

团 体 标 准  
电力设备局部放电射频检测法  
现场应用导则

T / CSEE 0154 — 2020

\*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

\*

2020年1月第一版 2020年1月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1印张 33千字

\*

统一书号 155198·1908 定价 **25.00**元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.1908

# 团 体 标 准

T / CSEE 0154 — 2020

---

## 电力设备局部放电射频检测法 现场应用导则

Field application guidelines for radio frequency detection of partial discharge in  
electric power equipment



2020-01-15发布

2020-03-15实施

---

中国电机工程学会 发布

## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	1
5 检测原理	2
6 检测仪器要求	2
6.1 系统构成	2
6.2 功能要求	3
6.3 主要技术指标	3
6.4 使用条件	3
7 现场检测要求	3
7.1 安全要求	3
7.2 检测人员要求	3
7.3 现场检测注意事项	4
8 现场检测方法	4
8.1 检测周期	4
8.2 检测准备	4
8.3 检测步骤	5
8.4 检测结果分析	5
附录 A (资料性附录) 检测分析报告	7
附录 B (资料性附录) 放电类型的典型图谱	8
附录 C (资料性附录) 典型案例	10
参考文献	13

## 前 言

本标准按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电机工程学会提出。

本标准由中国电机工程学会高电压专业委员会技术归口并解释。

本标准起草单位：国网天津市电力公司电力科学研究院、国网北京市电力公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、国网内蒙古东部电力有限公司、北京国电迪扬电气设备有限公司、云领电气智能科技（苏州）有限公司。

本标准主要起草人：李松原、郭博文、郗晓光、张弛、满玉岩、赵科、李苏雅、王克龙、方琼、赵聪、刘弘景、任志刚、宋晓博、潘瑾、李楠、张俊双、肖拥军、张锡喆、杨博、李洪涛、蔚超。

本标准首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：[cseebz@csee.org.cn](mailto:cseebz@csee.org.cn)）。

# 电力设备局部放电射频检测法现场应用导则

## 1 范围

本标准规定了变电站电力设备采用射频法检测局部放电的仪器要求、现场检测要求和检测方法。本标准适用于交流变电站敞开式一次设备的局部放电射频检测法现场检测，封闭式设备可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 26860—2011 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 局部放电 **partial discharge**

导体间绝缘仅被部分桥接的电气放电。这种放电可以在导体附近发生也可以不在导体附近发生。

注 1：局部放电一般是由于绝缘体内部或绝缘表面局部电场过于集中而引起的。通常这种放电表现为持续时间小于  $1\ \mu\text{s}$  的脉冲。但是也可能出现连续的形式，比如气体介质中的所谓无脉冲放电，通常用本标准所述的测量方法检测不到这类放电。

注 2：“电晕”是局部放电的一种形式，它常发生在远离固体或液体绝缘的导体周围的气体介质中。“电晕”不宜被用作所有局部放电形式的通用术语。

注 3：局部放电通常伴随着声、光、热和化学反应等现象。

[GB/T 7354—2018，定义 3.1]

### 3.2

#### 局部放电射频检测法 **radio frequency detection of partial discharge**

电力设备发生局部放电时，会向四周发射频率较高的电磁波信号，射频检测法是指通过无线信号接收器接收空间内电磁波信号，其频率推荐 50 MHz~1500 MHz，进而确认放电类型和放电源位置的一种检测手段。

### 3.3

#### 相位分布（PRPD）图谱 **phase resolved partial discharge**

基于相位信息对局部放电进行分类识别的一种谱图，通常由放电次数、放电幅值、放电所在相位三个基本参数构成单个工频周期内的相位分布图谱。

## 4 符号

下列符号适用于本文件。

### 4.1

dB：表明局部放电信号强度的一种形式，采用信号幅值与基准值的比值的对数来表征，即  $20\ \lg$ （信号幅值/基准值），单位为 dB。

4.2

mV: 表明局部放电强度的一种形式, 直接采用毫伏值来表征信号强度。

4.3

dBmW: 用于表征相对于基准值为 1 mW 局部放电量 dB 量值的表示法, “dBm” 的完整写法是 “dBmW”, 其定义见式 (1)。

$$\text{dBm} = 10 \lg \frac{P_m}{1\text{mW}} \quad (1)$$

其中,  $P_m$  表示来波信号的功率, 1 mW 表示功率基准。

5 检测原理

通过非接触式天线接收电力设备周围的空间电磁波信号, 经信号处理, 将频域信号与背景值进行比较, 信号幅值明显高于背景值且时域特征明显的确定为疑似局部放电。

检测原理如图 1 所示。

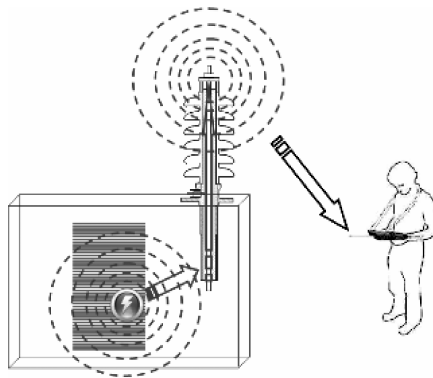


图 1 射频局部放电检测原理图

6 检测仪器要求

6.1 系统构成

局部放电射频检测系统一般由天线、数据采集单元、数据处理单元、控制单元和显示单元组成, 如图 2 所示。

对于高压套管、避雷器、断路器等设备的测量, 检测天线频率推荐为 50 MHz~1000 MHz; 对于组合电器、开关柜、变压器等设备的测量, 检测天线频率推荐为 800 MHz~1500 MHz。

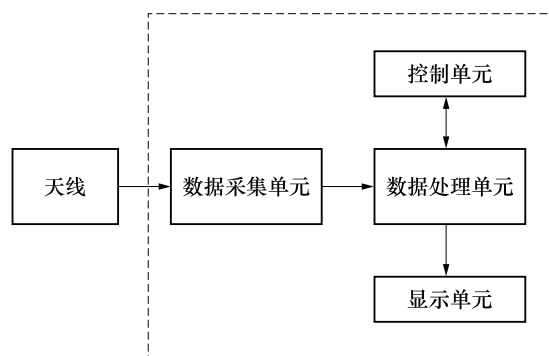


图 2 局部放电射频检测系统框图

## 6.2 功能要求

### 6.2.1 基本功能

- a) 显示信号幅值大小；
- b) 检测仪器具备抗外部干扰的功能；
- c) 测试数据可存储并可导出；
- d) 充电电池供电，充满电单次供电时间不少于 4 h；
- e) 具有频域扫描检测模式，局部放电检测信号采用幅值、放电频次等统计参数显示；
- f) 具有时域脉冲分析模式，局部放电检测信号采用幅值、时间等统计参数显示；
- g) 能够进行时域与频域之间的转换。

### 6.2.2 高级功能

- a) 可以根据所选择的频率范围，显示该频率下的局部放电信号幅值、相位的二维图谱（PRPD）；
- b) 可以根据所选择的频率范围，显示该频率下的信号能量检测模式（峰值显示检测模式）；
- c) 应能任意选取频率范围、时间范围进行开窗分析；
- d) 能量值检测应具有峰值保持功能；
- e) 应能对记录数据进行图谱叠加、比较、放大等功能；
- f) 应能判断典型放电类型（电晕放电、悬浮电位体放电、绝缘件内部气隙放电等），或给出各类局部放电发生的可能性，诊断结果应当简单明确；
- g) 应具备历史数据对比分析功能。

## 6.3 主要技术指标

- a) 检测频率范围：通常选用 10 MHz~3000 MHz 的某个子频段，典型的如 50 MHz~1000 MHz；
- b) 灵敏度：不小于 -70 dBm。

## 6.4 使用条件

- a) 温度范围：-10℃~+50℃；
- b) 环境相对湿度：0%~85%；
- c) 大气压力：80 kPa~110 kPa。

## 7 现场检测要求

### 7.1 安全要求

安全条件应满足 GB 26860—2011 的要求，并具体如下：

- a) 应严格执行发电厂、变电站巡视的要求；
- b) 检测至少由两人进行，并严格执行保证安全的组织措施和技术措施；
- c) 应有专人监护，监护人在检测期间应始终行使监护职责，不得擅自离岗或兼职其他工作；
- d) 应确保操作人员及测试仪器与电力设备的高压部分保持足够的安全距离；
- e) 应避开设备防爆口或压力释放口；
- f) 测试现场出现明显异常情况（异响、电压波动、系统接地等）时，应立即停止测试工作并撤离现场。

### 7.2 检测人员要求

- a) 具有一定的现场工作经验，熟悉并能严格遵守电力生产和工作现场的相关安全管理规定；

- b) 了解局部放电射频检测仪器的的工作原理、技术参数和性能，熟悉检测的基本原理和缺陷定性的方法，掌握局部放电射频检测仪器的操作程序和使用方法；
- c) 了解被检测设备的运行情况、结构特点、工作原理和导致设备故障的基本因素；
- d) 检测过程中不得使用手机、不得接打电话。

### 7.3 现场检测注意事项

- a) 被检设备是带电运行设备，应注意与带电设备保持足够的安全距离；
- b) 现场检测时，应采取抗干扰措施。

## 8 现场检测方法

### 8.1 检测周期

- a) 1000 kV 电压等级设备宜半年进行 1 次局部放电射频检测；
- b) 110 (66) kV ~ 750 kV 电压等级设备宜一年进行 1 次局部放电射频检测；
- c) 35 kV 及以下电压等级设备宜 2 年进行一次局部放电射频检测；
- d) 新安装及停电检修投运后 1 周内宜进行 1 次局部放电射频检测；
- e) 设备经历过不良工况后，宜对此设备开展局部放电射频检测；
- f) 必要时或异常情况，宜适时缩短检测周期。

### 8.2 检测准备

- a) 检查仪器完整性，选择满足检测要求的天线，确认仪器能正常工作，保证仪器电量充足或者现场交流电源满足仪器使用要求。
- b) 检查现场试验区域，确保试验区域满足安全要求。
- c) 检测试验环境是否符合测试要求。
- d) 根据变电站设备情况和巡视路线，设计变电站设备射频局部放电检测路线，如图 3 所示。

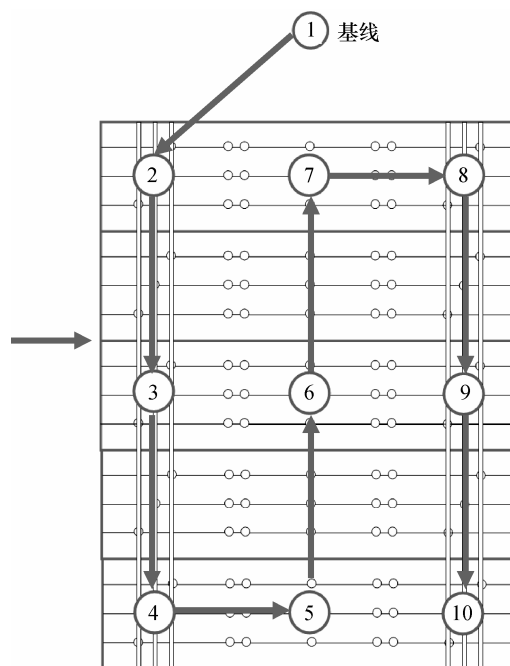


图 3 检测路线设计图例



### 8.3 检测步骤

- 在变电站入口处（或距离设备 30 m 处）进行频率扫描并存储，作为变电站的背景，按照变电站检测路线图开展检测。
- 进入设备区进行检测，沿检测路线缓步前进，并在重要设备区如变压器、断路器、避雷器等设备前进行一次完整的频域扫描测试。
- 观察测试信号是否与背景重合，如果测试信号明显高于背景（尤其在 300 MHz~1000 MHz 区间），则对此区域的设备逐个进行频域扫描，确定放电信号最强的设备并进行标记。
- 将仪器调整到时域模式，任意选取频域图谱中信号线与背景基线相差较大的频率作为中心频率，进行时域信号分析，观察是否有明显的放电脉冲信号。若有明显的放电脉冲信号则应切换到 PRPD 模式和能量检测模式（如有）进一步检测，必要时可联合超声波、红外测温、紫外成像等手段进行综合诊断。
- 将测得的异常设备图谱（频域和时域图）保存，记录相关参数、位置等信息，对记录的疑似放电图谱进行整理分析，编写检测分析报告，格式参见附录 A。

### 8.4 检测结果分析

#### 8.4.1 放电类型识别

将现场局部放电检测结果与典型放电信号的时域波形特征或局部放电相位分布（PRPD）图谱进行对比分析，确定放电类型，典型缺陷放电特征及其图谱参见附录 B，典型案例参见附录 C。

#### 8.4.2 局部放电定位

布置不同位置的天线检测放电信号，利用幅值定位法或时延定位法来确定。

幅值定位法：在被测设备周围，不断移动天线位置，观察检测信号幅值，幅值最强处对应设备，判断为放电源位置。

时延定位法：利用示波器开展平分面法时延定位，首先将两个天线按照相同的朝向放置，移动两个天线的位置，使示波器两个通道信号重叠，这时，信号源位于两个天线中间的平面上。同样的方式在相对的方向上以及上下的方向各确定一个平面，最终查找到放电源的位置，如图 4 所示。

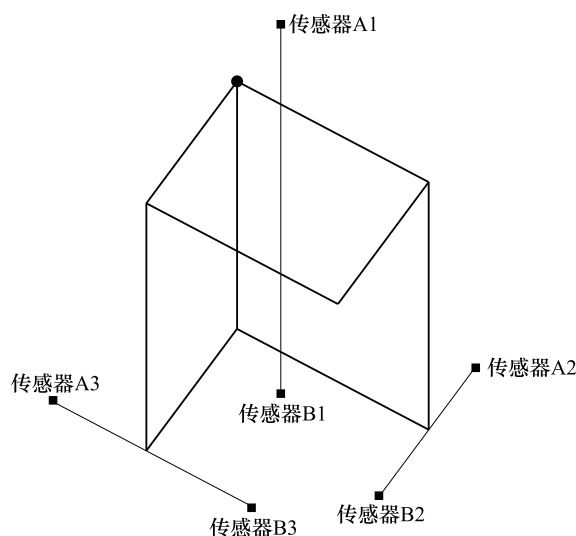


图 4 时延定位法图例

### 8.4.3 结果判断

局部放电的缺陷应根据放电类型的识别结果和检测特征量的发展趋势（随时间推移同测试点放电强度、放电频率、放电频次变化规律）进行综合判断。

当采用射频检测法发现设备存在疑似局部放电信号时，宜采用其他可行的方法进行联合检测。检测过程中如果发现异常信号，应注意应用组合技术进行关联分析。当设备存在问题时，信号应具有可重复观测性，对于偶发信号应加强跟踪，并尽量查找偶发信号原因。

附 录 A  
(资料性附录)  
检测分析报告

检测分析报告见表 A.1。

表 A.1 检测分析报告

变电站名称		电压等级	
环境温度		环境湿度	
检测路线图			
异常测点诊断信息			
异常测点测试值 (mV、dB、dBm)			
异常设备位置 及名称			
异常测点 放电类型			
异常测点 严重程度			
异常测点 放电图片及照片			
检测分析结论			
检测人员		日 期	
审核人员		日 期	

**附录 B**  
(资料性附录)  
**放电类型的典型图谱**

放电类型的典型图谱见表 B.1。

**表 B.1 放电类型的典型图谱**

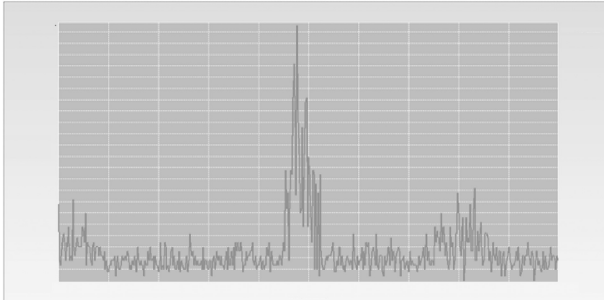

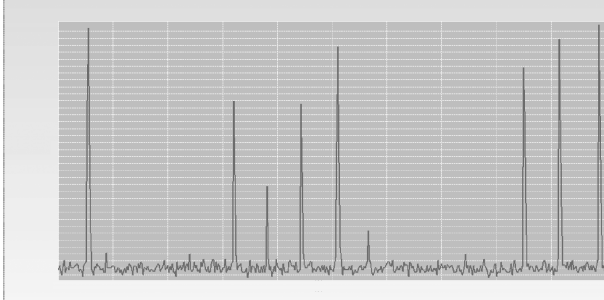
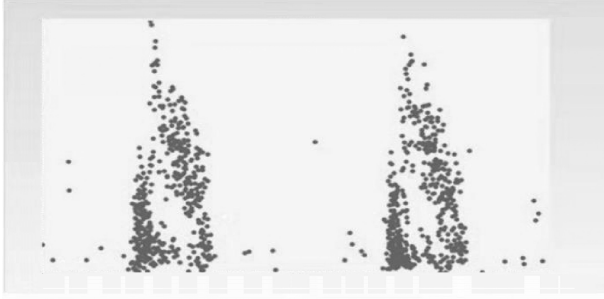
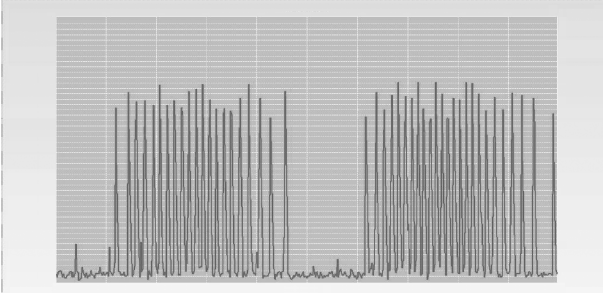
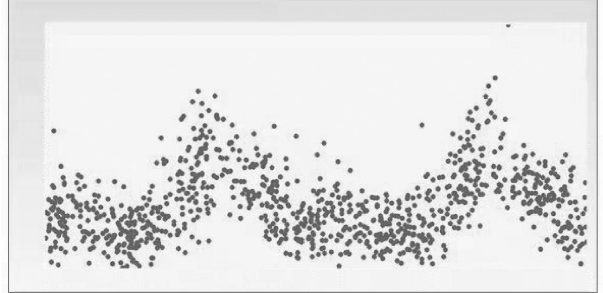
类型	放电模式	典型放电图谱	
金属尖端放电	处于高电位的金属毛刺或尖端，由于电场集中，产生电晕放电	频域检测图谱	
		相位分布图谱	
放电次数较多，放电幅值分散性小，时间间隔均匀。 放电的极性效应非常明显，通常仅在工频相位的负半周出现			
绝缘性内部气隙放电	固体绝缘内部开裂、气隙表面脏污等缺陷引起的局部放电	频域检测图谱	
		相位分布图谱	
放电次数少，周期重复性低。 放电幅值也较为分散，但放电相位较稳定，无明显极性效应			

表 B.1 (续)

类型	放电模式	典型放电图谱	
悬浮电位体放电	松动金属部件产生的局部放电	频域检测图谱	
		相位分布图谱	
<p>放电脉冲幅值稳定，且相邻放电时间间隔基本一致。 当悬浮金属体不对称时，正负半波检测信号有极性差异</p>			

附录 C  
(资料性附录)  
典型案例

C.1 异常概况

利用局部放电射频检测仪对某 750 kV 变电站开展全站局部放电射频检测，发现某 750 kV 高抗 C 相射频信号异常，信号幅值明显高于背景值，综合定位结果及 PRPD 图谱判断某 750 kV 电抗器 C 相电抗器中性点套管内部存在放电，解体检查验证了局部放电射频检测的结论。

C.2 检测对象

750 kV 电抗器 C 相设备照片如图 C.1 所示。



图 C.1 750 kV 电抗器 C 相设备照片

C.3 检测数据

该电抗器 C 相射频测试图谱如图 C.2 所示，红色为周围测试环境背景基线，深蓝色为中性点附近检测结果，其他两色为高压套管和油枕附件的测试频谱图。从频域模式上可以看出中性点附近处信号远远高于背景值和其他测试位置。该电抗器 A 相和 B 相射频检测图谱如图 C.3、图 C.4 所示，测试结果未见明显异常。

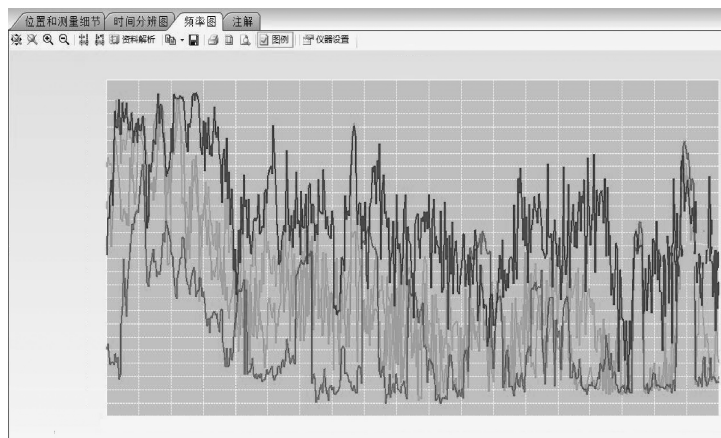


图 C.2 C 相电抗器频域扫描结果

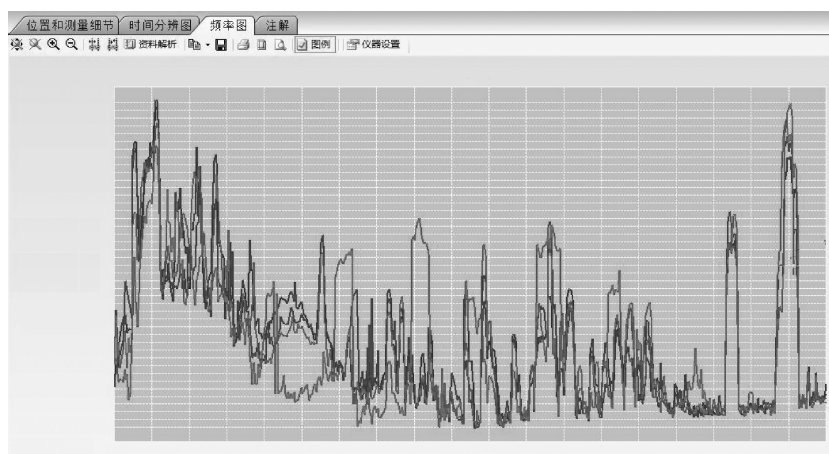


图 C.3 A 相电抗器频域扫描结果

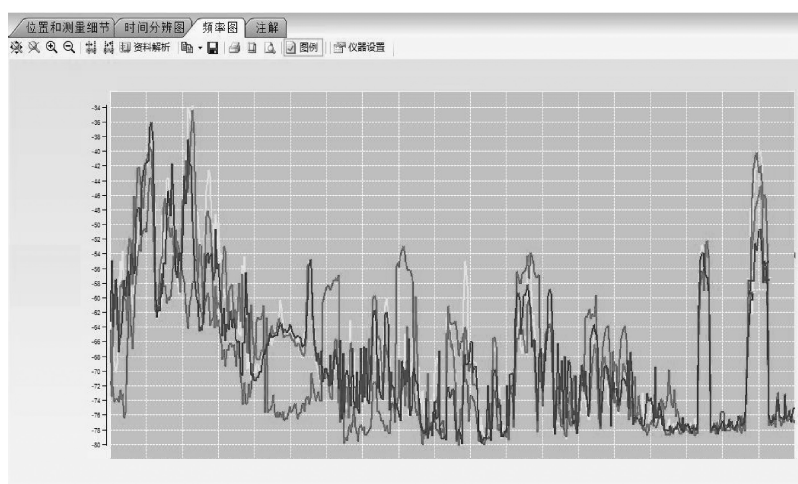


图 C.4 B 相电抗器频域扫描结果

为进一步分析判断异常信号，对 A、B、C 相电抗器中性点套管开展时域测量，测试图谱如图 C.5、图 C.6 所示。通过对时域图谱及 PRPD 图谱分析判断，信号具有典型 10 ms 对称性，放电幅值分散性小，时间间隔均匀，排除了外部电晕干扰的可能，判断 C 相电抗器中性点套管内存在悬浮性电位体放电。

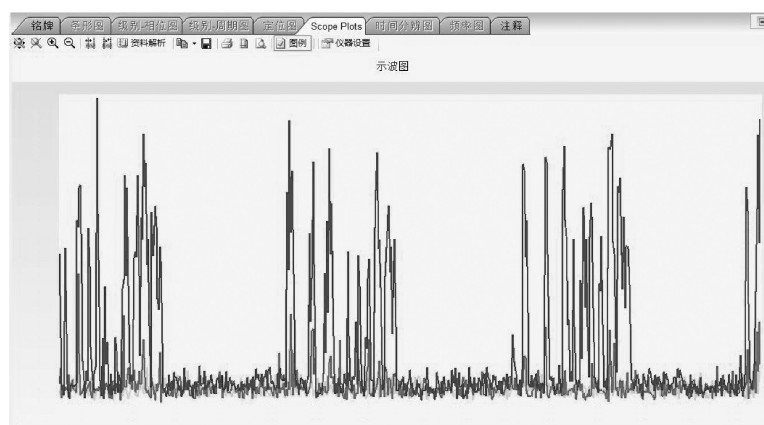


图 C.5 时域测试图谱

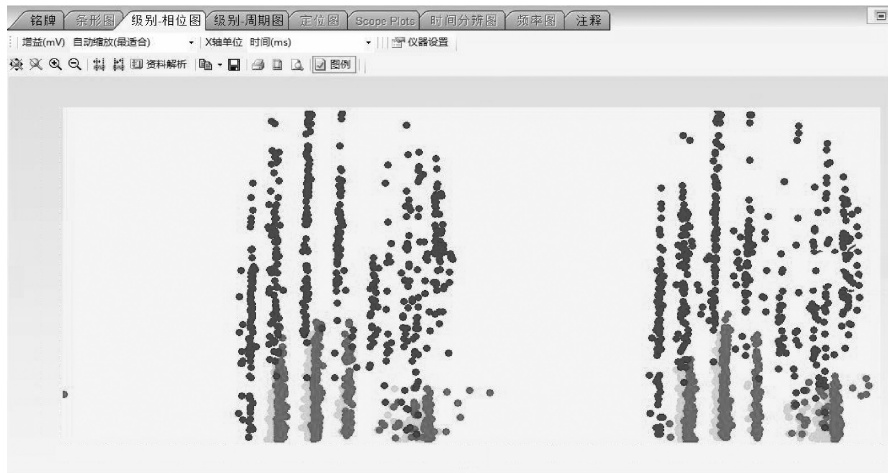


图 C.6 PRPD 测试图谱

#### C.4 缺陷解体分析

对 C 相电抗器停电解体检查发现，中性点套管端部由于金属间接触不良导致悬浮电位放电，如图 C.7 所示。

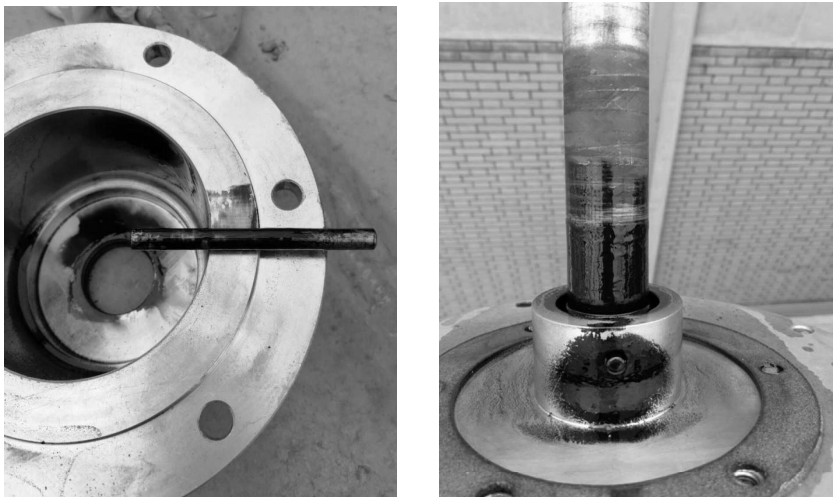


图 C.7 C 相电抗器中性点解体照片



参 考 文 献

- [1] GB/T 7354—2018 高电压试验技术 局部放电测量
-