

地铁线网大客流运营组织难点及对策

王俊杰

深圳地铁运营集团有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要: 随着城市化进程的加速推进和公共交通优先发展战略的深入实施, 我国各大城市地铁线网规模持续快速扩张, 逐渐形成错综复杂的网络化运营新格局。地铁系统凭借其大运量、高效率、准点可靠的显著特点, 已然成为现代都市居民出行的首选交通方式, 随之而来的便是日益显著且复杂多变的大客流现象。大客流在充分展现地铁系统重要价值的同时, 也给运营组织工作带来了前所未有的严峻挑战。本文旨在深入地系统地剖析地铁线网运营背景下大客流组织面临的主要难点问题, 在此基础上, 系统性地提出具有可操作性的应对策略体系, 以期全面提升地铁网络化运营下大客流的组织效率与安全水平, 切实保障城市公共交通系统的平稳有序运行。

关键词: 地铁线网; 大客流; 运营组织

Difficulties and Countermeasures in Organizing High Passenger Flow Operations in Subway Networks

Wang Junjie

Shenzhen Metro Operation Group Co., Ltd, China Guangdong Shenzhen 518000

Abstract: With the acceleration of urbanization and the deepening implementation of the priority development strategy for public transportation, the scale of subway networks in major cities in China continues to expand rapidly, gradually forming a complex network operation new pattern. The subway system, with its significant characteristics of large capacity, high efficiency, and on-time reliability, has become the preferred mode of transportation for modern urban residents, leading to an increasingly significant and complex phenomenon of large passenger flow. The large passenger flow not only fully demonstrates the important value of the subway system, but also brings unprecedented severe challenges to the operation and organization work. This article aims to deeply and systematically analyze the main difficulties faced by large passenger flow organization under the background of subway network operation. Based on this, a feasible response strategy system is systematically proposed to comprehensively improve the efficiency and safety level of large passenger flow organization under subway network operation, and effectively ensure the smooth and orderly operation of urban public transportation system.

Keywords: Subway network; Large passenger flow; Operating organization

0 引言

近年来, 我国地铁建设事业突飞猛进, 众多特大城市和中心城市已从早期的单线或简单多线运营阶段, 快速迈入大规模网络化运营新阶段。地铁线网的形成极大地扩展了地铁系统的服务范围与可达性, 吸引了更为庞大且多样化的客流量。常态化的通勤客流、节假日集中出行客流、大型活动散场客流、旅游观光客流等多种形态的大客流交织出现, 已成为地铁运营管理面临的常态化现象。在密集客流的持续冲击下, 传统的单线运营管理思维和手段已难以适应网络化运营环境的复杂需求。局部车站或区段的拥堵可能通过复杂的换乘关系迅速波及全网, 单一线路的运

营延误可能产生多米诺骨牌效应, 引发大面积运输中断与服务品质下降。因此, 准确识别和深入分析网络化运营环境中大客流组织的内在难点问题, 并寻求系统化、科学化的解决之道, 对于保障乘客出行安全、提升客运服务品质、维持网络运行稳定具有极其重大的理论价值与现实意义。

1 地铁线网大客流的生成特征

1.1 客流分布呈“点-线-网”联动扩散

线网大客流的生成以“关键节点”为核心, 沿线路向全网扩散, 形成“点-线-网”联动效应。“点”即客流集散核心节点, 包括大型交通枢纽(火车站、机场、长途汽车站)、商业综合体(商圈、购物中心)、公共活动场

所(体育场馆、会展中心)及居住区集群。早晚高峰时段,居住区节点成为客流起点,大量通勤客流沿线路向就业集中的核心城区流动;商业节点则在午间、晚间形成瞬时客流高峰;交通枢纽节点因铁路班次密集,客流集中到达或出发,且多需通过地铁换乘至其他区域,直接带动枢纽所在线路及换乘线路的客流增长。当单个节点客流超出线路承载能力时,会通过换乘站向其他线路传导,例如枢纽线路客流饱和后,换乘至平行线路的客流激增,进而引发全网部分区段的客流压力,形成“一点拥堵、多线受影响”的扩散态势。

1.2 客流高峰呈周期性与潮汐性叠加

线网大客流的高峰时段具有显著的周期性,且与城市居民出行规律高度契合,呈现“潮汐性”波动。从周期维度看,客流高峰可分为每日高峰、每周高峰与节点高峰:每日高峰集中在早晚通勤时段,此时客流以通勤、通学为主,流向相对固定;每周高峰多在周五晚间及周末,商业、休闲类客流占比上升,客流流向更分散,涵盖商圈、景区等多个节点;节点高峰则与节假日、大型活动叠加,此时客流总量骤增,且多为跨区域出行,交通枢纽节点客流压力尤为突出。从潮汐性特征看,早晚高峰的客流流向差异明显,导致线路上下行运力需求失衡,例如早高峰郊区至城区的上行线路客流密集,而下行线路客流稀疏;晚高峰则完全相反,这种潮汐差进一步加剧了线网运力调配的复杂性。

1.3 客流构成呈多元化与复杂性交织

线网客流的构成随城市发展日益多元化,不同类型客流的出行目的、时间、路径选择差异显著,增加了运营组织的复杂性。按出行目的划分,客流可分为通勤客流、通学客流、商业客流、旅游客流及枢纽换乘客流:通勤客流出行时间固定、路径稳定,对列车准点率、候车时间敏感度高;通学客流集中在上学、放学时段,多伴随儿童群体,需加强站台安全引导;商业客流时间弹性大,易受商场促销、节假日影响,客流峰值持续时间短但强度高;旅游客流对线路走向、换乘指引不熟悉,易在站台、换乘通道滞留,增加客流组织压力;枢纽换乘客流携带行李多、停留时间长,且客流到达具有“批次性”,易造成换乘节点短时间拥堵。多种客流在高峰时段叠加,如早晚高峰通勤客流与枢纽换乘客流交织,或节假日旅游客流与商业客流叠加,导致线网客流呈现“总量大、成分杂、流动乱”的特征,给运营组织带来多重挑战。

2 地铁线网大客流运营组织的主要难点

2.1 客流预测与实时态势感知的精准性面临严峻挑战

地铁网络大客流的构成多元复杂,既包括具有规律性特征的可预测通勤潮汐客流,也包括受天气条件、节假日安排、大型社会事件等多种因素影响的突发性、集中性客流。在网络化运营环境中,客流的时空分布动态变化极快,表现出高度的非线性特征,一个关键节点的客流变化会通过网络拓扑结构迅速影响相邻节点乃至整个网络的运行状态。传统的基于历史统计数据的预测模型在面对这种高度复杂、强关联性的系统时,往往显得力不从心,难以实现足够精度的短时预测与动态推演,导致运营组织决策缺乏必要的前瞻性和科学性。同时,对全网实时客流态势的全面、精准、细粒度感知能力仍然不足,现有技术手段难以准确掌握站内、车内细微的客流拥挤度演变过程与空间分布特征,使得运营管理往往滞后于客流实际情况。

2.2 固定运输能力与动态客流需求之间的匹配难度显著增大

地铁系统的运输能力在一定时期内是相对固定的,主要由列车可用数量、车辆编组情况、最小运行间隔等硬性条件决定。而大客流,尤其是突发性大客流,其需求在时间上和空间上都具有极大的不均衡性和波动性。在早晚间高峰时段,方向性极强的潮汐客流要求运输能力单向最大化;在节假日期间,全网的客流需求可能同时处于高位状态。灵活调整运力配置以适应这种动态变化的需求,涉及复杂的车辆调度、交路设计、人员配备等一系列操作问题,各专业间的协调难度巨大。实践中经常出现部分区段运能饱和、车厢过度拥挤,而其他区段运力闲置的不平衡现象,既降低了运输效率,也影响了乘客体验。

2.3 换乘枢纽站的组织压力空前突出

地铁线网形成后,换乘站成为连接不同线路的关键节点,也自然成为客流的集散漩涡和矛盾焦点。在大客流持续冲击下,换乘站内的通道、楼梯、站台、扶梯等关键设施极易成为通行瓶颈。不同方向、不同目的、不同线路的客流在此交织、冲突、汇聚,不仅容易引发通道堵塞、通行效率骤降,更存在着巨大的安全隐患,如拥挤踩踏风险。对换乘站而言,其组织管理不再仅限于本站范围,还需统筹考虑与之相连的多条线路的客流情况,需要不同线路、不同运营主体之间的高度协同,其协调难度呈几何级数增长。

2.4 信息传递与乘客引导的实际效能有待全面提升

有效、及时、准确的信息沟通是疏解大客流、避免恐慌和混乱的关键环节。然而,当前部分地铁系统存在信息发布滞后、传播渠道单一、内容不够精准明晰等问题。当发生运营延误或局部拥堵时,乘客无法及时获取权威、清晰的指引信息,导致盲目等待、无序流动或错误选择,进一步加剧了局部拥堵状况。缺乏有效的个性化、前置化信息引导手段,使得运营管理方与乘客之间的信息不对称问题在大客流期间尤为突出,大大降低了整体疏散效率和组织效能。

2.5 应急响应与多方协同的机制尚需深化完善

大客流状态极易诱发设备故障、乘客不适、治安事件等各类突发事件。在网络化运营环境中,任何一点突发事件都可能被高密度客流放大,并沿着网络快速扩散其影响。现行的应急响应机制多侧重于事后处置,在早期预警、事前预控、事中调控方面存在明显短板。同时,大客流组织往往需要地铁内部各线路、各部门之间,乃至与公安、消防、医疗、地面公交等外部单位的高效协同配合。缺乏统一指挥平台和顺畅的联动机制,容易导致反应迟缓、各自为战、标准不一,无法形成应对大客流的强大合力。

3 应对地铁线网大客流的运营组织对策

3.1 强化客流精准预测与动态监测能力建设

应充分利用大数据、人工智能、云计算等先进技术,构建集成化、智能化的客流分析预测平台。该平台需深度融合历史客流数据、实时票务数据、城市活动信息、气象数据、社交媒体数据等多源异构信息,实现对短期、超短期甚至实时客流的更高精度预测和多场景模拟推演。同时,加强物联网感知设备的全面布设与升级,如智能视频分析、Wi-Fi 嗅探、红外传感、压力传感等,实现对车站出入口、站厅、站台、车厢等关键区域客流密度、流速、流向、分布的毫米级精准监测与识别,形成全网实时客流热力图与拥堵预警提示,为运营决策提供坚实的数据支撑和全景式态势感知能力。

3.2 优化运力资源配置与行车组织灵活性

面对动态多变的大客流需求,必须突破固定行车计划的束缚,推行更具弹性、适应性的运输组织模式。一是深化研究并规模化推广应用不对称运行图、大小交路套跑、快慢车组合、跨线联运等多元化行车组织方式,使运力投放更好地匹配客流时空分布特征,提升运输效率。二是建立集中统一、高效灵活的车辆调度指挥体系,确保在高峰时段或突发大客流时,能快速组织备车上线、增开临时客

运列车、延长交路等,最大限度挖掘网络运能潜力,实现运力资源的动态优化配置。三是优化车辆检修规程和司乘人员作息制度,完善应急预案,为灵活增开列车、延长运营时间提供可靠的人车保障与制度保障。

3.3 提升车站现场组织与客流疏导水平

车站作为客流组织的关键节点,其管理水平直接决定大客流应对成效。一是要基于客流仿真模拟和实地观测,持续优化车站流线设计和设施布局,通过拓宽通道、增设闸机、优化扶梯与楼梯设置、实行出入口单向控制、设置隔离栏杆等措施,从物理空间上提升乘客通过效率,消除瓶颈点。二是要制定并细化分级分类的客运组织方案,常态化实施科学的限流措施,如站外绕行、分段放行、控流进入站台等,将站内客流严格控制在设施安全承载能力范围内。特别是在多线换乘枢纽,要建立跨线路协调指挥机制,通过信息实时互通和联动控流,避免换乘通道成为全网堵点。三是加强站务人员专业培训与实战演练,提升其在大客流下的现场指挥、灵活疏导、乘客沟通和应急处置能力。

3.4 加强信息互联互通与智能引导服务

信息畅通是疏解大客流的软性基础设施和关键手段。一是要构建统一权威、高效可靠的信息发布与共享平台,通过官方 APP、车站 PIS 屏、广播系统、社交媒体、交通电台等多种渠道,及时、准确、一致地向乘客发布列车运行状态、客流实况、出行建议、应急指引等信息,消除信息不对称。二是要大力发展个性化、诱导式、主动式的信息服务,基于乘客实时位置和出行目的地,利用移动互联网技术主动推送最佳路径和替代方案,实现客流的预先引导和均衡分布,防范局部拥堵。三是积极探索应用智能标识系统,如利用自适应地标、智能灯光引导、交互式电子屏等动态指示路径,实现客流的无形化、自动化引导,减少人流交叉冲突,提升通行效率。

3.5 健全大客流应急管理协同联动机制

安全是运营组织的底线和生命线。一是要完善分级分类的大客流应急预案体系,针对不同等级、不同类型的大客流,明确相应的启动条件、响应流程、责任分工和处置措施,并加强常态化实战演练和效果评估。二是要主动与公安、交通、应急管理、卫生健康等城市管理部门对接,建立一体化联动指挥平台与联席会议制度,确保在发生重大客流事件时,能够快速响应、统一指挥、协同作战,实现地铁与地面公交、出租车等其他交通方式的应急联动疏散,形成疏堵保畅的合力。三是加强公众安全文明出行教

育,通过多种形式普及安全知识和自救互救技能,提升乘客在拥挤环境下的安全意识和应急能力,共同维护乘车秩序。

4 结语

地铁线网大客流运营组织是一项涉及多专业、多层次、多主体的极其复杂的系统工程,它早已超越传统的单点单线管理范畴,成为关乎整个网络运行安全、效率和服务品质的战略性问题。未来应当是紧紧依靠科技进步和管理创新双轮驱动。一方面,要积极拥抱智慧地铁发展大势,深度应用大数据、人工智能、数字孪生等前沿技术,打造具有深度感知、智能决策、精准执行、敏捷应对能力的智慧客流管理生态系统,推动大客流组织从被动应对向主动引导、从经验驱动向数据驱动、从局部优化向全局优化的根本性转变。另一方面,要持续深化运营管理体制机制改

革,打破内部管理壁垒,强化外部协同融合,构建起反应迅速、运作高效、保障有力的网络化大客流组织保障体系,提升整体效能。唯有坚持技术与管理双翼齐飞,才能真正有效驾驭地铁网络化运营时代的大客流挑战,确保城市轨道交通大动脉的安全、高效、可靠运行,从而为城市的繁荣发展、市民的美好出行提供坚实而优质的交通服务保障。

参考文献:

- [1] 郭瑞芳. 地铁网络化运营下换乘车站客运组织分析探讨[J]. 数码设计(上), 2023,9(1):30-31.
- [2] 罗祥峰. 地铁网络化运营行车组织的探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2023(17):258-260.
- [3] 段毅芝, 周海峰. 基于地铁网络化运营行车组织的相关分析[J]. 中国科技投资, 2024(6):228.