

轨道区段干扰问题的分析与查找

张 昕

中国铁路乌鲁木齐局集团有限公司工程管理所 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要: 本文深入分析了轨道区段干扰问题的成因,包括外部环境、设备故障及人为操作失误等方面。通过介绍轨道电路基础与常见干扰类型,探讨了干扰的具体原因,并详细阐述查找干扰问题的方法,包括设备故障检测、信号监测及人员操作监控。进一步提出提高设备可靠性、加强监测维护、强化人员培训等解决措施,以及建立监测预警系统、推行定期维护检修制度和完善应急预案等防范策略,旨在确保轨道电路的稳定运行和铁路行车安全。

关键词: 轨道区段; 干扰问题; 分析与查找

1 轨道电路与干扰概述

1.1 轨道电路基础

轨道电路,作为铁路信号系统的重要组成部分,其基本原理在于利用钢轨作为导体,通过发送设备与接收设备之间的电流传递,实现对列车占用情况的检测和信号传输。这种设计不仅确保列车运行的安全,还提高铁路运输的自动化和智能化水平。轨道电路的基本结构通常由送电端、钢轨线路、限流电阻、轨道继电器以及受电端等部分组成。送电端负责向钢轨发送一定频率和强度的电信号,这些信号沿着钢轨传输,并在未被列车占用时保持畅通无阻。当列车进入该区段时,其轮对会短接轨道电路,使得电流无法正常传输至受电端,从而触发轨道继电器落下,产生相应的表示列车占用的信号。轨道电路在铁路信号传输中扮演着至关重要的角色。它不仅能够及时、准确地反映列车的位置和占用情况,还能够通过与其他信号设备的联动,实现对列车运行方向的自动控制、速度监督以及安全防护等功能。

1.2 干扰类型及来源

轨道电路在实际运行中,往往会受到各种干扰因素的影响,导致信号传输质量下降甚至失真,进而影响铁路行车安全。根据干扰的来源和性质,可以将其分为以下几类:(1)电磁干扰。电磁干扰是轨道电路中最常见的干扰类型之一。它主要来源于周围的电磁环境,如牵引供电系统、无线通信设备、电力线路等产生的电磁辐射。这些电磁辐射可能通过耦合、传导等方式进入轨道电路,干扰其正常工作。(2)邻线干扰。邻线干扰是指相邻轨道电路之间的信号相互串扰。这种干扰通常发生在平行或接近平行的轨道线路上,由于钢轨之间的电磁耦合作用,导致一个轨道电路的信号传输到另一个轨道电路中,从而影响其正常工作。(3)邻区段干扰。邻区段干扰是指相邻信号区段之间的信号干扰。这种干扰可

能由于设备连接错误、施工配线不当等原因造成,导致一个区段的信号传输到另一个区段中,引发误动作或故障^[1]。(4)自然干扰。自然干扰包括雷电、静电等自然现象产生的电磁辐射。这些干扰虽然发生频率较低,但一旦发生往往具有较大的破坏力,可能对轨道电路造成严重的损害。(5)设备内部干扰。设备内部干扰主要来源于轨道电路设备本身的设计缺陷、元器件老化、参数不匹配等原因。这种干扰可能导致设备性能下降、稳定性变差,从而影响信号传输质量。

2 轨道区段干扰问题的原因分析

2.1 外部环境因素引发的干扰

外部环境因素对轨道区段的干扰问题构成了显著的挑战。这类干扰主要来源于自然环境中的电磁辐射、气候条件的变化以及地理环境的复杂性;电磁辐射是一个不可忽视的干扰源。随着电力线路、无线通信基站等设备的日益增多,它们产生的电磁场可能会干扰到轨道电路的信号传输,导致信号失真或误判。特别是在电气化铁路系统中,高压接触网与轨道电路的电磁环境相互作用,增加了电磁干扰的风险;雷电等自然现象也可能产生强烈的电磁脉冲,对轨道电路设备造成瞬态高电压和强电流的冲击,从而引发干扰问题。气候条件的变化也对轨道区段的正常运行产生影响;例如,雷雨天气中的雷电活动可能直接损坏轨道电路设备,或通过电磁感应等方式间接影响信号传输。同时,大雪、冰雹等极端气候条件可能导致轨道电路设备的性能下降,如绝缘设备因积雪而失效,进而影响信号电流的传输。

2.2 设备故障引发的干扰

随着轨道电路设备使用时间的增长,元器件老化、磨损、腐蚀等问题逐渐显现,进而影响设备的正常运行。轨道电路中的绝缘节、引接线等部件如果发生破损或老化,将导致信号电流泄漏至非预期路径,进而引发

邻线干扰或区段错误占用等问题；轨道电路中的电阻、电容、电感等元件需要精确匹配以保证信号传输的稳定性和准确性。如果这些参数因设计不当或长期使用而发生变化，将导致信号传输特性偏离预定范围，进而引发干扰。轨道继电器、发送器、接收器等关键元器件的损坏或失效也是引发干扰的重要因素。这些元器件在轨道电路中起着至关重要的作用，一旦出现故障将导致整个轨道电路系统无法正常工作，从而引发严重的干扰问题。

2.3 人为操作失误引发的干扰

人为操作失误在轨道区段干扰问题中扮演着不可忽视的角色。这类干扰通常发生在设备的日常维护、检修、施工或调试过程中，由于操作人员的疏忽、错误或不当行为而引发。具体而言，人为操作失误引发的干扰主要包括以下几个方面：操作人员进行设备维护、调试或检查时，可能因疏忽大意而误动或误碰设备上的关键部件，如开关、按钮等，导致设备状态发生变化，进而引发干扰。在铁路建设和维护过程中，施工人员可能因未严格按照操作规程进行施工而引发干扰问题。例如，错误连接电缆、误改配线等行为都可能导致轨道电路信号传输异常，进而引发干扰^[2]。轨道电路设备的日常维护对于保证其正常运行至关重要。然而，如果维护人员未能按时、按质完成维护任务，或未能及时发现并处理设备故障隐患，将导致设备性能下降，增加发生干扰的风险。

3 轨道区段干扰问题的查找方法

3.1 轨道设备故障检测技术

在应对轨道区段干扰问题时，首要任务是检测并确定是否存在轨道设备的故障。轨道设备故障检测技术是一系列旨在诊断设备性能、识别潜在故障和定位具体故障点的综合方法。通过定期的计划性检查，对轨道电路设备的物理状态、电气参数和性能指标进行全面评估。这有助于提前发现潜在的设备故障，预防其发展成为影响信号传输的干扰源；利用专业的故障排查工具，如万用表、示波器、绝缘测试仪等，对轨道电路中的具体设备进行详细测试。通过分析测试数据，可以迅速定位设备中的故障元件或组件；结合现代通信技术，实现轨道设备的远程监控和数据采集。通过实时分析设备运行数据，可以及时发现异常模式，预测并避免潜在的故障发生。

3.2 轨道区段信号检测方法

轨道区段信号检测方法聚焦于分析信号的特性、监测信号的变化以及识别异常信号模式，具体包括：通过示波器捕获并显示轨道电路中的信号波形，分析其形状、幅度、相位和频率等特征参数。异常的波形变化可

能是信号干扰的直观表现，为干扰源的定位提供线索；利用频谱分析仪等工具，将信号分解为不同频率的分量，观察信号的频率成分和分布。频谱分析有助于识别那些可能由电磁辐射等外部环境因素引起的特定频率的干扰信号；通过模拟信号传输环境，对轨道电路的传输性能进行全面测试。这包括信号衰减、串扰、反射等指标的测量，以评估信号传输的质量并识别潜在的干扰因素。

3.3 轨道区段人员操作监控手段

人为操作失误也是导致轨道区段干扰问题的一个重要原因；加强对人员操作的监控是减少此类干扰的有效途径；在关键设备区域安装视频监控系统，实时记录操作人员的行为。通过视频回放，可以审查操作过程，识别并纠正不当行为；要求操作人员详细记录每次操作的时间、内容、结果等信息，并生成电子日志。这些日志可以作为事后追溯和审查的依据，帮助识别操作中的疏忽或错误；定期对操作人员进行专业培训和技能考核，提高其对轨道电路设备和操作流程的熟悉度。通过培训和考核，可以降低因操作不当而引发的干扰风险。

4 轨道区段干扰问题的解决措施

4.1 提高设备可靠性和稳定性

在面对轨道区段干扰问题时，首要任务是提升轨道电路设备的可靠性和稳定性，从根本上减少故障和干扰的发生；在采购轨道电路设备时，应优先选择经过严格质量认证的高品质产品。这些设备通常具备更高的抗干扰能力和耐用性，能够在复杂环境中保持稳定运行；为设备提供必要的防护措施，如防水、防尘、防雷击等，以增强其对外部环境的抵抗能力^[3]。采用冗余设计，如双路供电、冗余信号传输等，确保在部分设备失效时，系统仍能维持正常运行；随着技术的不断进步，应及时对轨道电路设备进行升级与改造，引入新技术、新材料，提高设备的整体性能和抗干扰能力。

4.2 强化轨道区段监测与维护

为了及时发现并解决轨道区段的干扰问题，必须加强对该区域的监测与维护工作。在轨道区段部署传感器、摄像头等监测设备，实时收集并分析轨道电路的运行数据和环境参数。通过数据分析，可以及时发现潜在的干扰源，为解决问题提供科学依据；制定详细的巡检与维护计划，定期对轨道电路设备进行检查、测试和保养。及时发现并处理设备故障和隐患，确保设备处于良好状态；对每次巡检与维护工作进行详细记录，包括发现的问题、处理措施及结果等。建立反馈机制，将巡检结果与维护记录及时反馈给相关部门和人员，以便后续改进和优化工作。

4.3 加强人员培训与管理

定期组织操作人员和技术人员参加专业培训和教育活动,学习轨道电路设备的基本原理、操作技能、维护方法和安全规范等。通过培训,提高其专业素养和解决实际问题的能力;制定详细、具体的操作规程和安全规定,明确操作人员在设备操作、巡检和维护过程中的职责和要求。通过严格执行规程和规定,减少因人为操作失误而导致的干扰问题;加强安全教育和宣传工作,提高操作人员和技术人员的安全意识和责任心。

5 轨道区段干扰问题的防范策略

5.1 建立健全的监测预警系统

建立健全的监测预警系统是预防轨道区段干扰问题的首要策略。通过实时监测和数据分析,能够提前发现并预警潜在的干扰源,从而采取有效措施进行预防和应对。在轨道区段关键位置部署先进的传感器、监测站等设备,实时监测轨道电路的运行状态、信号质量以及外部环境变化;利用大数据、云计算等技术,构建轨道区段数据分析平台,对监测数据进行实时处理和分析,识别异常信号和潜在风险;根据历史数据和运营经验,为关键指标设定合理的预警阈值。一旦监测数据超过这些阈值,系统自动触发预警,通知相关人员采取相应措施;将监测预警系统与相关部门的信息系统实现互联互通,确保预警信息能够及时、准确地传达给所有相关方,形成快速响应的联动机制。

5.2 推行定期维护与检修制度

推行定期维护与检修制度是确保轨道区段设备稳定运行、减少干扰问题发生的关键。通过定期维护和检修,能够及时发现并解决设备故障和潜在问题,提高设备的可靠性和稳定性;根据设备的使用情况、厂家建议和运营经验,制定详细的维护与检修计划,明确维护周期、检修内容和标准要求;确保维护与检修工作按照既定的流程和标准执行,包括设备检查、性能测试、故障排查、清洁保养等环节;建立完善的维护与检修记录管理制度,详细记录每次维护与检修的时间、内容、结果

和人员等信息,便于后续追溯和分析;定期对维护与检修工作进行评估,分析存在的问题和不足,制定改进措施,不断优化维护与检修流程,提高工作效率和质量。

5.3 完善应急预案与处理流程

通过制定科学的应急预案和明确的处理流程,能够在干扰事件发生时迅速响应、有效应对,最大限度地减少损失和影响。根据轨道区段的实际情况和可能发生的干扰事件类型,明确应急预案的制定原则,包括预案的针对性、实用性和可操作性等;针对不同类型的干扰事件,制定详细的应急预案,明确应急响应的组织机构、人员分工、物资准备、应对措施和处置流程等内容;定期组织应急演练和培训活动,提高全体员工的应急意识和处置能力^[4]。通过模拟实际场景进行演练,检验应急预案的可行性和有效性;建立快速响应机制,确保在干扰事件发生时能够迅速启动应急预案,调配资源和力量进行处置。

结束语

综上所述,轨道区段干扰问题是铁路信号传输中不可避免的挑战,但通过深入分析干扰成因并采取有效措施,可以显著减少其发生频率和影响程度。本文提出的解决方案和防范策略,为铁路部门提供全面的参考和指导。未来,随着技术的不断进步和管理的持续加强,轨道电路系统的抗干扰能力将得到进一步提升,为铁路运输的安全、高效运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]鞠鹏林.高速铁路路基异常上拱病害整治[J].工程建设与设计,2019,(18):102-103.
- [2]赵玉林.饶志强.常惠.李益晨.基于改进非等时距灰色组合模型的轨道质量预测方法研究[J].铁道建筑,2020,60(11):111-114+127.
- [3]赵定国.短波通信抗干扰技术的综合运用[J].中国新通信,2021,23(1):10-11.
- [4]王丽英.关于超短波无线电通信抗干扰技术发展趋势研究[J].通讯世界,2020,27(1):20-24.