

城市轨道交通跨专业智能运维系统设计及应用

雷云鹏

(郑州地铁集团有限公司运营分公司, 450008, 郑州//高级工程师)

摘要 城市轨道交通在数字化转型过程中具备了一定的智能化维护水平,但在跨专业、跨系统的复杂运维场景中仍只能依赖多专业人员对故障成因进行逐一排查。分析了跨专业智能运维系统的建设需求,提出了该系统的逻辑架构及物理架构设计方案,重点阐述了跨专业结合部的设备故障诊断与分析技术。得出结论如下:该跨专业智能运维系统具有可行性和合理性,该系统集成、融合了多专业的运维数据,可智能、高效地排查多专业结合部的设备故障;应用该系统后设备维护的质量和效率得以显著提升。

关键词 城市轨道交通;跨专业运维;设备智能运维系统;架构设计

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.11.031

Design and Application of Urban Rail Transit Interdisciplinary Intelligent Operation and Maintenance System

LEI Yunpeng

Abstract In the process of digital transformation, urban rail transit has a certain level of intelligent maintenance. However, when there is a complex operational and maintenance scenario with interdisciplinary and cross system impact, only the interdisciplinary personnel can be trusted to investigate the causes of fault one by one. In this paper, construction requirements of interdisciplinary intelligent operational and maintenance system are analyzed, the design scheme of the system logical architecture and physical architecture are put forward, and the fault diagnose and analysis of interdisciplinary joint equipment are highlighted. It is concluded that the interdisciplinary intelligent operational and maintenance system is feasible and reasonable. Since the system integrates interdisciplinary data, it can intelligently and efficiently identify the faults of the interdisciplinary joint equipment, and significantly improve the maintenance quality and efficiency after application.

Key words urban rail transit; interdisciplinary operation and maintenance; equipment intelligent operation and maintenance system; architecture design

Author's address Operation Branch of Zhengzhou Metro

Group Co., Ltd., 450008, Zhengzhou, China

1 各专业维护系统的现状及发展需求

随着城市轨道交通逐步向数字化、智能化方向发展,各类业务维护系统已初步具备了一定的智能运维能力,在一定程度上提高了设备运维的质量及效率。但由于各系统间数据交互日益紧密且接口繁多,以及各专业维护系统分散配置等原因,导致面对复杂的跨专业维护场景时,既有系统的支撑力不足,大多依靠各专业维护人员的互相协作查出故障原因和定位故障点。因而,既有系统存在着协同维护效率低下、难以实现专业间结合部故障的快速处置和修复、无法预先提示存在的风险和隐患等问题。

而与此同时,云平台、大数据等技术的逐步成熟为城市轨道交通多专业融合的应用环境提供了技术支撑,应用环境已具备构建跨专业集成运维平台的条件。为此,本文旨在构建城市轨道交通跨专业智能运维系统,对多专业融合多源数据进行分析,形成跨专业运维决策建议,为城市轨道交通复杂的跨专业运维场景提供高效、可靠的技术支撑,以减少排除故障的耗时,保障运营安全,提升运营效率。

1.1 跨专业运维数据共享

各专业维护系统通常按各自专业及业务单独设置数据库,处于个体“信息孤岛”状态,无法对数据进行有效的互联互通。这一方面不利于跨专业的数据共享、联动及分析应用,使得跨专业运维场景中的数据分析过程耗时耗力,无法对故障作出快速诊断;另一方面也不利于实现数据资源的聚合和高效运用,面对各个分散孤立的维护终端,其运维的质量和效率势必受到较大影响。

1.2 跨专业智能诊断分析

城市轨道交通是一个集信号、通信、车辆、机

电、供电等专业的复杂系统体系。由于各专业间需要紧密协同运作,任何专业系统或设备发生故障,都可能导致列车晚点、局部停运甚至线路瘫痪。特别是在早晚客流高峰时段或人员密集的车站/区间内,设备故障可能会造成严重的社会影响。因此,实时掌握设备的运行状态,为设备运维提供科学、量化的维护依据,保障设备的健康运行,成为城市轨道交通运营管理工作的重中之重。当出现跨专业的系统/设备故障时,如何压缩故障延时、降低对正常运营的影响是应急处置的关键。

2 跨专业智能运维系统架构设计

跨专业智能运维系统是城市轨道交通破除多专业协同运维困局的可行途径。本文从实际应用需求及整体规划角度,提出该系统的架构设计方案。

2.1 逻辑架构设计

跨专业智能运维系统基于分层构建原则实现逻辑架构设计。该系统包括线路专业层和跨专业汇聚层两个层级,同时基于网域安全设计原则分为生产核心网、生产辅助网两个网域,如图 1 所示。其中:线路专业层主要由各类既有专业维护监测系统构成,并实现跨专业关键数据的统一上传;跨专业汇聚层实现各专业数据的集成与汇聚,并将生产核心网的数据全部汇聚至生产辅助网,以形成统一的数据总集。生产核心网和生产辅助网通过物理隔离实现数据的单向传输,以保障生产核心网运行的安全性和可靠性。

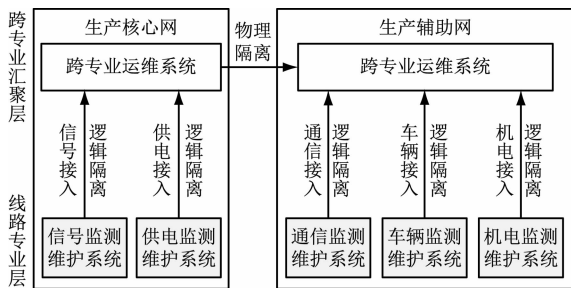


图 1 跨专业智能运维系统逻辑架构示意图

Fig. 1 Logic architecture diagram of multi-disciplinary intelligent operational and maintenance system

2.2 物理架构设计

在跨专业智能运维系统逻辑架构的基础上,进一步构建该系统的物理架构。如图 2 所示,跨专业智能运维系统物理设备按分层网域部署,包括单一专业、跨专业 2 个层级。其中:单一专业层级由接口

服务器和网络设备等组成,接口服务器可实现单专业内所有维护监测数据的接口汇聚,网络设备包括防火墙和交换机;跨专业层级由接入服务器、应用服务器、数据服务器集群和网络设备等组成,接入服务器实现对应网域内专业系统数据的接入及转发,应用服务器实现运维功能的应用,数据服务器集群实现数据的汇聚、存储,数据服务器集群实现跨专业数据综合计算,网络设备包括物理隔离网闸、逻辑隔离防火墙及网络交换设备等。

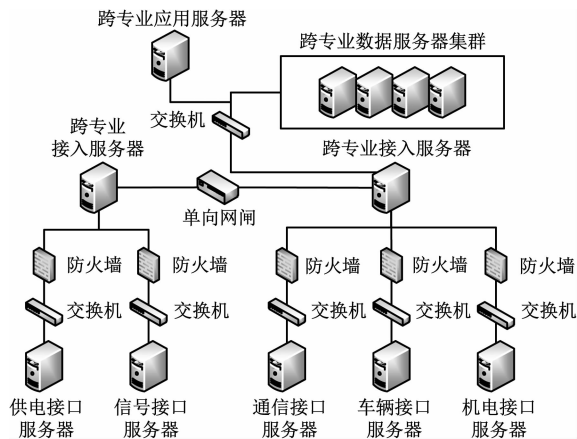


图 2 跨专业智能运维系统物理架构示意图

Fig. 2 Physical architecture diagram of multi-disciplinary intelligent operational and maintenance system

2.3 跨专业故障诊断的关键设计

为了实现跨专业结合部故障的快速诊断和精确定位,跨专业智能运维系统构建了一套支持溯源诊断的数据分析框架,这是该系统用于跨专业故障诊断及分析的关键。该框架将城市轨道交通运维知识图谱作为分析模型的基础,结合业务实体数据、实时运行数据及数据分析引擎等内容,可实现跨专业结合部各业务及故障场景的溯源分析,如图 3 所示。

如图 3 所示,跨专业智能运维系统的跨专业数据分析框架由知识构建工具、数据平台和分析平台共同构成:

1) 知识构建工具:用于跨专业运维业务场景的建模及知识的转化,首先将跨专业结合部故障的经验知识通过知识图谱工具进行信息化转换后存储至图数据库中,以辅助数据分析建模工具进行二次逻辑化建模,形成可供计算机解读的数据分析模型,同时将维护建议等辅助信息存储至关系型数据库中,从而完成知识转化的全过程;知识构建工具

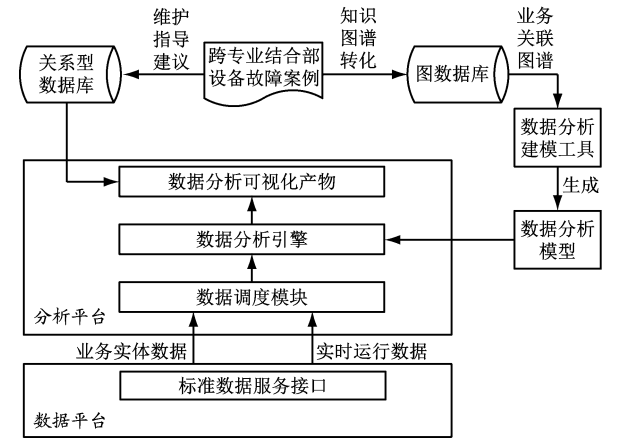


图3 跨专业智能运维系统跨专业数据分析框架示意图

Fig.3 Framework diagram of multi-disciplinary intelligent operational and maintenance system data analysis

支持各业务场景的按需扩展。

2) 数据平台:负责采集及传输业务实体数据和实

时运行数据,并为分析平台提供可靠的数据应用环境;

3) 分析平台:通过数据调度模块按需调取实时数据;通过数据分析引擎加载分析模型并结合数据驱动计算机对数据进行分析,以形成故障诊断结果输出;最终通过数据分析可视化为人机交互分析提供技术支撑,数据分析可视化展示的内容包括但不限于故障分析详情、故障定位展示、故障分析报告、故障处置建议、故障维护指导等。

3 跨专业智能运维系统的应用

目前,跨专业智能运维系统已在郑州地铁试点应用,通过接入信号、通信、车辆及机电等关键业务子系统,构建了面向多专业的数据平台。通过对各专业结合部业务的深入分析及梳理,形成了跨专业智能运维系统在各专业业务间应用的典型场景,如表1所示。

表1 跨专业分析业务场景

Tab.1 Business scenarios of multi-disciplinary analysis

专业	关联专业	应用场景
信号	车辆	信号开关门命令与列车车门状态的一致性分析;信号发布列车起动/制动命令与车辆牵引力/制动力等轮轨状态协同分析;车载设备电输入与车辆供电输出间的协同分析
信号	供电	供电信息与ATS(列车自动监控)、CBI(计算机联锁)的协同分析;同一个供电臂下列车数量监测及防控分析
信号	机电	车载、CBI、站台门对信号系统发布命令的执行及响应分析;ATS、FAS(火灾报警系统)、BAS(环境与设备监控系统)、防淹门等多系统协同分析;ATS与PIS(乘客信息系统)、PA(公共广播)、CCTV(闭路电视)的交互一致性分析;列车在区间受阻时风机、防淹门等状态分析
通信	相关专业	网络传输信息一致性分析;网络端到端分析

城市轨道交通列车严重打滑对列车精准停车及乘客乘坐体验都有较大影响,但由于列车打滑的可能成因较多,依靠人工进行分析与诊断较为困难。本文以此场景为例,采用跨专业智能运维系统

对列车打滑的各种情况进行分析,其分析流程如图4所示。跨专业智能运维系统对因信号逻辑、车辆制动/牵引等造成的问题可直接快速定位;对于涉及工务轨道系统的问题,该系统可结合信号系统的

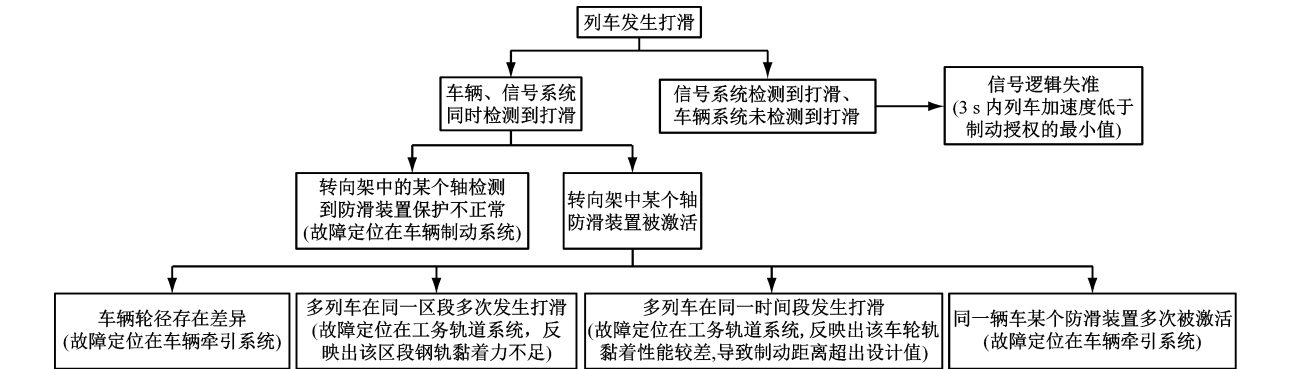


图4 跨专业智能化运维系统对列车打滑场景的分析及处置

Fig.4 Analysis and treatment of train skidding scenario by using multi-disciplinary intelligent operational and maintenance system

(下转第147页)