

公交引导发展模式下天津市社区型地铁站点与服务设施布局协调性研究^{*}

朱敏清¹ 张姝婷¹ 崔洪军² 任彬彬¹

(1. 河北工业大学建筑与艺术设计学院, 300131, 天津;

2. 河北工业大学土木与交通学院, 300131, 天津//第一作者, 正高级工程师)

摘 要 为探究地铁站点建设与公共服务设施布局的耦合协调关系,选取了天津市 10 个社区型地铁站点为研究对象。以 TOD(公交引导发展)模式理论的“5D”原则为引导,构建设计、密度、多样性、可达性、交通便利性和均衡性等多维度协调性评价指标。基于人口密度、POI(兴趣点)、建成环境等多源数据,采用 GIS(地理信息系统)核密度、栅格成本距离、信息熵等分析方法,综合评价站点与周边公共服务设施布局协调性,最终提出优化建议。研究发现:①公交站点数量与公共服务设施区位熵指数是影响协调性最显著的指标;②10 个典型社区型站点依据综合评价得分可分为较高协调型、一般协调型和较低协调型三个等级,各站点在各指标方面皆存在其自身优势与不足。

关键词 社区型地铁站点;服务设施布局;协调性;公交引导发展模式

中图分类号 U231⁺.92;U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.01.009

Coordination of Community Metro Station and Public Service Facility Layout under TOD Guidance in Tianjin

ZHU Mingqing, ZHANG Shuting, CUI Hongjun, REN Binbin

Abstract To explore the coupling coordination relationship between metro station construction and public service facility layout, 10 community metro stations in Tianjin are selected as research objects. Guided by the '5D' principle of TOD (transit-oriented development) theory, a multi-dimensional coordination evaluation index system of density, diversity, accessibility, transportation convenience, design and balance is constructed. Based on multi-source data including population density, POI (point of interest) and built environment, analysis methods such as GIS (geographic information system) kernel density, grid cost distance, information entropy are adopted to comprehen-

sively evaluate the coordination of station site and surrounding public service facility layout. Finally, optimization suggestions are put forward. Research results show that: ①The number of bus stops and the location entropy indexes of public service facility are the most significant indicators that affect coordination. ②According to comprehensive evaluation score, the 10 typical community station sites can be divided into three levels of high, general and low coordination types. Each station site has its own advantages and shortcomings in each index.

Key words community metro station; service facility layout; coordination; TOD

First-author's address School of Architecture & Art Design, Hebei University of Technology, 300131, Tianjin, China

TOD(公交引导发展)模式作为各大城市建设“公交都市”的理论支撑,已被我国广泛认可。

截止 2021 年,国家发展与改革委员会已批复天津市的城市轨道交通规划建设里程约为 513 km。这使相关站点周边用地功能整合进入新阶段,站点周边区域的高密度人口对教育、医疗等各类设施的可达性与多样性等提出了更高的要求。在此背景下,选取了天津市 10 个社区型地铁站点为研究对象,探索其地铁站点建设与公共服务设施布局之间的耦合关系。

1 概念界定与相关研究

1.1 概念界定

本研究采用当前学术界公认的 500 m 半径圆形区域(步行 10 min 距离)为地铁站点影响范围。

服务设施承担着满足居民基本日常物质和精神生活需求的职能。注重供给的均等化和公平性,既是社区环境的核心组成,也是站域建成环境的重

^{*} 河北省社会科学基金项目(HB22YJ040);河北省高等学校科学技术研究项目(ZD2022123);河北省重点研发计划项目(22370801D)

要组成。结合 POI(兴趣点)的数据分类,确定服务设施种类为文娱、教育、医疗卫生、体育休闲、公园、养老服务、商业、交通设施和其他公共设施等 9 类。

社区型地铁站点与服务设施布局协调性的内涵即为通过优化地铁站点周边服务设施的布局,将站点核心区与周边社区公共中心区结合设置,以充分发挥地铁站点的交通区位优势,扩大地铁站点和设施的服务影响范围,提升片区空间活力和竞争力。

1.2 相关研究现状

在城市轨道交通站点周边建成环境研究方面,Cervero 和 Kockelman 提出了 TOD 模式规划设计的“3D”原则——“设计”(Design)、“密度”(Density)、“多样性”(Diversity);后来 Cervero 等人又在“3D”基础上增加了“目的地可达性”(Destination accessibility)和“交通换乘距离”(Distance to transit)原则,从而形成“5D”原则,包含了地铁站点距离、土地利用多样性、人口密度等 30 余项指标。经后续学者深入研究,5D 原则现已成为业内公认的评价 TOD 模式建成环境的重要参考^[1]。国内外学者对 TOD 模式展开了诸多探索,如文献[1]揭示了影响 TOD 模式效能的不同要素之间存在的组群关系及关键指标,探讨了 TOD 模式效能影响的一般规律以及对地铁站点优化建设的启示。而当前学术界在研究服务设施布局时,主要考虑设施达标率与设施覆盖率、使用者需求、设施可

达性与均衡性等几方面影响因素。例如文献[2]认为城市居民收入、人口密度、年龄结构和文化程度等方面的差异导致了服务设施需求的分化;文献[3]基于两步移动搜寻法、多中心性评价模型等量化方法测度各类公共服务设施可达性;文献[4]验证了公共服务设施配建达标率与居民出行结构的关联性,指出可通过改善设施分布可达性引导绿色出行结构的形成。

综上,既有对地铁站点与服务设施布局的关联研究仍处在初步阶段,其研究重心更偏向于站域土地利用和综合开发等方面;在微观层面,考虑区位因素,当地铁站点植入城市和社区空间时,建成环境的各要素与公共服务设施布局如何协调才能更好地适应城市发展需求、更新优化时应重点考虑哪些要素等方面的研究仍存在缺口。

1.3 协调性评价指标构建

结合 TOD 模式理论对建成环境与公共服务设施进行评价时,本文在“5D”原则的基础上增加一个公共服务设施均衡性(Balance)原则,形成“5D+B”6 个维度、14 个指标的社区型地铁站点与公共服务设施布局协调性评价指标。对原始数据进行离差标准化处理,使用熵权法加权平均得到的 14 项指标权重如表 1 所示。其中,权重值反映指标在评价站点周边公共服务设施布局合理性中的重要程度,即权重值越高,指标差异性越大,对整体协调性评价的影响也越大。

表 1 “5D+B”协调性评价指标

Tab. 1 ‘5D+B’ coordination evaluation index system

一级指标	二级指标	二级指标描述	权重
设计	路网密度/(km/km ²)	反映步行环境舒适度,为区域内道路总长度与区域总面积的比值	0.048 4
	交叉口数量/个	表示街道网络中直达性和路径可替代性,为单位面积即站域 500 m 范围内道路交叉口数量	0.074 6
	社区环境宜居指数	采用 10 分制,以访谈的形式收集居民对社区环境宜居性的满意度指数平均值,共收集 347 份访谈信息	0.069 1
密度	人口密度/(人/hm ²)	30 m×30 m 精度下站点 500 m 半径范围内人口分布密度	0.075 3
	服务设施核密度	在站点的影响范围内服务设施核密度	0.066 3
	设施紧凑度	在站点的 300 ~500 m 半径范围内公共服务设施数量的比值	0.056 3
多样性	设施种类多样性指数	利用信息熵的分析法来计算站点 500 m 范围内的设施种类多样性指数	0.050 3
	土地利用多样性指数	利用信息熵的分析法来计算站点 500 m 范围内的各类用地性质占地面积多样性指数	0.050 2
	混合用地比重/%	混合功能用地占站点 500 m 半径总用地面积的比值	0.075 6
目的地可达性	设施步行可达性	采用 GIS 栅格分布法构建 5 min、10 min、15 min 步行等时圈,统计不同步行时间内可到达设施数量,计算设施可达性指数	0.062 5
交通换乘距离	到地铁站点距离/m	各公共服务设施点到地铁站点的平均距离	0.032 1
	公交站点数量/个	站点影响范围内的公交站点数量,表示公共交通出行与换乘的便利性	0.193 2
	停车设施数量/个	站点影响范围内分布的停车场数量,表示停车便利性	0.030 3
均衡性	设施区位熵指数	站点影响范围内人均服务设施数量与天津市中心城区人均服务设施数量的比值	0.115 8

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

研究所需人口密度数据来源于中科院环境科

学数据库,为 2020 年末常住人口 30 m×30 m 精度人口密度栅格数据;POI 数据通过 2020 年高德地图的 API(应用程序编程接口)获取,经筛选得到研究范围内各类设施数据;路网数据来源于 OSM(开源

的世界地图)数据;其他建成环境如道路交叉口数量、路网密度、混合用地占比等数据通过卫星影像结合实地调研获取。

2.2 研究方法

2.2.1 核密度测度公共服务设施密度

可通过核函数识别公共服务设施要素点在第 i 个站点周边区域内的密度变化,计算公式如下:

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \quad (1)$$

式中:

$f_n(x)$ ——核密度值;

$k(\cdot)$ ——核函数;

n ——设施点个数;

h ——带宽;

$x-x_i$ ——估计点 x 到取样点 x_i 的距离。

2.2.2 信息熵测度多样性指数

采用广泛使用的信息熵指数对站域公共服务设施和土地利用多样性进行测度^[5],其数值介于 0~1 的区间,数值越高,多样性越好。计算公式如下:

$$H = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln N \quad (2)$$

式中:

H ——各站点服务设施或土地利用的多样性指数;

P_i ——各类公共服务设施数量占总体数量的比例或各类用地面积占圆形区域总面积的比例;

N ——公共服务设施或用地种类数。

2.2.3 栅格成本加权距离测度可达性

栅格成本距离分析法基于路网栅格数据测度成本栅格数据^[6],再计算各栅格单元到源(地铁站点)累计耗费距离的区域可达性。步行速度设置为 5 km/h,分别得到地铁站点周边基于时间成本 5 min、10 min、15 min 的可达范围,通过 GIS 空间连接即可得到不同时间成本等时圈内公共服务设施的分布数量;考虑到游客出行意愿随时间成本的增加呈等级递减,故将 5 min、10 min、15 min 三个等时圈的加权系数分别设置为 1.0、0.6、0.2。计算公式如下:

$$Y_i = \sum_{r=1}^m M_{i,r} R_r \quad (3)$$

式中:

Y_i ——第 i 个站点的设施可达性指数;

m ——时间成本级别数量;

r ——时间成本对应的等级;

$M_{i,r}$ ——第 i 个站点第 r 等级时间成本内的公共服务设施数量;

R_r ——其对应的加权系数。

2.3 研究对象

至 2021 年 12 月,天津市开通运营地铁线路共 8 条,其总运营里程为 265 km,车站 164 座。以站点周边居住用地占比 40% 以上、公共服务设施用地占比 10% 以上为基础条件,综合考虑站点区位、建成时间、距离中心区远近、所属线路等不同因素,筛选出 10 个典型社区型站点。各站点周边各类用地面积占比如表 2 所示。

表 2 天津市 10 个典型社区型地铁站点周边各类用地面积占比数据统计

Tab. 2 Statistics of surrounding land use area proportion data around 10 community type metro stations in Tianjin

站名	用地占比/%					
	居住	公共管理与服务	商业服务业	混合	其他	
西北角站	47.60	14.14	18.16	3.88	16.22	
本溪路站	41.35	26.04	2.09	3.95	26.57	
翠阜新村站	41.10	35.34	5.19	1.27	17.10	
红旗南路站	50.06	15.64	11.72	4.30	18.28	
西康路站	49.95	11.52	10.28	10.42	17.83	
北宁公园站	41.42	13.36	14.03	2.56	28.63	
南楼站	50.17	12.26	15.72	2.17	19.68	
月牙河站	45.68	10.35	5.58	4.64	33.75	
幸福公园站	50.65	10.76	11.49	5.46	21.64	
黑牛城道站	41.34	20.15	10.60	2.45	25.46	

3 协调性评价结果分析

3.1 协调性因子描述性统计

10 个社区型站点各项指标统计如表 3 所示。

1) 设计维度的三个指标数值越高,越能够提升居民绿色出行的意愿。路网密度越高,步行尺度越适宜;道路交叉口数量越多,街道网络中直达性和路径可替代性越强。西康路站、幸福公园站、西北角站路网密度与道路交叉口数量均位于前三,翠阜新村站和北宁公园站为最少。社区环境宜居指数通过视觉与感受影响居民出行意愿,前三的站点分别是黑牛城道站、本溪路站和西康路站。

2) 密度维度。各站点人口密度与公共服务设施核密度差异化明显:月牙河站、南楼站和黑牛城道站人口密度较高,西康路站、西北角站、南楼站设施核密度较高。这是因为站点临近大型商圈、能够提供数量种类更多的服务功能所致。60% 的站点设施紧凑度超过了 36% (站点 300 m 与 500 m 半径区

表 3 天津市 10 个社区型地铁各站点协调性指标描述性统计

Tab. 3 Descriptive statistics of coordination indexes for 10 community type metro stations in Tianjin

站名	设计			密度			多样性			目的地可达性	交通换乘距离			均衡性
	路网密度/ (km/km ²)	交叉口数量/ 个	社区环境宜居指数	人口密度/ (人/hm ²)	服务设施核密度/ 个	设施紧凑度/ %	设施种类多样性指数	土地利用多样性指数	混合用地比重/ %	设施步行可达性	到地铁站点距离/m	公交站点数量/ 个	停车设施数量/ 个	设施区位熵指数
西北角站	9.92	16	6.75	1 701.82	1 073.87	38.64	0.46	0.73	3.88	3.68	337.30	10	95	0.73
本溪路站	7.65	11	7.08	2 159.28	264.70	30.77	0.22	0.72	3.95	3.33	345.74	4	30	0.70
翠阜新村站	4.11	9	6.58	1 075.06	462.63	37.74	0.25	0.65	1.27	3.75	324.43	4	37	0.45
红旗南路站	5.97	14	6.46	1 083.07	376.47	40.43	0.44	0.68	4.30	3.33	342.97	5	75	1.17
西康路站	10.56	22	6.79	2 495.16	1 976.91	40.00	0.68	0.70	10.42	3.65	336.77	4	196	0.94
北宁公园站	5.37	8	6.83	2 867.83	885.45	26.92	0.40	0.77	2.56	3.31	383.60	4	44	0.22
南楼站	6.54	11	6.38	3 316.59	1 438.76	39.51	0.48	0.69	2.17	3.57	330.73	6	133	2.48
月牙河站	9.06	15	6.54	3 382.14	967.35	33.03	0.42	0.82	4.64	3.57	348.47	9	45	3.82
幸福公园站	9.96	25	6.58	1 927.02	1 081.09	43.04	0.53	0.74	5.46	3.72	334.01	11	54	0.40
黑牛城道站	7.22	14	7.25	4 369.24	870.57	26.19	0.42	0.76	2.45	3.29	365.57	4	52	0.84

域的面积之比),表明地铁站点的建设对各类设施围绕站点集聚有显著影响。

3) 多样性维度。站点间的设施种类多样性与混合用地占比差异较大,大多数站点设施种类多样性低于 50%,混合用地占比低于 5.5%,可采用不同服务功能混合布置的方式,以充分利用存量空间,既可提高混合用地比例,也提升了配置多样性。土地利用多样性指数与社区型站点周边土地利用情况相似,故差异不大。

4) 目的地可达性维度。结合图 1 的 500 m 范围内的设施基本都可以在 0~10 min 的步行时间内可达,设施步行可达性指数异质性与设施核密度特征相似,可达性数值高的站点即西康路站、南楼站、西北角站等站皆具有位于商圈的特点,翠阜新村站、黑牛城道站、本溪路站相对较低。

站和月牙河站较多,与其人口密度较高、人流客流较大紧密相关,公共交通换乘更加便捷;停车设施数量,西康路站最多,这是由于区域内道路开放性较强,且由于商圈的存在对人流吸引力较强,产生了更高的停车需求所致。

6) 均衡性维度。设施区位熵指数表示站域空间各类设施供给水平的高低,月牙河站、南楼站和西康路站设施供给具有明显优势,而剩余 70%的站点均不及天津市中心城区平均水平。这表明地铁站点的建设对设施配置集聚尚未产生良好的促进作用,城市空间结构与地铁站点的融合仍有较大提升空间。

3.2 评价结果分析

使用熵权法确定的各项指标权显示,公交站点数量和设施区位熵指数是影响站点协调性综合评价最重要的两个因素。对各站点进行综合评价,依据得分情况可将其分为较高、一般和较低共三级(见表 4)。其中,80%的站点与其周边服务设施布局的协调性低于 0.6,可见地铁站点与城市结构的互嵌融合有待整体提升。

表 4 站点综合评价分级

协调性分级	评价得分	包含站点
较高协调型	>0.6~1.0	幸福公园站、月牙河站
一般协调型	>0.3~0.6	西北角站、西康路站、南楼站、红旗南路站
较低协调型	>0~0.3	黑牛城道站、本溪路站、北宁公园站、翠阜新村站

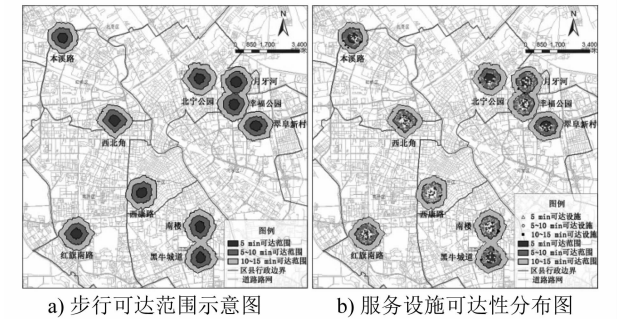


图 1 站点步行可达范围及设施可达性分布示意图截图
Fig. 1 Screenshot of station walking accessible range and distribution diagrams of facility accessibility

5) 交通换乘距离维度。设施到地铁站点平均距离北宁公园站略高,表明距离站点较近的核心区尚未充分开发;公交站点数量,西北角站、幸福公园

从各项指标得分的分解情况看,增加公交站点数量,增强公共交通换乘的便利性是提升整体协调

性的有效途径,幸福公园站、月牙河站和西北角站得分位列前三,皆受益于周边公交站点分布密集;设施核密度较高、混合用地比重较高、设施区位熵指数提高等亦有利于提升整体协调性,如西康路站、南楼站等。同时,协调性的提升并非单因素决定,而是密度、多样性、便利性等多维度各因素互相影响,片区更新优化时更应注重整体统筹布局。

另外,不同站点应依据站点自身具体情况具体解决,如幸福公园站、月牙河站和西北角站应注重提升社区宜居环境指数;南楼站应避免停车设施过多导致拥堵;红旗南路站混合用地比重、设施步行可达性指数及到地铁站点距离均不占优势;黑牛城道站人口密度过高,社区环境宜居指数及设施区位熵指数有待提高;本溪路站、北宁公园站和翠阜新村站相对协调性最低,应注重多方面因素的系统性布局,逐渐稳步提升。

4 结语

综上,公交站点数量与公共服务设施区位熵指数是影响协调性最显著的指标;各类公共服务设施在区域内供给的均衡性仍是最基本的前提条件,10个典型的社会型地铁站点中八成站点依据综合评价得分低于0.6;整体协调性均有较大提升空间,但各站点差异化特征显著。大力发展公共交通,增设公交站点,提升其与地铁换乘便利性与TOD模式发展理念不谋而合。建议以公共服务均等化与TOD模式原则双重理念驱动,促进土地与功能的集约利用与共享,可从以下几方面进行优化。

1) 促进公共服务设施与站点影响区域层级化布局。城市轨道交通站点对周边影响随距离增加而减弱,核心区的公共服务效率会高于外围辐射影响区,因此,将公共服务设施分级体系与站点影响圈层联合,在核心区配置城市级或片区级高等级公共服务设施,辐射影响区配建社区级服务设施。这有助于提高公共服务设施的使用效率和水平,以达到优化城市结构的效果。

2) 倡导站点周边用地与功能混合开发。土地利用功能的混合有利于在有限空间内实现更高强度、更多元的开发服务。在TOD模式更新单元,充分利用临街商铺和地铁上盖空间,进行多功能改

造,依托一体化开发模式,打造高混合的垂直空间,为服务设施布局的多样和均衡提供实施可能性。

3) 因地制宜优化路网结构。打造“窄街区、密路网”的优良步行环境,在城市中心区限制停车位数量,以提高居民步行出行意愿;增强设施步行的可达性,充分发挥交通区位优势,使地铁站点与周边服务设施形成互促共进的良性循环,有机融合地铁与城市空间结构,以提升区域活力。

参考文献

- [1] 夏正伟,张烨.从“5D”到“5D+N”:英文文献中TOD效能的影响因素研究[J].国际城市规划,2019,34(5):109.
XIA Zhengwei, ZHANG Ye. From “5D” to “5D+N”: research published in English on the factors influencing TOD performance[J]. Urban Planning International, 2019, 34(5): 109.
- [2] 刘佳燕,郑筱津,陈振华.公共服务设施规划——以北京昌平新城为例[J].北京规划建设,2006(6):42.
LIU Jiayan, ZHENG Xiaojin, CHEN Zhenhua. Planning of public service facilities: a case study of Changping New City in Beijing[J]. Beijing Planning and Construction, 2006(6): 42.
- [3] 马文军,李亮,顾娟,等.上海市15分钟生活圈基础保障类公共服务设施空间布局及可达性研究[J].规划师,2020(20):11.
MA Wenjun, LI Liang, GU Juan, et al. Research on spatial layout and accessibility of infrastructural public service facilities in the 15 minute life circle, Shanghai [J]. Planners, 2020(20): 11.
- [4] 吴娇蓉,王洋,余森,等.公共服务设施达标评价与出行结构关联分析[J].综合运输,2020,42(11):10.
WU Jiaorong, WANG Yang, YU Miao, et al. Correlation analysis between the evaluation of public service facilities and the structure of travel [J]. China Transportation Review, 2020, 42(11): 10.
- [5] 刘合林,郑天铭,聂晶鑫.城市基本公服设施数量与多样性空间配置研究:以武汉市主城区为例[J].城市规划,2021,45(2):84.
LIU Helin, ZHENG Tianming, NIE Jingxin. On the spatial allocation of the quantity and diversity of basic urban public service facilities: a case study of Wuhan inner city [J]. City Planning Review, 2021, 45(2): 84.
- [6] 刘正兵,张超,戴特奇.北京多种公共服务设施可达性评价[J].经济地理,2018,38(6):77.
LIU Zhengbing, ZHANG Chao, DAI Teqi. Measuring accessibility of multi-type urban public service facilities with entropy in Beijing [J]. Economic Geography, 2018, 38(6): 77.

(收稿日期:2022-05-27)