

# 电力电缆运行中故障分析与解决对策研究

牛淑铜

国网太原供电公司电缆运检中心

**摘要:**随着社会、经济和人们生活质量的提高,输电线路运行的环境越来越复杂,种类也越来越多。电缆材料、运行环境及外部环境等多种因素,使其在发生故障时进行检测,并对其进行分析。为了保证电网的安全稳定,提高电网的效率,必须对电网中出现的各种故障进行全面的分析。因此,电力电缆的可靠运行尤为重要,对电力电缆进行及时维护和管理,能够保障电力传输的稳定性和安全性,确保人们的生活和生产不受电力中断等问题的影响。基于此,文章介绍了电力电缆的基本结构,分析了导致电力电缆发生故障的因素,根据电力电缆运行中常见故障,提出了相应的处理办法。

**关键词:** 电力; 电缆; 故障; 解决对策

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.05.237

## 引言

电力电缆是一种用于输送电能的电气设备,它广泛应用于各种领域,如建筑、工业、交通、通信等。电力电缆的种类和规格非常多样化,根据使用环境和要求不同,可以选择不同的电缆类型,例如低压电缆、中压电缆、高压电缆等。随着电力设备的智能化和自动化发展,对电力电缆的要求也越来越高,例如可靠性、安全性、环保性、经济性等。因此,电力电缆的设计、生产和使用需要严格遵循相关的标准和规范,以确保电力系统的正常运行和供电质量。

## 一、电力电缆结构

为了更好地适应不同的运行环境,电力电缆应用不同结构和材料进行组合以提升其输电性能。目前,以聚乙烯材料为代表的塑料绝缘材料通过引入交联结构形成的交联聚乙烯材料(XLPE)具有优异的耐环境应力开裂性、耐化学腐蚀性等性能,得到了业界的广泛认可。在绝缘材料中还可加入云母、玻璃纤维等材料提升电缆的耐火性能和阻燃性能,使其能够在外部火焰燃烧的情况下坚持一定时间的正常运作。目前常见电力电缆有单芯电缆和三芯电缆。电缆由多种结构构成,共同保证电能的稳定传输,其中绝缘层起着隔离电流的作用,防止电流漏出,其材料的质量直接决定了电缆的使用寿命;屏蔽层常由金属箔或金属线制成,主要用于阻挡电磁波的传播,减少外界电磁波的影响,保护电缆内部的信号稳定;内护套常由塑料、橡胶或石棉等材料制成,用于保护电缆内部结构,抵御外界物理冲击;铠装层一般由金属材料如铝合金或铜合金制成,用于增强电缆的机械强度,防止外界的机械损伤,从而保护电缆的完整性。

## 二、电力电缆故障分析

### (一) 电力电缆故障原因

### 1. 机械外力

电力电缆在运输电能的过程中,其外部绝缘材质的损坏往往是由机械外力作用下造成的,例如安装于地下或海底的电缆,会受到其他物质的压迫;安装在架空线路的电缆,容易受到如风、雪等自然因素的影响。此外,人为因素也是电缆损坏的主要原因之一,例如安装时操作不规范,造成部分电缆受力损伤,其使用寿命大大降低。

### 2. 过电压负荷运行

电力系统运行过程中存在负荷变化,当出现过电压时电缆内部的温度会在短时间内急速上升,如果不能及时将负荷调整到正常状态,电缆就会出现过热故障。此外,外界雷击也可能造成电缆处于过电压负荷状态,例如安装在架空线路的电缆在恶劣的天气条件下可能遭受雷击。

### 3. 绝缘材料受潮、老化

电缆的外围由一层厚的绝缘材料与外界屏蔽,当出现绝缘受潮时,电缆也会出现损坏。绝缘受潮的原因有以下几点:一是电缆连接处的密封措施不到位,外界水汽或液体经连接处进入电缆内部;二是外力作用,例如电缆外绝缘材料受外力影响出现了破损;三是电缆自身绝缘材料质量不高,如生产过程中因制造工艺落后产生了细微的裂缝,使用过程中裂缝逐渐增大;四是化学腐蚀,电缆一般具有较强的抗腐蚀性,但遇到强腐蚀性的化学物质,其绝缘保护层还是会出现老化现象。

### 4. 材料缺陷

电力电缆对生产材料的质量要求较高,材料缺陷主要体现在电缆本体缺陷、附件缺陷和绝缘材料缺陷,其中电缆本体缺陷表现为油纸电缆铅护套存在杂质砂粒、电缆本体存在裂纹等;电缆附件缺陷体现在绝缘管内气

泡多、瓷件的机械强度偏低等；绝缘材料缺陷体现在防潮性不足、寿命不达标等。

## （二）电力电缆故障类型

一般，电缆在运行或者预防性试验中，由故电缆障位置点划分可以分为本体故障和接头处故障，前者指的是电缆主体发生故障，后者指的是故障发生在电缆间接头处或电缆与其他电力设备接头处。电力技术研究中一般以电力电缆的故障性质进行分类，包括低阻故障、高阻故障、开路故障和闪络故障。低阻故障：是指相与相亦或者相与地之间的绝缘电阻小于 $10ZC$ 时的情况，这种电缆故障类型就是低阻故障。譬如：智慧城市改造建设、管线敷设挖掘和房屋迁改等在施工挖掘工作时，无意间发生电缆主绝缘遭到破坏而导致的电缆直接接地故障。高阻故障：是指相与相亦或者相与地之间的绝缘电阻大于 $10ZC$ 时的情况，与低阻故障相反。发生高阻故障时，电缆主绝缘一般并未被击穿，在大部分地区的电缆线路中，绝缘受潮、质量、施工工艺等原因往往导致高阻故障的发生。开路故障：是指在电缆发生故障时，电缆线路ABC三相的绝缘电阻与正常运行时未发生变化或有略微变化，满足绝缘标准，但在电缆线路ABC三相中，存在一相、两相或者三相电缆不能正常输电的情况。有时在输出端未断开供电的情况下电能不能传输到受电端，或受电端能够检测到电压但电压远低于正常电压。上述故障称为电缆开路故障，即为电缆线路的ABC三相线路中至少存在一相断线的情况。闪络故障：是指电力电缆主绝缘材料在电压处于低值时绝缘性良好、当电压出现持续高值或者瞬间超过一特定的电压时，电缆主绝缘被较高的电压所击穿，此种电缆故障被称为闪络故障。电缆线路的ABC三相都有可能发生闪络故障，且存在同时发生的可能性，通常发生于电缆接头处，特征为当电缆电压处于低水平时接触处的绝缘性完好，但电压上升到一定数值时电缆接头处会出现绝缘材料击穿的现象。按照出现击穿现象后电缆能否重新恢复正常运行状态，闪络故障又可以分为击穿故障和封闭性故障。

## （三）电力电缆故障检测流程

在实际电力电缆故障检测过程中，一般可以按照以下流程：分析故障特点→确定电缆故障类型→初步判定故障点→确定电缆敷设路径→检查故障点→精准定位故障点→电缆故障维修。其中，电力电缆故障特点分析主要是利用测量仪器测量电缆的绝缘电阻，分析电缆电压和电流数据。利用兆欧表能够测量电缆间、电缆与地间的绝缘电阻，判断电缆是否存在短路或接地短路故

障，并结合万用表来判定属于高阻还是低阻。判定电力电缆故障类型后，需要利用故障定位算法初步定位故障点。由于故障定位往往与真实故障点存在一定误差，因此需要确定电缆的敷设路径，在初步确定的故障点一定范围内检查电缆状况。待精准定位到故障点后，由专业的电力工作人员进行维修，并确保该段电缆不出现相同故障。如电缆绝缘材料损坏导致的电缆故障，则工作人员需要考虑在故障点出增加绝缘防护措施或更换部分电缆。

## 三、电力电缆的试验方法

### （一）电缆的电气试验

电缆的电气试验包括电阻试验、电容试验、电感试验、电压降试验等。其中，电阻试验是测量电缆的电阻值，以确定电缆的电气特性；电容试验是测量电缆的电容值，以确定电缆的电容特性；电感试验是测量电缆的电感值，以确定电缆的电感特性；电压降试验是测量电缆的电压降值，以确定电缆的电阻特性。此外，还需要注意电缆的绝缘试验、绝缘电阻试验、绝缘强度试验等，以确保电的安全使用。同时，在试验过程中，还需要注意电缆的温度、湿度、温度变化等，以确保电缆的安全使用。电阻试验是测量电缆的电阻值，以确定电缆的电气特性。该试验通常采用两种方法，一种是采用直流电压测量电缆的电阻值，另一种是采用交流电压测量电缆的电阻值。在进行电阻试验时，需要注意电缆的温度、湿度、温度变化等，以确保试验结果的准确性。电缆的电容试验可以通过测量导体的电容来衡量。

### （二）电缆的机械试验

电缆的机械试验是指对电缆进行的一种特殊的试验，用于检测电缆的机械性能。该试验通常包括拉伸试验、压缩试验、抗弯曲试验和抗拉试验四个部分。在拉伸试验部分，需要拉伸电缆，以确保电缆的拉伸性能。在压缩试验部分，需要压缩电缆，以确保电缆的压缩性能。在抗弯曲试验部分，需要对电缆进行弯曲，以确保电缆的抗弯曲性能。在抗拉试验部分，需要对电缆进行拉伸，以确保电缆的抗拉性能。电缆的机械试验还包括抗扭试验、抗振动试验和抗冲击试验。在抗扭试验部分，需要对电缆进行扭转，以确保电缆的抗扭性能。在抗振动试验部分，需要对电缆进行振动，以确保电缆的抗振动性能。在抗冲击试验部分，需要对电缆进行冲击，以确保电缆的抗冲击性能。

### （三）电缆的热老化试验

热老化试验可以帮助检测电缆的绝缘性能、机械性

能、电气性能等，以确保电缆的安全性和可靠性。电缆的热老化试验是指在高温作用下，对电缆进行的一种特殊的试验，用于检测电缆的老化性能。该试验通常包括温度控制、时间控制和电缆性能检测三个部分。在温度控制部分，需要控制电缆的温度，以确保电缆在高温作用下的老化性能。在时间控制部分，需要控制电缆的暴露时间，以确保电缆在高温作用下的老化性能。在电缆性能检测部分，需要检测电缆在高温作用下的性能，以确保电缆的老化性能。

#### 四、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故障点并采取处理措施。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）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。

#### 结束语

综上所述，在电力电缆运行中，故障是难以避免的，加大对电源线缆故障检测力度，判定线缆能否满足持续工作的要求。为了实现试验目标，需要对电缆大阻力故障进行检测和判定，并对其进行分析。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] 刘文静, 张国峰, 李强. 一例不规范敷设的10kV电力电缆故障分析[J]. 农村电工, 2021, 29(8): 49-50.
- [2] 李文杰, 欧阳本红, 宋鹏先, 等. 电力电缆缓冲层烧蚀故障分析及试验研究[J]. 合成材料老化与应用, 2021, 50(6): 38-41.
- [3] 潘湛荣. 10 kV电缆中间接头故障分析与对策[J]. 硅谷, 2014(1): 94-95.
- [4] 柯荆. 电力电缆线路在施工及运行中常见的故障分析及维修[J]. 新疆有色金属, 2021, 44(3): 101-102.
- [5] 赵林启, 孙明, 许兆权. 电力电缆的运行维护与故障分析[J]. 中国仪器仪表, 2020(3): 62-64.
- [6] 李瑞, 崔超, 艾广宁. 高铁电力电缆中间接头故障分析和应对措施[J]. 铁道运营技术, 2020, 26(1): 1-3.