

# 轨道电路区段绝缘不良对监测曲线的影响及解决方案

张宏康

国能朔黄铁路发展公司肃宁分公司 河北 沧州 016000

**摘要:** 本文深入探讨了轨道电路区段绝缘不良现象对监测曲线的影响,并系统性地提出了相应的解决方案。轨道电路作为铁路信号系统的重要组成部分,其绝缘状态直接关系到列车运行的安全与稳定。通过理论分析与实践总结,本文旨在为提高轨道电路维护效率、保障铁路运行安全提供理论依据和技术支持。

**关键词:** 轨道电路;绝缘不良;监测影响;解决方案

## 引言

轨道电路利用铁路钢轨作为导体,通过机械绝缘和电气绝缘实现信号的传输与检测。然而,在实际运行中,轨道电路区段绝缘不良成为影响信号系统稳定性和可靠性的重要因素。本文将从监测曲线的角度出发,分析绝缘不良的具体表现及其成因,并提出有效的解决方案。

### 1 轨道电路区段绝缘不良对监测曲线的影响

#### 1.1 监测曲线异常表现

当轨道电路区段出现绝缘不良时,监测曲线会清晰地反映出多种异常特征,这些特征对于故障的快速定位和诊断至关重要。具体表现如下:

##### 1.1.1 电压曲线波动异常

监测曲线上,原本应平稳的电压值会出现显著的波动。这种波动可能表现为电压值在短时间内迅速上升或下降,然后又迅速恢复,形成类似“毛刺”的形状。绝缘不良导致轨道电路中的电流分布不均,从而在监测曲线上产生异常的电压波动<sup>[1]</sup>。这种波动不仅会影响信号的正常传输,还可能误导维护人员对轨道电路状态的判断。

##### 1.1.2 相邻区段电压同时下降

在绝缘不良的情况下,相邻的轨道电路区段可能会受到牵连,导致它们的电压监测曲线同时出现下降趋势。这种下降趋势可能表现为电压值缓慢降低,也可能表现为突然的电压跌落。绝缘不良可能导致电流从绝缘破损处泄漏到相邻区段,从而影响相邻区段的电压稳定性。此外,相邻区段间的电气耦合作用也可能加剧这种电压下降现象。

##### 1.1.3 红光带异常显示

在正常情况下,红光带应仅在轨道电路被列车占用或出现故障时显示。然而,在绝缘不良的情况下,即使轨道上无列车占用,红光带也可能异常显示。这种异常显示可能表现为红光带的突然亮起或持续不灭。绝缘不良可能导致轨道电路的分路电阻增大,使得轨道继电器无

法正常吸起,从而在控制台上错误地显示红光带。此外,外部干扰因素如牵引电流不平衡等也可能通过绝缘破损处影响轨道电路的正常工作,导致红光带异常显示。

#### 1.2 绝缘不良成因分析

轨道电路区段绝缘不良的成因复杂多样,具体可归纳为以下几个方面:

##### 1.2.1 环境因素

轨道电路长期暴露在潮湿环境中,易导致绝缘材料受潮、腐蚀,从而降低其绝缘性能。特别是在雨季或湿度较大的地区,这种现象尤为明显。轨道附近的粉尘、污垢等杂质可能附着在绝缘材料表面,形成导电层或降低绝缘材料的绝缘强度。长期积累下来,将对轨道电路的绝缘性能造成严重影响。钢轨表面因潮湿、污染等原因而生锈,生锈层不仅增加了分路电阻,还可能形成类似绝缘层的薄膜,进一步影响信号的正常传输。

##### 1.2.2 施工与维护不当

在施工过程中,如果绝缘接头的处理不符合规范要求,如接头处未清洗干净、绝缘材料安装不到位等,都可能导致绝缘不良。在日常维护中,如果未定期对绝缘材料进行检查和更换,导致老化、破损的绝缘材料继续使用,将严重影响轨道电路的绝缘性能。此外,对于因外部环境变化(如季节交替、气候变化等)导致的绝缘性能下降也未及时采取措施进行处理。

##### 1.2.3 设备老化

随着时间的推移和使用次数的增加,绝缘材料的性能会逐渐下降。老化后的绝缘材料不仅绝缘强度降低,还可能出现裂纹、变形等问题,从而影响轨道电路的正常工作。

##### 1.2.4 外部干扰

在电气化铁路中,牵引电流的不平衡可能导致轨道电路中的电流分布不均,从而对绝缘性能造成不良影响。特别是当牵引电流过大或波动剧烈时,更容易导致

绝缘破损或性能下降。杆塔地线的漏泄电流可能通过某种途径流入轨道电路,对绝缘造成冲击和破坏<sup>[2]</sup>。这种漏泄可能由于地线连接不良、绝缘子破损等原因引起。长期存在的漏泄电流将严重损害轨道电路的绝缘性能并影响其正常工作。

## 2 解决方案

### 2.1 加强绝缘材料选用与施工质量控制

在轨道电路建设过程中,应优先选用性能稳定、耐候性强、抗老化能力高的绝缘材料。除了传统的橡胶和聚丙烯材料外,还可以考虑采用尼龙6、尼龙1010等工程塑料作为绝缘材料。这些材料不仅具有优异的电气性能和机械强度,还能够在恶劣环境下保持稳定的绝缘性能。所有选用的绝缘材料必须经过严格的质量检测,包括但不限于外观检查、尺寸测量、电气性能测试、机械强度测试等,确保其满足铁路信号系统的使用要求。在施工过程中,应加强对绝缘接头的处理和控制在绝缘接头处应确保清洁无杂质,避免灰尘、油污等污染物影响绝缘性能。绝缘材料应安装到位并紧固可靠,避免因松动导致的接触不良或绝缘失效。在绝缘接头的接续处,应采用特殊的接触弹片和压接管进行连接,以保证其绝缘性能不受破坏。施工完成后,应进行全面的质量检查,确保轨道电路的绝缘性能符合设计要求。定期对绝缘材料进行性能检测是确保其长期稳定运行的关键。通过定期检测,可以及时发现绝缘材料的老化、破损等问题,并采取相应的措施进行处理。对于性能下降严重的绝缘材料,应及时进行更换,以避免因绝缘不良导致的轨道电路故障。为了更好地控制绝缘材料的质量,可以建立质量追溯体系。通过记录绝缘材料的生产厂家、批次号、检测报告等信息,可以实现对绝缘材料质量的全程追溯。

### 2.2 技术改造与升级

#### 2.2.1 采用新型轨道电路技术

可以考虑采用双扼流25Hz相敏轨道电路,对现有轨道电路进行改造,替换为双扼流25Hz相敏轨道电路。这包括更换轨道变压器、调整信号源频率、优化信号接收与处理单元等。双扼流变压器设计能够平衡牵引电流,减少其对轨道电路信号的干扰。同时,25Hz相敏轨道电路因其频率较低,不易受外界电磁干扰,且具有良好的选频特性,能够确保信号传输的稳定性和可靠性<sup>[3]</sup>。因此可以提升轨道电路的抗干扰能力和绝缘性能,减少因外界因素导致的绝缘不良问题,提高轨道电路的整体稳定性和可靠性。

#### 2.2.2 提升绝缘材料性能

针对现有绝缘材料的不足,研发具有更高绝缘强度、更优耐候性和更强抗老化能力的新型材料。这些材料应能够适应复杂多变的运行环境,确保长期稳定运行。可以考虑采用高分子复合材料、陶瓷基复合材料等新型绝缘材料。这些材料在绝缘性能、机械强度、耐候性等方面均表现出色。在轨道电路改造过程中,逐步替换现有绝缘材料为新型材料。特别是在绝缘接头、轨距杆等关键部位,应优先采用新型绝缘材料以提升绝缘效果。

#### 2.2.3 其他辅助措施

在轨道电路区段增设避雷针、安装防雷接地装置等防雷设施。定期对防雷设施进行检查和维护,确保其处于良好状态。在雷电多发季节加强防雷监测和预警工作,确保轨道电路安全稳定运行。此外,对轨道电路区段周边的杂草、树枝等障碍物进行定期清理和修剪。保持轨道电路区段的整洁和畅通,减少外部因素对轨道电路的影响。同时加强对周边施工活动的监管和协调,防止施工过程中对轨道电路造成损害。

### 2.3 优化监测系统设计

为了提高轨道电路监测系统的灵敏度和准确性,从而更有效地识别和解决绝缘不良等问题,可以从以下几个方面对监测系统进行优化设计:

#### 2.3.1 采用高精度传感器

选用具有高精度、高稳定性和抗干扰能力的传感器来监测轨道电路的电压、电流等关键参数。这些传感器应能准确捕捉轨道电路中微小的电压波动和电流变化,为后续的故障分析提供可靠的数据基础。例如,可以选择采用霍尔效应原理的电流传感器来监测轨道电流,该传感器具有测量范围广、精度高、线性度好等优点,能够实时反映轨道电流的变化情况。

#### 2.3.2 引入先进数据采集模块

数据采集模块是监测系统的核心部件之一,负责将传感器采集到的模拟信号转换为数字信号,并传输给处理单元进行分析。因此,应选用具有高精度、高采样率和低噪声的数据采集模块。数据采集模块应具备多路同步采集能力,以便同时对轨道电路的多个参数进行监测,提高监测的全面性和准确性。

#### 2.3.3 开发智能分析算法

针对监测数据的特点,开发专门的智能分析算法。这些算法应能够自动识别监测曲线中的异常特征,如电压波动、电流突变等,并与预设的故障模式进行匹配,从而实现故障的自动诊断和预警。智能分析算法还应具备自学习和自适应能力,能够根据历史数据和实际运行情况不断优化算法参数,提高故障识别的准确性和可靠性。

### 2.3.4 加强系统集成与联动

将轨道电路监测系统与其他相关系统（如信号控制系统、列车调度系统等）进行集成和联动，实现信息的共享和交互。这样不仅可以提高监测系统的整体效能，还可以为轨道交通安全运营提供更加全面的保障。通过系统集成和联动，可以实现故障的快速定位和协同处理，降低故障对轨道交通运营的影响。

## 2.4 定期维护与检测

### 2.4.1 制定详细的维护与检测计划

根据轨道电路的运行状况和设备特性，对于关键区段和易发生故障的部位，应缩短检测周期，增加检测频次。检测内容应涵盖绝缘接头的状态、钢轨表面的清洁度、外部干扰因素等多个方面<sup>[4]</sup>。具体包括绝缘接头的完整性、紧固情况、电阻值；钢轨表面的锈蚀、污垢情况；以及附近是否有影响轨道电路正常工作的外部设备或线路等。

### 2.4.2 实施严格的维护与检测流程

在维护与检测前，准备好所需的工具、设备和材料，确保人员到位并了解检测内容和要求。同时，制定详细的安全措施和应急预案，确保检测过程中的安全。按照检测计划逐步进行各项检测工作。首先检查绝缘接头的状态，包括完整性、紧固情况和电阻值；然后检查钢轨表面的清洁度，清除锈蚀和污垢；最后检查外部干扰因素，排除潜在隐患。在检测过程中，应详细记录各项数据和异常情况，并及时处理发现的问题。检测完成后，将检测中发现的问题和隐患及时反馈给相关部门和人员，以便及时采取措施进行处理和整改。

### 2.4.3 加强人员培训与技能提升

定期对维护人员进行轨道电路原理、维护与检测技术、安全操作规程等方面的培训。通过培训提高维护人员的专业知识和技能水平，确保他们能够熟练掌握轨道电路的维护与检测方法。组织实操演练活动，让维护人员在模拟环境中进行轨道电路的维护与检测操作。通过实操演练提高维护人员的实际操作能力和应急处理能力，为实际工作中的维护与检测工作打下坚实基础。

## 2.5 防止铁屑掉块封连绝缘

### 2.5.1 添加绝缘片

在钢轨钻孔完成后添加绝缘片，主要起到绝缘和分隔的作用。绝缘片能够有效隔离钢轨与周围环境中的导电物质，特别是铁屑等金属杂质，从而防止它们吸附到钢轨上并封连绝缘设备。这样不仅能保持轨道电路的电气特性稳定，还能避免因绝缘不良导致的信号错误或故障。实施步骤包括：在钢轨上准确标出钻孔位置，确保

钻孔深度和直径符合设计要求。使用专用钻孔设备对钢轨进行钻孔，注意控制钻孔速度和力度，避免对钢轨造成损伤。在钻孔完成后，立即将绝缘片插入孔中，并确保其完全嵌入且固定牢固。

### 2.5.2 改善钢轨材质和工艺

选用抗剥落、抗锈蚀性能更好的钢轨材质是防止铁屑掉块封连绝缘的根本措施之一。这些材质通常具有更高的硬度和耐磨性，能够减少钢轨表面的裂纹和剥落现象，从而降低铁屑产生的可能性。在钢轨制造和铺设过程中，应加强质量控制措施，确保钢轨的质量符合相关标准和要求。这包括严格控制原材料质量、优化生产工艺流程、加强成品检验等环节。在钢轨铺设过程中，应采用科学合理的铺设工艺和技术手段，确保钢轨与轨枕、扣件等部件之间的连接紧密且稳定。同时，还应注意避免在铺设过程中对钢轨造成损伤或划痕，以减少铁屑的产生。

### 2.5.3 定期检查钢轨状态

定期对钢轨进行外观检查，主要观察其表面是否有裂纹、剥落、锈蚀等现象。这些现象都可能导致铁屑的产生和积累，进而封连绝缘设备。因此，一旦发现这些问题应及时处理并修复。除了外观检查外，还应定期对钢轨进行探伤检测。探伤检测能够更准确地发现钢轨内部的裂纹和缺陷等问题，从而避免它们进一步发展成掉块并封连绝缘设备。常用的探伤检测方法包括超声波探伤、磁粉探伤等。

## 结语

轨道电路区段绝缘不良对监测曲线的影响显著，直接关系到铁路运行的安全与稳定。通过加强绝缘材料选用与施工质量控制、优化监测系统设计、定期维护与检测以及技术改造与升级等措施，可以有效解决绝缘不良问题，提高轨道电路的维护水平和效率。未来，随着科技的不断进步和创新，轨道电路的绝缘性能将得到进一步提升，为铁路的安全运行提供更加坚实的保障。

## 参考文献

- [1]赵欣.一种基于信号集中监测系统的改进型轨道电路监测技术分析与研究[D].西安电子科技大学,2020.
- [2]唐济东.无绝缘轨道电路调谐匹配单元绝缘不良分析处理[J].铁道运营技术,2020,26(04):30-32.
- [3]张晓如.集中式25周相敏轨道电路监测诊断技术研究[J].科技创新与应用,2024,14(22):181-184.
- [4]陈森,谢永昌.基于ZPW-2000G轨道电路受端电缆侧小轨监测电压波动的优化处理[J].铁路通信信号工程技术,2023,20(S1):105-110.