

# 轨道交通枢纽站换乘效率提升路径研究

危娜 张宁想

郑州交通发展投资集团有限公司 河南 郑州 450000

**摘要：**随着我国城市化进程的不断加快和轨道交通网络的持续扩张，轨道交通枢纽站作为城市公共交通系统的关键节点，其换乘效率直接关系到整个城市交通系统的运行效能与乘客出行体验。本文在系统梳理轨道交通枢纽站换乘效率内涵与影响因素的基础上，结合国内外典型案例，深入剖析当前我国枢纽站在换乘组织、空间布局、信息服务、运营管理等方面存在的主要问题。在此基础上，从空间优化、流程再造、智能技术赋能、管理协同机制构建四个维度，提出系统性、可操作的换乘效率提升路径。研究表明，提升换乘效率需坚持“以人为本、系统协同、科技驱动、精细管理”的理念，通过多维度协同优化，实现枢纽站由“交通节点”向“高效、便捷、舒适的城市活力空间”转型，为构建高质量城市公共交通体系提供支撑。

**关键词：**轨道交通；枢纽站；换乘效率；空间优化；智能技术；协同管理

## 引言

近年来，我国城市轨道交通建设进入高速发展期。在这一背景下，轨道交通枢纽站——即两条及以上轨道交通线路交汇、并可能与公交、长途客运、铁路、航空等多种交通方式衔接的综合性交通节点——的重要性日益凸显。枢纽站不仅是客流集散的核心场所，更是实现“多网融合”、提升公共交通吸引力的关键环节。然而，随着客流规模的持续增长和出行需求的日益多元化，许多枢纽站暴露出换乘距离过长、标识不清、通道拥堵、信息滞后、管理割裂等问题，导致乘客换乘时间增加、体验感下降，甚至引发安全隐患。换乘效率低下不仅削弱了轨道交通的整体竞争力，也制约了城市交通系统的可持续发展。因此，系统研究轨道交通枢纽站换乘效率的提升路径，具有重要的理论价值和现实意义。

## 1 轨道交通枢纽站换乘效率的内涵与影响因素

### 1.1 换乘效率的内涵界定

换乘效率并非单一指标，而是多维度的综合体现。它既包含乘客完成换乘所需的物理时间，也涵盖其在过程中的心理感受与服务体验。具体而言，时间效率关注步行、等待与排队等客观耗时；空间效率强调换乘路径的合理性与通道容量的匹配度；服务效率则体现在信息指引的清晰性、设施设备的可靠性以及服务响应的及时性；而体验效率则聚焦于乘客在换乘过程中的舒适度、安全感与整体满意度<sup>[1]</sup>。因此，换乘效率的本质是以乘客为中心，在保障安全的前提下，以最短时间、最少体力消耗、最优体验完成换乘行为的能力。这一内涵决定了提升换乘效率不能仅着眼于缩短物理距离，还需统筹考虑环境品质、信息支持与管理协同等软性因素。

## 1.2 主要影响因素分析

换乘效率受多重因素交织影响。首先，空间布局与设施设计是基础性制约条件。换乘距离过长、通道狭窄、垂直交通不足等问题直接增加乘客负担，尤其对老年人、残障人士等弱势群体影响显著。不同换乘方式的效率差异巨大，同台换乘几乎无需步行，而通道换乘甚至出站换乘则大幅拉长换乘时间。其次，客流组织与管理方式深刻影响实际运行效果。高峰时段进出站与换乘客流的交织极易引发拥堵，重复安检、闸机设置不合理等流程冗余进一步加剧瓶颈效应。再者，信息服务系统的完善程度决定了乘客能否高效决策。标识不清、信息滞后或缺失，会使乘客在复杂空间中迷失方向，延长无效行走时间。最后，运营管理机制的协同性是系统高效运转的制度保障。现实中，不同线路常由不同运营主体管理，数据不互通、调度不协同、应急响应各自为政，导致整体效率难以提升。这些因素相互关联、彼此制约，必须系统施策方能见效。

## 2 我国轨道交通枢纽站换乘现状与问题剖析

### 2.1 典型案例剖析

以北京西直门站、上海人民广场站、广州体育西路站为例，可清晰看到我国枢纽站换乘困境的共性与个性。北京西直门站作为2号线、4号线与13号线的交汇点，因13号线建设较早且独立成环，导致其与其他线路无法实现站内换乘，乘客需出站步行超过500米，高峰期通道人满为患，换乘体验极差。上海人民广场站虽实现了1、2、8号线的站内换乘，但由于早期规划预留不足，换乘通道狭窄且标识系统混乱，乘客极易在复杂的地下空间中迷失方向。广州体育西路站则因3号线南北贯通客

流巨大,站台与换乘楼梯长期处于超负荷状态,尤其在早晚高峰,换乘楼梯成为瓶颈,存在较大安全隐患。这些案例反映出我国枢纽站在历史欠账、规划前瞻性不足与后期改造困难等方面的普遍挑战。

## 2.2 存在的主要问题

深入剖析可见,我国轨道交通枢纽站换乘效率低下的根源在于多重结构性矛盾。首先是规划与建设阶段的前瞻性不足,许多早期枢纽未预见到未来网络化运营的需求,空间预留严重不足,导致后期改造成本高昂且效果有限。其次是“重建设、轻运营”的惯性思维,设计阶段往往忽视实际乘客行为与运营复杂性,造成设施与需求脱节<sup>[2]</sup>。第三是多方式融合度低,轨道交通与公交、慢行、出租车等接驳系统缺乏一体化设计,乘客在枢纽内外频繁切换交通方式时体验割裂。第四是智能化水平参差不齐,部分枢纽仍依赖人工引导和静态标识,未能充分利用大数据、人工智能等技术实现精准服务。最后,管理机制的碎片化问题尤为突出,不同线路、不同交通方式由不同主体运营,缺乏统一协调平台,难以形成合力应对大客流或突发事件。这些问题若不系统解决,仅靠局部修补难以根本提升换乘效率。

## 3 轨道交通枢纽站换乘效率提升路径

本文提出“空间—流程—技术—机制”四位一体的系统性提升路径,旨在从物理环境、行为引导、数字支撑与制度保障四个维度协同发力,全面提升轨道交通枢纽的换乘效率与服务品质。

### 3.1 空间优化:构建高效、人性化的物理环境

空间是换乘行为发生的物质载体,其布局合理性直接决定乘客的通行效率与体验感。

#### 3.1.1 推行“零距离”或“短距离”换乘理念

在新建枢纽规划阶段,应优先采用高效率换乘布局模式,如上海虹桥站的同台换乘(2/10/17号线共站台)、北京西站的十字换乘、深圳福田站的T型换乘等,最大限度压缩换乘步行距离(理想控制在150米以内)。对于既有枢纽,应通过“微改造”策略,如增设连廊、打通墙体隔断、优化楼梯/自动扶梯位置与数量、设置缓坡通道等方式,将平均换乘距离缩短20%以上。同时,应引入“换乘半径”概念,在500米范围内实现轨道与其他交通方式的无缝衔接。

#### 3.1.2 强化无障碍与舒适性设计

坚持“全龄友好、全人群覆盖”原则,全面配置垂直电梯、宽幅自动扶梯(宽度 $\geq 1.2$ 米)、低位服务台、盲道系统、母婴室、第三卫生间及休息座椅。在空间美学与环境品质方面,推广自然采光天窗、绿植墙、低噪

吸音材料、恒温通风系统等设计,降低乘客焦虑感。同时,采用标准化、高对比度的导向标识系统(如ISO7001国际符号),结合地面色带(如地铁蓝、公交绿、铁路红)实现“视觉引导—认知理解—行为执行”的闭环。

### 3.1.3 实现多方式一体化衔接

推动“站城融合”理念落地,将公交首末站、共享单车电子围栏区、网约车/出租车即停即走区、P+R(停车换乘)停车场、慢行廊道等整合进枢纽综合体,形成“轨道+公交+慢行+停车”的一体化换乘生态圈<sup>[3]</sup>。在社区层面推广“微枢纽”模式,如在地铁出入口50米内设置共享单车停放点、社区巴士接驳站,实现“最后一公里”无缝接驳,提升轨道网络的可达性与吸引力。

### 3.2 流程再造:优化乘客换乘行为路径

换乘效率不仅取决于空间距离,更受制于流程复杂度与行为干扰。需通过流程精简与动态组织,降低乘客的认知负荷与时间成本。

#### 3.2.1 简化票务与安检流程

加快推动“一票通”“一码通”“一卡通”在轨道交通、公交、城际铁路、轮渡等系统间的互联互通,实现“一次支付、全网通行”。在条件成熟的枢纽试点“信用乘车+后付费”模式。同时,探索“一次安检、全网互认”机制,如在上海虹桥、广州南等综合枢纽建立安检互认协议,避免重复安检造成的排队积压,高峰时段可减少10-15分钟滞留时间。

#### 3.2.2 实施动态客流组织

依托视频AI分析、红外客流计数器、蓝牙/Wi-Fi探针等技术,实时感知各区域客流密度与流向。在早高峰(7:00-9:00)和晚高峰(17:00-19:00)启用“潮汐通道”——根据客流方向动态调整通道功能;设置临时隔离栏、单向通行标识,实现“进站流、出站流、换乘流”三分离。同时,为高频通勤者或熟悉路线的乘客开辟“快速换乘通道”(FastTransferLane),减少绕行与等待。

#### 3.2.3 完善应急疏散预案

建立“平急结合”的客流管理机制。定期(每季度)开展大客流压力测试与应急疏散演练,模拟列车延误、设备故障、公共卫生事件等场景。与公安、消防、医疗、交通指挥中心建立“一键联动”响应机制,确保3分钟内启动应急预案。在关键节点(如换乘厅、闸机群)预设应急广播、疏散指示灯与备用电源,保障极端情况下的安全疏散能力。

### 3.3 智能技术赋能:打造智慧换乘新体验

数字化与智能化是提升换乘效率的核心驱动力,应

以数据融合与场景应用为抓手，构建“感知—决策—服务”闭环。

### 3.3.1 构建智能导向系统

在站厅、通道、站台等关键位置部署高刷新率电子导向屏，实时显示列车到发时刻、车厢拥挤度（基于AFC刷卡数据或视频AI识别）、推荐换乘路径及延误预警<sup>[4]</sup>。同步开发城市级出行APP或微信小程序，提供个性化导航服务：用户可选择“最短时间”“最少步行”“无障碍路径”“避开拥挤”等偏好，系统动态规划最优路线。试点AR（增强现实）导航，通过手机摄像头叠加虚拟箭头与语音提示，尤其适用于首次到访乘客。

### 3.3.2 推进数据驱动的精管理

整合AFC交易数据、视频监控、Wi-Fi/蓝牙探针、BIM模型等多源异构数据，构建枢纽“数字孪生平台”。利用机器学习算法（如LSTM、图神经网络）预测未来30-60分钟客流趋势，提前调度安检人员、调整扶梯方向、增开临时闸机。同时，实现设备（闸机、电梯、照明）状态实时监测与故障自动报警，运维响应时间缩短50%以上。

### 3.3.3 探索前沿技术融合应用

在重点枢纽试点“无感通行”：通过人脸识别或手机NFC实现“刷脸进站—换乘—出站”全流程无接触通行，减少闸机拥堵。应用UWB（超宽带）室内定位技术，实现厘米级精准定位，支撑高精度室内导航与紧急定位服务。部署智能服务机器人，提供多语种问询、路线引导、失物招领等服务，提升国际化服务水平。

## 3.4 管理协同机制构建：打破壁垒，形成合力

换乘效率提升不仅是技术问题，更是制度问题。需打破“条块分割、各自为政”的管理格局，建立跨部门、跨主体的协同治理机制。

### 3.4.1 建立统一的枢纽管理主体

建议在市级层面设立“综合交通枢纽管理中心”，作为法定协调机构，统筹地铁集团、公交公司、铁路局、机场集团、公安交管等多方主体。推行“枢纽站长负责制”，赋予站长在客流调度、设施调配、应急指挥等方面的跨线路协调权，实现“一个枢纽、一个指挥、一套标准”。

### 3.4.2 制定一体化运营标准体系

由主管部门牵头，制定《综合交通枢纽服务规范》《换乘标识系统设计导则》《大客流应急联动预案》等标准文件，统一导向标识、服务语言、广播内容、应急流程。建立跨线路联合调度平台，实现列车到发时刻协同优化——如地铁末班车与高铁到站时间精准匹配，减少乘客滞留。

### 3.4.3 推动政企协同与公众参与

在规划审批阶段，强制要求开展“换乘效率影响评估”（TransferEfficiencyImpactAssessment, TEIA），作为项目立项前置条件。鼓励运营企业通过APP、微信公众号等渠道开放“换乘体验反馈”入口，建立“问题上报—处理跟踪—结果公示”闭环机制。定期举办“乘客体验日”“枢纽开放日”活动，吸纳市民、残障人士、老年人等多元群体参与设计优化，真正实现“人民城市为人民”的治理理念。

## 4 结语

提升轨道交通枢纽站换乘效率是复杂系统工程，不能仅靠单一技术或局部改造。研究指出，需坚持系统思维，从空间、流程、技术、管理四个维度协同推进：空间构建高效舒适载体，流程以乘客行为为导向优化，技术实现精准感知与个性服务，管理打破壁垒形成合力。未来，“轨道上的城市群”建设加速，枢纽站将向“站城融合”“功能复合”发展，换乘效率内涵从“交通效率”拓展至“生活效率”，成为城市活力中心。因此，换乘效率提升要融入城市更新与TOD开发，实现交通与城市功能统一。同时，新交通方式兴起带来多维换乘挑战，需持续创新，构建更具韧性、智慧和人文关怀的下一代轨道交通枢纽体系。

## 参考文献

- [1]夏海山,吴黎明,张纯.城市轨道交通站内换乘效率影响因素调查研究[J].地下空间与工程学报,2021,17(03):657-665.
- [2]张美娟,赵一凡,贾凡,等.基于Anylogic的城市轨道交通枢纽换乘效率评价研究[J].黑龙江科学,2023,14(18):60-63.
- [3]李昕晏.城市轨道交通换乘站高峰时段乘客换乘效率优化研究[D].长安大学,2019.
- [4]左方圆.城市轨道交通换乘站换乘效率综合评价及优化研究[D].华中科技大学,2020.