

# 特高压 GIS 设备交接试验击穿放电定位技术研究

李杰

河南平顶山 467000

**摘要：**为保证 GIS 设备的正常使用，在投入运行之前需尽早地检测到其可能存在的问题，必须在出厂测试和现场移交测试时对其进行耐压测试。尤其是特高压 GIS 设备，由于其尺寸较大，设备的生产、运输和现场的安装难度增大，极易出现设备故障。伴随着电网电压水平的提高，电网运行中的各种事故所造成的经济损失也会越来越大。而在耐压测试中，一次参与耐压的设备多，使得其在耐压测试中的位置检测更加的困难。

**关键词：**特高压工程；特高压 GIS 设备；击穿定位；超声波检测

## 引言：

对 1100 kV GIS 装置在进行现场交接耐压测试时，被试产品发生放电击穿故障后，能迅速定位故障点。详细阐述 1100 kV 特高压 GIS 装置耐压交接测试过程中的放电故障点位置。

## 一、特高压 GIS 定位方法的选择

由于特高压 GIS 装置的尺寸比较大，试验的长度往往超过百米。变电站现场环境复杂，在耐压测试中，如果出现绝缘失效，如何精确地确定击穿气室和击穿点，是一项非常困难的工作。若不能精确定位出放电点，容易造成 GIS 气室的误拆，从而严重地阻碍了工程安装进程。有的时候还需要二次耐压，给产品带来二次损坏。在 GIS 设备耐压测试中，通常采用人工监听、低频振动监测、超高频率监测和超声监测等方式进行研究。

### 1. 人工监听法

通常，在每个 GIS 气室安排 1-2 名测试员，由其发出的声响来确定故障发生的地点。很明显，由于测试者的主观因素，监听结果容易出现错误或较大偏差，监听结果可能是一个较大的范围。

### 2. 低频振动监控方法

GIS 产品发生故障后，SF<sub>6</sub> 气体在短暂的碰撞过程中会发生强烈的振动，并会在其周围形成许多高强度的低频声。将一种低频率的振动监控单元箱安装在 GIS 箱体外侧，如果其振幅超过箱体预设的临界值，就会发出一个报警讯号，由现场测试者根据这个讯号来判定其所处的气室有没有发生故障。然而，在工程实践中，如何选取合适的触发门限是一个难题，如设置不合理，很容易造成故障时监控单元箱不触发报警讯号，也可能是故障发生后，多个监控单元同时触发报警讯号，这种监控单元容易受外界噪音或现场测试人员走动时产生振动的影响。

### 3. 超高频监听方法

在此过程中，伴随着低频震荡波的同时，还会产生大量带宽为 100 ~ 1400 MHz、频率可达 1GHz 的超高频谐振电磁波。将传感器装在 GIS 的盆式绝缘子位置，再由信号放大及分析软件对其进行解析，从而判断出故障的位置。虽然这种检测技术具有很高的敏感性，但是它对超高频的检测要求很高，对测试人员的工作质量要求很高，而且测试费用也很高。

### 4. 超声监视方法

超声是 20kHz 以上的一种声波，其频段处于低频段与高频段共振频段，方向性强，穿透性能好。在 GIS 中出现故障时，在靠近放电点的 GIS 管壳上会发出超声，超声沿壳体轴向两个不同的方向传播。通过对 GIS 箱体内各节点的检测，对各节点的波形进行时序分析，从而确定故障发生的部位。这种方法不仅能消除变电所内的低频振动噪音，而且与超高频探测技术相比，其造价也大大降低，尤其适用于超高压 GIS 的耐压测试。

## 二、击穿定位技术原理

### 1. 特高频击穿定位技术

GIS 设备中的局部放电能够产生具有陡上升沿的电磁波信号，其频率最高可达 1GHz 以上，局部放电产生的电磁波信号在 GIS 设备内传播，经由盆式绝缘子等非连续部位向外辐射。利用特高频率的探测器，可以探测到 GIS 装置中非金属屏蔽部位的特高频信号。利用高速数据采集板和高速示波器，比较和解析所收集的多通道的数据，以及位置信息系统中传输的电磁波到达各传感

器之间的时差，可以确定位置信息系统中本地放电源的定位。采用多通道特高频率的 PD 检测技术，不仅具有很高的敏感性，而且还可以根据不同的放电波的特性，实现对设备的实时监控。然而，采用特高频时差定位方法进行位置测量，需要更高的探测技术和更高的探测仪器，且需要花费大量的费用。为此，将特高频时差法用于 GIS 耐压测试的耐压测试中，可以起到一种补充作用，以改善其在现场的定位精度。

## 2. 超声波击穿定位技术

当 GIS 产品中发生击穿放电时，产生超声波信号，利用超声探头对 GIS 中的超声波进行探测，可获得 GIS 产品中的局域放大信息。由于超声探测到的是一种不含电磁波的信号，所以能够避开变电站内部的电磁干扰，具有较好的抗干扰性和较高的定位精度。在实现超声定位位置的方法中，在 GIS 外壳上按一定的顺序配置超声传感器，以确保各绝缘盘两侧和各独立气室均可被探测到。在此基础上，利用位于放电点附近的超声传感器探测到的超声波信号，并分析其在 GIS 内壁的触发时刻及触发峰值，从而定位出故障的具体部位。超声波故障诊断是一种基于多台超声波传感器的故障诊断方法，它是一种新型的基于故障诊断和故障诊断方法。该诊断方法是一种新的诊断方法，能够有效地解决故障诊断问题。具有多个探测单位对时的功能，并且将传感器和监控单元集成在一起，现在使用的都具有对无线节点进行扩充的能力，能够按照 GIS 的实际耐压范围来扩充无线节点数目。该系统还具有现场储存与展示的能力，能够对由终端电脑得出的判定结果进行备份与校验。

## 三、现场应用

利用 GIS 故障点位置法，对 1100kV 特高压变电站 GIS 产品进行了耐压试验。该特高压变电站 1100kV GIS 产品采用 3/2 接线模式，主变压器 + 导线出线共有 8 回出线 14 个间隔，工频耐压试验按计算方法划分为四个阶段。在第一阶段耐压时出现了击穿。第 1 阶段耐压试验是 1 号主变进线的套管。

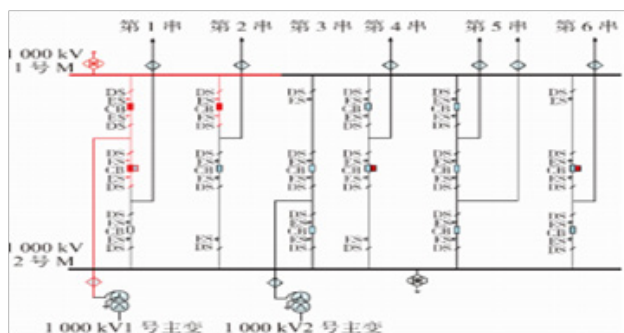


图 1 第一阶段耐压范围（红色区域）

图 1 所示的红圈是第一阶段耐压试验时高电压接入部位。耐压试验加压过程为：10 分钟，电压为 635kV；在 20 分钟内将电压升高到 762kV；在 1 分钟内将电压升高到 1100kV。在 1100kV 1 分钟的耐压试验结束后，把测试电压降低到 762 kV，并维持 30 分钟，然后对所测试的产品进行特高频和超声局部放电的测试。在开始加压前，将超声传感探针和超高频率传感探针分别置于 GIS 装置外壳上，具体布置于图 2 中。

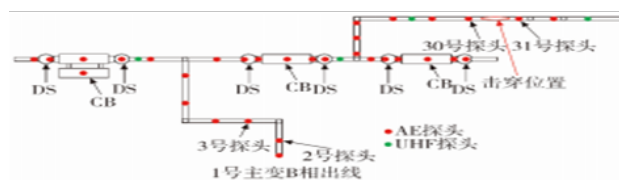


图 2 传感器探头布置位置图

用红圈表示超声探头的安装地点，绿圈表示 UHF 探头的安装地点。在 B 相升压过程中，经过 635kV/10min 和 762kV/20min 的老练试验后，再进行 1100kV 的电压提升。在升压期间，高压电压达到 1036kV 时，从 GIS 中发出了很大的噪音，并据此推断，GIS 中出现了击穿放电现象。当装置发生故障时，后台的终端电脑显示，30 号、2 号和 3 号探头都超出了警戒值，并向 30 号探头发送警报，其中 30 号探头的幅度最大。从超声波幅度信号中，我们可以推断出两个有可能出现的放电部位，并将该部位与末端的控制电脑中的传感器触发信息相联系，并与超声波传感器的启动时刻相联系，可以发现，2 号探头是第一个被激活的，而 30 号探头的振幅是最高的，因此，利用超声信号不能确定是否是 30 号探头所处气室，还是 2 号和 3 号探头所在的空气室出现了故障。可以判定出，在图 2 的红圈上有一个标志。而 2 号和 3 号传感器探测到的信号很有可能是由于放电后发生了过压而引起的，从而导致传感器捕获到了信号。经过对事故原因的分析，经现场检测，确定了事故的部位是母线的一部分，并在放电后将其拆解。现场拆解时，导线上出现了一条清晰的放电痕，该刻痕的分布与接地装置测定的断点相吻合。

总之，研究成果将有助于 1100kV GIS 装备的现场交接试验，实现对 1100kV GIS 产品运行初期的隐患检测，对其进行故障诊断，是实现特高压 GIS 装备的现场耐压在线监测的前置程序。通过对特高压变电站 1100kV GIS 产品的耐压试验，可以准确地判断出耐压期间发生的击穿放电气室，从而减少了现场检查和维修的次数；与二

次耐压法相比,这种方式可以防止对 GIS 产品的二次破坏,确保工程建设的顺利进行,同时也为今后的特高压地理信息系统的选址方案奠定了基础。

---

#### 参考文献

- [1] 张君勇, GIS 中电磁波传播特性的仿真研究 .2019.
- [2] 刘成军. 采用声电联合法的 GIS 局部放电定位试验研究 .2020.
- [3] 李晨 .500kV 变电站 GIS 系统的交流耐压试验研究 [J]. 中国电业 (技术版) .2012,(2)

---

作者简介:李杰(1980.02——),男,本科学历,高级工程师,主要从事超特高压产品试验方面的工作。