

# 新基建体系支撑下的城市轨道交通运维模式刍议

顾正宜

(中铁上海设计院集团有限公司, 上海, 200070 // 高级工程师)

**摘要** 当前以大数据等新兴信息技术为主导的城市轨道交通运维创新方案探索不断呈现。从当前政策形势、需求痛点、总体原则、应用场景等多个方面,对新兴信息技术在城市轨道交通行业的合理适配进行了分析。提出了以降本增效为宗旨、以组织管理为核心、以顶层设计为先导的城市轨道交通企业新型运维模式建设思路。

**关键词** 城市轨道交通; 新型基础设施建设; 运营维护模式; 大数据; 信息化

**中图分类号** U231.94

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2021.07.001

## Discussion on Operation and Maintenance Mode of Urban Rail Transit under Support of New Infrastructure System

GU Zhengyi

**Abstract** At present, innovative solutions of urban rail transit operation and maintenance led by emerging information technologies such as big data are constantly being explored. Reasonable adaptation of emerging information technologies in urban rail transit industry is analyzed from aspects including current policy situation, demand pain points, general principles, application scenarios. Thinking of enterprises new operation and maintenance mode construction, which takes cost reduction and efficiency increase as the purpose, organization and management as the core and top-level design as the guide, is put forward.

**Key words** urban rail transit; new infrastructure construction; operation and maintenance mode; big data; informatization

**Author's address** China Railway Shanghai Design Institute Group Co., Ltd., 200070, Shanghai, China

当前,人工智能、大数据、物联网、云计算、5G通信等先进信息技术已成为国家新型基础设施建设(以下简称“新基建”)的热点研究方向。城市轨道交通结合新基建的技术特点,融合自身运营维护需求,开展模式创新,这是目前全国各地城市轨道交通

运维创新的重要路线。基于全国各地的实践案例和发展思路,本文就当前新基建体系支撑下城市轨道交通运维模式总体创新趋势及体会做一些分析及分享。

## 1 政策、态势及企业现状

2017年,习近平总书记在中国共产党第十九次全国代表大会的报告中提出:贯彻新发展理念,深化供给侧结构性改革,推动大数据、人工智能和实体经济的深度融合,尤其要加强铁路等基础设施网络建设。2020年,国家发展和改革委员会再次解读新基建时提出:以5G通信、物联网、工业互联网等为代表的通信网络基础设施,以人工智能、云计算等为代表的新技术基础设施,以数据中心等为代表的算力基础设施,要支撑传统基础设施转型升级。2020年,中国城市轨道交通协会颁布的《中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要》中提出了“交通强国,城轨担当”的发展理念。显然,基于新兴信息技术赋能传统交通基础设施,尤其是在城市轨道交通领域进行应用落地,实现高质量发展,是行业、地区乃至国家数字化转型的总体趋势。

但与此同时,也应看到城市轨道交通企业的运营现状特点:一是企业营收相对单一。2019年全国平均运营收支比为72.7%,同时非票务收入比重偏低。二是部分地区的线路实际开通后,客流与预期有较大偏差,导致运营成本压力较大,政府各项补贴成为企业运营收入的重要来源。三是成本构成中与人工相关的成本支出占比较大,约占50%左右;电力能源消耗成本占比也要在10%以上。四是随着线网规模化、运营长期化后,设备系统的大修更新改造费用将逐渐成为企业(特别是开通运营10~20年的城市轨道交通企业)开支中不可忽视的重要部分。五是企业债务负担随着线网扩张而不断增加,特别是当实际客流与预期不符时尤甚。

综上所述,城市轨道交通企业在承担社会公共

运输服务职责时,如何保证企业自身的良性可持续发展是其关键。因此,切实改善支出成本比例,优化企业组织架构,降低能源消耗,改良设备、装备,以及创新的运营维护体系等,是其重要方面。对于新基建作为技术手段如何赋能城市轨道交通产业实现降本增效,结合国家部委、行业协会的宏观理念进行信息化创新,是近几年各地城市轨道交通企业研究的热点及焦点。

## 2 新型运维体系建设原则

1) 确保优先满足公共交通服务质量前提下,着力优化运维成本。2019 年,国务院颁布的《交通强国建设纲要》提出“全国 123 出行交通圈”概念,要求确保都市区 1 h,都市圈 2 h 通勤保证。这是城市轨道交通合理存在的首要前提。探索灵活、柔性的行车组织方式,有助于在保障乘客通勤体验时,优化整体运营成本,逼近最优运行效率。相对 2 h 及以上中长途运输场景对交通工具乘坐舒适性的要求,短途运输乘客对车次频率、准点率更为敏感,因此提供标准化、无差别群体运输服务是可以接受的。

2) 凝炼聚焦与运输服务强相关的功能需求,有助于提升运输效率的功能,因此是值得强化和研究创新的。具体来说,主要分为外部需求和内部需求两类。外部需求聚焦与乘客出行关联度较高的业务,如购票、安检、过闸、换乘等体验及效率优化,着力提升运输效率,强化公共运输的社会效益及效率的核心价值,可以进一步吸引客流来正向反馈以提升企业营收。内部需求着力于:优化企业管理,减少组织内耗;提升服务品质,优化修程修制;赋能状态预测维修模式,提高应急抢修反应速度等措施。

## 3 新基建支撑体系下城市轨道交通运维模式若干问题探讨

### 3.1 基于核心业务导向的系统创新路线

应当持续探索强化城市轨道交通的通勤运输优势,最大化其社会公共属性收益,包括:① 提供面向乘客的承运便利性。结合区块链技术、5G 通信、人工智能生物识别、智能识别算法,赋能传统业务提升效率,提供跨地区票务清分结算、线上线下快速购票、安检互信和快速进站模式,提升用户服务品质。② 优化换乘方式。通过手机终端感知、客流图像采集、票务过闸信息等方式,对车站实时客流进行采集,当累积一定周期的大数据后,利用算法

模型即可优化车站客流组织流线,以及大客流预警功能,提升车站及车辆运转组织效率。

### 3.2 基于成本导向的系统创新路线

城市轨道交通企业具有部分事业单位属性,但本质上还是企业,需要确保组织可持续发展。虽然当前普遍采用政府补贴等方式对城市轨道交通企业进行输血,但这也取决于当地政府的财政实力。2018 年,国务院发布的《关于进一步加强城市轨道交通规划建设管理的意见》中再次强调了城市轨道交通建设的科学性,也从一个侧面反映出政府对公共项目债务风险的控制。那么对于新建和改建城市轨道交通项目,利用新基建技术赋能,降低人工投入、节能减排、预测维护,最终实现整体运维成本的有效控制,是实现城市轨道交通企业可持续发展的重要切入点。

### 3.3 创新场景探索

1) 基于信用快速安检创新。当前,城市轨道交通运输中一个较为普遍的矛盾是客流高效进站乘车与繁琐安检程序之间的矛盾。在国家建立完善社会信用体系的总体背景和指导思想下,探索以城市多维度大数据分析为支撑的乘客综合评价体系;同时,配以快速分流、可信免检进站模式,以信用评估为支撑,以实名购票验证为措施,探索快速进站的新管理模式,在有效提升客流速度的同时保障运营安全,同时兼顾降低运营成本。这是利用信息化大数据优势的一个重要场景。

2) 应急抢险驻点评估创新。当城市轨道交通出现故障、事故或灾害时,局部阻塞造成的蝴蝶效应将会波及社会正常秩序,因此,快速反应、排障恢复是城市轨道交通企业的重要责任。特别是在网络化运营趋势下,当城市轨道交通企业维护保障资源有限时,驻点的选取、仓库配件数量及种类、人员配比将变得尤为重要。因此需要基于灾害事故的重要性、发生概率、人员车辆实际到场的时间、不同类型故障恢复时间等多维数据的采集、分析,以科学的算法模型进行分析并提供咨询意见,将驻勤保障点优化至最佳地理位置,为城市轨道交通排障快速恢复提供有效支撑,将社会通行秩序影响降至最低。

3) 车站运营管理创新。通过基于 BIM(建筑信息模型)建模的数字孪生技术,以及车站风、水、电、电扶梯等各类设备的智能化、信息化数据采集和控制,实现基于大客流、启用/关闭车站、灾害处

置疏散等场景的动态可调节精细化控制,实现现场机电系统一体化协同动作,实现时滞性系统(如通风空调系统)的低时延输出;在显著改善车站环境的同时,简化工作人员的操作复杂度,降低从业人员专业门槛;同时,以人工智能、双驱算法来辅助决策及精细动作,提高整体运营水平,甚至在将来实现无人化、少人化车站管理。

4) 机电设备维护创新。机电设备运维很大程度上依赖于修程修制的规定和维护人员的长期经验及主观评估。当然,这些方法经过验证显示基本可行。但是,随着城市轨道交通规模化发展,维护人员的需求缺口极速扩大,人员素质和经验难以稳定保障;同时新设备、新型号的迭代更新仅依赖经验和既有章程已很难适应当前城市轨道交通企业对系统设备的持续高质量运行要求。为此,当前基于设备特征数据采集、分析的运维创新模式应运而生,例如基于图像识别的自动化巡检设备、基于传感器采集的“物理+数据”双驱模型预测维护等的应用,都能很大程度提高和改善运维水平。但当前创新试点还是以数据积累、算法优化为主,还需要较长时间的数据积累对算法及结果进行验证。

5) 车辆装备运维创新。城市轨道交通电客列车作为城市轨道交通的核心资产,是整体运输服务的主力,也是能源消耗、运维保障成本的主要组成部分。目前,基于物联网信息采集、大数据云、人工智能算法支撑的车辆修程修制创新在几大车辆制造企业的推动下,预测修、状态修的模式不断得到验证改良。有数据表明,中国国家铁路集团有限公司在2020年对动车组、机车车辆实施的修程修制实施的改革,使全年动车组高级修方面支出减少120亿元,在机车车辆大修方面支出减少160亿元,在货车维修方面支出减少18亿元左右,能够为整体运维成本优化做出较大贡献。

### 3.4 新基建云架构体系建设实践及未来走向

#### 3.4.1 当前实践现状

在中国城市轨道交通协会的倡导下,基于云计算、大数据等先进信息技术的“城轨云”架构体系在全国各地开展了部分试点创新,不断探索以业务融合为方向的云架构体系,同时各类专业云方案也在不断试点和验证中。云架构方案的概念和理念也在各方共同推动下不断得到修正和优化。

但是,也应看到,当前方案的着力点是以服务器虚拟化为重点,提供以IaaS(基础设施即服务

的云架构服务模式)层应用软件运行环境为交付条件的综合生产业务云技术架构。业务与业务之间的接口并没有完全突破原业务系统架构体系。笔者认为“虚拟烟囱化”可能依然存在。而为了实现虚拟资源池化所搭建的数据中心机房、大带宽传输系统、服务存储阵列设备及异地容灾措施的投入所换来的价值并未完全释放。另一方面,云架构化伴随带来的“隐形中间层”,为管理分工、权责划分、运维界面等非技术层面的管理问题,提出了需要进一步完善解决的方向。

#### 3.4.2 未来走向

当前云架构主流方案在信息化基础设施,如数据中心机房、服务器集群、传输网络、虚拟化等方面,已经形成了行业基本共识和成套体系方案,但是对新基建所涉及的价值创造方面,尚具有进一步提升和挖掘的潜力。主要体现在:

1) 大数据云平台的最终运用目标:新基建倡导的新兴信息技术,助力的是宏观的、整体的应用,至少是城市级的数据应用,而局部、微观、短期的数据应用创新并非其优势。数字化改革的目的是通过海量数据提供宏观信息及决策,提升服务品质,优化企业运营效率,以及网络化、规模化态势下的成本控制。目前基于“城轨云”的应用实践案例由于实践时间尚短,在切实提质增效上还在持续探索和验证。

2) 数据中台/平台化:当前各种数据创新应用场景实践的开展,尚未形成一个有机整体,工务、通号、供电、车辆等业务板块自成体系的态势还较为显著(这也和企业组织架构有关)。通过对生产系统、办公管理系统采集的数据进行清洗、筛选和结构化,形成业务体系、数据体系对接的平台/中台化PaaS(平台即服务的云架构服务模式)体系,通过大数据挖掘及人工智能训练来为上层运营、维护、管理等业务开发提供宏观决策支撑,或将成为未来数字运维价值化的一个方向。

相对互联网业务创新开发的敏捷性,城市轨道交通业务的稳定性特点更吻合中台/平台化架构体系。但是中台/平台化的开发部署需要更多基于当地企业运营管理的精细化进行开发。这往往是核心难点所在。

当前对云架构下大数据的价值运用开发尚未完全体现。这一方面是云平台技术企业对城市轨道交通运营维护业务这一细分专业领域认知较为

(下转第9页)

空分布特性,从系统最优的角度,为车站现场客流控制提供了科学的启动时机、制定了精准的联控策略,有效保障了客运安全、提高了管控成效、提升了乘客出行体验。后续将在此基础上,深化自适应客运组织体系的研究,推动线网客控应用平台的运用。

## 参考文献

- [1] 蔡昌俊.城市轨道交通网络化运输组织[M].北京:人民交通出版社,2020:11.
- [2] 姜彦麟,张文韬.西安地铁客流监控预警信息系统可行性研究及分析[J].都市快轨交通.2018(2):8.
- [3] 黄丹芮.基于离散事件仿真优化的城市轨道交通车站客流联动控制系统研究[D].西安:西安交通大学,2019.

- [4] 马媛.基于流体排队模型的地铁车站客流预警研究与动态性能分析[D].成都:西南交通大学.2016.
- [5] 孙元广,杨乃莲,史聪灵,等.基于行人仿真技术的轨道交通多线换乘车站设计研究——以广州天河公园站为例[J].中国安全生产科学技术,2014(10):106.
- [6] 史海欧,孙元广.地铁系统能力和服务水平的若干设计标准探讨[J].城市轨道交通研究,2012(6):23.
- [7] 豆飞,姚向明,张文强,等.大规模城市轨道交通网常态限流方案编制[J].北京工业大学学报,2019(10):988.
- [8] 邹庆茹.城市轨道交通网络高峰客流拥挤管控研究[D].北京:北京交通大学,2019.
- [9] 丁建隆.新时代城市轨道交通创新与发展(广州2019)[M].北京:人民交通出版社,2019:44.

(收稿日期:2021-02-09)

(上接第3页)

有限,另一方面是城市轨道交通企业对基于云平台的业务管理优势还在逐步认知和探索的过程中。因此,基于诸方建立共识认知后的整体大数据云价值体系的闭环构建才是关键。

### 3.5 规划、设计及咨询的定位

设计、咨询从业人员是数字化、智能化运维应用价值目标认知以及新基建信息技术理解的双重交汇点,是城市轨道交通数字化转型中的重要环节。设计、咨询从业人员的服务价值,就是成为城市轨道交通企业和信息化供应商之间的桥梁,既了解一定的业务流程,也同时兼顾一定的技术能力。他们应以复合型、综合型人才服务进行服务输出,方能提出最合理的方案。

城市轨道交通运维方案,是结合当地企业特点的长期定制化服务,其设计、咨询人员应具备归纳需求、提炼标准、整合业务、建立场景的综合梳理策划能力,为企业提供顶层、长期、宏观数字化运营解决方案,起到承上启下、内外融通的作用。当前具备这样能力的信息化咨询、设计人才还比较稀缺,尚需要挖掘和培养。

## 4 结语

在当前国家、社会、城市的数字化转型整体趋势下,如何运用新基建信息技术,切实提高城市轨道交通运行及维护体系的效率,是重要课题。当下的很多创新实践在节能、预测维修、高效运行等业务场景方面做了很多有益的尝试,取得了一定的进展。但笔者认为:技术架构已不是当前首要关键因素,更重要的是跨专业、体系化、宏观级的策划和管理思路 and 理念。这是新基建体系支撑下城市轨道交通企业精细化管理和可持续发展的关键。

## 参考文献

- [1] 王晓倩.城市轨道交通全自动运行线路运营控制中心管理模式创新[J].城市轨道交通研究,2019(增刊2):16.
- [2] 庞颖,朱微维,朱串串.城市轨道交通车辆基地智能诊断技术研究[J].城市轨道交通研究,2019(增刊2):39.
- [3] 刘宇平.城市轨道交通机电工程施工动态管理技术研究[J].低碳世界,2019(11):230.
- [4] 宋晓悦.基于城市轨道交通客流分析平台研究[D].北京:北京交通大学,2017.

(收稿日期:2021-02-12)

## 《城市轨道交通研究》官方网站网址变更公告

根据同济大学对所属单位官方网站管理的统一要求,从2021年7月15日起,《城市轨道交通研究》官方网站网址(原网址:www.umt1998.com)变更为:https://umt1998.tongji.edu.cn。给各位读者、读者带来不便,敬请谅解。

上海铁大城市轨道交通研究杂志社有限公司

2021年7月1日