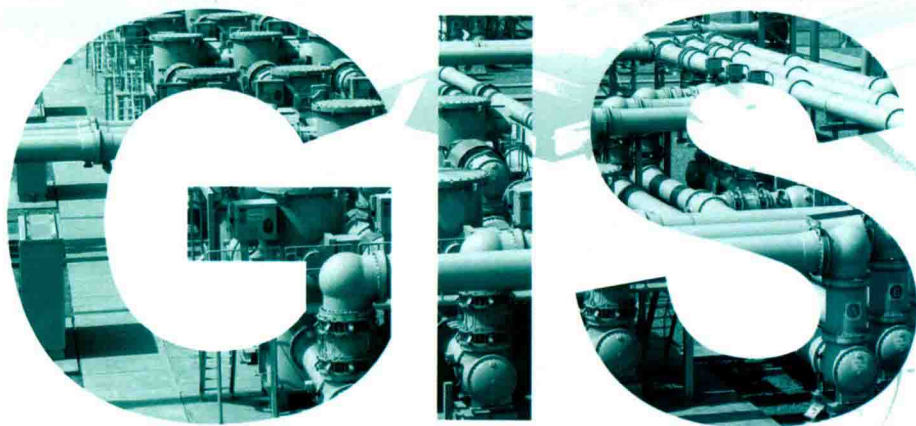


国家电网公司运维检修部 组编

GIS设备带电检测

异常典型案例与分析



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

GIS设备带电检测

异常典型案例与分析

国家电网公司运维检修部 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为深化应用气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)带电检测技术,提升GIS设备状态检测水平,加强带电检测队伍建设,提高一线作业人员技能素质,国家电网公司运维检修部组织开展了GIS设备带电检测技能竞赛,并总结本次竞赛活动的基础上编写了《GIS设备带电检测》丛书,包括《GIS设备带电检测异常典型案例与分析》《GIS设备带电检测标准化作业》(书配盘)《GIS设备带电检测异常判断手册》《GIS设备带电检测试题库》4个分册。

本书为《GIS设备带电检测异常典型案例与分析》分册,有GIS设备特高频法及超声波法局部放电带电检测异常典型案例62个,各案例均包括异常概况、检测对象及项目、检测仪器及装置、检测数据、综合分析、验证情况、结论及建议等内容。

本书可供电力系统运行、检修、安装、试验等方面工作的工程技术人员和管理人员学习使用,也可供制造厂、电力用户相关专业技术人员及大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

GIS设备带电检测异常典型案例与分析/国家电网公司运维检修部组编. —北京:中国电力出版社,2017.5(2017.7重印)
ISBN 978-7-5198-0357-5

I. ①G… II. ①国… III. ①特高频—局部放电—带电测量—案例②超声波—局部放电—带电测量—案例 IV. ①TM8

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第027299号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:岳璐 肖敏 邓慧都(63412339/2363/2636)

责任校对:常燕昆

装帧设计:张俊霞 左 铭

责任印制:邹树群

印 刷:北京瑞禾彩色印刷有限公司

版 次:2017年5月第一版

印 次:2017年7月北京第二次印刷

开 本:710毫米×980毫米 16开本

印 张:28.75

字 数:537千字

印 数:2001—4000册

定 价:146.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

《GIS设备带电检测异常典型案例与分析》

编委会

主 任 王风雷

副主任 高理迎

主 编 冀肖彤

副主编 李 智 杨 圆 孙 杨 解晓东

参 编 张志东 陈 晔 毛文奇 牛 铮 陈 敏

张作鹏 李松原 徐 鹏 杨 为 张 海

洪 鹤 吴水锋 刘 晶 王 辉 刘江明

李胜川 周孟戈 陈 新 孙云生 王 伟

尉 滨 毕建刚 黄峻峰 钱 平 王永宁

鄂士平 戴缘生 王兴照 谷永刚 黎 刚

田 宇 杨大伟

为大力实施国家电网公司“人才强企”战略，培养高素质技能人才队伍，进一步提升带电检测技术水平，加快打造一支素质过硬、业务精湛的带电检测队伍，国家电网公司运维检修部统筹组织一批优秀培训、试验和生产专家，认真总结近年带电检测工作及竞赛经验，提炼公司带电检测技术科研、试验和生产宝贵经验，精心策划，编写了《GIS设备带电检测》丛书，包括《GIS设备带电检测异常典型案例与分析》《GIS设备带电检测标准化作业》（书配盘）《GIS设备带电检测异常判断手册》《GIS设备带电检测题库》4个分册。

本套丛书内容来源于现场一线工作和实际案例，结合了26家省电力公司发现的典型问题和优秀检测分析团队的宝贵经验，体现了国家电网公司最新和最高带电检测水平。全书力求内容精简，深入浅出，旨在指导现场实际。

本书为《GIS设备带电检测异常典型案例与分析》，有GIS设备特高频法及超声波法局部放电带电检测异常典型案例62个，各案例均包括异常概况、检测数据、检测对象及项目、检测仪器及装置、综合分析、验证情况、结论及建议等内容。

由于GIS设备带电检测技术处于探索和发展阶段，加之编写时间仓促和能力有限，难免存在疏漏之处，恳请各位专家和读者提出宝贵意见。

编 者

2017年2月

前言

第 1 部分 GIS 设备特高频法局部放电带电检测信号异常案例

【案例 1】 500kV 某变电站 220kV 某线 A 相出线套管特高频局部放电信号异常	3
【案例 2】 500kV 某变电站 240 间隔 C 相出线拐臂套管侧盆式绝缘子特高频局部放电信号异常	8
【案例 3】 500kV 某变电站 2203 主变压器受总间隔 A 相套管与 2 气室间盆式绝缘子特高频局部放电信号异常	14
【案例 4】 500kV 某变电站 5011 断路器 A 相套管特高频局部放电信号异常	20
【案例 5】 1000kV 某变电站 T011 间隔 T0111C 相电流互感器与隔离开关间盆式绝缘子特高频局部放电信号异常	31
【案例 6】 330kV 某变电站 33051 A 相隔离开关与出线盆式绝缘子特高频局部放电信号异常	47
【案例 7】 330kV 某变电站 3307 某 I 线特高频局部放电信号异常	57
【案例 8】 ±500kV 某换流站 50121 隔离开关 B 相气室特高频局部放电信号异常	66
【案例 9】 ±500kV 某换流站设备 2024 间隔四母侧 C 相 TA 气室特高频局部放电信号异常	76
【案例 10】 500kV 某变电站设备 5001 间隔 A 相避雷器气室特高频局部放电信号异常	84
【案例 11】 500kV 某变电站 5011、5012 断路器 B 相气室特高频局部放电信号异常	92
【案例 12】 500kV 某变电站 5023 间隔 C 相气室特高频局部放电信号异常	98

【案例 13】	500kV 某变电站 1 号主变压器 2011 隔离开关 A 相特高频局部放电信号异常	109
【案例 14】	500kV 某变电站 263 间隔断路器 C 相气室特高频局部放电信号异常	118
【案例 15】	330kV 某变电站 33012 母线隔离开关 C 相气室特高频局部放电信号异常	124
【案例 16】	330kV 某变电站 1123 母联间隔断路器气室特高频局部放电信号异常	129
【案例 17】	110kV 某变电站 110kV I 母电压互感器特高频和超声波局部放电信号异常	136
【案例 18】	330kV 某变电站 33052 母线隔离开关 C 相气室特高频局部放电信号异常	145
【案例 19】	220kV 某变电站 2646C 相隔离开关气室特高频和超声波局部放电信号异常	152
【案例 20】	500kV 某变电站 I 母线间隔 A 相气室特高频局部放电信号异常	165
【案例 21】	±400kV 某换流站 330kV 3 号交流滤波器组 63 分支母线 C 相气室特高频及超声波局部放电信号异常	170
【案例 22】	1000kV 某变电站 5032C 相断路器与电流互感器间 2 号盆式绝缘子特高频局部放电信号异常	179
【案例 23】	500kV 某变电站 5021 间隔 A 相套管下部盆式绝缘子特高频局部放电信号异常	191
【案例 24】	500kV 某变电站 2257 间隔 A 相开关气室特高频局部放电信号异常	195
【案例 25】	330kV 某变电站 1 号主变压器 3301 间隔 33016 隔离开关 C 相气室特高频局部放电信号异常	202
【案例 26】	1000kV 某变电站 G512 气室 B 相特高频局部放电信号异常	208
【案例 27】	330kV 某变电站 I 母 1 号盆式绝缘子特高频局部放电信号异常	217
【案例 28】	500kV 某变电站第八串联络 A、C 相 I 母线侧套管气室特高频局部放电信号异常	226
【案例 29】	500kV 某变电站 50211 C 相隔离开关气室特高频、超声波局部放电信号异常	233

【案例 30】	220kV 某变电站 117 间隔 HJ 二线 B 相电缆终端特高频局部放电信号异常	242
【案例 31】	500kV 某变电站 5041 间隔 A 相特高频局部放电信号异常 ..	248
【案例 32】	220kV 某变电站 2201 间隔 C 相 2 气室特高频局部放电信号异常	255

第 2 部分 GIS 设备超声波法局部放电带电检测信号异常案例

【案例 33】	500kV 某变电站 500kV 某线 5043 断路器 A 相超声波局部放电信号异常	267
【案例 34】	500kV 某变电站 220kV 1 号母线 A 相 TV 超声波局部放电信号异常	271
【案例 35】	500kV 某变电站某主变压器 202 间隔超声波局部放电信号异常	275
【案例 36】	500kV 某变电站 5053 断路器 C 相超声波局部放电信号异常	279
【案例 37】	±400kV 某换流变电站 330kV I 号母线 A 相气室超声波局部放电信号异常	283
【案例 38】	±400kV 某换流变电站 330kV 1 号交流滤波器组 61 分支母线 C 相气室超声波局部放电信号异常	290
【案例 39】	±400kV 某换流变电站 330kV I 号母线 C 相气室超声波局部放电信号异常	295
【案例 40】	500kV 某变电站 5031 A 相罐式断路器气室超声波局部放电信号异常	301
【案例 41】	±400kV 某换流站 330kV 1 号交流滤波器组 3615 间隔 36151 A 相隔离开关气室超声波局部放电信号异常	304
【案例 42】	±400kV 某换流变电站 330kV 2 号交流滤波器组 3621 间隔与 3622 间隔间 62 母线超声波局部放电信号异常	310
【案例 43】	±400kV 某换流变电站 330kV 2 号交流滤波器组 3623 间隔 362317 C 相接地开关气室超声波局部放电信号异常	315
【案例 44】	±400kV 某换流变电站 330kV 2 号交流滤波器组 3625 间隔 36251 A 相隔离开关气室超声波局部放电信号异常	320
【案例 45】	±400kV 某换流变电站 330kV 3 号交流滤波器组 3634 间隔与 3635 间隔间 63 母线气室超声波局部放电信号异常	326
【案例 46】	500kV 某变电站 5051 B 相断路器气室超声波局部放电信号	

异常	332
【案例 47】 500kV 某变电站 50522 隔离开关 B 相气室超声波局部放电信号异常	342
【案例 48】 500kV 某变电站 50521 隔离开关 B 相气室超声波局部放电信号异常	348
【案例 49】 500kV 某变电站 50611 隔离开关 B 相气室超声波局部放电信号异常	354
【案例 50】 500kV 某变电站 50221 C 相隔离超声波局部放电信号异常 ..	359
【案例 51】 500kV 某变电站 5013 断路器 TA1 B 相气室超声波局部放电信号异常	363
【案例 52】 500kV 某变电站 6 号主变压器 220kV 侧通管三相超声波局部放电信号异常	367
【案例 53】 500kV 某变电站 220kV IV 段母线 272 号间隔气室超声波局部放电信号异常	373
【案例 54】 220kV 某变电站 225 乙-9 间隔 A 相避雷器超声波局部放电信号异常	386
【案例 55】 500kV 某变电站 5012 C 相隔离开关与电流互感器 TA1 连接气室超声波局部放电信号异常	392
【案例 56】 500kV 某变电站 217 间隔 C 相气室超声波局部放电信号异常	406
【案例 57】 500kV 某变电站 500kV I 母线 TV C 相气室超声波局部放电信号异常	412
【案例 58】 330kV 某变电站 3321 断路器 A 相气室超声波局部放电信号异常	420
【案例 59】 1000kV 某变电站 T063 间隔 C 相合闸电阻气室超声波局部放电信号异常	429
【案例 60】 1000kV 某变电站 5013 断路器 C 相气室超声波局部放电信号异常	435
【案例 61】 500kV 某变电站 50121 B 相隔离开关气室超声波局部放电信号异常	440
【案例 62】 500kV 某变电站 2211 间隔 C 相 4 甲母线气室超声波局部放电信号异常	446
参考文献	449

第1部分

GIS设备特高频法局部放电

带电检测信号异常案例

【案例 1】 500kV 某变电站 220kV 某线 A 相出线套管特高频局部放电信号异常

1 异常概况

2015 年 5 月 28 日，在对 500kV 某变电站 220kV GIS 设备进行特高频局部放电（简称局放）检测时，在 220kV 某线 218 间隔 GIS 盆式绝缘子浇注口处和周围环境中均检测到明显信号，信号幅值高，脉冲数量少，间歇性出现，具有典型悬浮放电特征。根据 Q/GDW 11059.2—2013《气体绝缘金属封闭开关设备局部放电带电测试技术现场应用导则 第 2 部分 特高频法》，判断高压套管端部内部存在悬浮放电现象。随后采取时间领先法、平分面法对该信号进行定位，确定该信号来自 220kV 某线 A 相出线套管处。采用三角形法对信号源高处进行计算，确定信号源对地距离为 5m 左右，对应 A 相高压出线套管端部。随后分别使用望远镜、紫外成像仪、红外热像仪对套管端部外部区域进行检查，均未见异常。

2 检测对象及项目

2.1 检测对象

220kV 某线 218 间隔。

2.2 检测项目

特高频局部放电检测、超声波局部放电检测、SF₆ 气体微水检测、SF₆ 气体成分检测、红外热像检测、紫外放电检测。

3 检测仪器及装置

所用检测仪器如表 1-1 所示。

表 1-1 检 测 仪 器

检测项目	仪器名称	型号
特高频局放检测	局放检测仪	PDS-T90
超声波局放检测	超声波局放检测诊断仪	AIA-2
局放声电联合定位	局部放电检测与定位系统	PDS-G1500
红外测温	红外热成像仪	P630
SF ₆ 气体湿度检测	SF ₆ 微水仪	RA601FD

续表

检测项目	仪器名称	型号
SF ₆ 气体分解物检测	便携式 SF ₆ 气体分解产物分析仪	RA601FA
紫外电晕检测	紫外成像仪	SuperB

4 检测情况

4.1 检测依据

DL/T 345—2010 《带电设备紫外诊断技术应用导则》。

DL 664—2008 《带电设备红外诊断技术应用导则》。

Q/GDW 1896—2013 《SF₆ 气体分解产物检测技术现场应用导则》。

Q/GDW 11059.1—2013 《气体绝缘金属封闭开关设备局部放电带电测试技术现场应用导则 第1部分 超声波法》。

Q/GDW 11059.2—2013 《气体绝缘金属封闭开关设备局部放电带电测试技术现场应用导则 第2部分 特高频法》。

4.2 特高频局部放电检测

检测当日，环境温度为 27℃，湿度为 31%。在仪器前置增益关闭的情况下，某线周围 20m 范围内，环境中 和 GIS 绝缘盆子上都能检测到明显的局部放电信号。信号幅值大，脉冲数较少，一个周期内正负半波均有信号，有时呈现八字特征，具有典型悬浮放电特征。检测位置



图 1-1 某线出线套管检测位置

如图 1-1 所示，特高频局部放电检测信号图谱（前置增益关闭）如图 1-2 所示。

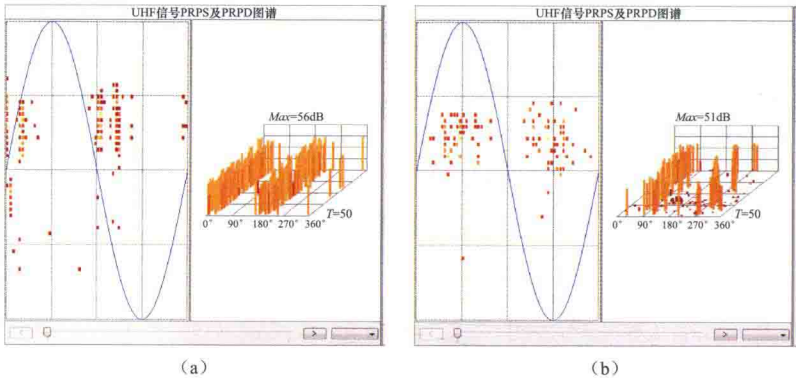


图 1-2 特高频局部放电检测信号图谱（前置增益关闭）
(a) 空气中检测到的信号；(b) 盆式绝缘子上检测到的信号

其他部位检测时,在前置增益打开的情况下,也可测到特征相同的信号,但前置增益关闭后,检测不到信号,如图 1-2 所示,且距离某线 218 间隔越远,检测到的信号越不明显,分析认为该信号与上述信号为同一信号,其他部位检测到的信号(前置增益打开)如图 1-3 所示。

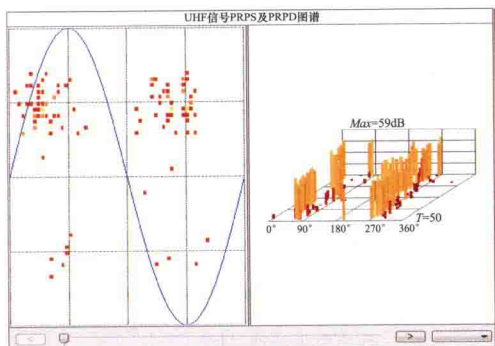


图 1-3 其他部位检测到的信号图谱
(前置增益打开)

为了对放电源准确定位,检测人员使用 PDExpert 多功能局部放电定位仪对该信号进行定位。首先使用时间领先法比较盆式绝缘子浇铸口处信号及环境中信号,并使用平面分法对信号源进行定位,确定其位于某线 A 相套管垂直线附近;随后使用三角空间定位法,对放电源对地高度进行精确定位。具体方法如下:

将传感器 2 (绿色) 放置于放电源下方,传感器 1 放置于离传感器 2 (黄色) 5m 远的距离,观察示波器两个传感器接收到信号时间差为 6.65ns,即放电源距传感器 2 和传感器 1 的距离差约为 2m。现场定位示意图如图 1-4 所示,示波器检测两个通道波形及时差如图 1-5 所示。



图 1-4 现场定位示意图

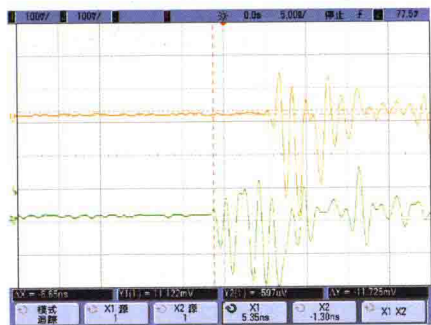


图 1-5 示波器检测两个通道波形及时差

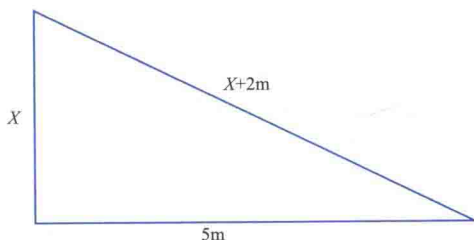


图 1-6 直角三角法原理示意图

利用直角三角形原理(如图 1-6 所示),设放电源对地高度为 X m (即放电源对传感器 1 的距离),则对传感器 2 的距离为 $X+2$ m,列方程计算出放电源距离地面高度约为 5m。使用激光测距仪测量高压套管顶部法兰对地距离为 5.4m,由此可以确定该

放电源位于某线 A 相出线套管偏上部。

4.3 超声波局部放电检测

使用 AIA-2 超声波局部放电检测仪对 220kV 某线 218 间隔进行检测，套管下方及其他部位均未发现异常，信号峰值约 0.5mV，与背景相同。

4.4 SF₆ 气体微水及成分检测

对某线出线套管气室进行 SF₆ 气体微水及成分检测，结果如表 1-2 所示。

表 1-2 某线出线套管气室 SF₆ 气体微水及成分检测结果 (μL/L)

环境温度：27℃			湿度：31%		
气室名称	SO ₂	H ₂ S	CO	湿度	备注
某线出线套管气室	0.0	0.0	6.5	76%	

SF₆ 气体微水及成分检测合格，测前测后表压均为 0.66MPa。

4.5 红外热像检测

对 A 相套管进行精确测温及 SF₆ 气体泄漏检测，套管端部及整体温度正常，未见漏气。

4.6 紫外放电检测

使用紫外热像仪对套管及外部进线进行观测，未见明显放电，如图 1-7 所示。



图 1-7 紫外放电检测

5 分析判断

通过对放电源的定位，确定 220kV 某线 218 间隔 A 相套管中上部存在放电现象。通过望远镜、紫外成像仪、红外热像仪对套管端部外部区域进行检查，未在外发现放电点，判断在套管内部上端存在金属部件接触不良，产生了悬浮放电。超声波检测因只能通过在套管下方放置传感器检测，距离太远，信号衰减大，不能反映套管端部放电状况，故超声波检测及 SF₆ 气体微水及成分检测虽无异常，但不能排除套管中上端内部存在悬浮放电的可能。

6 验证情况

因现场不具备套管解体检查条件，故于 2015 年 6 月 4 日，对 220kV 某线 218 间隔 A 相套管进行了更换。恢复送电后进行复测，在仪器前置增益打开时，可看到有较明显信号，前置增益关闭后检测不到信号。对该信号源进行定位，判断信号源自外部杆塔方向，故判断异常信号消失，设备正常运行，更换套管送电后特高频测试图谱如图 1-8 所示。

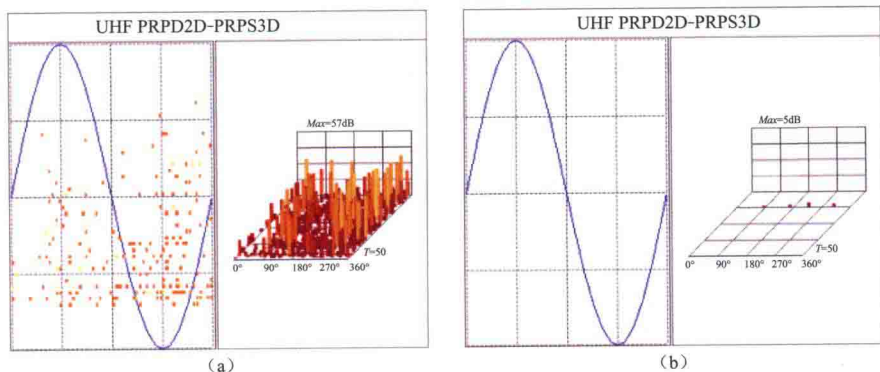


图 1-8 更换套管送电后特高频测试图谱

(a) 前置增益打开时；(b) 前置增益关闭后

2015年6月9日，在厂内对更换下来的某线原套管进行了解体，拆解导电杆法兰与套管法兰连接处时，发现导电杆法兰与套管法兰连接面涂胶较多，仔细观察，发现其中一个螺栓孔部位有放电产生的痕迹。分析认为两个法兰对接面因涂胶较多，造成接触不良，运行中产生了悬浮放电，导电杆法兰与套管法兰对接面涂胶情况如图 1-9 所示，法兰对接面栓孔处有放电产生的痕迹如图 1-10 所示。



图 1-9 导电杆法兰与套管法兰对接面涂胶情况

(a) 对接面涂胶；(b) 导电杆



图 1-10 法兰对接面栓孔处有放电产生的痕迹

(a) 放电痕迹（近距离）；(b) 放电痕迹（远景）

通常两个法兰连接时，都是金属对接后，采用在注胶孔注防水胶以及在外部的螺栓等部位涂抹防水胶的方式。但是该部位安装时，采用在对接面涂防水胶然后对接的方式。如果防水胶涂抹较厚，进入螺栓孔，且螺栓、垫片也沾了胶，便可能造成两个法兰对接面接触不良。由于两个对接面不流过电流，因此不会引起发热，但会因接触不良产生悬浮放电。由于悬浮放电信号幅值大，特高频法可灵敏发现这一缺陷。

7 结论及建议

7.1 结论

通过本次异常信号检查处理，确认 220kV 某线 218 间隔 A 相套管端部出现悬浮放电原因为法兰对接面涂胶过多引起两个法兰接触不良造成。

7.2 建议

建议生产厂家严格控制安装质量，改进注胶密封方式，保证设备安全运行。另外，此次异常信号检测处理，验证了特高频检测的有效性，在设备运行过程中，加强设备的带电检测，对发现设备存在的隐患有重要的作用。

【案例 2】 500kV 某变电站 240 间隔 C 相出线拐臂套管侧盆式绝缘子特高频局部放电信号异常

1 异常概况

对 500kV 某变电站 220kV GIS 进行特高频局部放电检测，在 240 间隔 C 相所有盆式绝缘子均检测到异常局放信号，经过类型判断与幅值对比，初步确定为 240 间隔 C 相出线拐臂套管侧盆式绝缘子空穴/污秽类放电。解体后，在该盆式绝缘子上发现一杂点，且更换出线拐臂套管侧盆式绝缘子后特高频异常放电信号消失，分析认为该处盆式绝缘子缺陷是造成局部放电的原因。

2 检测对象及项目

2.1 检测对象

240 间隔。

2.2 检测项目

特高频局部放电检测、超声波局部放电检测。

3 检测仪器及装置

所用检测仪器如表 2-1 所示。

表 2-1 检 测 仪 器

检测项目	仪器名称	型号
特高频局放检测	便携式特高频局放检测仪	DMS-2
超声波局放检测	便携式超声波局放检测诊断仪	AIA-1