

城市轨道交通大客流组织与管控策略优化分析

张男男 危娜

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加速推进,城市人口高度集聚,城市轨道交通作为大容量、高效率、绿色低碳的公共交通骨干,在缓解城市交通拥堵、提升居民出行效率方面发挥着不可替代的作用。然而,节假日、大型活动、极端天气等特殊情境下,轨道交通系统常面临突发性或周期性大客流冲击,极易引发站台拥挤、列车超载、运行延误甚至安全事故。因此,科学、高效地组织与管控大客流,已成为保障轨道交通系统安全、有序、高效运行的关键课题。本文在系统梳理城市轨道交通大客流的成因、特征与风险的基础上,深入分析当前大客流组织与管控中存在的主要问题,并结合智能技术、协同机制与韧性理念,提出多维度、多层次的优化策略体系,旨在为提升城市轨道交通系统应对大客流的能力提供理论支撑与实践路径。

关键词: 城市轨道交通;大客流;客流组织;客流管控;优化策略;智能调度;韧性交通

引言

近年来,我国城市轨道交通建设迅猛发展。然而,高密度、高强度的运营模式也使系统在面对大客流时显得尤为脆弱。例如,2023年“五一”假期期间,上海地铁单日客流突破1300万人次;2024年春节返程高峰,广州南站地铁站因高铁与地铁客流叠加,出现严重滞留。此类事件不仅影响乘客体验,更可能诱发踩踏、设备故障等公共安全风险。大客流(Large Passenger Flow)通常指在特定时间、特定空间内,客流密度显著超过系统设计容量或正常运营阈值的状态。其成因复杂,既包括节假日、大型文体活动、商业促销等可预测性因素,也涵盖突发事件、设备故障、恶劣天气等不可预测性诱因。如何在保障安全的前提下,实现大客流的高效疏解与有序管控,已成为城市交通治理现代化的重要组成部分。本文旨在系统分析城市轨道交通大客流的运行特征与管控难点,评估现有组织模式的局限性,并基于“预防—响应—恢复”全周期管理理念,结合大数据、人工智能等新兴技术,构建科学、动态、协同的大客流管控优化策略体系,为提升城市轨道交通系统的韧性与服务水平提供理论参考。

1 城市轨道交通大客流的特征与风险分析

1.1 大客流的类型与成因

城市轨道交通大客流的形成并非单一因素所致,而是多种社会、经济与自然条件共同作用的结果。从时间维度看,常态化大客流主要出现在工作日早晚高峰,由通勤需求驱动,具有高度规律性与周期性,典型如北京西二旗站、深圳车公庙站等换乘枢纽,其高峰小时断面客流常年超过设计容量。节假日大客流则集中于春节、

国庆、五一等法定假期及寒暑假期间,以旅游、探亲为主,呈现明显的“潮汐式”流动特征,方向性强且持续时间较长。活动性大客流由演唱会、体育赛事、展会等大型公共活动引发,具有突发性强、空间集中、短时高强度的特点,如上海梅赛德斯-奔驰文化中心周边站点在演出散场后往往面临瞬时客流激增的压力。此外,突发性大客流则源于交通事故、设备故障、极端天气或公共安全事件等不可控因素,虽发生频率较低,但破坏性极强,极易造成局部系统瘫痪甚至引发连锁反应。

1.2 大客流的主要特征

大客流在时空分布上表现出高度的聚集性与动态性。一方面,客流往往在特定站点(如交通枢纽、换乘站、景区站)或区段短时间内高度集中,形成“瓶颈效应”;另一方面,其强度随时间快速波动,传统依赖静态调度的运营模式难以及时响应。这种动态变化不仅体现在单站层面,更会通过网络效应迅速传导至全线乃至全网,形成“蝴蝶效应”——一处拥堵可能引发多条线路延误、列车越站甚至停运^[1]。此外,大客流状态下,乘客行为趋于非理性,如争抢上车、逆向穿行、滞留站台等现象频发,进一步加剧管理难度与安全风险。

1.3 大客流带来的主要风险

大客流对轨道交通系统构成多重风险。在安全层面,站台、通道、闸机等区域人员密度过高,极易引发踩踏、窒息等群体性安全事故,同时设备长时间超负荷运行也可能导致故障甚至火灾。在运营层面,列车准点率下降、乘客滞留、服务投诉激增等问题频发,严重影响系统可靠性与公众信任度。更深层次的是社会风险:一旦发生重大拥堵或安全事故,极易在社交媒体上迅速

发酵,形成负面舆情,损害城市形象与政府公信力。因此,大客流不仅是一个技术问题,更是一个关乎公共安全与社会治理的系统性挑战。

2 当前大客流组织与管控中存在的主要问题

尽管各地地铁公司已建立基本的大客流应对机制,但在实践中仍存在诸多短板:

2.1 预测精度不足,预警滞后

现有客流预测多依赖历史数据与经验模型,对突发事件、天气变化、社交媒体传播等外部变量响应不足,导致预警不及时、措施滞后。

2.2 管控手段单一,缺乏弹性

当前管控多依赖“人海战术”与物理隔离(如铁马、栏杆),辅以限流、跳停等措施。此类手段虽有效,但灵活性差、乘客体验不佳,且难以实现精细化调控。例如,简单关闭进站闸机虽可缓解站内压力,却造成站外排队过长,引发次生拥堵。

2.3 信息协同不足,联动机制薄弱

轨道交通内部(调度、站务、安保)与外部(公交、交警、活动主办方、气象部门)之间信息共享与协同响应机制不健全。例如,大型活动主办方未提前向地铁公司通报观众规模与散场时间,导致运力准备不足;公交接驳未同步启动,加剧地铁压力。

2.4 乘客引导不足,行为不可控

缺乏有效的实时信息发布与引导机制,乘客对限流原因、替代路径、预计等待时间等信息不明,易产生焦虑与不满,甚至出现强行冲卡、逆行行走等非理性行为,增加管理难度。

2.5 韧性能力不足,恢复缓慢

系统在大客流冲击后恢复常态运行的能力较弱。缺乏“弹性运力”储备(如备用车、临时加开列车),故障或拥堵后的调度调整效率低,影响整体网络运行效率。

3 大客流组织与管控策略的优化路径

3.1 强化预测预警,实现精准感知

提升大客流管控效能的前提在于实现“早发现、早预警、早干预”。传统预测模型已难以满足复杂多变的现实需求,亟需构建融合多源异构数据的智能预测体系。具体而言,应整合自动售检票(AFC)系统、视频监控、手机信令、社交媒体舆情、气象预报及大型活动日历等多维数据,利用长短期记忆网络(LSTM)、图神经网络(GNN)等机器学习算法,建立动态、自适应的客流预测模型。该模型不仅能准确刻画常态化高峰的规律性,更能对突发性事件引发的异常客流进行实时识别与趋势推演^[2]。在此基础上,应建立分级预警机制,依据

站台密度、进站速率、列车满载率等核心指标设定黄、橙、红三级阈值,一旦触发预警,系统自动推送至调度中心、车站值班员及相关联动单位,确保应急响应前置化、精准化。

3.2 优化组织模式,提升管控弹性

面对大客流,单一、刚性的管控手段已难以为继,必须转向更具弹性和精细化的组织模式。在时间维度上,可通过延长运营时间、加密高峰班次、开行大站快车或区间车等方式,有效平抑客流峰值,避免瞬时压力过大。在空间维度上,应充分利用车站物理空间的冗余能力,如启用备用出入口、设置临时通道、引导乘客使用邻近站点分流;在换乘站可探索“单向换乘”或“虚拟换乘”机制,即允许乘客出站后在规定时间内换乘另一线路且计费连续,从而缓解站内换乘压力。同时,应推广基于实时监测的动态限流机制。通过视频分析或红外传感技术对站台、安检区、闸机口等关键节点进行人数统计,当密度接近安全阈值时,自动触发广播提醒、调整闸机开放数量或实施分批放行,实现“流量可控、密度可调”。此外,建立弹性运力储备体系至关重要,包括预置备用车辆于关键区段、组建应急司机队伍,并探索基于乘客出行意愿的“按需加车”模式,通过APP收集出行需求,动态优化列车开行方案。

3.3 推动多主体协同,构建联动机制

大客流的有效管控绝非地铁公司一家之事,必须构建政府主导、多部门协同的联动治理格局。建议由城市交通主管部门牵头,建立“城市交通应急联动平台”,整合地铁、公交、交警、应急管理、大型活动主办方等多方资源,实现信息共享、预案协同与资源统筹。例如,在大型展会或体育赛事举办前,主办方须通过平台报备预计观众规模、入场/散场时间及疏散方案;地铁公司据此提前调整运力,公交集团同步安排接驳专线,交警部门则负责周边道路临时交通管制与秩序维护^[3]。同时,应强化“站城融合”理念,与周边商业综合体、写字楼、旅游景区建立常态化沟通机制,共同制定节假日、促销日的联合疏导方案,如设置临时落客区、共享停车场、联合发布出行提示等,从源头上减少客流冲突。

3.4 加强乘客引导,提升服务体验

乘客是大客流管控中的关键变量,其行为直接影响现场秩序与安全。因此,必须将“以乘客为中心”的理念贯穿于引导服务全过程。首先,应构建覆盖全渠道的信息发布体系,通过地铁官方APP、微信公众号、站内PIS屏、广播系统及主流社交媒体平台,实时推送客流状态、限流措施、替代路线、预计等待时间等关键信息,

增强乘客知情权与选择权。其次，应积极应用智慧引导技术。在站厅与通道部署智能导引屏，根据实时客流热力图动态推荐最优通行路径；在APP中嵌入“线路拥挤度可视化”功能，引导乘客错峰出行或选择低密度线路；探索AR导航技术，帮助乘客快速定位出口或换乘点。通过透明、及时、个性化的信息服务，不仅能提升乘客满意度，更能有效减少非理性行为，实现“软性疏导”。

3.5 提升系统韧性，加快恢复能力

面对日益频发的大客流冲击，轨道交通系统必须具备更强的抗扰性、恢复性与适应性，即“韧性”。为此，应率先构建“韧性轨道交通”评估体系，从基础设施冗余度、应急预案完备性、调度响应速度等多个维度对系统进行诊断，识别薄弱环节并针对性加固。在硬件层面，新建或改造车站时应贯彻“平急两用”理念，预留应急通道、临时隔离区、备用电源及应急指挥节点；在软件层面，应强化应急演练与人员培训，确保在极端情况下仍能维持基本调度功能^[4]。同时，应建立快速恢复机制，包括故障列车快速清客与回库流程、拥堵区段列车越站与折返优化策略、以及跨线路运力支援机制，确保系统在冲击后能迅速回归常态运行，最大限度减少对全网的影响。

4 案例分析：上海地铁大客流管控实践

上海地铁作为全球运营规模最大的城市轨道交通网络之一，在应对大客流方面积累了丰富的经验。以中国国际进口博览会（进博会）为例，其管控体系充分体现了上述优化策略的集成应用。依托“上海地铁智慧大脑”平台，系统融合AFC、视频、手机信令、气象、活动日程等十余类数据源，实现对未来72小时客流的滚动预测，准确率超过85%。在人民广场、徐家汇等核心枢纽站，实施“站外一站厅一站台”三级动态限流机制，并启用“虚拟换乘”政策，有效缓解换乘压力。更为关键的是，上海建立了由交通委牵头，地铁、公交、公

安、会展中心等多方参与的“进博会交通保障联合指挥部”，实现运力调度、交通管制、信息发布的一体化协同。同时，“Metro大都会”APP实时推送各站拥挤度热力图与限流提示，引导市民错峰出行。实践表明，该综合策略使大客流事件中的平均滞留时间缩短30%，乘客满意度显著提升，为全国提供了可复制的范本。

5 结语

城市轨道交通大客流组织与管控是一项复杂的系统工程，涉及技术、管理、协同与服务多个维度。本文通过分析大客流的特征与风险，指出现有管控体系在预测、弹性、协同、引导与韧性等方面的不足，并提出以“精准预测、弹性组织、多主体协同、智慧引导、韧性提升”为核心的优化策略体系。未来，随着5G、物联网、数字孪生、人工智能等技术的深入应用，城市轨道交通大客流管控将向“感知更敏锐、决策更智能、响应更敏捷、服务更人性”的方向发展。建议加快制定大客流预测、预警与响应的国家或行业标准，推动交通、通信、气象等数据在保障隐私前提下的跨部门融合，并通过公众宣传与应急演练提升市民的交通文明素养与应急配合意识。唯有构建技术先进、机制协同、服务人性、韧性充足的现代化大客流治理体系，方能在高密度城市发展中筑牢安全底线，真正实现“人民城市为人民”的治理目标。

参考文献

- [1] 赵倩茹,王紫薇.城市轨道交通大客流组织[J].城市建筑空间,2024,31(S2):87-89.
- [2] 杜宇.浅析城市轨道交通车站大客流运输组织难点与应对措施[J].汽车周刊,2025,(07):45-46+55.
- [3] 刘云.城市轨道交通车站突发大客流应对策略研究[J].中国储运,2025,(06):78-79.
- [4] 冀尧洲,李军.探究城市轨道交通车站应对大客流的组织措施[J].交通企业管理,2023,38(04):59-61.