

铁路调车作业过程管理中动态视频监控运用研究

孟庆锋¹ 王郡² 戚万才²

1. 中国铁路哈尔滨局集团有限公司, 中国·黑龙江 哈尔滨 150006

2. 中国铁路哈尔滨局集团有限公司三棵树车辆段, 中国·黑龙江 哈尔滨 150056

摘要: 为切实保障铁路车站调车作业现场环境安全性, 破解传统静态视频监控仅实现事后追溯的困境, 满足实时安全管控的需求, 文章结合铁路调车作业的实际场景, 深入探讨动态视频监控在铁路调车作业过程管理中的运营现状与核心要点, 结合整备库安全防护预警装置项目实例, 分析高清视频采集与本地模型终端的预警系统如何有效解决调车作业中视觉盲区问题, 实现视频监控从被动记录到主动预警的转变, 推动铁路调车作业过程管理智能化、标准化发展。

关键词: 铁路调车; 过程管理; 动态视频监控; 智能预警

Research on the application of dynamic video monitoring in the process management of railway shunting operation

Meng Qingfeng¹, Wang Jun², Qi Wancai²

1. China Railway Harbin Group Co., Ltd., China Heilongjiang Harbin 150006

2. Sankeshu Vehicle Depot of China Railway Harbin Group Co., Ltd., China Heilongjiang Harbin 150056

Abstract: In order to effectively ensure the environmental safety of railway station shunting operation site, solve the dilemma that traditional static video monitoring can only achieve ex post tracking, and meet the needs of real-time safety management and control, combined with the actual scene of railway shunting operation, this paper deeply discusses the operation status and core points of dynamic video monitoring in the process management of railway shunting operation, and analyzes how the high-definition video acquisition and local model terminal early warning system can effectively solve the visual blind spot problem in shunting operation, realize the transformation of video monitoring from passive recording to active early warning, and promote the intelligent and standardized development of railway shunting operation process management.

Keywords: Railway shunting; Process management; Dynamic video monitoring; Intelligent early warning

0 引言

随着铁路运输规模的不断扩大和作业效率要求的持续提升, 调车作业作为铁路车辆运行组织的基础, 涉及多岗位协同、多设备联动、作业环境复杂多变、设备密集、人机交叉频繁, 存在人员违规操作、异物入侵、视野盲区等诸多安全隐患。某区域中间站近 3 年调车作业事故率高达 3.2/ 百站, 其中 65% 的事故源于监控盲区、响应滞后等问题。为此, 针对传统调车作业过程管理中监控手段单一、实时性差、依赖人工盯控等痛点, 深入探索动态视频监控的有效运用, 实现实时目标检测与行为分析, 并主动预警侵入限界、人员越线、车辆异常移动等高风险场景, 提高调车作业安全水平。

1 动态视频监控在铁路调车作业过程管理中的运用现状

从现阶段铁路调车作业过程实践来看, 在铁路行车安

全报警方面视频监控已得到广泛应用, 其应用水平大多停留在“存”和“看”层面上, 主要依靠人员瞭望、查看视频、现场查看的方式完成现场作业和车辆状态安全检测^[1]。铁路智能化建设的推进, 在铁路调车作业过程管理中逐步推广应用动态视频监控技术, 成为一种综合性安全管理手段。

第一, 在安全管控层面上实时动态监控现场作业, 在调车作业区、轨道线路、道岔等关键区域高清视频采集设备, 实现对机车运行状态、作业人员操作行为以及设备运行状况的全方位视频数据采集。管理人员借助监控终端, 可远程实时掌握作业现场动态, 迅速识别违规操作行为及潜在安全隐患。

第二, 在流程规范层面上形成智能化风险预警机制, 部分铁路站点引入了先进的智能分析算法, 能够自动识别并预警人员侵入轨道、机车超速行驶、道岔异常等安全风

险。一旦检测到风险,系统将立即通过声光报警、短信通知等多种方式,提醒相关人员及时采取应对措施,实现对潜在安全事故的超前干预。

第三,在过程追溯层面实现作业全过程记录,系统可长期存储调车作业全过程的视频数据,存储周期不少于 30 天,在发生作业纠纷或安全事故时,可通过视频回放功能精准还原作业过程,为责任认定提供确凿证据,提升安全管理精细化水平。

国内首套重载铁路智能调车系统已在黄骅港站成功投入运营,该系统集成了智能图像识别、智能传感、物联网、5G 通信和人工智能等前沿技术,构建了“云脑决策、云控运行、云防保障”三位一体的综合管理体系,实现调车作业全流程精细化管控,显著提升作业效率与安全水平。

2 动态视频监控在铁路调车作业过程管理中的运用要点

2.1 监控设备部署

在铁路调车作业过程管理实践中,部分场地结构复杂、股道密集,摄像头部署不合理,存在视觉盲区,股道尽头、道岔下方等区域无法实现有效监控,存在安全隐患。尤其在列车进入整备库大门时,视觉盲区问题突出,易引发人员侵限人身伤害风险。为实现作业场景全方位无死角覆盖,同时确保设备运行稳定性与场景适应性之间的平衡,以科学部署监控设备作为动态视频监控系统效能发挥的前提,结合调车作业现场的地理特征、轨道布局与作业流程等特性,系统规划摄像头的空间布局与配置密度^[2]。

在整备库出入口、轨道端部、道岔转换区及机车驾驶室等关键节点,部署具备 360° 全景旋转与光学变焦功能的高清球型摄像机,构建重点区域的多维度监控网络。针对调车机存在的视觉盲区问题,在车体顶部及侧部安装车载摄像装置,为操作人员提供实时路况辅助观测支持。在灯桥结构上等距分布摄像设备,确保站场全轨道区域的覆盖监控,并结合信号系统进路信息实现摄像资源的智能联动调用。

在设备选型方面,优先选用具备高分辨率成像、强电磁干扰能力及 IP66 防护等级的专业监控设备,通过环境适应性测试验证其在雨雪、雾霭、强光等极端天气条件下的工作稳定性。在此基础上,探索激光雷达与视频监控的融合应用方案,提升系统容错能力。针对整备库车辆出入场景存在的视觉盲区安全隐患,可着力布局整备库智能安全预警系统,在库门周边区域部署高清摄像阵列与高亮度 LED 照明装置,构建本地化智能分析终端,通过语音警示

系统与地面投影警示标识的协同作用,实现车辆出入库过程的全要素安全管控,完善调车作业全场景安全防护技术体系。

2.2 智能分析算法

现有静态监控系统多停留在实时预览与录像存储的水平,智能识别算法的精度与效率有待提升,难以准确识别人员违规操作、小目标异物等,虽然部分系统对车列与人员的识别率可达 95% 以上,但在复杂场景下易出现误报、漏报现象。为此,在动态视频监控中以智能分析算法作为系统实现智能预警的核心支撑,提升风险要素的识别精度与处理效率,有效降低系统误报率与漏报率。

深度融合人工智能与机器视觉识别技术,系统优化动态视频监控的智能分析模块,引入实时检测变换器(RTDETR)与改进型快速区域卷积神经网络(Faster R-CNN)等前沿目标检测框架,结合铁路调车作业场景的特殊需求开展定制化训练^[3]。实验数据显示,RTDETR 对车列和人员的识别准确率达到 95.0%、96.2%,改进型 Faster R-CNN 算法对信号灯和停留车辆的检测精确度分别提升至 96.6%、98.9%,特别在小目标检测方面展现出显著优势。

围绕防护装备缺失、轨道侵入、违规操作等典型违规场景,建立调车作业违规作业特征数据库,通过深度学习算法多维度分析实时视频流,自动识别违规行为并实施分级预警机制。同时,集成大数据技术对历史作业数据与视频档案进行关联分析,运用时序模式挖掘算法提炼风险演化规律,实现风险要素的提前识别与动态预警。在告警处理中创新设计人机协同确认机制,当系统提示异物入侵等告警时,监控终端将自动推送三维空间定位信息与多角度视频证据,值班人员通过多模态交互界面进行可视化确认,经人工核验后的有效告警才会触发标准化处置流程,而误报信息则通过自适应学习机制反馈至算法模型进行参数优化。

2.3 系统协同联动

加强数据互通与功能协同,搭建综合性数据交互平台,集成视频监控数据流、作业计划信息流、机车运行状态数据流与信号控制信息流,通过一体化的数据共享机制,便于管理人员通过单一操作终端全面掌握作业全貌,提升信息获取集约化、高效化水平。

加强监控系统与信号系统的双向联动,当视频监控系统识别到机车超速、违规操作等异常行为时,系统将即时触发预警机制,向机车驾驶人员推送警示信息,并同步将

异常数据上传至调度指挥中枢,为管理人员制定干预决策提供可靠依据。同时,推进监控系统与信号系统的智能融合,实时采集道岔状态、信号显示等关键数据,结合视频监控画面进行多维度分析,可精准判断作业合规性,及时发现信号设备故障等潜在风险,构建涵盖数据感知、风险识别、应急响应的智能防控体系。将集成计划智能编制、进路自动排布、机车自主导航、风险实时阻断等功能模块,通过算法优化打造“云脑”型智能调度指挥平台,实现调车作业全流程数字化重构。

2.4 数据存储管理

由于铁路调车作业 24 小时不间断进行,会产生大量的视频数据,对存储设备的容量与稳定性要求较高。在运用动态视频监控的铁路调车作业过程管理中,需以保障视频数据安全存储与高效追溯为核心任务,针对该场景下视频数据体量庞大、存储周期冗长的特性,优化数据存储管理。

在数据存储方面,优先选用大容量、稳定性卓越的存储设备,同步引入云存储技术架构,通过分布式存储模式实现视频数据的分散式存放,显著提升整体存储容量,并强化数据安全保障,避免单一存储设备突发故障造成数据丢失。具体而言,在数据存储中建立多层次数据存储机制,针对整备库入库作业等关键作业环节及重点监控区域的视频数据,实施不低于 30 天的长期原样存储策略;而针对普通监控区域的视频数据,可应用智能压缩算法进行数据精简处理,并根据存储空间占用情况进行周期性清理,实现存储资源的高效配置与动态平衡^[4]。

在数据安全方面,建立健全周期备份机制,制定标准化备份流程,定期执行视频数据全量备份操作,确保在遭遇硬件故障、系统崩溃等突发状况时,可快速恢复数据。构建智能化视频数据追溯系统,集成多维度检索功能,支持通过作业时间区间、具体作业地点、相关作业人员等关键字段进行精准检索与视频片段回放,支持作业流程复盘分析、事故原因深度排查与责任主体认定,体现视频数据的追溯价值。

3 应用案例分析

选取某车辆段作为试点,日均调车作业量达 200 余钩,作业股道 12 条。严格按照上述操作,升级改造动态视频监控系統,同步实施整备库安全防护预警装置项目,试点运行 3 个月后,该站调车作业违规操作发生率下降 82%,安全隐患排查效率提升 76%,事故率较试点前下降 70%,调车作业平均每钩缩短 12%,同时有效解决整备入库视觉盲区问题,无人员侵限相关隐患。

4 结语

综上所述,在铁路调车作业过程管理中加强动态视频监控的深度应用,可有效弥补传统人工管理模式的不足,利用其实时监控、智能预警、过程追溯等核心功能,有效防范调车作业安全风险,规范作业流程,提升作业效率和管理水平。未来,随着人工智能、5G 通信等技术的持续发展,可进一步融合激光雷达、AI 大模型等技术,实现精细化、智能化、一体化的铁路调车作业过程管理,助力铁路运输高质量发展。

参考文献:

- [1] 黄圣文,刘海东,徐嫣等.铁路车站调车作业综合安全防护关键技术研究[J].铁路计算机应用,2025,34(5):90-93.
 - [2] 彭轩,李耀,张屹等.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(6):52-57.
 - [3] 杨珞珈,王娜娜,于子臻等.基于 AR 技术的铁路调车作业可视化解决方案研究[J].交通技术,2025,14(2):185-192.
 - [4] 陈磊,贾国伟,谢俊濠.铁路动态视频监控在调车作业过程管理中的应用[J].综合运输,2024,46(01):100-108.
- 作者简介:孟庆锋(1977.12-),男,汉族,大学本科,高级经济师,研究方向或从事的工作:从事高技能人才队伍建设管理工作,对数智化铁路设备设施建设亦有研究。