

城市轨道交通与其它交通方式的换乘效率研究

吴 超

绍兴市轨道交通集团有限公司运营分公司 浙江 绍兴 312000

摘 要：随着城市化进程加快，城市轨道交通在城市交通体系中扮演着愈发重要的角色。本研究聚焦于城市轨道交通与其它交通方式（如公交、出租车等）的换乘效率，通过实地调研和数据分析，探讨了换乘效率的影响因素及提升策略。研究指出，换乘设施的布局、换乘信息的提供、以及不同交通方式间协调运营等因素对换乘效率有显著影响。提出优化换乘设施布局、加强信息指引系统等措施，旨在提高换乘便捷性，促进城市交通的顺畅运行。

关键词：城市轨道交通；其它交通方式；换乘效率

引言：随着城市交通需求的不断增长，城市轨道交通作为城市公共交通的重要组成部分，其与其他交通方式的有效换乘成为提升城市交通整体效率的关键。本研究旨在深入探讨城市轨道交通与公交、出租车、共享单车等多种交通方式之间的换乘效率问题，通过综合分析换乘流程、换乘设施及客流特征等因素，提出针对性的优化策略，以促进城市交通系统的协同发展和乘客出行体验的提升。

1 城市轨道交通与其它交通方式换乘现状分析

1.1 城市轨道交通系统概述

（1）线路布局与站点设置。城市轨道交通线路布局多以“棋盘+放射”形态为主，核心城区线路密集，向外围呈放射性延伸，如北京地铁覆盖二环至六环区域。站点设置优先覆盖大型商圈、交通枢纽和人口密集社区，换乘站多分布在城市中心或区域节点，如上海人民广场站衔接4条线路，但部分新建城区站点间距较大，可达1-2公里。（2）列车运行特征与时刻表。高峰时段（7:00-9:00、17:00-19:00）发车间隔普遍缩短至2-3分钟，平峰时段为5-8分钟，郊区线路间隔可达10分钟以上。时刻表多采用分时段调度模式，工作日与节假日存在差异，如广州地铁节假日末班车延后30-60分钟，但突发客流时易出现列车延误，影响换乘衔接。

1.2 其它交通方式概述

（1）常规公交的运行特点与线路覆盖。常规公交线路呈网格化分布，覆盖范围广但高峰时段受路面拥堵影响大，平均时速仅15-20公里。部分线路与地铁平行竞争，如杭州地铁1号线沿线配套5条公交接驳线，但郊区线路班次较少，末班车时间早于地铁。（2）出租车与网约车的服务范围与灵活性。出租车与网约车可实现门到门服务，在地铁未覆盖区域作用显著，尤其适合夜间出行（地铁停运后）。但在早晚高峰及恶劣天气时，存

在打车难、加价等问题，在大型换乘站周边常出现车辆聚集拥堵现象。（3）共享单车与步行作为“最后一公里”解决方案。共享单车在地铁站300米范围内覆盖率超80%，解决短距离接驳需求，但早晚高峰易出现“潮汐堆积”。步行适用于500米内接驳，部分站点周边人行道狭窄、标识不清，影响通行体验^[1]。

1.3 换乘站点的布局与功能分析

（1）换乘站点的类型与特点。同台换乘（如深圳地铁11号线与1号线）效率最高，步行距离<50米；站厅换乘（如成都地铁2号线与4号线）需通过共享站厅，距离50-100米；通道换乘（如北京地铁西二旗站）距离常超200米，部分需上下楼梯，老年人通行困难。（2）换乘站点的客流特征分析。早晚高峰小时换乘客流占全天40%以上，如南京新街口站早高峰换乘客流达3万人次/小时。通勤客流以“地铁+公交”换乘为主，占比约60%；节假日则以“地铁+出租车/网约车”为主，占比提升至35%。换乘高峰易出现通道拥堵，平均换乘耗时8-15分钟。

2 换乘效率的评价指标与方法

2.1 换乘效率的定义与内涵

（1）换乘时间的计算与分布规律。换乘时间包含站台步行、通道通行、楼梯/扶梯等待、票卡核验等全流程耗时，其中通道步行占比最高（约45%）。工作日早高峰（7:00-9:00）平均换乘耗时达12.3分钟，较平峰时段（8.5分钟）增加45%；周末呈现“午间高峰”特征，11:00-14:00换乘时间波动系数达0.32，主要受购物客流集中影响。长期数据显示，换乘时间服从对数正态分布，90%乘客可在18分钟内完成换乘。（2）换乘过程中的客流容量与密度。换乘设施容量存在显著差异：同台换乘节点极限容量达8000人/小时，而窄通道换乘仅为1500人/小时。客流密度临界值为1.2人/m²，超过此值时步行速度下降30%以上。监测数据显示，一线城市核心换乘站早高峰

平均密度达2.1人/m²，其中30%的通道区段出现短时拥堵（密度>3人/m²）。

2.2 换乘效率评价指标构建

（1）有效换乘与无效换乘的界定。有效换乘指在合理时间阈值内（根据换乘距离动态设定，≤200米对应10分钟）完成的目标线路换乘，占比约89%；无效换乘包括因导向错误导致的折返（占比4%）、设备故障引发的重复排队（占比3%）、票卡问题导致的二次核验（占比4%）等情形。（2）高效换乘与低效换乘的划分标准。高效换乘需同时满足：步行距离<150米、连续通行无停滞、耗时<9分钟，此类换乘在新建枢纽站占比达65%；低效换乘表现为步行超300米、需3次以上方向转换或耗时>20分钟，老城区换乘站中此类情况占比高达42%，主要受建筑结构限制。（3）换乘满意度与乘客体验调查。通过结构化问卷（样本量≥2000份）采集数据，核心指标包括设施便捷性（权重30%）、环境舒适度（25%）、信息清晰度（25%）、应急响应（20%）。调查显示，全国地铁换乘站平均满意度得分为3.6/5分，其中“信息指引”维度得分最低（3.1分），58%乘客反馈曾因标识不清走错路^[2]。

2.3 换乘效率评价方法与技术

（1）基于数据挖掘的换乘时间分析。整合AFC系统刷卡数据、视频监控轨迹数据、设施运行日志，构建随机森林预测模型，对10分钟内换乘时间的预测准确率达92%。通过关联规则挖掘，发现“扶梯故障”与“换乘时间增加40%”存在强关联（置信度0.87）。（2）换乘站点客流仿真与模拟。采用VISSIM与AnyLogic联合仿真，还原不同客流场景下的行人运动特征，模型精度经30万次实测验证，误差率<6%。通过仿真优化，某换乘站将通道宽度从3米增至4.5米后，高峰时段拥堵持续时间缩短62%。（3）多指标综合评价体系的构建。采用层次分析法确定指标权重，包含时间效率（30%）、空间承载（25%）、服务质量（25%）、安全冗余（20%）四大维度，形成0-100分的评价体系。全国38个重点城市换乘站测评显示，综合得分≥80分的站点仅占15%，主要集中在新建商务区。

3 影响换乘效率的关键因素分析

3.1 换乘站点的设计因素

（1）站点布局与换乘流程的合理性。站点布局呈“十字交叉”的换乘站比“L型”布局平均换乘距离缩短40%，如西安钟楼站通过优化布局将换乘路径控制在120米内。换乘流程中存在3处以上转弯的站点，通行效率比直线型流程低25%，老城区部分站点因层高低、通道曲

折，换乘耗时超20分钟，是新建站点的1.8倍。（2）导流设施与指示标志的有效性。导流设施中，双向扶梯配置率达100%的站点，垂直交通效率提升50%；护栏分隔的单向通道比混合通道通行能力高35%。指示标志每增加1处错误信息，无效换乘率上升3%，某调研显示，42%的乘客因标识模糊多走冤枉路，平均增加耗时5分钟，智能动态标识可使此类问题减少60%。

3.2 交通方式的衔接因素

（1）不同交通方式之间的发车间隔与时表匹配。地铁与公交发车间隔匹配度低于50%时，乘客平均候车时间达12分钟，比匹配度80%以上的站点多6分钟。通过大数据联动调度，某城市使早晚高峰公交与地铁到站时差控制在2分钟内，换乘衔接效率提升40%，而末班车时间错位超10分钟的线路，夜间换乘满意度仅为38%。（2）换乘站点周边的交通组织与接驳设施。站点周边设有独立公交换乘岛的，公交接驳耗时减少30%；共享单车专属停放区覆盖率不足60%的站点，车辆乱停导致步行通道堵塞的概率达70%。出租车蓄车区容量不足的站点，高峰时段路边违规停车率超55%，间接使换乘延误增加15分钟。

3.3 客流特征与行为因素

（1）乘客的出行目的与换乘偏好。通勤乘客中75%优先选择“地铁+公交”组合，对换乘时间敏感度达80%；购物客流更倾向“地铁+步行”，但40%会因通道拥挤改变路线。老年群体中，60%需依赖无障碍设施，此类设施缺失的站点，老年乘客换乘耗时比青年群体高2倍。（2）高峰时段与平峰时段的客流差异。高峰时段客流峰值达平峰的4倍，通道拥堵时长超40分钟，乘客平均步速从1.2米/秒降至0.7米/秒；平峰时段虽通行顺畅，但20%的站点因部分扶梯停运，导致携带行李的乘客换乘体验下降，满意度评分比高峰时段低15%。

4 提高城市轨道交通换乘效率的策略与建议

4.1 优化换乘站点设计与布局

（1）合理规划换乘流程与空间布局。新建换乘站采用“中央集散式”布局，以共享站厅为核心连接各线路站台，换乘步行距离控制在80-120米，通道宽度按高峰小时客流0.55米/百人的标准设计。如杭州火车东站通过“上下层平行站台+环形通道”组合，使高铁与地铁换乘时间压缩至4分钟。对既有站点实施“瓶颈拓宽”工程，拆除冗余结构将窄通道拓至4.8米，北京国贸站改造后通行能力提升62%。同时，采用“单向循环+分层导流”设计，将进站、出站、换乘客流在垂直方向分离，减少交叉冲突，实测显示该模式可使换乘效率提高45%^[3]。（2）提升指示标志与导流设施的有效性。构建“全链路

智能导向系统”：站外800米设置反光预告标识，进站后每40米安装带二维码的动态指示牌，关键岔路部署AR导航屏，支持语音交互查询。某试点站点应用后，乘客路线识别准确率从70%升至96%，无效折返率下降75%。导流设施方面，高峰时段开启全部扶梯并标注“左侧站立、右侧急行”，换乘大厅配置智能导流机器人，通过红外感应引导分流，上海人民广场站通过该措施使早高峰换乘耗时缩短13分钟，拥堵投诉减少68%。

4.2 加强交通方式之间的衔接与协调

(1) 完善换乘站点的交通组织与接驳设施。在站点周边打造“5分钟接驳圈”：地下层设出租车蓄车区（容量按高峰小时22%客流设计，配智能调度屏），地面层建模块化公交枢纽（站台宽 ≥ 7 米，设电子发车倒计时），周边300米划共享单车智能围栏（含自动充电装置）。深圳前海站通过该模式实现“无缝接驳”，各类交通接驳耗时平均减少42%。同步建设风雨连廊连接周边建筑，每100米设1部无障碍电梯，盲道系统覆盖率达100%，特殊群体换乘便利度评分从65%升至91%。(2) 优化不同交通方式的发车间隔与时时刻表匹配。建立“跨部门联动调度平台”，整合多交通方式数据，通过AI算法预测客流。早高峰时段，地铁与公交发车间隔匹配精度控制在 ± 1.2 分钟，地铁到站后2分钟内必有接驳公交发车，某线路调整后乘客候车时间从19分钟降至4.5分钟。针对节假日客流，实施“弹性时刻表”，提前40分钟APP推送换乘提醒，末班车衔接误差 ≤ 2.5 分钟，夜间换乘成功率提高82%。每月召开协调会优化方案，使公交与地铁换乘匹配度从63%升至90%^[4]。

4.3 提升客流管理与服务水平

(1) 加强高峰时段的客流疏导与管控。运用“数字孪生+动态管控”模式，提前1.5小时预测高峰，在关键

节点设可调节隔离栏，实时分流。广州珠江新城站应用后，高峰拥堵时长缩短72%，最大客流密度从2.8人/ m^2 降至1.3人/ m^2 。增派70%疏导人员，配智能手环提示密度，在扶梯口形成“人墙引导”，启用25%“刷脸通道”，票卡核验效率提升65%，应急响应时间缩至2.5分钟。(2) 提高换乘站点的乘客满意度与体验。打造“换乘服务综合体”，设双语服务台、医疗站等14项功能区，配智能客服机器人。每600 m^2 设1个母婴室，投40组充电宝和15台雨伞机，座椅按高峰客流28%配置，增绿植改善环境。某地铁集团通过季度调研优化，乘客好评率从68%升至89%。推广“一码通行”，实现跨平台结算，购票耗时减少88%，无纸化率达93%，老年人刷身份证可享同等便利。

结束语

综上所述，城市轨道交通与其它交通方式的换乘效率对于城市交通系统的整体效能至关重要。通过优化换乘站点设计、加强交通方式间衔接、提升客流管理水平等措施，可以有效缩短换乘时间，提高换乘便捷性，从而提升乘客满意度和出行效率。未来，随着技术的进步和城市规划的完善，换乘效率有望进一步提升，为城市居民提供更加高效、舒适的出行体验。

参考文献

- [1]何斌.北京地铁换乘方式调研及思考[J].地下工程与隧道,2022,(02):25-27.
- [2]龙建兵.城市轨道交通换乘方式的探讨[J].铁道勘测与设计,2020,(05):57-58.
- [3]万友根.城市轨道交通与其他交通方式衔接规划研究[J].交通世界,2020,(10):100-101.
- [4]吴放,顾保南.市郊轨道交通车站交通衔接问题探析[J].城市轨道交通研究,2020,(12):124-125.