

# 智慧轨道交通运营管理系统建设研究

王珂 王睿强

安阳钢铁股份有限公司运输作业部 河南 安阳 455000

**摘要:** 随着城市化进程加快与数智技术迭代,智慧轨道交通成为行业发展必然趋势。本文界定智慧轨道交通运营管理系统核心概念,梳理相关理论与技术支撑,剖析当前系统建设中架构不完善、技术融合不深入等问题及成因,设计“感知-网络-平台-应用”四层架构与核心功能模块,提出分期实施路径与保障措施,为系统建设提供实践参考,助力轨道交通实现运营数据化、管控智能化、服务精准化,推动行业高质量发展。

**关键词:** 智慧轨道交通;运营管理;系统建设

引言:当前我国轨道交通运营规模位居全球首位,传统运营管理模式已难以适配大运量、高要求的运营需求,智能化转型迫在眉睫。智慧轨道交通运营管理系统作为转型核心载体,融合物联网、大数据等技术,可破解运营效率低、安全保障弱等痛点。基于此,本文聚焦系统建设展开研究,分析现状、剖析问题、设计方案,为推动轨道交通从“跟跑”向“领跑”跨越、提升运营效能提供理论与实践支撑。

## 1 智慧轨道交通运营管理系统相关理论与技术基础

### 1.1 核心概念界定

(1)智慧轨道交通:以数智技术为核心,融合信息技术与轨道交通业务,与传统轨道交通相比,摆脱人工主导的运营模式,依托智能技术实现协同管控,核心特征为“数据驱动、智能协同”,实现运营全流程的智能化升级。(2)运营管理系统:核心功能涵盖行车组织、设备运维、客流管理、安全保障四大模块,统筹列车运行、设备养护、客流调控及安全防控,是轨道交通高效运营的核心支撑。(3)智慧轨道交通运营管理系统:本文核心研究对象,整合多技术构建“感知-传输-分析-决策-执行”全流程闭环,实现运营数据化、管控智能化、服务精准化。

### 1.2 相关理论支撑

(1)物联网理论:通过部署各类感知终端,实现列车、轨道等设备的实时感知与数据采集,为智慧轨交的感知层建设提供核心理论支撑。(2)大数据与云计算理论:大数据技术处理运营海量数据,云计算平台提供高效存储与分析能力,二者协同为智能决策提供科学理论依据。(3)数字孪生理论:构建轨道线路、设备的虚拟镜像,通过仿真模拟实现设备全生命周期运维,支撑系统精准管控与优化。

### 1.3 核心技术支撑

(1)感知层技术:整合传感器融合、北斗定位、视频监控等技术,实现对列车运行、轨道状态、车站环境的实时精准感知。(2)传输层技术:以5G、FR5G专网、SDN/NFV技术为核心,保障数据传输低时延、高可靠、广连接,打通数据传输壁垒。(3)应用层技术:集成人工智能、数字孪生、区块链等技术,实现客流预测、故障诊断、虚拟仿真等功能,支撑系统核心功能落地。

## 2 智慧轨道交通运营管理系统现状分析与问题剖析

### 2.1 智慧轨道交通运营管理系统发展现状

(1)行业发展现状:我国智慧轨道交通建设成效显著,已形成完整产业链,截至2023年底运营里程达1.04万公里,占全球60%以上,GoA4级全自动运行线路覆盖20余城、超50条。试点项目主要分布在一二线及新一线城市,5G、人工智能等技术逐步普及,推动行业从“跟跑”向“领跑”跨越。(2)系统建设现状:现有系统以“云数智”为核心架构,涵盖行车调度、设备运维等核心模块,在行车调度上实现精准管控,设备运维依托感知技术降低故障率,乘客服务通过智能终端提升便捷度,有效提升了运营效率与服务质量。(3)典型案例分析:北京燕房线作为国内首条GoA4级全自动线路,实现全流程无人值守;上海地铁运用5G+车地通信技术实现故障预警;广州地铁优化智能调度系统,提升客流管控能力,三者均为行业提供了可借鉴的建设经验。

### 2.2 系统建设存在的主要问题

(1)系统架构不完善:各子系统独立运行,数据接口不统一,存在“烟囱式”困境,形成信息孤岛,导致全网协同调度能力不足,难以实现资源高效整合。(2)技术融合不深入:新技术与传统运营模式脱节,部分项目技术应用流于表面,未充分挖掘数据价值,未能实现运营全流程数据驱动,技术优势未转化为运营效能。(3)安全保障体系薄弱:网络与数据安全防护存在短

板,缺乏完善的加密与预警机制,设备故障预警精度不足,应急处置响应滞后,难以应对复杂安全风险。(4)人才与运维不足:行业缺乏既懂轨道交通运营又掌握信息技术的复合型人才,同时系统后期运维资金与人员保障不足,运维体系不完善,影响系统长期稳定运行<sup>[1]</sup>。

### 2.3 问题产生的原因分析

(1)顶层设计缺失:缺乏系统性规划与统一标准,各建设环节缺乏协同,导致系统架构混乱、数据互通困难,难以形成一体化运营格局。(2)技术选型不合理:部分项目盲目追求技术先进性,未结合自身运营需求选择适配方案,导致技术与实际业务脱节,无法充分发挥应用价值。(3)资金与人才投入不足:智能化建设成本高昂,长期运维资金保障不足,同时复合型人才培养滞后,人才供给与行业需求脱节,制约系统优化升级。

## 3 智慧轨道交通运营管理系统建设方案设计

### 3.1 系统建设目标与原则

(1)建设目标:短期聚焦基础建设与试点应用,完成感知终端部署、核心数据中台搭建,选取1-2条典型线路开展试点,实现基础运营数据的采集与初步分析;中期推进系统集成与规模应用,打破子系统数据壁垒,实现行车、运维、客流等核心功能的智能化升级,扩大应用范围至全网重点线路;长期达成全面智能化目标,构建“数据驱动、智能协同、全链可控”的运营管理体系,聚焦安全提升、效率优化、服务升级三大核心,实现运营全流程无人化、精准化管控。(2)建设原则:遵循实用性原则,贴合轨道交通实际运营需求,优先落地核心刚需功能;遵循兼容性原则,适配现有系统与设备,降低改造与集成成本;遵循安全性原则,构建全流程安全防护体系,保障数据与设备安全;遵循可扩展性原则,预留技术升级接口,适配未来业务拓展;遵循经济性原则,合理控制建设与运维成本,实现投入产出最大化。

### 3.2 系统总体架构设计

(1)感知层设计:在列车、轨道、车站、区间等全场景部署多源传感器、北斗定位设备、高清视频监控终端,整合环境监测、设备状态感知、客流检测等功能,构建全场景、高精度的感知网络,实现运营全要素数据的全面、实时、精准采集。(2)网络层设计:采用分级安全防护架构,划分核心区、业务区、终端区,落实分级管控;整合5G专网、FR5G技术与传统专用通信网络,结合SDN/NFV技术优化网络架构,实现数据的低时延、高可靠、广连接传输,达成异构网络无缝融合。(3)平台层设计:构建湖仓一体的数据中台,实现多源数据的

整合、清洗、存储与共享,打破数据孤岛;搭建数字孪生引擎,构建轨道线路、设备、车站的虚拟镜像,实现运营场景的仿真模拟与全生命周期管理,为上层应用提供核心支撑<sup>[2]</sup>。(4)应用层设计:分模块搭建核心应用子系统,涵盖行车组织、设备运维、客流管理、安全保障、乘客服务五大模块,各子系统互联互通,协同实现运营全流程智能化管控,满足不同业务场景需求。

### 3.3 核心功能模块设计

(1)智能行车调度模块:基于大数据与AI技术实现客流精准预测,联动列车自动驾驶系统,实现行车计划动态调整与协同调度;搭建应急决策平台,快速响应突发情况,提升行车效率与准点率。(2)智能设备运维模块:依托感知层数据与大数据分析技术,实现轨道、列车、供电等设备的故障预测与健康评估,推行预测性维护模式,减少人工运维工作量,降低运维成本与故障发生率。(3)智慧客流管理模块:通过视频监控与客流传感器实时监测车站、车厢客流密度,智能生成客流疏导方案,联动行车调度调整运力匹配,优化乘客换乘引导,提升乘客出行便捷度与舒适度。(4)全流程安全保障模块:整合设备安全监测、网络安全防护、应急处置功能,构建全周期安全防护体系,实现安全风险实时预警、故障快速处置、应急流程标准化,保障运营安全。

### 3.4 系统建设的关键环节

(1)数据标准统一:制定统一的数据采集、存储、传输与接口标准,明确数据编码、格式要求,规范数据管理流程,打破各子系统数据壁垒,实现数据互通共享与高效利用。(2)技术选型与集成:结合运营实际需求,优先选择成熟、适配的核心技术,避免盲目追求先进性;重点推进新技术与现有系统、设备的无缝集成,降低集成难度与改造成本,确保系统稳定运行。(3)试点测试与优化:选取客流密集、运营场景典型的线路开展试点应用,全面测试系统功能、性能与兼容性,收集运营人员与乘客反馈,针对性优化系统漏洞与功能短板,逐步推广至全网应用。

## 4 智慧轨道交通运营管理系统建设实施路径与保障措施

### 4.1 系统建设实施路径

(1)前期准备阶段:全面开展运营需求调研,梳理行车、运维、客流等各环节痛点难点,结合行业标准与城市轨交发展规划,完成顶层设计与技术论证,明确系统建设方案、实施步骤、时间节点及责任分工,形成科学可行的实施计划,为后续建设奠定坚实基础。(2)分期建设阶段:按照“分层推进、重点突破”的原则,

按感知层、网络层、平台层、应用层的顺序分期实施。优先部署感知层终端与核心应用模块,完成基础数据采集与传输能力建设;再逐步推进网络层优化、平台层搭建,最后完善各应用子系统集成,确保建设过程有序高效,降低建设风险。(3)测试验收阶段:系统建设完成后,开展全面测试工作,包括系统联调测试、性能测试、安全测试及业务适配测试,模拟各类运营场景,排查系统漏洞与性能短板;邀请行业专家、运营单位共同参与验收,对照建设目标与需求,确认系统满足运营要求后,完成验收流程并正式投入使用<sup>[3]</sup>。(4)运维优化阶段:建立常态化运维机制,组建专业运维团队,负责系统日常运行监测、故障排查与设备维护;持续收集运营数据与用户反馈,分析系统运行瓶颈,针对性优化功能模块与性能参数,实现系统迭代升级,确保系统长期稳定适配运营需求。

#### 4.2 建设保障措施

(1)政策保障:密切对接国家及地方关于智慧轨道交通建设的相关政策、产业规划与标准规范,积极争取政策支持与引导,将系统建设纳入地方轨交发展重点项目,规范建设流程、明确建设标准,确保建设工作合规有序推进。(2)资金保障:建立政府主导、企业参与的多元化资金投入机制,争取政府专项补贴与财政拨款,吸引社会资本参与建设;合理规划资金使用,优先保障核心环节与重点模块投入,同时预留充足的后期运维资金,确保资金稳定供应,保障建设与运营顺利开展。

(3)人才保障:加强复合型人才培养与引进,与高校、科研机构合作,开设相关专业课程,定向培养既懂轨道交通运营又掌握信息技术的专业人才;完善人才引进激励机制,吸引行业资深人才加入,组建专业的技术研发与运维团队,为系统建设、运维与优化提供人才支撑。

(4)安全保障:构建全方位、多层次的安全防护体系,落实网络安全等级保护要求,加强数据加密、访问控制与安全监测,防范网络攻击与数据泄露;定期开展安全检测、漏洞扫描与应急演练,完善应急处置预案,提升系统安全防护与应急响应能力,保障系统稳定安全运行<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 系统建设效能评估

(1)评估指标体系:构建科学全面的评估指标体系,涵盖安全、效率、服务、成本四大核心维度,其中安全指标包括故障发生率、应急响应时间等,效率指标包括行车准点率、运维效率等,服务指标包括乘客满意度、换乘便捷度等,成本指标包括运维成本、建设投入回报率等,实现系统建设成效的量化评估。(2)评估方法与流程:明确评估步骤与方法,采用定量与定性相结合的方式,通过对比系统建设前后的运营数据,分析指标变化情况,结合专家评审、用户反馈,全面评估系统应用效果;制定规范的评估流程,定期开展效能评估,确保评估结果客观准确<sup>[5]</sup>。(3)优化建议:根据效能评估结果,梳理系统运行中的不足与短板,结合运营需求变化,提出针对性的优化方向与具体措施,重点完善薄弱功能模块、优化系统性能,推动系统持续完善,充分发挥智慧化建设的核心价值。

#### 结束语

智慧轨道交通运营管理系统建设是推动轨道交通行业数字化、智能化转型的关键举措,也是提升运营效能、保障出行安全、优化服务质量的核心路径。本文通过系统研究,明确了系统建设的理论技术基础、现存问题及解决方案,提出了切实可行的实施路径与保障措施。未来需持续优化系统架构、深化技术融合,补齐人才与运维短板,推动系统迭代升级,助力轨道交通行业实现高质量发展,为城市公共交通可持续发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]黄超.浅谈智慧城市轨道交通运营管理信息化建设[J].中国新技术新产品,2021,9(16):160-165.
- [2]马刘炳.智慧城市轨道交通与城市规划一体化探析[J].智能建筑与智慧城市,2022,10(11):122-124.
- [3]郭巍.城市轨道交通运营管理信息化建设探讨[J].机电信息,2021,9(33):134-135.
- [4]马旭,尹航.智慧城市轨道交通运营管理信息化建设研究[J].交通世界,2020,6(3):112-113.
- [5]陈奉吾.智慧城市轨道交通运营管理信息化建设[J].工程技术研究,2022,5(17):152-153.