[电缆]

一起110 kV电缆中间接头故障的分析处理

文/南京供电公司　陈　伟　涂彬坤

介绍了一起110 kV电缆中间接头故障。通过对故障接头进行解剖分析，确认导致故障的主要原因是中间接头安装时压接管与一端主绝缘距离过长使得预制件与另一端屏蔽口搭接过短，引起应力锥处场强集中以及表面电压升高，长期运行使该处绝缘老化并击穿，导致短路故障，并最终针对这一故障制订了相应的研究和处理措施，为今后同类问题的解决提供分析依据和借鉴。

随着社会经济的发展和城市美化建设的需要，越来越多的高压电缆应用到输电线路中。南京城区110 kV电缆化率已达40%以上。随着电缆设备规模的不断加大，电缆设备的故障率也在逐年攀升。导致电缆设备故障的原因主要有产品生产质量问题、安装工艺不良和外力破坏等。主要介绍南京供电公司2015年发现的一起110 kV电缆中间接头故障，通过对中间接头进行解体分析，最终确认了故障的原因，并采取了相应的处理措施。

故障经过

2015年2月12日00点36分，110 kV阳苑线731开关跳闸，接地距离2段、零序2段动作。A相接地故障，故障电流4.4 kA，测距7.88 km。110 kV阳苑线为架空线－电缆混合线路，其中电缆有三段，各段电缆设备的明细如下表所示。

表1　110 kV阳苑线电缆设备明细

起始位置	电缆型号	长度/km	投运日期
26#塔－九乡河T接房	YJLW03－1*800	2.78	2008－09－02
九乡河T接房－九乡河变	YJLW03－1*800	1.25	2008－09－02
九乡河T接房－学苑变	YJLW03－1*800	4.74	2006－10－24

运行人员在得到故障通知后，立即查询该线路台账资料，其中220 kV东阳变至26#塔部分为架空线路，其电缆部分的简单接线图如图1所示。由于九乡河T接房是三段电缆的交点，因此选择在该处检测三段电缆的主绝缘电阻。首先选择最长的九乡河T接房－学苑变段，检测A相时发现绝缘电阻表电压升不上去，判断其绝缘电阻存在问题，而其他两相均正常；为验证是否还有其他故障点，检测其他两段电缆的绝缘电阻，结果均正常，因此可以判断故障点存在于九乡河T接房-学苑变段。确定故障区域后，结合阳苑线沿布图计算得知该段电缆的1#接头沟距离九乡河T接房正好约300 m左右，因此现场打开1#接头沟，果然发现

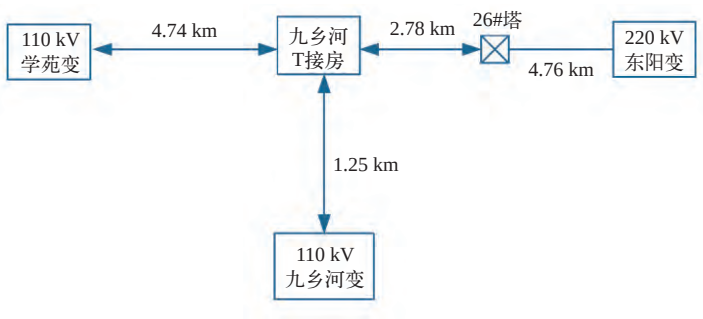

图1　110 kV阳苑线电缆简单接线图

A相绝缘接头长端铜壳和短端铜壳连接处已炸裂，如图2所示。将该故障接头取下，并保存完好，进行解剖分析。

图2　A相故障接头

故障中间接头的解剖分析

故障接头故障处如图3所示，预制件表面有一处已炸裂，掀开发现该位置处主绝缘表面有一个直径约为25 mm的径向击穿孔洞，由此可初步推断整个故障过程为：由于某种原因，使得该处主绝缘被击穿，导致A相对地短路，强大的短路电流将外部铜壳最薄弱的点即铜壳绝缘隔断处炸裂。为研究绝缘击穿的原因，将接头逐步解体。

图3　故障接头击穿点

1）除去外部热缩管，发现铜壳绕包带材表面带有水分，如图4所示。

图4　短端铜壳

2）将铜壳切开并取下，发现铜胆内的填充胶没有完全填满，发生故障的那侧上方有空缺，如图5所示。

图5　解下铜壳

3）切开预制件并取下，仔细检查发现该处主绝缘完全被击穿，铜心烧熔，该烧熔点应为故障的短路位置，如图6所示。

图6　量取击穿点与屏蔽口距离

4）观察压接管，量取各部分尺寸并与安装图样对比，发现压接管一端距离主绝缘部分的长度比另一端多约18 mm，导致两端屏蔽口之间的距离比安装图样多18 mm，如图7所示。

图7　量取线芯压接尺寸

故障原因分析

中间接头发生故障的原因一般有中间接头产品质量问题、安装工艺不良以及外力破坏等。故障发生后经检查电缆通道全线保护完好，故障中间绝缘接头位于工井内，工井盖板及防盗设施无外力破坏现象，且近期天气晴朗，并无雷电过电压现象；查阅该中间接头的出厂试验记录，发现质量合格，将故障电缆送到厂家检验，没有发现有质量问题，因此可排除外力破坏及产品质量问题两种因素。在解剖过程中，发现铜壳外部带材有水分且安装尺寸与安装图样不符，现在对这两个因素进行详细分析。

1）由于进水而击穿。如果水分进入预制件并侵入主绝缘内部，那么长时间在电场作用下，会形成树枝状的细微放电通道，然而剖开预制绝缘件，如图8所示，只有炸开的裂纹，并没有树枝状的放电通道；如果水分仅在铜壳表面，那么会引起接地端子锈蚀，接触电阻增大，长期发热导致故障，但是接地端子并无锈蚀，且接地方式为直接接地，故障之前检测环流较小，因此，排除进

图8　炸裂的预制件内部

水的原因，铜壳外部带材有水分的原因可能是故障铜壳炸裂后进的水。

2）安装尺寸不符。解剖过程中发现，由于压接管两端尺寸相差较大，导致两端屏蔽口距离增大，引起预制件与左端的屏蔽口搭接面过短，如图9所示。

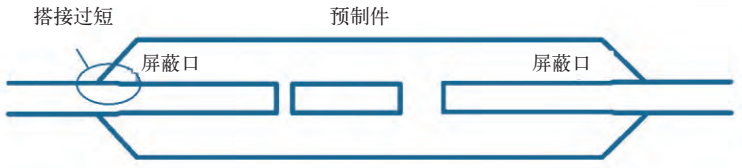

图9　中间接头安装示意图

一方面，搭接面过短会导致该处的局部场强应力过大，某文献中半导电层与预制件搭接过短12 mm，应力锥处最大电场强度为4.95 MV/mm，本故障中过小16 mm，最大场强强度会更大，而正常情况下电缆接头处的最大电场强度仅为0.6 MV/mm，由图9可知该点击穿的位置正好对应于应力锥的位置；因此应力锥未起到均匀电场的作用，长期运行会引起该处绝缘老化；另一方面，中间接头的简单等效电路如图10所示，r表示面电阻，R表示体积电阻，C表示电容，搭接面过短使得会引起该处表面电阻r的增大，从而使得该表面处的电压会增大，电压的增大也会使得绝缘老化加速。

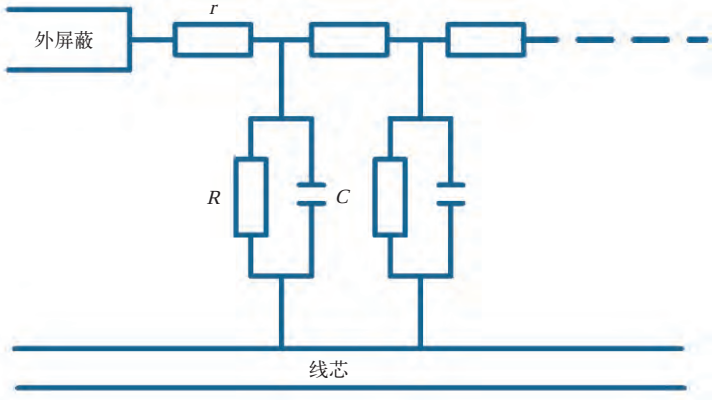

图10　电缆结构等效电路图

未按照图样施工，两端屏蔽口处距离过长使得预制件应力锥与一端屏蔽口搭接过短，引起该处的电场强度及表面电压增大，长期运行，绝缘老化击穿，从而导致此次故障。

结束语

由于该段电缆并未留有裕度，因此切除故障接头之后需增加一段新电缆，并做两个中间接头，其中一个接头按照原来的接地方式，另一个为直通接头。通过对此次110 kV电缆中间接头故障的研究分析，得到了以下结论。

1）预制件与屏蔽口搭接过短会导致应力锥处场强集中，表面电压增大，长期运行可能会引起绝缘老化并击穿。

2）施工单位应该严格按照设计要求以及相关施工工艺进行施工，确保安装质量没有任何问题；监理单位应该对整个施工过程严格监督；设备运行管理单位应该按照相关规程规范认真验收，严把质量关，确保设备零缺陷投运。

3）加大电缆设备的在线监测力度，对于暂时没有安装在线监测装置的设备，运行中应严格按照规程要求按周期开展红外测温工作，以便有效及时地发现电缆设备存在的缺陷。EA

（收稿日期：2015.03.27）

（编辑：刘群点）