

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.03.003

城市轨道交通站域慢行系统研究进展

——基于 CiteSpace 的计量分析

傅东雪¹, 张生瑞², 侯全华¹, 赵萌¹

(1. 长安大学建筑学院, 西安 710061; 2. 长安大学运输工程学院, 西安 710064)

摘要: 优化城市轨道交通站域慢行系统对提高轨道交通运行效率、升级站点空间品质、促进站城一体化建设具有正向作用。为整体了解城市轨道交通站域慢行系统近年来的研究进展, 借助计量分析工具 CiteSpace 对 WoS 和中国知网(CNKI)核心数据库中城市轨道交通站域慢行系统相关文献进行统计与分析。首先, 概述文献时空、领域及期刊分布情况, 剖析研究发展历程, 并识别出近期研究热点为建成环境站城协同、共享单车接驳及可达性研究; 然后, 重点分析慢行可达性、慢行环境、慢行接驳及慢行设施规划 4 个方向的研究进展情况; 最后, 从研究对象、方法、范围等角度提出未来的研究发展方向。本文研究成果以期为我国轨道交通站域慢行系统的理论规划及实践研究提供借鉴与参考。

关键词: 城市轨道交通; 慢行系统; CiteSpace; 研究综述; 共享单车

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2024)03-0023-09

Research Review of Slow Traffic Systems in Urban Rail Transit Station Areas: A CiteSpace Analysis

FU Dongxue¹, ZHANG Shengrui², HOU Quanhua¹, ZHAO Meng¹

(1. School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061;

2. College of Transportation Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064)

Abstract: The optimization of slow traffic systems in urban rail transit stations improves the operational efficiency of rail transit, upgrades the spatial quality of stations, and promotes the integration of stations and cities. To provide a reference for planning theories and practical research in this field in China, based on the literature related to slow traffic systems in urban rail transit station areas in WoS and CNKI core databases, and with the aid of CiteSpace, a literature analysis tool, this paper outlines the temporal, national, disciplinary, and journal distributions, analyzes the historical development of research and identifies recent hotspots: synergy research of stations and cities, shared bicycle transfer research, and accessibility research. In addition, the current progress in four key research directions is reviewed: slow traffic accessibility, slow traffic environment, slow traffic transfer, and slow traffic facility planning. Moreover, this paper proposes future research directions that can be expanded in terms of research object, method, and scope.

Keywords: urban rail transportation; slow traffic system; CiteSpace; research review; shared bicycles

收稿日期: 2023-05-17 修回日期: 2023-11-13

第一作者: 傅东雪, 女, 博士研究生, 助教, 主要从事轨道交通站城一体开发研究, fudongxue@chd.edu.cn

基金项目: 陕西省教育厅服务地方专项计划项目(22JE005)

引用格式: 傅东雪, 张生瑞, 侯全华, 等. 城市轨道交通站域慢行系统研究进展: 基于 CiteSpace 的计量分析[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(3): 23-31.

FU Dongxue, ZHANG Shengrui, HOU Quanhua, et al. Research review of slow traffic systems in urban rail transit station areas: a citespace analysis[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(3): 23-31.

我国城市轨道交通(简称“轨交”)建设目前正处于快速增长期,截至2023年9月底,我国内地已有58个城市投运城轨道交通线路,运营里程累计达10 841.59 km^[1]。作为城市轨交体系的重要组成部分,站域慢行系统的优化在促进“最后一公里”快速接驳、提高交通运行效率的同时,对于提升城市生活品质、发挥站点空间价值方面也起到积极作用,是实现站城一体化建设实践的重要因素^[2]。然而,由于现阶段我国城市补偿性建设模式,慢行系统、轨道交通、城市空间三者未能高效协同,出现了站域公共空间浪费、人群流量分布不均、步行可达性偏低、骑行配套设施落后、慢行换乘效率低下等问题^[3]。因此,有效开展城市轨交站域慢行系统研究已成为当下社会各界的关注焦点和研究热点,学界也积累了大量相关研究成果以推动站城协同发展。

本文基于 Web of Science(WoS)和中国知网(CNKI)核心数据库中城市轨交站域慢行系统相关文献,借助计量分析工具 CiteSpace,对领域内的文献分布、研究历程、研究热点及研究进展进行了梳理与总结,以期后续城市轨交站域慢行系统领域的规划理论及实践研究提供借鉴与参考。

1 数据来源与研究方法

为整体了解城市轨交站域慢行系统近年来的研究进展,本文以 WoS 数据库中的核心数据合集作为英文文献来源,以主题=rail station 及其同义词,和主题=slow traffic OR walk OR cycle 及其同义词的合集作为检索条件,文献类型选择 articles、reviews,语种设置为 English。中文文献采集基于 CNKI,主题词选择“轨道交通、轨道站点、地铁站”与“慢行、步行、骑行”的合集,文献类型选择北大核心、CSSCI、CSCD。中英文检索均不限时间,对检索结果去重并删除无作者及不相关条目后,截至2022年12月14日,共检索出英文文献520篇,中文文献220篇。借助专业文献分析工具 CiteSpace 对检索所得文献的作者、国家、机构、主题词等数据进行处理,通过共现、聚类分析可视化图谱挖掘领域的知识结构、发展脉络以及研究热点^[4]。

2 国内外文献分布概述

2.1 文献时空分布

中英文文献发表数量年度变化图

如图1所示,城市轨交站域慢行系统研究基本集中在近20年。自2008年起,英文年刊文量整体呈上升趋势,2017年后的显著升幅充分说明了此领域近年在国际上的持续热度。尽管2022年刊文量有所降低,但这是否明确表示热度下降,仍需参考下一年趋势。

中文文献从2000年起至今,年刊文量波幅较低,增长趋势缓慢且整体数量远低于英文,但此现象并不表示城市轨交站域慢行系统研究在我国无人问津。英文文献区域分布时间区图如图2所示,其中紫色年轮厚度代表文献中介中心性高低,节点年份代表国家文献发表的初始年份,节点大小代表文献数量。由图2可知,中国作者自2000年起在英文期刊上发文,逐渐占据最大比例(65%)的同时兼具较高的国际影响力(高中介中心性)。中英文文献主要发文机构分布如图3所示,发文前10的机构中,我国占据前9名。以上事实充分表明了我国高速发展的城市轨道交通与其配套慢行系统的矛盾日益尖锐,国内学者针对此问题的形成机制、演进过程及解决思路的讨论热度近年来一直未降,并逐渐形成了以北京交通大学、同济大学和东南大学为领军的研究机构梯队。

紧随我国之后,美国、荷兰、英国、澳大利亚、印度、加拿大、日本等国家也具有一定热度,但其机构刊文量较为平均,并未呈现出明显的核心分布形态,目前前3名集中于印度理工学院、英国伦敦大学学院及荷兰代尔夫特理工大学。值得关注的是,日本虽整体刊文量不高,但却是最早进行轨交站域慢行系统研究的国家。基于成熟的站城一体化开发实践,其高密度城市慢行系统设计对亚洲城市具有深远的影响。

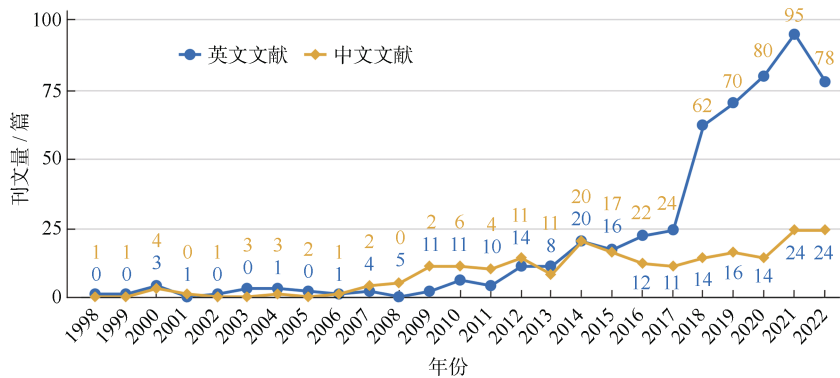


图1 中英文文献发表数量年度变化

Figure 1 Annual change in the number of publications in English and Chinese literature

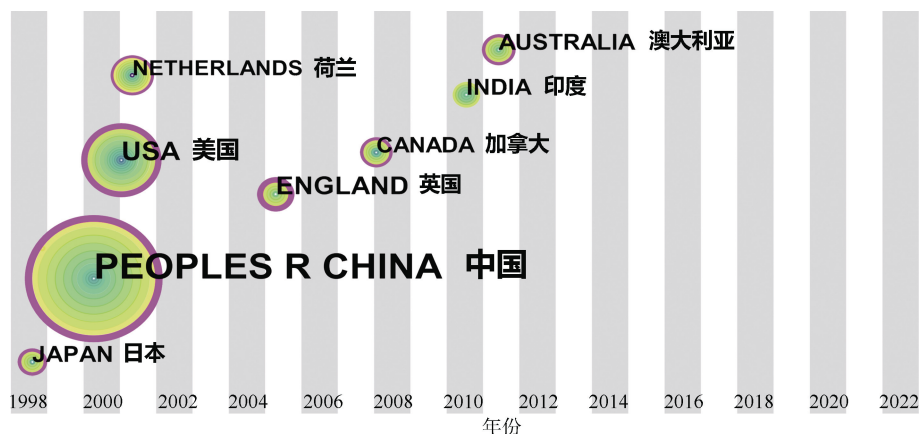


图2 英文文献区域分布时间区图

Figure 2 Time-zone diagram of country distribution of English literature

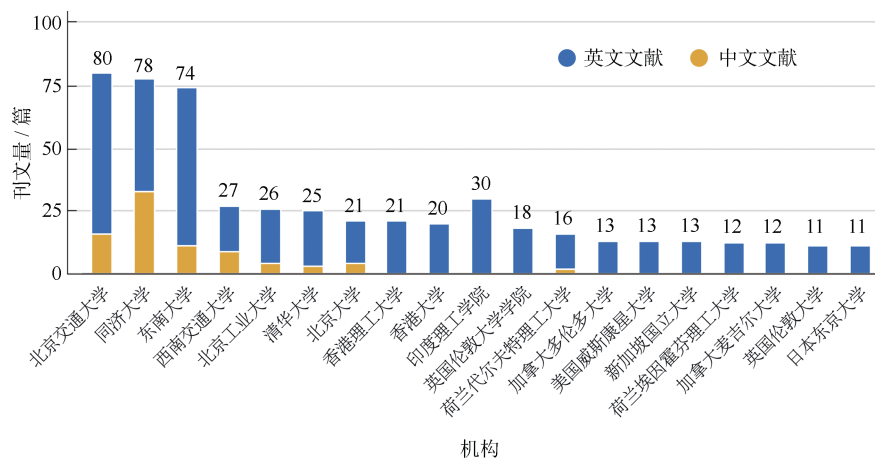


图3 中英文文献主要发文机构分布

Figure 3 Distribution of major institutions of English and Chinese literature

2.2 文献研究领域分布

城市轨道交通领域慢行系统研究英文文献主要分布在运输、工程、环境、计算机、经济等学科领域，主要发表在 Transportation Research Record(7.02%)、Journal of Transport Geography(4.36%)、Transportation Research Part A Policy and Practice(3.42%)、Transportation Research Part D Transport and Environment(3.04%)等期刊上，除第一本为中科院期刊分区表工程技术类4区期刊外，其余三者均为1、2区期刊。中文文献则集中在建筑科学与工程及交通运输等学科领域，主要分布在《城市规划》(19.67%)、《国际城市规划》(16.39%)、《城市规划学刊》(13.11%)、《城市发展研究》(11.48%)等北大核心及 CSCD 收录期刊内。

3 国内外研究进展分析

以年为单位，以“标题、摘要、作者关键词、

文档关键词”作为主题词来源，分别处理2000—2022年和1998—2022年内中英文文献数据。结合高被引文献、主题词聚类时间线图(展现词频随时间变化趋势)与主题词突现结果(发现主题词衰落与兴起)，梳理研究脉络，识别近期热点，并同时结合主题词共现分析与对数似然比(Log-likelihood rate, LLR)聚类标签词，总结现有重点研究方向。

3.1 研究发展脉络梳理

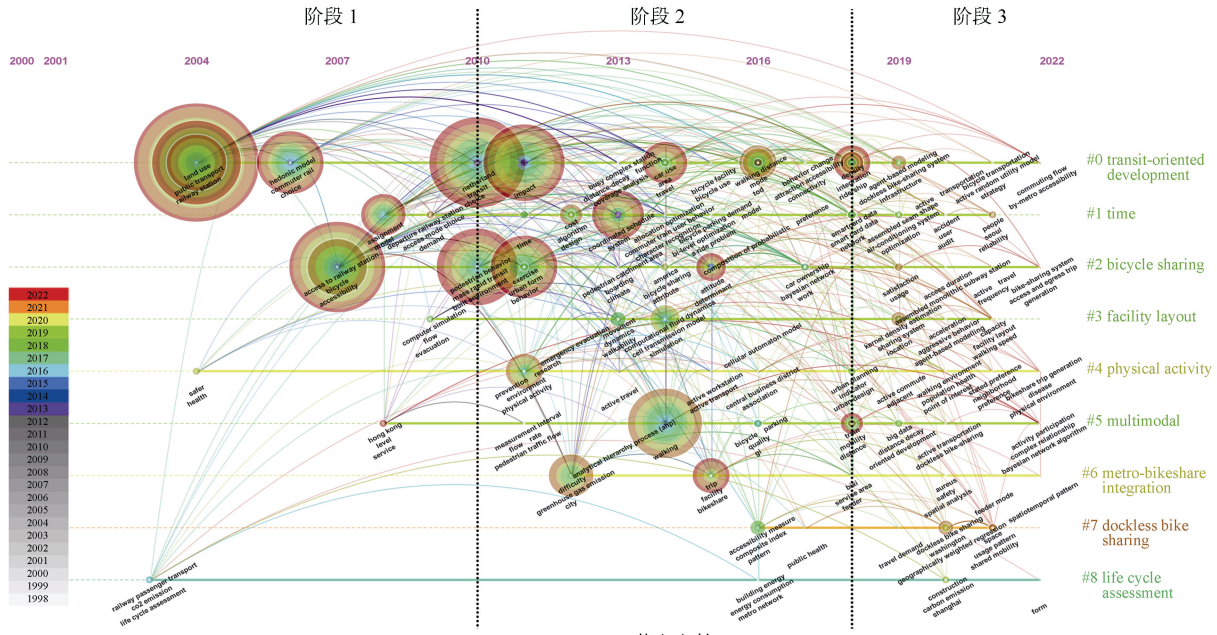
中英文文献主题词聚类时间线图如图4所示，其中节点大小和位置代表主题词词频和初现年，年轮色彩和宽度代表年份和当年此主题词的词频高度。由图4(a)可知，英文时间线图中绝大部分较大节点外圈呈橘红色，且时间越近，节点越小，分布越零散，表明整体研究持续性较强，且方向细分趋势明显，内容多样。中英文文献TOP15主题词突现结果如图5所示，结合图5可将英文文献研究历程大致分为3个阶段。

阶段1：2010年前，主要集中于城市区域尺度内站域土地利用与交通互动关系、以公共交通为导向的开发(transit oriented development, TOD)规划管理策略，以及站点可达性研究。阶段2：2010至2018年，学者们逐渐转向站域尺度人群行为研究，尤其是站域慢行接驳方式选择行为和使用特征的研究。阶段3：2018年后至今，伴随着我国共享单车大规模实践，整体慢行系统优化研究与轨道交通一体化研究数量骤增。

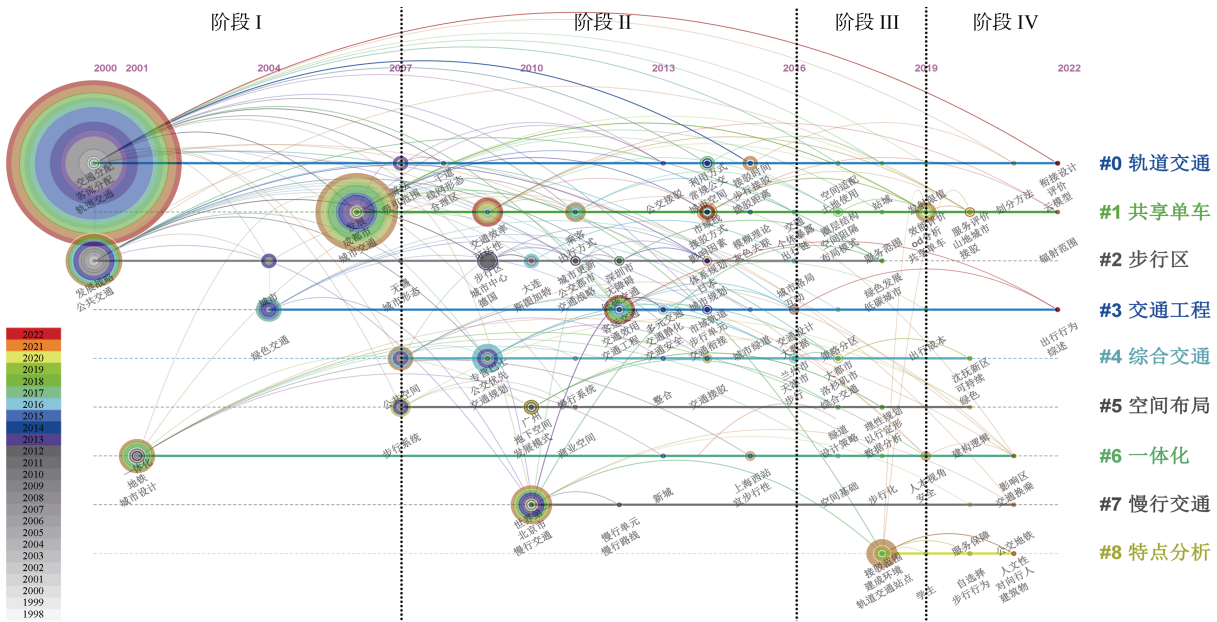
由图4(b)可知，中文文献研究方向相比英文虽缺少多样性，但更具集中性，尤其城市轨道交通规划策略和设计研究始终处于主流。配合主题词突现结果将中文研究历程分为4个阶段。阶段1：2007年前，学者们主要关注城市尺度轨道交通一体化发展战略及轨道交通客流分配研究。阶段2：2007至2016年，站

域尺度慢行系统和公共空间、接驳方式和接驳距离、可达性和吸引范围研究开始缓步提升。阶段 3: 2016 至 2019 年, 基于大数据的城市轨道交通、站域建成环境及土地利用的适配性研究逐渐崭露头角。阶段 4:

2019 年至今, 站域共享单车时空分布、服务评价及配套设施规划研究成为新一轮热点, 同时, 由于接驳方式变化而引发的站域可达性及站域范围的重新测定也逐渐被学者关注。



(a) 英文文献



(b) 中文文献

图 4 中英文文献主题词聚类时间线图

Figure 4 Timeline diagram for clustering of terms in literature

3.2 近期研究热点识别

综合时间线图中具有红色年轮外圈的主题词, 和中英文献突现截止时间为 2022 年的主题词可知, 城市轨交站域建成环境的站城协同、站域慢行接驳方式

的选择行为以及慢行环境和设施优化研究虽持续多年, 但仍旧热度不减。近几年较为突出的研究热点, 则是与以上 3 个方向息息相关的站域慢行系统的优化、地理加权回归模型的应用、可达性的测算与提升、

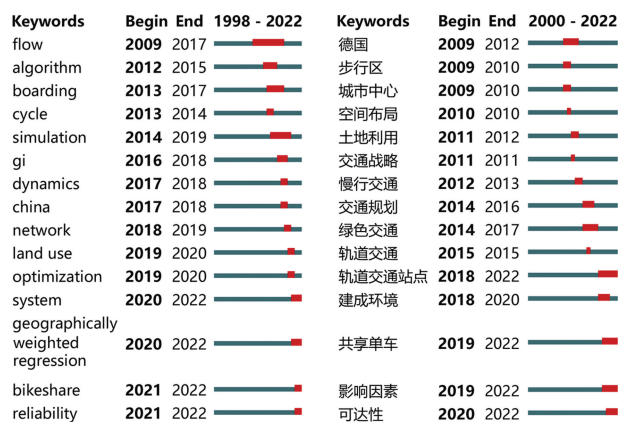


图5 中英文文献 TOP15 主题词突现

Figure 5 Top 15 key term words in English and Chinese literature 共享单车的接驳研究等，其中尤以共享单车的时空分布、设施规划研究最为热门。

3.3 重点研究方向总结

中英文文献热点主题词共现网络图谱如图 6 所示，其中紫色年轮厚度代表文献中介中心性高低，节点大小代表主题词出现频率，连线粗细代表主题词联系紧密度。由图 6 可知，当前研究高频词集中在 accessibility、built environment、walking、bicycle、behavior、choice、可达性、公共空间、共享单车、出行方式、吸引范围。

表 1 城市轨道交通站域慢行系统研究核心内容、代表文献及主要结论

Table 1 Content, representative literature, and conclusions of the research on slow traffic in urban rail station areas

| 研究方向 | 核心研究内容 | 代表文献 | 被引频次 | 主要结论 |
|--------------|-----------------|--------|------|---|
| 站域慢行可达性研究 | 步行可达性影响因素研究 | 文献[5] | 39 | 社会经济因素、站域土地利用、交通设施及街道设施设计对城市轨交站点步行可达性水平具有显著影响作用 |
| 站域慢行环境研究 | 步行环境评价研究 | 文献[6] | 199 | 步行者首要关注步行环境的便捷性；其次，安全性、连续性和愉悦性等其它环境特征也会影响步行者对步行环境的评价 |
| | 建成环境与骑行接驳关系研究 | 文献[7] | 109 | 土地利用混合度、单车专用道与骑行接驳频率呈正相关，而地铁分布密集度、主要街道交叉口密度与骑行接驳频率呈负相关 |
| 站域慢行接驳研究 | 骑行接驳影响因素研究 | 文献[8] | 133 | 出行距离、土地利用混合度、使用者态度、收入水平对使用者是否选择骑行接驳具有显著影响作用 |
| | 骑行接驳时空特征研究 | 文献[9] | 98 | 骑行接驳频率在高峰和非高峰、工作日和非工作日、市中心和郊区间存在明确的时空差异；建成环境要素对骑行接驳的影响作用也具有时空差异 |
| 站域慢行设施规划设计研究 | TOD 视角下慢行系统规划研究 | 文献[10] | 49 | 应通过功能混合、开发强度、街区尺度、慢行交通、停车管理和公共空间 6 个方面，针对不同 TOD 类型和图层形成指标控制 |

4.1 城市轨道交通站域慢行可达性研究

提升站域慢行可达性对提高公共交通效率、增加站域地产价值、优化城市土地利用、改善城市空间结构、促进社会公平进步具有正向作用。目前国内外研究基本集中于可达性的影响因素及评价方法。

城市轨道交通站域慢行可达性主要受到建成环境(如交通设施和土地利用)的影响，如表 2 所示。但随着其内涵逐渐从单纯物理维度扩展至心理感知维度，评价

结合主题词时间线图右侧聚类标签词及图 5 中前 15 位突现词，配合文献梳理，将城市轨交站域慢行系统研究核心主题总结为 4 个方向：慢行可达性研究、慢行环境研究、慢行接驳研究以及慢行设施规划研究，这 4 个方向的研究内容并非壁垒分明，而是互有交叉，紧密相关。

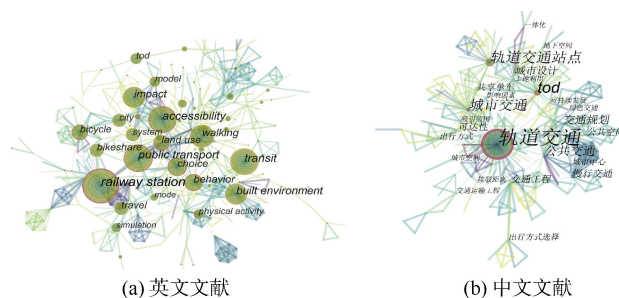


图 6 中英文文献热点主题词共现网络图谱

Figure 6 Network mapping of terms in literature

4 主要研究内容综述

表 1 给出了城市轨交站域慢行系统 4 个主要研究方向的核心研究内容，介绍了每个方向最相关文献中的最高被引中英文文献及其主要结论。下面对这 4 个研究方向逐一解读。

内容也转化为从站域慢行安全性、便利度、舒适度和愉悦感等复合层面考察感知可达性。虽然 BIVINA 等^[5]通过结构方程模型展现了行人社会经济特征、微尺度和中尺度建成环境因子对站域步行感知可达性的影响作用，但单个因子的作用机制研究还不够完善。感知可达性领域还缺乏对骑行群体，包括单车、共享单车、电动单车、共享电动单车等用户的关注，目前更多骑行可达性评价研究仅基于便捷性和安全性两个维度。

表2 城市轨交站域慢行可达性影响因素研究
Table 2 Factors influencing the accessibility of slow traffic in urban rail station areas

| 类别 | 影响因素 |
|------|---|
| 土地利用 | 站域土地利用性质 ^[11] 、混合度；土地开发强度、密度 |
| 交通设施 | 街道网络的形态和连续性 ^[12] |
| | 步(骑)行道密度、长宽、质量 ^[13] |
| | 交叉口密度 ^[14] |
| 环境设计 | 过街设施等级 ^[15] |
| | 绿化设计、沿街设施设计 ^[11] |
| 天气因素 | 百年洪涝灾害 ^[16] |

可达性的研究广度和深度伴随着交通方式的变革、研究技术的迭代而不断拓展。除了评价内容的扩充,研究范围也从地面道路体系延伸至3D空间步行系统^[17]。同时,研究主体也进一步细分,如步行体系中对于不同年龄段步行者可达性差异的评测^[18],骑行体系中针对共享单车重新构建了可达性测度模型^[19]。在技术层面,海量化的互联网数据为研究者结合地理信息系统(geographic information system, GIS)技术,对站域慢行可达性的测度进行准确定量分析和可视化评价提供了基础^[20]。

4.2 城市轨交站域慢行环境研究

改善轨交站域慢行环境能够提升城市生活品质,增强市民慢行出行意愿,进而提高轨道交通客流,该方向研究内容主要集中在站域慢行环境评价研究、慢行环境对出行及接驳方式选择行为的影响机制研究。

在环境评价研究中,步行性评价相较骑行性或整体慢行性受到更多关注,已形成较为系统的评价框架,主要基于不同出行目的对站域步行环境的可达性、连续性、安全性、愉悦性、适老性等进行综合测评^[21]。评价因素则集中于站域土地利用、交通设施设计、街道空间设计、景观绿化设计等方面^[22-23],这些因素对步行接驳的选择行为也具有不同程度的影响作用。

在慢行环境对接驳方式选择行为的影响机制研究中,共享单车接驳研究目前最为热门。研究发现,轨交站的骑行可达距离^[24]、土地利用混合度^[25]、骑行道路及骑行安全^[26]是影响居民选择单车接驳的主要因素。并且,站域慢行环境对共享单车接驳行为的影响作用,在工作日和非工作日^[27]、不同文化、有桩和无桩、到达和离开中存在差异^[28]。骑行接驳研究中,学界主要聚焦于共享单车,缺少慢行环境对电动单车或共享电动单车用户选择行为的影响作用研究。学者们主要通过站域行人交通量^[29]、轨道交通客流量^[30]的变

化来反映慢行环境对出行及接驳方式选择行为的影响。虽然研究进一步区分了通勤^[31]、通学客流^[32],但在这些客流变化中,具体是源于步行或是骑行接驳量的增加,还需要更深入的数据统计分析及探讨。

4.3 城市轨交站域慢行接驳研究

通过调查轨交慢行接驳行为和设施使用现状,学者们评估了基于不同出行目的的慢行接驳分担率、费用、时间^[33]等出行特征,得出影响接驳选择行为的原因除接驳距离或时长、站域慢行环境外,还包括使用者个人特征、经济水平^[34]及对慢行出行方式所持态度^[35]等结论。此外,学者们还重点关注了共享单车接驳行为特征及使用情况,探讨了不同空间区域和不同时间范围共享单车的分布差异和特征,发现时空运行特征主要受到人口密度、居住和就业密度、地铁站密度及与地铁站距离的影响^[36-37]。这些研究对于优化慢行交通管理,提高接驳效率具有重要指导价值。

基于现状调查,学者们构建了慢行接驳相关模型,包括考虑接入与接出全过程的轨交多方式组合出行行为模型^[38]、基于时间和费用成本的换乘成本测算模型^[39]、单车接驳分担率转移模型^[40]、单车接驳数量预测模型^[41]等,这些模型可以定量描述轨道交通慢行接驳规律,优化接驳系统。然而,对于日益增多的电动单车用户,目前的关注还较为欠缺。

伴随着慢行接驳方式变化和信息技术升级,站域范围划定研究也开始增多。学者们结合手机移动数据和GIS系统^[42],基于成本加权距离法^[43]、距离衰减模型^[44]、社会力模型和路径选择模型^[45]等方法测算慢行接驳距离,重新划定了包括步行、单车、电动单车等多模式接驳的站点多级影响区,再次论证了共享单车接驳对扩大站域范围的重要作用。

4.4 城市轨交站域慢行设施规划研究

为实现中国TOD模式的有效实施,国内学者从街道网络、慢行交通、接驳设施等方面对我国站域慢行体系的规划原则和设计实践进行了深入探讨。他们指出^[2, 10, 46],城市轨道交通站域应基于适宜步行的街区尺度和线网密度,构建广域互联的立体化步行网络,优化车站与城市街道的慢行交通衔接,发展复合化立体车站建筑,实现一体化综合换乘,最终达到站城协同的目的。

基于TOD慢行系统规划原则,研究者们将预测所得轨交站慢行交通量分配至站域慢行交通网络^[47],为站点单车和电动单车骑行道及停车场的容量测算、用地配置及布局规划提供依据^[48]。其中,共享单车的停车管理问题是目前设施配置研究的一大热点。学者们研究

了匹配不同类型站点的共享单车资源配置模型^[49]和停车收费机制^[50],对停车场所的设施容量、布局规划以及管理策略提出了建设性意见。然而,电动单车的时空分布规律及停车设施配置研究目前仍未引起广泛关注。

除站域慢行交通网络、接驳配套设施规划外,国内学者还以北上广深等高密度城市轨交站房为例,深入研究了大型轨道交通综合体建筑的零换乘一体化立体慢行交通系统设计策略^[51],并探讨了与商业功能相结合的轨交综合体^[52],或与周边建筑通过地下相连的轨交综合体的步行系统设计原则^[53]。

5 结论与展望

本文借助 Citespace 文献计量分析软件,基于文献阅读法梳理了城市轨交站域慢行系统研究的发展历程,总结了其主要研究方向和研究热点,并对重点研究内容进行了综述,以期为我国城市轨交站域慢行系统规划理论及实践研究提供基础。从 1998 至 2022 年,该领域内刊文量整体呈上升趋势,尤其自 2017 年后,英文刊文量明显大幅提升,其中中国作者占比超过一半,充分说明了我国对该领域的关注。其研究方向目前主要集中在慢行可达性、慢行环境、慢行接驳及慢行设施规划设计研究,近年研究热点则更多聚焦于站域建成环境站城协同、站域可达性提升以及共享单车接驳研究。

虽然城市轨交站域慢行系统研究已经呈现出尺度丰富化、方向细致化、内容多样化的趋势,但在以下方面还需进行深入研究:第一,研究对象的细分。了解慢行系统多类使用主体的不同需求和行为模式,以实现轨道交通与城市空间的高效协同,尤其应加强无障碍慢行系统理论研究以应对我国严峻的老龄化趋势,以及针对日益增长的电动单车用户进行时空分布和行为特征研究。第二,研究方法的更新。基于愈发精确完整的网络人群行为及环境数据,深入解析人群行为机理,进而准确预测站域步行及骑行人群流量,从而为实现慢行系统的精细化规划提供条件。第三,研究范围的扩展。在鼓励城市存量发展的背景下,应多关注于旧城轨交站域慢行系统的更新研究,尤其是线路复杂、功能复合的立体轨交站域慢行系统的适应性规划理论及实践研究。第四,研究视野的拓宽。在当前站城一体规划实践中,站域慢行系统研究不应囿于单纯的街道网络体系,而应将视野扩展至以车站建筑为中心向外延伸的一体化立体慢行网络,并同时注重慢行网络与复杂换乘、商业空间及地下开发等发展热点的交叉研究。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 2023 年前三季度中国内地城轨交通线路概况[EB/OL]. (2023-10-01)[2023-10-28]. <https://www.camet.org.cn/xxfb/12896>.
- [2] 吴亮, 陆伟, 于辉, 等. 轨交枢纽站域步行系统发展的模式、逻辑与机制: 基于三个亚洲案例的比较研究[J]. 国际城市规划, 2020, 35(1): 88-95.
WU Liang, LU Wei, YU Hui, et al. Modes, logic and mechanism of pedestrian system development in rail transit hub areas: based on a comparative study on three Asian cases[J]. Urban planning international, 2020, 35(1): 88-95.
- [3] 何冬华, 王陌潇. 城市轨道交通站点周边区域的规划设计原则: 基于公共交通导向发展模式的视角[J]. 城市问题, 2014(5): 39-43.
HE Donghua, WANG Moxiao. Planning and design principles of the surrounding areas of urban rail transit stations—based on the perspective of public transport-oriented development model[J]. Urban problems, 2014(5): 39-43.
- [4] 李杰, 陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2016.
- [5] BIVINA G R, GUPTA A, PARIDA M. Walk Accessibility to Metro Stations: An analysis based on Meso -or Micro-scale Built Environment Factors[J]. Sustainable cities and society, 2020, 55: 102047.
- [6] 陈泳, 何宁. 轨道交通站地区宜步行环境及影响因素分析: 上海市 12 个生活住区的实证研究[J]. 城市规划学刊, 2012(6): 96-104.
CHEN Yong, HE Ning. Analysis of walkable environment and influential factors in rail transit station areas: case study of 12 neighborhoods in Shanghai[J]. Urban planning forum, 2012(6): 96-104.
- [7] GUO Y, HE S Y. Built environment effects on the integration of dockless bike-sharing and the metro[J]. Transportation research part D: transport and environment, 2020, 83: 102335.
- [8] ZHAO P J, LI S X. Bicycle-metro integration in a growing city: the determinants of cycling as a transfer mode in metro station areas in Beijing[J]. Transportation research part A: policy and practice, 2017, 99: 46-60.
- [9] DU Y C, DENG F W, LIAO F X. A model framework for discovering the spatio-temporal usage patterns of public free-floating bike-sharing system[J]. Transportation research part C: emerging technologies, 2019, 103: 39-55.
- [10] 刘泉. 轨道站点地区 TOD 规划管理中的指标控制[J]. 规划师, 2018, 34(1): 48-58.
LIU Quan. Indices control of TOD planning management[J]. Planners, 2018, 34(1): 48-58.
- [11] 杨焱, 孙永青, 刘立钧. 空间阻隔视角下居住型地铁站的步行可达性[J]. 都市快轨交通, 2017, 30(5): 27-33.
YANG Yan, SUN Yongqing, LIU Lijun. On walking accessibility to residential subway stations from the perspective of space barriers[J]. Urban rapid rail transit, 2017, 30(5):

- 27-33.
- [12] WU T, ZHOU Y. Measuring the accessibility of metro stations in Tianjin: an origin-destination approach[J]. *Journal of asian architecture and building engineering*, 2023, 22(2): 693-704.
- [13] D'ORSO G, MIGLIORE M. A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments[J]. *Journal of transport geography*, 2020, 82: 102555.
- [14] VALE D S, VIANA C M, PEREIRA M. The extended node-place model at the local scale: evaluating the integration of land use and transport for Lisbon's subway network[J]. *Journal of transport geography*, 2018, 69: 282-293.
- [15] ZHAO F, CHOW L F, LI M T, et al. Forecasting transit walk accessibility: regression model alternative to buffer method[J]. *Transportation research record: journal of the transportation research board*, 2003, 1835(1): 34-41.
- [16] LI M, KWAN M P, YIN J, et al. The potential effect of a 100-year pluvial flood event on metro accessibility and ridership: A case study of central Shanghai, China[J]. *Applied geography*, 2018, 100: 21-29.
- [17] XU Y Y, CHAN H Y, CHEN A, et al. Walk this way: Visualizing accessibility and mobility in metro station areas on a 3D pedestrian network[J]. *Environment and planning B: urban analytics and city science*, 2022, 49(4): 1331-1335.
- [18] RYAN M, LIN T, XIA J C, et al. Comparison of perceived and measured accessibility between different age groups and travel modes at Greenwood Station, Perth, Australia[J]. *European journal of transport and infrastructure research*, 2016, 16(2): 406-423.
- [19] WU X Y, LU Y, LIN Y Y, et al. Measuring the destination accessibility of cycling transfer trips in metro station areas: a big data approach[J]. *International journal of environmental research and public health*, 2019, 16(15): 2641.
- [20] 刘海洲, 邵毅明, 彭挺. 基于互联网数据挖掘的轨道交通车站步行可达性评估方法研究[J]. *都市轨道交通*, 2021, 34(2): 79-85.
LIU Haizhou, SHAO Yiming, PENG Ting. Evaluation method of walking accessibility of railway station based on Internet data mining[J]. *Urban rapid rail transit*, 2021, 34(2): 79-85.
- [21] OTSUKA N, WITTOWSKY D, DAMERAU M, et al. Walkability assessment for urban areas around railway stations along the Rhine-Alpine Corridor[J]. *Journal of transport geography*, 2021, 93: 103081.
- [22] LIU M, JIANG Y, HE J L. Quantitative evaluation on street vitality: A case study of Zhoujiadu community in Shanghai[J]. *Sustainability*, 2021, 13(6): 3027.
- [23] 陈泳, 晞晓阳, 高媛媛, 等. 轨道交通站地区宜步行环境评价因素探析[J]. *规划师*, 2015, 31(9): 83-90.
CHEN Yong, XI Xiaoyang, GAO Yuanyuan, et al. An analysis of walkable environmental factors of rail transit terminals[J]. *Planners*, 2015, 31(9): 83-90.
- [24] ZHAO P J, YUAN D D, ZHANG Y X. The public bicycle as a feeder mode for metro commuters in the megacity Beijing: travel behavior, route environment, and socio-economic factors[J]. *Journal of urban planning and development*, 2022, 148(1): 04021064.
- [25] LIN J J, ZHAO P J, TAKADA K, et al. Built environment and public bike usage for metro access: A comparison of neighborhoods in Beijing, Taipei, and Tokyo[J]. *Transportation research part D: transport and environment*, 2018, 63: 209-221.
- [26] WELIWITIYA H, ROSE G, JOHNSON M. Bicycle train intermodality: Effects of demography, station characteristics and the built environment[J]. *Journal of transport geography*, 2019, 74: 395-404.
- [27] LIN P F, WENG J C, LIANG Q, et al. Impact of weather conditions and built environment on public bikesharing trips in Beijing[J]. *Networks and spatial economics*, 2020, 20(1): 1-17.
- [28] GUO Y Y, YANG L C, CHEN Y. Bike share usage and the built environment: A review[J]. *Frontiers in public health*, 2022, 10: 848169.
- [29] KIM T, SOHN D W, CHOO S. An analysis of the relationship between pedestrian traffic volumes and built environment around metro stations in Seoul[J]. *KSCE journal of civil engineering*, 2017, 21(4): 1443-1452.
- [30] AN D D, TONG X, LIU K, et al. Understanding the impact of built environment on metro ridership using open source in Shanghai[J]. *Cities*, 2019, 93: 177-187.
- [31] 申犁帆, 王烨, 张纯, 等. 轨道站点合理步行可达范围建成环境与轨道通勤的关系研究: 以北京市44个轨道站点为例[J]. *地理学报*, 2018, 73(12): 2423-2439.
SHEN Lifan, WANG Ye, ZHANG Chun, et al. Relationship between built environment of rational pedestrian catchment areas and URT commuting ridership: Evidence from 44 URT stations in Beijing[J]. *Acta geographica sinica*, 2018, 73(12): 2423-2439.
- [32] LIU Y, JI Y J, SHI Z B, et al. The influence of the built environment on school children's metro ridership: an exploration using geographically weighted Poisson regression models[J]. *Sustainability*, 2018, 10(12): 4684.
- [33] 李积娜, 张纓, 陈小鸿. 嘉定区内11号线乘客接驳方式研究[J]. *都市轨道交通*, 2014, 27(1): 58-62.
LI Jina, ZHANG Ying, CHEN Xiaohong. Research on transfer modes of Shanghai rail transit line 11 in Jiading district[J]. *Urban rapid rail transit*, 2014, 27(1): 58-62.
- [34] LIU Y, JI Y J, FENG T, et al. Use frequency of metro-bikeshare integration: evidence from Nanjing, China[J]. *Sustainability*, 2020, 12(4): 1426.
- [35] LA PAIX L, CHERCHI E, GEURS K. Role of perception of bicycle infrastructure on the choice of the bicycle as a train feeder mode[J]. *International journal of sustainable*

- transportation, 2021, 15(6): 486-499.
- [36] YU S B, LIU G H, YIN C R. Understanding spatial-temporal travel demand of free-floating bike sharing connecting with metro stations[J]. Sustainable cities and society, 2021, 74: 103162.
- [37] 邝嘉恒, 邬群勇. 接驳地铁站的共享单车时空均衡性分析与吸引区域优化[J]. 地球信息科学学报, 2022, 24(7): 1337-1348.
KUANG Jiaheng, WU Qunyong. Spatial-temporal equilibrium analysis and attraction area optimization of dockless sharing bicycles connected to subway stations[J]. Journal of geo-information science, 2022, 24(7): 1337-1348.
- [38] 杨敏, 吴静娴, 赵静瑶, 等. 城市轨道交通多方式组合出行与接驳设施优化[J]. 城市交通, 2017, 15(5): 64-69.
YANG Min, WU Jingxian, ZHAO Jingyao, et al. Optimizing multimodal transfer facility design for urban rail transit service[J]. Urban transport of China, 2017, 15(5): 64-69.
- [39] ZHONG H M, LIU Z J, CHEN J, et al. Layout model of bike-sharing facilities in the transfer-influenced area of a subway station[J]. Applied sciences, 2021, 11(21): 10188.
- [40] MIDENET S, CÔME E, PAPON F. Modal shift potential of improvements in cycle access to exurban train stations[J]. Case studies on transport policy, 2018, 6(4): 743-752.
- [41] LV Y, ZHI D Y, SUN H J, et al. Mobility pattern recognition based prediction for the subway station related bike-sharing trips[J]. Transportation research part C: emerging technologies, 2021, 133: 103404.
- [42] 万涛, 李乐园, 马山, 等. 融合手机信令数据与共享单车数据的轨道站点辐射范围分析研究[J]. 上海城市规划, 2019(6): 17-22.
WAN Tao, LI Leyuan, MA Shan, et al. Converging mobile phone signaling data with shared bicycle data on urban transit stations catchments analysis[J]. Shanghai urban planning review, 2019(6): 17-22.
- [43] 郭瑞利, 黄正东. 基于成本加权距离分析的轨道站点多级影响区划分研究[J]. 现代城市研究, 2021, 36(8): 73-82.
GUO Ruili, HUANG Zhengdong. Research on the delimitation of station multi-level influence area based on railway transit access survey and cost distance spatial analysis[J]. Modern urban research, 2021, 36(8): 73-82.
- [44] 李辉, 王东炜, 赵湘育, 等. 不同类型轨道交通站点步行与电动单车接驳分析[J]. 铁道科学与工程学报, 2015, 12(6): 1493-1499.
LI Hui, WANG Dongwei, ZHAO Xiangyu, et al. Access analysis for pedestrian and electric bicycle to different types of rail transit stations[J]. Journal of railway science and engineering, 2015, 12(6): 1493-1499.
- [45] 褚冬竹, 魏书祥. 轨道交通站点影响域的界定与应用: 兼议城市设计发展及其空间基础[J]. 建筑学报, 2017(2): 16-21.
CHU Dongzhu, WEI Shuxiang. The definition and application of influenced realm around urban rail transit stations
A concurrent discussion on the development and spatial basics of urban design[J]. Architectural journal, 2017(2): 16-21.
- [46] 顾正江, 朱国鸣, 徐铭鸿, 肖利波. 作为联接体的城际轨道 TOD 开发规划设计方法: 以广佛城际轨道张槎站片区规划设计为例[J]. 规划师, 2017, 33(S2): 56-60.
GU Zhengjiang, ZHU Guoming, XU Minghong, et al. Intercity rail TOD planning and design: Zhangcha station of Guangzhou-Foshan intercity rail[J]. Planners, 2017, 33(S2): 56-60.
- [47] 孔德璇, 张亚平. 寒地城市地铁站短时步行交通需求动态预测模型[J]. 交通信息与安全, 2019, 37(4): 102-111.
KONG Dexuan, ZHANG Yaping. A dynamic forecasting model of short-time traffic demand for metro station pedestrians in cold region cities[J]. Journal of transport information and safety, 2019, 37(4): 102-111.
- [48] 陈海伟, 巫瑶敏, 徐士伟. 广州城市轨道交通衔接设施用地配置模型与应用[J]. 都市快轨交通, 2020, 33(6): 40-45.
CHEN Haiwei, WU Yaomin, XU Shiwei. Land allocation model and application of the urban rail transit interchange facilities: taking Guangzhou as an example[J]. Urban rapid rail transit, 2020, 33(6): 40-45.
- [49] ZHANG S, CHEN L, LI Y Z. Shared bicycle distribution connected to subway line considering citizens' morning peak social characteristics for urban low-carbon development[J]. Sustainability, 2021, 13(16): 9263.
- [50] MOLIN E, MAAT K. Bicycle parking demand at railway stations: capturing price-walking trade offs[J]. Research in transportation economics, 2015, 53: 3-12.
- [51] 何树林. 杭州艮山门动车运用所上盖开发项目的立体交通系统设计[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(9): 99-103.
HE Shulin. Multi-dimensional traffic system design for the upper cover development of genshanmen EMU station in Hangzhou[J]. Urban mass transit, 2019, 22(9): 99-103.
- [52] 熊伟. 轨道交通商业综合体步行系统设计: 上海地铁 11 号线两个站点综合开发项目设计比较研究[J]. 建筑学报, 2011(12): 96-99.
XIONG Wei. Pedestrian system design for commercial complex of rail transit: comparison study on integrated development project of two stations of shanghai metro line 11[J]. Architectural journal, 2011(12): 96-99.
- [53] 邢晓, 马晨晓, 彭芳乐. 站域地下公共空间的交通绩效研究: 以上海五角场、徐家汇和花木副中心为例[J]. 现代隧道技术, 2020, 57(S1): 34-39.
XING Xiao, MA Chenxiao, PENG Fangle. Study on Traffic Performance of Underground Public Space in Station Area—taking Wujiaochang, Xujiahui and Huamu Sub-center in Shanghai as examples[J]. Modern tunnelling technology, 2020, 57(S1): 34-39.

(编辑: 王艳菊)