

轨道交通列车运行调度优化与效率提升探析

卢兴斌

成都地铁运营有限公司 成都 610500

【摘要】：轨道交通作为城市公共交通的核心骨干，其运行调度的科学性直接决定运输效率、服务质量与运营安全。当前，随着城市客流量持续增长、线网规模不断扩张，传统调度模式已难以适配多元运营需求，调度效率不足、资源配置不合理等问题日益凸显。本文聚焦轨道交通列车运行调度优化与效率提升，梳理调度关键要素，剖析当前运行调度现状及存在的突出问题，提出针对性优化策略，为轨道交通运营企业提升调度水平、保障运输顺畅、满足乘客出行需求提供实践参考，助力轨道交通行业高质量发展。

【关键词】：轨道交通列车；运行调度；优化；效率提升

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.052

引言

随着城市化进程加速，轨道交通凭借运量大、速度快、节能环保、准点率高的优势，成为缓解城市交通拥堵、完善公共交通体系的重要支撑。列车运行调度作为轨道交通运营的“中枢神经”，承担着列车运行组织、资源调配、应急处置等核心职能，其运行效率直接关系到乘客出行体验、运营成本控制与行业竞争力提升。当前，城市轨道交通线网衔接日益复杂，高峰时段客流量激增，极端天气、设备故障等突发情况频发，对调度工作的精准性、灵活性和高效性提出更高要求。因此，深入探析列车运行调度优化路径，破解调度难题，提升运行效率，具有重要的现实意义和实践价值。

1 轨道交通列车运行调度关键要素

1.1 列车运行计划

列车运行计划是调度工作的核心前提，是统筹列车运行、优化资源配置的基础依据，直接决定轨道交通运营的整体效率与服务质量。其核心内容涵盖列车运行图编制、发车间隔设定、停站时间规划、交路安排等关键环节，需结合客流量变化规律、线网布局特点、设备运行状态等多重因素综合制定。合理的运行计划需实现高峰时段与平峰时段的精准适配，既要满足高峰时段大客流运输需求，避免出现乘客滞留，也要兼顾平峰时段运营成本控制，避免运力浪费。同时，运行计划需具备一定的灵活性，能够根据突发情况快速调整，确保列车运行的连续性和稳定性，为后续调度执行提供清晰指引。

1.2 调度人员素养

调度人员是列车运行调度工作的直接执行者，其专业素养、应急处置能力和责任意识，直接影响调度指令的准确性和执行效率，是保障列车安全、高效运

行的关键因素。调度人员需熟练掌握轨道交通线网布局、列车设备性能、运行规则等专业知识，具备精准判断列车运行状态、快速处理突发故障的能力。同时，需具备较强的沟通协调能力，能够高效对接车站、车辆段、维修等相关部门，确保调度指令顺畅传达、落地执行。此外，调度工作强度大、责任重，要求调度人员具备高度的责任心和抗压能力，坚守岗位准则，杜绝操作失误，保障调度工作有序开展。

1.3 设备保障能力

设备保障能力是列车运行调度高效实施的物质基础，涵盖列车车辆、信号系统、通信系统、供电系统等核心设备的运行状态与维护水平。信号系统作为调度指令传递的核心载体，其稳定性直接决定列车运行的安全性和准点率，一旦出现故障，将直接导致列车晚点、停运等问题。列车车辆的可靠性则影响运力供给的稳定性，需通过常态化维护检修，减少设备故障发生率。通信系统和供电系统则为调度工作提供支撑，确保调度指令实时传递、列车正常供电，避免因设备故障影响调度效率。完善的设备保障体系是调度优化与效率提升的重要前提。

2 轨道交通列车运行调度现状及存在的问题

2.1 运行计划灵活性不足，适配性较差

当前多数轨道交通运营企业的列车运行计划以固定模式编制，主要依据历史客流量数据制定，缺乏对实时客流量、突发情况的动态适配能力，灵活性严重不足。高峰时段部分线路因客流量激增，固定发车间隔无法满足运输需求，导致乘客滞留、车厢拥挤等问题，而平峰时段部分线路运力过剩，造成运营成本浪费。同时，运行计划对极端天气、大型活动、设备故障等突发情况的预判不足，未制定完善的动态调整预案，一旦出现突发情况，无法快速调整列车运行方案，

导致列车晚点、运行秩序混乱,进一步降低调度效率和服务质量,难以适配多样化的运营需求。

2.2 调度人员专业能力不均衡,应急处置水平不足

调度人员的专业能力直接影响调度工作的质量和效率,但当前轨道交通调度人员队伍存在专业能力不均衡的问题。部分调度人员缺乏系统的专业培训,对复杂线网的调度规则、设备性能掌握不熟练,在日常调度工作中易出现指令传达不精准、判断失误等问题,影响列车运行秩序。同时,面对设备故障、客流突增、极端天气等突发情况,部分调度人员应急处置能力不足,缺乏清晰的处置思路和高效的应对方法,往往出现慌乱操作、处置不及时等情况,导致小故障扩大为大问题,延长列车晚点时间,影响整体调度效率和运营安全,难以满足高强度、高要求的调度工作需求。

2.3 调度设备智能化水平偏低,资源整合能力不足

当前部分轨道交通线路的调度设备仍以传统设备为主,智能化水平偏低,缺乏先进的调度指挥系统和数据支撑体系,难以实现对列车运行状态、客流量、设备状态的实时监测和精准分析。调度工作多依赖人工操作,不仅增加了调度人员的工作强度,还易出现操作失误,影响调度效率。同时,各调度相关设备系统之间存在信息孤岛,信号系统、通信系统、供电系统、客流监测系统等数据标准不统一、接口不兼容,无法实现高效共享和同步更新,调度人员难以全面、实时掌握各类核心信息,导致资源调配缺乏科学依据,调度决策存在滞后性和片面性。此外,智能化调度设备的投入和维护不足,部分老旧线路未及时更新智能化设备,现有设备缺乏常态化专业维护,设备老化、故障频发等问题突出,进一步制约了调度效率的提升,无法适配智能化调度发展需求。

2.4 多部门协同机制不完善,调度执行效率偏低

列车运行调度工作需要车站、车辆段、维修部门、供电部门等多个相关部门的协同配合,才能确保调度指令顺利执行、列车正常运行。但当前部分轨道交通运营企业的多部门协同机制不完善,各部门之间缺乏有效的沟通对接渠道和联动机制,存在各自为政的现象。调度指令传达过程中,易出现信息传递不及时、不准确等问题,导致各部门执行节奏不一致。例如,维修部门在设备检修时未及时告知调度中心,导致调度中心误发运行指令;车站与调度中心之间的客流信息传递不及时,导致调度中心无法精准调整发车间隔。协同不畅不仅影响调度指令的执行效率,还易引发运营安全隐患,制约调度整体效率的提升。

3 轨道交通列车运行调度与效率提升的具体策略

3.1 优化列车运行计划,提升动态适配能力

以客流量动态变化为核心,构建灵活可调的列车运行计划体系,提升计划与实际运营需求的适配性。结合历史客流量数据、实时客流监测信息,采用大数据分析技术,精准预判不同时段、不同线路的客流变化规律,科学划分高峰时段、平峰时段和低谷时段,制定差异化的发车间隔和停站时间方案。高峰时段适当缩短发车间隔,增加运力供给,缓解客流压力;平峰时段合理延长发车间隔,控制运营成本。同时,完善突发情况应急预案,针对极端天气、大型活动、设备故障等场景,提前制定备用运行计划,明确调整流程和责任分工,确保突发情况发生时,能够快速调整列车运行方案,减少晚点时间,保障运行秩序稳定。此外,建立运行计划动态评估机制,定期分析计划执行效果,根据客流变化和运营反馈,持续优化调整,提升计划的科学性和可行性。

3.2 强化调度人员培养,提升专业素养和应急能力

构建系统化的调度人员培养体系,全面提升调度人员的专业素养和应急处置能力。建立分层分类培训机制,针对新入职调度人员,开展岗前集中培训,重点讲解线网布局、设备性能、调度规则等基础专业知识,结合模拟实操训练,帮助其快速掌握调度基本技能;针对在岗调度人员,开展常态化继续教育和技能提升培训,涵盖复杂场景调度、应急处置、智能化设备操作等内容,邀请行业专家和资深调度人员进行授课指导,分享实操经验。同时,建立完善的考核评价机制,将专业技能、应急处置能力、工作业绩、培训参与度等纳入考核范围,细化考核指标、明确评分标准,定期开展考核,考核结果与绩效薪酬、岗位晋升直接挂钩,倒逼调度人员提升自身能力。此外,定期组织应急演练,模拟设备故障、客流突增、极端天气等各类突发场景,设置不同难度等级的处置任务,让调度人员在实战中积累处置经验,提升应急反应速度和处置水平,演练后及时开展复盘总结,梳理问题、优化流程,确保调度工作高效、精准开展。

3.3 推进调度设备智能化升级,强化资源整合

加大智能化调度设备的投入力度,推进调度指挥系统升级改造,提升调度工作的智能化水平。引入先进的列车运行调度指挥系统,整合信号、通信、供电、客流监测等各类设备系统的数据资源,实现信息实时共享、集中管控,让调度人员全面掌握列车运行状态、客流量变化、设备运行情况等各类信息,为调度决策

提供精准的数据支撑。采用人工智能、大数据等技术,构建列车运行状态预判模型,提前预判设备故障和列车晚点风险,实现主动调度、精准调度。同时,加强智能化设备的日常维护检修,建立设备全生命周期管理体系,定期开展设备排查和故障维修,及时更换老化设备,减少设备故障发生率,保障设备稳定运行。此外,推进调度人员智能化操作技能培训,确保调度人员熟练掌握智能化设备的操作方法,充分发挥智能化设备的效能,提升调度效率。

3.4 完善多部门协同机制,提升调度执行效率

建立健全多部门协同联动机制,打破部门之间的信息壁垒,提升调度指令的执行效率。明确调度中心、车站、车辆段、维修部门、供电部门等各相关部门的职责分工,建立常态化的沟通对接渠道,通过定期召开协同会议、建立专属沟通群等方式,确保各部门之间信息传递及时、准确。调度中心作为协同核心,需及时将列车运行计划、调度指令、突发情况等信息传达至各相关部门;各相关部门需及时反馈工作进展、设备状态、客流情况等信息,配合调度中心开展工作。建立协同考核机制,将各部门的协同配合情况纳入考核范围,对协同高效、执行到位的部门予以表彰,对协同不畅、执行不力的部门进行督促整改。此外,建立应急协同机制,明确突发情况时各部门的联动流程、责任分工和响应时限,定期开展多部门联合应急演练,提升各部门协同处置突发情况的能力,确保快速响应、高效处置,最大限度降低突发情况对调度工作的影响,全面提升调度整体执行效率。

3.5 建立调度效率评估体系,实现持续优化

构建科学完善的调度效率评估体系,对列车运行调度工作的质量和效率进行全面监测、评估,为调度优化提供依据。明确评估指标,涵盖列车准点率、发车间隔执行率、客流适配度、设备故障率、应急处置时长等核心指标,确保评估全面、精准。采用大数据分析技术,实时采集调度工作相关数据,对评估指标进行动态监测和量化分析,及时发现调度工作中存在的问题和不足。建立评估结果反馈机制,定期将评估结果反馈至各相关部门和调度人员,针对存在的问题,制定具体的整改措施,明确整改时限和责任分工,确保问题整改到位。同时,结合评估结果和运营需求变化,持续优化调度方案、完善管理制度、提升设备水平,形成“评估—反馈—整改—优化”的闭环管理,推动调度效率持续提升,为轨道交通高质量运营提供保障。

4 结语

轨道交通列车运行调度优化与效率提升是一项系统性工程,涉及运行计划、人员素养、设备保障、部门协同等多个方面,直接关系到轨道交通运营质量和行业发展。当前,轨道交通调度工作仍存在诸多问题,制约了运行效率的提升。通过优化运行计划、强化人员培养、推进设备智能化升级、完善协同机制、建立评估体系等具体策略,能够有效破解调度难题,提升调度效率和服务质量。未来,需结合轨道交通线网扩张和运营需求升级,持续探索调度优化新思路、新方法,推动调度工作向精准化、智能化、高效化发展,助力轨道交通更好地服务于城市发展和乘客出行。

参考文献:

- [1] 余祖俊,王洪伟,王悉,等.轨道交通自主运行控制技术综述[J].北京交通大学学报,2025,49(05):6-33.
- [2] 刘丽娜.区间中断下基于强化学习的城市轨道交通列车运行调度优化研究[D].北京交通大学,2025.
- [3] 唐国梅,罗庚峰,郝正一,等.轨道交通车辆的智能化控制系统及其应用前景[J].大众标准化,2025,(01):143-145.
- [4] 王天龙.互联互通模式下的城轨车辆调度优化模型研究[D].重庆交通大学,2024.
- [5] 王清永,曲伟强.基于线性规划的城市轨道交通运行调度优化算法[J].吉林大学学报(工学版),2023,53(12):3446-3451.