

HRVD1000S 变压器容量及空负载测试仪

说

明

书

武汉华瑞远大电力设备有限公司

感谢您购买本公司 HRYD1000S 变压器容量及空负载测试仪。为了正确使用本仪器，请您在使用本仪器之前仔细阅读本说明书，特别是“安全注意事项”部分。

如果您已经阅读完本说明书全文，建议您将此说明书进行妥善的保管，与仪器一同放置或者放在您随时可以查阅的地方，以便在将来的使用过程中进行查阅。



我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的产品可能与使用说明书有少许的差别。如有不清楚之处，请与公司售后服务部联络，我们会及时予以回复。



由于输入输出端子、测试柱等均有可能带电压，您在插拔测试线，可能会产生电火花，小心电击，避免触电危险，注意人身安全！

## 慎重保证

本公司生产的产品，在发货之日起三个月内，如产品出现缺陷，实行包换。两年内如产品出现缺陷，实行免费维修。两年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

## 安全注意事项

请阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止本产品或与其相连接的任何其它产品受到损坏。为了避免可能发生的危险，本产品只可在规定的范围内使用。

只有合格的技术人员才可执行维修与操作。

- ◆ 作为安全措施，该仪器配有保护接地端子，试验前应将装置侧面的接地端子可靠接地。
- ◆ 防止跌落：勿将本仪器置于不平稳的平台或桌面上以防仪器跌落受损。
- ◆ 正确地连接和断开：当设备在测试时，请勿连接或断开测试导线。
- ◆ 仪器在不使用的情况下，请及时关闭电源！
- ◆ 充电电池属于消耗部件，应注意维护，在使用时充电电池有效容量会随时间逐渐降低，从而使有效使用时间缩短，为了尽量提高电池寿命，请注意以下维护措施：如果长期不使用仪器，请定期进行充、放电，电池应至少每月充、放电一次。
- ◆ 严禁亏电使用，亏电将严重缩短电池寿命，甚至使电池报废，当仪器欠电时，应马上关闭电源，进行充电。避免因电池放电时间过长而导致电池失效。
- ◆ 充电灯：充电过程中亮红色；充电完成后亮绿色。
- ◆ 避免接触裸露电路和带电金属：产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。
- ◆ 在有可疑的故障时，请勿操作：如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员进行检查，切勿继续操作。
- ◆ 操作环境：请勿在潮湿环境、易爆环境中操作。
- ◆ 本仪器是精密电子仪器，请在室外使用时注意防止烈日暴晒等高温环境，注意做好遮挡烈日及通风工作，以防仪器过热或导致测量精度下降。
- ◆ 产品运输：运输时请在仪器外面铺垫海绵等缓冲保护物，以免振动颠簸损坏仪器或降低仪器精度。

## 目 录

一、概述 .....	1
二、功能特性 .....	1
三、主要技术指标 .....	2
四、面板功能说明 .....	3
五、操作说明 .....	4
5.1 主界面介绍 .....	4
5.2 容量测试 .....	4
6 空载试验 .....	7
7 负载试验 .....	9
8 数据查询 .....	13
9 系统设置 .....	13
10 主要事项 .....	14
附录一 .....	15
附录二 .....	15
附录三 .....	15
附录四 .....	15
附录五 .....	16
附录六 .....	18
附录七 .....	19

## 一、概述

我国电力系统实行两部制电价：除了收取计量装置所计量的费用外，还要根据变压器容量收取基本电费；对于较大用户在投运变压器时还要一次性交纳增容费。随着电力行业的发展，用电量的增大，自有变压器和私人承包变压器已渐渐占据了配变中相当的份额，随之而来的就是个人为了达到少交费、多用电的目的而采取的各种弄虚作假的手段（主要是改、换变压器铭牌）；电力部门苦于没有有效的监管手段。

HRYD1000S 变压器容量及空负载测试仪是我公司专门针对不良电力用户偷逃基本电费、私自增容问题而研发设计的新型仪器，用于变压器容量、空载、负载等特性参数测量的高精密仪器。本仪器为多功能测量仪器，相当于往常两种测试仪器：即变压器容量测试仪+变压器空负载测试仪。它可对多种变压器的容量、型式、空载电流、空载损耗、短路（负载）损耗、阻抗电压等一系列工频参数进行精密的测量。

本产品具有体积小、重量轻、测量准确度高、稳定性好、操作简单等诸多优点。完全可以取代以往利用多表法测量变压器损耗和容量的方法，接线更简单，测试、记录更方便，使您的工作效率得到了大幅度的提升。

## 二、功能特性

1. 可精确测量各种配电变压器的容量，方便、准确。
2. 可测量变压器的空载电流、空载损耗、短路电压、短路（负载）损耗。
3. 仪器内部自动进行量程切换，允许测量电压、电流范围宽，接线简单。
4. 单机可以完成 1000KVA 以下的配电变压器全电流下的负载实验的测量；在三分之一额定电流下可完成 3150KVA 以下的配电变压器的负载试验的测量（在三分之一的额定电流下，仪器可换算到额定电流下的负载损耗参数）。
5. 所有测试结果均自动进行相关校正。仪器可自动进行诸如：波形校正、温度校正、非额定电压校正、非额定电流校正等多种校正，使测试结果准确度更高。
6. 采用 7 英寸触摸大屏幕，全汉字菜单及操作提示实现友好的人机对话，触屏使操作更简便，宽温液晶带亮度调节，可适应冬夏各季。
7. 自带实时电子钟，自动记录试验的日期、时间利于实验结果的保存、管理。
8. 面板式热敏打印机，可现场快速打印试验结果。

9. 数据（试品设置、测量结果、测试时间等）具备掉电存贮及浏览功能，可以存储 1000 组以上的实验结果，USB 可导出试验数据。
10. 允许外接电压互感器和电流互感器进行扩展量程测量，可测量任意参数的被试品。
11. 仪器可对 10kV 配电变压器的能效等级进行准确的测量与判断，并且对应能效等级，油浸式变压器损耗可测量到 S22（电工钢带）和 SH25（非晶合金）；干式变压器损耗可测量到 SCB18（电工钢带）和 SCBH19（非晶合金）。

### 三、主要技术指标

#### 1、环境条件

温度：-20℃~50℃

环境湿度：10%~85%

海拔高度：<2500m

外界干扰：无特强震动、无特强电磁场

#### 2、测量范围

有源部分：

电流输出：0~10A

电压测量：0~10V

测试容量：容量测量范围：30kVA~65000kVA

特性部分：

电压：20~650V

电流：0.5~100A

频率：45Hz~65Hz

#### 3、测试精度

电压、电流                      ±（读数×0.2%+2字）

功率（ $0.2 \leq \cos \phi \leq 1$ ）    ±（读数×1.0%+2字）

容量                                ±（读数×10%+2字）

#### 4、绝缘强度

电压、电流输入端对机壳的绝缘电阻 $\geq 100M\Omega$ 。

工作电源输入端对外壳之间承受工频 2KV（有效值），历时 1 分钟实验。

#### 5、其他指标

外形尺寸：380×310×155mm

重量：4.5Kg（不含测试线）

## 四、面板功能说明

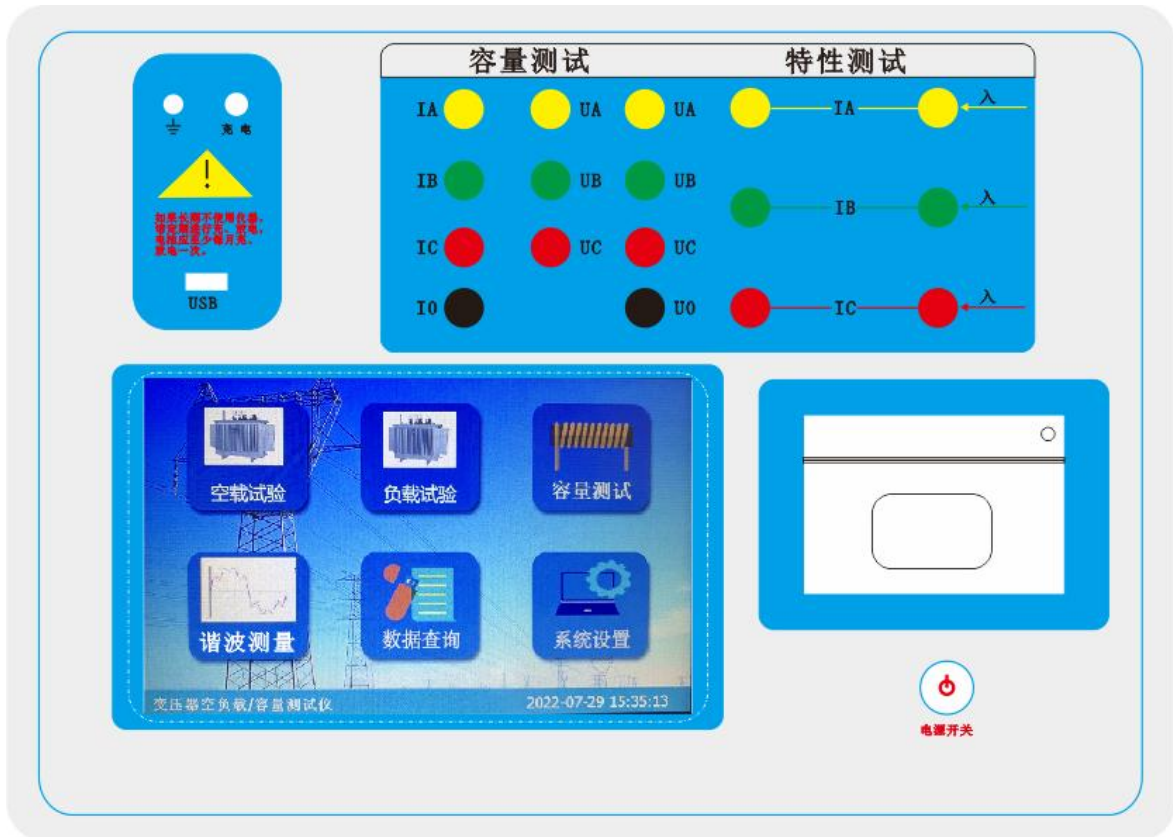


图 1

1. 显示屏：本仪器液晶屏为触摸屏，在屏幕上直接用手触屏，进入相应的功能菜单，按照提示进行相应的操作即可。
2. 各接线端子：用于连接测试线；
3. U 盘接口：外接 U 盘用，用来存储测试数据，请使用 FAT 或 FAT32 格式的优盘。在存储过程中，严禁拔出优盘；
4. 接地柱：仪器必须可靠接地。现场接地点可能有油漆或锈蚀，必须清除干净；
5. 面板式打印机：打印测量结果；
6. 充电口：仪器充电接口，请使用仪器专用充电器。充电器上有充电指示灯，红色表示正在充电，绿色表示充电完成；
7. 电源开关：整机电源开关；

## 五、操作说明

### 5.1、主界面介绍

开机后显示如下界面：



图 2

空载试验：在该菜单中可以测定单相变压器、三相变压器的空载损耗。

负载试验：在该菜单中可以测定单相变压器、三相变压器的负载损耗。

容量测试：在该菜单中可以测定变压器的实际容量、型号、能效等级。

数据查询：对存储的数据进行浏览、打印、删除、U 盘导出等管理。

系统设置：可以设置系统的时间、双表法、三表法、负载损耗折算方式。

### 5、容量测试

5.1) 在“主菜单”屏下选中“容量测试”项后，点击进入“容量测试设置参数”屏



参数名称	设置值
试品编号	1
试品类型	油变
组别	Dyn11/Yzn11
铁芯类型	电工钢带
高压侧额定电压(kV)	10
阻抗电压(%)	4
试品温度(℃)	30
折算温度(℃)	75

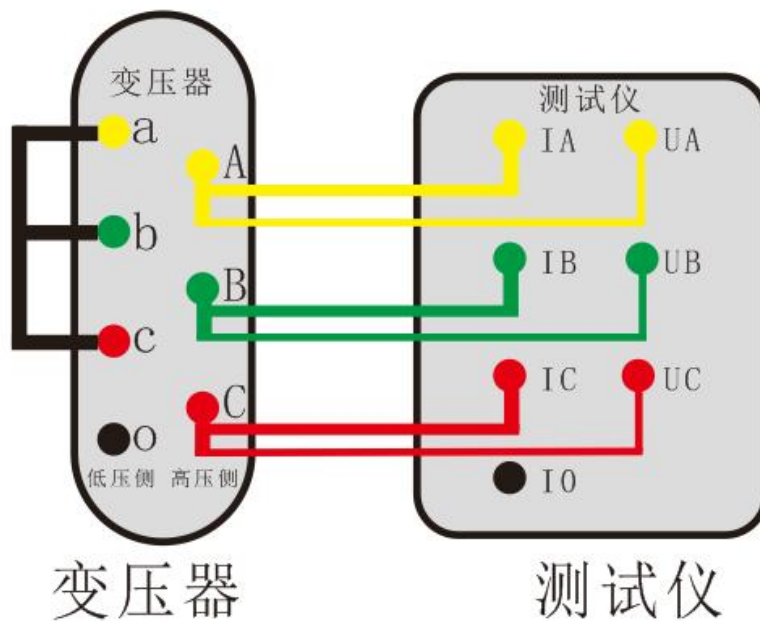
图 3

5.2)、在容量测试的参数设定界面中有以下参数需要设置:

- 试品编号: 设置本次试验的编号。
- 试品类型: 变压器按绝缘形式分为“油浸式变压器”和“干式变压器”。
- 组别: “油浸式变压器”的联结组别可选择“Yyn0”、“Yzn11”、“Dyn11”, 因为变压器不同绝缘形式、不同联结组别的负载损耗是不同的, 因此只有准确输入此参数才能正确判断变压器型式。
- 铁芯类型: 可选择“电工钢带”、“非晶合金”, 因为如果涉及到能效等级判断, 这两种铁芯类型的判断标准不同, 因此只有准确输入此参数才能正确判断能效等级。
- 高压侧额定电压: 设置被测变压器的高压侧额定电压值(变压器的分接档位必须在额定档), 单位 KV。用于区别不同电压等级的变压器。相同容量、不同电压等级变压器的负载损耗试验参数值是不同的, 要做到准确判断, 就必须输入被试变压器的高压侧额定电压。只有 10KV 电压等级的配变才会有能效等级判断。
- 阻抗电压: 若已知阻抗电压应输入阻抗电压, 若不知阻抗电压必须输入 0, 仪器可自动进行判断; 当测试非标变压器时, 需正确输入此参数, 才可测出实际容量。
- 试品温度: 设置被测变压器的当前温度值。
- 折算温度: 用于对测试结果做温度校正, 因容量判断主要的依据为变压器的短路试验的数据包括阻抗电压和负载损耗, 我们将所测出的实际数据, 按要求校正到折算温度下, 再查表得到被试变压器的实际容量; 国标要求油浸式变压器的负载

损耗应在温度为 75℃ 时进行，干变根据不同要求分别为 100℃、120℃、145℃，所以必须将测试结果校正到折算温度才能正确判断变压器容量。

容量测试接线



容量测试结果如下：

容量测试				
	Urms(V)	Irms(A)	COS φ	P(kW)
A	3.995	0.996	0.998	0.0247
B	3.885	0.989	0.995	0.0251
C	3.993	0.992	0.997	0.0260
实测容量 (kVA)	48.988	判断容量 (kVA)	50.000	
额定损耗 (kW)	0.0759	校正损耗 (kW)	0.0886	
国标损耗 (kW)	0.0870	阻抗电压 (%)	3.896	
能效等级	大于三级	型号	>S11	
保存		返回上级		

图 4

- 实测容量：该项显示实际测量的变压器的容量。
- 判定容量：把测得的变压器容量归档到国标规定的标准变压器的容量，如果在“判断容量”时显示“无法判断”，说明变压器容量在两种容量类型之间，无法归类。
- 额定损耗：当前测试条件下实际测得的短路（负载）损耗。
- 国标损耗：如测得容量归档，则显示所归档位的变压器国标短路（负载）损耗值。
- 校正损耗：将测得的负载损耗校正到额定试验条件下所得到的短路（负载）损耗值。
- 阻抗电压：当前试验条件下的被试变压器的阻抗电压。
- 试品类型：如果在判定“试品类型”时显示“未知”，说明变压器类型在两种类型之间，无法归类。只有 10KV 配变才有能效等级判断功能。

## 6、空载试验

根据变压器类型与测试方法参考后面对应的接线图进行正确接线，然后接通仪器的工作电源。

在主界面中选择空载试验，则显示空载试验设置界面如下图：

空载损耗测试-设置参数			
试品编号	20220703		
试品类型	油变	组别	Dyn11/Yzn11
		铁芯	电工钢带
额定容量(KVA)	315	单相/三相	三相
高压侧额定电压(KV)	10	低压侧额定电压(KV)	0.4
高压侧额定电流(A)	18.187	低压侧额定电流(A)	454.663
电压变比	1	电流变比	6
确定		返回上级	

图 5

**试验编号：**设置本次试验的编号。

**试品类型：**变压器按绝缘形式分为“油浸式变压器”和“干式变压器”，当选择“干式变压器”时还需要设置变压器的阻抗电压。在进行空载试验时，此参数须设置正确才能准确判断变压器形式。

**组别：**设置变压器绕组连接组别。

**铁芯：**选择铁芯的材料。

**额定容量：**设置被测变压器的额定容量值，单位 KVA。

**单相/三相：**单项测试或者三相测试。

**额定高压：**设置被测变压器的高压侧额定电压值，单位 KV。

**额定低压：**设置被测变压器的低压侧额定电压值，单位 KV。

**高压额定电流：**设置被测变压器的高压侧额定电流值，单位 A。

**低压额定电流：**设置被测变压器的低压侧额定电流值，单位 A。

**电压变比：**当被测电压超过本仪器的电压测量范围时，需要外接电压互感器扩展量程进行电压测试。此时需要根据外接电压互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 10kV/400V 的 PT 时，应将 PT 变比设置为 25。

**电流变比：**当被测电流超过本仪器的电流测量范围时，需要外接电流互感器扩展量程进行电流测试。此时需要根据外接电流互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 100A/10A 的 CT 时，应将 CT 变比设置为 10。

在完成参数设置后开始进行测试，点击“开始”屏图 6：

空载损耗测试					
	Umean(V)	Urms(V)	Irms(A)	COS φ	P(kW)
A	231.01	231.03	1.098	0.656	0.0272
B	230.89	230.92	0.986	0.648	0.0361
C	231.12	231.05	1.113	0.675	0.0980
平均/总	230.67	231.00	1.065		0.1613
Ps (kW)	0.1613	Po (kW)	0.1637	Io (%)	1.473
Fre(Hz)	49.987	d (%)	-0.005	线电压(V)	399.52
能效等级	大于三级	型号	>S11		

保存
锁定
返回上级

图 6

图 6 完整的显示了空载试验的所有测试结果： $U_{mean}$  (V) 为相电压有效值， $U_{rms}$  (V) 为三相电压的平均值， $I_{rms}$  (A) 为三相电流的平均值， $P_s$  (KW) 为当前电压下的实测功率， $d$  为电压波形畸变系数， $P_o$  (KW) 为校正后的空载损耗， $I_o\%$  为空载电流百分比。

通过调压器缓慢增加试验电压，当  $U_{rms}$  (V) 等于空载试验的低压额定电压时，停止升压。点击“锁定”按钮，当前测试结果已经被锁定，然后“锁定”按钮变为“取消锁定”按钮，此时请迅速操作调压器降压至零位。

在该页面的“保存”把当前的结果保存到随机的存储器上。

**注意：**升压的过程中，要时刻关注  $U_{rms}$  与  $I_{rms}$ ，除避免过压外，更要提防试品异常时试验电流过大损坏仪器或被试品。

按“取消锁定”则将重新对当前变压器进行测试。

如果在判定“试品类型”时显示“无法判定”，说明变压器类型在两种类型之间，无法归类。

只有 10KV 配变才有能效等级判断功能。

### 6.1 三相空载测试接线

将三相电源的“UA”、“UB”、“UC”分别接入仪器的电流输入端子“入 IA”、“入 IB”、“入 IC”，将仪器的电流输出端子“IA”、“IB”、“IC”及电压端子“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的低压侧，变压器的高压侧开路，接线见图 7。

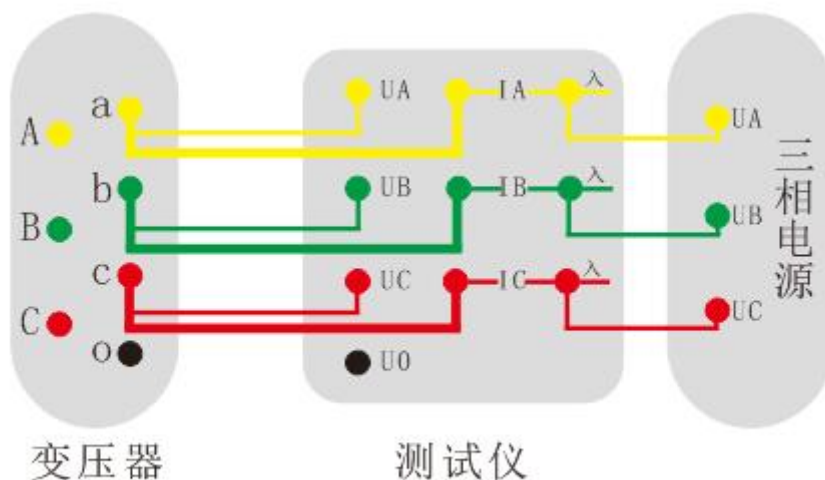




图 7

## 7、负载试验

根据变压器类型参考后面对应的接线图进行正确接线，然后接通仪器的工作电源。

在主界面中选择负载试验，则显示负载试验设置界面如下图：

负载损耗测试-设置参数	
试品编号	20220703
试品类型	油变
组别	Dyn11/Yzn11
铁芯	电工钢带
额定容量(KVA)	315
单相/三相	三相
高压侧额定电压(KV)	10
低压侧额定电压(KV)	0.4
高压侧额定电流(A)	18.187
低压侧额定电流(A)	454.663
电压变比	1
电流变比	6
高压侧线电阻( $\Omega$ )	135
低压侧线电阻(m $\Omega$ )	324
线路电阻(m $\Omega$ )	126
当前环境温度( $^{\circ}\text{C}$ )	28
测电阻时温度( $^{\circ}\text{C}$ )	25
损耗折算温度( $^{\circ}\text{C}$ )	75
<input type="button" value="确定"/> <input type="button" value="返回上级"/>	

图 8

“试品编号”、“试品类型”、“额定容量”、“高压侧额定电压”、“低压侧额定电压”、“高压侧额定电流”、“低压侧额定电流”、“电压变比”、“电流变比”、“高压侧线电阻”、“低压侧线电阻”、“线路电阻”、“当前环境温度”、“测电阻时温度”、“损耗折算温度”为菜单选项。

**试验编号：**设置本次试验的编号。

**试品类型：**变压器按绝缘形式分为“油浸式变压器”和“干式变压器”，其中“油浸式变压器”的联结组别可选择“Yyn0”、“Yzn11”、“Dyn11”，因为变压器不同绝缘形式、不同联结组别的负载损耗是不同的，因此只有准确输入此参数才能正确判断变压器型式。其中铁芯类型选项可选择“电工钢带”、“非晶合金”，因为如果涉及到能效等级判断，这两种铁芯类型的判断标准不同，因此只有准确输入此参数才能正确判断能效等级

**额定容量：**设置被测变压器的额定容量值，单位 KVA。

**额定高压：**设置被测变压器的高压侧额定电压值（变压器的分接档位必须在额定档），单位 kV。用于区别不同电压等级的变压器。相同容量、不同电压等级变压器的负载损耗试

验参数值是不同的，要做到准确判断，就必须输入被试变压器的高压侧额定电压值。只有 10kV 电压等级的配变才会有能效等级判断。

**额定低压：**设置被测变压器的低压侧额定电压值，单位 kV。

**高压电流：**指被测变压器的高压侧额定电流值，做负载试验是所要升到的电流值，单位 A。

**低压电流：**指被测变压器的低压侧额定电流值，单位 A。

**电压变比：**当被测电压超过本仪器的电压测量范围时，需要外接电压互感器扩展量程进行电压测试。此时需要根据外接电压互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 10kV/400V 的 PT 时，应将 PT 变比设置为 25。

**电流变比：**当被测电流超过本仪器的电流测量范围时，需要外接电流互感器扩展量程进行电流测试。此时需要根据外接电流互感器的变比值进行此参数的设置。例如，采用 100A/10A 的 CT 时，应将 CT 变比设置为 10。

**高压侧线电阻：**使用“国标公式法”时才需要设置。指高压侧三相线间直流电阻平均值，即  $(R_{AB}+R_{BC}+R_{CA})/3$ ，单位  $\Omega$ 。

**低压侧线电阻：**使用“国标公式法”时才需要设置。指低压侧三相线间直流电阻平均值，即  $(R_{ab}+R_{bc}+R_{ca})/3$ ，单位  $m\Omega$ 。

**线路电阻：**测试线的电阻值，单位  $m\Omega$ 。

**当前环境温度：**设置被测变压器的当前温度值。

**测电阻时温度：**设置被测变压器使用“国标公式法”做直流电阻时的温度值。

**损耗折算温度：**用于对测试结果做温度校正，国标要求油浸式变压器的负载损耗应在温度为 75℃ 时进行，干变根据不同要求分别为 100℃、120℃、145℃，所以必须将测试结果校正到折算温度才能正确判断变压器形式。

在上图中选择“确定”，进入负载试验测试数据界面图 9：

负载损耗测试					
	Urms(V)	Irms(A)	COS $\phi$	P(kW)	
A	230.20	2.056	0.656	0.1242	
B	229.80	2.126	0.648	0.1301	
C	231.10	2.096	0.675	0.1260	
平均/总	230.36	2.092		0.1267	
Ps (kW)	0.3803	Ukt (%)	3.696	Ukt75(%)	3.896
Pkt(kW)	0.8348	Pkt75(kW)	883.97	Zkt75( $\Omega$ )	156.15
能效等级	大于三级	型号	<S9		
保存		锁定		返回上级	

图 9

上图显示负载试验时的所有测试数据：Urms (V) 为当前三相电压的平均值，Irms (A) 为三相电流的平均值，Ps (KW) 为当前电压下的实测功率，Pt (KW) 为当前温度下校正到额定电流时的负载损耗，Zkt ( $\Omega$ ) 为当前温度下的短路阻抗，Ukt%为当前温度下的短路电压百分比，Ukt75 (%) 为校正温度下的短路电压百分比。

如果在判定“试品类型”时显示“无法判定”，说明变压器类型在两种类型之间，无法归类。

只有 10KV 配变才有能效等级判断功能。

依据 JB/T501-2006 中 14.9 要求，试验时，应保证外加试验电源的频率在 50Hz $\pm$ 5% 范围内。

通过调压器缓慢增加试验电压，当 Irms (A) 等于负载试验高压侧额定电流时，停止升压。点击“锁定”按钮，当前测试结果已经被锁定，然后“锁定”按钮变为“取消锁定”按钮，此时请迅速操作调压器降压至零位。

注意：升压的过程中，要时刻关注 Urms 与 Irms，除避免过压外，更要提防试品异常时试验电流过大损坏仪器或被试品。

在该页面的“保存”把当前的结果保存到随机的存储器上。



### 7.1 三相负载测试接线

将三相电源的“UA”、“UB”、“UC” 分别接入仪器的电流输入端子“入 IA”、“入 IB”、“入 IC”，将仪器的电流输出端子“IA”、“IB”、“IC”及电压端子“UA”、“UB”、“UC” 分别接到变压器的高压侧, 变压器的低压侧要可靠短路，并确保接触电阻可以忽略，以免影响测试数据，接线见图 10。

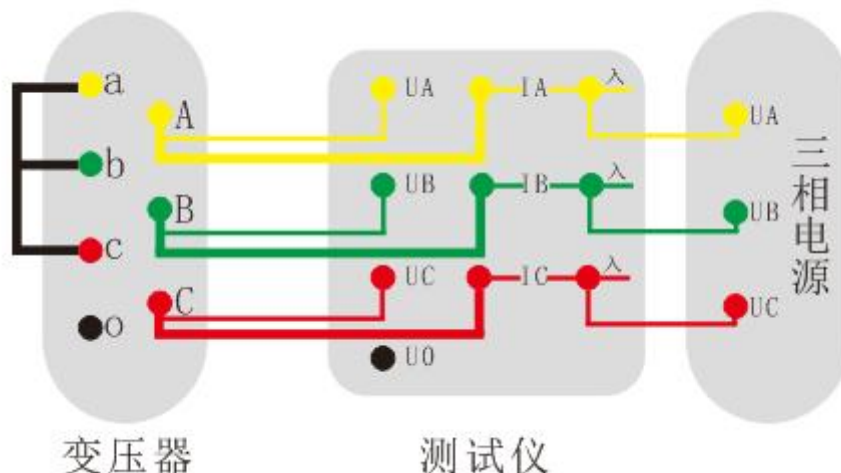


图 10

### 8、数据查询

在“主菜单”界面点击“数据查询”进入，此屏幕用于查看已经保存至本机存储器的测量结果历史记录。

#### 数据列表

序号	试品编号	试验时间	试验类型
1	20220703	2022-07-03 12:01:23	空载损耗
2	20220703	2022-07-03 12:10:13	负载损耗
3	20220703	2022-07-03 12:18:38	容量

	A	B	C	平均/总
Umean(V)	400.01	399.89	400.12	400.00
Urms(V)	400.11	399.92	400.05	400.02
Irms(A)	1.098	0.986	1.113	1.065
COSφ	0.656	0.648	0.675	
P(kW)	0.0272	0.0361	0.9802	0.1613
P总(kW)	0.1613	Po(kW)	0.1637	
Fre(Hz)	49.987	Io(%)	1.473	
D (%)	-0.005	能效	3级	
容量(kVA)	50.00			
试验时间	2022-07-03 12:01:23			

打印 导出 上一页 下一页 清除 返回上级

图 11 数据查询界面

数据列表下面序号的数字表示当前记录的编号（即第几条记录），试验时间，试验类型；点击序号可查看不同编号的记录，右侧会显示试验数据，点击“打印”键可直接打印试验

结果，“导出”键可插上U盘导出需要的试验数据、“上一页，下一页”键可翻页查看存储的试验数据，“清除”键可删除数据操作，“返回上级”键可返回主界面。

## 9、系统设置

在“主菜单”界面点击“系统设置”项后，进入“系统设置”屏。



图 12

“接线方式”可选择三表法，双表法接线方式。

“负载损耗折算方式”可选择温度系数法，国标公式法。

“系统时间年/月/日”可更日期。

“系统时间时/分/秒”可更改时间。

## 10、注意事项

**10.1** 使用仪器时请按本说明书接线和操作。

**10.2** 接地端子应就近可靠接地。

**10.3** 测试开始前请输入正确的参数，仪器内部校正运算都要依赖于输入的设置参数。

**10.4** 测试菜单项选择和实际测试项目及接线要一致。

**10.5** 电流回路用粗线连接，电压回路用细线连接。

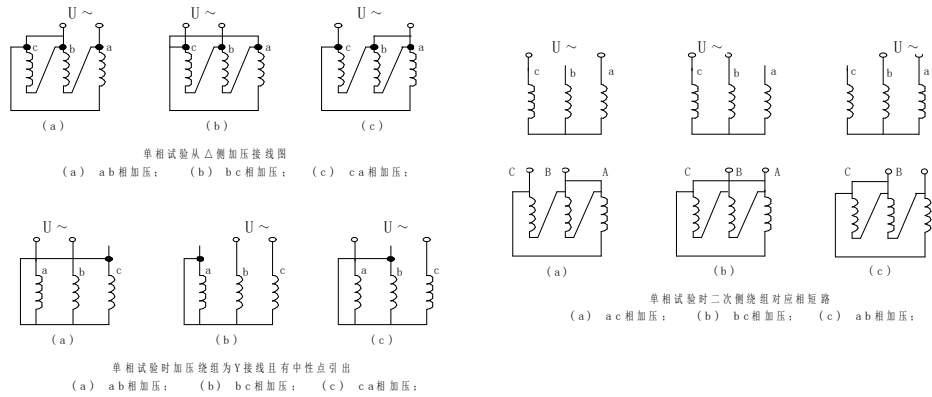
**10.6** 试验加压时，注意监测电压、电流不要超过仪器额定值，以免损坏仪器。

**10.7** 测试过程中，不允许拆除地线及仪器接线，严禁带电接拆线操作。

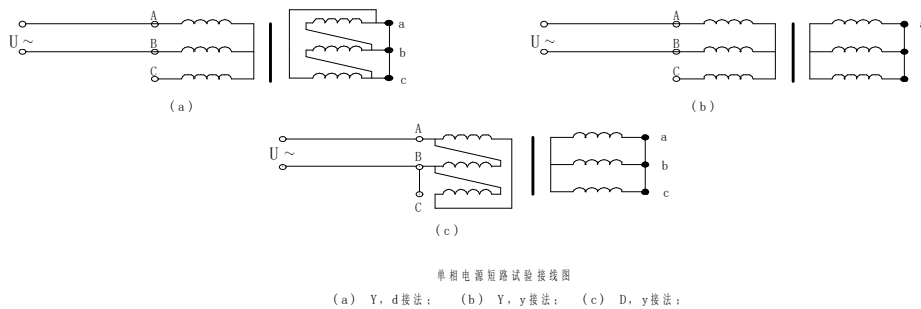
**10.8** 单相测量时必须用A相测量。

**10.9** 为安全起见，测试完成后应储存数据，然后断开三相测试电源，再翻看测试结果数据或从存储器中仔细查看各项数据和打印数据。

### 附录一：单相测试空载时各种接线方法的变压器短路方法



### 附录二：单相电源负载损耗试验接线图



### 附录三：空载损耗试验时试验电源容量的确定

为了选用合适的试验电源，必须在试验前确定其容量。

根据被试变压器的铭牌容量及铭牌所载的空载电流百分数（无铭牌或铭牌未给出数值的，可查取同型式变压器的额定数据），在额定电压下进行试验时，按下式计算：

$$S' = S_n I_0 \%$$

式中：

$S'$  试验所需电源容量；

$S_n$  变压器额定容量；

$I_0 \%$  空载电流百分比。

### 附录四：负载损耗试验时试验电源容量的确定

负载损耗试验所需电源容量  $S$  可按下式计算：

所需试验电压  $U_k$  为：

$$S \geq S_n \frac{U_k}{100} \left( \frac{I_k}{I_n} \right)^2$$

$$U_k = U_n \frac{U_k \%}{100} \frac{I_k}{I_n}$$

式中：

$S_n$ 、 $U_n$  分别为额定容量和额定电压；

$I_n$ 、 $I_k$  分别为额定电流和短路试验电流；  
 $S$ 、 $U_k$  分别是所需的视在功率和短路试验电压；  
 $U_k\%$  被试变压器短路电压百分数（%）。

#### 附录五：显示结果说明及理论计算公式

“双表法”指双瓦特表测量变压器损耗试验方法，按三相三线制接线，“三表法”指三瓦特表测量变压器损耗试验方法，按三相四线制接线。

负载试验温度换算公式

$$\text{阻抗电压百分比: } u_{kt}\% = \sqrt{u_k^2 + \left(\frac{P_k}{10S_n}\right)^2} \times (k_t^2 - 1) \times 100\%$$

$$\text{短路阻抗: } z_t = u_{kt} \times \frac{u_n^2}{S_n}$$

温度系数法换算公式为:  $P_{kt} = K_t P_k$

国标公式法换算公式为:  $P_{kt} = \frac{P_k + \sum I_n^2 R_T (K_t^2 - 1)}{K_t}$

上述公式符号含义:

$t$  一校正的目标温度，也即 75 或 120

$T$  一当前环境温度

$t_R$  一测量电阻时的温度

$K_t$  一当前环境温度换算到  $t$  (75 或 120) 度的温度系数,  $K_t = \frac{235+t}{235+T}$

$K_R$  一将测量电阻时的温度换算到当前环境温度  $T$  的温度系数,  $K_R = \frac{235+T}{235+t_R}$

$U_o$  一实测三相电压有效值的平均值,  $U_o = (U_{ab} + U_{bc} + U_{ca})/3$

$I_o$  一实测三相电流有效值的平均值,  $I_o = (I_a + I_b + I_c)/3$

$P'_k$  一实测变压器总损耗功率, 两表法  $P'_k = P_{ab} + P_{bc}$ , 三表法  $P'_k = P_a + P_b + P_c$

$u_k$  一当前温度下阻抗电压百分比,  $u_k = (U_o / U_n) * (I_n / I_o)$

$P_k$  一当前温度下, 折算到额定电流的总损耗功率,  $P_k = P'_k * (I_n / I_o)$

$U_n$ —施加电压测的额定电压，若电压从高压侧施加则为  $U_{n1}$ ，若电压从低压侧施加则为  $U_{n2}$ 。

$I_n$ —施加电压侧的额定电流，若电压从高压侧施加则为  $I_{n1}$ ，若电压从低压侧施加则为  $I_{n2}$ 。

$S_n$ —所测变压器的额定容量（单位为 KVA）。

$U_{n1}/U_{n2}$ —分别表示被测变压器高压侧和低压测的额定电压。

$I_{n1}/I_{n2}$ —分别表示被测变压器高压侧和低压测的额定电流。

$\Sigma I_n^2 R$ ——被测试变压器高、低压侧三相绕线的电阻损耗（单位：W）；“Y”与“D”型接法的电阻损耗= $1.5I_n^2 R_x$ 。“Yn”型接法的电阻损耗= $3I_n^2 R_{xn}$ ，其中  $R_x$ ——人工键入高/低压侧的线电阻， $R_{xn}$ ——人工键入高/低压侧的相电阻（ $x=1$ 或 $2$ ）。

$\Sigma I_n^2 R_T$ ——折算到当前温度的变压器绕线电阻损耗， $\Sigma I_n^2 R_T = K_R * \Sigma I_n^2 R$ 。

附录六：10kV 油浸式三相双绕组无励磁调压配电变压器能效等级

额定容量 kVA	1 级						2 级						3 级						短路 阻抗 %
	电工钢带			非晶合金			电工钢带			非晶合金			电工钢带			非晶合金			
	空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		空载 损耗 W	负载损耗 W		
		Dyn11/Yzn11	Yyn0		Dyn11/Yzn11	Yyn0		Dyn11/Yzn11	Yyn0		Dyn11/Yzn11	Yyn0		Dyn11/Yzn11	Yyn0		Dyn11/Yzn11	Yyn0	
30	65	455	430	25	510	480	70	505	480	33	535	510	80	630	600	33	630	600	
50	80	655	625	35	735	700	90	730	695	43	780	745	100	910	870	43	910	870	
63	90	785	745	40	880	840	100	870	830	50	930	890	110	1 090	1 040	50	1 090	1 040	
80	105	945	900	50	1 060	1 010	115	1 050	1 000	60	1 120	1 070	130	1 310	1 250	60	1 310	1 250	
100	120	1 140	1 080	60	1 270	1 215	135	1 265	1 200	75	1 350	1 285	150	1 580	1 500	75	1 580	1 500	
125	135	1 360	1 295	70	1 530	1 450	150	1 510	1 440	85	1 615	1 540	170	1 890	1 800	85	1 890	1 800	
160	160	1 665	1 585	80	1 870	1 780	180	1 850	1 760	100	1 975	1 880	200	2 310	2 200	100	2 310	2 200	
200	190	1 970	1 870	95	2 210	2 100	215	2 185	2 080	120	2 330	2 225	240	2 730	2 600	120	2 730	2 600	
250	230	2 300	2 195	110	2 590	2 470	260	2 560	2 440	140	2 735	2 610	290	3 200	3 050	140	3 200	3 050	
315	270	2 760	2 630	135	3 100	2 950	305	3 065	2 920	170	3 275	3 120	340	3 830	3 650	170	3 830	3 650	
400	330	3 250	3 095	160	3 660	3 480	370	3 615	3 440	200	3 865	3 675	410	4 520	4 300	200	4 520	4 300	
500	385	3 900	3 710	190	4 380	4 170	430	4 330	4 120	240	4 625	4 400	480	5 410	5 150	240	5 410	5 150	
630	460	4 460	4 250	250	5 020	4 780	510	4 960	4 740	320	5 300	5 040	570	6 200	5 900	320	6 200	5 900	
800	560	5 400	5 150	300	6 075	5 780	630	6 000	5 740	380	6 415	6 110	700	7 500	7 150	380	7 500	7 150	
1 000	665	7 415	7 015	360	8 340	7 880	745	8 240	7 840	450	8 800	8 300	830	10 300	9 750	450	10 300	9 750	
1 250	780	8 640	8 140	425	9 720	9 180	870	9 600	9 060	530	10 260	9 660	970	12 000	11 300	530	12 000	11 300	
1 600	940	10 440	9 840	500	11 745	11 045	1 050	11 600	10 900	630	12 400	11 600	1 170	14 500	13 600	630	14 500	13 600	
2 000	1 085	13 180	12 380	550	14 000	13 150	1 225	14 640	13 790	710	14 800	13 850	1 360	18 300	17 100	710	18 300	17 100	
2 500	1 280	13 360	12 460	670	15 450	14 450	1 440	14 840	13 840	860	16 300	15 100	1 600	21 200	19 600	860	21 200	19 600	



附录七：10kV 干式三相双绕组无励磁调压配电变压器能效等级

额定容量 kVA	1 级												2 级												3 级												短路 阻抗 %
	电工钢带				非晶合金				电工钢带				非晶合金				电工钢带				非晶合金				电工钢带				非晶合金								
	空载 损耗 W		负载损耗 W		空载 损耗 W		负载损耗 W		空载 损耗 W		负载损耗 W		空载 损耗 W		负载损耗 W		空载 损耗 W		负载损耗 W		空载 损耗 W		负载损耗 W		空载 损耗 W		负载损耗 W		空载 损耗 W		负载损耗 W						
	B (100 °C)	F (120 °C)	H (145 °C)	W (145 °C)	B (100 °C)	F (120 °C)	H (145 °C)	W (145 °C)	B (100 °C)	F (120 °C)	H (145 °C)	W (145 °C)	B (100 °C)	F (120 °C)	H (145 °C)	W (145 °C)	B (100 °C)	F (120 °C)	H (145 °C)	W (145 °C)	B (100 °C)	F (120 °C)	H (145 °C)	W (145 °C)	B (100 °C)	F (120 °C)	H (145 °C)	W (145 °C)	B (100 °C)	F (120 °C)	H (145 °C)	W (145 °C)					
30	105	605	640	685	50	605	640	685	130	605	640	685	60	605	640	685	150	670	710	760	70	670	710	760	70	670	710	760	70	670	710	760					
50	155	845	900	965	60	845	900	965	185	845	900	965	75	845	900	965	215	940	1000	1070	90	940	1000	1070	90	940	1000	1070	90	940	1000	1070					
80	210	1160	1240	1330	85	1160	1240	1330	250	1160	1240	1330	100	1160	1240	1330	295	1290	1380	1480	120	1290	1380	1480	120	1290	1380	1480	120	1290	1380	1480					
100	230	1330	1415	1520	90	1330	1415	1520	270	1330	1415	1520	110	1330	1415	1520	320	1480	1570	1690	130	1480	1570	1690	130	1480	1570	1690	130	1480	1570	1690					
125	270	1565	1665	1780	105	1565	1665	1780	320	1565	1665	1780	130	1565	1665	1780	375	1740	1850	1980	150	1740	1850	1980	150	1740	1850	1980	150	1740	1850	1980					
160	310	1800	1915	2050	120	1800	1915	2050	365	1800	1915	2050	145	1800	1915	2050	430	2000	2130	2280	170	2000	2130	2280	170	2000	2130	2280	170	2000	2130	2280					
200	360	2135	2275	2440	140	2135	2275	2440	420	2135	2275	2440	170	2135	2275	2440	495	2370	2530	2710	200	2370	2530	2710	200	2370	2530	2710	200	2370	2530	2710					
250	415	2330	2485	2665	160	2330	2485	2665	490	2330	2485	2665	195	2330	2485	2665	575	2590	2760	2960	230	2590	2760	2960	230	2590	2760	2960	230	2590	2760	2960					
315	510	2945	3125	3355	195	2945	3125	3355	600	2945	3125	3355	235	2945	3125	3355	705	3270	3470	3730	280	3270	3470	3730	280	3270	3470	3730	280	3270	3470	3730					
400	570	3375	3590	3850	215	3375	3590	3850	665	3375	3590	3850	265	3375	3590	3850	785	3750	3990	4280	310	3750	3990	4280	310	3750	3990	4280	310	3750	3990	4280					
500	670	4130	4390	4705	250	4130	4390	4705	790	4130	4390	4705	305	4130	4390	4705	930	4590	4880	5230	360	4590	4880	5230	360	4590	4880	5230	360	4590	4880	5230					
630	775	4975	5290	5660	295	4975	5290	5660	910	4975	5290	5660	360	4975	5290	5660	1070	5530	5880	6290	420	5530	5880	6290	420	5530	5880	6290	420	5530	5880	6290					
630	750	5050	5365	5760	290	5050	5365	5760	885	5050	5365	5760	350	5050	5365	5760	1040	5610	5960	6400	410	5610	5960	6400	410	5610	5960	6400	410	5610	5960	6400					
800	875	5895	6265	6715	335	5895	6265	6715	1035	5895	6265	6715	410	5895	6265	6715	1215	6550	6960	7460	480	6550	6960	7460	480	6550	6960	7460	480	6550	6960	7460					
1000	1020	6885	7315	7885	385	6885	7315	7885	1205	6885	7315	7885	470	6885	7315	7885	1415	7650	8130	8760	550	7650	8130	8760	550	7650	8130	8760	550	7650	8130	8760					
1250	1205	8190	8720	9335	455	8190	8720	9335	1420	8190	8720	9335	550	8190	8720	9335	1670	9100	9690	10370	650	9100	9690	10370	650	9100	9690	10370	650	9100	9690	10370					
1600	1415	9945	10555	11320	530	9945	10555	11320	1665	9945	10555	11320	645	9945	10555	11320	1960	11050	11730	12580	760	11050	11730	12580	760	11050	11730	12580	760	11050	11730	12580					
2000	1760	12240	13005	14005	700	12240	13005	14005	2075	12240	13005	14005	850	12240	13005	14005	2440	13600	14450	15560	1000	13600	14450	15560	1000	13600	14450	15560	1000	13600	14450	15560					
2500	2080	14535	15445	16605	840	14535	15445	16605	2450	14535	15445	16605	1020	14535	15445	16605	2880	16150	17170	18450	1200	16150	17170	18450	1200	16150	17170	18450	1200	16150	17170	18450					