

ZXJF-2010
数字式局部放电巡检仪



安全声明

该仪器用于探测中/高压（MV/HV）设备中的局部放电源。如果没有探测到放电，其并不意味着中高压设备中无放电活动。放电源往往具有潜伏期，绝缘性能也可能会由于局部放电以外的其他原因而失效。如果检测到与中高压电力系统相连的设备中有相当大的放电，应立即通知对设备负责的相关单位。

警告：

- 始终保持高压部分与仪器、探头和操作人员之间的安全距离。
- 严格遵守当地安全规则。
- 附近有雷暴天气时，不得进行测量。
- 不得在爆炸环境中操作仪器或附件。
- 该装置不属于用户自己维修的零件，如果需要维护与修理，请联系本公司进行维修。

目 录

安全声明.....	错误！未定义书签。
1. 产品概述.....	1
2. 引用标准.....	1
3. 技术参数.....	1
4. 仪器基本操作.....	3
4.1 产品结构.....	3
4.2 初次启动系统软件增加一个新的巡检试验档案.....	4
4.3 系统软件主窗口.....	5
4.4 系统状态参数.....	5
4.5 系统设置—仪器参数配置.....	6
4.6 检测通道显示模式—波形图.....	9
4.7 检测通道显示模式—统计图.....	10
4.8 开相位窗.....	12
4.9 脉冲分析.....	13
4.10 频谱分析.....	15
4.11 报警、报警历史和最大读数功能.....	15
4.12 查看采样满幅比例以及显示缩放倍数.....	16
4.13 增益控制.....	16
4.14 数据存储.....	17
4.15 浏览记录回放分析.....	18
4.16 外部触发的使用.....	19
4.17 充电及电池更换.....	19
5. 开关柜局部放电检测.....	20
5.1 系统构成.....	20
5.2 暂态对地电压（TEV）检测工作原理.....	21
5.3 超声波检测工作原理.....	22
5.4 传感器技术参数.....	23

5.5	巡检流程.....	23
6.	GIS 局部放电检测.....	23
6.1	系统构成.....	25
6.2	UHF 检测工作原理.....	26
6.3	超声波检测工作原理.....	27
6.4	UHF 和超声波联合检测.....	28
6.5	传感器技术参数.....	29
6.6	巡检流程.....	30
7.	变压器局部放电检测.....	30
7.1	系统构成.....	31
7.2	检测原理.....	31
7.3	检测位置.....	33
7.4	HFCT 现场校准.....	33
7.5	传感器技术参数.....	34
7.6	巡检流程.....	35
8.	电缆局部放电检测.....	35
8.1	系统构成.....	36
8.2	检测原理.....	36
8.3	HFCT 现场校准.....	40
8.4	传感器技术参数.....	40
8.5	巡检流程.....	40
9.	巡检报告.....	41
10.	现场干扰及处理方法.....	42

1. 产品概述

ZXJF-2010 数字式局部放电巡检仪是测量、分析电力设备绝缘性能的专用仪器；本系统采用现代电子和计算机综合技术，实现信号放大（模拟、电子、数字）、滤波、数据采集、数据处理、图形显示、试验报告自动生成，从而完成局部放电的测量，分析。

本仪器携带方便、测量快速，抗干扰能力强，便于现场使用。其配置软件具有时域图形、2D、3D 统计图谱、报警历史、历史最大、脉冲计数等功能，软件也可以详查分析某个相位波形，窗口随意放大和缩小，也可以对该段数据进行频谱分析，分析放电波形的频谱含量，使放电波形之间更具可比性，全面统计分析试验数据，减少试验中非稳定性因素对试验结果的影响。采用自动或手动记录保存试验数据和瞬态放电波形，可对后期数据分析提供参考。

2. 引用标准

- 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求 DL/T 593
- 3.6kV～40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备 DL/T 404
- 3.6kV～40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备 GB 3906
- 局部放电测量 GB/T 7354
- 电力设备局部放电现场测量导则 DL/T 417
- 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求 GB/T 16927.1
- 高电压试验技术 第二部分：测量系统 GB/T 16927.2
- 高电压试验技术 第三部分：现场试验的定义及要求 GB/T 16927.3

3. 技术参数

技术特性	
通道数	2 个电信号接口，一个外同步接口
采样率	0.5M、1M、2.5M、5M、10M、20M 可选
采样精度	12bit
量程切换	60dB、40dB、20dB、0dB、-20dB 共 5 档

频带范围	20k-100kHz、80k-200kHz、40k-300kHz
本量程非线性误差	5%
显示	
显示屏	7" TFT 真彩色触摸液晶显示屏
分辨率	800×480
存储	
物理存储	256MB DDR2, 为运行内存
SD 卡存储	标配 4G 卡, 可升级为 32G, 用于存储试验记录及试验数据
接口	
RS232	用于与 PC 机同步传输接口
USB	可外接鼠标键盘, 以及外接移动存储设备
电源模式	电池供电 (16.8V 锂电池) + 外置电源 (18V) 可连续提供 8 小时供电
电信号接口	2 路 BNC 接口(前后面板各两个), 用于信号输入
SMA 接口	外同步接口
SD 卡插槽	可插入最大支持 32G 的 SD 卡
网口	可扩展
接地钮	外部接地用
通用说明	
CPU	主频 533MHz
系统	WINCE6.0
使用环境温度	-20℃至 45℃
存储环境温度	-20℃至 60℃
尺寸	长×宽×高: 249mm × 216mm × 167mm
重量	4.7kg

4. 仪器基本操作

4.1 产品结构



图 4-1 ZXJF-2010 后面板

标识	说明
	电源开关
	外置电源输入端口（18V）
	USB 接口，可外接鼠标键盘，以及外接移动存储设备
	同步调试口
	SD 卡槽，可插入最大支持 32G 的 SD 卡
	RS232 接口，用于与 PC 机同步传输接口
	网口，可扩展
	SMA 接口，外同步接口
	电信号接口，输入通道 2，BNC 接口，用于信号输入
	电信号接口，输入通道 1，BNC 接口，用于信号输入
	接地按钮，外部接地用
	电池槽，16.8V 锂电池供电

4.2 初次启动系统软件增加一个新的巡检试验档案

用户可以根据自己的需求，利用系统软件，为每次试验建立试验档案，填写检测说明信息，保存检测数据，以便将检测数据与检测信息对应起来。

当软件第一次启动时，系统会出现“试验设置”对话框，提醒用户填写试验信息，同时可以对试验列表进行查看和删除某个试验，当单击试验列表中某个试验时，试验信息区将显示对应试验信息。

如果你点击取消按钮，不建立自己的试验档案，系统软件也可以快速建立默认数据库 quik_test.db3，保证完成试验数据的存储。

软件会在SD卡中建立存储目录以保存数据，例如：

试验名称为：ZXJF

则检测数据存储路径为：Storage Card\ 试验管理\ZXJF\

所有的检测原始数据都以二进制方式保存以节省存储空间，所有的记录数据都存储在SQLite数据库中，以备生成报告使用。

利用本系统进行检测数据都存储在SD卡中，SD卡最大支持32G，可以导出到PC机进行备份。历史数据可以被加载入系统进行追踪分析。

试验设置对话框：



图 4- 1 试验设置对话框

当上述参数均设置完毕后，点击确定进行试验。



图 4- 2 点击进行试验设置

“试验档案”对话框在停止运行状态下可以打开，只需点击图 4- 2中文件按钮控件即可。

4.3 系统软件主窗口

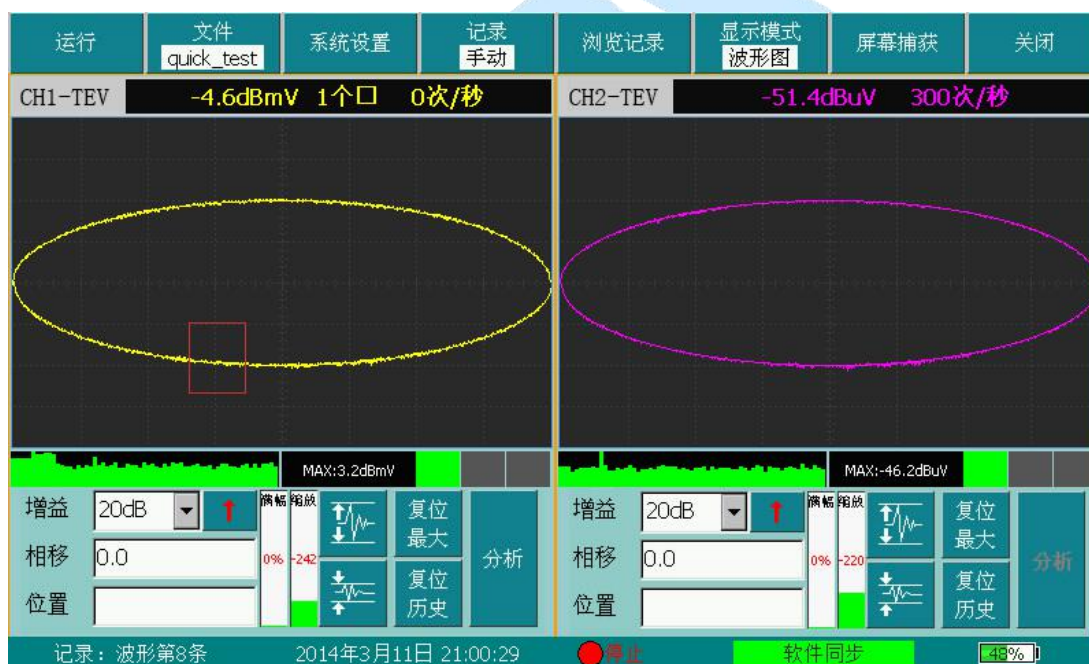


图 4- 3 主界面

4.4 系统状态参数

当系统软件启动之后，状态栏就会显示当前系统状态，如记录存储状况、系统时间、运行状况、触发方式以及设备电池电量。



图 4- 4 系统状态条

记录存储状态：提示当前存储的是波形记录还是统计记录，同时提示当前存储总条数。

系统时间：显示当前系统日期及时间。

触发模式：提示当前触发方式，从而保证系统根据触发方式正确的使用。

电池电量：提示当前电池剩余电量，当剩余电量小于 5%时，系统会发出嘀嘀嘀嘀报警声，提示用户应连接适配器充电，或保存数据关闭系统，防止因电池没电关机导致试验数据丢失。

4.5 系统设置—仪器参数配置

“系统设置”对话框包含了对采样、显示、记录以及增益调节的设置如图 4- 5 ：



图 4- 5 系统设置对采样、显示、记录以及增益调节的设置

➤ 采样

- a) 采样频率：0.5M、1M、2.5M、5M、10M、20M 可选。
- b) 触发方式：软件自动、外部触发和软件同步三种方式。
- c) 同步频率：系统工作频率（50Hz，60Hz）

➤ 显示

a) 显示方式：波形显示模式下，可选择直线、正弦和椭圆三种方式来显示时域波形。

➤ 记录

a) 自动记录：为开启自动记录，为禁止自动记录。

b) 时间间隔：自动记录开启后，记录的间隔，单位为 s

➤ 增益调节

a) 自动调节：为开启自动增益，为禁止自动增益。

b) 上阂：采样满度百分比，当高于此阈值时达到设定次数后向放大倍数低的档位切换。

c) 下阂：采样满度百分比，当低于此阈值时达到设定次数后向放大倍数高的档位切换。

d) 次数：采样周期个数。

➤ 关于…

显示公司信息 and 软件版本信息。

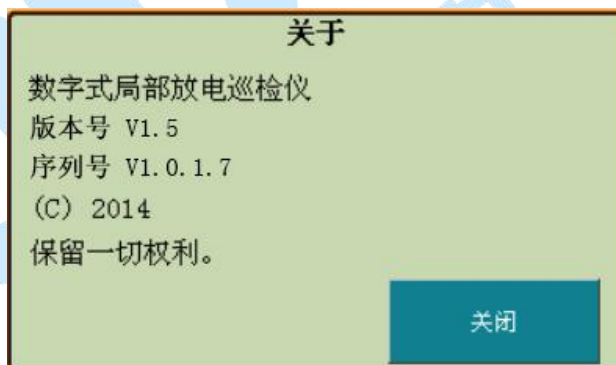


图 4- 6 关于

对于系统的两个检测通道，其参数配置可以分别设置。进入“系统设置”对话框，如图 4- 7 对 CH1 和 CH2 分别进行设置。



图 4-7 系统设置中对 CH1 和 CH2 分别进行设置

对每个通道有下列参数：

➤ 配置

- a) 传感器：选择合适的传感器类型，具体通道对应的传感器类型根据需要出厂配置。
- b) 供电：通道BNC口可对外输出12V直流电压。开—为输出电压，关—为不输出电压。

➤ 校准

- a) 带宽：可选带宽为20k-100kHz、80k-200kHz 40k-300kHz，如上选择传感器后，带宽会自动切换到该传感器出厂默认的最优带宽，当用户需要选择其他带宽时，可手动切换，进行试验。当系统重启后，传感器对应带宽将恢复至出厂默认带宽。
- b) 量值：输入校准时传感器对应的校准值。
- c) 校准：该按钮对当前选中传感器和选中频带进行校准，对于HFCT无需输入口令即可进行现场校准，而TEV和超声波（接触超声和空气超声）现场不能校准，在设备

出厂时，需要输入口令进行出厂校准，目的是避免用户自行对TEV和超声波（接触超声和空气超声）校准，影响设备准确度。

用户名: administrator



图 4- 8 校准密码

对于传感器选择不同频带，都应进行校准，校准后会提示已校准信息。

➤ 报警

预警阈值：输入当前传感器预警阈值，当测得局放幅值小于该值时为绿色正常信号。

报警阈值：输入当前传感器报警阈值，当测得局放幅值大于等于预警阈值且小于报警阈值时为黄色预警信号，当大于等于报警阈值时为红色报警信号。

4.6 检测通道显示模式—波形图

点击图 4- 9 中 “显示模式” 按钮，切换到波形图模式。



图 4- 9 显示模式循环切换按钮

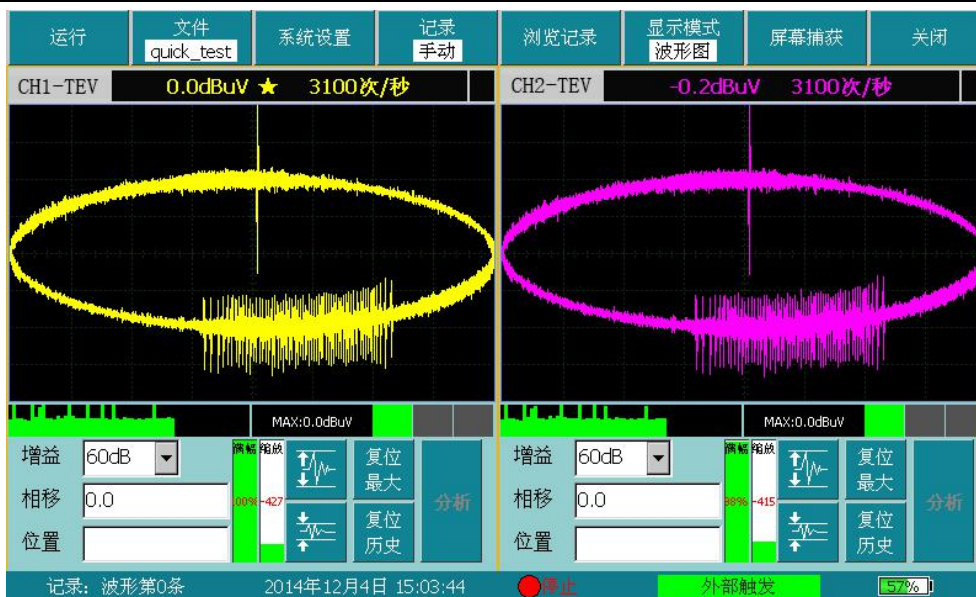


图 4- 10 波形图模式

4.7 检测通道显示模式—统计图

二维图谱（指纹图）

该模式下纵轴代表放电水平，横轴代表相位 0-360 度，不同的像素颜色代表不同的放电频次(0%到 100%分别指示放电频次由低到高)。

点击“清除统计”按钮开始重新统计。

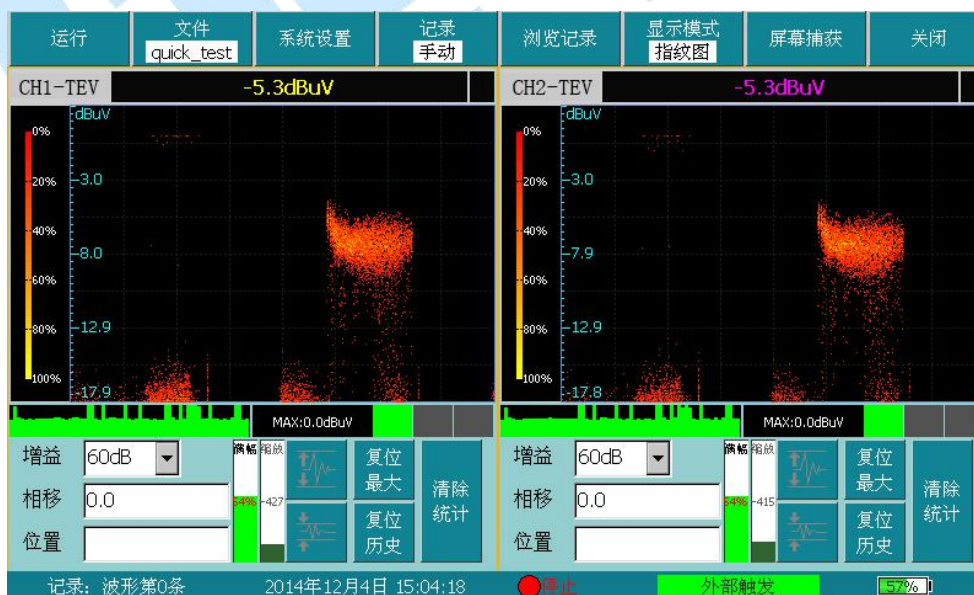


图 4- 11 指纹图模式

二维图谱 (N-Φ)

纵轴代表放电次数，横轴代表相位，该模式将若干周波局部放电信号进行统计和处理，反应出放电次数与发生放电相位的关系。

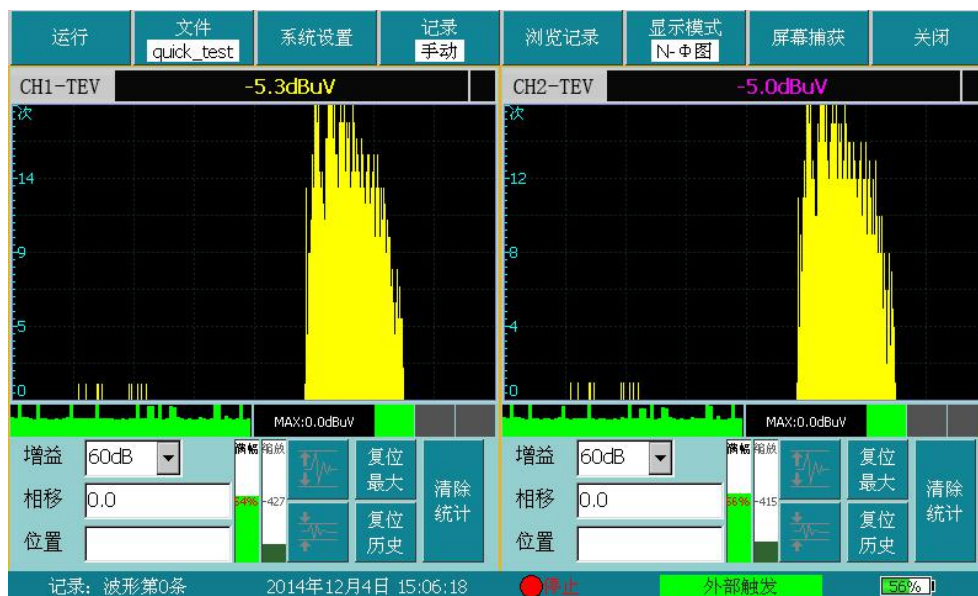


图 4- 12 N-Φ 图模式

二维图谱 (Q-Φ)

纵轴代表放电水平，横轴代表相位，该模式将若干周波局部放电信号进行统计和处理，反应出局部放电量与发生放电相位的关系。

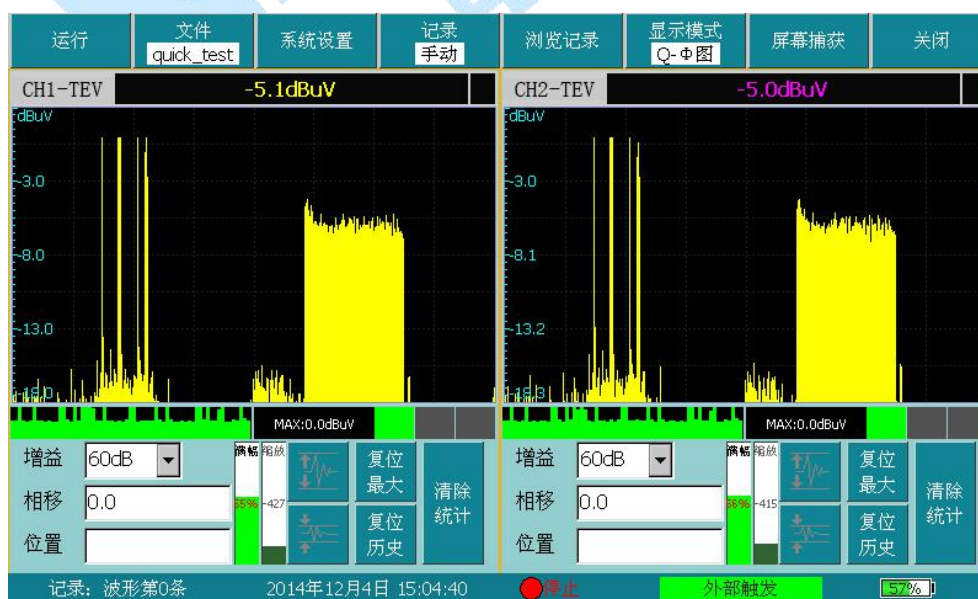


图 4- 13 Q-Φ 图模式

三维图谱 (Q-Φ-T)

该模式纵轴代表放电水平，横轴代表相位，Z轴代表时间，脉冲不同颜色代表放电水平的大小不同，右侧颜色标识代表纵轴不同的百分比所使用的不同颜色。通过该模式可以区分干扰和放电，以及随时间变化不同相位信号的变化。

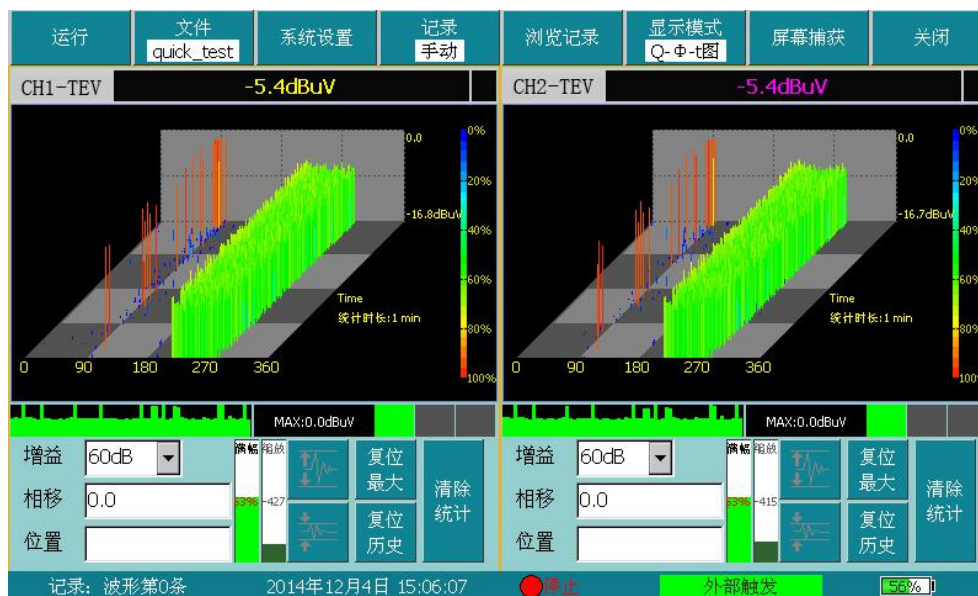


图 4- 14 Q-Φ-T 图模式

4.8 开相位窗

每一个通道的波形显示窗口内，可以同时开两个红色子窗口（相位窗）。此功能，一般用来避开某些相位的干扰，对所开窗相位内的波形进行读数，以下称开窗。

a) 开窗操作

将鼠标的光标放置在图形显示区的适当位置，按下鼠标左键并保持，同时拖动鼠标到另一位置释放鼠标左键，即完成开窗操作。重复以上操作可在同一通道开另一个相位窗，同一通道最多显示两个相位窗。注意开窗时，开窗区域必须框选住基线，否则开窗无效。有相位窗时，读数显示的是相位窗口内的最大放电量，同时信息区提示当前开窗个数。

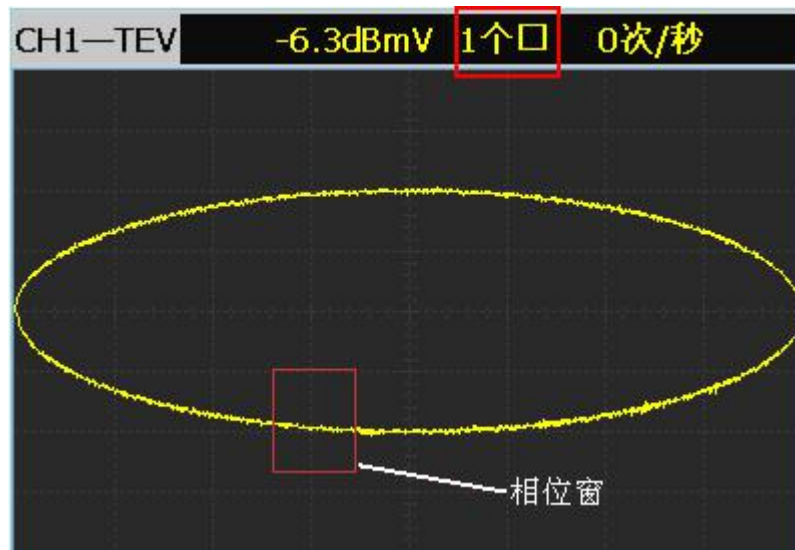


图 4- 15 开窗操作

b) 关窗操作

需要关闭哪一个相位窗口，就将鼠标的光标放置在哪一个相位窗（红色矩形框）内，单击鼠标左键，即可关闭该窗口。在存在两个相位窗口的情况下，再进行开窗操作可以关闭前两个相位窗口。

4.9 脉冲分析

运行过程中还可以对局放数据进行脉冲分析，即对已经采集的数据可以详细查看波形形状，从而分析放电波形的性质。

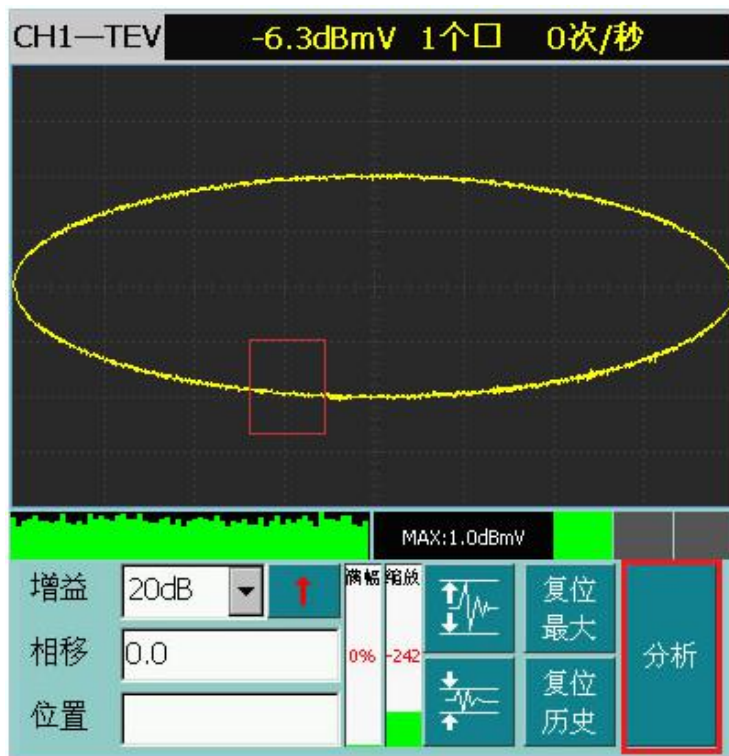


图 4- 16 开相位窗并进行单脉冲分析

要进行脉冲分析，首先要进行开窗操作，并保证开一个相位窗，把要分析的波形选进所开窗口内，然后点击图 4- 16 中“分析”按钮，即弹出开窗分析界面。

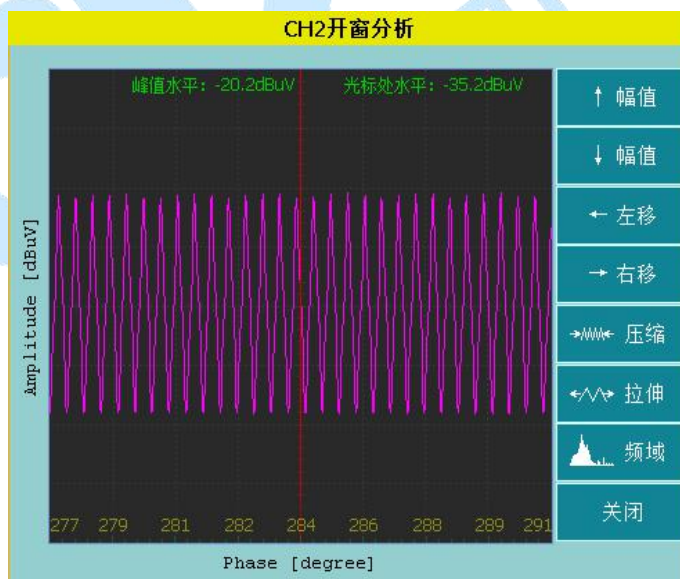


图 4- 17 开窗分析

开窗分析提供了对幅值显示的动态缩放，脉冲左右移动和水平压缩拉伸功能，按键均采用可加速处理，长按自动加速。脉冲分析窗口中提供了峰值显示和光标处放电幅值水平显示。点击脉冲显示区，光标随之移动，同时水平拉伸和压缩以其为基准进行缩放，

从而实现快速对脉冲信号的捕捉和展开。

4.10 频谱分析

在图 4-17 中点击“频域”按钮就进入频谱分析窗口。它是对脉冲分析窗口内波形的频谱展开分析。

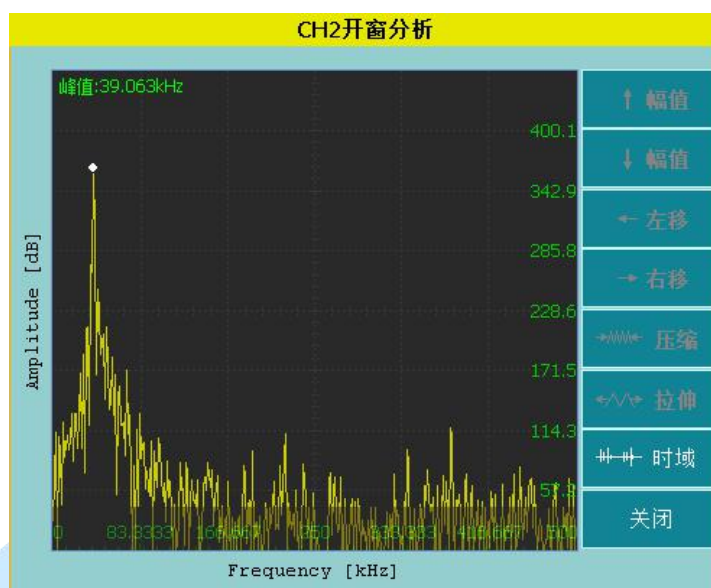


图 4-18 频谱分析窗口

按[频域]/[时域]按钮，就可在频谱分析窗口和脉冲分析窗口之间切换。

4.11 报警、报警历史和最大读数功能

报警功能：色彩编码类似于交通指示灯，可根据设定阈值进行报警提示。

正常：局部放电在正常范围内，为绿灯。

预警：局部放电大于预警值且小于报警值，为黄灯。

报警：局部放电大于报警值，为红灯。

报警历史读数：以流动柱状态图的形式显示最近 64 个测量值，色彩编码类似于交通指示灯。可点击“复位历史”对报警历史进行复位。

最大读数：进入该传感器测量以来，所测得的最大读数，点击“复位最大”可对最大读数进行复位。

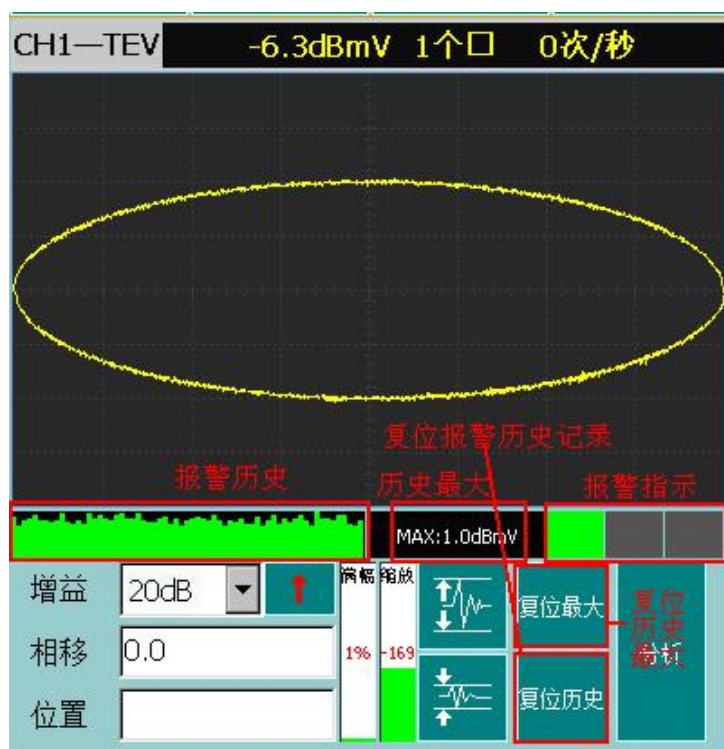


图 4- 19 报警功能及报警历史

4.12 查看采样满幅比例以及显示缩放倍数

对于采样数据，软件提供了对采样数据满幅比例的指示；同时在波形图模式下软件提供对显示波形缩放比例的提示，方便用户在两通道对比时将缩放比例放在同一位置。

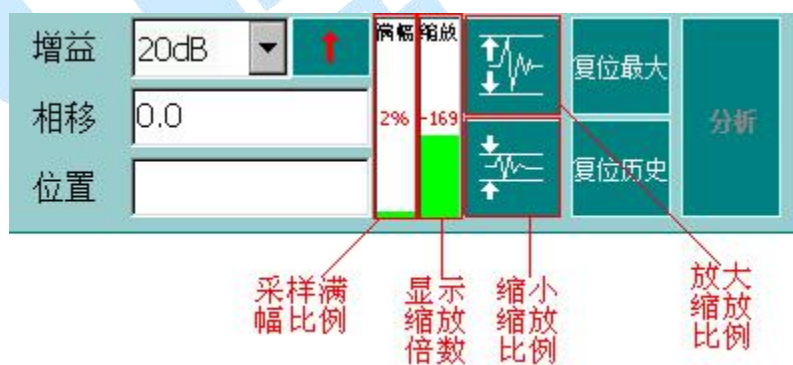


图 4- 20 采样满幅和显示缩放倍数

4.13 增益控制

- 自动增益：软件根据设定，自动调节增益状态。
- 手动调节增益：软件提供了对当前增益状态指示，提示用户手动调节至合适的增

益，保证测量的准确性。

增益放大倍数过高：提示向低放大倍数方向调节。



放大倍数偏高，点击向下调节

图 4- 21 增益偏高指示

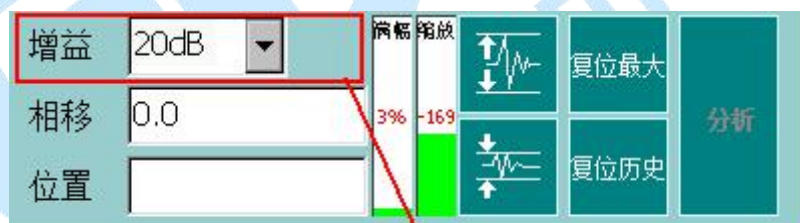
增益放大倍数过低：提示向高放大倍数方向调节。



放大倍数偏低，点击向上调节

图 4- 22 增益偏低指示

增益合适：无需调节。



放大倍数合适

图 4- 23 增益合适指示

4.14 数据存储

数据存储前，用户还必须输入检测位置信息（图 4- 24），建立检测位置与检测数据之间的对应关系。便于用户事后数据的分析，报告的生成。



图 4- 24 检测位置信息

➤ 记录存储

记录存储可选手动记录和自动记录，软件会在SD卡中建立存储数据库和原始数据文件，例如：

试验名称为：ZXJF

则记录存储数据库为：Storage Card\试验管理\ZXJF\数据\ZXJF.db3

记录原始数据为：Storage Card\试验管理\ZXJF\数据\%d-%d-%d_%02d-%02d-%02d.dat

其中%d-%d-%d_%02d-%02d-%02d为当前记录存储时刻。

原始记录可供时域脉冲分析使用。

➤ 图片存储

软件每记录一条数据，会将每个通道的图片以 bmp 格式存储到 SD 卡中，以后导出查看。

试验名称为：ZXJF

图片存储为：Storage Card\试验管理\ZXJF\图片\统计图\ CHX_波形图X.bmp

其中第一个X为通道标识，后一个X为记录号标识。

同时软件提供抓屏功能，将图片存储在：Storage Card\试验管理\ZXJF\图片\屏幕抓图\ bmpX.bmp

4.15 浏览记录回放分析

软件提供对记录的分析 and 查看功能，方便用户对已检测记录数据的事后分析处理。



图 4- 25 记录查看功能

查看记录可自动播放，也可逐条浏览，也可定位某一记录进行脉冲分析。

4.16 外部触发的使用

在现场试验时，为了得到稳定而且准确的相位，可以采用外部触发方式，在系统设置里，将触发方式改成外部触发，主机后面板接线如图，将外同步模块接到试验电源上，点击运行，此时放电相位为稳定而准确的相位。

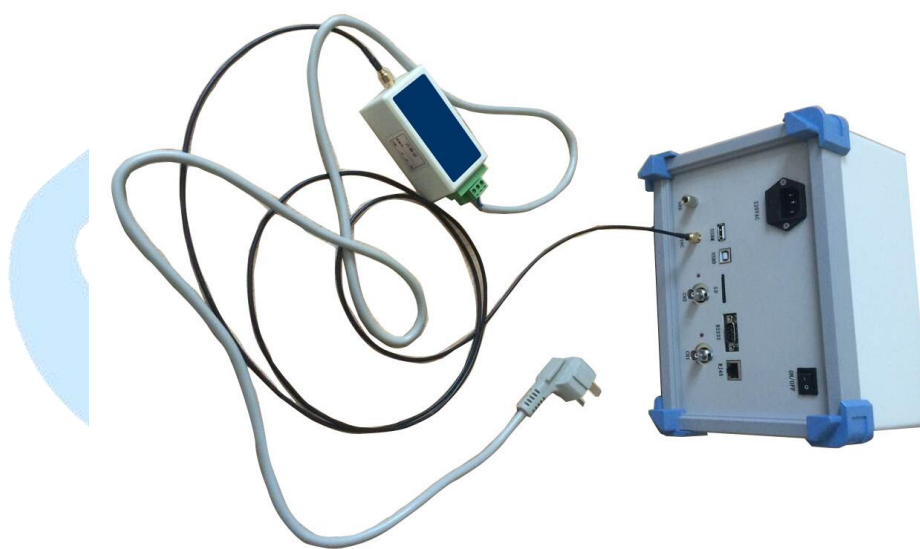


图 4-26 外同步接线图

4.17 充电及电池更换

本仪器内置高性能锂电池，其容量高达 4Ah，充满电后可供本仪器连续工作 6~8 个小时。当内置电池电量不足时仪器自动报警，此时应把需要保存的数据及时保存，并关闭机器及时充电。

对本仪器内置电池进行充电时，把本仪器配带专用电源适配器的交流端插头（普通

三芯插头) 插入 AC220V 电源插座内, 并通电, 然后把电源适配器直流端插头插入仪器后面板的充电插座中, 即开始对电池充电。在充电过程中, 充电指示灯为桔红色, 充电指示灯变为绿色后表示电池已充满电, 此时拔除电源适配器即完成整个充电过程, 整个充电过程大约需要 4.5 小时左右的时间。如果接入电源适配器后充电指示灯不亮, 表示充电线路有故障, 请检查电源适配器是否通电。

注: 对本仪器内置电池进行充电时, 必须使用本仪器配带的专用电源适配器充电, 不得使用其它电源, 否则可能造成电池或仪器损坏!

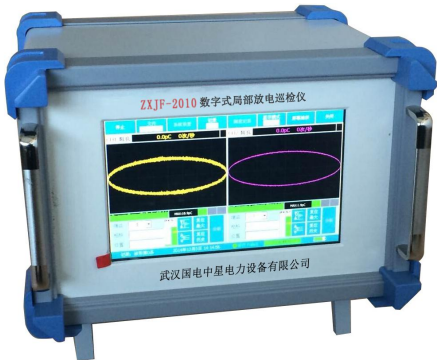


5. 开关柜局部放电检测


开关柜局部放电检测采用 TEV 传感器、超声传感器在线检测高压开关柜局部放电情况。设备采用便携式, 操作简单, TEV 传感器贴在箱壁, 超声波传感器沿着开关柜上的缝隙扫描检测, 对高压开关及开关柜无任何损害, 所有的检测对高压开关及开关柜设备的运行不产生任何影响。

可同时利用超声、TEV 检测法进行巡检, 发挥各自的优势, 实现全功能检测。

检测过程实现即时测量、显示 PD 数据及放电波形, 同时可对其进行保存, 建立相应的数据库, 供设备今后的分析比较, 对某一设备的测试结果可以通过横向比较和纵向比较两种方法确定放电发生及定位放电位置。

5.1 系统构成

主机		配件	
ZXJF-2010 数字式局部放电巡检仪		TEV-I TEV 传感器	
		CS-IV 非接触式超声传感器	

		同轴电 缆	
--	--	----------	---

5.2 暂态对地电压（TEV）检测工作原理

现场对于高压开关柜的带电巡检方式采用瞬时地电压（TEV）检测方式。当高压开关柜中出现局部放电以后，沿放电通道将会有过程极短的脉冲电流产生，并激发瞬态电磁波。放电过程的时间比较短，电流脉冲的陡度比较大，辐射高频电磁波的能力比较强，可以通过金属外壳的开孔向外传播，这些开孔可以是外壳密封垫圈或者其他绝缘部件周围的间隙。这些高频电磁波传播到开关柜外面时，会在金属外壳上产生瞬时对地电压。瞬时地电压在几个毫伏至几伏的范围内，只有几个纳秒的上升时间，将专用的 TEV 传感器布置在开关柜外面，采用这种非侵入方式来检测局放活动。测量原理如下图所示：

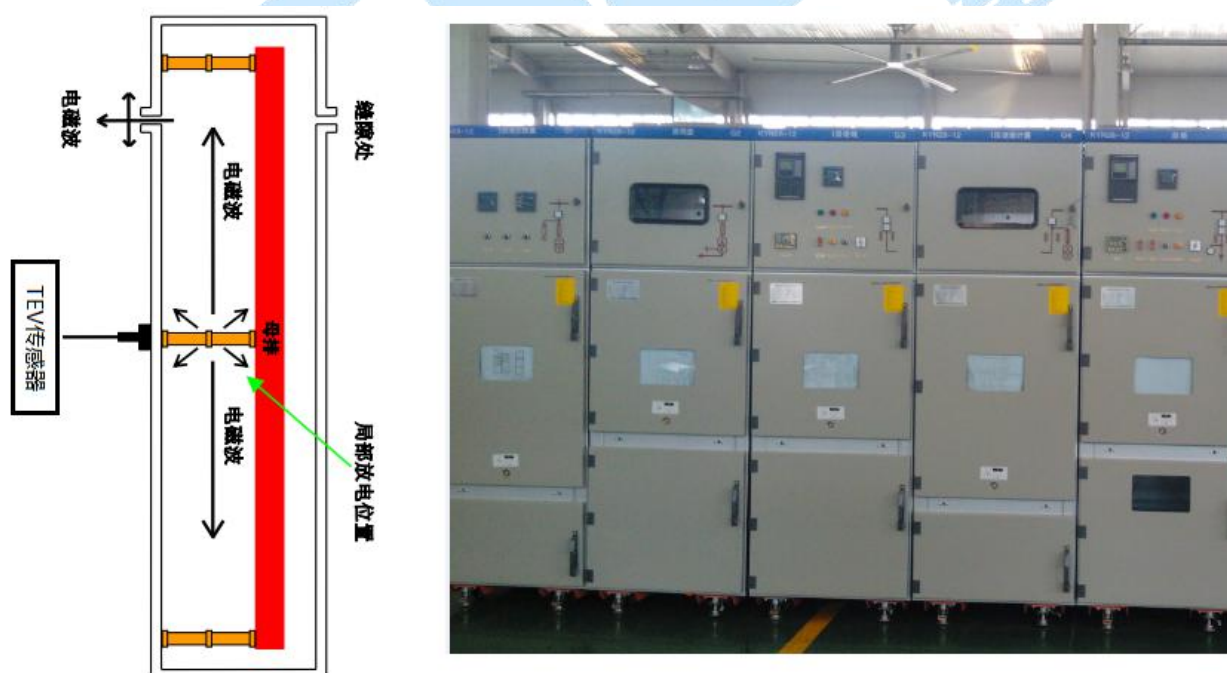


图 5-1 TEV 检测原理

暂态对地电压法检测部位主要是母排（连接处、穿墙套管，支撑绝缘件等）、断路器，CT、PT、电缆等设备所对应到开关柜柜壁的位置，这些设备大部分位于开关柜前面板中部及下部，后面板上部、中部及下部、侧面板的上部、中部及下部。开关柜暂态对地电压法

检测部位如下图：

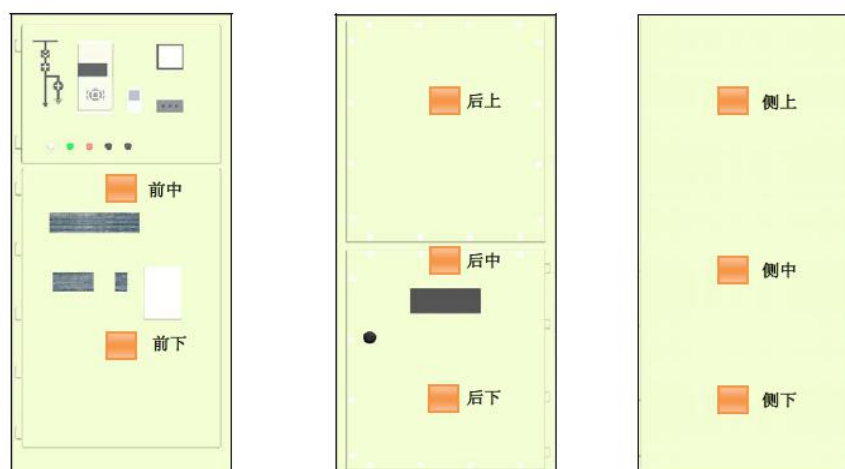


图 5-2 检测部位示意图

5.3 超声波检测工作原理

局部放电产生的声波的频谱很宽，可以从几十 Hz 到几 MHz，其中频率低于 20kHz 的信号能够被人耳听到，而高于这一频率的超声波信号必须用超声波传感器才能接收到。通过测量超声波信号的声压大小，可以推测出放电的强弱。

超声波检测过程中，应将超声波传感器沿着开关柜上的缝隙扫描检测。开关柜超声波检测部位可参考图 5-3 进行测试。

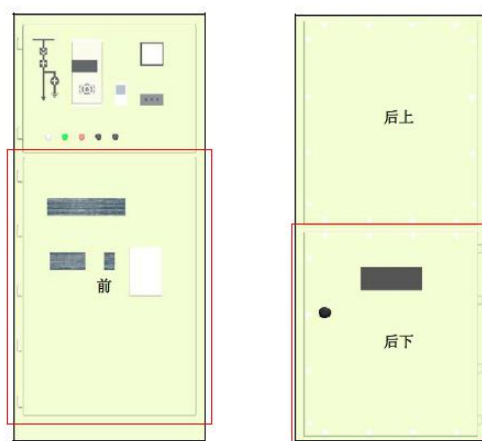


图 5-3 超声波检测位置示意图

5.4 传感器技术参数

TEV-I TEV 传感器	
耦合方式:	电容性
测量范围:	1mV-1V(0-60dB)
频率范围:	3MHz -80MHz
分辨率:	0.1dB
误差:	±1dB
CS-IV 非接触式超声传感器	
测量范围:	-7dB μ V 至 68dB μ V
分辨率:	0.1dB
误差:	±1dB
传感器灵敏度:	-65
传感器中心频率:	40kHz
传感器直径:	16mm
外差频率:	38.4 kHz

5.5 巡检流程

开关柜局部放电检测流程如下:

- 1) 按照 4.2 节中步骤, 新建试验档案。
- 2) 按照 4.5 节中打开“系统设置”对话框, 如果不接外同步模块, 则“触发方式”设置成软件同步, 若接外同步模块, 则设置成外部触发; 记录采用手动方式记录; 增益调节选中自动调节, 其他增益相关默认; 对 CH1 传感器配置成 TEV 模式, 供电—开 (通道指示灯点亮), CH2 配置成空气超声模式, 供电—开 (通道指示灯点亮); 对其它采用系统默认设置。点击确定, 回到主界面。
- 3) 点击主界面“运行”按钮, 将显示模式调成波形模式, 进行检测。首先对环境进行检测, 记录环境空气和金属部件的背景噪声。然后按顺序对开关柜逐个进行检测, 并手动记录相

应数值及波形，同时也可以记录统计波形供后期分析。详细步骤如下：

- a) 首先将测试仪的 TEV 传感器指向空气中,测量开关室内大气背景噪声,记录数据和波形;
 - b) 将 TEV 传感器与开关室内金属物件紧密接触,测试开关室金属物体的背景噪声,记录数据和波形;
 - c) 将 TEV 传感器与开关柜柜体紧密接触,测试开关柜局放幅值和波形情况,分别测试开关柜正面中间及下部,背面及侧面的上、中、下部位，记录测试结果;
 - d) 将超声传感器沿着开关柜上的缝隙进行扫描检测，监听异常声音信号，并测试开关柜超声波局放幅值和波形，分别测试开关柜正面及背面的缝隙部位，记录测试结果。
- 4) 试验完毕后，将 SD 卡中的数据用读卡器拷贝到 PC 机，用报告生成软件将报告导出，并对数据库数据进行横向纵向分析，对开关柜进行评估。

注意事项：

- a) 测试过程中，TEV 传感器应垂直于开关柜表面，并且与柜体紧密接触
- b) 尽量靠近观察窗等局部放电信号等易泄漏部位的金属面板上
- c) 侧面无法检测时可以跳过
- d) 禁止使用无线通信设备
- e) 测试中应减少走动，停止其他工作，减少噪声产生
- f) 设备的检测结果应与背景噪声及在同等条件下同类设备无明显差异
- g) 读数时，为确保数值稳定，先按下停止按钮，再进行数据和波形记录

6. GIS 局部放电检测

GIS 局部放电检测采用特高频法、超声波法检测，可根据实际情况选择传感器类型，亦可两种检测方法同时使用。

特高频检测法：可有效检测 GIS 内部的由悬浮颗粒、导体和壳体上的突起、盆式绝缘子内部绝缘缺陷等原因引起的局部放电。特高频传感器的检测频率范围：300MHz～1.5GHz，由于检测频率高可有效的避免现场干扰。

超声波检测法：可以检测、识别和定位 GIS 中的局部放电故障或振动的微粒，不需要预先在 GIS 上安装内部耦合器和传感器，检测时可在胸前背挎本仪器，手持传感器在 GIS

的腔体进行检测。超声传感器的频率范围：20kHz~120kHz。

6.1 系统构成



主机		配件	
ZXJF-2010 数字式局部 放电巡检仪		UHF-I 特 高频传感 器	
		CS-IIA 超 声传感器	
		同轴电缆	

6.2 UHF 检测工作原理

GIS 发生绝缘故障的原因是其内部电场的畸变，往往伴随着局部放电现象，产生脉冲电流，电流脉冲上升时间及持续时间仅为纳秒(nS)级，该电流脉冲将激发出高频电磁波，其主要频段为 0.3—3GHz，该电磁波可以从 GIS 上的盘式绝缘子处泄露出来，采用特高频传感器(频段为 0.3—3GHz)测量绝缘缝隙处的电磁波，然后根据接收的信号强度来分析局部放电的严重程度。

优点:可以带电测量，测量方法不改变设备的运行方式，并且可以实现在线连续监测。可有效地抑制背景噪声，如空气电晕等产生的电磁干扰频率一般均较低,特高频方法可对其进行有效抑制。抗干扰能力强。

缺点: 仅仅能知道发生了故障，但不能对发生故障的点进行准确的定位。而且目前没

有相应的国际及国内标准，不能给出一个放电量大小的结果。

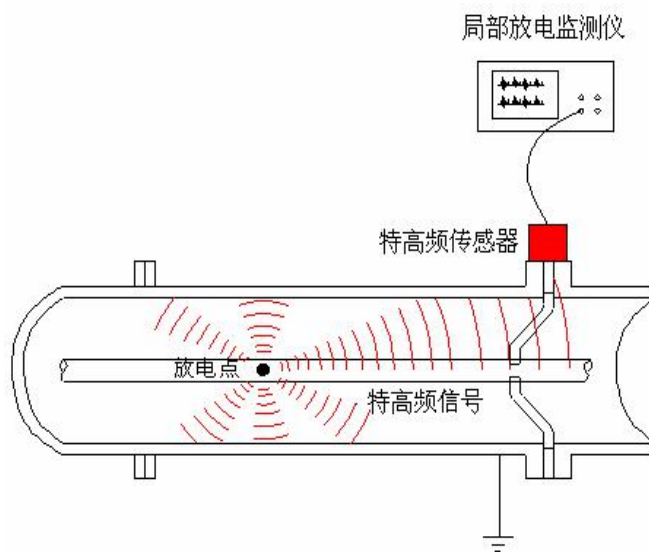


图 6-1 特高频检测原理

6.3 超声波检测工作原理

GIS 内部产生局部放电信号的时候，会产生冲击的振动及声音，GIS 局部放电会产生声波，其类型包括纵波、横波和表面波。纵波通过气体传到外壳、横波则需要通过固体介质（比如绝缘子等）传到外壳。通过贴在 GIS 外壳表面的压电式传感器接收这些声波信号，以达到监测 GIS 局放的目的。因此可以用在腔体外壁上安装的超声波传感器来测量局部放电信号。

优点：传感器与 GIS 设备的电气回路无任何联系，不受电气方面的干扰。设备使用简便，技术相对比较成熟，现场应用经验比较丰富，可不改变设备的运行方式进行带电测量，由于测量的是超声波信号，因此对电磁干扰的抗干扰能力比较强，可以对缺陷进行定位。

缺点：声音信号在气体中的传输速率很低(约 340m/s)，且信号中的高频部分衰减很快，信号通过不同介质的时候传播速率不同，且在不同材料的边界处会产生反射，因此信号模式变得很复杂。另外传感器监测有效范围较小，对大型设备需要众多的传感器，现场应用较为不便。

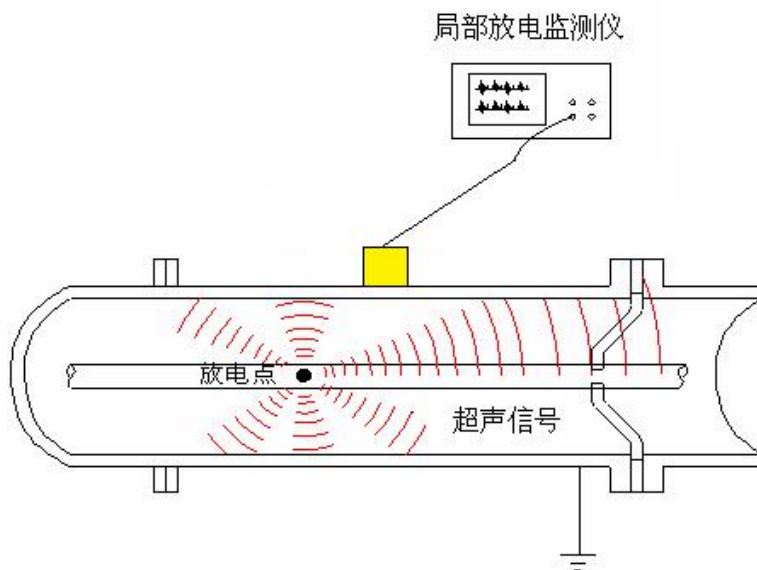


图 6-2 超声波法检测原理

6.4 UHF 和超声波联合检测

步骤:

1. 在 GIS 盆式绝缘子处放置 UHF 传感器，进行特高频检测，进行电磁波信号的测量，判断是否存在电磁波信号。
2. 使用超声传感器逐点进行声信号检测，判断是否存在声信号。之后根据出现的几种具体情况进行分析判断。

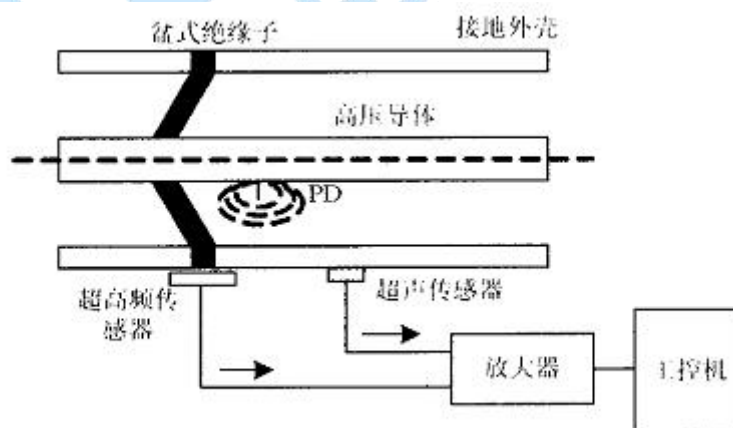


图 6-3 UHF 和超声波联合检测

处理方法:

如果电信号和声信号都存在，则使用特高频法根据盆式绝缘子的位置进行粗略定位，

同时使用超声法进行精确定位，如果两者都定位到同一个 GIS 腔体且表现一致，则判断该腔体内部存在放电故障，具有绝缘缺陷，应根据具体情况进行进一步跟踪检测或采取相应措施。

如果只测量到了特高频电磁波信号而没有超声波信号，则应通过改变 UHF 传感器的位置摆放和传感器的方向性及信号的频率分布，判断是否是周围设备发生了局部放电或者是否存在另外的干扰源，并对 GIS 设备进行重点跟踪观察。

如果超声波法测量到了声信号而特高频法没有测量到电磁波信号，则在使用超声法在超声信号最大的部位进行精确定位。通过具体位置及设备结构进行分析，是否是设备本身的正常振动或者是设备的结构导致特高频信号衰减很大，不能通过检测位置测量到,并对设备进行重点跟踪观察。

6.5 传感器技术参数

UHF-I 特高频传感器	
检测带宽:	300 MHz-1.5GHz
输出方式:	TNC 头输出
接收方式:	天线接收
检测灵敏度:	-95dBm
电源:	12V/40mA DC
工作温度:	-10°C ---40°C
存储温度:	-20°C ---50°C
CS-IIA 型磁吸附式超声传感器	
频带:	20-120kHz
增益:	40dB±1dB
峰值灵敏度:	>70dB
均值灵敏度:	>50dB
动态范围:	>80dB

6.6 巡检流程

GIS 局部放电检测流程如下：

- 1) 按照 4.2 节中步骤，新建试验档案。
- 2) 按照 4.5 节中打开“系统设置”对话框，如果不接外同步模块，则“触发方式”设置成软件同步，若接外同步模块，则设置成外部触发；记录采用手动方式记录；增益调节选中自动调节，其他增益相关默认；对 CH1 传感器配置成 UHF 模式，供电一开（通道指示灯点亮），CH2 配置成接触超声模式，供电一开（通道指示灯点亮）；对其它采用系统默认设置。点击确定，回到主界面。
- 3) 点击主界面“运行”按钮，将显示模式调成波形模式，进行检测。用 UHF 通道对盆式绝缘子位置进行检测，用超声通道对腔体进行检测，手动记录相应数值及波形，同时也可以记录统计波形供后期分析。
- 4) 试验完毕后，将 SD 卡中的数据用读卡器拷贝到 PC 机，用报告生成软件将报告导出，对 GIS 进行评估。

7. 变压器局部放电检测

变压器局部放电检测采用超声波法、脉冲电流法及电、声综合法检测。

超声波法：在变压器（电抗器）内部一旦发生局部放电，就会产生超声波信号，以球面波形式向周围传播，只要在变压器（电抗器）箱壁外侧放置超声传感器，就可以接收到放电产生的超声波信号。

脉冲电流法：变压器（电抗器）的绕组与铁芯之间为绝缘材料，存在分布电容，而放电信号是几百千赫到几兆赫的高频信号，能通过该电容从绕组传到铁芯，在铁芯或夹件接地线上卡装高频电流传感器能够检测到局放脉冲信号。

电、声综合法检测是将脉冲电流法、超声波法综合使用（简称电、声综合检测法），该方法既能结合两种检测方法的优点，全面检测各种类型的放电信号，还能通过电、声之间的时间差来判断局部放电故障点的位置。

7.1 系统构成

主机		配件	
ZXJF-2010 数字式局部放电检测仪 		HFCT-II 高频电流互感器	
		CS-II 超声传感器	
		校准脉冲发生器	
		校准连接线	
		同轴电缆	

7.2 检测原理

局部放电信号在变压器内的传播途径：

- 1) 脉冲电流（LC 传输回路）
- 2) 高频电磁波（需要变压器内预置特高频天线）
- 3) 超声波

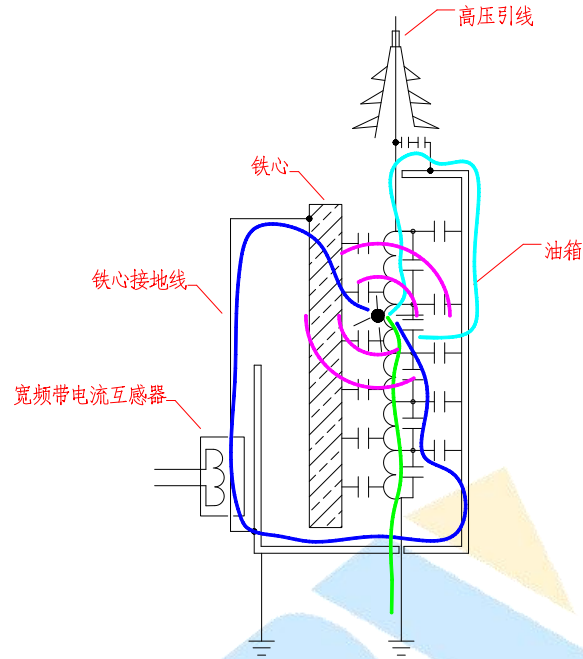


图 7-1 局放信号传播途径

局放信号取样方法：

- 1) 高频电流互感器
- 2) 天线（需要变压器内预置特高频天线）
- 3) 超声传感器

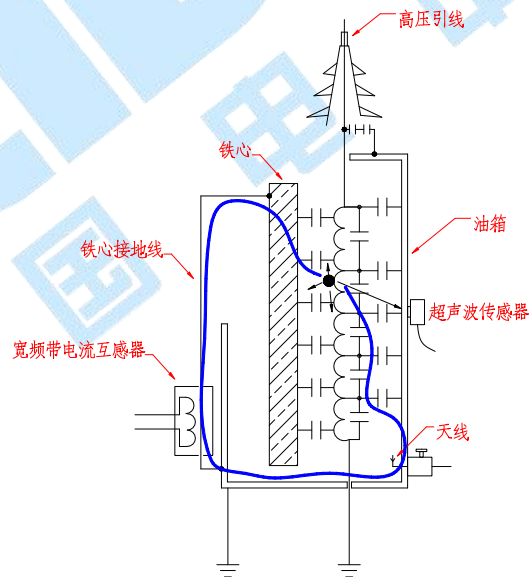


图 7-2 局放信号取样示意图

7.3 检测位置

利用高频电流互感器（HFCT）接收信号位置为：

- 1) 铁心接地线
- 2) 零线接地线
- 3) 经改造后的套管末屏
- 4) 油箱接地线

利用超声波检测则在油箱箱壁处检测。

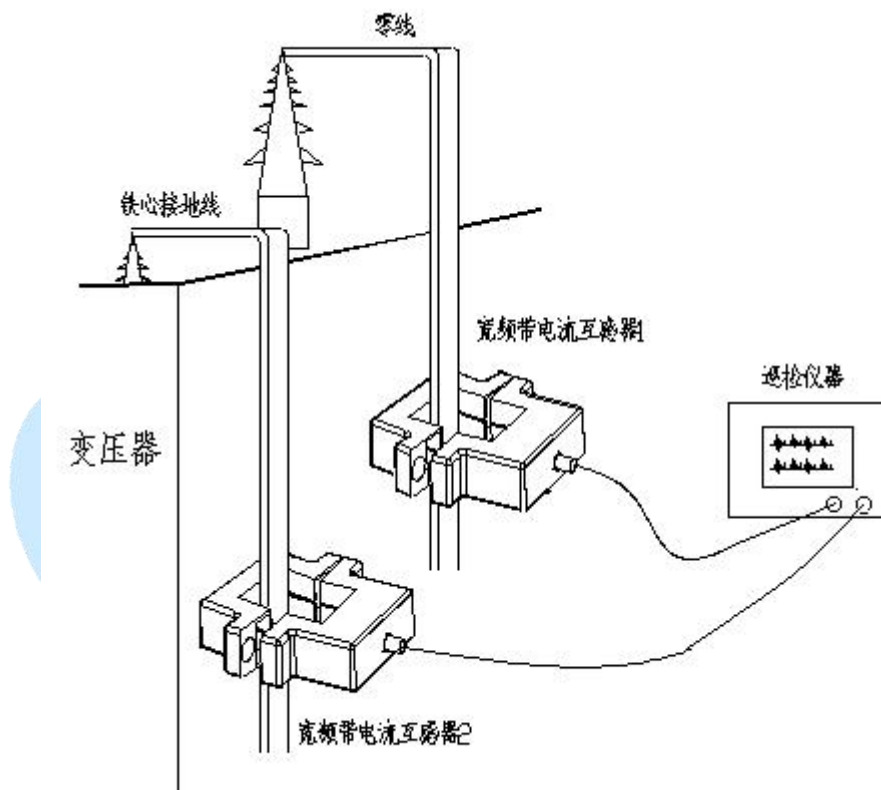


图 7-3 HFCT 检测位置

7.4 HFCT 现场校准

局部放电测试一个最重要的步骤就是校正，但是带电局部放电在线检测都是在设备运行状态下，无法在待测物上注入校正信号，所以在线局部放电测试法都是利用比较法或者间接校准方式来校正，也就是校正信号直接注入到传感器来校正，此方法在 IEC-62478 称为性能及灵敏度确认。

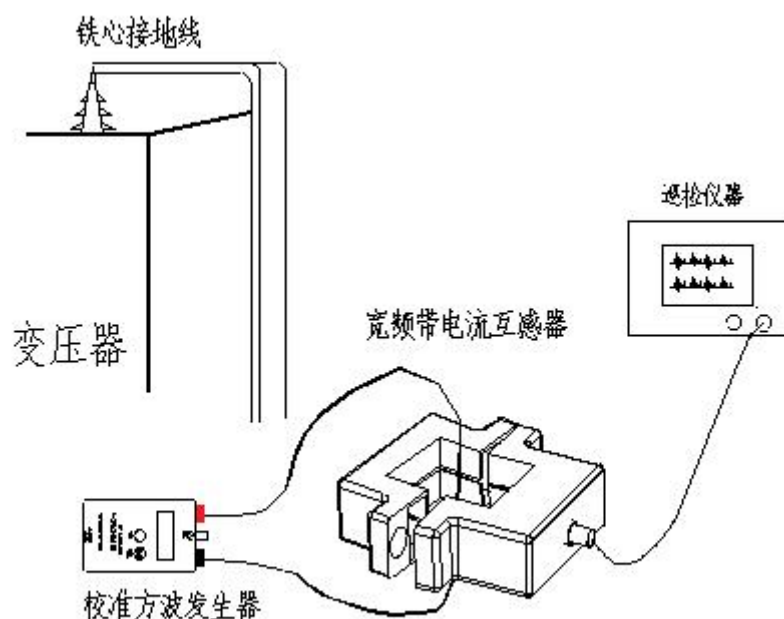


图 7-4 间接校准方法

HFCT 采用现场校准方法，未校准测得的数据为无效数据。打开“系统设置”对话框如图 4-7，对 HFCT 通道进行校准。

校准的过程如下：

- 1) 将校准脉冲发生器按图 7-4 方法接入试验回路，并施加适当的放电脉冲。
- 2) 根据校准脉冲发生器输出的电荷量，输入需要校准的放电值。
- 3) 点击“**校准**”按钮，并在弹出的确认框中选择“确定”后，校正过程开始，同时，“校准”按钮变为“保存”按钮。
- 4) 持续几秒后，待放电检测数据稳定后按“保存”按钮，保存所对应通道的校准结果。
- 5) 校正完毕后应拆除校准脉冲发生器，准备正式检测。

7.5 传感器技术参数

HFCT-II 高频电流互感器	
检测带宽：	100K-100MHz
传输阻抗：	>5mV/mA(10MHz) 满足国网要求
输出阻抗：	50 Ω

检测灵敏度:	5pC
输出接口:	标准 BNC 接口
环境温度:	-40℃~85℃
CS-II 型磁吸附式超声传感器	
频带:	20-300kHz
增益:	40dB±1dB
峰值灵敏度:	>70dB
均值灵敏度:	>50dB
动态范围:	>80dB

7.6 巡检流程

变压器局部放电检测流程如下:

- 1) 按照 4.2 节中步骤, 新建试验档案。
- 2) 按照 4.5 节中打开“系统设置”对话框, 如果不接外同步模块, 则“触发方式”设置成软件同步, 若接外同步模块, 则设置成外部触发; 记录采用手动方式记录; 增益调节选中自动调节, 其他增益相关默认; 对 CH1 传感器配置成 HFCT 模式, 供电一关 (通道指示灯熄灭), CH2 配置成接触超声模式, 供电一开 (通道指示灯点亮); 对其它采用系统默认设置。
- 3) 按照 7.4 节中的方法对 HFCT 进行现场校准。
- 4) 点击主界面“运行”按钮, 将显示模式调成波形模式, 根据 7.3 节中的检测方法进行检测, 并手动记录相应数值及波形, 同时也可以记录统计波形供后期分析。
- 5) 试验完毕后, 将 SD 卡中的数据用读卡器拷贝到 PC 机, 用报告生成软件将报告导出, 对变压器进行评估。

8. 电缆局部放电检测

电缆局部放电检测采用脉冲电流法和局部放电定位探测器检测。

8.1 系统构成

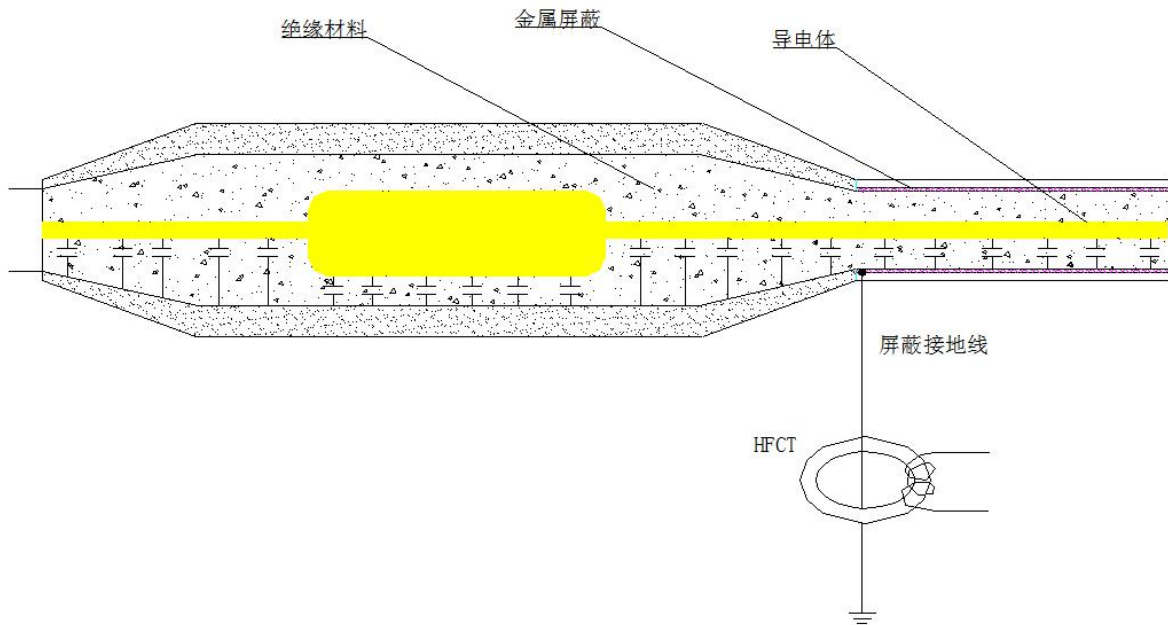
主机		配件	
ZXJF-2010 数字式局部放电巡检仪 		HFCT-II 高频电流互感器	
		CS-V 电缆终端超声波探测器	
		校准脉冲发生器	
		校准连接线	
		同轴电缆	

8.2 检测原理

由于制造或安装的缺陷，会在电缆端头（接头）的绝缘部分发生放电，直至发生绝缘击穿损坏，有的会发生着火或爆炸。所以，如何在事故发生之前发现故障隐患是解决问题的关键。这就需要有带电检测的手段。

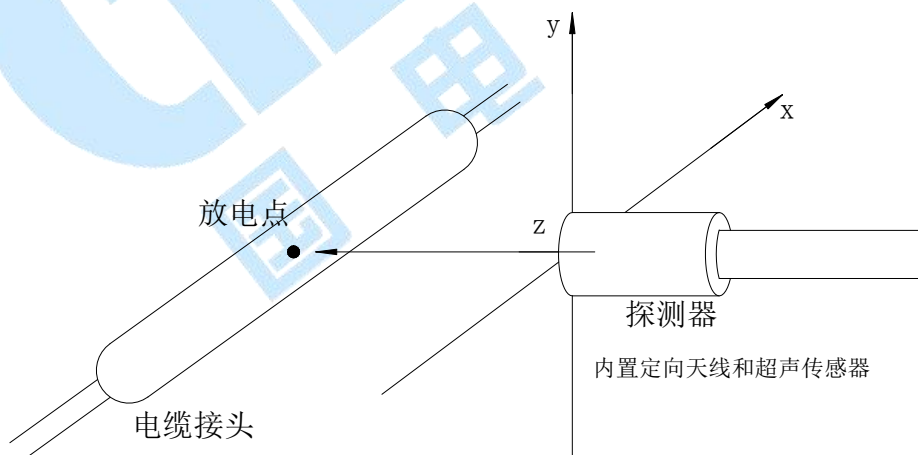
脉冲电流法：在高压电缆中，导线和金属屏蔽之间由绝缘材料隔开形成分布电容，该电容约为几百 pF，对高频信号形成通路。因此，高频的局部放电信号由分布电容对接地引线构成回路传输，在电缆接头屏蔽接地线上安装高频电流传感器可检测到放电脉冲信号，

并能够确定局部放电的量值。



8-1 HFCT 电缆检测原理

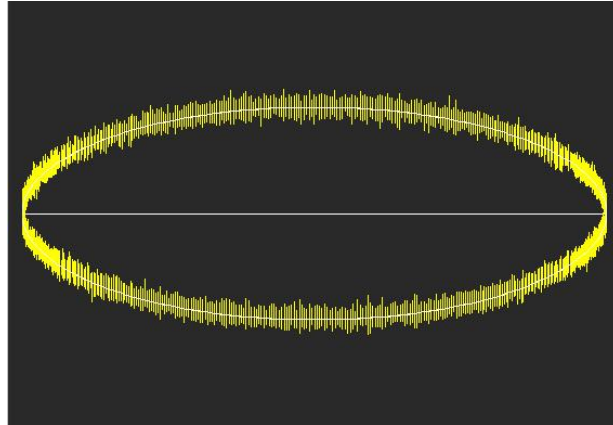
局部放电定位探测器法：CS-V 电缆终端超声波探测器集电信号和超声信号的检测于一体，其操作简单方便，与试品无任何接线，非接触测试。定位准确，探测器内安装了电、声空间定位传感器，通过对电、声信号幅值和时差变化的分析，可准确定位放电点的位置。



8-2 局放定位探测器定位原理

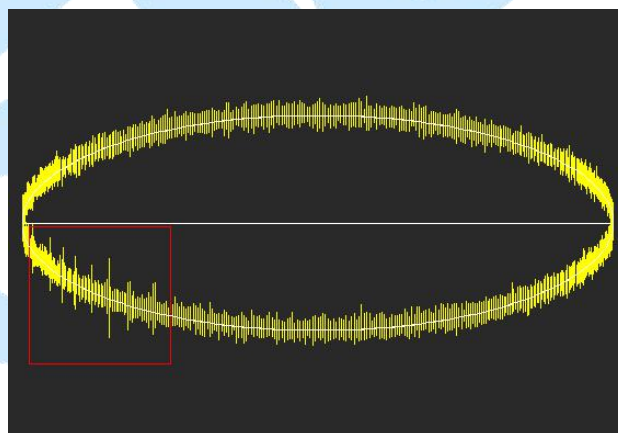
电缆接头发生放电的几个阶段

- 无放电信号：利用 CS-V 电缆终端超声波探测器接收不到任何电信号和超声信号。说明该接头绝缘状况良好。



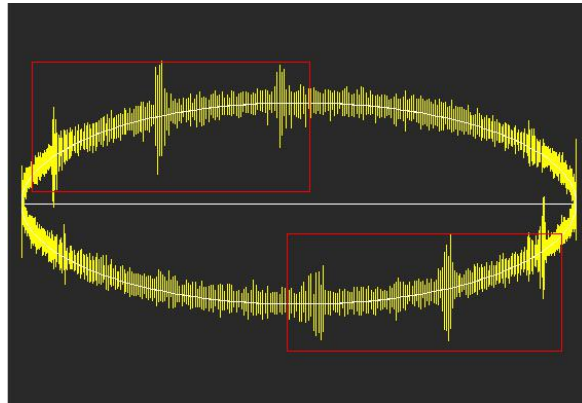
8-3 无放电信号

- 发生微弱放电：利用 CS-V 电缆终端超声波探测器可接收到微弱的电信号，但收不到超声信号。说明该接头已存在绝缘缺陷，但在短时间内不会发生击穿故障，可进行跟踪检测观察。



8-4 发生微弱放电

- 发生较强放电：利用 CS-V 电缆终端超声波探测器可接收到较强的电信号，但收不到超声信号。说明该接头已存在较严重绝缘缺陷，放电有可能发生在内部，超声波信号的衰减较严重，所以暂时收不到超声信号，在这种情况下，可加紧跟踪观察，也可考虑维修更换。

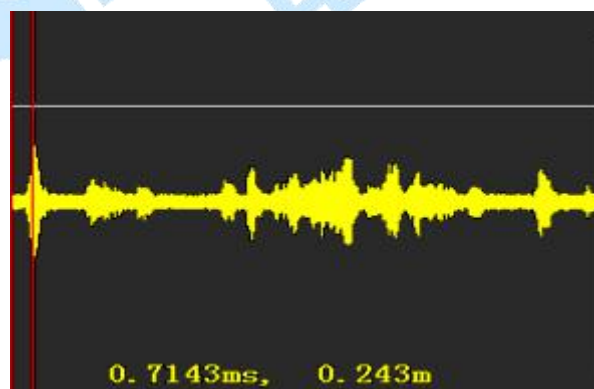


8-5 发生较强放电

- 发生严重放电：利用组合探测器可接收到较强的电信号，也可收到超声信号。说明该接头已存在较严重绝缘损坏，应立即维修更换。



8-6 发生严重放电（电信号）



8-7 发生严重放电（声信号）

8.3 HFCT 现场校准

参见 7.4 节中的校准方法。

8.4 传感器技术参数

HFCT-II 高频电流互感器		
检测带宽:	100K-100MHz	
传输阻抗:	>5mV/mA(10MHz) 满足国网要求	
输出阻抗:	50 Ω	
检测灵敏度:	5pC	
输出接口:	标准 BNC 接口	
环境温度:	-40℃~85℃	
CS-V 电缆终端超声波探测器		
超声波测量	电场测量	电源
测量范围: -7 ~68dBuV	传感器: 天线	电池: 9V 680mAh 电池两节
分辨率: 1dB	测量范围: 0~60dBmV	工作时间: 约 5 小时
精度: ±1dB	分辨率: 1dB	
传感器灵敏度: -65 dB	精度: ±1dB	
传感器中心频率: 40kHz	检测带宽: 100kHz-100MHz	

8.5 巡检流程

电缆局部放电检测流程如下:

- 1) 按照 4.2 节中步骤, 新建试验档案。
- 2) 按照 4.5 节中打开“系统设置”对话框, 如果不接外同步模块, 则“触发方式”设置成软件同步, 若接外同步模块, 则设置成外部触发; 记录采用手动方式记录; 增益调节选中自动调节, 其他增益相关默认。

采用 HFCT 检测时对 CH1 传感器配置成 HFCT 模式, 供电一关 (通道指示灯熄灭), 若采用单 HFCT 则只使用 CH1, 对其它采用系统默认设置。继续第三步操

作。

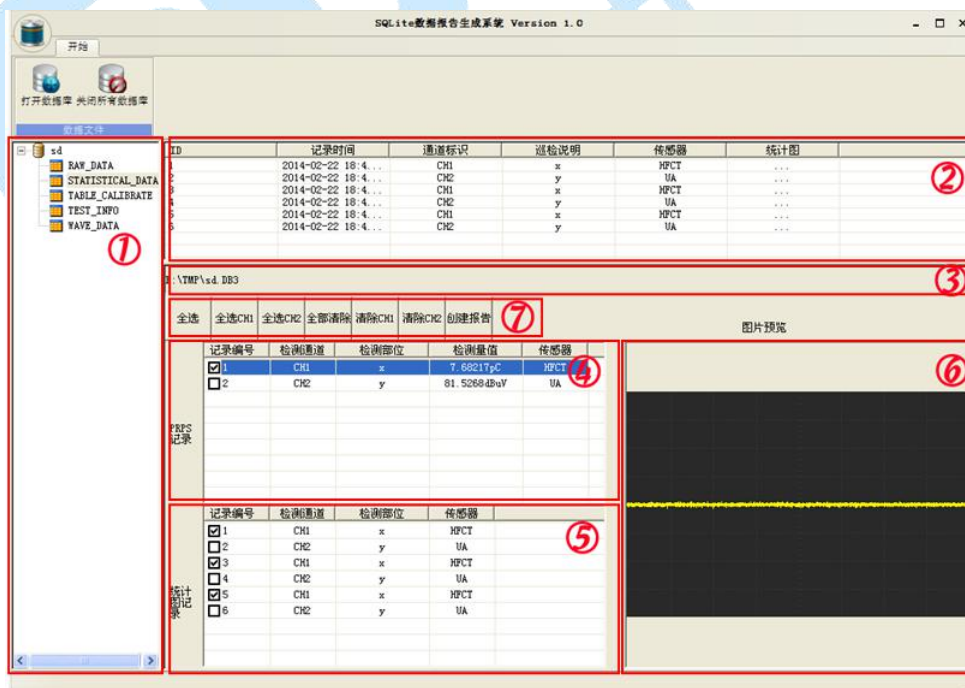
采用 CS-V 电缆终端超声波探测器时，CH1 传感器配置成接触超声模式，供电一开（通道指示灯熄灭），CH2 传感器配置成接触超声模式，供电一开（通道指示灯熄灭），其他采用默认设置。不进行校准，直接进行第四部操作。

- 3) 按照 7.4 节中的方法对 HFCT 进行现场校准。
- 4) 点击主界面“运行”按钮，将显示模式调成波形模式，根据 8.2 节中的检测方法进行检测，并手动记录相应数值及波形，同时也可以记录统计波形供后期分析。
- 5) 试验完毕后，将 SD 卡中的数据用读卡器拷贝到 PC 机，用报告生成软件将报告导出，对电缆进行评估。

9. 巡检报告

巡检数据可通过 SD 卡导出到 PC 机中，从而完成用户报告的创建。报告生成要求 PC 机应安装 Microsoft Word2003 和 SQLite 数据报告生成系统 Version1.0。

SQLite 数据报告生成系统 Version1.0 主界面如下：



标识	说明
①	已打开数据库树列表，点击根节点刷新④及⑤列表，点击表节点刷新②列表。
②	数据库文件表详查。
③	显示当前数据库路径。
④	PRPS 记录列表，点击记录可进行图片预览。
⑤	统计图记录列表，点击记录可进行图片预览。
⑥	图片预览显示区。
⑦	选中、清除以及创建报告功能按键。

10. 现场干扰及处理方法

- 1) 户外架空线的强电晕干扰会对开关室的进线柜及相邻柜的超声波和暂态对地电压测试值造成影响。
- 2) 主变冷却器等大电机运转时由于内部线圈的转动会在外壳产生较高的暂态对地电压测试值，进而对开关室的进线柜及相邻柜的超声波和暂态对地电压测试值造成影响。
- 3) 蓄电池屏柜和直流屏柜由于内部的整流电路，其暂态对地电压测试值会异常高，但影响范围小，在 2、3 米开外即可忽略。
- 4) 靠近灯源会使超声波测试值异常大。
- 5) 屋顶日光灯损坏后镇流器不停启动会导致暂态对地电压测试值提高很多，其影响范围较大，可以覆盖一个主控室或高压开关室。
- 6) 开关柜背面的带电指示器会造成暂态对地电压测试值偏高。
- 7) 有些电子电路版、控制箱等会产生一定的干扰，对暂态对地电压测试值产生影响，但影响范围仅限于与其连接的金属面，且不超过 0.5m 的距离，如消防控制箱、开关柜就近控制保护屏等。
- 8) 闹市区的构架暂态对地电压测试值受车辆等原因影响很大，但存在房屋的屏蔽措施时，内部的设备受影响较小。

9) 人耳可听的声音等会对超声波测试带来极大干扰。

10) 电晕放电可明显增大超声测试法的数值，且其声响与开关柜内部产生的声音基本类同。

11) 超声测试法的干扰源影响距离一般较小，且有一定的方向性。

现场干扰的处理：

1) 关闭干扰源，如一些室内的排风扇、日光灯等。

2) 采用不同的时间进行测试。

3) 避开无线电及其它电子装置的干扰信号。

4) 通过局部放电定位仪确定信号的传播方向来确定与被测设备相距较远的放电干扰源等方法实现。