

# 10kV 配电线路架空线夹腐蚀机理分析与防氧化接触不良故障措施探讨

李鸿义 魏旭东

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**【摘要】**：架空线路中的线夹因长期暴露在自然环境中，容易受到腐蚀，导致接触不良及设备故障，影响电力系统的稳定性。通过分析 10kV 配电线路架空线夹的腐蚀机理，探讨其产生的原因及防护措施，研究发现腐蚀主要与环境因素、材料选择及维护管理等有关。提出针对性措施，包括使用抗氧化涂层、加强定期检查及合理选择线夹材料等，从源头减少腐蚀问题，提升电力线路运行的可靠性与安全性。研究成果为相关设施的运维管理提供了技术指导。

**【关键词】**：10kV 配电线路；架空线夹；腐蚀机理；防氧化；接触不良

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.039

## 引言

架空配电线路是现代电力系统的重要组成部分，但由于长期暴露在恶劣环境下，线路设备的老化与腐蚀问题成为影响电力供应稳定性的重要因素。特别是架空线夹，在承受风吹雨打、温差变化等自然因素的同时，极易出现腐蚀现象。腐蚀引发的接触不良问题，会直接影响到电力设备的运行效率，甚至可能导致电力事故的发生。有效防治腐蚀与接触不良，成为确保配电线路安全运行的关键。针对这一问题，通过分析腐蚀机理并提出有效的防护措施，不仅能延长设备使用寿命，还能提高电力系统的稳定性，为电力设施的管理和维护提供切实可行的解决方案。

## 1 架空线夹腐蚀现象及其影响因素

### 1.1 腐蚀的环境条件分析

电力线路通常位于露天环境中，暴露于温度、湿度、风力等自然因素的变化中。空气中的氧气和水分，特别是在潮湿或多雨的地区，会加速金属表面的氧化反应。工厂废气、盐雾以及其它化学污染物的存在，也能进一步加剧腐蚀过程。在沿海地区，空气中的盐分对金属的腐蚀作用尤为显著，盐分不仅加速金属表面氧化，还容易形成电解质溶液，从而降低材料的抗腐蚀性能。电力设施通常处于这些环境条件下长时间运行，造成了腐蚀速率的增加，最终影响其结构的稳定性和使用寿命。

### 1.2 材料选择对腐蚀的影响

材料的选择直接决定了架空线夹抵抗腐蚀的能力。常见的金属材料如铝合金、钢铁等，虽然具备一定的机械强度，但其表面在长期暴露于空气和水分的环境中容易形成氧化膜，导致腐蚀<sup>[1]</sup>。不同材质的腐蚀速率差异明显，高强度钢和不锈钢等材料相对具有较强的抗腐蚀性能，但成本较高。因此，选择适合的材料并采取相应的防护措施是预防腐蚀的重要手段。材料的表面处理技术，如镀锌、涂层等，也能显著提高材料的抗腐蚀性。材质的优化与合理应用，将直接影响到架空线夹的使用

寿命和电力系统的稳定性。

### 1.3 腐蝕导致的接触不良及后果

腐蚀的发生直接导致了架空线夹接触不良，尤其是在金属表面出现氧化物的情况下，金属间的接触电阻大幅增大，导致电流传导不畅。接触不良不仅会影响电力的稳定供应，还会加速设备的局部过热，引发火灾等安全隐患。腐蚀引起的接触不良也会增加系统的能耗，降低电力设备的工作效率，长期积累可能导致设备的彻底失效。腐蚀引发的故障在初期难以察觉，通常需要较长时间的运行才会显现出来，往往导致更为严重的损失。因此加强对腐蚀问题的研究，及时发现接触不良，并采取有效措施进行预防，是保证电力系统安全与稳定运行的关键。

## 2 腐蚀机理的深入分析

### 2.1 腐蚀过程中的电化学反应

腐蚀的电化学过程通常由两个相反的反应组成，一个是还原反应，另一个是氧化反应。在金属与电解质接触时，电流通过金属导体流动，在金属表面形成电化学腐蚀电池。在腐蚀过程中，金属表面失去电子并溶解为金属离子，这一过程称为阳极反应。另一方面，电子会通过外部电路流向阴极区域，在该区域发生还原反应，通常为水中的氧气还原为氢氧根离子。金属表面的氧化物或氢氧化物会随着时间积累，形成腐蚀产物。此电化学腐蚀过程持续进行，不仅消耗金属材料，还导致结构的退化。腐蚀的速度和程度与电解质的浓度、金属的种类及环境的电化学特性密切相关，电化学反应的作用是影响腐蚀速率和腐蚀形态的关键因素。

### 2.2 氧化与水分对金属表面的侵蚀作用

水分和氧气对金属表面的侵蚀作用不可忽视。金属表面的氧化通常是由水分与空气中的氧气反应所引发的。水分与金属表面反应生成氧化物，这些氧化物常常是腐蚀的初期阶段，随后形成一层钝化膜。尽管钝化膜可以对金属起到一定的保护作用

用,但在潮湿环境中,这层膜往往不稳定,易被破坏,暴露出金属基体,导致更深层次的氧化反应发生。水分不仅能促进金属的氧化,还通过渗透到金属表面微小裂缝中,进一步加剧腐蚀进程<sup>[2]</sup>。酸性或碱性水溶液的存在会加速电解质的形成,增强电化学反应的发生,从而导致金属更容易腐蚀。水分与氧气的长期接触使得金属表面逐渐失去原有的机械性能和导电性能,影响配电设备的稳定运行。

### 2.3 温湿度对腐蚀速率的影响

温湿度对腐蚀速率的影响具有显著作用。高温条件下,水分的蒸发速率加快,空气中的水蒸气浓度也随之增加,这导致金属表面的氧化反应加速。温度升高时,金属的化学反应活性增加,腐蚀速率相对较快。在低温环境中,水分虽然没有蒸发,但温度变化引起的凝结现象同样能导致金属表面水膜的积聚,这也为腐蚀提供了有利条件。湿度增加时,水分在空气中的浓度升高,金属表面水分积聚,促进了氧化反应的加剧。尤其在高湿度环境下,腐蚀产物的形成速度显著提高,金属表面会持续受到侵蚀。温湿度变化与环境中的氧气浓度、酸碱度等因素相互作用,决定了腐蚀反应的速度和严重程度,温湿度的变化直接影响到架空线路设备的腐蚀程度和使用寿命。

## 3 防氧化措施与技术手段

### 3.1 抗氧化涂层技术的应用

抗氧化涂层技术是防止架空线夹及其它金属部件腐蚀的重要手段。通过在金属表面涂覆一层特殊的抗氧化涂层,能够有效隔离金属表面与外界环境中的氧气、水分以及其它腐蚀性物质的接触。这些涂层不仅能够提高金属的耐腐蚀性能,还能够延缓金属表面氧化膜的形成与损坏。常见的涂层包括环氧树脂、聚氨酯以及铝粉涂层等,这些涂层能够在不同环境条件下保持较强的附着力和耐久性。特别是在沿海地区,使用富锌涂层作为抗氧化涂层,能有效提高金属的抗盐雾腐蚀能力。涂层的厚度、均匀性及耐磨性都会直接影响防护效果,在实际应用中,必须根据不同的环境条件选择合适的涂层材料,并定期检查和修复涂层的完整性,以确保持续的防腐效果。

### 3.2 选择耐腐蚀材料

选择合适的耐腐蚀材料对于延长架空线路设备的使用寿命至关重要。耐腐蚀材料具备更强的抗氧化性和耐久性,可以有效降低设备遭受腐蚀的风险。在配电线路中,常采用不锈钢、铝合金以及合金铜等材料,这些材料具有较强的耐腐蚀性,能够在长期暴露于大气环境中维持其性能。采用合金材料或对金属表面进行镀层处理,能够进一步增强其抗腐蚀能力<sup>[3]</sup>。对于特殊环境中的设备,使用耐腐蚀材料的效果尤为显著。在沿海盐雾较重的地区,选择不锈钢或铝合金能显著降低由于盐雾引发的腐蚀现象。合适的材料选择不仅能提升设备的耐久性,还能减少维护频率和成本,提高电力系统的运行稳定性。

### 3.3 外部环境管理与优化

外部环境管理和优化是防止腐蚀的重要手段。电力设施在不同地区运行时,面临着不同的自然环境条件,如高温、高湿、盐雾等,直接影响腐蚀进程。通过对设备所在区域的环境条件进行管理和优化,可以有效减缓腐蚀的速度。在高湿度地区,可以通过定期的清洗和干燥处理,减少设备表面水分积聚,降低腐蚀风险。在沿海地区,则需要采取防盐雾措施,包括定期清洁设备表面的盐分和污染物,降低盐雾对金属的侵蚀。对于城市电力设施,避免过多的空气污染也是优化环境的一种方式。加强电力设施的防护网建设,合理设置设施布局,避免环境因素对设备造成过大影响,通过环境管理来减缓腐蚀的发生,已成为保障配电网长期稳定运行的重要措施。

## 4 接触不良故障防治措施

### 4.1 定期检查与维护制度的建立

定期检查与维护制度的建立是防止接触不良故障的关键。电力系统中的架空线夹常因长时间使用而出现接触不良,尤其在恶劣的环境条件下,腐蚀或机械损伤可能导致接触不良问题的产生。为了确保线路的长期稳定运行,必须制定严格的定期检查计划,包括对所有连接部件的电气接触情况进行检查,及时发现松动、腐蚀等问题。检查内容应包括金属表面氧化物的积聚、腐蚀部位的监测及线夹的机械磨损情况。应建立动态的维护记录系统,通过定期检查与数据对比分析,追踪每个部件的使用状态,提前发现潜在问题,防止由于接触不良而引发的设备故障。建立完善的检查制度,不仅能提高故障的预警能力,还能延长电力设备的使用寿命。

### 4.2 检测技术的改进与应用

技术的发展,检测技术在电力系统中的应用已逐步提高,尤其是在检测接触不良故障时,现代检测技术提供了更多高效、精确的手段。红外热成像技术、超声波检测技术以及电气绝缘测试技术,都可用于检测接触不良引起的温升、振动及电气性能变化。通过对接触点进行热成像检测,能够快速识别电流密集区域的温度异常,及早发现接触不良带来的热损失<sup>[4]</sup>。超声波检测则通过高频振动波检测金属连接处的微小裂纹或松动状态,帮助提前发现潜在的接触不良问题。结合智能监控系统,可以实时监测设备运行状态,通过数据分析判断是否存在接触不良的风险,极大提高了设备的故障诊断精度和效率。

### 4.3 故障预防与应急响应

故障预防与应急响应是保障电力系统稳定运行的必要措施。接触不良引发的故障往往具有突发性和严重性,影响电力系统的安全性。建立完善的故障预防机制是至关重要的。预防措施包括加强电力设备的防护设计、选择合适的接触材料并定期检查、定期进行接触点清洁以及加强抗氧化涂层的应用等。针对可能发生的故障,还应制定科学的应急响应方案。当出现

接触不良的异常现象时，应立即启动应急响应机制，进行现场检查和故障排除。应急响应系统应具备快速响应和现场修复的能力，减少故障对系统的影响。建立故障案例库和知识共享平台，可以帮助人员在类似情况下快速定位问题，提供经验借鉴，进一步提高应急响应的效率和准确性。

## 5 提升配电网安全性与稳定性的综合措施

### 5.1 预防性维护的实践意义

预防性维护通过定期检查和维护设备，能有效降低故障发生率，延长配电网的使用寿命。对于架空线路和连接设备，早期识别潜在问题可以防止设备老化和腐蚀等因素引起的故障。通过对关键部件的动态监测，结合预测性分析，能够在设备出现明显损耗之前进行更换或修复，减少停运时间和运营成本。预防性维护不单是对设备的简单检查，而是基于设备实际运行状态的优化管理，考虑到设备运行环境和负荷变化等因素，从而提高系统的稳定性。通过加强预防性维护的应用，不仅可以确保电力供应的连续性，还能提高电力设施管理的效率与可靠性。

### 5.2 技术创新与发展方向

技术创新是提升配电网安全性和稳定性的核心动力。随着智能化、自动化技术的发展，配电网系统逐步引入了实时监控、数据分析和自愈技术。通过大数据与人工智能的结合，电力公司可以更加精准地预测设备故障，提前进行设备状态评估和风险预警<sup>[5]</sup>。自愈技术的应用可以在故障发生的第一时间自动隔

离故障点，恢复系统的稳定运行。未来，物联网技术的广泛应用将使设备监测变得更加全面和精细，全面提高配电网的抗干扰能力和故障响应速度。技术创新推动了配电网向着更加高效、安全的方向发展，增强了电力系统的智能化水平和应急处理能力。

### 5.3 综合管理策略的实施与优化

综合管理策略的实施旨在系统化、全面地提升配电网的运行效率和安全性。在设备管理、维护、检查各环节上，通过引入智能管理系统，能够实现数据的共享与实时更新，为管理人员提供决策依据。优化后，管理系统能自动识别设备的健康状况、运行环境和负荷变化，从而精准制定维护计划，合理调配资源。在运营管理方面，全面强化风险评估机制，及时发现潜在隐患，采取预防性措施，避免问题扩大。通过优化管理流程、强化协作机制和提升技术支持，能够在保证配电网正常运行的同时，提升整体运维效率，确保电力系统的高效、稳定和安全。

## 6 结语

架空线夹的腐蚀和接触不良问题直接影响配电网的安全运行。通过分析腐蚀机理、采用防腐技术、强化检查与维护措施，可以有效提升配电网系统的稳定性与安全性。随着技术的不断进步，智能监控、材料创新及综合管理策略的应用将为电力系统的持续优化提供强有力的支持。实施有效的防护措施是确保电力设施长期高效运行的关键。

## 参考文献：

- [1] 公鑫,张敏.10kV 配电网架空线路电缆敷设安装施工技术研究[J].电气技术与经济,2025(5):81-83.
- [2] 樊江川,吴豫,于昊正,孙义豪.基于智能算法的 10 kV 配电网线路损耗估计方法设计[J].电子设计工程,2025,33(7):117-121.
- [3] 周章良.10kV 配电网架空线路电缆敷设安装施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(12):184-187.
- [4] 凌宏卫.10kV 配电网架空地线配置方法研究[J].电力设备管理,2025(5):212-214.
- [5] 何昊晨,阳林,梅璐璐,林心昊,陈卉义,徐铭.10 kV 配电网覆冰厚度超声间接检测系统[J].工业仪表与自动化装置,2025(5):7-11+70.