

轨道交通枢纽空间布局对客流集散的影响分析

赵睿楠 周 梦

郑州交通发展投资集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 本文基于城市交通规划与空间行为理论, 系统分析轨道交通枢纽空间布局对客流集散的影响机制, 从功能分区、流线组织、换乘距离、空间尺度、标识系统及无障碍设计等多个维度展开探讨。通过典型案例对比与实证分析, 揭示不同布局模式(如岛式、侧式、十字交叉、T型、环形等)在客流组织效率、拥堵风险、服务水平等方面的差异。研究发现, 科学合理的空间布局能够显著提升枢纽的客流承载能力与运行韧性, 而布局失当则易引发客流对冲、滞留、安全隐患等问题。最后, 本文提出优化轨道交通枢纽空间布局的策略建议, 包括强化一体化设计、推行“流定形”理念、引入智能仿真技术、注重人性化与可持续发展等, 以期对未来城市轨道交通枢纽的规划建设提供理论支撑与实践指导。

关键词: 轨道交通枢纽; 空间布局; 客流集散; 换乘效率; 流线组织

引言

轨道交通枢纽不仅是线路交汇的核心, 更是实现轨道交通与公交、出租车、自行车、步行等多种交通方式无缝衔接的“交通客厅”。其空间布局的合理性直接关系到乘客的出行效率、安全性和舒适度, 进而影响整个城市交通系统的运行效率与服务品质。然而, 在实际建设中, 部分枢纽因前期规划不足、设计标准滞后或功能定位不清, 导致空间布局不合理, 出现换乘距离过长、流线交叉混乱、高峰期拥堵严重等问题, 严重制约了客流集散效率。深入研究轨道交通枢纽空间布局对客流集散的影响, 具有重要的理论与实践意义。理论上, 有助于丰富城市交通空间行为学、枢纽规划理论与人本交通理念; 实践上, 可为新建枢纽的规划设计、既有枢纽的改造优化提供科学依据, 提升城市公共交通系统的整体效能与韧性, 推动“站城融合”与“TOD”模式的高质量发展。

1 轨道交通枢纽的空间构成与布局类型

1.1 轨道交通枢纽的定义与分类

轨道交通枢纽是指两条及以上轨道交通线路交汇, 并与城市其他交通方式(如常规公交、长途客运、出租车、非机动车、步行等)实现高效衔接的综合性交通节点。根据功能层级, 可分为: (1) 区域级枢纽: 如北京西站、上海虹桥站, 承担城际、市域与城市轨道交通的综合换乘; (2) 城市级枢纽: 如广州体育西路站、深圳福田站, 是城市轨道交通网络的核心换乘节点; (3) 片区级枢纽: 服务于特定功能区(如商业中心、大学城)的多线换乘站。

1.2 空间布局的核心要素

轨道交通枢纽的空间布局主要由以下要素构成:

(1) 站厅层布局: 包括进出站闸机、安检区、服务中心、商业设施等的位置安排; (2) 站台层布局: 涉及站台形式(岛式、侧式)、线路走向(平行、十字、T型、环形等); (3) 换乘通道设计: 长度、宽度、坡度、是否设置自动步道等; (4) 出入口分布: 与城市街道、建筑、公共空间的连接方式; (5) 垂直交通系统: 楼梯、自动扶梯、电梯的数量与位置; (6) 公共空间与服务设施: 候车区、信息屏、卫生间、无障碍设施等。

1.3 常见空间布局模式

根据线路交汇方式与空间组织形式, 轨道交通枢纽主要有以下布局模式: (1) 平行换乘: 多条线路平行布置, 通过站厅或站台直接换乘, 如上海人民广场站(1、2、8号线); (2) 十字交叉换乘: 两条线路垂直相交, 常见于岛式站台上、下叠置, 如北京西直门站(2、4、13号线); (3) T型换乘: 一条线路端部与另一条线路中部相接, 如广州公园前站(1、2号线); (4) 环形/多向交汇: 多条线路呈放射状或环状交汇, 如伦敦国王十字站; (5) 立体叠置式: 多层站台垂直叠加, 适用于用地紧张区域, 如东京新宿站。不同布局模式在换乘便捷性、建设成本、施工难度、客流组织等方面各有优劣。

2 空间布局对客流集散的影响机制

2.1 功能分区与流线组织

一个设计良好的枢纽应当在空间上清晰区分进站、出站、换乘、商业及应急疏散等不同功能区域, 并通过合理的流线组织避免各类人流的交叉与对冲。例如, 将进站口设置在远离换乘通道的一侧, 可以有效减少新进入站乘客与换乘客流的干扰; 而将商业设施集中布置在非主

通道区域,则可避免购物人流对通行效率的负面影响^[1]。反之,若功能混杂、流线交织,不仅会降低通行速度,还可能在高峰时段形成局部拥堵点,甚至引发安全隐患。因此,流线的逻辑性与单向性是衡量枢纽布局合理性的重要标准。

2.2 换乘距离与时间成本

国际通行的规划准则普遍建议,轨道交通换乘的步行距离不宜超过300米,理想情况下应控制在150米以内。布局紧凑的枢纽,如采用同台换乘或垂直叠置站台的设计,往往能将换乘时间压缩至3-5分钟,极大提升出行便利性。然而,在一些早期建设或受地形限制的枢纽中,乘客可能需要穿越多个站厅、上下多层楼梯,甚至出站再进站,导致换乘距离超过500米,时间成本显著增加。这种不便不仅降低乘客满意度,还可能促使部分乘客放弃换乘,转而选择私家车等其他出行方式,从而削弱公共交通的整体吸引力。

2.3 空间尺度与容量匹配

站厅面积过小、通道过窄或站台长度不足,都会在高峰时段形成“瓶颈效应”,导致人流堆积、通行缓慢,严重时甚至可能引发踩踏等公共安全事件。例如,北京国贸站在网络化运营初期,由于设计容量远低于实际客流增长速度,站台长期处于超负荷状态,成为全网最拥堵站点之一。而空间尺度过大则会造成资源浪费,增加建设与运维成本,且空旷的空间可能带来安全感缺失与管理难度上升。因此,科学预测客流、合理确定空间尺度,是枢纽设计中不可忽视的关键环节。

2.4 标识系统与导向清晰度

在复杂的枢纽空间中,清晰、连续、多层次的标识系统是引导乘客自主高效流动的“无形之手”。优秀的导向设计不仅包括静态的图形符号与文字说明,还应结合动态信息屏、语音播报、地面色彩编码等多种手段,形成全方位的引导网络。例如,东京地铁通过颜色区分不同线路,配合地面箭头与悬挂标识,即使语言不通的外国游客也能顺利换乘。相反,若标识缺失、模糊或逻辑混乱,乘客极易迷失方向,反复折返,不仅延长滞留时间,还可能因焦虑情绪影响整体秩序。因此,标识系统并非附属装饰,而是枢纽功能实现的重要组成部分。

2.5 无障碍设计与包容性

现代城市交通强调公平与包容,轨道交通枢纽的空间布局必须充分考虑各类人群的出行需求。无障碍设计不仅关乎残障人士的权益,也惠及老年人、孕妇、儿童及携带大件行李的乘客。合理的无障碍设施包括连续的盲道系统、低位服务窗口、宽体闸机、无障碍电梯以及

清晰的语音提示等^[2]。若空间布局忽视这些细节,例如将电梯设置在偏远角落、换乘通道存在高差而无坡道,将直接导致部分群体无法顺畅完成集散过程。这不仅违背社会公平原则,也与“全龄友好型城市”的建设目标背道而驰。

2.6 心理感知与空间体验

除了物理功能,枢纽的空间环境对乘客的心理状态同样具有深远影响。压抑、昏暗、通风不良的空间容易引发焦虑、烦躁甚至恐慌,尤其在拥挤时段更为明显;而明亮、通透、具有良好声光环境与适度绿化的空间,则能缓解出行压力,提升整体满意度。此外,融入地方文化元素或艺术装置的枢纽空间,还能增强城市认同感与归属感。因此,未来的枢纽设计不应仅关注“通过效率”,更应重视“停留体验”,将功能性与人文性有机融合。

3 典型案例对比分析

3.1 案例一:东京新宿站(高效集散典范)

东京新宿站被誉为全球最繁忙的轨道交通枢纽,日均客流量超过350万人次,却能维持相对有序的运行状态,其成功经验值得深入借鉴。新宿站通过高度立体化的布局,将JR山手线、中央线、私铁及多条地铁线路分层布置于地下至地面共五层空间,实现了不同系统间的垂直分流。尽管部分换乘距离较长,但通过密集的自动步道、清晰的颜色编码系统和200余个精准对接周边建筑的出入口,有效分散了人流压力。更重要的是,其精细化的流线管理——如将不同方向的乘客引导至专用通道、在高峰时段动态调整扶梯运行方向——极大提升了整体集散效率。这种“以管理补空间、以技术优体验”的模式,体现了高度成熟的枢纽运营理念。

3.2 案例二:北京西直门站(早期布局缺陷的反思)

北京西直门站汇集2号线、4号线与13号线,曾因换乘设计不合理而广受诟病。其核心问题在于13号线为高架线路,与地下运行的2、4号线在空间上完全分离,导致换乘必须出站再进站,步行距离超过500米,且需穿越狭窄的地下通道。在早高峰时段,大量换乘客流与进出站人流在有限空间内交织,极易形成拥堵。加之早期标识系统不完善,乘客常因走错方向而反复折返,进一步加剧混乱。虽经多次改造,如增设地下换乘厅、优化导向标识,但受制于既有结构限制,其换乘效率仍难与新建枢纽相比。西直门站的教训表明,枢纽规划若缺乏前瞻性系统性,后期改造将付出高昂代价。

3.3 案例三:深圳福田站(一体化设计的创新)

深圳福田站是国内首个深埋地下三层的高铁-地铁

综合枢纽，体现了新一代枢纽“一体化、零距离、智能化”的设计理念。高铁与地铁（2、3、11号线）在同一建筑体内实现垂直换乘，乘客从高铁站台下行一层即可进入地铁站厅，换乘时间控制在5分钟以内。其采用“上进下出”的流线组织模式，将进站、出站与换乘客流在垂直方向上完全分离，从根本上避免了平面交叉。同时，福田站与深圳中心区CBD的地下商业街、办公建筑无缝衔接，形成“站城一体”的活力网络。这种将交通功能与城市功能深度融合的布局，不仅提升了客流集散效率，也激活了周边土地价值，成为TOD模式的典范。

4 优化轨道交通枢纽空间布局的策略建议

4.1 强化“一体化”与“前瞻性”规划

轨道交通枢纽的规划建设必须打破部门壁垒，推行交通、规划、建设、运营等多主体协同的“一体化”机制。在项目前期阶段，就应统筹考虑线路走向、用地条件、周边开发强度、未来人口增长及出行模式演变等因素，科学预测长期客流需求，预留足够的弹性空间。尤其要避免“先建线、后补枢纽”的被动局面，确保枢纽从诞生之初就具备高效集散的基因。

4.2 推行“以流定形”的设计理念

空间形态应服务于客流行为，而非相反。建议在设计初期引入客流仿真技术，基于历史数据与预测模型，模拟高峰时段的人流分布、密度与流向，据此动态调整通道宽度、闸机数量、扶梯位置等关键参数^[1]。通过“以流定形”，实现空间资源的精准配置，避免经验主义或形式主义导致的功能失调。

4.3 推广“零距离换乘”与“立体分流”

应优先采用同台换乘、垂直换乘等高效模式，最大限度缩短换乘距离。对于多线交汇的复杂枢纽，宜采用立体化布局策略，通过分层设置站厅与站台，将不同方向、不同交通方式的客流在三维空间中进行物理隔离，实现“各行其道、互不干扰”。这种“立体分流”不仅能提升效率，还能增强系统在突发事件下的应急疏散能力。

4.4 构建智能化客流管理系统

未来枢纽应深度融合物联网、人工智能与大数据技术，构建实时感知、动态响应的智能客流管理系统^[4]。通过视频分析、手机信令、蓝牙探针等手段，实时监测各区域客流密度与移动速度，一旦发现拥堵苗头，即可自动调整信息发布内容、闸机开关状态或扶梯运行方向，

实现“未堵先疏、精准调控”。

4.5 注重人性化与可持续设计

枢纽不仅是交通设施，更是城市公共空间的重要组成部分。设计中应充分考虑人的尺度与需求，增设休息座椅、母婴室、饮水点等便民设施；采用自然采光、绿色建材与节能照明，降低碳足迹；通过艺术介入与文化表达，提升空间美学价值；并全面落实无障碍标准，确保每一位市民都能平等、尊严地使用公共交通。

4.6 推动“站城融合”（TOD）发展

轨道交通枢纽应成为城市发展的引擎，而非孤立的交通节点。通过上盖开发、地下连通、广场营造等方式，将枢纽与周边商业、办公、居住、文化等功能有机融合，形成高密度、混合使用的活力片区。这种“站城融合”模式不仅能优化客流生成与分布，还能提升土地利用效率，实现交通效益与城市效益的双赢。

5 结论

轨道交通枢纽作为城市交通网络的“心脏”，其空间布局对客流集散效率具有决定性影响。本文研究表明，科学合理的布局能够有效提升换乘便捷性、增强系统韧性、改善乘客体验；而布局失当则易引发拥堵、安全隐患与服务品质下降。未来，轨道交通枢纽的规划建设应坚持“以人为本、效率优先、绿色智能、融合发展”的原则，通过一体化规划、精细化设计、智能化管理与人性化服务，打造安全、高效、舒适、可持续的现代化综合交通枢纽，为城市高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]施政,王莹.基于客流集散网络的城市轨道交通瓶颈识别方法研究[J].交通运输工程与信息学报,2020,18(03):153-161.
- [2]杨鑫宇.城市轨道交通换乘站客流集散服务评价指标体系探析[C]//中国城市科学研究会数字城市专业委员会轨道交通学组,中铁十六局集团有限公司,中城科数智慧城市规划设计研究中心.智慧城市与轨道交通2023.北京地铁运营一分公司,2023:232-235.
- [3]陈旭.轨道交通枢纽客流集散仿真建模及应用[D].北京交通大学,2018.
- [4]王甜风.城市轨道交通换乘站客流集散仿真及优化研究[D].华东交通大学,2022.