

轨道电路故障监测曲线分析处理

刘立杨

国能朔黄铁路发展有限责任公司肃宁分公司 河北 沧州 062350

摘要: 本文深入探讨了轨道电路故障监测曲线分析处理的重要性,详细阐述了轨道电路的基本工作原理、常见故障类型及监测曲线分析方法。通过实际案例分析,展示了如何利用监测曲线快速定位故障点,并提出了提高监测准确性的建议。文章强调了加强设备维护、提升监测技术、完善故障处理流程等措施,以保障铁路信号系统的稳定运行。

关键词: 轨道电路;故障监测;曲线分析;故障处理

1 引言

随着铁路交通的快速发展,轨道电路作为铁路信号系统的核心组成部分,其稳定性和可靠性直接关系到铁路运输的安全和效率。轨道电路故障监测曲线分析处理是保障轨道电路正常运行的关键环节,通过对监测曲线的精准分析,能够及时发现潜在故障,迅速定位故障点,并采取有效措施进行修复,从而确保铁路信号系统的稳定运行。

2 轨道电路的基本工作原理

2.1 轨道电路的定义与构成

轨道电路是以铁路线路的两根钢轨作为导体,两端加以电气绝缘或电气分割,并接上送电和受电设备构成的电路。它主要由送电端、受电端、钢轨、钢轨绝缘、钢轨引接线、钢轨回流线、接续线、绝缘节等部分组成。

2.2 轨道电路的工作状态

2.2.1 调整状态。当轨道电路空闲(无车占用)且设备完好时,处于调整状态。此时,轨道电路的发送设备沿钢轨线路向轨道接收设备发送能量,接收设备必须保证可靠工作。对于轨道继电器来说,它从钢轨上接收到的电流值在一定范围内越大,工作就越可靠。但这个电流值会受到钢轨阻抗、道碴电阻、电源电压等因素的影响。

2.2.2 分路状态。当列车占用轨道时,轨道电路处于分路状态。列车在轨条之间形成的电阻可以看成是短路作用,此时轨道电路的接收设备应处于不工作状态。分路状态要求在任何情况下(即在任何地点、任何参数条件以及任意车轴数分路时),都应使轨道电路的接收设备不工作。

2.2.3 断轨状态。当轨道电路的钢轨在某处断开时,处于断轨状态。此时,轨道继电器应可靠落下。断轨状态的最不利条件是电源电压最大、钢轨阻抗最小,另外,断轨地点与道碴电阻大小也会对断轨状态产生影响。

3 轨道电路常见故障类型及监测曲线特征

3.1 电压波动轨道曲线不平稳

3.1.1 故障现象。在测试或查询时发现电压波动轨道曲线不平稳,表现为出现毛刺或时高时低。这种故障现象可能会导致轨道继电器的工作不稳定,影响信号系统的正常运行。

3.1.2 监测曲线特征。当轨道曲线出现毛刺时,可能是扼流变压器性能不良(内部线圈破损、连接板接触不良)等原因导致。正常时扼流变压器变比为1:3,两线圈对中心连接板电压相等,若测试发现变比异常或电压不等,则可能存在线圈破损或连接板接触不良等问题^[1]。当轨道曲线时高时低时,多数是由于调整电阻接触不良或铅丝(短路器)接触不良等原因造成。此外,监测采集模板块出问题也可能导致这种故障现象。

3.1.3 故障原因。扼流变压器性能不良,如内部线圈破损、连接板接触不良等。扼流变压器长期运行后,线圈可能会因老化、过热等原因出现破损,连接板也可能因松动、氧化等原因导致接触不良。限流电阻弹片与电阻接触不良。限流电阻弹片可能会因弹性减弱、表面氧化等原因与电阻接触不良,导致电阻值不稳定。导接线塞钉接触不良。导接线塞钉可能会因松动、腐蚀等原因导致接触不良,影响信号的传输。各部绝缘不良。绝缘部件可能会因老化、受潮等原因导致绝缘性能下降,引起漏电现象。调整电阻或铅丝(短路器)接触不良。调整电阻或铅丝的接触点可能会因氧化、松动等原因导致接触不良。监测采集模板块故障。监测采集模板块可能会因硬件故障、软件故障等原因导致数据采集不准确。

3.2 断线故障

3.2.1 故障现象。通过测试或微机查询发现断线故障,表现为轨道继电器端电压为零,轨道曲线无幅值。这种故障会导致轨道电路无法正常工作,影响列车的安

全运行。

3.2.2 监测曲线特征。在轨道电路断线故障时，监测曲线会呈现无幅值的状态，即曲线为一条直线，没有正常的电压波动。

3.2.3 故障原因。室内故障可能是送端或受端电缆断线，或者送端电源未送出等。电缆可能会因施工损坏、老化等原因导致断线，送端电源也可能会因设备故障、供电异常等原因未送出^[2]。室外故障可能是送端电缆断线（电码化区段单送、其他区段环连），扼流变压器内部断线，隔离变压器、轨道变压器故障，限流电阻前后电压异常，熔丝（短路器）熔断等。此外，导线或钢轨断裂也可能导致断线故障。例如，钢轨可能会因列车冲击、自然灾害等原因断裂。

3.3 混线故障

3.3.1 故障现象。通过微机监测和测试发现混线故障，表现为轨道曲线幅值明显下降且起伏不定，轨道电压低且不稳。这种故障可能会导致轨道继电器误动作，影响信号系统的可靠性。

3.3.2 监测曲线特征。混线故障时，监测曲线会出现明显的幅值下降，并且曲线起伏不定，电压波动较大。

3.3.3 故障原因。室内故障可能是二元二位继电器、轨道继电器或相位角严重超标等原因导致。此外，砸片不良也可能造成混线故障。继电器可能会因触点磨损、线圈短路等原因出现故障，相位角超标可能会影响信号的正常传输。室外故障主要包括器材内部混线（如轨道变压器、扼流变压器、扼流箱等）、钢轨绝缘混线、轨距杆混线、道岔安装装置绝缘混线、轨道电路引接线混线、电缆混线、道岔跳线混线等。例如，器材内部混线可能是由于内部线路短路、绝缘损坏等原因导致。

3.4 时好时坏故障

3.4.1 故障现象。轨道电路时好时坏，表现为有时正常工作，有时出现故障。这种故障现象增加了故障排查的难度。

3.4.2 监测曲线特征。监测曲线会出现不规律的波动，有时正常，有时异常。

3.4.3 故障原因。电力机车通过时，可能出现红光带，重点检查故障区段回流部分，如扼流变箱引线绝缘、中性连接板螺栓及导线部分。电力机车通过时会产生较大的电流，可能会对回流部分造成冲击，导致绝缘损坏、螺栓松动等问题。接近区段有车时，轨道可能出现红光带，原因可能是分区绝缘不好，在车接近时受到冲击；或者故障区段有虚混处，在接近区段有车时受预发码电压的冲击，造成轨道电路短路。

3.5 多区段同时故障

3.5.1 故障现象。多个区段（如所有区段、一个咽喉区段红光带、一束轨道电源的区段红光带）同时出现故障。这种故障现象可能会对铁路运输造成严重影响。

3.5.2 监测曲线特征。多个区段的监测曲线同时出现异常，如电压下降、曲线波动等。

3.5.3 故障原因。（1）电源故障：可能是电源屏出现故障，导致多个区段同时失电。电源屏是轨道电路的供电设备，其故障可能会导致整个供电区域的轨道电路无法正常工作。（2）电缆故障：如果多个区段受端或送端使用同一条电缆，电缆断线会导致多个区段同时故障。电缆可能会因施工损坏、老化等原因导致断线^[3]。

（3）绝缘破损：相邻两个区段之间的绝缘破损，可能导致两个区段同时出现故障。绝缘破损可能会使两个区段之间的电气隔离失效，导致信号干扰。（4）扼流变压器故障：两个相邻的扼流变压器钢丝绳和中性连接板封连，也可能导致两个区段同时故障。

4 轨道电路故障监测曲线分析方法

4.1 数据对比分析法

4.1.1 与正常曲线对比。将故障时的监测曲线与正常状态下的监测曲线进行对比，找出两者之间的差异。通过对比曲线的幅值、波动情况、相位角等参数，可以初步判断故障的类型和范围。例如，如果故障时曲线幅值明显下降，可能是存在断线或混线故障；如果曲线波动较大，可能是接触不良或存在干扰源。

4.1.2 与相邻区段对比。调阅相邻区段的监测曲线，检查是否也有电压波动的情况，波动时机是否相同。如果同一时间两个相邻区段同时波动，即可判断为两区段相邻的轨道绝缘破损或其公共部分有异常。

4.2 波形特征分析法

4.2.1 观察波形形状。仔细观察监测曲线的波形形状，如是否出现毛刺、锯齿状波动、幅值下降等特征。不同的波形形状往往对应着不同的故障原因。例如，毛刺可能表示存在接触不良或设备性能不良；锯齿状波动可能表示存在干扰源。

4.2.2 分析波形变化趋势。分析监测曲线波形的变化趋势，如是否逐渐上升或下降，是否出现周期性波动等。这有助于判断故障的发展过程和可能的原因^[4]。例如，如果曲线逐渐下降，可能是存在漏电或电阻值增大等问题；如果出现周期性波动，可能是受到外部干扰的影响。

4.3 参数监测分析法

4.3.1 监测电压参数。实时监测轨道电路的电压参

数,包括轨道电压、局部电压等。通过对比不同时间点的电压值,可以判断轨道电路的工作状态是否正常。例如,如果轨道电压明显低于正常值,可能是存在断线或混线故障。

4.3.2 监测相位角参数。监测轨道电路的相位角参数,相位角的变化可以反映轨道电路的工作状态。例如,当相位角严重超标时,可能是二元二位继电器或轨道继电器等器材故障导致。

5 轨道电路故障监测曲线分析处理案例

5.1 案例一:室外轨道电路通道虚接

5.1.1 故障现象。2020年6月14日,集通线某站II-4G的轨道电压从8点38分开始跳变波动。

5.1.2 监测曲线分析。调阅微机监测数据,发现轨道电压曲线出现跳变波动。初步判断为室外轨道电路通道设备接触不良。进一步分析曲线,发现波动具有一定的规律性,可能是某个特定部件接触不良导致。

5.1.3 故障处理。信号人员对现场25Hz相敏轨道电路的塞钉、接续线、保险、轨道变压器、变阻器、各部螺丝等室外设备逐项进行检查。通过万用表对各部电压逐项测试,同时对轨道电路外观检查,最终确定故障点为轨道接续线双股断裂。更换接续线后,轨道电路恢复正常。

5.2 案例二:轨道绝缘不良

5.2.1 故障现象。2022年9月20日,集通线某站16DG在8点29分出现红光带。

5.2.2 监测曲线分析。调阅微机监测数据,发现16DG轨道电压下降10V左右,相位角上升30度。同时调阅其相邻区段3G轨道电压曲线,发现相同时间段内3G电压下降7V左右,相位角上升15度。初步判断为16DG与3G间轨道绝缘不良。

5.2.3 故障处理。电务人员立即申请故障天窗检查测试,用轨道绝缘在线测试仪分别测试两个绝缘接头,一侧为50欧姆、一侧为2欧姆(标准为大于20欧姆),判断为2欧姆侧绝缘接头不良。通知工务人员要点更换绝缘后,两轨道电路区段电压恢复正常。

6 提高轨道电路故障监测曲线分析处理效果的建议

6.1 加强设备维护

制定详细的设备检查计划,定期对轨道电路的各个部件进行检查,包括扼流变压器、轨道变压器、限流电阻、接续线、绝缘节等。建立设备检查档案,记录每次检查的时间、内容和结果,及时发现并处理潜在的故障隐患。选用质量可靠、性能稳定的设备,减少因设备本身质

量问题导致的故障。加强对设备生产厂家的资质审核和产品质量监督,确保设备符合相关标准和要求。同时,加强对设备的日常保养和维护,延长设备的使用寿命。

6.2 提升监测技术

不断完善铁路信号微机监测系统,提高监测系统的准确性和可靠性。例如,增加监测点的数量,提高采样频率,优化监测算法等。采用先进的传感器技术和数据采集技术,确保监测数据的实时性和准确性。积极引入新技术、新设备,如智能传感器、大数据分析技术等,提高轨道电路故障监测的智能化水平。通过智能传感器实时监测轨道电路的各项参数,利用大数据分析技术对监测数据进行深度挖掘和分析,及时发现潜在的故障风险。

6.3 完善故障处理流程

建立完善的故障快速响应机制,确保在故障发生时能够迅速定位故障点并采取有效措施进行修复。例如,设置专门的故障处理小组,明确各成员的职责和分工;制定详细的故障处理流程,包括故障报告、现场检查、故障分析、修复措施等环节。对每次故障处理过程进行详细记录和分析总结,找出故障发生的原因和规律。通过总结经验教训,不断完善故障处理流程和方法,提高故障处理的效率和准确性。建立故障案例库,为后续的故障处理提供参考。

结语

轨道电路故障监测曲线分析处理是保障铁路信号系统稳定运行的关键环节。通过对监测曲线的分析,可以及时发现潜在故障并迅速定位故障点,从而采取有效措施进行修复。为了提高故障监测曲线分析处理的效果,需要加强设备维护、提升监测技术、完善故障处理流程以及提高人员素质等方面的工作。只有这样,才能确保轨道电路的安全可靠运行,为铁路运输的安全和效率提供有力保障。

参考文献

- [1]杨克俭.浅谈利用监测电压曲线对站内轨道电路异常分析[J].信息系统工程,2017,(04):128.
- [2]李强,牛晓伟,李瀚,等.轨道电路在线监测与故障诊断系统研究与应用[J].交通科技与管理,2025,6(05):1-3.
- [3]罗泽霖,李连东,刘晓亮,等.轨道电路动态检测联调联试典型问题分析[J/OL].中国铁路,2024,(05):109-116[2025-04-21].
- [4]王健.站内轨道电路分路不良问题分析与优化[J].铁路通信信号工程技术,2024,21(07):110-114.