

# 高压电力电缆故障原因及试验方法分析

谢志松

(广东电网公司佛山供电局输电管理所, 广东 佛山 528000)

**摘要** 高压电力电缆是电力系统的重要组成部分, 其可靠性直接影响到电力供应的稳定性和安全性。高压电力电缆故障的发生不仅会导致经济损失, 还可能对人们的生命安全构成威胁。本文首先分析了高压电力电缆故障的主要原因, 包括机械损伤、绝缘老化、过载运行等。随后, 探讨了高压电力电缆故障的试验方法, 如绝缘电阻测试、接地电阻测试、局部放电检测等。通过对故障原因的深入分析和试验方法的综合应用, 旨在为有效地预防和诊断高压电力电缆故障提供借鉴, 从而提高电力系统的可靠性。

**关键词** 高压电力电缆; 故障原因; 试验方法; 绝缘电阻; 局部放电

中图分类号: TM8

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0100-03

高压电力电缆是长距离高压输电过程中的关键介质, 高压电力电缆的安全与稳定运行对保证电力系统持续供电具有重要意义。但受诸多因素的影响, 高压电力电缆的运行可能存在各类故障。文章将分析高压电力电缆常见故障原因, 探究相关试验方法, 以供参考。

## 1 高压电力电缆故障原因

### 1.1 机械损伤

高压电力电缆普遍存在机械损伤问题, 造成电缆失效, 主要来自电缆安装、运行维护期间所受外力, 机械损伤种类繁多, 有直接外力损伤、安装损伤、自然力损伤和小动物咬噬, 直接外力损伤就是电缆敷设或者运行时, 受外界物体直接冲击、挤压或者刮伤, 造成电缆外护层乃至绝缘层损坏。这类破坏常因施工不当、车辆碾压和重物坠落引起。电缆在直接外力的破坏下, 绝缘性能将大大降低, 进而诱发短路和漏电故障。电缆的铺设和安装阶段是安装损伤的主要发生地, 由于施工人员操作失误或者设备使用不规范等原因, 都会使电缆在弯、拉或者扭过程中承受过大的应力, 继而引起绝缘层断裂或者导体损坏<sup>[1]</sup>。另外, 在安装过程中如果没有严格按照施工规范进行施工, 如没有正确地安装电缆附件, 没有对电缆做必要的保护, 同样会造成电缆的机械损伤。自然力损伤就是电缆在自然环境下遭受风吹日晒、雨淋和冰冻等自然力作用而使电缆外护层发生老化和裂纹, 继而诱发绝缘层损坏, 这类破坏一般与电缆材料、铺设环境和使用年限有关, 恶劣自然环境中电缆受自然力破坏较多。

### 1.2 绝缘老化

绝缘老化又是导致高压电力电缆失效的主要因素,

绝缘老化就是电缆绝缘材料经过长时间运行后, 在电场、温度、湿度和化学腐蚀等诸多因素作用下, 逐渐丧失其原有绝缘性能, 而造成电缆漏电和短路故障的现象。绝缘老化过程一般有物理老化与化学老化两部分, 所谓物理老化就是绝缘材料经过长时间使用后, 因电场、温度和机械应力的影响而引起其内部结构改变, 例如分子链的断裂和交联度的减少, 导致绝缘性能变差<sup>[2]</sup>。

## 2 高压电力电缆故障的试验方法

### 2.1 绝缘电阻测试

在高压电力电缆故障检测过程中, 绝缘电阻的检测是一个基础和关键步骤, 该试验方法主要是对电缆绝缘层电气性能进行评价, 以保证电缆在工作电压作用下能安全可靠工作, 如图1所示。绝缘电阻测试是通过检测电缆导体和绝缘层间电阻值来判断电缆绝缘层有无老化、受潮、断裂等瑕疵。绝缘电阻测试是以欧姆定律为依据, 在电缆上加一定直流电压和测量流过绝缘层电流来计算绝缘电阻值, 在试验中, 必须先切断电缆电源, 保证其已经完全放电。接着, 选用适当的绝缘电阻测试仪, 并按说明书将电缆中导体和绝缘层正确地连接起来。其次设定测试仪电压等级及测试时间开始试验。试验完成后读取绝缘电阻值并进行记录, 按照标准或者规范对电缆绝缘性能进行评判, 以一根110 kV高压电力电缆为例, 对其绝缘电阻测试过程中发现, A相的绝缘电阻值显著低于正常。经分析可能为该相电缆绝缘层有部分断裂或潮湿。为进一步核实判断, 决定检测A相电缆的局部放电。在进行局部放电检测时发现, A相电缆的确发生了局部放电, 放

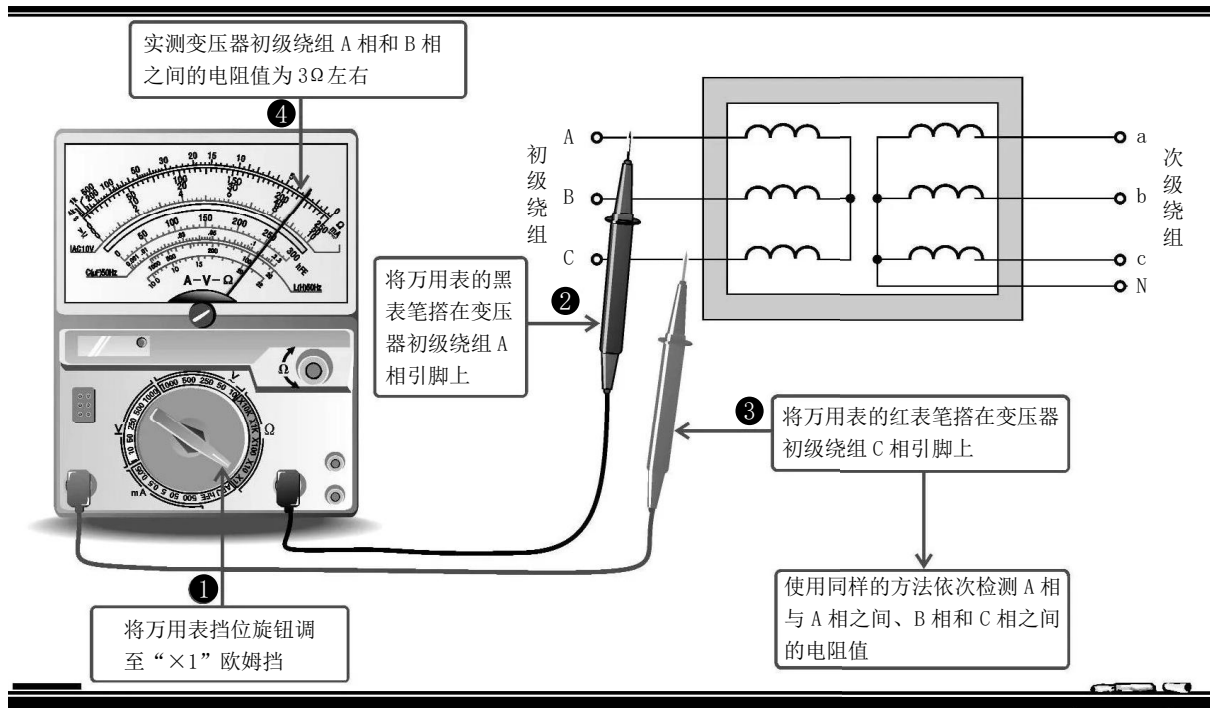


图 1 绝缘电阻测试

电部位和绝缘电阻测试时发现的低阻区域基本吻合，所以认定 A 相电缆有绝缘缺陷而需维修或替换。

做绝缘电阻试验时应注意以下几个方面的问题：一是试验前要保证电缆已经放电完全，以免试验时出现电击事故；二是测试仪电压等级及测试时间要依据电缆额定电压及规格来选定；三是在试验过程中，要认真观察测试仪指示及报警信息，并对异常情况及时做出处理<sup>[3]</sup>。

### 2.2 接地电阻测试

接地电阻测试对于考核高压电力电缆接地系统的性能具有十分重要的意义，接地电阻对故障时电缆的安全性能有直接的影响，通过对接地极和大地间电阻值的测定可判断接地系统能否达到安全要求，接地电阻测试是根据电流电压法的基本原理，在接地系统中施加一定电流，测量接地极和大地间电压降来计算接地电阻值。在试验中首先要选用适当的接地电阻测试仪及试验线路。接着，测试线路一端与接地极相连，另一端与测试仪电流输出端相连。其次设定测试仪当前输出值及测试时间开始试验，如图 2 所示。试验完成后读取和记录接地电阻值，并按照标准或者规范对接地系统进行性能合格与否评判<sup>[4]</sup>。

### 2.3 局部放电检测

局部放电检测作为一种先进的高压电力电缆故障

检测技术，能有效检测出电缆内部存在的局部缺陷以及隐患，通过对电缆工作时局部放电信号进行测试可判断其绝缘性能优良与否。局部放电检测是根据脉冲电流法或者超声波法的原理进行检测的。脉冲电流法下，电缆内部由于局部放电引起的脉冲电流信号被探测出来，从而对电缆绝缘状况做出判断；超声波法时，再通过探测局部放电引起的超声波信号对电缆绝缘性能进行评价。在检测中首先要选用适当的局部放电检测仪及传感器安装在电缆适当部位，接着启动检测仪实现电缆长期连续监控，监控时检测仪对局部放电信号数据及波形进行实时记录与显示。最后通过对检测数据的分析来判断电缆有无局部放电现象以及放电的程度<sup>[5]</sup>。以一根 220 kV 高压电力电缆为例，通过局部放电检测发现其 C 相电缆局部放电信号明显。经分析可能为该相电缆绝缘层中含有气泡或者杂质等瑕疵。为进一步核实判断，决定解剖 C 相电缆。解剖检查时发现，C 相电缆绝缘层的确有气泡、杂质及其他缺陷，这与局部放电测试结果一致。所以认定 C 相电缆有绝缘缺陷而需维修或替换。局部放电检测，检测仪及传感器的选型要依据电缆实际状况；检测仪安装地点要选在电缆容易发生局部放电部位，之后要不断观察检测仪在监控过程中的指令及报警信息，并及时对异常进行处理。

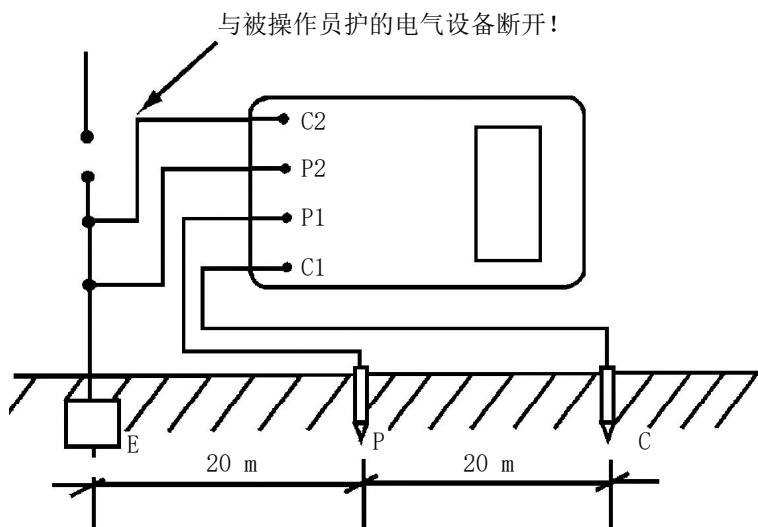


图2 接地电阻测试

## 2.4 时域反射仪检测

时域反射仪 (OTDR) 测试作为一种关键的光纤质量和性能检测工具, 主要是通过对光纤内背向散射光信号的分析, 以获取光纤的全面信息。下面就 OTDR 测试中几个主要参数及步骤做具体阐述。

### 2.4.1 主要测试参数

1. 波长选择 ( $\lambda$ ): 通常, 测试波长是根据系统传输通信波长的相应原理来确定的, 例如, 如果系统开放 1550 波长, 那么测试波长就是 1550 nm。不同波长所对应的光特性也不相同, 主要表现为衰减和微弯曲。

2. 脉宽: 脉宽越宽、动态测量范围越大、测量距离越长, 但是 OTDR 曲线的盲点将随之增加。短脉冲会减小盲区, 但是可能会减小测量距离。脉宽一般以纳秒 (NS) 来表示周期。

3. 测量范围: OTDR 测量范围为 OTDR 获取数据采样的最远距离, 决定采样分辨率。通常来说, 最理想的测量范围是目标光纤长度的 1.5 到 2 倍之间。

4. 平均时间: 由于后向散射光的信号很弱, 通常用统计平均的方法改善信噪比。平均时间越长, 信噪比越高, 但是采集时间在 10 分钟以上无法进一步提高信噪比, 所以平均持续时间通常不会超过三分钟。

5. 光纤参数: 其中有折射率  $n$ , 后向散射系数  $\eta$ , 这几个参数一般都是光纤厂家提供的。

### 2.4.2 测试的步骤

1. 准备工作: 对测试光纤两端进行定位, 备齐 OTDR 装置, 接通相关器件, 开启光源及快速电子学器件供电, 待预热。

2. 连接光纤: 测试光纤两端与光纤接头连接, 然后光纤接头插入 OTDR 输入端与输出端之间。

3. 启动软件: 启动 OTDR 软件, 由计算机对光源及快速电子学器件运行方式进行控制。

4. 设置参数: 根据试验需求, 设定光源发光波长和输出功率, 实现快速电子学器件时间分辨率设定。

## 3 结束语

高压电力电缆是电力系统中非常重要的一部分, 高压电力电缆的安全与稳定运行对保证社会经济正常运行以及人们的生活安全具有十分重要的意义。随着电力系统的日益扩大与技术进步, 高压电力电缆故障预防与诊断技术得到了发展。文章对高压电力电缆故障成因进行深入分析, 并综合运用试验方法, 以期为高压电力电缆检修与故障诊断提供理论依据与实践指导。

## 参考文献:

- [1] 李刚. 探讨电力电缆故障相关的原因与检测 [J]. 中国设备工程, 2022(09):169-171.
- [2] 杨玉峰. 电力电缆线路在施工及运行中的故障及维修 [J]. 建材与装饰, 2022, 18(24):132-134.
- [3] 张彪. 高压电力电缆故障原因分析和试验方法 [J]. 电器工业, 2022(12):56-59.
- [4] 沈浩然. 高压电力电缆故障原因分析及试验方法 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(04):32-34.
- [5] 王政. 高压电力电缆故障原因分析和试验方法 [J]. 科学与信息化, 2023(21):132-134.