

中低运量轨道交通系统“数智化”发展分析

王良良 康 旭 朱 越 赵雨倩

(中车浦镇阿尔斯通运输系统有限公司, 241060, 芜湖)

摘 要 [目的] 随着轨道交通技术的快速发展, 以及城市公共交通智慧化的提升, “数字化”及“智慧化”的概念已经延伸并在城市轨道交通系统中得到推广, 已逐渐转变为轨道交通进化的主要目标, 但如何实现以及具体的推进方式尚不清晰, 需对轨道交通“数智化”的实现路径及相关影响进行分析。[方法] 分析了中低运量轨道交通发展现状; 总结了轨道交通“智慧化”概念的发展过程; 提出采用“智慧化”设计来提高中低运量轨道交通运营效率、降低维护成本, 并借助中低运量轨道交通规模轻量化特征及技术上的后发优势, 设计中低运量轨道交通“数智化”推进方案; 分析了“数智化”推进方案的优势及“数智化”对轨道交通系统设计及运维的影响。[结果及结论] 基于中国中车的“数智化”战略, 结合轨道交通技术的快速发展, 中低运量轨道交通的“数智化”发展将能极大地推动轨道交通行业向“智慧化”转变的进程。

关键词 中低运量轨道交通; 数字化; 智慧化; 数智化

中图分类号 U29-39

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2024.09.060

Analysis of the Digital-Intelligent Development of Medium and Low Capacity Rail Transit System

WANG Liangliang, KANG Xu, ZHU Yue, ZHAO Yuqian

(CRRC Puzhen Alstom Transportation System Limited, 241060, Wuhu, China)

Abstract [Objective] With the rapid development of rail transit technology and intelligent improvement of urban public transportation, the digital and intelligent concept extends and spreads widely in urban rail transit system, gradually becoming the main goal of rail transit evolution. However, how to achieve the goal and implement concrete promotion mode is not clear, so it is necessary to analyze the realization path and related effects of digital intelligent rail transit. [Method] The development status of the medium and low capacity rail transit is analyzed. The development process of intelligent concept of rail transit is summarized. The intelligent design is proposed to improve the operation efficiency and reduce the maintenance cost of the medium and low capacity rail transit. The digital-in-

telligent promotion scheme for the medium and low capacity rail transit is designed by means of its lightweight scale characteristics and second mover advantage in technology. The advantages of the digital-intelligent promotion scheme and the influence of digital intelligent on rail transit design, operation and maintenance are analyzed. [Result & Conclusion] Based on the digital-intelligent strategy of CRRC (China Railway Rolling Stock Corporation) and with the rapid development of rail transit technology, the digital-intelligent development of medium and low capacity rail transit will greatly promote the transformation process of rail transit industry to intelligence.

Key words medium and low capacity rail transit; digital; intelligent; digital-intelligent

2022 年 7 月, 住房和城乡建设部与国家发展改革委联合发布的《“十四五”全国城市基础设施建设规划》提出: “十四五”期间, 根据城市规模分类推进城市轨道交通建设。I 型大城市应结合实际推进轨道交通主骨架网络建设, 并研究利用中低运量轨道交通系统适度加强网络覆盖, 尽快形成网络化运营效益; 符合条件的 II 型大城市应结合城市交通需求, 因地制宜推动中低运量轨道交通系统规划建设。由此可见, 中低运量轨道交通系统已成为城市公共交通的重要选项之一。

凭借着规模轻量化的特征及技术上的后发优势, 中低运量轨道交通更利于开展相关前沿技术的探索和验证。由于新兴技术推广速度较快, 逐步实现“智慧化”已然成为中低运量轨道交通的重要课题。

1 中低运量轨道交通发展现状

基于市场需求的增加, 中低运量轨道交通也得到快速发展, 总体呈现三大特征: 产品种类百花齐放, 自动驾驶等级快速提升, 全生命周期成本控制愈加重要。

1.1 产品种类百花齐放

从钢轮钢轨到胶轮路轨, 从独立路权到混合路

权,从滚动行进到磁浮推进,中低运量轨道交通多种制式快速发展,可谓百花齐放。根据相关标准的定义^[1],当前典型中低运量轨道交通制式类型如图1所示。此外,由于受限于共享路权,虚拟轨道电子导向系统自动驾驶等级并未显著提升,但在自主感知、运行环境检测等智能化技术方面发展迅速,一旦技术验证成熟,其自动驾驶等级有可能实现快速提升。

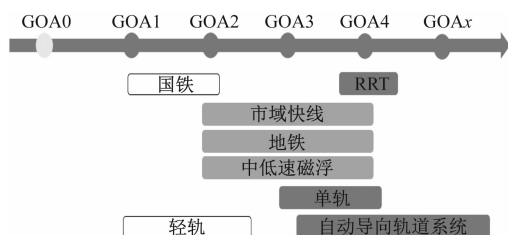


图1 中低运量轨道交通制式类型

Fig.1 Types of medium and low traffic volume rail transit system

1.2 自动驾驶等级快速提升

在不考虑部分系统受共享路权以及建设时间影响的情况下,总体而言,新型中低运量轨道交通系统自动驾驶等级已快速提升。目前轨道交通线路自动驾驶等级分布如图2所示。



注:GOA—自动化等级;RRT—快速轨道交通。

图2 轨道交通线路自动驾驶等级分布

Fig.2 Autonomous driving level distribution of rail transit lines

1.3 全生命周期成本控制愈加重要

中低运量轨道交通在国内应用以来,就自带“降低造价”的使命,同时随着各级客户对轨道交通全生命周期运维成本关注度的提升,中低运量轨道交通将持续面临诸多挑战:①直接建设成本相对运能需求的经济性;②服务水平、可靠性与客户预期的相符性;③以降低日常运营难度及人员成本为目的的自动化、智能化功能开发;④以降低运维工作量及成本为目的的智能运维功能开发;⑤以打通最后一公里为目标,建立中低运量与城市公共交通体

系的有效融合并促使整个公共交通网络更高效运营。

总体而言,中低运量轨道交通市场的竞争将更加激烈且务实。如何在保证服务质量的基础上提升产品竞争力,是发展不同中低运量轨道交通制式中需要重点思考的问题。相对于有限的成本压缩空间,采用“智慧化”的设计来提高运营效率并降低维护成本是更优的解决方案。

2 “智慧化”概念的发展过程

国内最早于2006年提出关于轨道交通“智能化”的概念及要求^[2],而“智慧化”正是由“智能化”演变而来。经过近17年的探索与发展,我国轨道交通在多个方面取得了显著的成果及进步:先进通信、计算机及系统集成技术的研究及应用,自动化等级越来越高的国产信号系统,视觉分析、状态监测及数字孪生技术的研究及应用,智慧车站、智慧场段及智慧列车技术的研究及应用,等等。

当前我国轨道交通正处于自动化程度日趋完善、智慧化技术多点突破的阶段。但智慧化功能相对局限且经济性不佳,距离中国城市轨道交通协会2020年发布的《中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要》中提出的设想仍有显著的差距^[3]。本文将基于中国中车所提出的“数智化”理念,来尝试梳理中低运量轨道交通智慧化的实现路径及相关影响。

3 “数智化”推进路线及影响

3.1 “数智化”的内涵及目标

可将“数智化”的内涵概括为两个方面:轨道交通系统的数字化,以及线路运营、维保管的智能。 “数智化”的目标是以“数智化”的内涵作为途径,并在此基础上最终实现智慧化。

3.2 “数智化”推进路线

“数智化”的主要特征是:以智能化大脑作为系统运营指挥及维保管的主体,以数字化分身作为系统状态收集及呈现的主体,以独立的行车控制系统作为系统运行的执行主体。所谓数字化分身,是基于各轨道交通子系统数字化,针对各专业子系统的的数据进行分析及构型,并通过直接可识方式所展现的系统数据模型。

由于当前行车控制系统已经较为完善,因此“数智化”的推进路线可通过以下步骤实现。

1) 构建数字化分身,运营实体与数字化分身

“双线运行”。将整个轨道交通系统乃至直接关联系统进行数字化,构建轨道交通系统的数字分身,将现实与数字空间进行关联及独立。数字分身应至少包括轨道线路、车站、车场、车辆及所有关键的系统设备。数字化分身将实现全系统信息及数据的收集,并以更加直接、高效的方式呈现给智能化大脑,系统运行状态信息将以连续逻辑化及场景化的方式取代当前信息化的呈现方式。当前主流的系统监控技术与数字化分身的差异如图3所示。



图3 当前系统监控技术与数字化分身差异

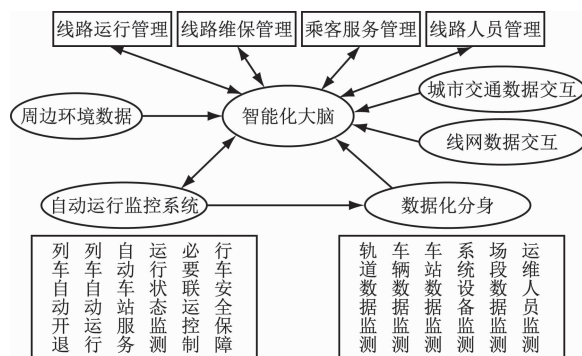
Fig. 3 Difference between the current system monitoring technology and digital clone

2) 搭建智能化大脑,实现自主化、智慧化运维管理。以制式及产品平台的运维管理为基础设计线路级智能化大脑,以线网级运营控制为基础规划线网级智能化大脑。通过创建基于制式或产品平台的专家数据库以及功能逻辑模型,实现初步的维护管理智能化;通过场景化、标准化的运营模式搭建,创建城市轨道交通线网运营控制模型,实现运营控制的智能化。基于数字分身及外部环境感知等技术,智能化大脑可进行信息分析决策、自主负责轨道交通运营及维保的系统化管理。

3) 既有行车控制及监控系统的简化。智慧化的进程必然是长期和反复迭代的。基于数字分身及智能化大脑的建设,可将既有行车控制系统及监控系统简化。既有的行车控制系统将剥离除行车控制及行车安全保障之外的功能,形成平台化、标准化的安全子系统;系统运行指挥及维护管理功能由智慧化大脑实现;监控系统将仅执行末端的数据采集,数据分析及整合功能将由智能化大脑替代。

通过上述步骤的实施,智能化大脑可管理线路的自动应用及维护,行车控制系统执行列车运行及安全,数字化分身提供完整的状态监视及显示。线

路运维管理人员将完全依据智能化平台开展相关工作。构建智能化大脑后的系统控制功能切分如图4所示。



注:“列车自动开退”是指列车自动开始运营、退出运营。

图4 智能化控制系统功能切分

Fig. 4 Functional segmentation of intelligent control system

3.3 “数智化”优势

基于实现智慧化的最终目标,本文提出的“数智化”推进路线具有以下典型优势。

1) 将技术已基本稳定的行车控制系统与需长期演进的数据收集、状态监测系统以及智能分析决策系统进行划分,则能够在满足系统基础运行功能安全及稳定的前提下,不干扰系统智能化的持续完善;

2) 建立数字化分身,可实现信息数据收集、数字构型的专业化,可为智能化分析提供充分的数据基础,同时还可优化系统信息的呈现方式;

3) 设置独立的智能化系统,将运维管理、状态诊断、数据分析、故障自学习、乘客服务等需从数据中制定管理决策的功能,集中在数据分析及处置能力强大的智能化大脑中实现;

4) 以一条线路作为整体进行数字化、智能化架构搭建,将“车、地、人、设”的信息进行汇总及逻辑关联,实现系统表现与系统状态关联、系统状态与运维计划关联、系统故障与处置计划关联,通过对智能化大脑的训练,实现线路管理系统的智能化。

3.4 “数智化”影响

“数智化”技术的发展,将给轨道交通行业带来近乎颠覆式的转变,而这些转变将直接体现在系统设计和系统运维方式上^[4]。

3.4.1 系统设计改变

1) 系统架构重构。在既有系统架构的设计上,增加数字化分身、智能化管理两大系统。既有的行车控制系统,将更加关注执行层的行车控制及行车

安全保障;数字化分身将执行信息数据收集及数字化构型;智能化管理系统将基于数据分析及学习,在运营管理、系统维护等方面发挥智能大脑的作用。

2) 机电子系统的数据功能进一步提升。既有的机电系统主要围绕系统的运行控制及必要的状态监控开展设计,数据功能难以充分应用,且仍有进一步数据挖掘的潜力。核心机电系统自身状态监测是推广状态修最有效的解决途径。结合数字化分身,实现关联数据的逻辑关联后,智能化系统即可开展最大化的状态分析及预测,助力最大化状态修的实现。

3) 各机电子系统运维平台数据库真正建立。随着智能化系统的推进,将实现维护管理平台的标准化及规范化,进而实现有效的状态分析、故障分析、专家库培育、故障处置策略、物料及工具管理、维护计划制定等智能化功能。推动各机电子系统根据标准化要求,建立平台化的维护数据库。该维护数据库完成智能化的培训后,将使智能化系统具备快速可复制性。

4) 轨道交通系统将与城市公共交通指挥系统逐步实现智慧融合,轨道交通系统单线设计理念将彻底向线网集成式设计理念转变,单线控制系统将由城市级智慧大脑完全替代。

3.4.2 系统运维改变

1) 基于数据的丰富及“智慧化大脑”的平台化,系统运维的组织架构及管理模式将由线路级管理向网络级管理转变,管理的方式将依托网络模型进行演变,线路级的运维组织将大大简化。

2) 系统运营控制由人工管理向智能化管理转变,维保管理体系围绕智能化平台进行搭建。

3) 基于数智化场景,运维服务体系将实现高度的无人化、工作平台智能化以及高效化。

4) 系统维保的合理性将得到大大提升。随着系统状态数据的进一步挖掘,智能化大脑数据分析能力将得到提升,数据逻辑性分析功能的应用以及基础数据库的应用将使系统状态修的范围快速扩大,系统故障修将显著降低。

5) 系统状态与维保管理完全关联。实时信息的数字化以及智能化系统维护的逻辑化,能够真正实现状态关联运营、状态联动维保、维保联动专家库、专家库联动数字化分身、数字化分身提供智能化决策的完全数字化闭环,专家系统将充分发挥影

响和效益,系统维保的“人”“机”“料”“法”将实现全数字化衔接,系统信息将完全透明,系统状态将一眼可见。

4 结语

随着轨道交通技术的快速发展,“数智化”乃至最终的“智慧化”时代终将来临,而中低运量轨道交通所具备的特征以及市场所寄予的期待,将有可能极大地推动实现进程。但关于中低运量轨道交通系统应该建设怎样的智慧化及如何建设智慧化轨道交通等问题,暂时没有标准答案。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部标准定额研究所. 城市轨道交通工程基本术语标准:GB/T 50833—2012[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012:2.
Standard Quota Research Institute of the Ministry of Housing and Urban Rural Development of the People's Republic of China. Standard for basic terminology of urban rail transit engineering: GB/T 50833—2012 [S]. Beijing: China Construction Industry Press, 2012: 2.
- [2] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科技发展纲要(2006—2020年)[R/OL]. (2006-02-09) [2024-02-20]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_240244.htm.
State Council of the People's Republic of China. National medium- and long term scientific and technological development outline (2006—2020) [R/OL]. (2006-02-09) [2024-02-20]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_240244.htm.
- [3] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通发展战略与“十四五”发展思路报告[R/OL]. (2021-11-26) [2024-02-20]. <https://t.cj.sina.com.cn/articles/view/1002429827/3bbfdd83019012e21>.
China Association of Metros. Report on urban rail transit development strategy and 14th Five Year Plan development ideas [R/OL]. (2021-11-26) [2024-02-20]. <https://t.cj.sina.com.cn/articles/view/1002429827/3bbfdd83019012e21>.
- [4] 李义岭. 城市轨道交通智能化及可持续发展现状与展望[J]. 现代城市轨道交通, 2017(4): 100.
LI Yiling. Current status and prospects of intelligent and sustainable development of urban rail transit [J]. Modern Urban Rail Transit, 2017 (4): 100.

· 收稿日期:2024-04-09 修回日期:2024-05-15 出版日期:2024-09-10
Received:2024-04-09 Revised:2024-05-15 Published:2024-09-10
· 通信作者:王良良,高级工程师, wang.liangliang@pats-crrc.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license