

地铁换乘站高峰时段客流疏导策略研究

李 玫

徐州地铁运营有限公司 江苏 徐州 221000

【摘要】：解决地铁换乘站高峰时段客流拥堵、疏导效率不足问题，选取天津地铁红旗南路站，分析高峰客流时空分布特征、流线冲突类型及核心疏导瓶颈，结合《地铁设计规范》测算设施通行能力，借助 AnyLogic 软件构建客流仿真模型，评价各区域服务水平，从流线组织、设施调控、现场引导三个维度提出优化策略。换乘站高峰客流具潮汐性、集中性，换乘设施能力不足、流线冲突、管控缺失构成核心瓶颈，优化可缓解拥堵、提升服务水平，为同类换乘站高峰客流疏导提供理论与实践参考。

【关键词】：地铁换乘站；高峰客流；客流疏导；仿真分析；流线优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.021

引言

城市公共交通快速发展，地铁已成为居民通勤核心出行方式。换乘站作为客流集散与中转关键节点，高峰时段易出现客流聚集、拥堵，影响乘客出行体验，还存在安全隐患。国内多数城市地铁换乘站客流潮汐性突出、流线冲突频发、疏导能力不足，亟需针对性研究。本文以天津地铁红旗南路站为实例，实地调研、数据测算与仿真分析结合，识别高峰客流疏导瓶颈，提出科学可行优化策略，提升换乘站高峰客流疏导效率，保障运营安全，为城市地铁换乘站运营管理提供支撑。

1 地铁换乘站高峰时段客流特征与疏导瓶颈分析

1.1 高峰时段客流时空分布特征

地铁换乘站高峰客流具显著潮汐性、集中性、定向性时空分布规律。天津地铁红旗南路站早高峰 7:30-9:00、晚高峰 17:00-19:00 为核心拥堵时段，换乘客流占比超 69%，远高于进出站客流。三号线小淀方向换乘六号线南孙庄方向、六号线梅林路方向换乘三号线南站方向为两大主流流向，高峰小时换乘客流分别达 1350 人次、1359 人次，客流在换乘通道与楼梯口形成持续性聚集^[1]。空间上客流分布极不均衡，换乘节点与垂直交通设施连接处密度最高，站厅层与站台远端区域客流相对稀疏，呈“核心拥堵、边缘宽松”分布格局。北京宋家庄站、广州体育西路站等典型换乘站高峰客流特征与之高度契合，均为通勤主导下的定向集中换乘与局部高密度堆积。

1.2 换乘站客流流线冲突类型

高峰时段换乘站客流流线冲突集中于交叉、合流、分流三类，均发生在关键换乘节点。红旗南路站采用 T 型楼梯换乘，三号线与六号线换乘客流在换乘楼梯入口合流，上下行客流叠加使通行速度骤降；站厅层进出站与换乘客流在闸机、扶梯口交叉，流线交织干扰通行效率；站台下车换乘客流与上车候车客流在屏蔽门附近分流，易引发秩序混乱。深圳留仙洞站、

青岛北站等换乘站此类冲突同样突出，相向换乘客流对冲、进出站与换乘客流交织，直接导致局部客流密度突破安全阈值，成为引发拥堵的核心流线诱因。

1.3 核心疏导瓶颈识别

换乘站高峰疏导瓶颈体现为设施能力、流线组织、现场管控三维叠加^[2]。红旗南路站换乘楼梯宽度仅 1.8m，单向通行能力不足 6660 人/h，与高峰小时换乘客流需求不匹配，换乘通道与楼梯构成能力短板；单一换乘路径无分流设计，客流强制集中通过狭窄节点，缺乏缓冲空间；高峰时段人工引导不足、标识导向模糊，无法及时分流密集客流。南京新街口站、成都金融城站等案例中，此类瓶颈共性明显，换乘设施通行能力不足、流线无单向化分隔、动态管控缺失，共同导致高峰时段换乘设施服务水平降至 E 级，乘客行走缓慢、滞留时间延长，安全风险显著上升（见图 1）。

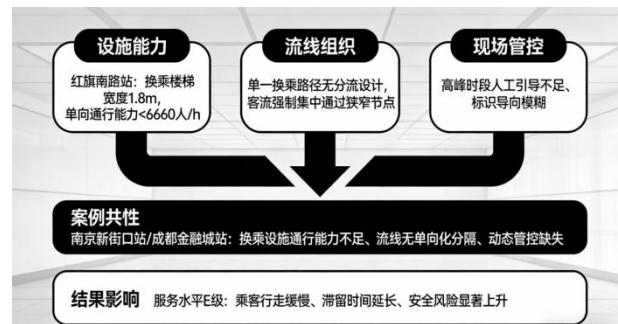


图 1 核心疏导瓶颈识别

2 基于仿真的换乘站高峰客流疏导能力评估

2.1 换乘站设施通行能力测算

依据《地铁设计规范》，结合红旗南路站实际设施参数，测算各类换乘设施通行能力。1.8m 宽单向换乘通道设计最大通行能力为 9720 人/h·m，1.8m 宽单向换乘楼梯为 6660 人

/h·m，站厅层闸机、安检等设施通行能力可满足高峰需求。实测与理论核算对比显示，换乘楼梯与通道实际通行效率仅为设计值的65%-70%，客流冲突导致的速度折减是核心原因。北京、深圳等城市换乘站设施能力折减规律与之一致，明确换乘垂直交通设施为通行能力核心短板，为后续仿真与优化提供量化依据。

2.2 客流疏导仿真模型构建

AnyLogic 软件用于构建红旗南路站高峰客流仿真模型，遵循“1:1 实景还原+动态参数匹配”原则，导入车站 CAD 布局图，还原站厅、站台、换乘通道、楼梯扶梯等静态设施。实地调研数据支撑下，设定进站客流服从指数分布、安检与闸机延迟服从均匀分布、乘客行走速度 0.3-0.7m/s 等动态参数，耦合社会力模型模拟乘客微观行为。模型涵盖进站、出站、换乘全流程，整合行人库与轨道库，实现列车到站、乘客上下车、换乘行走的动态模拟。检验显示，进站、下车、换乘客流仿真数据与实测值误差均小于 6%，模型精度满足疏导能力评估要求，该建模方法已在西安北大街站、成都北站等换乘站仿真中得到验证。

2.3 各区域服务水平评价

按行人密度划分服务水平等级，仿真结果显示红旗南路站站厅层高峰平均密度 0.03 人/m²，服务水平为 A 级。三号线、六号线站台层最大密度分别为 0.361 人/m²、0.371 人/m²，服务水平均为 B 级；换乘设施核心区域最大密度达 2.855 人/m²，服务水平降至 E 级，处于严重拥堵状态，乘客行走受限、换乘时间延长。三号线换乘六号线平均耗时 66.6s，六号线换乘三号线平均耗时 51.6s。南京新街口站、上海江苏路站等站点服务水平分布规律与之一致，站厅、站台服务水平良好，换乘设施为服务水平短板，锁定疏导优化核心区域。

3 地铁换乘站高峰时段客流疏导优化策略

3.1 流线组织优化策略

“组合换乘+单向循环+分区导流”流线优化方案可破解客流冲突难题。红旗南路站原单一相交换乘调整为组合模式，三号线换乘六号线保留楼梯换乘，六号线换乘三号线改为站厅

换乘，分离双向换乘客流，消除合流冲突。换乘通道实行单向通行，六号线换乘三号线客流经扶梯至站厅再转入三号线站台，形成闭环流线，避免相向对冲^[3]。深圳留仙洞站、青岛北站经验可借鉴，站台层划分候车区与换乘区，隔离设施分隔上下车客流，站厅层明确进出站与换乘流线边界，实现“各行其道、互不干扰”，从空间上根除流线交叉隐患。

3.2 设施动态调控策略

结合高峰客流特征，实施设施能力动态匹配调控，提升瓶颈节点通行效率。高峰时段加密换乘通道与楼梯隔离设施，拓宽有效通行宽度；调整扶梯运行方向，增加六号线至站厅、站厅至三号线的上行扶梯运力，匹配换乘客流走向。换乘楼梯实行分道管控，上行与下行客流分区行走，减少干扰。上海江苏路站、北京双井站做法可参考，动态开放备用闸机、增设临时导向标识，高峰增配安检、售票等设施，利用智能监测系统实时调控设施运行，确保设施能力与客流需求动态适配，缓解局部拥堵。

3.3 现场组织与引导策略

构建“人工引导+智能导向+分级管控”一体化现场组织体系，强化高峰疏导执行力。红旗南路站换乘楼梯口、扶梯口、站厅交汇点等关键节点增派疏导人员，定向引导六号线换乘三号线客流走站厅路径，及时疏散密集客流。优化标识系统，增设发光导向牌、语音广播，实时发布客流拥堵提示，明确换乘路径；建立三级客流预警机制，换乘设施密度超标时启动站厅限流，分散核心节点压力。北京双井站智慧管控经验可结合，视频监控实时监测客流密度，联动广播、导向屏实施精准引导，实现“提前预警、动态分流、快速疏导”，全面提升高峰时段客流组织效率与安全性。

4 结语

本文以天津地铁红旗南路站为研究样本，系统分析地铁换乘站高峰时段客流时空分布特征、流线冲突类型及三维疏导瓶颈。设施通行能力测算、客流仿真建模与服务水平评价结合，验证瓶颈节点核心影响，提出流线组织、设施调控、现场引导一体化优化策略。研究成果可有效缓解红旗南路站高峰拥堵，提升客流疏导效率与运营安全性。

参考文献:

- [1] 张雨末.基于量化评价和动态模拟的 T 型地铁换乘站火灾安全韧性评估方法研究[D].长安大学,2024.
- [2] 李世海.重庆市地铁换乘站大客流应急疏散模拟与风险管控[D].重庆大学,2022.
- [3] 何君,雷爱国,吴翊恺,等.地铁换乘站客流滞留模型[J].交通科技与经济,2022,24(01):38-47.