

铁路信号轨道电路分路不良的危害及防治

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：铁路信号轨道电路分路不良是影响铁路运输安全与效率的关键问题。本文首先阐述了其概念与成因，涉及钢轨表面、轮轨接触、设备性能、环境等多方面因素。接着从运输安全、效率、设备、经济角度剖析危害，如引发追尾、降低效率、损伤设备、减少收入等。最后从技术改进、管理强化、人员培训、环境治理四个方面提出防治措施，旨在降低分路不良发生概率，保障铁路运输安全高效。

关键词：铁路信号；轨道电路；分路不良；危害防治

引言：在铁路运输体系里，铁路信号轨道电路是保障运输安全、提升运输效率的关键要素。然而，轨道电路分路不良问题却潜藏其中，时刻对铁路运输的平稳有序构成威胁。这一问题成因繁杂，在运输安全、效率、设备以及经济等多个层面均引发危害。为有效应对，需从技术改进、管理强化、人员培训、环境治理等多维度综合施策。本文将围绕轨道电路分路不良展开深入剖析，致力于探寻切实可行的防治办法。

1 轨道电路分路不良的概念与成因

轨道电路分路不良指列车占用轨道区段时轨道继电器无法可靠落下，致信号设备不能正确反映占用状态，信号系统可能错误显示空闲，存在安全隐患。成因有多方面，钢轨表面生锈、有油污或粉尘等杂质，会使轮轨间接触电阻增大，列车轮对压上难形成良好导电回路，长期不用轨道区段或环境恶劣地区更易出现；列车轮对运行中踏面磨损、擦伤等，影响接触面积与压力，接触面积小或压力不足会使分路电阻增大，列车的轴重、速度等因素也会影响轮轨接触情况引发分路不良^[1]。轨道电路中送电端、受电端设备及钢轨绝缘等部件性能下降或故障会导致分路不良，送电端电源电压不稳定影响正常工作，受电端灵敏度降低难以准确感知电流变化，钢轨绝缘破损会让电流泄漏，破坏正常分路关系；气候条件也有影响，潮湿环境钢轨表面形成水膜增加接触电阻，干燥环境粉尘易附着钢轨表面，温度变化使设备电阻、电容等参数改变，影响电流传输和信号处理，检测出现偏差，温度变化大时设备热胀冷缩还可能导致部件连接松动或接触不良，这些因素单独或共同作用都可能引发轨道电路分路不良。

2 轨道电路分路不良的危害

2.1 对铁路运输安全的危害

(1) 列车追尾风险，轨道电路分路不良时，信号系

统易错误显示轨道区段空闲，后续列车会依错误信号进入已占用区段，极大增加追尾可能，此类事故一旦发生，会造成严重人员伤亡与财产损失。(2) 侧面冲突，在车站内，轨道电路分路不良可能引发道岔转换错误或信号显示错误，致使列车进入错误股道，进而产生侧面冲突事故，其危害严重，会对列车运行安全构成重大威胁。(3) 脱轨事故隐患，轨道电路分路不良会影响列车运行控制，使列车运行出现异常，像超速、制动失灵等情况都可能出现，进而提高脱轨事故发生概率。脱轨事故后果严重，不仅会损坏列车与轨道设备，还会对铁路线路正常运营造成极大影响，导致线路中断、运输效率降低等一系列问题。而且，脱轨事故发生后，救援和恢复工作往往耗时费力，需要投入大量的人力、物力和财力，进一步增加了铁路运输的成本和负担。同时，脱轨事故还会影响铁路的声誉，降低乘客对铁路运输的信任度，对铁路事业的长期发展产生不利影响。所以，必须高度重视轨道电路分路不良问题，采取有效措施加以防治。

2.2 对铁路运输效率的危害

其一是列车运行间隔增大，存在分路不良的区段，铁路部门为保安全，会采取严格措施，像延长列车运行间隔、降低运行速度等，这直接使铁路运输效率降低，难以满足不断增长的运输需求，在客货运输繁忙时段，运输能力受限问题更为突出，货物不能及时送达、旅客出行等待时间变长等情况频发^[2]。其二是调度指挥难度增加，分路不良让调度人员无法准确掌握轨道区段占用状况，难以做出合理调度决策，列车运行秩序受影响，可能出现列车晚点、运行混乱等问题，而且处理分路不良问题要投入大量人力物力，从检测设备、排查故障到维修处理，每个环节都需专业人员和相应物资，这进一步增加了运输成本，降低了运输效益。其三是设备停用影响运营，分路不良问题严重时，相关轨道区段信号设

备需停用检修处理,该区段运输能力下降,若在繁忙铁路干线,影响更为显著,可能引发连锁反应,导致整个线路运营受阻,周边相关线路的运输组织也会被打乱,需要重新调整运输计划,增加了运输组织的复杂性和难度,给铁路运输带来极大不便和损失。

2.3 对铁路设备的危害

在信号设备方面,其会使信号设备长期处于异常工作状态,这种异常状态会加速设备磨损与老化进程,进而缩短设备使用寿命。信号设备中的各类元件,在分路不良引发的异常电流、电压等作用下,内部结构会逐渐受损,原本稳定的性能参数发生改变,像轨道继电器,在分路不良导致的不正常分路与吸起状态下,其内部触点会因频繁的机械摩擦和电弧烧蚀而受损,线圈也会因过流或电压不稳定而出现绝缘老化、匝间短路等问题,使得继电器可靠性和稳定性大打折扣,影响整个信号系统的正常运作。在钢轨方面,为检测和处理轨道电路分路不良问题所采用的特殊检测手段,如高压脉冲测试等,会对钢轨造成损伤。高压脉冲施加在钢轨上时,强大的电流瞬间释放产生的热量会使钢轨表面局部温度急剧升高,导致钢轨表面出现烧伤现象,破坏钢轨表面的金属结构和防护层;同时,热应力集中还可能引发钢轨内部产生裂纹,这些裂纹在列车运行产生的动载荷作用下会不断扩展,降低钢轨的强度和韧性,严重影响钢轨的使用性能和安全性,给铁路运输安全埋下隐患。

2.4 对铁路经济的危害

(1) 运输收入减少,因轨道电路分路不良致列车运行效率降低、运输能力下滑。在市场竞争激烈环境下,运输效率和服务质量关乎铁路部门市场份额与经济效益。列车运行间隔因分路不良延长、速度降低,单位时间内运输货物和搭载旅客数量减少,原本运输任务无法按时完成,客户可能因运输不及时选择其他运输方式,导致铁路客源和货源流失,收入大幅减少。(2) 维修成本增加,防治轨道电路分路不良需铁路部门投入大量资金。设备更新要更换老化、性能不佳的轨道电路设备以提升抗分路不良能力;技术改造需研发和应用新型轨道电路技术,涉及大量科研经费;人员培训让工作人员掌握新技术、新方法也需资金支持。处理分路不良故障时,要消耗更换损坏轨道继电器、钢轨绝缘等部件的材料,还需投入大量工时,从故障排查、定位到维修处理,每个环节都需专业人员花费时间,这些因素叠加,进一步增加铁路部门维修成本,给铁路经济带来沉重负担。

3 轨道电路分路不良的防治措施

3.1 技术改进措施

轨道电路技术层面,研发应用新型轨道电路技术十分必要,如高压脉冲轨道电路、数字轨道电路。新型技术灵敏度和抗干扰能力更高,能显著降低分路不良发生概率。高压脉冲轨道电路施加高压脉冲信号,击穿钢轨表面氧化层与杂质,构建良好导电回路提升分路效果;数字轨道电路利用数字信号传输处理,减少外界干扰,使信号检测更精准。钢轨材质与表面处理工艺改进也不容忽视。^[3]选用导电性能更优的钢轨材质,从根源提供良好导电基础。采用先进表面处理工艺,镀锌在钢轨表面形成保护层防生锈,喷砂清理钢轨表面杂质提高清洁度与导电性。在钢轨表面涂覆特殊导电涂层,进一步降低轮轨间接触电阻,确保列车轮对压上钢轨时形成稳定导电回路。轨道电路设备设计优化同样重要。对送电端、受电端设备及钢轨绝缘等部件优化,可提升设备性能与可靠性。采用高精度电源模块,保证送电端电源电压稳定,为轨道电路提供稳定电能;优化受电端电路设计,提高其灵敏度与抗干扰能力,准确感知轨道电路电流变化;加强钢轨绝缘密封性能,防止水分和杂质侵入,避免因绝缘性能下降导致电流泄漏,破坏正常分路关系,保障轨道电路稳定可靠运行,有效降低分路不良问题出现可能。

3.2 管理强化措施

制度建设上,要制定完善轨道电路分路不良管理制度,清晰界定各部门和人员职责与工作流程,让各环节有明确责任主体和操作规范。同时建立监测、报告、处理和跟踪机制,借助专业监测设备定期巡检,实时掌握轨道电路状态,发现分路不良问题及时向上级报告,相关部门迅速处理并对结果跟踪反馈,形成闭环管理确保问题彻底解决。设备维护管理方面,强化日常维护与定期检修。制定详细维护计划,明确周期与内容,安排专业人员按计划保养轨道电路设备。制定严格检修标准,定期清洁打磨钢轨表面,去除杂质与氧化层保证导电性能;仔细检查设备运行状态,用专业检测工具对送电端、受电端设备及钢轨绝缘等部件全面检测,及时发现并更换老化、损坏部件,确保设备良好运行^[4]。安全风险不可忽视,开展轨道电路分路不良安全风险评估与隐患排查治理工作,组织专业人员全面分析轨道电路系统,识别可能的安全风险点,如钢轨材质缺陷、设备老化、环境因素影响等,针对不同风险点制定防范措施。建立安全风险预警机制,利用传感器、监测系统 etc 实时监测可能引发分路不良的因素,如钢轨表面湿度、温度、接触电阻等参数,参数异常及时预警,以便提前采取措施消除分路不良隐患。

3.3 人员培训措施

(1) 开展专业培训课程,需组织铁路信号专业人员参与轨道电路分路不良相关培训,培训分为理论知识与实际操作两部分。理论知识培训涵盖轨道电路原理,让人员了解其基本构成、工作方式及信号传输机制,为后续学习分路不良知识筑牢基础;深入讲解分路不良成因,如钢轨表面状态、轮轨接触情况、设备性能及环境因素等,使人员清楚问题根源;阐述分路不良危害,包括对运输安全、效率、设备及经济的多方面影响,强化人员重视程度;传授防治措施,让人员掌握技术改进、管理强化等方法。实际操作培训则让人员在模拟或实际设备上进行操作,熟悉设备使用与维护流程,提升动手能力。(2) 进行应急演练,定期组织轨道电路分路不良应急演练,模拟多种故障情况,如信号系统错误显示、道岔转换异常等。让人员按照应急处理流程和方法进行操作,明确自身职责与任务,通过反复演练,提高应急处置能力,能在问题发生时迅速响应,同时增强协同配合能力,各部门人员相互协作、高效沟通,共同解决问题。(3) 鼓励技术创新和经验交流,激励铁路信号专业人员开展技术创新活动,探索新防治方法与技术,为解决分路不良问题提供新思路。组织经验交流活动,让人员分享实际工作中遇到的问题及解决方案,促进知识共享与共同提高,形成良好学习氛围,推动整个团队专业水平提升,更好应对轨道电路分路不良问题。

3.4 环境治理措施

在改善钢轨周边环境方面,要强化对钢轨周边环境的治理力度。安排专人定期清理钢轨表面的油污、粉尘等杂质,这些杂质会增加轮轨间的接触电阻,引发分路不良,及时清理可保证钢轨表面清洁,形成良好导电回路。在车站和线路周边合理设置防护设施,如防护栏、防护网等,防止杂物进入轨道区段,避免因杂物影响轨道电路正常工作。同时,在钢轨表面涂抹防锈剂,防锈剂能在钢轨表面形成保护膜,减缓钢轨生锈速度,防止因钢轨生锈导致接触电阻增大。控制气候影响也十分关

键,气候条件对轨道电路分路不良影响较大,需采取针对性控制措施。在潮湿环境中,使用加热除湿设备,通过加热空气提高其干燥度,降低钢轨表面湿度,减少水膜形成,降低接触电阻^[5]。在干燥环境中,增加洒水降尘措施,定期对轨道周边进行洒水,湿润空气,减少粉尘飞扬,避免粉尘附着在钢轨表面。加强与相关部门协作同样不可或缺,与气象、环保等部门建立紧密协作机制,通过信息共享平台及时获取气候和环境信息。依据这些信息提前做好防范措施,如在恶劣天气来临前,如暴雨、大风、沙尘暴等,组织人员加强对轨道电路设备的检查和维护,检查设备密封性能、电气连接是否良好等,确保设备在恶劣环境下能正常运行,降低轨道电路分路不良发生的可能性。

结束语

综上所述,轨道电路分路不良危害巨大,影响铁路运输安全、效率、设备及经济多方面。为应对此问题,需从技术改进、管理强化、人员培训、环境治理入手。技术提升设备性能,管理保障规范执行,培训增强人员能力,环境治理减少外部干扰。多管齐下,形成防治合力,降低分路不良发生概率。但铁路运输环境复杂,防治工作需持续推进。不断探索创新,以更科学有效的方法,保障铁路运输安全高效,推动铁路事业稳步发展。

参考文献

- [1]刘天琪.轨道电路分路不良问题的解决方案探讨[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(2):178-181.
- [2]毕超.铁路信号系统轨道电路分路不良的危害及防治研究[J].中国设备工程,2024(1):223-225.
- [3]易波,张博.移频脉冲轨道电路特征及运用效果研究[J].铁道技术标准(中英文),2024,6(10):7-11.
- [4]贾元军.浅谈信号集中监测数据对轨道电路分路不良确认辅助判断的应用研究[J].前卫,2023(13):0031-0033.
- [5]袁继斌.铁路信号系统轨道电路分路不良的危害及防治策略思考[J].电力系统装备,2022(2):117-119.