



重要提示

仪器在不使用的情况下，请及时关闭电源开关！

如果长期不使用仪器，请把仪器放置在阴凉干燥的地方！

仪器使用电源不得接入 AC380V 的电源，否则损坏不予保修！

用户不得私自拆卸仪器或更换仪器配件，否则出现仪器测量误差超大或仪器损坏时不予保修！

目 录

| | |
|------------------------|----|
| 一、概 述 | 2 |
| 二、外观说明 | 3 |
| 三、主要技术指标 | 4 |
| 四、工作原理 | 5 |
| 1. 仪器内部功能构造框图 | 5 |
| 2. 介损测量原理图 | 5 |
| 3. 工作原理 | 5 |
| 五、油杯说明 | 6 |
| 1. 油杯结构 | 6 |
| 2. 油杯主要技术参数 | 6 |
| 3. 油杯技术标准 | 6 |
| 4. 油杯使用操作 | 6 |
| 5. 装入油样 | 7 |
| 6. 油杯清洗 | 7 |
| 六、使用说明 | 8 |
| 1. 开机界面说明 | 8 |
| 2. 菜单操作说明 | 8 |
| 3. 使用仪器操作说明及注意事项 | 11 |
| 七、运输、贮存 | 11 |
| 八、开箱及检查 | 11 |
| 九、其它 | 11 |
| 附录 A: 仪器成套清单 | 12 |
| 附录 B: 名称解释 | 12 |

一、概述

一体化精密油介损体积电阻率测试仪是用于绝缘油等液体绝缘介质的介质损耗角及体积电阻率测试的一体化结构的高精密仪器。内部集成了介损油杯、温控仪、温度传感器、介损测试电桥、交流试验电源、标准电容器、高阻计、直流高压源等主要部件。其中加热部分采用了当前最为先进的高频感应加热方式，该加热方式具备油杯与加热体非接触、加热均匀、速度快、控制方便等优点。交流试验电源采用 AC-DC-AC 转换方式，有效避免市电电压及频率波动对介损测试准确性影响，即便是发电机发电，该仪器也能正确运行。内部标准电容器为 SF6 充气三极式电容，该电容的介损及电容量不受环境温度、湿度等影响，保证仪器长时间使用后仍然精度一致。

仪器内部采用全数字技术，全部智能自动化测量，多种模式测试，配备了 7 寸大屏幕触控式彩屏显示器，全中文菜单，每一步骤都有中文提示，测试结果可以打印输出，操作人员不需专业培训就能熟练使用。

郑重提醒：

本公司提醒用户，该设备有高压输出，如果使用不当可能危及人身安全！

操作员在未仔细阅读使用说明书之前，严禁使用本仪器！

二、外观说明

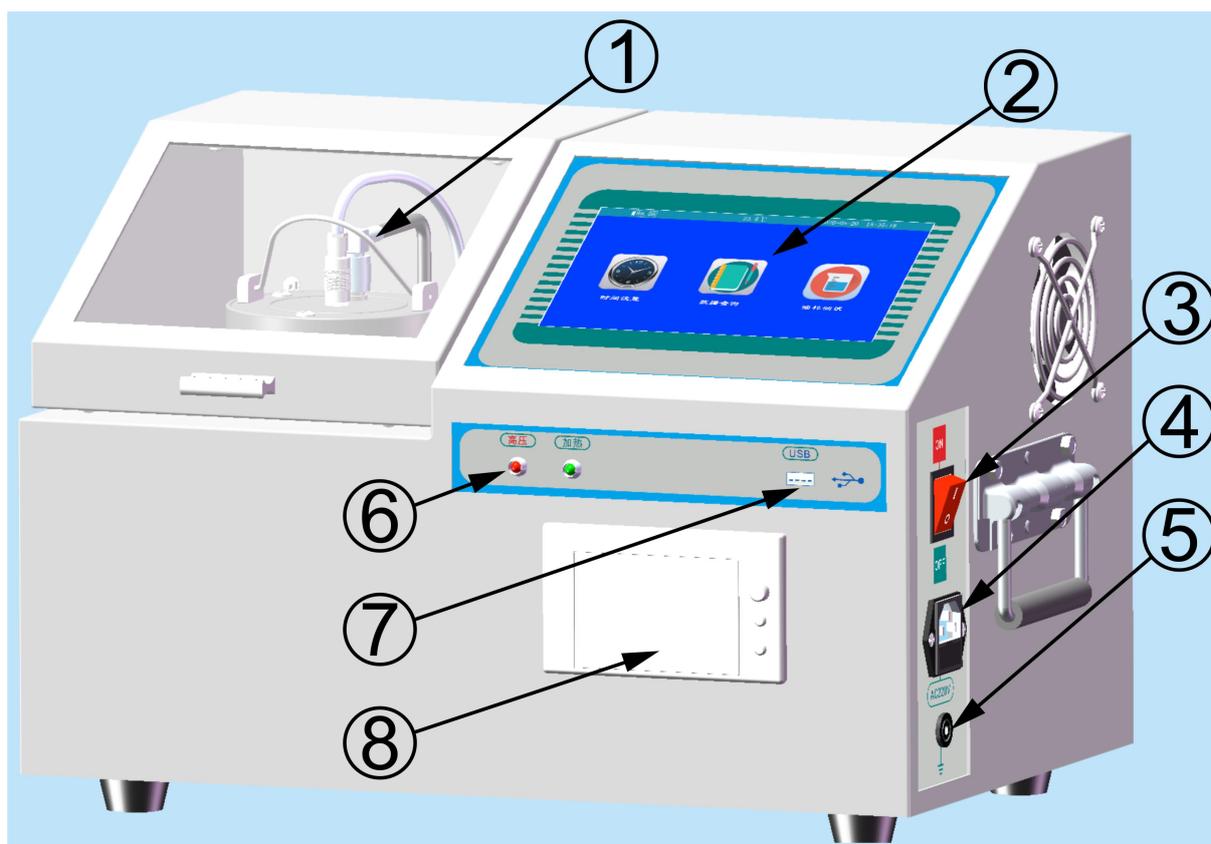


图 2-1 控制面板图

主面板功能区

- ① 油杯加油测试窗口；
- ② 触控式液晶显示屏：主操作区，设备各项目的设定以及测试操作（具体操作见“操作”）；
- ③ 总电源开关：设备输入电源控制；
- ④ AC220V 输入；
- ⑤ 仪器接地，确保操作安全；
- ⑥ **状态指示区**；
 高压灯（红色）： 如果灯亮，表示油杯上已经带高压电；
 加热灯（绿色）： 如果灯亮，表示加热炉正在加热；
- ⑦ USB 接口：可把仪器内部保存的测试数据导入并保存到 U 盘中；
- ⑧ 打印机；

三、主要技术指标

| | | | |
|----|---------|---|---|
| 1 | 使用条件 | -10℃~40℃ | RH<80% |
| 2 | 电 源 | AC 220V±10% | 频率无限制 |
| 3 | 交流高压输出 | 400V~2200V ±2% | 每隔 100V 50VA |
| 4 | 直流高压输出 | 200V~600V ±2% | |
| 5 | 温控感应炉 | 最大功率 500W | |
| 6 | 温度控制范围 | <100℃ | |
| 7 | 温度控制误差 | ±0.5℃ | |
| 8 | 温度测量分辨率 | 0.1℃ | |
| 9 | 控温时间 | 室温到 90℃ | 小于 20min |
| 10 | 测量范围 | 介质损耗因数 $\text{tg } \delta$ 电容量 C_x 绝缘电阻 R_x 体积电阻率 ρ | 无限制 15PF-300PF 10M Ω -20T Ω 10M Ω m-100T Ω m |
| 11 | 分辨率 | 介质损耗因数 $\Delta \text{tg } \delta$ 电容量 ΔC_x 绝缘电阻 ΔR_x 体积电阻率 ρ | 0.001% 0.01pF 0.001 0.001 |
| 12 | 精 度 | 介质损耗因数 $\Delta \text{tg } \delta$ 电容量 ΔC_x 绝缘电阻 ΔR_x 体积电阻率 $\Delta \rho$ | ±(读数*0.5%+0.020%) ±(读数*0.5%+0.5PF) ±读数 * 10% ±读数 * 10% |
| 13 | 相对介电常数 | ϵ | 根据 C_x 自动计算, 精度同 C_x |
| 14 | 电导 | G_x | 根据 R_x 自动计算 |
| 15 | 体积电阻率 | ρ | 根据 R_x 自动计算, 精度同 R_x |
| | 体积电导率 | σ | 根据 R_x 自动计算, 精度同 R_x |
| 16 | 存储器大小 | 200 组 支持 U 盘数据存储 | |
| 17 | 尺寸/重量 | 410 (L) × 265 (W) × 285 (H) | 18Kg |

四、工作原理

1. 仪器内部功能构造框图

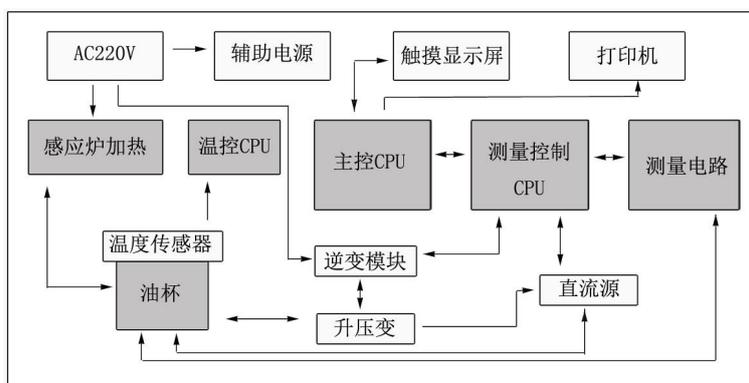


图 4-1 仪器内部功能构造框图

2. 介损测量原理图

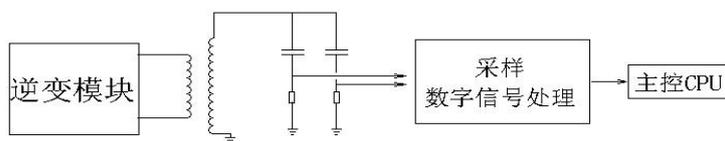


图 4-2 介损测量原理图

3. 工作原理

◆ 加热

仪器采用高频感应炉加热，启动加热后，温控 CPU 发出加热命令，同时采集油杯内部温度传感器的温度值，加热采用变功率控制和 PWM 控制两者相结合的控制方式。在油样温度较低时，用大功率加热方式，这有利于缩短油样加热时间；待温度升至接近预设温度时，采用较小功率 PWM 加热方式，这样有利于油样加热均匀。

高频感应炉加热避免了发热块加热不均匀的现象。

◆ 控温

在实测温度接近预设温度时，温控 CPU 采用小功率 PWM 方式加热，采样温度值经 PID 运算，分析出最佳 PWM 控制占空比，使温度严格控制在预设温度误差范围以内。

◆ 介损测量

试验电压同时加在仪器内部标准电容器及油杯加压极上，测量电路对这两路信号进行 PGA 等控制后对两通道信号进行同步 AD 采样，将数字信号送 DSP（数字信号处理器），DSP 对其进行滤波、FFT 等运算后计算出 $\text{tg } \delta$ 、 C_x 、 ε 等参数，送主控 CPU。

◆ 体积电阻率测量

直流高压试验电压加在油杯加压极上，经过测试回路，产生一微弱电流信号，该微弱电流信号经测量电路放大后送进 AD 采样，将数字信号送 DSP（数字信号处理器），DSP 对其信号进行处理，计算出 R_x 、 G_x 、 ρ 、 σ 等参数，送主控 CPU。

基于上述两种不同的试验电源对油样有不同的极化效应，因而重复测试时，中间必须有足够的放电时间！否则数据不可靠！

五、油杯说明

1. 油杯结构

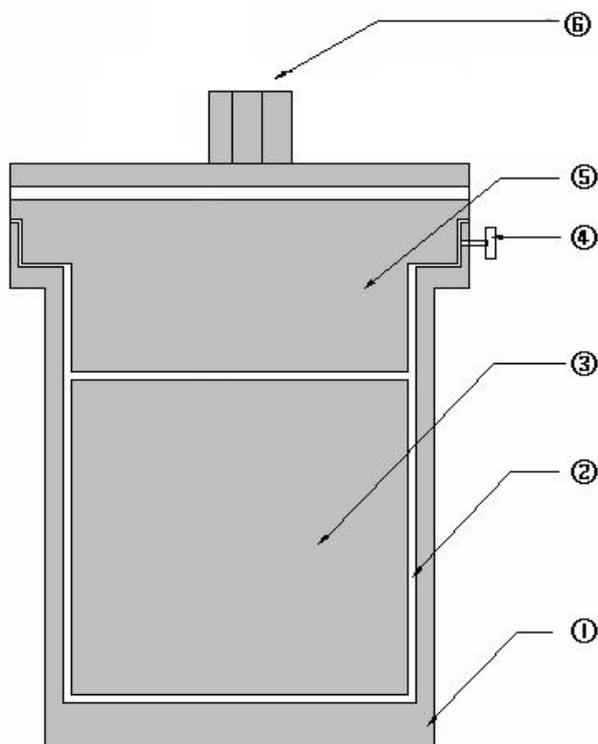


图 3-1 油杯结构图

- | | |
|--------------|---------|
| ① 油杯杯体，测量加压极 | ②油隙 |
| ③油杯内电极，测量测试极 | ④内电极固定钮 |
| ⑤油杯内电极，测量屏蔽极 | ⑥测试端 |

2. 油杯主要技术参数

- | | |
|-------------|--|
| (1) 高低压之间距离 | 2mm |
| (2) 空杯电容量 | $60 \pm 2\text{PF}$ |
| (3) 最大测试电压 | 工频 2000V |
| (4) 空杯介损 | $\text{tg } \delta < 1 \times 10^{-4}$ |
| (5) 液体容量 | (Max)50ml |
| (6) 电极材料 | 不锈钢 |
| (7) 体积 | 70mm(D)×120mm (H) |

3. 油杯技术标准

油杯采用三极式结构，完全符合 GB/T 5654-2007 标准，极间间距 2mm，可消除杂散电容及泻漏对介损测试结果的影响。

4. 油杯使用操作

◆ 装入油杯：

将油杯平稳放入仪器加热炉内，保证油杯底部接触良好，以便有良好电接触和热接触，装入后应将测试线接好，黑色线是信号测试线，四芯线是温度测量线。

◆ 取出油杯：

必须在断电情况下，先取下短的黑色、白色测量线后直接将油杯取出。

◆ 拆装油杯电极：

将内电极固定钮④旋松后可将内电极全部取出；同样，装入内电极后应将内电极固定钮④旋紧。

5. 装入油样

将取出内电极的后油杯杯口朝上，然后将其向下轻斜约 45-60 度左右，再将装有 40ml 被试油样的量杯的杯口边缘碰到油杯杯口内壁，接着量杯慢慢轻斜，缓慢将油倒入，注意尽可能不要在油中夹入气泡；完成后便可将内电极慢慢装入油杯，然后打柠好内电极固定钮，再将整个装完油的油杯放入主机静止 15 分钟（这样可很好的将大部分气泡排出；如不静止，将直接影响设备加压情况以及数据的准确）；最后就可以运行主机。

注意：内电极系非常精密部件，取出、装入时一定要动作缓慢，平稳，内外电极间不要碰撞，以防破坏表面，导致整个油杯报废！

6. 油杯清洗

◆ 彻底清洗

测量前，应对油杯进行的清洗，这一步骤非常重要。因为绝缘油对极微小的污染都有极为敏感的反应。因此必须严格按照下述方法要点进行。

- a. 完全拆卸油杯电极；
- b. 用中性擦皂或洗涤剂清洗。磨料颗粒和磨擦动作不应损伤电极表面；
- c. 用清水将电极清洗几次；
- d. 用无水酒精浸泡各零件；
- e. 电极清洗后，要用丝绸类织物将电极各部件的表面擦拭干净（别的布料会有绒毛粘在电极上），并注意将零件放置在清洁的容器内，不要使其表面受灰尘及潮气的污染；
- f. 将各零部件放入 90℃ 左右的烘箱内，将其烘干。

◆ 以油洗油

有时由于油样很多，所以在测量中往往会一个接一个油样进行测量。此时电极的清洗可简化。具体做法如下：

- a. 将仪器关闭，将整个油杯都从加热器中拿出，同时将内电极从油杯中取出；
- b. 将油杯中的油倒入废油容器内，用新油样冲洗油杯几次；
- c. 装入新油样；
- d. 用新油样冲洗油杯内电极几次，然后将内电极装入油杯。

附说明：以油洗油的清洗方式可大大提高了测量速度，但如遇到特别脏的油样或长时间不用时，应使用前面一种方式。

六、使用说明

1. 开机界面说明



图 6-1 主菜单开机界面图

a) <时间设置>

功能：用于校准时钟、日历，此时钟在停电后会继续运行。

b) <数据查询>

功能：用于查询以前实验的存储数据结果，可以 U 盘拷贝存储在电脑上查看。

c) <油样测试>

功能：主要用于测试样品介损和直流电阻。油样测试界面下，左侧为参数设置，中间为测试数据显示，右侧是实时温度显示。

d) <日历>

功能：时间提示。显示位置在主菜单界面左上角（图 6-1 “2011-03-05 10:48:32” 部分）。

e) <设备编号>

功能：指示设备信息。显示位置在主界面左侧底部（图 6-1 “设备编号：200001” 部分）。

f) <实时温度状态指示区>

功能：实时显示设备操作使用的温度。显示位置：主菜单界面右上角（图 6-1 “23.5°C” 部分）。

2. 菜单操作说明

时间设置

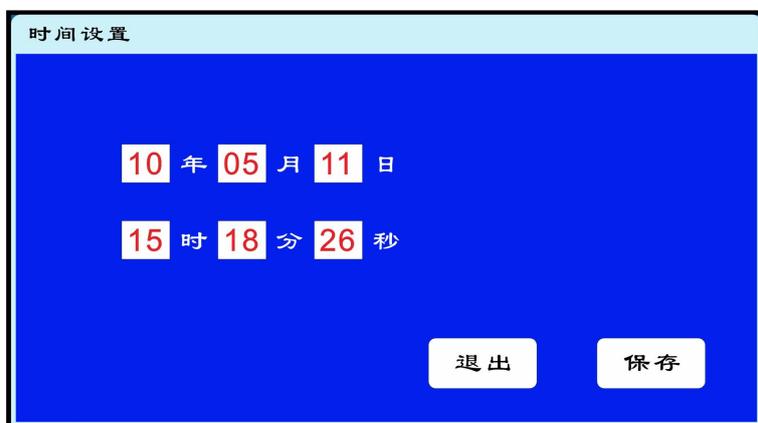


图 6-2 时间设置

1、从主菜单界面按下“时间设置”菜单进入“图 6-2”；

- 2、直接点击“XX”数字上，按键盘数字修改需要的设定操作；
- 3、调整完成后，应按下“保存”键，才能激活调整的数据；直接“退出”，调整数据将无效；
- 4、不操作，请按“退出”，退回主菜单界面。

数据查询

| 历史数据查询 | | | 累计记录数：105 | |
|--------|----------|----------|------------|------------|
| 序号 | 测试时间 | | 项 目 | 测试数据 |
| 0 | 20-05-11 | 15:18:26 | 角正切tgδ (%) | 0.0376 |
| 1 | 20-05-11 | 15:17:35 | 电容量Cx (pF) | 63.8250 |
| 2 | 20-05-11 | 15:14:12 | 介电常数ε | 1.2765 |
| 3 | 20-05-11 | 15:06:53 | 交流高压HV (V) | 2000 |
| 4 | 20-05-11 | 15:02:43 | 绝缘电阻Rx (Ω) | 1.3839e+11 |
| 5 | 20-05-11 | 14:56:51 | 绝缘电导Gx (S) | 7.2258e-12 |
| 6 | 20-05-11 | 14:51:26 | 电阻率ρ (Ω*m) | 9.3830e+11 |
| 7 | 20-05-11 | 14:46:37 | 电导率σ (S/m) | 1.0658e-12 |
| 8 | 20-05-11 | 14:32:18 | 直流高压HV (V) | 500 |
| 9 | 20-05-11 | 14:26:03 | 测试温度T (°C) | 89.94 |

请插入U盘

图 6-3 数据查询

- 1、从主菜单界面按下“数据查询”菜单进入“图 6-3”；
- 2、按“▲”上下键可选取测试存档的数据组，点击需要的序号数据组，右侧显示框显示该组数据，点击打印按钮，打印当前查询的数据；
- 3、点击“清理记录”，按“OK”后，2秒内再按“清理记录”，就可以清除当前所有测试存储的数据；
- 4、按“U盘备份”，插入U盘，可以自动拷贝到U盘，在电脑中TXT文件格式打开；
- 5、不操作，请按“退出”，退回主菜单界面；
- 6、时间、日期为该数据组测试时的实时时间。

参数设定

| | | | | | |
|-------|--------|------------|------------|---|-------|
| 测试温度 | 090 °C | 项 目 | 测试数据 | 温度 | 23.63 |
| 介损高压 | 2000 V | 角正切tgδ (%) | 0.0376 |  | 状态正常 |
| 介损测试 | 测试 ▼ | 电容量Cx (pF) | 63.8250 | | |
| 电阻率高压 | 500 V | 介电常数ε | 1.2765 | | |
| 电阻率测试 | 测试 ▼ | 交流高压HV (V) | 2000 | | |
| 自动打印 | 不打印 ▼ | 绝缘电阻Rx (Ω) | 1.3839e+11 | | |
| | | 绝缘电导Gx (S) | 7.2258e-12 | | |
| | | 电阻率ρ (Ω*m) | 9.3830e+11 | | |
| | | 电导率σ (S/m) | 1.0658e-12 | | |
| | | 直流高压HV (V) | 500 | | |
| | | 测试温度T (°C) | 89.94 | | |

退出 打印 测试 加热 自动

图 6-4 油样测试

- 1、从主菜单界面按下“油样测试”菜单进入“图 6-4”；
- 2、直接点击左侧需要设定项的参数值进行选定操作，设置完自动保存；
- 3、不操作，请按“退出”，退回主菜单界面。

附说明：

1) 测试温度设置

方法：一般设置为“90°C”，最高温度 110°C；直接点击“90°C”文字上，按键盘数字修改温度设置。

用途：对于“加热测试”时，加热到设定预设温度时，停止加热，然后恒温；

对于“自动测试”时，当温度加热到预设温度时，设备将进行自动测试。

2) 恒温条件设置

方法：修改“测试温度”设定值，进行恒温控制，设备就会在“加热”达到测试温度条件下运行。

3) 介损高压 HV (tgx) 设置 (AC)

方法：一般设置为“2000V” AC，直接点击“XXXX”数字上，按键盘数字修改测试电压。

用途：请注意该项为 tgx、Cx、ε 的测试电压，在测试时，设备将按照设置的电压，进行加压测试。

4) 电阻率高压 HV (ρ) 设置 (DC)

方法：一般设置为“500V” DC，直接点击“XXX”文字上，按键盘数字修改测试电压。

用途：请注意这是 Rx、Gx、ρ、σ 的测试电压，在测试时，设备将按照设置的电压，进行加压测试。

5) 自动打印设置

方法：直接点击“打印、不打印”文字上，自动打印的开启和关闭切换。

用途：测试完成后，是否自动打印数据的设置。

6) Tgx、Cx 选项测试设置

方法：直接点击“介损测试”旁“测试”文字上，测试和不测试的切换。

用途：选择“测试”时，当“测试”、“加热”及“自动”三种测试模式时，就都会对“tgx、Cx、ε”进行测试；如选择“不测试”时，则不会测试。

7) Rx、Gx、ρ、σ 选项测试设置

方法：直接点击“电阻率测试”旁“测试”文字上，测试和不测试的切换。

用途：选择“测试”时，当“测试”、“加热”及“自动”三种测试模式时，就都会对“Rx、Gx、ρ、σ”测试项进行测试；如选择“不测试”时，则不会测试。

提示：在所有的参数设置完成后，点击“ESC”，按键盘数字修改框关闭，设定参数自动保存。

直接测试

- 1、直接测试是点击屏幕下“测试”项进入启动测试，如“图 6-4”；
- 2、第一次点击“测试”是启动测试，在没有测试完成时，第二次点击“测试”是停止测试，测试完成后点击“测试”是启动测试；
- 3、直接测试就是快速测量油样在常温下的介质损耗值等其它参数；
- 4、测试数据出来后，需打印按“打印”键；
- 5、直接测试过程打开窗口盖子时，会自动断开高压输出，停止测试；
- 6、终止操作，请按“退出”，退回主菜单界面。

加热测试

- 1、加热测试是点击屏幕下“加热”项进入启动加热，如“图 6-4”；
- 2、第一次点击“加热”是启动加热，在没有恒温完成时，第二次点击“加热”是停止测试，测试完成后点击“加热”是启动加热；
- 3、可在测试温度以内，任意实时温度段，按下“测试”键进行测试；
- 4、测试数据出来后，按“打印”键，或者可继续等待加热升温至恒温设定测试；
- 5、加热测试过程打开窗口盖子时，会自动断开加热输出，停止加热；
- 6、终止操作，请按“退出”，退回主菜单界面。

自动测试

- 1、自动测试是点击屏幕下“自动”项进入启动自动测试，如“图 6-4”；
- 2、第一次点击“自动”是启动自动测试，在没有测试完成时，第二次点击“自动”是停止自动测试，测试完成后点击“自动”是启动自动测试；
- 3、按下“自动”键进行自动测试；
- 4、自动测试是先启动加热至测试温度，恒定温度后自动测试介质损耗或电阻率；
- 5、自动测试过程打开窗口盖子时，会自动断开加热或高压输出，停止加热和测试；
- 6、终止操作，请按“退出”，退回主菜单界面。

附说明：当参数测试中介损和电阻率都测试时，设备同时测试两组项目，测试数据结果为“图 6-4”所示为两组；当参数测试中介损和电阻率任意一项不测试时，设备只测试开启项目，测试数据结果

为开启项目的那一组。

3. 使用仪器操作说明及注意事项

- a) 仪器开始运行前，应先接地端接地，电源入口引入 AC220V 电源；
- b) 打开箱盖，可将油杯取出，加热及测试介损时，应将箱盖关上；
- c) 接通电源前，须保证箱盖内两根测量线，完好连接；
- d) 加热后的油杯上会有高温，如要取出油杯等物，应小心操作，以免灼伤；
- e) 启动测试后，油杯上会带高压电，严禁此时取杯；如要取油杯，请停止测试，断电后取杯，应小心操作；
- f) 箱盖具有合盖保护，打开盒盖时，会中断加热及中断高压输出；
- g) 如非必要，不得在测试过程中打开箱盖；
- h) 移动设备时应将油杯取出单独包装，以防止从中掉出碰撞或摔坏油杯。
- i) 出现测试升压过程故障，就是高压保护，可能是油杯底部绝缘油过多，接触不良导致引起，擦拭干净，可以解决问题。

七、运输、贮存

1、运输

设备需要运输时，建议使用包装箱和减震物品，以免在运输途中造成不必要的损坏，给您造成不必要的损失。

设备在运输途中不允许堆码排放。使用包装木箱时允许最高堆码层数为二层。

运输设备途中，仪器面板应朝上，不允许倒置。

2、贮存

设备应放置在干燥无尘、通风无腐蚀性气体的室内。在没有木箱包装的情况下，不允许堆码排放。

设备贮存时，面板应朝上，并在设备的底部垫防潮物品，防止设备受潮。

八、开箱及检查

1、开箱注意事项

开箱前请确定设备外包装上的箭头标志应朝上。开箱时请注意不要用力敲打，以免损坏设备。开箱取出设备，并保留设备外包装和减震物品，既方便了您今后在运输和贮存时使用，又起到了保护环境的作用。

2、检查内容

开箱后取出设备，应检查配件设施，如发现短少，请立即与本公司联系，我公司将尽快及时为您服务。

九、其它

本产品整机保修两年，实行“三包”服务，终身维修，在保修期内凡属本公司设备质量问题，提供免费维修。由于用户操作不当或不慎造成损坏，提供优惠服务。

我们将期待您对本公司产品提出宝贵意见，公司将对您所购买的设备建立用户档案，以便给您的设备提供更快更优质的服务。

如您公司地址和联系方式变更请及时通知，以便让我们给您提供及时的跟踪服务。

附录 A：仪器成套清单

| | | |
|----|-------------------------------|-----|
| 1 | 仪器主机 | 1 台 |
| 2 | 仪器配套专用油杯 | 1 个 |
| 3 | 专用测试线 | 1 根 |
| 4 | 检验专用 2KV 高压测试线（红色线、一端夹子/一端插杆） | 1 根 |
| 5 | 检验专用黑色信号测试线（黑色线、一端夹子/一端接头） | 1 根 |
| 6 | 专用量杯（50ml） | 1 个 |
| 7 | AC220V 电源线 | 1 根 |
| 8 | 使用说明书 | 1 份 |
| 9 | 出厂检验报告/合格证 | 1 份 |
| 10 | 水晶地线 | 1 根 |
| 11 | 仪器配套专用附件箱 | 1 个 |
| 12 | 排油硅胶透明软管 | 1 根 |
| 13 | 保险管、打印纸 | 备用 |

注 意：具体随机配件视出货型号的差异可能有所不同。

附录 B：名称解释

- AC : 交流电源
- DC : 直流电源
- tgx : 被试品油样的介质损耗值
- Cx : 被试品油样的电容容量（单位：法拉，仪器以皮法<pF>计量）
- ε : 被试品油样相对介电常数（根据电容值换算而得到的）
- HV : 被试品油样的高压电压（单位：伏特<V>）
- R x : 被试品油样的绝缘电阻值（单位：欧姆<Ω>）
- G x : 被试品油样的绝缘电导值（单位：西门子<S>）
- ρ : 被试品油样的体积电阻率（是根据绝缘电阻值换算而得到的）
- σ : 被试品油样的体积电导率
- T : 被试品油样实时测试的温度（单位：摄氏度<°C>）
- Ω *m : 被试品油样体积电阻率单位<欧姆米>
- S/m : 被试品油样体积电导单位<西门子/米>
- e ± n : 表示读数乘以 10 的次方（如：1.1316e+12 代表 1.1316×10¹²）
 （如：1.1316e-12 代表 1.1316×10⁻¹²）