10kV架空配电线路常见故障原因分析与运维防范措施研究

洪　鸣
广东天汇综合能源服务有限公司　广东　湛江　524001

摘　要：10kV架空配电线路常年置于露天环境，气象侵蚀、构件老化、外来外力干扰以及现场作业遗留问题，都会引发线路运行异常。单相接地、相间短路等故障反复出现，直接扰动配网供电的稳定状态。本文剖析故障产生的各类诱因，区分不同故障呈现的实际特征，阐述现场排查与故障处置的实操流程，从环境防护、部件养护、外力防范、作业管控几个方向落实防控办法，降低故障出现概率，保障配网线路平稳运转。

关键词：10kV架空配电线路；线路故障；故障处置；通道运维；配网防控

引言：在配网架构里，10kV架空配电线路负责大面积的电力输送，线路敷设跨度大，沿途环境条件参差不齐。各类外部影响持续作用于线路本体，一旦故障爆发就会造成局部停电，对企业生产和居民日常用电造成影响。线路故障的处理效率，还有日常运维管控质量，都会作用于整体供电水平。正视线路现场运行现状，理清故障产生的各类源头，理顺故障处置流程，落地对应的运维防护手段，可以减少非计划停电现象，夯实配网供电保障基础。

1 10kV 架空配电线路故障成因梳理

1.1 自然环境因素对线路的影响

户外布设的10kV架空配电线路直接暴露在自然环境当中，气象条件变化会持续作用于导线、金具以及杆塔构件。强风天气会带动导线往复摆动，导线和周边物体发生摩擦，表层绝缘结构会逐步遭到破坏。雷雨天气下雷电冲击会向线路传导过电压，击穿绝缘子绝缘性能，引发线路绝缘失效。低温霜冻会在线路构件表面形成覆冰，增大导线自身荷载，杆塔受力状态发生改变[1]。高温环境会加速导线表层材料老化，降低构件耐受能力。

1.2 线路配套部件产生的各类缺陷

绝缘子、金具、导线等部件长期处于运行状态，材料损耗会随运行时间不断累积。绝缘子表面沾染污秽，绝缘性能持续下降，出现闪络放电。金具连接处发生锈蚀，夹持紧固能力逐步衰减，部件之间接触状态发生改变。导线本体出现磨损开裂，导体截面出现损伤。部分部件加工装配阶段留下瑕疵，投入运行之后缺陷持续发展。

1.3 外部外力活动造成线路损伤

线路通道周边开展施工作业，工程机械操作过程当中容易触碰线路本体，对杆塔、导线形成直接撞击。树木生长侵入线路安全距离范围，树枝触碰带电部位，形成导电通路。车辆通行过程当中碰撞杆塔基础，破坏杆塔支撑结构。动物闯入线路作业区域，身体搭接不同带电部位，形成短接通路。

1.4 运维作业过程留存的隐患

开展检修、消缺作业时，构件装配没有达到工艺标准，螺栓紧固力度把控不到位，金具安装位置出现偏移。部件更换作业选用不符合工况要求的构件，装配完成之后没有开展细致核查。线路检修遗漏部分点位，潜藏的问题没有得到处置。停电复电操作环节执行不到位，留下潜在风险。

2 10kV 架空配电线路主要故障表现

2.1 单相接地故障

10kV架空配电线路实际运行当中，单相接地故障发生概率偏高。绝缘子表面积攒污秽，遇上大雾、阴雨天气，绝缘水平快速下降，一相导线对地形成导通通路。导线受到外力触碰，和周边树木、建筑构件发生接触，同样会触发这类故障。故障出现后，故障相电压发生明显偏移，剩余两相电压随之抬升。系统能够维持短时带电运行，保护装置不会直接发起跳闸。故障点位会产生微弱电弧，电弧位置伴随局部发热[2]。电弧燃烧状态并不稳定，会反复熄灭又重新燃起。电弧持续灼烧周边器件，损伤范围会进一步向外扩散。

2.2 相间短路故障

两相或者三相导线之间直接建立电气通路，便会形成相间短路故障。大风吹动导线产生大幅度摆动，相与相之间的导线间距被压缩至临界值，空气绝缘被击穿，就此生成短路通路。金属异物飘落悬挂在两相导线上，直接搭建导电通道。金具断裂脱落，下坠之后搭接不同

相别的导线，也会诱发该类故障。故障爆发瞬间会产生幅值极高的短路电流，冲击线路上各类电气器件。线路保护装置捕捉电流异常信号，迅速执行跳闸动作，切断线路供电。故障点释放大量热能，灼烧导线表层，侵蚀周边金具。高温会破坏导线本体，现场能够观察到导线烧蚀留下的痕迹。

2.3 导线断线故障

导线断线故障会直接打断线路供电链路。导线长期承受机械拉力，不断经受大风来回摆动，内部股丝逐步出现断裂。断股位置不断增多，导线整体承载能力持续降低。覆冰荷载超出导线设计承受上限，导线本体直接被拉断。外部机械撞击、车辆剐蹭带来硬性冲击，直接撕裂导线结构。断线之后，坠落的导线部分接触地面，形成带电危险区域。断线位置迸发电弧，灼烧地面植被或是地表物体。线路保护装置识别电压电流异常，启动跳闸保护。供电通路彻底断开，下游全部负荷失去电力供给。

2.4 线路闪络放电故障

线路闪络放电大多集中在绝缘子部位。绝缘子表面积存粉尘、盐碱类污秽，潮湿环境下表面析出导电膜。电压上升至击穿阈值，绝缘子表层迸发电弧，产生闪络放电现象。雷电过电压传入线路，瞬时高压击穿绝缘子表层空气，诱发闪络现象。闪络发生瞬间会出现明亮电弧，传出放电声响，同步生成高频脉冲信号。短时闪络结束后绝缘条件恢复，线路回归正常运行状态。反复闪络会灼伤绝缘子瓷体或是伞裙，造成不可逆损伤。

3 10kV 架空配电线路故障处理流程

3.1 故障信息收集整理

线路发生故障之后，调度端会接收保护装置动作报文、后台告警信号，还有基层台区反馈上来的停电情况。工作人员调取故障发生前后的运行采样记录，仔细比对电压、电流的变化曲线，捕捉故障爆发瞬间的参数波动特征。梳理这条线路的实际供电范围，分清主干线、分支支线以及各个配电台区的分布走向。对接一线运维班组，接收现场人员反馈的停电现象，记下故障发生的准确时间。查阅故障时段气象记录，掌握当时风力、降雨、大雾等外界环境条件。翻看线路过往作业档案，确认近期有没有开展检修、改造、通道清理这类作业[3]。甄别告警信息，剔除误报信号带来的干扰，筛选出具备参考价值的有效线索。把零散信息梳理汇总，为后续现场排查打下现实依据。

3.2 故障位置查找判别

依托前期收集到的现场信号，逐步缩小故障所处的线路区段。对照保护动作呈现的特征，分辨故障落点处于主干线路还是支线分支。结合分段开关、故障指示器反馈的状态，把排查范围压缩到更小的线路区间。运维人员携带巡检工具奔赴线路通道，顺着线路走向开展徒步逐段巡视。地面巡视条件受限，肉眼很难看清高处构件状态时，操控无人机升空开展空中勘查，近距离观察导线、绝缘子、金具的实际工况。把树木生长侵入通道地段、机械施工临近点位、车辆通行容易剐蹭的区域列为重点核查对象。仔细扫视杆塔周边，搜寻放电灼烧印记、导线烧蚀残迹、构件散落碎片。结合多方面线索排除无异常管段，一步步锁定故障实际发生点位。在现场做好点位标记，摆放警示标识隔离周边区域。

3.3 现场故障的针对性处理

故障点位确认完成，严格执行停电操作，完成挂接临时接地线，把现场安全防护全部落实到位。面对单相接地故障，清理造成接地的外来异物，对已经受损的绝缘子、导线开展更换作业。处理相间短路故障，摘除搭接在导线之间的金属杂物，对烧蚀受损的导线以及配套金具开展修复更换。遇到导线断线情况，切除已经损坏的导线段落，开展导线接续处理或是直接更换整档导线。绝缘子表面留存明显闪络灼伤痕迹，直接拆除损坏构件，装配全新完好绝缘子。树枝侵入线路通道诱发故障，对越限的枝干完成修剪清除。作业推进过程当中留意周边配套构件，发现连带产生的损伤一并处理。清除全部故障诱发源，捡拾带走现场遗留杂物。

3.4 故障处理完成后的检查工作

现场故障处置全部结束，作业人员不会直接提交送电申请。以故障点位作为中心向线路两侧延伸开展细致查验，观测导线实际弧垂状态，核验金具装配情况，确认各处螺栓拧紧到位。观察绝缘子外观状态，排查表面裂纹、破损缺陷，清除表面附着的导电污秽。仔细检查杆塔本体以及配套拉线，确认塔身没有开裂，各个连接部位不存在松动问题。实地复测线路对地、对周边构筑物的安全距离，各项指标满足现场运行标准。撤除作业阶段布设的接地线以及警示防护设施。清点全部工具器材，确认工具配件没有遗留在线路构架之上。逐项完成现场全部核验环节，向调度端如实反馈现场情况，等待送电指令下达。

4 10kV 架空配电线路运维防控实施方法

4.1 自然环境层面防护处理

提前梳理线路途经区域的历年气象数据，标记强风频发、雷暴集中、覆冰高发的重点区段。在强风多发地带，给导线加装防震锤，调整相邻杆塔之间的档距，减

少导线往复摆动的幅度。给易受雷击的杆塔架设独立避雷线，在绝缘子两端并联过电压保护器，削弱雷电冲击传入线路的强度。低温霜冻来临前，提前对覆冰风险较高的线段开展特殊巡检，采用分段融冰的方式逐步消解导线表面冰层。高温季节到来前，对大负荷区段的导线开展温度抽检，及时调整重载线路的负荷分配，避免导线长期在超温状态下运行。在植被稀少的空旷区段，给杆塔基础加装防风加固拉线，降低极端大风下杆塔倾斜的概率。在沿海盐雾覆盖区域，给绝缘子喷涂防污闪涂层，减缓盐碱物质在瓷面沉积速度。山区易滑坡的杆塔点位，提前给基础周边砌筑护坡，避免暴雨冲刷导致杆塔根基松动[4]。强对流天气预警发布后，运维班组提前在重点区段周边待命，故障出现后能第一时间抵达现场处置。高温时段避开正午开展户外巡检，选择早晚气温偏低的时段登杆作业，减少人员中暑风险。

4.2 线路部件管护与检修作业

按季度推进绝缘子污秽度检测，在重污染区域定期开展绝缘子清扫，对瓷质绝缘子开展盐密测试，及时更换零值绝缘子。每两年对全线金具开展一次锈蚀排查，给暴露在潮湿环境里的金具涂刷防锈涂层，对夹持力不足的线夹直接替换。建立导线运行状态台账，记录每一档导线的磨损、断股情况，断股占比超过标准阈值时立刻开展修补或更换。新部件进场前逐件开展绝缘测试和拉力试验，不合格产品直接退回，杜绝带瑕疵的部件上线运行。日常巡检里留意部件运行细节，发现金具移位、导线外层开裂这类小问题，当天就安排消缺，不让小隐患拖成大故障。对运行超过十五年的老旧线路，分批更换耐张段内的锈蚀金具，同步升级为防松动的螺栓结构。用红外热像仪逐段扫描导线接续点位，发现温度异常升高的接头，立刻重新开展压接处理。绝缘子清扫作业避开大雾、阴雨天气，选在空气干燥的晴天开展，清扫完成后复测绝缘电阻，确认数值达标再结束作业。

4.3 外力破坏的对应防控手段

在施工频繁的线路通道周边，加装醒目的防撞警示标识，安排专人在施工高峰期定点值守，提前和施工方交底线路安全管控要求。每年春秋两季集中开展通道清障，修剪距离导线过近的树枝，对生长速度快的树种直接移栽到安全范围外。在临近道路的杆塔底部加装防撞护墩，涂刷高反光警示条，降低车辆误撞杆塔的概率。在鸟类频繁筑巢的杆塔横担上，加装防鸟挡板和驱鸟装置，避免鸟类身体搭接不同带电部位。日常通过社区公告、现场宣讲的方式，向周边居民普及架空线路安全常识，引导群众主动避开线路危险区域。城郊新建工地周边的线路上，加装可视化在线监控摄像头，监控画面直接传回运维班组值班室，发现工程机械靠近线路立刻远程喊话制止。对线路下方的农用塑料大棚、铁皮广告牌，提前和产权方沟通加固方案，避免大风天气下金属构件被卷到导线上。

4.4 运维作业流程优化完善

检修作业前提前核对作业指导书，用扭矩扳手逐组确认螺栓紧固力度，作业完成后安排第二人复检金具安装位置。部件更换完成后，当场开展绝缘电阻测试，确认新部件工况达标再推进后续工序。每次线路停电检修前，提前梳理全线隐患点位清单，按清单逐段核查，不让潜藏问题漏过巡检范围。停电复电操作前，再次核对线路上所有作业班组的撤离情况，确认所有安全措施全部撤除后，再按流程执行送电操作。每季度组织运维人员开展实操技能培训，模拟不同故障场景下的作业流程，逐步提升一线人员的作业规范度。登杆作业前先检查安全带、脚扣的外观状态，确认没有裂纹、磨损再穿戴使用。故障抢修结束后，把故障成因、处置过程详细记录到线路台账里，后续同类型线路巡检时重点关注对应点位。定期梳理过往故障处置记录，总结不同故障的快速排查技巧，缩短后续故障的整体处置时长。

结束语

露天运行环境始终对10kV架空配电线路构成威胁，多数线路故障，都由多重影响因素共同促成。辨识故障形成的各类诱因，认清不同故障的外在特征，规范现场排查和抢修的操作细节，将防护工作融入日常运维各个环节。做好构件养护，隔绝外来破坏，补齐作业环节存在的短板，不断改善线路运行条件，减少停电问题出现，支撑配网供电工作平稳开展。

参考文献

[1]马钒.10kV配电架空线路雷击过电压辨识及故障定位[J].电力设备管理,2024(5):63-65.

[2]柏衡祁,刘玉婷.10kV配电架空线路雷击过电压辨识及故障定位[J].通信电源技术,2023,40(20):217-219.

[3]凌宏卫.10kV配电线路架空地线配置方法研究[J].电力设备管理,2025(5):212-214.

[4]李若寒,蔡亚楠.10kV配电架空线路防雷技术研究[J].仪器仪表用户,2024,31(11):12-14.