

The Methods and Techniques of Locating the 110KV XLPE Cable Cover Layer Fault

YI Yang¹ PEI Ji-dong¹ YI Bei-bei² QIAN Ze-wen¹

¹He Nan Power Company Ping Dingshan Power Supply Company repair and test work area

²Pingdingshan industrial college of technology

He Nan Ping Dingshan 467001

Yi Yang; ptpt688@sina.com Pei Ji-dong; ptpt688@sina.com Yi Bei-bei: yibei616@eyou.com ;Qian Ze-wen:ptpt688@sina.com

Abstract: With the development of the construction of the power network in the city, power cable lines will gradually take the place of transmission and distribution lines in the air. Recently with the more and more newly constructed and higher and higher voltage level power cable in the city, there seems to be damage to power cable cover layer while the production, transport and laying of power cable. In order to find out the location of the fault of power cable and fix a breakdown, this paper, based on the concert examples, introduces the methods and techniques of locating the power cable cover layer insulated ground fault on basis of the analysis of cause of the insulation deterioration, which provides the convenience for the locating of the fault of power cable accurately.

Key words: power cable cover layer; test; fault; defect

110KV XLPE 电缆外护层故障的查找方法和技巧

易阳¹ 裴继东¹ 易贝贝² 钱泽文¹

¹河南电力公司平顶山供电公司修试工区 河南 平顶山 467001

²平顶山工业职业技术学院 机电工程学院 河南 平顶山 467001

易阳: ptpt688@sina.com; 裴继东: ptpt688@sina.com; 易贝贝: yibei616@eyou.com 钱泽文: ptpt688@sina.com

【摘要】随着城市电网建设的发展,架空输电线路逐步采用地下敷设的电缆线路。目前电力电缆在城市中新装数量日渐增多,电压等级也越来越高,制造、运输、敷设电力电缆过程中,稍有不慎就会导致电缆外护层损伤,为了顺利的查找电缆损伤部位,排除故障。本文从造成电力电缆外护层绝缘损伤的原因分析,结合实例介绍了电力电缆外护层绝缘接地故障查找方法和技巧,为顺利的查找到损伤故障点提供了便利。

【关键词】电力电缆外护层; 测试; 故障; 缺陷

一、引言

目前电力电缆在制造、运输、新装过程中,由于需要吊装、运输、敷设,很容易造成电力电缆外护层摩擦损伤。特别是在新装过程中,由于电力电缆需要转弯、穿越公路隧道、上铁塔等复杂的走向,无论是人力还是机械敷设都难免给电力电缆外护层带来不同程度的损伤。这样在进行外 110KV 及以上 XLPE 电缆外护层的绝缘电阻或直流耐压试验项目^[1]时,就很难一次试验通过。特别是对于多点外护层损伤的电力电缆,查找故障更加的困难。查找电力电缆外护层损伤的方法很多,但是效果各有千秋。为此,我们结合多年的实践经验,将这些查找电力电缆外护层损伤故障的方法和技巧总结出来,以供同行参考。

二、电力电缆外护层损伤的原因及危害

2.1 厂家制造时存在隐患

有些制造厂家在电缆制造过程中,存在挤包电缆外护层绝缘的方法和使用的材料没有按照 IEC 标准执行,加之管理不善等。进行出厂试验时,缺陷没有完全暴露出来。经过装卸、运输等造成绝缘外护层出现皱纹、龟裂、绝缘外护层变薄等缺陷。在进行安装前试验时,造成绝缘击穿,不合格。

2.2 电缆头制作过程中对护层外石墨及接地线、金属屏蔽处理不当,使电缆护层阻值下降。

2.3 装卸、运输过程受力挤压造成损伤

出厂前的盘绕、装载以及运输到施工现场过程中,电力电缆外护层在摩擦、挤压等外力作用下造成机械损伤,进行敷设前绝缘试验时无法通过。

2.4 施工敷设过程中，造成护层绝缘损伤

施工现场的情况比较复杂，往往需要穿越电缆沟、水泥管道、转弯等。在施工过程中无论是机械牵引、人力敷设电缆，都很难避免电力电缆外护层绝缘摩擦损伤，这样就给投运前的绝缘试验顺利通过带来了隐患。

2.5 随机的外力破坏

随着电缆沟周边的开挖频度及人流、车流量增加而增大，环境的化学污染，电缆护层遭受破坏的几率越来越大。

下面是电力电缆及其外护层的结构及外护层故障等值图

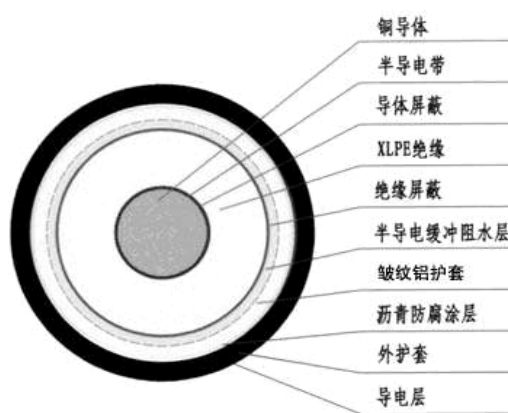


Figure 1 The chart of single core power cable

图一 单芯电力电缆结构图

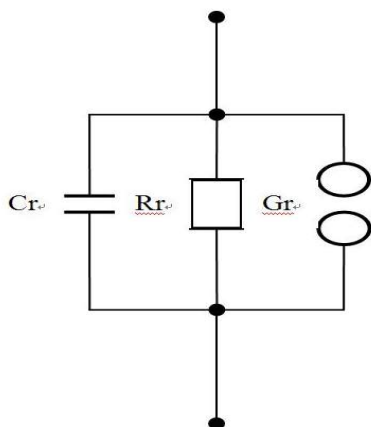


Figure 2 Equivalent circuit of outer sheath power cable fault

图二 电力电缆外护层故障等效电路

电缆外护层试验，可以用图二来等效。 C_r 代表局部分布电容； C_r 局部分布电容大小，取决于击穿点的受潮程度，一般可以忽略不计。 R_r 代表绝缘电阻； R_r 绝缘电阻大小取决于电缆外护层介质损伤程度，损伤越严重 R_r 越小。 G_r 代表击穿电压为 U_j 的击穿间隙；击穿电压的大小取决于放电通道的距离电阻，距离越远电阻越大，击穿电压越高。

110KV XLPE 电缆单芯电缆敷设方式^[2]。由于三相电缆很难对称敷设，多采用金属护套交叉换位互联，然后一端接地另一端经保护器接地，以保证各相电缆感应电势对称和幅值相等。因此，一旦电缆外护套绝缘破损，在电缆金属层上的感应电势即会出现不平衡，导致环流和局部过热，严重影响电缆的长期寿命和短时运行安全。如果电缆金属护层被腐蚀，受腐蚀影响，极易产生局部放电和引发电树枝，甚至出现电化学树枝，对电缆正常运行造成威胁。除此之外，水分侵入导致引发水树枝几率增加，直至影响电缆的长期寿命。因此，电缆中的电树枝和水树枝对电缆的外护层将会带来严重的故障隐患。

为了保证电缆安全可靠运行，有关的国家标准对电缆的试验项目^[1]、试验方法^[2]做了规定。主要试验项目包括：测量绝缘电阻和直流耐压。其中测量绝缘电阻主要是检验电缆外护层绝缘是否有老化、受潮以及耐压试验中暴露的绝缘缺陷。直流耐压和泄漏电流试验是同步进行的，其目的是发现绝缘中的缺陷。

三、 电力电缆外护层故障快速判断

3.1 查看出厂试验报告有关电力电缆试验数据、查看电力电缆监造报告，比如查看出厂前试验过程中有无击穿、放电、异常以及击穿后的处理情况记录，勘察出厂前处理部位，确认是否有出厂前制作工艺缺陷。

3.2 施工现场外观检查，查看是否有挤压、摩擦等痕迹，判断是否有出厂前的盘卷、吊装、运输过程中的损伤。

3.3 敷设电力电缆前，记录转弯、穿越管道以及敷设过程穿越管道前，检查转弯处是否有电缆擦伤，随时处理擦伤部位。穿越管道时，要防止锋利的水泥、金属管道口擦伤电力电缆。敷设电力电缆后，及时做电缆外护层的绝缘检查试验。从而确认电力电缆外护层是否存在敷设后缺陷。

3.4 查看历次例行试验报告，对比试验数据，确

认绝缘劣化发展原因。

综合上述细致的分析，可以快速的判断故障发生在哪个环节，在查找故障时往往会收到很好的效果。

四、 电力电缆外护层故障测试原理

4.1 电力电缆外护层的故障主要采用冲击闪络声测法^[4]，基于高电压击穿故障点后发生放电，出现火花放电、声响，并且在故障点周围存在跨步电压这一特点对故障点进行定位的。其优点是，定点的准确率高。其原理图^[3]如下：

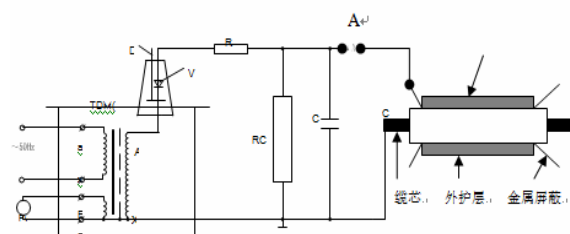


Figure 3 Wiring diagram for acoustic test of impulse Flashover

图三 冲击闪络声测定位试验接线图

图中：VD - 高压硅堆 Ri - 限流电阻 Ci - 高压滤波电容
RCF - 阻容分压器 CX - 被试品 A - 球间隙
VD - High-voltage silicon heap Ri - Limiting resistor Ci -
High-voltage filter capacitor RCF - RC divider CX - Being tested
materials A - Sphere gap

在直流电压作用下，电缆介质中的电压按照电阻系数分布，当电缆绝缘存在发展性缺陷时，直流电压将大部分加在与缺陷串联的未损坏的部分上，使缺陷部位更容易暴露。直流耐压试验是检验电缆外护层耐压强度、发现介质受潮、损坏、机械损伤等局部缺陷的有效手段。

4.2 使用智能电缆检测仪器测量故障距离^[4]

智能电缆检测仪器，由于没有测试仪在铝护套的波速度，无法得到测试反射波，因此也就无法测故障距离。

4.3 使用平衡电桥法测量故障距离^[4]

电桥平衡法测量故障点距离测量，是基于单臂电桥原理。

五、 电力电缆外护层故障查找方法及技巧

5.1 电缆外护层故障查找方法

5.1.1 电缆外护层故障查找前的技术准备工作

要了解电缆的基本资料，如电缆的走径、电缆沟的情况、电缆穿越的管道的精确长度、电缆的总长、中间接头的精确位置，基本资料的准确与否直接关系到查找故障点的精确性。

5.1.2 查找方法

5.1.2.1 绝缘电阻测量法

基于电压与电流的关系，测量出电缆外护层的绝缘电阻。由于加在电缆外护层上的测量电压比较低，当电缆外护层磨损不是特别严重时，很难测量出其缺陷。

5.1.2.2 冲击闪络声测法

- 1、按照冲击闪络声测法图接线。
- 2、调整球间隙距离，使放电电压在 7K 左右。
- 3、确定故障点击穿后，沿着电缆线路监听故障点放电声音。

4、使用高灵敏毫伏电压表沿着电缆埋设方向测量故障点击穿电压的跨步电压。

5.1.2.3 使用平衡电桥法

由于外护套因波纹铝管的原因造成厚薄不均，加之击穿点的接地电阻不稳定，测量出来的故障点距离偏差较大。当预留位长度及预留位置不准确，更会给准确定点带来一定的影响。但是这种误差较大的测距，依然会给我们查找故障点带来一定的方便。

5.1.2.4 跨步电压法

当电力电缆埋入地下之后，进行冲击闪络声测法就需要精确的定点。使用 MF20 毫伏档位，仔细的测试电压。当数值最小时，此处就是故障点。

5.2 电缆外护层故障查找技巧

5.2.1 查找之前先把电缆的外护层全部仔细的检查一遍，对有磨损可疑的地方要进行绝缘加强处理。

5.2.2 直流耐压试验时要缓慢升压，分段进行仔细观察。当发现有微弱闪络或树枝放电时，要及时准确的做好标记。这样多次的对电缆“试验——标记——处理”，直到直流耐压通过为止。

5.2.3 时间选择上，应该选择在夜晚。有时受到环境的影响，周围环境嘈杂的声响会影响对放电点的判断。白天光线太强，不易观察到放电的亮光，应该选择在夜晚。这样往往会达到事半功倍的效果。

5.2.4 对于穿在越管道内的电缆，在进行外护层绝缘处理后，再次穿入管道内时，应采取防止管口刮伤电缆的防护措施。

5.2.5 合理使用工作人员。根据试验人员不同的性格特点,分派不同的工作。干扰较大时,往往使试验人员无法判断,容易产生急躁情绪,所以合理分配工作成员尤为重要。

5.2.6 由于电缆外护套的最外层是导电良好的石墨层,在土质回填前后所做的检查试验基本一致。因此为了便于查找故障点,应在回填土质之前检查试验电力电缆外护层。

六、 典型成功查找电缆外护层案例

6.1 1998年2月,PDSYJ-XSGQ,进行PM集团公司,110KVPZ 电力电缆线路新装,敷设电缆全长 627 米。敷设之后外观检查之后,回填电缆沟。制作完毕电缆头试验时发现,绝缘电阻不合格。对其进行直流耐压试验 10KV/Min,试验未通过。后经电桥平衡测距法、冲击放电测声法、跨步电压法的综合使用,最终找到了故障点。

6.2 2008年元月,PDSYH 电力公司,进行 110KVPZ 线电力电缆部分更换工作。电力电缆全长 660 米,施工采用人力敷设电力电缆的方法。电缆全长有 5 个转角、穿越一个 5 米,另一个 10 米共 2 个水泥管道。对电缆进行外观检查时,发现电缆全长 380 米的电缆外护层,3 相都有不同程度的多处损伤。尤其是在经过转角和穿越管道之后,磨损比较严重。这些破损造成了电缆外护层绝缘遭到破坏,使得电缆绝缘下降。绝缘电阻试验电压比较低,试验可以通过。在进行 DC 10KV 直流耐压过程中,沿面放电造成绝缘击穿,试验

无法通过。

在故障测寻时,工作人员按照分段观察的办法散开到电缆路径上,利用夜晚进行冲击放电试验。负责观察的工作人员要认真的对电缆外护层放电现象进行观察,并对放电部位做好标记。这样多次的对电缆“试验——标记——处理”,直到直流耐压通过为止。选择在夜晚进行查找绝缘不良的目的是,可以很容易的看到击穿放电火花、充分利用夜晚的宁静便于听到放电声响的部位。

七、 结束语

在电力电缆外护层故障查找领域,理论基础也比较成熟,由于电缆敷设现场情况千变万化,电缆护套绝缘损伤情况各异。因此,护套损伤与工作现场环境、试验人员实际工作经验等方面都有密切关联。查找护套故障是一个复杂的综合工作,仅仅拘泥于理论知识是远远不够的,必须结合现场实际情况,灵活运用理论知识综合采用多种测寻方法才能准确的找出故障。

References (参考文献)

- [1] GB 50150-2006. Newly installed electrical equipment test code. GB 50150-2006. 电气设备新装试验规程.
- [2] GB 5016-92. Standard Specification for Electric compilation. GB 5016-92. 电气标准规范汇编.
- [3] DL/T5401-2007. Rules of Electrical Testing. Water Power Press. DL/T5401-2007. 电气试验导则. 水利电力出版社出版.
- [4] Chen hua-gang. Electrical equipment preventive test methods. edited by aging steel, Water Power Press. 陈化钢. 电气设备预防性试验方法. 水利电力出版社出版.