

配电线路运行安全隐患及防范措施

代 鹤

国网平凉供电公司 甘肃 平凉 744000

摘 要：配电线路长期运行于复杂户外环境，受自然侵蚀、设备老化、负荷波动及运维疏漏等多重因素叠加，安全隐患持续积累。本文从外部环境、设备本体、运行负荷及施工维护四个维度梳理隐患类型，剖析自然环境侵蚀、设备老化与管理缺位等成因，揭示绝缘退化、接头过热、外力破坏及隐患叠加对供电稳定性的影响路径，并从巡检机制完善、设备更新改造、运行环境治理及智能化监测应用四个层面提出防范措施，为提升配电线路安全运行水平提供参考。

关键词：配电线路；安全隐患；运行稳定性；防范措施

引言：配电线路作为电能分配与输送的末端载体，直接关系区域供电的连续性与可靠性。线路长期暴露于户外，承受气象变化、植被侵袭、负荷波动等多重扰动，设备本体随运行年限增长逐步老化，运维环节的疏漏又使微小缺陷持续累积。多类型隐患交织叠加，显著削弱线路运行稳定性。系统梳理隐患类型、深入分析成因机制、明确防范路径，对保障配电网安全平稳运行具有重要的现实意义。

1 配电线路运行安全隐患的类型与分布特征

1.1 配电线路外部环境引发的安全隐患

配电线路多布设于户外开放空间，长期暴露在复杂自然环境中，各类自然因素会持续对线路运行状态产生不良影响。极端天气带来的强风、暴雨以及雷电天气会对线体结构与附属装置产生持续侵蚀，改变线路运行的稳定状态。区域内植被的无序生长会逐步贴近线路通道，挤占安全运行空间，增加线路接触遮挡与放电故障的发生概率^[1]。沙尘、雾霾等恶劣大气环境会持续附着于绝缘子及线路表层，积累污秽物质，弱化绝缘性能，提升漏电与短路的发生概率。野外鸟类的频繁活动会造成线路搭接异物、设备沾染污物等问题，逐步形成隐蔽性安全风险。

1.2 配电线路设备本体存在的安全隐患

配电线路各类设备构件会随运行时长增加出现常态化损耗，逐步滋生各类运行风险。导线长期承受张力与环境侵蚀，会出现表层老化、材质脆化以及磨损变薄等状态变化，降低结构耐受能力。绝缘子长期承载电气负荷与环境侵蚀，会出现绝缘性能衰减、表层开裂与结构破损等问题，弱化线路整体绝缘水平。杆塔及配套金具会逐步出现锈蚀、松动与老化退化，降低整体支撑稳定性。设备内部结构的隐性损耗难以通过常规巡查及时识别，

会让隐患长期处于潜伏状态，持续影响线路稳定运行。

1.3 配电线路运行负荷引发的安全隐患

电网用电需求的动态变化会让配电线路承载的运行负荷产生波动，异常负荷状态会干扰线路运行稳定性。用电高峰阶段出现的负荷攀升会让线路承载压力大幅提升，引发线路温度升高、能耗增加等运行问题。长期处于偏高负荷区间的线路会加速各类构件老化速度，缩短设备正常使用周期。负荷分配不均衡会造成局部线路承载压力过大，打破线路运行的平衡状态，提升故障发生的可能性。频繁的负荷波动会让线路电气参数处于不稳定状态，持续损耗线路运行性能。

1.4 配电线路施工与维护环节遗留的安全隐患

线路架设施工与日常维护开展过程中的不规范操作，会为后期运行留存持续性安全风险。施工阶段的装配精度不足、构件安装不标准等操作问题，会改变线路结构受力状态，埋下长期运行隐患。维护工作开展不够细致会造成局部缺陷未能及时处理，微小损伤逐步累积为严重故障。维护流程落实不够细致会出现部件紧固不到位、设备调试不规范等问题，影响线路运行的稳定性。施工与维护阶段留存的隐性问题具备较强隐蔽性，会在线路长期运行过程中逐步显现，干扰电网平稳运行。

2 配电线路安全隐患的成因分析

2.1 自然环境因素对线路安全运行的持续侵蚀

配电线路布设范围覆盖多种地形地貌，长期暴露在露天环境中，持续接受各类自然条件的持续作用。大气中漂浮的粉尘、杂质与潮湿水汽会不断附着在线路设备表层，日积月累形成污秽堆积，弱化绝缘结构的防护能力^[2]。多变的气象条件会反复冲击线路主体结构，温度的冷热交替会促使线路材质产生疲劳变化，逐步降低设备耐受性能。风力作用会带动导线产生往复摆动，加剧构

件磨损与连接部位松动问题。各类自然侵蚀具备长期性与持续性特征,缓慢损耗线路运行性能,逐步催生各类安全隐患,影响配电网络稳定运行状态。

2.2 设备老化与维护缺位对隐患积累的推动作用

配电线路各类电力设备存在固定使用年限,长期运行状态下会自发出现材质退化与性能衰减。导线、绝缘子、金具等核心构件的老化进程无法逆转,物理强度与电气性能会随运行时长逐步下降。常规运维工作若无法匹配设备老化节奏,会让各类微小缺陷得不到及时处置。运维工作存在的疏漏会让设备损耗问题持续留存,轻微损伤不断叠加累积。老化进程与运维短板形成叠加影响,加速线路隐患的滋生与扩张,让局部设备缺陷逐步演变为影响整体线路运行的安全风险。

2.3 运行管理环节的疏漏对安全风险的放大效应

配电线路运行管控体系的执行细节,深刻影响线路安全风险管控水平。日常巡检工作落实不够细致,会造成隐蔽性缺陷无法被及时察觉。运维工作计划排布不够科学,会出现重点线路与薄弱设备巡检频次不足的问题。管控流程执行不够规范,会让各类标准化运维举措流于形式,无法有效阻断风险扩散路径。管理层面的细节疏漏会弱化风险管控力度,原本轻微的设备问题与运行偏差会不断加重,持续放大线路整体运行的不安全状态。

2.4 外部人为干扰对配电线路安全状态的破坏机制

电力线路通道周边的各类人类生产活动,会持续对线路运行状态产生负面干扰。区域内绿植违规种植、搭建施工等行为会逐步侵占线路安全防护空间,破坏线路运行的安全边界。部分户外作业行为会意外触碰线路配套设施,造成设备结构损伤与线路运行异常。民众安全防护认知不足,会出现各类影响线路运行的不当行为,持续扰动配电线路的稳定运行环境。各类人为干扰具备随机性与突发性,直接破坏线路设备结构与运行条件,持续降低配电网络的安全运行水平。

3 配电线路安全隐患对运行稳定性的影响路径

3.1 线路绝缘性能退化对供电连续性的威胁方式

绝缘体系是配电线路隔绝漏电、阻隔电气故障的核心载体,绝缘性能的持续衰退会逐步瓦解线路安全运行的基础条件^[3]。户外线路长期接触污秽介质与潮湿空气,绝缘表层会出现渗透性损耗,材质绝缘属性逐步衰减。电气负荷长期作用会加速绝缘材质老化,让线路抵御电压波动的能力持续下降。绝缘性能不足的线路在恶劣天气或负荷波动场景下,极易出现闪络放电等电气异常。这类隐性故障会干扰电能平稳传输,造成供电过程出现间断或波动问题。绝缘退化带来的电气风险具备反复出

现的特征,持续干扰电网正常供电节奏,破坏供电体系的连续运行状态。

3.2 接头过热与弧光放电对线路结构的损伤过程

配电线路各类接驳接头是电能传输的关键节点,接触面氧化、紧固状态松动都会造成接触电阻异常增大。电阻数值异常升高会催生热量堆积现象,让接头区域温度持续攀升。高温环境会持续灼烧线缆绝缘层与导体材质,造成线路表层防护结构破损、导体截面损耗。温度突破临界数值后会触发弧光放电现象,高温电弧会直接侵蚀线路金属结构与配套金具。持续的热损伤与电弧侵蚀会逐步弱化线路结构强度,造成局部线路永久性损伤,逐步降低配电线路整体运行承载能力。

3.3 外力破坏对配电网络拓扑完整性的冲击表现

配电网络依靠规整的拓扑结构实现电能的有序输送与合理分配,结构完整是电网稳定运行的重要前提。工程施工、植被侵袭、外物撞击等外部干扰会直接作用于线路、杆塔等核心设施。外力冲击会引发导线移位、杆塔倾斜、金具脱落等物理损伤,打乱原有电网架构布局。局部线路结构受损会破坏网络传输通路,打乱电能分配节奏。电网拓扑结构出现缺损后,线路冗余调节能力会大幅下降,电网抵御运行波动的能力持续减弱,整体运行体系会呈现脆弱化特征。

3.4 隐患叠加效应对区域供电可靠性的削弱路径

单一安全隐患对配电线路的影响范围相对有限,多种隐患相互交织会形成联动负面作用,持续拉低供电运行质量。设备自然老化、环境持续侵蚀、轻微外力损耗等问题会相互叠加,加速各类缺陷的恶化速度。局部微小故障会在多重隐患作用下快速扩散,单点异常能够蔓延至整条线路乃至片区电网。隐患叠加形成的复杂故障问题,会增加电网自我调节与自主修复的难度。长期积累的复合型风险会持续压缩电网安全运行空间,降低区域供电的平稳程度,深度削弱配电网络整体运行的可靠属性。

4 配电线路运行安全隐患的防范措施

4.1 配电线路巡检制度与隐患排查机制的完善

配电线路长期处于复杂户外场景运行,各类隐性缺陷会随运行时长逐步累积,科学完善的巡检体系是阻断风险滋生的基础手段。运维工作开展过程中,需要结合线路铺设区域环境条件、设备运行年限以及负荷波动特征,细化巡检工作的执行标准与工作内容^[4]。针对城郊开阔区域、乡村林区以及工业负荷集中区域的不同线路,调整巡查精细程度与工作频次,适配不同场景的风险分布特点。细化巡检工作的覆盖范围,将杆塔结构状态、

线路连接部位、绝缘表层状态以及通道环境变化全部纳入日常巡查范畴。优化隐患排查的处置流程,建立缺陷分类梳理与分级处置的工作模式,针对不同严重程度的线路缺陷匹配对应的处置流程。明确各岗位运维人员的工作权责,强化巡检工作落地的执行力,杜绝巡查疏漏与流程敷衍的问题。常态化的制度优化可以持续提升隐患识别精度,实现各类线路缺陷的早期干预,稳步提升配电线路运行的安全基底。

4.2 线路设备更新改造与防护装置的配置优化

设备性能衰减是诱发配电线路故障的核心因素,常态化的设备升级与防护优化能够有效夯实线路运行基础。结合设备运行年限与性能衰减状态,有序推进老旧导线、老化绝缘子、锈蚀金具等部件的迭代更换。依据区域运行环境特征选用适配的高性能设备材质,提升线路设备抵御环境侵蚀与电气损耗的能力。针对接头过热、绝缘破损等高频故障点位,优化设备装配工艺,强化线路连接部位的贴合度与稳定性。科学布设各类防护装置,强化线路绝缘防护、防雷防护与防磨损防护能力。持续优化设备配置结构,淘汰性能落后、稳定性薄弱的老旧设备,全面提升配电线路整体设备的耐受性能与运行稳定性。

4.3 运行环境治理与外力破坏防控体系的构建

户外配电线路的运行状态极易受到外部环境与人活动干扰,系统化的环境治理与风险防控能够从源头削减外部安全风险。定期开展线路通道专项整治工作,及时清除线路覆盖范围内的超高绿植、漂浮杂物以及堆积障碍物,规整线路专属运行空间,规避外物接触引发的放电与短路问题。持续规范线路沿线区域的生产作业行为,严控施工挖掘、机械作业等活动对线路设施造成的物理损伤。搭建常态化的沿线安全管控模式,加强重点区段的日常看管力度,提升外部风险的管控强度。持续开展线路安全防护宣传工作,加深沿线群众与作业人员对电力设施防护的认知,减少主观疏忽引发的线路破坏问题。全方位的环境规整与风险管控可以持续净化线路运行场景,降低外力干扰带来的故障概率。

4.4 配电线路智能化监测与预警技术的应用推进

传统人工运维模式存在监测盲区与时效短板,智能化技术的落地应用能够推动线路安全防控从被动处置转向主动预防。在线路关键节点与重点区段布设智能感知设备,持续采集线路运行温度、负荷流量、绝缘状态等核心运行数据,实现运行状态的动态实时感知。依托数字化数据处理模式完成运行信息的智能分析,精准甄别参数异常波动对应的潜在风险,弥补人工巡查难以识别的隐性缺陷。利用远程监测模式覆盖偏远地段、高空线路等复杂监测区域,消除传统运维模式存在的监测空白。依托智能预警功能实现风险提前提示,为隐患整改与设备维护预留充足处置时间^[5]。持续推进智能监测体系的升级完善,优化数据采集精度与分析逻辑,构建全天候不间断的智能防控模式,全面强化配电线路安全运行的综合保障能力。

结束语

配电线路运行安全隐患具有类型多元、成因复杂、影响路径交织等特征,自然环境侵蚀、设备老化、负荷波动与管理疏漏共同构成隐患滋生的深层土壤。绝缘退化、接头过热、外力破坏与隐患叠加从不同维度削弱供电稳定性,防范工作需覆盖巡检制度完善、设备更新改造、环境治理与智能监测应用等多个层面。将智能化技术融入运维管控体系,能够有效提升隐患识别的精准度与处置的时效性,为配电线路安全运行提供可靠的技术支撑。

参考文献

- [1]叶培俊,陈杰,傅斌.电力送电线路工日常巡检中的安全风险与防范措施研究[J].模型世界,2026(4):192-194.
- [2]张志斌.输配电及用电工程线路安全运行管控措施研究[J].文渊(小学版),2023(10):256-258.
- [3]龚惠,张珊珊,袁慧.关于电力配电线路的运行维护分析及故障排除技术探讨[J].数字化用户,2021(51):98-100.
- [4]文全.新形势下输配电及用电工程线路安全运行研究[J].自动化应用,2024,65(z2):133-135.
- [5]张博柯.配电网存在的问题及配电线路安全运行管理措施[J].工程建设与发展,2024,3(12):234-236.