

铁路货车车辆脱轨事故应急救援研究与对策

牛志愿

国能铁路装备有限责任公司准格尔车辆维修分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 铁路货车车辆脱轨事故应急救援是保障铁路运输安全的关键环节。脱轨事故成因复杂, 涵盖设备故障、操作失误、自然灾害等多方面。当前应急救援存在效率短板、跨部门协同壁垒、特殊场景应对不足等问题。为此, 需加强预防性对策, 如定期检测维护车辆与轨道、完善监测预警系统; 优化应急响应, 建立分级响应机制、缩短响应时间; 创新救援技术与装备, 研发高效复轨装置、应用智能化设备, 以提升应急救援能力, 减少事故损失。

关键词: 铁路货车车辆; 脱轨事故; 应急救援; 对策

引言: 铁路货车运输凭借大运量、低成本等优势, 在国民经济中占据关键地位。但车辆脱轨事故犹如一颗“定时炸弹”, 一旦发生, 便会带来人员伤亡、货物损毁、线路中断等严重后果, 给铁路运输安全与稳定造成巨大冲击。当前, 随着铁路运输的快速发展, 脱轨事故的复杂性与不确定性也在增加, 传统应急救援模式面临诸多挑战。因此, 深入研究铁路货车车辆脱轨事故应急救援, 提出科学有效的对策, 成为保障铁路运输安全的迫切需求。

1 铁路货车车辆脱轨事故概述

1.1 脱轨事故定义与分类

铁路货车车辆脱轨事故, 指货车在行驶过程中, 车轮脱离钢轨轨面, 无法按正常轨道行驶的事故, 会破坏铁路运输正常秩序。(1) 按事故原因可分为三类: 一是设备故障导致的脱轨, 如货车转向架损坏、钢轨磨损超标、道岔故障等, 设备老化或维护不当易引发此类事故; 二是人为操作失误引发的脱轨, 例如列车驾驶员超速行驶、调度人员指挥错误、装卸人员违规操作导致货物偏载等; 三是自然灾害造成的脱轨, 像强降雨引发的山体滑坡掩埋轨道、暴雪冻结钢轨影响行车、地震破坏铁路线路结构等^[1]。(2) 按脱轨形式主要分为两类: 一是单车脱轨, 即列车中某一节货车单独发生脱轨, 通常受该节车辆自身故障或局部轨道问题影响; 二是多车连环脱轨, 指一节货车脱轨后撞击相邻车辆, 导致多节货车接连脱轨, 多因脱轨初始冲击力较大或列车编组连接状态不佳引发, 事故后果往往更严重。

1.2 脱轨事故的危害性

(1) 对人员安全存在严重威胁, 脱轨事故可能导致列车驾驶员、随车人员伤亡, 若事故发生在人员密集区域, 还可能波及周边群众, 造成生命安全损失, 同时会给伤者及其家属带来心理创伤。(2) 对货物运输与铁路设施破坏极大, 脱轨货车装载的货物可能散落、损毁,

尤其运输危险品时, 还会引发泄漏、爆炸等二次灾害; 铁路设施如钢轨、枕木、道岔等会因事故断裂、变形, 需要大量人力物力修复。(3) 对社会经济产生间接影响, 事故会导致铁路运输线路中断, 货物无法按时送达, 影响企业生产经营, 增加企业成本; 同时, 运输延误可能影响商品供应, 导致部分商品价格波动, 对市场稳定和经济正常运转造成干扰。

2 铁路货车脱轨事故成因分析

2.1 直接原因

(1) 车辆设备故障是重要诱因, 车轮若出现踏面擦伤、裂纹等问题, 会导致车轮与钢轨接触异常, 降低行车稳定性; 转向架作为车辆关键承重部件, 一旦发生轴承过热、构架变形等故障, 会破坏车辆行驶平衡; 制动系统故障如制动失灵、制动不均, 会使列车无法按要求减速或停车, 在紧急情况下易引发脱轨。(2) 轨道缺陷同样不容忽视, 钢轨断裂会直接导致轨道连续性中断, 列车行驶至断裂处极易脱轨; 轨距超限时, 车轮在轨道上的正常行驶轨迹被破坏, 易出现轮缘爬轨现象; 道床失效会使轨道失去稳定支撑, 导致轨道下沉、变形, 影响列车平稳运行, 进而诱发脱轨。(3) 外部因素也可能直接引发事故, 强风会对行驶中的列车产生侧向推力, 当风力超过列车抗风能力时, 会导致列车横向偏移脱轨; 地震会使铁路线路发生剧烈晃动、位移, 破坏轨道结构, 造成列车脱轨; 异物侵限如树木倾倒、石块滚落至轨道, 会与列车发生碰撞, 迫使列车脱轨^[2]。

2.2 间接原因

(1) 安全管理漏洞为事故提供了滋生空间, 维护不足会使车辆设备和轨道的潜在故障无法及时发现和排除, 长期累积后易引发事故; 操作规范缺失会导致工作人员在车辆检修、调度等环节无章可循, 增加操作失误概率。(2) 人员因素对事故发生有重要影响, 司机误操作如超

速行驶、违规变道,会使列车超出安全运行范围;调度失误会导致列车运行计划混乱,可能造成列车追尾、错向行驶等情况,间接诱发脱轨事故。(3)环境与气候因素会间接影响行车安全,雨雪天气会使钢轨表面湿滑,降低车轮与钢轨间的黏着系数,导致制动距离延长、车轮打滑;雾霾天气会降低能见度,使司机无法及时发现前方路况异常,延误应急处理时机,间接增加脱轨风险。

2.3 成因耦合性分析

铁路货车脱轨事故往往并非单一因素导致,多因素叠加使事故成因呈现出复杂的耦合性。例如,车辆设备长期维护不足(安全管理漏洞)导致转向架存在潜在故障(车辆设备故障),在雨雪天气(环境与气候因素)下,钢轨黏着系数降低,司机为按时到站违规加速(人员因素),此时转向架故障突发,多种因素相互作用、叠加,大大增加了脱轨事故发生的概率,且事故发生后,由于成因复杂,事故调查和后续整改难度也显著提升。

3 铁路货车车辆脱轨事故应急救援现状与问题

3.1 现有应急救援体系

(1)在救援组织架构上,建立了多部门协同机制。以铁路部门为核心,负责现场指挥、线路修复与车辆处置;消防部门参与火灾扑救、危险品泄漏防控等紧急情况处理;医疗部门同步抵达现场,开展伤员救治与转运工作;部分地区还会联动公安部门维护现场秩序,防止无关人员进入危险区域,各部门通过预先制定的协同预案,初步实现应急响应联动。(2)救援设备与技术逐步升级。配备复轨器(如人字形复轨器、海参形复轨器),用于将脱轨车辆顶起并复位至轨道;大型起重机(如汽车起重机、铁路专用起重机)可快速吊装变形车辆,清理事故现场;无人机勘查技术广泛应用,能快速获取事故现场全貌,排查轨道周边隐患;部分重点线路还配备轨道检测设备,辅助判断轨道受损程度,为救援方案制定提供数据支持^[3]。(3)救援流程与规范不断细化。明确应急响应时间要求,规定事故发生后铁路应急队伍需在1-2小时内抵达现场(偏远地区除外);制定标准化处置步骤,包括现场警戒、隐患排查、伤员救援、车辆复轨、线路修复等环节,每个步骤均明确责任主体与操作标准,同时要求救援结束后及时开展事故复盘,优化后续救援流程。

3.2 现存问题与挑战

(1)救援效率存在明显短板。部分偏远线路救援设备配置不足,复轨器、起重机等关键设备需从远处调配,导致救援启动延迟;部分地区仍依赖传统救援技术,无人机勘查数据与现场处置的衔接不够顺畅,无法实时指

导救援操作,延长了事故处置时间。(2)跨部门协同存在壁垒。各部门信息共享不畅,铁路部门掌握的线路数据、车辆信息与消防、医疗部门的应急需求无法实时互通,可能导致救援方案调整滞后;部分协同环节职责模糊,如危险品泄漏处置中,铁路部门与消防部门的操作衔接节点不明确,易出现处置空档。(3)特殊场景应对能力不足。在复杂地形(如山区隧道、桥梁)发生事故时,大型救援设备难以进入现场,复轨作业空间受限;遭遇暴雨、暴雪等恶劣天气时,现场能见度低、路面湿滑,不仅影响救援设备运输,还可能引发次生灾害(如山体滑坡),增加救援难度。(4)救援人员专业能力参差不齐。基层救援队伍中,部分人员缺乏复杂事故处置经验,对新型复轨设备、无人机操作不熟练;跨部门协同训练频次不足,铁路、消防、医疗人员对彼此的救援流程与技术标准不熟悉,导致现场配合效率低下,影响整体救援进度。

4 铁路货车车辆脱轨事故应急救援对策研究

4.1 预防性对策

(1)加强车辆与轨道的定期检测与维护,建立“日常巡检+定期深度检测”双机制。对车辆车轮踏面、转向架轴承、制动系统等关键部件,采用超声波探伤、磁粉检测等技术,每月开展1次全面检查;对轨道钢轨、轨枕、道床等设施,每季度使用轨道检测车进行轨距、水平、高低偏差检测,发现磨损超标、裂纹等隐患立即停运维修,避免“带病运行”。(2)完善安全监测预警系统,引入物联网与大数据技术。在货车关键部位安装传感器,实时采集车轮温度、转向架振动、制动压力等数据;在轨道沿线布设智能监测设备,监测轨距变化、道床沉降等指标,数据实时上传至云端平台。通过大数据分析建立风险预警模型,当数据超出安全阈值时,自动向调度中心与维修部门发送预警信息,实现隐患提前干预^[4]。(3)提升人员安全意识与操作技能培训,分岗位制定培训计划。针对列车司机,定期开展模拟驾驶训练,重点强化超速控制、紧急制动等操作技能,每半年组织1次应急处置考核;针对调度人员,通过案例教学讲解脱轨事故应急调度要点,每年开展2次跨部门协同调度演练;针对维修人员,邀请设备厂家技术人员开展新型检测设备操作培训,确保能精准识别设备隐患。

4.2 应急响应优化

(1)建立分级响应机制,根据事故严重程度(如脱轨车辆数量、是否伴随危险品泄漏、线路中断范围)划分I-IV级响应。I级响应(多车脱轨+危险品泄漏)启动跨区域救援力量调配;II级响应(多车脱轨无泄漏)调动

市级救援资源；III-IV级响应（单车脱轨）由属地铁路部门自主处置，动态调整资源投入，避免资源浪费或不足。（2）缩短救援响应时间，优化调度流程与设备预置策略。建立“15分钟应急调度圈”，事故发生后，调度中心通过智能系统自动匹配最近救援队伍与设备；在山区、偏远线路等重点区域预置复轨器、小型起重机等设备，确保救援力量30分钟内抵达现场；开通救援通道“绿色通道”，协调交通部门保障救援车辆快速通行。（3）强化现场指挥与信息共享，应用5G通信与AR技术。现场指挥人员配备5G智能终端，实时接收无人机勘查的高清影像、轨道检测数据，同步共享至消防、医疗等协同部门；通过AR技术将救援方案、设备操作指南叠加至现场实景，辅助救援人员快速制定处置方案，减少决策延误。

4.3 救援技术与装备创新

（1）研发高效复轨装置，采用轻量化、模块化设计。新型复轨器选用高强度铝合金材料，重量较传统设备减轻40%，便于人工搬运；采用模块化拼接结构，可根据脱轨车辆型号、轨道间距灵活调整，适配不同场景，复轨时间缩短至传统设备的1/2。（2）应用智能化救援设备，拓展救援能力边界。使用搭载红外热成像仪的无人机，在夜间或雾霾天气下快速定位伤员与危险品泄漏点；投入轨道机器人，进入隧道、桥梁等狭窄空间检测轨道损伤情况，避免人员冒险作业；试点无人起重机，通过远程操控完成车辆吊装，提升复杂地形下的作业安全性。（3）探索新型救援材料，提升设备耐用性与救援安全性。在救援绳索、防护装备中应用超高分子量聚乙烯材料，强度是钢材的10倍，且耐磨损、抗腐蚀，适应恶劣环境；研发可降解吸附材料，用于处理危险品泄漏，减少对周围环境的污染，兼顾救援效率与环保要求^[5]。

4.4 协同机制与保障措施

（1）完善跨部门联动机制，明确各部门职责与协作流程。与公安部门约定事故现场交通管制范围，确保救援通道畅通；与医疗部门建立“120+铁路急救站”联动模式，医疗团队随救援队伍同步抵达现场，实现伤员“现

场急救-转运-医院救治”无缝衔接；与环保部门共享危险品运输信息，提前准备应急处理设备，若发生泄漏可快速开展污染防控。（2）制定应急预案与演练计划，增强应急处置实战能力。针对复杂地形（山区、隧道）、恶劣天气（暴雪、强风）、危险品泄漏等不同场景，编制专项应急预案，明确处置步骤与资源需求；每季度组织1次跨部门联合演练，模拟真实事故场景，检验各部门协同配合能力，演练后及时复盘，优化预案漏洞。（3）加强社会应急资源整合，补充专业救援力量。与民间救援组织建立合作机制，将具备无人机操作、山地救援技能的志愿者纳入应急储备力量，在偏远地区事故救援中提供辅助支持；建立社会应急设备共享平台，登记社会单位的大型起重机、发电机等设备信息，紧急情况下可快速调用，缓解救援设备不足压力。

结束语

铁路货车车辆脱轨事故应急救援研究意义重大且任务紧迫。通过深入剖析脱轨事故成因、全面审视现有应急救援现状与问题，我们针对性地提出了预防性、应急响应优化、救援技术与装备创新以及协同机制等多方面对策。这些对策相互关联、相辅相成，旨在构建一套科学、高效、完善的应急救援体系。未来，需持续推进对策的落地实施与优化完善，不断提升应急救援能力，最大程度降低脱轨事故损失，保障铁路运输安全畅通。

参考文献

- [1]陈忠宇.铁路货车车辆抱闸故障分析及措施[J].减速顶与调速技术,2021,(1):16-18.
- [2]杜宇.铁路货车抱闸行车设备故障的调查与分析[J].甘肃科技2020,35(22):80-82.
- [3]郭强.铁路货车制动抱闸故障的分析及相关建议[J].轨道交通装备与技术.2020,(05):75-76.
- [4]李晓峰.铁路车辆发生抱闸故障处置与防范的应用与研究[J].内燃机与配件.2020,(07):86-87.
- [5]陈清,胡蕊,何耀.铁路货车车辆轮对故障分析及改进措施研究[J].科技新时代,2025,(16):133-135.