

轨道车安全行车管控与故障应急处置研究

田瑞生

国能集团新朔铁路公司机务分公司，内蒙古 鄂尔多斯 010300

DOI:10.61369/ETQM.2026060029

摘 要： 本研究从人、机、环、管四个维度系统识别风险源，构建了涵盖出车前检查、运行中监控、收车后维保的全过程安全管控框架，并建立了基于车载监测和数据传输的动态预警机制。针对动力、走行、制动及电气系统的典型故障，制定了标准化应急处置原则和专项技术方案。实践应用表明，该体系有效降低了故障发生率和行车事故率，显著提升了应急处置效率。从人员培训、设备维保与管理协同三方面提出保障机制，为轨道车安全运行提供技术支撑和管理路径。

关 键 词： 安全管控；故障应急处置；风险识别；实践应用

Research on Safety Control of Track Vehicles and Emergency Fault Handling

Tian Ruisheng

Guoneng Xinshuo Railway Co., Ltd. Locomotive Branch, Ordos, Inner Mongolia 010300

Abstract： This study systematically identifies risk sources from four dimensions: people, machinery, environment, and management. It constructs a complete safety control framework covering pre-departure inspection, in-operation monitoring, and post-departure maintenance, and establishes a dynamic early warning mechanism based on on-board monitoring and data transmission. For typical faults in power, running, braking, and electrical systems, standardized emergency handling principles and special technical plans have been formulated. Practical applications have shown that this system effectively reduces the occurrence rate of faults and the rate of traffic accidents, significantly improving the efficiency of emergency handling. Three guarantee mechanisms, including personnel training, equipment maintenance and management coordination, are proposed to provide technical support and management paths for the safe operation of track vehicles.

Keywords： safety control; emergency fault handling; risk identification; practical application

引言

轨道车承担着铁路物资运输、施工作业及应急处置等重要职能，其运行安全直接关系到线路畅通和人员防护。当前，随着铁路运营密度提升、作业环境日趋复杂，行车安全面临诸多挑战，亟需构建系统化的安全管控体系，并强化故障应急处置能力。本研究将“安全行车管控”界定为覆盖运行全过程的风险识别和动态控制，将“故障应急处置技术”界定为针对突发故障的标准化处置方法和操作规范。二者相辅相成，前者侧重于事前预防和过程控制，后者聚焦于事中响应和损失控制，共同构成轨道车运行安全的双重保障。

一、轨道车行车安全风险识别与管控体系构建

（一）主要风险源分析

轨道车运行安全风险来源被归纳为人、机、环、管这四个彼此相互关联的维度。其中，人员因素主要表现为操作人员因技能水平参差不齐、安全意识淡薄、应急处置经验不足以及疲劳作业而导致的误操作。于设备状态层面，轨道车的动力系统、走行部、制动装置以及电气线路在经历长期运行和处于复杂工况的情况下，容易出现磨损、老化或者存在隐性缺陷的问题，倘若检修工作做得不到位或者部件超期服役，就会构成重大的安全隐患^[1]。线路与环境因素包含了轨道几何尺寸超出限定、道口通行条件繁杂、遭遇恶劣气象条件以及受到施工作业现场干扰等外部

不确定因素。管理维度则体现在规章制度执行不够严格、风险辨识仅仅停留在形式上、岗位责任没有落实到位以及应急培训演练实际效果不足等方面。并且这四类风险常常相互交织在一起、不断叠加传导，进而形成复杂的安全风险链条，因此迫切需要对其进行系统的识别和有针对性的管控^[2]。

（二）全过程安全管控框架

构建全过程安全管控框架的目的，是将安全管理的关口前移到轨道车运行的整个时间轴线上，形成一个由前置预防、过程控

制和后评估组成的闭环体系。在出车前检查阶段，重点关注设备状态的确认和人员状态的核验。依据标准化点检清单对动力、制动、走行及安全装置进行逐项测试，同时核查驾驶员资质与当班状态，确保车辆和人员均具备安全出行的准入条件。在运行中监控阶段，依靠车载监测系统实时跟踪车速、制动缸压力、发动机工况等关键参数，结合调度指令和线路信息，对超速、异常振动等风险行为进行即时干预和预警通报。在收车后维保阶段，强调运行数据的完整记录和设备隐患的闭环管理，对当日发现的异常状态进行复查确认，并根据这些情况制定次日的维保计划和检修重点。这三个环节相互衔接、相互支撑，通过严格执行标准化作业流程，实现对行车安全风险的链条式管控^[3]。

（四）动态风险监测与预警

动态风险监测与预警的关键在于将事后处置转变为事前预防，其实现主要依靠车载监控系统与远程数据传输技术的深度融合，即在轨道车关键部位部署传感器。实时采集发动机转速、制动缸压力、走行部振动、轮轴温度等运行参数，并且借助无线网络将这些数据同步传输到地面监控平台，系统根据预设的阈值和历史数据模型，对异常波动进行自动识别和判定，当监测到的数值超出正常范围或者呈现劣化趋势时，就会触发相应级别的预警信号，分级预警机制按照风险严重程度划分为提示、警告、报警三个层级，分别对应驾驶室声光提示、调度端同步提醒以及远程强制干预等响应措施^[4]。这种技术手段实现了运行状态的可视化和风险辨识的即时化，为行车安全管理提供了从被动响应向主动防控转变的技术支撑。

二、轨道车典型故障类型与应急处理技术

（一）常见故障分类与机理分析

轨道车常见故障按系统构成可分为动力系统、走行部、制动系统及电气系统四大类。其中，动力系统故障主要表现为发动机启动困难、功率不足及运行中自动熄火，其机理多与燃油供给不畅、冷却系统失效或进排气管路堵塞相关，此类故障因直接导致牵引力丧失而易造成区间停车。走行部故障集中于轮对、轴箱及悬挂装置，轴承异常发热、轮缘过度磨损及减震器失效等典型模式，其产生机理涉及润滑不良、组装间隙超标及长期冲击载荷作用，严重时存在引发脱轨风险的可能性。制动系统故障表现为制动失灵、缓解不良及制动缸压力异常，多源于管路泄漏、闸瓦间隙失准或制动阀卡滞的情况，直接对行车安全构成威胁。电气系统故障则主要是线路短路、接地及绝缘性能下降，常因线路老化、受潮或振动松动所致，可能造成控制功能紊乱或动力中断的后果。上述各类故障若未被及时发现与处置，均有演化为严重行车事故的可能性^[5]。

（二）应急处置原则与流程

轨道车故障应急处置遵循“安全优先、快速隔离、精准判断、稳妥处置”十六字原则。其中，安全优先原则要求任何处置行动均以保障人员安全、防止事故扩大为首要前提，在故障发生初期即采取停车、防护等基础避险措施。快速隔离原则强调要在

第一时间切断故障影响链条，通过断开故障系统、启用备用装置或隔离危险区域等方式，避免故障波及关联部件或引发次生灾害。精准判断原则建立在对故障现象的快速识别与系统分析的基础上，结合车载监测数据与现场观察，准确定性故障类型与严重程度，从而为后续处置提供决策依据。稳妥处置原则要求在明确故障性质后，严格按照预案选择适当的处置方式，避免因盲目操作而导致故障复杂化^[6]。围绕上述原则，针对不同故障类型制定的标准化应急响应流程，涵盖故障确认、信息上报、现场防护、处置实施及恢复确认五个环节，每个环节都明确责任主体与操作规范，以确保应急处置工作有序且高效地开展。

（三）关键故障专项处置技术

针对制动失效、动力中断及走行部异常这三类高风险故障分别制定的专项处置技术中，当发生制动失效时，驾驶员需立即采取点压制动、配合手制动及液力制动等方式实施减速，并利用发动机辅助制动来降低车速，在紧急情况下还可借助道岔、土档等线路设施迫使车辆停车。动力中断发生后，应迅速判断故障性质，对于燃油或电气系统的短暂故障，可在安全位置进行排查恢复，而对于机械严重损坏的情况，则须立即请求救援并按规定设置防护。当走行部出现表现为异响或剧烈振动的异常情况时，须果断减速停车，经检查确认存在轴承烧损、轮对擦伤或悬挂断裂等问题后，根据损伤程度决定是限速运行还是就地救援，各项处置均须严格执行防护标准，以防止因盲目操作而引发次生事故^[7]。

三、基于案例的实践应用与效能分析

（一）典型应用场景与实施路径

安全管控体系及应急处置技术的实际部署需依据线路条件、作业场景及车型特点分类实施。在区间正线运行场景下，重点在于依托车载监控系统与远程数据传输平台，实现对轨道车运行状态的连续监测与动态预警，同时将出车前检查与收车后维保纳入标准化管理流程。于站场调车和施工作业场景里，风险管控主要侧重于低速运行条件下的防护设置、多车联控以及作业人员协同方面，应急处置则强调短距离内快速停车和防溜措施的规范执行情况。针对不同的车型，重型轨道车要注重对动力系统与制动装置进行深度检测，接触网作业车则需额外强化高空作业平台的联锁保护和电气安全管控工作^[8]。在实施路径上，采取先开展试点然后再进行推广的策略，选定典型的线路区段和车型来开展体系验证，并且根据运行数据和现场反馈对管控流程进行优化，逐步形成可复制且可推广的标准化实施方案。

（二）实践效果评估

为了验证安全管控体系与应急处置技术的实践效果，选取实施前后各一年度的运行数据来开展对比分析，评估结果显示，在实施了全过程安全管控框架之后，轨道车故障发生率呈现出明显的下降趋势，其中动力系统与制动系统相关故障的降幅尤为显著。这反映出出车前检查和动态监测环节的有效性，在故障处理时效方面，由于分级预警机制和标准化应急流程的建立，从故障

发生到处置完成的平均用时显著缩短，关键故障的现场处置效率提升尤为突出，行车事故率的同期对比表明，因设备故障引发的行车事故数量大幅降低，且未发生因应急处置不当而导致事故扩大情形。各项关键指标的积极变化显示，所构建的安全管控体系与应急处置技术能够有效识别风险隐患、规范应急操作以及压缩响应时间，为轨道车行车安全提供了可靠的技术支撑和管理保障^[9]。

（三）存在问题与改进方向

在推广应用的过程中，暴露出若干亟待完善的薄弱环节。在人员层面，部分操作人员对动态监测系统的预警信息存在响应不及时的情况，在应急处置演练中存在流程不熟悉、操作生疏的现象。这反映出培训深度和实操针对性仍有不足。在技术层面，车载监测设备在复杂线路条件下的数据传输稳定性有待提升，部分老旧车型存在传感器覆盖不全的问题，影响风险早期识别的准确性。在管理层面，分级预警机制与既有调度指挥系统的衔接尚不够顺畅，故障信息传递存在层级冗余，一定程度上影响了响应时效^[10]。针对上述问题，后续研究应聚焦于以下方向：优化培训体系，增加实景模拟和应急演练的频次；推进设备技术升级，完善老旧车型监测装置的改造。深化管理流程再造，建立预警信息直达驾驶和调度的双通道机制，以实现风险管控与应急处置的高效联动。

四、保障机制与持续提升路径

为实现轨道车安全管控及应急处置体系的长效运行，需从人

员、设备及管理三个维度构建协同支撑机制。在人员素质和技能保障这个方面，要建立起那种把理论知识学习、实车操作训练以及应急演练相互结合在一起的系统化培训与考核体系，并且定期开展故障模拟以及实战化演练，以此来确保操作人员可以熟练掌握标准化作业流程和应急处置技能。于设备维保和技术支持方面，推行依据运行里程和使用时长来制定分级检修计划的预防性维护策略，同时完善技术档案管理以及关键备件储备，进而保障车载监测装置和应急设备能够可靠运行。就管理制度和协同机制而言，优化安全责任制度以明确各岗位安全职责边界，建立调度、检修、救援等部门之间的信息共享和联动响应机制，从而形成故障发现、上报、处置、恢复的闭环管理流程，通过人员、设备、管理这三者的有机融合和持续改进，为轨道车行车安全提供稳固的保障基础。

五、结论

综上所述，本研究围绕轨道车行车安全，系统构建出涵盖风险识别、全过程管控以及动态预警的安全管理体系，并且针对典型故障提出标准化应急处置原则和专项技术方案。实践应用表明，该体系能够有效降低故障发生率和行车事故率，提升应急处置效率，安全行车管控与故障应急处置技术相互支撑、缺一不可，前者重点在于预防，后者则确保兜底。未来应进一步推动监测智能化、演练实战化以及协同高效化，持续提升轨道车运行安全保障能力。

参考文献

[1]王亚楠,陈帅,单利,韩颖,吴昊,王彬.轨道车运行控制设备远程维护监测系统的应用研究[J].期刊,2023,15(4):112-118.
[2]李梦珂,段雅静,于正河,金辉,吕佳琪.轨道车用塞拉门专利技术分析[J].轨道交通装备与技术,2022,28(2):33-39.
[3]苏鹏.轨道车蓄电池组亏电故障的诊断分析[J].设备管理与维修,2022,43(9):56-61.
[4]李博,李华伟,张媛,马超,朱世昌.CKG-600Y型轨道车辆制动系统遥控装置研制[J].铁道技术监督,2022,50(9):42-47.
[5]秦树增.GYK-160型轨道车运行控制设备研究[J].铁道通信信号,2022,58(8):25-30.
[6]聂治国.东非新建铁路运营初期线路安全维护[J].科技与创新,2022,9(12):88-93.
[7]李畅.安全风险在铁路行车工作中的应用研究[J].中国铁道科学研究院学报,2022,39(6):102-108.
[8]季陈懿.地铁施工安全风险概率及其控制成本分析[J].浙江大学学报,2022,56(3):201-207.
[9]龚和宏.轨道车监测信息综合运用探讨[J].铁路通信信号工程技术,2022,19(12):64-69.
[10]张威,李彦滨.铁路工务机械车辆作业安全风险分析及对策[J].减速顶与调速技术,2022,37(9):27-32.