

国家电网有限公司企业标准

Q/GDW 11304. 8—2019

代替 Q/GDW 11304. 8—2015

电力设备带电检测仪器技术规范  
第 8 部分：特高频法局部放电带电检测仪

Technical specification for energized test device of electrical equipment

Part 8: technical specifications for ultra-high frequency partial discharge detector

2020 - 11 - 09 发布

2020 - 11 - 09 实施

国家电网有限公司 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 检测原理	3
5 结构组成及分类	3
6 技术要求	3
7 试验项目及要求	4
8 检测规则	6
9 标志、包装、运输、贮存	8
附录 A（规范性附录） 特高频法局部放电带电检测仪图谱数据格式规范	10
附录 B（规范性附录） 特高频传感器平均有效高度测试方法	20
附录 C（规范性附录） 检测灵敏度与动态范围试验方法	23
附录 D（资料性附录） SF <sub>6</sub> 气体绝缘电力设备特高频局部放电缺陷模型	25
编制说明	26

## 前 言

为规范电力设备带电检测仪器的设计、生产、采购和检验，促进电力设备带电检测技术的应用，提高电网的运行可靠性，制定本部分。

《电力设备带电检测仪器技术规范》标准分为 21 个部分：

- 第 1 部分：带电检测仪器通用技术规范；
- 第 2 部分：电力设备检测用红外热像仪技术规范；
- 第 3 部分：紫外成像仪技术规范；
- 第 4-1 部分：油中溶解气体分析带电检测仪器技术规范（气相色谱法）；
- 第 4-2 部分：油中溶解气体分析带电检测仪器技术规范（光声光谱法）；
- 第 5 部分：高频法局部放电带电检测仪器技术规范；
- 第 6 部分：电力设备接地电流带电检测仪器；
- 第 7 部分：电容型设备绝缘带电检测仪器技术规范；
- 第 8 部分：特高频法局部放电带电检测仪；
- 第 9 部分：超声波法带电检测仪器；
- 第 10 部分：支柱瓷绝缘子带电探伤测试仪器；
- 第 11 部分：SF<sub>6</sub> 气体湿度带电检测仪；
- 第 12 部分：SF<sub>6</sub> 气体纯度带电检测仪；
- 第 13 部分：SF<sub>6</sub> 气体分解物带电检测仪技术规范；
- 第 14 部分：SF<sub>6</sub> 气体泄漏激光成像法带电检测仪器；
- 第 15 部分：SF<sub>6</sub> 气体泄漏红外成像法带电检测仪器技术规范；
- 第 16 部分：暂态低电压法带电检测仪器；
- 第 17 部分：开关设备机械特性带电检测仪器；
- 第 18 部分：开关设备分合闸线圈电流波形带电检测仪；
- 第 19 部分：变压器有载分接开关声学指纹带电检测仪器；
- 第 20 部分：电抗器振动测试仪；
- 第 21 部分：X 射线成像检测仪。

本部分为《电力设备带电检测仪器技术规范》标准的第 8 部分。

本部分代替 Q/GDW11304.8—2015《电力设备带电检测仪器技术规范 第8部分 特高频法局部放电带电检测仪器技术规范》，与 Q/GDW11304.8—2015 相比，主要技术性差异如下：

- 修改了部分术语和定义
- 修改了检测仪器的检测原理、结构组成及分类
- 修改了部分仪器检测技术要求及试验项目要求
- 修改了附录特高频法局部放电带电检测仪图谱数据格式规范

本部分由国家电网有限公司设备部提出并解释。

本部分由国家电网有限公司科技部归口。

本部分起草单位：国网北京市电力公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网上海市电力公司电力科学研究院、全球能源互联网研究院有限公司。

本部分主要起草人：任志刚、刘弘景、杨圆、张兴辉、苗旺、赵科、高凯、杨景刚、徐玲玲、彭江、陈平、陶诗洋、周松霖、段大鹏、弓艳朋、杨芮、黄山、郝文魁、何楠、李伟、周峰、徐鹏、杜非、冯义、周恺、石磊、王文山、张天辰。

本部分2016年11月首次发布，2019年11月第一次修订。

本部分在执行过程中的意见或建议反馈至国家电网有限公司科技部。



# 电力设备带电检测仪器技术规范

## 第8部分：特高频法局部放电带电检测仪

### 1 范围

本部分规定了特高频局部放电带电检测仪的组成部分、产品分类、技术要求、试验项目及要求、检验规则、标志、包装、运输、贮存的要求。

本部分适用于特高频局部放电带电检测仪（以下简称检测仪）的设计、生产、采购和检验。

### 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/T 191 包装储运图示标志

DL/T 417—2006 电力设备局部放电现场测量导则

Q/GDW 1168—2013 输变电设备状态检修试验规程

Q/GDW 11304.1—2019 电力设备带电检测仪器技术规范 第1部分：带电检测仪器通用技术规范

### 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

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。

[DL/T 417—2006，术语和定义3.1]

#### 3.2

**带电检测** energized 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。

[Q/GDW 1168—2013，术语和定义3.1]

#### 3.3

**特高频（UHF）** ultra high frequency

频率为300MHz~3000MHz的频段。

3.4

**特高频局部放电带电检测仪** ultra high frequency energized test partial discharge detector  
对电力设备局部放电产生的特高频电磁波信号进行检测的仪器。

3.5

**吉赫兹横向电磁场室 (GTEM)** gigahertz transverse electro-magnetic cell  
由三角形带状金属隔板为内导体和矩形截面喇叭状外导体构成的锥形同轴传输结构体。

3.6

**有效高度** effective height  
表征特高频局部放电传感器将局部放电辐射的电磁波能量转换为电压信号的能力，量纲为mm。

3.7

**平均有效高度** average effective height  
特高频局部放电传感器各频率点有效高度的累计平均值。

3.8

**局部放电相位分布图 (PRPD)** phase-resolved partial-discharge pattern  
在一段时间内统计和描述局部放电信号的幅值、频次和相位关系的二维或三维图谱。

3.9

**脉冲序列相位分布图 (PRPS)** phase-resolved pulse-sequence pattern  
描述局部放电信号的幅值、相位和时间关系的三维图谱。

3.10

**检测灵敏度** detection sensitivity  
检测仪在特定脉冲参数下所能检测到的最小脉冲电场强度峰值  $E_{imin}$ 。

3.11

**动态范围** dynamic scope  
检测仪在特定脉冲参数下所能检测的最大（非饱和）可测脉冲电场强度峰值  $E_{imax}$  与最小瞬态电场强度峰值  $E_{imin}$  的比值，用对数方式表示。

3.12

**局部放电类型正确识别率** recognition accuracy of partial discharge type  
对已知模拟放电源进行N次诊断，每次诊断给出概率最大的放电类型与已知放电源类型一致的次数为n，二者比值（n/N）为正确识别率，用百分数表示。



## 4 检测原理

通过特高频传感器检测油气绝缘设备中发生局部放电时产生的特高频信号，获得局部放电特征信息。

## 5 结构组成及分类

### 5.1 结构组成

检测仪一般由特高频传感单元、信号处理单元、分析诊断单元、输入输出单元等四个单元组成。

### 5.2 分类

检测仪分为巡检型与诊断型，巡检型可用于设备例行试验检测，诊断型可用于例行试验与诊断性试验检测。

## 6 技术要求

### 6.1 工作条件

#### 6.1.1 使用环境条件

检测仪的使用环境要求如下：

- a) 环境温度：-10℃～50℃；
- b) 环境相对湿度：50%（5～90）%RH；
- c) 大气压力：80kPa～110kPa。

#### 6.1.2 工作电源

检测仪的工作电源要求如下：

- a) 直流电源：5V～36V 电池；连续工作时间 4h 以上。
- b) 交流电源：220（1±10%）V，频率 50（1±5%）Hz。

### 6.2 通用技术要求

通用技术要求按照Q/GDW 11304.1—2019执行。

### 6.3 专项功能要求

#### 6.3.1 巡检型

巡检型检测仪的专项功能如下：

- a) 应能实现局部放电的特高频检测，并具备放电信号幅值实时显示功能；
- b) 应具有电压相位信号同步功能，并具备 PRPS 图谱实时显示功能；检测结果图谱刷新频率应不小于每秒 2 次；
- c) 应采用充电电池供电，充满电单次持续工作时间不低于 4 小时，充电时仪器仍可正常使用；
- d) 测试数据的存储和导出应包括图片和数据文件方式，数据文件的格式应满足附录 A 要求；
- e) 宜有增益功能；
- f) 应携带方便、操作便捷，并适用于单人独立或两人配合开展检测工作；

- g) 传感器特征阻抗应为  $50\Omega$ ，传感器、射频同轴电缆、信号处理单元的连接应阻抗匹配；
- h) 射频同轴电缆应耐磨、抗弯折，具有良好的电磁屏蔽性能；
- i) 各类信号线、电源线的安装与连接应牢固、可靠；
- j) 应配置专用便携式防震仪器箱，主机机箱的设计、材料、工艺应具备较高的机械强度，适合变电站、配电站室、电缆隧道等现场检测环境；
- k) 整机重量不应超过  $2\text{kg}$ 。

### 6.3.2 诊断型

诊断型检测仪除了具备巡检型检测仪的专项功能（不包括重量）外，还应具有的专项功能如下：

- a) 具备 PRPD 谱图实时显示功能；
- b) 具备测试数据查看和管理功能；
- c) 同时检测通道数应不少于 3 个；
- d) 应具有放电类型识别诊断功能；
- e) 应具有在线监测模式功能，单次持续监测时间不小于 7 天，可根据现场实际情况调整设置局部放电信号的自动存储条件（如放电信号阈值、存储周期、变化率等参数）
- f) 诊断型检测仪每个检测通道配备的射频同轴电缆长度宜不小于  $10\text{m}$ 。

## 6.4 性能要求

### 6.4.1 传感器平均有效高度

在  $300\text{MHz}\sim 1500\text{MHz}$  频带内平均有效高度应不小于  $8\text{mm}$ ，且最小有效高度应不小于  $2\text{mm}$ 。同时应提供  $1500\text{MHz}\sim 3000\text{MHz}$  的平均有效高度测试数据。

### 6.4.2 检测灵敏度

检测仪（含传感器）的检测灵敏度应不大于  $7.6\text{V/m}$ （ $17.6\text{dBV/m}$ ）。

### 6.4.3 动态范围

检测仪（含传感器）的动态范围（在增益不变的同等条件下）应不小于  $40\text{dB}$ 。

### 6.4.4 局部放电类型的正确识别率

诊断型检测仪应能正确判断典型局部放电类型，包括：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，可对局部放电发生的类型进行统计，诊断结果应当简单明确，每种典型缺陷放电信号的正确识别率不低于  $80\%$ 。

### 6.4.5 稳定性

巡检型及诊断型检测仪在标定源输出  $50\text{V}\sim 100\text{V}$  范围内仪器各项功能正常，连续工作  $4\text{h}$  后，其 GTEM 检测信号幅值的变化应不超过  $\pm 5\%$ 。

## 7 试验项目及要求

### 7.1 试验环境

除环境影响试验之外，其它试验项目应在如下试验环境中进行：

- a) 环境温度： $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ；

- b) 相对湿度：25%～75%；
- c) 大气压力：80kPa～110kPa。

## 7.2 通用技术条件试验

通用技术条件试验项目参照Q/GDW11304.1—2019相关条款执行。

## 7.3 功能检查

依据6.3进行逐项检查，所有功能应能正确运行。

## 7.4 性能特性试验

### 7.4.1 传感器平均有效高度试验

传感器的平均有效高度，其定义见式（1），应符合6.4.1中的要求。具体测量方法参见附录B。

$$H_e(f) = \frac{U_o(f)}{E_i(f)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$f$ ——信号频率；

$E_i(f)$ ——频率为 $f$ 时传感器入射电磁波的电场强度幅值；

$U_o(f)$ ——频率为 $f$ 时传感器的输出电压幅值。

### 7.4.2 检测灵敏度试验

检测仪（含传感器）所能检测的灵敏度，应符合6.4.2中的要求。具体测量方法参见附录C。

### 7.4.3 动态范围试验

检测仪（含传感器）所能检测的动态范围，计算见公式（2），应符合6.4.3中的要求，具体测量方法参见附录C。

$$20\lg \frac{E_{i\max}}{E_{i\min}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_{i\max}$ ——最大（非饱和）可测脉冲电场强度峰值；

$E_{i\min}$ ——最小瞬态电场强度峰值。

### 7.4.4 局部放电类型正确识别率试验

在能够稳定检测真型GIS内部或模拟装置内最小局部放电信号的情况下，检测仪（2倍增益情况下）能够准确识别自由金属颗粒放电、悬浮电位体放电、沿面放电、绝缘件内部气隙放电、金属尖端放电等典型放电类型，以脉冲电流法能监测到稳定的放电开始试验，应对每种模型连续进行不少于10次的局部放电类型识别试验，结果应符合6.4.4中的要求。GIS局部放电典型图谱参照Q/GDW 11059.2，GIS局部放电典型缺陷模型参见附录D。

### 7.4.5 稳定性试验

将检测仪开机连续工作4h，注入标定信号，检查检测仪各项功能是否正常，并记录刚开机和连续工作4h后的GTEM检测信号幅值，检测结果应符合6.4.5中要求。

## 8 检测规则

### 8.1 检测分类

检验分为型式试验、出厂试验、入网检测试验、到货抽检和定期试验。检验项目见表1。

### 8.2 型式试验

型式试验是制造厂家将装置送交具有资质的检测单位，由检测单位依据试验条目完成检验，检验项目见表1。当出现下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品定型，投运前。
- b) 连续批量生产的仪器每4年一次。
- c) 正式投产后，如设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时。
- d) 产品停产一年以上又重新恢复生产时。
- e) 出厂试验结果与型式试验有较大差异时。
- f) 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时。
- g) 合同规定进行型式试验时。

### 8.3 出厂试验

每台装置出厂前，必须由制造厂的检验部门进行出厂检验，检验项目见表1，全部检验合格后，附有合格证，方可允许出厂。

### 8.4 入网检测试验

新产品、改型产品或初次进入电网应用的产品，应进行入网检测试验，检验项目见表1，全部检验合格后，附有合格证，方可允许出厂。

### 8.5 到货抽检

到货抽检时，应按照每个供应商、每种型号不少于10%的比例（不少于1台）抽检，若抽检发现任意1台不合格，该供货商同型号产品需全部接受检测，检测项目按表1中规定执行，仪器检测合格后，方可正式使用。另外，应对到货设备按型式试验标准开展不定期抽检。

### 8.6 定期试验

使用中的特高频局部放电带电检测仪应该每2年检验一次，检验项目见表1，以保证测量仪器的准确可靠。

表 1 特高频法局部放电带电检测仪检验项目

序号	检验项目		技术要求	试验方法	型式试验	出厂试验	入网检测试验	到货抽检	定期试验
1	结构和外观检查		Q/GDW 11304.1—2019 5.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.2	●	●	●	●	●
2	功能检验	基本功能	Q/GDW 11304.1—2019 5.2	Q/GDW 11304.1—2019 6.3	●	●	●	●	●
3		巡检型专项功能	6.3.1	7.3	●	●	●	●	●
4		诊断型专项功能	6.3.2	7.3	●	●	●	●	●
5	性能特性测试	传感器平均有效高度试验	6.4.1	7.4.1	●	●	●	●	●
6		检测灵敏度试验	6.4.2	7.4.2	●	●	●	●	●
7		动态范围试验	6.4.3	7.4.3	●	●	●	●	●
8		局部放电类型正确识别率试验	6.4.4	7.4.4	●	○	●	○	●
9		稳定性试验	6.4.5	7.4.5	●	●	●	●	○
10		便携性检测	6.4.6	7.4.6	●	○	●	●	○
11	安全试验	接触电流	Q/GDW 11304.1—2019 5.4	Q/GDW 11304.1—2019 6.5.1	●	●	●	●	○
12		介电强度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.4	Q/GDW 11304.1—2019 6.5.2	●	●	●	●	○
13	环境适应性试验	温度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.5.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.6.1	●	○	○	○	○
14		湿度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.5.2	Q/GDW 11304.1—2019 6.6.2	●	○	○	○	○
15		振动试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.5.3	Q/GDW 11304.1—2019 6.6.3	●	○	○	○	○
16		冲击试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.5.4	Q/GDW 11304.1—2019 6.6.4	●	○	○	○	○
17	包装运输试验	振动试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.6	Q/GDW 11304.1—2019 6.7	●	○	○	○	○
18		自由跌落试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.6	Q/GDW 11304.1—2019 6.7	●	○	○	○	○
19		翻滚试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.6	Q/GDW 11304.1—2019 6.7	●	○	○	○	○
20	电磁兼容性试验	静电放电抗扰度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.7.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.8.1	●	○	●	○	○

表 1 (续)

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式试验	出厂试验	入网检测试验	到货抽检	定期试验	序号
21	电磁兼容性试验	射频电磁场辐射抗扰度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.7.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.8.2	●	○	●	○	○
22		电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.7.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.8.3	●	○	●	○	○
23		浪涌（冲击）抗扰度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.7.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.8.4	●	○	●	○	○
24		射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.7.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.8.5	●	○	●	○	○
25		工频磁场抗扰度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.7.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.8.6	●	○	●	○	○
26		电压暂降、短时中断抗扰度试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.7.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.8.7	●	○	●	○	○
27	外壳防护性试验	防尘试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.8.1	Q/GDW 11304.1—2019 6.9.1	●	○	○	○	○
28		防水试验	Q/GDW 11304.1—2019 5.8.2	Q/GDW 11304.1—2019 6.9.2	●	○	○	○	○
注：●表示规定必须做的项目；○表示规定可不做的项目。									

## 9 标志、包装、运输、贮存

### 9.1 标志

#### 9.1.1 每台仪器应有明晰的铭牌，内容如下：

- 仪器型号；
- 产品全称，应能够区分巡检型与诊断型仪器；
- 制造厂全称及商标；
- 仪器参数，一般应包括：额定电压、额定功率、传感器平均有效高度、动态范围等；
- 出厂年月及编号。

#### 9.1.2 在包装箱的适当位置，应标有显著、牢固的包装标志，内容包括：

- 发货厂名、产品名称、型号；
- 包装箱外形及毛重；
- 包装箱外面书写“防潮”、“小心轻放”、“不可倒置”等字样；
- 包装箱的标志应符合 GB/T 191 的要求。

### 9.2 包装

9.2.1 产品包装前的检查：

- a) 产品的合格证书、产品说明书、出厂检测报告、附件、备品备件齐全；
- b) 产品外观无损伤；
- c) 产品表面无灰尘。

9.2.2 产品应有内包装和外包装，包装应有防尘、防雨、防水、防潮、防振等措施。

9.3 运输

产品应适用于陆运、空运、水（海）运，运输装卸按包装箱上的标准进行操作。

9.4 贮存

产品贮存要求如下：

- a) 包装好的装置应存贮在环境温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 、湿度不大于85%的库房内，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，不受灰尘雨雪的侵蚀。
- b) 长期贮存，每隔3-6个月开机检查。

## 附录 A (规范性附录)

### 特高频法局部放电带电检测仪图谱数据格式规范

#### A.1 概述

本规范规定了特高频局部放电仪器图谱数据导出时的格式要求。

#### A.2 格式要求

##### A.2.1 图谱类型编码

图谱类型编码由 2 位数字组成，具有唯一性。数据格式中涉及图谱类型编码见表 A.1，数据文件的扩展名可由厂家自定义，例如“.dat”。

表 A.1 图谱类型编码

序号	检测类型	图谱类型	编码
1	特高频局放	特高频多图谱	0x20
2		特高频PRPD图	0x21
3		特高频PRPS图	0x22
4		特高频峰值统计图	0x23
5		特高频脉冲波形图	0x24

##### A.2.2 数据定义

###### A.2.2.1 二进制数据表示

以一系列二进制的位存储在文件中，并以字节形式组织的数据。本规范采用小端字节序（Little-Endian），即低位字节排放在低地址端，高位字节排放在高地址端。

###### A.2.2.2 数据存储

数据表存储类型见 A.2。图谱的存储数据类型编码见表 A.3。

表 A.2 数据存储类型

类型	长度	备注
char	以字符编码方式为准。ASCII：1个字节； UNICODE：2个字节。	
int8	1字节	$-2^7 \sim 2^7-1$ ，即-128~127
uint8	1字节	$0 \sim 2^8-1$
int16	2字节	$-2^{15} \sim 2^{15}-1$



表 A.2 (续)

类型	长度	备注
int32	4字节	$-2^{31} \sim 2^{31}-1$
int64	8字节	$-2^{63} \sim 2^{63}-1$
float	4字节	$-2^{128} \sim 2^{128}$
double	8字节	$-2^{1024} \sim 2^{1024}$

表 A.3 存储数据类型编码

类型	编码
未使用	0x00
int8	0x01
uint8	0x02
int16	0x03
int32	0x04
int64	0x05
float	0x06
double	0x07

## A.2.2.3 幅值单位

幅值单位编码见表 A.4。

表 A.4 幅值单位编码

类型	编码
未使用	0x00
dB	0x01
dBm	0x02
dBmV	0x03
dBμV	0x04
V	0x05
mV	0x06
μV	0x07
%	0x08
A	0x09
mA	0x0A
μA	0x0B
Ω	0x0C
mΩ	0x0D

表A.4 (续)

类型	编码
$\mu\Omega$	0x0E
$m/s^2$	0x0F
mm	0x10
$^{\circ}C$	0x11
$^{\circ}F$	0x12
Pa	0x13
C	0x14
mC	0x15
$\mu C$	0x16
nC	0x17
pC	0x18

#### A.2.2.4 放电类型概率

放电类型概率使用一个长度为 8 的数组，表示仪器诊断结果的放电类型概率。数组元素[0]至[7]分别存储正常、尖端放电、悬浮放电、沿面放电、内部放电、颗粒放电、外部干扰和其它共 8 种情况的概率，每个元素可以是整数 0 至 100 中的某数。

实例：数组元素[3]为 69，表示沿面放电的概率为 69%。

如果诊断结果为正常，则为数组元素[0]赋值 100，数组元素[1]至[7]赋值 0。如果仪器不具备放电类型诊断功能，则为数组元素[0]至[7]赋值 0x00。

#### A.2.3 图谱文件格式

文件格式要求如下：

- 文件采用二进制数据格式进行存储，每个数据文件存储一张或多张图谱的数据，数据文件的扩展名根据存储的图谱类型按照表定义。
- 文件名规则为：图谱生成时间.扩展名。图谱生成时间的格式为：YYYYMMDDhhmmssfff。示例：20170701080102001.dat。如果有需要，也可以在时间前面加不超过 32 个字符的字符串用来表示特定的含义。
- 为保持文件的完整性，若文件数据中的可选数据项未使用，则保留其占据位置，且数据项各位全设为 1，例如 4 个字节的 float 型应设为 0xFFFFFFFF。有具体赋值说明的除外。若定义为 char 类型的数据项未使用，则全部用“\0”填充。
- 图谱文件的数据格式框架见表 A.5。

表 A.5 图谱文件数据格式框架

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备 / 可选
以下定义文件头部					
文件长度L	int32	4字节	文件长度，含CRC校验。	[0:3]	必备
规范版本号	uint8	4字节	所使用的数据格式规范版本号。版本号有4个部分，形如X.X.X.X。 实例：版本号为1.0.0.0，数组元素[0]到[3]分别存储1、0、0、0四个数字。每个元素可以是整数0至255中的某数。 建议：版本号采用“内部主版本号.内部子版本号.省公司编码.国家单位编码”的形式，以便于版本维护。	[4:7]	必备
文件生成时间	int64	8字节	生成文件的时间，格式为YYYYMMDDhhmmssfff，例如20100818151010001。	[8:15]	必备
站点名称	char	128字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾，例如：110kV枫泾变电站。	[16:143]	必备
站点编码	char	32字节	使用ASCII编码。以\0结尾，例如：A12300000000000000。	[144:175]	必备
天气	uint8	1字节	表示天气。 0xFF：未记录 0x01：晴 0x02：阴 0x03：雨 0x04：雪 0x05：雾 0x06：雷雨 0x07：多云	[176:176]	必备
温度	float	4字节	环境温度，单位摄氏度。	[177:180]	必备
湿度	int8	1字节	环境湿度，单位%。	[181:181]	必备
仪器厂家	char	32字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾，例如：HuaCheng。	[182:213]	必备
仪器型号	char	32字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾，例如：PDS-T95。	[214:245]	必备
仪器版本号	uint8	4字节	所使用的数据格式规范版本号。版本号有4个部分，形如X.X.X.X。 实例：版本号为1.0.0.0，数组元素[0]到[3]分别存储1、0、0、0四个数字。每个元素可以是整数0至255中的某数。	[246:249]	可选

表A.5 (续)

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备/可选
仪器序列号	char	32字节	即仪器出厂编号,使用ASCII编码。以\0结尾,例如:S12300000000000000。	[250:281]	必备
系统频率	float	4字节	被测设备电压频率,单位Hz。例如50Hz。	[282:285]	必备
图谱数量N	int16	2字节	文件中包含的图谱数量。	[286:287]	必备
同步频率	float	4字节	采集装置的同步频率,单位Hz。	[288:291]	必备
预留	自定义	220字节	预留为厂家自定义可选字段。	[292:511]	可选
以下依次存放各个图谱的数据					
图谱1	-	-	-	-	-
图谱2	-	-	-	-	-
...	-	-	-	-	-
图谱N	-	-	-	-	-
以下定义文件尾部					
预留	-	32字节	预留	[L-36:L-5]	必备
CRC32	int32	4字节	数据校验,使用CRC32算法	[L-4:L-1]	必备

## A.2.4 各图谱数据格式

特高频 PRPD 图和 PRPS 图数据格式见表 A.6。特高频峰值统计图数据格式见表 A.7。特高频时域波形图数据格式见表 A.8。

表A.6 PRPD 图和 PRPS 图数据格式

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备/可选
图谱类型编码	uint8	1字节	标识该文件的图谱类型。参见图谱类型编码表。	[0:0]	必备
图谱数据长度	int32	4字节	图谱总长度,指从图谱类型编码到图谱数据结束的长度。	[1:4]	必备
图谱生成时间	int64	8字节	生成图谱的时间,格式为YYYYMMDDhhmmssfff,例如20100818151010001。	[5:12]	必备
图谱性质	uint8	1字节	0xFF: 未记录 0x01: 检测图谱 0x02: 背景噪声 0x03: 检测图谱及背景噪声	[13:13]	必备
电力设备名称	char	128字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾,例如:10kV万达线#3开关柜。	[14:141]	必备

表 A.6 (续)

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备/可选
电力设备编码	char	32字节	使用ASCII编码。以\0结尾, 例如: B12300000000000000。	[142:173]	必备
测点名称	char	128字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾, 例如: 电缆仓。	[174:301]	可选
测点编码	char	32字节	使用ASCII编码。以\0结尾, 例如: C12300000000000000。	[302:333]	可选
检测通道标志	int16	2字节	仪器的检测通道标识, 例如: 1。	[334:335]	必备
存储数据类型t	uint8	1字节	表示图谱数据的存储数据类型。参见存储类型编码表。	[336:336]	必备
幅值单位	uint8	1字节	表示幅值的单位。参见幅值单位表。	[337:337]	必备
幅值下限	float	4字节	仪器所能检测到的信号幅值的下限。	[338:341]	必备
幅值上限	float	4字节	仪器所能检测到的信号幅值的上限。	[342:345]	必备
频带	uint8	1字节	表示滤波类型 0xFF:未记录 0x01:全通 0x02:低通 0x03:高通 0x04:带通 0x05:带阻 0x06:可扩充	[346:346]	必备
下限频率	float	4字节	表示检测仪器的下限频率, 单位Hz。	[347:350]	必备
上限频率	float	4字节	表示检测仪器的上限频率, 单位Hz。	[351:354]	必备
相位窗数m	int32	4字节	工频周期被等分成m个相位窗, 每个相位窗跨360/m度。	[355:358]	必备
量化幅值n	int32	4字节	幅值范围的等分区间数。如果该文件是PRPS图谱, 则该4个字节清零, 赋值为: 0x00000000。	[359:362]	必备
工频周期数p	int32	4字节	图谱工频周期的个数。如果该文件是PRPD图谱, 则该4个字节清零, 赋值为: 0x00000000。	[363:366]	必备
放电类型概率	uint8	8字节	表示仪器诊断结果的放电类型概率。参见放电类型概率定义。	[367:374]	必备
预留	自定义	137字节	预留为厂家自定义可选字段。	[375:511]	可选

表 A.6 (续)

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备/可选
局部放电图谱数据	d[m][n] 或 d[p][m]	k*m*n 字节 或 k*p*m 字节	<p>根据存储数据类型t获取数据的存储方式。</p> <p>实例1: t是0x02, d表示uint8数组, k=1; 实例2: t是0x04, d表示int32数组, k=4; 实例3: t是0x06, d表示float数组, k=4。</p> <p>如果该文件是PRPD图谱, 则为d[m][n], m为相位窗数, n为量化幅值, 数组元素[x][y]的值表示在对应第x相位窗和第y幅值处发生的脉冲信号的次数。</p> <p>如果该文件是PRPS图谱, 则为d[p][m], p为工频周期数, m为相位窗数, 数组元素[x][y]的值表示在对应第x个周期的第y相位窗处发生的脉冲信号的幅值。</p>	[512:512+k*m*n-1] 或 [512:512+k*p*m-1]	必备

表 A.7 特高频峰值统计图数据格式

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备/可选
图谱类型编码	uint8	1字节	标识该文件的图谱类型。参见图谱类型编码表。	[0:0]	必备
图谱数据长度	int32	4字节	图谱总长度, 指从图谱类型编码到图谱数据结束的长度。	[1:4]	必备
图谱生成时间	int64	8字节	生成图谱的时间, 格式为YYYYMMDDhhmmssfff, 例如20100818151010001。	[5:12]	必备
图谱性质	uint8	1字节	0xFF: 未记录 0x01: 检测图谱 0x02: 背景噪声 0x03: 检测图谱及背景噪声	[13:13]	必备
电力设备名称	char	128字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾, 例如: 10kV万达线#3开关柜。	[14:141]	必备
电力设备编码	char	32字节	使用ASCII编码。以\0结尾, 例如: B12300000000000000。	[142:173]	必备
测点名称	char	128字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾, 例如: 电缆仓。	[174:301]	可选

表 A.7 (续)

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备/可选
测点编码	char	32字节	使用ASCII编码。以\0结尾，例如：C12300000000000000。	[302:333]	可选
检测通道标志	int16	2字节	仪器的检测通道标识，例如：1。	[334:335]	必备
存储数据类型 t	uint8	1字节	表示图谱数据的存储数据类型。参见存储类型编码表。	[336:336]	必备
幅值单位	uint8	1字节	表示幅值的单位。参见幅值单位表。	[337:337]	必备
幅值下限	float	4字节	仪器所能检测到的信号幅值的下限。	[338:341]	必备
幅值上限	float	4字节	仪器所能检测到的信号幅值的上限。	[342:345]	必备
频带	uint8	1字节	表示滤波类型 0xFF:未记录 0x01:全通 0x02:低通 0x03:高通 0x04:带通 0x05:带阻 0x06:可扩充	[346:346]	必备
下限频率	float	4字节	表示检测仪器的下限频率，单位Hz。	[347:350]	必备
上限频率	float	4字节	表示检测仪器的上限频率，单位Hz。	[351:354]	必备
相位窗数m	int32	4字节	工频周期被等分成m个相位窗，每个相位窗跨360/m度。	[355:358]	必备
放电类型概率	uint8	8字节	表示仪器诊断结果的放电类型概率。参见放电类型概率定义。	[359:366]	必备
预留	自定义	145字节	预留为厂家自定义可选字段。	[367:511]	可选
峰值统计图 数据	d[2*m]	k*2*m 字节	根据存储数据类型t获取数据的存储方式。 实例1：t是0x02，d表示uint8数组，k=1； 实例2：t是0x04，d表示int32数组，k=4； 实例3：t是0x06，d表示float数组，k=4。 依次存储最大幅值数组Q[0]， Q[1]，……，Q[m-1]，最大脉冲次数数组N[0]，N[1]，……，N[m-1]。	[512:512+k*2*m-1]	必备

表 A.8 特高频脉冲图谱数据格式

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备/可选
图谱类型编码	uint8	1字节	标识该文件的图谱类型。参见图谱类型编码表。	[0:0]	必备
图谱数据长度	int32	4字节	图谱总长度，指从图谱类型编码到图谱数据结束的长度。	[1:4]	必备
图谱生成时间	int64	8字节	生成图谱的时间，格式为YYYYMMDDhhmmssfff，例如20100818151010001。	[5:12]	必备
图谱性质	uint8	1字节	0xFF：未记录 0x01：检测图谱 0x02：背景噪声 0x03：检测图谱及背景噪声	[13:13]	必备
电力设备名称	char	128字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾，例如：10kV万达线#3开关柜。	[14:141]	必备
电力设备编码	char	32字节	使用ASCII编码。以\0结尾，例如：B12300000000000000。	[142:173]	必备
测点名称	char	128字节	使用UNICODE编码。以0x0000结尾，例如：电缆仓。	[174:301]	可选
测点编码	char	32字节	使用ASCII编码。以\0结尾，例如：C12300000000000000。	[302:333]	可选
检测通道标志	int16	2字节	仪器的检测通道标识，例如：1。	[334:335]	必备
存储数据类型t	uint8	1字节	表示图谱数据的存储数据类型。参见存储类型编码表。	[336:336]	必备
幅值单位	uint8	1字节	表示幅值的单位。参见幅值单位表。	[337:337]	必备
幅值下限	float	4字节	仪器所能检测到的信号幅值的下限。	[338:341]	必备
幅值上限	float	4字节	仪器所能检测到的信号幅值的上限。	[342:345]	必备
频带	uint8	1字节	表示滤波类型 0xFF:未记录 0x01:全通 0x02:低通 0x03:高通 0x04:带通 0x05:带阻 0x06:可扩充	[346:346]	必备
下限频率	float	4字节	表示检测仪器的下限频率，单位Hz。	[347:350]	必备
上限频率	float	4字节	表示检测仪器的上限频率，单位Hz。	[351:354]	必备
数据点数n	int32	4字节	数据点个数。	[355:358]	必备
采样率	int64	8字节	单位SPS。	[359:366]	必备



表 A.8 (续)

数据项	数据类型	长度	备注	字节顺序	必备/可选
放电类型概率	uint8	8字节	表示仪器诊断结果的放电类型概率。参见放电类型概率定义。	[367:374]	必备
预留	自定义	137字节	预留为厂家自定义可选字段。	[375:511]	可选
时域波形图数据	d[n]	k*n字节	根据存储数据类型t获取数据的存储方式。 实例1: t是0x02, d表示uint8数组, k=1; 实例2: t是0x04, d表示int32数组, k=4; 实例3: t是0x06, d表示float数组, k=4。 依次存储每个数据点的信号幅值Q, 存储顺序: Q[0]; Q[1]; ……; Q[n-1]。	[512:512+k*n-1]	必备

## 附录 B (规范性附录)

### 特高频传感器平均有效高度测试方法

#### B.1 GTEM测量平台的组成

GTEM测量平台由标定源、高速示波器、参考传感器、GTEM小室、测控计算机等组成。平台示意图见图B.1。

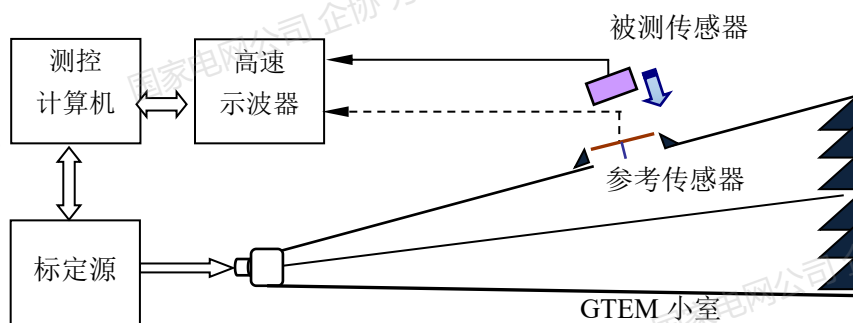


图 B.1 GTEM 测量平台示意图

#### B.2 测试系统组件

本标准推荐各关键组件指标如下：

##### a) 脉冲标定源：

- 1) 输出幅值 0~100V 可调的方波或双指数脉冲；
- 2) 上升沿(20%~80%)≤300ps；
- 3) 半波时间 4ns~100ns；
- 4) 重复率宜为 50~200Hz。

##### b) 扫频标定源：

- 1) 输出频率范围：300MHz~1500MHz 的正弦信号；
- 2) 输出强度范围：0.5V/m~50 V/m。

##### c) GTEM 小室：

- 1) 频率范围：DC~2GHz；
- 2) 输入阻抗：典型值：50Ω±2Ω；
- 3) 电压驻波比：≤1.5；
- 4) 规格尺寸：不小于 4000×2100×1400mm(长×宽×高)；
- 5) GTEM 上传感器测试窗口位于顶部后三分之一场强较均匀的区域，开孔直径≥150mm。

GTEM 小室规格尺寸和开孔说明如图 B.2 所示。

- d) 参考传感器：考虑到短单极探针具有不失真接收的特性，本标准推荐采用单极探针作为参考传感器。单极探针的规格尺寸为：半径  $r=0.65\text{mm}$ ；高度  $h=25\text{mm}$ 。单极探针参考传感器外观如图 B.3 所示。单极探针参考传感器的有效高度曲线如图 B.4 所示。

e) 示波器：示波器的模拟带宽要求不低于 2GHz，采样率不低于 10GS/s。

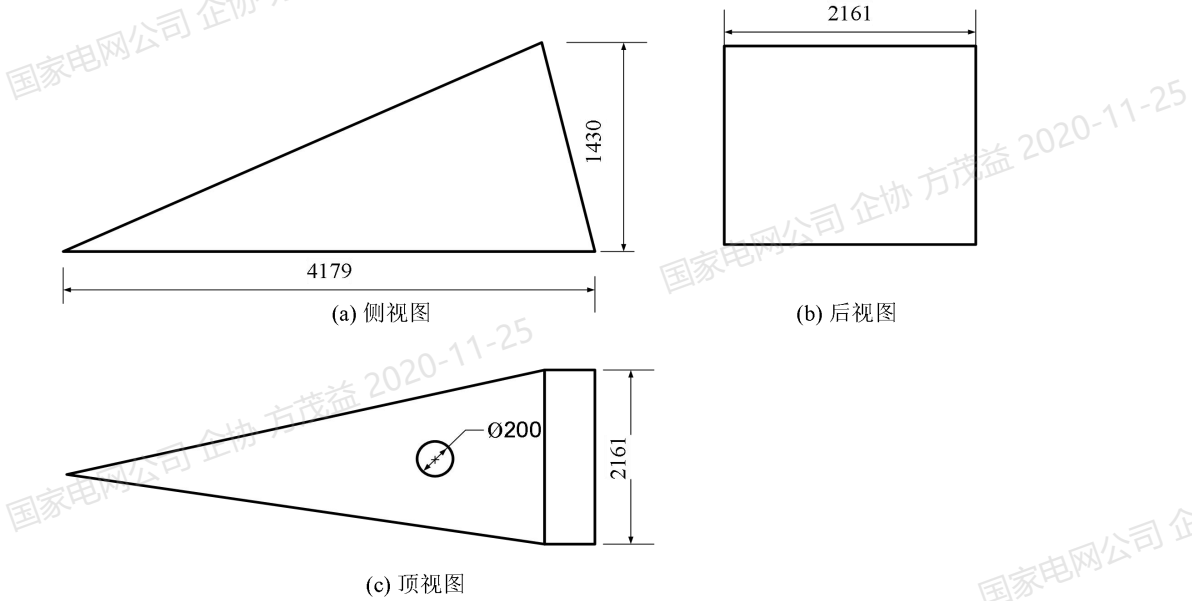


图 B.2 GTEM 规格尺寸示意图



图 B.3 单极探针

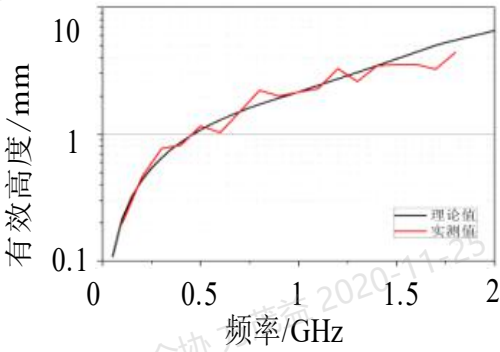


图 B.4 单极探针理论与实测有效高度曲线

## B.3 特高频传感器有效高度曲线的测量原理

通过标定源向GTEM小室内注入电压幅值为20V（推荐值）的标定脉冲信号，在GTEM小室内建立覆盖300M~1500MHz频带范围的脉冲电磁场。其原理如图B.5所示。

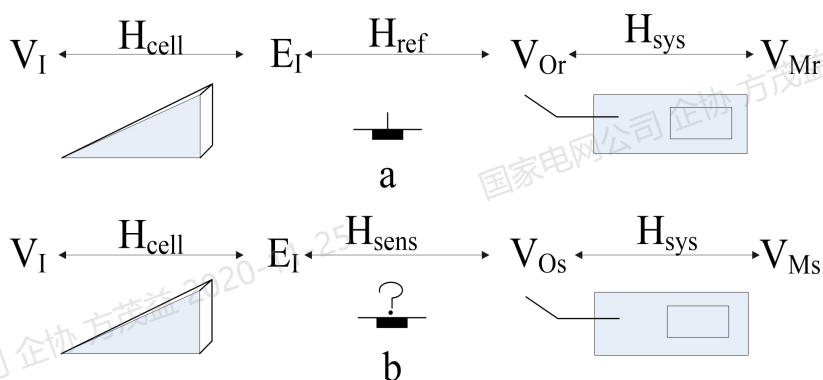


图 B.5 采用 GTEM 小室的参考测量法原理

上述各量均采用频域方式表示，则参考传感器和待测传感器的测量输出可以分别表示为：

$$\begin{cases} V_{Mr} = V_i \cdot H_{cell} \cdot H_{ref} \cdot H_{sys} \\ V_{Ms} = V_i \cdot H_{cell} \cdot H_{sens} \cdot H_{sys} \end{cases} \quad (B.1)$$

式中：

$V_i$ ——标定源注入 GTEM 小室的脉冲电压信号；

$H_{cell}$ ——GTEM 小室的传递函数；

$H_{sys}$ ——测量系统的传递函数；

$E_i$ ——GTEM 小室内传感器所在位置处的脉冲电场；

$H_{ref}$ ——参考传感器的有效高度；

$H_{sens}$ ——被测传感器的有效高度；

$V_{or}$ ——参考传感器对于  $E_i$  的电压响应；

$V_{os}$ ——被测传感器对于  $E_i$  的电压响应；

$V_{Mr}$ ——经测量系统实测的参考传感器对于  $E_i$  的电压响应。

$V_{Ms}$ ——被测传感器对于  $E_i$  的电压响应。

由式 (B.1) 中的上下两式左右相除，可得到用参考传感器的传递函数来表示待测传感器函数的表达式：

$$H_{sens} = \frac{V_{Ms}}{V_{Mr}} H_{ref} \quad (B.2)$$

由式 (B.2) 可知，利用参考传感器的有效高度  $H_{ref}$ ，参考传感器和被测传感器对于注入脉冲信号的电压响应，即可求得待测传感器的有效高度特性。

## 附录 C (规范性附录)

### 检测灵敏度与动态范围试验方法

#### C.1 UHF监测装置灵敏度标定平台

可采用脉冲标定源或扫频标定源进行检测灵敏度和动态范围的测试。GTEM小室用来屏蔽外界干扰,并且通过其过渡型传输线式的结构消除信号折反射和传播衰减的影响,如图C.1所示。

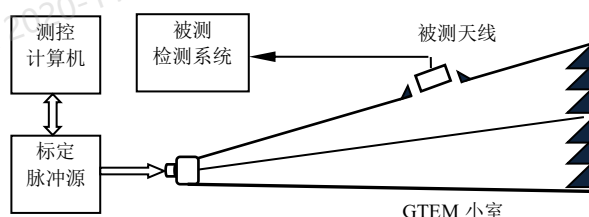


图 C.1 UHF 监测装置灵敏度标定平台示意图

#### C.2 脉冲标定源标定方法

##### C.2.1 标定步骤

对标定脉冲源在0~100V（推荐值）的输出范围内,从0V开始以1V为步长连续调节标定源输出电压幅值,各输出电平下GTEM小室内参考传感器安装位置处的场强进行标定,建立标定源输出电平与GTEM小室检测点场强的映射关系,具体可通过公式(C.1)由参考天线的输出 $U_o$ 来反推。

$$E_i = \frac{U_o}{H_{ref}} \quad (C.1)$$

式中:

$U_o$ ——参考传感器输出电压幅值频域曲线;

$H_{ref}$ ——为参考传感器的有效高度曲线。

由 $E_i$ 即可求得入射场的时域波形 $E_i(t)$ 。

##### C.2.2 灵敏度

调节标定源输出电平,直到检测装置能够以不小于2的信噪比可靠反映出标定信号,得出此时的入射场强,该场强即为检测装置的灵敏度。

##### C.2.3 动态范围

继续调节标定源输入电平,当标准脉冲源输出增大至某一值,检测装置测到的信号达到饱和,超出该值将导致检测装置记录及显示发生溢出,得出此时的入射场强,该场强即为检测装置最大可测瞬态场强,计算最大可测瞬态电场强度峰值与装置灵敏度之间的倍数关系,即可得到装置动态范围。

### C.3 扫频标定源标定方法

对标定源从  $0.5\text{V/m}$  开始增加场强，以  $0.5\text{V/m}$  为步长连续调节标定源输出幅值，获得最小可检测场强值即为检测灵敏度。继续增加检测装置测到的信号达到饱和，超出该值将导致检测装置记录及显示发生溢出，得出此时的入射场强，该场强即为检测装置最大可测场强，计算最大可测电场强度峰值与装置灵敏度之间的倍数关系，即可得到装置动态范围。

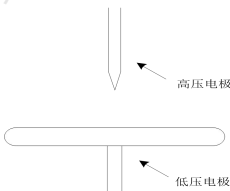
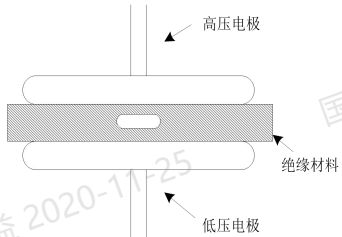
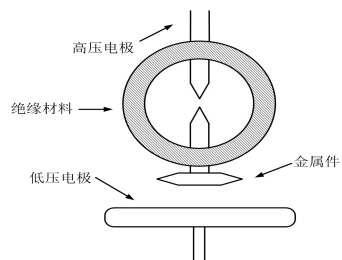
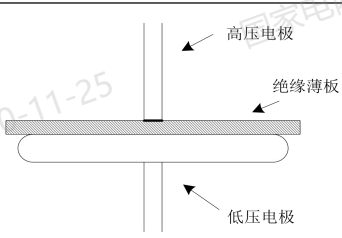
本附录关于标定源及GTEM小室特性与附录B相同。

附 录 D  
(资料性附录)

SF<sub>6</sub>气体绝缘电力设备特高频局部放电缺陷模型

用于SF<sub>6</sub>气体绝缘电力设备的特高频局部放电缺陷模型可以参考表D. 1的方式设置。

表 D.1 SF<sub>6</sub>气体绝缘电力设备特高频局部放电缺陷模型

序号	类型	试验模型	模型描述
1	电晕放电		电晕放电模型采用针板模型。高压端为尖端电极，低压端为平板电极。绝缘介质为 SF <sub>6</sub> 气体。
2	气隙放电		气隙放电模型采用平板电极。在两电极间放置绝缘材料，绝缘材料中包含有气体空隙。绝缘介质为 SF <sub>6</sub> 气体。
3	悬浮电极放电		悬浮电极放电模型采用针形电极。在绝缘板上放置金属件。绝缘介质为 SF <sub>6</sub> 气体。
4	沿面放电		沿面放电模型高压端采用柱形电极，低压端采用平板电极。在两电极间放置绝缘薄板。绝缘介质为 SF <sub>6</sub> 气体。
5	自由颗粒放电		自由颗粒放电模型采用平板电极。在低压平板电极上放置金属颗粒。绝缘介质为 SF <sub>6</sub> 气体。