

铁道信号联锁设备故障及检修技术

李丽梅

国能新朔铁路有限责任公司大准分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要：铁道信号联锁设备是铁路运输安全保障体系的核心。其常见故障包括继电器、转辙机、轨道电路类故障等。检修技术涵盖故障诊断基本方法、具体检修工艺及现代检修技术应用。为提升设备可靠性与检修效率，需强化日常维护保养，制定完善计划、建立维护档案；积极进行技术升级与改造，引入新设备；构建全面培训体系提升人员素质，包括专业培训与责任安全意识培养，保障铁路信号系统稳定运行。

关键词：铁道信号；联锁设备；故障分析；检修技术

引言：铁道信号联锁设备作为铁路运输安全保障体系的核心，承担着实现车站进路、信号机与进路间复杂联锁关系，确保列车安全运行的重要使命。然而，在实际运行过程中，继电器、转辙机、轨道电路等关键部件易出现各类故障，影响铁路运输安全与效率。因此，深入探讨铁道信号联锁设备的常见故障类型、检修技术，并提出提升其可靠性与检修效率的策略，具有重要的现实意义。

1 铁道信号联锁设备概述

铁道信号联锁设备是铁路运输安全保障体系的核心，用于实现车站内道岔、信号机与进路间的复杂联锁关系，确保列车在车站运行安全。它通过严格逻辑控制，有序管理信号机显示与道岔转换，保障列车进路正确建立与安全解锁。（1）从设备组成结构而言，传统联锁设备以继电器联锁设备为代表。继电器是核心逻辑元件，利用电磁原理控制电路通断，完成联锁逻辑运算；控制台作为人机交互界面，供车站值班员操作与监视设备状态；区段人工解锁按钮盘用于特殊情况下手动解锁进路；电源屏为系统提供稳定电力。（2）随着铁路技术发展，计算机联锁设备逐渐成为主流。它以高性能计算机为核心，依靠先进软件技术实现复杂联锁逻辑运算。其系统构成包括计算机主机，负责数据处理与逻辑运算；输入输出接口，实现与现场设备信号交互；人机交互设备，如显示器、操作终端等，为操作人员提供便捷操作体验；电源系统为计算机及相关设备稳定供电。（3）联锁设备工作原理基于严谨逻辑控制流程。首先，各类检测装置实时采集现场设备状态信息，如道岔定位或反位状态、轨道电路是否被列车占用等。接着，将这些信息传输至联锁逻辑处理单元，依据预设的联锁逻辑规则精确运算。这些规则综合考虑铁路运输安全规范、运营效率等多方面因素，杜绝危险进路组合。最后，根据运算

结果输出控制命令，驱动信号机显示相应灯光信号，指示列车运行方向与速度，同时控制道岔转换设备动作，使道岔转换至所需位置，实现对列车进路的精确控制与全方位防护，为铁路运输安全高效运行筑牢根基^[1]。

2 铁道信号联锁设备常见故障类型

2.1 继电器类故障

继电器是传统联锁设备中的关键元件，其故障在联锁设备故障中占比较大。常见的继电器故障包括接点故障、线圈故障和机械故障。（1）接点故障主要表现为接点接触不良、接点粘连或接点氧化。接触不良会导致继电器吸起或落下时电路不通，影响联锁逻辑的正常执行；接点粘连会使继电器无法正常落下，造成信号或道岔控制异常；接点氧化则会增加接触电阻，导致信号传输不稳定。（2）线圈故障通常由线圈断线、短路或绝缘不良引起。线圈断线会使继电器无法吸起，失去控制功能；线圈短路会导致电流过大，可能烧毁继电器或相关电路；绝缘不良则可能引发漏电现象，干扰其他设备的正常工作。（3）机械故障包括继电器衔铁卡阻、弹簧失效等。衔铁卡阻会导致继电器动作迟缓或无法动作，影响设备的响应速度；弹簧失效会使继电器接点压力不足，导致接点接触不良。

2.2 转辙机类故障

转辙机是控制道岔转换的核心设备，其故障直接影响道岔的正常动作，进而影响列车进路的建立。转辙机常见故障有机械故障和电气故障。（1）机械故障主要包括道岔卡阻、尖轨与基本轨不密贴、转辙机内部零件磨损或损坏等。道岔卡阻可能由道床内的异物、尖轨变形等原因引起，导致转辙机无法带动道岔转换到位；尖轨与基本轨不密贴会影响道岔的锁闭，降低行车安全性；转辙机内部零件如齿轮、轴承等的磨损或损坏，会导致转辙机输出力不足或动作异常。（2）电气故障包括电机

故障、电路故障和信号反馈装置故障。电机故障如电机烧毁、转速异常等,会使转辙机无法正常工作;电路故障如接线松动、断线、短路等,会导致控制信号或反馈信号传输中断;信号反馈装置故障会使转辙机无法准确反馈道岔的位置状态,影响联锁设备对道岔状态的判断^[2]。

2.3 轨道电路类故障

轨道电路作为铁路信号系统的关键组成部分,承担着检测列车是否占用轨道区段的重要任务。一旦轨道电路出现故障,联锁设备便无法准确判断轨道区段的实际状态,进而引发严重的安全隐患。轨道电路常见故障主要涵盖断线故障、短路故障和绝缘不良故障这三大类型。(1)断线故障通常表现为轨道电路的钢轨、连接线或电缆发生断裂,致使电路中断,无电流通过。此时,联锁设备会错误地判定轨道区段处于空闲状态,若此时有列车驶入,极有可能造成列车冲突的重大事故。深入分析断线故障原因,除了钢轨、连接线或电缆自身质量问题外,还可能由于施工过程中的过度拉伸、弯曲,导致线路内部损伤,长期使用后逐渐出现断裂;此外,恶劣的自然环境,如暴雨冲刷、地震等,也可能对轨道电路线路造成破坏,引发断线故障。(2)短路故障多由轨道上的金属异物侵入、雨水长时间浸泡等因素引发,造成轨道电路短路,电流异常增大,联锁设备会误判轨道区段被占用,干扰列车进路的正常建立。进一步探究,金属异物侵入轨道电路可能是由于铁路沿线的维护管理不到位,未能及时清理轨道周边的杂物;雨水浸泡则与轨道电路的防水设计有关,若防水措施不完善,雨水容易渗入轨道电路内部,导致短路故障。(3)绝缘不良故障则是轨端绝缘、区间绝缘等部件的绝缘性能下降或损坏,引发相邻轨道区段信号窜扰,让联锁设备难以精准区分各轨道区段状态,导致信号显示错误或进路控制异常。绝缘性能下降或损坏的原因可能是绝缘材料老化、受潮或受到机械损伤。长期暴露在自然环境中的绝缘部件,会受到紫外线、温度变化等因素的影响,逐渐老化;在潮湿的环境中,绝缘部件容易吸潮,导致绝缘性能降低;而在施工或运营过程中,绝缘部件可能会受到外力的碰撞或挤压,造成机械损伤,影响其绝缘性能。

3 铁道信号联锁设备检修技术

3.1 故障诊断基本方法

铁道信号联锁设备检修中,故障诊断是首要环节,常用基本方法有观察法、测量法、试验法和替换法。(1)观察法:用肉眼查看设备外观、状态及周围环境,初步判断故障原因,如观察继电器接点、转辙机、轨道电路周围情况,为后续诊断提供线索。(2)测量法:

借助万用表等仪器测量设备电气参数,判断电路是否正常。不仅要准确测量,还需详细分析数据,如测量轨道电路电压要结合正常范围,复杂电路要用示波器观察信号参数。(3)试验法:模拟设备工作条件或操作过程,观察反应确定故障范围。要按操作规程试验,确保条件与实际相符,如转辙机空转试验设置合适参数,联锁设备模拟操作测试各种工况。(4)替换法:用正常部件替换怀疑有故障的部件,观察故障是否消失来确定故障部位。要注意选择兼容的替换件,按规程操作,替换后全面测试设备。

3.2 具体故障检修工艺

针对不同故障,需采用对应检修工艺。(1)继电器类故障:接点氧化用细砂纸或专用清洁剂处理,粘连或严重烧损则更换接点或继电器;线圈故障一般换继电器;机械故障拆解清理杂质,修复或更换卡阻衔铁、失效弹簧等。(2)转辙机故障:机械故障中,道岔卡阻清除道床异物、调尖轨位置;尖轨与基本轨不密贴调道岔拉杆等部件;零件磨损损坏则更换。电气故障方面,电机故障换电机;电路故障检查接线,修复断线、短路点;信号反馈装置故障先外观检查,再用专业设备测电气参数,与正常值对比判断故障,针对电子元件损坏、电路连接不良、软件程序错误等情况分别处理。(3)轨道电路故障:断线故障沿路径找断线点修复;短路故障清异物、查绝缘装置并修复更换;绝缘不良故障换质量可靠的绝缘材料,严格按工艺施工^[3]。

3.3 现代检修技术应用

科技发展使现代检修技术广泛应用于铁道信号联锁设备检修,提升效率与准确性。(1)微机监测系统,可实时监测记录联锁设备参数,及时发现异常,为故障诊断提供数据,助维修人员预判故障,实现预防性检修。运用时需建立完善数据分析模型,深度挖掘数据,如分析继电器吸起落下时间、轨道电路电压电流波动情况等,同时设置合理预警阈值,及时提醒处理。(2)数据分析法,利用大数据分析设备历史故障与运行数据,总结规律趋势,为制定检修计划提供依据。运用时要收集全面数据,找出故障高发时段、区域和类型,制定预防措施。(3)远程诊断技术,借助网络通信实现远程站点设备故障诊断,维修专家可远程指导现场维修。应用需建立安全可靠通信平台,开发专业诊断软件,实现数据实时采集分析处理及远程操控调试。

4 提升联锁设备可靠性与检修效率的策略

4.1 强化日常维护保养

强化日常维护保养是降低铁道信号联锁设备故障

率、提升运行可靠性的基础。(1)要制定完善细致的日常维护计划,明确维护周期与项目。定期全面深入检查设备,不放过影响性能的细节。如定期清洁继电器接点防氧化,保障信号传输稳定;精准润滑转辙机运动部件,减少磨损、延长寿命;仔细检查轨道电路绝缘性能,确保准确反映轨道占用状态。制定计划时,需考虑设备使用频率和工作环境,高频使用设备如转辙机应缩短周期、增加次数,恶劣环境设备如轨道电路要加强绝缘检查维护。(2)建立完善的设备维护档案十分必要。详细记录维护时间、内容、故障情况等信息,实现全生命周期管理,提前发现潜在问题并预防,保障设备良好运行。档案应电子与纸质结合管理,定期分析总结,为设备更新改造和检修计划制定提供参考。

4.2 技术升级与改造

积极采用新技术、引入新设备对铁道信号联锁设备升级改造,是提升其可靠性与性能的关键。(1)传统继电器联锁设备因机械结构和逻辑处理方式限制,故障率高。升级为计算机联锁设备,可发挥其数据处理与逻辑运算优势,精准把控、快速响应复杂联锁逻辑,降低故障几率,提升系统稳定性。升级时要充分考虑兼容性与安全性,全面评估原有设备,制定合理方案,确保无缝对接,并加强测试验证,保证性能稳定。(2)对转辙机、轨道电路等关键设备改造刻不容缓。选用交流转辙机等新型设备,可减少故障频次;无绝缘轨道电路能增强信号传输稳定性,提升抗干扰能力。改造中要注重技术创新与实际应用结合,关注行业最新动态,引进先进技术设备,并结合实际改进优化,以适应本地铁路运输需求^[4]。

4.3 人员素质提升

检修人员素质关乎铁道信号联锁设备检修的质量与效率,需构建全面培训体系提升其素质。(1)专业培训方面,让检修人员熟悉设备结构、原理及故障处理方法,掌握先进检修技术和仪器操作,以便迅速准确处理

故障。定期技能考核检验学习成果,技术交流活动搭建学习分享平台,激发创新思维与解决实际问题的能力。培训内容要具针对性和实用性,依据不同岗位和技能水平制定个性化方案,如新员工侧重基础知识和技能培训,有经验者着重提升解决复杂故障与创新能力。培训方式应多样化,如理论授课、现场实操、案例分析等。

(2)注重培养检修人员的责任与安全意识。通过安全教育、案例分析等,使其认识检修工作重要性,严格遵循操作规程。组织安全知识竞赛、主题演讲等活动强化意识,建立健全安全管理制度,加强检修过程安全监督与检查,杜绝人为疏忽引发故障扩大或安全事故,保障铁路信号系统稳定运行。

结束语

铁道信号联锁设备作为铁路运输安全保障体系的核心,其可靠性与检修效率至关重要。本文围绕设备概述、故障类型、检修技术及提升策略展开探讨,全面剖析了继电器、转辙机、轨道电路等常见故障及诊断检修方法,并阐述了现代检修技术的应用。为进一步提升设备性能,需强化日常维护保养,建立完善设备维护档案;积极推进技术升级与改造,引入新技术、新设备;同时,构建全面培训体系,提升检修人员专业素质与责任安全意识。通过这些综合措施,确保铁道信号联锁设备稳定运行,为铁路运输安全高效提供坚实保障。

参考文献

- [1]苏旭东.铁道信号联锁设备的故障及处置方式探讨[J].越野世界,2023,18(4):61-63.
- [2]周蒙菲.铁道信号联锁设备的故障诊断[J].市场周刊·理论版.2020(60):0179-0179.
- [3]王伟.铁路信号联锁系统的故障诊断与维修研究[J].铁道信号,2020,32(4):45-50.
- [4]张敏.智能故障诊断技术在铁道信号系统中的应用[J].计算机应用研究,2021,38(5):78-84.