

人工智能技术在铁路货运安全风险防控中的应用探讨

张 越

中国铁路北京局集团有限公司天津铁路物流中心 天津 300140

摘 要: 本文聚焦人工智能技术在铁路货运安全风险防控的应用。先剖析铁路货运的装载、设备、作业、环境与货物等安全风险类型及传统防控痛点,如人工依赖度高、响应滞后等。接着阐述人工智能在智能装载、设备巡检、作业监控、在途运输预警等核心场景的应用。最后从提升适配性与协同性、完善场景适配与推广机制、健全制度与政策支持三方面,提出人工智能技术应用的优化路径与保障措施。

关键词: 人工智能; 铁路货运; 安全风险防控

引言: 随着铁路货运规模持续扩大,传统安全防控模式在效率与精度上面临挑战。人工智能技术凭借其强大的感知、分析与预警能力,为铁路货运安全风险防控提供了新的技术路径。本文旨在探讨人工智能技术在铁路货运安全风险防控中的应用,以期提升铁路货运安全管理水平提供参考。

1 铁路货运安全风险类型与传统防控痛点

1.1 核心安全风险类型

1.1.1 装载风险

装载风险是铁路货运安全的首要风险点,主要体现在货物装载重心偏移、装载加固不牢固、超偏载等问题。货物装载时若重心超出车辆限定范围,会导致车辆行驶中出现摇摆、倾斜等情况,严重时引发脱轨事故。装载加固材料选择不当或加固工艺不规范,在长途运输颠簸中易出现松动,造成货物掉落损毁,甚至影响线路上其他车辆运行。超偏载问题不仅会加剧车辆轮轴磨损,降低设备使用寿命,还会破坏线路轨道结构,增加后续养护成本。部分货物因装载时未按品类特性分区摆放,相互挤压碰撞,既影响货物品质,也可能因摩擦、泄漏等引发安全事故,对运输安全构成直接威胁。

1.1.2 设备风险

设备风险贯穿铁路货运全流程,涉及货运车辆、装卸设备、轨道设施等多个关键环节。货运车辆的轮轴、制动系统、转向架等核心部件,在长期高频使用中易出现磨损、裂纹、渗漏等故障,若未及时发现处理,行驶中可能发生制动失效、轮轴断裂等严重事故^[1]。装卸设备如起重机、叉车等,若存在机械零件老化、液压系统故障等问题,会导致装卸作业中断,甚至引发货物坠落、设备损坏的安全事故。轨道设施的钢轨磨损、扣件松动、道岔故障等问题,会直接影响货运车辆行驶稳定性,增加脱轨风险。通信信号设备故障会导致调度指令传递不

畅,引发运输组织混乱,间接放大安全风险,各类设备故障都可能对货运安全造成致命影响。

1.1.3 作业风险

作业风险主要源于货运各环节操作不规范及人员安全意识不足,涵盖货物装卸、车辆检查、调度衔接等场景。货物装卸环节,作业人员未按操作规程轻拿轻放、野蛮作业,不仅易损坏货物,还可能因货物倾倒砸伤人员。车辆检查环节,若检查人员漏检关键部件或未严格执行检查流程,会使存在故障的车辆投入运行,埋下安全隐患。调度衔接环节,若作业计划传达不及时、各岗位协同配合不当,会导致车辆等待时间过长、作业流程混乱,增加交叉作业冲突风险。部分作业人员违规操作,如未佩戴安全防护用品、擅自简化作业步骤等,不仅违反安全管理规定,更直接提高事故发生概率,对人员和货物安全形成严重威胁。

1.1.4 环境与货物风险

环境与货物风险具有复杂性和不确定性,对铁路货运安全影响显著。环境风险方面,极端天气是主要诱因,暴雨天气易引发线路塌方、道床积水,影响轨道承载能力;暴雪会覆盖轨道、冻结道岔,导致车辆行驶打滑、信号设备失灵;强风会对高载货车行驶稳定性造成影响,增加侧翻风险。除自然环境外,沿线地质条件变化、周边施工等人为环境因素,也可能破坏线路基础,引发安全隐患。货物风险则与货物特性直接相关,易燃易爆货物在运输中若遇到高温、撞击等情况,易发生爆炸燃烧;腐蚀性货物泄漏会腐蚀车辆和线路设备;易变质货物若温控、通风措施不到位,会引发货物腐烂变质,不仅造成经济损失,还可能因泄漏等引发安全事故。

1.2 传统防控模式核心痛点

1.2.1 人工依赖度高

传统铁路货运安全风险防控模式高度依赖人工操作,各

环节都需大量人员投入。货物装载检查依靠人工目测判断重心位置、加固牢固程度,超偏载检测需人工使用简易工具测量,不仅效率低下,且判断结果受人员经验、责任心、身体状态等因素影响极大,易出现漏检、误判情况。设备巡检由巡检人员徒步或乘车沿线检查,逐一 对车辆、轨道、信号设备等进行排查,不仅劳动强度大,还难以保证检查细致度。作业现场监控依赖专人实时盯守监控画面,及时发现违章操作行为,长时间监控易使人员产生疲劳,导致违章行为漏判。

1.2.2 响应效率滞后

传统防控模式在风险发现和处置环节存在明显响应滞后问题,难以实现安全风险的及时管控。风险发现多依赖人工巡检、现场检查等方式,属于“事后发现”或“现场发现”模式,对于装载后车辆行驶中的重心偏移、设备运行中的突发故障等动态风险,无法实时察觉。风险上报需经过人工层层传递,从一线作业人员发现问题,到上报至班组长、再到相关管理部门,流程繁琐,耗时较长。管理部门接到上报后,需组织人员现场核实情况,制定处置方案,再安排人员执行,整个过程花费大量时间,错过最佳处置时机。

1.2.3 覆盖范围有限

传统防控模式受人力、技术等因素限制,覆盖范围存在明显局限性,无法实现货运全流程、全区域的安全管控。空间覆盖上,铁路货运线路漫长,沿线站点、装卸场分布广泛,人工巡检难以兼顾所有区域,偏远站点、长大隧道、桥梁等区域易成为防控盲区^[2]。时间覆盖上,传统防控多采用白天巡检、工作日检查的模式,夜间、节假日等时段防控力量薄弱,而这些时段往往是事故高发期。流程覆盖上,传统防控多侧重于装载、巡检等关键环节,对货物仓储、转运衔接、在途运输等环节的管控力度不足,形成“断链”防控,无法全面掌握货物从起点到终点的安全状态,难以有效防范全流程中的安全风险。

1.2.4 预判能力薄弱

传统防控模式以“事后处置”和“被动应对”为主,缺乏对安全风险的提前预判能力。风险判断主要基于人员过往经验,未建立系统的风险分析模型,无法对大量分散的安全数据进行整合分析。对于设备磨损、线路老化等渐进式风险,无法通过数据监测掌握其变化规律,难以提前预测故障发生时间和位置。对于装载风险,无法根据货物特性、车辆参数、运输线路条件等因素,提前预判装载方案的安全性,只能在装载后进行检查整改。

2 人工智能技术在铁路货运安全风险防控中的核心

应用场景

2.1 智能装载风险防控:精准控制与实时监测

人工智能技术通过整合计算机视觉、传感器监测、大数据分析等手段,实现装载风险的精准控制与实时监测。装载前,系统根据货物重量、体积、形状等特性,结合车辆载重限制、重心要求等参数,自动生成最优装载方案,明确货物摆放位置、加固方式及材料选择,从源头规避装载风险。装载过程中,部署在装卸现场的高清摄像头实时采集图像,通过图像识别算法实时监测货物摆放位置、重心偏移情况,同时压力传感器实时监测车辆承重分布,一旦发现超偏载、摆放不规范等问题,立即发出声光报警,并提示调整方案。装载完成后,系统自动对装载质量进行评估,生成装载质量报告,确保符合安全运输标准,全程无需人工干预,大幅提高装载安全性和效率。

2.2 设备智能巡检与故障预警:全时段无死角监测

人工智能技术构建的设备智能巡检与故障预警系统,实现对各类货运设备的全时段无死角监测。系统整合无人机巡检、轨道机器人、高清摄像头、振动传感器等多种监测设备,对货运车辆、轨道设施、装卸设备等进行全方位数据采集。通过机器学习算法对设备运行数据、振动频率、温度变化等参数进行实时分析,建立设备正常运行模型,当监测数据超出正常范围时,自动识别故障类型、位置及严重程度,并发出预警信息,推送至相关维护人员。对于车辆轮轴、制动系统等关键部件,通过历史故障数据训练的预测模型,可提前预判磨损趋势,实现故障提前预警。无人机和轨道机器人可替代人工完成偏远区域、夜间等时段的巡检任务,确保巡检工作全覆盖、无盲区,大幅提升设备故障发现和处置效率。

2.3 作业现场智能监控:违章行为自动识别

作业现场智能监控系统基于人工智能图像识别和行为分析技术,实现对违章行为的自动识别和实时管控。在装卸场、巡检线路、调度站台等关键作业区域部署高清智能摄像头,实时采集现场视频数据,系统通过预训练的行为识别模型,对作业人员操作行为进行实时分析。可自动识别未佩戴安全帽、违章攀爬、跨越轨道、野蛮装卸、擅自离岗等常见违章行为,同时能识别设备违规操作、车辆违规停放等风险场景。一旦发现违章行为,系统立即触发声光报警,在现场显示屏弹出警示信息,同时将违章截图、视频片段及位置信息推送至管理人员手机端,便于及时制止和处理。系统还可自动统计违章行为类型、频次,生成违章分析报告,为安全管理提供数据支撑,助力针对性开展安全培训^[3]。

2.4 在途运输风险智能预警：全链条动态管控

在途运输风险智能预警系统借助人工智能、物联网、卫星定位等技术，实现对货物运输全链条的动态管控和风险预警。系统通过安装在货运车辆上的GPS定位设备、温湿度传感器、振动传感器等，实时采集车辆行驶位置、速度、车厢内温湿度、货物状态等数据，同时整合沿线天气、路况、信号设备运行等外部数据。通过大数据分析和机器学习算法，对车辆行驶安全、货物状态稳定性进行实时评估，当检测到车辆超速、偏离路线、车厢温湿度异常、货物移位等风险时，立即向驾驶员和调度中心发出预警信息，提示采取应对措施。调度中心可通过系统实时监控所有在途车辆运行状态，实现对运输全链条的可视化管控，确保货物从起点到终点的全程安全。

3 人工智能技术应用的优化路径与保障措施

3.1 提升适配性与协同性

提升人工智能技术在铁路货运安全防护中的适配性与协同性，是确保技术有效应用的关键。适配性方面，针对不同区域铁路线路条件、货运品类、设备型号的差异，开展人工智能系统定制化开发，优化算法模型参数，使系统能够适应不同场景的防控需求。加强人工智能技术与现有货运管理系统、设备控制系统的兼容适配，通过接口标准化建设，实现数据互通共享，避免出现“信息孤岛”。协同性方面，构建多技术融合协同体系，整合计算机视觉、物联网、大数据、云计算等技术优势，实现对安全风险的多维度监测和综合研判。建立跨部门协同机制，推动运输、机务、工务、电务等部门数据共享和联动处置，确保风险发现后各部门能够快速响应、协同配合，形成防控合力，提升整体防控效能。

3.2 完善场景适配与推广机制

完善场景适配与推广机制，可推动人工智能技术在铁路货运安全防护中有序落地。场景适配方面，选取装载作业繁忙、设备老化严重、风险高发的站点作为试点，开展人工智能技术应用试点示范，针对试点中出现的场景适配问题，组织技术人员及时优化调整系统功能和算法模型，形成可复制的场景适配方案。建立场景需求动态反馈机制，定期收集一线作业人员对系统应用的意见建议，根据货运业务发展和安全防护需求变化，持续拓展适配场景，如新增危险货物运输专项防控场景。推广机

制方面，制定分阶段推广计划，在试点成功的基础上，按照“先易后难、逐步推进”的原则，先在同类场景、相邻区域推广，再逐步扩大应用范围。加强试点经验总结和推广培训，编制技术应用手册和操作指南，开展一线人员技术培训，确保推广过程中系统能够稳定运行。

3.3 健全制度与政策支持

健全制度与政策支持，为人工智能技术应用提供坚实保障。制度建设方面，制定人工智能技术在铁路货运安全防护中应用的技术标准，明确系统建设、数据采集、风险预警、故障处置等环节的技术规范。建立数据安全管理制度，规范安全数据采集、存储、传输、使用等流程，加强数据加密和访问权限管理，确保货运安全数据安全^[4]。完善责任追究制度，明确技术研发、系统运维、一线操作等各岗位人员职责，对因技术应用不当、操作失误等导致安全事故的，依法依规追究责任。政策支持方面，加大财政资金投入，设立人工智能技术应用专项基金，支持技术研发、系统建设和试点推广。出台人才培养政策，与高校、科研机构合作开展产学研融合项目，培养既懂铁路货运业务又掌握人工智能技术的复合型人才，为技术持续应用提供人才保障。

结束语

人工智能技术为铁路货运安全风险防控带来新契机。通过在多个核心场景的应用，有效弥补了传统防控模式的不足，提升了防控的精准性与及时性。但要实现其深度应用与长效发展，还需在适配协同、场景推广、制度政策等方面持续发力。未来，随着技术不断进步，人工智能有望进一步优化铁路货运安全防护体系，为铁路货运安全稳定运行提供更坚实保障，推动行业高质量发展。

参考文献

- [1]曹凯,陈艺菲,杨涛,等.人工智能技术在铁路货运安全风险防控中的应用探讨[J].物流时代周刊,2025(5):31-33.
- [2]刘夏萍.强化铁路运输安全管理的基本要素和主要对策[J].中国航务周刊,2023,(29):67-69.
- [3]辛东海.铁路交通运输过程中安全运输的措施研究[J].运输经理世界,2021,(33):128-130.
- [4]杨凌睿.人工智能在铁路运营服务管理中的应用前景[J].企业改革与管理,2023,(18):49-51.