

上海城市轨道交通数字化运维生产协同系统的研究

吴 敏

(上海地铁维护保障有限公司通号分公司, 200235, 上海//高级工程师)

摘 要 在分析上海城市轨道交通数字化运维生产协同系统的建设目标及需求基础上,针对该系统的故障应急协同联动及设备检修监督卡控两种业务场景,从系统网域设计、系统平台设计两方面建立了架构设计方案。该系统已在上海城市轨道交通陈太路数字化运维中心投入使用,达到了预期的收效。该系统应用于生产,是驱动城市轨道交通运维生产模式从计划修向状态修转型的有效举措。

关键词 城市轨道交通; 数字化运维; 生产协同系统; 运维模式转型

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.11.027

Research of Shanghai Urban Rail Transit Digital Operation and Maintenance Coordination System

WU Min

Abstract Based on an analysis of the construction objectives and requirements of Shanghai urban rail transit digital operation and maintenance coordination system, two business scenarios of the system fault emergency coordination linkage and the equipment maintenance supervision control are proposed, the system architecture design scheme is established from aspects of the system domain design and system platform design. After the system application in Chentai Road Digital Operation and Maintenance Center of Shanghai urban rail transit, the expected results are achieved. The system is proved to be an effective measure to drive the transformation of urban rail transit operation and maintenance production mode from planned maintenance to status maintenance.

Key words urban rail transit; digital operation and maintenance; production coordination system; transformation of operation and maintenance mode

Author's address Telecom & Signal Branch, Shanghai Metro Maintenance Support Co., Ltd., 200235, Shanghai, China

在超大规模网络化运营环境下,城市轨道交通运营维护(以下简称“运维”)管理的难度越来越高,

也越发复杂。一方面,目前城市轨道交通既有的设备维护系统以设备在线监测和告警为主,可辅助运维人员对设备进行故障诊断,但维护系统和生产作业间尚未形成紧密的有机协同,从而无法进一步提升设备运维的质量和效率;另一方面,随着线网的持续扩充,具有专业经验的运维专家资源在一定程度上被摊薄,面对线路突发故障时响应能力受限。因此,如何有效解决当前城市轨道交通的实际痛点问题,是上海轨道交通运营管理面临的重大挑战。

在此背景下,本文构建了城市轨道交通数字化生产运维协同系统(以下简称“数字化运维协同系统”),以实现协同系统、运维人员及生产管理体系的高效适配,提升核心生产/运维场景的质量和效率,逐步建成基于设备状态修的数字化维护模式。

1 数字化运维协同系统的目标及需求

城市轨道交通运维的质量和效率直接影响到运营安全和运输效能。在设备故障期间,应急指挥及抢修的效率决定了调度调整方案及对运营的影响;在维护检修期间,检修作业的质量决定了设备运行的可靠度,尽可能避免运营过程中的风险和隐患;在生产过程中,运维人员的经验和技能决定了生产的质量和效能,但由于工作人员的经验 and 技能存在差异、应急处置过程对操作人员的心理影响不一,工作人员排除故障或应急处置的结果差异较大。因此,如何通过数字化系统代替人工进行故障诊断分析及智能决策,并与运维人员之间充分的协同联动,是城市轨道交通运维生产提质增效的关键。

基于上述的现状分析,有必要通过构建数字化驱动故障应急协同系统,提升城市轨道交通系统的应急影响评估及应急决策能力、故障诊断分析及维护指导能力、资源信息化协同及信息协作交互能力,以实现基于数据推导的更高效的故障应急响应体系,减少对城市轨道交通正常运营的影响。此外,通过建立以设备状态监督和人工状态确认双重

保障机制的系统闭环体系,对设备实时监视和生产作业过程进行智能化协同防护,以提升检修作业的质量,避免设备运营风险及影响。

2 数字化运维协同系统业务场景设计

2.1 故障应急协同联动

故障应急协同联动场景主要为运营故障发生时的高效指挥及处置,面向对象为应急指挥人员、应急处置人员及其余相关人员。按应急处置的标准和流程,故障应急处置可分为故障诊断、应急工单下发、应急指挥和故障修复 4 个阶段,如图 1 所示。其中,在故障诊断阶段,通过数字化运维协同系统自动推导得到可能的故障原因及定位,尽快自动形成应急工单并下发。此外,数字化运维协同系统应进一步评估当前故障的影响范围、预计故障延时等关键信息。应急处置人员接到应急工单后,根据数字化运维协同系统提供的人员、应急物资、设备状态及最优应急路径等信息,实现应急指挥全过程的高效管控。待故障修复后,数字化运维协同系统应自动生成故障专报,完成故障闭环及发布,并将本次故障作为案例,纳入故障案例库。

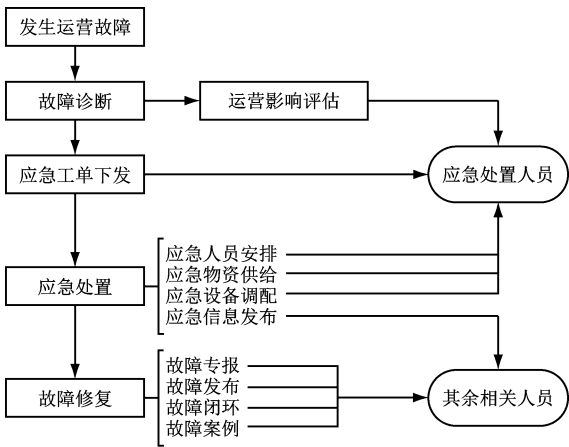


图 1 故障应急协同联动的流程设计

Fig. 1 Process design of fault emergency coordination and linkage

2.2 设备检修监督卡控

设备检修监督卡控旨在辅助生产作业人员高质量、高效率地完成日常检修工作,避免因人为原因造成可能的运营风险。设备检修监督卡控主要包括设备检修监督和设备检修卡控两大功能。数字化运维协同系统对设备状态进行全覆盖监测,在此基础上将检修过程中的标准工序及检修结束

后的预期状态作为监督和卡控的要素,以达到系统与运维人员实时协同的目的。

如图 2 所示,设备检修监督卡控的流程为:①当生产计划工单下达后,检修作业人员使用数字化运维协同系统的移动端实现信息化的前序交底,其工作内容主要包括交底事项、工器具核点及电子化签署等;②完成交底后,检修作业人员按照修程/修制要求执行每项检修作业,通过数字化运维协同系统建立电子化检修标准规范库,实现检修过程的实时监督;③当检修工序存在缺项/漏项、单项工序输出状态不达标或检修的执行次数不达标时,数字化运维协同系统会自动预警,通知生产盯控人员及检修作业人员予以确认,确保检修过程高质量完成;④检修作业完成后进行闭环管理,数字化运维协同系统自动对被检设备的结果状态进行分析和检查,以避免因检修疏漏造成的设备风险。

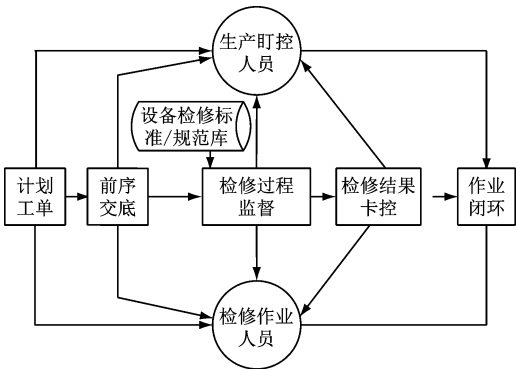


图 2 设备检修监督卡控的流程设计

Fig. 2 Process design of equipment maintenance supervision control

3 数字化运维协同系统架构设计

基于上文的业务场景设计,数字化运维协同系统从系统网域设计和系统平台设计两方面提出该系统的架构设计方案。

3.1 系统网域设计

如图 3 所示,数字化运维协同系统基于分层跨网域设计原则,从层级上分为线路接入层和运维中心层。线路接入层用以实现各城市轨道交通线路设备侧数据的标准化采集和传输;运维中心层通过 3 个网域(生产核心网域、生产管理网域及互联网网域)实现各类数据驱动的上层应用功能。其中:生产核心网域用于承载各条线路设备数据的集中汇聚、存储及逻辑计算,属于高防护等级的安全网域;

生产管理网域用于承载数字化运维协同系统与运维人员的双向信息联动,属于中等防护等级的安全网域;互联网域用于承载数字化运维生产协同信息的移动端应用,属于外部网域。

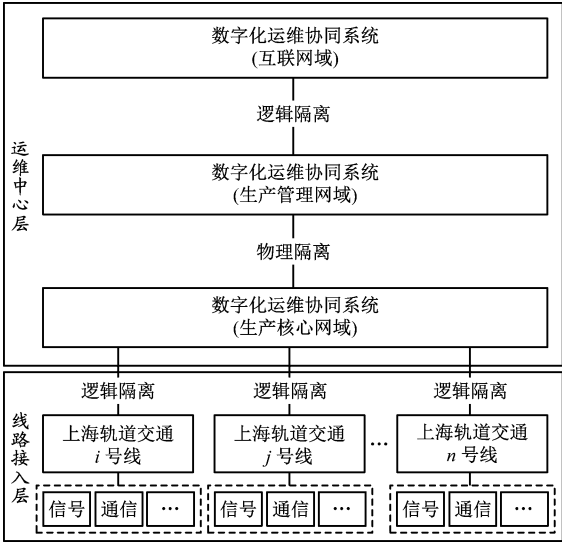


图3 数字化运维协同系统架构示意图

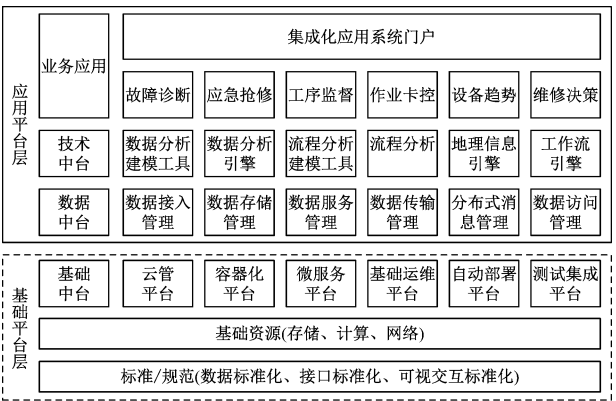
Fig.3 Schematic diagram of digital operation and maintenance coordination system architecture

3.2 系统平台设计

数字化运维协同系统是面向跨线路、多专业的集成化业务应用系统,首先应从该系统的统一性和标准性出发,建立该系统平台的标准/规范。数字化运维协同系统遵循平台化分层架构、模块化复用设计的原则,实现该系统自下而上的功能模块设计。其总体架构如图4所示,分为基础平台层和应用平台层两部分。

1) 数字化运维协同系统的硬件平台:基于云平台构建,具有资源横向扩展能力的基础平台底座,可满足上层应用模块对于数据存储、计算及网络传输的应用要求。

2) 数字化运维协同系统的软件平台:分为基础中台、数据中台、技术中台和业务应用4层架构。其中:①基础中台基于通用的技术框架和组件,该系统的基础技术平台主要包括实现虚拟化资源管理的云管平台和容器化平台,提供应用服务解耦能力的微服务平台,满足系统维护需求的基础运维平台、自动部署平台和测试集成平台;②数据中台是数字化运维协同系统的核心,用于综合管理各城市轨道交通线路接入的海量运维数据,以实现高冗余的持久化存储,其外部系统的数据服务均采用统一



注:中台指一种灵活、可重用的系统架构,支持快速应对业务需求变化,避免重复建设,达到提高工作效率的目的;微服务指一种开发软件的架构和组织方法,要求软件由通过明确定义的接口进行通信的小型独立服务。

图4 数字化运维协同系统平台设计示意图

Fig.4 Diagram of platform design for digital operation and maintenance coordination system

的标准接口协议/规范;③技术中台为业务需求场景提供专项技术工具及引擎支撑,通过数据分析建模工具及引擎实现设备故障诊断、设备发展趋势评估计算等逻辑分析类功能,通过流程分析工具及引擎实现动态应急流程及检维修工序等流程类业务,通过地理信息引擎实现故障应急场景下的人员、物资定位及可视化,通过工作流引擎实现业务流程的信息化闭环。

4 结语

本文通过建立上海城市轨道交通数字化生产运维协同系统,使得该系统与运维人员间建立了紧密的协同联动机制,实现了应急故障抢修和设备日常检修过程的提质增效,并以此驱动运维生产模式从计划修向状态修的转型。

目前,该系统已在上海城市轨道交通陈太路数字化运维中心投入使用,并建立与之相匹配的运维管理修程/修制。据统计,采用该系统后,通过故障应急协同联动机制,运维响应及故障处置时间较应用前压缩了约30%。通过设备状态监督卡控机制,设备运维成本较未采用该系统时降低了约35%。该系统作为城市轨道交通运维数字化、智能化发展的有效手段,在国内外城市轨道交通运维领域中具有一定的示范作用。

(下转第128页)