

# 城市轨道交通数字化转型若干问题思考

杨 耀

(上海申通地铁集团有限公司, 201103, 上海)

**摘 要** [目的]城市轨道交通数字化转型已成为行业未来发展的趋势。不同于制造业的数字化转型,城市轨道交通作为基于传统技术架构体系下的大规模运营服务系统,受制于管理理念、管理模式、技术体系、行业壁垒以及对传统业务的理解等,在数字化转型过程中面临诸多挑战,因此需对相关问题进行深入研究。[方法]从顶层设计、场景设计、设备监控、业务划分、网域划分,以及数据价值与管理要求等方面分析了城市轨道交通企业在数字化转型中面临的问题,并在此基础上提出了数字化发展的策略和要求。[结果及结论]城市轨道交通企业的数字化转型是一项系统性工程,其广度和深度超越了智能运维生产体系,涵盖了企业后台管理等更高层级的业务。这种转型不仅难度和复杂度高,而且是一个不断迭代和优化的过程,要清晰规划思路、设定明确目标、构建顶层架构、进行系统筹划,然后再稳步推进实施,以确保转型过程的科学性、高效性和平稳性。

**关键词** 城市轨道交通;数字化转型;顶层设计

**中图分类号** U29-39

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2024.09.054

## Reflections on Several Digital Transformation Issues of Urban Rail Transit

YANG Yao

(Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd., 201103, Shanghai, China)

**Abstract** [Objective] Urban rail transit digital transformation has become the future development trend of the industry. Different from the digital transformation of the manufacturing industry, as a large-scale operation service system based on the traditional technical architecture system, urban rail transit is restricted by management philosophies, management modes, technical systems, industry barriers, and understanding of the traditional businesses, facing many challenges in the process of digital transformation. Therefore, it is necessary to conduct in-depth research on relevant issues. [Method] The problems faced by urban rail transit enterprises in the digital transformation are analyzed from the aspects of top-level design, scenario design, equipment monitoring, business division, network division, data value and management requirements. Based on the analysis, the strategy and requirements of digital development

are put forward. [Result & Conclusion] The digital transformation of urban rail transit enterprises is a systematic project as it goes beyond the intelligent operation and maintenance production system in terms of its broadness and depth, and covers higher level businesses of the enterprise such as back-end management. Such transformation is not only highly difficult and complex, but also a process of continuous iteration and optimization. It requires clarified planning ideas, clear goals, top-level architecture, and systematic preparation, and then through steady implementation to ensure that the transformation process is scientific, efficient and stable.

**Key words** urban rail transit; digital transformation; top-level design

在国家推动数字化转型战略的大背景下,城市轨道交通数字化转型已成为行业未来发展的趋势。不同于制造业的数字化转型,城市轨道交通作为基于传统技术架构体系下的大规模运营服务系统,受制于管理理念、管理模式、技术体系、行业壁垒以及对传统业务理解等,在数字化转型过程中仍然面临诸多挑战。要实现数字化切实支撑和推动城市轨道交通运营管理的高质量发展,一些问题值得行业共同研究和探讨。

## 1 关于数字化转型顶层设计

城市轨道交通是一个立体的系统,而且随着数字化进程的推进,这种立体化趋势会变得更加强烈。相较于道路网络的网管理,城市轨道交通已经具有更加复杂的、更加立体的顶层管控功能,即在平面轨道交通线网之上,还有功能强大的调度指挥体系(包括面向网络管控的各类专项功能平台),对列车、电力等运行资源进行协调控制。

数字化转型的核心是智能化管控体系建设,而管控体系又与管理职能和管理层级密不可分。因此,在做数字化体系的整体设计时,必须首先清晰设计各层级的管理职责、管理权限与管理方式。如一些企业会将组织按照前、中、后台进行规划设计,这与数据、控制功能的供给紧密相关,这涉及到组

织变革。

以网络顶层管理为例,随着城市轨道交通线网规模的扩大,信息传递会在效率、内容、质量上出现偏差,网络管理者对信息的需求会变得越来越强烈。一方面,需要各种实时信息向中央汇聚,尽可能客观、真实、完整;另一方面,也希望这些信息能够被有效筛选,更加突出重点且精简有效。

正因为数字化规划的底层逻辑是业务及组织规划,需要数字化规划者对企业管理思路、管理逻辑、管理架构、管理业务、技术架构等有深刻的认识,这种认识不仅是对现状的了解,还要具有对未来的规划能力。由于认知局限,一些企业的数字化规划往往是以总体通用型架构再辅以各业务条线的拼装组合,整体性较差,接口设计不明晰,在后续推动执行过程中遇到的阻力和困难巨大,容易出现自下而上、分头盲目建设的情况。同时先建平台后谈业务的案例也屡见不鲜。而且由于缺乏对底层专业架构优化的能力,造成技术架构设计中出现层层叠加、结构臃肿,进而导致功能受限、投资量大、实施困难等诸多问题。

另外,在传统的城市轨道交通建设规划中,聚焦于线路的网络规划往往是关注的重点,而作为叠加于线网之上的数字网络规划,往往处在附属地位,跟着机电系统进行设计。正因为这种规划布局,造成数字化发展往往是由各机电子系统运营单位独立开展并进行推动,形成行业目前已经达成共识的“烟囱”瓶颈。这种状况造成的改造难度和需求也需要在规划中得到充分考虑。

## 2 关于场景化设计能力

场景设计是数字化转型的关键,任何业务和功能都是为场景服务的。数字化场景不是既有场景的复述,而是对新生产模式的再创造。场景是数字化转型在实际生产业务中的具体体现。一直以来,场景设计是困扰城市轨道交通企业的难点和瓶颈。

场景是完成一项业务的所有要素及其组合方式。因此,在场景设计中,必须要有业务实现的目标要求(指标)、参与场景活动的所有要素(人、设备)、业务运作流程和各环节的作业要求。尤其值得注意的是要将人(即管理者和操作者)放进数字化场景中进行设计,一些由技术方(尤其是技术设备厂家)主导的场景设计往往会忽略员工的作业职责和作业要求,这会对数字化功能的完全发挥产生不利影响。

数字化场景的再创造特性要求场景设计者必

须对业务的本质要求,即对业务功能需求要有清晰系统的认识。因此,场景设计不是某个具体业务执行者的工作,而是业务管理者的工作。能够对既有业务目标、业务体系、业务流程和业务要求有非常清晰的认知,对数字化所实现的功能和实现方式有清晰的认知,才能够真正设计出符合现场实际、满足业务生产的真实场景。同时,要注意克服小场景、小目标的局限,要站在业务的上一层级乃至网络化的层面开展更高等级的大场景设计;要将大场景与小场景结合起来共同设计,并明确与相关业务之间的关系;要充分认识和利用数字化的功能,要站在更高格局进行创造,避免新的信息孤岛产生。

## 3 关于既有设备监控功能

传统的城市轨道交通机电系统并非没有数字化功能,只是停留在基础核心的监测和判断中,如供电专业的 SCADA(电力监控系统)系统、车辆专业的列车核心监控系统、车站机电专业的综合监控系统以及针对各专业的监控系统等。在范围更广、深度更深的智能运维推进过程中,如何看待这些已有的系统,是关系到未来城市轨道交通数字化系统架构是否精简、合理的关键所在。目前,在趋于保守的设计框架下,智能运维系统往往作为增加的附属功能被单独设置,传统的监测系统则自成体系,造成智能运维平台需要两套系统相互配合,一些数据需要通过双发才能满足既有功能和新增功能的数据要求。

笔者认为,传统的监测系统架构不应成为未来智能运维系统设计的阻碍,是否将原有系统打破并重新构建新系统的核心在于是否理解传统监测业务,这种理解不是基于对传统功能的要求,而是要充分理解既有功能和新功能之间的关系,并遵从第一性原理,从业务目标出发,去整体设计智能运维系统与既有系统的定位及其融合关系,其中包括是将原有系统的功能进行拓展还是建设新的独立的系统。以 SCADA 系统为例,传统的 SCADA 系统主要是为电力调度提供所需的相关遥控、遥测、遥信、遥调、遥视,以及回放、分析等附属功能,但随着供电系统智能运维功能的拓展,相关遥测、遥视等功能是否能够为电力调度人员提供更加丰富完整的信息,这就需要在分析的基础上对原有 SCADA 系统的功能进行进一步拓展。

## 4 关于业务与网域划分

数字化转型与网络安全密不可分,大量的业务

通过网络执行,对网络安全可靠性的要求与日俱增。因此许多企业会将业务所处网域按照功能分为生产网、生产辅助网和管理网,至于将各个系统放置在哪个网域,则是以业务的核心程度为基础进行放置。然而,在系统开发过程中,由于业务梳理人员对信息化要求缺乏概念,也缺乏对业务划分原则要求的认知,造成业务与系统网域定位不清,数据的存储、传输等难以满足要求。业务与网域划分不清甚至已成为智能运维系统效能充分发挥的障碍。

业务划分是网域划分的核心。企业必须对业务类型及业务之间的联系进行明确定位,要对各类生产业务进行梳理和定位。对企业来说到底有多少生产业务,要明确其业务流线及相关的信息传输内容,在此基础上明确业务类别的划分。在数字化系统开发设计时,要严格遵循业务划分类别要求,尽量避免不同类别业务被设计在同一系统中,否则会未来网域划分造成困难。

## 5 关于数据价值与作用

长期以来,城市轨道交通对底层数据分析的要求不高。在数字化手段加载后,会跟随业务运作过程和运作结果产生大量的数据,即过程性数据和结果性数据。在数字化推进过程中,这些数据会对管理者造成新的困扰,要或不要,要哪些,怎么用,是管理者所面临的一个难以抉择的问题。主要原因是许多企业在推进数字化过程中对数据使用缺乏认识,即到底要做什么,做什么分析、如何分析,并由此产生数据需求,这都是需要各专业认真思考的问题。数据的存储需要大量的时间成本和设备成本,因此在推进数字化进程中,对数据分析业务的建立和研究必须要同步进行,甚至要提前。

一般来说,城市轨道交通的数据包括网络运行数据(即运行体系在运行过程中产生的内部及外部动态数据)、网络设施设备基础数据(包括设施设备全生命周期履历)、网络标准数据(包括各类规范业务执行的各类制度标准),还包括企业管理相关数据(人、财、物等)。这就要求城市轨道交通运营企业要明确业务分析的深度,以及对业务所产生影响的关键因素进行识别。每项分析业务都需要有专门的团队进行常态化的梳理跟踪。需指出的是,并非所有的业务数据都是大数据,只是使原来分析过程所缺乏的数据通过技术手段变得可获得,因此许多业务并不是只有数学专业的人员才能完成,但必

须具备基础的统计分析知识,最关键的还是要对生产业务本身具有深度的了解。同时,数据分析更偏向发现问题与寻找问题方向,在过程中参与问题的解决,并不是由数据分析团队主导解决问题。问题的解决必须由设计、业务工程师来牵头解决。

另外,对数据精度的要求也是值得思考的关键性问题。在数据采集过程中,许多专业研究人员会对数据精度提出过度需求,即数据精度越高越好,数据越多越好,这种要求会对数据采集方式提出更高要求,但并非能产生实际效果。如客流数据,一般来说,车站客流往往呈现规律性流动和变化,在实际客流管控中的预案设计也对客流精度没有过高要求。因此,车站客流数据采集时,只需要采集关键客流流线、客流常态聚集区域的客流数据,对于其他区域,只需要能够通过常态化图像对比功能发现客流异常即可。同时,对于客流采集数据精度,也无须过高,允许与实际有合理的偏差,至于如何设置精度要求,则必须根据现场管控能力和管控手段来分析设定。

## 6 关于管理要求与数字化结合

要认清数字化对管理产生的影响,必须认清城市轨道交通企业的管理要求。一般来说,数字化对企业管理产生的影响在于降低既有操作劳动强度、提升业务管理能力和质量、降低运行成本、提高业务运行规范化程度等。因此,通常认为,数字化的实现必然要求对管理模式进行调整,这在很大程度上是正确的。数字化必然推动价值链及业务流程重构,组织机构和岗位要求也会随之调整。但在管理体系和管理模式的调整中,要明确认识数字化系统在所有业务体系中替代了什么,是部分替代还是完全替代;如果只是部分替代,剩下的功能究竟由谁来完成;如果岗位不能减少,富裕出来的劳动能力是否还可以承担其他工作。

目前许多数字化系统能够替代的业务功能有限,大多数只是部分替代,尤其是在最不利工况条件下的功能替代及应急处置仍然不能解决(可以预见,在未来一段时间也不能解决)。如车站应急情况下的客流引导和疏散仍然还需要人工完成。由于受到这种最不利工况的约束,因此在数字化系统能够有效支持正常运营场景并降低劳动负荷的条件下,如何设置岗位是值得思考的问题。尤其是在安全保障作为底线的前提下,这种抉择会更加困难。



## 7 结语

企业的数字化转型是大趋势,数字化转型的水平决定了企业的核心竞争力。数字化能够将企业的各项业务通过数据流动全面打通,能够创造更为广阔的应用场景,实现业务的丰富和拓展。正因为数字化与业务紧密结合,所有企业数字化转型的成败在于对业务理解的深度,在于对业务的系统性、全局性把握能力。城市轨道交通企业的数字化转型是一项系统性工程,其广度和深度超越了智能运维的生产体系,涵盖了企业后台管理等更高层级的业务。这种转型不仅难度和复杂度高,而且是一个不断迭代和优化的过程,无法一蹴而就,需要企业清晰规划思路、设定明确目标、构建顶层架构、进行系统筹划,然后再稳步推进实施,以确保转型过程的科学性、高效性和平稳性。

## 参考文献

- [1] 毕湘利. 依托数字化转型推进上海地铁高质量发展[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(11): 彩 12.  
BI Xiangli. Relying on digital transformation to promote high quality development of Shanghai metro[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(11): C12.
- [2] 刘晓溪. 深圳地铁数字地铁项目探索与实践[J]. 城市轨道交通

通, 2022(2): 44.

- LIU Xiaoxi. Exploration and practice of Shenzhen metro digital subway project[J]. China Metros, 2022(2): 44.
- [3] IBPM/Forschungsbereiche Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik Technische Universität Wien Vienna Austria. Digitalization in infrastructure construction-Developments in construction operations[J]. Geomechanics and Tunnelling, 2020, 13(2): 165.
- [4] 余才高, 杨旭, 易危香, 等. 南京地铁数字化转型探索与实践[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(2): 1.  
SHE Caigao, YANG Xu, YI Weixiang, et al. Exploration and practice of Nanjing metro digital transformation[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(2): 1.
- [5] CHEN Y, XU J. Digital transformation and firm cost stickiness: evidence from China[J]. Finance Research Letters, 2023, 52: 103510.
- [6] 刘晓溪. 信息安全助力深圳地铁数字化转型稳步推进[J]. 城市轨道交通, 2021(8): 34.  
LIU Xiaoxi. Information security helps Shenzhen subway digital transformation to advance steadily[J]. China Metros, 2021(8): 34.

· 收稿日期:2024-03-20 修回日期:2024-04-25 出版日期:2024-09-10  
Received:2024-03-20 Revised:2024-04-25 Published:2024-09-10  
· 通信作者:杨耀,高级工程师,dayangyao@126.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

(上接第 300 页)

## 3 结语

城市轨道交通接触网线路大多配备有一定数量的接触网自动化检测监测设备,设备在运行过程中采集到了大量的接触网系统状态数据,但在数据的分析方面,主要还是采用与标准值进行超限比较、数据的历史变化趋势对比等处理手段,数据利用率较低,未能充分发挥数据的潜在价值。

通过接触网智能运维平台建设构建接触网数字化模型,通过仿真建模技术关联接触网系统性能与零部件载荷及寿命数据,结合大数据分析技术根据接触网参数数据进行接触网状态精准评估和故障预判,贯通接触网检测、接触网维修作业、接触网资产管理等与接触网日常运维相关的各个环节之间的数字孤岛,提高维修效率,实现以可靠性为中心的预测性维修,能够确保接触网系统处于最优状态。

## 参考文献

- [1] 彭辉, 张胜, 李杰. 城市轨道交通刚性接触网运营管理创新

实践[J]. 机电信息, 2021(6): 63.

- PENG Hui, ZHANG Sheng, LI Jie. Innovative practice of operation and management of rigid catenary in urban rail transit[J]. Mechanical and Electrical Information, 2021(6): 63.
- [2] 吴积钦, 杨佳, 关金发, 等. 中国铁路接触网数字化发展策略与实践[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(4): 21.  
WU Jiqin, YANG Jia, GUAN Jinfa, et al. Development and practice of railway catenary digital technology in China[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 21.
- [3] 戚广枫, 寇宗乾, 李红梅. 高铁接触网智能建造技术研究[J]. 中国铁路, 2021(2): 1.  
QI Guangfeng, KOU Zongqian, LI Hongmei. Research on intelligent construction technologies of HSR overhead contact line system[J]. China Railway, 2021(2): 1.

· 收稿日期:2024-06-10 修回日期:2024-07-12 出版日期:2024-09-10  
Received:2024-06-10 Revised:2024-07-12 Published:2024-09-10  
· 通信作者:郭德龙,高级工程师,Gd12088@126.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