结构优化、人口与经济要素布局等方面均发挥着举足轻重的作用。因此，需要从战略和全局的高度，对轨交廊道与城市空间发展互动关系进行整体谋划，依托轨交骨架合理安排功能组团，重视轨交廊道站点之间的协同，构建集约紧凑、功能复合的轨交廊道。

参考文献

[1] CALTHORPE P. The next American metropolis: ecology, community and the American dream[M]. New York: Princeton Architectural Press, 1993.

[2] ROBERT Cervero. TOD 与可持续发展[J]. 城市交通, 2011, 9(1): 24-28.
ROBERT C. Transit-oriented and sustainable development[J]. Urban transport of China, 2011, 9(1): 24-28.

[3] Center for Transit Oriented Development. Trends in transit-oriented development 2000-2010[R]. 2014.

[4] KNOWLES R D. Transit oriented development in Copenhagen, Denmark: from the finger plan to ørestad[J]. Journal of transport geography, 2012, 22: 251-261.

[5] PAPA E, MOCCIA F D, ANGIELLO G, et al. An accessibility planning tool for network transit oriented development: SNAP[J]. Planum journal of urbanism, 2013, 27(2): 1-9.

[6] LIU L W, ZHANG M, XU T. A conceptual framework and implementation tool for land use planning for corridor transit oriented development[J]. Cities, 2020, 107: 102939.

[7] ZHANG M. Corridor transit oriented development: concept, practice, and research needs[M]//Urban Transport and Land Use Planning: A Synthesis of Global Knowledge. Amsterdam: Elsevier, 2022: 277-299.

[8] 王成芳. 基于多维度视角下城市轨道站区用地优化策略研究: 以广州为例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.

[9] 张育南. 北京城市轨道交通与城市空间整合发展问题研究[D]. 北京: 清华大学, 2009.
ZHANG Yunan. Integrating urban rail transit and spatial

development in Beijing[D]. Beijing: Tsinghua University, 2009.

[10] 茹祥辉, 杨志刚, 郑猛, 等. 超大城市轨道交通与空间协同发展策略: 以北京市为例[J]. 城市交通, 2022, 20(2): 21-27.
RU Xianghui, YANG Zhigang, ZHENG Meng, et al. Strategies for coordinated development of rail transit and urban space in megacities: case study of Beijing[J]. Urban transport of China, 2022, 20(2): 21-27.

[11] 陈小鸿, 周翔, 乔瑛瑶. 多层次轨道交通网络与多尺度空间协同优化: 以上海都市圈为例[J]. 城市交通, 2017, 15(1): 20-30.
CHEN Xiaohong, ZHOU Xiang, QIAO Yingyao. Coordination and optimization of multilevel rail transit network and multi-scale spatial layout: a case study of Shanghai metropolitan area[J]. Urban transport of China, 2017, 15(1): 20-30.

[12] 曹哲静. 城市商业中心与交通中心的叠合与分异: 基于复杂网络分析的东京轨道交通网络与城市形态耦合研究[J]. 国际城市规划, 2020, 35(3): 42-53.
CAO Zhejing. Configuration of urban commercial centers and transport centers: evidence from Tokyo transit network and urban morphology based on the complex network analysis[J]. Urban planning international, 2020, 35(3): 42-53.

[13] BERTOLINI L. Nodes and places: complexities of railway station redevelopment[J]. European planning studies, 1996, 4(3): 331-345.

[14] BERTOLINI L. Spatial development patterns and public transport: the application of an analytical model in the Netherlands[J]. Planning practice and research, 1999, 14(2): 199-210.

[15] 赫特·约斯特·皮克, 卢卡·贝托里尼, 汉斯·德扬, 等. 透视站点地区的发展潜能: 荷兰节点—场所模型的 10 年发展回顾[J]. 国际城市规划, 2011, 26(6): 63-71.
PEEK G, BERTOLINI L, DE JONGE H, et al. Gaining insight in the development potential of station areas: a decade of node-place modeling in the Netherlands[J]. Urban planning international, 2011, 26(6): 63-71.

[16] ZHANG Y R, MARSHALL S, MANLEY E. Network criticality and the node-place-design model: classifying metro station areas in greater london[J]. Journal of transport geography, 2019, 79: 102485.

[17] DOU M X, WANG Y D, DONG S H. Integrating network centrality and node-place model to evaluate and classify station areas in Shanghai[J]. ISPRS international journal of geo-information, 2021, 10(6): 414.

[18] 交通运输部. 2024 年城市轨道交通运营数据速报[R]. 北京: 交通运输部, 2025.

[19] 广州市人民政府. 2023 年度广州市交通运行数据公布 广州地铁客流强度国内第一[EB/OL]. [2024-03-17]. https://www.gz.gov.cn/zt/gzlfzgzld/gzld/content/post_9543291.html.

[20] CHORUS P, BERTOLINI L. Developing transit-oriented corridors: insights from Tokyo[J]. International journal of sustainable transportation, 2016, 10(2): 86-95.

[21] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道沿线地区规划设计导则[Z]. 北京, 2015.

[22] BERTOLINI L. Sustainable urban mobility, an evolutionary approach[J]. European spatial research policy, 2005(12): 109-125.

[23] VALE D S. Transit-oriented development, integration of land use and transport, and pedestrian accessibility: Combining node-place model with pedestrian shed ratio to evaluate and classify station areas in Lisbon[J]. Journal of transport geography, 2015, 45: 70-80.

[24] MONIRUZZAMAN M, OLARU D, BIERMANN S. Assessing the accessibility of activity centres and their prioritisation: a case study for Perth Metropolitan Area[J]. Urban, planning and transport research, 2017, 5(1): 1-21.

[25] SU S L, ZHANG H, WANG M, et al. Transit-oriented development (TOD) typologies around metro station areas in urban China: a comparative analysis of five typical megacities for planning implications[J]. Journal of transport geography, 2021, 90: 102939.

[26] GROENENDIJK L, REZAEI J, CORREIA G. Incorporating the travellers' experience value in assessing the quality of transit nodes: a Rotterdam case study[J]. Case studies on transport policy, 2018, 6(4): 564-576.

[27] PUCCI P, VECCHIO G. Enabling mobilities: planning tools for people and their mobilities[M]. Cham: springer international, 2019.

[28] 吴子超, 孙一民, 王成芳. "站点与站点层面" 轨道交通客流影响因素的研究综述[J]. 铁道运输与经济, 2025, 47(2): 57-67.
WU Zichao, SUN Yimin, WANG Chengfang. Review of research on influencing factors of rail transit ridership at station-to-station level[J]. Railway transport and economy, 2025, 47(2): 57-67.

（编辑：王艳菊）