

铁路货运列车运行安全风险识别与防控机制

贾祎轩

中国铁路北京局集团有限公司丰台机务段, 中国·北京 100071

摘要: 铁路货运列车具有牵引质量大、编组车辆多、制动距离长、运行环境复杂等特征, 其运行安全受到司机操作、机车车辆状态、货物装载、线路条件、自然环境和运输组织等因素共同影响。本文结合铁路货运司机岗位作业特点, 按照人员、设备、货物、线路、环境和管理六个维度, 对货运列车运行安全风险进行识别。疲劳值乘、信号确认偏差、列车操纵不规范、制动系统异常、货物装载加固失效、恶劣天气影响以及运行信息传递不畅, 是货运列车运行中的主要风险。针对风险形成原因, 提出加强司机状态管理、强化机车车辆检查、规范列车操纵、完善风险预警、健全信息协同和开展数据复盘等措施, 构建覆盖出勤、接车、始发、区间运行、到达和退勤分析的全过程防控机制, 以提高铁路货运列车运行安全管理水平。

关键词: 铁路货运列车; 运行安全; 风险识别; 货运司机; 防控机制

Identification and Prevention Mechanism of Operational Safety Risks of Railway Freight Trains

Jia Yixuan

China Railway Beijing Group Corporation Fengtai Locomotive Depot, China Beijing 100071

Abstract: Railway freight trains are characterized by heavy traction mass, long formations, long braking distances and complex operating environments. Their operational safety is jointly affected by driver behavior, locomotive and vehicle conditions, cargo loading, railway infrastructure, natural conditions and transportation organization. Based on the operational characteristics of freight train drivers, this paper identifies safety risks from six dimensions: personnel, equipment, cargo, railway lines, environment and management. The main risks include driver fatigue, signal confirmation errors, improper train handling, braking system abnormalities, cargo securing failures, severe weather and inefficient information transmission. Corresponding measures are proposed, including driver condition management, equipment inspection, standardized operation, risk warning, information coordination and operational data review. A whole-process prevention mechanism covering duty preparation, locomotive inspection, departure, section operation, arrival and post-duty analysis is established to improve the safety management of railway freight train operation.

Keywords: Railway freight train; Operational safety; Risk identification; Freight train driver; Prevention mechanism

0 引言

铁路货运承担煤炭、矿石、粮食、机械设备及生产生活物资运输任务, 在综合交通运输体系中具有运量大、连续性强和单位运输成本较低等优势。货运列车通常由多种车型和不同载重状态的车辆组成, 列车长度、牵引质量、制动性能及运行阻力存在明显差异, 司机操纵难度高于单一编组条件下的列车运行。铁路货运司机既要根据信号显示和调度命令控制列车运行, 又要持续监视机车仪表、列车运行监控装置、制动系统、列尾装置及线路环境。夜间值乘、长距离交路、复杂坡道和恶劣天气会增加司机的工作负荷。设备异常、货物状态变化和线路突发情况还可能在较短时间内改变列车安全状态。铁路货运列车运行风险

通常并非由单项因素直接造成, 而是人员状态、设备性能、线路环境和管理控制相互作用的结果。建立系统化风险识别与防控机制, 有助于提前发现运行状态偏差, 将安全控制关口由事故处置前移至风险预防阶段。

1 铁路货运列车运行安全风险特征

1.1 风险分布具有全过程性

铁路货运列车运行安全风险贯穿司机出勤、接车检查、挂车作业、制动试验、始发操纵、区间运行、途中停车、到达作业及退勤分析等环节。任何前置环节存在质量缺陷, 都可能在后续运行中转化为设备故障、操纵困难或行车异常。出勤阶段若未准确掌握运行揭示、天气预警、施工慢行和临时限速信息, 司机便难以形成完整的风险预

想。接车检查不细致,可能遗漏制动系统、走行部、通信设备和监控装置异常。制动试验执行不到位,则会影响司机对全列制动性能的判断。列车到达后,途中出现的设备报警、异常晃动、制动变化和通信中断仍需准确记录^[1]。

1.2 风险因素具有耦合性

货运列车运行风险由司机、机车、车辆、货物、线路、天气和运输组织等因素共同构成。单项异常在正常条件下未必直接引发事故,但多项不利因素同时出现时,列车运行安全余量会明显下降。司机疲劳会降低信号确认和异常判断速度,雨雪天气会削弱线路瞭望和轮轨黏着能力,车辆制动性能差异还会延长实际制动距离。若列车同时处于长大下坡道,速度控制难度将进一步增加。货物偏载、装载加固松动和线路不平顺也会形成耦合影响。偏载车辆进入曲线或道岔区段后,横向晃动可能加剧;司机若未及时发现异常,货物状态变化便可能进一步影响车辆运行稳定性^[2]。

1.3 风险演化具有动态性

货运列车运行状态随速度、坡度、载重、天气和设备负荷不断变化。相同操纵方式在不同线路条件下可能产生不同效果,普通平直线路使用的制动方式不能简单用于长大下坡道和低黏着区段。机车车辆故障也具有逐步演化特征。走行部、牵引系统和制动系统的早期异常可能仅表现为轻微异音、温度变化或参数波动,随着运行时间增加,故障程度可能扩大,并对列车运行产生直接影响。风险等级同样会随外部条件变化。夜间运行、暴雨、大风、降雪、施工慢行或危险货物运输期间,普通风险可能转化为较高风险,因此风险识别和控制措施需要动态调整。

2 铁路货运列车运行安全风险识别

2.1 司机状态与操作行为风险

疲劳值乘是影响货运列车运行安全的重要因素。夜间交路、连续值乘、休息不足和长时间单调驾驶容易造成注意力下降,使司机对信号、仪表和线路异常的反应速度降低。司机业务能力不足也会增加风险。部分司机对新车型、新设备和复杂故障掌握不够深入,在制动异常、列尾装置故障、通信中断和运行监控设备异常时,可能无法迅速判断故障性质并采取正确措施。操作行为风险主要表现为信号确认不彻底、呼唤应答不规范、调度命令复诵不完整、牵引力调整过快和制动时机选择不当^[3]。

2.2 机车车辆与制动系统风险

机车走行部、牵引系统、辅助系统和制动系统是列车安全运行的技术基础。轮对、轴箱、牵引电机和制动装置

发生异常时,通常会出现异音、异味、温升或参数变化,司机需要及时识别并报告。货运列车编组较长,列车管充风和排风需要一定时间,不同车辆的制动与缓解性能也可能存在差异。制动管泄漏、制动机作用不良、车辆缓解不彻底及折角塞门状态异常,均可能削弱列车制动能力。列尾装置、机车信号、无线通信设备和运行监控装置承担状态监测和信息传递任务。设备显示异常、通信中断或报警失效,会增加司机判断难度,多项设备同时异常时还可能造成处置延迟。

2.3 货物、线路与环境风险

货物超载、偏载、集重和重心过高会改变车辆受力状态。装载加固材料松动、车门关闭不严和篷布捆绑不牢,可能造成货物移动、坠落或侵入线路限界,影响本列及邻线列车安全。线路风险主要包括轨道状态异常、道岔故障、路基沉降、桥隧病害、接触网异常和异物侵限。货运列车轴重大,对线路不平顺较为敏感,司机发现异常晃车、撞击声或弓网状态异常时,需要及时减速或停车。强降雨、洪水、大风、降雪、冰冻和浓雾会改变列车运行条件^[4]。

3 铁路货运列车运行风险形成原因

3.1 人员能力与运行任务匹配不足

货运列车编组、牵引质量和线路条件差异较大,对司机操纵能力提出不同要求。司机熟悉普通列车操纵,并不代表能够熟练应对超长、重载、危险货物列车和陌生线路。运行任务调整后,若未及时开展有针对性的交路培训和风险提示,司机可能难以准确掌握操纵重点。部分培训侧重规章条文和理论知识,对故障模拟、复杂情景和应急处置训练不足。司机在正常运行条件下能够完成作业,但遇到设备异常与恶劣天气叠加时,综合判断能力可能不足。培训内容与现场问题脱节,还会使司机对低频率、高后果风险缺少直观认识。司机岗位经验未能及时转化为培训资源,也会影响整体能力提升。若典型操纵问题和异常处置经验仅停留在个人层面,其他司机便难以从中获得有效借鉴^[5]。

3.2 设备状态与检查方式衔接不足

机车车辆部分故障具有隐蔽性和间歇性,静态检查难以完全发现。接车检查主要依靠目视、试验和仪表观察,对内部磨损、电气接触不良及参数漂移的识别能力有限。部分故障只有在高速运行、持续牵引或连续制动条件下才会显现。部分设备已经出现异音、温升或间歇报警,但尚未达到故障判定标准,仍可能继续上线运行。随着运行负荷增加,轻微异常可能逐渐扩大,对行车安全造成影响。若设备状态评价只区分正常与故障,缺少对性能下降趋势

的分析, 早期风险便难以及时控制。司机途中反馈与检修记录衔接不足, 也会造成设备问题重复发生。若司机描述缺少统一格式, 检修人员难以准确还原故障场景, 设备隐患便可能无法彻底消除。

3.3 信息传递与协同控制不足

铁路货运列车运行涉及机务、车务、车辆、工务、电务、供电和货运等专业。各专业掌握的信息不同, 若缺少有效共享, 司机便无法全面了解列车和线路风险。设备管理部门发现的问题若未及时传递至运输组织和司机岗位, 风险控制容易出现断点。调度命令、临时限速、施工慢行和天气预警具有较强时效性。信息传递迟延、内容表达不清或复诵确认不严格, 会使司机对运行条件产生错误判断。信息数量过多且缺少优先级区分, 也可能增加司机认知负荷, 使关键安全信息被一般信息干扰。安全管理中若过度强调调章考核, 司机可能不愿主动报告轻微异常和操作困难^[6]。

4 铁路货运列车运行安全防控机制

4.1 强化司机状态与能力管理

应建立出勤前司机状态检查制度, 对睡眠、身体状况和精神状态进行评估。对明显疲劳、身体不适或注意力状态较差的人员, 应及时调整值乘安排, 防止带病、带疲劳出乘。状态检查不能停留在形式询问, 还应结合司机近期交路、休息时间和连续夜班情况综合判断。优化司机交路和班次组织, 合理控制连续夜间值乘和作息频繁转换。对于长交路、夜间交路、复杂坡道和恶劣天气条件下的值乘任务, 应提高状态检查和途中提醒频次。调度和机务管理人员还应关注长时间停车等待对司机精神状态造成的影响。培训内容应增加复杂情景和异常故障处置。围绕制动异常、列尾故障、通信中断、恶劣天气和危险货物异常开展模拟训练, 提高司机在多项风险叠加条件下的判断能力。对关键区段和典型故障可采用运行数据回放、情景推演和岗位交流等方式强化训练效果。

4.2 加强设备检查与标准化操纵

接车检查应突出制动系统、走行部、通信设备、监控装置和列尾通信状态。对存在重复故障和间歇性异常的机车, 应增加专项检查, 不能仅凭静态试验判断设备状态。检查结果应与前一班司机反馈、检修记录和设备监测数据相互核对。列车启动时应平稳增加牵引力, 充分考虑车钩间隙和车辆阻力差异。制动时应结合列车长度、牵引质量、坡度和天气提前采取措施, 防止制动时机偏晚。空重车混编、超长编组和低黏着条件下, 还应适当降低操纵变化幅

度, 减少列车纵向冲动。在长大下坡道和低黏着区段, 司机应合理使用动力制动和空气制动, 控制制动力变化幅度。信号确认、调度命令接收、临时限速核对和制动试验等关键环节, 应严格执行呼唤应答和复诵确认。关键操作完成后还应通过仪表状态和列车运行反应验证操作效果^[7]。

4.3 完善风险预警与闭环管理

应根据列车种类、编组长度、牵引质量、线路条件、天气和设备状态划分风险等级。危险货物列车、超长列车、重载列车及恶劣天气运行任务, 应提高风险等级并实施重点控制。风险等级发生变化后, 应同步调整司机提示、检查频次和运输组织措施。风险信息应及时传递至司机, 内容应明确风险位置、影响范围和操纵要求。对于线路突发异常、设备故障和恶劣天气, 应由调度、车站及设备管理部门同步采取限速、停车检查或调整运行计划等措施。信息发布应突出重点, 避免重复、模糊和相互矛盾。利用运行监控数据、机车状态数据、调度通信记录和司机操作信息开展复盘。对重复故障、相似操纵困难和高频风险进行专题分析, 明确整改责任、完成期限和验证方式, 形成风险识别、整改、评价和更新的闭环。

参考文献:

- [1] 吴吉恒, 肖维远, 蒋勇等. 装用电空制动的重载列车制动波速试验研究[J]. 铁道机车车辆, 2022, 42(3): 83-87.
- [2] 伍忠国, 于雪峤, 刘伟斌. 基于可拓层次分析法的铁路货运场站安全风险评价研究[J]. 铁道货运, 2021, 39(4): 33-40.
- [3] 叶志贤. 山区铁路汛期行车安全防洪对策分析[J]. 运输经理世界, 2021(11): 116-118.
- [4] 黄文成, 帅斌, 张玥等. 基于叠加-触发原理的铁路危险品运输系统风险场形成机理研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2019, 15(6): 144-150.
- [5] 黄文成, 帅斌, 徐逸飞. 铁路危险品运输系统单因素耦合风险折叠突变及控制机理研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2019, 15(4): 148-153.
- [6] 李洋, 徐伯初. 基于司机认知与行为特性的机车驾驶室界面布局设计[J]. 机械科学与技术, 2014, 33(5): 769-775.
- [7] 余淼. 铁路危险货物运输安全风险管控探讨[J]. 铁道货运, 2012, 30(10): 34-37.

作者简介: 贾祎轩, 男, 河北省邯郸市, 本科, 机械设计制造及其自动化, 毕业院校: 石家庄铁道大学, 中国铁路北京局集团有限公司丰台机务段。