

Research on the Operation and Scheduling Strategy of Urban Rail Transit Trains

Xin Zhao

Urumqi Urban Rail Transit Group Co., Ltd. Operation Branch, Urumqi, Xinjiang, 830001, China

Abstract

Urban subway train operation scheduling is a key link to ensure efficient and smooth operation of the transportation network. With the continuous expansion of urban subway construction, improving scheduling plans, enhancing train operation efficiency, and reducing delay rates are urgent tasks. This article analyzes the current situation of urban rail transit scheduling, explores the main problems in the scheduling process, and proposes corresponding improvement strategies. Research has shown that accurate train running time forecasting, appropriate vehicle configuration planning, and the use of intelligent scheduling systems can effectively improve the operational efficiency of urban subways. Finally, this article elaborates on the development potential of intelligent scheduling systems based on data analysis, aiming to provide theoretical support and practical guidance for efficient operation of urban rail transit.

Keywords

urban rail transit; Train operation scheduling; Scheduling strategy; Intelligent scheduling; operating efficiency

城市轨道交通列车运行调度策略研究

赵鑫

乌鲁木齐城市轨道交通集团有限公司运营分公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830001

摘 要

城市地铁列车运行调度是确保交通网络高效、平稳运作的关键环节。随着城市地铁建设持续扩大,改进调度方案、增强列车运营效能、降低晚点率系当务之急。本文通过分析当前城市轨道交通调度现状,探讨了调度过程中的主要问题,并提出了相应的改进策略。研究表明,精确的列车运行时间预报、恰当的车辆配置计划及智能调度系统的运用,有效提高城市地铁运营效能。最后,本文阐述了以数据分析为基石的智能化调度系统的发展潜力,旨在为城市轨道交通高效运营提供理论支撑与实践指南。

关键词

城市轨道交通; 列车运行调度; 调度策略; 智能调度; 运行效率

1 引言

随着城市地铁建设迅速推进,提高列车调度效能、降低运行时延问题日益凸显。优化调度策略可显著增强运输效能,仍能显著降低能源使用量,为促进城市持续发展提供保障。本文旨在剖析现时城市地铁交通调度所存问题,提出改进措施及优化对策,为助力城市轨道交通未来进步,探寻创新思路及技术保障。

2 城市轨道交通列车运行调度概述

城市地铁交通系统系现代都市公共交通关键构成,肩负着日常高频率的旅客运输职责。随着城市化步伐的持续加速,城市地铁建设规模持续增长,游客数量骤增,列车运行

调度工作的复杂性与挑战程度不断加大。列车调度运行是轨道交通系统运作的关键环节,涉及列车时刻表、行车路径、车辆装备及突发事件的应急应对等多个领域,直接影响到系统的运输能力、运行效率和服务质量。

城市地铁列车的调度职责通常包括两大主要环节:日常调度和应急调度。常规运营下的日常调度,依据客流量、列车运作状况及线路规划等因素,对列车开行时间、运行线路及车辆编组进行部署。

随着城市地铁网络持续拓展,传统人工调度模式无法满足日益复杂的运营需求。现代化的城市地铁交通系统普遍运用计算机辅助列车调度系统(CADS)及各类智能化调度技术,提升调度精确度与效能。这些系统可实时跟踪列车运行状况及调度命令执行进度,通过数据剖析预测客流量,为决策调度提供支撑。

【作者简介】赵鑫(1989-),男,中国山东济南人,本科,工程师,从事城市轨道交通研究。

3 城市轨道交通列车运行调度的问题

3.1 调度精度不足

随着城市地铁网络持续拓展,客流量迅猛攀升,列车运行调度承受的压力日益增大。调度准确度是评判城市轨道交通运行效能的重要标准之一,但现阶段众多城市轨道交通领域,调度精确度问题依然显著,损害了系统的整体运行效能。

调度精度不足通常体现在列车发车时刻、运行速度、列车停站时间等方面的不准确。在列车发车时刻的安排上,很多系统依然依赖传统的人工调度方式,缺乏对客流需求和交通状况的实时监测和预测。此类情形导致列车启程时刻偏差显著,特别是在高峰期,列车运行间隔异常,无法及时满足旅客需求。列车运行速度及停靠站点时长未充分考究实情。例如,列车运行速度偏高或偏低,列车到达下一站时间可能提前或延迟,影响列车整体运行协调,进一步扩大列车间距不均程度^[1]。

3.2 车辆调配不合理

车辆调配是城市轨道交通系统中非常重要的一环,合理的车辆调配可以有效提高系统的运营效率和服务质量。然而,目前众多城市轨道交通领域,车辆配置仍有不合理现象,引发了资源耗费与服务质量下滑,车辆配置不当常显于高峰期车辆短缺。在非高峰期间,出现车辆供过于求的现象,鉴于城市地铁客流量呈现显著时段性变化。

大多数城市轨道交通系统中,某些线路的车次较多,而另一些线路的车次则较少。此类状况往往源于调度人员未能准确预估客流波动,或系设计阶段未充分考量各线路客流量特点。特别是一些地处偏远或客流量较少的线路,可能因车辆配置不足,无法满足日常运输需求,运营效能不彰。反之,主要线路及客流量多的线路,车辆资源配置过于集中,也可能存在车辆超载情况,乘客出行体验有所下降。在部分城市地铁交通领域,车辆类型配置未达最优匹配,部分站点或路段客流量较多,应该配备大容量的列车,而某些客流量较少的线路则仍使用小容量列车,导致资源无法得到充分利用,影响了系统的整体运作效率^[2]。

3.3 系统运维问题

系统运维是保证城市轨道交通稳定运营的基础,涉及设备的维护、故障处理以及系统的正常运行。然而,在某些城市地铁交通系统中,运维工作中仍有诸多问题存在,这些问题亦对系统可靠性构成了影响,可能引发安全风险,甚至造成运营效能的降低。随着城市地铁建设与发展不断推进,众多轨道交通设施已投入运营多年,部分设备老化严重,维修成本高昂。在这些老旧设备中,尤其是信号系统、轨道系统、供电系统等关键设施,一旦发生故障,可能会导致全线停运或出现长时间的停运,影响列车的正常运行。

在一些城市地铁交通体系中,运维管理流程及制度较为滞后,尤其于紧急故障情形下,欠缺完善的应急预案及快

速恢复能力。出现故障情况,可能需耗时较久方能查明问题并加以解决,此亦造成众多列车停驶,可能导致旅客遭遇较大不便及不快。此外,部分系统在常规的设备检验与保养工作中,未按期进行常规巡查,欠缺主动防范故障的认识,系统故障风险提升。系统运维的关键因素之一是运维人员的技术及管理能力。轨道交通系统运营维护需具备高水准的专业能力,部分系统运维人员培训不够,运维工作未能达到预期标准。

4 城市轨道交通列车运行调度优化策略

4.1 精准时刻预测

精准时刻预测是城市轨道交通系统高效运行的关键因素之一,能够有效解决列车调度中的各种问题,提高列车运行的时效性和效率。随着城市轨道交通的规模不断扩大,客流量波动也日益显著,精准时刻预测成为调度决策的重要支撑。

精准时刻预测能够帮助调度员根据实时的客流量、车站情况、交通状况等多维度信息,合理安排列车的发车时刻。常规的列车时刻编排往往依托既定的时刻表,此法难于应对客流波动及交通变动。通过对时间节点的精确预测,调度人员可依据实时信息灵活调整列车开行时间与频次。例如,在高峰期,系统可依据车站客流及进站状况,调整列车发车时刻,确保客流疏散顺畅,防止列车候车时间过长。而在低谷时段,调整时刻表可防止列车空驶,降低能源消耗,提高系统运行效能。精确预测时间点有助于缩短城市轨道交通列车运行间隔,增强线路的运输效能。在城市地铁运营中,列车发车间隔为衡量运输效能的关键要素,时间跨度过大,乘客候车时间可能过长;而相隔时间较短,可能导致列车拥堵,影响旅客乘坐感受。通过精准时间预判,系统可在满足客流需求的前提下,调整列车运行间距,保障列车运行的高效与安全^[3]。

然而,时刻预测的精准性要求较高。需要充分利用历史资料、即时监控信息及交通态势等多重资讯,集合大数据分析 with 人工智能技术,构建科学预测模型。凭借这些模型,系统可预判客流量波动,据此对列车运行时间表进行相应调整。同时,精准时间预估需与智能调度平台相融合,达成整体性的即时优化。为确保精确时间预判,系统需具备卓越的数据搜集与处理功能,保障信息时效性。此外,调度人员的实际操作经验和判断能力亦不容小觑,人工智能与自动化设备辅助,可助力调度人员作出更为精准的判断,提升整体调度效能。

4.2 合理车辆调配

车辆调配是城市轨道交通系统优化运行的重要组成部分,它关系到资源的高效利用和乘客的出行体验。在城市轨道交通的运行过程中,合理的车辆调配能够减少运营成本,提高系统的运输能力,并有效应对不同时间段的客流需求。

合理车辆调配的核心在于根据实时客流情况灵活调整列车数目和类型。高峰时段期间,游客数量剧增,若车辆分配失当,列车可能发生超载现象,甚至导致乘客需求无法得到满足。此时,需增配列车或调整至高容量列车,确保旅客顺利出行。而在非高峰时期,游客数量偏低,过多车辆将造成资源损耗,提升系统运维费用。优化车辆配置可有效缓解此类问题,调整列车运行班次或优化高峰时段列车配置,实现资源的高效配置,合理调配车辆需兼顾各线路客流量不同,部分城市地铁线路,部分主要线路客流量较高,部分线路客流稀少。此时,系统应依据客流量变动,优化配置各类线路的运力。例如,对客流量较大的主要交通线路,系统可提升列车运行密度,增强运输效能;在客流量较少的次级线路,减少车辆调配,杜绝资源闲置。此外,车辆种类及载量需适应线路客流量而定,确保每趟列车均能在确保旅客舒适性的前提下,大幅提升运输效能。

车辆调配不仅仅是根据实时客流做出的动态调整,还需要与其他交通工具(如公交、出租车等)的调度协调,确保不同交通方式之间的无缝衔接。在交通网络体系内,城市轨道交通系统与各类交通方式紧密相连,车辆配置的合理性关乎轨道交通运行效能,亦直接作用于乘客的整体出行感受,为确保车辆资源合理分配,轨道交通系统需依托高效调度管理系统,实时搜集并解析车站人流量数据、列车运行状况及系统负荷状况。结合大数据分析 with 人工智能技术,系统可依客流需求、气候状况、突发情况等要素,机动调整车辆规模及行进模式。此外,合理车辆配置需统筹各方需求,涉及设备养护、驾驶员调配及站点管理等方面,保障运营全过程的流畅与高效。

4.3 智能化调度系统应用

智能化调度系统是现代城市轨道交通系统中不可或缺的核心技术,它通过利用大数据、人工智能、物联网等先进技术,提升调度的自动化、精确化和智能化水平,极大地提高了轨道交通系统的运营效率与安全性。智能化调度系统可依托实时数据收集与分析,协助调度人员实时掌握列车行驶状况、地铁网络负荷状况及客流变化等资讯,形成更为精准与高效的决策。借助传感器与通信技术,智能化调度系统可实时掌握列车位置、运行速度及晚点状况等关键信息,并与各类相关数据(包括气象、交通、设施运作等)融合。这些信息的汇总与剖析助力调度人员精确掌握系统总体运作态

势,改进列车开行时间、车辆分配、旅客引导等各项环节的决策。

智能调度系统显著增强列车调度灵活性及应急响应能力。在城市地铁交通网络中,突发情况与难以预料的变动频发,例如设施故障、天灾或人流量激增等。智能化调度系统可依实时监控信息进行调度,及时调整运行方案。例如,当某条线路发生故障时,系统可实现自动对其他线路进行调配,防止大规模交通中断。运用人工智能手段,系统具备自学与优化能力,不断提升应对复杂局面的能力,降低人工判断错误概率。

智能化调度系统还能够通过大数据分析,提前预测和识别潜在的运行问题,做到预防性维护和优化。通过深入剖析历史数据,系统可识别人流量变化、设备故障发生频次等常态,及时洞察潜在风险并做出相应调整,保障系统稳定运行。例如,智能调度系统可依据气象预报及节假日客流分析,调整列车运行间隔及车型,减轻高峰期交通拥堵现象。智能化调度系统亦能增强跨系统协同作战效能,推动城市地铁与各类公交系统实现无障碍换乘,推动跨系统数据交流与智能联动,轨道交通系统可与公交、出租车等交通方式实现衔接,提升出行效能。智能化调度系统的运用显著提升了城市轨道交通的运营效能与服务品质,系统应急响应能力显著提升,优化了整体出行感受。随着人工智能、大数据、物联网等前沿技术的持续进步,未来城市地铁交通将更趋智能化、精确化和高效性。

5 结语

城市轨道交通的列车运行调度优化不仅关乎系统的效率,也直接影响到市民的出行体验。通过精准的时刻预测、合理的车辆调配和智能化调度技术的应用,能够显著提升城市轨道交通的运营效率,降低能源消耗,减少乘客等待时间。随着技术的不断进步,未来的调度策略将更加智能化、自动化,为城市轨道交通的可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 曹驰.高峰时段城市轨道交通列车调度策略研究[J].人民公交,2024,(20):73-75.
- [2] 滕飞.城市轨道交通列车运行调整策略研究[J].现代城市轨道交通,2022,(11):75-79.
- [3] 蒲茜.考虑多目标优化的城市轨道交通列车运行控制策略研究[D].北京交通大学,2021.