

# 一起110 kV GIS电缆终端局部放电案例分析

刘宁宁, 魏守耀, 张炜栋, 尹欢欢, 张会敏, 孙善博, 高亦炜, 李春欣

济南市历城区供电公司, 山东 济南

收稿日期: 2022年3月16日; 录用日期: 2022年5月12日; 发布日期: 2022年6月27日

## 摘要

GIS设备由于其结构为全封闭的特性, 带电运行中无法用传统的检测方法对其内部绝缘状态进行监测, 只能通过超声波、特高频等带电检测手段对其进行诊断。本文介绍了一起通过带电检测技术发现济南某变电站110 kV GIS电缆终端存在悬浮类放电的缺陷案例。首先, 通过巡检发现某电缆终端存在异常放电信号, 判断该气室存在悬浮类放电; 随后利用特高频时差法和超声波法进行定位分析确定了放电气室; 最终通过解体检查发现该气室A相电缆终端导电端子压接不合格, 电缆应力锥均压环存在明显的松动在高压环境下产生悬浮类放电信号。该起GIS电缆终端局部放电案例为今后类似缺陷的检测和处理提供了经验与参考。

## 关键词

GIS, 带电检测, 局部放电, 超声波, 特高频

# A Case Analysis of Partial Discharge at 110 kV Gas Insulated Switch-Gear Cable Terminal

Ningning Liu, Shouyao Wei, Weidong Zhang, Huanhuan Yin, Huimin Zhang, Shanbo Sun, Yiwei Gao, Chunxin Li

State Grid of Jinan Lichen Electric Power Company, Jinan Shandong

Received: Mar. 16<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 12<sup>th</sup>, 2022; published: Jun. 27<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Due to the characteristics of its fully enclosed mechanism, GIS equipment can not use traditional detection methods to monitor its internal insulation status during operation, and can only diag-

文章引用: 刘宁宁, 魏守耀, 张炜栋, 尹欢欢, 张会敏, 孙善博, 高亦炜, 李春欣. 一起 110 kV GIS 电缆终端局部放电案例分析[J]. 电力与能源进展, 2022, 10(3): 63-73. DOI: 10.12677/aepe.2022.103009

nose internal defects through live detection methods such as ultrasound and UHF. This article introduces a case of a suspended discharge defect found in a 110 kV GIS cable terminal of a substation in Jinan through live detection technology. First, the abnormal discharge signal is found in a certain cable terminal through inspection, and it is judged that the air chamber has suspension discharge; Then the UHF time difference method and ultrasonic method are used to locate and analyze the discharge air chamber; Finally the air chamber is found through disassembly inspection. The crimping of the conductive terminals of the A-phase cable terminal is unqualified, and the cable stress cone equalizing ring is obviously loosened to produce a floating discharge signal in a high-voltage environment. This GIS cable terminal partial discharge case provides experience and reference for the detection and treatment of similar defects in the future.

## Keywords

GIS, Charged Detection, Ultrasonic, Ultra High Frequency (UHF)

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

气体绝缘金属封闭开关设备(以下简称 GIS)由于其全封闭机构特性,运行中无法用传统的检测方法对其内部绝缘状态进行监测,只能通过超声波、特高频等带电检测手段对内部缺陷进行诊断[1]; GIS 设备占地面积小,占用空间小,基本不受外界环境影响,噪声和无线电干扰水平低,运行安全可靠,且维护工作量少,因而在电力系统中使用比较多[2]。

综合分析近年 GIS 绝缘系统的缺陷案例不难发现,施工安装和产品质量是电缆终端故障发生的主要原因,占比 84%以上(如图 1 所示),每次电缆终端发生故障总会造成相应的电缆停电,随之带来的是造成大面积停电,由此造成的直接或间接损失不可估量。局部放电量(以下简称局放)是反映 GIS 绝缘性能的重要参数之一,是 GIS 绝缘劣化的征兆和表现形式[3]。

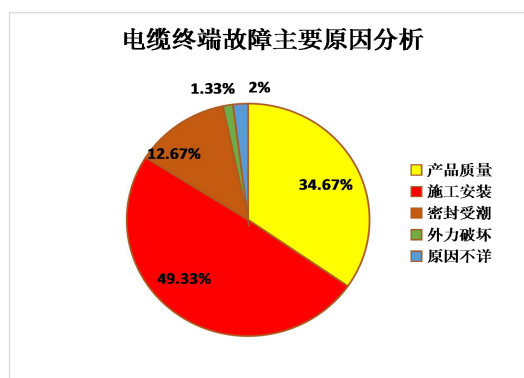


Figure 1. Analysis of main reasons for cable terminal failure

图 1. 电缆终端故障主要原因分析

所以,检测 GIS 局放能发现早期的绝缘缺陷,以便采取措施,避免其发展[4]。

目前,现场最常用的 GIS 设备局部放电检测方法主要是采用特高频法和超声波检测法。特高频法和

超声波检测法从使用效果看，由于原理不同，各自有着不同的优缺点，对不同类别的缺陷检测灵敏度有所差别。因此，在实际应用中如何将两种检测方法有效地结合起来，相互弥补，越来越受到运维检修人员的重视。本文通过在现场应用特高频和超声波联合法的 GIS 局部放电检测，成功发现设备运行缺陷并确定故障位置，为该方法的推广提供了一定的参考。

## 2. 现场检测情况

### 2.1. 设备运行情况

该变电站 110 kV 电压等级设备用泰安泰山高压开关有限公司生产的 ZFW25-126 型气体绝缘金属封闭开关，2017 年生产，2018 年 6 月变电站投运。

### 2.2. 放电信号发现

2019 年 10 月 27 日，变电运维人员采用 JD-S10 局放检测仪对该站进行带电检测时发现 1 号主变 110 kV 侧进线间隔电缆终端气室内存在异常的放电信号。图 2 为 1 号主变 110 kV 侧进线间隔电缆终端气室盆式绝缘子检测数据对比。

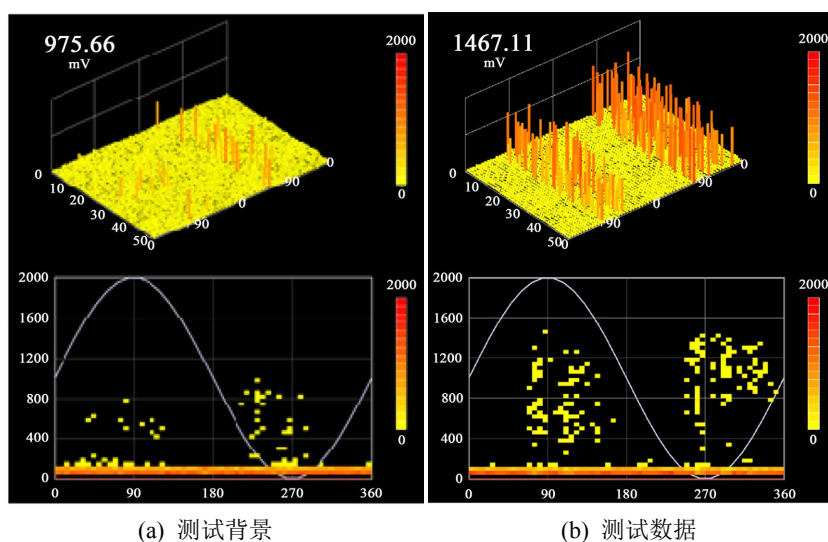


Figure 2. JD-S10 field test data  
图 2. JD-S10 现场测试数据

由图 2 中的数据可以看出，JD-S10 检测仪在 1 号主变 110 kV 侧进线间隔电缆终端气室盆式绝缘子上测得异常的特高频信号，工频的正负半周上均存在多根脉冲，放电脉冲个数和幅值基本对称，相位分布特征明显，具有明显的工频相关性，放电幅值较大且较分散，应为悬浮类放电。

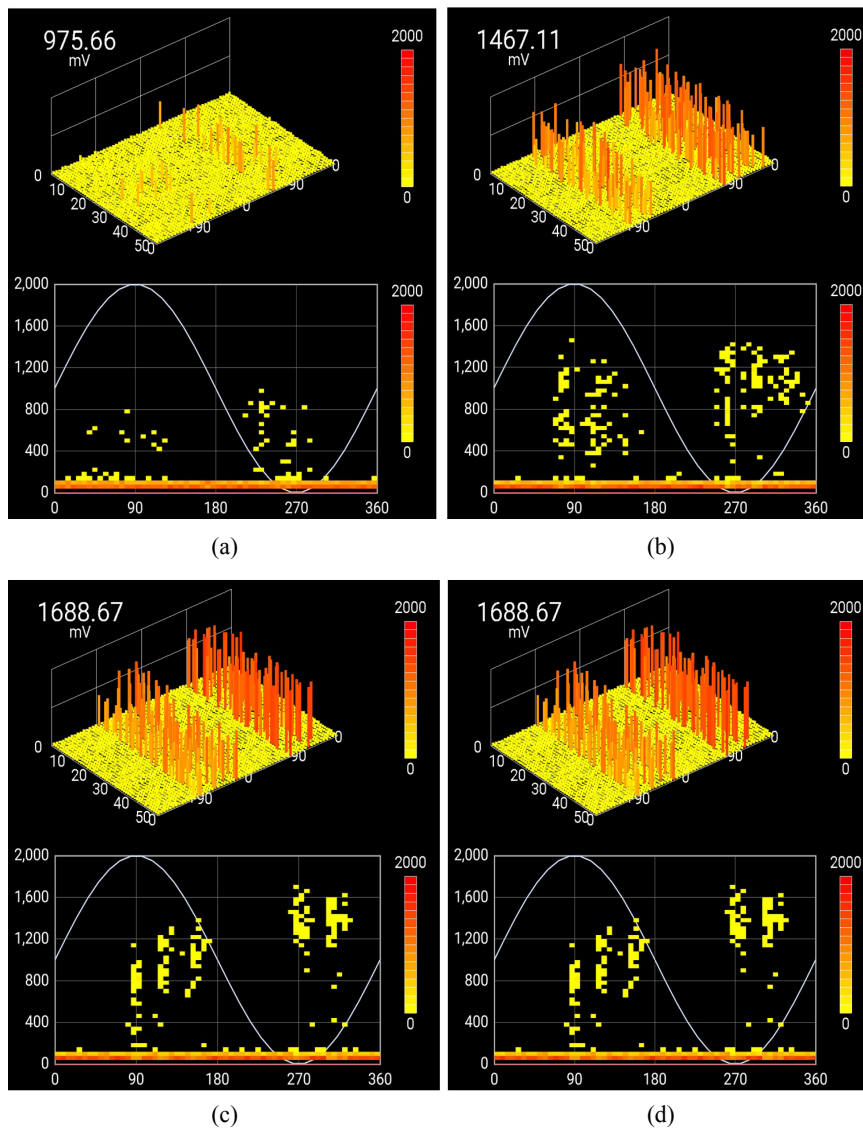
## 3. 放电信号源定位

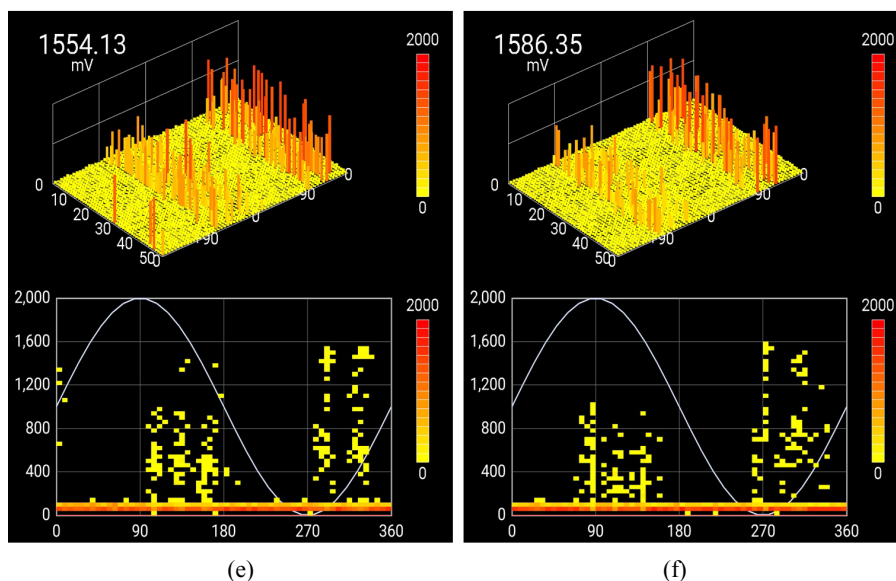
### 3.1. 特高频信号分析

为了确定信号的来源，使用 JD-S10 检测仪对异常的特高频信号进行定位分析，分别在两个相邻气室盆式绝缘子及电缆终端 A、B、C 三相共 5 个检测点进行检测。图 3 为现场检测示意图，图 4 为 5 个检测点与背景噪声检测点的对比数据。



Figure 3. Field test photos of positioning analysis  
图 3. 定位分析现场测试照片





**Figure 4.** JD-S10 UHF field test data. (a) Test background; (b) Test point 1; (c) Test point 2; (d) Cable terminal A phase detection point; (e) Cable terminal B phase detection point; (f) Cable terminal C phase detection point

**图 4.** JD-S10 特高频现场测试数据。(a) 测试背景; (b) 1 号检测点; (c) 2 号检测点; (d) 电缆终端 A 相检测点; (e) 电缆终端 B 相检测点; (f) 电缆终端 C 相检测点

由图 4 中的数据可以看到 5 个检测点的测试数据分别如表 1 所示:

**Table 1.** UHF partial discharge value of 5 detection points  
**表 1.** 5 个检测点特高频局放值

检测点位置	局放值/mV
1 号检测点	1467.11 mV
2 号检测点	1688.67 mV
电缆终端 A 相	1805.49 mV
电缆终端 B 相	1554.13 mV
电缆终端 C 相	1586.35 mV

通过对比 5 个检测点的信号幅值可知, 放电源应靠近电缆终端 A 相检测点, 初步判断放电源大致位于 1 号主变 110 kV 侧进线间隔电缆气室内 A 相。

同时, 检测人员在电缆夹层采用 JD-S10 局放检测仪对 1 号主变 110 kV 侧进线间隔电缆 A、B、C 三相分别进行高频检测, 图 5 为现场测试照片, 图 6 为测试数据。

由图 6 中的数据可以看到, A 相幅值为 15.8 mV, B 相幅值为 6.3 mV, C 相幅值为 6.3 mV, 通过比较三相高频信号幅值可知, 放电源应来自于 A 相。

### 3.2. 特高频时差法分析

为了进一步确定信号源的位置, 采用特高频时差法定位, 将绿色标识的特高频传感器和红色标识的特高频传感器贴在如图所示的位置上。图 7 为现场检测照片, 图 7 为测试结果。



Figure 5. Cable mezzanine field test photos  
图 5. 电缆夹层现场测试照片

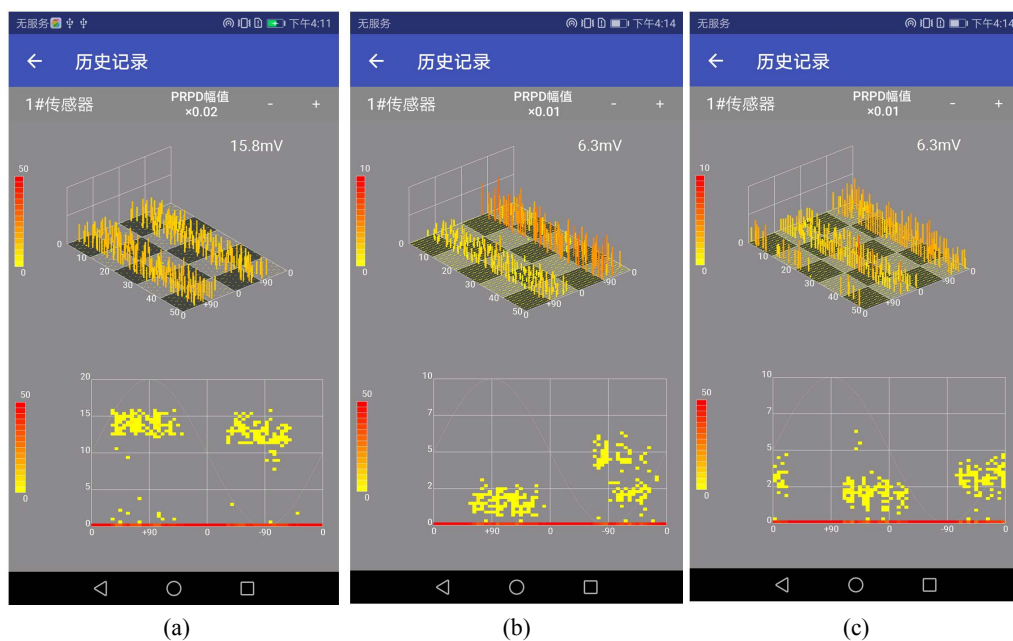


Figure 6. JD-S10 high frequency field test data. (a) Incoming cable phase A; (b) Incoming cable phase B; (c) Incoming cable phase C  
图 6. JD-S10 高频现场测试数据。(a) 进线电缆 A 相; (b) 进线电缆 B 相; (c) 进线电缆 C 相



Figure 7. Schematic photo of on-site test  
图 7. 现场测试示意照片

由图 8 可以看到，绿色标识的特高频信号在时间上超前于红色标识的特高频信号约 2 ns，因而该放电电源应靠近绿色标识的传感器。

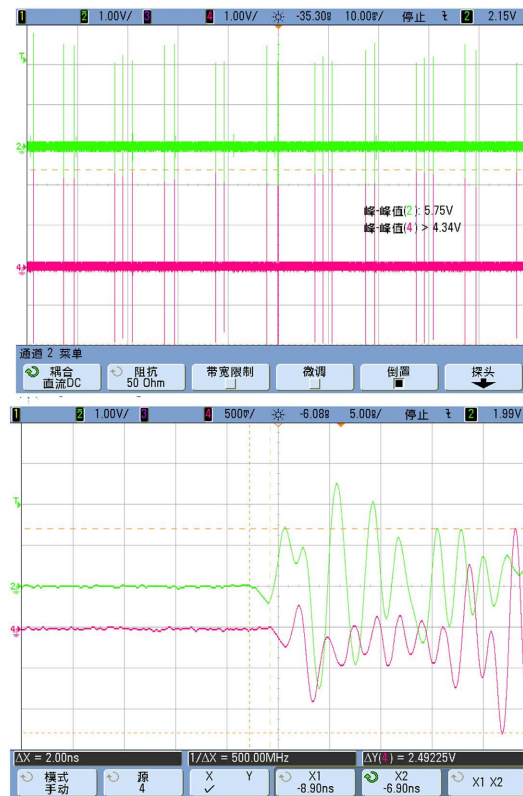


Figure 8. JD-S100 detects system position-one test data  
图 8. JD-S100 检测系统位置一测试数据

进一步，如图 9 所示，为现场的测试照片，其中，绿色标识传感器的位置保持不变，红色标识传感器贴在如图 9 所示的盆子处。



Figure 9. Field test photos  
图 9. 现场测试照片

在该位置测得的典型特高频信号如图 10 所示。

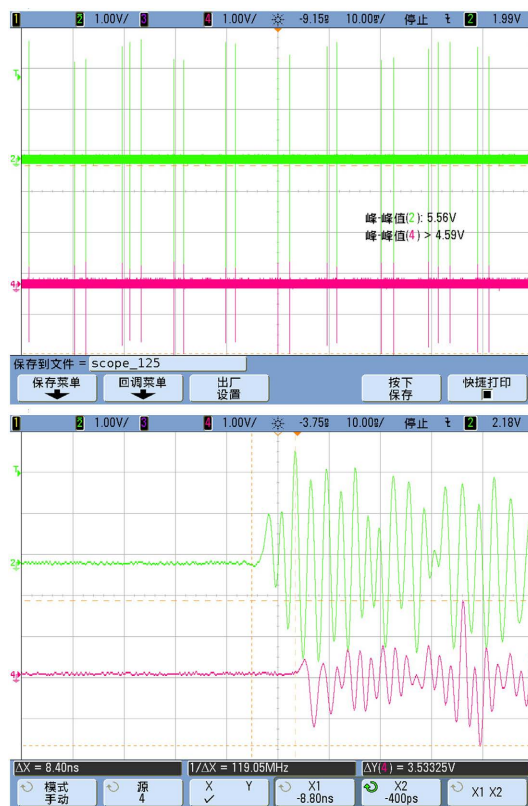


Figure 10. JD-S100 detects system position two test data

图 10. JD-S100 检测系统位置二测试数据

由图 10 可以看到，绿色标识的特高频信号超前于红色标识的特高频信号约 8.4 ns，因此更加确定异常特高频信号源应位于 1 号主变 110 kV 侧进线间隔电缆终端 A 相。

### 3.3. 超声波法分析

采用超声波法对 1 号主变 110 kV 侧进线间隔 A 相电缆终端进行检测，图 11 为现场检测位置照片，在该位置测得的典型信号如图 12 所示。



Figure 11. Field test photos of A phase cable terminal

图 11. A 相电缆终端现场测试照片



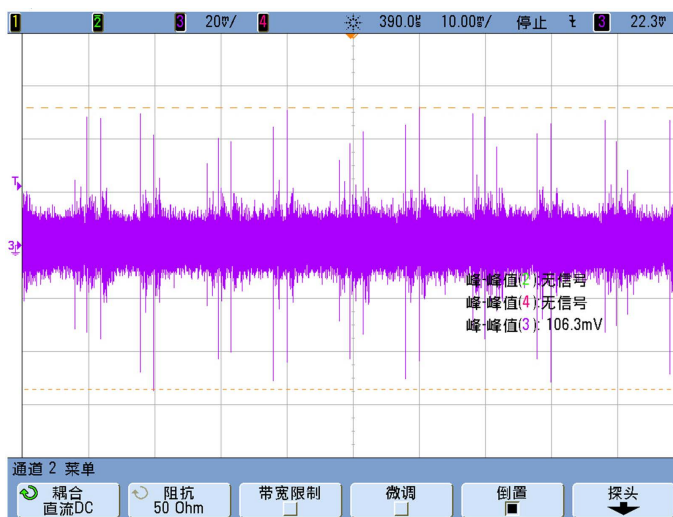


Figure 12. On-site inspection data of JD-S100 inspection system  
图 12. JD-S100 检测系统现场检测数据

由图 12 可以看到，A 相电缆终端环氧树脂法兰处存在明显异常的超声信号，结合其内部结构，判断该放电源位置应位于 A 相电缆终端与导体触头连接处，如图 13 所示。



Figure 13. Photo of the location of the discharge source  
图 13. 放电源位置照片

#### 4. 缺陷处理

10 月 27 日至 29 日，电缆检修人员对气室进行了停电解体检修，根据现场解体情况分析，发现 110 kV 进线 A 相电缆终端导电端子压接不合格，电缆应力锥均压环存在明显的松动(如图 14(a)、图 14(b)所示)，在高压环境下产生放电信号。电缆检修人员更换了新的均压环，进行了标准化的安装。

10 月 29 日 21 时，主变送电完成。电缆班技术人员对检修后的放电部位进行了复查，未发现放电信号，设备恢复正常，检测结果如图 15。

#### 5. 结语

超声波、特高频局放等带电检测技术可有效发现 GIS 内部绝缘和放电缺陷，但异常信号分析较为复杂，尤其是缺陷具体位置确定存在一定困难。通过结合几种方法，可以得到以下结论：

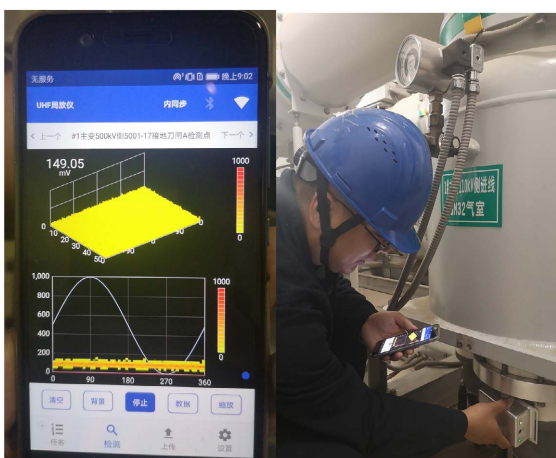


(a)



(b)

**Figure 14.** Photo of the disintegration of the fault discharge part  
**图 14.** 故障放电部位解体照片



**Figure 15.** Review after power on  
**图 15.** 送电后复查

1) 特高频局部放电检测技术检测灵敏度高、抗电晕干扰能力强，可有效发现 GIS 设备的内部局部放电缺陷。当发现局部放电信号时，应对其进行初步定位，对相邻盆式绝缘子采用幅值比较法寻找信号最大点位置。如果需要精确定位，则联合超声局检测法可进行故障定位。

2) 通过特高频和超声波联合法同时检测局部放电信号的特高频信号和超声信号，再对各自信号进行比较分析，可以更好地排除现场干扰因素，提高局部放电的识别效率和缺陷定位准确性。

3) 从本次变电站消缺的应用情况可以得到, 联合特高频法和超声波法检测的 GIS 局部放电在线检测技术能有效地发现运行中 GIS 的局部放电绝缘类缺陷, 为实现在运设备不停电的 GIS 设备的状态检修提供强有力的检测手段。

### 参考文献

- [1] 孙曙光, 陆俭国, 俞慧忠, 等. 110 kV GIS 局部放电故障定位技术的研究[J]. 电测与仪表, 2012, 49(58): 10-14.
- [2] 丁登伟, 高文胜, 刘卫东. 采用特高频法的 GIS 典型缺陷特性分析[J]. 高电压技术, 2011, 37(3): 706-710.
- [3] 气体绝缘金属封闭开关设备带电超声局部放电检测应用导则: DL/T1250-2013 [S]. 2013.
- [4] 蒋建玲. 用超高频法研究 GIS 中局部放电的特征[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2003.