

智慧城市轨道交通发展模型的构建及其发展趋势探讨

周杰

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉//工程师)

摘要 当前业界正处在积极探索智慧城市轨道交通发展的阶段,亟需对智慧城市轨道交通建设发展趋势开展深入研究。智慧城市轨道交通的研究热点主要集中在智慧城市轨道交通系统架构的研究、城市轨道交通云平台研究、业务智能化研究、“绿智融合”发展研究,以及5G(第5代移动通信技术)在智慧城市轨道交通中的应用研究。基于厦门、南京等城市的智慧城市轨道交通规划设计经验,分别从业主单位和设计院的角度出发分析了当前智慧城市轨道交通规划和建设过程中普遍存在的问题。构建了基于数据流的智慧城市轨道交通发展模型,将城市轨道交通智慧化发展划分为自动化、低级智慧化、中级智慧化及高级智慧化等4个阶段。对未来智慧城市轨道交通的3个发展趋势——从注重管控逐渐向注重分析转变、从成本中心逐渐向利润中心转变及从经验驱动逐渐向数据驱动转变进行了展望。

关键词 智慧城市轨道交通;发展模型;发展趋势

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.06.002

Construction of Smart Urban Rail Transit Development Model and Development Trend

ZHOU Jie

Abstract The industry is proactively exploring the development of smart urban rail transit (hereinafter referred to as SURT) currently, and it is urgent to carry out in-depth research on the development trend of SURT construction. Research hotspots of SURT mainly focus on SURT system architecture, urban rail transit cloud platform, service intelligence, 'green and intelligent integration' development, and the application of 5G (the 5th generation mobile communication technology) in SURT. Based on the planning and design experiences of SURT in Xiamen, Nanjing and other cities, problems existing in the planning and construction process of SURT are analyzed from the perspective of construction units and design institutes. The SURT development model based on data flow is constructed, and the SURT development is divided into four stages: automation stage, low-level intelligent stage, intermediate intelligent

stage and advanced intelligent stage. Three development trends of the future SURT are forecasted, that is, the transition from management and control to analysis, from cost-oriented to profit-oriented and from experience-driven to data-driven.

Key words smart urban rail transit; development model; development trend

Author's address China Railway Siyuan Survey & Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China

2020年3月中国城市轨道交通协会发布了《中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要》^[1],首次对智慧城市轨道交通做出了全面阐述,提出了“1-8-1-1”的智慧城市轨道交通建设蓝图。智慧城市轨道交通成为了当前城市轨道交通行业发展的新趋势。

1 智慧城市轨道交通的发展现状

当前智慧城市轨道交通的研究热点主要集中在5个方面:

1) 智慧城市轨道交通系统架构的研究。文献[2-3]制定了城市轨道交通行业首个团体标准,给出了智慧城市轨道交通信息技术系统总体架构。此后各城市也纷纷结合自身特点开展智慧城市轨道交通系统架构的研究^[4-6]。

2) 智慧城市轨道交通中云平台的研究。在部署方式上,以私有云方式部署云平台已成为城市轨道交通行业的普遍共识,同时业界也在积极探索公有云结合私有云的混合云架构。在覆盖范围上,目前业界正在积极探索覆盖中心级、车站级的“云-边-端”协同架构。在服务层级上,目前云平台在城市轨道交通行业中主要应用在IaaS(基础设施即服务)层和PaaS(平台即服务)层^[7]。在服务业务上,文献[3]制定了“一云(云平台)三域(安全生产域、内部管理域、外部服务域)”的标准。

3) 智慧城市轨道交通中业务智能化研究。目

前业界正在积极促进新一代信息技术与城市轨道交通行业的深度融合,以新技术和新理念为传统城市轨道交通运营运维业务赋能,实现安全、可靠、绿色、高效的可持续发展目标。热点研究内容包括了智能调度、智能运维、智慧车站等。目前,广州、深圳、上海、南京等城市在智能调度、智能运维、智慧车站等方面均进行了较为系统的研究^[5-6,8-11]。

4) 5G(第5代移动通信技术)在智慧城市轨道交通中的应用研究。5G利用网络切片技术结合边缘计算来实现城市轨道交通业务需求,是当前的主要研究热点。目前,南京、上海等城市在城市轨道交通5G应用方案和应用场景方面进行了较为系统的研究^[12-13]。

5) 城市轨道交通“绿智融合”发展研究。2022年8月中国城市轨道交通协会发布了《中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案》^[14],系统阐述了绿色城市轨道交通的内涵和发展目标,量化了城市轨道交通行业绿色低碳发展的各项指标。如何围绕智慧赋能、绿色转型实现城市轨道交通高质量发展是当前的研究热点。

除了积极开展智慧城市轨道交通的相关研究,北京、上海、广州、深圳、呼和浩特等城市也率先根据城市特点及定位做出了智慧城市轨道交通建设的重要实践,积累了宝贵的实践经验^[4-6,15-16]。但由于智慧城市轨道交通建设是一个系统性工程,具有建设周期长、投资大、范围广等特点,当前仅有少数城市有实力开展较为系统的智慧城市轨道交通建设,大多数城市仍是依靠“打补丁”的方式探索智慧城市轨道交通建设。当前业界正处在积极探索智慧城市轨道交通发展的阶段,各城市在智慧城市轨道交通建设中出现了一些普遍存在的问题,亟需对智慧城市轨道交通建设发展趋势开展深入研究。

2 智慧城市轨道交通发展中存在的问题

智慧城市轨道交通建设作为一个系统性工程,对城市轨道交通行业的建设开发、管理理念、运营模式及技术运用都是一次巨大的优化升级,也为城市轨道交通行业带来了全新的发展机遇,但同时也需认识到城市轨道交通行业从业者面临的新挑战。结合厦门、南京等城市的智慧城市轨道交通规划建设,分别从业主单位和设计院的角度出发分析智慧城市轨道交通发展中普遍存在的问题。

2.1 从业主单位的角度出发

1) 部门分工不明确。智慧城市轨道交通的建设模式对传统的建设模式带来了巨大冲击。传统模式下,生产系统的建设管理一般由地铁公司下属的设计管理部门负责,企业管理系统的建设管理一般由地铁公司下属的信息化部门负责。而智慧城市轨道交通在基于城市轨道交通云平台 and 大数据平台的“数字底座”架构下,划分了安全生产、企业管理及外部服务等业务,将传统架构下独立运行的运营生产和企业管理进行了统一规划,因此导致了部门间分工不明确,即难以确定设计管理部门和信息化部门在“数字底座”基础设施的建设运维、智慧化业务功能规划等任务中的划分界限。

2) 需求导向不明显。由于智慧城市轨道交通尚未形成统一认识,各城市在智慧城市轨道交通建设内容上更多的是以行业建设热点为导向,建设具有普遍性需求的智慧化业务功能。这种发展模式在智慧城市轨道交通发展初期能够切实有效地规避建设投资风险,但随着智慧城市轨道交通建设的逐步完善,该模式难以充分结合城市特点满足特定城市的轨道交通发展需求,以及提供具有城市化特色的乘客运营服务及运营管理模式。

3) 建设模式不成熟。目前智慧城市轨道交通建设呈现出碎片化、冗余化的特点,多数城市采用“打补丁”的方式进行建设,这种模式能够一定程度上体现当前智慧化发展中急用先行的理念。但从长期看,随着城市轨道交通朝着人性化、绿色化、便捷化不断发展,乘客的需求会呈现出多元化、定制化的趋势,若仍采用“打补丁”的建设模式,势必导致智慧化发展思路不清晰、建设体系化不足,难以适应现代化城市轨道交通发展的需要,也难以持续为乘客提供高质量的服务。

2.2 从设计院的角度出发

1) 设计模式难统一。智慧城市轨道交通目前还没有形成一套标准的设计模式。从实践中看,各城市目前主要采用两种设计模式:第一种模式是将智慧城市轨道交通的新增功能纳入生产系统中考虑,如将无感支付功能、语音购票功能纳入 AFC(自动售检票)系统中;第二种模式是将智慧城市轨道交通的新增功能单独考虑,此类模式主要包括城市轨道交通云、大数据及物联网等基础设施平台的设计。设计模式的不统一和多样化使得设计难度和工作量都大大增加。

2) 专业分工难明确。智慧城市轨道交通涉及到的专业众多,并且许多智慧化功能应用涉及到多个专业的协作设计,使得传统各专业分工界面亟需调整。但由于目前智慧城市轨道交通的设计建设正处于起步阶段,设计院在重新划分专业分工界面上存在一定难度,因此会产生智慧城市轨道交通的设计任务冗余、各专业对接效果不佳等一系列问题,这些问题也制约了智慧城市轨道交通的应用落地与长期发展。

3 智慧城市轨道交通的发展模型及阶段划分

3.1 基于数据流分析、采集、运用模型的智慧城市轨道交通发展模型

为了分析智慧城市轨道交通的发展趋势,目前北京率先提出了 SCF(主体、全生命周期、功能)模型^[13],构建了主体、功能和全生命周期三要素模型的理念。本文从系统数据流的角度出发提出了基于数据流 CAU(分析、采集、运用模型)的智慧城市轨道交通发展模型。

智慧城市轨道交通实现的基础是城市轨道交通数字化转型,数字化转型产生了大量数据,智慧城市轨道交通的本质就是利用数据实现以人为本的可持续发展。图 1 为智慧城市轨道交通总体技术架构的 6 层体系划分^[2]。其中:感知层完成数据的抓取,此过程包含了前端传感器、摄像头、RFID(射频识别)标签及自动化系统等;网络层完成数据的传输,此过程包含了无线承载网(LTE(长期演进)、Wi-Fi、5G 等)以及有线传输网(OTN(光传输网络)、PTN(分组传输网络)、MSTP(多业务传送平台)等);平台层完成数据的存储和初步计算,此过程包含云计算平台和大数据平台;数据层完成数据的管理、分析和挖掘,包括数据治理、数据开发、数据主题、数据专题及数据服务;应用层利用数据完成运营管理服务,此层包含各业务系统;展示层完成运营管理服务的分析数据展示,此层包含了多媒体显示终端。

从系统数据流上看,智慧城市轨道交通系统中数据流依次通过了感知层、网络层、平台层、数据层、应用层及展示层,其中:感知层、网络层、平台层完成数据的采集,数据层完成数据的分析,应用层和展示层完成数据的应用。

基于上述对智慧城市轨道交通数据的理解,构



图 1 智慧城市轨道交通总体技术架构

Fig. 1 General technical architecture of smart urban rail transit

建基于数据流的 CAU 智慧城市轨道交通发展模型,如图 2 所示。

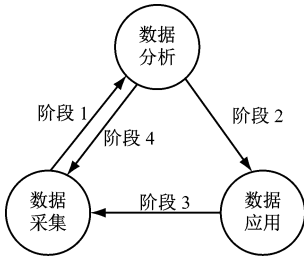


图 2 基于数据流 CAU 的智慧城市轨道交通发展模型

Fig. 2 CAU-gent development model based on data flow

从图 2 中可以看出,智慧城市轨道交通系统中的数据处理有数据采集、数据分析及数据运用 3 个阶段。数据在 3 个阶段中流动,具体流向分为 4 种:

1) 阶段 1(数据由采集端流向分析端):由感知层设备采集车站和车辆段数据,通过网络层设备将数据传输至平台层设备中存储,最后将数据输入至数据层,由数据层计算资源进行数据分析计算。

2) 阶段 2(数据由分析端流向运用端):数据层计算资源完成数据分析计算后,将结果输出至应用层和展示层,完成对业务系统的监管。

3) 阶段 3(数据由运用端流向采集端):此过程是数据闭环反馈链路,采集端通过采集运用端的运用效果完成闭环反馈。

4) 阶段 4(数据由分析端流向采集端):此过程是计算资源自主学习的自反馈链路,分析端计算资源通过不断学习采集端的数据后,具备预测并指导采集端采集数据的能力,因此分析端数据流向采集端指导其数据采集。

3.2 城市轨道交通系统智慧化发展阶段划分

通过上述分析可知,数据处理阶段的分析端是整个智慧城市轨道交通中最重要的部分,也是城市轨道交通系统智慧化与自动化最本质的区别。据此,本文将城市轨道交通系统的智慧化发展划分为4个阶段,具体如表1所示。

表1 城市轨道交通系统智慧化发展阶段划分
Tab.1 Division of the intelligent development stages of urban rail transit system

采集端	分析端	运用端	智慧化发展阶段
系统主导	人主导	系统主导	自动化阶段
系统主导	系统主导	系统主导	低级智慧化阶段
系统	系统主导	系统	中级智慧化阶段
系统	系统	系统	高级智慧化阶段

1) 自动化阶段:该阶段采集端和运用端实现以系统主导,分析端实现以人主导。采集端实现数据的自主采集,特殊情况下由人干预调控;分析端由人来主导,系统提供辅助;运用端实现系统自主管控,特殊情况下由人干预调控。

2) 低级智慧化阶段:该阶段采集端、分析端及运用端均实现以系统主导。采集端实现数据的自主采集,特殊情况下由人干预采集;分析端由系统自主决策,特殊情况下由人干预决策;运用端实现系统自主管控,特殊情况下由人干预调控。

3) 中级智慧化阶段:该阶段采集端、运用端均实现系统完全自主运行,分析端实现以系统主导。采集端实现数据的自主采集,特殊情况下系统具备自主采集能力;分析端由系统自主决策,特殊情况下由人干预决策;运用端实现系统自主管控,特殊情况下系统具备自主调控能力。

4) 高级智慧化阶段:该阶段采集端、分析端及运用端均实现依靠系统完全自主运行。采集端实现数据的自主采集,特殊情况下系统具备自主采集能力;分析端由系统自主决策,特殊情况下系统仍具备自主决策能力;运用端实现系统自主管控,特殊情况下系统具备自主调控能力。

4 智慧城市轨道交通的发展趋势

利用基于数据流的 CAU 智慧城市轨道交通发展模型进行分析,智慧城市轨道交通未来有3个发展趋势。

4.1 从注重管控逐渐向注重分析转变

传统城市轨道交通的运作模式侧重于管控,即城市轨道交通运作重心集中在采集端和运用端,采用发现问题-解决问题的模式。而由基于 CAU 智慧城市轨道交通发展模型可知,分析端是未来智慧城市轨道交通的主要特征,即城市轨道交通运作重心向分析端转移,运作模式侧重于分析,分析端能够通过分析采集的数据预判可能出现的问题,即采用预判问题-解决问题的模式。以运维为例,传统城市轨道交通的运维模式是故障修,智慧城市轨道交通的运维模式将转变为状态修,这种从注重管控逐渐向注重分析的转变是未来智慧城市轨道交通发展的重要趋势之一。

4.2 从成本中心逐渐向利润中心转变

传统城市轨道交通的运作重心集中在采集端和运用端,采集端和运用端具体而言是城市轨道交通系统中数据输入输出软硬件设备的集合,抽象而言是城市轨道交通系统中数据出入的两个接口。从功能上看,采集端和运用端必不可少。从经济价值上看,采集端和运用端不产生额外的经济附加价值,同时还是城市轨道交通系统中最大的运维成本以及折旧损耗的来源,因此传统城市轨道交通是以成本中心为主体运作的。从基于 CAU 智慧城市轨道交通发展模型可知,智慧城市轨道交通的运作重心将向分析端转移,分析端具体而言是城市轨道交通系统中用于数据分析的计算资源集合。从功能上看,分析端是整个智慧城市轨道交通的大脑,对城市轨道交通运作起到了决定性作用;从经济价值上看,分析端是城市轨道交通优化运作模式以及探索商业模式的核心,同时分析端在城市轨道交通系统中的运维成本较低,是城市轨道交通系统中潜在的利润中心,因此智慧城市轨道交通是以利润中心为主体运作的。这种从成本中心逐渐向利润中心的转变也是未来智慧城市轨道交通发展的重要趋势之一。

4.3 从经验驱动逐渐向数据驱动转变

传统城市轨道交通的分析端以人为主导,其管控决策能力更多依靠管控人员的专业水平和从业经验,这种以经验驱动的运作模式很难适应现代化城市轨道交通的发展需要。由 CAU 智慧城市轨道交通发展模型可知,随着城市轨道交通智慧化程度的提高,城市轨道交通系统的分析端将逐渐拥有自主决策能力。这种自主决策能力是通过构建经过

海量数据训练的分析决策模型而获得的,因此智慧城市轨道交通通过数据驱动自主决策。这种从经验驱动向数据驱动的转变也是未来智慧城市轨道交通发展的重要趋势之一。

5 结语

智慧城市轨道交通是实现创新、协调、绿色、开放、共享的现代化城市轨道交通的重要发展方向,目前我国大多数已开通轨道交通的城市正加速推进智慧城市轨道交通的研究和建设。本文结合智慧城市轨道交通的规划设计实践,从业主单位和设计院两个角度出发深入分析了当前智慧城市轨道交通发展过程中普遍存在的问题,构建了基于数据流的CAU智慧城市轨道交通发展模型,并划分了城市轨道交通智慧化发展的4个阶段,根据发展模型对智慧城市轨道交通的发展趋势进行了展望,以期对智慧城市轨道交通的建设实践提供指导。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要[Z]. 北京:中国城市轨道交通协会,2020.
China Association of Metros. Smart urban rail development guideline of urban rail transit in China[Z]. Beijing: China Association of Metros, 2020.
- [2] 中国城市轨道交通协会. 智慧城市轨道交通信息技术架构及网络安全规范 第1部分: 总体需求; T/CAMET 11001.1—2019[S]. 北京:中国铁道出版社,2019.
China Association of Metros. Smart urban rail transit—specification for information technical architecture and cybersecurity part 1: general requirement; T/CAMET 11001.1—2019[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2019.
- [3] 中国城市轨道交通协会. 智慧城市轨道交通信息技术架构及网络安全规范 第2部分: 技术架构; T/CAMET 11001.2—2019[S]. 北京:中国铁道出版社,2019.
China Association of Metros. Smart urban rail transit—specification for information technical architecture and cybersecurity part 2: technical architecture; T/CAMET 11001.2—2019[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2019.
- [4] 刘纯洁. 上海智慧地铁的研究与实践[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(6): 1.
LIU Chunjie. Research and application of Shanghai smart metro[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(6): 1.
- [5] 张森, 朱志伟, 湛维昭, 等. 广州市“智慧地铁”研究与实践[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(11): 19.
ZHANG Sen, ZHU Zhiwei, ZHAN Weizhao, et al. Research and practice of Guangzhou Rail Transit "smart metro"[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(11): 19.
- [6] 李爱东, 宋剑伟, 袁伟. 深圳市智慧城轨发展实践及趋势

- [J]. 现代城市轨道交通, 2020(12): 9.
LI Aidong, SONG Jianwei, YUAN Wei. Practice and trend of Shenzhen smart urban rail transit development[J]. Modern Urban Rail Transit, 2020(12): 9.
- [7] 姚世峰. 智慧城市轨道交通云平台应用方案研究[J]. 铁路计算机应用, 2020, 29(11): 9.
YAO Shifeng. Research on cloud platform construction scheme of smart urban rail transit[J]. Railway Computer Application, 2020, 29(11): 9.
- [8] 姜臻祺. 上海轨道交通智慧车站的架构设计探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(3): 4.
JIANG Zhenqi. Structural design of intelligent station for Shanghai urban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(3): 4.
- [9] 郭德龙. 地铁供电系统智能运维架构与功能实现[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(12): 155.
GUO Delong. Realization of metro power supply system intelligent operation and maintenance structure and functionality[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(12): 155.
- [10] 胡佳琦. 上海市轨道交通车辆智能运维系统研究与应用[J]. 现代城市轨道交通, 2019(7): 5.
HU Jiaqi. Research and application of intelligent operation and maintenance system for Shanghai rail transit vehicles[J]. Modern Urban Rail Transit, 2019(7): 5.
- [11] 蔡玉萍, 方漫然, 张亦然. 南京地铁智慧车站建设探索与思考[J]. 城市轨道交通, 2021, 67(9): 25.
CAI Yuping, FANG Manran, ZHANG Yiran. Exploration and thinking of the construction of Nanjing Metro smart station[J]. China Metros, 2021, 67(9): 25.
- [12] 裴顺鑫, 孙舒森. 5G+南京地铁创新探索[J]. 城市轨道交通, 2020(9): 24.
PEI Shunxin, SUN Shumiao. Exploration on innovation of 5G + Nanjing Metro[J]. China Metros, 2020(9): 24.
- [13] 娄琦. 上海地铁5G示范应用和研究现状[J]. 城市轨道交通, 2020(9): 18.
LOU Qi. Demonstration application and research status of Shanghai Metro 5G[J]. China Metros, 2020(9): 18.
- [14] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案[A]. 北京:中国城市轨道交通协会,2022.
China Association of Metros. Green urban rail development action plan of urban rail transit in China[A]. Beijing: China Association of Metros, 2022.
- [15] 吴昊. 北京“智慧地铁”创新发展的探索与实践[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020, 17(3): 77.
WU Hao. Exploration and practice of innovative development of Beijing "smart subway"[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2020, 17(3): 77.
- [16] 刘占英. 多专业、线网级城轨云平台:构建呼和浩特市轨道交通发展智慧之基[J]. 城市轨道交通, 2020(7): 27.
LIU Zhanying. Multi-discipline, network-level urban rail cloud platform: the foundation for building the wisdom of urban rail transit development in Hohhot[J]. China Metros, 2020(7): 27.

(收稿日期:2021-01-09)