

# Q/GDW

国 家 电 网 公 司 企 业 标 准

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

Field application guide for partial discharge on-site testing technology of  
Gas Insulated Switchgear  
Part 2: Ultra high frequency

2014 - 09 - 01 发布

2014 - 09 - 01 实施

国家电网公司

发布

内部资料

网站专用

网站专用

网站专用

网站专用

内部资料

内部资料

内部资料

内部资料

内部资料

内部资料

网站专用

网站专用

网站专用

## 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 .....	2
5 检测原理 .....	2
6 检测仪器要求 .....	3
7 带电检测要求 .....	4
8 带电检测方法 .....	5
附录 A (资料性附录) 传感器安置方法 .....	7
附录 B (资料性附录) 干扰信号的典型图谱 .....	8
附录 C (资料性附录) 检测数据记录表 .....	9
附录 D (资料性附录) GIS 局部放电的典型图谱 .....	10
编制说明 .....	11

## 前 言

为规范气体绝缘金属封闭开关设备的特高频局部放电检测技术现场应用方法，提高应用效果，促进特高频局部放电技术在GIS类设备中的应用，提高GIS类设备的运行可靠性，制定本标准。

《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》分为2个部分：

——第1部分：超声波法

——第2部分：特高频法

本部分为《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》标准的第2部分。

本部分由国家电网公司运维检修部提出并解释。

本部分由国家电网公司科技部归口。

本部分起草单位：中国电力科学研究院、国网北京市电力公司、国网上海市电力公司、华北电力大学。

本部分主要起草人：杨圆、阎春雨、焦飞、毕建刚、是艳杰、邵斌、段大鹏、赵永强、廖天明、唐志国、程养春、弓艳朋、杨宁、袁帅、王峰、吴立远、孟楠、邓彦国、姚巍、张维。

本部分首次发布。

# 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

### 1 范围

本部分规定了GIS特高频局部放电检测原理、检测仪器要求、带电检测方法及要求、检测周期、检测步骤和分析原则。

本部分适用于国家电网公司所属各单位的35kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称GIS设备）的特高频局部放电现场检测，罐式断路器和HGIS可参照执行。

### 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。

DL/T 417-2006 电力设备局部放电现场测量导则

Q/GDW 168-2008 输变电设备状态检修试验规程

### 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**

指设备绝缘系统中部分被击穿的电气放电，这种放电可以发生在导体（电极）附近，也可发生在其他位置。

注：导体（电极）周围气体中的局部放电有时称为“电晕”，这一名词不适用于其他形式的局部放电。“游离”是指原子与分子等形式的电离，通常不应把“游离”这一广义性名词用来表示局部放电。

[DL/T 417—2006，术语和定义3.1]

#### 3.2

**特高频 ultra high frequency**

指信号频率为300MHz-3000MHz范围内的电磁波。

#### 3.3

**特高频法局部放电检测 ultra high frequency detection of partial discharge**

每一次局部放电过程都伴随着正负电荷的中和，并出现陡度很大的电流脉冲，同时向周围辐射电磁波。当放电间隙比较小、放电间隙的绝缘强度比较高时，放电过程的时间比较短、电流脉冲的陡度比较大，可激励起数GHz的特高频电磁波信号，特高频局部放电检测，是通过UHF传感器测量局部放电所激励的特高频信号，实现局部放电测量和定位。

### 3.4

#### 带电检测 live test

一般采用便携式检测设备，在运行状态下，对设备状态量进行的现场检测，其检测方式为带电短时间内检测，有别于长期连续的在线监测。

[生变电[2010]11号，术语和定义3.1]

### 3.5

#### 诊断性试验 Diagnostic Test

巡检、在线监测、例行试验等发现设备状态不良，或经受了不良工况，或受家族缺陷警示，或连续运行了较长时间，为进一步评估设备状态进行的试验。

[Q/GDW 168-2008，定义和符号3.6]

## 4 符号

### 4.1

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

### 4.2

**mV:** 将采集到的特高频信号转换成电信号，直接采用电压值来表征信号强度。

### 4.3

**dBmV:** 用于表征相对于基准值为1mV局部放电量dB量值的表示法，例如某一信号的实际幅值为1mV，则其分贝值为 $20 \log(1\text{mV}/1\text{mV})=0$ 分贝毫伏（dBmV）。

## 5 检测原理

当局部放电在GIS内部很小的范围内发生时，击穿过程很快，将产生很陡的脉冲电流，其上升时间小于1ns，并激发频率高达数百MHz及以上的电磁波，沿气室间隔之间的盆式绝缘子缝隙传出。

GIS特高频局部放电检测法基本原理：通过UHF传感器检测GIS内部特高频信号特征，映射出局部放电的类型特性，如悬浮电位、电晕放电等。通常UHF传感器有安装在设备内部的UHF内置传感器和安装在设备外部的UHF外置传感器两种。

检测原理如下图1。

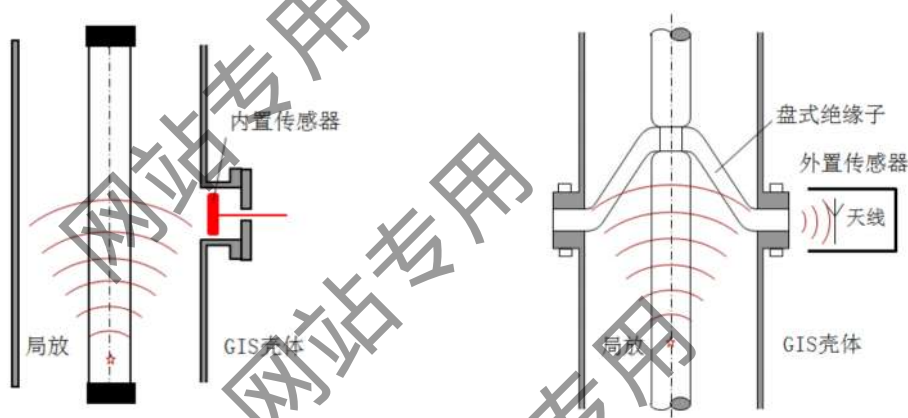


图1 特高频局部放电检测原理图

## 6 检测仪器要求

### 6.1 系统构成

GIS特高频局部放电检测系统一般由特高频传感器（根据GIS的实际情况分为内置式或外置式特高频传感器）、数据采集单元和数据处理单元等组成。可选部分包括同步器（采集局部放电的相位信号信息）如图2所示。

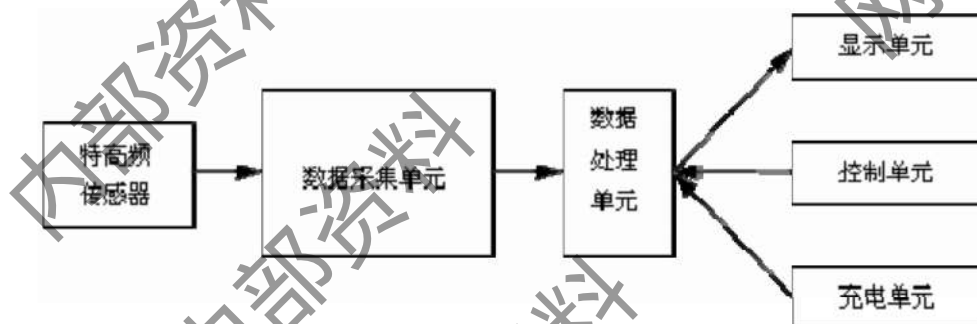


图2 特高频局部放电检测系统框图

### 6.2 功能要求

#### 6.2.1 基本功能

- a) 可显示信号幅值大小；
- b) 报警阈值可设定；
- c) 检测仪器具备抗外部干扰的功能；
- d) 测试数据可存储于本机并可导出；
- e) 可充电电池供电，充满电单次供电时间不低于4小时；
- f) 可用外施高压电源进行同步，并可通过移相的方式，对测量信号进行观察和分析；
- g) 可连接GIS内置式特高频传感器。

## 6.2.2 高级功能

- a) 能够进行时域与频域之间的转换；
- b) 按预设程序定时采集和存储数据的功能；
- c) 检测谱图显示及状态评价功能。应提供局部放电信号的幅值、相位、放电频次等信息中的一种或几种，并可采用波形图、趋势图等谱图中的一种或几种进行展示，能对 GIS 进行运行状态评估和展示；
- d) 放电类型识别功能。具备模式识别功能的仪器应能判断 GIS 中的典型局部放电类型（自由金属颗粒放电、悬浮电位体放电、沿面放电、绝缘件内部气隙放电、金属尖端放电等），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；
- e) 历史数据对比分析功能。

## 6.3 主要技术指标

### 6.3.1 使用条件

- a) 环境温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 环境相对湿度： $0\%\sim85\%$ ；
- c) 大气压力： $80\text{kPa}\sim110\text{kPa}$ 。

### 6.3.2 性能要求

- a) 检测频率范围：通常选用 300MHz 到 3000MHz 之间的某个子频段，典型的如 400MHz $\sim$ 1500MHz；
- b) 灵敏度： $65\text{dBmV}$ 。

## 7 带电检测要求

### 7.1 人员要求

- a) 了解 GIS 设备的结构特点、工作原理、运行状况和导致设备故障分析的基本知识；
- b) 熟悉特高频局部放电检测的基本原理、诊断程序和缺陷定性的方法，了解特高频局部放电检测仪的工作原理、技术参数和性能，掌握特高频局部放电检测仪的操作程序和使用方法；
- c) 熟悉本部分，接受过气体绝缘金属封闭开关设备特高频局部放电带电测试的培训，具备现场测试能力；
- d) 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。

### 7.2 安全要求

- a) 应严格执行国家电网安监[2009]664 号《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》的相关要求；
- b) 应严格执行发电厂、变(配)电站巡视的要求；
- c) 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；
- d) 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；
- e) 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；
- f) 应避免设备防爆口或压力释放口；



- g) 测试现场出现明显异常情况时（如异音、电压波动、系统接地等），应立即停止测试工作并撤离现场。

### 7.3 检测条件要求

- 被检设备是带电运行设备，应尽量避免视线中的封闭遮挡物，如门和盖板等；
- GIS 设备为额定气体压力，在 GIS 设备上无各种外部作业；
- 金属外壳应清洁、无覆冰等；
- 绝缘盆子为非金属封闭、金属屏蔽但有浇注口或内置有 UHF 传感器；
- 进行室外检测时，应避免雨、雪、雾、露等湿度大于 85% 的天气条件对 GIS 设备外壳表面的影响，并记录背景噪声。

## 8 带电检测方法

### 8.1 检测周期

- 应在设备投运后或 A 类检修后 1 周内进行一次运行电压下的特高频局部放电检测，记录每一测试点的测试数据作为初始数据，今后运行中测试应与初始数据进行比对；
- 正常情况下，550kV（363kV）及以上电压等级 GIS 设备半年一次，252kV 及以下电压等级设备一年一次；
- 检测到 GIS 有异常信号但不能完全判定时，可根据 GIS 设备的运行工况，缩短检测周期，增加检测次数，应并分析信号的特点和发展趋势；
- 必要时，对重要部件（如断路器、隔离开关、母线等）进行重点检测；
- 对于运行年限超过 15 年以上的 GIS 设备，宜考虑缩短检测周期。

### 8.2 检测准备

- 检查仪器完整性，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；
- 检查现场试验区域，确保试验区域满足安全要求；
- 检测试验环境是否符合测试要求。

### 8.3 检测步骤

- 背景噪声测试。测试前将仪器调节到最小量程，测量空间背景噪声值并记录；
- 测试点选择。对于 GIS 设备，利用外露的盆式绝缘子处或内置式传感器，在断路器断口处、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、避雷器、导体连接部件等处均应设置测试点。一般每个 GIS 间隔取 2~3 点，对于较长的母线气室，可 5~10 米左右取一点，应保持每次测试点的位置一致，以便于进行比较分析；
- 传感器放置。GIS 内部局部放电产生的特高频信号在 GIS 腔体内以横向电磁波方式传播，只有在 GIS 外壳的金属非连续部位才能泄漏出来。在 GIS 上只有无金属法兰的绝缘子、观察窗、接地开关的外露绝缘件、SF<sub>6</sub> 气体压力释放窗等部位才能测量到信号，特高频传感器需安置在这些部位，传感器放置位置还应避开紧固绝缘盆子螺栓，以减少螺栓对内部电磁波的屏蔽以及传感器与螺栓产生得外部静电干扰，传感器安置方法见附录 A；
- 测试时间。测试时间不少于 30 秒，如有异常再进行多次测量。并对多组测量数据进行幅值对比和趋势分析；

- e) 数据存储。如存在异常信号，则应在该隔室进行多点检测，且在该处壳体圆周上至少选取三个点进行比较，查找信号最大点的位置。对测试数据应及时存储，并进行分析诊断。

### 8.3.1 巡检

- a) 检测前正确安装仪器各配件，启动设备并进行必要的软件设置；
- b) 开始检测前应自检仪器工作是否完好后再进行检测；
- c) 进行检测图谱记录；
- d) 检测信号与附录 B 中典型干扰信号图谱类似的情况，则可确定为设备正常；
- e) 测试结果正常的间隔，对本间隔出具“合格”报告；检测图谱有别于其它测试点或检测图谱具有典型局部放电图谱特征的间隔，应进行执行 8.3.2 诊断性检测。

### 8.3.2 诊断性检测

- a) 确认波形与典型图谱具有相似性，或数值达到了异常或缺陷的标准时，利用多传感器同步测试、不同时期检测数据比较、信号频率变化、时域情况下信号工频相关性对信号进行复核；
- b) 可利用传感器不同测试位置信号时延变化规律、信号衰减规律来对确认的缺陷进行进一步定位；
- c) 对异常间隔全部测点出具相应的检测报告，报告包括环境情况、波形、数据、图片、工况、测点位置、传感器安装的具体部位等信息，检测数据记录格式参见附录 C。

## 8.4 结果分析原则

### 8.4.1 局部放电缺陷识别

利用典型局部放电信号的波形特征或统计特性建立局部放电指纹模式库，通过局部放电检测结果和模式库的对比，可进行局部放电类型识别。典型缺陷放电特征及其图谱见附录 D。

### 8.4.2 局部放电定位

可利用不同布置位置传感器检测信号的强度变化规律和时延规律来确定缺陷部位。

### 8.4.3 局部放电严重程度判定

局部放电视在放电量是常规脉冲电流法判断缺陷严重程度的基本参数，但特高频检测尚没有成熟的定量评价方法。

GIS局部放电缺陷的严重程度应根据放电类型的识别结果和检测特征量的发展趋势（随时间推移同一测试点放电强度、放电频率、放电频次变化规律）进行综合判断，分析中应参考局部放电超声检测和气体分解物检测等诊断性试验结果。

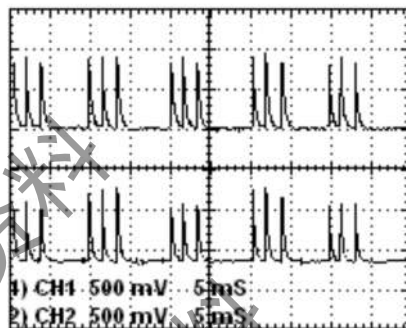
附录 A  
(资料性附录)  
传感器安置方法

将传感器依次放置在GIS盘式绝缘子处或电缆接头处，见图A.1所示，观测是否有局部放电脉冲信号。



图A.1 GIS局部放电带电测量传感位置

局部放电信号由一串重复的典型放电脉冲组成。局部放电信号通常具有工频关联性，每10ms（工频半波）或20ms（工频周波）重复出现若干放电脉冲，如图A.2所示。



图A.2 局部放电信号特征

如果不符合以上两个特征，则可能是干扰信号。当现场存在明显的背景干扰时，应采用加装屏蔽带等措施抑制外部干扰信号的耦合，将屏蔽带固定在盘式绝缘子上。绝缘带的使用示意图如下图A.3所示。

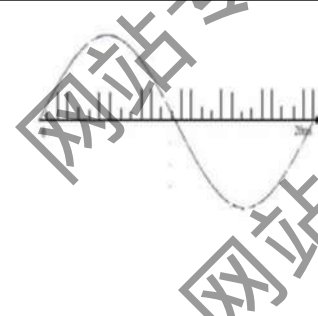
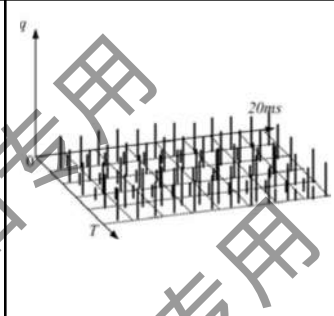
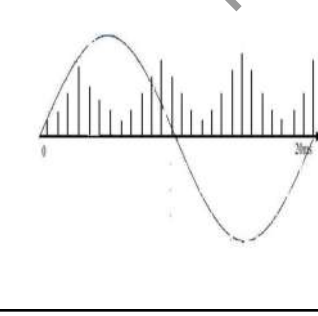
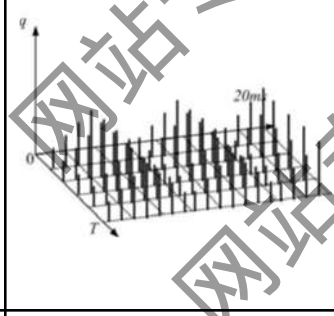
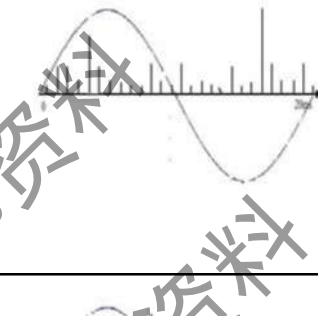
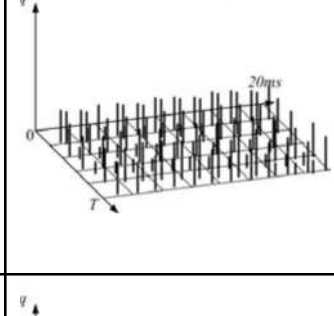

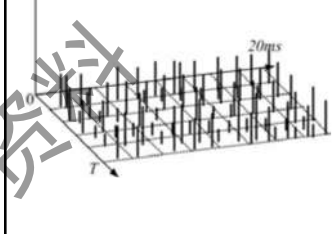


图A.3 屏蔽带的使用示意图

附录 B  
(资料性附录)  
干扰信号的典型图谱

干扰信号的典型图谱见表B.1。

表B.1 干扰信号的典型图谱

干扰类型	干扰特点	典型干扰波形	典型干扰谱图
手机信号	波形相对固定，幅值稳定，没有工频相关性，不具有相位特征，有特定的重复频率		
雷达信号	波形有明显的具有周期特征的峰值点，没有工频相关性，不具有相位特征		
日光灯干扰	波形幅值变化较大，没有工频相关性，不具有相位特征，没有周期重复现象		
发动机干扰	波形没有明显的相位特征，幅值分布较广		

附 录 C  
(资料性附录)  
检测数据记录表

检测数据记录表见表C.1。


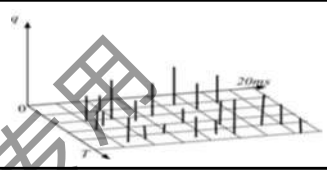
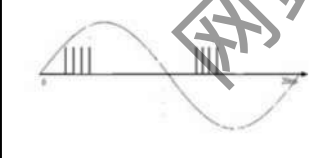
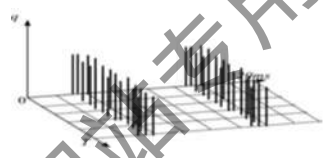
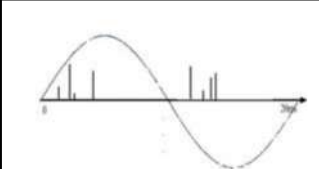
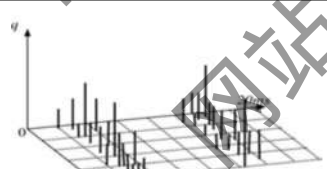
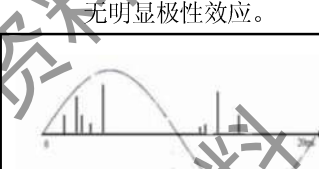
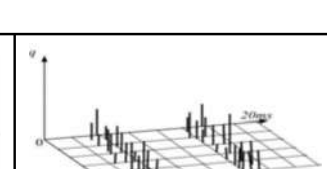

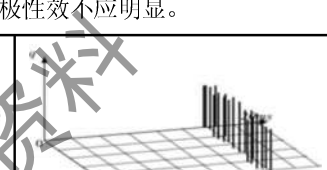
表C.1 检测数据记录表

变电站名		设备名称	
环境温度		环境湿度	
设备类型	户内型 <input type="checkbox"/> 户外型 <input type="checkbox"/>	负荷电流	
检测装置 名称型号			
异常测点最大检测放电量			
异常测点放电频次			
异常测点放电类型			
异常测点严重程度			
异常测点放电谱图			
异常测点放电部位及照片			
检测分析结论			
测试人员签名:		日期:	
审核人员签名:		日期:	

附录 D  
(资料性附录)  
GIS 局部放电的典型图谱

GIS局部放电的典型图谱见表D.1。

表D.1 GIS局部放电的典型图谱

类型	放电模式	典型放电波形	典型放电谱图
自由金属颗粒放电	金属颗粒和金属颗粒间的局部放电, 金属颗粒和金属部件间的局部放电		
	放电幅值分布较广, 放电时间间隔不稳定, 其极性效不应明显, 在整个工频周期相位均有放电信号分布。		
悬浮电位体放电	松动金属部件产生的局部放电		
	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。		
绝缘件内部气隙放电	固体绝缘内部开裂、气隙等缺陷引起的放电		
	放电次数少, 周期重复性低。放电幅值也较分散, 但放电相位较稳定, 无明显极性效应。		
沿面放电	绝缘表面金属颗粒或绝缘表面脏污导致的局部放电		
	放电幅值分散性较大, 放电时间间隔不稳定, 极性效不应明显。		
金属尖端放电	处于高电位或低电位的金属毛刺或尖端, 由于电场集中, 产生的 SF <sub>6</sub> 电晕放电		
	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。		

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

编制说明

## 目 次

1 编制背景.....	13
2 编制主要原则.....	13
3 与其他标准文件的关系.....	13
4 主要工作过程.....	13
5 标准结构和内容.....	14
6 条文说明.....	14



## 1 编制背景

局部放电的特高频检测指对因局部放电而产生的频率介于 300MHz-3000MHz 区间的特高频电磁波信号进行采集、分析、判断的一种检测方法。随着输变电设备状态检修策略的全面推进，现场应用较成熟的气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）特高频局部放电检测技术被越来越多的用于 GIS 的状态监测中，为规范气体绝缘金属封闭开关设备的特高频局部放电检测技术现场应用方法，提高应用效果，促进特高频局部放电技术在 GIS 类设备中的应用，提高 GIS 类设备的运行可靠性，推进 GIS 类设备状态检修策略的有效开展，提高电网的运行可靠性，由国家电网公司运维检修部提出，中国电力科学研究院负责起草了本部分。

本部分依据《关于做好 2011 年输变电专业技术标准制修订工作的通知》（生变电函〔2011〕29 号）文的要求编写。

## 2 编制主要原则

《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》遵循全面性、适用性和可靠性的原则，在总结以往 GIS 类设备特高频局部放电现场应用规范的基础上，从公司生产运行部门的实际出发，对 GIS 特高频局部放电检测技术检测原理、检测系统组成、检测仪器要求、现场带电检测要求、带电检测方法提出了要求，给出了检测周期、方法和经验判据，并对特高频局部放电检测和诊断技术管理工作提出了具体要求。

本部分适用于 35kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称 GIS 设备）的特高频局部放电现场检测，罐式断路器和 HGIS 可参照执行。

《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》作为公司 GIS 设备状态监测标准体系的一部分，是公司系统各单位有序、有效、规范地开展 GIS 设备现场特高频局部放电检测，提高特高频局部放电检测在 GIS 设备现场应用效果的重要指导性文件。

## 3 与其他标准文件的关系

《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》是 GIS 状态监测标准体系中的一部分，是针对 GIS 设备特高频局部放电检测技术的专用现场应用导则，针对 GIS 设备，现场运用比较成熟的带电测试技术还有超声波局部放电检测技术，为了达到对比和互补的应用效果，应与《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》结合使用。由于国际和国内尚未颁布类似标准，因此，本部分属于原创性标准。对于实际工程实施，还应结合《电力设备局部放电现场测量导则》（DL/T 417-2006）、《电力设备带电检测技术规范（试行）》（生变电[2010]11 号）、《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》（国家电网安监[2009]664 号）等文件使用。

## 4 主要工作过程

2011 年 3 月，根据国家电网公司运检部标准编制计划要求，成立了标准编写组。

2011 年 3 月至 5 月，收集各生产厂家的产品技术资料，并进行技术调研，同时吸取了有关专家的意见，编制《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》的初稿。

2011 年 6 月 1 日至 7 日，编写组集中封闭，着重对 GIS 特高频局部放电检测技术检测系统组成、

检测仪器要求、现场带电检测要求、带电检测方法和经验判据等问题进行了研讨，并修改初稿。

2011年8月26日，在厦门召开了标准初稿审查会，讨论了GIS特高频局部放电检测技术检测原理、检测系统组成、检测仪器要求、现场带电检测要求等问题，并提出了修改意见。

2011年9月至10月，根据审查会专家意见修改标准初稿形成征求意见稿。

2011年11月11日，标准的征求意见稿上报到公司生技部。

2011年11月17日，公司生技部发文对标准进行征求意见（生变电函〔2011〕186号）。

2011年11月28日至2011年12月9日，收集、整理回函意见，提出征求意见稿汇总处理表，根据反馈意见完成标准修改，形成标准送审稿。

2011年12月19日，标准的送审稿上报到公司生技部。

2012年9月20日至22日，由国家电网公司运维检修部在北京主持召开了标准送审稿审查会，邀请了高校、运行单位、电力试验院等业内专家，对中国电力科学研究院牵头编写的《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》送审稿进行了评审。评审顺利通过。

2012年9月23日至29日，中国电力科学研究院根据专家提出的意见对标准送审稿进行修改，形成了《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》报批稿。

## 5 标准结构和内容

本部分共设8章：范围、规范性引用文件、术语与定义、符号、检测原理、检验仪器要求、带电检测要求、带电检测方法。

附录A（资料性附录）给出了现场传感器安置方法，附录B（资料性附录）给出部分干扰信号的典型图谱，附录C（资料性附录）给出了检测数据记录表，附录D（资料性附录）给出了GIS局部放电的典型图谱。

## 6 条文说明

本部分第3章，特高频定义明确了特高频局部放电带电测试中的特高频检测频带上下限频率，带电检测的定义，可以区分在线监测、带电检测和停电试验。

本部分第4章，对GIS设备特高频局部放电检测仪器常用的五种度量符号方式：dB、mV、dBmV给出了明确定义和规范。

本部分第5章，对GIS中常见的两种特高频局部放电传感器安装方式，分别以故障源~传输路径~接收传感器一体化显示的形式，给出了原理图。

本部分第8章，从检测周期、检测准备、检测步骤和结果分析原则四方面规范了现场应用的一整套操作流程和实施方案。

本部分附录A，针对现场特高频传感器安装位置和需采取屏蔽措施的情况给出了界定。

本部分附录B，为了提高标准的可读性和现场运行人员的使用便利性，给出了现场特高频干扰信号的干扰类型、干扰特点、典型干扰波形和典型干扰谱图。

本部分附录C，给出了可供现场参考使用的GIS设备特高频局部放电带电测试数据记录表。

本部分附录D，结合五种典型GIS放电故障的特高频典型放电波形和典型放电谱图，给出了这5种放电的典型特点，可供现场运行人员和其他相关人员学习参考。