

杭州至海宁城际铁路轨道医院 智能运维平台的探索与实践

黄 丰

(浙江省轨道交通运营管理集团有限公司, 310005, 杭州)

摘 要 [目的]面向杭州—海宁城际铁路运维痛点及智能化运维需求,为探索智能化运维高质量发展路径,需探索建设杭海(杭州—海宁)城际铁路轨道医院智能运维平台,并针对其未来的数字化、自动化、智能化运维提出发展建议。

[方法]分析线路当前存在的运维痛点以及智能化需求,介绍了杭海城际铁路轨道医院智能运维平台 1.0 版的总体架构及各层次功能;从列车在途状态监测、关键部件分析、修程修制优化、机器检查辅助人工作业以及智能运维赋能运维管理等方面,阐述了轨道医院智能运维平台的建设与实践效果,并提出了针对性的发展建议。[结果及结论]轨道医院智能运维平台 1.0 版在支持地面辅助列车正线故障处理、列车关键部件分析、修程修制优化以及赋能运维管理等方面均取得了一定的成效。为了更好地实现轨道医院智能运维平台的高度智能化发展,针对性地提出发展建议:提升智能感知设备机器学习能力、打通多专业系统接口与解耦分析、专家知识库与专项能力机制建设、加强以人为主到人机结合实践。

关键词 杭海城际铁路;智能运维平台;轨道医院

中图分类号 TP31:U239.594

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.01.043

Exploration and Practice of Intelligent Operation-maintenance Platform for Hang-Hai Intercity Railway Track Hospital

HUANG Feng

(Zhejiang Rail Transit Operation Management Group Co., Ltd., 310005, Hangzhou, China)

Abstract [Objective] Aimed at the OM (operation-maintenance) pain points and intelligent OM requirements of Hang-Hai (Hangzhou to Haining) Intercity Railway, to explore a path for intelligent OM high-quality development, the investigation and construction of Hang-Hai Intercity Railway track hospital intelligent OM platform is needed, and development suggestions for the future digital, automated, and intelligent OM are proposed. [Method] By analyzing the existing OM pain points and intelligent demands of railway lines, the overall architecture and functional aspects of the Hang-Hai Intercity Railway track hospital intelligent OM platform version 1.0 are

introduced. From aspects such as on-route train status monitoring, critical component analysis, optimization of maintenance procedures and schedules, machine-assisted manual work, and intelligent OM management empowerment, the construction and practical effects of the track hospital intelligent OM platform are elucidated. Targeted development recommendations are also provided. [Result & Conclusion] Version 1.0 of the track hospital intelligent OM platform achieves certain results in supporting ground-assisted train main line fault handling, train critical component analysis, optimization of maintenance procedures and schedules, and OM management empowerment. To achieve highly intelligent development of the track hospital intelligent OM platform, targeted development suggestions are put forward, including enhancing the machine learning capabilities of intelligent sensing devices, integrating multiple professional system interfaces and decoupling analyses, establishing expert knowledge bases and specialized capacity mechanisms, and strengthening the integration of human and machine practices.

Key words Hang-Hai Intercity Railway; intelligent operation-maintenance platform; track hospital

浙江省轨道交通运营管理集团有限公司(以下简称“浙江轨道集团”)是全国首个省级轨道交通统一运营管理试点企业。为探索智能运维高质量发展路径,浙江轨道集团在杭海(杭州—海宁)城际铁路盐官车辆段规划构建轨道医院智能运维平台(以下简称“轨道医院平台”),开展智能化运维的探索与实践。

1 轨道医院平台的设计背景及构想

1.1 杭海城际铁路运维痛点与需求

杭海城际铁路运维主要存在以下痛点:

1) 修程修制有待优化。杭海城际铁路的线路区间较长,在运营前有时无法完成规定的轨道巡检工作^[1]。此外,杭海城际铁路为新开通线路,经过

初期磨合后,设备设施故障率、故障严重度均保持在较低水平,既定的维修规程并不适用。对此,需结合智能化手段来优化修程修制,并基于设备设施健康状况评估结果开展更为适宜的维保^[2]。

2) 正线故障处理技术支持不足。传统车辆正线故障处理主要由司机通过列车司机显示单元的信息进行评估处理。在常见的多系统故障并发情况下,司机需与行车调度等建立多方通话来联合处理,而故障处理主要依靠人员的技术经验,过程中司机、行车调度人员往往因缺少有效的技术支持而导致处理效果不稳定,进而影响故障处理效率。

3) 传统维保设备设施的智能化程度低。传统维保设备设施相对孤立^[3],依赖人工完成维保业务流程闭环。例如,弓网在线监测检测系统可自动识

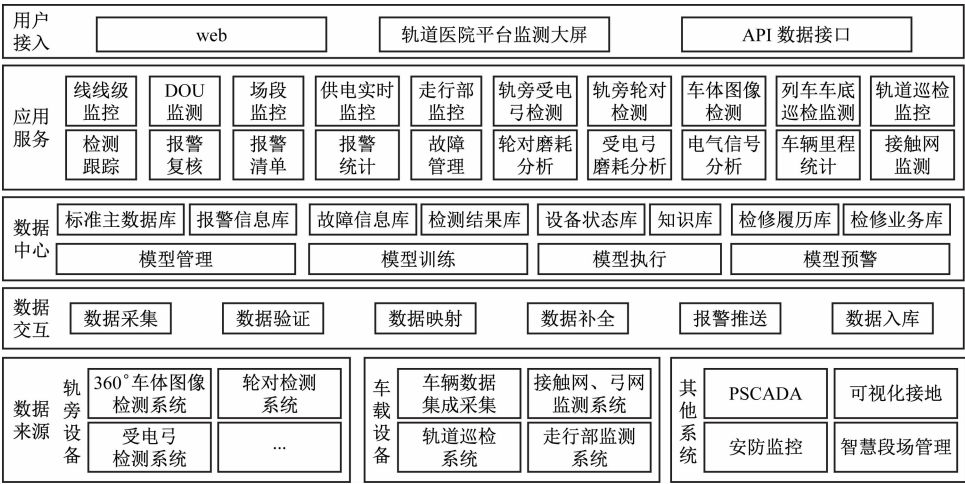
别受电弓外观几何尺寸并异常报警,但受接口限制,需人工手动录入检修管理系统。

面向上述运维痛点,浙江轨道集团提出打造轨道医院平台的规划设想,用以加强感知、分析、决策双层循环能力建设(内循环指感知设备设施本身,外循环指人、机、料、法、环、测等 6 要素间的互联互通^[4]),进而提升设备设施运营、维护、管理的智能化水平。

1.2 轨道医院平台设计构想

1.2.1 轨道医院平台总体框架

轨道医院平台主要以“智能感知—智能分析—智能决策”为设计主线,对核心设备设施进行全面体检、精确治疗。轨道医院平台的构架如图 1 所示。



注:web—应用网络;API—应用程序接口;DDU—人机交互界面;PSCADA—电力监控系统。

图 1 轨道医院平台构架示意图

Fig. 1 Diagram of track hospital platform architecture

1.2.2 轨道医院平台的层次

整体上,轨道医院划分为感知层、交互层、存储层、服务层以及可视化层。

感知层由各类设备系统组成,负责将采集、分析得到的多样化数据提交给交互层。交互层负责制定数据采集、补全策略,过滤不合规数据,转换非标数据。数据中心负责对各类数据按系统进行存储,并训练、部署、执行各类算法模型。应用服务层提供各类业务流程梳理等服务。可视化层面向最终用户,提供各类图形化访问及操作方式,包括 PC (个人计算机)端、监控大屏等。

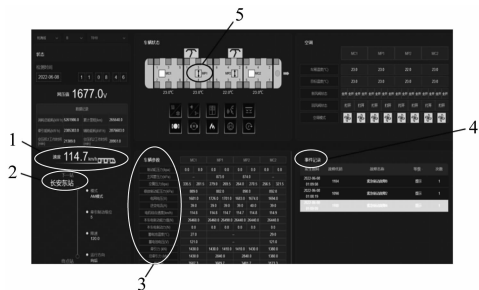
2 轨道医院平台的建设及实践效果

目前,轨道医院平台 1.0 版的总体框架已搭建完成。由于列车正线故障处理、部件磨损监测、修程修制优化等关系到运营质量和生产资源的优化,是行业的重点关注方向。轨道医院平台对列车在途运行数据进行实时落地及显示,进而支持地面辅助列车正线故障处理;依托智能感知设备,在传统检修基础上引入智能检测与人工复核机制,优化修程修制,实现机器检测代替部分人工作业;创新性建立智能运维中心,探索智能运维与传统运维的初步融合。

2.1 列车在途监测及关键部件磨耗监测

2.1.1 列车在途监测及故障处理支持

列车在途状态监测系统利用既有 TCMS(网络控制系统)设备,基于列车 PIS(乘客信息系统)通道,将制动、牵引及空调等系统,以及车载机电设备的 600 多项实时数据向地面设备回传,并复现列车司机屏。当列车在正线运行中发生故障时,地面技术人员可及时介入,第一时间获取车辆状态信息,准确分析故障原因,有效指导司机处理故障,提高故障处理效率。轨道医院平台的列车在途监测界面如图 2 所示。



注:1—车速;2—下一站;3—车辆主要运行数据;4—故障报警信息;
5—车载设备状态。

图 2 轨道医院列车在途监测界面截图

Fig. 2 Screenshot of track hospital train on route monitoring interface

2.1.2 关键部件磨耗监测与趋势分析

轨旁检测设备可自动检测车辆关键部件数据。轨道医院平台已实现了对多维轨旁检测系统感知数据的统一集成,实现了对碳滑板及轮对等关键部件磨耗的趋势分析,不仅便于总结磨耗规律、优化检修方式,还能作为灵活调整易损易耗件存量的依据。轨道医院平台的关键部件磨耗监测与趋势预警界面截图如图 3 所示。

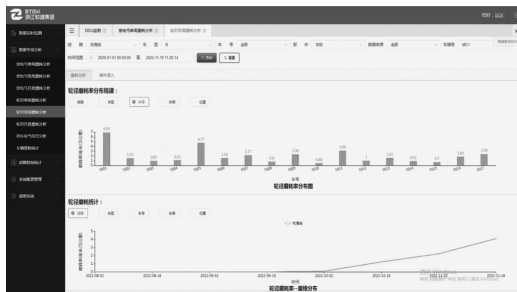


图 3 轨道医院关键部件磨耗监测与趋势预警界面截图

Fig. 3 Screenshot of the interface for wear monitoring and trend warning of key components in track hospital

2.2 辅助人工作业及修程修制的优化

2.2.1 轨道巡检的修程修制优化

轨道医院平台的轨道智能巡检系统与列车一体化安装。相比于独立式智能巡检设备^[4],一体化安装的轨道智能巡检系统能更好地与调度生产相结合,既不增加夜间施工作业点,也无需人员操作设备,仅依托列车开行计划,就能实现在列车运营的同时对全线钢轨、道床及连接零件等轨道关键设备进行检测。轨道智能巡检系统安装实景图如图 4 所示。



图 4 轨道智能巡检系统安装实景图

Fig. 4 Photo of intelligent track inspection system installation

目前,正线轨道巡检以轨道智能巡检系统为主,以人工为辅。正线轨道的人工巡检周期由原来的双日巡检(每 48 h 一次)调整至周巡检(每周一次),并同步对轨道智能巡检系统的检测质量进行复核^[5]。由于道岔是行车安全关键设备和薄弱环节,道岔区域的人工巡检周期仍为双日巡检。

在周期调整前,每名巡检人员单次巡检作业的工作量约为 7 ~ 8 km。结合双岗作业的安全要求,夜间人工巡检作业需 20 余人耗时近 3 h 方能完成。

在周期调整后,作业量大的正线巡检任务由轨道智能巡检系统完成。巡检人员主要在道岔区巡检(共 6 个道岔区,且每道岔区有 2 人巡检),并处理系统报警故障。节省的 2 人次巡检资源可分配至其他生产任务,而每个岔区巡检耗时约 20 ~ 30 min,人员完成岔区巡检作业后还有充分时间参与其他作业。

2.2.2 辅助列车双日检修程的优化

基于对故障模式、故障影响和危害性的分析^[6],杭海城际铁路已全面实施列车双日检修程,小日检每日 1 次,大日检每 2 日 1 次。其中小日检项目为司机室、客室及列车功能等车上作业项点的

检查,大日检项目除涵盖小日检内容外,还包括车底、车侧部件的检查。

依托轨道医院平台 360°车体图像检测系统(下文简称“360°系统”)对车底、车侧部件异常情况的检测优势,优化并实施机器检测代替人工大日检车底、车侧作业,同时,360°系统安装在车辆段入库动态检测棚内(如图 5 所示),结合排车计划灵活安排小日检列车进行回库前机器检测,及时发现车下部件的风险隐患。



图 5 360°系统实景图

Fig. 5 360° system realistic view

在实际运用中,360°系统已排查多起车下部件异常隐患,如垂向减振器缠绕塑料袋、车下辅助电源箱二次防脱锁扣位置错误等。

轨道医院平台在 360°系统的辅助作业下,一方面可结合排车计划完成对车下部件的检测,保证检修效率并加强列车的可靠性;另一方面,通过持续的样本积累与人机比对,不断提升 360°系统的识别率,降低误报率,为后续列车修程的优化延长提供条件。

2.2.3 智慧变电所巡检机器人辅助人工维保

现阶段,轨道医院平台的主变电所智能巡检机器人在外形直观观测或温度测量等项点具有优势,替代了部分人工巡检工作,个别项点实施人工+机器巡检模式。其中:继电器、轨电位定值等需开启柜门或点击屏幕查看的项点仍采用人工巡视;SF6(六氟化硫)气压、开关分合闸状态、变压器温度等直观、可测的项点由机器人巡视,且机器人巡检频次由每 4 日 1 次优化为每日 1 次,提高了巡检频次,降低了人工巡检的工作量,还避免了人员因触碰或靠近高压设备而发生触电的风险。

1) 开关位置检测。检测进线开关、馈线开关、AC 400 V 开关柜框架开关、转换开关、DC 1 500 V 端柜远方就地转换开关及分合闸的位置指示等

信息。

2) 设备信息检测。检测内容为:钢轨电位限制装置报警、AC 35 kV 开关柜 SF6 气体压力表指示是否正确、配电变压器温控装置及 DC 1 500 V 开关柜报警检测等。

3) 温度检测。使用红外热成像及无线测温装置监控高压设备的温度,并自动生成温度曲线图;结合设备历史温度变化,自动分析趋势。红外热成像及无线测温结果照片如图 6 所示。



图 6 红外热成像及无线测温结果照片

Fig. 6 Photos of infrared thermal imaging and wireless temperature measurement results

2.3 智能运维中心赋能运维管理

为更好地融合智能运维和传统运维,创新性设立轨道医院平台的智能运维中心。智能运维中心的设立优化了组织架构。其设立的智能运维工程师等岗位,能负责车载信息的监控,并辅助指导正线列车故障处理;此外,智能运维中心还可以组织专员融合到设备设施感知、数据分析诊断的实践中,挖掘轨道医院平台各类综合数据的价值,围绕碳滑板及轮对开展磨耗预测等专项研究,探索轨道医院平台从“能用”向“好用”发展。

3 轨道医院平台智能化运维的发展建议

3.1 提升智能感知设备的机器学习能力

加强轨道医院平台 360°系统等智能设备的技术研究,提高检测精度及效率,避免出现列车重复过检的情况。丰富人工模拟检测样本,平衡系统误报、漏报的检测预设阈值,尽量缩短人工复核周期;优化干扰源的排除算法,细化当前各系统如螺栓歪斜、松动等不同种类的故障分类及报警提示,提高异常复核效率。

3.2 打通多专业系统接口与解耦分析

打通轨道医院平台与生产管理系统的接口,实现从检测到维修的电子闭环。持续开展异构数据应用研究,规范接口数据标准,高效利用多系统交互下的数据信息。打通 ATS(列车自动监控)系统接口,解决非正线车辆定位问题;建立在途列车数据传输增补机制,提升 PIS 通道传输数据的集中度、丰富度;梳理司机屏、车载 TCMS 系统关于车载实时故障的对齐方案,解决当前车载实时故障不统一的问题。

3.3 专家知识库与专项能力机制建设

建立轨道医院平台的专家知识库,积累故障样本与处理案例,逐步发挥人工经验及专家个人能力在信息化运用中的优势;建立列车正线故障的地面辅助应急处理机制,更有效地提升故障处理能力。杭海城际铁路开通一年有余,可结合运营状况提前探讨大修及架大修规划^[7],探索关键部件的全寿命周期监测,建立部件劣化专项预测研究与智能分析机制,如轴承健康监测、低压电器故障预测研究等,探索杭海城际铁路的运维新策略。

3.4 加强以人为先到人机结合实践

维保自动化是一个逐步进化的过程,不是完全的以机器替换人工^[4]。当前,杭海城际铁路智能化运维的重点逐步从以人为先到转变到人机平衡的实践中:一方面依托人工复核来加强机器再深度学习,提升异常识别率;另一方面,利用智能化优势推进传统运维的发展,比如研究道岔区智能检测的可行性等,进一步探索智能运维中心与 DCC(车辆段控制中心)职能融合、利用修程优化经验进一步探讨列车双日检周期延长等。

4 结语

面向运维痛点及智能化运维需求,杭海城际铁路轨道医院平台 1.0 版已成功搭建,并在列车在途监测、关键部件分析、机器辅助人工作业及修程优化等几个方面取得了一定的实施效果。

未来,轨道医院平台将瞄准提升智能感知设备机器学习能力、加强从以人为先到到人机结合实践等四个方面发力,探索一条具有杭海城际铁路特色的智能化运维创新实践之路。

参考文献

- [1] 周权. 杭海城际铁路长大区间非正常行车组织及施工巡检探究[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2020(10): 76.
ZHOU Quan. Research on abnormal train operation organization and construction inspection in the long section of Hangzhou-Haining intercity railway[J]. China-Arab States Science and Technology Forum, 2020(10): 76.
- [2] 周冲. 基于剩余寿命预测的地铁车辆预防性维修决策系统研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2021.
ZHOU Chong. Research on preventive maintenance decision system of metro vehicles based on remaining life prediction[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2021.
- [3] 王生华, 殷培强. 上海地铁智能运维系统建设情况[J]. 城市轨道交通, 2019(5): 17.
WANG Shenghua, YIN Peiqiang. Construction of intelligent operation and maintenance system in Shanghai Metro[J]. China Metros, 2019(5): 17.
- [4] 唐明辉. 杭州至海宁城际铁路智能维保研究[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(10): 134.
TANG Minghui. Research of Hangzhou-Haining intercity railway intelligent maintenance[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(10): 134.
- [5] 陈飞. 地铁市域快线工务智能巡检设备运用与探索[J]. 智能城市, 2022, 8(6): 16.
CHEN Fei. Application and exploration of intelligent inspection equipment for metro express works[J]. Intelligent City, 2022, 8(6): 16.
- [6] 杨丽. 上海轨道交通车辆日检作业模式优化研究[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(增刊1): 68.
YANG Li. Optimization of daily inspection operation mode for Shanghai rail transit vehicles[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(S1): 68.
- [7] 付国平, 杨明辉, 郭正海. 杭州地铁车辆智能运维系统设计与应用[J]. 控制与信息技术, 2022(4): 100.
FU Guoping, YANG Minghui, GUO Zhenghai. Design and application of the vehicle intelligent operation and maintenance system for Hangzhou Metro[J]. Control and Information Technology, 2022(4): 100.

· 收稿日期:2022-12-13 修回日期:2022-12-31 出版日期:2024-01-10
Received:2022-12-13 Revised:2022-12-31 Published:2024-01-10
· 作者:黄丰,高级工程师,747701249@qq.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