

城市轨道交通客运组织研究

张 曦

天津轨道交通线网管理有限公司 天津 300000

摘要：随着城市化进程加速，城市轨道交通客流量持续攀升，客运组织面临更大挑战。本文深入开展城市轨道交通客运组织研究，先阐述其理论基础，包括基本概念、客流特征与相关理论模型；再分析国内典型城市案例与国际经验，指出硬件设施瓶颈、协同机制缺失、数据孤岛等现存问题；最后从需求侧、供给侧、智能技术应用及应急管理等方面提出优化策略，助力高效有序运营。

关键词：城市轨道交通；客运组织；优化策略

引言：在城市交通体系里，城市轨道交通凭借大运力、快速、准点等优势，成为缓解交通拥堵、满足居民出行需求的关键力量。伴随城市规模拓展与人口增长，其客流量与日俱增，客运组织难度也大幅提高。科学合理的客运组织，对保障运营安全、提升运输效率、优化乘客体验至关重要。因此，深入开展城市轨道交通客运组织研究，探寻有效的组织策略与方法，具有迫切的现实意义。

1 城市轨道交通客运组织理论基础

1.1 客运组织基本概念

(1) 定义：城市轨道交通客运组织是依托轨道交通运营系统，对乘客从进站、候车、乘车到出站全流程流动过程进行的计划、指挥、协调与控制的综合性管理活动。其核心是通过科学的管理手段，规范客流流动秩序，统筹运营资源配置，保障客运服务各环节有序衔接，是轨道交通运营管理的核心组成部分。(2) 目标：客运组织以“安全、高效、舒适、经济”为核心目标。安全是首要前提，需防范各类运营风险，保障乘客人身与财产安全；高效体现为提升客流周转效率，减少乘客候车与乘车时间，优化运营资源利用率；舒适要求为乘客提供整洁、便捷的乘车环境，满足其基本出行体验需求；经济则强调在保障服务质量的前提下，合理控制运营成本，实现运营效益与社会效益的平衡。

1.2 客流特征分析

(1) 时间分布：客流在时间维度呈现显著不均衡性，主要分为工作日与周末差异、高峰与平峰差异。工作日客流受通勤、通学需求驱动，形成早晚两个明显高峰时段，高峰客流集中且强度大；周末客流以旅游、购物等休闲出行为主，高峰时段不显著，客流分布相对平缓，整体客流量略低于工作日。此外，节假日、大型活动等特殊时段也会引发客流短期激增。(2) 空间分布：

空间分布主要表现为进出站客流与换乘客流的差异。进出站客流受车站周边用地性质影响，商业中心、交通枢纽周边车站进站客流集中，居住区周边车站出站客流突出；换乘客流则集中在换乘枢纽站，这类车站成为客流集散节点，换乘客流的流向与强度直接影响车站运营组织效率。(3) 群体特征：客流群体可按出行目的与自身属性分为不同类型。通勤客流是核心群体，出行时间固定、路线稳定；旅游客流出行时间灵活，对站点周边景点、商圈关联性强；特殊群体包括老年人、儿童、残疾人等，其出行需求具有特殊性，对车站无障碍设施、引导服务等有更高要求^[1]。

1.3 相关理论模型

(1) 四阶段法客流预测：是客流预测的经典模型，通过“出行生成、出行分布、方式划分、交通分配”四个连续阶段开展预测。先测算区域内总出行量，再确定出行起点与终点的分布关系，接着划分轨道交通与其他交通方式的出行比例，最后将预测客流分配到具体轨道交通线路与车站，为运营计划制定提供数据支撑。

(2) M/M/c排队模型：适用于车站客服中心、安检通道等服务节点的客流疏导规划。模型假设客流到达服从泊松分布，服务时间服从负指数分布，通过计算平均等待时间、平均排队长度等指标，确定合理的服务窗口或通道数量，优化服务资源配置，减少乘客排队等待时间，提升服务效率^[2]。(3) 服务质量差距模型 (SERVQUAL)：用于评估轨道交通客运服务质量，通过分析“乘客期望服务与实际感知服务”的差距，识别服务短板。模型从有形性、可靠性、响应性、保证性、移情性五个维度构建评价体系，为优化服务流程、提升服务水平提供针对性改进方向。

2 城市轨道交通客运组织现状与问题分析

2.1 国内典型城市案例

(1) 北京地铁大客流应对措施: 聚焦枢纽站点与高峰时段, 构建“延时运营+多元接驳+服务升级”的综合应对体系。节假日等大客流时段, 通过扩大地铁“组网延时”范围, 覆盖主要交通枢纽与核心区线路, 保障夜间返程旅客换乘需求; 同步联动公交、出租车资源, 加密夜间公交频次, 调派足量出租车保点运营, 并推出打车券激励提升接单效率。此外, 启用临时落客区缓解枢纽拥堵, 升级空调候车室、环保卫生间等设施, 搭配“旅客身边人”志愿服务, 全方位提升大客流承载能力与服务体验。(2) 上海地铁网络化运营优化实践: 作为超大规模线网代表, 构建“环线加密+跨区直达+智能调度”的协同提升体系。通过加密4号线环线运营频次, 新增跨区联络线完善“放射+环线”结构, 缓解核心区客流集聚压力, 强化副中心间直达联动; 搭建智能客流监测平台, 实时预判客流热点, 动态调整列车发车间隔, 在枢纽站点启用智能导流设备提升通行效率。同时, 筑牢网络安全韧性, 建立多线路应急疏解预案, 优化中心城与新城直达线路走向, 压缩平均旅行时间至55分钟内, 全方位提升线网客流均衡性与运营服务质量。

2.2 国际经验借鉴

(1) 东京地铁“精准预测+弹性调度”模式: 依托多源数据构建高精度客流预测模型, 整合历史票务、闸机记录及外部天气、活动等数据, 精准预判不同时段客流变化。基于预测结果实施弹性调度, 高峰时段加密发车间隔、优化折返效率, 平峰时段合理调配运力减少空驶; 通过列车时刻表与车底衔接计划协同优化, 最大化提升车辆利用率, 实现运力与客流需求的动态匹配。

(2) 伦敦地铁分区票价与客流引导: 将线网划分为9个分区, 实行“跨越越多票价越高”的差异化定价机制, 搭配牡蛎卡、非接触支付等灵活支付方式, 设置单日票价上限降低乘客成本。通过价格杠杆引导非刚性需求客流避开核心1区高峰, 同时结合高峰与非高峰票价差异, 平衡不同时段、不同区域的客流分布, 有效缓解核心区拥堵, 提升线网整体运营效率。

2.3 现存问题诊断

(1) 硬件层面: 设施瓶颈突出, 核心表现为换乘通道宽度不足、枢纽站点承载能力有限, 高峰时段易形成客流拥堵节点; 部分老旧车站候车区域狭小、出入口布局不合理, 加之无障碍设施不完善, 难以适配大客流与特殊群体出行需求, 制约客运组织效率。(2) 软件层面: 协同机制缺失, 跨交通方式接驳不畅问题显著, 地铁与公交、出租车等在运营时间、站点布局、信息共享上缺乏有效联动, 导致“最后一公里”衔接低效; 车站

内部各服务环节协同不足, 应急处置流程繁琐, 影响客流疏导效率与服务体验。(3) 技术层面: 数据孤岛现象普遍, 票务、客流监测、车辆运维等系统数据分散存储, 缺乏统一整合与共享平台; 多源数据融合分析能力不足, 无法为客流预测、调度优化提供全面支撑, 制约了智能化客运组织水平的提升。

3 城市轨道交通客运组织优化策略

3.1 需求侧管理策略

(1) 分时票价引导错峰出行。分时票价通过差异化定价机制, 利用价格杠杆调节客流潮汐现象。针对早7:00-9:00、晚17:00-19:00的出行高峰, 可适度提高票价; 对非高峰时段(如6:00-7:00、9:00-16:00、19:00-22:00)实行优惠票价, 鼓励弹性出行人群错峰乘车。同时, 需结合城市通勤特点细化票价梯度, 例如针对极端高峰时段(7:30-8:30)设置更高档位票价, 对深夜低谷时段进一步加大优惠力度。配套开展票价政策宣传解读, 通过官方APP、站台公告等渠道清晰告知票价时段划分及优惠细则, 引导乘客主动调整出行时间, 实现客流“削峰填谷”。(2) 预约出行制度试点。选取客流高度集中的线路或站点开展预约出行试点, 重点覆盖早晚高峰通勤客流。通过轨道交通官方平台推出出行预约功能, 乘客可提前1-3天预约高峰时段乘车名额, 系统根据线路运能动态分配预约额度, 并向预约成功乘客推送乘车提示及最优出行路径。对未预约乘客在高峰时段实行限流引导, 优先保障预约乘客通行效率。试点范围可先聚焦商务区、大型居住区连接线路, 逐步总结经验后扩大覆盖范围。同时, 建立预约数据反馈机制, 通过分析预约量、实际乘车率等数据优化运能配置, 提升预约制度与运能供给的匹配度, 避免出现预约资源浪费或运能不足问题^[3]。

3.2 供给侧优化策略

(1) 列车编组灵活调整。基于客流大数据分析, 建立分时段、分线路的灵活编组机制。针对高峰时段大客流需求, 采用最大编组(如8节编组)投入运营, 最大化提升单列车运载能力; 平峰时段根据客流情况调整为中编组(如6节编组), 降低运营成本; 低谷时段采用小编组(如4节编组)或加大发车间隔, 保障基本出行服务。建立实时客流监测响应机制, 当某一线路突发大客流时, 通过跨线路编组调度、临时增派备用列车等方式快速补充运能。同时, 加强车辆段检修保障能力, 确保不同编组列车的快速切换和安全运行, 提升编组调整的时效性和可靠性^[4]。(2) 虚拟编组技术应用。积极推进虚拟编组技术研发与应用, 打破传统物理编组限制, 实

现列车的动态组合与拆分。虚拟编组通过车车通信、车地协同技术,使多列独立运行的列车在特定区段实现逻辑编组运行,提升线路运能密度;在客流分散区段,编组列车可拆分独立运行,提高运输灵活性。通过建设兼容虚拟编组的信号系统、通信网络及控制平台,实现列车运行状态的实时感知、精准控制和动态协同。开展虚拟编组试点运营,重点验证在高峰客流疏导、跨线联运等场景的应用效果,逐步实现虚拟编组技术的规模化推广,提升轨道交通网络的整体运输效能。

3.3 智能技术应用

(1) 数字孪生技术模拟客流。构建轨道交通全场景数字孪生系统,整合线路、车站、列车、客流等多维度数据,实现客流运行的可视化模拟与预测。通过输入不同时段、不同节假日的客流数据,模拟客流在车站换乘、站台候车、进出站等环节的流动轨迹,精准识别客流拥堵节点。基于模拟结果优化车站空间布局、换乘通道设计及客流引导方案,提前规避潜在拥堵风险。同时,利用数字孪生系统开展应急客流模拟演练,提升应对突发大客流的处置能力,为客运组织优化提供科学的数据支撑和决策依据。(2) 5G+AI视频分析实时监控。借助5G高速率、低延迟的通信优势,结合AI视频分析技术,构建全线路、全车站的实时监控网络。通过部署在站台、站厅、换乘通道等区域的高清摄像头,实时采集客流图像数据,AI算法快速识别客流密度、人员流动方向、异常行为(如翻越护栏、长时间停留)等信息。当监测到客流密度超过预警阈值时,系统自动发出预警信号,提醒运营人员及时采取限流、疏导等措施;对异常行为及时识别并联动现场安保人员处置,保障运营安全。同时,将监控数据与列车调度系统联动,实现客流与运能的动态匹配,提升客运组织的智能化响应能力。

3.4 应急管理机制

(1) 情景-应对式应急预案。基于轨道交通运营常见突发事件类型(如大客流激增、列车故障、设备瘫痪、极端天气等),构建情景-应对式应急预案体系。针对不同情景明确应急响应等级、处置流程、责任主体及资源保障,形成“一情景一方案”的精准应对模式。加强应

急预案的常态化演练,定期组织开展实战化应急演练,提升运营人员、维修人员等相关岗位的应急处置能力和协同配合水平。同时,建立应急预案动态更新机制,结合实际运营中出现的新问题、新情景,及时修订完善预案内容,确保预案的针对性和可操作性^[5]。(2) 社会力量联动机制。建立健全社会力量联动机制,整合志愿者、公安、消防、医疗等社会资源,形成客运应急处置合力。重点加强志愿者队伍建设,制定志愿者招募、培训、管理及激励制度,定期开展客流引导、应急疏散、安全宣传等专项培训,提升志愿者的服务能力和应急处置技能。在节假日、大型活动等客流高峰时段,组织志愿者在车站开展客流引导、购票指导、秩序维护等服务;发生突发事件时,引导志愿者协助开展应急疏散、物资转运等工作。建立社会力量联动信息共享平台,实现应急信息的快速传递和资源的高效调配,提升应急处置效率。

结束语

城市轨道交通客运组织研究对于提升城市交通运行效率与服务质量意义重大。通过对理论基础、现状问题剖析,以及从需求侧、供给侧、智能技术应用和应急管理等多维度提出优化策略,为改善客运组织提供了方向。然而,城市轨道交通不断发展变化,未来需持续关注新问题、新需求,不断完善客运组织体系,让轨道交通更好地服务城市发展,为居民出行创造更便捷、高效、安全的环境。

参考文献

- [1] 兰杨芳,李镛璘.城市轨道交通客运组织模式优化与实践探索[J].运输经理世界,2024,(26):31-33.
- [2] 余振,张红涛.城市轨道交通客运组织优化研究与分析[J].郑州铁路职业技术学院学报,2022,34(03):14-15.
- [3] 陈晓明.城市轨道交通客运组织优化策略研究[J].交通世界,2023,(12):45-47.
- [4] 刘伟.基于大数据的城市轨道交通高峰时段客运组织优化[J].城市轨道交通研究,2024,27(03):56-60.
- [5] 李文娟.城市轨道交通站台布局优化设计研究[J].现代城市轨道交通,2022,(08):36-38.