

铁路信号微机监测智能分析与故障处理

宋国强

中国铁路总公司哈尔滨局集团有限公司海拉尔电务段, 中国·内蒙古 呼伦贝尔 021000

摘要: 铁路信号微机监测系统能够实时采集道岔, 轨道电路, 联锁设备等关键参数, 为设备状态分析与故障处理提供依据。本文结合哈尔滨铁路局普速线路信号设备维修实际, 以铁科研信号集中监测系统为平台, 针对 ZYJ7 型液压道岔, ZD9 型电动道岔, ZPW-2000R 自动闭塞及卡斯柯 iLOCK 计算机联锁设备, 分析监测曲线的典型异常形态与设备隐患之间的对应关系, 归纳通过回放, 比对和趋势分析快速确定故障范围的方法。实践表明, 将微机监测数据与设备动作特性, 环境条件相结合, 能够在故障发生前识别部分隐患, 并在故障后缩短延时, 提高维修针对性。

关键词: 铁路信号; 微机监测; 曲线分析; 道岔; 故障处理

Intelligent analysis and fault treatment of railway signal microcomputer monitoring

Song Guoqiang

China Railway Corporation Harbin Bureau Group Co., Ltd., Hailar Signal Department, China Inner Mongolia Hulun Buir 021000

Abstract: The railway signal microcomputer monitoring system can collect key parameters such as turnout, track circuit and interlocking equipment in real time, and provide the basis for equipment condition analysis and fault handling. In this paper, combined with the actual maintenance of the signal equipment of the general speed line of Harbin Railway Bureau, based on the centralized monitoring system of iron scientific research signal, the ZYJ7 hydraulic turnout, ZD9 electric turnout, ZPW-2000 R automatic block and Casco iLOCK computer interlocking equipment are analyzed. The corresponding relationship between the typical abnormal shape of the monitoring curve and the hidden danger of the equipment is summarized, and the method of quickly determining the fault range through playback, comparison and trend analysis is summarized. The practice shows that the combination of computer monitoring data with equipment action characteristics and environmental conditions can identify some hidden dangers before the fault occurs, shorten the delay after the fault, and improve the maintenance pertinence.

Keywords: Railway signal; Microcomputer monitoring; Curve analysis; Turnout; Fault handling

0 引言

哈尔滨铁路局管内普速线路数量多, 分布广, 部分区段昼夜温差大, 冬季低温持续时间长。信号设备工作环境复杂, 机械与电气特性受温度, 湿度影响明显。近年来, 随着信号集中监测系统逐步覆盖主要车站和区间设备, 维修方式由单纯周期修向状态修转变, 微机监测数据已成为日常分析的重要依据。

在日常维修中, 作业人员通过铁科研信号集中监测系统, 可以调阅道岔动作电流曲线, 轨道电路受电端电压曲线, 电源对地参数以及联锁设备维护诊断信息。故障发生时, 先通过监测数据判断异常范围, 再有针对性地携带工具材料赶赴现场, 能够明显减少盲目检查^[1]。本文从现场应用角度, 梳理微机监测智能分析与故障处理的基本方法, 并结合典型案例加以说明。

1 监测系统构成与数据特点

铁科研信号集中监测系统采用“站机采集—车间/段

级分析终端”的结构。站机对信号设备的模拟量和开关量进行连续或触发采集, 模拟量主要包括道岔动作电流, 表示电压, 轨道电路受电端电压, 电缆对地绝缘, 电源屏输出电压等。开关量则包括继电器状态, 控制台表示, 熔丝报警等^[2]。卡斯柯 iLOCK 联锁系统的维护台能够记录板卡工作状态, 通信状态和双系切换信息, 部分内容可通过接口传至监测系统。

监测数据具有时间连续, 参数关联, 环境敏感等特点。例如, 道岔动作电流曲线不仅反映电机负载, 还受到滑板润滑, 液压油状态, 锁闭力调整等因素影响。ZPW-2000R 轨道电路的主轨出, 小轨出电压受补偿电容, 调谐单元, 电缆绝缘和道床漏泄共同作用。因此, 分析时不能只看单点越限, 应结合曲线形态, 历史变化和相邻设备数据进行综合判断。

2 道岔动作曲线分析

道岔是普速线路故障率较高的设备。哈尔滨局管内主

要使用 ZYJ7 型液压道岔和 ZD9 型电动道岔。监测系统通常以 1DQJ 吸起为触发条件,记录道岔转换过程中的三相动作电流和动作时间。

2.1 ZYJ7 液压道岔

ZYJ7 动作电流曲线可分为启动,转换,锁闭和表示四个阶段。正常情况下,启动瞬间电流出现一个短时尖峰,随后进入平稳转换阶段,动作电流一般维持在 1.8 A 左右,接近锁闭时因油缸压力升高,电流略有上升,最后切断动作电路,电流归零。冬季液压油黏度增大,转换阻力升高,电流可较夏季上浮 0.1~0.2A,道岔功率曲线也上浮 0.1KW 左右,动作时间延长 0.5~1.0 s,属于正常的温度性变化。

异常形态中,如果曲线中段出现周期性波动,往往与电机电枢绕组或油泵排油不畅有关。如果三相电流不平衡持续时间超过 1 s,应检查电源缺相或断相保护器。如果动作末期电流明显升高并伴随曲线尖峰,常提示锁闭铁缺油,锁闭力过大或密贴调整过紧。如果道岔动作完成后表示电压长时间不能给出,则需重点检查表示电路接点及继电器。

2.2 ZD9 电动道岔

ZD9 动作电流曲线同样具有启动峰值,平稳转换,锁闭增大,电流归零的过程。与液压道岔不同,ZD9 的机械传动为滚珠丝杠和减速器,负载特性较为平稳。若曲线在转换阶段出现不规则尖刺,多为电机碳刷接触不良或减速器内部有卡阻。若动作时间逐步延长而电流变化不大,应检查摩擦联接器是否因锈蚀或调整不当发生打滑。若某一相电流持续为零,多为电源缺相或转辙机内部断线。

3 ZPW-2000R 自动闭塞监测分析

ZPW-2000R 无绝缘轨道电路在普铁区间应用较多。监测系统采集发送器功出电压,电流,接收器主轨出,小轨出电压,以及电缆模拟网络参数。主轨出电压反映本区段轨道电路工作状态,小轨出电压则用于调谐区状态判断。

主轨出电压缓慢下降是常见异常。若下降幅度在 5% 以内且随温度变化,多为道床漏泄和轨面条件变化。若下降超过 10% 且不可恢复,应重点检查补偿电容是否开路或容量衰减,受端电缆绝缘是否下降,调谐单元内部元件是否老化。小轨出电压突变往往与调谐区断线,空心线圈故障或相邻区段发送电平改变有关。实际分析中,可以将相邻三个区段的主轨出,小轨出曲线叠加,判断故障是区段自身问题还是邻区段影响。

自动闭塞故障定位时,监测数据的优势在于能够区分室内外。若发送功出电压正常而受端主轨出明显偏低,故障多在室外电缆,钢轨或轨道连接线。若发送功出电压自

身异常,则先检查室内发送器,电源及模拟网络盘^[3]。

4 联锁设备监测信息的利用

卡斯柯 iLOCK 联锁系统具有较完善的维护诊断功能。当联锁机发生双系切换,通信中断,采集或驱动通道故障时,维护台会记录具体板卡,通道号和发生时间。与室外设备故障不同,联锁类故障往往表现为瞬间出现,范围较大,例如多个道岔表示同时丢失,某一咽喉采集信息错误等。此时应优先查看联锁维护记录,判断是单板故障还是电源故障,避免盲目检查室外设备。

微机监测系统与联锁维护记录配合使用,可以提高复杂故障的分析效率。例如,某站发生多组道岔同时失去表示,监测显示该咽喉表示电源电压为零,而联锁维护台无对应板卡报警,据此将故障范围缩小至表示电源输出端至分线盘之间,检查后确认为熔断器接触不良。

5 故障快速定位方法

结合现场经验,利用微机监测数据进行故障处理可按照由数据到现场的顺序展开。故障发生后,首先根据报警类型和发生时刻调取相关设备的模拟量与开关量曲线。报警类型直接决定调阅重点。道岔无表示报警应优先查看该道岔动作电流及表示电压曲线。轨道电路红光带应调阅发送功出,受端主轨出和小轨出电压。电源对地报警则需查看对应电源屏输出及电缆绝缘测试记录。同时准确记录报警发生时刻,截取前后各数分钟完整曲线,以便观察异常是瞬时出现还是逐步发展。

在获得基础曲线后,需判断异常参数属于电流型,电压型还是状态型,并据此初步划分室内外范围。道岔动作电流异常属于电流型。若电流缺失通常指向室内控制电路或电源缺相,若电流存在但偏高或波动则多为室外机械负载或电机问题。轨道电路受电端电压异常属于电压型,发送功出正常而受端电压偏低时,故障点多在室外电缆,钢轨及轨道连接线。表示继电器状态异常属于状态型,应结合联锁采集和驱动信息区分继电电路问题与采集通道异常。随后,将当前曲线与历史同期曲线或相邻同类设备曲线进行比对,排除温度,湿度等共因影响。同一设备在不同季节的正常范围不同,相邻同类设备在同一时刻的变化趋势可以提示该异常属于个性问题还是区域共性问题。例如多组道岔同时出现动作电流上升,多为气温骤降导致液压油黏度增大或滑床板结冰,不应按单个设备故障处理^[4]。

在完成上述分析后,需结合设备电路原理和动作逻辑,将异常参数与电气特性和动作时序相对应,从而把故障范围从某一回路进一步压缩至具体元器件或连接部位,再携带必要工具和备品赴现场复核处理。该方法的核心在

于“先看数据，后跑现场”，监测数据虽不能完全代替现场检查，但能显著缩小检查范围。尤其对于区间设备，交通不便，沿线检查耗时长，若在室内已判断出故障大致部位，可大幅减少现场工作量。例如区间轨道电路红光带，若通过监测确认发送功出正常而受端电压近似为零，便可初步判定断点在室外，携带轨道连接线，电缆接头和测试仪表前往相应区段，避免沿线路步行盲目查找。

6 典型案例

6.1 ZYJ7 道岔锁闭电流偏高

某站一组 ZYJ7 道岔在监测回放中发现动作功率曲线由 0.35 升至 .056KW，且曲线尾部出现明显尖峰，持续时间约 0.8 s。该道岔此前曾因密贴调整过紧造成表示缺口变化。分析后认为属机械负载增大，优先检查锁闭铁和密贴。现场检查发现锁闭铁表面缺油，锁闭力偏大，处理后曲线恢复正常。该隐患若继续发展，可能导致道岔动作中途停止或锁闭困难。

6.2 ZPW-2000R 主轨出电压下降

某区间一个区段主轨出电压由 540 mV 逐渐下降至 475 mV，小轨出电压基本不变。调阅一周曲线发现每日夜间断下降明显，白天略有回升。该变化特征与道床漏泄关系不大，更符合电缆绝缘受潮或补偿电容容量变化。现场测试发现该区段一处补偿电容引线断裂，更换后主轨出恢复至正常范围。由于提前发现并处理，避免了区段闪红影响行车。

7 智能分析的实践体会与改进方向

现有监测系统在参数越限报警，曲线回放和日报统计方面发挥了重要作用，但智能分析仍有一定局限。一是阈值报警较为固定，冬夏温差大的地区容易出现季节性误报。哈尔滨局管内冬季最低气温可达 -35°C 以下，夏季最高气温超过 35°C ，同一组道岔的动作电流在不同季节相差可达 $0.6\sim 0.8\text{ A}$ ，固定阈值很难同时适应两种极端条件，经常出现冬季大量报警而夏季部分隐患漏报的情况。二是多数分析依赖人工经验，多参数之间的关联分析不足，例如道岔动作功率曲线异常与液压油状态，滑床板润滑，密贴力调整之间缺乏自动关联判断，仍然需要经验丰富的技术人员逐条回放才能发现隐含问题。三是部分设备仅有状态量，缺少连续模拟量，难以进行趋势预测，如普通继电器接点状态，电源屏部分模块只有开关量，发生异常时往往已经形成故障，无法提前捕捉劣化过程。针对上述问题，笔者在日常工作中逐步摸索出一套基于环境参数修正的分析方法。具体做法是。选取同一组道岔近三年的动作电

流，动作时间和对应时刻的环境温度，按照温度区间进行分组统计，例如将 -30°C 以下， $-20\sim -10^{\circ}\text{C}$ ， $-10\sim 0^{\circ}\text{C}$ ， $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 等区间分别计算动作电流的均值和标准差，形成该组道岔在不同温度条件下的正常范围。调阅新曲线时，先判断当时温度所属区间，再将实际动作电流与该区间正常范围比对。超出正常范围时，即使未达到系统固定报警值，也纳入重点跟踪，安排现场检查。例如某年 1 月，一组 ZD9 道岔在 -25°C 时动作电流达到 1.6 A，系统未触发固定报警，但该温度区间历史正常上限为 1.4 A，经现场检查发现滑床板积雪结冰，清扫并涂油后电流恢复至 1.0 A。若不采用温度分区比对，该隐患很可能被忽略。对于轨道电路，则结合天气记录分析电压变化。降雨或降雪后主轨出电压下降，若天气转好且道床排水后电压逐步回升，可判断为临时性道床漏泄变化。若连续多日无降水且轨面干燥，电压仍持续偏低，则需重点检查补偿电容，电缆绝缘或调谐单元。通过区分环境因素与设备性能劣化，减少了不必要的现场作业，也提高了发现真实隐患的概率。

8 结语

铁路信号微机监测智能分析是普速线路设备维修的重要手段。本文结合哈尔滨局现场实际，分析了 ZYJ7，ZD9 道岔和 ZPW-2000R 自动闭塞的典型曲线特征，总结了利用监测数据快速定位故障的方法。实践表明，重视曲线回放和趋势比较，能够有效发现设备早期异常，减少故障发生。故障发生后，先依据监测数据判断范围，再针对性进行现场处理，可以缩短维修时间。信号维修人员应在掌握电路原理和机械特性的基础上，不断提升对监测数据的解读能力，提高设备维护质量。

参考文献：

- [1] 中国铁路总公司. 普速铁路信号维护规则：技术标准[S]. 北京：中国铁道出版社，2015.
- [2] 靳俊. 铁路信号集中监测系统[M]. 北京：中国铁道出版社，2025.
- [3] 中华人民共和国国家铁路局. 铁路车站计算机联锁技术条件 TB/T 3027—2015 [S]. 北京：中国铁道出版社，2016.
- [4] 杨晓锋，李智宇，刘传华. ZPW-2000A 型轨道电路工程设计与施工[M]. 北京：中国铁道出版社，2021.

作者简介：宋国强（1984.12-），男，汉族，辽宁凤城人，本科，工程师，研究方向：主要从事铁道信号专业，普铁线路信号设备维修与故障处理研究。