

Fault analysis of railway signal interlocking equipment

Bin Duan

Urumqi Railway Section, China Railway Urumqi Bureau Group Co., LTD., Urumqi, Xinjiang, 830023, China

Abstract

In the context of rapid economic and social development, China's railway transportation has shown a vigorous growth trend. Railway signaling equipment is a crucial component of railway engineering, essential for train entry and exit from stations and punctual operation. It significantly enhances the capacity and efficiency of railway transportation, thus placing high demands on its reliability and stability. However, due to various subjective and objective factors, railway signaling interlocking equipment is prone to errors. Therefore, it is necessary to conduct fault analysis on railway signaling interlocking equipment and explore solutions to ensure its normal and reliable operation, thereby promoting safer and more orderly transportation.

Keywords

railway; signal interlocking equipment; fault; solution measures; analysis

铁路信号联锁设备的故障分析

段斌

中国铁路乌鲁木齐局集团有限公司乌鲁木齐电务段, 中国 · 新疆 乌鲁木齐 830023

摘 要

在经济社会高速发展背景下,我国铁路运输呈现出蓬勃发展态势。铁路信号连锁设备是铁路工程重要的组成部分,是列车进出站、正点运行的关键设备,并且对提高铁路运输能力和运输效率具有意义,因而这就对可靠稳定性提出了较高要求。但现实中由于各种主客观因素导致铁路信号联锁设备难免会出错。因此,就铁路信号联锁设备进行故障分析并探究其解决措施十分必要,以期在保证其正常可靠工作背景下促使运输更安全有序地开展。

关键词

铁路; 信号联锁设备; 故障; 解决措施; 分析

1 引言

铁路运输系统是现代综合交通运输体系重要组成部分,其运行的安全、效率在很大程度上依赖于信号联锁设备的安全稳定可靠,后者通过合理设置联锁关系和联锁方式实现对运行进路进行严格把控,有效避免了冲突、错路及追尾事故的发生,实现列车安全有序调动以及高效运转流畅。同时加之当前我国的交通运输中铁路运输占据主导地位,这使得网规模、线路密度和列车频次不断的增加。在这种背景下要想保证铁路运行安全,就须确保信号联锁设备的正常运行^[1]。但是由于信号联锁设备使用时间长、高强度工作,再加上自然的破坏因素影响不可避免会产生一些故障,继而对铁路列车运行安全带来很大的危害。因此对铁路信号联锁设备的故障解决措施进行探讨,具有重要意义。

【作者简介】段斌(1981-),男,中国河南洛阳人,本科学历,助理工程师,主要从事铁道信号设备专业维修、故障分析与处理。

2 铁路信号联锁设备概述

铁路信号联锁设备是负责对列车运行进路控制以及预防运行冲突的一个重要专门系统,其有电气联锁、计算机联锁和微机联锁等类型,起着对信号机、道岔以及区间闭塞设备实行控制的作用,一方面保证列车根据确定的进路顺序安全的通过车,另一方面铁路信号联锁设备以逻辑条件为基础防止出现由于因道岔位置不正确、信号显示错误等情况引发的列车运行事故。

在整个铁路系统中,信号联锁设备与道岔等其他设备一同发挥作用才能从根本上保证列车运行安全。以道岔设备为例,其作为铁路运输系统中负责进出线路转换的基础设施之一,它的价值是保证列车得以按规定到达和离去,所以要对其操纵与锁闭等环节做到严格把关,以免出现错误进而造成撞岔或者是列车未进入到设定进路的事故。在信号联锁设备工作时,其结合调度指挥中心发送的列车运行计划信号对列车通过岔区时将道岔转换到相应位置并锁闭,如此一来确保列车按照计划线路安全运行。

3 铁路信号联锁设备的故障分析

信号连锁设备是铁路运营中的基本设施，它对于列车运行安全运行发挥着积极作用。由研究及工作实践来看，铁路信号联锁设备常见故障有道岔表示异常、信号机显示异常以及进路建立失败等三方面，导致它们产生的原因各异，具体如下：

3.1 道岔表示异常故障

道岔表示异常指的是信号不能够正确反映出道岔的实际位置状态，造成无法通过联锁设备建立正常进路。结合研究与实践来看，该故障诱因主要是由于道岔转换电机问题造成的，比如道岔转换电机卡滞、电路存在接触不良等问题或者是外界干扰产生探测误差等等^[2]。另外有的地区道岔设备因为经常受到长时间的粉尘或雨雪等外界环境因素作用，致使其长期处于潮湿环境中造成检测装置产生锈蚀或者绝缘不良情况，如此一来势必加大了道岔出现故障的概率。一旦出现了道岔表示异常会直接影响到列车建立正常的进路，同时也会造成列车调度指挥错误或者是进路命令误发等情况发生，这极易引发列车脱轨或是产生冲突的严重影响行车安全以及人员生命健康事故。

3.2 信号机显示异常故障

信号机显示异常故障主要包括灯色显示错误、灭灯、灯光闪烁等情况，造成这些异常的因素在于几点：信号电缆绝缘老化、内部电路板损坏、遭遇雷电打击以及外力破坏等。同时有些车站电缆敷设时间较早，经过较长时间工作后线缆接触头电阻值变大或是雨水侵蚀造成受潮，继而造成信号机显示异常的情况。该故障地出现一方面会致使列车司机受到误导而做出错误的操作判断出现列车临停、反向开行等非正常行车情况，另一方面则会导致列车运行风险增加以及出现运输组织混乱现象，轻则影响铁路整体运输效率以及安全防护水平，重则诱发重大列车运行事故。

3.3 进路建立失败故障

进路建立失败故障是指下发调度命令后，由于信号联锁设备不能根据预定逻辑执行道岔转换和信号开放，列车在这种情况下不能根据计划发车或是通过的现象。从研究与实践来看，该故障诱因在于：联锁逻辑单元故障、道岔设备状态信息错误以及有时人工干预输入了错误的操作步骤等。另外特大型枢纽站或者复杂性编组站等区域由于线路排列密集交错，在该情况下若某一时刻进路条件太多的话，进路判定逻辑将十分繁杂，此时出现建立失败故障概率也会大大增加。进路建立失败直接影响了列车的运行图安排，容易出现大批量列车晚点，给铁路枢纽正常的行车作业秩序及运力发挥造成十分严重的影响。

4 铁路信号联锁设备的故障解决措施

4.1 道岔表示异常的解决措施

道岔表示异常故障解决核心在于，要从系统化、规范

化的角度出发采取相关技术与措施保证设备正常工作。一是细化日常维护保养工作，严格落实维保方案有计划地针对道岔转换电机机构内的电动机、齿轮箱和锁闭装置等部件进行油润、紧固、磨损检查，同时需注意使用高性能润滑脂；道岔各机械连接处实施力矩管理，以避免出现机械卡滞造成转换动作受阻，甚至无法完成。二是道岔探测回路日常维护上，应该按照维保周期开展对绝缘电阻、接触电阻的测试，具体操作上分别使用兆欧表及微欧计进行探测轨面、连接端子、传感元件等点位的检测。若在上述检测中发现绝缘值小于 $5M\Omega$ 或者接触电阻大于最大规定值，须立即对其进行氧化接触点清洗或者更换相应零部件。三是环境因素影响解决上，一方面针对有环境腐蚀隐患的线路可以选择密封型探测器，同时传感电缆要选择双层屏蔽并带有加强护套结构的防水防尘材质。另一方面则要在探测器、接线端子箱外壳增加一层耐候性的防水防尘罩体，且在内部加装排水结构防止因积水出现短路情况。四是故障检测机定位上，维护人员须借助便携式多功能信号测试仪对探测信号的幅值、波形和稳定性等特征参数予以检测，随后通过对比分析测得的数据和标准波形，从而快速准确地判明故障类型与位置^[3]。五是为进一步提高道岔设备可靠性可采取双重探测冗余设计实现道岔探测逻辑结构优化，这样一来即便主探测回路失效，设备也可以自行切换到备品回路。同时对冗余切换逻辑需要设置防抖动时间和异常确认延时，以防误切换和逻辑震荡。六是还需要加强道岔表示和转换电机动作的校核，当发现探测状态与道岔的位置指令有不一致时，必须及时报告故障，并且切断所有的联锁流程输出，以免发生误引导的风险。

4.2 信号机显示异常的解决措施

在铁路信号联锁设备存在的信号机显示异常故障，其解决措施涉及以下几方面：一是建立分类分级的电缆维护和检修机制，并结合电缆敷设年限、工作环境以及历史故障情况科学制定维保周期。比如针对年限大于 10 年以上的信号电缆要采用红外热成像检测技术进行局部过热隐患的检测，在检测过程中还要利用交流阻抗谱分析法测定电缆的绝缘老化情况，当判断需要更换电缆时还需要进行直流耐压试验来确认。确定需要更换新电缆后，可选择耐高温（ $>90^{\circ}\text{C}$ ）、防油污、防紫外线以及抗化学腐蚀的新型低烟无卤材料所制电缆，同时通过三层护套来提高电缆自身整体的机械强度和适应性。二是基于规避雷击与感应过高电压导致信号机显示异常问题，可选择 IEC61643 标准的电源型和信号型浪涌保护器，且确保它们与信号机电源的最大持续工作电压、通流容量参数匹配，随后分别加装至信号机电源输入端与通信信号接口端。此外接地系统设置上采用镀锌钢材质并且按照规范布线，使接地电阻一直保持在小于 1Ω 范围内，在后期维保中定期用三极法接地电阻测试仪进行测量^[4]。三是为了解决信号机光源性能衰减的问题，需要每半年使用高精度亮度计测量信号机各角度下光源的亮度值，即分别在

垂直方向上 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 的不同观测角下测量其有效发光强度。一旦出现实测亮度值低于出厂规定值 80% 的情况,则应及时更换相应的光源模块,并做好更换单元之后的检查工作和灯具通电调整工作,从而确保信号机显示达到铁路信号灯具相关要求。四是车站重要区域或枢纽区段等配备上备用信号机,以备不时之需。同时备用信号机型号、参数等要和主设备完全一致,还需定时给备用设备通电进行功能切换,这样可以做到当主机出现故障的时候迅速更换上并工作,这样就可以尽量降低列车运行影响。

4.3 进路建立失败的解决措施

针对铁路信号联锁设备进路建立失败故障的解决措施主要有以下五方面:一是成立专项技术小组,并由其完成现有联锁表及逻辑配置文件全面梳理工作。需特别注意对于大型编组站及道岔密集区段为重点对象,依据现场实际运营需求和作业流程对进路设点逻辑、模块化、多层递阶条件触发设计思路予以改进,重点在于一方面尽量简化系统判断逻辑,减少信号联锁条件之间相互关联的影响程度。另一方面则增加相应的进路预先设置以及条件清除的功能来避免出现系统逻辑死锁或者进路建立条件重复的情况造成无法建立进路。二是制定道岔设备集中检验计划,每季度定期开展联动测试,利用多功能道岔检测仪采集转换电动机动作响应、锁闭状态、反馈信号的历史工况,经对比分析若发现偏差超限、反馈异常等情况后,及时调整相应执行机构参数并更新道岔限位值,并对该类存在潜在故障隐患的道岔进行跟踪检查与分等级处理。三是联锁主机及重要逻辑部分,每半年进行一次完整性的验证,该项工作内容涉及:逻辑流程核对、信号关系核对以及冗余系统切换测试三方面。验证时借助于双机热备冗余测试平台进行主备逻辑实时同步比较,在单元故障、切换条件满足时,测试响应时间是否符合要求、数据

是否一致,并在回切操作时进行试验,保证故障后系统能够顺利切换到无故障状态。四是加强值班员、调度员标准化作业培训。以最新版信号联锁设备操作规范为核基础,编写进路请求、确认、作废作业指导书,同时再利用仿真推演平台开展定期现场实操考核,严格按照请求→确认→验证三级程序执行,严禁误操作发生进路异常^[9]。五是信号联锁设备设置多级预警模块,根据超时未建成、条件不符、系统异常等类别设置不同等级报警,建立多终端实时推送和日志记录功能,方便运维人员根据报警种类与频次快速准确定位故障点,并对症下药制定针对性恢复措施,有效压缩故障恢复时间和进路中断周期。

5 结语

综上所述,铁路信号联锁设备是一项负责列车运行安全和效率的重要手段,它的稳定与可靠是保证整个运输正常开展的基础和前提。因而这就需要全面分析信号联锁设备常见故障,并制定出针对性措施予以解决,从而在切实减少故障出现几率情况下保证铁路列车运行安全与高效调度。

参考文献

- [1] 王韬.铁路信号联锁设备的故障诊断探讨[J].工程建设与设计,2025(2).
- [2] 陈芳超.浅谈铁路信号联锁系统的发展和故障分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2023(011):000.
- [3] 刘耀军.铁路信号微机联锁系统常见故障及解决方案[J].2023(5):567-569.
- [4] 张勇.铁路车站信号联锁试验模拟装置系统设计研究[J].交通科技与管理,2024.
- [5] 冯俊轩.铁路信号计算机联锁设备维护与管理[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2023(3):4.