

铁路轨道电路分路不良原因及解决对策

张琳琳 李磊

国能甘泉铁路有限责任公司，内蒙古自治区巴彦淖尔市，015000；

摘要：铁路轨道是我国交通运输体系关键部分，其电路分路不良问题会让列车占用轨道区段时分路电阻高于标准值，使轨道电路无法失能落下，严重影响运行安全，本文分析显示，分路不良原因主要有轨道清洁保养不足，轨面氧化、生锈或异物覆盖影响接触；分路电阻状态不稳定，局部路段电阻异常造成整体波动；铁路轨道车流量带来正反两方面作用；以及钢轨表面电压击穿效应等电气设备故障。针对这些成因，文章提出对应解决对策：强化轮轨表面清洁，采用多种技术清理锈污、保护轨面；引入脉冲电路系统，削弱不良导电层影响，增强电路稳定性；完善动态区段管理，构建精细机制，实施差异化管控；运用实时监控系统，结合微机监测，实现实时分析与自动报警。这些措施旨在提升铁路轨道运行稳定性及安全性，推动铁路轨道行业可持续发展。

关键词：铁路轨道；分路不良；原因；对策

DOI：10.64216/3080-1508.25.07.016

轨道电路作为铁路信号自动化关键部分，承担列车占用检测和信号装置控制任务，其工作状况直接影响行车安全与运输效率，随着我国铁路运输需求持续上升，轨道电路分路不良问题越发突出，已然成为威胁铁路安全稳定运行的重大隐患，当出现此类故障时，列车在占用轨道区段过程中，分路电阻会超出规定标准数值，导致轨道电路无法按照正常程序失能落下，使得列车备用状态显示出现偏差，给行车调度安排和安全管控工作带来诸多棘手问题。深入探究分路不良背后的成因，积极寻找切实有效的解决手段，对提升铁路轨道系统整体可靠性、维护良好运输秩序而言，有着极为重要的现实意义，文章依据铁路轨道实际运营状况，详细分析轨道电路分路不良主要成因，并针对性给出防控策略，以此为优化轨道线路管理、强化铁路运输安全保障提供参考依据。

1 铁路轨道电路分路不良原因

1.1 轨道清洁保养不到位

轨面氧化、生锈或表面被异物覆盖，会导致列车轮与通行轨面间摩擦电阻增大，使接收端电压高于标准水平，造成室内轨道继电器难以顺利落下，无法及时准确显示列车占用情况，直接影响列车员调控工作，铁路轨道电路多以钢轨为导体传递各轨道区间信号，而钢轨长期暴露于自然环境，易受雨水冲刷、空气侵蚀等自然因素影响，逐渐出现不同程度锈蚀或氧化。疫情期间进出口贸易不稳定，部分轨道因长期无列车通行，缺乏轮轨摩擦带来的自然清洁，进一步增加轨面锈蚀可能，轨面

局部出现锈蚀、氧化或磨损后，表面会形成绝缘性薄膜，阻碍列车轮与轨面正常接触，破坏电路导通性，干扰轨道电路信号传输，给列车运行安全埋下隐患。

1.2 分路电阻状态不稳定

分路电阻是列车轮在导轨上运行时两根钢轨接触产生的电阻，其数值与铁道轨道电路分路工作状态关联密切。轨道与列车轮表面异物清除不到位，会直接影响两者接触时的摩擦电阻水平，局部路段电阻出现异常下降或上升时，会导致轨道整体分路电阻处于相对剧烈的波动起伏状态^[1]。这种电阻状态不稳定，会使列车进入闭塞区间后电路无法立即反应，列车员收不到该路段已有列车通行的信息，留下安全事故隐患，此类情况长期存在，不仅干扰轨道电路正常工作流程，还会严重影响铁路轨道列车运行安全性，对行车秩序和乘客生命安全构成潜在威胁。

1.3 铁路轨道车流量影响

各行各业对铁路轨道运输需求不断增大，多地铁路轨道已迈入规模化发展阶段，轨道同期运行列车数量持续上升，列车通行频率对钢轨表面产生多方面影响，列车在轨道上高速行驶时，与底部轨道表面摩擦会释放热量，热量结合摩擦产生的动力，能对轨面起到清洁作用，有助于清除堆积的灰尘及其他残留物质。但部分地区铁路轨道运行规模较小，列车常不具备高速行驶条件，无法借助高速摩擦力有效清除钢轨表面残留物质，导致这些残留物质长期附着在轨面，可能影响轨道电路性能，

列车规模化发展推动行驶速度和运输效率提升的同时,也增加了列车轮及轨面与雨水、化学物质、粉尘等的接触机会,若清洁不及时或方式不当,反而会加剧钢轨表面污染程度,可能诱发分路不良等问题,对轨道运行安全构成潜在威胁。

1.4 钢轨表面电压击穿效应

电务设备故障是引发轨道电路分路不良的重要因素,发送端电压控制不合理,会使列车轮与轨面接触时接收端电压值远超二元二位轨道继电器的落下值标准,导致电路无法正常分路,铁路轨道表面因异物堆积、氧化薄膜形成产生的不良导电层,在恒定压力条件下会出现“类放电管”击穿效应,这种效应不仅干扰轨道运行信号传输,还会对轨面造成不可逆损伤。击穿效应形成前,不良导电层表面会呈现较高阻抗水平;击穿效应产生的高电压击穿该导电层后,这段轨面的通过电流会增大、分路电阻会降低,只有分路电阻低于标准值才能保障轨道电路正常运行,被不良导电层覆盖的钢轨在分路工作时,轨间残压往往过低,难以借助击穿效应对通过电流进行有效调节,进一步加剧分路不良问题。

2 铁路轨道电路分路不良解决对策

铁路轨道长期受污染,轮轨表面会堆积杂质并形成不良导电层,轨面摩擦力过大会加剧轮轨磨损、造成电路接触不良,这些情况均可能引发分路不良,针对上述问题,需加强轨道保养,采用多种技术清理锈污、保护轨面,同时完善区段管理,强化隐患排查与动态管控,从多维度防控分路不良问题的形成。

2.1 加强轮轨表面清洁

为避免列车轮与轨道电路表面积累过多杂质,需定期对其表面进行细致排查,重点关注锈蚀、脏污等情况,道岔缝隙、轨底边缘等部位隐蔽且易积存污垢,是检查的关键区域,只有确保这些易被忽视之处都能得到全面清理,才能有效预防杂质堆积引发的问题,当某一区段因轨道电路出现变形,或者列车轮发生严重磨损而导致分路不良现象时,必须结合实际状况,选择合适的处理办法,或是更换受损部件,或是对变形、磨损部分进行修缮,及时解决变形问题,让轮轨重新恢复到正常配合状态。一旦确定轮轨表面存在脏污、变形情况,就需要借助专业分析技术,准确了解脏污物质的具体类型和可能造成的危害程度,从而为后续处理工作提供可靠依据。

根据检测结果,可运用钢轨表面喷涂、熔覆堆焊、高压水流等技术在轨面构建起保护屏障,采用喷涂与熔覆堆焊技术时,利用金属外层的抗锈蚀特性来抵御外界侵蚀;使用高压水流除锈技术,则能凭借强大的水流冲击力,将表面锈垢强力清除,还要配合定期检查工作,防止抗锈蚀层出现损坏,避免影响对轨面的保护效果,目前,绿色环保且高效的激光除锈技术在铁路轨道保养工作中得到广泛应用,在操作过程中,通过合理设定激光功率、扫描速度以及扫描次数,让激光精准发射能量,促使轮轨表面锈垢直接升华、蒸发。这种技术既不会对轨面造成损伤,又能快速高效地完成除锈作业,切实为轨道电路稳定运行提供有力保障^[2]。

2.2 引入脉冲电路系统

保障轨道电路稳定运行,不仅要处理轮轨表面锈蚀,还需削减不良导电层对电路稳定的干扰,高压脉冲电路技术具备突出效能,通过精细调整脉冲频率与波形形态,能够切实增强电路稳定程度与信号传输质量,运用脉冲轨道电路时,依靠电压调节模块持续监测调控,保证输出至钢轨轨面的电压契合标准数值,此后系统即刻释放高强度电压,有效击穿轮轨间由油污附着、氧化膜生成而形成的不良导电层,显著降低轮轨接触部位的电路阻抗数值,达成电路的高效分路运作。脉冲轨道电路系统会依据不同区域实际轨距尺寸、日常行车流量密度等差异状况,针对性设定电路极性参数,在具体实施中,严格保障相邻轨道区段采用相反极性配置,以此从根本上消除信号相互串扰的风险,针对仅配备极性防护功能,且轨道电路绝缘节出现破损情况的特殊路段,额外增设同侧引接线断线装置,当有车辆进入断线区域占用轨道时,装置便与车轮相互作用,构建起全新的信号传输回路,进而产生与正常轨道区段明显不同的特异性信号特征,方便监测系统及时察觉并识别异常状况。高压脉冲电路系统搭载的智能控制模块,能够针对不同轨道区段的极性状态,实施毫秒级的精确调控操作,同时动态维持阻抗指数的稳定状态,有力推动列车轮对与现存轨道电路实现顺畅衔接,该系统采用模块化构建模式,整体架构简约明晰,其运行过程中的电压数值、电流、极性状态等各类关键信息,均通过可视化操作界面直观呈现,为管理人员开展定期巡检、日常养护工作提供极大便利,切实提升轨道电路的维护作业效率与整体运行可靠性能。

2.3 完善动态区段管理

引入新技术要同步建立动态管理机制,依靠多维度监测体系捕捉分路不良诱因,监测体系实时监测轨面油污、气候潮湿致绝缘性能下降等问题,轨道基础层埋设传感器追踪土壤酸碱度对轨枕金属部件腐蚀速率,改善管理系统数据联动不畅、应急响应滞后、设备抗干扰弱等状况,从源头遏制安全隐患,防控电路分路不良。地区铁路轨道管理部门细化轨道巡检,规定每日徒步巡查道岔转辙、钢轨接头等关键部位,利用无人机航拍长大下坡路段、隧道出入口等人工难及区域,实现巡检全覆盖,隐患排查时,巡检人员标注异常位置坐标、拍照,即时录入智能管理平台,为轨道电路管理提供全流程制度支撑。

不同区段管理部门需依据分路不良等级实施差异化管控策略:对于轻微等级区段,将监测频次由每日一次提升至每四小时一次,以便及时发现并处理潜在问题;针对中度等级区段,迅速在信号控制台设置醒目的红光带警示,并安排专人进行现场值守,实时监控轨道状态;若遇严重等级区段,则果断采取暂停行车措施,立即启动三级抢修预案,优先协调养护列车进场开展抢修作业,最大程度降低安全风险,每月固定使用轨道分路残压测试仪对全域进行检测,详细记录各点位残压数值,并将数据转化为直观的三维热力图,为校准电路阻抗指数、稳定电压输出提供准确量化依据。系统梳理近3个月车流量峰值时段分布、事故发生时的具体天气条件、列车通行的瞬时速度变化曲线等数据,运用大数据分析模型深入探究这些因素对电路谐振频率偏移幅度、电流负载波动范围的动态影响规律,进而生成为具有针对性的预警报告,汇总所有检查结果,形成包含故障位置分布、成因深度分析、风险等级评估的可视化报告,针对钢轨踏面磨损凹陷、电缆接头氧化锈蚀等损坏区域,选用高锰钢耐磨焊条、硅橡胶防腐密封胶等高性能新材料,制定定向修复方案,有效延长修复部位的使用寿命,全方位提升轨道电路的整体运行可靠性。

2.4 运用实时监控系統

动态区段管理与实时监控技术深度融合,全线路传感器网络实时捕捉各区段电流瞬时波动、信号传输连贯情况与衰减程度等关键数据,系统基于这些数据,通过

预设算法模型及时评估电路安全等级,结合分路不良分级管理制度中轻微、中度、严重等故障程度判定标准,对列车运行时的电路状态进行毫秒级实时分析,既能精准测算铁路轨道电路抗干扰能力,又能全面评估其运行稳定性,为列车安全通行提供基础保障,引入的微机监测系统具备强大数据采集能力,可24小时不间断采集轨道电路电压幅值变化、频率波动范围等参数,结合每周一次的定期评估结果,对电力系统技术参数指标进行动态优化分配与布局调整。例如依据不同区段列车通行密度、载重情况等负载信息,适配相应电压阈值,有效避免列车车体、轨道、接触网等载体间因电压分配失衡出现过压差,减少电弧放电、设备老化加速等安全隐患,该系统搭载的智能算法集成自动报警功能,当列车轮对进入分路不良轨道区段时,立即触发声光报警装置,同步向控制中心推送精确故障位置信息;若列车进入后电压水平出现骤升、骤降等异常波动,系统凭借高灵敏度感知模块在极短时间内发出对应警告指令,确保管理人员第一时间获取信息并介入处理,管理人员可调取系统存储的长期定期检测数据,对比不同时段参数曲线,快速定位电缆绝缘层老化、接头松动导致接触不良等故障根源,大幅提升故障排查效率与准确性,为及时修复和维护提供有力支持。

3 结语

铁路轨道电路分路不良是威胁铁路运输安全的重要隐患,成因包括轨面清洁不足、分路电阻波动、车流量作用及电压击穿效应等,解决该问题需建立“技术升级+管理优化”综合体系:运用激光除锈、高压脉冲等技术提升轮轨清洁度与电路稳定性,通过动态区段管理和实时监控实施全流程管控,同时健全分级处置机制与定期检测制度,相关部门需持续推进技术创新和制度落实,强化各环节协作,从根本上降低分路不良风险,保障轨道电路稳定运行,为铁路运输安全高效及行业可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]耿超.铁路信号轨道电路分路不良的原因分析及整治对策探究[J].中华建设,2020,(8):190-191.
- [2]徐会文.激光除锈技术对轨道车辆车轮产品性能的影响[J].大型铸锻件,2020,(4):42-44,47.