

城轨信号系统智慧运维系统大数据分析平台应用研究

裴立原

中国铁路设计集团有限公司, 中国·天津 300308

摘要: 信号系统智慧运维技术承担轨道交通信号系统运行监测及报警管理、关键设备故障智慧诊断、智慧分析及预警、智慧维护等功能职责。充分利用大数据、人工智能等技术, 构建信息化、网络化、智慧化的轨道交通大数据运维分析平台, 可为后续改造项目提供借鉴, 具有一定的参考意义。

关键词: 智慧城轨; 信号系统; 升级改造; 智能运维; BIM

Research on the Application of Big Data Analysis Platform for Intelligent Operation and Maintenance System of Urban Rail Signaling System

Liyuan Pei

China Railway Design Group Co., Ltd., Tianjin, 300308, China

Abstract: The intelligent operation and maintenance technology of signal system undertakes the functions of monitoring and alarm management of rail transit signal system operation, intelligent diagnosis of key equipment faults, intelligent analysis and early warning, and intelligent maintenance. Fully utilizing technologies such as big data and artificial intelligence to build an information-based, networked, and intelligent rail transit big data operation and maintenance analysis platform can provide reference for subsequent renovation projects and has certain reference significance.

Keywords: smart urban rail; signal; upgrading; intelligent O&M; BIM

0 前言

信号系统智慧运维技术承担轨道交通信号系统运行监测及报警管理、关键设备故障智慧诊断、智慧分析及预警、智慧维护等功能职责。充分利用大数据、人工智能等技术, 构建信息化、网络化、智慧化的轨道交通大数据运维分析平台, 实现对轨道交通信号设备运行状态的全面卡级监督、车地信号一体化闭环分析、关键信息一致性校核、海量监测数据挖掘和智慧综合分析诊断、设备运行风险预警、系统健康综合评价等功能, 同时实现设备运行状态与设备维修管理的自动化、智慧化信息闭环管理, 以提高设备维修维护效率和运维作业安全水平。

以数据为基础, 以智能技术为手段, 达到保障运维安全、实现运维业务减员增效的目标。一套基于大数据分析平台的信号智能运维系统, 该系统包含一个轨道交通大数据分析平台和四大中心应用服务(包含运行监测中心、分析决策中心、健康管理中心、生产指挥中心); 该系统已在天津轻轨 9 号线试车线完成部署应用和试验验证, 同时接入天津轨道交通智能运维中心。

1 系统技术方案

①针对应用需求, 支持线路级、线网级、企业级多级部署。

线网级部署适用于基于大数据分析平台系统作为多条线路智能运维的应用解决方案。

线路级应用适用于基于大数据分析平台系统作为单条线路智能运维的应用解决方案。

企业级部署适用于基于大数据分析平台系统作为信号集成商售后运维支撑的应用解决方案。

②智能运维大数据集群和智能运维应用服务集群部署分别部署大数据分析平台软件、智能应用服务软件、集群监测管理软件、数据库软件、基于大数据分析平台的应用服务软件等。

③支持云平台 and 物理机两种部署方案; 当采用物理机部署方案时, 至少设置 4 台服务器机器, 具体配置可根据线网规模制定。

信号智能运维系统的架构可见图 1。

2 系统关键技术

2.1 信号系统运行故障溯源技术

CBTC 系统由多个子系统组成, 当列车在运行过程中发生故障时, 故障定位难度大, 需各子系统的维护人员合作进行处理, 排查过程繁琐复杂, 工作量大, 效率低下, 无法在短时间内快速找到故障发生的原因。

基于 CBTC 系统运行机制原理、运行日志、子系统间报文数据, 结合专家知识、故障树分析和故障模式与效应分析方法, 构建包含故障原因、故障发生路径和故障模式的完整故障链模型, 实现列车故障发生时对故障的快速溯源(见图 2)。

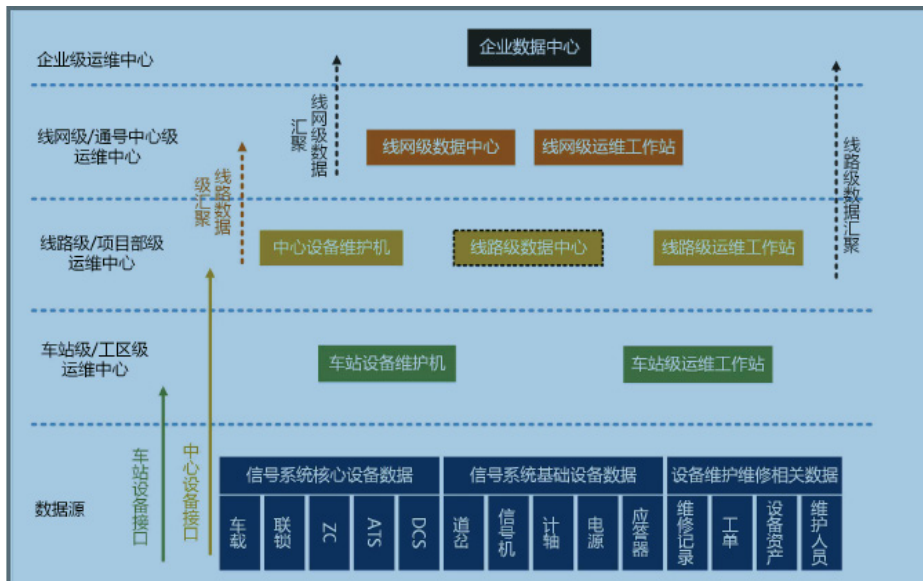


图 1 信号智能运维系统物理架构

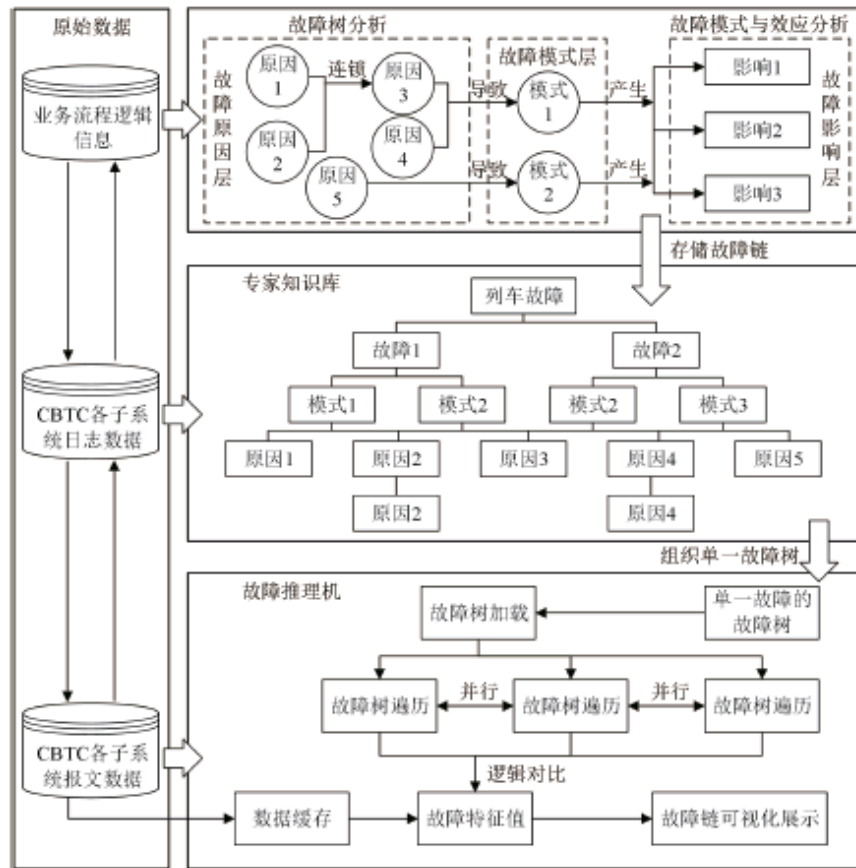


图 2 信号系统运行故障溯源技术

2.2 信号设备故障诊断技术

综合采用数据挖掘理论与方法中的频繁模式识别、离群点检测、聚类等方法与技术，识别信号系统运行过程中的异常情况；供维护人员快速定位故障，及时采取维修措施；系统级的运行状态检测、运行趋势预测，及时产生预警，防患于未然。

2.3 设备智能维护管理技术

使维护管理人员能够随时了解设备的生产厂家、软硬件配置、版本、运行时间、维修记录等固有属性及产品的运行状态、健康状况等动态信息，及时获取维护建议，实现信号设备的全生命周期数字化运维（见图 3）。

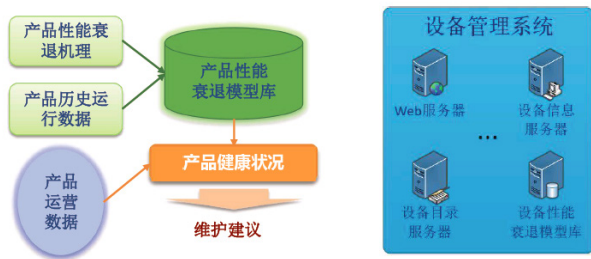


图 3 设备智能维护管理技术

2.4 信号设备监测三维可视化技术

使用三维可视化技术展示列车、信号设备、集中站信号设备室等的运行状态、通信状态和故障报警信息。对信号设备的监测精确到板卡级别，极大地方便了维护人员的巡检工作，提升了运维的效率。

2.5 边缘计算技术

边缘计算是一种分布式计算框架，允许物联网设备在网络边缘快速处理数据。它的主要目的是将计算能力和存储资源移动到离用户或数据源更近的地方，以减少设备和服务之间的响应延迟。通过在边缘设备、传感器和边缘节点上处理数据，边缘计算大大降低了对集中式云服务器的依赖性，提供了更快速、高效和安全的计算服务。边缘计算与云计算的区别在于数据处理的位置和目的不同。云计算通常将大量数据发送到远程数据中心进行处理，这可能导致高延迟和大量的网络带宽消耗。而边缘计算则将重要的数据处理任务移至网络边缘，仅将必要的数据传输到数据中心，从而减少了延迟，并提高了效率。这种分布式处理方式特别适用于需要实时响应如信号运维系统的场景。

在信号智能运维中，边缘计算可以帮助实时处理和解析设备状态和数据，提供即时的设备状况信息。边缘计算可以连接传感器和维修主机，实现实时数据分析和远程监控，提高生产效率和安全性，提供了更快速和可靠的响应，减少了对核心设备硬件的依赖，使得产品功耗降低，有助于节省运营费用。

目前，本项目研制的基于大数据分析平台系统信号智能运维系统还只在津滨轻轨 9 号线试车线完成试验验证，未来智能运维系统在津滨轻轨 9 号线信号系统更新改造工程中落地应用，结合实际工程应用情况，从以下几方面开展优化完善工作：

- ① 进一步提升系统智能分析诊断、故障预测与评价功能。
- ② 进一步提升跨子系统协同分析能力。
- ③ 增强系统远程运维支持能力。

参考文献：

- [1] 中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要[J].城市轨道交通,2020(4):8-23.
- [2] 孔令明,宋元斌,罗志刚.面向BIM的铁路信号线缆自动布线研究[J].制造业自动化,2020,42(1):24-29.
- [3] 袁雪源.广州地铁一号线信号系统改造工程风险分析[J].铁路通信信号工程技术,2019,16(4):58-61+69.
- [4] 白艳琴.城市轨道交通信号系统改造工程解决方案[J].铁路通信信号工程技术,2013,10(S1):343-346.
- [5] 李春宇.既有城轨信号系统改造为DTO系统技术分析[J].铁路通信信号工程技术,2019,16(10):90-93.
- [6] 王喜军,杨立新,武少峰.城市轨道交通信号系统升级改造项目方案研究[J].铁道通信信号,2021,57(11):77-81.
- [7] 刘彧.BIM技术在信号智能运维中的应用研究[J].铁路通信信号工程技术,2021,18(9):1-4.
- [8] 张凯,宋胜林,肖彦科.BIM技术在铁路信号工程运维中的应用研究[J].铁路通信信号工程技术,2021,18(5):15-21.
- [9] 刘智平,罗志刚.BIM在信号系统工程设计中的应用探讨[J].铁路通信信号工程技术,2020,17(2):16-21+39.

作者简介：裴立原（1990-），男，中国天津人，硕士，从事城市轨道交通信号研究。

课题项目：依托科研课题（项目编号：2023A0251206）：城市轨道交通信号系统智慧运维技术研究与应用。