

操作不当引发站间自动闭塞设备故障探究

赵丽鑫

国能新朔铁路大准铁路分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 站间自动闭塞设备作为保障铁路区间行车安全、提升运输效率的关键设施,其稳定运行意义重大。然而在实际运用中,操作不当却成为引发该设备故障的重要因素。本文深入探究此类故障,通过收集分析大量因操作失误导致的设备故障案例,如违规操作改变设备状态、错误输入指令等。详细剖析操作不当背后的人员技能欠缺、操作流程模糊等成因,进而针对性地提出规范操作流程、加强人员培训与考核等改进措施,以降低故障率,确保铁路运输安全畅通。

关键词: 操作不当; 引发站间自动闭塞; 设备故障

引言: 在铁路运输高速发展的当下,站间自动闭塞设备宛如铁路运输系统的“安全卫士”,精准调控列车在区间内的运行间隔,对保障行车安全、提升运输效率起着不可替代的关键作用。其稳定可靠的运行,是铁路运输顺畅有序的基石。然而,在实际作业过程中,由于部分工作人员操作不规范、安全意识淡薄等原因,操作不当现象时有发生,进而引发站间自动闭塞设备故障。这不仅打乱了正常的运输秩序,还可能带来严重的安全隐患。因此,深入探究操作不当引发站间自动闭塞设备故障的原因与防范措施,具有重要的现实意义。

1 站间自动闭塞系统基础理论

1.1 系统组成与工作原理

(1) 轨道电路、信号机、联锁装置的协同机制: 轨道电路负责检测轨道占用状态,将列车位置信息传输至联锁装置;联锁装置依据轨道电路信号及列车运行计划,逻辑判断后向信号机发送控制指令;信号机通过红、黄、绿三色灯光显示,向列车传递行车许可,三者形成“检测-判断-指令”闭环,保障行车安全。(2) 闭塞分区划分与列车运行控制逻辑: 按线路坡度、曲线半径等参数划分闭塞分区,确保两列列车保持安全距离。列车进入分区后,轨道电路触发分区占用状态,后续分区信号机自动降级;列车驶离后,分区状态复位,信号机同步升级,实现列车追踪运行的自动控制。

1.2 关键操作环节分析

(1) 设备启动/关闭流程: 启动前需完成设备状态检查、电源接通及系统自检,确认无故障后依次激活轨道电路、信号机及联锁装置;关闭时先终止行车调度指令,再逐步切断各设备电源,完成状态记录与故障排查。(2) 参数设置与调整规范: 参数需依据线路条件、列车速度等级精准设定,包括闭塞分区长度、信号显示

时长等;调整时需执行审批流程,采用“先备份、再调整、后验证”的原则,确保参数变更后系统稳定运行。

(3) 应急操作与故障处置程序: 故障发生后立即启动应急响应,隔离故障设备并切换至备用模式;通过系统诊断定位故障点,按预案完成故障排除,恢复运行前需进行全面测试,确认符合安全标准^[1]。

1.3 常见操作不当类型

(1) 违规操作: 无视系统闭塞状态提示,未完成安全确认即发出行车指令,易导致列车追尾或冲突事故,违反行车安全核心规范。(2) 误操作: 因操作疏忽导致闭塞分区长度、信号频率等关键参数输入偏差,会破坏系统控制逻辑,引发信号显示异常或列车运行失控。

(3) 应急处置失误: 故障后未按预案执行处置步骤,存在漏检故障点、恢复顺序错误等问题,可能导致故障扩大,延长停运时间,甚至引发二次安全隐患。

2 操作不当引发站间自动闭塞设备故障的机理分析

2.1 人因失误理论框架

(1) Rasmussen的SRK模型: 技能型失误源于习惯性操作偏差,如熟练操作中误触按钮;规则型失误是未严格遵循操作规范,如省略闭塞确认流程;知识型失误则因对系统原理认知不足,故障处置时采取错误方案,三类失误均可能打破人-机-环境协同平衡,诱发设备故障。

(2) 操作复杂度与认知负荷关系: 站间自动闭塞系统操作涵盖设备启停、参数设置等多环节,操作步骤繁琐度与认知负荷呈正相关。当操作复杂度超出操作人员认知承载阈值时,易出现注意力分配失衡,导致操作遗漏或错误^[2]。(3) 环境因素对操作的影响: 行车高峰期、故障抢修等场景下的时间压力,或长时间值守导致的疲劳,会降低操作人员的反应速度与判断准确性,放大操作失误概率,进而增加设备误动作风险。

2.2 典型故障案例分析

2.2.1 案例1: 某线路因未解除闭塞导致追尾事故

(1) 操作过程还原: 调度人员在列车折返作业时, 未确认前序列车占用的闭塞分区状态, 也未执行闭塞解除流程, 违规向后续列车下达发车指令, 导致后续列车进入未释放的闭塞分区。(2) 故障链分析: 设备状态为前序列车占用闭塞分区, 轨道电路处于占用检测状态, 信号机显示禁止通行; 违规操作打破设备正常逻辑, 后续列车接收错误行车许可; 最终引发列车追尾, 造成信号机、轨道电路等设备损毁及人员伤亡。

2.2.2 案例2: 参数误设置引发信号显示异常

(1) 误操作类型与系统反馈机制: 属于规则型误操作, 维护人员在调整闭塞分区长度参数时, 输入数值超出标准范围; 系统虽触发参数异常提示, 但维护人员未及时响应, 强行保存参数。(2) 故障扩散路径: 参数错误导致轨道电路检测范围异常, 进而使联锁装置接收错误的轨道占用信息, 错误指令传递至信号机, 引发信号显示紊乱, 多个闭塞分区信号出现“绿灯常亮”或“黄红交替异常”, 影响全线列车运行秩序。

2.3 故障传播模型构建

(1) 操作层→设备层→系统层的故障传递路径: 操作层失误(如违规操作、参数误设)直接触发单一设备异常, 如轨道电路检测失效、信号机误显示; 设备异常信号持续传递至联锁装置等核心设备, 导致设备层功能紊乱; 最终扩散至整个站间自动闭塞系统, 引发系统级运行故障。(2) 关键节点识别: 联锁装置是故障传播的核心节点, 其作为系统逻辑控制中枢, 一旦接收错误操作信号, 会将故障指令扩散至多个设备; 轨道电路状态是故障触发的关键节点, 操作失误导致其占用/空闲检测异常, 会直接破坏闭塞分区安全防护逻辑, 成为故障传播的源头。

3 操作不当引发站间自动闭塞设备故障的根源探究

3.1 人员因素

(1) 操作技能不足: 部分运维及调度人员未接受系统的岗前培训, 对站间自动闭塞系统的组成逻辑、操作流程认知模糊; 且缺乏实操演练积累, 面对复杂操作场景时易出现步骤混淆、操作生疏等问题, 直接导致基础操作失误频发。(2) 安全意识淡薄: 部分人员存在侥幸心理, 认为短期违规操作不会引发安全事故, 如为缩短作业时间省略闭塞确认、参数校验等关键步骤; 另有人因责任意识缺失, 操作时敷衍了事, 忽视安全规范的刚性要求, 成为故障诱发的主观隐患。(3) 应急能力不足: 日常应急培训流于形式, 人员未熟练掌握故障处置

预案, 面对设备异常信号时, 无法快速判断故障类型、定位问题节点, 且存在处置流程混乱、操作顺序颠倒等问题, 不仅无法及时止损, 还会加剧故障扩散。

3.2 管理因素

(1) 操作规程不完善: 现有操作规程存在关键步骤表述模糊、操作标准不明确等问题, 导致人员操作时无清晰指引; 同时, 随着系统设备升级迭代, 操作规程未及时同步更新, 部分操作要求与实际设备情况脱节, 引发操作偏差^[1]。(2) 监督机制缺失: 未建立健全全流程操作监督体系, 对核心操作环节的监督流于形式; 关键操作需执行的双人确认制度未严格落实, 单人操作、代签确认等违规情况普遍存在, 无法及时发现并纠正操作失误。(3) 设备维护周期不合理: 设备维护计划缺乏科学性, 维护周期过长或维护重点偏离, 导致轨道电路接触不良、信号机元件老化等隐性故障长期存在; 这些隐性故障会干扰设备正常运行状态, 增加人员操作时的误判概率, 间接诱发操作不当。

3.3 设备因素

(1) 人机界面设计缺陷: 部分设备人机界面布局不合理, 操作按钮密集、标识不清晰, 且操作逻辑与人员常规认知不符, 增加操作难度; 同时, 设备对操作错误的反馈信号模糊, 仅简单提示“操作异常”, 未明确故障点和纠正方向, 导致失误无法及时修正。(2) 设备冗余度不足: 核心设备如联锁装置、主控制单元等缺乏冗余设计, 一旦某一设备出现故障, 无备用设备及时切换补位; 此时人员为恢复运行易采取紧急操作, 因操作仓促进一步引发失误, 加剧故障影响。(3) 抗干扰能力弱: 设备未充分考虑铁路沿线复杂电磁环境, 抗干扰设计存在短板, 易受列车运行、周边电力设备等电磁信号干扰, 出现数据传输错误、状态显示异常等问题; 人员面对这些异常信号时, 易误判为设备故障并采取错误操作, 诱发新的故障。

4 操作不当引发站间自动闭塞设备故障的防控对策与建议

4.1 技术层面

(1) 优化人机交互设计: 基于人体工程学原理重构设备人机界面, 精简冗余操作步骤, 将核心操作如闭塞确认、参数设置等整合为模块化流程, 降低操作复杂度; 同时强化操作反馈机制, 对错误操作实时发出声光报警, 明确提示故障类型、错误位置及纠正方法, 如参数输入超标时直接标注标准范围, 帮助操作人员快速修正失误, 减少因界面不友好导致的操作偏差。(2) 引入智能辅助系统: 搭建基于AI的操作行为监测平台, 通过

视频监控、设备操作日志分析等方式,实时识别违规操作、操作遗漏等风险行为,如未执行双人确认即启动设备时自动触发预警;针对关键操作环节,系统可主动推送操作指引,如故障处置时弹窗展示标准化流程,辅助操作人员规范作业,从技术层面筑牢操作安全防线^[4]。

(3)提升设备容错能力:对联锁装置、主控制单元等核心设备实施冗余配置,采用“一用一备”模式,确保单点设备故障时可快速切换至备用系统,避免人员因紧急抢修仓促操作引发二次故障;同时完善设备自检功能,每日开机后自动完成轨道电路、信号机等设备的状态检测,生成故障排查报告,提前排除隐性故障,降低操作过程中设备异常诱发失误的概率。

4.2 管理层面

(1)完善操作规程:结合系统设备实际情况,修订完善全流程操作规程,明确各操作环节的步骤要求、安全标准及责任主体,消除步骤模糊、标准不清等问题;同步编制可视化操作指南,采用流程图、动画演示等形式呈现关键操作,如闭塞解除、参数调整等流程,便于操作人员快速理解掌握,同时确保规程随设备升级同步更新,保持与实际作业的适配性。(2)加强人员培训:构建“理论+实操+应急”三位一体的培训体系,理论培训聚焦系统原理、安全规范,实操培训依托模拟仿真平台开展沉浸式演练,提升操作人员的技能熟练度;定期组织典型故障案例复盘教学,深入分析操作不当引发故障的根源及后果,让操作人员直观感受违规操作的危害,强化规范操作意识,同时提升应急处置能力。(3)建立双岗复核制度:明确关键操作清单,将闭塞状态确认、参数设置、故障恢复等核心环节纳入双岗复核范围,要求操作前双人核对设备状态、操作指令,操作后双人确认结果并签字备案;通过智能系统强化制度执行,未完成双人确认的操作无法进入下一环节,杜绝单人操作、代签确认等违规情况,从流程上杜绝操作失误^[5]。

4.3 制度层面

(1)制定故障追责机制:建立健全操作失误追责体系,明确不同类型操作不当的责任划分标准,对因违规操作、疏忽大意引发故障的人员,依据故障严重程度给予相应的纪律处分及经济处罚;将操作规范执行情况与绩效考核、评优评先直接挂钩,对规范操作、无失误

的人员给予表彰奖励,形成“奖惩分明”的约束激励机制,倒逼人员落实操作责任。(2)推行安全文化建设:通过安全讲座、安全知识竞赛、安全宣传栏等多种形式,常态化开展安全文化宣贯活动,将“安全第一、规范操作”的理念渗透到全员日常工作中;定期组织安全主题班会,鼓励操作人员分享操作经验、交流故障处置心得,营造“人人重安全、人人守规范”的良好氛围,从思想层面消除侥幸心理、责任缺失等问题。(3)定期开展风险评估:建立常态化风险评估机制,每季度组织专业技术人员、操作人员开展联合风险排查,重点梳理操作环节、设备运行、环境因素等方面的安全隐患,形成危险源清单;针对排查出的风险点,制定针对性防控措施,明确整改责任及期限,同时根据设备升级、操作流程优化等情况动态更新清单,实现风险的前置防控、动态管控。

结束语

通过对操作不当引发站间自动闭塞设备故障的深入探究,我们清晰认识到此类故障给铁路运输安全与效率带来的严重影响。操作不当的背后,是人员技能短板、管理漏洞等多方面因素交织。为有效减少此类故障,需从强化人员培训、完善操作规程、加强监督管理等多维度发力。只有不断提升作业人员专业素养,严格规范操作流程,才能最大程度降低操作失误概率。未来,随着铁路技术持续革新,我们仍要不断探索更完善的保障机制,确保站间自动闭塞设备稳定运行,为铁路运输安全畅通保驾护航。

参考文献

- [1]刘重庆.新建铁路接入既有车站半自动闭塞电路开通方案探讨[J].中华建设,2023(12):133-135.
- [2]张德良.计轴自动闭塞冗余半自动闭塞电路的研究与运用[J].道路与铁道工程,2021,(04):63-65.
- [3]徐华沙.牵引回流通道不畅案例及解决方案研究[J].铁路通信信号工程技术,2024,21(7):13-19.
- [4]张夫松,徐兰兰.全电子64D模块防护按钮非正常按压的处理方案[J].铁路通信信号工程技术,2024,21(12):108-114.
- [5]张松涛,李文涛,顿康.自动站间闭塞电路动作异常案例分析及对策[J].铁道通信信号,2024,60(11):87-92.