

基于电气化的铁路接触网故障分析与防范研究

张 瑞

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司 山西 忻州 036600

摘 要：本文旨在深入分析电气化铁路接触网的常见故障及其成因，并据此提出一系列有效的防范措施。电气化铁路作为现代铁路运输的重要组成部分，其接触网的稳定运行直接关系到列车的行驶安全与运输效率。通过系统梳理接触网故障类型、成因，并结合当前技术与管理手段，本文为提升电气化铁路接触网的可靠性和安全性提供了理论依据和实践指导。

关键词：电气化；铁路接触网；故障分析；防范

引言

随着铁路技术的快速发展，电气化铁路已成为现代交通体系中的重要支柱。接触网作为电气化铁路的核心供电设备，其运行状态直接影响列车的牵引供电和行车安全。然而，由于接触网长期暴露在恶劣的自然环境中，加之运行过程中的机械磨损和电气负荷，故障频发成为制约电气化铁路高效运行的关键因素。因此，对接触网故障进行深入分析与防范研究具有重要意义。

1 电气化铁路接触网常见故障分析

1.1 弓网故障

弓网故障是电气化铁路接触网中较为常见的一类故障，主要表现为接触网参数异常变化或零部件脱落，这些问题会直接导致供电不稳定甚至中断，严重影响列车的正常运行。具体成因方面，首先，部件脱落是一个重要原因。由于接触网长期暴露在外部环境中，受到风、雨、雪等自然因素的影响，以及列车运行时的振动和冲击，零部件很容易发生松动和脱落。特别是那些经常受到机械应力的部件，如螺栓、螺母等，更容易因为疲劳而失效。其次，安装质量问题也是弓网故障的一个重要成因。在安装过程中，如果螺栓安装偏差过大，或者紧固件没有按照规定的扭矩进行紧固，都会导致弓网接触稳定性下降。这不仅会影响列车的受流质量，还可能引发更严重的故障。最后，恶劣气候也是弓网故障不可忽视的一个因素。例如，在冻雨天气下，弓网表面很容易结冰。这些冰层不仅会增加弓网的重量，还可能改变其形状和位置，导致跨越电力线断线和弓网放电故障。此外，大风天气也可能导致树木或其他物体倒塌，撞断接触网线索，引发弓网故障。

1.2 绝缘装置故障

绝缘装置故障是电气化铁路接触网中的另一类常见故障，主要表现为绝缘装置的老化、击穿和放电。这些

故障不仅会影响接触网的正常运行，还可能对列车的运行安全构成威胁。绝缘装置故障的主要原因之一是外部污染。由于接触网长期暴露在外部环境中，其表面很容易受到导电物体和各类杂物的覆盖。这些污染物可能包括尘埃、盐分、腐蚀性气体等，它们会加速绝缘装置的老化过程，降低其绝缘性能。电气磨损也是绝缘装置故障的一个重要原因。在列车运行过程中，受电弓与接触网之间会产生摩擦，这种摩擦会产生大量的碳粉。这些碳粉会沉积在绝缘装置表面，形成导电层，从而提高绝缘击穿的概率^[1]。长期下来，这种电气磨损会导致绝缘装置的绝缘性能下降，甚至引发故障。此外，自然灾害也是绝缘装置故障不可忽视的一个因素。例如，在暴风天气下，树木或其他物体可能会倒塌，撞断接触网线索，从而导致绝缘装置的破损。这种破损不仅会影响绝缘装置的绝缘性能，还可能引发更严重的故障，如短路、放电等。

1.3 空间结构尺寸故障

接触网的空间结构尺寸对于其正常运行至关重要。任何微小的变化都可能导致受电弓无法正常取电，进而影响列车的牵引供电和行车安全。因此，空间结构尺寸故障是接触网故障中不容忽视的一类。悬挂部件的脱落是引发空间结构尺寸故障的一个重要原因。由于接触网长期暴露在外部环境中，悬挂部件如吊弦、定位器等很容易受到风、雨、雪等自然因素的影响，以及列车运行时的振动和冲击，导致松动和脱落。这些悬挂部件的脱落会改变接触网的几何形状和空间位置，使得受电弓无法与接触线保持良好的接触，从而导致无法正常取电。除了悬挂部件的脱落，技术参数的变化也是空间结构尺寸故障的一个重要表现。例如，拉出值的异常提升就是一个典型的技术参数变化。拉出值是指接触线在受电弓滑板工作范围内，相对于受电弓中心线的水平偏移量。

如果拉出值过大,会导致受电弓与接触线之间的接触压力不足,影响列车的受流质量。这种技术参数的变化可能由多种因素引起,如接触线的弹性变化、温度变化等。

2 电气化铁路接触网故障防范措施

2.1 提高设计与安装质量

为了提高电气化铁路接触网的设计与安装质量,从而有效防范故障的发生,需要从多个方面入手,确保接触网的设计、安装和验收都达到高标准。在优化设计方面,首先要根据列车的时速和运行路线来合理设计支撑点的跨距。这是因为不同的列车时速和运行路线会对接触网产生不同的机械应力和电气负荷。通过合理设计支撑点跨距,可以平衡接触网的机械应力和电气负荷,减少磨损和故障的发生。例如,在高速列车运行的路段,可以适当减小支撑点的跨距,以增加接触网的稳定性和耐久性。除了跨距的设计,还需要考虑接触网的整体结构和材料选择。结构设计应确保接触网的刚性和弹性适中,能够承受列车的振动和冲击。材料选择方面,应优先选用耐磨、耐腐蚀、导电性能好的材料,以提高接触网的使用寿命和电气性能。在严格验收方面,接触网安装完成后,必须进行全面的检查验收^[2]。这一步骤至关重要,因为它可以确保所有的零部件都符合规格尺寸,并且安装位置正确。验收过程中,应重点检查接触线的张力、高度、拉出值等技术参数,以及悬挂部件的紧固程度和绝缘装置的状态。任何不符合标准的地方都必须立即进行整改,以确保接触网的安全运行。此外,为了提高设计与安装质量,还可以采取一些额外的措施。例如,可以引入先进的计算机辅助设计软件,对接触网进行精确的设计和模拟分析,以优化其性能和结构。同时,还可以加强对安装人员的培训和管理,提高他们的专业技能和质量意识,确保接触网的安装质量达到最高标准。

2.2 加强日常维护与检修

为了确保电气化铁路接触网的稳定运行,必须加强日常维护与检修工作。通过定期检查、重点监测和环境管理等多方面的措施,及时发现并处理潜在故障,降低故障发生率,保障列车的安全运行。在定期检查方面,需要制定详细的计划,包括巡视处理和状态检修。巡视处理是指定期对接触网进行巡视,检查各部件的状态和连接情况,及时发现并处理松动、脱落等潜在问题。状态检修则是在巡视的基础上,对接触网进行更深入的检查和测试,评估其整体性能和状态,预测可能出现的故障,并进行相应的预防性维修。除了定期检查,还需要对故障高发区域和薄弱设备实施重点监测。这些区域和

设备由于设计、安装或运行环境等因素,更容易出现故障。通过设置监测点,采用状态监测技术,可以实时掌握其运行状态,及时发现并处理异常情况。例如,在跨越电力线的区段,可以设置张力监测点,实时监测接触线的张力变化,防止因张力过大导致断线故障。环境管理也是加强日常维护与检修的重要一环。恶劣的气候条件会对接触网造成严重影响,如冻雨天气会导致弓网表面结冰,大风天气可能引发树木倒塌等。因此,在恶劣气候条件下,需要加强巡视力度,及时发现并处理因环境因素导致的潜在故障。例如,在冻雨天气下,可以及时对弓网表面进行除冰处理,防止冰层过厚导致放电故障;在大风天气下,可以清理线路周围的树木和异物,防止其倒塌或撞击接触网。

2.3 引入先进技术与设备

为了进一步提升电气化铁路接触网的可靠性和安全性,需要积极引入先进技术与设备。通过应用自动监控系统 and 新型材料,可以实现对接触网的实时监测和故障预防,有效降低故障发生率。在自动监控系统方面,可以依托计算机系统与信息化技术,构建弓网自动监控系统。该系统通过安装传感器和摄像头等设备,实时监测弓网的运行状态,包括接触线的张力、高度、拉出值等关键参数,以及弓网的接触情况和磨损程度。一旦发现异常或潜在故障,系统会自动报警并发送通知,以便维护人员及时进行处理。这样,可以实现对弓网的全方位、实时监控,大大提高故障响应速度和处理效率。除了自动监控系统,新材料的应用也是提升接触网性能的重要手段。针对接触网易磨损、易损坏的问题,可以选用耐磨损、硬度高的新材料来制作接触线和汇流排等关键部件。这些新材料具有更好的耐磨性和抗腐蚀性,能够有效延长接触网的使用寿命。同时,还可以优化汇流排和中间接头的连接技术,采用更先进的焊接或紧固方式,减少螺栓损坏和松动等问题的发生。这样,可以进一步提升接触网的稳定性和可靠性^[3]。具体来说,在新材料应用方面,可以考虑采用高强度、高导电性的铜合金或铝合金材料来制作接触线,以提高其耐磨性和导电性能。同时,对于汇流排和中间接头的连接部分,可以采用先进的焊接技术或紧固装置,确保连接的牢固性和稳定性。此外,还可以考虑在接触网的关键部位涂覆一层防腐涂料,以提高其抗腐蚀性能和使用寿命。

2.4 完善管理与应急机制

为了确保电气化铁路接触网的稳定运行,必须致力于完善管理与应急机制。这不仅涉及严格执行管理制度,还包括加强应急抢修能力,从而有效降低故障发生

率，并在故障发生时能够迅速恢复供电，全面保障列车的正常运行。在管理制度方面，应严格执行接触网零部件的出入库及上网前检查制度。这一制度的核心在于对所有接触网零部件进行严格的入库检验，确保其质量、规格和性能均符合相关标准。在零部件出库前，需进行二次检查，以确保在存储和搬运过程中没有发生损坏或产生缺陷。更进一步，在零部件实际安装到接触网上之前，还应进行最后的细致检查，以确保其安装前的状态完全良好，无任何隐患。通过这一系列的严格检查制度，我们可以有效杜绝因材质不良、制造缺陷或零部件损坏而导致的接触网故障，从而显著提升接触网的运行稳定性和可靠性。除了健全的管理制度，还应制定一套完善且具有可操作性的应急抢修方案。这套方案需要针对接触网可能发生的各种故障，如支柱折断、接触线断线、绝缘子破裂等，制定详细的应急处理流程。这些流程应涵盖故障的发现、报告、现场确认、抢修实施以及恢复供电等各个环节，并确保每个环节都有明确的操作指导和责任人。为了确保抢修工作的顺利进行，还应配备一支专业的抢修队伍，并为他们提供必要的抢修设备和工具。抢修队伍成员应定期进行专业技能培训 and 实战演练，以提高他们应对各种突发故障的能力和效率。同时，抢修队伍还应与相关部门保持紧密的沟通与协作，以确保在故障发生时能够迅速响应并有效处置。在应急抢修方案中，还应特别考虑如何快速恢复供电，以最大程度地减少故障对列车运行的影响。例如，在接触线断线的情况下，可以采取临时接线的方式，先恢复列车的供电，然后再进行正式的抢修工作，以彻底修复故障并恢复接触网的正常运行状态。这种灵活且高效的应急处理策略可以显著减少故障对列车运营秩序的干扰，保障列车运行需求。

2.5 环境适应性增强

电气化铁路接触网作为露天设备，长期暴露在自然环境中，其运行环境复杂多变。为了增强接触网的环境适应性，必须采取有效的防雷击措施，并针对特定环境进行适应性改造，以延长设备的使用寿命。在防雷击措施方面，安装避雷设施是关键。避雷设施包括避雷针、避雷线和避雷器等，它们能够有效地将雷电引入地下，

从而保护接触网免受雷击的损害。避雷设施的选择和设计应根据当地的雷电活动情况和地理环境进行，确保其能够有效地发挥作用。同时，避雷设施的安装和维护也应符合相关的技术标准和规范，以确保其长期稳定运行^[4]。除了防雷击措施，针对特定环境的适应性改造也是增强接触网环境适应性的重要手段。例如，在高寒地区，接触网设备可能会受到低温的影响而出现冻结、开裂等问题。因此，可以采用特殊的防寒材料对设备进行包裹，或者安装加热装置来保持设备的温度。在高盐雾地区，接触网设备可能会受到盐雾的腐蚀而损坏。因此，可以采用耐腐蚀的材料来制作设备，或者在设备表面涂覆一层防腐涂料来保护其免受盐雾的侵蚀。此外，为了进一步增强接触网的环境适应性，还可以考虑采用智能化的监测和控制技术。通过安装传感器和监控设备，可以实时监测接触网的状态和环境参数，如温度、湿度、风力等。一旦发现异常情况，系统可以自动报警并采取相应的措施来保护设备。同时，通过对监测数据的分析和处理，还可以优化设备的运行和维护策略，提高其适应性和可靠性。

结语

电气化铁路接触网的稳定运行是保障列车安全高效运行的关键。通过深入分析接触网常见故障及其成因，并结合当前技术与管理手段提出一系列防范措施，可以有效降低接触网故障率，提升电气化铁路的整体运行水平。未来，随着技术的不断进步和管理体系的不断完善，电气化铁路接触网的可靠性和安全性将得到进一步提升。

参考文献

- [1]刘习文.基于电气化的铁路接触网故障分析与防范研究[J].中国设备工程,2020,(23):37-38.
- [2]何艳萍.电气化铁路接触网故障原因及防范措施[J].四川建材,2020,46(07):219-220.
- [3]程龙.电气化铁路接触网故障分析及防护措施分析[J].数码世界,2019,(04):261.
- [4]秦龙.电气化铁路接触网弓网故障分析与防控[J].中阿科技论坛(中英文),2020,(08):63-66.