

Innovative Application and Efficiency Improvement of smart iron Shoes in the railway system

Xiaowei Lu

Qingtongxia Aluminium Industry Co., Ltd. Ningdong Aluminium Industry Branch, Yinchuan, Ningxia, 750411, China

Abstract

During the parking operation of railway vehicles, the problem of runaway occurs frequently and leads to serious consequences. Iron shoes are the core equipment for anti-slip operations, and smart iron shoes represent a new development of iron shoes in the digital age. Based on this, the article first analyzes the working principle of the intelligent iron shoe from the perception layer, communication layer and control layer, introduces the common functions of the intelligent iron shoe, and then discusses the innovative application of the intelligent iron shoe in the railway system around the anti-rolling of marshalling stations, temporary anti-rolling of ramps, parking of heavy-haul trains and maintenance of EMUs, and proposes strategies to improve the application efficiency of the intelligent iron shoe. Including hardware optimization, algorithm upgrade and operation and maintenance innovation.

Keywords

Smart iron shoes Anti-slip operation Innovative application Efficiency improvement

智能铁鞋在铁路系统的创新应用与效能提升

陆晓威

青铜峡铝业股份有限公司宁东铝业分公司, 中国·宁夏 银川 750411

摘 要

铁路车辆停车作业中,溜逸问题时有发生,并导致严重后果。铁鞋是防溜作业的核心装备,而智能铁鞋则是数字时代铁鞋的新发展。文章基于此,首先从感知层、通信层、控制层,分析了智能铁鞋的工作原理,介绍了智能铁鞋的常见功能,继而围绕编组站防溜、坡道临时防溜、重载列车停放、动车组检修,探讨了智能铁鞋在铁路系统的创新应用,并提出了提升智能铁鞋应用效能的策略,包括硬件优化、算法升级与运维创新。

关键词

智能铁鞋;防溜作业;创新应用;效能提升

1 引言

车辆、车组及车列,在中间站线路停留时,易因自身重力或外部力量的影响而发生溜逸乃至失去控制的情况。列车溜逸风险极大,是造成车辆脱线、颠覆覆等重大恶果的主要因素之一,并且,当溜逸的车辆进入运营的正线轨道时,可能会与高速行驶的列车发生碰撞,造成惨重的人员伤亡与财产损失。防溜作业是铁路部门解决车辆溜逸问题的关键,铁鞋作为防溜作业的核心装备,能利用自身与车轮踏面的阻力来组织车辆移动,起到防溜作用。铁鞋的操作步骤主要包括拿取、安放、取出、归还四个环节,现阶段,人工操作仍然是铁鞋操作的主要方式,然而,铁路站场工作人员有限,多数铁路站场并未设置铁鞋防溜作业专岗,由此导致的结果便是铁鞋操作中,经常出现铁鞋错漏、漏撤、丢弃等问题,

严重威胁铁路安全。统计数据显示,因铁鞋防溜作业问题而导致的铁路生产事故,占全部生产事故的8%^[1]。随着数字技术的不断发展与广泛应用,人类社会已经步入数字时代,基于数字技术的智能铁鞋,成为防溜作业的新设备。与传统铁鞋相比,智能铁鞋融汇防溜执行、防溜撤除、轨道检测、异常报警以及车辆信息记录于一体,不仅可以提高防溜作业的效果,且有着更为多元化的应用场景。

2 智能铁鞋的工作原理与主要功能

智能铁鞋由感知层、通信层、控制层构成,感知层负责铁鞋状态信息的采集,核心部件为各种类型的传感器,如压力传感器、倾角传感器、位移传感器、定位模块等,不同的传感器,能够从不同维度,反映智能铁鞋的状态。以压力传感器为例,其可以监测铁鞋与轨道及车轮的接触压力。通信层负责采集信息的传输,传感器采集而来的信息,经由无线网络,传输至监控平台,为工作人员动态把握智能铁鞋的情况提供参考。控制层负责风险研判与预警,即通过算法应

【作者简介】陆晓威(1984-),男,中国宁夏固原人,工程师,从事企业内部管理研究。

用,对数据进行分析,研判智能铁鞋的状态以及面临的风险,并根据数据分析结果,提醒工作人员采取措施。与传统铁鞋相比,智能铁鞋不仅具有防溜作用,也具有位置实时检测和显示、数据共享、缺位报警等作用。

3 智能铁鞋在铁路系统的创新应用

3.1 编组站防溜

车辆停留在编组站发线、调车线等线路时,需防治放置铁鞋,防范车辆溜逸,而智能铁鞋则在提升编组站防溜效果中有着突出的价值。依托压力传感器,智能铁鞋能够精准识别车辆停留状态,而通过对自身位置的实时监控,智能铁鞋也能及时向监控平台传输各类信息,从而解决人工巡检中漏检、误判的问题。动态调车作业,是防溜作业的难点,因为车辆需要频繁移动,而铁鞋撤除,则是车辆移动的前置条件。通过与调车计划系统的联动,智能铁鞋能够接收调度指令,自动解锁,从而提高作业效率,而智能铁鞋与调车机车、驼峰控制系统的交互,也能从源头上防范未撤铁鞋强行动车的问题。与传统铁鞋相比,智能铁鞋在编组站防溜中的应用,有着多重优势。一方面,智能铁鞋采用智能监测+系统校验的方式,进行防溜作业,有效减少了防溜作业对人工操作的依赖,能够增强防溜作业的可靠性,规避漏放、漏撤等问题,另一方面,远程控制+自动解锁的作业方式,极大地缩短了作业时间,提高了作业效率。此外,智能铁鞋也具有数据积累的作用,能够自动生成防溜日志,为防溜作业的安全分析与优化提供支持。

3.2 坡道临时防溜

坡道,特别是线路坡度在12%以上的长大坡道,列车临时停放时,溜逸风险较高,且作业场景多为调车暂存、紧急停车,对作业时效有着极高的要求。传统的铁鞋防溜作业,高度依赖人工经验,存在反应滞后、放置位置不准确等问题。智能铁鞋具有快速部署、实时监测、精准预警的能力,在坡道临时防溜中有着良好的应用效果。智能铁鞋独特的设计方式,如便携式+磁吸式,或便携式+快速卡扣式,使得作业人员能够在最短的时间内完成单鞋放置。内置于智能铁鞋的倾角传感器,能够自动感知、识别坡道坡度,并在坡道坡度超过阈值时,触发高灵敏度模式。举例而言,当智能铁鞋识别出坡道为坡度在12%以上的长大坡道时,会将压力采样频率从1Hz提升至10Hz,动态捕捉车轮微小位移^[2]。智能铁鞋具有风险预警功能,会根据压力、位移监测结果,向司机室、调车组发送不同等级的预警,提醒工作人员采取措施,如轻微位移时,发出黄色一级预警,建议工作人员检查位移原因,溜逸发生后,发出红色三级预警,要求工作人员采取紧急制动措施。此外,智能铁鞋具备与列控系统联动的性能,能够接收列控系统数据,调整监测策略。

3.3 重载列车停放

我国铁路重载技术位居世界前列,牵引质量逾1万吨

乃至2万吨的重载列车,在煤炭、矿石、钢铁等大宗货物的运输中,发挥着重要的作用。重载列车重量大、惯性大,停放时,对防溜作业,特别是铁鞋的承载能力以及稳定性有着非常高的要求。传统铁鞋,在重载列车防溜中存在着很大的局限性。智能铁鞋具有高负载监测、集群化管理的优势,在重载列车防溜作业中有着良好的应用价值。从高负载监测的角度而言,应用于重载列车防溜的智能铁鞋,采用定制化的压力传感器,能动态采集铁鞋与车轮、轨道的接触压力,分析多鞋受力分布情况,内置的应变片则能监测智能铁鞋形变情况,并根据监测结果,提示智能铁鞋性能下降风险。从集群化管理的角度而言,多组铁鞋协同防溜效果的判定,是防溜作业的难点,智能铁鞋依托铁路专用网络,实现了同一线路多只智能铁鞋的自组网,工作人员能够通过监控平台,查看不同位置智能铁鞋的工作情况,研判多组智能铁鞋协同防溜的效果。不仅如此,智能铁鞋具有很强的环境适应性,高强度材料密封外壳的设计方式以及抗冲击传感器的配置,使得智能铁鞋能够适应重载列车的各种停放场景,确保数据采集的准确性、稳定性。

3.4 动车组检修

动车组检修是防范动车组安全风险,保障动车组平稳运行的重要工作。库内检修或临修,不仅需要车辆在较长的时间段内保持静止状态,也涉及到多工种的协同作业,对防溜作业的要求较高。传统的人工防溜,难以规避漏放漏撤、状态不透明的问题,对动车组检修作业的顺利开展带来了不小的隐患。内置于智能铁鞋的压力传感器,能够实时监测铁鞋与动车组车轮的接触压力,确保铁鞋有效卡阻,诸如UWB室内定位等定位模块,则能准确记录智能铁鞋的位置,并将智能铁鞋的位置信息与动车组的编号以及检修工位绑定。与动车组检修管理系统的协同应用,是智能铁鞋的一大优势。智能铁鞋与动车组检修管理系统的对接,使得动车组检修管理系统能够自动捕捉、研判智能铁鞋的状态,并根据监测效果,发出预警。举例而言,系统监测到智能铁鞋未放置,或着智能铁鞋状态异常时,会自动锁定工单,并强制工作人员检查。动车组检修完成后,需及时撤除铁鞋。系统监测到智能铁鞋未撤除时,会向调度室、司机室推送预警,要求工作人员检查。智能铁鞋与动车组检修管理系统的联动,进一步强化了智能铁鞋在动车组检修防溜中的作用。

4 提升智能铁鞋应用效能的策略

4.1 硬件优化

硬件优化是提升智能铁鞋应用效能的前提。对此,可从三个方面采取措施:一是增强环境的适配性。智能铁鞋的应用场景较为多元,其中,不乏条件较为恶劣的场景。可通过材料创新、结构加固等方式,增强智能铁鞋的环境适配性。举例而言,在外壳材料的选择中,采用铝合金+环氧树脂涂层的耐冲击、防腐蚀材料,使智能铁鞋在恶劣环境下能够

长期运行,并保持良好的性能,同时,在充电口、通信口等关键接口部位,引入防水防尘设计,有效防范雨水、粉尘侵入导致的设备故障。二是做好传感器的选型与融合。传感器是智能铁鞋捕捉外部信息的主要部件,也是智能铁鞋区别于传统铁鞋的关键。智能铁鞋中使用的传感器较多,包括但不限于接近传感器、方向传感器、压力传感器、速度传感器、位移传感器等^[3]。应根据智能铁鞋的应用场景,选择抗干扰能力较强的传感器,并通过多传感器融合技术,发挥好不同传感器数据的互补作用。三是提高续航能力。通过太阳能补能、振动发电,提高智能铁鞋的续航能力,降低人工换电频率,同时,采用动态功耗管理,日常待机时仅保留基础传感器,检测到异常时,才唤醒全部功能。

4.2 算法升级

智能铁鞋为数字时代的新型铁鞋,数字技术既是智能铁鞋的基础技术,数字技术自身的发展,也会推动智能铁鞋的升级。应结合当前数字技术的发展态势,做好智能铁鞋的算法升级,进一步提高智能铁鞋的智能化程度,更好地发挥智能铁鞋的作用。首先,提高数据标准化程度。智能铁鞋生产厂商、列控中心、铁路调度系统数据不统一,是影响智能铁鞋应用效果的常见因素。应制定统一数据协议,解决智能铁鞋应用中的数据孤岛问题,同时,开放智能铁鞋的API接口,推进智能铁鞋系统与其他系统的联动,通过多系统协同作业,发挥智能铁鞋的作用。其次,优化预警模型。时序分析、聚类分析、关联分析等算法,在提高智能铁鞋预警能力中有良好的效果。以时序分析为例,时序分析包括静态时序分析、动态时序分析两类,典型算法有LSTM(Long Short-Term Memory)神经网络、Prophet模型、AR(Autoregressive Model)模型、ARMA(Auto-Regression and Moving Average Model)模型等。可利用智能铁鞋的历史数据,构建基于LSTM的异常检测模型,确定模型的层数、隐藏单元数,将预处理后的数据输入模型,对模型进行训练,再利用模型,捕捉长时间序列的变化规律。孤立森林算法是一种通过孤立树的构建,将数据空间划分开,依据数据内在结构的差异来识别异常点的算法。路径长度是孤立森林算法的核心概念,指数据点根节点到叶子节点的边数。正常点在

树中的路径较长,异常点远离正常点,且在特征空间中分布稀疏,仅需较少的分割次数,便能被隔离,因此,路径较短。孤立森林算法能够利用异常点在树中路径较短的特性,精准将异常点识别出来,对于智能铁鞋故障诊断具有重要的价值。可利用孤立森林算法,提高智能铁鞋故障检修能力。

4.3 运维创新

运维创新同样是提升智能铁鞋应用效能的重点。可从三个方面,创新智能铁鞋的运维模式,一是构建标准化的运维流程。针对智能铁鞋应用中的常见故障,制定分级维护策略,电量不足等低风险故障,通过远程提醒处理,通信中断、位置信息异常、状态异常等中高风险故障,由检修人员到现场检查,并更换智能铁鞋。同时,做好常见故障的搜集、整理,构建包括故障类型、故障原因、故障解决方案的智能铁鞋运维知识库,为故障的快速修复提供依据。二是搭建智能铁鞋远程监控平台。依托智能铁鞋内设的传感器,搭建智能铁鞋远程监控平台,工作人员通过监控平台,能够动态把握智能铁鞋的各项信息,如铁鞋位置、电池电量、工作性能、运行状态等。

5 结语

铁鞋作为铁路车辆最常用的止轮器,在防溜作业中发挥着至关重要的作用。传统的铁鞋,存在很大的局限性,已经难以满足防溜作业的需要。智能铁鞋作为数字时代的新型铁鞋,具有位置实时检测和显示、数据共享、缺位报警、指纹录入、走行联锁、远程访问和信息化管理等多重功能,在改进防溜作业,提升车辆以及铁路系统安全性中有着广阔的应用空间。因此,要加强智能铁鞋的应用,并围绕硬件优化、软件升级以及管理创新,提升智能铁鞋的应用效能。

参考文献

- [1] 乌峥,朱攀峰,李亚亚.车辆溜逸安全防护系统研究[J].铁路计算机应用,2020,29(3):43-46.
- [2] 何学科.大型养路机械铁鞋智能管理系统研究[J].机车电传动,2021(03):62-66
- [3] 刘婷.智能铁鞋管理系统的设计与优化[J].科技与创新,2024(24):38-40.