

Analysis of common problems in the fault diagnosis of railway signal equipment

Jianjun Kang

National Energy Group Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Yuanping Branch, Xinzhou, Shanxi, 034100, China

Abstract

Railway signaling equipment can promote the safe and efficient operation of railway transportation, and the expansion of railway network makes the types and complexity of signaling equipment increase. These equipment in the high frequency, long time operation process will inevitably appear a variety of faults. Once the fault occurs, it will directly affect the normal operation of the train, and even cause safety accidents. Therefore, timely and accurate signal equipment fault diagnosis is an important task in railway operation and management. In the actual diagnosis process, the equipment system is complex, fault types, many problems will appear. Analysis of these common problems can help to improve the efficiency of fault diagnosis and provide a scientific basis for the subsequent maintenance of the equipment. This paper mainly studies the practical significance of strengthening the fault diagnosis of the railway signal equipment, and then analyzes the common problems in the railway signal equipment fault diagnosis, and finally discusses the countermeasures.

Keywords

railway signal equipment; fault diagnosis; common problems

铁路信号设备故障诊断中常见问题分析

亢建军

国能集团朔黄铁路发展有限公司原平分公司, 中国·山西 忻州 034100

摘要

铁路信号设备可以促进铁路运输安全与高效运行, 铁路网络的扩展让信号设备的种类和复杂性也在增加。这些设备在高频次、长时间的运行过程中难免会出现各种故障。故障一旦发生, 就会直接影响列车的正常运行, 甚至引发安全事故。因此及时、准确地进行信号设备故障诊断是铁路运营管理中的重要任务。在实际诊断过程中, 设备系统复杂、故障类型多样, 会出现很多问题。对这些常见问题进行分析, 可以帮助提升故障诊断的效率, 为设备的后续维护提供科学依据。本文主要研究了加强铁路信号设备故障诊断的现实意义, 然后分析了铁路信号设备故障诊断中的常见问题, 最后探讨了对策。

关键词

铁路信号设备; 故障诊断; 常见问题

1 引言

铁路网络的扩展与设备的逐步老化, 信号设备故障频发成为影响铁路运行安全的关键因素, 铁路信号设备故障诊断作为维护管理的一部分, 要求具备精确的故障检测技术, 还要对设备的运行原理和故障模式有了解。现阶段, 虽然铁路信号设备的技术水平已有了提升, 但环境因素、设备老化以及人为操作因素的干扰, 依旧存在多种故障问题需要诊断和及时处理。因此, 只有对铁路信号设备故障诊断中常见问题的分析才能发现潜在隐患。

2 加强铁路信号设备故障诊断的现实意义

2.1 保障铁路运输安全

信号系统的主要功能是让列车按照规定的路线、速度和时刻运行并提供实时的安全警示, 防止列车间发生碰撞。若信号设备出现故障, 容易出现列车信号失效、误操作或信号延误, 进而造成列车的碰撞、追尾等严重事故, 甚至危及乘客生命安全。因此加强铁路信号设备的故障诊断, 对于及时发现潜在故障和故障隐患、避免由于设备失灵而引发的事件具有很现实的意义。当信号设备发生故障时, 特别是当铁路运营调度中心无法及时获得正确的信号信息, 从而让调度失误或交通流动混乱, 就会增加了操作的风险, 还容易出现大规模的运输事故。加强对信号设备的故障诊断, 就能在故障发生初期便作出响应, 进行快速修复, 让信号系统恢复正常运行^[1]。

【作者简介】亢建军(1983-), 男, 中国山西忻州人, 本科, 助理工程师, 从事铁路信号研究。

2.2 提高铁路运输效率

铁路运输的高效运行依赖于精确的信号指示，尤其是在现代高速铁路和城市轨道交通中，任何一个信号故障都会造成线路的拥堵和大规模的时间浪费。加强铁路信号设备故障诊断，可以通过早期识别和准确定位故障源减少不必要的停运时间，提高列车的运行效率。同时结合实时监测和故障预警，铁路运营方可以采取预防性措施来减少设备发生故障的频率，从而最大限度地提升铁路运输系统的运行效率。

2.3 降低运营成本

加强故障诊断系统可以减少设备故障的发生，在故障初期就采取针对性措施，避免问题恶化，降低后期的维修成本。而且故障诊断技术的完善也可以提高设备的使用寿命，防止出现频繁更换设备或大规模修复的问题，这对于大规模铁路网的维护管理尤其重要，可以在保证铁路安全运行的前提下最大限度地降低整体运营成本。

3 铁路信号设备故障诊断中常见问题

3.1 道岔故障问题分析

在铁路运输系统中，任何道岔故障都容易导致列车偏离轨道或发生事故，因此道岔故障被视为铁路安全中的重要隐患。道岔的故障类型多种多样，主要表现为道岔转换失败、道岔位置不正确、道岔故障报警问题。造成道岔故障的原因繁多，其中机械性故障是导致道岔问题的一个常见原因，道岔的结构包括转辙机、杆件、道岔尖轨、基本轨、道岔夹板，这些部件在长期的使用过程中容易因磨损、松动或变形而影响道岔的正常转换，道岔的尖轨或基本轨出现卡滞或损坏会让道岔无法正常转换，列车无法顺利通过，从而引发行车事故。道岔密贴不良或者损坏也会影响道岔的表示，让道岔失去表示或表示错误，造成信号错误或运输事故。同时，道岔的操作是通过电气信号控制的，其中的部件在长期使用中会因为电力系统的电压波动、电线接触不良、接点组接头氧化的问题，让道岔的电气控制失效，当道岔的控制信号无法传递或者传递错误时，会让道岔失表或位置错误，造成列车的行驶偏离预定轨道。道岔故障的频繁发生不仅影响列车的正常运行，也对铁路信号系统的稳定性带来很大挑战^[1]。

3.2 轨道电路故障问题分析

在轨道电路中，列车通过安装在车头的机车信号双路接收线圈感应轨道电路形成的电流回路，来接受信号码型，并通过轮对的分路，来反映列车的运行。当轨道电路出现故障或机车接受线圈感应不良时，会出现机车无法正常接收到码型或轨道红光带故障。轨道电路故障一般是因为设备故障、继电器接触不良、电缆短断路、开路、混线、绝缘接头阻值不良、接续线、引接线搭接不良、道床漏泄等原因导致的，从而影响信号的传递，最终就会让列车的定位和信号灯的显示受到不良影响。其中站内胶结绝缘阻值不良、轨头掉块封连是引起轨道红光带的常见原因。而区间轨道电路补偿

电容故障是导致区间电压波动、下降的主要原因。特别是冬天，上行正线弯道的电容因受到轮对的纵向冲击力大，同时天气变冷后电容塞钉头机械弹性减弱，再加上三万吨列车长期碾压电容塞钉头疲劳度增加，多重原因的叠加就导致补偿电容塞钉头极易损伤。因此对正线弯道上的电容要按周期进行更换，减少非天窗上道频次。

3.3 信号机故障问题分析

信号机由主副灯泡、反光镜、透镜、调节装置、点灯变压器等设备组成。设备故障、电缆断线、混线及透镜脏污、机构位置不方正均会导致信号机故障及信号显示不良，其中灯泡断丝是发生频次最多的设备故障，尤其是在极端天气条件下，信号机的灯泡因潮湿、气温变化极易导致灯泡断丝灭灯，因此按检修周期更换灯泡能极大避免非天窗处理灯泡断丝问题，也是对员工人身安全的保障。同时信号机的反光镜和透镜要是脏污或受损也会影响信号的可视性，让列车司机无法清楚地看到信号指示，进而引发交通事故。

4 铁路信号设备故障诊断方法

4.1 应用专家诊断法

专家诊断法主要是利用专家诊断系统通过对微机监测的数据进行分析、判断来完成诊断的一个过程。首先专家诊断的核心是准确性，因此要先建立一个故障诊断的数据库，数据库是专家诊断的核心，这个数据库由多个部分组成。要构建这个数据库，首先要广泛收集铁路信号设备的历史故障数据、维修记录和操作日志，这些数据为专家提供诊断的背景信息。在实际应用中，铁路信号设备涉及的系统和设备种类繁多，每一种设备都有其独特的工作机制和出现的故障模式。因此专家诊断系统要涵盖多方面的知识，结合电气工程、机械工程、信号通信等学科的专业知识来为后续诊断提供全面的支持。在故障诊断过程中，专家诊断系统的第一步是对故障症状进行识别，这一阶段的关键是对铁路信号设备的实时监测数据和报警信息进行收集整理，精准判断设备出现的异常情况，铁路信号设备的故障表现为信号灯不亮、道岔无法正常转换、轨道电路红光带的形式，这些故障表现的症状较为复杂，借助现代化的监控设备与信息传输系统，就能让故障诊断系统快速收集到设备的运行数据，专家诊断系统要对这些数据进行初步筛选，辨识出是否存在故障现象，且根据故障的不同表现归类到的故障类型中。当信号机故障时会出现信号灯闪烁或不亮的情况，此时诊断系统会检查信号机的电气系统是否通电、是否存在电压不稳定的问题，进而判断是否为电气故障，要是道岔出现问题，表现为道岔无法准确转换，此时要分析道岔的电流、电压、继电器的状态，以便判断是机械故障还是电气故障，因此在故障症状识别阶段，专家诊断法需要做好筛选分类，帮助确定故障发生的大致范围，并为后续的诊断提供线索。在症状识别后，专家系统会利用预设的规则与专家经验进行逻辑推理，缩小故障原

因的范围,并最终定位到具体的故障原因,这个阶段需要使用专家系统的推理算法,专家系统根据历史数据建立一定的模式识别算法,以此来预测故障趋势,比如在轨道电路的故障诊断中,专家系统会基于对过往电路故障模式的学习分析当前轨道电路的工作状态,预测出现的接触不良、短路或断电问题^[1]。

4.2 人工经验诊断法

在进行故障症状的初步识别和分析工作时,要注意对设备故障症状的观察和初步排查,借助诊断人员丰富的操作经验快速判断故障的性质和根源,铁路信号设备种类繁多,任何一个环节的故障都引发整个系统的故障,因此技术人员要通过对设备的外观、声音、运行状态方面的细节做好分析,形成一个初步的故障诊断判断,人工经验诊断法依赖于诊断人员对铁路信号设备的了解以及对设备常见故障症状和表现的记忆。信号机故障时,技术人员会检查信号灯是否熄火或闪烁,并通过这种明显的症状与经验中积累的常见故障模式进行对照,道岔的故障表现在无法正常切换,技术人员会结合观察道岔的转换位置、表示缺口、电机、电路和继电器状态来判断是机械故障还是电气故障,是道岔无法解锁还是中途卡阻或无法锁闭,是表示卡口还是电路故障。在这一过程中,诊断人员能够快速识别出哪些故障症状是常见的、哪类设备故障模式通常会导致类似的表现。在初步诊断阶段,技术人员结合对症状和设备表现进行初步判断,然后进入故障原因推测,人工经验诊断法中的这一步骤强调根据诊断人员的实际经验推测的故障原因,并利用多次验证逐步缩小故障的范围,与其他自动化诊断方法不同,人工经验诊断法强调技术人员的判断和直觉,每一位技术人员在长期的工作中都会积累大量的经验并形成特定的“故障模式库”,即他们通过多次接触相似故障记住哪些症状和故障模式经常发生在一起,比如某次故障表现为信号机灯光暗淡,技术人员通过经验推测这是电源电压不足或信号线路老化所导致,要是设备曾经出现过类似的情况,技术人员会更倾向于认为这次故障也是由类似原因引起的,此时技术人员会通过更进一步的检查来验证自己的推测,只要验证结果与推测一致,技术人员就能快速锁定故障原因。

4.3 模糊逻辑诊断分析法

铁路信号设备由多个独立而又相互关联的系统组成,

每个系统都出现不同类型的故障,且这些故障的表现往往不是单一的,而是模糊的、不确定的。应用模糊逻辑诊断分析法时首先要做好故障症状的模糊化,铁路信号设备的故障表现是模糊的,不同的故障类型呈现出类似的故障,而同一类型的故障在不同的工作环境和条件下也有不同的表现,这种模糊性会让二值逻辑诊断方法无法快速解决问题。在模糊逻辑诊断分析法中,技术人员将设备的故障症状转化为模糊值来建立模糊集合,这就可以为后续的分析提供基础。具体来说,铁路信号设备的故障症状都可以通过模糊化处理转化为模糊集合中的元素,例如信号灯的亮度呈现出不同的程度,可以根据实际情况将亮度分为“正常”“略微偏低”“明显偏低”不同的模糊等级。在轨道电路中,电流的强度存在波动,也能根据电流强度的变化将其划分为“高”“中”“低”模糊等级。结合将这些症状进行模糊化处理,让系统将各种模糊的症状转化为可以处理的数据,进入后续的推理分析阶段。模糊化的核心是确定适当的模糊集和隶属函数,隶属函数用于衡量每个症状在某个模糊集合中的隶属度,即该症状在某一模糊类别中的归属程度,以信号灯的亮度为例,隶属函数可以定义为从“完全正常”到“完全暗淡”的连续区间,做好对这些隶属函数的划定,就能将信号灯的亮度精确地映射到一个模糊值,结合模糊化处理,让铁路信号设备的各种症状和状态可以被量化成模糊值。

5 结语

综上所述,尽管现代铁路信号设备技术进步,但设备复杂性和故障类型的多样性,故障诊断仍存在很多问题需要解决,注意对常见问题的分析,帮助技术人员识别和定位故障原因,进而提高故障处理的速度,同时智能化和自动化技术的不断发展,未来铁路信号设备的故障诊断方法将更加高效。注意完善故障诊断体系,推动技术创新和优化管理,铁路系统的安全性、稳定性和运营效率将得到进一步提升。

参考文献

- [1] 张宇航.铁路信号设备故障诊断方法研究[J].长江信息通信,2023,36(02):86-87+90.
- [2] 张丽娜.铁路信号设备故障诊断方法研究[J].设备管理与维修,2022,(18):104-105.
- [3] 王天鸣,王剑生,景渊.信号设备智能故障诊断和健康管理系统的[J].运输经理世界,2022,(24):75-77.