

高压电力电缆故障分析及诊断处理

近年来，随着国内各地区用电量的日渐攀升，高压电力电缆在整体电力系统中的占比也随之增大，这主要是因为高压电力电缆具有送电稳定、占地面积小等特征，维护方便等优势。同时，我们还应当清醒地意识到高压电力电缆在运行实践中，通常会受到其他多种因素的影响而出现故障问题，如果发现或处理不及时、不到位，则会直接影响系统的正常运行，为此需加强重视。

1 高压电力电缆故障类型分析

对于高压电力电缆而言，其故障类型主要有两种，一是串联，二是并联。其中，串联故障主要是指电缆导体（其中包括铅或铝外皮）出现断裂问题。一般而言，电力电缆导体发生断路问题之前，不易发现串联故障问题。对于并联故障而言，其主要是指导体之间或者对外皮的绝缘性能减弱，无法安全承受电压。实践中存在的故障型式组合类型较多，比如导体断路，因故障电流过大而将电缆烧断，此种类型的故障通常会出现并联接地、降低相间绝缘等现象。

基于故障电阻以及击穿间隙视角分析，高压电力电缆故障主要有开路、低阻以及高阻和闪络性故障。其中，高阻故障问题发生时，故障点的 R_f 较小，以致于故障点两端位置所加电压难以超过故障点位置的击穿电压，故障点也就无法击穿。从这一层面来讲，在对高压电力电缆绝缘试验过程中，通过有无故障点击穿来判断电力电缆是高阻故障还是闪络性故障。高阻故障、闪络性故障二者之间的区分并非绝对的，很大程度上取决于高压电气设备容量、内阻等。此外，实践中还存在着的封闭性故障问题，其多发生于高压电力电缆接头、终端头内，尤其是多发于浸油电缆头内。此类型的故障问题发生时，某试验电压下可能会出现绝缘击穿，绝缘恢复之前击穿现象不会完全消失；此种故障无法再现，所以诊断难度相对较大。

2 高压电缆故障问题分析

在高压电缆长期的运行过程中，受诸多因素影响，导致其容易引发故障问题，比如电缆质量瑕疵、超负荷运行以及施工中的故障和各种机械设备损伤等，具体分析如下。

2.1 电缆质量瑕疵

对于高压电力电缆而言，如果其自身存在质量问题或者瑕疵，很容易引发故障问题。具体而言，高压电力电缆长期暴露在自然环境条件下，电缆容易受潮，影响其绝缘性能，进而导致击穿事故。因电缆质量问题而引发故障，对设备以及人身安全都会产生威胁。

2.2 超负荷运行

用电量不断增加的情况下，高压电力电缆难免长期超负荷运行，由于长期暴露在室外，特别是夏季高温环境条件下超负荷运行，电缆就会产生大量的热，加速老化、绝缘性能降低，不仅影响其服役期限，而且容易发生击穿事故，存在较大的安全隐患。值得一提的

是，若运行环境条件非常的恶劣，而且有腐蚀性的气体或者高温热源，则会影响电缆保护层的性能，大幅度提升隐患发生概率。

2.3 施工性故障

在高压电力电缆施工安装过程中，违规操作现象屡见不鲜，施工操作不当会导致电缆表面出现破损问题，同时还会出现接头连接不紧密、导体连接管接触不良等一系列问题。上述问题一旦发生，就会直接影响电缆绝缘性能，进而导致电缆进水，严重影响其稳定运行，甚至发生事故。

2.4 机械性损伤

在高压电力电缆施工安装以及运输过程中，电缆设备容易受到机械性伤害，以致于电缆接头以及导体绝缘严重受损。据调查显示，机械性损伤造成的电缆事故，约占高压电力电缆事故总量的半数以上。

3 高压电力电缆故障诊断方法

针对上述故障类型以及问题，目前常用的高压电力电缆故障诊断方法如下：

3.1 测声法

该种故障诊断方法的运用原理是基于电火花放电产生的声音来查找故障位置，此间会运用大量的专业设备。在电路中安装高压电容器，运行时对电容充电，达到一定程度时电缆绝缘层故障点会放电，并伴随着放电声音出现。就明敷设的电缆而言，可直接定位故障点；就暗敷设电缆而言，需借助拾声器等设备进行检测。在此过程中，探测人员应当先确定电缆走向，按照方向确定声音大小；当某点声音最大时，可确定电缆故障。该种方法针对地面电缆故障问题进行诊断，部分电缆埋于地下，隐蔽性非常的强，一旦发生电缆故障，首先应当明确定向，再利用测声设备紧贴于地面之上，一直向前进行探测，直到设备发出“滋滋”声响，基本可以判定此处为电缆故障点。需要强调的是，该种故障诊断方法运用时，操作人员一定要注意安全，加强音频设备的运用以及电力电缆监测，以免发生意外。

3.2 离线测距法

(1) 阻抗法。该种方法主要是指在测量端选定以后，通过测量以及计算测量端至故障点阻抗，结合线路参数将故障点方程列出来，然后对其进行求解并确定故障距离。对于该种测量方法而已，通常建立线路参数模型，原理简单，容易操作。该种方法通常结合经典电桥法使用，其精度非常的高，但适用范围相对较小。

(2) 行波法。该种检测方法主要是通过行波传播时间的测量来确定故障点。一般而言，其包括脉冲电压法、低压脉冲反射法以

及脉冲电流法和二次脉冲法。对于低压脉冲反射法而言，其非常的直观，不依赖于其他的电缆资料，缺点是无法测量高阻或闪络故障。对于脉冲电压法而言，其具有故障测试快等优点，其对仪器设备、操作人员更加安全，而且信号更容易辨识。实践证明，二次脉冲法运用条件下测量精度非常的高，但是仪器设备较为复杂，故障测试用时相对较长，难以有效控制二次脉冲。

3.3 电桥检测法

该种故障检测方法的运用原理是通过直流电流测量高压电力线缆电阻，然后根据线缆电阻比值地故障位置进行确定。从实践来看，该种方法的运用精度非常的高，主要检测故障为电缆间短接。这种检测方法的运用对短接处有阻值要求，在 1Ω 范围内时检测精度会提升。实际测量时，一旦发现触点电阻超过 1Ω ，则可运用大电流将该处击穿。测量时，假设有电缆AA'与BB'，先对AB之间电阻进行测量，总电阻为短接位置电阻与测量电力电缆电阻；进而对A'B'间电阻进行测量，获取电阻值为短接处短路与线缆电阻；将A'与B'处短接，对AB间电阻进行测量。不同测量状态和条件下，电阻计算公式有所区别，联立电阻计算公式，可确定故障位置在电缆上的长度，进而最终确定故障点。

3.4 电容电流测量法

在高压电力电缆运行中，不同相芯线间均由电容存在，而且电容均匀分布。电容电流测量法，即按照此种现象确定故障点位置。在测定过程中，故障电缆起始位置施加一稳定电压，每段线缆测得电流电容后均进行标示，如 I_1 、 I_2 以及 I_3 等，确保电压稳定后，在电缆末端位置继续测量电容电流，并标示电流电容。一旦发现整个电力系统中可产生变化时，通过求得的电流电容比值，可初步判定电缆故障点所在的区域。根据电容公式，确定线缆电容、电流成正比，电压不变的情况下，电流与电缆长度之间成反比关系。在确定故障点时，可通过比值来判定具体故障位置，从而对故障点进行精准定位。在此过程中需注意，电压一定要保持稳定，精确读取电流表示数。

3.5 零电位测量法

对于零电位测量法而言，其主要运用对象为长度相对较小的对地短路电缆，再利用一段完好无缺的对比线缆，将两条线缆并联在一起，并在线缆中布设电源，从而形成两条并联电阻丝。两条线缆对应点间电位为零，通过实验电缆、地面之间电位的测量，即可确定待测高压电力电缆故障点。在实际操作过程中，需注意微伏表一点接地，而另一端在实验电力电缆上移动；操作人员需认真观察电表示数，非故障区电表移动时示数一直为零。探测故障点以后，电表示数变化，此时待测电缆点即为故障点。在利用该种测量方法时，一定要确保两条线缆参数基本一致，实验电缆确定为裸铜线，利用蓄电池或者干电池，试验电压以 $6V$ 为宜，测量电表线缆与实验电缆之间应当完全接触，这关系着故障测量精确度。

4 高压电力电缆故障处理建议

通过对当前高压电力电缆故障问题、诊断方式方法分析，笔者认为要求有效排除高压电力电缆故障，既要重视高压电力电缆运行中的信息资料管理，对技术人员、管理人员等加强专业技能培训，提高他们的综合素质，又要强化高压电力电缆工程的施工管理以及环境区域的安全管控，加强电力领域安全生产管理创新。具体分析如下：

(1) 在高压电力电缆系统运行过程中，应当密切关注电缆运行资料的全面管理。在高压电力电缆安全资料管控过程中，我们应当做到认真、细致，这关系着整个电力系统的运行安全可靠性。特别是直埋电缆的施工安装走向应当予以说明，对电缆工程施工要求，电缆线路长度尺寸等，均需与原始资料对比、查验，所以加强原始

电缆信息资料的管控非常重要，一旦出现质量瑕疵，很容易引发故障问题。

(2) 为了能够有效控制电缆故障，最关键的是要加强人员管理，即对高压电力电缆运行中的相关人员加强专业技能培训。在电缆运行中，为了能够有效加强安全管理，减少或者避免故障发生，要求相关技术人员以及管理人员必须全员参与培训，以此来提升他们的技能水平和业务素养，同时这也是保障高压电力电缆系统安全运行的关键。

(3) 加强高压电力电缆施工过程管理，全面推进电力领域生产改革及其创新发展。在高压电力电缆工程施工中，一定要对现场施工质量进行严格把关，这关系着整个高压电力系统的运行安全稳定性。比如，在搭设桥架过程中，应当做出明确的标示，在电缆施工时应当严格的按照规范和要求进行施工操作。同时，还应当强化高压电力电缆施工区域内的环境安全因素管控，强化原始材料质量以及电缆运行中的监控，做好外力对高压电力电缆设备破坏的防护工作。在高压电力工程建设过程中，为了有效保障电缆系统运行的安全高效性，我们应当进行改革创新，从技术、体制等方面进行改进。一方面，加强技术创新，另一方面引入和应用国外先进的故障检测技术和手段，以此来不断提升国内电力行业的发展水平。