

轨道交通运营中的智能调度与运营优化

王帅 韩泽昊 王则晓

天津市轨道交通事业发展服务中心

DOI:10.32629/etd.v6i11.17833

[摘要] 轨道交通运营中,智能调度技术与运营优化策略至关重要。智能调度技术涵盖列车运行实时监控与动态调整,可及时应对列车运行异常;能精准预测客流,实现列车运力智能匹配;具备设备故障预警与应急调度协同能力,保障运营安全;还可实现多线路联运智能调度与资源优化。运营优化策略包括线网布局与站点设置优化、列车运行组织与调度优化、客运服务质量提升与管理以及运营成本控制与资源配置优化,旨在提升轨道交通运营效率、服务质量与经济效益。本文聚焦于研究轨道交通运营中的智能调度技术与运营优化策略,其目的在于提升轨道交通的运营效率、服务质量以及经济效益,为轨道交通行业的可持续发展提供有力支撑。

[关键词] 轨道交通; 智能调度; 运营优化

中图分类号: U292 **文献标识码:** A

Intelligent Dispatching and Operation Optimization in Rail Transit Operation

Shuai Wang Zehao Han Zexiao Wang

Tianjin Rail Transit Development Service Center

[Abstract] In rail transit operation, intelligent dispatching technology and operation optimization strategies are crucial. Intelligent dispatching technology encompasses real-time monitoring and dynamic adjustment of train operation to promptly address abnormalities; precise passenger flow prediction for intelligent train capacity matching; equipment fault warning and coordinated emergency dispatch capabilities to ensure operational safety; and intelligent dispatching and resource optimization for multi-line 联运. Operation optimization strategies include optimizing network layout and station settings, improving train operation organization and dispatching, enhancing passenger service quality and management, and optimizing operational cost control and resource allocation. These strategies aim to enhance the operational efficiency, service quality, and economic benefits of rail transit. This paper focuses on researching intelligent dispatching technologies and operation optimization strategies in rail transit operation, with the goal of improving operational efficiency, service quality, and economic benefits, providing strong support for the sustainable development of the rail transit industry.

[Key words] Rail transit; Intelligent dispatching; Operation optimization

引言

随着城市化进程的加速,城市人口急剧增长,交通拥堵问题日益严峻,轨道交通凭借其大运量、高效率、环保等优势,成为解决城市交通难题的关键。然而,轨道交通运营面临着诸多挑战,如客流波动大、设备维护复杂、运营成本高。为提升轨道交通运营的效率、安全性和服务质量,智能调度与运营优化显得尤为重要。它不仅能合理配置资源、降低运营成本,还能为乘客提供更优质的出行体验,对城市交通的可持续发展意义重大。

1 轨道交通运营概述

轨道交通作为城市公共交通的骨干,具有节能、省地、运量大、全天候、无污染又安全等特点,属绿色环保交通体系,特别适应于大中城市。从类型上看,轨道交通形式多样。地铁是大运量的轨道运输系统,采用钢轮钢轨体系,主要在大城市地下隧道运行,也可在地上或高架桥上行驶。轻轨交通运量规模比地铁小,单向高峰小时断面流量在10000-30000人,既可以运行在地下,也能建成高架轨道形式或在地面运行。有轨电车作为城市轨道交通的一部分,常与公路车辆混行于地面^[1]。其智能化处于发展阶段,部分环节已引入智能技术,但整体水平有待提高。现状上,线路规划与站点设置逐步科学化,但仍需进一步贴合城市动态

变化。运营优化对策主要有:借助智能系统依据客流量动态调整车次与运行时间;提升客运服务质量,强化工作人员引导与提示;利用先进监测技术对设备实时监测,及时处理故障,保障设备稳定运行,提升有轨电车运营效率与安全性。不过,轨道交通运营也面临着一些问题。日常运营成本较高,例如人工成本、能源消耗费用、设施设备的维护费用和各种耗材的采购费用等。而且,客流量的波动给运营带来了挑战,高峰时段客流量大,可能导致列车拥挤,影响乘客体验;低谷时段客流量小,又会造成资源的相对浪费。尽管存在挑战,但轨道交通的优势明显,它极大地改善了城市的交通状况,提高了人们的出行效率,未来仍有着广阔的发展前景。鉴于轨道交通运营面临的诸多问题,将智能调度技术应用到轨道交通运营中以及进行运营优化显得十分急迫^[2]。一方面,高昂的运营成本需要通过智能技术精准控制,如智能调度可根据实时客流调整列车运行,降低能源消耗与人工成本。另一方面,客流量的大幅波动,依靠传统调度难以高效应对,智能调度能实时监测客流,在高峰时增加运力、低谷时减少车次,避免资源浪费。此外,面对设备故障和突发事件,智能调度可快速响应,保障运营的安全与效率,所以运用智能技术和运营优化势在必行。

2 智能调度技术在轨道交通运营中的应用

2.1 列车运行实时监控与动态调整

智能调度技术在列车运行实时监控与动态调整方面的应用,能有效解决轨道交通运营中客流量波动、设备故障影响运营安全和效率等问题。以下是具体体现:(1)应对客流波动:智能调度可实时监控客流,在高峰时段动态增加列车车次、缩短发车间隔,在上海、北京等大城市的轨道交通系统中广泛应用,极大缓解了列车拥挤状况,提升了乘客体验;低谷时段则减少车次,避免资源浪费。(2)保障运营安全:实时监控列车运行状态,一旦发现设备故障或异常,能及时调整列车运行计划,避免事故发生。如广州地铁通过该技术及时发现列车设备隐患,调整列车运行,保障了运营安全。(3)提高运营效率:根据实际情况灵活调整列车速度和停靠站点,减少列车延误,提高整体运营效率。深圳地铁采用此技术后,列车准点率显著提高。(4)快速响应突发事件:遇到突发事件时,能迅速做出反应,合理调配列车,疏导乘客。(5)优化资源配置:通过精准监控和调整,实现列车、人员等资源的优化配置,降低运营成本。

2.2 客流精准预测与列车运力智能匹配

智能调度技术实现的客流精准预测与列车运力智能匹配,极大提升了轨道交通运营的科学性与合理性,在实际场景中优势显著。(1)通勤高峰应对:在一线城市的工作日早高峰,如北京地铁10号线、上海地铁3号线,智能系统精准预测各站点及区间客流,增加列车投放,加密车次,保障上班族能快速通勤,减少等待与拥挤。(2)特殊活动保障:举办大型演唱会、体育赛事时,像广州天河体育中心附近的地铁站,系统提前预测大量人流,及时调配列车,确保观众能快速疏散,避免拥堵。(3)旅游旺季支持:旅游旺季,热门景区周边的轨道交通站点,如杭州西湖附近

的地铁站,依据预测增加运力,方便游客出行,提升旅游体验。(4)夜间低谷优化:深夜时段,多数线路客流稀少,系统精准判断,减少列车频次,降低能源消耗与运营成本。(5)突发事件响应:遇到突发恶劣天气,如暴雨、暴雪,部分站点客流激增,系统快速调整运力,保障乘客安全有序出行。

2.3 设备故障预警与应急调度协同

在轨道交通运营里,车站人员可通过以下方式使用设备故障预警与应急调度协同技术。日常工作中,车站人员借助智能调度系统的监控界面,实时查看设备运行状态^[3]。系统会依据预设规则和算法,对设备的各项参数进行分析,一旦检测到异常数据,就会迅速发出故障预警。车站人员收到预警后,能第一时间获取故障设备的具体位置、类型和可能的影响范围等信息。当出现设备故障时,车站人员利用该技术与应急调度系统协同工作。他们可在系统中快速查询应急预案,按照指引采取相应措施^[4]。同时,系统会自动调配维修人员和物资,车站人员能通过系统实时了解维修进度和人员物资的调配情况。若故障影响到列车运行,车站人员还能依据系统提供的调度方案,及时调整列车运行计划,与司机和其他站点人员保持沟通,确保乘客安全和运营秩序。在整个过程中,车站人员充分利用这一技术,实现高效的故障处理和应急调度。

3 轨道交通运营优化策略

3.1 线网布局与站点设置优化

合理的线网布局与站点设置是轨道交通运营优化的基石,它能极大提升运输效率,为乘客提供更优质的服务,还能促进城市交通系统的协同发展,推动城市的整体进步。合理的线网布局与站点设置要满足以下几点:(1)贴合城市发展:充分考虑城市的功能分区、人口分布、产业布局等因素,使轨道交通线网与城市发展规划相契合,确保线路能够覆盖主要的客流产生地和吸引地,满足居民的出行需求。(2)优化线路走向:对线路走向进行科学规划,减少线路的迂回和交叉,缩短乘客的出行时间。同时,注重与其他交通方式的衔接,实现多种交通方式的无缝换乘。(3)精准站点选址:站点选址要综合考虑周边的人口密度、商业设施、公共服务机构等因素,确保站点具有良好的可达性和便利性^[5]。此外,合理控制站点间距,避免过密或过疏。(4)提升换乘设计:对于换乘站点,要优化换乘通道的设计,减少换乘距离和时间,提高换乘效率^[6]。同时,提供清晰的导向标识,方便乘客快速找到换乘路径。(5)预留发展空间:在进行线网布局和站点设置时,要充分考虑城市未来的发展趋势,预留一定的发展空间,以便在需要时能够方便地进行线路延伸和站点增设。

3.2 列车运行组织与调度优化方案

列车运行组织与调度优化是提升轨道交通运营效率与服务质量的关键所在,对整个轨道交通系统的顺畅运行起着至关重要的作用。在运行计划制定层面,充分考量不同时段的客流规律是基础。高峰时段,大量乘客集中出行,此时增加列车频次、缩短发车间隔,能够有效满足大客流的运输需求,避免乘客过度拥挤,提升出行体验。而在低谷时段,适当减少车次,可降低运营成

本,实现资源的合理利用。科学合理的列车时刻表编制,是平衡运输需求与成本控制的重要手段^[7]。调度指挥方面,智能调度系统的引入是一大革新。它能够实现对列车运行的实时监控,精准掌握列车的位置、速度等信息。一旦列车出现晚点、故障等突发状况,系统能迅速做出反应,灵活调整后续列车的运行速度、停站时间或行车路径,最大程度减少对运营秩序的影响,确保运营尽快恢复正常^[8]。合理安排不同线路列车在换乘站的到发时间,能使乘客换乘更加便捷高效,减少等待时间,提高出行效率。列车司机作为列车运行的直接操作者,其操作技能和应急处理能力至关重要。提升他们的专业素养,确保列车按照规定的速度和时间运行,是保障行车安全的关键环节^[9]。建立完善的信息共享机制同样不可或缺,让调度人员、司机、车站工作人员和乘客之间能够及时获取列车运行信息,大家可以共同应对运营中的各种挑战,形成一个紧密协作的整体,最终实现轨道交通运营的优质、高效与安全。

3.3 客运服务质量提升与管理

客运服务质量的提升与管理在轨道交通运营优化中占据着至关重要的地位,它不仅直接影响着乘客的出行体验和满意度,还关系到轨道交通在城市交通体系中的竞争力和吸引力。优质的客运服务能够让乘客感受到舒适与便捷,从而增加对轨道交通的使用频率和忠诚度^[10]。合理的客运服务质量提升与管理要满足以下几点:(1)优化服务设施:升级车站和列车内设施,如增添舒适座椅、改善照明通风、配备便捷充电设备,营造良好出行环境,像部分地铁车厢增设USB充电口。(2)加强人员培训:提升工作人员专业素养与服务意识,通过培训使其掌握沟通及应急处理方法,及时为乘客排忧解难,如遇突发状况能妥善应对。(3)精准信息服务:借助电子屏、广播、手机应用等,提供准确及时的列车运行、换乘及站内导向信息,让出行更顺畅,如手机APP实时显示列车位置。(4)优化票务系统:简化购票流程,推广电子票与自助购票设备,减少排队时间,完善票务政策,提供多样票价优惠,吸引更多乘客。(5)强化投诉处理:建立健全投诉处理机制,及时受理处理投诉建议,分析案例改进服务,提升乘客

满意度。

4 结语

未来,为进一步完善轨道交通智能调度与运营优化体系,需多管齐下。持续加大技术创新力度是核心,要积极引入人工智能、大数据等前沿技术,提升调度的精准性与运营决策的科学性。加强不同系统间的协同合作也十分关键,打破信息壁垒,实现列车运行、客流管理、设备维护等系统的高效联动。同时,专业人才是推动发展的重要保障,要通过高校培养、企业培训等方式,打造一批既懂技术又熟悉运营的专业队伍。如此,方能推动轨道交通运营朝着智能化、高效化、人性化方向发展,为城市交通可持续发展添砖加瓦。

【参考文献】

- [1]李车平.城市轨道交通智能化运营管理系统的构建与优化研究[J].时代汽车,2025(4):187-189.
- [2]宋青.轨道交通系统运营维护中的智能化技术应用[J].人民公交,2025(4):115-117.
- [3]朱艺焱.城市公共轨道交通区域运营调度系统协同优化策略研究[J].人民公交,2025(8):146-148.
- [4]任长健.城市轨道交通运营中的智能化监控系统设计与应用[J].人民公交,2025(16):135-137.
- [5]孔帅渴.轨道交通运营管理的数字化转型与智能化升级研究[J].人民公交,2025(16):156-158.
- [6]严亚庆.基于智能调度系统的城市轨道交通行车组织优化[J].时代汽车,2025(12):181-183.
- [7]迟昊,杨天宇,肖熙恩,李超,姜在鹏.智能化调度系统在城市轨道交通中的应用[J].时代汽车,2025(16):145-147.
- [8]巩圣亮,徐靖昊,张清波,孟亚楠,褚衍超.智能化调度系统在城市轨道交通中的应用[J].时代汽车,2025(14):8-10.
- [9]吴春贵.轨道交通系统运营维护中的智能化技术应用[J].模具制造,2024,24(12):179-181.
- [10]杨婧.城轨交通网络化运营与智能调度的实践及探索[J].城市轨道交通,2025(7):50-53.