



高铁站区客流扰动特征及韧性响应机理 ——以西安北站为例

李建伟¹, 王浩², 董欣¹

(1. 西北大学 城市与环境学院/陕西省地表系统与环境承载力重点实验室, 陕西 西安 710127;

2. 中铁第一勘察设计院集团有限公司线路运输院, 陕西 西安 710043)

摘要 城市活力的增加,伴随着愈发突出的人为风险,城市需要进行多维度的韧性响应。高铁站区作为客流扰动的重点空间,其扰动特征与韧性响应方面的研究有待加强。以西安北站为研究对象,通过客流扰动指数、接驳多样性指数和参与式评估等方法,对高铁站区的客流扰动特征、韧性响应机理与规划策略进行深入分析。结果表明,客流扰动具有时间周期性与空间分异性的时空特征,高铁站区的韧性响应是开发定位失准、空间利用低效、接驳多样性失调、治理权责分割与机制响应滞后等因素共同作用的结果。建议从重视交通功能定位、完善接驳空间布局、构建高效治理体系方面提升响应效率,提升高铁站区的韧性。

关键词 城市韧性; 客流扰动; 响应机理; 西安北站

中图分类号: TU984 **DOI:** 10.16152/j.cnki.xdxzbzr.2024-04-001

Characteristics of passenger flow disturbance and resilient response mechanism in high-speed railway station area: Case study of Xi'an North Station

LI Jianwei¹, WANG Hao², DONG Xin¹

(1. Shaanxi Key Laboratory of Earth Surface System and Environmental Camrying Capacity,

College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. Line Transportation Institute, China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract The increase of urban vitality is accompanied by increasingly prominent man-made risks, and cities need to respond in a multi-dimensional resilience. The high-speed railway station area is the key space of passenger flow disturbance, but research on the disturbance characteristics and resilience response of high-speed railway station areas needs to be strengthened. Taking Xi'an North Railway Station as the research object, this paper used passenger flow disturbance index, connectivity diversity index and participatory resilience response appraisal method to analyze passenger flow disturbance characteristics resilience response mechanism and planning strategies. The results show the passenger flow disturbances have the characteristics of periodicity and spatial heterogeneity. The resilience response of high-speed railway station areas is the result of factors such as inaccurate development positioning, inefficient spatial utilization, imbalance in connectivity diversity, division of governance rights and responsibilities, and delayed mechanism response. It is suggested that the response efficiency should be improved from the aspects of paying attention to the positioning of traffic function, impro-

收稿日期: 2024-01-09

基金项目: 国家自然科学基金(42071211)

第一作者: 李建伟, 男, 博士, 教授, 从事城乡建成环境评价与优化研究, jwli@nwu.edu.cn。

通信作者: 王浩, 男, 从事城市与区域规划研究, nwucgwh@163.com。

ving the layout and connecting space of station area, and building an efficient governance system, so as to improve the resilience of high-speed railway station area.

Keywords urban resilience; passenger flow disturbance; response mechanism; Xi'an North Railway Station

快速城市化使城市人口不断增加,为城市带来了较高的活力,但这种集聚也容易产生更多的风险,如恐怖袭击、瘟疫、踩踏等,不确定性风险空前复杂、灾难性后果愈发显著^[1]。近年来,我国高铁客流增长迅猛,高铁站客流集聚现象凸显,特别是深夜滞留事件频发,严重影响着城市安全^[2]。2016 年 2 月 2 日,广州火车站和上海虹桥火车站滞留人口分别约为 5 万人和 3 万人;2018 年 2 月 21 日,由于雨雪天气及列车晚点,造成西安北站约 3 000 人深夜滞留,引发舆情并影响社会安全。面对这类现象造成的冲击,站区如何作出响应并进入新的运行状态^[3],考验着城市的韧性能力^[4]。探索高铁站区客流扰动的时空特征以及韧性响应机理,可提升风险应对能力,为街区尺度城市空间质量的人本化提升提供借鉴。

高速铁路的快速建设,对城市空间内的生产、生活、生态产生较大的影响^[5]。客流作为站区的主要活力源,加快了要素流动与能量传递,促进了站区联动开发机制的形成^[6]。高铁站建设对土地市场具有异质性^[7],应立足高铁站点土地开发类型^[7]与空间特征^[8],加强站城协同发展^[9]与站区空间一体化建设^[10],充分发挥“高铁效应”^[11]的积极作用。然而当客流超过一定限度,或无法及时疏散,则会成为一种“扰动”,影响站区的正常运行乃至城市的公共安全,对城市空间治理是一个严峻的挑战。所谓客流扰动是指客流在空间与时间上的强度激增,导致通道、扶梯等狭小空间的人员密度超标,可能引发交通拥堵和踩踏事故,甚至造成生命财产损失^[12]。车站区域等重点街区尺度的扰动风险,若不加以有效防范,往往可能造成系统性风险^[13],影响城市安全。因此,客流扰动下城市轨道交通研究逐渐受到关注。既有研究认为受到暴露位置、持续时间、反应时间,恢复程度等脆弱性因素的影响^[14-15],客流扰动的时空特征成为不可忽视的重要方面。同时,认为楼梯通道和出入口(出站闸机处)是疏散客流的关键瓶颈^[16],并提出引导乘客、增加应急出口等优化措施。目前,相关研究主要集中在网络拓扑结构的脆弱性评价^[12,14-16]和客流疏散策略^[17-18]方面,而以站区为研究对象^[15],分析客流扰动背景下的

特征与响应研究较少^[12]。因而,亟需针对站区客流扰动,从时空分布特征方面进行解析,明晰客流扰动的具体作用阶段与空间,从而提升风险治理的针对性^[19]。本研究聚焦高铁站区客流扰动特征及韧性响应机理,旨在回答站区客流扰动的时空特征和站区韧性对于客流扰动的作用因素及作用过程。

1 研究设计

1.1 研究对象

西安北站位于西安市北部,东至建元路、西至明光路,北至元凤二路、南到元朔路,面积约 1.8 km²(见图 1)。近年来西安北站客运量高速增长,日均开行列车达到 269 对,日均发送旅客数量已经从 2011 年开通的 3 600 人次增加到 2020 年的 15 万人次,站区客流扰动风险愈发突出(见图 2)。值得注意的是,西安北站夜间到达车次连年增长,由 2011 年的 7 个提升至 2020 年的 90 个车次,增幅达到 1 185%,并且多次出现夜间旅客滞留现象,产生负面社会效应,因此本文对站区夜间时段的客流扰动予以特别关注。

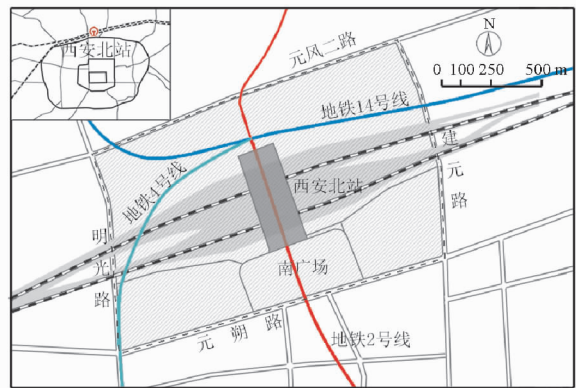


图 1 西安北站区位图

Fig. 1 Location of Xi'an North Railway Station

1.2 数据来源

1.2.1 列车时刻数据

通过“盛名时刻表”软件,获取西安北站 2011—2020 年内的车次情况,统计日期为当年第三季度铁路运行图调整后第一日,统计时间为 6:00 至 24:00,共获得西安北站 10 年内共 1 144

个车次信息,其中包括 381 个夜间车次信息,利用此数据对站区客流扰动特征分析。考虑到数据的可获得性,以 2017—2020 年为重点研究区段。



图 2 西安北站 2011—2020 年日均车次数量
Fig.2 Average daily number of trains at Xi'an North Railway Station from 2011 to 2020

1.2.2 百度热力图

为获得西安北站客流空间特征,对站区百度热力数据进行一周时间(2020 年 7 月 25 日至 2020 年 7 月 31 日)截取,截取时间间隔为 2 h。考虑到工作日与休息日周期内的相似性,选取 2020 年 7 月 3 日与 2020 年 7 月 25 日分别代表工作日与休息日进行分析^[20]。基于 ArcGIS 10.2 软件平台将所获百度热力数据进行矢量化,以表征高铁站区客流扰动的空间特征。

1.2.3 社会调查资料

首先,针对西安北站旅客出行情况,于 2018 年 3 月 17 日开展预调研,发放调查问卷 50 份。其次,分析总结预调研结果、完善调研内容后,选取 2018 年 3 月 19 日(星期一)、3 月 21 日(星期三)、3 月 24 日(星期六)与 3 月 25 日(星期天)开展正式调研,共计发放问卷 300 份,其中有效问卷 263 份,问卷有效率 87.7%。最后,于 2018 年 3 月多次对调研对象及西安北站管委会工作人员等进行深入访谈。通过现场记录、录音文件的整理,获得大量站区客流扰动与韧性治理信息。

1.3 研究方法

1.3.1 客流扰动指数

近年来,学者多采用 POIs、GPS、手机信令等数据对于城市人口活力进行了测度^[21],但受研究空间尺度影响,对于高铁站区等微观尺度空间不具有适用性。因此,利用易获得的客运量数据、精确度较高的高铁车次等信息表征站区客流扰动指数。其中日度客流扰动指数利用日度客运量数据进行表征,并借助西安北站设计最大客运量进行

无量纲化处理;时度客流扰动指数利用精确度更高、包含列车定员人数的高铁车次信息进行测度。客流扰动指数计算公式如下

$$V_t = \frac{N_t \cdot \bar{P}_t}{\sum_{t=1}^t N_t \cdot \bar{P}_t} \tag{1}$$

式中: V 代表客流扰动指数; N_t 表示 t 时段内的高铁车次数量; $\bar{P}_t$ 表示 t 时段内高铁车次平均定员人数。

1.3.2 接驳多样性指数

多样性特征是城市韧性的重要特征,是站区韧性对于扰动的重要响应途径。选取兼具丰富度及均衡度的 Shannon-Winner 指数来表征接驳交通的多样性^[22],旨在分析接驳交通工具多样性的变化特征,以表征站区韧性的多样性响应能力。接驳多样性指数计算公式如下

$$D_t = (- \sum_{k=1}^s P_{tk} \ln P_{tk}) / \ln s \tag{2}$$

式中: D_t 代表接驳交通多样性指数; s 代表接驳交通的种类; P_{tk} 代表 t 时刻 K 类交通工具的可选择性,由 t 时刻的客流承担比例表示。

1.3.3 参与式评估

参与式评估是一种通过调研与非正式访谈进行社会调查的方法。通过社会调查、实地踏勘,围绕站区开展结构式问卷调查与半结构式访谈,对获取数据及谈话资料进行定量分析与语意整理。评估过程分为 3 个阶段。首先,利用开源政府网站及网络媒体获取站区规划管理政策及风险事件的社会影响,了解站区各类风险情况;其次,对站区管理人员进行半结构深度访谈,内容涉及站区规划、客流特征、政策解读及工作安排等;最后,对于站区旅客进行问卷调查,问卷内容涉及出行信息、车次信息、接驳方式等。

2 客流扰动特征

2.1 扰动周期性

西安北站客流扰动具有周期性的时间特征。首先,通过对 2017 年 7 月 9 日至 2018 年 4 月 22 日为期 290 天客流扰动调查(见图 3),客流扰动显示出剧烈扰动的总体特征,相较于平时状态,站区节假日的客流扰动超过平均水平 50% 以上。同时,客流扰动呈现出以周为单位的波动特征,基于二阶差分的时间序列自相关分析可知,在时间滞后为 7 日时,时间序列的高相关性,且 p 值远

小于 0.01 通过检验,即客流扰动出现了以一周为周期的显著性特征。其次,通过对夜间客流扰动的进一步分析,显示夜间客流扰动逐渐成熟的“双峰”特征(见图 4),站区客流扰动在 19:00 与 22:00 附近逐渐形成较为稳定的峰值,这与旅客滞留事件经常发生在傍晚与深夜的时间契合。可见,西安北站客流具有节假日剧烈扰动、以周为单位变化和夜间“双峰”性的特征,站区的韧性治理也应充分利用这一特征进行重点时段的风险评估与应对。

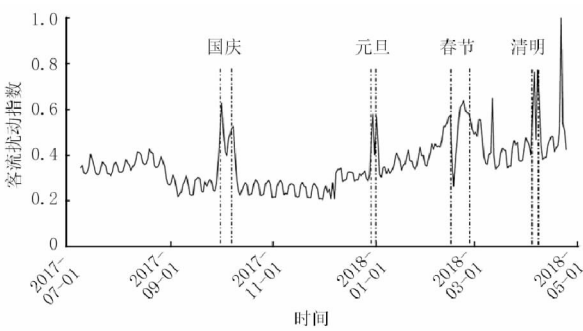


图 3 西安北站 2017-07—2018-04 客流扰动指数
Fig. 3 Passenger flow disturbance index of Xi'an North Railway Station from July 2017 to April 2018

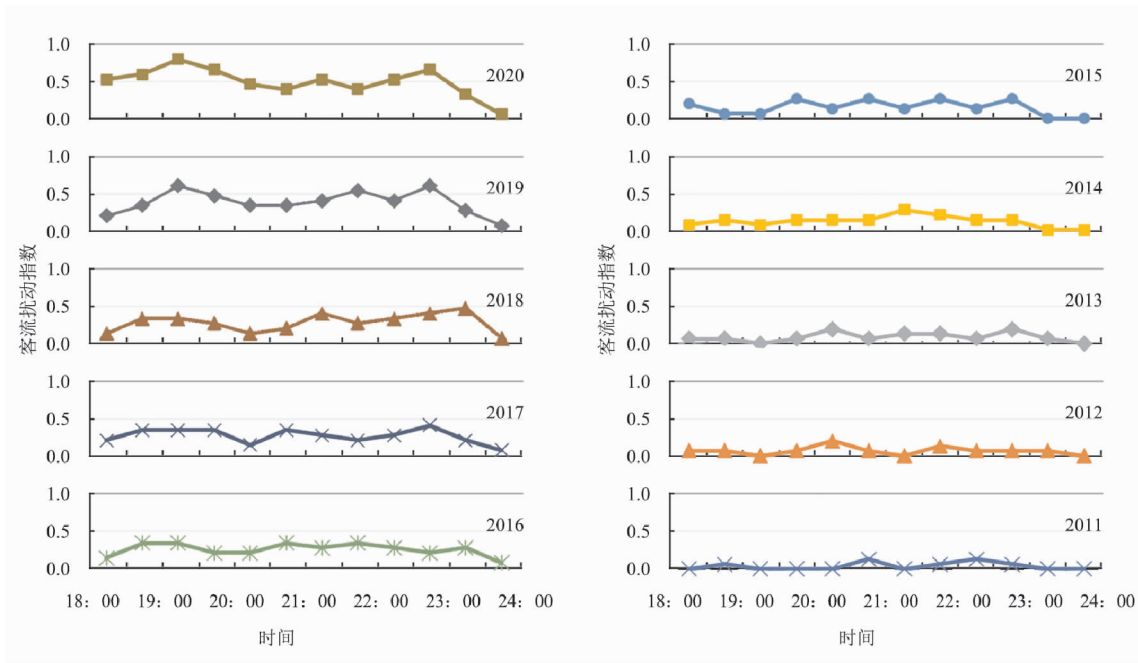


图 4 西北北站 2011—2020 年夜间客流扰动指数
Fig. 4 Nighttime passenger flow disturbance index of Xi'an North Railway Station from 2011 to 2020

2.2 空间集聚性

西安北站呈现休息日客流重心变化大且夜间重心变化较小的空间特征(见图 5)。工作日,日间与夜间的重心偏移距离相差不大,重心变化最大时刻出现在 17:00—19:00,最大偏移距离为 18 m。客流重心变化最小时刻出现在 19:00—21:00,最小偏移距离为 3 m。除去 17:00—19:00 较大重心偏移变化外,站区客流整体仍然呈现出日间变化大于夜间变化的特征。休息日,日间重心变化显著大于夜间重心变化,其中最大偏移距离出现在 9:00—11:00,偏移距离达到 34 m,最小偏移距离出现在 19:00—21:00,偏移距离为 5 m,同样呈现出日间到夜间重心迁移距离减小的趋势。偏移距离越小,说明客流在空间上越集中,所面临的扰动

风险就越大,韧性治理面临的挑战也越大。

同时,日间与夜间客流重心分布具有明显的空间差异特征。17:00 之前,客流重心呈分散分布,17:00 之后则具有空间集聚特征。究其原因,日间西安北站拥有始发、中间、终到多类型的列车,进出站客流方向多样,加之西安北站的接驳空间分散布置,造成了站区客流在空间上呈现的动荡性。而在夜间,到达客流成为站区客流扰动的主要类型,并且客流以地铁换乘为主,使客流扰动空间主要集中在高铁站房下的地铁换乘处,形成了较为稳定的夜间站区扰动空间分布。客流较大且空间集聚特征明显的夜间特征对于站区韧性来说是极大的挑战,在这样的空间分异特征下,应特别关注夜间站房内的韧性设施与管理应对。

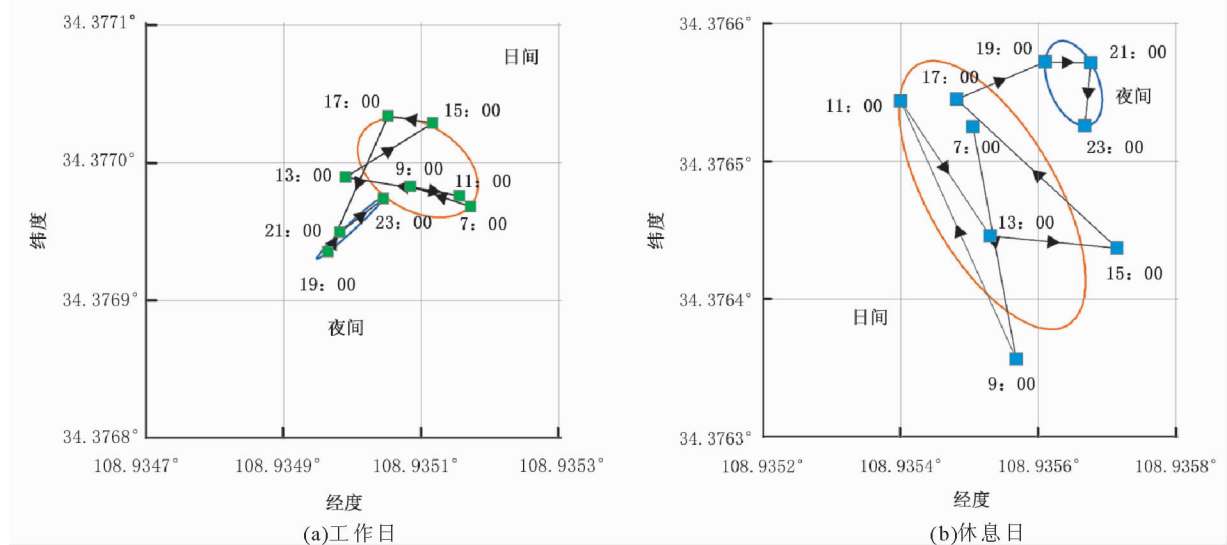


图 5 西安北站客流重心轨迹

Fig. 5 The track on gravity centers of passenger flow at Xi'an North Railway Station

3 韧性响应机理

客流扰动下的站区韧性响应机理,是指在面对站区客流扰动所体现的周期性以及空间分异性特征时,站区及周边区域为减少这种扰动影响的过程和机制。站区的各类要素的应对措施是否有效,能否做出正确、高效的时间响应,从而降低站区遭受滞留、踩踏等极端事件的风险。站区的韧性响应,不仅需要关注基于工程思维的物质韧性的响应,而且需要从治理视角进行响应机理的阐释。

3.1 开发定位失准

高铁站区的功能定位首要是交通集散,其次为衍生功能,方能在扰动时科学响应。西方国家的站区,通常定位于节点交通价值与城市功能价值于一体的空间集合^[23-24],即在满足车站基本的交通集散功能的同时,发展商业、商务、会展等衍生功能,从而达到站区的一体化开发^[25]。而现阶段,我国高铁站的建设在未能满足交通需求、充分发挥交通价值时,便片面追求城市功能价值的体现,使得接驳困难、换乘不便等交通问题层出不穷,开发效益也未能体现。西安北站在轨道交通、地面公交枢纽、长途客运枢纽等交通功能未彻底开发时,站区南侧已建设了高度为 198 m 与 188 m 的超高层商业综合体,接近《西安高铁新城核心区控制性详细规划》中建筑限高 200 m 的规定,并且在拟施行的《西安高铁新城核心区控制性详细规划(调整)》中,站区南侧整体容积率由 2.97

调整为 3.04,建筑限高由 200 m 调整为 350 m,站区将形成衍生商业商务功能高强度开发的局面。这样的土地财政引导的站区高强度开发情形还发生在成都东站、沈阳北站等大多数城市高铁站区。

无法对客流扰动作出高效响应,与站区功能定位失准息息相关。我国高铁站区的发展,未能理解中西方城市在发展阶段、行政体制与财税制度方面的差异^[26],在政绩观、土地财政政策的促使下,过度强调衍生功能,间接造成了站区交通功能难以体现。在面对扰动时也无法从基础的交通功能空间进行响应,站区交通价值与功能价值的平衡也难以实现。此外,站区开发追求无差别人流的底层逻辑也出现问题。高铁站区的人流,与停留、慢行为主的到达性客流不同,多为中转型人流,不应过度追求人流的集聚效应^[25]。现阶段的站区功能定位过分考虑大体量的商业商务功能在站区核心的布置,是站区开发定位失准、本末倒置的体现,应强调面向旅客的交通集散的基本功能,在完善交通功能基础上,补充必要的商业商务衍生功能。

3.2 空间利用低效

高铁站站前广场是重要的城市集散广场,承担着重要的交通集散功能^[27]。这种功能空间通过对广场车流、人流的合理布置,保证站区各类交通流畅运行,是站区高效响应的重要物质前提。但由于对“橱窗意识”与“形象工程”的过分追求,使得高铁站前广场在面对客流扰动时,不仅无法进行高效利用,还会成为站区治理响应的阻碍。

广场空间的居中布置,不仅影响到接驳空间的就近布置,而且形成了客流响应的隐患。在面对巨大的客流扰动时,旅客无法充分利用广场空间进行快速接驳集散,需要分散至站区外围的场站进行疏散,造成了换乘时耗的无谓增加,因而也无法体现站区响应的韧性。这种追求“形象工程”造成换乘不便的情形还发生在重庆西站、郑州东站等大多数城市高铁站区。

对于“形象工程”的追求,体现了站区设计对于冗余性特征的理解偏差。冗余性特征是站区韧性的重要影响因素,其通过功能空间的储备性设置在时空维度分散客流扰动带来的风险^[28],是站区韧性的重要体现。在客流扰动出现时,以交通集散功能为主的站房空间便可以为站区提供大量的冗余空间,然而站房外超大规模的集散广场(西安北站南北站前广场面积达到 $7.8 \times 10^5 \text{ m}^2$)影响了接驳交通功能的临近布置,并且造成了土地资源的浪费,降低了站区韧性的响应效率。

3.3 接驳多样性失调

接驳多样性的失调影响着站区对于客流扰动的动态吸收,是客流扰动空间分异性的主要因素,也造成了站区在峰值时无法及时响应的局面。多样性是城市韧性的重要特征,高铁站区理应提供多样的换乘工具,缩短旅客换乘时间与距离^[29],使得站区在受到扰动冲击时进行多样的选择,从而降低扰动的风险。这既体现了站区换乘的便捷,也是站区应对客流扰动的重要途径,但是对站区接驳多样性的分析显示韧性响应特征未能合理展现。接驳多样性与客流扰动在夜间整体呈现下降的趋势,虽然在 19:00 与 22:00,客流扰动出现了较大的峰值,接驳多样性却未能协同变化(见图 6)。这样的变化趋势,使得站区在波峰时刻面临巨大的集散压力,接驳多样性趋势未能与夜间客流扰动的保持一致“双峰”特征相契合,也解释了滞留事件多发生在傍晚与深夜的原因。

接驳多样性不足,是轨道交通与地面公交发车间隔逐渐增加与站区换乘困难等造成的。轨道交通是站区接驳的主要集疏运形式^[27],连接西安北站与城市中心区的地铁 2 号线承担了 70% 的接驳功能。然而西安北站地铁 2 号线末班车时刻为 23:50,使得站区接驳需要由出租车、地面公交等承担。但地面公交换乘时间较长(见图 7),换乘旅客较少,前往换乘大厅南侧换乘出租车辆成为主要选择,造成夜间站区客流主要集聚于换乘

大厅南侧,形成隐患。加之接驳信息传递不畅,站外公交接驳车辆无人知晓,加剧了站内滞留局面的形成,因而无法体现站区韧性的响应。

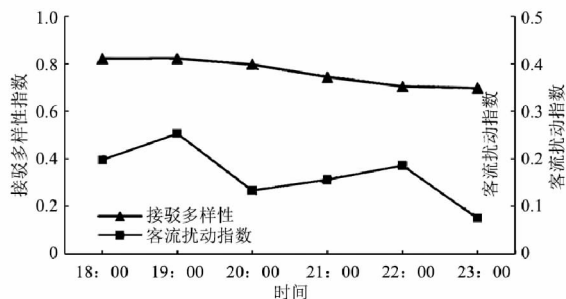


图 6 接驳多样性指数与客流扰动指数关系

Fig. 6 The relationship between the feeder traffic diversity index and the passenger flow disturbance index

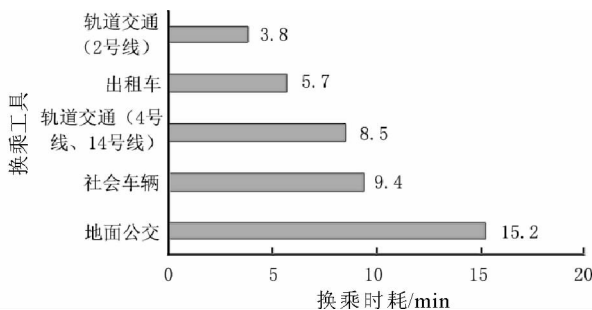


图 7 西安北站不同接驳方式平均换乘时耗

Fig. 7 Average transfer time consumption of different feeder traffic at the Xi'an North Railway Station

3.4 治理权责分割

站区治理权责分割严重,同样影响着站区对于客流扰动的响应。站区开发治理,尤其在后期治理阶段,应形成统筹的主体间关系,达到整体效益的最优,这既是制度韧性的体现,也是参与性在城市治理价值体系中的重要体现^[30-31]。我国多数高铁站区以空间划分职能关系的管理方式,造成了站区治理困难的问题。西安北站形成了“铁路部门管理站房区域站区管委会管理站房外区域”的分割制度,西安经济技术开发区管委会在《西安铁路北客站站区管理规定(征求意见稿)》中规定:“北站站区管理范围暂定为西安北站南、北广场及周边地区……不包含铁路部门管辖范围”。这样的权责分割致使站区在面临客流扰动时,铁路部门与地方政府间协调不足,未能形成连续的信息传导过程,形成了旅客诉求让位于部门间利益的局面。

同一过程分属两类主体进行管辖的复杂局面还衍生了出站换乘地铁需要“二次安检”等一系

列的影响站区运行效率的问题。客流扰动出现时,首先会对铁路部门负责的站房空间造成影响,大量客流集中在站房区域,铁路部门通过出站指引、提升出站效率等方式疏散旅客后便结束响应。而当客流进入站区管委会所管辖空间,需要经过二次安检才能换乘轨道交通,这一流程严重影响换乘效率,也造成了站房换乘大厅空间内的人群聚集,存在一定的安全风险。调查显示,取消换乘地铁的二次安检将为旅客节省约 3 ~ 7 min 的换乘时间,这不仅能将地铁的换乘时间缩小至 1 min 内,而且还可大幅降低安检通道的人流拥挤程度,避免滞留事件的发生,从而体现站区组织制度的韧性。

3.5 机制响应滞后

面对站区客流日渐增加的现实背景,基于传统应急思维的站区管理体系难以快速高效应对。在长期以来的城市治理实践中,缺乏部门协调、社会参与不足、资源整合低效的碎片化治理体系成为提升城市治理的突出困境^[26],亟需从创新管理机制、建立风险评估体系与提升协调能力等方面进行提升。西安北站作为城市治理的重点空间,通过《未央区西安铁路北客站地区应急预案》建立了相应的联动工作机制(见图 8)以预防应对各类突发事件。然而,在应对扰动情况时,却未能发挥出应有的效果,大客流未能及时疏散,导致滞留事件的发生,暴露出信息传递滞后、部门间协调不足等问题,一些事件经自媒体平台传播后,造成了极为不利的社会影响,未能体现组织管理的韧性。

治理机制的滞后响应体现在治理平台与政策贯彻施行等方面。基于简易信息平台的信息传递存在风险判断不足与精度较低的问题,当面对深夜旅客滞留等客流扰动时,铁路部门负责将车内旅客人数信息发送至站区应急联动小组,各部门协商具体接驳方案,然而由于乘客的换乘倾向、目的地不同,无法准确获得到站后真正需要接驳的人数,且应急联动信息未能传达至旅客,出现了多条线路、多辆公交在公交站接驳但旅客尽在出租车换乘点等候的低效响应状况。此外,在滞留事件造成巨大社会反响后,站区应急管理机制才做出适当调整,主管部门由站区管委会改为由市政府分管领导下的临时性应急机构进行协调,主体联动、措施贯彻施行更加高效,联动机制工作重点也不再囿于常态化应急机制设计,更为注重实效建设、工作方案更加具体、措施更具针对性,例如加开地铁、完善接驳时刻、增强换乘指引等措施。

但是,这样的应急响应机制重在“事后响应”,虽然可以在一定程度上控制事态发生,体现站区组织管理的韧性,但是未能在风险预测与控制阶段体现出治理机制的韧性,亟需高效的现代化治理平台进行全过程的响应。

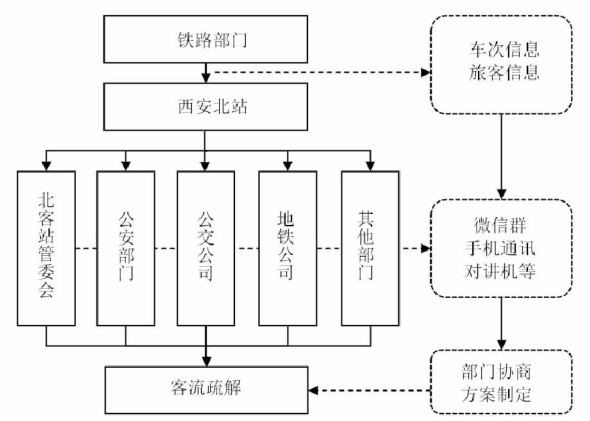


图 8 西安北站应急联动机制

Fig. 8 Emergency linkage mechanism at Xi'an North Railway Station

4 韧性规划策略

4.1 重视交通功能定位

站区定位应更加重视交通功能的体现,而非激进式地追求交通功能与城市衍生功能属性的一体化。大多数高铁站区、新城开发会采用资本主导下的增量开发模式,不可避免地出现超前规划、低效利用的局面。因此,应注重空间定位、开发时序等问题,避免在没有明晰其“区域城市场地”的条件下^[32],盲目追求站区的商务精英业态。交通功能作为高铁站区的核心功能,无论城市商务功能如何,都应放在首位。具体来看,站点功能定位在没有形成完善的交通枢纽前,不应过分追求城市商业商务中心的门户形象体现,以及与交通功能的过度集中,从而避免“形象工程”的空间低效利用。此外,考虑到衍生功能的核心布置在一定程度上会影响站区的韧性体现,挤压冗余性空间、影响旅客换乘的便捷度,这类功能定位应该追求差异化配置。①站区发展不同阶段一体化程度应存在差异,衍生功能循序渐进地配置,逐渐形成规模化效应。②对于不同城市,考虑到自身定位、资源禀赋方面存在差异,其商业商务会展等衍生功能比重可进行动态调整,大中城市的高铁站区功能一体化程度适当增加,中小城市则可以避免一

体化程度过度增加的趋势^[33]。

4.2 完善接驳空间布局

站区空间布局应在完善功能要素的同时,控制冗余性,提升多样性。换乘接驳是站区旅客出行的主要目的,缩短换乘时间、距离,对于提升换乘便捷度具有重要意义。完善的空间布局不仅能降低站区客流扰动的突出风险,而且能提升站区韧性。丰富的站区接驳体系则会为韧性响应提供多样的方式,提升站区韧性的响应速率。①完善站区功能布局,加快建设便捷换乘通道,合理布置站区换乘、接驳流线,完善站区标识体系,提升换乘便捷性。②发挥常规公交、出租车的韧性响应中的灵活性优势,探索高铁巴士等定制化交通出行可能,形成动态的站区韧性接驳响应。③站区的布局追求一定的功能混合,在站区外围周边布置小体量、生活性设施,既能提升多样性,又能间接减少中转型人流,从而降低站区的客流扰动风险。通过站区土地资源的高效利用、站区功能的合理混合,协同实现站区的高质量开发。

4.3 构建高效治理体系

面对日益复杂的城市风险,需要建立更为协调高效的站区治理体系。面对站区存在的主导部门壁垒导致信息传递受阻、二次换乘等低效响应等问题,主张联动机制化被动响应为主动预防,倡导建立多主体参与协作,强调各类信息在信息化平台架构上的快速传递,从而形成协调高效的站区韧性治理体系。①构建具有韧性的站区治理体系,通过设立综合协调机构、制定联席制度、规范法律职责等举措,统筹协调各类资源^[34]。②推动建立信息化联动平台,借助信息通信技术发展理念,提升站区韧性治理的科学性、智慧性,加快响应速率,为决策制定提供时间上的冗余。③倡导片区治理的社会参与,通过建立“政府组织个人”的多层级公众参与体系,促进站区治理的全面化,提升韧性响应能力。通过多措并举,逐步实现站区治理体系与治理能力的现代化。

5 结论

高铁站区作为客流扰动的重要空间,韧性提升需求日益凸显。本文选取西安北站高铁站区这一微观街区尺度进行客流时空特征分析,探索了人本视角城市韧性的响应机理。首先,提出高铁站区客流扰动的定量化测度方法,借助多源数据,

利用数理统计与空间分析,认为站区客流扰动时间上具有7天周期性、夜间双峰性的特征,空间上体现为客流扰动日间分散、夜间集聚的分异特征。其次,客流扰动下的高铁站区韧性响应机理是站区定位、功能空间、站区接驳、治理主体与治理机制等因素作用下的综合反映,站区定位注重衍生功能、形象工程空间利用低效、接驳多样性未与客流扰动变化协调、治理权责分割增加安检时长与治理机制响应滞后等因素,共同影响着站区的韧性响应。最后,从重视交通功能定位、完善接驳空间布局、构建高效治理体系等3个方面,提出提升高铁站区韧性的规划策略,希望以此塑造高铁站区的韧性。

高铁站区对于城市影响广泛深远,基于单一案例研究虽可弥补城市韧性实证研究方面的不足,但仍存在普适性不足的缺憾,建议借助我国高铁快速发展的趋势开展大量跨区域跨尺度的城市韧性研究。同时,对于站区客流扰动的定量测度,选取的百度热力数据等数据多为空间活力的二维特征体现。在追求城市高质量发展与治理现代化的背景下,需要摆脱一定的平面思维,借助多源大数据及新型通讯技术,进行更为科学的定量化测度表达。

参考文献

- [1] 卢文刚,蔡裕岚.城市大型群众性活动应急管理研究:以上海外滩“12.31”特大踩踏事件为例[J].城市发展研究,2015,22(5):118-124.
LU W G, CAI Y L. City large-scale mass character activity trample incident emergency management research: Based on the analysis of Shanghai the bund "12.31" especially big stampede[J]. Urban Development Studies, 2015, 22(5): 118-124.
- [2] 尹占娥,殷杰,许世远,等.基于GIS的上海人为灾害时空格局特征分析[J].人文地理,2011,26(2):44-48.
YIN Z E, YIN J, XU S Y, et al. A GIS based spatio-temporal pattern analysis of man-made disasters in Shanghai[J]. Human Geography, 2011, 26(2): 44-48.
- [3] 马琦伟,阚长城,宫兆亚,等.城市活力恢复及其影响因素:突发性公共卫生事件情景下的探索[J].城市规划,2020,44(9):22-27.
MA Q W, KAN C C, GONG Z Y, et al. Recovery of urban vitality and its influencing factors: Exploration based on the scenario of the outbreak of public health emergencies[J]. City Planning Review, 2020, 44(9): 22-27.

- [4] 邵亦文,徐江. 城市韧性:基于国际文献综述的概念解析[J]. 国际城市规划,2015,30(2):48-54.
SHAO Y W, XU J. Understanding urban resilience: A conceptual analysis based on integrated international literature review [J]. Urban Planning International, 2015,30(2):48-54.
- [5] 李廷智,杨晓梦,赵星烁,等. 高速铁路对城市和区域空间发展影响研究综述[J]. 城市发展研究,2013,20(2):71-79.
LI T Z, YANG X M, ZHAO X S, et al. High-speed rail's influence on urban and regional spatial development: A review [J]. Urban Development Studies, 2013,20(2):71-79.
- [6] 林辰辉. 我国高铁枢纽站区开发的影响因素研究[J]. 国际城市规划,2011,26(6):72-77.
LIN C H. Research of impact factors of high-speed railways hub area development in China [J]. Urban Planning International,2011,26(6):72-77.
- [7] 周霄雪,刘修岩. 高铁站区的异质性土地溢价与站区空间开发模式[J]. 经济地理,2023,43(9):62-71.
ZHOU X X, LIU X Y. Heterogeneous land premium evaluation and spatial development models in high-speed rail station areas [J]. Economic Geography, 2023,43(9):62-71.
- [8] 马春山. 多主体博弈视角下高铁站区土地综合开发模式研究:以沿江高铁为例[J]. 北京交通大学学报(社会科学版),2023,22(1):65-75.
MA C S. Land comprehensive development model of high-speed railway station area from the multi-agent game perspective:A case study of high-speed railway station along the Yangtze River [J]. Journal of Beijing Jiaotong University(Social Sciences Edition),2023,22(1):65-75.
- [9] 殷铭,汤晋,段进. 站点地区开发与城市空间的协同发展[J]. 国际城市规划,2013,28(3):70-77.
YIN M, TANG J, DUAN J. The synergy of high-speed railway station areas and urban space development[J]. Urban Planning International,2013,28(3):70-77.
- [10] 刘璐. 大城市枢纽型高铁站站区空间一体化评价[J]. 现代城市轨道交通,2023(3):1-7.
LIU L. Evaluation on spatial integration of high-speed railway hub stations in large cities [J]. Modern Urban Transit, 2023 (3):1-7.
- [11] 刘莉文,张明. 高速铁路对中国城市可达性和区域经济的影响[J]. 国际城市规划,2017,32(4):76-81,89.
LIU L W, ZHANG M. The impacts of high-speed rail on accessibility and regional economy in China [J]. Urban Planning International,2017,32(4):76-81,89.
- [12] 宋守信,姚德志,肖楚阳. 基于多级可拓评价方法的大客流扰动下地铁脆弱性研究[J]. 城市轨道交通研究,2017,20(1):25-30,36.
SONG S X, YAO D Z, XIAO C Y. Vulnerability of subway station caused by large passenger flow disturbance based on multilevel extension assessment [J]. Urban Mass Transit,2017,20(1):25-30,36.
- [13] 许婵,文天祚,刘思瑶. 国内城市与区域语境下的韧性研究述评[J]. 城市规划,2020,44(4):106-120.
XU C, WEN T Z, LIU S Y. Review on urban and regional resilience research in China [J]. City Planning Review,2020,44(4):106-120.
- [14] 王磊,陈运涛. 基于脆弱性理论城市轨道交通的乘客安全研究[J]. 宁夏大学学报(自然科学版),2020,41(2):198-203.
WANG L, CHEN Y T. Study on passenger safety in urban rail transit based on vulnerability theory [J]. Journal of Ningxia University (Natural Science Edition),2020,41(2):198-203.
- [15] 宋守信,段晓红,赵建东. 基于突变理论的地铁车站大客流脆弱性评价[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2017,39(2):125-129.
SONG S X, DUAN X H, ZHAO J D. Vulnerability assessment of mass passenger flow in subway station based on catastrophe theory [J]. Journal of Wuhan University of Technology (Information & Management Engineering),2017,39(2):125-129.
- [16] 程悦,宋守信. 大客流扰动下的北京地铁脆弱性研究[J]. 都市快轨交通,2015,28(3):29-33.
CHENG Y, SONG S X. Research on vulnerability of Beijing subway based on GGAHP [J]. Urban Rapid Rail Transit,2015,28(3):29-33.
- [17] 陈雷钰,张汝华,马明迪. 基于 AnyLogic 的轨道交通车站大客流瓶颈识别与疏散组织优化[J]. 上海大学学报(自然科学版),2023,29(4):694-704.
CHEN L Y, ZHANG R H, MA M D. Anylogic-based bottleneck identification and evacuation organization optimization of large passenger flow in rail transit stations [J]. Journal of Shanghai University (Natural Science Edition),2023,29(4):694-704.
- [18] 钟茂华,陈俊沣,刘晓庆,等. 地铁枢纽车站大客流疏散性能评估及策略优化研究[J]. 中国安全生产科学技术,2022,18(7):5-11.
ZHONG M H, CHEN J F, LIU X Q, et al. Study on evacuation performance evaluation and strategy optimization of large passengerflow in metro interchange hub station [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2022,18(7):5-11.
- [19] 丛威青. 北京市重点站区韧性枢纽突发大客流应急

- 疏散行为优化研究[J]. 城市与减灾, 2023(5):59-64.
- CONG W Q. Optimization study on emergency evacuation behavior of sudden large passenger flow of resilient transportation junction at key station areas in Beijing municipality[J]. City and Disaster Reduction, 2023(5):59-64.
- [20] LI J G, LI J W, YUAN Y Z, et al. Spatiotemporal distribution characteristics and mechanism analysis of urban population density: A case of Xi'an, Shaanxi, China[J]. Cities, 2019,86:62-70.
- [21] 塔娜,曾屿恬,朱秋宇,等. 基于大数据的上海中心城区建成环境与城市活力关系分析[J]. 地理科学, 2020,40(1):60-68.
- TA N, ZENG Y T, ZHU Q Y, et al. Relationship between built environment and urban vitality in Shanghai downtown area based on big data[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020,40(1):60-68.
- [22] 吴玲玲,黄正东. 基于多样性的大城市公共交通服务水平研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2019,19(1):222-227.
- WU L L, HUANG Z D. Diversity as an indicator of urban public transit service quality[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2019,19(1):222-227.
- [23] 郑德高,杜宝东. 寻求节点交通价值与城市功能价值的平衡:探讨国内外高铁车站与机场等交通枢纽地区发展的理论与实践[J]. 国际城市规划,2007,22(1):72-76.
- ZHENG D G, DU B D. Looking for the balance between transport value of node and functional value of city: Discussing theory and practice in the development of airport area and high-speed rail station area[J]. Urban Planning International, 2007,22(1):72-76.
- [24] BERTOLIN L. Spatial development patterns and public transport: The application of an analytical model in the Netherlands[J]. Planning Practice & Research, 1999,14(2):199-210.
- [25] 袁锦富. 高铁效应下我国城市总体规划的应对[J]. 城市规划,2015,39(7):19-24.
- YUAN J F. Responses of China's urban master planning under HSR effects[J]. City Planning Review, 2015,39(7):19-24.
- [26] 丁志刚,孙经纬. 中西方高铁对城市影响的内在机制比较研究[J]. 城市规划,2015,39(7):25-29.
- DING Z G, SUN J W. A comparative study on the mechanism of HSR effect on cities in China and western countries[J]. City Planning Review, 2015,39(7):25-29.
- [27] 何小洲,过秀成,张小辉. 高铁枢纽集疏运模式及发展策略[J]. 城市交通,2014,12(1):41-47.
- HE X Z, GUO X C, ZHANG X H. High-speed rail passenger distributing patterns and development strategies[J]. Urban Transport of China, 2014,12(1):41-47.
- [28] AHM J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world[J]. Landscape and Urban Planning, 2011,100(4):341-343.
- [29] 段进,殷铭. 高铁站点规划布局与空间换乘便捷度:长三角地区的实证研究[J]. 城市规划,2014,38(10):44-50.
- DUAN J, YIN M. Study on the relationship between planning layout of high-speed railway stations and transfer space convenient level: An empirical study of Yangtze River delta region[J]. City Planning Review, 2014,38(10):44-50.
- [30] HENDRIKS F. Understanding good urban governance: Essentials shifts and values[J]. Urban Affairs Review, 2014,50(4):553-576.
- [31] 张衍春,单卓然,许顺才,等. 内涵·模式·价值:中西方城市治理研究回顾、对比与展望[J]. 城市发展研究,2016,23(2):84-90,104.
- ZHANG X C, SHAN Z R, XU S C, et al. Connotation · model · value: The review comparison and expectation on urban governance research in western countries and China[J]. Urban Development Studies, 2016,23(2):84-90,104.
- [32] 李建伟,刘科伟,尹怀庭. 城市新区功能定位的理论方法与实证研究[J]. 城市发展研究,2015,22(7):71-75,81.
- LI J W, LIU K W, YIN H T. The theoretical method on the functional orientation of new urban district[J]. Urban Development Studies, 2015,22(7):71-75,81.
- [33] 汪德根,汤娟,朱梅,等. 长江经济带城市高铁站区节点和场所功能耦合协调分析[J]. 地理科学, 2023,43(8):1317-1328.
- WANG D G, TANG J, ZHU M, et al. Coupling and coordination analysis of node and place functions of urban high-speed railway stations in the Yangtze River Economic Belt[J]. Scientia Geographica Sinica, 2023,43(8):1317-1328.
- [34] 王莹,王义保. 基于整体性治理理论的城市应急管理体系优化[J]. 城市发展研究,2016,23(2):98-104.
- WANG Y, WANG Y B. Optimization of urban emergency management system based on the theory of holistic governance[J]. Urban Development Studies, 2016,23(2):98-104.