

电力电缆运行中故障分析与解决对策研究

闫长祺

国网山西省电力公司太原供电公司

摘要:近年来,我国的电力工程建设有了很大进展,对电缆的应用也越来越广泛。电力电缆具有良好的绝缘性能,占地小且输电安全性高,是我国输变电系统中的重要组成部分。电力电缆能适应多种复杂的工作环境,运行故障率较低,但电缆终端是整个电力电缆线路系统中最薄弱环节,一旦发生故障,不仅处理难度较大、影响正常的电能输送,而且可能会导致故障扩大进而损坏其他设备。本文就电力电缆运行中的故障与解决对策进行研究,采取高效可行的测寻方法及时排除故障,才能保证电力供应的可靠性。

关键词: 电力电缆; 电网安全; 故障分析

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.07.086

引言

在当今社会,人们的生产、生活越来越依赖于电网,电网的安全性在其中占有举足轻重的地位。在电网中,输电线路是电网的重要组成部分,支撑着电网的正常运转。通过对输电线路的试验,得出了导致线路故障的各种因素。为了保证电力线缆的稳定性及安全性,防止由于多种因素引起的各类故障现象的发生。将试验结果与试验技术指标进行比较,得出了影响试验结果的因素。

一、高压电力电缆的基本特性

高压电力电缆的基本特性包括电缆的材料、结构、电气特性、机械特性、热老化特性等。其中,电缆的材料包括铜、铝、钢、铝镁合金等;电缆的结构包括单芯电缆、多芯电缆、控制电缆、电力电缆等;电缆的电气特性包括电阻、电容、电感、电压降等;电缆的机械特性包括抗拉强度、抗弯曲强度、抗拉伸强度等;电缆的热老化特性包括耐热性、耐湿性、耐腐蚀性等。此外,高压电力电缆的试验方法和检测分析也是非常重要的,它们可以帮助我们更好地了解电缆的性能,从而确保电缆的安全使用。高压电力电缆的安装也是非常重要的,它可以帮助我们确保电缆的安全使用。常用的安装方法包括电缆的接头安装、电缆的支架安装、电缆的接地安装等。同时,在安装过程中,还需要注意电缆的护套、接头、支架等的安装,以确保电缆的安全使用。而且,高压电力电缆的维护也是非常重要的,它可以帮助我们确保电缆的安全使用。常用的维护方法包括电缆的检查、清洁、保护等。

二、电力电缆终端故障发生的主要原因

(一) 环境因素

电缆终端发生故障的主要因素之一就是外界环境,如地下管线分布、绝缘受潮等。(1)项目施工过程中未明确地下管线分布,或为了追赶工期盲目施工,导致施工时损伤电力电缆。虽然大多时候工程建筑施工对电缆的破坏不会立即表现出故障问题,但随着电力系统的不断运转、能源的不断消耗,就会导致电力电缆出现严重的故障。(2)绝缘受潮或绝缘老化等。电缆终端绝缘受潮会降低电缆的耐压能力,而导致绝缘受潮的主要原因就是接线头或终端位置密封不良,再加之受到建筑施工的影响,加速了电缆材料的损坏,增加了绝缘受潮的概率。绝缘老化是指绝缘材料本身的性能出现了不可逆的变化,导致电缆绝缘性能不佳。环境因素是导致电力电缆绝缘老化的主要原因,如热老化就是高温状态导致绝缘材料发生过热氧化而发生变化,并影响到材料的物理特性,严重的可能会导致绝缘击穿。

(二) 设计生产问题

(1)绝缘设计问题。一是绝缘偏心,主要是挤出机和冷却水槽之间偏差较大造成的,也可能是机头、模具清理不到位;二是预热温度过低,色母料配比不当,发泡层过度发泡等,导致绝缘层的伸长率小;三是绝缘层与线芯导体之间的黏附性差,或绝缘结构尺寸不符合规范要求。(2)外观不光滑。电缆生产过程中,生产线的运行速度过快,导致模套安装不规范或清理不到位;位于滑槽中的绝缘单线位置不当或出现擦伤;挤出温度过低,过度冷却等,均可能造成外观不光滑,进而影响绝缘性能。

(三) 电压冲击

电压冲击是指突然出现的电压幅度或频率的突变,使电缆受到不良的电气影响,导致电缆出现故障。电力

电缆是电力系统中的重要组成部分，而电压冲击是电力电缆发生故障的常见原因之一。电压冲击通常是电压幅度或频率的突然变化所导致，这种变化可能源于电网的操作、故障、雷击和其他原因。当电压冲击发生时，电缆将会受到高电压的冲击，这可能会导致电缆中的介质被击穿或绝缘材料被破坏，从而引起电缆故障。这些故障可能会严重影响电力系统的正常运行，甚至导致停电和其他问题。

（四）电缆终端头附件本身存在质量问题

电缆终端头本身的质量问题也是导致终端故障的重要因素之一。例如，在运输或安装过程中接头外半导体屏蔽层受到影响，电缆一旦投入运行就会出现电场分布不均的问题；户外电缆终端头接线过程中密封胶圈密封失效，电缆终端头进水，通电后可能会被击穿等。这些电缆终端头本身的质量问题会导致电力电缆在运行过程中出现局部电压产生热量过高的现象，并且随着压力不断提升，最终导致终端头被击穿。

三、电力电缆运行中的常见故障及处理措施

（一）运行故障

（1）单相接地故障。单相接地故障是电力电缆运行中最常见的故障之一。它会导致电缆终端产生高电压，从而对设备和人员产生危害。处理这种故障需要及时发现问题点并采取措施进行处理。首先，需要使用高压电缆测试仪对线路进行检测，以确定故障点；其次，根据故障点的位置采用局部放电检测技术进行进一步确认；最后，需要对故障点进行维修或更换受损部件，以恢复线路的正常运行。（2）其他接地或短路故障。除了单相接地故障外，还可能出现其他接地或短路故障。这些故障会导致线路短路，从而导致电缆终端产生过高的电流，给设备和人员带来危害。为了解决这些故障，首先，需要使用高压测试仪对线路进行检测，确定故障点的位置；其次，可以采用断路器或隔离开关等设备将故障部位与电网隔离开来，防止故障扩大；最后，需要进行维修或更换受损部件，以恢复线路的正常运行。

（3）电缆终端故障。电缆终端故障是电力电缆运行中一种常见故障。它通常是由于电缆终端的连接出现问题或终端防水不当导致的。这种故障会导致电缆终端产生高电压，对设备和人员产生危害。处理这种故障需要先检查电缆终端的连接是否牢固，是否存在松动或接触不良的情况。如果发现问题，需要重新连接或更换受损部

件。另外，还需要检查电缆终端的防水措施是否完善，是否存在漏水的情况。如果发现问题，需要及时修复。

（二）电缆终端制作工艺问题

电缆终端制作工艺不合理、不规范，也是引起电力电缆终端发生故障的主要原因之一，具体表现在以下5个方面：（1）半导体层处理不规范，比如半导体层表面不平整，异物嵌入绝缘层后就会损坏线芯绝缘层，最终引起电缆终端发生故障。（2）铜屏蔽处理不规范，比如在切除内护套时，如果操作不当会损坏到铜屏蔽层，造成某些部位不平整，如未对其进行及时处理则会引起终端故障。（3）接地线安装不规范，电缆终端头安装时需要对钢铠进行钝化处理，否则可能会对绝缘保护层造成损伤，严重的会损伤铜屏蔽部分；如果固定铜编织带时未采用准用弹簧作业，也会影响到接地线的安装效果。（4）电缆终端安装环境脏乱差，未采取防尘、防潮或防风措施。有些安装技术人员为了施工方便，在安装电缆头时发生弯折，从而影响电缆头的质量。（5）在安装某些过渡部位时，技术人员采用其他材料的电线，这些均会对后续电缆终端的正常运行产生不良影响。电缆端头制作对作业环境的要求较高，要求现场防尘、防水，避免粉尘、水雾进入绝缘层；电缆端头的制作要在保证质量的前提下尽量缩短作业时间，电缆接头要连续制作，避免潮气侵入。制作时还要注意佩戴医用手套及口罩，避免手汗、呼吸中的热气进入绝缘层。制作过程中要避免以经验切割，而是要严格执行电缆端头剥切尺寸的规定，认真参照厂家图纸中的操作步骤进行切割，避免伤到主绝缘、留下划痕，切割完成后要认真打磨切口处。在绝缘与外半导体之间断口处填充硅脂，可起到消除电晕、润滑接触面的作用，提高安装效率。为保证应力锥正常发挥作用，要严格按照图纸要求设置应力管与屏蔽层的搭接长度；三相芯线预留长度要长度不一，中间相最短，否则可能会由于三相芯线过长或过短产生应力，导致接线耳与套管接触不良出现发热问题。连接套管、接线耳、绝缘塞等部件时要严格避免出现虚位，保证连接的可靠性、牢固性，避免接触电阻过大而出现发热问题。电缆端头制作完成后要将地线可靠连接地网，避免接头对地放电。安装接地块时，焊接接地块区域选择外露金属护套1/2的位置、尾管接地引出下方，注意表面要用砂纸打磨去除氧化层。电缆

金属护套接地块位置先用铝条打底处理, 再对封铅位置用铅条打底处理; 接地块用铜丝交叉捆绑在电缆金属护套, 再用铅焊条焊接封铅, 封铅时要涂抹均匀、紧固并压实。封铅冷却后用硅脂膏涂抹焊接块表面。自热缩管底部端8cm处向电缆外护套方向半重叠缠绕防水胶带, 搭接外护套8cm, 上、下各两层, 共绕包4层; 自热缩管底部上端10cm处向电缆外护套方向上、下各1次半重叠绕包PVC两层。接地块突出部位对应的热缩护套管上切出方孔, 并将接地块表面彻底清漆; 用螺栓将软铜线一端固定于尾管接地线耳, 另一端固定于接地块, 软铜线采用1kV、 $1 \times 50\text{mm}^2$ 的软芯电缆, 根据实际情况调整软铜线长度, 两端压接通端子, 端子孔径13mm, 再用防水胶带做好密封。

(三) 电缆的交流电压耐受实验

由于电缆的交流电压耐受实验的限制, 在实验中不能调节放电周期。交联聚乙烯绝缘材料在生产过程中, 其表面的电阻率并不均匀, 全部的放散工作都要靠手动进行。但在实际应用中, 因其所受空间电荷场强的差异, 导致其安全性能下降。由于在交流条件下所引起的放电特性不一致, 因此不能提高实验数据的精确度。在交联聚乙烯中, 直流耐电压测试将对交联聚乙烯有累加作用, 因此不能对故障情况作详尽的记载。试验时间必须不少于规范所要求的试验时间, 在保证试验安全的前提下, 为缆线的操作与试验提供一个良好的条件。对于新研制的试验装置, 在高地下水或多雨的地方, 不要直接埋入, 以免造成故障部位的炭化。可防止潮湿水分长时间进入线缆, 也可避免发生短路电阻倒置上升的现象。在铺设时要注意质量控制, 长期处于高电压状态还会对完整的电缆的绝缘产生潜在的危害。在保证保护层不被破坏的前提下, 提高热缩节的技术品质, 利用高精度电桥实现对线路故障位置的准确估计。确保钢索不受外界因素的影响, 并保持在一个良好的工作环境中。

(四) 试验和测试故障

(1) 高压试验故障。高压试验是电力电缆试验的重要环节, 其主要目的是检测电缆的耐压能力和绝缘质量。在高压试验过程中, 常见的故障包括放电、击穿和泄漏电流过大等。对于放电和击穿故障, 应立即停止试验, 检查电缆是否存在绝缘损伤或污染等情况, 并进行修复。若需要重新进行试验, 则应调整试验电压和时间, 并加强现场安全措施。对于泄漏电流过大的故

障, 应检查电缆的接头是否紧固, 是否存在接触不良的情况, 同时也需要检查接地是否良好。(2) 电容测试故障。电容测试是检测电缆绝缘质量的一种方法, 主要用于检测电缆的介质损伤和湿度等情况。在电容测试过程中, 常见的故障包括电容值异常和测量误差较大等情况。对于电容值异常的故障, 应检查电缆是否存在绝缘损伤、污染等情况, 并进行修复。若修复后仍存在问题, 则需要更换电缆。对于测量误差较大的故障, 应检查测试设备是否存在故障或者使用不当的情况, 并进行调整或更换。(3) 电阻测试故障。电阻测试是检测电缆接头和连接器的一种方法, 其主要目的是检测电缆的接触质量和连接性。在电阻测试过程中, 常见的故障包括电阻值异常和测量误差较大等情况。对于电阻值异常的故障, 应检查电缆连接部分是否存在松动、污染等情况, 并进行修复。若修复后仍存在问题, 则需要更换电缆连接器。对于测量误差较大的故障, 应检查测试设备是否存在故障或者使用不当的情况, 并进行调整或更换。

结语

综上所述, 在电力电缆运行中, 故障是难以避免的, 常见的故障处理对策包括检修电缆线路、更换故障部件和改善电缆敷设环境等。通过对电力电缆运行中故障的分析和解决对策的研究, 可以减少故障的发生, 提高电力系统的可靠性和安全性。

参考文献

- [1] 王国利, 郝艳棒, 袁鹏, 等. 变压器局部放电超高频检测中的混频技术研究[J]. 中国电机工程学报, 2021, 24(10): 115-120.
- [2] 刘海康, 廖雁群, 韦亦龙, 等. 结合贝叶斯推断与Weibull比例风险模型的高压电缆可靠性分析方法[J]. 高压技术, 2021(2): 546-554.
- [3] 孙廷奎, 邱刚, 郭小凯, 等. 基于BFGS算法的TDOA高压复杂电缆线路故障快速定点方法[J]. 南方电网技术, 2020(7): 24-29.
- [4] 袁超, 储海军, 陈燕擎, 等. 考虑金属护层耦合的高压电缆单相接地故障定位方法[J]. 电力系统保护与控制, 2021(2): 115-120.
- [5] 傅铭, 周青, 徐友刚, 等. 大检修体系下的配电自动化系统安全运维管理研究[J]. 科技创新与应用, 2017(23): 134-135.