Research on the Construction and Application of an Intelligent Protection System for Railway Shunting Operations

Zeyuan Wang

Henan Thinker Information Technology Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450001, China

Abstract

This paper conducts research on the actual conditions of railway marshalling yards, summarizes the problems existing in the current marshalling operations protection, and on this basis, designs an intelligent protection system for railway marshalling operations that is suitable for on-site application and easy to operate. It introduces the overall structure of the system and the design ideas of the main functional modules, discusses the usage and results of the system in practical applications, addresses the shortcomings of traditional protection methods such as delayed alarms, high error rates, and weak monitoring, and provides strong technical support to ensure the safety of railway marshalling operations, transitioning the operations from being "experience-driven" to "technology-driven."

Keywords

railway shunting operations; intelligent protection system; system construction; field application

铁路调车作业智能防护系统构建与应用研究

王泽源

河南思维信息技术有限公司，中国·河南 郑州 450001

摘要

本文针对铁路调车场的实际情况进行调研，对目前调车作业防护中存在的问题进行了总结归纳，在此基础上设计了一套适合现场应用、操作简便的铁路调车作业智能化防护系统，介绍了该系统的总体结构以及主要的功能模块的设计思路，论述了该系统在实际运用过程中的使用情况及取得的效果，解决了传统防护方法中报警滞后、误操作率高、监控薄弱等弊端，为保障铁路调车作业的安全提供了有力的技术支持，使调车作业由“经验主导”到“技术主导”。

关键词

铁路调车作业；智能防护系统；系统构建；现场应用

1 引言

铁路调车作业承担着列车分解、编组及取送车辆等工作，是保证铁路运输顺畅运行的重要环节，在确保行车安全、设备完好以及提高运输效率方面起着至关重要的作用。目前大多数车站调车作业还是采用传统的防护方式，工作人员需要步行核对车号、观察道岔位置情况，通过无线电台进行指挥命令传达，容易受到外界环境的影响以及人为因素造成的失误，造成信息反馈延迟、风险预报滞后、操作错误增多等情况发生，加大了作业人员的工作负担的同时也埋下了挤岔、脱轨、碰撞等事故隐患。随着铁路运量日益增大，调车作业强度不断攀升，传统防护手段已经不能适应安全生产的要求。因此，开发一款接地气、可实施、实用性强的铁路调车作业智能防护系统，把智能化技术和实际生产相结合，解决现场防护难题，成为提高铁路调车作业安全性的当务之急。

【作者简介】王泽源（1988–），男，中国河南禹州人，本科，工程师，从事铁路行业车载LKJ设备在调车防护模式下功能的提升研究。

2 铁路调车作业防护现状及痛点分析

2.1 现状概述

调车工作始于调车计划的编制、下达，终于最后一钩作业确认完成。其中信息的传递大多采用传真、电话、纸质调车作业通知单等方式，不但影响作业效率，也容易出现人为失误。在作业过程中的各种检查，基本依靠目测、目检进行人工判断，这也意味着调车工作的安全和效率完全受限于个人能力，因此铁路局集团公司、站段必须要在

制定规章、培训规章、执行规章、监督规章执行等方面投入大量的培训和监督力量[1]。目前铁路调车作业防护主要是“人防+简单技防”，主要依靠作业人员操作技能及责任心，配合电台、对讲机等简易工具进行信息交流，在调车计划制定、核对车号、检查道岔位置等方面大多采取人工方式完成，在作业中需要不断进行人员联控，防护效果全靠工作人员执行标准程度。一些车站虽然有少量定位装置应用，但是普遍存在定位不准、功能单一、脱离实际作业情况，不能实现全天候、全方位智能化防护，起不到真正防护作用。

2.2 核心痛点

调车作业环节繁杂、程序繁琐，作业人员长期处于紧张的工作状态下容易产生疲劳、松懈等现象造成道岔位置判断错误、漏听联控指令、违章操作等问题从而酿成事故；另外一些作业人员的安全观念淡薄，有麻痹大意的思想，简化作业程序，加大了安全风险。传统的调车作业中，调车计划及命令主要是以书面形式下发或者用无线电台传达，受气候条件以及地理环境影响较大，会发生信息传输滞后或者偏差的现象，在发生突发事件后不能第一时间把相关信息告知到所有的相关人员当中去，及时报警提醒，防止事故的发生[2]。调车作业场地大、工作人员分布广，管理者很难做到对每一个作业人员和每一台设备的状态进行实时监控，在作业过程中出现的一些违规行为也无法做到即时制止。作业结束后缺少相关数据回溯方式，对于整个过程无法进行回顾反思，难以从根本上解决此类问题不再重蹈覆辙。部分已经应用的安全装置的设计与实际的调车作业情况不符，使用起来麻烦重重，维修困难重重，被作业人员排斥拒绝，造成这些装置形同虚设，起不到应有的保护作用。而且各装置之间相互独立，互不关联，造成信息孤岛，很难做到全方面的自动化防护。

3 铁路调车作业智能防护系统构建

系统建设坚持“贴近现场、实用高效、简便快捷、便于普及应用”的理念，以调车作业全过程为基础，结合北斗定位、无线通讯、传感等信息技术，突破传统的防护方式限制，“感知—判断—报警—处理”，形成一套完整的智能化防护系统，使其切实应用于生产实践中去，解决实际问题。

3.1 系统总体架构

系统采用分层部署结构，包括感知层、传输层、核心层以及应用层，各层级之间相互配合，共同完成调车作业全过程智能化感知、风险预判及报警功能。该架构设计符合实际现场作业情况，简化了复杂的设计环节保证系统的稳定性及易用性。感知层是数据收集起点，由各种类型的智能终端和传感器构成，在调车机车上安装定位装置，在工作人员所戴的安全帽内集成定位与通讯模块，在道岔、脱轨器等重要部位加装状态检测器来获取作业人员、机车车辆以及关键设备的状态信息以满足实际业务需求[3]。传输层的作用就是把从感知层获得的信息及时传送到核心层，“无线通信+工业以太网”的组合方式可以适应站场内复杂的环境条件，在站区内利用有线连接的工业以太网保证固定设施同中心服务器之间的快速传输；而在移动过程中则使用无线通讯的方式进行加密传送避免被截取或者篡改并且设有两条并行链路作为备份保障传输不断开从而适应作业时移动的特点。核心层是整个工程项目的中枢大脑，位于车站调度控制室内，包含有中央处理器、数据库服务器以及监控显示器等部分组成。其中中央处理器承担着对采集到的所有信息进行即时解析、交叉比对的任务，并依据既定的安全准则做出相应的判断；而数据库服务器主要起到保存所有操作记录以及设备运行状况的作用便于后期回溯查询；监控显示屏采用高清屏幕可实现多屏联动的效果使管理者能够直观地观察整个工作区域的情况。应用层针对不同的调车作业相关人员进行划分，分为调度端、现场作业端以及管理端，功能布局契合不同岗位人员的操作要求。调度端主要是用于编制调车方案、发布指令以及监视现场作业状况；现场作业端主要是供作业人员查看指示、了解警报提示并上报自身情况；管理端主要是用来汇总统计相关业务信息、分析异常行为发生的原因以及维护本系统，保证其可以充分服务于各个职位的需求。

3.2 核心功能模块设计

3.2.1 实时定位与可视化监控模块

该模块借助感知层定位装置对作业人员及机车车辆的位置信息进行实时获取并与车站站场平面图相对应，在监控端上实时显示它们的位置、行进路线以及工作情况等，工作人员可以在监控端上随时了解现场作业状况并能够第一时间发现作业人员违规进入危险区或者机车车辆偏离既定行驶路径等问题从而做到对现场作业的有效监控以弥补以往作业过程中缺乏有效监督所带来的弊端。

3.2.2 智能风险预警模块

此模块为系统主要的功能，根据调车作业安全规定及现场的风险点设置各种风险报警条件，例如作业人员接近危险区、道岔故障、机车速度过高等，在感知层获取信息满足报警条件的情况下及时向现场作业终端以及监控终端发出声音和图像报警信号通知作业人员及管理人员迅速处理，同时联动相应的设备进行快速响应，弥补传统防护中的报警延迟问题。

3.2.3 作业指令电子化传递模块

摒弃传统的纸质通知单以及电台传达的方式，实现调车计划、作业命令的电子化编制与发放，在调度台上由调度员制定好调车计划之后可以一键发送到现场工作人员手持终端上，工作人员收到指令进行确认即可，防止了错发或者漏发的情况出现。如果工作计划发生变化，则能够即时更新并且推送给相应的人员，保证信息传递快捷准确，减少人为因素造成的错误[4]。

3.2.4 作业数据追溯与分析模块

系统自动保存全部调车作业过程数据，包括作业计划、作业命令、人员位置、设备状况、报警信息等等，保存时长可以满足现场回溯要求，管理人员可以在管理端查看这些内容，对整个作业情况进行回顾分析，发现作业中

存在的不足之处以及违章操作行为，吸取教训，改进工作方法，提高工作效率，从源头上保证作业安全。

4 铁路调车作业智能防护系统应用实践

为了检验该系统的有效性和实用性，在某铁路车站开展试运行工作，试点车站主要是货车调车作业，现场情况比较复杂、劳动强度较大，传统防护方式存在的问题也比较明显。在使用过程中严格按照现场作业程序设计，简化操作过程，对作业人员进行培训指导，保证系统可以顺利投入使用并起到真正防护的作用。

4.1 应用场景

4.1.1 调车计划编制与执行场景

调度员在系统调度台上制定调车方案，布置工作任务、运行路径以及安全提示等信息，即时传达给调车组成员手持终端设备上。调车组成员接到命令后可以随时查阅工作计划并据此进行作业，在工作中也可以利用手持终端向调度员汇报工作进展及现场状况，调度员能够及时了解工作的进展情况并对工作安排做出相应的修改，减少重复劳动提高工作效率。

4.1.2 现场作业安全防护场景。

作业人员头戴智能安全帽进行作业，系统对作业人员的位置进行监控，在作业人员接近调车线路、道岔等危险区域时及时发出语音报警提示作业人员远离危险区域。在道岔操作过程中，系统对道岔的状态进行监测，一旦发生道岔故障立即报警并且阻止机车通过以防止事故的发生。此外，系统还会对机车的速度进行检测，如果出现超速的情况也会报警并且触发机车的刹车装置来保证作业的安全性。

4.1.3 作业过程监管与复盘场景

管理人员在系统管理端可以随时查看现场施工情况，在线发现工人违章行为或者未按照方案开展工作等情况时，第一时间进行警告并要求其改正。施工结束后，管理人员可以在系统中查阅相关施工信息，对整个施工过程进行回顾总结，找出其中的问题所在，提出相应的整改措施，完善施工程序，提高施工的安全程度[5]。

4.2 应用效果

系统试用之后，有效解决传统调车作业防护中存在的问题困难，取得良好应用效果，符合实际作业需求，受到一线员工及管理人员一致好评。第一是作业安全得到极大改善，在智能化风险提示以及实时监控下，大大降低人为疏忽或者违规行为的发生率，防止数起事故隐患出现，对现场安全隐患进行有效控制，实现由“人防”到“技防+人防”，提高了作业安全性及可靠性；第二是工作效率明显提升，取消人工核对、纸质传递等方法，采用电子化编制调车计划、即时下达作业指令方式，减少工作人员重复性工作量，减轻劳动强度，节省时间成本，提高调车作业效率，缓解高强度作业压力；第三是作业管理更加强化，通过对作业数据回溯与分析，可以做到对整个调车过程进行全程可追溯、可监督，管理者可以第一时间找出工作中存在的不足之处并加以改进和完善，纠正作业人员不良习惯，使调车作业趋于标准化；第四是设备匹配度高，使用方便快捷，便于维护保养，契合现场作业环境特点，作业人员稍加学习就能掌握使用技巧，设备运转良好，能应对车站复杂多变的工作条件，杜绝设备空置现象发生，切实起到智能防护作用。

5 结论

本文基于铁路调车作业现场实际情况，对现有调车作业防护情况进行剖析并提出存在问题，在此基础上设计了一种符合实际、便捷有效的铁路调车作业智能化防护方案，确定了该系统的整体框架及主要的功能模块，并进行试运行检验其可行性与实用性。此系统可以有效解决以往在调车过程中出现的预警滞后、操作错误频发以及监管疏漏等问题，减轻工作人员的工作负担，提高调车工作的安全性与工作效率，为保障铁路调车作业的安全起到积极的作用，有很好的应用前景和借鉴意义。

参考文献

[1] 刘行.北斗高精度定位技术在铁路调车作业安全辅助防护系统中的应用研究[J].哈尔滨铁道科技,2025,(04):4-7.

[2] 乔峥,王建英,赵宏涛,张芸鹏,朱志强.普速铁路CTC智能调车作业决策技术研究[J].铁道标准设计,1-9.

[3] 彭轩,李耀,张屹,刘小兵.基于机器视觉的铁路调车作业异物入侵检测系统研究[J].铁路计算机应用,2025,34(06):52-57.

[4] 梁惠泽,李丹.铁路编组站调车作业效率提升策略研究[J].铁路采购与物流,2025,20(06):67-69.

[5] 张晓冬.基于VR技术的铁路调车作业安全仿真系统研究[J].铁道货运,2024,42(04):32-37+45.