

# XSL8006

## 全自动抗干扰精密介损耗测量仪



# 说 明 书

---

**深圳市新胜利电子科技有限公司**

**SHENZHEN NEW VICTOR ELECTRONICS CO., LTD**

## 公司简介

深圳市新胜利电子科技有限公司是专业研制与销售电力实验室设备的企业，以科技创新和诚信服务作为企业发展的坚实理念，产品主要用于供电局、电厂、铁路、电信、石油、化工等与电力电气相关的行业部门。

公司产品仪器仪表有十几种，用来针对不同的现场实验，现场测试，实验室的测试。产品符合电力行业标准，具有很高的性价比。

公司创业以来，在社会各界的支持和全体员工的不懈努力下，在仪器仪表销售领域建立了很高的信誉和知名度，拥有完善的市场用户体系、营销体系和用户服务体系。公司奉行“技术为中心，需求为导向，服务为根本”的方针，销售的产品已遍及全国各行各业，在日趋激烈的市场竞争中更具优势力。

## 服务承诺

为客户提供质优价廉的产品、完善的技术支持和良好的售后服务是本公司的一贯宗旨。我们想客户所想、急客户所急、以满足客户需求为己任。决不辜负用户对我们的信任，并且始终本着诚信、超越的信念，力求以更完美的技术品质和真诚的服务回报于社会。

我们保证：守时、保质、保量地严格执行合同规定的各项条款；按合同的规定为您提供送货、安装、调试、培训等各项服务；按您的要求签定严密的、科学的《技术协议》。

我们郑重承诺：凡订购我公司的自产设备如出现质量问题一个月内免费退货、一年内免费换货、三年内免费维修、终身保养维修服务。

# 1. 用途特点及性能

XSL8006 自动抗干扰精密介质损耗测量仪用于现场抗干扰介损测量，或试验室精密介损测量。仪器为一体化结构，内置介损电桥、变频电源、试验变压器和标准电容器等。采用变频抗干扰和傅立叶变换数字滤波技术，全自动智能化测量，强干扰下测量数据非常稳定。测量结果由大屏幕液晶显示，自带微型打印机可打印输出。

## 1.1 主要技术指标

- 准确度:** Cx:  $\pm$  (读数 $\times$ 1%+1pF)  
tg $\delta$ :  $\pm$  (读数 $\times$ 1%+0.00040)
- 抗干扰指标:** 变频抗干扰，在 200%干扰下仍能达到上述准确度
- 电容量范围:** 内施高压: 3pF~60000pF/10kV 60pF~1 $\mu$ F/0.5kV  
外施高压: 3pF~1.5 $\mu$ F/10kV 60pF~30 $\mu$ F/0.5kV  
分辨率: 最高 0.001pF, 4 位有效数字
- tg $\delta$ 范围:** 不限, 分辨率 0.001%, 电容、电感、电阻三种试品自动识别。
- 试验电流范围:** 10 $\mu$ A~5A
- 内施高压:** 设定电压范围: 0.5~10kV  
最大输出电流: 200mA  
升降压方式: 连续平滑调节  
电压精度:  $\pm$ (1.5% $\times$ 读数+10V)  
电压分辨率: 1V  
试验频率: 45、50、55、60、65Hz 单频  
45/55Hz、55/65Hz、47.5/52.5Hz 自动双变频  
频率精度:  $\pm$ 0.01Hz
- 外施高压:** 正接线时最大试验电流 1A, 工频或变频 40-70Hz  
反接线时最大试验电流 10kV/1A, 工频或变频 40-70Hz
- CVT 自激法低压输出:** 输出电压 3~50V, 输出电流 3~30A
- 测量时间:** 约 40s, 与测量方式有关
- 输入电源:** 180V~270VAC, 50Hz/60Hz $\pm$ 1%, 市电或发电机供电
- 计算机接口:** 标准 RS232 接口
- 打印机:** 炜煌 A7 热敏微型打印机
- 环境温度:** -10 $^{\circ}$ C~50 $^{\circ}$ C
- 相对湿度:** <90%

## 1.2 主要功能特点

### 1.2.1 变频抗干扰

采用变频抗干扰技术，在 200%干扰下仍能准确测量，测试数据稳定，适合在现场做抗干扰介损试验。

### 1.2.2 高精度测量

采用数字波形分析和电桥自校准等技术，配合高精度三端标准电容器，实现高精度介损测量。仪器所有量程输入电阻低于  $2\Omega$ ，消除了测量电缆附加电容的影响。

### 1.2.3 多级安全保护，确保人身和设备安全

**高压保护：**试品短路、击穿或高压电流波动，能以短路方式高速切断输出。

**低压保护：**误接 380V、电源波动或突然断电，启动保护，不会引起过电压。

**接地保护：**仪器接地不良使外壳带危险电压时，启动接地保护。

**C V T：**高压电压和电流、低压电压和电流四个保护限，不会损坏设备；误选菜单不会输出激磁电压。CVT 测量时无 10kV 高压输出。

**防误操作：**两级电源开关；电压、电流实时监控；多次按键确认；接线端子高/低压分明；缓速升压，可迅速降压，声光报警。

**防“容升”：**测量大容量试品时会出现电压抬高的“容升”效应，仪器能自动跟踪输出电压，保持试验电压恒定。

**抗震性能：**仪器采用独特抗震设计，可耐受强烈长途运输震动、颠簸而不会损坏。

**高压电缆：**为耐高压绝缘导线，可拖地使用。

### 1.2.4 功能强大，产品系列化

本仪器所属型号：**E 型**。

(1) 具有正/反接线，内/外标准电容，内/外高压多种工作模式，一体化结构，可做各种常规介损试验，不需外接任何辅助设备。

(2) 液晶显示，菜单操作，测试数据丰富，自动分辨电容、电感、电阻型试品，自带微型打印机可打印输出。

(3) 具有外接标准电容器接口，可外接油杯做精密绝缘油介损试验，可外接固体材料测量电极做精密绝缘材料介损试验，也可外接高压标准电容器做高电压介损试验。

(4) 自动识别 50Hz / 60Hz 系统电源，并支持发电机供电，即使频率波动大，也可正常测量。

(5) 内置串联和并联两种介损测量模型，方便仪器检定。

(6) 可存储 255 组测量数据。

(7) CVT 自激法测量时， $C_1/C_2$  可一次接线同时测出，自动补偿母线接地和标准电容器的分压影响，无须换线和外接任何配件。

(8) 中文图文菜单，大屏幕背光 LCD 显示更清晰，电流电压实时监控。

(19) 优化的电路设计，使正/反接线的准确度和稳定性一致。

(10) 自动识别外接高压试验电源频率 40Hz~70Hz，支持工频电源、变频电源和串联谐振电源做大容量高电压介损试验。

(11) 具有反接线低压屏蔽功能，在 220kV CVT 母线接地情况下，对  $C_{11}$  可进行不拆线 10kV 反接线介损测量。

(12) 带计算机接口。通过该接口，实现测量、数据处理和报表输出，也可实现仪器内部测量软件升级。可集成到综合高压试验车上。

## 1.3 供货范围

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| (1) 仪器主机      | (2) 使用说明书和产品合格证 |
| (3) 专用测试电缆线   | (4) 电源线         |
| (5) 备用打印纸和保险管 | (6) 其它详见《装箱单》   |



高压输出面板图



面板图

## 2. 面板说明

### 2.1 高压输出插座 (0.5~10kV, 最大 200mA)

**安装位置:** 箱体前侧面, 外设保护门。

**功能:** 内高压输出; 检测反接线试品电流; 内部标准电容器的高压端。

**接线方法:** 插座 1 脚接高压线芯线 (红夹子), 2、3 脚接高压线屏蔽 (黑夹子)。正接线时, 高压线芯线 (红夹子) 和屏蔽 (黑夹子) 都可以用作加压线; 反接线时只能用芯线对试品高压端加压。如果试品高压端有屏蔽极 (如高压端的屏蔽环) 可接高压屏蔽, 无屏蔽时高压屏蔽悬空。

**注意事项:**

(1) 仪器测量电缆通用, 建议用高压线连接此插座。高压插座和高压线有危险电压, 绝对禁止碰触高压插座、电缆、夹子和试品带电部位! 确认断电后接线, 测量时务必远离!

(2) 用标准介损器 (或标准电容器) 检定反接线精度时, 应使用全屏蔽插头连接试品, 否则暴露的芯线会引起误差。

(3) 应保证高压线与试品高压端 0 电阻连接, 否则可能引起误差或数据波动, 也可能引起仪器保护。

(4) 强干扰下拆除接线时, 应在保持电缆接地状态下断开连接, 以防感应电击。

## 2.2 试品输入 Cx 插座 (10 $\mu$ A~1A)

**功能:** 正接线时输入试品电流。

**接线方法:** 插座 1 脚接测量线芯线 (红夹子), 2、3 脚接测量线屏蔽 (黑夹子)。正接线时芯线 (红夹子) 接试品低压信号端, 如果试品低压端有屏蔽极 (如低压端的屏蔽环) 可接屏蔽, 试品无屏蔽时屏蔽悬空。

**注意事项:**

(1) 测量中严禁拔下插头, 防止试品电流经人体入地!

(2) 用标准介损器 (或标准电容器) 检测仪器正接线精度时, 应使用全屏蔽插头连接试品, 否则暴露的芯线会引起误差。

(3) 应保证引线 with 试品低压端 0 电阻连接, 否则可能引起误差或数据波动, 也可能引起仪器保护。

(4) 强干扰下拆除接线时, 应在保持电缆接地状态下断开连接, 以防感应电击。

## 2.3 标准电容输入 Cn 插座 (10 $\mu$ A~1A)

**功能:** 输入外接标准电容器电流。

**接线方法:** 与 Cx 插座类似, 其区别在于:

(1) 使用外部标准电容器时, 应使用全屏蔽插头连接。此方式常用于外接高电压等级标准电容器, 实现高电压介损测量。

(2) 菜单选择“外 Cn”方式。

(3) 将外接标准电容器的 C 和 tg $\delta$ 置入仪器, 实现 Cx 电容介损的绝对值测量。

从原理上讲, 任何容量和介损的电容器, 将参数置入仪器都可做标准电容器。不同的是标准电容器能提供更好的长期稳定性和精度。

(4) 不管正接线还是反接线测量, 标准电容器接线方式始终为正接线。

## 2.4 CVT 自激法低压输出插座 (3~50V, 3~30A, C 型无)

**功能:** 由该插座和接地接线柱输出 CVT 测量的低压变频激励电源。

**注意事项:**

(1) 因低压输出电流大, 应采用仪器专用低阻线连接 CVT 二次绕组, 接触不良会影响测量。

(2) 视 CVT 容量从菜单选择合适的电压电流保护限。

(3) 启动 CVT 测量时, 输出 2~5V 的试探电压, 若外部接线有错会自动停机。若怀疑仪器故障, 可测量有无该试探电压。

(4) 选择正/反接线时, 此输出封闭。

## 2.5 测量接地接线柱

它同外壳和电源插座地线连到一起。

**注意事项:**

(1) 尽管仪器有接地保护, 但无论何种测量, 仪器都应可靠独立接地。

(2) 保证 0 电阻接地。应仔细检查接地导体不能有油漆或锈蚀，否则应将接地导体刮干净。轻微接地不良可能引起误差或数据波动，严重接地不良可能引起危险！

## 2.6 电源输入插座（180V~270V 50Hz/60Hz）

### 注意事项：

(1) 仪器有快速断电保护功能，低压突然断电时迅速以短路方式切断高压输出。此功能要求仪器的低压电源（插座、刀闸等）应可靠连接，否则超过数 ms 的断电便会引起保护。

(2) 输入电压大于 270V（如误接 380V），仪器立即保护，切断内部电源。保护后只有总电源开关灯亮，但屏幕无显示。此时可检查电源，重新开机。

(3) 如果电压过低，仪器无法输出设定高压，可用调压器调整。

(4) 仪器可以自动适应 50Hz/60Hz 电源频率。

(5) 采用发电机供电时，频率波动大，且使用发电机的场合不存在干扰，可选择“定频”模式，以排除发电机供电频率波动的影响。

## 2.7 保险管座

保险管座与低压电源插座合为一体，保险管规格 5A / 250V，尺寸  $\phi 5 \times 20\text{mm}$ 。

**注意事项：**应使用相同规格的保险丝。若换用备用保险丝后仍烧断，可能仪器有故障，可通知厂家处理。

## 2.8 总电源开关

打开总电源开关，首先显示仪器名称和编号，数秒后自动进入测量菜单。关闭此开关，也同时关闭内部高压系统电源，紧急情况应立即关闭此开关。

## 2.9 按键

(1) “→”移动光标，“↑”和“↓”修改光标处内容，“确定”用于确认或停止。详细功能见各型号仪器的“使用说明”。注意：“确定”是一个键，不要当做两个按键使用。

(2) 测量过程中，按“确定”键即终止测量。

## 2.10 液晶显示器

显示菜单、测量结果或出错信息。应避免长时间阳光曝晒，避免重压。

## 2.11 打印机

**手动打印：**显示可打印数据时，按“打印”键打印。。

**自动打印：**菜单选择自动打印后，测量结束即自动打印结果，之后可在远处切断仪器供电，使操作更加安全。

**换纸和色带：**打印机为 M150 型微型打印机。打印纸宽 44mm。换纸时要拉出打印机整体，将纸送入进纸口并按走纸键。换色带时取下上盖，色带平直安装。

E 和 F 型配置热敏打印机，使用宽度 44mm 热敏打印纸。换纸时要打开打印机的纸仓盖板，放入纸卷并留少许部分在外面，然后关闭盖板。

## 2.11 通讯接口

**功能：**RS232 接口，与 PC 机或笔记本电脑的串行通讯口连接。为保证通讯正常，双方应设置相同的波特率和通讯地址。

**通讯协议：**仪器与 PC 机按规定协议通讯，实时操作仪器，实现数据存储传送等功能。

## 3.使用说明

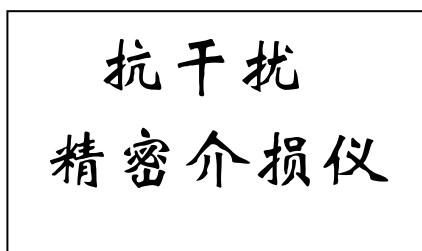
### 3.1 对比度调节

液晶显示屏的对比度已在出厂时校好，如果您感觉不够清晰，可用如下方法调整：

按住↑或↓不动，再打开总电源开关，再按↑或↓调整显示对比度，调整完毕按“确定”键退出。

### 3.2 进入菜单

打开总电源开关后，先显示开机画面：



然后自动进入测量菜单。



### 3.3 选择接线方式

光标在“正接”，按↑↓选择“正接”、“反接”和“CVT”测量方式。

### 3.4 选择内、外标准电容

光标在②，按↑↓选择“内标准”“外标准”，表示使用内或外接标准电容。通常可用内部标准作正、反接线测量和 CVT 自激法测量，高电压介损选用外标准方式，需要将外接电容参数置入仪器。光标在“外 cn”，按住“启停”键 1s 以上出现外标准电容值，按↑↓键 可以修改此数值。修改完毕按住“启停”键 1s 左右，听到蜂鸣器响一声，松开键盘即可保存。

### 3.5 选择试验频率

#### 3.5.1 开机默认频率

光标在“变频”，表示 45/55Hz 自动变频。仪器自动用 45Hz 和 55Hz 各测量一次，然后计



算 50Hz 下无干扰时数据。开机自动默认为该方式，建议使用。

## 3.6 选择试验高压

### 3.6.1 正/反接线方式下选择高压

光标在 **10kV**，按  $\uparrow$  /  $\downarrow$  键循环显示试验高压“0.5 / 0.6 / 0.8 / 1 / 1.5 / 2 / 2.5 / 3 / 3.5 / 4 / 4.5 / 5 / 5.5 / 6 / 6.5 / 7 / 7.5 / 8 / 8.5 / 9 / 9.5 / 10kV”。应根据高压试验规程选择试验高压。

启动测量后，该处显示测量高压. 下方显示  $I_n=158\mu A$       $I_x=10mA$

$I_n=158\mu A$  表示流过标准电容的电流，单位为  $\mu A$  。

$I_x=10mA$  表示流过试品的电流，单位为  $mA$  。


如果  $I_n=000\mu A$ ，表示内部高压没有输出，或仪器有问题。请先查看屏幕是否选择为内 **Un**，内 **Cn**

### 3.6.2 CVT 自激法接线方式下选择高压

CVT 自激法测量必须使用内部高压电源，由机内提供激励电压，由“CVT1”和“CVT2”输出。

通常测量  $C_1$  时低压激励电压可达 20V，测量  $C_2$  时低压激励电流可达 15A。一般可设高压电压 1.5~2kV。

## 3.7 自动打印

光标在 **10KV**，按“确认”键可显示或取消屏幕左下角处打印机图标 ，有此图标表示测量结束自动打印。

## 3.8 启动测量

光标在 **启动**，按住“确认”键 1s 以上启动测量。

启动测量后发出声光报警；屏幕右下角处指示 0%~99%表示测量进程。

测量中按“确认”键取消测量，遇紧急情况立即关闭总电源。

## 3.9 查看数据

显示结果后，按  $\uparrow$  键可查看其它数据，按  $\downarrow$  键 存储数据。按  $\rightarrow$  键 移动光标选择 **print** 或 **quit**。

**Print** 打印当前数据。**Quit** 返回初始画面。

正/反接线显示数据如下：

仪器自动分辨电容、电感、电阻型试品：电容型试品显示  $C_x$  和  $tg\delta$ ；电感型试品显示  $L_x$ ；电阻型试品显示  $R_x$  和附加  $C_x$  或  $L_x$ 。自动选取显示单位。

| 试品类型 | 显示数据                              | 备注 |
|------|-----------------------------------|----|
| 电容   | $C_x$ , $tg\delta$ , U, I, F1, F2 |    |
| 电感   | $L_x$ , U, I, F1, F2              |    |
| 电阻   | $R_x$ , U, I, F1, F2              |    |

Cx 试品电容量[ $1\mu\text{F}=1000\text{nF}$  纳法 /  $1\text{nF}=1000\text{pF}$ ]，如显示 10.00nF 即 10000pF

tg $\delta$  介损因数[ $1\%=0.01$ ]

Lx 试品电感量[ $1\text{MH}$  兆亨= $1000\text{kH}$  /  $1\text{kH}=1000\text{H}$ ]

Rx 试品电阻值[ $1\text{M}\Omega=1000\text{k}\Omega$  /  $1\text{k}\Omega=1000\Omega$ ]

U 试验电压[ $1\text{kV}=1000\text{V}$  /  $1\text{V}=1000\text{mV}$ ]

I 试品电流[ $1\text{A}=1000\text{mA}$  /  $1\text{mA}=1000\mu\text{A}$ ]

F1 频率[Hz]，指定频率显示实际频率

F2 频率[Hz]，指定频率显示实际频率

CVT 自激法测量显示数据为:  $C_1$ 、tg $\delta$  /  $C_2$ 、tg $\delta$

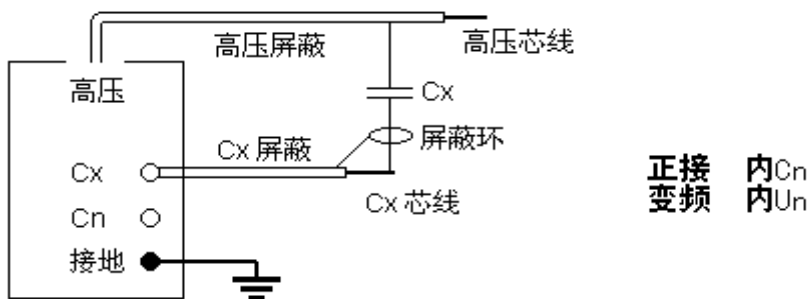
按测量接线，与试品输入 Cx 插座连接的定义为  $C_1$ ，与高压线连接的为  $C_2$ 。

### 3.10 与计算机连接

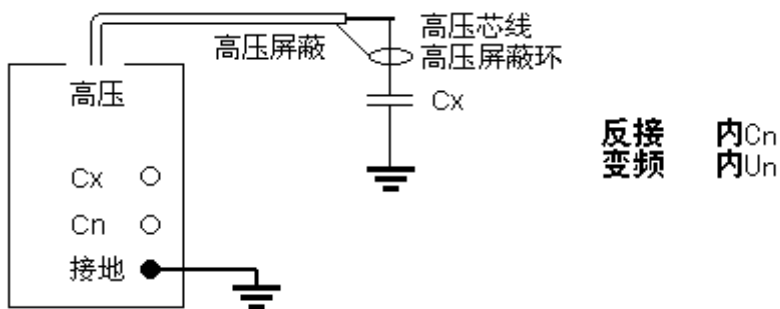
连接好计算机后，可以上传数据等功能。

### 3.11 参考接线

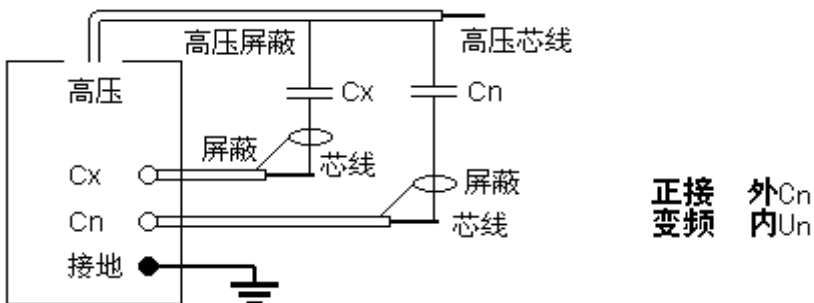
#### 3.11.1 正接线、内标准电容、内高压（常规正接线）：



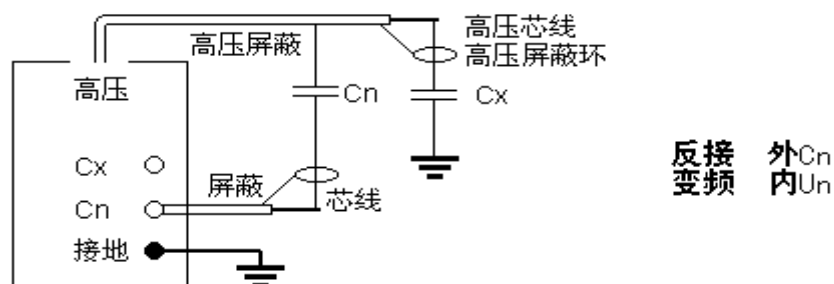
#### 3.11.2 反接线、内标准电容、内高压（常规反接线）：



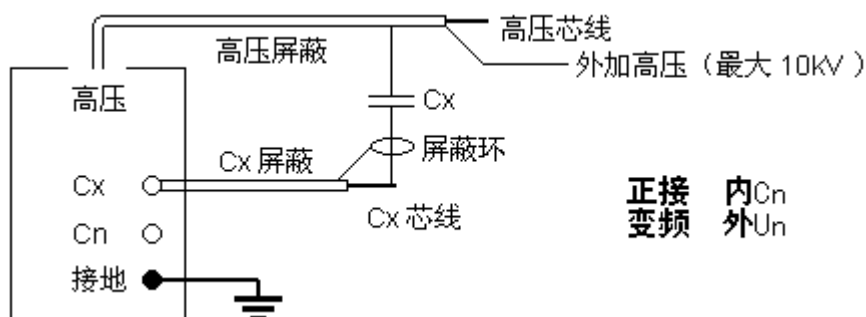
#### 3.11.3 正接线、外标准电容、内高压：



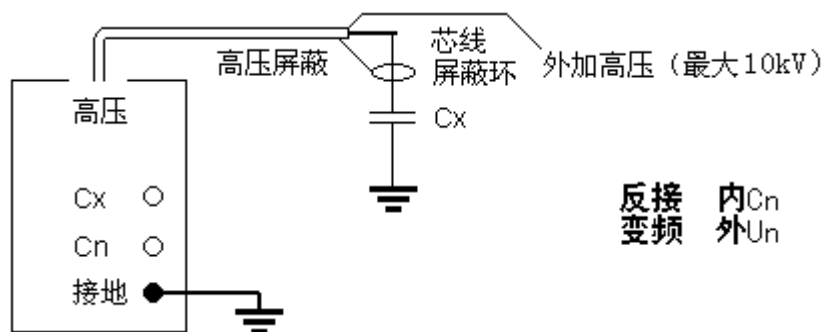
### 3.11.4 反接线、外标准电容、内高压:



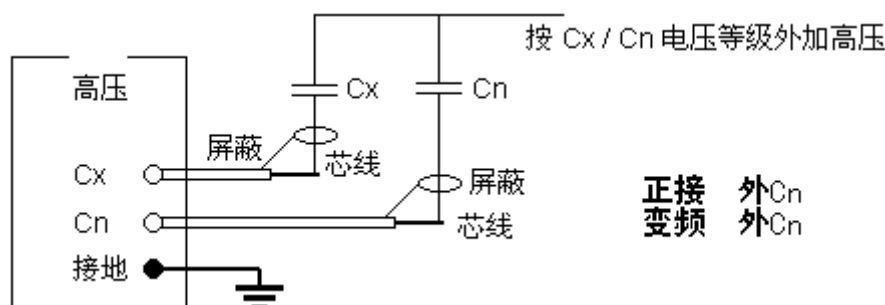
### 3.11.5 正接线、内标准电容、外高压:



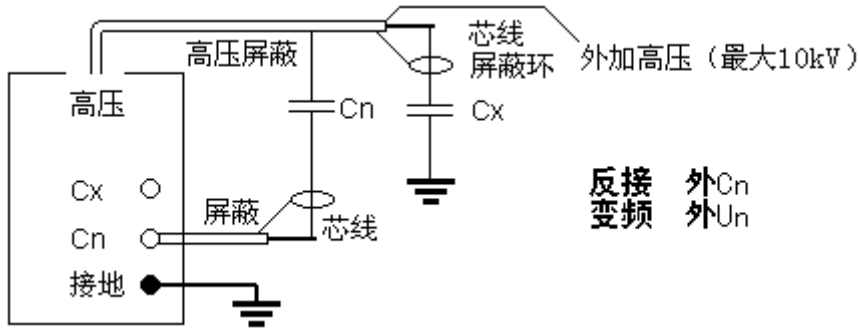
### 3.11.6 反接线、内标准电容、外高压:



### 3.11.7 正接线、外标准电容、外高压 (高电压介损):

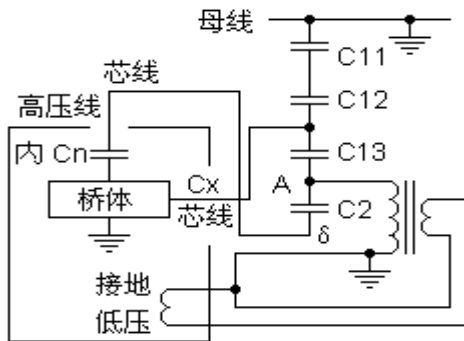


### 3.11.8 反接线、外标准电容、外高压：



### 3.11.9 CVT 自激法测量：



CVT 自激法可按下图接线。如果  $C_1$  是单节电容，母线不能接地；如果  $C_1$  是多节电容，母线可接地， $C_{11}$  和  $C_{12}$  可用常规正反接线测量， $C_{13}$  和  $C_2$  用自激法测量。



CVT 自激法测量中，仪器先测量  $C_1$ ，然后自动倒线测量  $C_2$ ，并自动校准分压影响。


应注意，高压线应悬空不能接触地面，否则其对地附加介损会引起误差，可用细电缆连接高压插座与 CVT 试样并吊起。强烈建议使用高压插座使用的高压线用黑色 **Cx** 线。

### 3.12 附加功能

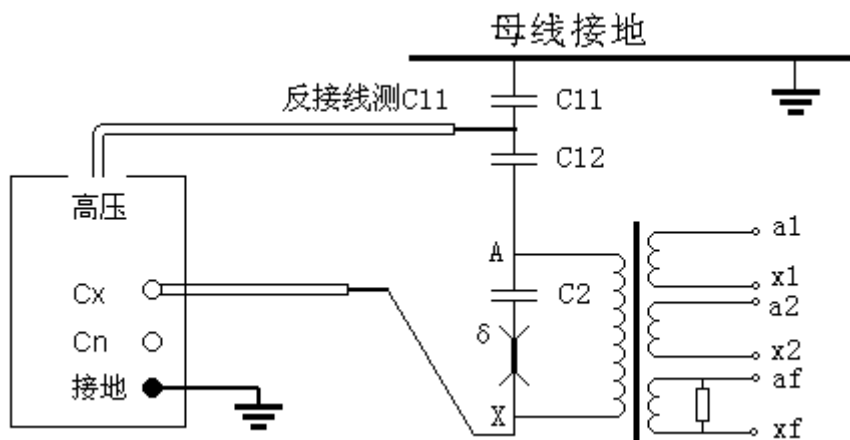
1. 光标在 电压：**10kV** 上面时候，按“确认”键在仪器屏幕的左下角会出现  图标，代表测试结束自动打印。如果再按确认键，图标消失，代表测试结束必须手动才能打印。
2. 光标在 **变频** 上面时候，在反接线，内 Cn，内 Un，情况下，按确认键在仪器屏幕右下角会出现  图标，代表反接线低压屏蔽测试。如果再按确认键，图标消失，代表取消反接线低压屏蔽。
3. 光标在 **反接** 上面时候，按确认键则测试打印机，换纸。
4. 光标在 **启动** 上面时候，按减小键则代表取出存储的数据。
5. 测试完毕，如果按**减小**键，则代表存储测试的数据

## 4. E 型新增功能使用说明

### 4.1 反接线低压屏蔽

光标在 **变频** 上面时候，在反接线，内 Cn，内 Un，情况下，按确认键在仪器屏幕右下角会出现  图标，启动反接线低压屏蔽功能。

可在 220kV CVT 母线接地情况下，对 C<sub>11</sub> 进行不拆线 10kV 反接线介损测量。如下图所示：母线挂地线，C<sub>11</sub> 上端不拆线，C<sub>11</sub> 下端接高压线芯线，C<sub>2</sub> 末端 δ 和 X 接 C<sub>x</sub> 芯线。这样 C<sub>12</sub> 和 C<sub>2</sub> 被低压屏蔽，仪器采用反接线/10kV/M 测量方式，测量出 C<sub>11</sub>。



## 5 现场试验注意事项

如果使用中出現测试数据明显不合理，请从以下方面查找原因：

### 5.1 搭钩接触不良

现场测量使用搭钩连接试品时，搭钩务必与试品接触良好，否则接触点放电会引起数据严重波动！尤其是引流线氧化层太厚，或风吹线摆动，易造成接触不良。

### 5.2 接地接触不良

接地不良会引起仪器保护或数据严重波动。应刮净接地点上的油漆和锈蚀，务必保证 0 电阻接地！

### 5.3 直接测量 CVT 或末端屏蔽法测量电磁式 PT

直接测量 CVT 的下节耦合电容会出现负介损，应改用自激法。

用末端屏蔽法测量电磁式 PT 时，由于受潮引起“T 形网络干扰”出现负介损，吹干下面三裙瓷套和接线端子盘即可。也可改用常规法或末端加压法测量。

## 5.4 空气湿度过大

空气湿度大使介损测量值异常增大（或减小甚至为负）且不稳定，必要时可加屏蔽环。因人为加屏蔽环改变了试品电场分布，此法有争议，可参照有关规程。

## 5.5 发电机供电

发电机供电时输入频率不稳定，可采用定频 50Hz 模式工作。

## 5.6 测试线

由于长期使用，易造成测试线隐性断路，或芯线和屏蔽短路，或插头接触不良，用户应经常维护测试线；

测试标准电容试品时，应使用全屏蔽插头连接，以消除附加杂散电容影响，否则不能反映出仪器精度；

自激法测量 CVT 时，非专用的高压线应吊起悬空，否则对地附加杂散电容和介损会引起测量误差。

## 5.7 工作模式选择

接好线后请选择正确的测量工作模式（正、反和 CVT），不可选错。特别是干扰环境下应选用变频抗干扰模式。

## 5.8 试验方法影响

由于介损测量受试验方法影响较大，应区分是试验方法误差还是仪器误差。出现问题时可首先检查接线，然后检查是否为仪器故障。

## 5.9 仪器故障

用万用表测量一下测试线是否断路，或芯线和屏蔽是否短路；输入电源 220V 过高或过低；接地是否良好。

用正、反接线测一下标准电容器或已知容量和介损的电容器，如果结果正确，即可判断仪器没有问题；

拔下所有测试导线，进行空试升压，若不能正常工作，仪器可能有故障。

启动 CVT 测量后测量低压输出，应出现 2~5V 电压，否则仪器有故障。

# 6. 仪器检定

## 6.1 用标准损耗器检定

用带插头的屏蔽电缆连接标准损耗器。如果不能保证标准损耗器的精度，应使用比对法检定，建议用 2801 电桥或其它精密电桥作比对标准。

仪器应选用“内标准”和“RC 串联试品”，可选择工频 50Hz 或定频 50Hz 频率模式。

## 6.2 用 QSJ3 检定

使用带插头的屏蔽电缆连接 QSJ3，选择“正接/ 外 Cn / 外 Un 式测量，电流比为 Cx : Cn，Cn 可置入适当值。

## 6.3 抗干扰能力

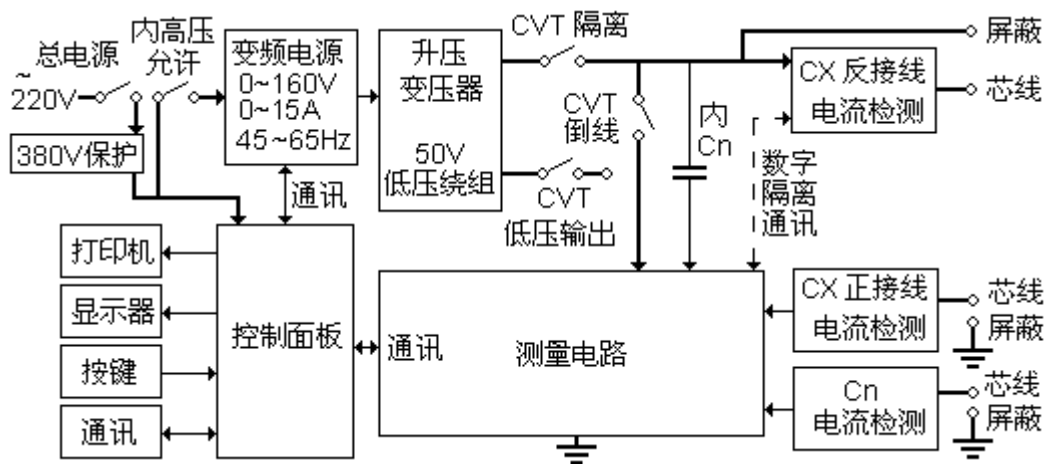
设置一个回路向仪器注入定量的干扰电流。

注意：

- 1) 应考虑到该回路可能成为试品的一部分。
- 2) 仪器启动后会使得 220V 供电电路带有测量频率分量，如果该频率分量又通过干扰电流进入仪器，则无法检验仪器的抗干扰能力。
- 3) 不建议用临近高压导体施加干扰，因为这样很容易产生近距离尖端放电，这种放电电阻是非线性的，容易产生同频干扰。

## 7. 仪器工作原理简介

### 7.1 仪器结构



仪器结构框图

测量电路：傅立叶变换、复数运算等全部计算和量程切换、变频电源控制等。

控制面板：打印机、键盘、显示和通讯中转。

变频电源：采用 SPWM 开关电路产生大功率正弦波稳压输出。

升压变压器：将变频电源输出升压到测量电压，最大无功输出 2kVA / 1 分钟。

标准电容器：内 Cn，测量基准。

Cn 电流检测：用于检测内/外标准电容器电流。

Cx 正接线电流检测：只用于正接线测量。

Cx 反接线电流检测：只用于反接线测量。

反接线数字隔离通讯：用高速数字隔离通讯电路，将反接线电流信号送到低压侧。

### 7.2 工作原理

启动测量后高压设定值送到变频电源，变频电源用 PID 算法将输出缓速调整到设定值，测量电路将实测高压送到变频电源，微调低压，实现准确高压输出。根据正/反接线和内/外标准电容的设置，测量电路根据试验电流自动选择输入并切换量程，测量电路采用傅立叶变换滤掉干扰，分离出信号基波，对标准电流和试品电流进行矢量运算，幅值计算电容量，角差计算  $\text{tg}\delta$ 。反复进行多次测量，经过排序选择一个中间结果。测量结束，测量电路发出降压指令变频电源缓速降到 0。

CVT 测量：CVT 隔离开关断开，低压隔离开关接通输出低压。测量  $C_2$  时，CVT 倒线开关接通， $C_2$  接入试品通道，用  $C_1$  作标准电容测量  $C_2$ 。



## 8. 变频测量讨论

### 8.1 变频测量

干扰十分严重时，变频测量能得到准确可靠的结果。例如用 55Hz 测量时，测量系统只允许 55Hz 信号通过，50Hz 干扰信号被有效抑制，原因在于测量系统很容易区别不同频率，由下述简单计算可以说明选频测量的效果：

两个频率相差 1 倍的正弦波叠加到一起，高频的是干扰，幅度为低频的 10 倍：

$$Y = 1.234\sin(x + 5.678^\circ) + 12.34\sin(2x + 87.65^\circ)$$

在  $x = 0/90/180/270^\circ$  得到 4 个测量值

$$Y_0 = 12.4517, Y_1 = -11.1017, Y_2 = 12.2075, Y_3 = -13.5576,$$

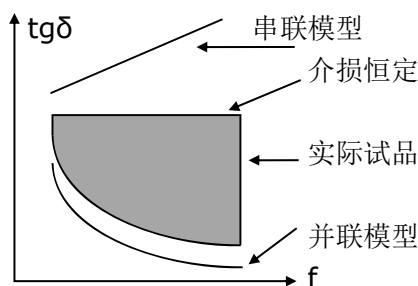
计算  $A = Y_1 - Y_3 = 2.4559$ ,  $B = Y_0 - Y_2 = 0.2442$ , 则：

$$\phi = \text{tg}^{-1}(B/A) = 5.678^\circ \quad \sqrt{A^2 + B^2} / 2 = 1.234$$

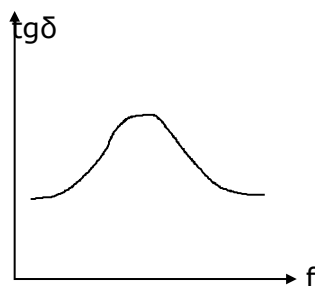
这刚好是低频部分的相位和幅度，干扰被抑制。实际波形的测量点多达数万，计算量很大，结果反映了波形的整体特征。

### 8.2 频率和介损的关系

介损有 RC 串联和并联两种理想模型：串联模型  $\text{tg}\delta = 2\pi fRC$ ，并联模型  $\text{tg}\delta = 1/(2\pi fRC)$ ， $\text{tg}\delta$  分别随频率  $f$  成正比和反比。如图所示， $f$  对完全成正比和完全反比两种模型影响较大。但实际电容器是多种模型交织的混合模型，此时  $f$  的影响就小。



低频介损曲线(<1kHz)



高频介损曲线或低频电路谐振

### 8.3 自动变频与 50Hz 等效

仪器采用自动变频在干扰频率 50Hz 两侧（45Hz 和 55Hz）各测一个点，然后推算 50Hz 频率下数据。除多个元件电路的低频谐振外，单个试品中的介质不可能在低频引起能量吸收峰，工频附近介损总是随频率单调变化的。因此这种测量方法不会带来明显误差。实际上，平均前的两个介损值已十分接近，即使不平均也完全有参考价值。目前，变频介损仪已成为介损测量的常规仪器，其优异的抗干扰能力和准确度已经得到认可。