

前 言

使用本试验系统仪器之前，请您详细地阅读使用说明书，为了让您尽快熟练地操作本仪器，我们随机配备了内容详细的使用说明书，这会有助于您更好的使用该产品。从中您可以获取有关产品介绍、使用方法、仪器性能以及安全注意事项等各方面的知识。

在编写本说明书时，我们非常小心和严谨，并认为说明书中所提供的信息是正确可靠的，然而难免会有错误和疏漏之处，请您多加包涵并热切欢迎您的指正。

我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，同时我们保留对仪器使用功能进行改进和升级的权力，如果您发现仪器在使用过程中其功能与说明书介绍的不完全一致，请以仪器的实际功能为准。在产品的使用过程中发现有什么问题，请与我们联系！我们将尽力提供完善的技术支持！



目 录

CTPZ-10kV 配网综合试验台	5
1、功能特点	6
2、主要参考标准.....	7
3、系统测试项目.....	7
4、设备组成	7
5、测试系统软件.....	8
6、设备配置清单.....	9
7、附配件清单	10
8、技术参数	12
9、附录：10kV 主要设备交接试验项目	14
试验台电气控制	17
1、面板说明	17
2、工频耐压实验操作.....	18
3、三倍频耐压试验操作.....	19
4、损耗三相测试.....	20
试验台计算机集控	22
1、测试系统软件.....	22
2、开机界面	22
3、功能说明	22
4、常见问题	23
试验台测试仪器设备操作	24
一、CTYD-5/60 工频耐压试验装置.....	24
1、结构	24
2、工作原理	24
3、试验现场布置.....	24
4、操作试验方法.....	24
5、其他说明：	24
5、安全注意事项.....	25
二、CTBP-10 三倍频发生器.....	26
1、技术参数	26
2、工作原理	26
3、使用方法	26
4、外接补偿问题.....	26
三、CT3500 变压器特性参数测试仪	27
1、仪器主要功能.....	27
2、主要技术指标.....	27
3、仪器面板	27
4、测试界面	28
5、变压器短路阻抗测试操作.....	29
6、变压器容量测试操作.....	36

7、变压器空载损耗测试操作	42
8、变压器负载损耗测试操作	50
9、注意事项	57
附录 1、国标 GB1094.1 与 IEC76.1 允许偏差对照表	58
附录 2、变压器技术参数	59
四、CT3310Z 三通道变压器直阻仪	63
1、主要技术指标	63
2、仪器面板	63
3、接线与操作	64
4、测试界面	64
5、使用说明	65
五、CT3103 全自动变比组别测试仪	70
1、仪器面板	70
2、测试软件	70
3、变比试验	72
4、技术指标	75
5、故障提示事项	75
六、CT2120 回路电阻测试仪	76
1、面板	76
2、测试软件	76
3、接线与操作	77
4、技术指标	77
5、标准电阻	77
6、简单故障分析与排除	78
附录、断路器导电回路电阻标准参考值	78
七、CTZG-60/2 智能直流高压发生器	79
1、工作原理框图	80
2、技术参数	80
3、使用说明	81
4、倍压筒	85
5、直流高压光纤微安表	85
6、故障检查与处理	86
7、软件操作	86
八、MIC-2501 绝缘电阻测试仪	97
1、产品特点	97
2、技术指标	97
3、电气安全	98
4、其他技术参数:	98
5、软件操作	99
九、CT2009 高压开关动特性测试仪	102
1、功能特点	102
2、面板接线	102
3、菜单	104
4、测速安装	113

5、测试方法	113
6、参数概念	114
7、技术指标	115
附录、典型开关生产厂家速度定义表	116

CTPZ-10kV 配网综合试验台

为全面配合《国家电网公司配电建设改造行动计划》及《国家电网公司配电建设改造“十三五”规划》文件精神，大力推广“工厂化装配送”一体化成套装置及解决方案，我司积极响应全国各配电网工厂提出的配电网标准化建设改造创建等一系列技术要求，严格按照项目需求“一图一表”、设备选型“一步到位”、技术工艺“一模一样”、管控信息“一清二楚”的“四个一”工作要求，坚持“统一规划、统一标准、安全可靠、坚固耐用”的原则，将魔方式的模块与机械化相结合，推出自动流水线工艺、安装智能物流系统，实施信息化时时监控，有效的减少现场工作，降低劳动强度，为配电网建设提供安全、高质量、高效率的综合试验台，真正意义上实现现场作业“一种工具”解决所有问题。

国家电网公司文件

国家电网运检〔2016〕319号

国家电网公司关于开展10千伏及以下配电网标准化建设改造创建活动的通知

各省（自治区、直辖市）电力公司，南瑞集团，中国电科院、国网经研院、国网能源院：

为全面贯彻《关于加快配电网建设改造的指导意见》（发改能源〔2015〕1899号）和《配电网建设改造行动计划（2015-2020年）》（国能电力〔2015〕290号）文件精神，全面落实公司有关配电网建设改造的导则、标准和规范，根据2016年公司重点工作安排，公司决定开展“10千伏及以下配电网标准化建设改造创建活动”，现将工作方案印发给你们（见附件），请认真贯彻执行。

附件：10千伏及以下配电网标准化建设改造创建活动工作方案

国家电网公司

2016年4月7日

（此件发至收文单位本部）

本试验台按照《国家电网运检〔2016〕319号》关于开展10千伏及以下配电网标准化建设改造创建活动的通知，配电网工厂化装配送检测要求，根据10kV及以下配电网建设技术规范，参照《GB 50150-2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准》及按工厂化装配送一体化物料车间运转流程布置，可对配电变压器（10kV容量630kVA-2500kVA）、高压开关、母排、分支令克、绝缘子、避雷器、互感器、电缆等设备进行检测。采用一体化结构台体，将调压电源、控制电路、显示表计、模块式测量仪器单元（可选配）及计算机综合测试系统等备高度集成为一体，测试接线一次完成，自动切换。

1、功能特点

1、试验种类全

试验台可根据试品种类，容量、合理配置，一套装备全搞定。

2、模块化配置

测试仪器采用模块积木式搭接，选配测试仪器与项目。

3、自动接驳线

变压器直阻、变比、空载、负载损耗测试线自动接驳，大大提高测试效率。

4、安全保障性

电气信号自动检测报警，机械与电气互锁，有效防止误动作情况的发生。

2、主要参考标准

GB 50150-2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

DL/T596-2015 电力设备预防性试验规程

DL/T 846- 高电压测试设备通用技术条件

3、系统测试项目

- 1、三相电压有效值
 - 2、三相电流有效值
 - 3、三相电压平均值
 - 4、三相电流平均值
 - 5、绝缘电阻测试
 - 6、工频交流耐压。
 - 7、变压器的空载损耗和空载电流测量
 - 8、变压器的短路阻抗和负载损耗测量
 - 9、变压器的容量测试
 - 10、变压器直流电阻测试
 - 11、变压器的变比组别测量
 - 12、高压开关、母排回路电阻
 - 13、高压开关、隔离开关动特性
 - 14、氧化锌避雷器直流泄露电流
 - 15、开关柜、绝缘子交流耐压。
 - 16、互感器感应耐压、变比等试验。
 - 17、选配项目：有载分接开关测试、油介电强度测试、互感器综合参数测试等。
- 更多测试项目可选配。

4、设备组成

本试验台采用一体化结构，将控制电路、显示、测量、电脑、检测仪器单元、计算机集控系统，操作工作台等组成。



5、测试系统软件

本系统基于 Windows 构架，支持各项测试仪器软件的联机、测试及数据管理，可根据用户测试要求模块化配置。



6、设备配置清单

部件型号名称	规格	数量	单位	试品类型
3 联控制台（电气系统）	电气控制、表计，与 2 联台合用。	1	套	
2 联控制台（工控机系统）	工业控制电脑、显示器、打印机	1	套	
高、低压电线电缆、辅件	指控制台到调压器、试验变、三倍频等的连接线。	1	套	
试验台测试容量（变压器容量）	☒ 适合 10kV / 630kVA 配变，标配	1	套	
	☐ 适合 10kV /1000kVA 配变，选配			
	☐ 适合 10kV /1600kVA 配变，选配			
	☐ 适合 10kV /2500kVA 配变，选配			
CTYD-10/60 工频耐压试验装置	10kVA/60kV，选配油杯，可做油介电测试	1	套	开关、分支令克、绝缘子
CTBP-10 三倍频发生器	互感器感应耐压	1	套	互感器
CT33 变压器测试一次接线转换器	变压器类测试一次接线转换	1	套	变压器损耗、直阻、变比一次接线
CT3500 变压器特性参数测试仪	空载、负载、容量、短路阻抗	1	套	变压器
CT3310Z 三通道变压器直阻仪	电流 5A+5A	1	套	变压器
CT3103 全自动变比组别测试仪	单相、三相、Z 型、PT	1	套	变压器
CT2120 回路电阻测试仪	电流 100A，量程 20mΩ	1	套	开关、母排回路
CTZG-60/2 直流高压发生器	60kV/2mA	1	套	氧化锌的泄露电流、电缆
MIC-2501 绝缘电阻测试仪	2500V	1	套	电缆、变压器
CT2009 高压开关动特性测试仪	机械特性，范围 20s	1	套	高压开关、动作电压
CT3000 有载分接开关测试仪	选配	1	套	变压器有载开关
CT5800 互感器综合参数测试仪	选配	1	套	互感器
CT3301 油介电强度测试仪	选配	1	套	绝缘油

注 1： 客户自己准备电源进线

7、附配件清单

CTYD-10/60 工频耐压试验装置

序号	名 称	数量	单位	备 注
1	6m 5 芯测试连接线	1	组	4mm ² 红色输入测试线 2, 黑色接地线 1
				1mm ² 绿色仪表测量线 2
2	3m 高压输出线	1	根	1.6mm ² 试验变压器高压输出用

CTBP-10 三倍频发生器

3	6m 带钳电流电压测试线	1	套	2.5mm ² 红黑输入测试线各 1
---	--------------	---	---	-------------------------------

CT3500 变压器损耗参数测试仪

4	6m 带钳电流电压测试线	2	组	8mm ² +1.6mm ² 黄绿红黑电流电压带钳线各 2
				损耗、直阻、变比高低压侧共用测试线
5	8m 黑色单芯测试线	1	根	1.6mm ² UO 至中性点接线
6	2m 黑色短接测试线	1	根	6mm ² 分相间短接用
7	大电流短路线	1	根	低压侧短路用

CT3310Z 三通道变压器直阻仪

8	6m 带钳电流电压测试线	2	组	8mm ² +1.6mm ² 黄绿红黑电流电压带钳线各 2
				损耗、直阻、变比高低压侧共用测试线

CT3103 全自动变比组别测试仪

9	6m 带钳电流电压测试线	2	组	8mm ² +1.6mm ² 黄绿红黑电流电压带钳线各 2
				损耗、直阻、变比高低压侧共用测试线

CT2120 回路电阻测试仪

10	6m 100A 带钳电流电压测试线	1	套	10mm ² +1.6mm ² 红黑电流电压带钳线各 1
----	-------------------	---	---	--

CT2009 高压开关动特性测试仪

11	测试夹钳	1	包	30mm 测试夹黄绿红各 4、黑 7
				10mm 绝缘测试夹绿 1、红 2、黑 2
				5mm 测试夹绿 1、红 2、黑 2
12	两芯直流线	1	组	红黑线, 直流电源输入或输出用
13	三芯控制线	1	组	绿红黑三色, 控制或倒采样用
14	8m 4 芯黄绿红黑组线	1	组	时间断口线
15	8m 3 芯电阻传感器测速线	1	根	连接仪器传感器
16	0.5m 黑色短接线	2	根	触头短接用
17	电阻转角传感器: 345 度	1	支	角轴法测速用
18	50mm 电阻直线传感器	1	支	真空开关测速用

19	工具	1	包	安装用
20	万能安装支架	1	付	固定测速传感器用
21	直线滑阻固定块	1	块	固定直线传感器

CT33 变压器测试一次接线转接器

22	0.5m 三相单芯电流线	1	套	8mm ² 黄绿红至损耗测试仪各 1
23	0.5m 短接测试线	1	套	1.6mm ² 黄、绿、红、黑各若干
				至损耗、变比、直阻短接线
24	6m 带钳电流电压测试线	2	组	8mm ² +1.6mm ² 黄绿红黑电流电压带钳线各 2
				损耗、直阻、变比高低压侧共用测试线

CTZG-60/2 直流高压发生器

25	直流高压发生器主机	1	台	含倍压筒、放电棒等单独附配件
----	-----------	---	---	----------------

MIC-2501 绝缘电阻表

26	绝缘电阻表主机	1	台	含单独附配件
----	---------	---	---	--------

其他

27	1×8 串口分配器	1	个	电脑分配多串口至测试仪
28	1.5m RS232 数据线	8	根	串口分配器至测试仪
29	交流电源线	7	根	8mm ² 黄绿红至损耗测试仪各 1
30	3m 透明接地线	3	根	仪器及台体接地用
31	工业级电脑一体机	1	台	主控电脑
32	鼠标、键盘套装	1	套	电脑配件
33	HP-DeskJet2132 打印机	1	台	含单独附配件
34	说明书	1	套	含试验台、测试仪及主控软件
35	合格证	1	张	试验台

8、技术参数

1、控制台输入电源：三相 380V /40A 频率 50Hz

1) 3 联控控制台（电气系统）外形尺寸：长 2.5 米、宽 1 米、高 1.25 米 重量：300kg

2) 2 联控控制台（工控系统）外形尺寸：长 1.2 米、宽 1 米、高 1.25 米。重量：150kg

2、YD-10/60 工频耐压试验装置：容量 10kVA/60kV， 选配油杯，可做油介电测试

3、CTBP-10 三倍频发生器：容量 10kW/300V

4、CT3500 变压器特性参数测试仪

1) 电压测量范围：AC 0~850V

2) 电流测量范围：AC 0~80A

3) 频率测量范围：35~65Hz

4) 功率因素测量范围：0~1.0

5) 阻抗测量范围：1 Ω ~200 Ω

6) 测量精度：电压、电流、频率： $\pm 0.2\% \pm 3$ 字

功率、阻抗：0.05< $\cos \varphi$ ≤0.1 $\pm 1\% \pm 3$ 字

$\cos \varphi > 0.1$ $\pm 0.5\% \pm 3$ 字

容量：10%

5、CT3310Z 三通道变压器直阻仪

1) 电流输出：三通道：5A+5A、1A+1A；单通道：10A、5A、1A

2) 测试指标：温度：-55℃~+125℃

测试范围：1m Ω ~200 Ω

10A：1m Ω ~2 Ω

5A：10m Ω ~5 Ω

1A：1 Ω ~200 Ω

3) 准确度：0.2%读数 ± 2 字

4) 最高分辨率：0.1 $\mu\Omega$

6、CT3103 全自动变比组别测试仪

1) 测试电源：三相电源，相电压 AC160V/10V

2) 显示位数：5 位，高分辨率：0.0001

3) 量程精度：

A：160V 测试电压：

1) 0.9-500：0.1% ± 2 个字；

2) 500-3000：0.2% ± 2 个字；

3) 3000-10000：0.5% ± 2 个字

B：10V 测试电压：

1) 0.9-200：0.3% ± 2 个字；

7、CT2120 回路电阻测试仪

1) 电流输出：恒流 100A

2) 测试时间：100A：5-60S

3) 测试范围：0-20000.0 $\mu\Omega$

4) 准确度：0.5%读数 ± 2 字；

5) 分辨率：0.1 $\mu\Omega$

8、CTZG-60/2 直流高压发生器

1) 容量：60kV/2mA

2) 电压测量误差：1%（满度） ± 2 字

- 3) 电流测量误差 1% (满度) ± 2 字
- 4) 过压整定误差 $\leq 1\%$
- 5) 0.75 切换误差 $\leq 1\%$

9、MIC-2501 绝缘电阻测试仪

- 1、测试电压：100~2500V，以 100V 步进。
- 2、测量精度：3% (0-1T)

10、CT2009 高压开关动特性测试仪

- 1) 测试通道：时间断口：金属触头 12 路 25V，限流 50mA
- 2) 位移传感器：1 路
- 3) 时间测试：范围：0~20s；误差： $\pm 0.1\%$ 读数 ± 2 个字；分辨率：0.1ms
- 4) 行程测试：范围：0~1000mm；准确度： $\pm 1\%$ 读数 ± 1 个字；分辨率：0.1mm
- 5) 速度特性：范围：0.01~20.00m/s 准确度： $\pm 1\%$ 读数 ± 1 个字；分辨率：0.01m/s
- 6) 直流电源：调整范围：15~260V
- 7) 同步触发：电压：15~260V
电流:0.1-20A
传感器:位移变化
断口：信号跳变

11、环境要求：

- 1) 环境温度：-10℃~40℃
- 2) 相对湿度：当温度为 25℃时，不大于 90%(无凝露)。

9、附录：10kV 主要设备交接试验项目

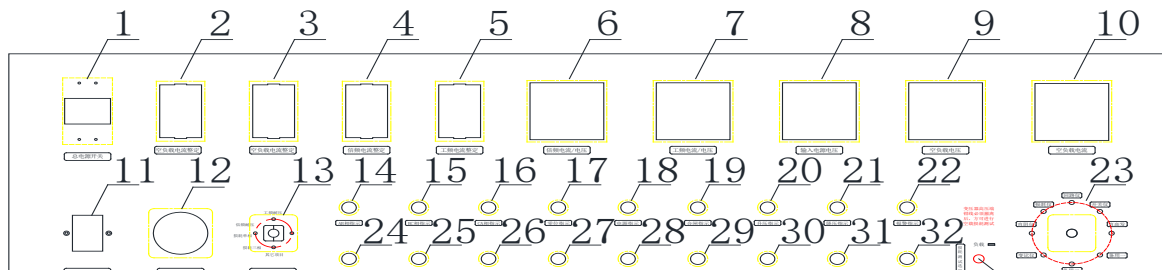
被试设备	试验项目	试验标准及要求			
电力变压器	绝缘油试验	其他试验尤其是高压绝缘试验应在绝缘油试验合格的基础上进行			
		序	项目	标准	说明
		1	外状	透明，无杂质或悬浮物	外观目视
		2	击穿电压	35kV 及以下电压等级：≥35kV	油样应取自被试设备注入设备的新油均不应低于本标准
		注：试验项目只根据现有试验设备进行，其他项□待			
	绕组直流电阻	①测量应在各分接头的所有位置进行。②1.6MVA 以上变压器：相间差值应小于三相平均值的 2%，线间差值应小于三相平均值的 1%；1.6MVA 及以下变压器：相间差值应小于三相平均值的 4%，线间差值应小于三相平均值的 2%。③与同温下出厂实测值比较，变化不应大于 2%。④变压器的直流电阻，与同温下产品出厂实测数值比较，相应变化不应大于 2%；不同温度下电阻值按照公式换算。 $R_2=R_1 \times (T+t_2) / (T+t_1)$ T=235（铜导线）或 225（铝导线）；④由于变压器结构等原因，差值超过②规定时，可只按③进行比较，但应说明原因。			
	检查所有分接头的变压比	①与铭牌数据比较无明显差别，且应符合变压比的规律。注：“无明显差别”可按如下考虑：1.电压等级在 35kV 以下，电压比小于 3 的变压器电压比允许偏差为 ±1%；2.其他所有变压器额定分接下电压比允许偏差为 ±0.5%；其他分接的电压比应在变压器阻抗电压值（%）的 1/10 以内，但不得超过 ±1%			
	检查三相变压器的接线组别	①必须与设计要求及铭牌上的标记和外壳上的符号相符。			
	测量与铁芯绝缘的各紧固件（连接片可拆开者）及铁芯（有外引接地线）绝缘电阻	进行器身检修的变压器，应测量可接触到的穿芯螺栓，轭铁夹件及绑扎钢带对铁轭、铁芯油箱及绕组。压环的绝缘电阻。当轭铁梁及穿芯螺栓一端与铁芯连接时，应将连接片断开后进行试验； 不进行器身检查的变压器或进行器身检查的变压器，所有安装工作结束后应进行铁芯及夹件（有外引接地线的）的绝缘电阻测量； 铁芯必须为一点接地；对变压器上有专用的铁芯接地线引线套管时，应在注油前测量其对外壳的绝缘电阻； 采用 2500V 兆欧表测量，持续时间为 1min，应无闪络及击穿现象。			
	高、低压绕组连同套管绝缘电阻	①绝缘电阻值不应低于出厂试验值的 70%。②当测量温度与出厂试验时温度不同时，换算公式： $R_2=R_1 \times 1.5^{(t_1-t_2)/10}$ ，式中 R1、R2 分别是温度 t1、t2 时的绝缘电阻。			
	空载试验	见附录（注：公变空载值标准参考广东电网标准；专变空载值标准根据客户变压器买卖合同所制定的标准，无明确指示参考国家标准）			
	负载试验	见附录（注：负载试验作为另立试验收费项目，公变负载值标准参考国家标准；专变客户负载值标准一般参考国家标准，除特殊情况，例如客户要求等）			
	容量试验	容量试验作为另立收费项目			

被试设备	试验项目	试验标准及要求			
	绕组连同套管交流耐压试验	容量为 8000 kVA 以下、绕组额定电压自 110 kV 以下的变压器，线端试验应按下表进行交流耐压试验			
		系 统 标 称 电压	设 备 最 高 电压	交流耐受电压	
				油浸变和电抗器	干式变和电抗器
		<1	≤1.1	-	2.5
		3	3.6	14	8.5
		6	7.2	20	17
		10	12	28	24
	其他变压器试验标准参照 GB50150-2006				
电 流 互 感 器	绕组的绝缘电阻	①测量一次绕组对二次绕组及外壳、各二次绕组间及其对外壳的绝缘电阻；绝缘电阻不宜低于 1000 MΩ。②绝缘电阻测量应使用 2500V 兆欧表；			
	交流耐压试验	①一次绕组试验电压是出厂试验电压值的 80%，42×0.8=33kV，二次绕组试验电压 2kV（可要 2500V 兆欧表 1min 代替）。			
	检查变比	①应与铭牌值相符。			
电 压 互 感 器	绕组的绝缘电阻	①测量一次绕组对二次绕组及外壳、各二次绕组间及其对外壳的绝缘电阻，绝缘电阻不宜低于 1000 MΩ。②绝缘电阻测量应使用 2500V 兆欧表；。			
	交流耐压试验	①全绝缘 PT 试验电压是出厂试验电压值的 80%，42×0.8=33kV②分级绝缘 PT 进行倍频感应耐压试验，试验电压为出厂试验值的 80%，对于三倍频，试验时间是 40 秒。③倍频感应耐压试验前后，应各进行一次额定电压时的空载电流及空载损耗测量，两次数据比较不应有明显差别，④二次绕组试验电压 2kV（可要 2500V 兆欧表 1min 代替）			
	测量一次绕组的直流电阻	一次绕组直流电阻测量值，与换算到同一温度下的出厂值比较，相差不宜大于 10%。二次绕组直流电阻测量值，与换算到同一温度下的出厂值比较，相差不宜大于 15%			
	检查三相接线组别和极性	①必须与设计要求及铭牌上的标记和外壳上的符号相符。			
	检查变比	①应与铭牌值相符。			
支柱绝缘子	测量绝缘电阻	①用于 330 kV 及以下电压等级的悬式绝缘子的绝缘电阻值不应低于 300 MΩ；② 35 kV 及以下电压等级的支柱绝缘子的绝缘电阻不应低于 500 MΩ。③测量电压是 2500V			
	交流耐压试验	①35 kV 及以下电压等级的支柱绝缘子，可在母线安装完毕后一起进行，试验电压是纯瓷的 42kV，固体有机绝缘的 38 kV②悬式绝缘子的交流耐压试验电压均取 60 kV			
真 空 断 路 器	测量整体绝缘电阻、绝缘拉杆的绝缘电阻	①不应低于 1200 MΩ，②整体绝缘电阻值，应参照制造厂规定；			
	交流耐压试验	①应在合闸及分闸状态下进行交流耐压试验，试验电压是 42kV，试验中不应发生贯穿性放电。			
	导电回路电阻	①应符合产品技术条件的规定。			

被试设备	试验项目	试验标准及要求
	测量分、合闸线圈及合闸接触器线圈的绝缘电阻和直流电阻	①绝缘电阻值不应低于 $10\text{ M}\Omega$ ，直流电阻值与出厂试验值比较无明显差别。
SF6 断路器	测量整体绝缘电阻	应参照制造厂的规定
	交流耐压试验	①应在合闸及分闸状态下进行交流耐压试验，试验电压是出厂试验电压值的 80% ， $42 \times 0.8 = 34\text{kV}$ ，试验中不应发生贯穿性放电。
	导电回路电阻	①应符合产品技术条件的规定。
隔离开关	绝缘电阻（有机材料传动杆）	①常温下不应低于 $1200\text{ M}\Omega$ 。
	交流耐压	按照相对地或外壳进行。试验电压是 42kV 。
	导电回路直流电阻	①应符合产品技术条件的要求。
负荷开关	绝缘电阻（有机材料传动）	①常温下不应低于 $1200\text{ M}\Omega$ 。
	交流耐压	三相同一箱体的负荷开关，应按照相间及相对地进行耐压试验，其余均按照相对地或外壳进行。试验电压按照相对的、相间、断口试验电压均是 42kV 。辅助触头试验电压为 20kV
	导电回路直流电阻	①应符合产品技术条件的要求。
氧化锌避雷器	绝缘电阻	35kV 及以下电压：用 2500V 兆欧表绝缘电阻不小于 $1000\text{ M}\Omega$ ；低压（ 1kV ）以下：用 500V 兆欧表，绝缘电阻不小于 $2\text{ M}\Omega$
	测量直流 1mA 参考电压及泄漏电流	①直流 1mA 参考电压：对于配电型避雷器应不小于 25kV ，对于电站型避雷器，应不小于 24kV ；② 0.75 倍直流 1mA 参考电压下泄漏电流：应不大于 $50\text{ }\mu\text{A}$ 。
橡塑电力电缆	主绝缘及外护套绝缘电阻	①对主绝缘，耐压前后绝缘电阻测量应无明显变化。 ②对外护套，要求每公里绝缘电阻不低于 $0.5\text{ M}\Omega$ 。说明：测量电压 500V ；对外护套有引出线者进行。
	交流耐压试验	额定电压 $18/30$ 及以下的电缆试验电压为 $2.5U_0$ 或 $2U_0$ ，时间为 5min 或 60min 。
1kV 及以下电压等级配电设备和馈线路		测量绝缘电阻，应符合下列规定： 1. 配电装置及馈线路的绝缘电阻值不应小于 $0.5\text{ M}\Omega$ ； 2. 测量馈线路绝缘电阻时，应将断路器（或熔断器）、用电设备、电器和仪表等断开 动力配电装置的交流耐压试验，应符合下列规定： 1. 试验电压为 1000V 。当回路绝缘电阻值在 $10\text{ M}\Omega$ 以上时，可采用 2500V 兆欧表代替，试验持续时间为 1min ，或符合产品技术规定； 2. 交流耐压试验为各相对地， 48V 及以下电压等级配电装置不做耐压试验。 检查配电装置内不同电源的馈线间或馈线两侧的相位应一致。

以上规程参照 GB 50150-2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准。

试验台电气控制

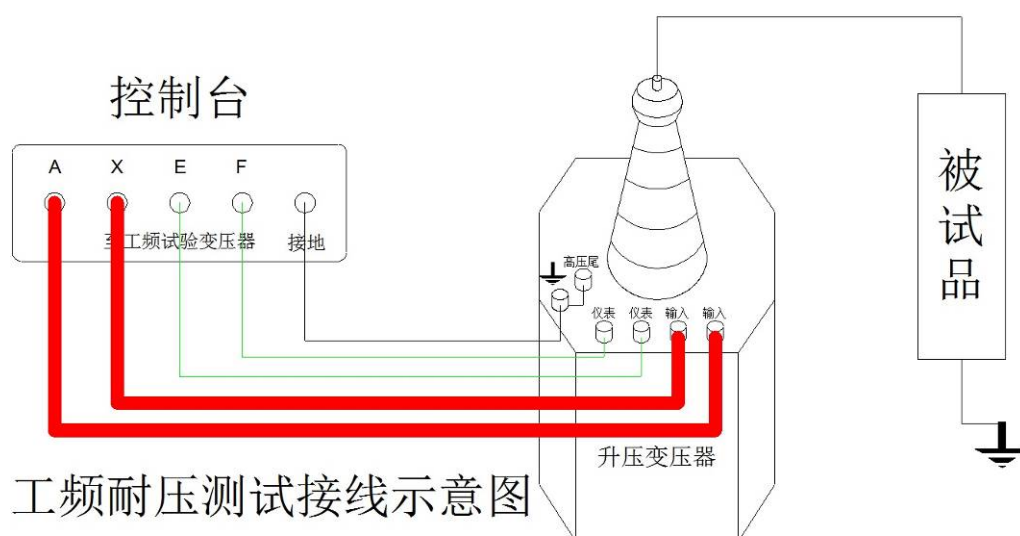


1、面板说明

- | | | |
|----------------|----------------|-----------------------|
| 1) 总电源空开 | 工作台的电源开关 | |
| 2) 空负载电流整定(A相) | 设定空负载过流保护 | 过流动作设定值=过流继电器刻度盘读数×16 |
| 3) 空负载电流整定(C相) | 设定空负载过流保护 | 过流动作设定值=过流继电器刻度盘读数×16 |
| 4) 倍频电流整定 | 设定倍频过流保护 | 过流动作设定值=过流继电器刻度盘读数×40 |
| 5) 工频电流整定 | 设定工频过流保护 | 过流动作设定值=过流继电器刻度盘读数×16 |
| 6) 倍频电流/电压表 | 显示倍频电流和电压值 | |
| 7) 工频电流/电压表 | 显示工频电流和电压值 | |
| 8) 输入电压表 | 显示输入电压值 | |
| 9) 空负载电压表 | 显示空负载的电压值 | |
| 10) 空负载电流表 | 显示空负载的电流值 | |
| 11) 断相/相序保护器 | 出现断相/错相/欠压时的保护 | |
| 12) 耐压计时 | 设定耐压时间 | |
| 13) 调压输出切换开关 | 用于需使用调压器项目的切换 | |
| 14) AB相指示 | AB相电源指示灯 | |
| 15) BC相指示 | BC相电源指示灯 | |
| 16) CA相指示 | CA相电源指示灯 | |
| 17) 零位指示 | 调压器零位指示灯 | |
| 18) 电源指示 | 送电指示灯 | |
| 19) 合闸指示 | 合闸指示灯 | |
| 20) 升压指示 | 调压器升压指示灯 | |
| 21) 降压提示 | 调压器降压指示灯 | |
| 22) 报警指示 | 声光报警指示灯 | |
| 23) 仪器电源切换开关 | 用于使用仪器工作电源开关切换 | |
| 24) 外接警灯按钮 | 用于外接警灯的开启 | |
| 25) 合闸按钮 | 用于工作台的合闸操作 | |
| 26) 分闸按钮 | 用于工作台的分闸操作 | |
| 27) 点动升压按钮 | 用于调压器的点动升压 | |

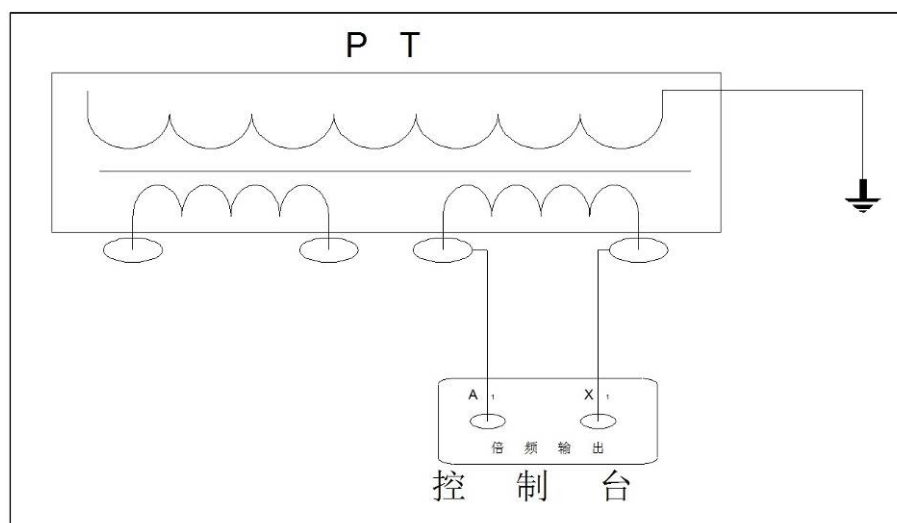
- | | |
|--------------|-------------------|
| 28) 点动降压按钮 | 用于调压器的点动降压 |
| 29) 电动升压按钮 | 用于调压器的电动升压 |
| 30) 电动降压按钮 | 用于调压器的电动降压 |
| 31) 电动停止按钮 | 用于调压器停止调压 |
| 32) 计时按钮 | 用于耐压计时开启 |
| 33) 损耗测试选择按钮 | 用于在做损耗的负载和空载实验的选择 |

2、工频耐压实验操作



- 1、按如图所示的接线方式将控制台与升压变压器和被试品相连，注意不要忘记接地线。
- 2、根据不同被试品的容量,电压等级，先计算好最大工作电流，并设定好过流保护电流，设定好耐压时间，检查无误后，即可通电实验。
- 3、接通电源,合上空开,将“**调压输出切换**”开关转到工频耐压位置，相对应的工频耐压表开始显示，此时看零位指示灯是否亮起，如不亮，控制台会自动将调压器回零，如零位指示灯亮，说明调压器在零位，此时可以按“**合闸按钮**”（注意如不在零位，合闸按钮无效）。此时电源指示灯和合闸指示灯亮起，报警提示灯亮并发出报警声，提示可以升压操作。
- 4、按“**电动升压**”按钮，升压指示灯亮，零位指示灯灭，调压器开始升压，密切注视仪表的读数，如出现异常情况，可按“**分闸按钮**”停止升压，调压器回零。当电压升到所需电压时，按“**电动停止**”按钮，调压器停止升压，按“**点动升压**”或“**点动降压**”可以微调所需电压，当达到所需电压时，按“**计时按钮**”，耐压开始计时，当耐压时间到时，报警提示灯亮并发出报警声，并且调压器开始降压，降压指示灯亮起，当调压器回到零位，零位灯亮起，此次耐压实验完成。
- 5、在升压或耐压试验过程中,如出现短路、闪络、击穿等过电流时,电流继电器保护跳闸,仪器自动断开输出,并且调压器回零,表示被试品不合格,此时检查被试品。

3、三倍频耐压试验操作



- 1、按如图所示的接线方式将控制台和互感器被试品相连，注意不要忘记接地线。
- 2、根据不同被试品的容量,电压等级，先计算好最大工作电流，并设定好过流保护电流，设定好耐压时间，检查无误后，即可通电实验。
- 3、接通电源,合上空开,将“**调压输出切换**”开关转到倍频耐压位置，相对应的倍频耐压表开始显示，此时看零位指示灯是否亮起，如不亮，控制台会自动将调压器回零，如零位指示灯亮，说明调压器在零位，此时可以按“**合闸按钮**”（注意如不在零位，合闸按钮无效）。此时电源指示灯和合闸指示灯亮起，报警提示灯亮并发出报警声，提示可以升压操作。
- 4、按“**电动升压**”按钮，升压指示灯亮，零位指示灯灭，调压器开始升压，密切注视仪表的读数，如出现异常情况，可按“**分闸按钮**”停止升压，调压器回零。当电压升到所需电压时，按“**电动停止**”按钮，调压器停止升压，按“**点动升压**”或“**点动降压**”可以微调所需电压，当达到所需电压时，按“**计时按钮**”，耐压开始计时，当耐压时间到时，报警提示灯亮并发出报警声，并且调压器开始降压，降压指示灯亮起，当调压器回到零位，零位灯亮起，此次耐压实验完成。

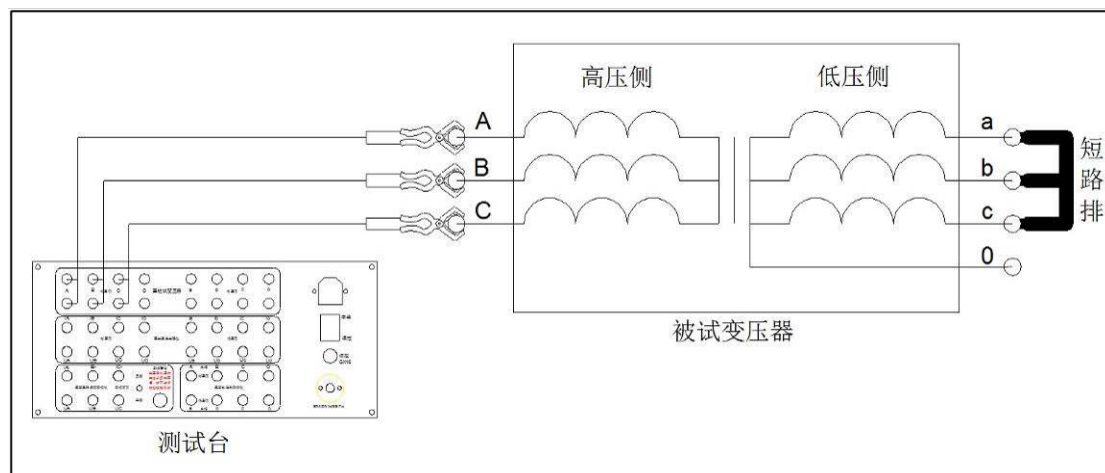
注意：

当三倍频电源发生装置带 JCCI 类型高压串级式电压互感器负载时，其电流由感性为容性，功率因素很低，因此，可在被试验的高压互感器某一绕组上接入可调的电抗器进行电流补偿来提高整个试验回路的功率因素。

在升压或耐压试验过程中,如出现短路、闪络、击穿等过电流时,电流继电器保护跳闸,仪器自动断开输出,并且调压器回零,表示被试品不合格,此时检查被试品。

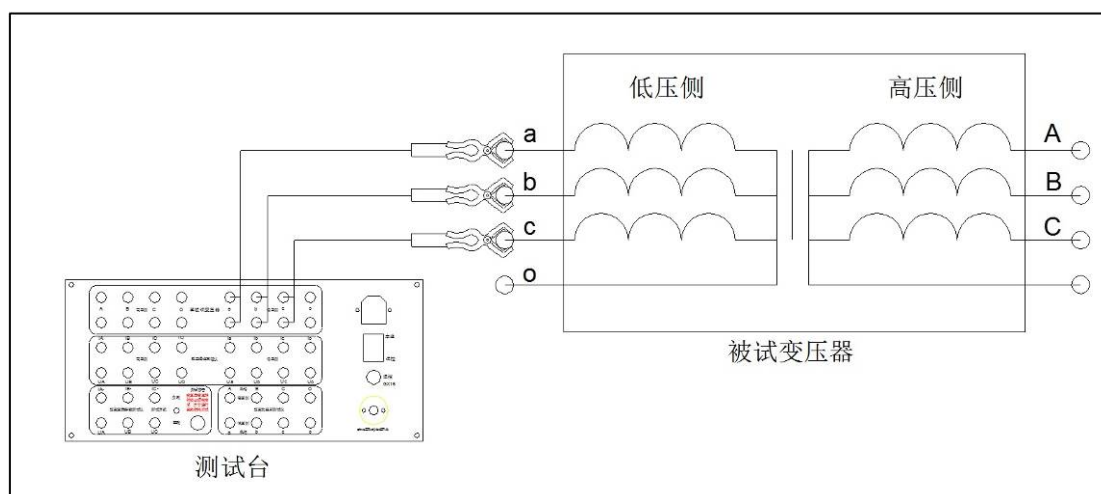
4、损耗三相测试

4.1 负载损耗 短路阻抗 容量分析测试



- 1、按如图所示的接线方式将控制台和变压器被试品相连，注意不要忘记接地线。此连线方法可以测负载损耗，短路阻抗和容量分析。
- 2、根据不同被试品的容量,电压等级，先计算好最大工作电流，并设定好过流保护电流，检查无误后，即可通电实验。
- 3、接通电源,合上空开,将“**调压输出切换**”开关转到损耗三相位置，相对应的空负载电压和空负载电流表开始显示，将“**仪器电源切换**”开关转到损耗仪，将“**损耗测试选择**”按钮选为负载，此时看零位指示灯是否亮起，如不亮，控制台会自动将调压器回零，如零位指示灯亮，说明调压器在零位，此时可以按“**合闸按钮**”（注意如不在零位，合闸按钮无效）。此时电源指示灯和合闸指示灯亮起，报警提示灯亮，并发出报警声，提示可以升压操作。
- 4、打开电脑，打开软件，选择好测试项目，设置好具体参数，按测试开始（具体看软件测试说明），电脑等待测试。
- 5、按“**电动升压**”按钮，升压指示灯亮，零位指示灯灭，调压器开始升压，密切注视仪表的读数，如出现异常情况，可按“**分闸按钮**”停止升压，调压器回零。当电压升到所需电压时，按“**电动停止**”按钮，调压器停止升压，按“**点动升压**”或“**点动降压**”可以微调所需电压，当达到所需电压时，按“**电动停止**”按钮，待电脑上测试数据稳定，确认数据，按“**分闸按钮**”调压器开始降压，降压指示灯亮起，当调压器回到零位，零位灯亮起，此次实验完成。
- 6、在升压或耐压试验过程中,如出现短路、闪络、击穿等过电流时,电流继电器保护跳闸,仪器自动断开输出,并且调压器回零。

4.2 空载损耗测试



- 1、按如图所示的接线方式将控制台和变压器被试品相连，注意不要忘记接地线。
- 2、根据不同被试品的容量,电压等级，先计算好最大工作电流，并设定好过流保护电流，检查无误后，即可通电实验。
- 3、接通电源,合上空开,将“**调压输出切换**”开关转到损耗三相位置，相对应的空负载电压和空负载电流表开始显示，将“**仪器电源切换**”开关转到损耗仪，将“**损耗测试选择**”按钮选为空载，此时看零位指示灯是否亮起，如不亮，控制台会自动将调压器回零，如零位指示灯亮，说明调压器在零位，此时可以按“**合闸按钮**”（注意如不在零位，合闸按钮无效）。此时电源指示灯和合闸指示灯亮起，报警提示灯亮，并发出报警声，提示可以升压操作。
- 4、打开电脑，打开软件，选择好测试项目，设置好具体参数，按测试开始（具体看软件测试说明），电脑等待测试。
- 5、按“**电动升压**”按钮，升压指示灯亮，零位指示灯灭，调压器开始升压，密切注视仪表的读数，如出现异常情况，可按“**分闸按钮**”停止升压，调压器回零。当电压升到所需电压时，按“**电动停止**”按钮，调压器停止升压，按“**点动升压**”或“**点动降压**”可以微调所需电压，当达到所需电压时，按“**电动停止**”按钮，待电脑上测试数据稳定，确认数据，按“**分闸按钮**”调压器开始降压，降压指示灯亮起，当调压器回到零位，零位灯亮起，此次实验完成。
- 6、在升压或耐压试验过程中,如出现短路、闪络、击穿等过电流时,电流继电器保护跳闸,仪器自动断开输出,并且调压器回零。

试验台计算机集控

1、测试系统软件

10kV 配网综合试验系统，是集成了试验台电气控制、指示、高压输出部分、测试单元（可选配）、计算机控制测试软件的综合测试系统。该系统支持各项测试仪器软件的联机、测试及帮助，可根据用户配置，支持扩展或删减部分菜单内容，其主要参数及功能介绍如下。

2、开机界面

（一）、打开电脑，开机后会自动弹出测试系统主界面，如下图：



（二）、界面按钮介绍：

1、测试项目按钮：

试验台集成标配单元的 PC 测试软件，可开放或删减测试项目，配合试验台操作，点击独立模块，可直接打开各测试软件进行联机、测试，支持扩展。

2、功能区按钮：

便捷打开计算器、系统帮助等窗口，支持扩展。

3、退出键按钮：

点击直接退出该系统，双击桌面系统图标即可再次打开，开机默认自启动。

3、功能说明

（一）、点击按钮，即可进入相应测试项目：



以下为标准测试单元配置

- 1、开关动特性测试：高压开关分合闸时间、同期、分合闸速度、行程等测试内容。
- 2、回路电阻测试：高压开关、母排等电气设备的回路电阻测试。
- 3、直高发测试：适用于氧化锌避雷器、电力电缆、变压器、断路器等电气设备直流高压试验。
- 4、直流电阻测试：变压器直流电阻检测。
- 5、变比组别测试：变压器联结组别、变比值（PT 变比）、档位测试、。
- 6、变压器损耗测试：包含短路阻抗、空载、负载、容量试验项目。
- 7、绝缘电阻测试：适用于各种电气设备的绝缘测试，当前软件作数据上传、读取用。

其他：

工频耐压：见电气部分之工频耐压试验装置

感应耐压：见电气部分之互感器三倍频试验装置

更多选配项目可定制！

注：具体操作方法，请参考说明书分项内容的介绍。

4、常见问题

（一）、常见问题及说明：

1、电源及自启动：

试验台通电，打开总电源空开后，需打开面板上液晶屏下方的电源按钮，方可开启电脑主机。开机后，自动启动测试系统主界面。

2、系统配置：

该综合试验系统软件，支持 Win XP/7/8/10-32/64 位系统，即开即用，方便安装及卸载，如安装安全卫士等杀毒软件误报误删，可在系统 D 盘下，找出备份 EXE 文件，复制桌面重新打开即可。

3、测试软件联机失败：

点击各测试项目，出现“打开串口失败”的提示，请查看是否同时打开多个测试项目，请关闭与当前测试无关的测试软件，重新打开当前测试软件后，即可正常联机。或关闭当前所有窗口，重新打开桌面测试系统图标，即可恢复正常。如上述情况下，仍出现提示，请参照“帮助”内容下，设置当前测试项目对应的串口号及波特率（一般情况下，请勿自行更改）。再次打开即可。

4、关于扩展：

当前测试单元模块系统软件版本是根据该试验台标配测试单元定制、选配更多测试项目及开放功能，请联系我司。

试验台测试仪器设备操作

一、CTYD-5/60 工频耐压试验装置

工频耐压试验装置（试验变压器）是发供电设备、各种电工产品及绝缘工具材料抗电强度试验的必备设备。

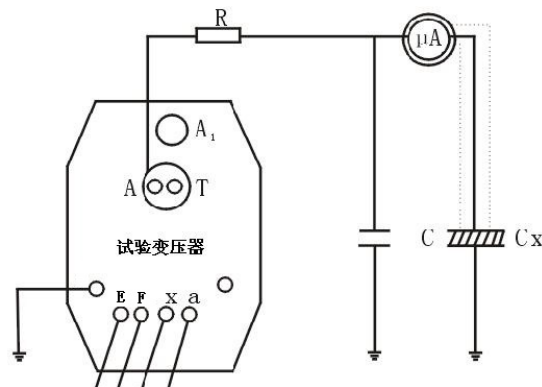
1、结构

采用优质冷轧 DQ-130 取向硅钢片叠成多级圆柱形铁芯，用高强度夹件取代传统的穿芯圆孔。在特制的高强度绝缘筒上用 QZ 型导线直接连续绕制高压塔式线圈。桶壳是适形尺寸、内注 25 号变压器油。

2、工作原理

经调压器调节电压输入到试验变压器初级绕组，根据电磁感应原理，在次级（高压）绕组按其初级绕组匝数之比可获得同等倍数的电压幅值—工频高压。

3、试验现场布置



4、操作试验方法

参见前述电气控制部分描述。

5、其他说明：

- 1) 按图接线，数字多用表直接读数。
- 2) 限流电阻配置：工频电压每伏 0.5—1 伏；直流试验每伏 5—10 欧考虑。阻值的大小，可用蒸馏水、水和盐的不同比例调配。
- 3) 拆除被试品引线，瓷套脏污清除干净，必要时采用屏蔽措施。
- 4) 准备工作和安全措施就绪，空试一次设备。
- 5) 接上被试品。直流试验应用屏蔽线，以消除杂散泄漏。
- 6) 合上电源，操作箱绿色指示灯亮。
- 7) 掀下合闸按钮，红色指示灯亮。
- 8) 均匀加压，注视电压表达到逐段升压幅值直至额定试验电压。
- 9) 持续规定耐压时间并注视电流表指示。
- 10) 耐压时间到，蜂鸣器发声，注视 kV 表并迅速将调压器回零。
- 11) 用放电棒经电阻放电，然后直接接地放电。
- 12) 高压部分可能被充电部位一一放电，改变或拆除高压引线。至此一次（相）试验终止。

5、安全注意事项

- 1、试验设备的布置，对人身和周围要有足够的安全距离。尽量避免在人员过道上布置设备及施放高压试验引线。
- 2、试验现场应安装围栏，悬挂“止步！高压危险”标示。
- 3、试验高压引线要有支撑或牵引绝缘物。每隔一段及电旨另一端应派人看守，防止有人靠近和从底下穿过。
- 4、直流高压试验微安表最好处在高电位，除有屏蔽盒外，还应有过流自动保护装置，以防止突发性击穿短路或放电时表烧坏。
- 5、工频耐压试验，请注意验算设备容量是否足够，并能避免发生谐振。
- 6、工作地线（高压尾、稳压电容末端接地线）与保护地线（操作箱外壳）应予分别可靠接地。
- 7、试验中如有电源不规则摆动，必然影响高压输出稳定，此时应请电焊等冲击用电暂停片或查找其它原因。
- 8、试验工作对气候（温度、湿度）的要求应符合试验规程的要求，必要时采取屏蔽措施。
- 9、试验过程中如发现电压表指针摆动大，电流表指示急剧增加或被试品有冒烟、跳火、焦味异常响声等应立即停止试验，切断电源，检查原因。
- 10、高压测试工作要严格执行电力部颁发的安全工作规程有关规定。

二、CTBP-10 三倍频发生器

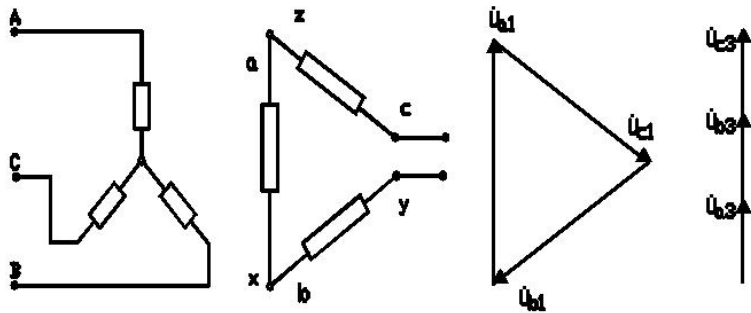
互感器（变压器）的感应耐压试验是保证产品质量符合国家标准的一项重要试验。绕组的匝间、层间、段间及相间绝缘的纵绝缘感应耐压试验，则是互感器绝缘试验中的重要项目。纵绝缘试验要需要通过倍频电源装置施加试验电压，进行耐压试验。

1、技术参数

容量 KVA	输入电压三相 AC (V)	输入频率 HZ	输出最高电压单相 (V)	输出最大电流单相 (A)	输出频率 HZ
5	380	50	400	12.5	150±5%
10	380	50	400	25	150±5%

2、工作原理

该装置是由一台三相五柱变压器和控制部分组成，其工作原理如图：



变压器的一次绕组接成星形，二次绕组接成开口三角形，因为加在一次绕组上的电压较高，铁心饱和，变压器磁通中都有基频分量和三倍频分量，变压器二次开口三角形连接使基频分量相抵消，从而实行开口三角形的三倍频电压输出，并通过绕组外接单相调压器，即可实现三倍频电压的调节。

3、使用方法

本装置为整体式设备。设有过流保护、电流表、三倍频输出电压表以进行监视和便于使用。接通电源：该设备电源为三相四线（电源线不小 4mm²），合上刀闸则控制装置绿色指示灯亮。将调压器回零，启动合闸按钮，则三倍频发生器通电运行，调压器等待升压。将调压器调压至试验所需电压值且严密监视装置中的电流和电压值，打开时间继电器开关，记时开始，耐压时间到音讯提示，并作好详细记录。如在试验过程中，被试品出现匝间、层间或段间、相间绝缘击穿现象，则回路中试验电流增大，继电器立即跳闸，断电。试验完毕，将调压器退回零位分闸。

在任何时后均可以拉开刀闸断电，防止事故进一步扩大。

本装置因采用过激励原理，使用时间最好不超过 15 分钟。

注意：该设备必须可靠接地！

4、外接补偿问题

对感性负载，一般外接容性补偿，其补偿值为感性负载容量的 50%。

三、CT3500 变压器特性参数测试仪



本装置具备变压器短路阻抗、变压器容量分析、变压器损耗参数测试仪等相关测试功能。是新一代变压器参数测试仪器，适用于变压器绕组变形之短路阻抗测量、变压器容量分析及变压器（三相或单相）出厂、大修、交接试验中空载和负载损耗参数的高精度测试。该仪器设计精巧，性能优越，功能强大，内部采用国内外最新型的单片机测试技术及先进的 A/D 同步交流采样和数字信号处理技术；直接通过上位机电脑操作测试，保存的文件格式为 TXT 文件格式。

特别说明：

仪器采用 2 表法测试

空载电流 $I_0 = (I_a + I_b + I_c) / (3 * I_n) * 100\%$ ，其中： I_n 为额定电流

空载损耗 $P_0 = [U_{ab} * I_a * \cos(A) + U_{cb} * I_c * \cos(C)] * [\text{额定电压} / (\text{实测电压})]^{1.966}$ ，其中：A 为 U_{ab} 和 I_a 夹角；C 为 U_{cb} 和 I_c 夹角。当三相对称时，功率因数 $\cos\varphi$ 。 $A = \varphi + 30^\circ$ ， $C = \varphi - 30^\circ$ 。

1、仪器主要功能

- 1) 可测量变压器绕组短路阻抗、短路电抗、短路电阻、三相阻抗电压、空载损耗、空载电流、负载损耗、阻抗电压、容量、电压有效值、电压平均值、电流、功率、功率因数、频率等参数。
- 2) 兼容时下各种干式或油浸配电变压器的铁芯型号判断及容量判断，且数据库可随时更新。
- 3) 全部数据均在同一周期内同步测量，保证测量结果的准确性和合理性。
- 4) 做空负载测试时，在仪器允许的测量范围内可直接测量，超出测量范围时可外接一次电压互感器和电流互感器。
- 5) 自动波形畸变校正，测试结果自动折算，无须任何手工计算。

2、主要技术指标

- 1) 电压测量范围：AC 0~850V
- 2) 电流测量范围：AC 0~80A
- 3) 频率测量范围：35~65Hz
- 4) 功率因素测量范围：0~1.0
- 5) 阻抗测量范围：1Ω~200Ω
- 6) 测量精度：
电压、电流、频率：±0.2%±3 字
功率、阻抗：0.05<cosφ≤0.1 ±1%±3 字
cosφ>0.1 ±0.5%±3 字
容量：10%
- 7) 尺寸：长 402mm×宽 300mm×高 142mm，重量：7kg

3、仪器面板

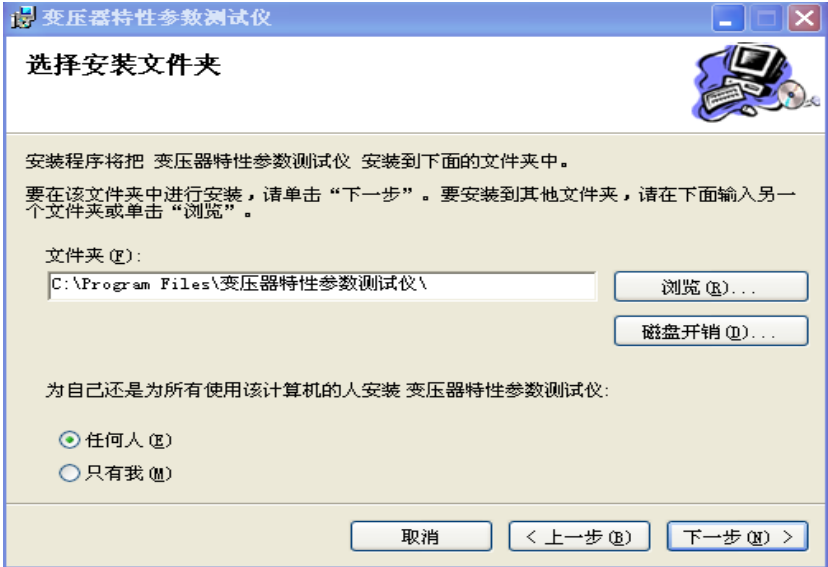
- 1) 各接线端子：用于连接测试线(具体接线方式见后面章节的接线方法)。
- 2) 接地柱：仪器保护接地。

- 3) AC 220V 电源插座：带保险丝(1A)电源插座，用于给仪器供电。
- 4) 电源开关：用于打开或关断仪器电源。
- 5) 九芯串口插座：串口通信接口，用于与上位机进行数据通信。

4、测试界面

(一) 软件安装

双击安装文件，选择软件安装的路径后，根据提示连续点击几次"下一步"即开始安装。如下图所示



(二) 软件使用



软件安装完成后，界面如下图所示（以下以短路阻抗为例）

控制按钮：

- 导 入**：导入上位机保存的文件记录
- 打 印**：打印测试记录
- 连 接**：上位机和仪器之间的连接通讯
- 测 试**：开始测试
- 退 出**：退出程序

- 导 出**：导出文件记录为 TXT 格式文件
- 端口配置**：设置通讯方式和波特率
- 参数设置**：将上位机的参数发送到仪器
- 搜索数据**：上传下位机的测试数据记录

首先进行端口配置，选择好波特率（仪器的波特率为 19.2Kb/S）后点连接，如果仪器和连接线没问题，软件会提示连接成功（不成功查找连接线和端口配置是否正确），然后选择要试验的项目和模式，再输入参数点[参数设置]后，点[测试]开始试验。测试完成的结果放在当前数据里面。按[导出]将当前数据里面的测试结果保存到你选择的路径。如果要上传历史数据点[搜索数据]然后选择单条或全部上传。

5、变压器短路阻抗测试操作

额定条件下的测试

试验必须在额定频率（正弦波形）和额定电流下进行，一般选择变压器一次侧绕组侧为试验绕组，二次侧（大电流侧）人工短路，短路导线截面积应不小于变压器导线截面积,其长度要尽可能短，并确保接触电阻可以忽略,以免影响测试结果。

非额定条件下的测试

由于现场的实际情况，受条件的限制，无法对被测试变压器施加以额定频率的额定电压，特别是对大中型变压器试验，在现场更难以做到。建议利用小电流进行试验测试，根据国标要求，试验电流达到额定电流的 25～50%即可满足试验要求。

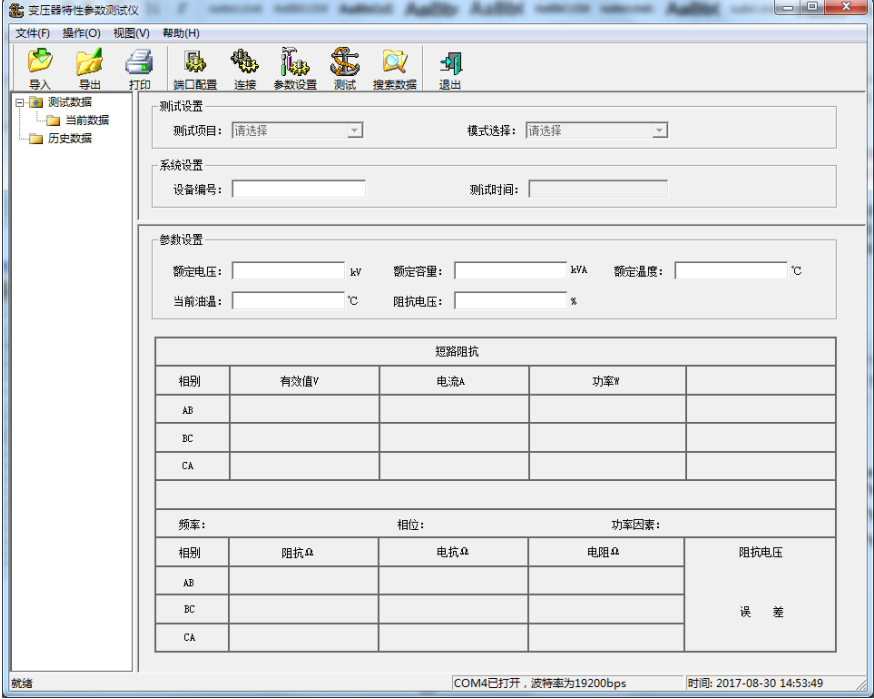
试验要求及注意

试验前应准确的测量被试变压器的绕组温度，油浸变压器要求测量绕组温度（可参考油面温度），干式变压器应在线圈的不同部位（不小于三个点）的温度平均值作为绕组温度。对电源容量要求见附录（仅供参考）。

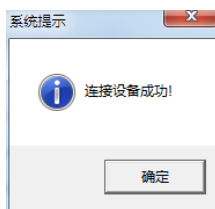
双绕组变压器从试品得一侧供给额定电流，另一侧短路，还应在两极限分接位置上进行。其测量结果应在成对得绕组间进行，其他绕组开路。高压绕组与中压绕组间测量，低压绕组开路；高压绕组和低压绕组间测量，中压绕组开路；中压绕组与低压绕组间测量，高压绕组开路。自耦变压器可视同双绕组变压器，对于具有独立第三绕组得自耦变压器，可视同三绕组变压器。

（一）开机界面

接好电源线，打开电源，液晶屏显示界面，点击上方[连接]按钮，正常联机。

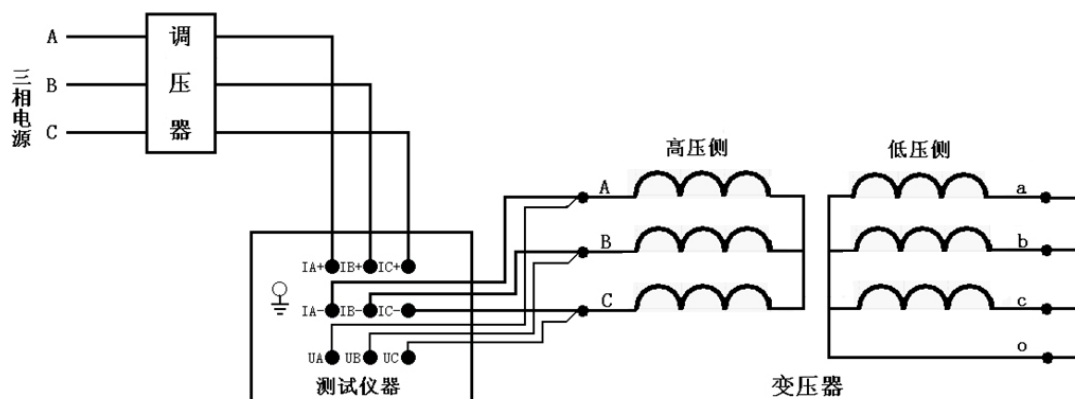


正常联机后，会显示“连接设备成功！”



(二) 三相三线阻抗测试

将三相电源的“Ua”、“Ub”、“Uc”分别接入仪器“IA+”、“IB+”、“IC+”接线端子，将仪器的“IA-”、“IB-”、“IC-”及“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的高压侧。若三相电源带有零相，将三相电源的零相“Uo”接到仪器的“UO”接线端子。其接线方法如下图所示：



在开机主界面的状态下，选择“短路阻抗”项目，进入“短路阻抗”项目测试菜单。

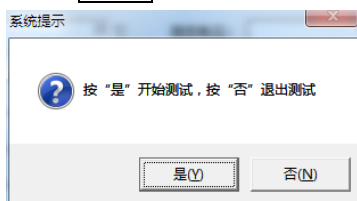
测试设置		
测试项目: 短路阻抗	模式选择: 三相三线	
系统设置		
设备编号: 001	测试时间:	
参数设置		
额定电压: 10 kV	额定容量: 30 kVA	额定温度: 75 °C
当前油温: 25 °C	阻抗电压: 4.23 %	

在测试之前，首先要进行相关的参数设置。各参数说明如下：

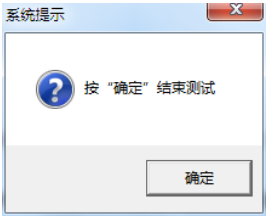
- (1) 设备编号：可输入最多十位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。
- (2) 额定高压：待测变压器加压侧额定电压，单位：kV
- (3) 额定容量：待测变压器的额定容量，单位：kVA。
- (4) 额定温度：用于将与温度有关的测试参数从当前油温校正到额定温度，单位：°C。
- (5) 当前油温：待测变压器当前油温，用于将测试结果校正到额定温度，单位：°C。
- (6) 阻抗电压：待测变压器的标称阻抗电压，根据此参数计算阻抗电压误差，单位：%。

上述的参数应根据实际情况输入，如果只测短路阻抗、短路电抗、短路电阻，则不需要输入任何辅助参数；如果同时需要测阻抗电压值，则要输入全部辅助参数，否则会得到错误的测试结果。

按上方“测试”按钮进入测试，弹出提示信息后，选择“是(Y)”选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按`确定`键锁定当前测试数据。



将调压器输出电压调零并断开试验电源。按`导出`键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

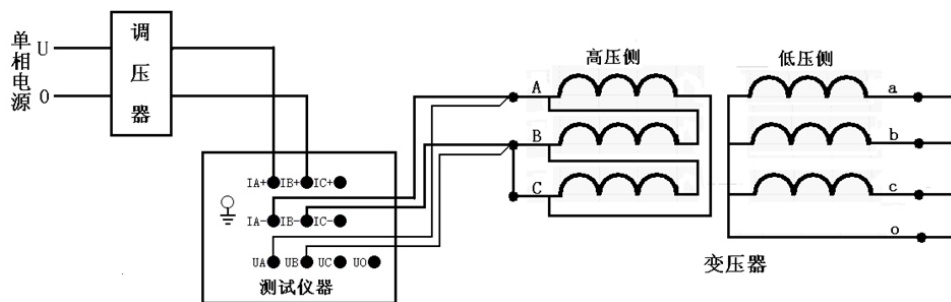
短路阻抗				
相别	有效值V	电流A	功率W	
AB				
BC				
CA				
频率：		相位：	功率因素：	
相别	阻抗 Ω	电抗 Ω	电阻 Ω	阻抗电压
平均				误差

各参数说明如下：

- (1) 有效值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压有效值，单位:V。
- (2) 平均值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压平均值，单位:V。
- (3) 电流 A：当前条件下的实测 A 相、B 相、C 相的电流有效值，单位:A。
- (4) 功率 W：当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的有功功率，单位:W。
- (5) 三相：表示三相平均值，功率为三相总和。
- (6) 频率：试验电源频率，单位:Hz。
- (7) 相位：电压和电流的相位差，单位: ° （度）。
- (8) COS Φ ：功率因数。
- (9) 阻抗 Z、电抗 X、电阻 R：变压器 AB、BC、CA 相折算到额定电流及额定温度下的总短路阻抗、短路电抗、短路电阻值，单位: Ω 。
- (10) 阻抗电压：折算到额定电流下的阻抗电压百分比。
- (11) 误差：测量的阻抗电压与标称的阻抗电压的差的百分比。

（三）D 形分相阻抗测试

对于加压侧绕组为 D、另一侧为 yn、y 或 d 联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，非加压绕组应依次短路,测量变压器短路阻抗，并将测试结果自动转换到三相测试的测试方法。将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端，BC 间短接。其接线方法如下图所示：

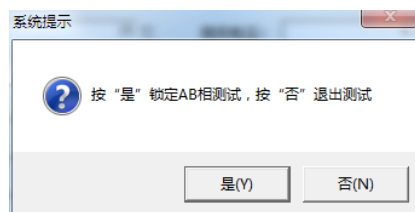
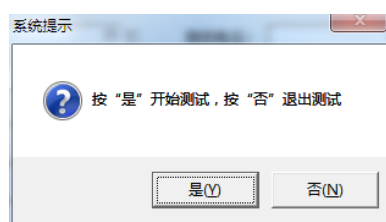


在图阻抗测试界面下，如下图：

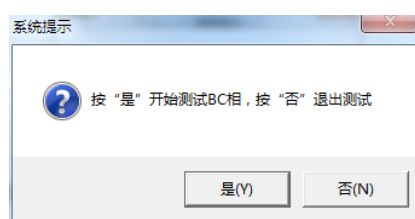
测试设置	
测试项目: 短路阻抗	模式选择: D形分相
系统设置	
设备编号: 001	测试时间:
参数设置	
额定电压: 10 kV	额定容量: 30 kVA
当前油温: 25 °C	阻抗电压: 4.23 %

设置好相关的参数后，选择“D形分相阻抗”。

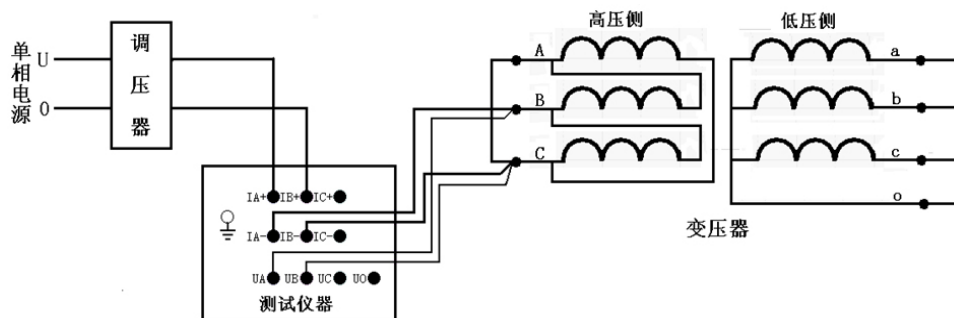
按上方测试按钮进入测试，弹出提示信息后，选择是(Y)选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按确定键锁定当前测试数据，AB相测量结束。



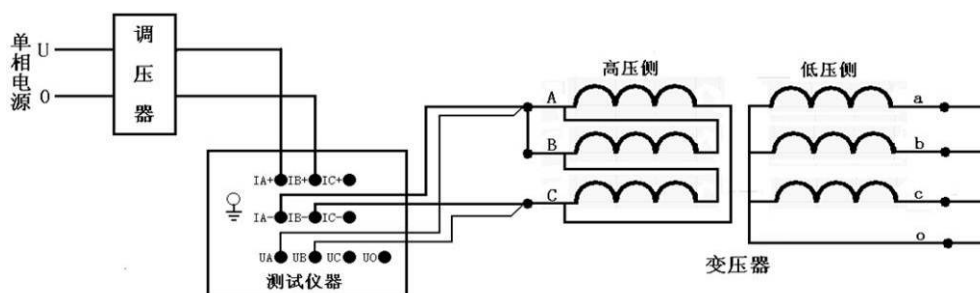
准备测量 BC 相，在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，CA 间短接。



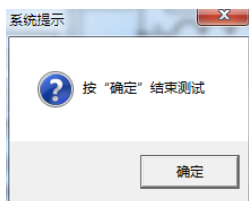
接好线后调节调压器给 BC 相加压，此时测量“BC”相的数据。

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按确定键锁定当前测试数据，BC 相测量结束。

在此状态下，不要退测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，AB 间短接，其接线如下图所示：



接好线后按确定键，调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据。



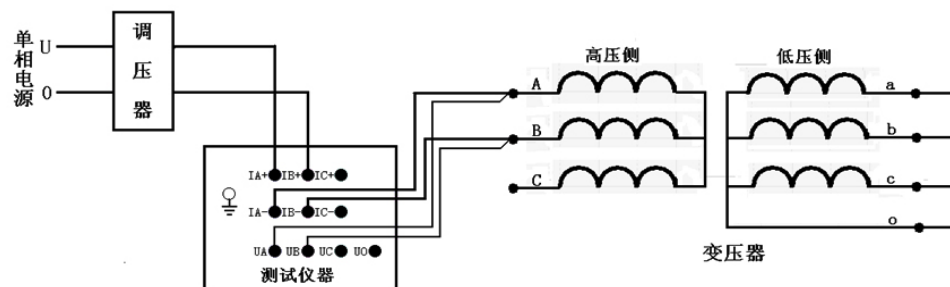
待数据稳定后，按确定键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器短路阻抗和阻抗电压。

将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(四) 星形分相阻抗测试

对于加压侧绕组为 Y、另一侧为 y 或 d 联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，测量变压器短路阻抗，并将测试结果自动转换到三相测试的测试方法。

将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端。其接线方法如下图所示：



在阻抗测试界面下，如下图：

测试设置

测试项目：

短路阻抗

模式选择：

星形分相

系统设置

设备编号：

001

测试时间：

参数设置

额定电压：

10

 kV 额定容量：

30

 kVA 额定温度：

75

 °C
当前油温：

25

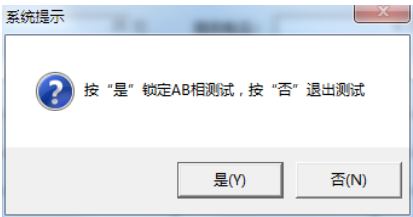
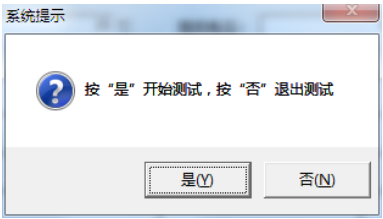
 °C 阻抗电压：

4.23

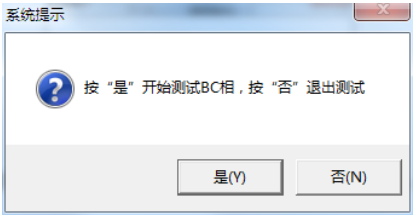
 %

设置好相关的参数后，选择“星形分相阻抗”。

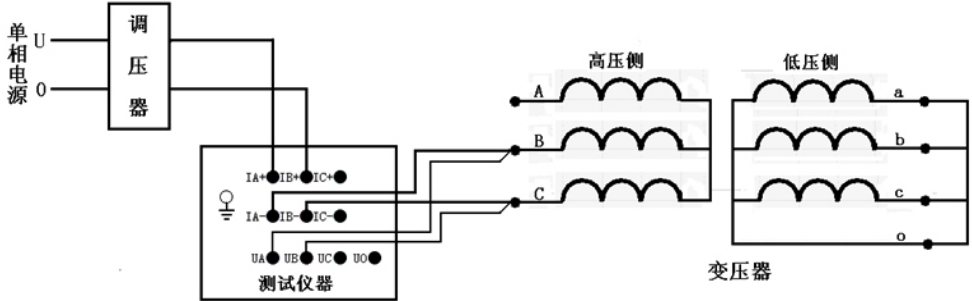
按上方测试按钮进入测试，弹出提示信息后，选择是(Y)选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按确定键锁定当前测试数据，AB相测量结束。



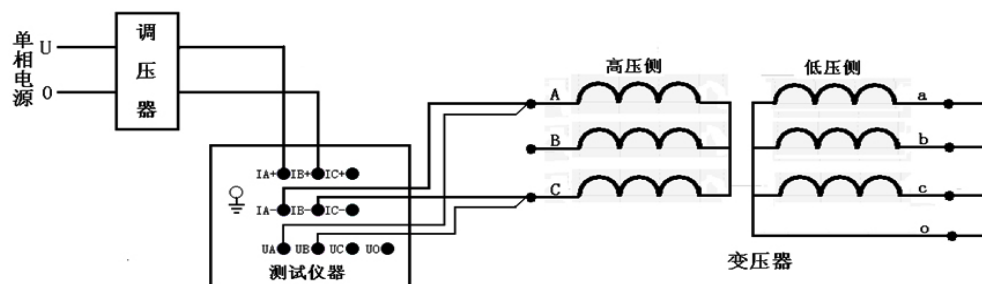
在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到BC相，其接线如下图所示：



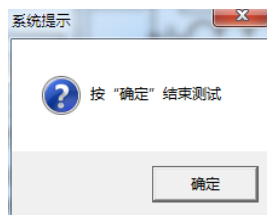
接好线后按确认键测量“BC”相的数据。

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按确定键锁定当前测试数据，BC相测量结束。

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，其接线如下图所示：



接好线后按确认键开始测量 CA 相，调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据。

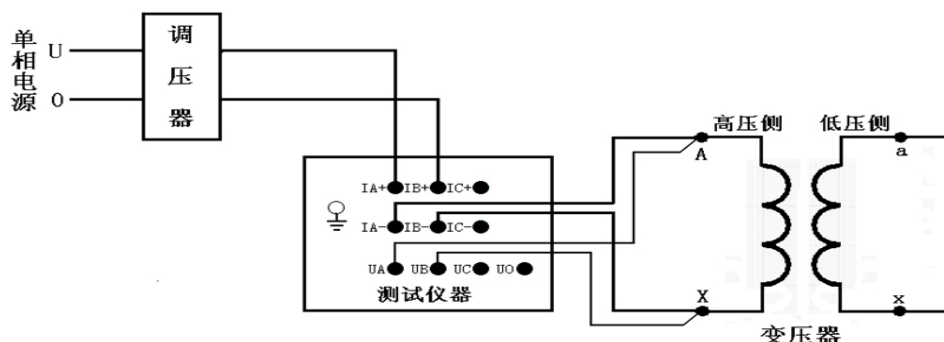


待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器短路阻抗和阻抗电压。

将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(五) 单相变压器阻抗测试

将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 X 端。其接线方法如下图所示：

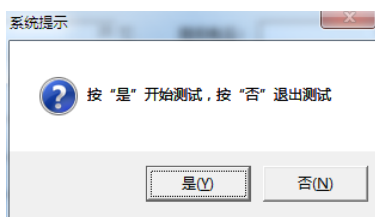


在阻抗测试界面下，如下图：

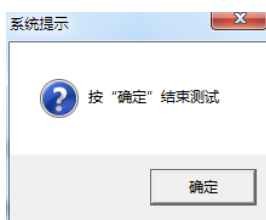
测试设置		
测试项目:	短路阻抗	模式选择: 单相
系统设置		
设备编号:	001	测试时间:
参数设置		
额定电压:	10 kV	额定容量:
当前油温:	25 °C	阻抗电压:
		额定温度:
		75 °C
		4.23 %

设置好相关的参数后，选择“单相阻抗”。

按上方测试按钮进入测试，弹出提示信息后，选择是(Y)选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按**确定**键锁定当前测试数据。



将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。

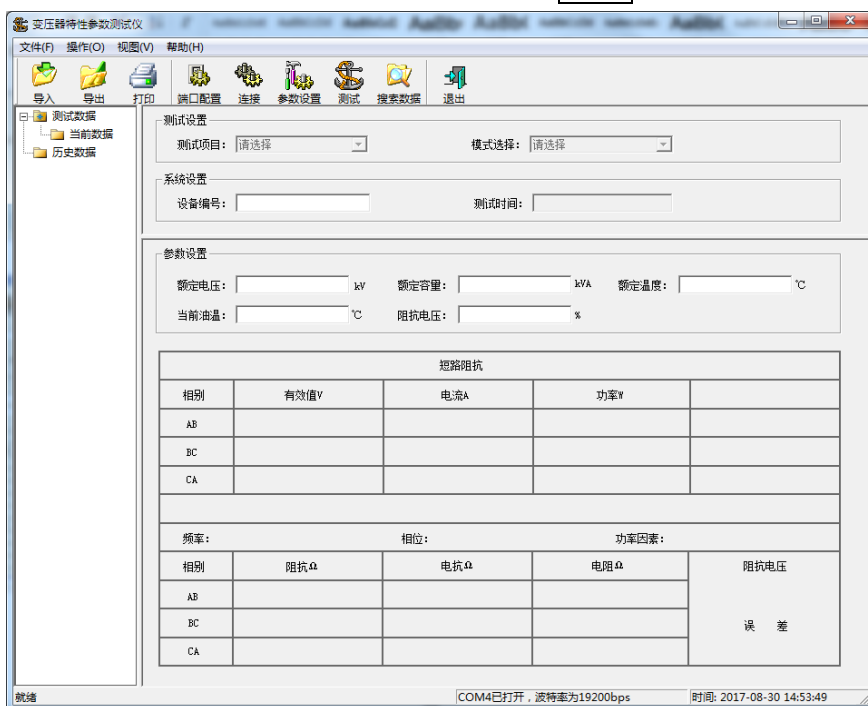
6、变压器容量测试操作

试验要求

试验电源应该为正弦波形，试验前应准确地测量被试变压器地绕组温度，油浸变压器以油面温度作为绕组温度，干式变压器应在线圈地不同部位（不小于三个点）的温度平均值作为绕组温度。一般选择变压器一次侧绕组侧为试验绕组，二次侧（大电流侧）人工短路，短路导线截面积应不小于变压器导线截面积，其长度要尽可能短，并确保接触电阻可以忽略,以免影响测试结果。本仪器可以用小电流法，试验电流选择1%~20%的额定电流即可推算出结果。对电源容量要求见附录（仅供参考）。

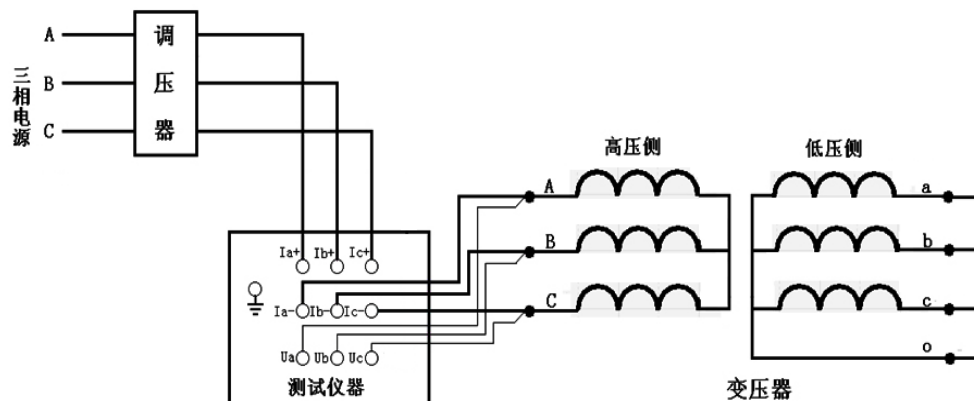
（一）开机界面

接好电源线，打开电源，液晶屏显示界面，点击上方**连接**按钮，正常联机。



（二）三相三线容量测试

将三相电源的“Ua”、“Ub”、“Uc”分别接入仪器的“IA+”、“IB+”、“IC+”接线端子；将仪器的“IA-”、“IB-”、“IC-”及“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的高压侧。若三相电源带有零相，将三相电源的零相“Uo”接到仪器的“UO”接线端子，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。其接线方法如下图所示：



在开机主界面下，选择“容量分析”菜单，按确认键进入“容量分析”项目测试菜单。

在测试之前，首先要进行相关的参数设置。

测试设置		
测试项目: 容量分析	模式选择: 三相三线	
系统设置		
设备编号: 001	测试时间:	
参数设置		
额定电压: 10 kV	额定温度: 75 °C	当前油温: 25 °C
阻抗电压: 4.23 %		

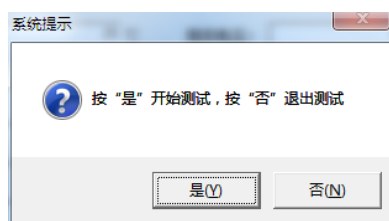
各参数说明如下：

- (1) 设备编号：可输入最多十位数字或英文字符（如出厂编号），用于标识被测设备。
- (2) 额定高压：待测变压器加压侧额定电压，单位:kV
- (3) 额定温度：用于将与温度有关的测试参数从当前油温校正到额定温度，单位:°C。
- (4) 当前油温：待测变压器当前油温，用于将测试结果校正到额定温度，单位:°C。
- (5) 阻抗电压：待测变压器铭牌的标称阻抗电压百分比。

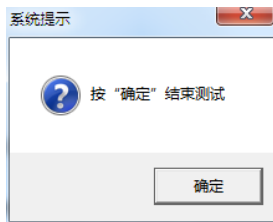
注：阻抗电压百分比的设置方法：1.严格按变压器铭牌的参数设置；2.若铭牌不清，按 500kVA 以内设置为 4.0%，500kVA 以上设置为 4.5%(这样设置可能产生一些误差)

上述的参数应根据实际情况输入，否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后，返回到上图的状态，选择“测试项目”。

按上方**测试**按钮进入测试，弹出提示信息后，选择**是(Y)**选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按**确定**键锁定当前测试数据。



将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

容量分析				
相别	有效值V	电流A	功率W	
AB				
BC				
CA				
频率:				
阻抗电压:		负载损耗:		
测试容量:		判定容量:		
判定形式:				

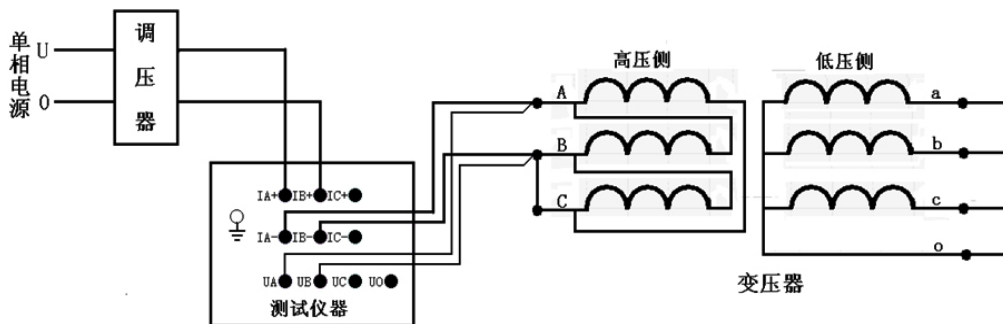
各参数说明如下：

- (1) 有效值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压有效值，单位:V。
- (2) 平均值 V：当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压平均值，单位:V。
- (3) 电流 A：当前条件下的实测 A 相、B 相、C 相的电流有效值，单位:A。
- (4) 功率 W：当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的有功功率，单位:W。
- (5) 三相：表示三相平均值，功率为三相总和。
- (6) 频率：试验电源频率，单位:Hz。
- (7) 阻抗电压：折算到额定电流下的阻抗电压百分比，单位:%。
- (8) 负载损耗：折算到额定条件下的负载损耗，单位：kW。
- (9) 测试容量：被测变压器的容量测试值，单位：kVA。
- (10) 判定容量：根据测试容量判定变压器的国标容量，单位：kVA。
- (11) 判定形式：铁芯形式判断。

(三) D 形分相容量测试

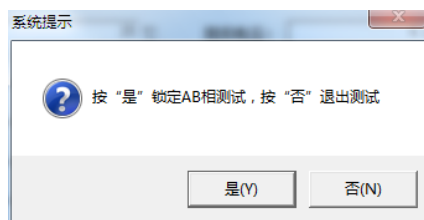
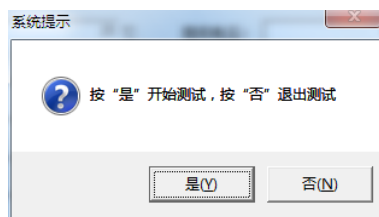
对于加压侧绕组为 D、另一侧为 yn、y 或 d 联结的三相变压，可以采用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，非加压绕组应依次短路,测量变压器容量。

将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端，BC 间短接。其接线方法如下图所示：

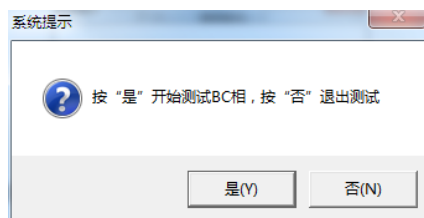


在容量测试界面下，设置好相关的参数后，选择“D 形分相容量”。

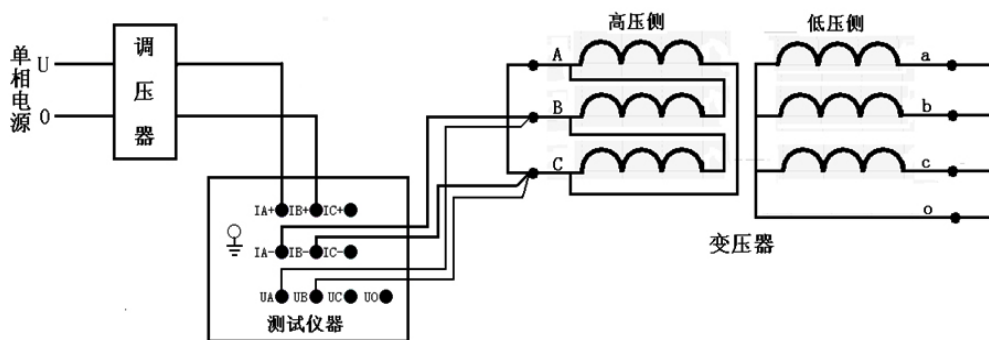
按上方**测试**按钮进入测试，弹出提示信息后，选择**是(Y)**选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按**确定**键锁定当前测试数据，AB 相测量结束。



在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，CA 间短接，其接线如下图所示：

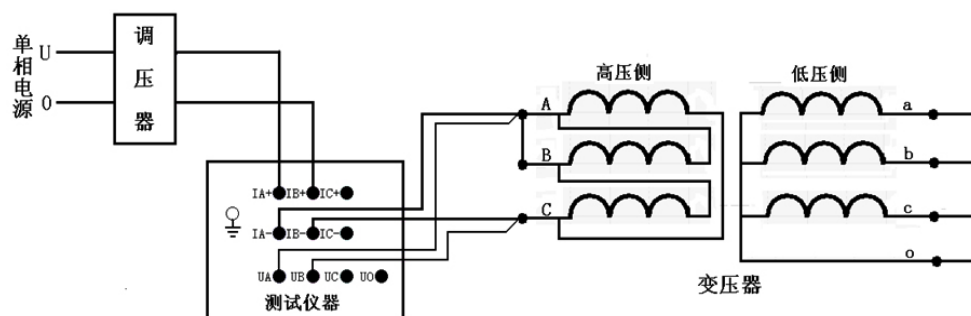


接好线后按“确认”键，调节调压器给 BC 相加压，此时测量“BC”相的数据。

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按**确定**键锁定当前测试数据，BC 相测量结束。

待数据稳定后，按“确认”键，BC 相测量结束。

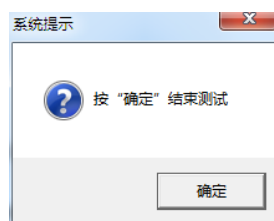
在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，AB 间短接，其接线如下图所示：



接好线后按“确认”键，调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据。

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按**确定**键锁定当前测试数据，BC 相测量结束。

待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器容量。

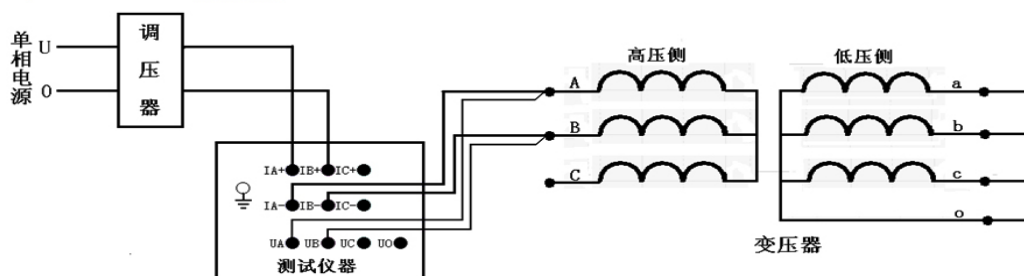


将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(四) 星形分相容量测试

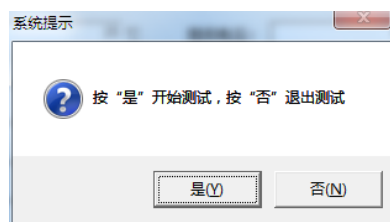
对于加压侧绕组为 Y、另一侧为 y_n 、y 或 d 联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，测量变压器容量。

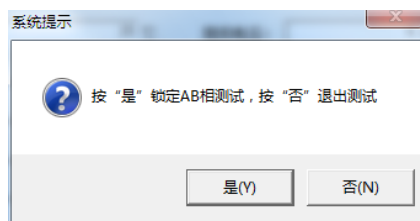
将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端；同时变压器的低压侧要可靠短路，并确保接触电阻可以忽略，以免影响测试数据。其接线方法如下图所示：



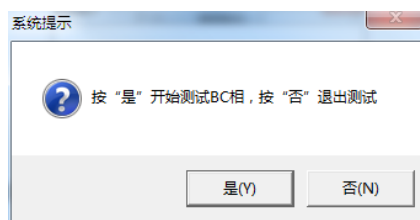
在容量测试界面下，设置好相关的参数后，选择“星形分相容量”。

按上方**测试**按钮进入测试，弹出提示信息后，选择**是(Y)**选项开始测试。

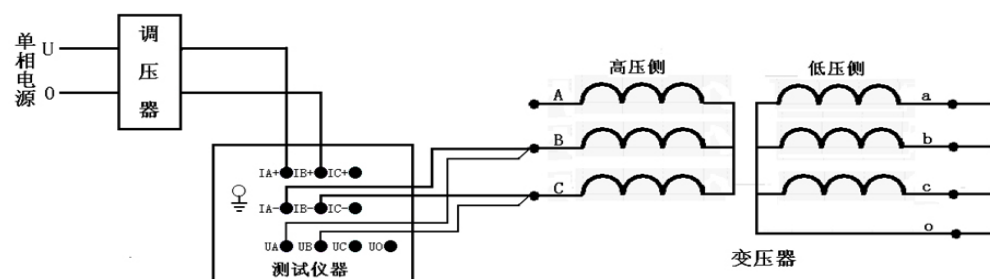




在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按确定键锁定当前测试数据，AB 相测量结束。



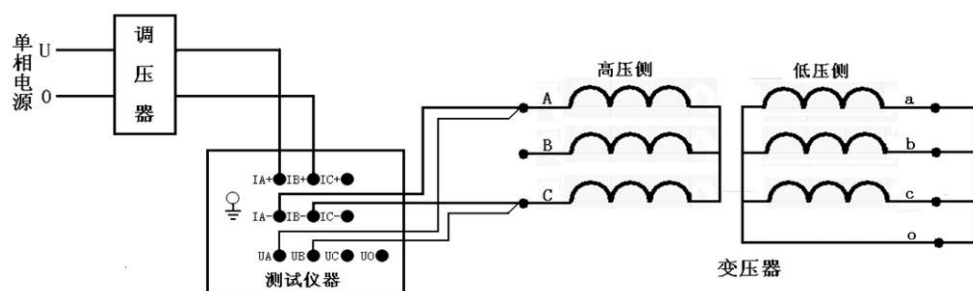
在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，其接线如下图所示：



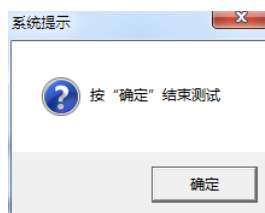
接好线后调节调压器给 BC 相加压，此时测量“BC”相的数据。

在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按确定键锁定当前测试数据，BC 相测量结束。

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，其接线如下图所示：



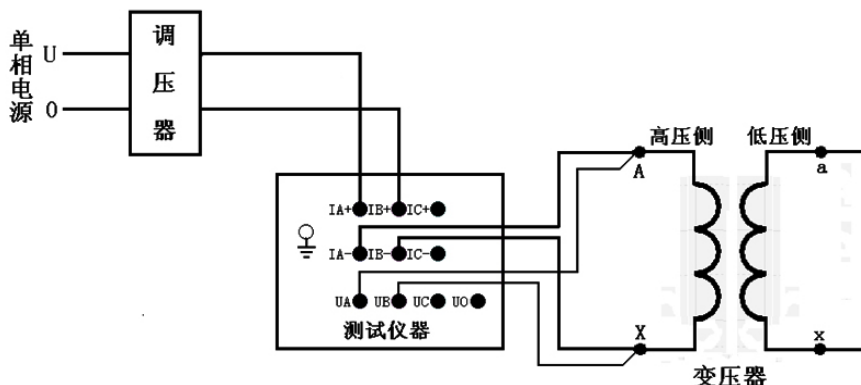
接好线后按“确认”键，调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据，



待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相数据计算出变压器容量。将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

（五）单相变压器容量测试

将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧A端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧X端。其接线方法如下图所示：



在容量测试界面下，设置好相关的参数后，选择“单相容量”，其测试界面如下图所示：

在此状态下，接通单相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高（如果采用仪器内电源作为测试电源则不需要操作调压器），待数据稳定后，按“确认”键锁定当前测试数据。

将调压器输出电压调零并断开试验电源。按“打印”键打印当前测试的数据；当数据锁定后，按“保存”键存储当前测试数据(掉电不丢失)；按“取消”键退出锁定状态；按“退出”键退出测试返回上一级菜单。

注意：

每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电。

7、变压器空载损耗测试操作

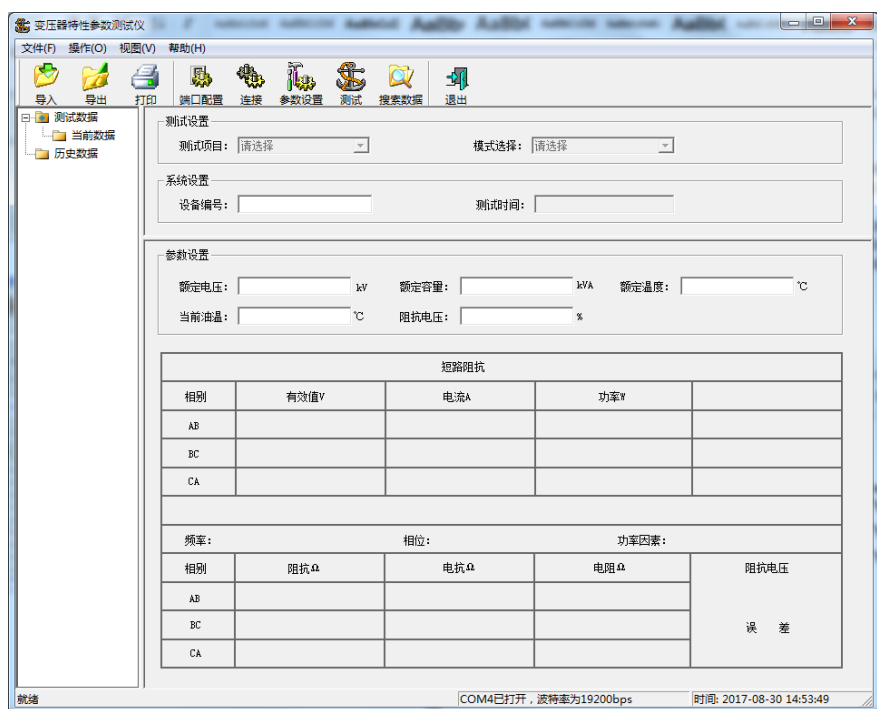
空载试验必须在额定频率(正弦波形)和额定电压下进行，使一个绕组达到额定励磁，其余绕组开路。一般选择变压器低压绕组侧为试验绕组，空载试验电源质量要符合国家标准规定，最好使用调压设备，电压能以零开始升压，这样便于及早发现问题和降低操作过电压，所测得的空载试验数据的误差应符合GB/T6451 或有关标准的规定。（空载损耗允许偏差+15%，空载电流偏差+30%）

如果在做大型变压器试验时外接了电压、电流互感器,其精度不能低于 0.2 级。

在现场不具备测试电源的条件下，若对低压侧额定电压为 10kV 的中型变压器进行三相空载损耗试验，建议采用中间变压器（如 10 / 0.4 配电变压器），对中型电力变压器在现场进行空载试验,即现由仪器测量出中间变压器的空载损耗,再测量经中间变压器后对大型变压器的空载损耗,两者相减后即可得到大型变压器的空载损耗值,但需要注意中间变压器低压侧所需用的电流是否保证变电站的供电安全,由于空载试验时波形发生畸变,所测量的结果存在一定的偏差,对电源容量要求见附录（仅供参考）。

（一）开机界面

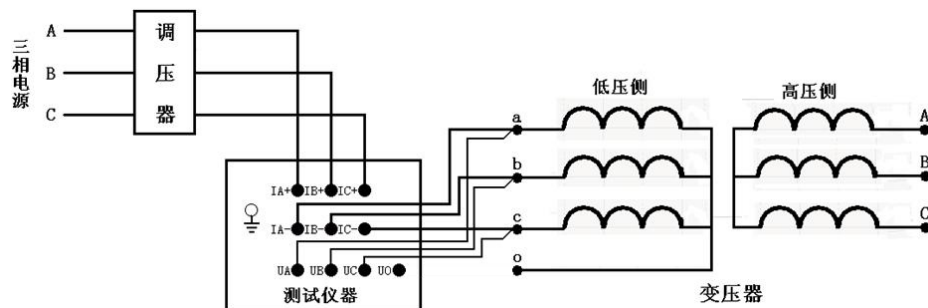
接好电源线，打开电源，液晶屏显示界面，点击上方**连接**按钮，正常联机。



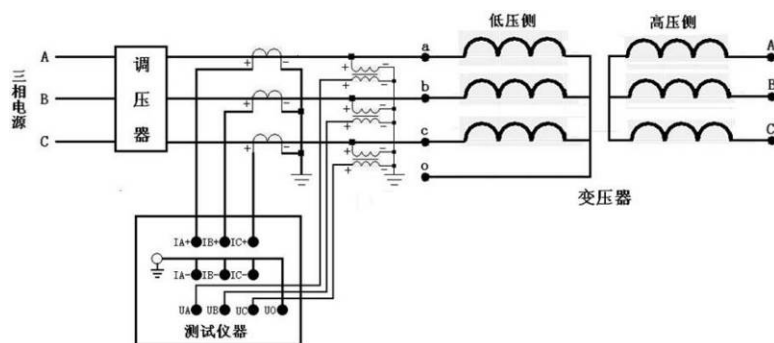
(二) 三相三线空载损耗测试

将三相电源的“Ua”、“Ub”、“Uc”分别接入仪器的“IA+”、“IB+”、“IC+”接线端子；将仪器的“IA-”、“IB-”、“IC-”及“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的低压侧。变压器的高压侧开路。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



当测试电压、电流超过仪器测试范围时，需接电压互感器、电流互感器,接线方法如下图所示：



在开机主菜单状态下，选择“空载损耗”项目，进入“空载损耗”项目菜单。

在测试之前，首先要进行相关的参数设置。在上图中光标指向“参数设置”项，

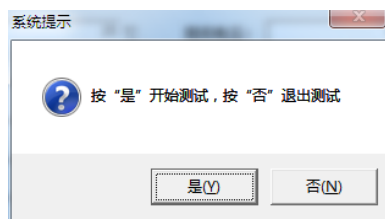
测试设置	
测试项目: 空载损耗	模式选择: 三相三线
系统设置	
设备编号: 001	测试时间:
参数设置	
额定高压: 10 kV	额定容量: 30 kVA
当前油温: 25 °C	额定温度: 75 °C
电压变比: 1	电流变比: 1
额定低压 (加压侧): 0.4 kV	

各参数说明如下:

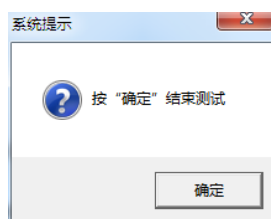
- 1) 设备编号: 可输入最多十位数字或英文字符 (如出厂编号), 用于标识被测设备。
- 2) 额定高压: 变压器加压侧额定电压, 单位: kV
- 3) 额定容量: 变压器的额定容量, 单位: kVA。
- 4) 额定温度: 用于将与温度有关的测试参数从当前油温校正到额定温度, 单位: °C。
- 5) 当前油温: 被测变压器当前油温, 用于将测试结果校正到额定温度, 单位: °C。
- 6) 电压变比: 外接一次电压互感器变比, 若不接外部电压互感器, 则电压变比应设为 1(初始值)。
- 7) 电流变比: 外接一次电流互感器变比, 若不接外部电流互感器, 则电流变比应设为 1(初始值)。
- 8) 额定低压, 单位: kV。

上述的参数应根据实际情况输入, 否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后, 返回到上图的状态。

按上方 **测试** 按钮进入测试, 弹出提示信息后, 选择 **是(Y)** 选项开始测试。



在此状态下, 接通三相试验电源, 调节调压器, 使试验电压慢慢升高, 待数据稳定后, 按 **确定** 键锁定当前测试数据。



将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意: 每次测试结束或测试中间换线时, 一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源, 以防触电)。

空载损耗				
相别	有效值V	电流A	功率W	
AB				
BC				
CA				
频率：		相位：	功率因素：	
空载电流：		波形畸变：		
铁芯形式：				
空载损耗：				

各参数说明如下:

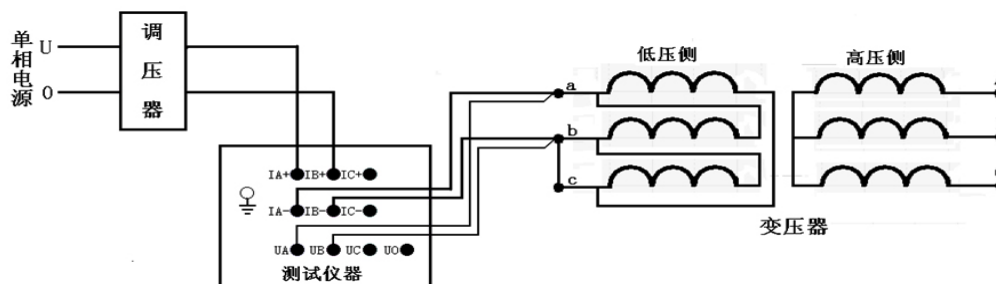
- (1) 有效值 V: 当前条件下的实测 ab、bc、ca 相的电压有效值, 单位: V。
- (2) 平均值 V: 当前条件下的实测 ab、bc、ca 相的电压平均值, 单位: V。
- (3) 电流 A: 当前条件下的实测 a 相、b 相、c 相的电流有效值, 单位: A。
- (4) 功率 W: 当前条件下的实测 ab 相、bc 相、ca 相的有功功率, 单位: W。
- (5) 三相: 表示三相平均值, 功率为三相总和。
- (6) 频率: 试验电源频率, 单位: Hz。
- (7) 相位: 电压和电流的相位差, 单位: ° (度)。
- (8) COS Φ : 功率因数。
- (9) 空载电流: 空载电流百分比。
- (10) 波形畸变: 三相电压平均值和电压有效值的误差百分比。
- (11) 铁芯形式: 根据所测得的空载损耗值判断得到的铁芯形式。
- (12) 空载损耗: 校正到额定电压下的空载损耗值(在计算额定电压空载损耗时, 因与选的铁芯材料和磁通密度有关, 结果有可能不是很准确, 用户可以根据实测空载损耗自己手动校正, 或者施加额定电压测量)。

(三) D 形分相空载损耗测试

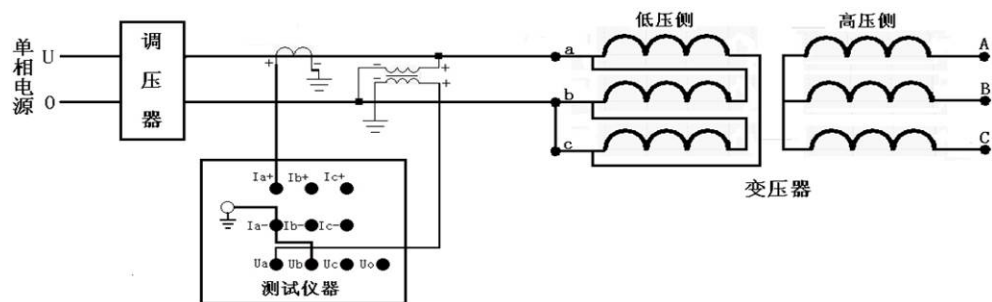
对于加压侧绕组为 D、另一侧为 yn、y 或 d 联结的三相变压器, 可以采用单相电源, 依次在 ab、bc、ca 相加压, 非加压绕组应依次短路, 测量变压器空载电流和空载损耗。

将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子; 将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的低压侧 a 端, 将“IB-”及“UB”接到变压器的低压侧 b 端, bc 间短接; 变压器高压侧开路。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时, 接线方法如下图所示:

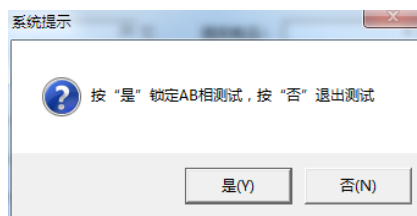
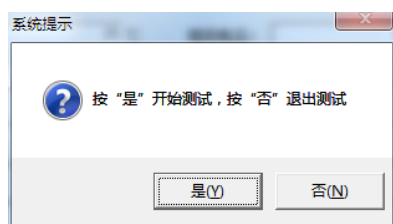


当测试电压、电流超过仪器测试范围时, 需接电压互感器、电流互感器, 接线方法如下图所示:

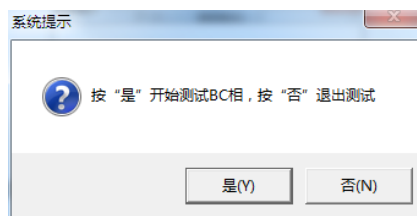


在空载测试主界面下，设置好相关的参数后，选择“D 形分相空载”。

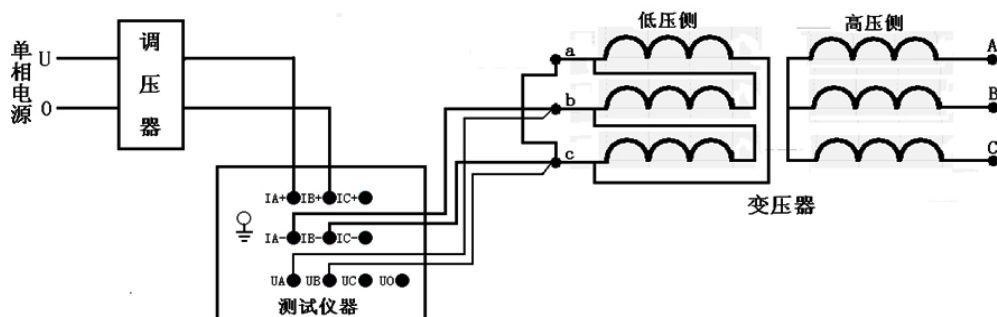
按上方[测试]按钮进入测试，弹出提示信息后，选择[是(Y)]选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按[确定]键锁定当前测试数据，ab 相测量结束。



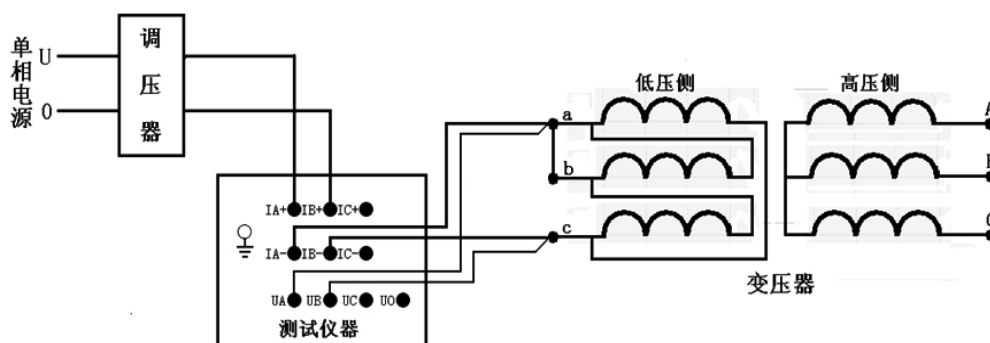
在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 bc 相，ca 间短接，其接线如下图所示：



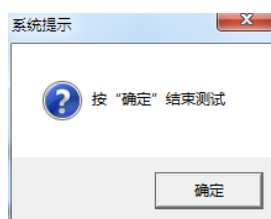
接好后按“确认”键，调节调压器给 bc 相加压，此时测量“ac”相的数据。

待数据稳定后，按“确认”键，bc 相测量结束。

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 ca 相，ab 间短接，其接线如下图所示：



接好线后按“确认”键，调节调压器给 ca 相加压，此时测量“ca”相的数据，



待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器空载电流和空载损耗。

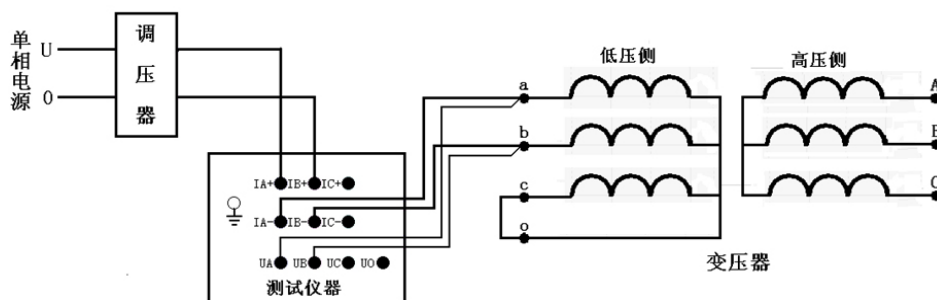
将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(四) 星形分相空载损耗测试

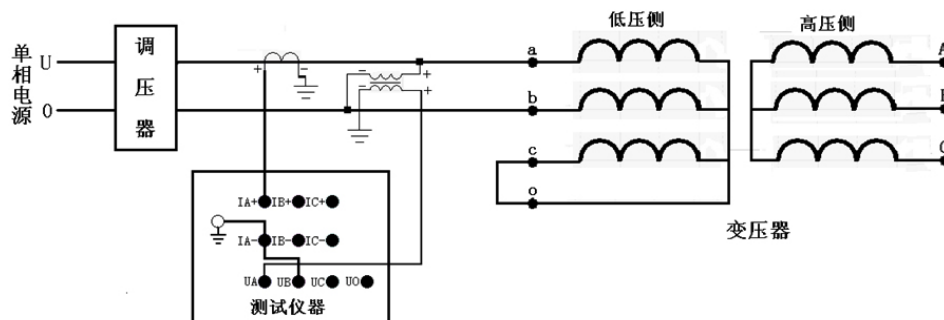
对于加压侧绕组为 Y、Yn 另一侧为 y 或 d 联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在 ab、bc、ca 相加压，未加压相与 o 相短接，测量变压器空载电流和空载损耗。

将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的低压侧 a 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的低压侧 b 端，co 或 c 相上的其它绕组短接；同时变压器的高压侧开路。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：

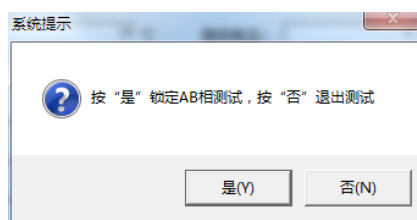
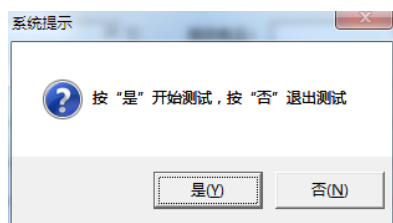


当测试电压、电流超过仪器测试范围时，需接电压互感器、电流互感器，接线方法如下图所示：

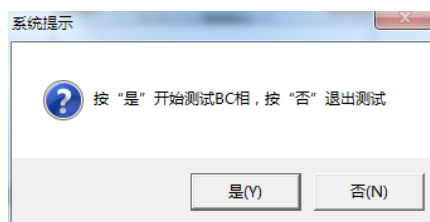


在空载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“星形分相空载”。

按上方[测试]按钮进入测试，弹出提示信息后，选择[是(Y)]选项开始测试。

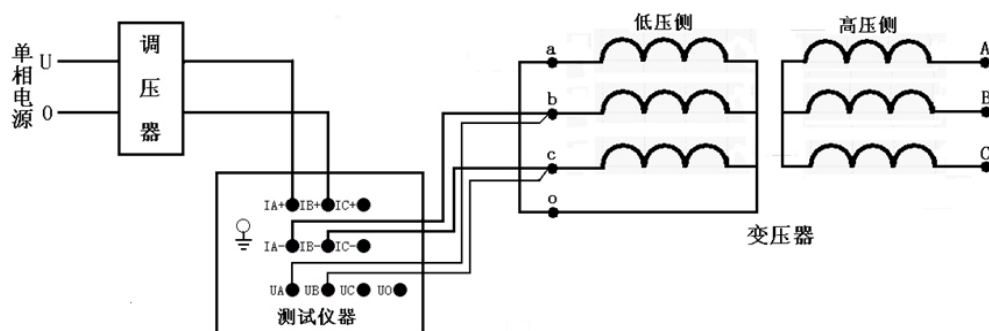


在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按[确定]键锁定当前测试数据，AB相测量结束。



在此状态下，接通试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢的升高到 $2/\sqrt{3}$ 倍额定电压，待数据稳定后，按“确认”键。

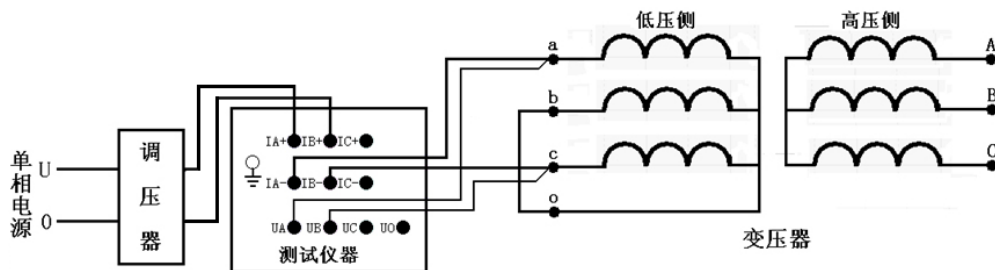
在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 bc 相，ao 或 a 相上的其它绕组短接，其接线如下图所示：



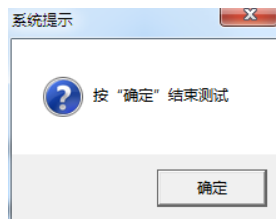
接好线后按“确认”键，调节调压器给 bc 相加压，此时测量“bc”相的数据。

待数据稳定后，按“确认”键，bc相测量结束。

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 ca 相，bo 或 b 相上的其它绕组短接，其接线如下图所示：



接好线后按“确认”键，调节调压器给 ca 相加压，此时测量“ca”相的数据。

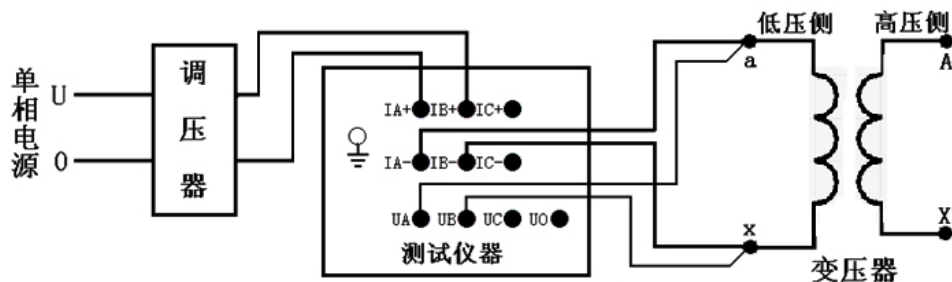


待数据稳定后，按“确认”结束测量，仪器根据三相测量数据计算出变压器空载电流和空载损耗。将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

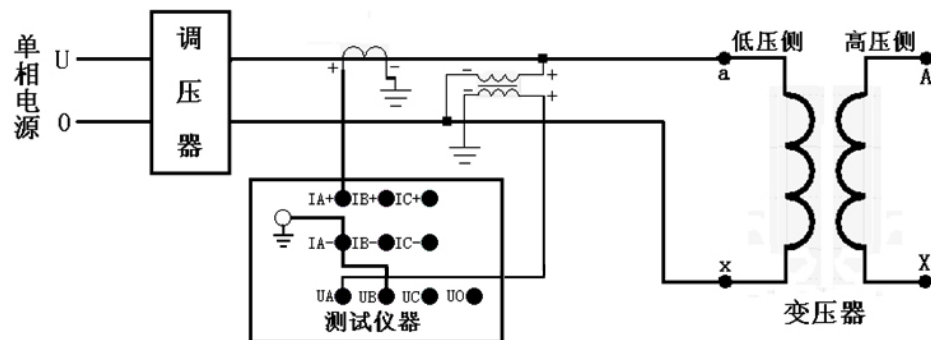
(五) 单相空载损耗测试

将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的低压侧 a 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的低压侧 x 端，变压器的高压侧开路。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：

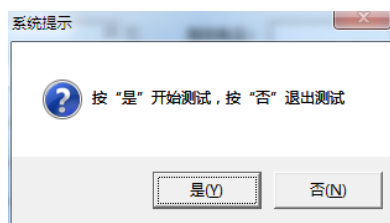


当测试电压、电流超过仪器测试范围时，需接电压互感器、电流互感器,接线方法如下图所示：

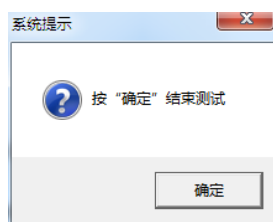


在空载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“单相空载”。

按上方[测试]按钮进入测试，弹出提示信息后，选择[是(Y)]选项开始测试。



在此状态下, 接通三相试验电源, 调节调压器, 使试验电压慢慢升高, 待数据稳定后, 按`确定`键锁定当前测试数据。



在此状态下, 接通单相试验电源, 调节调压器, 使试验电压慢慢升高到额定电压, 待数据稳定后, 按“确认”键锁定当前测试数据。
将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意: 每次测试结束或测试中间换线时, 一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源, 以防触电)。

8、变压器负载损耗测试操作

额定条件下的测试

试验必须在额定频率(正弦波形)和额定电流下进行, 一般选择变压器一次侧绕组侧为试验绕组, 二次侧(大电流侧)人工短路, 短路导线截面积应不小于变压器导线截面积, 其长度要尽可能短, 并确保接触电阻可以忽略, 以免影响测试结果。

非额定条件下的测试

由于现场的实际情况, 受条件的限制, 无法对被测试变压器施加以额定频率的额定电压, 特别是对大中型变压器试验, 在现场更难以做到。建议利用小电流进行试验测试。

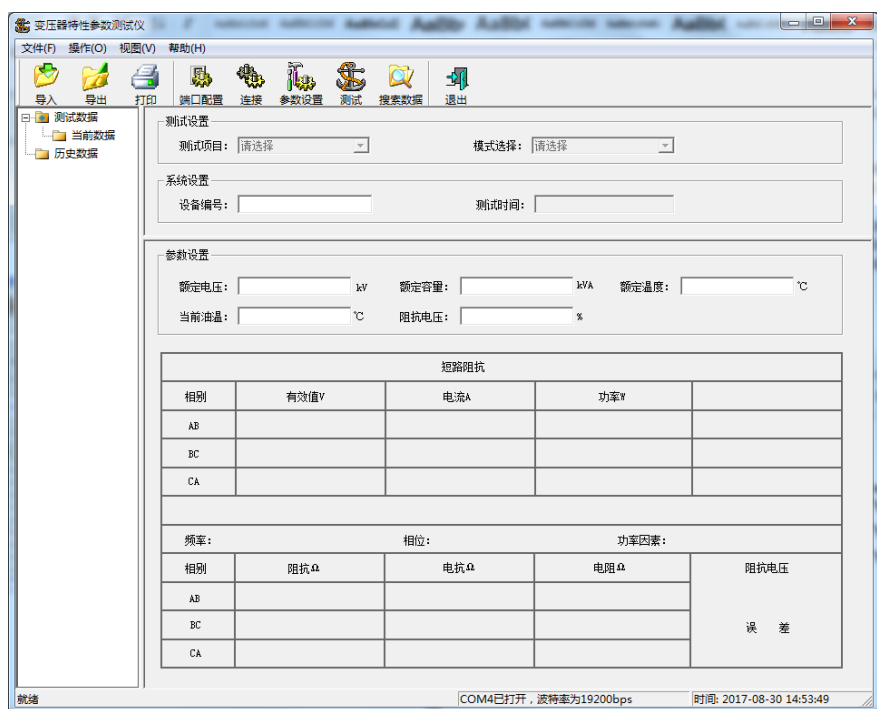
试验要求及注意

试验前应准确地测量被试变压器绕组温度, 油浸变压器检测绕组温度(可参考油面温度), 干式变压器应在线圈地不同部位(不小于三个点)的温度平均值作为绕组温度。如果在做大型变压器试验时外接了电压、电流互感器, 其精度不能低于 0.2 级。对电源容量要求见附录(仅供参考)。

双绕组变压器从试品得一侧供给额定电流, 另一侧短路, 还应在两极限分接位置上进行。其测量结果应在成对得绕组间进行, 其他绕组开路。高压绕组与中压绕组间测量, 低压绕组开路; 高压绕组和低压绕组间测量, 中压绕组开路; 中压绕组与低压绕组间测量, 高压绕组开路。自耦变压器可视同双绕组变压器, 对于具有独立第三绕组得自耦变压器, 可视同三绕组变压器。

(一) 开机界面

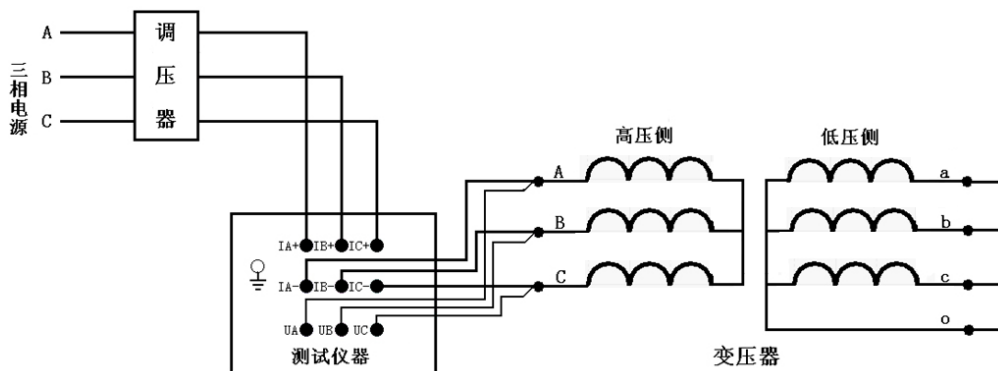
接好电源线, 打开电源, 液晶屏显示界面, 点击上方`连接`按钮, 正常联机。



(二) 三相三线负载损耗测试

将三相电源的“Ua”、“Ub”、“Uc”分别接入仪器的“IA+”、“IB+”、“IC+”接线端子；将仪器的“IA-”、“IB-”、“IC-”及“UA”、“UB”、“UC”分别接到变压器的高压侧。若三相电源带有零相，将三相电源的零相“Uo”接到仪器的“UO”接线端子。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：



在开机主界面的状态下，选择“负载损耗”项目，进入“负载损耗”项目测试菜单。

在测试之前，首先要进行相关的参数设置。

测试设置		
测试项目: 负载损耗	模式选择: 三相三线	
系统设置		
设备编号: 001	测试时间:	
参数设置		
额定高压 (加压侧): 10 kV	额定容量: 30 kVA	额定温度: 75 °C
当前油温: 25 °C	高压线电阻: 70000 mΩ	低压线电阻: 77000 uΩ
额定低压: 0.4 kV		

各参数说明如下:

- (1) 设备编号: 可输入最多十位数字或英文字符(如出厂编号), 用于标识被测设备。
- (2) 额定高压: 变压器加压侧额定电压, 单位:kV
- (3) 额定容量: 变压器的额定容量, 单位:kVA。
- (4) 额定温度: 用于将与温度有关的测试参数从当前油温校正到额定温度, 单位:℃。
- (5) 当前油温: 被测变压器当前油温, 用于将测试结果校正到额定温度, 单位:℃。
- (6) 高压电阻: 当前油温下高压侧的平均相间直流电阻(如果是单相电阻, 应乘以 2, 如果不在当前油温下测的结果, 应按公式 1 转换为当前油温),单位:mΩ。
- (7) 低压电阻: 当前油温下低压侧的平均相间直流电阻(如果是单相电阻, 应乘以 2, 如果不在当前油温下测的结果, 应按公式转 1 换为当前油温),单位:uΩ。
- (8) 额定低压: 单位:kV。

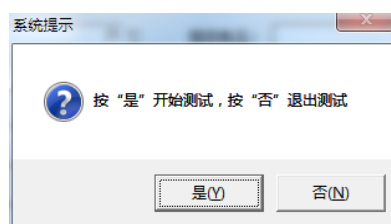
$$R_t = R_{t1} \times \frac{235+t}{235+t1}$$

t:当前油温 t1:测试直流电阻时的油温 Rt1:t1 时的直流电阻。

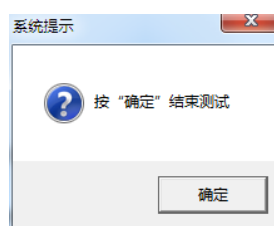
高压电阻, 低压电阻, 额定低压是电阻法算负载损耗时的参数, 如果小容量变压器可以输入 0.仪器会用系数法算负载损耗, 但是大容量变压器应该准确输入这些参数, 用电阻法算出的负载损耗为准, 否则系数法算出的结果会偏大很多。

上述的参数应根据实际情况输入, 否则会得到错误的测试结果。当所有的参数已设置好后, 返回到负载损耗主界面的状态。

按上方[测 试]按钮进入测试, 弹出提示信息后, 选择[是(Y)]选项开始测试。



在此状态下, 接通三相试验电源, 调节调压器, 使试验电压慢慢升高, 待数据稳定后, 按[确定]键锁定当前测试数据。



将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意: 每次测试结束或测试中间换线时, 一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源, 以防触电)。

负载损耗				
相别	有效值V	电流A	功率W	
AB				
BC				
CA				
频率：		相位：	功率因素：	
阻抗电压：		系数法负载损耗：		
电阻法负载损耗：				

各参数说明如下:

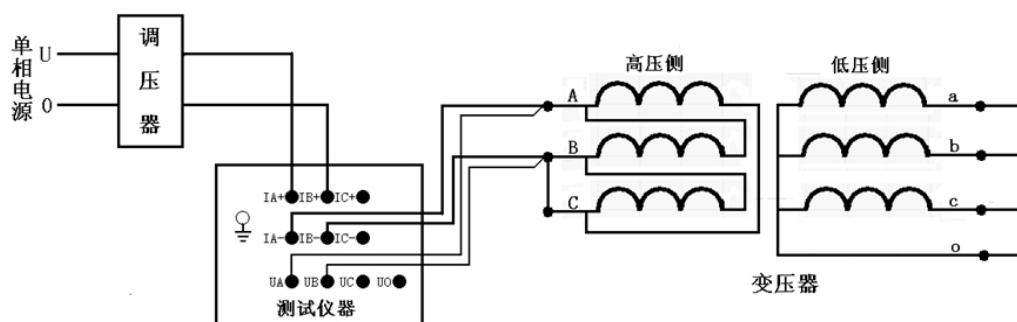
- (1) 有效值 V: 当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压有效值, 单位:V。
- (2) 平均值 V: 当前条件下的实测 AB、BC、CA 相的电压平均值, 单位:V。
- (3) 电流 A: 当前条件下的实测 A 相、B 相、C 相的电流有效值, 单位:A。
- (4) 功率 W: 当前条件下的实测 AB 相、BC 相、CA 相的有功功率, 单位:W。
- (5) 三相: 表示三相平均值, 功率为三相总和。
- (6) 频率: 试验电源频率, 单位:Hz。
- (7) 相位: 电压和电流的相位差, 单位:° (度)。
- (8) COS Φ : 功率因数。
- (9) 阻抗电压: 折算到额定电流、额定温度下的阻抗电压百分比。
- (10) 系数法负载损耗: 用系数法折算到额定电流、额定温度下的负载损耗, 单位:kW。
- (11) 电阻法负载损耗: 用电阻法折算到额定电流、额定温度下的负载损耗, 单位:kW。

(三) D 形分相负载损耗测试

对于加压侧绕组为 D、另一侧为 yn、y 或 d 联结的三相变压器, 可以采用单相电源, 依次在 AB、BC、CA 相加压, 非加压绕组应依次短路, 测量变压器阻抗电压和负载损耗。

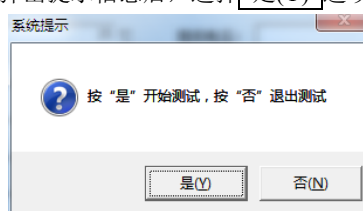
将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子; 将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端, 将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端, BC 间短接。

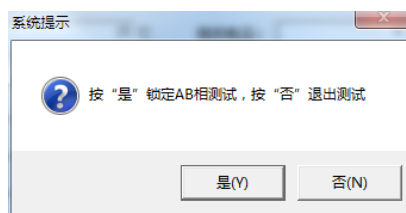
当测试电压、电流不超过仪器测试范围时, 接线方法如下图所示:



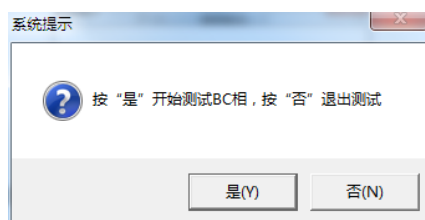
在负载损耗主界面下, 设置好相关的参数后, 选择“D 形分相负载”。

按上方 **测试** 按钮进入测试, 弹出提示信息后, 选择 **是(Y)** 选项开始测试。

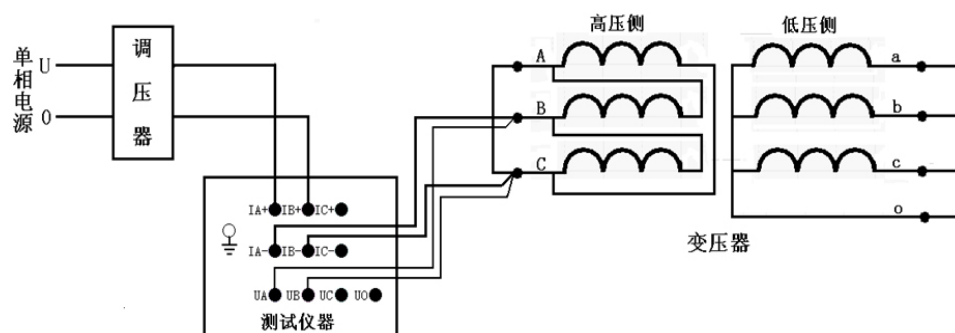




在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按确定键锁定当前测试数据，AB 相测量结束。



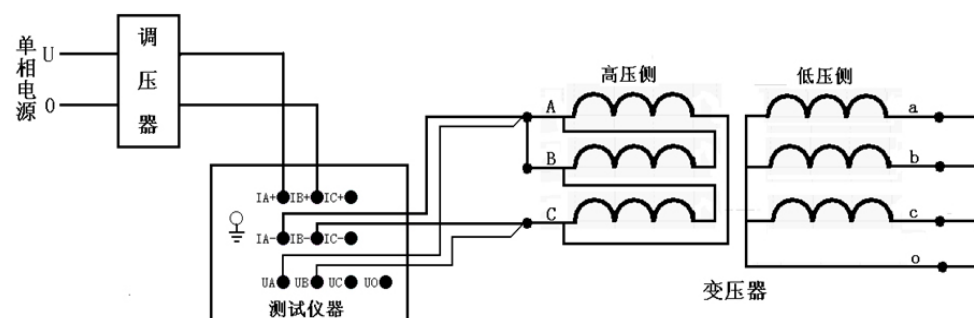
在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，CA 间短接，其接线如下图所示：



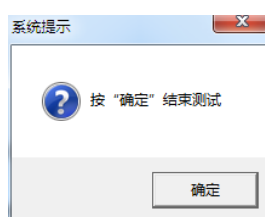
接好后按“确认”键，调节调压器给 BC 相加压，此时测量“BC”相的数据。

待数据稳定后，按“确认”键。

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，AB 间短接，其接线如下图所示：



接好后调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据。



待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器阻抗电压和负载

损耗。

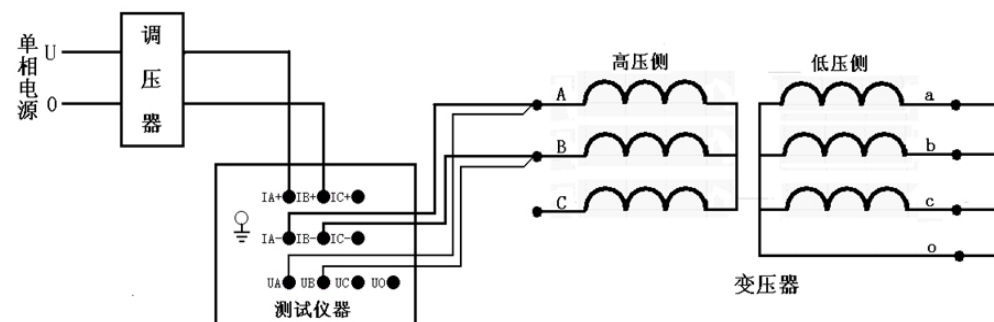
将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(四) 星形分相负载损耗测试

对于加压侧绕组为 Y、另一侧为 y 或 d 联结的三相变压器，可以采用单相电源，依次在 AB、BC、CA 相加压，测量变压器阻抗电压和负载损耗。

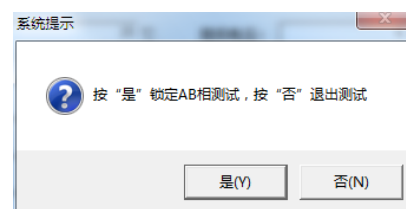
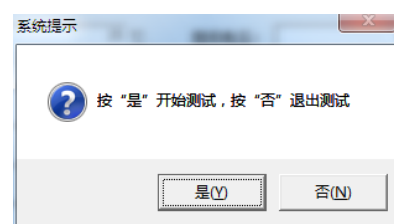
将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 B 端。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：

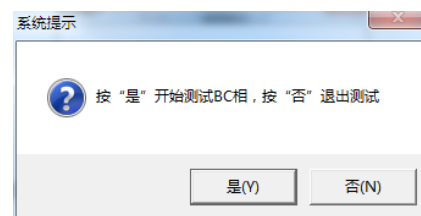


在负载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“星形分相负载”。

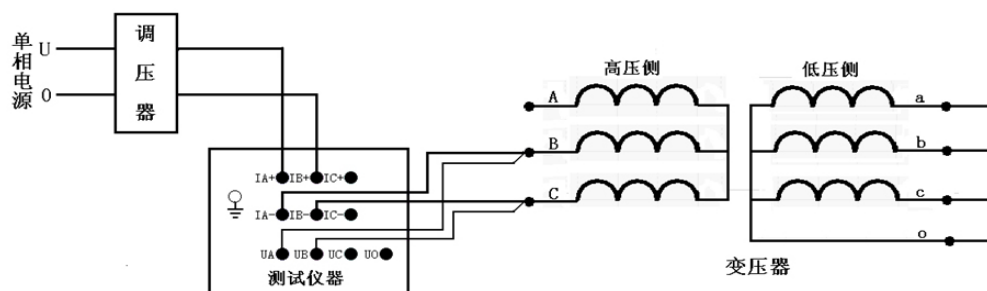
按上方测试按钮进入测试，弹出提示信息后，选择是(Y)选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按确定键锁定当前测试数据，AB 相测量结束。



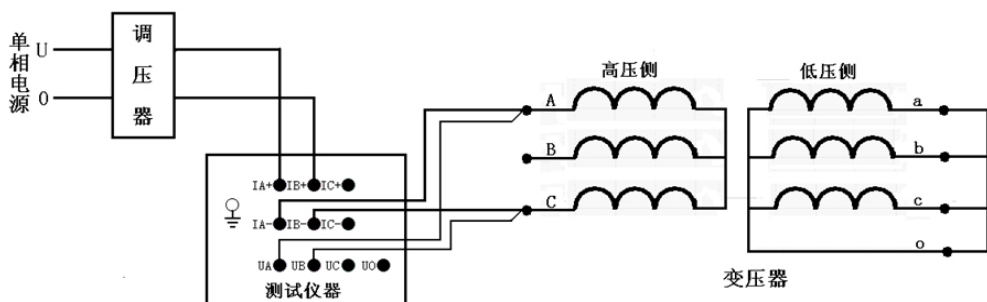
在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 BC 相，其接线如下图所示：



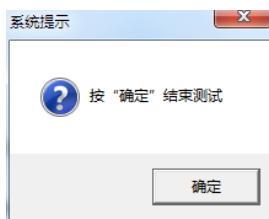
接好线后按“确认”键，调节调压器给 BC 相加压，此时测量“BC”相的数据。

待数据稳定后，按“确认”键，BC 相测量结束。

在此状态下，不要退出测量状态，将调压器输出电压调零，改接线到 CA 相，其接线如下图所示：



接好线后按“确认”键，调节调压器给 CA 相加压，此时测量“CA”相的数据。



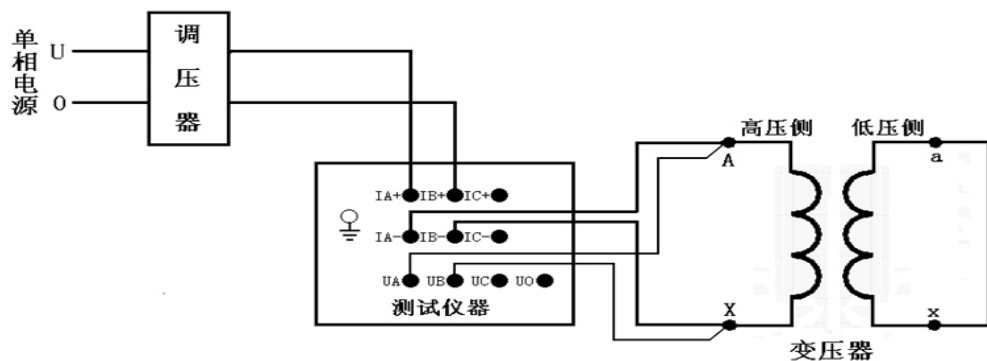
待数据稳定后，按“确认”键，三相测量结束，仪器根据三相测量数据计算出变压器阻抗电压和负载损耗。

将调压器输出电压调零并断开试验电源。(注意：每次测试结束或测试中间换线时，一定要将调压器输出电压调零并断开试验电源，以防触电)。

(五) 单相变压器负载损耗测试

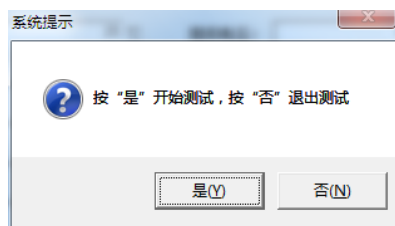
将单相电源的“U”、“O”接入仪器的“IA+”、“IB+”接线端子；将仪器的“IA-”及“UA”接到变压器的高压侧 A 端，将“IB-”及“UB”接到变压器的高压侧 X 端。

当测试电压、电流不超过仪器测试范围时，接线方法如下图所示：

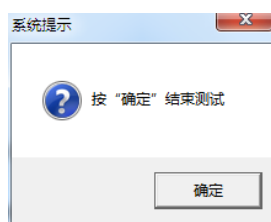


在负载损耗主界面下，设置好相关的参数后，选择“单相负载”。

按上方**测试**按钮进入测试，弹出提示信息后，选择**是(Y)**选项开始测试。



在此状态下，接通三相试验电源，调节调压器，使试验电压慢慢升高，待数据稳定后，按**确定**键锁定当前测试数据。



将调压器输出电压调零并断开试验电源。

9、注意事项

- 1) 使用本仪器时请按本说明书接线和操作。
- 2) 接地端子应就近可靠接地，接好测试线后开机，在测试过程中，切不可拆除测试线，以免发生事故，一次测试完成后应锁定数据，然后断开测试电源，再查看或打印锁定数据或者移动拆除测试线。
- 3) 测试开始前请输入正确的辅助参数，仪器的测量结果都依赖于输入的辅助参数。
- 4) 测试时注意变压器分接开关位置，不同位置的测量结果也不同，如果要测量阻抗电压，变压器必须在额定分接位置。
- 5) 空载损耗测量时，在非额定电压条件下，电压校正是一种近似校正，所以请尽量在额定电压条件下进行测量。
- 6) 负载损耗测量时，试验应尽量快速进行，以减少绕组温升所引起的误差。
- 7) 负载损耗测量时，低压侧短路线要足够粗，可以承受低压侧额定电流，并且连接可靠，确保接触电阻可以忽略。
- 8) 测试菜单项选择和实际测试项目及接线要一致。
- 9) 电流回路用粗线连接，电压回路用细线连接。
- 10) 请不要在电压或电流输入过载条件下工作。

附录 1、国标 GB1094.1 与 IEC76.1 允许偏差对照表

项目	允许偏差			
	国标 GB1094. 1-85	IEC76. 1-76	国标 GB1094. 1-96	IEC76. 1-93
1、总损耗	+10%	+10%	+10%	+10%
1) 空载损耗	+15%	+15%	+15%	+15%
2) 负载损耗	+15%	+15%	+15%	+15%
2、主分接上的空载电压比(额定电压比)	取下列值中的较小值: 1) $\pm 0.5\%$ 2) 额定电流下实际阻抗电压的 $\pm 10\%$ (自耦变压器和增压变压器的阻抗值较小, 因而会产生一些误差, 故此条不适用) 由制造厂与使用部门商定	规定的第一对绕组	主分接取下列值较小值 1) 规定电压比的 $\pm 0.5\%$ 2) 实际阻抗电压百分数的 $\pm 10\%$	
其他分接上的空载电压比		其他绕组对	其他分接协议, 但不低于 1) 和 2) 中的较小值	
3、额定电流下的阻抗电压	1) ①双绕组变压器: 该分接的规定值的 $\pm 10\%$ ②多绕组变压器: 指定一对绕组的规定值的 $\pm 10\%$, 第二对绕组的规定值的 $\pm 15\%$ 2) 其他成对绕组的偏差, 需经协商并说明	有二个独立绕组的变压器或多绕组变压器中规定的第一对独立绕组	主分接: 当阻抗值 $\geq 10\%$ 时为 $\pm 7.5\%$ 当阻抗值 $< 10\%$ 为 $\pm 10\%$ 其他分接: 当阻抗值 $\geq 10\%$ 时为 $\pm 10\%$ 当阻抗值 $< 10\%$ 为 $\pm 15\%$	
1) 主分接为中间分接或间两分接中之一时 ①双绕组变压器 ②多绕组变压器				
2) 其他情况				
		自耦连接的一对绕组或多绕组变压器中规定的第二对绕组	主分接为 $\pm 10\%$ 其他分接为 $\pm 15\%$	
4、任一分接的短路阻抗	不少于上项 1) 的偏差值	其他绕组时	$\pm 15\%$ 按协议正偏差可加大	
5、空载电流	标准值(或设计值)的 $+30\%$			

附录 2、变压器技术参数

6-10KV 电压等级 30kVA-1600kVA 配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW			负载损耗 kW			空载电流 %	短路 阻抗
	S9	S10	S11	S9	S10	S11		
30	0.13	0.11	0.09	0.60			2.8	4.0
50	0.17	0.15	0.12	0.87			2.5	
63	0.20	0.17	0.14	1.04			2.5	
80	0.25	0.22	0.18	1.25			2.2	
100	0.29	0.25	0.20	1.50			2.2	
125	0.34	0.29	0.24	1.80			2.0	
160	0.40	0.34	0.28	2.20			1.9	
200	0.48	0.41	0.34	2.60			1.8	
250	0.56	0.48	0.39	3.05			1.7	
315	0.67	0.57	0.47	3.65			1.6	
400	0.80	0.68	0.56	4.3			1.5	
500	0.96	0.82	0.67	5.10			1.4	
630	1.20	1.02	0.84	6.20			1.3	4.5
800	1.40	1.19	0.98	7.50			1.2	
1000	1.70	1.45	1.19	10.30			1.1	
1250	1.95	1.66	1.37	12.80			1.0	
1600	2.40	2.04	1.68	14.50			0.9	

6-10kV 电压等级

额定容量	空载损耗			负载损耗			空载电流 %	短 路 阻抗
	S9	S10	S11	S9	S10	S11		
630kVA-6300kVA 双绕组无励磁调压变压器（低压为 6kV 或 3kV）								
630	1.04	0.92	0.81	7.29	6.89	6.89	1.3	4.5
800	1.26	1.12	0.98	8.91	8.42	8.42	1.2	5.5
1000	1.49	1.32	1.16	10.44	9.86	9.86	1.1	
1250	1.76	1.56	1.37	12.42	11.73	11.73	1.0	
1600	2.12	1.88	1.65	14.85	14.03	14.03	0.9	
2000	2.52	2.24	1.96	17.82	16.83	16.83	0.9	
2500	2.97	2.64	2.31	20.70	19.55	19.55	0.8	
3150	3.51	3.12	2.73	24.30	22.95	22.95	0.8	
4000	4.32	3.84	3.36	28.80	27.20	27.20	0.7	
5000	5.13	4.56	3.99	33.03	31.20	31.20	0.7	
6300	6.12	5.44	4.76	36.90	34.85	34.85	0.6	
200kVA-1600kVA 双绕组有载调压变压器（低压为 0.4kV）								
200	0.48	0.41	0.34	3.056 / 3.24	2.89 / 3.06	2.89 / 3.06	1.8 / 1.9	4
250	0.56	0.48	0.39	3.60 / 3.69	3.40 / 3.49	3.40 / 3.49	1.7 / 1.8	
315	0.67	0.57	0.47	4.32 / 4.41	4.08 / 4.17	4.08 / 4.17	1.6 / 1.7	
400	0.80	0.68	0.56	5.22 / 5.40	4.93 / 5.10	4.93 / 5.10	1.5 / 1.6	
500	0.96	0.82	0.67	6.21 / 6.44	5.89 / 6.08	5.87 / 6.08	1.4 / 1.5	
630	1.20	1.02	0.84	7.65	7.23	7.23	1.3	4.5
800	1.40	1.19	0.98	9.36	8.84	8.84	1.2	
1000	1.70	1.45	1.19	10.98	10.37	10.37	1.1	
1250	1.95	1.66	1.37	13.05	12.33	12.33	1.0	
1600	2.40	2.04	1.68	15.57	14.71	14.71	0.90	

注：表中斜线上方数值为 Yyno 联结组变压器用；斜线下方数值为 Dyn11 联结组变压器用。

35KV 电压等级 50kVA-1600kVA 配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW			负载损耗 kW			空载电流 %	短路 阻抗
	S9	S10	S11	S9	S10	S11		
50	0.24	0.20	0.17	1.22			2.00	6.5
100	0.34	0.29	0.24	2.03			1.80	
125	0.38	0.33	0.27	2.39			1.75	
160	0.41	0.35	0.29	2.84			1.65	
200	0.48	0.41	0.34	3.33			1.55	
250	0.57	0.49	0.40	3.96			1.40	
315	0.68	0.58	0.48	4.77			1.40	
400	0.82	0.70	0.58	5.76			1.30	
500	0.97	0.83	0.68	6.93			1.30	
630	1.20	1.02	0.84	8.28			1.25	
800	1.40	1.19	0.98	9.90			1.05	
1000	1.70	1.45	1.19	12.15			1.00	
1250	2.00	1.70	1.40	14.67			0.85	
1600	2.40	2.04	1.68	17.55			0.75	

35KV 电压等级 50kVA-1600kVA 配电变压器

额定容量 kVA	空载损耗 kW			负载损耗 kW			空载电流 %	短路 阻抗
	S9	S10	S11	S9	S10	S11		
800kVA-31500kVA 双绕组无励磁调压变压器（低压为 3-10kV 级）								
800	1.24	1.08	0.93	9.90	9.40	9.40	1.05	6.5
1000	1.44	1.26	1.08	12.20	11.50	11.50	1.00	
1250	1.76	1.54	1.32	14.70	13.90	13.90	0.90	
1600	2.12	1.86	1.59	17.60	16.60	16.60	0.85	
2000	2.72	2.38	2.04	19.40	18.30	18.30	0.75	
2500	6.20	2.80	2.40	20.70	19.60	19.60	0.75	
3150	3.80	3.33	2.85	24.30	23.00	23.00	0.70	7.0
4000	4.52	3.96	3.39	28.80	27.20	27.20	0.70	
5000	5.40	4.73	4.05	33.10	31.20	31.20	0.60	
6300	6.56	5.74	4.92	36.90	34.90	34.90	0.60	7.5
8000	9.20	8.05	6.90	41.00	39.00	39.00	0.55	
10000	10.90	9.52	8.16	48.00	46.00	46.00	0.55	
12500	12.80	11.20	9.60	57.00	54.00	54.00	0.55	8.0
16000	15.20	13.30	11.40	70.00	66.00	66.00	0.50	
20000	18.00	15.80	13.50	84.00	80.00	80.00	0.50	
25000	21.30	18.70	16.00	99.00	94.00	94.00	0.40	
31500	25.30	22.20	19.00	119.00	113.00	113.00	0.40	
2000kVA-12500kVA 双绕组有载调压变压器（低压为 3-10kV 级）高压分接范围±3×2.5%								
2000	2.88	2.52	2.16	18.80	17.70	17.70	1.00	6.5
2500	3.40	2.98	2.55	21.80	20.60	20.60	1.00	
3150	4.04	3.54	3.03	26.00	24.60	24.60	0.90	7.0
4000	4.84	4.24	3.63	30.70	29.00	29.00	0.90	
5000	5.80	5.08	4.35	36.00	34.00	34.00	0.85	
6300	7.04	6.16	5.28	38.70	36.60	36.60	0.85	7.5
8000	9.84	8.61	7.38	42.80	40.40	40.40	0.75	
10000	11.60	10.15	98.70	50.60	47.80	47.80	0.75	
12500	13.68	11.97	10.26	59.90	56.60	56.60	0.70	8.0

四、CT3310Z 三通道变压器直阻仪



根据电力设备预防性试验规程《DL/T 596 — 2015》的要求,在变压器交接、大修、小修、变更分接头位置、故障检查及预试等,必须测量变压器绕组的直流电阻。

智能型三通道助磁直流电阻测试仪是新一代变压器直流电阻的测试仪器,是集单相测试和三相同测以及助磁法测试于一体的智能测试仪器。仪器对中心点不引出以及 D 型变压器能够自动计算出相电阻,而且具有消磁功能,测试数据稳定准确,具有完善的反电势保护功能和现场抗干扰能力,适用于大型电力变压器直流电阻的快速测试。特别适合多分接点有载开关不断流连续测试,测量过程动态提示,自动消弧电流指示及声光指示报警,可以同时显示带分接开关的变压器每个节点直阻并自动计算不平衡率,可大大缩短测量时间,提高工作效率。电脑操作测试,保存的文件格式为 Excel 或 txt 文件格式。

1、主要技术指标

- 1) 电流输出: 三通道: 5A+5A、1A+1A;
单通道: 10A、5A、1A
- 2) 测试指标: ◇温度: $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$
- 3) 测试范围: $1\text{m}\Omega \sim 200\Omega$
10A: $1\text{m}\Omega \sim 2\Omega$
5A: $10\text{m}\Omega \sim 5\Omega$
1A: $1\Omega \sim 200\Omega$
- 4) 准确度: 0.2%读数 ± 2 字
- 5) 最高分辨率: $0.1\mu\Omega$
- 6) 尺寸: 长 402mm $\times$ 宽 300mm $\times$ 高 182mm, 重量: 7kg

2、仪器面板

- 1) 接线柱: 高压电流电压接线柱: 接被测变压器的高压侧或中压测
低压电流电压接线柱: 接被测变压器的低压侧
- 2) 接地柱: 仪器保护接地。
- 3) 消弧: 消弧电流指示及声光指示报警。
- 4) 电源插座: AC220 交流电源输入(内置备用 10A 保险丝)。
- 5) 电源开关: 交流电源通断。
- 6) RS232 插座: 数据通讯。用 PC 机软件操作仪器。

注意事项:

- 1) 仪器应可靠接地,接好测试线后开机,输出电流测试过程中,切不可拆除测试线,以免发生事故,完毕后一定要等电流消弧指示结束或声光报警停止后再关闭电源,拆除测试线。
- 2) 使用三通道方式测量有载调压变压器,可带载切换分接点,节省充电时间。
- 3) 测量无载调压变压器,要等放电指示报警停止后,方可切换分接点,切换档位。
- 4) 助磁测试主要针对三相五柱式变压器,低压绕组为三角形联结;(如发现低压绕组三角形联结,测试时

充电很慢，可采用助磁法测试）

3、接线与操作

- 1)、用电源线把仪器与外部 AC 220 电源连接,用接地线将接地端子与大地连接。
- 2)、两绕组变压器测试时依次将高压测试线的四个测试钳（黄绿红黑）分别接到高压侧的 A、B、C、O 套管上，如果只有 A、B、C 三个套管,可以将黑色测试钳悬空；测试线另一端与仪器的接线端子对应连接。将低压测试线的四个测试钳（黄绿红黑）分别接到低压侧的 a、b、c、o 套管上,如果只有 a、b、c 三个套管,可以将黑色测试钳悬空;测试线另一端与仪器的接线端子对应连接。

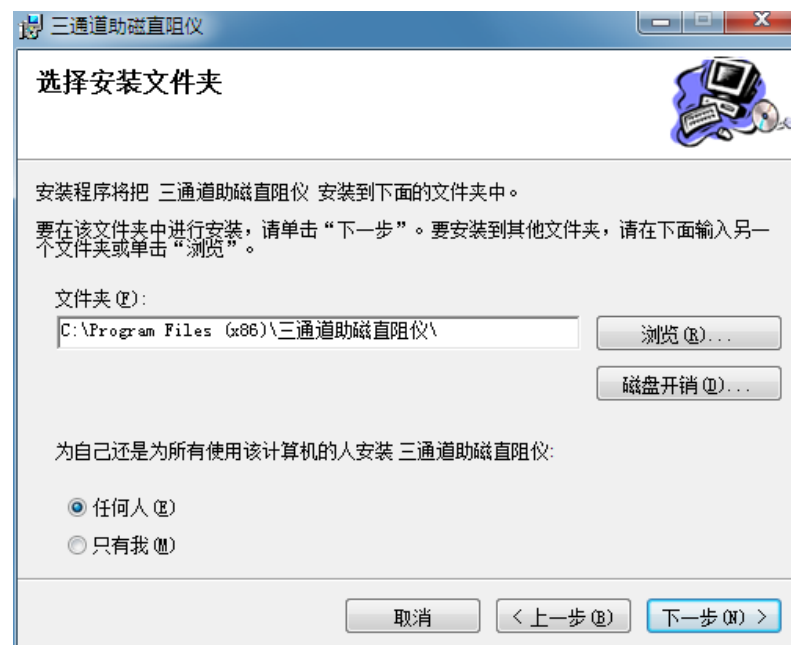
注：整个测试过程不用倒线。

- 3)、三绕组变压器可以将高低压绕组测试完后,将高压测试线的四个测试钳倒接到中压侧测试即可。
- 4)、单相变压器使用将高压测试线中黄色和黑色的测试钳接到单相变压器的高压侧,低压测试线中黄色和黑色的测试钳接到单相变压器的低压侧。
- 5)、仪器配套的专用测试线已经将电流、电压线设计到同一钳口上,接线简单方便。

4、测试界面

（一）软件安装

双击安装文件，选择软件安装的路径后，根据提示连续点击几次"下一步"即开始安装。如下图所示



（二）软件使用

软件安装完成后，界面如下图所示



控制按钮：

保 存：导出文件记录为 TXT 格式文件

打 印：打印测试记录

端口配置：设置通讯方式和波特率

连 接：上位机和仪器之间的连接通讯

温度折算：绕组材料及温度换算功能

历史数据：上传下位机的测试数据记录

消磁功能：变压器消磁功能

退 出：退出程序

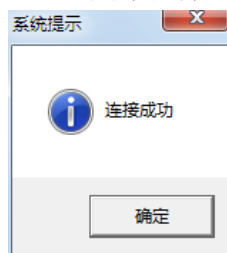
首先进行端口配置，选择好波特率（仪器的波特率为 9.6Kb/S）后点连接，如果仪器和连接线没问题，软件会提示连接成功（不成功查找连接线和端口配置是否正确），然后选择要试验的项目和模式，点**测 试**开始试验。测试完成的结果放在当前数据里面。按**保 存**将当前数据里面的测试结果保存到你选择的路径。如果要查找历史数据点**历史数据**。

5、使用说明

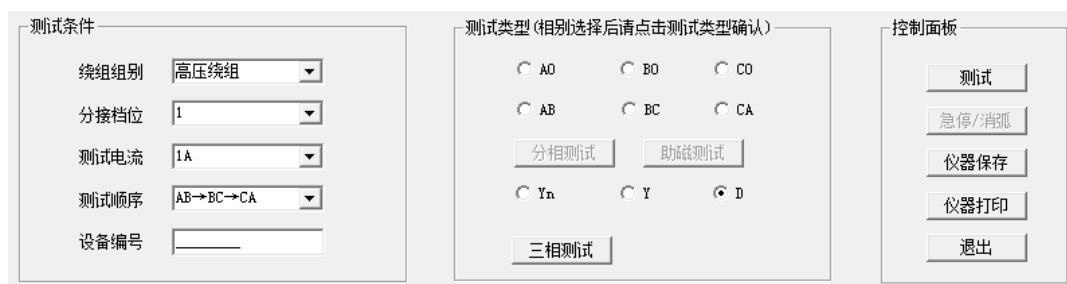
接好电源线，打开电源，液晶屏显示界面，点击上方**连 接**按钮，正常联机。



正常联机后会提示“连接设备成功！”



(一)、在测试前，先对软件中“测试条件”、“测试类型”进行设置：



1)、测试条件：

绕组组别： 高压绕组、中压绕组、低压绕组

分接档位： 有载分接档位 (1-39)

测试电流： 1A、5A、10A

测试顺序： AB→BC→CA、BC→CA→AB、CA→AB→BC

设备编号： 支持阿拉伯数字

2)、测试类型：

分相测试： 即单相测试

三相测试： 分为中心点引出和中心点不引出以及 D 型变压器。

注：中心点引出时可同时进行三通道测试。

中心点不引出和 D 型三通道测试时需手动判断测试,仪器分 3 次测试，自动计算出各相或线电阻。

3)、控制面板：

测试： 点击开始测试

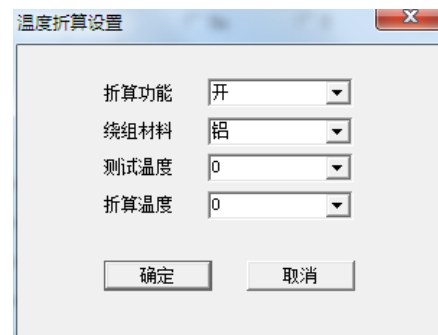
急停/消弧： 急停、确认消弧按钮

仪器保存： 点击在下位机自动保存当前数据

退出： 退出当前测试

(二)、其他菜单界面介绍：

1)、温度折算界面：



The dialog box titled "温度折算设置" (Temperature Conversion Settings) contains four dropdown menus: "折算功能" (Conversion Function) set to "开" (On), "绕组材料" (Winding Material) set to "铝" (Aluminum), "测试温度" (Test Temperature) set to "0", and "折算温度" (Conversion Temperature) set to "0". At the bottom are "确定" (OK) and "取消" (Cancel) buttons.

温度换算： 主要用于变压器绕组电阻在不同温度下的温度转换

绕组材料： 铜和铝两个选项

测试温度： 当前的环境温度，可人为设定（无外接传感器）

折算温度： 需要折算到得温度值

2)、消磁界面：



The "消磁" (Demagnetization) interface has two radio buttons at the top: "AB端" (selected) and "BC端". To their right are "开始消磁" (Start Demagnetization) and "取消消磁" (Cancel Demagnetization) buttons. Below is a section with three input fields: "充电电流" (Charging Current) in A, "放电电流" (Discharging Current) in A, and "进 度" (Progress) in %.

(三)、具体测试操作：

测试现场应先将仪器可靠接地，然后开始使用仪器。

仪器开机时会听见继电器切换，主要用来判断高低压侧放电，进入测试界面。

以下测试方法及操作是以高压绕组为例，其他绕组的测试方法同理。

1)、单通道测试流程：

联结方式如果是 D/Y 型，可选择测试类型选项中，AB、BC、CA，Yn 型，则选择 AO、BO、CO 单独一项，点击**分相测试**按钮，再点击**测试**按钮，开始测试。

测试条件

绕组组别

高压绕组

分接档位

1

测试电流

1A

测试顺序

AB→BC→CA

设备编号

测试类型 (相别选择后请点击测试类型确认)

AO

BO

CO

AB

BC

CA

分相测试

助磁测试

Yn

Y

D

三相测试

控制面板

测试

急停/消弧

仪器保存

仪器打印

退出

测试条件

绕组组别

高压绕组

分接档位

1

测试电流

1A

测试顺序

AB→BC→CA

设备编号

测试类型 (相别选择后请点击测试类型确认)

AO

BO

CO

AB

BC

CA

分相测试

助磁测试

Yn

Y

D

三相测试

控制面板

测试

急停/消弧

仪器保存

仪器打印

退出

测试结果

	AB	-	-
折算电阻	-	-	-
实测电阻	-	-	-
测试电流	-	-	-
测试电压	-	-	-
线不平衡率	-	相不平衡率	-
	-	-	-
折算电阻	-	-	-
实测电阻	-	-	-
载流时间	-	折算开关	-
		材料	-
		测试温度	-
		折算温度	-

2)、三通道测试流程:

同单通道测试类似，选择联结方式后，点击三相测试，再点击测试按钮，开始测试。

三通道 YN 测试时，先对 AO 进行测试（主要是用于判断中心引线是否接触良好），待数据稳定后自动进入三通道测试

测试条件

绕组组别

高压绕组

分接档位

1

测试电流

5A

测试顺序

AB→BC→CA

设备编号

测试类型 (相别选择后请点击测试类型确认)

AO

BO

CO

AB

BC

CA

分相测试

助磁测试

Yn

Y

D

请重新确认测试电流

三相测试

控制面板

测试

急停/消弧

仪器保存

仪器打印

退出

三通道（Y 或 D）测试是需手动判断所测数据，才能进入下一个相阻值测试。

测试条件

绕组组别

高压绕组

分接档位

1

测试电流

1A

测试顺序

AB→BC→CA

设备编号

测试类型 (相别选择后请点击测试类型确认)

AO

BO

CO

AB

BC

CA

分相测试

助磁测试

Yn

Y

D

三相测试

控制面板

测试

急停/消弧

仪器保存

仪器打印

退出

待 AB 数据稳定，按确认键进入 BC 测试；测试中，按 ↑ 暂停；再按确认键，继续测试。

待 BC 数据稳定，按确认键进入 CA 测试；测试中，按 ↑ 暂停；再按确认键，继续测试。

待 CA 数据稳定后，按确认键，测试完成；测试数据反黑的为相电阻即为 R_{AO} , R_{BO} , R_{CO} , 对应的不平衡率也为下划线显示；

一般情况下变压器三通道三相电阻不平衡率一般优于 2%, 计算公式为三相电阻最大差值除以三相电阻的平均值*100；测试结束仪器带有消弧放电功能，待仪器消弧声光指示结束时才可以拆除测试线；

五、CT3103 全自动变比组别测试仪



在电力变压器的半成品、成品生产过程中，新安装的变压器投入运行之前，根据国家电力部的预防性试验规程，要求对运行的变压器进行匝数比或电压比测试，以检查变压器匝数比的正确性、分接开关的状况、变压器是否匝间短路、变压器是否可以并列运行。

本仪器输出电压采用三相电源，测试速度快。仪器采用先进的 A/D 技术，量程范围宽；高速单片机为核心处理器，测试快；中文菜单显示，全面提高人性化和智能化，一次完成三相变比测试，测试速度快、准确度高、保护功能完善。

安全方面：

仪器使用时应可靠接地。

仪器输出电压，应注意安全，防止触电。

测试线夹的黄、绿、红分别对应变压器的 A、B、C 不要接错。

高、低压电缆不要接反。测试过程中不能将测试引线互相短路或接地，

单相测量时只使用黄色和绿色线夹，不要用错，不用的测试夹要悬空。

本仪器户内外均可使用，但应避免在雨淋、腐蚀气体、尘埃过浓、高温、阳光直射等恶劣环境下使用，避免剧烈振动。

主要特点

可进行各种单相、三相、Z 型、铁道变压器等常用变压器及的变比测试及误差计算。测试量程宽。

仪器采用三相电源测试。可设置 AC160V/10V 测试电压。具备更大的输出电流，带负载能力强。测试速度快。

高、低压反接的保护功能，变压器短路、匝间短路保护功能。

标准变比采用输入高、低压侧铭牌电压方法，自动换算，不需人工计算，避免了非整数变比输入的难题，精度更高。

可进行高低压侧联结组号和极性的自动识别。重复测试或配有有载开关的变压器到各分接档的测试时，可只按一下“开始测试”便完成一次测试。

三相测试可自动测出变压器三相绕组变比值、误差值、分接位置，所在分接的调压范围及极性等参数。

1、仪器面板

1) 电源插座：交流 220V 电源输入，座内置 3A 保险管。

2) 接地柱：接地线的接线柱。

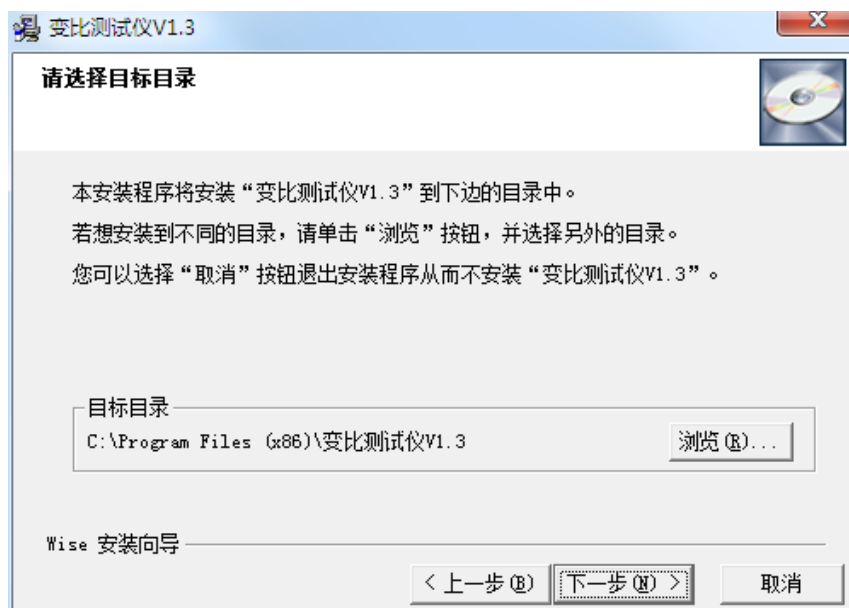
3) 低压侧 a, b, c, o 接线柱，接被测试品低压侧，与试品低压侧端子对应连接。

4) 高压侧 A, B, C, O 接线柱，接被测试品高压侧，与试品高压侧端子对应连接。

2、测试软件

(一) 软件安装

双击安装文件，选择软件安装的路径后，根据提示连续点击几次“下一步”即开始安装。如下图所示



(二) 软件使用

软件安装完成后, 界面如下图所示



上传数据: 上传下位机的测试数据记录

导 入: 导入上位机保存的文件记录

导 出: 导出文件记录为 doc 或 xls 格式文件

打 印: 打印测试记录表

通讯设置: 设置通讯方式

退出: 退出程序

设置参数:

模式选择: 选择单相、三相、Z 型测试模式

高压侧: 设置高压值

低压侧: 设置低压值

接线方式: 选择联结方式

每级调压: 调压百分比

总分接点: 总分接数

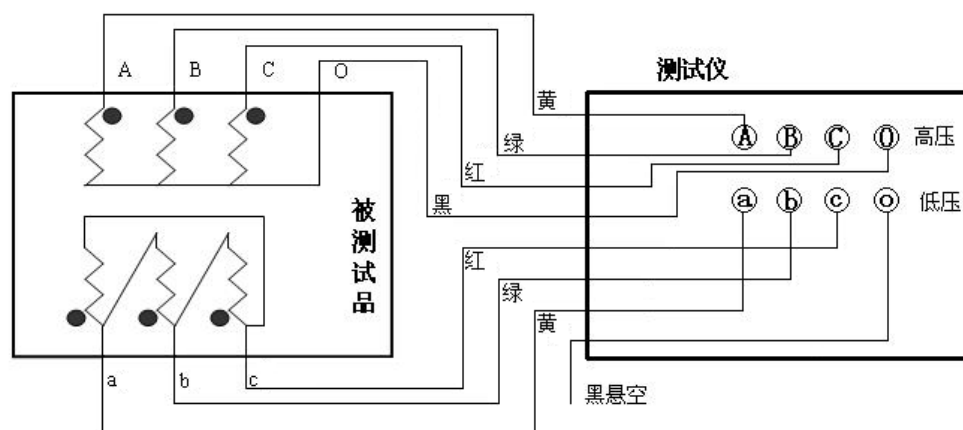
3、变比试验

(一)、三相测试

1. 1. 测试线连接:

高低压测试线分别接变压器的高、低压侧相端子上, 注意不要接反。黄色夹子为 A/a 相, 绿色夹子为 B/b 相, 红色夹子为 C/c 相, 黑色夹子为中性点 O/o 相。根据试品情况对应接线, 不用的测试线夹悬空开路。

打开电源开关, 在主菜单, 可以设置参数, 或以上次默认记忆的参数直接测试。举例说明: 若三相变压器的联接组别 Y-d-11, 分接类型 11, 等分接级 2.5%, 高压侧电压 110 千伏, 低压侧 10.5 千伏。当前分接档位为 9 分接。接线方式如图所示。



1. 2. 参数设置:

正确接线后, 打开仪器电源, 在主菜单中选择“变比试验”然后按确认键进入。如下图所示。然后选择“三相”再按确认键进行参数设置。以 10KV/0.4KV 为例。

分别修改“额定高压”、“额定低压”、“接线方式”(接线方式选择不正确, 可能会造成测试结果不正确)

、“每级调压”、“总分接点”数值的大小。“设备编号”、“测试人员”、“测试地点”则可根据需要填写。

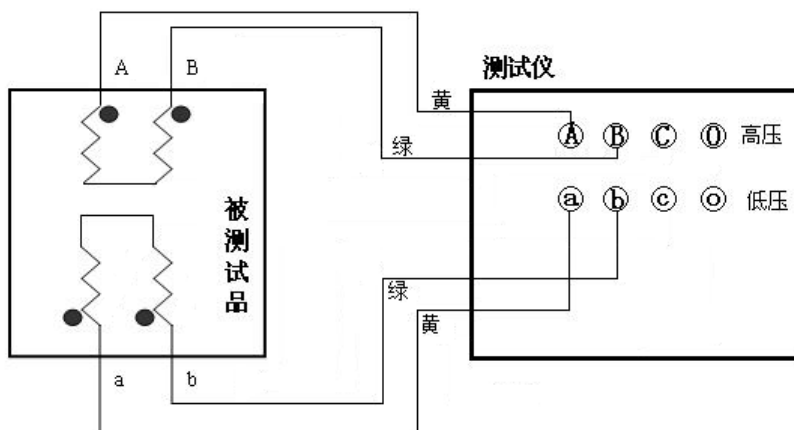
测试设置		测试参数	
模式选择:	三相	额定变比:	分接档位:
高压侧:	10 KV	组别标号:	试品极性:
低压侧:	0.4 KV	KAB:	Eab:
接线方式:	D / yn	KBC:	Ebc:
每级调压:	5 %	KCA:	Eca:
总分接点:	3		
系统设置 设备编号: 测试人员: 测试地点:			
测试		保存	

参数设置完成后，选择**测试**键，开始测试。

测试完成后，仪器会自动计算出当前分接位是几档，和每项的变比和变比误差率及组别标号，在右侧测试参数中显示。按**保存**键保存测试的数据。关机断电后仍可保存测试结果，以备查看。

连续测试分接位的变比只需调节分接开关，然后按**测试**键继续测试，按**保存**键保存测试的数据。关机断电后仍可保存测试结果，以备查看。

(二)、单相测试



2.1. 测试线连接:

高低压测试线分别接变压器的高、低压侧相端子上，黄色夹子为 A/a 相，绿色夹子为 B/b 相。不用的测试线夹悬空开路。打开电源开关，在主菜单，可以设置参数，或以上次默认记忆的参数直接测试。接线方式如上图所示。

正确接线后，在主菜单中选择“变比试验”，选择“单相”再按确认键进行参数设置。

测试设置		测试参数	
模式选择:	单相	额定变比:	分接档位:
高压侧:	10 KV	组别标号:	试品极性:
低压侧:	0.4 KV	KAB:	Eab:
		KBC:	Ebc:
		KCA:	Eca:
系统设置 设备编号: 测试人员: 测试地点:			
测试		保存	

分别修改“额定高压”、“额定低压”数值的大小。“设备编号”、“测试人员”、“测试地点”则可根据需要填写。

（三）、Z 型测试

正确接线后，选择“Z 型”再按确认键进行参数设置。

分别修改“额定高压”、“额定低压”数值的大小。“设备编号”、“测试人员”、“测试地点”则可根据需要填写。

3.1. 测试线连接:

接线方法同三相相同。高压侧 A B C O 钳，连接试品的高压侧不用的测试钳应悬空或不连接测试仪器。低压侧 a b c o 钳，连接试品的高压侧不用的测试钳应悬空或不连接测试仪器。

3.2. 参数设置:

3.2.1 光标移到“额定高压”的位置上，修改数值的大小。

3.2.2 光标移到“额定低压”的位置上，修改数值的大小。

3.2.3 光标移到“接线方式”的位置上，修改变压器的接线方式（接线方式选择不正确，可能会造成测试结果不正确）

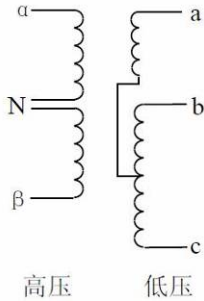
参数设置完成后把光标移到“开始测试”位置上，按“确认”键开始测试。测试完成后，仪器会自动计算出额定变比，及测得变比与额定变比的误差百分比。按“保存”键保存测试的数据。关机断电后仍可保存测试结果，以备查看。

（四）、铁道变压器

4.1 逆斯科特变压器：原理图如下：

实验方法：

(1) 做 β N 相 (M 组)：将变比测试仪的高压端 A、B 相分别接试品 β 、N；低压测 a、b 相分别接试品的 b、c 相(注:N 相和 c 相必须分别接仪器的 B 和 b 相).仪器使用单相测试,其它按照铭牌设置,设置完毕后,即可进行测试.



逆斯科特变压器原理图

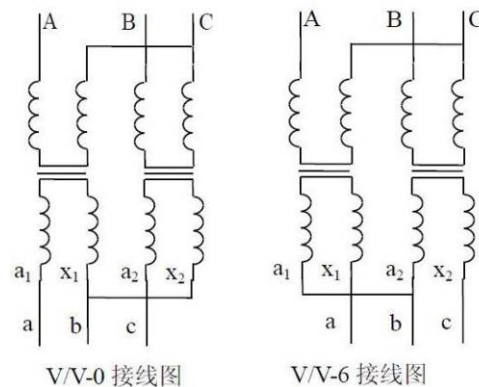
(2) 做 a N 相 (T 组)：将变比测试仪的高压端 A、B 相分别接试品 a、N；低压测 a、b 相分别接试品的 b、c 相(注:N 相和 c 相必须分别接仪器的 a 和 b 相).仪器使用单相测试,其它按照铭牌设置,设置完毕后,即可进行测试.

4.2 斯科特变压器：

斯科特变压器和逆斯科特变压器原理相反,故做变比实验时接线方法也相反,仪器设置同逆斯科特变压器相同。

4.3 V/V-0、V/V-6 型变压器：

如下图, V/V-0 型变压器是将变压器低压测 X1 和 X2 短接组成 b 相,a1 和 a2 分别为 a 相和 c 相.仪器设置及测试方法如普通三相变压器.



4、技术指标

- 1) 测试电源：三相电源，相电压 AC160V/10V
- 2) 显示位数：5 位，**高分辨率**：0.0001
- 3) 量程精度：
 - 1、160V 测试电压：
 - 1) 0.9-500：0.1%±2 个字；2) 500-3000：0.2%±2 个字；3) 3000-10000：0.5%±2 个字
 - 2、10V 测试电压：
 - 1) 0.9-200：0.3%±2 个字；
- 4) 尺寸：长 402mm×宽 300mm×高 142mm，重量：7kg

5、故障提示事项

- 1、若发生测试线夹与变压器没有良好接触或高低压接反时，仪器会提示“测试异常，请检查接线后按确认键重新测试”。此时应检查接线无误后再重新测试。
- 2、在测试时，若仪器额定电压值设为 0.0000，则仪器不计算误差值，仪器不判分接档位和分接值。若额定电压输入不为 0.0000，则测试过程中自动计算误差值、分接档位和分接值。
- 3、若测出的分接位置大于“总分接数”设定的值，则仪器会提示“每级调压、总分接数可能不正确”。这时需要重新核对这两项的值。
- 4、变比误差=【（测试变比-标准变比）/ 标准变比】×100%

六、CT2120 回路电阻测试仪



根据电力设备预防性试验规程《DL/T 596 — 2015》的要求，各种开关设备的导电回路电阻测试，其测试电流不得小于 100A。由于接触面氧化、接触紧固不良等原因导致接触电阻增大，在大电流流过时，接触点温度升高，这更加速接触面氧化，使接触电阻进一步增大，持续下去将产生严重事故，因此有必要经常或定期对接触电阻进行测量。

本仪器最高输出电压达 10V，测试时间可自行整定，测量过程动态提示，计算机操作测试。保存的文件格式可选择为 Word 或 Excel 文件格式。

1、面板

- 1) 接线柱：电流输出 I+、I-接试品电阻外端；电压输入 V+、V-接试品电阻内端。
- 2) 接地柱：仪器保护接地。
- 3) 电源插座：AC220 交流电源输入（内置备用 10A 保险丝）。
- 4) 电源开关：交流电源通断。

注意事项：

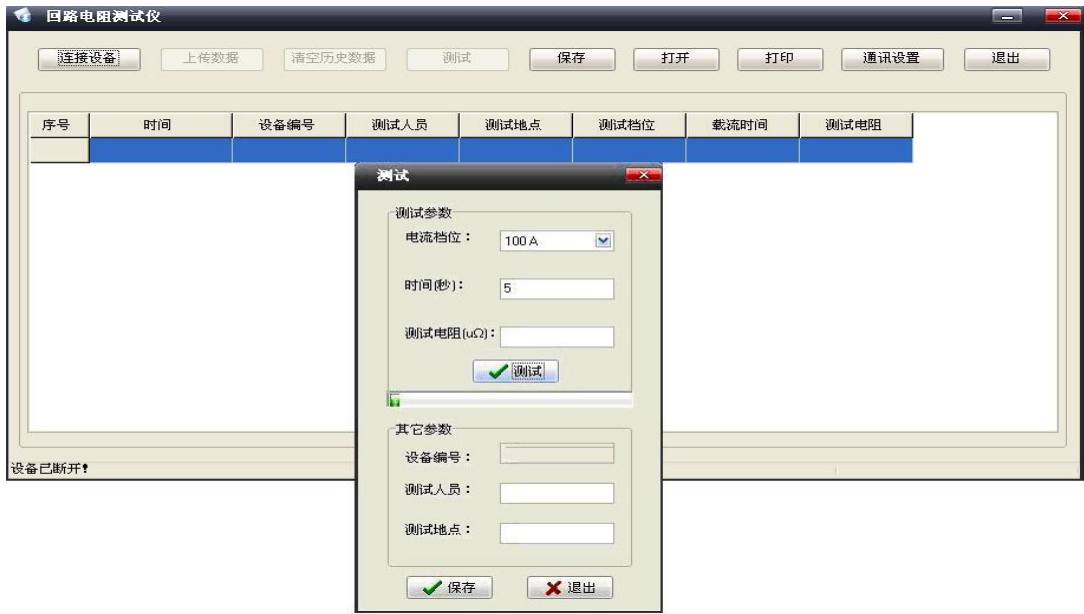
仪器输出电流测试过程中，切不可拆除测试线，以免发生事故。

2、测试软件

将回路电阻数据管理软件光盘放入光驱，通过 USB 线连接设备和电脑，开启仪器电源，电脑会提示找到 USB API 设备，如右图所示，默认提示自动安装设备驱动程序，（驱动程序在随设备带的安装光盘/DRIVER 目录下），如 RS232 通讯，不需安装驱动，再行安装回路电阻数据管理软件，点击 SETUP 安装。



安装完毕后，点击“回路电阻数据管理软件”桌面快捷方式打开：



点击“连接设备”，软件主界面左下角会提示“设备已连接”；如果“提示设备已断开”，请检查连线和设备 USB 驱动是否安装正确。

“上传数据”功能：回路电阻数据管理软件会自动把设备上保存的所有历史数据收上来，会提示收到的数据总条数，主界面显示每天数据的详情。

“清空设备数据”功能：软件会提示“确认删除仪器历史数据”；选择“是”，清空设备数据；选择“否”，不清空设备数据，返回主界面。

点击“通讯设置”选择连接方式为 USB 或 RS232。

“测试”功能：进入上位机测试菜单，选择测试条件，进行测试。

“保存”功能：软件会把收到的数据另保存为 Word 或 Excel 文件格式。

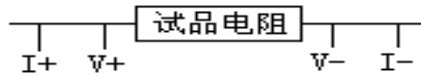
点击“打开”：软件可以打开以前保存的历史数据。

“打印”功能：把收到的数据用上位机电脑连接的打印机打印出来。

“退出”功能：退出回路电阻管理软件。

3、接线与操作

将仪器可靠接地，连接试品测试线，连接交流电源。开机界面后进入。



4、技术指标

1) 电流输出：恒流

2) 测试时间：100A：5-60S；

3) 测试指标

测试范围：0-20000.0 $\mu\Omega$ (100A)

0-10000.0 $\mu\Omega$ (200A)

4) 准确度：0.5%读数 $\pm$ 2 字；分辨率：0.1 $\mu\Omega$

5) 尺寸：长 402mm $\times$ 宽 300mm $\times$ 高 142mm，重量：7kg

5、标准电阻

可以用来检测仪器的基本功能。标准电阻和测试线按下图连接。需要注意：测试线的夹子夹住标准电阻时，电流线必须同时向上或向下。



6、简单故障分析与排除

故障现象	原因分析	排除方法	备注
开机无任何显示	1) 电源未接通	接通电源	更换保险丝管应与原型号相同
	2) 保险丝管坏	重新安装保险丝管或更新	
无输出	1) 待测设备开路	检查设备排除故障	
	2) 试验回路有开路故障	检查试验回路排除开路故障	
开机光屏无显示	对比度调节电位器有变动	调整面板上对比度电位器	
无法打印	1) 无打印纸	更换打印纸	
	2) 打印纸方向反	更换打印纸方向	
若以上方法仍无法解决，请将仪器发回厂家维修。			

附录、断路器导电回路电阻标准参考值

(摘自电气设备预防性试验规程)

型号	每相回路电阻	型号	每相回路电阻
SN1-10	<95	DW1-60G	200
SN2-10G	75	SW1-110	700
SN4-10	50—60	SW2-110I	180
SN4-20	50—60	SW3-110	160
SN4-10G	20	SW4-110	300
SN4-20G	20	SW6-110	180—220
SN5-10	100	SW2-220	400
SN6-10	80	SW4-220	600
SN10-35	<75	SW6-220	<400
DW1-35	550	SW7-220	<190
DW1-60	500	KW1-220	400
DW3-110	1100—1300	KW2-220	170
DW2-110	800	KW3-220	110
KW1-110	150	KW4-220	130
KW3-110	45	DW2-220	1520
KV4-110A	60	DW3-220	1200
DW3-110G	1600—1800	SW6-330	≥600

七、CTZG-60/2 智能直流高压发生器



直流高压发生器广泛适用于氧化锌避雷器、磁吹避雷器、电力电缆、发电机、变压器、断路器等电气设备直流高压试验。

主要技术特点及功能：

- 1、采用大屏幕点阵液晶显示屏，并具有人机对话功能；
- 2、全自动 MOA 升压测量功能：重复性好，精度高；
- 3、自动升压功能：预设试验电压，输出电压可恒压保持；
- 4、自动计时功能：对试验标准电压加压时间进行预设置，升到试验标准电压后自动计时，计时完毕自动降压；
- 5、高压过压整定采用微处理器比较，精度高，可靠性好
- 6、保留手动试验模式；
- 7、数据存储功能：可即时捕获试验参数和自动保存试验结果；
- 8、配置光纤微安表，可直接在控制箱上读取试品高压侧电流（C 型机配置普通微安表，不具备此功能）；
- 9、根据电磁兼容性理论，采用特殊屏蔽、多级隔离和接地等保护措施有机结合，设备在承受额定电压放电时不损坏；
- 10、具备联机操作功能，已内置联机控制软件。上位机（如配备 PC 机）安装控制软件及配套通讯电缆（选配项目）即可实现联机控制。

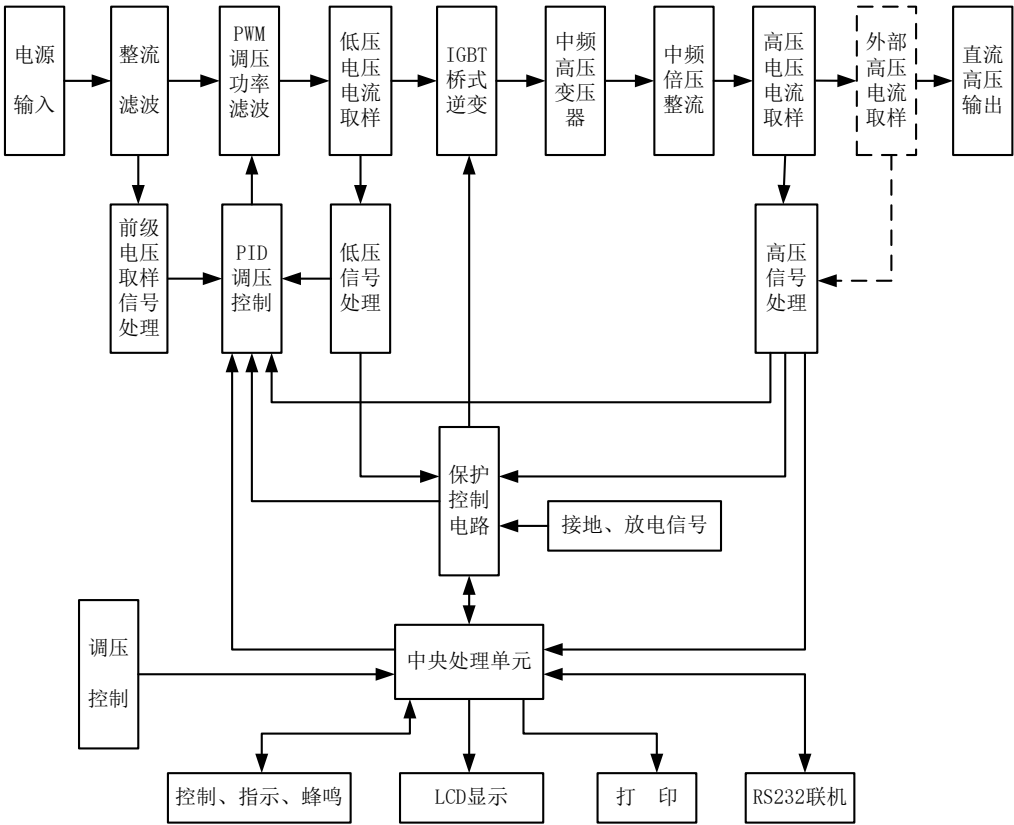
安全警告

- 使用直流高压发生器的工作人员必须是持有相关电气高压试验资格证的专业人员。
- 使用本设备时，必须严格遵守《电业安全工作规程》相关规定。工作电源至少保证一个明显断开点，当更换试品和接线时必须将电源断开点明显断开。
- 试验前请检查试验器控制箱、倍压筒和试品的接地线联接可靠，接地要求按图 4-5 所示一点接地。
- 对大电容试品的放电，应使用 100Ω/V 电阻放电棒对试品放电，禁止未经放电棒放电而直接将接地线接触试品放电！

正确放电方法：先将放电棒顶部金属尖端逐渐接近试品，至一定距离后空气间隙开始游离放电。有嘶嘶放电声。当无放电声音时可用放电棒顶部尖端接触试品放电，最后直接将接地线接触试品放电。

- 200kV 及以上直流高压试验时，尽管试验人员穿绝缘鞋且处在安全距离以外区域，但由于高压直流离子空间电场分布的影响，会使几个邻近站立的人体带有不同的直流电位。试验人员在互相接触或接触接地体时，会有轻微电击现象，此现象在干燥地区和冬季较为明显，但能量较小，一般不会对人体造成伤害。
- 做有放电冲击可能（试品击穿等）的试验时，若使用上位计算机远程控制升压，上位机必须采用隔离电源和电隔离（光纤或无线）控制方式。否则放电冲击瞬间可能造成上位计算机的损坏。

1、工作原理框图



2、技术参数

输出电压（kV）	60
输出电流（mA）	2
输出功率（W）	120
波纹系数	≤1.0%（满度）
电压测量误差	1%（满度）±2 字
电流测量误差	1%（满度）±2 字
过压整定误差	≤1%
0.75 切换误差	≤1%
电压稳定度	随机波动，电源电压变化±10%，≤1.0%
工作方式	间断使用：额定负载 30 分钟，1.1 倍额定电压使用：10 分钟
海拔高度	2000 米以下
重量	8kg
尺寸	长 402mm×宽 300mm×高 182mm

3、使用说明

(1) 面板

如图 4-1 所示。

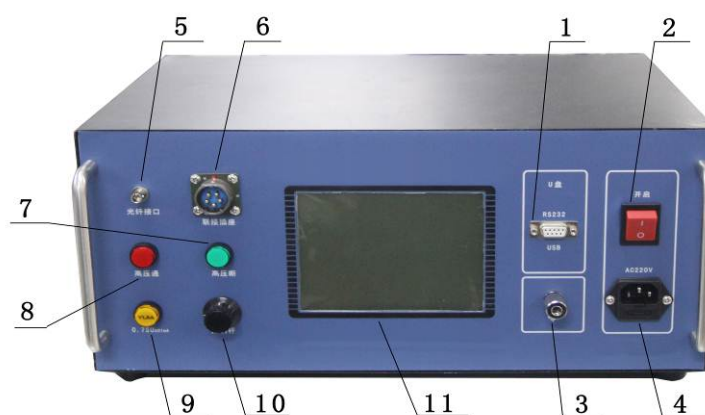


图 4-1 控制箱面板

- 1) RS-232 接口：用于与计算机（上位机）联机通讯。
- 2) 电源开关：控制整机电源的通断。
- 3) 接地端子：此接地端子与倍压筒接地端子及试品接地联接为一点后再与接地网相连。请使用随机专配的接地线组。
- 4) 电源输入插座：用随机配备的电源线与供电电源连通。电源型式：AC 220V，单相 50/60Hz。该电源插座内自带保险丝。
- 5) 光纤接口：外部高压电流信号输入口，通过专配的光纤与高压屏蔽微安表联接。当系统设置中的微安表选择为“光纤”时，显示屏上将显示双路高压电流，其中副显示即为流经高压屏蔽微安表的高压电流。
- 6) 联接插座：用于控制箱与倍压单元的功率及信号联接。通过专配五芯电缆将中频逆变电压输出至中频变压器，并将高压电压、电流取样信号返回输入至控制箱。联接时只需将电缆插头上的红点对准插座上的红点顺时针方向转动到位即可。拆线时反方向转动电缆插头。
- 7) 高压断/电源指示灯、按钮：绿色，带指示灯按钮。灯亮指示当前为高压关断状态，电源已接通。在红灯亮状态下，按下该绿色按钮，红灯灭绿灯亮，高压回路切断。
- 8) 高压通指示灯、按钮：红色，带指示灯按钮。灯亮指示当前为高压开通状态，可输出或已输出高压。在特定的状态界面里，绿灯亮状态下，按下该色红按钮，红灯亮绿灯灭，表示高压回路接通，此时可升压试验。
- 9) 0.75UDc1mA 按钮：黄色，带指示灯按钮。在高压接通状态下，当电压升至某一数值时，按下该按钮，电压降至原来数值的 75%，并稳定在此数值。此功能专为氧化锌避雷器测试 0.75UDC-1mA 下的泄露电流而设置。测试完毕后，自动降压至零，并返回试验结果。
- 10) 控制杆：用于设置参数和调节电压。可对它进行旋转和按动操作。其中按动分为短按和长按，“短按”为选择确认或切换功能，“长按”为退出功能；“旋转”为切换选择或升降压功能。视不同界面操作功能略有差异，可参照屏显提示操作。
- 11) 液晶显示屏：320X240 点阵 LCD，显示各种设置参数、试验状态、结果、提示信息等内容。

(2) 界面说明



图 4-4.1 主菜单

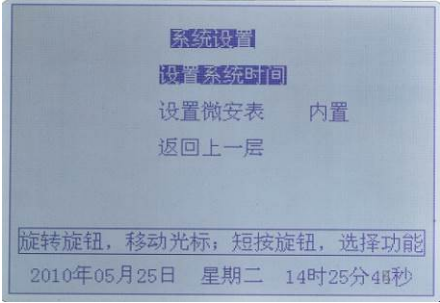


图 4-4.2 系统参数设置



图 4-4.3 手动模式参数设置



图 4-4.4 自动模式参数设置



图 4-4.5 MOA 自动测试参数设置

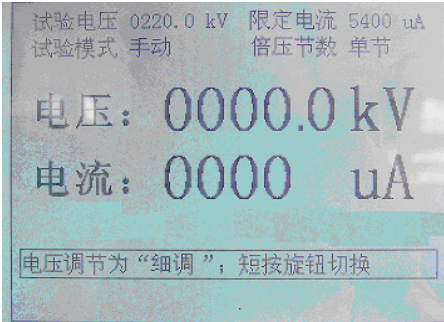


图 4-4.6 试验界面



图 4-4.7 MOA 试验结果

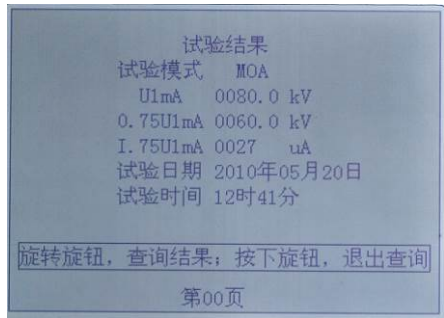


图 4-4.8 试验结果查询

(3) 菜单功能详解

1、 系统设置 （如图 4-4.2 所示）

时钟设置：调整系统显示时间（注：按住旋钮退出设置）。

选择微安表：[内置]显示为高压总电流（包含部分杂散电流）；[光纤]与[无线]显示为光纤或无线微安表电流，即试品电流。

a) 记录查询 （如图 4-4.8 所示）

该功能是用以翻阅以前所保存的试验记录。

b) 升压参数设置

倍压节数设置：根据实际使用倍压筒的节数设置，用于调整内部分压比。

试验电压设置：如图 4-4.3, 4-4.4, 该参数用于手动和自动升压的设置与计时触发。

过压整定设置：用于保护试品，以防止因误操作误升电压超过试品的正常允许耐压值而被击穿。

限流整定设置：如图 4-4.4, 当电流超过此设定值，系统将切断高压。

加压时间设置：如图 4-4.4, 指当电压升至试验电压后，以加压时间为初始值开始倒计时。

试验电流设置：如图 4-4.5, 在 MOA 升压测试模式中，该值一般设置为 1000 μ A，系统对于其他设置值屏蔽。

试验时间设置：如图 4-4.5, 在 MOA 升压测试模式中，试验电流保持的时间，计时到后将自动降为当前电压的 0.75 倍。

0.75 时间设置：如图 4-4.5, 在 MOA 升压测试模式中，电压降至 0.75UDC-1mA 后需要保持的时间，0.75 时间计时到后系统将自动降压至零。

a) 升压界面（如图 4-4.6 所示）

主要显示电压和电流，系统还通过对话框显示试验的进程信息。其中包括加压保持时间和各类保护信息提示等。

b) 试验结果保存（如图 4-4.7 所示）

当加压测试完毕后，系统会显示加压时捕获的参数，并提示保存记录。

（4）试验操作详解

1、手动升压模式

开机后，进入主菜单，旋动设置控制杆使光标指向“手动升压”选项，点击控制杆，进入手动模式参数设置界面（如图 4-4.4），根据具体的试验要求设置各项参数后，即可进入升压界面。先按高压通按钮，再旋动旋钮（按动控制杆可切换调节精度），当电压升至试验电压设定值，计时器开始计时，计时完毕后系统将自动降压回零，然后弹出试验记录保存对话框（如图 4-4.6），做出选择后，该次试验完毕；如果电压未达到设定的试验电压值时，按下 0.75UDC-1mA 按钮，则系统会自动降压到当前电压值的 0.75 倍，然后以设定的加压时间倒计时，计时完毕后，系统自动降压回零，然后弹出试验记录保存对话框，做出选择后，该次试验完毕。

自动升压模式

开机后，进入主菜单，旋动设置控制杆使光标指向“自动升压”选项，点击控制杆，进入自动模式参数设置界面（如图 4-4.4），根据具体的试验要求设置各项参数后，即可进入升压界面。此时，按下高压通按钮后，系统将开始自动升压，升至试验电压设定值后，稳压并开始计时，计时完毕后系统将会自动降压回零，然后弹出试验记录保存对话框（如图 4-4.6），做出选择后，该次试验完毕。

3、MOA 升压测试模式

开机后，进入主菜单，旋动设置控制杆使光标指向“MOA 升压”选项，点击控制杆，进入自动模式参数设置界面（如图 4-4.5），根据具体的试验要求设置各项参数后，即可进入升压界面。此时，按下高压通按钮后，系统将开始自动升压，升至试验电流设定值后（注：选择光纤或无线微安表时，此处以试品电流为参考值），稳流并开始计时，计时完毕后系统自动降压至原来电压值的 0.75 倍，稳压并重新开始计时，计时完毕后系统将会自动降压回零，弹出试验记录保存对话框（如图 4-4.8），做出选择后，该次试验完毕。

4、试验完毕，关闭电源开关。

5、对于氧化锌避雷器等小电容试品一般通过倍压筒内部测压电阻放电即可。而对电缆等大电容试品须安装配套限流电阻，一般要待试品电压自放电至试验电压的 20% 以下，再通过配套的放电棒进行放电。待试品充分放电后并挂好接地线，才允许进行高压引线的拆除和更换接线工作。

(5) 试验方法举例

1、空升去除法

一般测量时，当接好线后，先把联接试品的线悬空，升到试验电压后读取空试时的电晕和杂散电流 I' ，然后接上试品升到试验电压读取总电流 I_1 。

试品泄漏电流： $I_0 = I_1 - I'$

2、高压侧精密测量法

当需要精密测量被试品泄漏电流时，则应在高压侧串配套高压微安表(见图 4-5a)。

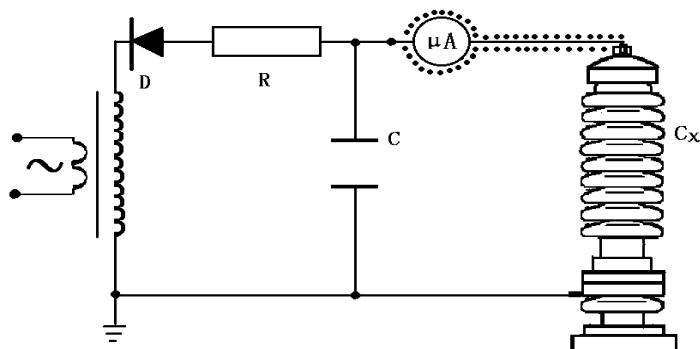


图 4-5a 微安表接入试品 C_X 高压侧接线图

微安表应采用专用屏蔽线与试品联接。高压引线的屏蔽引出应与微安表的屏蔽紧密联接。如果要排除试品表面泄漏电流的影响可在试品高电位端用多股裸金属导线紧密绕几圈后与高压引线的屏蔽相联接(见图 4-5b)。

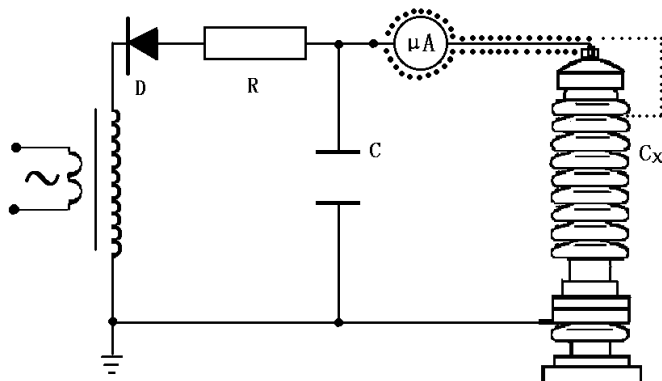


图 4-5b 排除试品 C_X 表面影响接线图

3、低压侧精密测量法

对氧化锌、磁吹避雷器等试品接地端可分开的情况下，也可采用在试品的底部(地电位侧)串入电流表进行测量的方式(见图 4-5c)。当要排除试品表面泄漏电流的影响，可用多股裸金属导线在试品地电位端绕上几圈并与微安表的屏蔽一起接大地(见图 4-5d)。

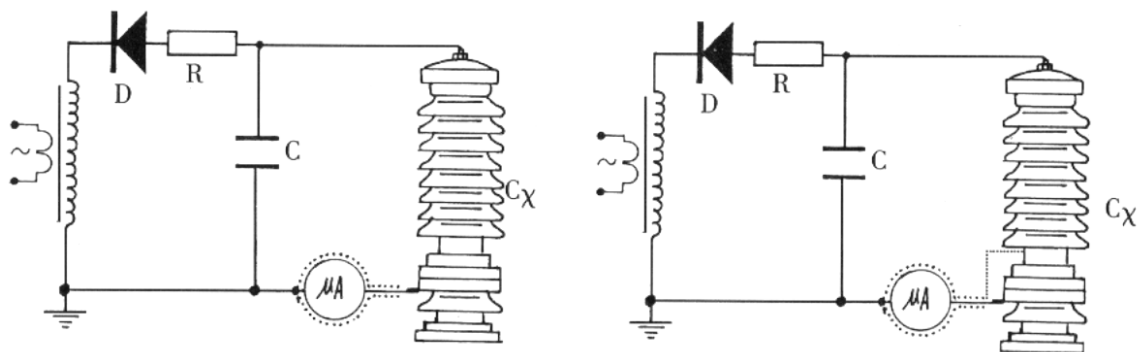


图 4-5c 微安表接入试品 C_X 底部接线图

图 4-5d 排除试品 C_X 表面影响接线图

4、保护动作后的操作

当试验发生低压过流、低压过压、高压过流、高压过压、放电，都将会导致保护动作。这些保护都将在液晶屏上显示出来，此时应按下列步骤操作。

- 1、关闭电源开关，面板指示灯均不亮，查明情况并作相应处理后再进行试验。
- 2、20 秒钟后，待机内低压电容器充分放电，才允许再次打开电源开关。

4、倍压筒



图 4-2 单节倍压筒

图 4-3 双节倍压筒

图 4-3.1 双节分单节用

1. 均压帽
2. 高压引出接线柱
3. 倍压筒
4. 上节倍压筒
5. 上下节联接法兰
6. 下节倍压筒
7. 中频变
8. 接地端子
9. 与控制箱联接电缆插座
10. 伸缩式撑脚

5、直流高压光纤微安表

(一) 面板



图 5-1 (正面)



图 5-2 (背面)

（二）主要技术性能

微安表电源	2 节 5 号电池
微安表输入阻抗	$<60\ \Omega$
电流显示范围	0~1999.9uA 2000~19999 uA
电流显示精度	0.5%
输入过载电流	200mA

本表原理为法拉第笼等电位屏蔽法测量，所有测量部件均处于金属球体的屏蔽内部。

（三）使用说明

- 1、建议采用与直流高压发生器相同高度的良好绝缘物（如尼龙管、ABS 管等物）支撑该高压微安表。
- 2、直流高压发生器高压输出端经高压限流电阻接到该高压微安表，再经高压微安表的专用插头，屏蔽导线接到被试品。
- 3、为减少被试品高压线头裸露时的电晕离子电流对试品电流的影响，建议用良好的绝缘将被试品高压接线处包起来。
- 4、本表设有一个光纤接口（C 型直流高压发生器只配普通微安表，无光纤接口），通过光纤可将微安表所测得的电流信息送给 Z 型直流高压发生器控制箱，以供显示（系统设置中，选择微安表，设置为[光纤]）。
- 5、高压引线插头插入后，内部电源接通，拔出时内部断电。当液晶屏上“LOW BATTERY”时，表示电池欠压，请用户旋下后盖锁紧螺丝，取下后盖，松下固定电池的螺丝，更换电池。
- 6、电缆或高压电容器直流耐压试验时充电电流值可超过额定电流一倍本表不会损坏。
- 7、试品直流高压试验完毕后，用直流高压试验专用放电棒在微安表外壳处放电。
注意：专用放电棒不得触及高压直接放电，在电压较高时，应使放电棒尖端与高压端保持一段距离，待放电棒尖端产生电晕放电，使被试品上电压逐步下降至 20%试验电压时，再用放电棒对微安表外壳放电，最后将地线直接挂在被试品上。
- 8、特别注意不准将地线在高压微安表外壳上直接放电，以免强大的冲击放电电流引起高压微安表损坏。
当微安表的电源接通 20 分钟，而没有电流流过，微安表将进入低功耗待机模式，微安表液晶屏上显示“SLP”，每隔 10 秒钟检测一次电流，当电流大于 $\pm 0.3\mu\text{A}$ 时，立即正常显示电流。

6、故障检查与处理

	现 象	原 因	处 理
1	电源开关接通后绿灯不亮	● 电源线开路 ● 电源保险丝熔断	更换电源线 更换保险丝
2	选择了光纤微安表，可读不到电流	● 光纤未联接好 ● 微安表电池欠压	联好光纤 更换微安表电池
3	液晶屏幕显示“高压过压保护”	● 保护电压设置太小	返回设置菜单，增大整定电压设定值
4	液晶屏幕显示“高压过流保护”	● 试品放电或击穿 ● 限定电流设置太小	检查被试品。 增大限定电流设置
5	液晶屏幕显示“低压过压保护”	● 当前负载超过本设备额定负载的 1.1 倍	该设备不适合该试品试验
6	液晶屏幕显示“低压过流保护”	● 当前负载超过本设备额定负载的 1.1 倍 ● 设备损坏	该设备不适合该试品试验 需维修

7、软件操作

1. 打开主机电源，连接串口通讯线后，再打开软件图标，弹出以下界面，在左侧“液晶屏处”提示连接成功信息。



图 7-1

2. 单击左侧液晶屏上的提示，进入操作界面。

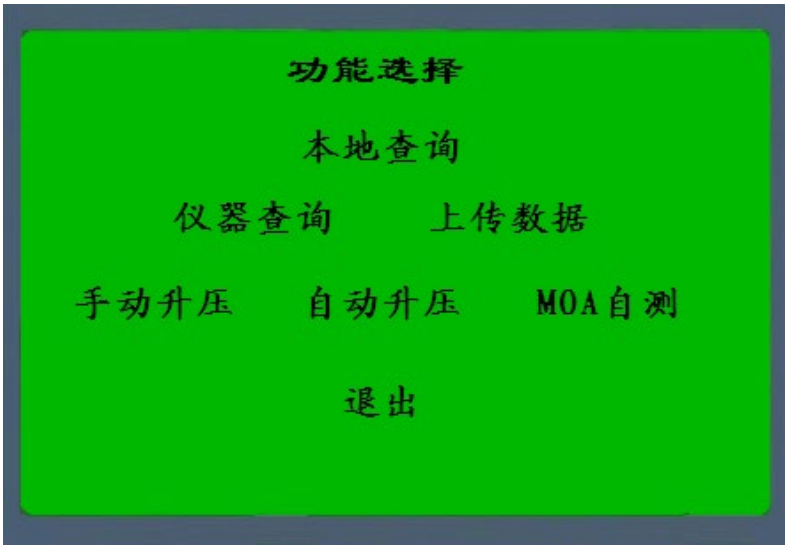


图 7-2

3. 点击“本地查询”，可以查询已经完成并保存在电脑端上的历史记录。

智能本地试验数据

智能直流高压-直流耐压 智能直流高压-氧化锌避雷器

序号	试验模式	试验电压	试验电流	加压时间	试验日期	备注
5	自动试验	150kV	1uA	15S	10-6-4 9:42:30	
6	手动试验	199.9kV	16uA	22S	10-6-4 12:46:30	
7	自动试验	199.9kV	14uA	15S	10-6-4 12:48:30	
8	自动试验	199.9kV	14uA	15S	10-6-4 12:51:30	
9	自动试验	199.2kV	29uA	20S	10-6-23 12:29:30	
10	自动试验	150.1kV	10uA	20S	10-6-23 12:32:30	
11	手动试验	150.3kV	9uA	20S	10-6-23 12:36:30	
12	自动试验	150.3kV	0uA	20S	10-6-23 12:39:30	
13	自动试验	150kV	1uA	20S	10-6-23 12:42:30	
14	自动试验	150.7kV	1uA	20S	10-6-23 12:47:30	

图 7-3

4. 点击“仪器查询”，可以手动查询已经完成并保存在仪器主机端的历史记录。

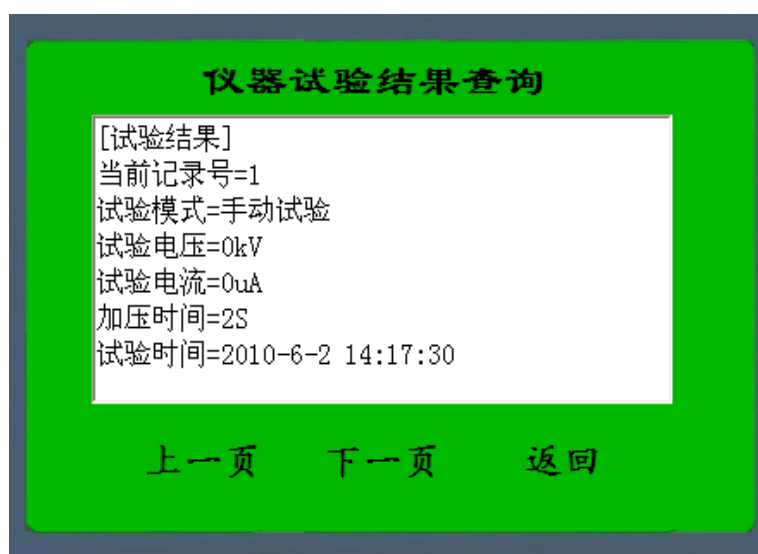


图 7-4

5. 点击“上传数据”，弹出提示信息，仪器会自动上传数据信息至电脑端，完成后返回。

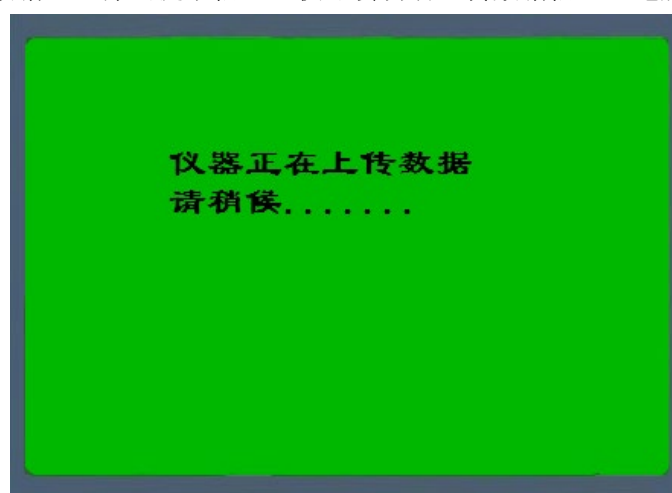


图 7-5

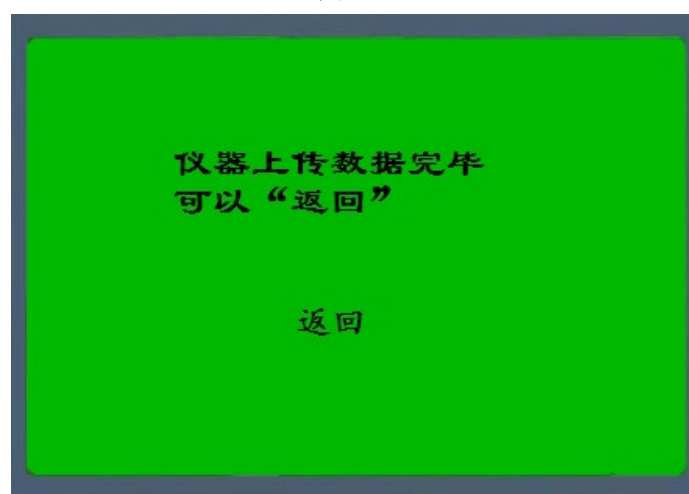


图 7-6

6. 点击“手动升压”，将弹出手动升压模式下的菜单设置，修改后，再点击“参数设置”，设置试验参数，再选择“进入试验”，开始试验。

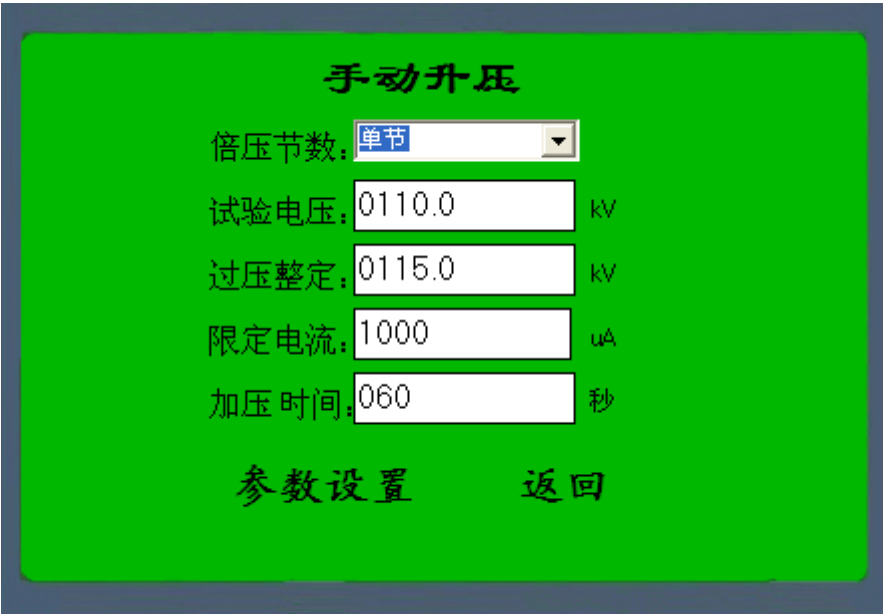


图 7-7

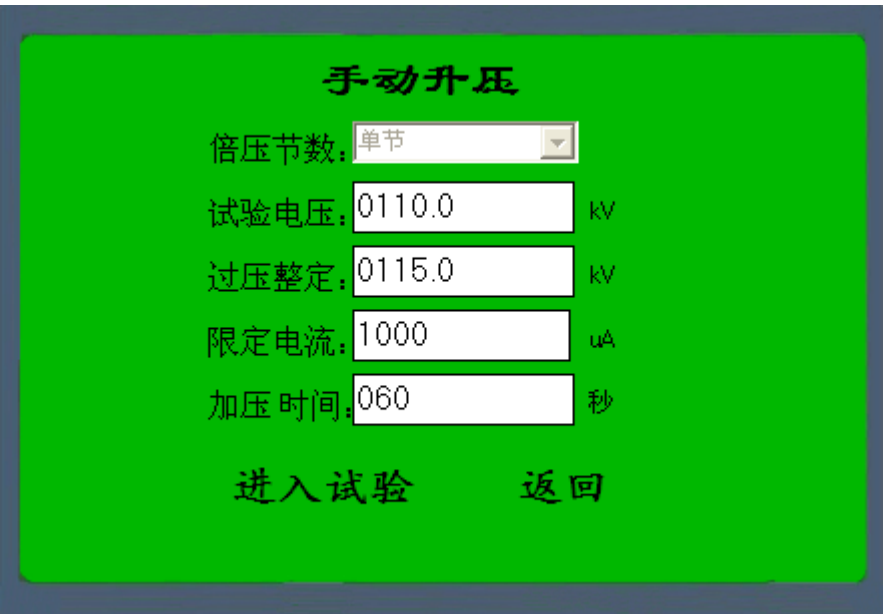


图 7-8

7. 开始“手动试验”时，先确认当前按钮处于“高压断”位置，点击“高压通”，系统会提示“当前状态：高压通，可以进行试验”的信息，此时，可以通过点击下方四个步进调节按钮，对电压进行控制，最外侧两个按钮为粗调，里面两个按钮为细调。

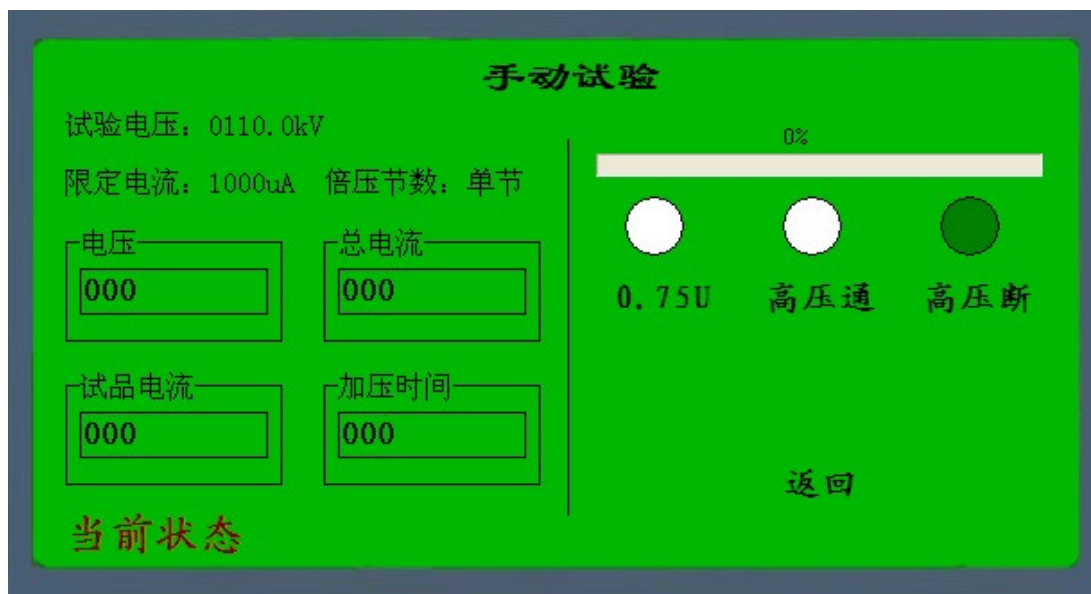


图 7-9

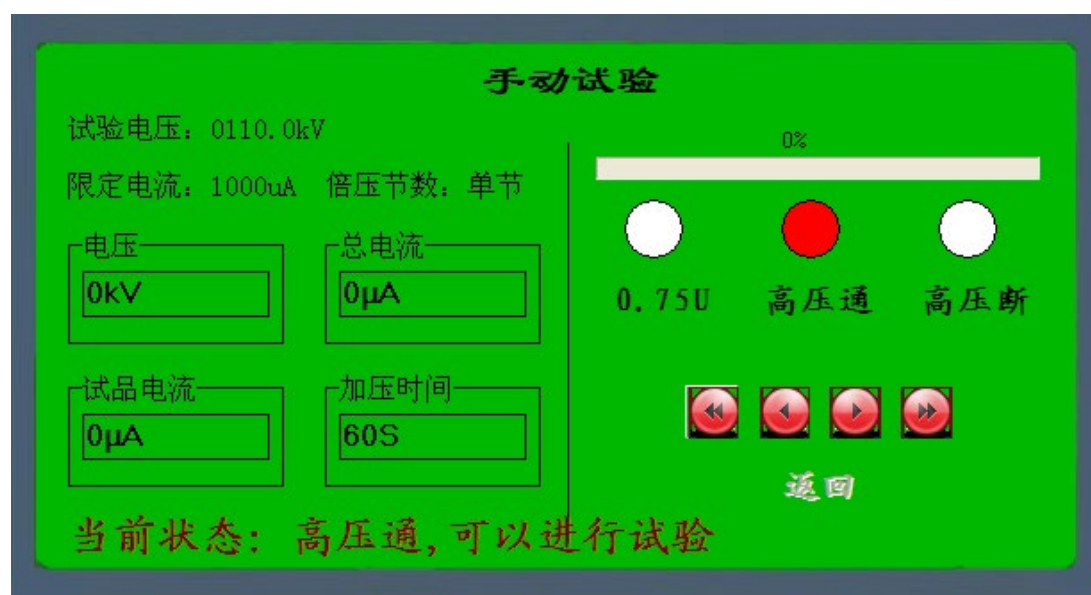


图 7-10

8. 试验完成后，直接跳出试验结果界面，可以选择打印机保存数据。

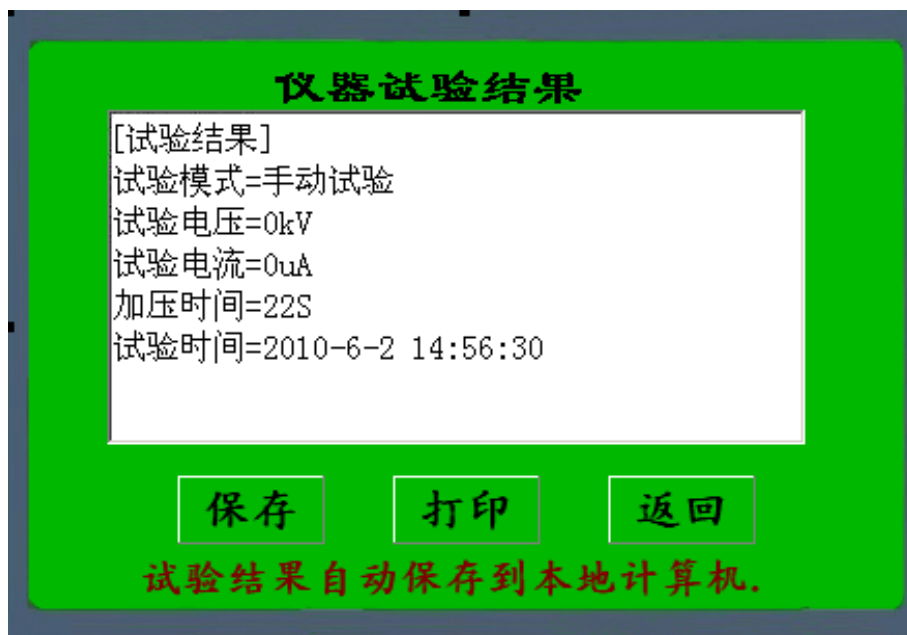


图 7-11

9. 点击“自动升压”，将弹出自动升压模式下的菜单设置，修改后，再点击“参数设置”，设置试验参数，再选择“进入试验”，开始试验。

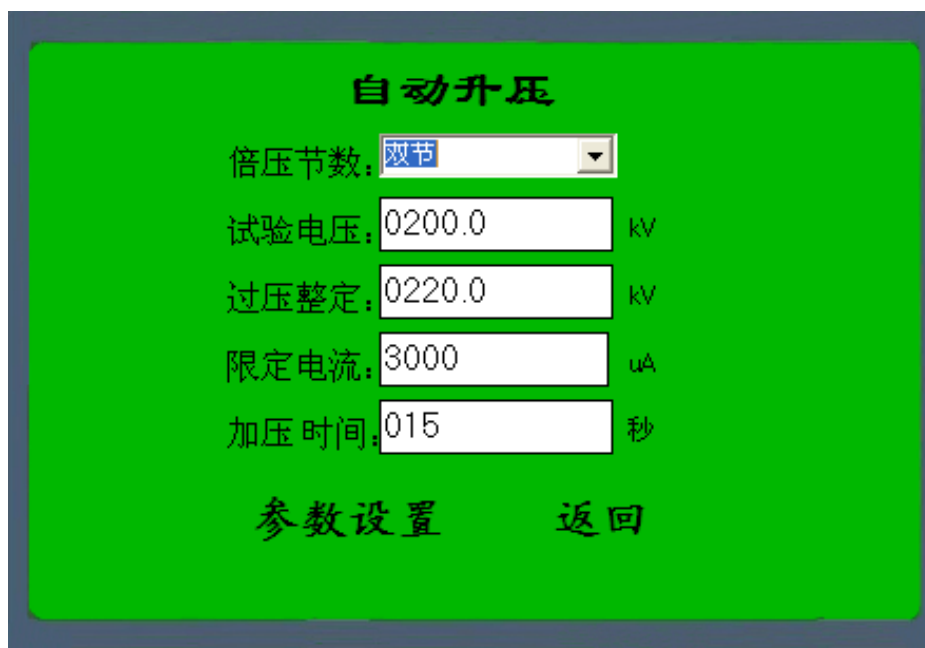


图 7-12

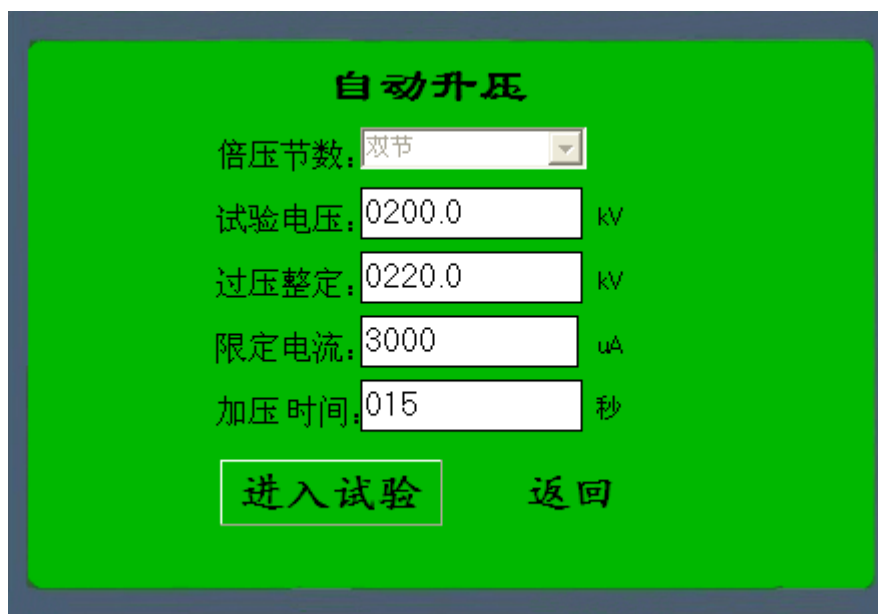


图 7-13

10. 开始“自动试验”时，先确认当前按钮处于“高压断”位置，点击“高压通”，系统会提示“当前状态：高压通，可以进行试验”的信息，此时，仪器会自动进行升压试验。

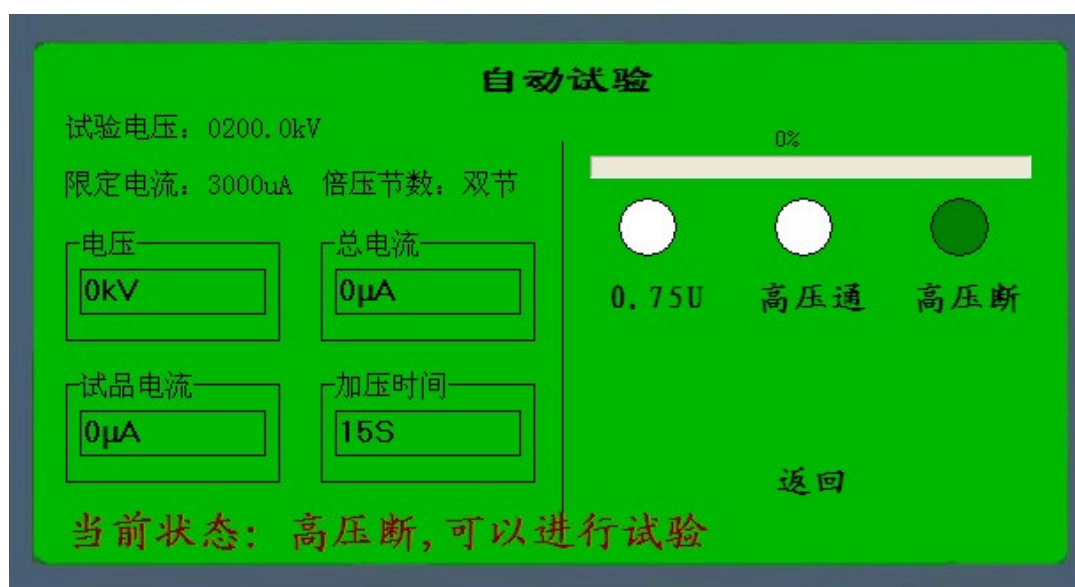


图 7-14

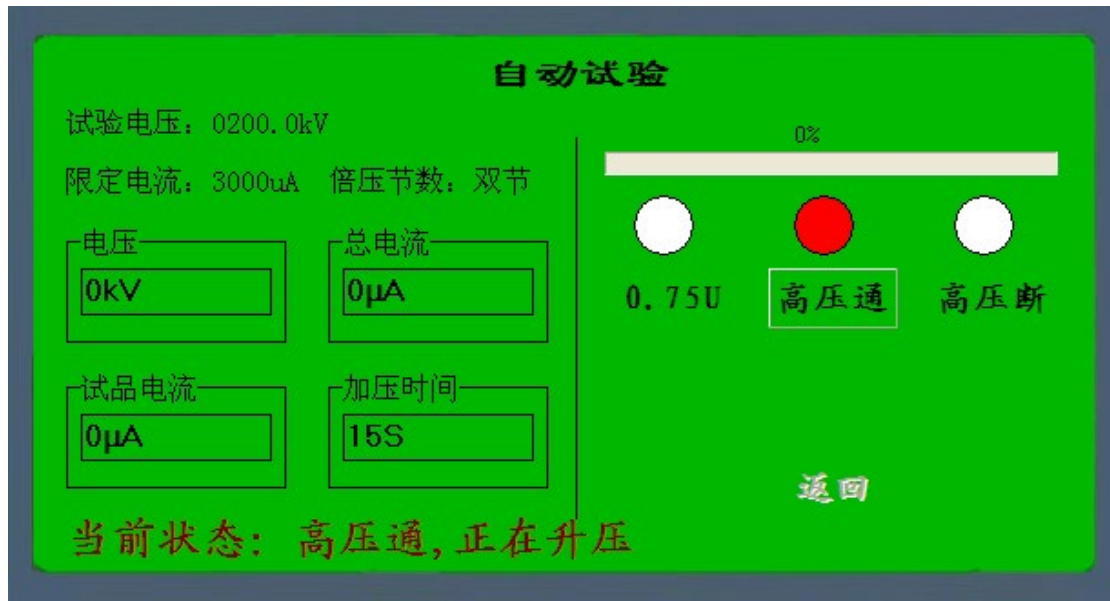


图 7-15

11. 试验完成后，仪器自动跳出试验结果界面，可以选择打印机保存数据。

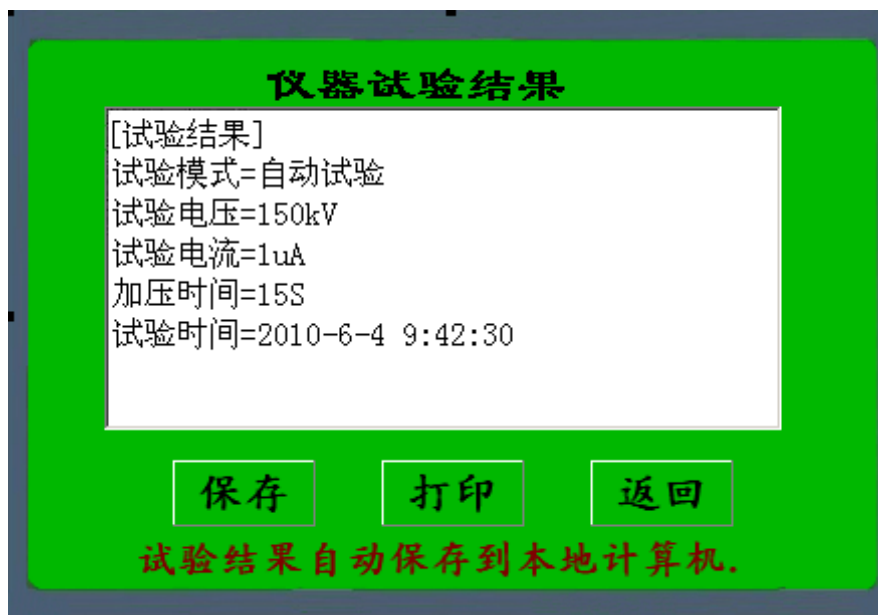
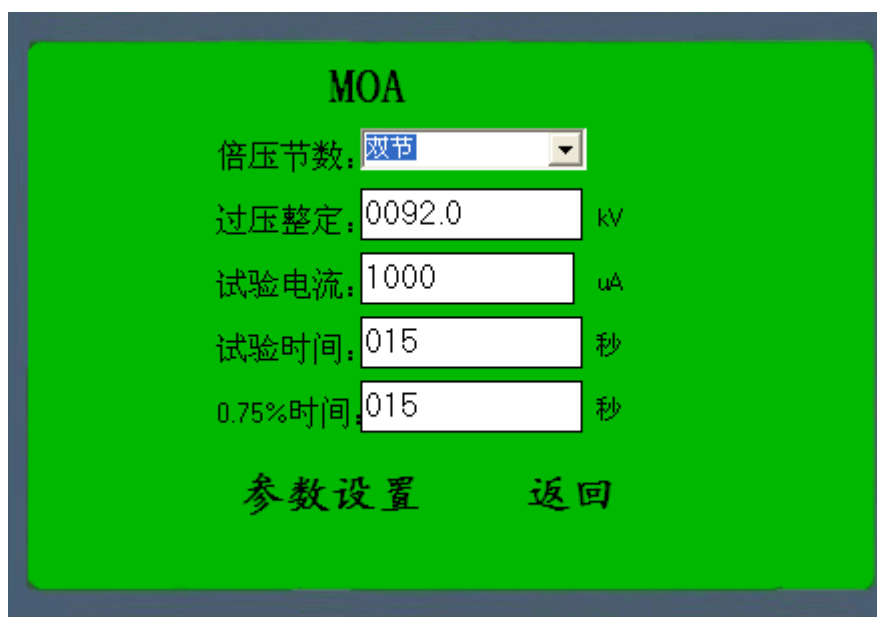


图 7-16

12. 点击“MOA 自检”模式，将弹出手动升压模式下的菜单设置，修改后，再点击“参数设置”，设置试验参数，再选择“进入试验”，开始试验。



The image shows a green screen with the title "MOA" at the top. Below the title, there are five rows of input fields with labels to their left and units to their right. The first row is a dropdown menu for "倍压节数" (Voltage Multiplier Stages) with "双节" (Two Stages) selected. The next four rows are text input fields for "过压整定" (Overvoltage Setting) with value "0092.0" and unit "kV", "试验电流" (Test Current) with value "1000" and unit "uA", "试验时间" (Test Time) with value "015" and unit "秒" (seconds), and "0.75%时间" (0.75% Time) with value "015" and unit "秒". At the bottom of the screen, there are two buttons: "参数设置" (Parameter Setting) and "返回" (Return).

MOA

倍压节数: 双节

过压整定: 0092.0 kV

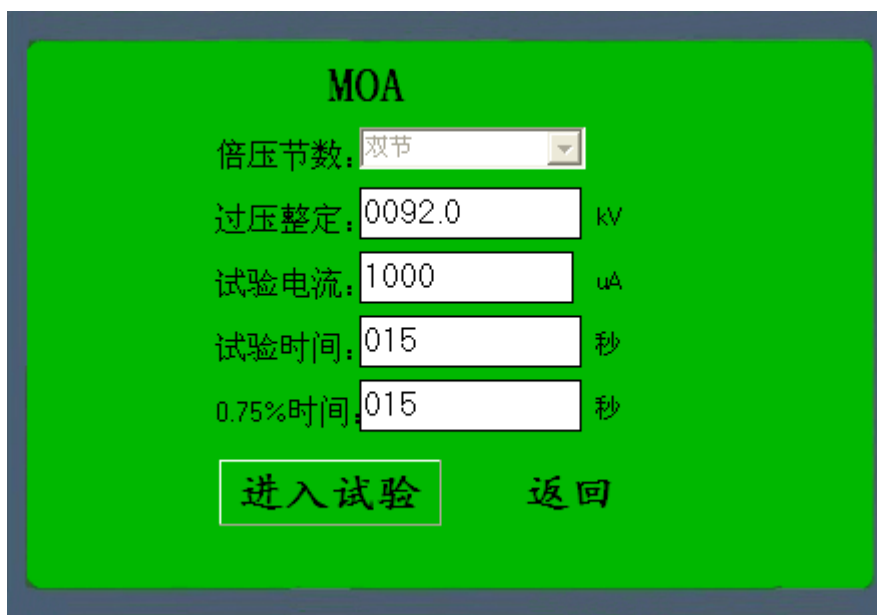
试验电流: 1000 uA

试验时间: 015 秒

0.75%时间: 015 秒

参数设置 返回

图 7-17



This image is similar to Figure 7-17, showing the same "MOA" parameter setting screen. However, at the bottom left, there is a button labeled "进入试验" (Enter Test) instead of "参数设置". The "返回" (Return) button remains at the bottom right.

MOA

倍压节数: 双节

过压整定: 0092.0 kV

试验电流: 1000 uA

试验时间: 015 秒

0.75%时间: 015 秒

进入试验 返回

图 7-18

13. 开始“MOA”模式试验时，先确认当前按钮处于“高压断”位置，点击“高压通”，系统会提示“当前状态：高压通，可以进行试验”的信息，此时，仪器会自动进行升压试验。

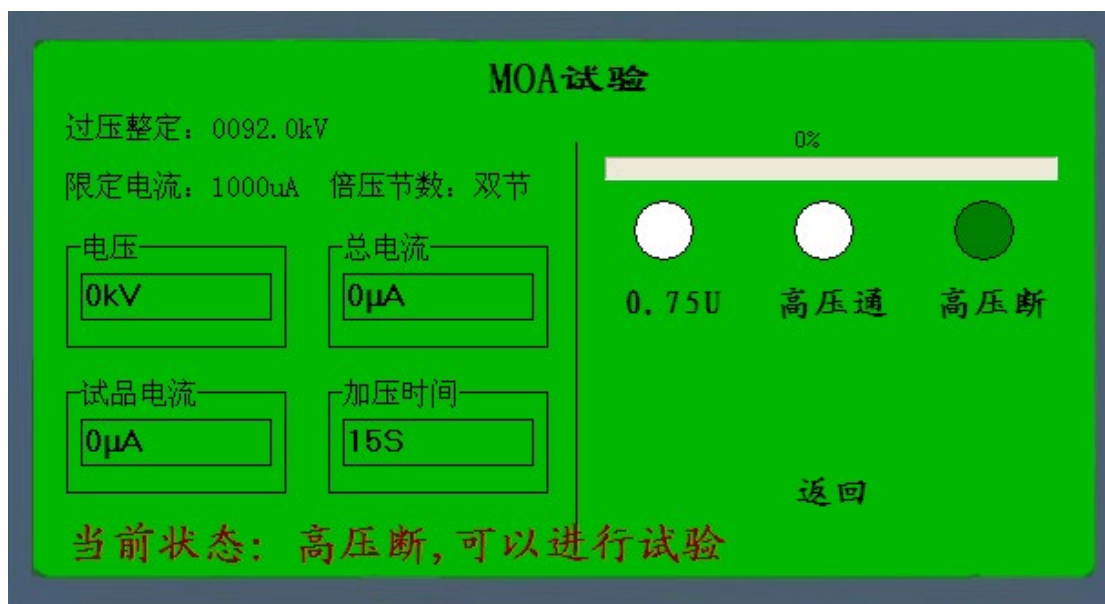


图 7-19

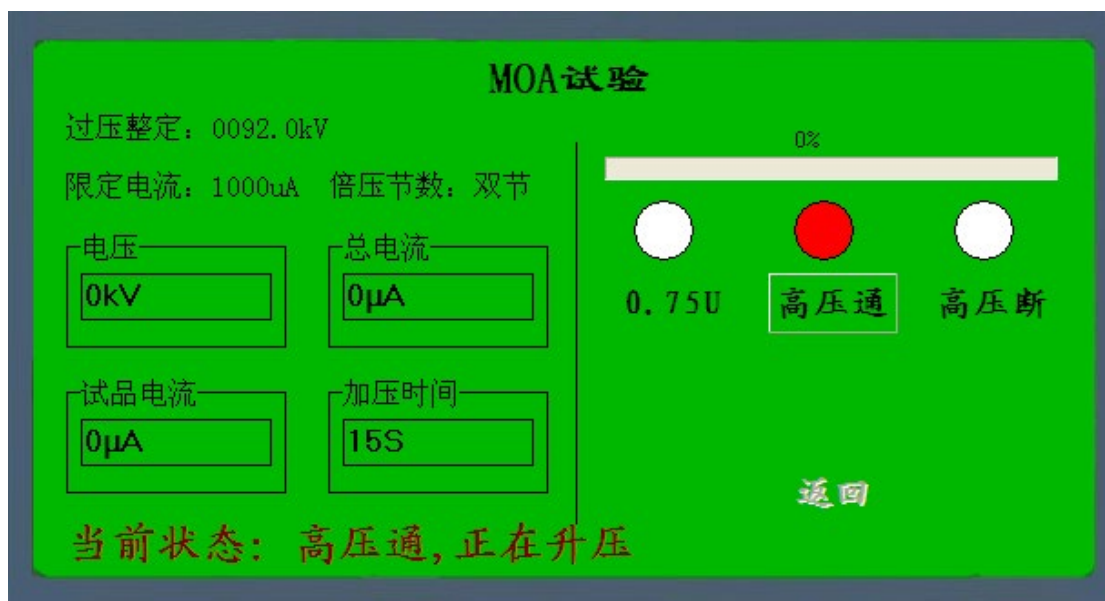


图 7-20

14. 试验完成后，仪器自动跳出试验结果界面，可以选择打印机保存数据。

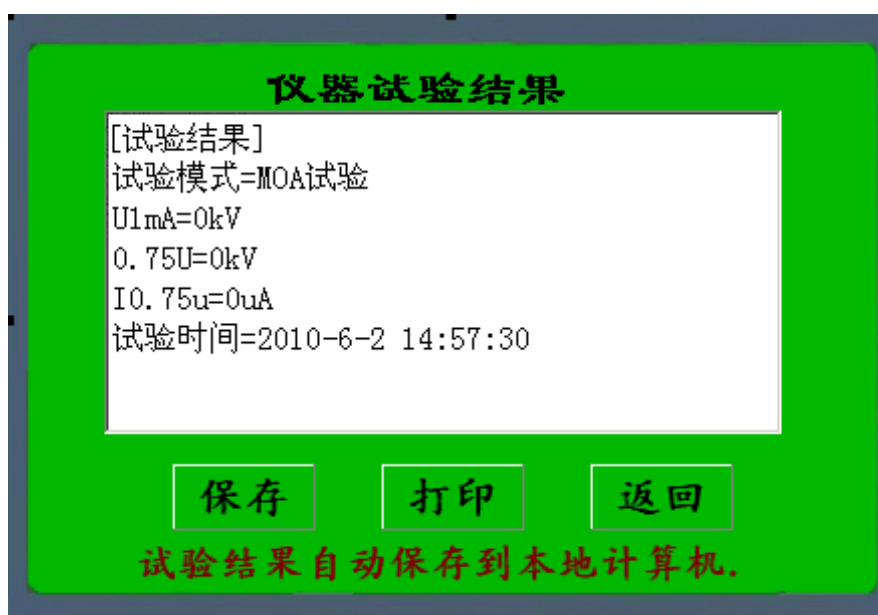


图 7-21

八、MIC-2501 绝缘电阻测试仪



1、产品特点

绝缘电阻测量:

测试电压 100...2500 V 以 100 V 为步,

绝缘电阻测量方法: 两线法, 三线法,

直流 (DC)和交流(AC)电压测量范围: 0...750 V

连续显示测量的绝缘电阻或漏电

测量完毕后被测物的立即自动放电

每个 5 秒提供声音信号- 便于捕获时间特性

吸收系数时间 T1, T2, T3 时间点设置范围: 1-600 秒

显示实际测试电压

防止检测带电对象

导通性测试 (连续性测试)

漏电流测试

置可充电电池组内

仪表全符合 EN 61557 标准规定

2、技术指标

绝缘电阻测量 (二线法)

遵循 IEC 61557-2 标准的测量范围: $R_{ISOmin}=U_{ISOnom}/I_{ISOmax}...1\ T\Omega$ ($I_{ISOmax}=1\ mA$)

范围	分辨率	精度
0,0...999,9 kΩ	0,1 kΩ	±(3% 读数 + 20 个字)
1,000...9,999 MΩ	0,001 MΩ	
10,00...99,99 MΩ	0,01 MΩ	
100,0...999,9 MΩ	0,1 MΩ	
1,000...9,999 GΩ	0,001 GΩ	
10,00...99,99 GΩ	0,01 GΩ	
100,0...999,9 GΩ	0,1 GΩ	

依据测试电压的最大绝缘测量值:

电压 UISO	测试范围
500 V	500 GΩ
1000 V	1,00 TΩ
2500 V	1,00 TΩ

导通性测试（连续性测试）使用 200mA 电流针对保护导体连接和等电位联结的检测

遵循 IEC61557-4 标准测试范围 0.10...999 Ω

范围	分辨率	精度
0,000...19,99 Ω	0,001 Ω	±(2% 读数 + 3 个字)
20,0...199,9 Ω	0,01 Ω	
200...999 Ω	0,1 Ω	±(4% 读数 + 3 个字)

开放终端电压: 4...24VV

输出电流对于 $R < 2 \Omega$: $I > 200 \text{ mA}$

测试导线归零;双相电流。电流平均值显示。

直流 (DC)和交流(AC)电压测量

范围	分辨率	精度
0...299,9 V	0,1 V	±(3% 读数 + 2 个字)
300...750 V	1 V	±(3% 读数 + 2 个字)

频率范围: 45...65 Hz

3、电气安全

绝缘类型: 双层, 符合 EN 61010-1 及 IEC 61557

测量等级: IV 600 V (III 1000 V) 依据 EN 61010-1

防护等级: IP65 依据 EN 60529

4、其他技术参数:

电源: NiMH LSD 9,6 V 可充电电池组 / DC 12 V 2.5 A

体重: 大约 0,9 kg

尺寸: 200 x 180 x 77 mm

显示器: 段式 LCD

记忆体: 990 包, 11880 测两次

数据传输: USB

5、软件操作

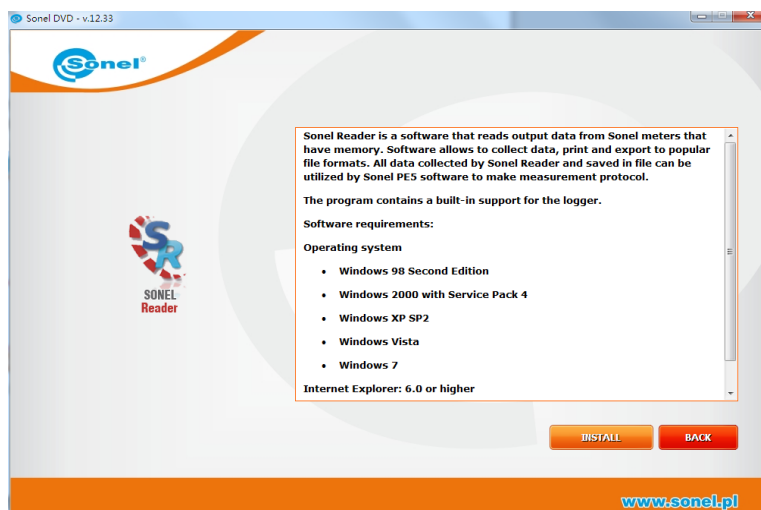
（一）软件安装

（全英文过程）

双击安装文件，选择语言后进入安装菜单。如下图所示



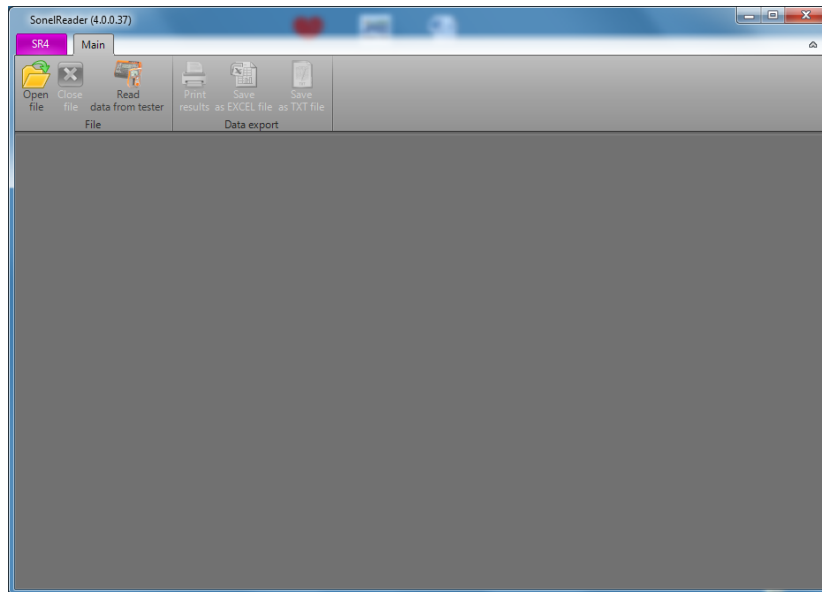
选择左下角 SONEL Reader 选项，点击进入，再点击右下角 INSTALL 按钮，点击进行安装。



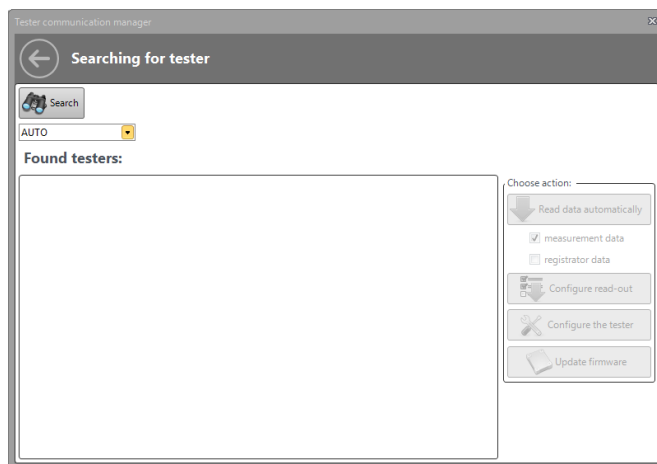
安装过程中，根据提示内容，全部选择确定安装选项，一直进行并安装完成。

（二）软件使用

软件安装完成后，界面如下图所示。



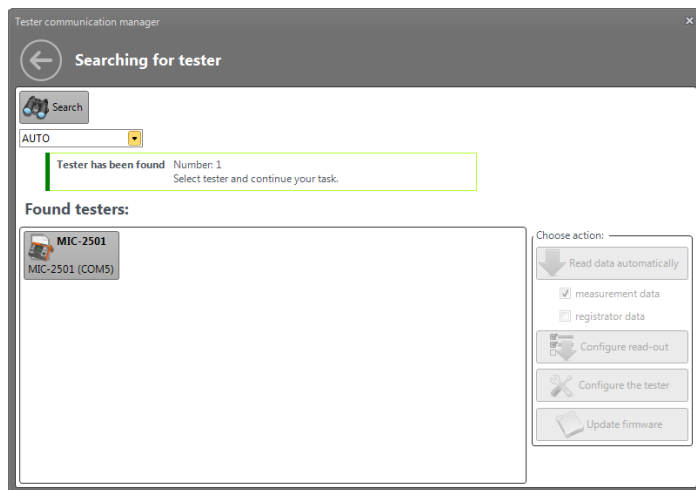
选择左上角 Read data from tester 选项，打开数据传输界面。



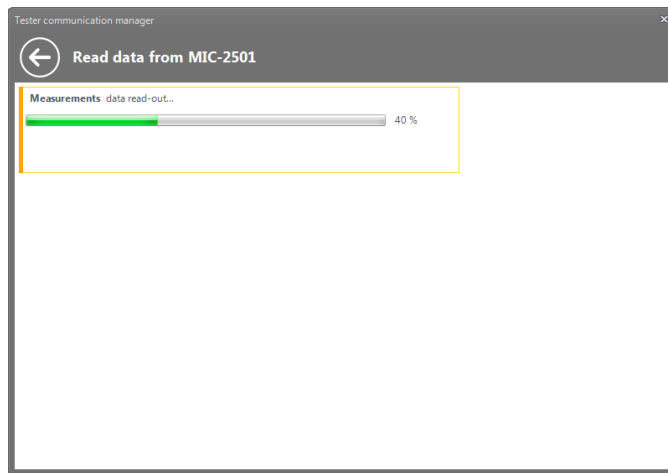
此时，连接 USB 接口至绝缘电阻测试仪数据端口，另一端连接至电脑 USB 端口，打开仪器主机，选择主机菜单至 MEM 中，屏幕会显示 PC-USB 模式。



软件点击 Search 按钮，系统会自动搜索当前连接设备。



点击该设备，选择右侧 **Read data automatically**，系统自动进行读取，并弹出保存对话框，选择保存地址后，保存查看即可。



九、CT2009 高压开关动特性测试仪



可测试各种国产（进口）真空、六氟化硫、油高压断路器，负荷开关、GIS 接地刀闸开关、接触器、继电器、空气开关等。合、分闸时间、同期、弹跳时间、次数、自动重合闸、行程、速度、电流、动作电压等各项数据、波形。

1、功能特点

抗扰通道：可抵御 550KV 变电所现场静电干扰！

位移通道：1 路位移信号采集，适配耐用的精密电阻线性位移、角位移传感器。亦可适配用户传统自配的滑线电阻传感器。

精细测试：严格按照中华人民共和国电力行业标准高电压测试设备通用技术条件之第 3 部分：高压开关综合测试仪 DL/T846.3—2004 要求研制。10kHz 高速采样，时间分辨率 0.1ms，测试时长高达 20s。

操作电源：内置隔离型数字可调直流电源，带短路保护功能，可设置电压，指令各项分、合、重合闸操作及动作电压试验。

同步触发：可响应电压、电流、传感器、断口变化多种同步触发方式。

速度定义：提供了常用的开关速度定义库和可编辑速度定义库两种模式可供用户自行选择。

录波功能：12 路普通金属触头通断、线圈电流；行程、时间波形。

数据通讯：可采用 RS232 或 USB 通讯，PC 管理软件实现数据、波形图可上传、测试。

2、面板接线

液晶屏：5.7" 黑白液晶屏，可手动调整对比度。

电源开关：仪器交流总电源开关，带灯指示。

打印机：58mm 热敏打印。

接地插座：仪器机壳保护接地，带 $\Phi 4$ 插空，螺栓紧固。

电源插座：三芯带接地交流 AC220，50Hz 电源输入插口，上部 FUSE 仓盒内置 2 颗 15A 保险丝，方管洞内置保险丝为备用。

通讯组块：



RS232串口通讯

RS232C：计算机串口通讯，上位机波特率选择为 57600bps。

U盘

U 盘：外部插入 U 盘，可将测试数据存储在外部 U 盘里。

USB通讯

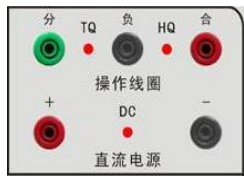
USB 通讯：本仪器与计算机以 USB 通讯。

测速端口：



专用三芯航插，也可适配用户自配滑线电阻。仪器默认使用 A1 通道安装传感器。

直流电源：



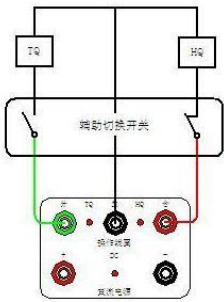
+、- 为内置直流电源输出；也可作外直流电源输入端，带 LED 灯指示。
分、负、合为可控直流电源输出，分、合为正端，负为公共端；分、负；
合、负也可用作外同步倒采样，带 LED 灯指示。

典型控制模式：

仪器具备内电源主控、外电源主控；交直流外同步多种送电、触发方式。

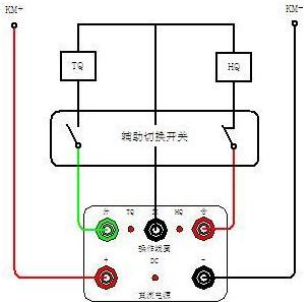
（1）内置直流电压电流主控内同步：

直流电源 +、- 端直接输出电源，可供开关闭锁控制及储能电机使用。
接出分、合、负控制线，虽然仪器内置电源为隔离电源，带短路保护，但仍需断开二次电源，以减少不必要的电源冲突或报警。此时进入菜单，选择内电源操动方式，调整电压，设置分、合模式，按测试送电。



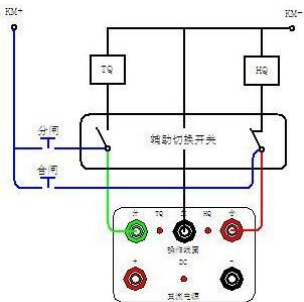
（2）外接直流电压电流主控内同步：

直流电源 +、- 端输入外直流电源，用做分、合控制操动输出。
接出分、合、负控制线，此时进入菜单，选择外电源操控方式，设置分、合模式，按测试送电。



（3）交直流倒采样电压受控外同步：

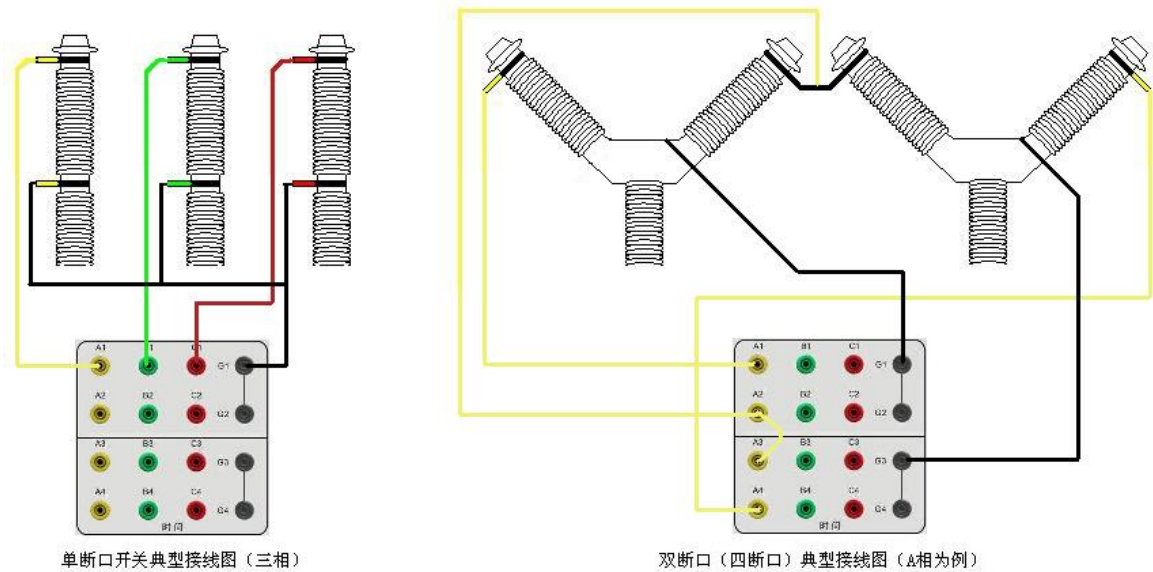
接出分、合、负控制线，此时此线为倒采样外同步。此时进入菜单，选择外同步操控方式，设置分、合模式，按测试后等待外电压同步。



注：

当二次电源无法解净或操动控制回路为交流时，特别适合此种方法受控测试。

时间端口：用作普通金属触头测试功能。



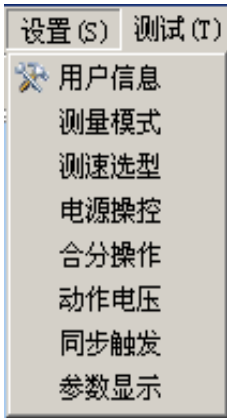
3、菜单

1) 文件菜单



- 新建:即新建建立一个测试;
- 打开:即打开一个已有的测试记录;
- 存储至 SD 卡: 将当前的测试数据和波形存储在机器的 SD 卡中;
- 保存: 保存当前的测试的测试结果到 PC 机上;
- 另存: 功能类似保存;
- 最近打开的文档: 查看最近打开的测试记录;
- 打印预览: 可以预览当前的测试记录的打印风格;
- 打印: 把当前的测试数据发送到打印机;
- 数据导出: 可以将当前的测试数据导出成 word 或者 excel;
- 历史记录: 此功能可以查看下位机的 SD 卡存储状态并且可以删除操作;
- 系统退出: 退出当前的测试软件;

2) 设置菜单



- 用户信息: 可编辑当前的测试的表头信息;
- 测量模式: 可设置“测量时间”“测试模式”“传感器”信息;
- 测速选型: 可设置“断口数”“速度定义”信息;
- 电源操控: 可设置“电源模式”信息;
- 合分操作: 可设置“分”“合”以及重合闸等信息;
- 动作电压: 可设置低电压操作的相关信息;
- 同步触发: 可以选择同步触发的条件;
- 参数显示: 可选择屏蔽某些参数的显示;

2.1) 用户信息

测试设置 - 新建试验

用户信息

测量模式

测速选型

电源操控

合分操作

动作电压

同步触发

参数显示

断路器

型号规格

制造单位

出厂编号

出厂日期

1901

年

01

月

01

日

实验者

实验地点

实验单位

实验人员

实验仪器

备 注

表头设置

表头读取

确定

取消

可以编辑有关被测对象的相关信息以及实验人员的相关信息，并且能记忆设置的信息；用户也可以通过“表头设置”将此用户信息下发到下位机，可由此省去在下位机设置表头信息的动作；

2.2) 测量模式

测试设置 - 新建试验

用户信息

测量模式

测速选型

电源操控

合分操作

动作电压

同步触发

参数显示

测量时间(s):

1.0

采样速率

100Ksps

10Ksps

测试模式:

低电压动作

时间

时间-速度

时间-速度(s)

传感器

定标: 标称长度

51.4

mm

不定: 校准行程

150.0

mm

确定

取消

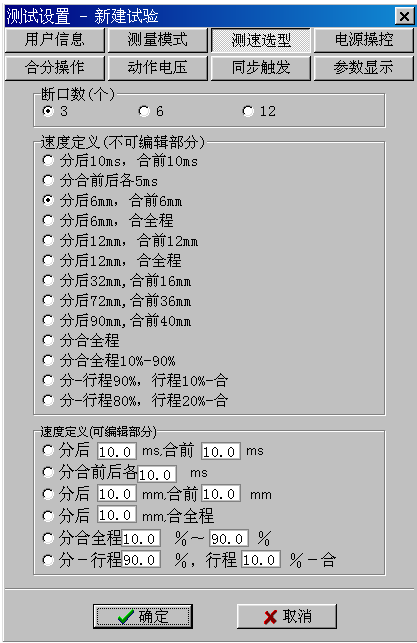
测量时间: 范围是 0.1 到 20 秒，但是在利用 232 进行上位机操作时建议时长不要超过 1.0 秒，否则传输数据花 的时间会比较长，当然用 USB 通讯不存在这个问题；

采样速率: 建议选择 10Ksps 的时间分辨率，缩短传输时间；

测试模式: 用户可以选择需要进行的测试模式，四选一；

传感器: 可以根据选择所安装的传感器进行设置，如果用直线，可以选择定标并输入所选传感器的长度；如果是角度传感器，则选择不定标并设置校正行程；

2.3) 测速选型



断口数：可以选择在测试时安装的断口数，为保持测试结果的针对性，必须如实的选择；

速度定义：其中包含了一些不可编辑的速度定义以及可以编辑的速度定义；

2.4) 电源操控



电源模式：

内电源：点击电压指示值处，直接设置输出电压值，电源输入范围必须在 15V 到 260V 之间；

外电源：选中此项，即自动关闭内电源，此时需从+、-端接入外直流电源；

外同步：选中此项，即自动关闭内电源，不需接外电源。仅接入分合负交直流外同步控制线即可；

线圈类型：包含了自闭锁的双线圈机构以及电保持的单线圈机构，二选一，特别注意被测试的开关或者接触器是不是电保持的机构，因为电保持的机构是要合闸送电来保持合闸状态的。

2.5) 合分操作

测试设置 - 新建试验

用户信息

测量模式

测速选型

电源操控

合分操作

动作电压

同步触发

参数显示

☒ 合闸
 持续时间 ms

☐ 分闸
 持续时间 ms

☐ 合分
 合始延时 ms 分始

☐ 分合
 分始延时 ms 合始

☐ 合分合
 分始延时 ms 合始
 合始延时 ms 分始

☐ 合分合
 合始延时 ms 分始
 分始延时 ms 合始

✓ 确定

✗ 取消

合闸：合闸送电脉冲时间整定；

分闸：分闸送电脉冲时间整定；

合分：合始延时 xxxms 然后发分闸脉冲；

分合：分始延时 xxxms 然后发合闸脉冲；

分合分：分始延时 xxxms 发合闸脉冲，合始延时 xxxms 发分闸脉冲；

合分合：合始延时 xxxms 发分闸脉冲，分始延时 xxxms 发合闸脉冲；

2.6) 动作电压

测试设置 - 新建试验

用户信息

测量模式

测速选型

电源操控

合分操作

动作电压

同步触发

参数显示

低电压动作:

起始电压 (V)

30

终止电压 (V)

110

升压幅度 (V)

5

间隔时间 (S)

5

动作判断

☒ 断口分合

☐ 辅助开关切换

√ 确定

✗ 取消

起始电压：设置低电压时的起始脉冲的电压值；

终止电压：低电压测试时的终止电压点；

升压幅度：自动升压的幅度；

间隔时间：升压时的两个脉冲的间隔时间；

动作判断：即终止测试的判断条件是“断口分合”或者“辅助开关切换”。

2.7) 同步触发

测试设置 - 新建试验

用户信息

测量模式

测速选型

电源操控

合分操作

动作电压

同步触发

参数显示

☒ 同步触发电压

☒ 同步触发电流 0.3 A

☒ 同步触发传感器

☒ 同步触发断口跳变

确定

取消

同步触发：根据具体的测试项目选择“触发电压”“触发电流”“行程传感器触发”“断口跳变触发”，具体选择那些触发条件需根据实际的测试进行选取。

2.8) 参数显示

测试设置 - 新建试验

用户信息

测量模式

测速选型

电源操控

合分操作

动作电压

同步触发

参数显示

其它

☒ 辅助开切时

☒ 总行程

☒ 开距

☒ 超行程

☒ 过冲行程

☒ 反弹行程

☒ 速度

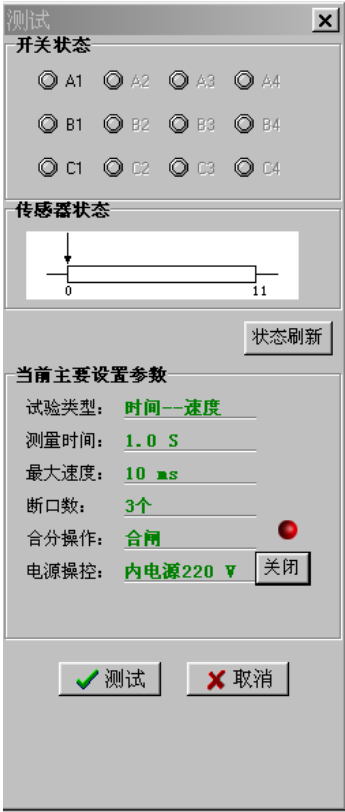
☒ 最大速度

确定

取消

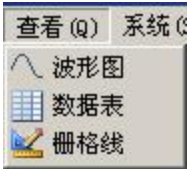
显示一些测试完成后计算的指标。

3) 测试菜单



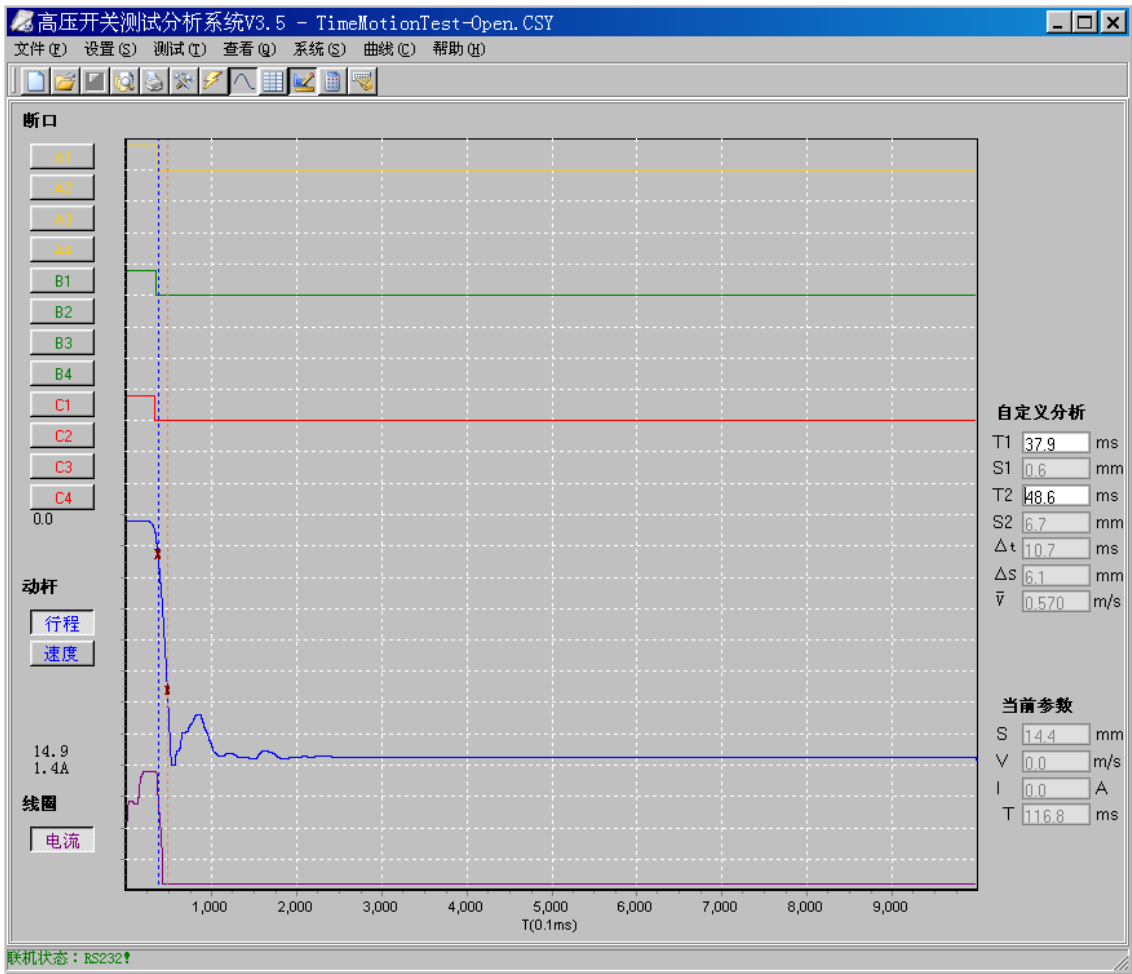
- 开关状态：指示灯红色表示合闸状态，反灰表示未选中的断口；
- 试验类型：仪器默认时间、速度方式测试，可修改为时间、低电压动作试验；
- 测量时间：设置一测量模式默认的测量时间范围，默认 0.5s，可记忆最新设置值；
- 最大速度：计算最大速度的时间间隔设置,为固定的 10ms；
- 断口数：显示安装了多少个断口，可点击进入修改；
- 分合操作：设置分合操作方式，可点击进入修改；
- 电源操控：显示选择的电源，可点击进入修改；
- 状态刷新：点击此按钮可以刷新开关状态和传感器的位置状态；
- 开启：点击即开启内部电源；
- 测试：点击可以启动测试；
- 取消：点击可以退出开关测试对话框；

4) 查看菜单



- 波形图：点击可以查看当前测试的断口和行程，速度以及分合闸电流的波形；
- 数据表：点击可以查看测试的报表；
- 栅格线：点击可以出现或者消隐栅格线；

4.1) 波形图



鼠标键盘操作:

放大: 在需要放大的区域, 点击鼠标不放, 由左上拖至右下释放即可, 可多次放大。

缩小: 点击鼠标不放, 由右拖至左释放即可缩小并还原。

拖移: 右击鼠标不放拖移即可

标线清除: 在任何状态, 右击鼠标为退出光标线。

快捷键: 见菜单栏下。

断口: A1~C4 断口波形显示与否, 受参数显示控制, 默认显示 A1、B1、C1 三个断口, 其他断口方灰表示未选中。按下选中的按钮 (如 A1), 波形可纵向展开。

动杆: 默认显示行程—时间波形, 按速度可切换至速度—时间波形, 按行程又可切换至行程—时间波形。并在纵坐标上显示行程、速度最大值。

线圈: 显示电流—时间波形, 并在纵坐标上显示电流最大值。

时间单位: 横坐标显示测量时间坐标。单位是 0.1ms。

自定义分析:

移动鼠标或键盘中的←→键, 点击鼠标左键或 ENTER 键确定第一条光标线 (蓝色) 的位置; 再确定第二条光标线 (橙色) 的位置, 点击鼠标左键或 ENTER 键即计算出差值, 常用作自定义两点计算速度。

当前参数:

移动鼠标或键盘中的←→键, 显示当前光标线的行程、速度、电流、时间。

4.2) 数据表

高压开关测试分析系统V3.5 - TimeMotionTest-Open.CSY

文件(F) 设置(S) 测试(T) 查看(Q) 系统(S) 曲线(C) 帮助(H)

型号规格

制造单位

出厂编号

出厂日期

实验地点

实验单位

实验人员

实验仪器

试验日期

备 注

注：时间(ms), 速度(m/s), 行程(mm)。

分闸	分闸时间	弹跳时间	弹跳次数		
A1	36.9	0.0	0	A相同期	0.0
A2				B相同期	0.0
A3				C相同期	0.0
A4				三相同期	2.9
B1	35.2	0.0	0	辅开切时	44.9
B2				总行程	14.4
B3				开距	14.0
B4				超行程	0.4
C1	34.0	0.0	0	过冲行程	0.5
C2				反弹行程	2.6
C3				速度	0.5
C4				最大速度	1.0

联机状态：RS232

4.3) 栅格线

点击可以出现或者消隐栅格线；

5) 系统菜单

系统(S) 帮助(H)

系统时间设置(S)...

电压校准(V)...

通讯设置(C)...

曲线图背景色(A)...

系统时间设置：设置以及回读机器的当前时间；

电压校准：校正机器的内部电源；

通讯设置：设置通讯的端口和波特率；

曲线图背景色：设置波图的背景色；

快捷键



 新测试，同文件-新建菜单



打开测试数据文件，同文件-打开菜单



保存测试数据文件，同文件-保存菜单



预览测试报告，同文件-打印预览菜单



打印测试报告，同文件-打印菜单



设置，同设置菜单



测试，同测试菜单



显示波形图，同查看-波形图菜单



显示数据表，同查看-数据表菜单



曲线图栅格线，同查看-栅格线，菜单，可显示、关闭



打开计算器，可显示、关闭



打开软键盘，方便文字输入，可显示、关闭

4、测速安装

1) 万能支架安装:

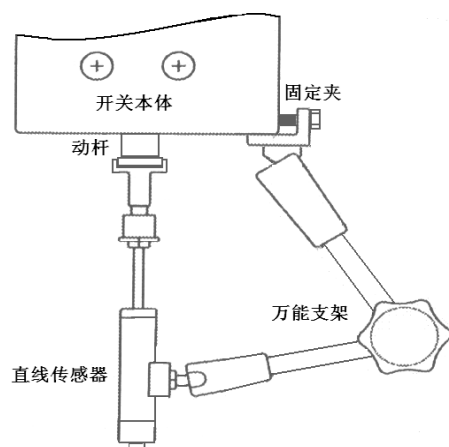
万能支架 M5 螺头固定在直线电阻传感器上的固定块上，或角电阻传感器上的固定片上，万能支架固定夹固定在开关本体上。

2) 直线位移电阻传感器:

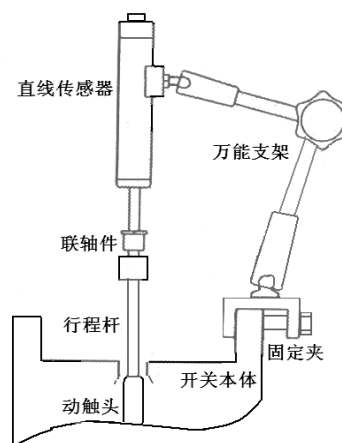
使用时根据测试开关对象、类型的不同，配用相关连接件。

3) 角电阻传感器:

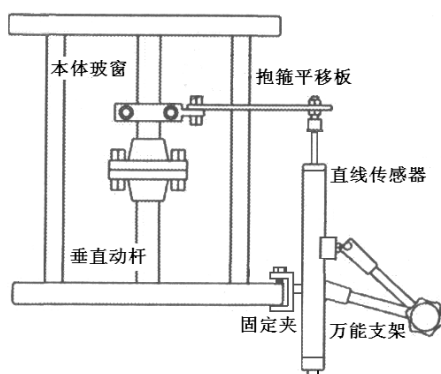
开关在分或合状态安装角电阻传感器时，应注意将转轴箭头对应在大黑点方向，这样运动时可避免进入无效区域。实际可选配 120 度或 345 度角传感器，详见装箱清单。



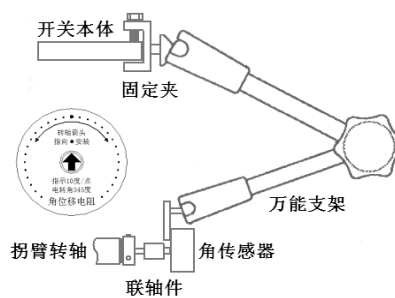
真空开关直线测速安装示意图



油开关直线测速安装示意图



SF6开关直线测速安装示意图



角度测速安装示意图

5、测试方法

时间测试: (以外电源为例, 也可用内电源、外同步方式)

请设置试验类型为时间测试; 测试范围确定时间长度、断口数; 操作电源选择外电源; 合分操作选择方式, 或测试界面中按分合键, 触发设置选择触发条件, 按测试键进行。

时间速度测试: (以外同步例, 也可用内电源、外电源方式)

请设置试验类型为时间、速度测试; 测试范围确定时间长度、最大速度、断口数; 传感器选择标尺长度或不定标行程值; 速度定义选择类型; 操作电源选择外同步; 合分操作选择方式, 或测试界面中按分合键, 触发设置选择触发条件, 按测试键进行。

动作电压：（必选内电源方式）

自动方式：设置试验类型为动作电压；测试范围确定断口数；操作电源选择内电源；动作电压选择条件，合分操作选择方式，或测试界面中按分合键，按直流电源键，出现“电源准备中”提示，按测试键自动升压，动作后电压停止。如有必要，此时可按测试键点动送电，按取消退出到数据表，此时可打印、保存动作电压值。

手动方式：设置试验类型为动作电压；测试范围确定断口数；操作电源选择内电源；动作电压选择条件(升压方式选手动)，合分操作选择方式，或测试界面中按分合键，按直流电源键开启内电源，按“↑”可升压，按“↓”可降压，长按快速调整，按测试键送出电脉冲。

6、参数概念

1. 时间

合闸时间：合闸线圈受电瞬间起至动静触头第一次电气接通的时间。

分闸时间：分闸线圈受电瞬间起至动静触头第一次电气分离的时间。

弹跳时间：指动、静触头第一次电气接通（断开）起至动、静触头稳态接通（断开）的时间段。

弹跳次数：指动、静触头第一次电气接通（断开）起至动、静触头稳态接通（断开）时间过程中弹跳变化的次数。

相内同期：A、B、C 相内不同期，指开关相内多断口分（合）闸时间的最大差值。

三相同期：相间不同期，指三相中最大时间相与最小时间相的差值。

辅开切时：即辅助开关切换时间，指从仪器向控制线圈回路送电至回路被自行切断的时间段。

金短时间：合分操作中动、静触头接触的时间段。

2. 行程

总行程：动触头从分闸到合闸或合闸到分闸稳态下的位移差值。

开距行程：总行程与接触行程的差值。

接触行程：动、静触头电气接触下的位移行程差。

过冲行程：动触头运动过程中最大过冲行程幅值。

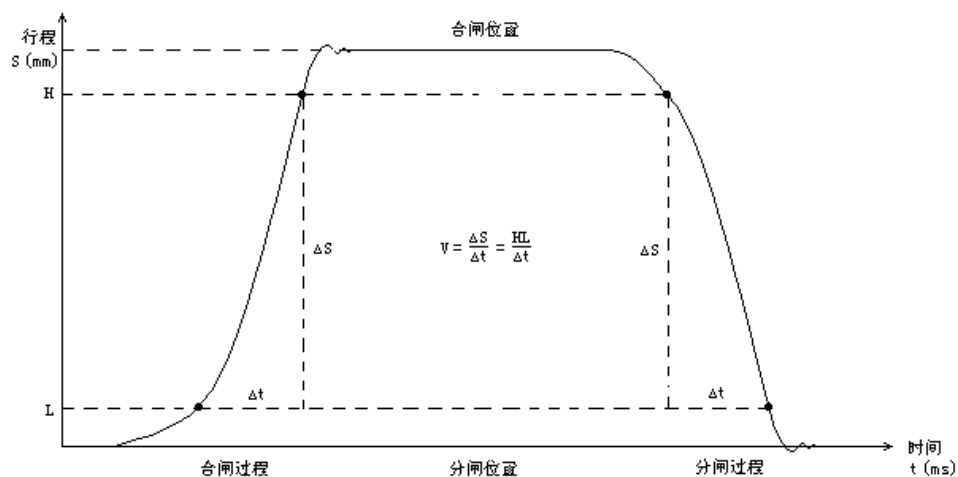
反弹行程：动触头运动过程中最大反弹（冲）行程幅值。

3. 速度

速度：根据开关出厂定义而设置的分/合闸速度。或叫刚分/合速度、平均速度。

最大速度：指定区间（0.1ms 或 1ms 或 10ms）的平均速度中的最大值。

速度定义：根据开关生产厂家或国标关于速度定义的要求，在所记录的行程-时间（S-t）运动过程中，计算指定段的平均速度。 $V = \Delta S / \Delta t = HL / \Delta t$ ，HL 为指定点段， Δt 为指定点段的运动时差。



7、技术指标

测试通道：时间断口：金属触头 12 路 25V，限流 50mA

位移传感器：1 路

时间测试：范围：0~20s

误差：±0.1%读数±2 个字

分辨率：0.1ms

行程测试：范围：0~1000mm

准确度：±1%读数±1 个字

分辨率：0.1mm

速度特性：范围：0.01~20.00m/s

准确度：±1%读数±1 个字

分辨率：0.01m/s

图形显示：每路 0.1ms 的数值

直流电源：调整范围：15~260V

最大瞬时电流：20A

准确度：±1%读数±1 个字

负载变化率：≤1%

同步触发：电压：15~260V

电流:0.1-20A

传感器:位移变化

断口：信号跳

尺寸：长 402mm×宽 300mm×高 142mm，重量：7kg

附录、典型开关生产厂家速度定义表

(数据仅供参考，以开关厂家为准)

型号	速度定义	行程 (mm)	合闸速度 (m/s)	分闸速度 (m/s)
LW25-126	行程 10%至断口	150	1.4-2.4	4.1-4.8
LW25-252 (CYA3 机构)	行程 20%至断口	230	2.8-3.8	6.7-7.4
LW25-252 (CT20 机构)	行程 10%至断口	205	3.2-4.2	7.1-8.1
LW25-363	行程 10%至断口	230	3.2-4.2	7.1-8.1
LW13-550	行程 10%至断口	180	3.2-4.2	7.1-8.1
LW14-252	行程 10%至断口	230	3.2-4.2	7.1-8.1
LW23-252	行程 10%至断口	180	2.9-3.9	7.8-8.7
LW15-550	行程 10%至断口	230	3.6-4.0	9.3-10.3
LW15-252	行程 10%至断口	230	3.8-4.3	9.0-10.0
LW15-363	行程 10%至断口	230	3.6-4.0	9.3-10.3
LW35-126	合前 10ms, 分后 10ms	150±4	2.5-3.5	3.6-4.6
LW35-252 /T4000-50	合前 10ms, 分后 10ms	180±2		
LW10B-252	合前 40mm、分后 90mm	200±1	4.1-5.1	8.0-10.0
LW10B-550	合前 40mm、分后 100mm	200	3.9-4.9	7.4-9.0
LW6-110	合前 36mm、分后 72mm	150±1	3.4-4.6	5.5-7.0
LW8-35	合前 16mm, 分后 32mm	95±2	3.2±0.2	3.4±0.2
LW16	合前、分后 10ms	65±2	≥2	2.2-2.6
LW3-12(I 、 II)	合前、分后 10ms	58±2	2.6±0.2	2.6±0.2
LW11-126 (31.5KA)	行程 10%至 90%间平均速度	160	1.6-2.8	5.8-7.4
LW11-126	行程 10%至 90%间平均速度	160	1.6-2.8	6.1-8.1
LW11-220	行程 10%至 90%间平均速度	200	2.0-3.0	8.5-10.5
LW33-126	合前 50mm 至合后 20mm 间平均速度 分前 20mm 至分后 50mm 间平均速度	150	2.1-2.9	4.1-5.3
LW12-500	行程 10%至 90%间平均速度	200	1.4-2.6	8.2-9.8
LW40-40.5	合前 16mm, 分后 32mm	95±2	2.7±0.3	3.4±0.2
LW56-550	合闸行程 105mm 至 145mm 间的平均速度 分闸行程 40mm 至 145mm 间的平均速度	200	4.1-5.0	9.0-9.7
OHB	合前、分后 11° 内的平均速度	K=1.066	2.4-3.3	2.0-2.8
LW36-126	合前、分后 10ms	120	3.0±0.5	5.0±0.5
LW36-40.5	合前、分后 10ms	80	2.3±0.2	2.7±0.2
LW29-126	合前 50mm 至合后 20mm 间平均速度 分前 20mm 至分后 50mm 间平均速度	145	1.8-2.8	5.0-6.0

LW9	合前、分后 10ms	150		
LW17A-126	合前、分后 88mm 的平均速度	160		
LW24-252	行程 10%至断口	230	3.0-4.0	7.0-8.0
LW30-126	行程 40%至断口	200	4.0±1.0	8.0±1.0
LW38-126	合前、分后 10ms	150		
LW53-252	合:行程 110mm 至 150mm 间的速度 分:行程 150mm 至 105mm 间的速度	205		
ABB LTB245E1 (分相操作)	合前、分后 10ms	160±3	5.5-6.5	6.0-7.0
ABB LTB245E1 (三相联动)	合前、分后 10ms	160±3	4.0-4.8	7.5-8.2
ABB LTB145D1/B	合前、分后 10ms	120±4	3.2-4.2	4.4-5.0
ABB LTB72.5-245E 1	合前、分后 10ms 平均速度	160/210	4.0-5.0	8.0-10.0
3AP1FG 3AP1FI (245KV)	合前、分后 10ms 平均速度	154.8± 5.2	4.4±0.5	9.1±1
3AP1FG (72.5; 110; 145KV)	合前、分后 10ms 平均速度	120±4	3.5-4.5	4.0-5.0
3AP1FG (252KV)	合前、分后 10ms 平均速度	154.8± 5.2	3.7±0.5	5.4±0.5
3AP1DT-FG (252KV)	合前、分后 10ms 平均速度	150	3.0-4.0	5.0-6.0
现代南自 252KV GIS	合前、分后 10ms 平均速度	230	2.4-3.2	10.2-12.8
GL312(145KV)	合前 7ms, 分后 7ms	150	3.1-4.1	5.9-6.9
GL312F1 (126KV 三 相联动)	合前 8ms, 分后 8ms	150	4.0-5.0	6.0-7.0
GL314F1 (252KV 三 相 联动)	合前 8ms, 分后 8ms	180	3.0-4.0	6.5-7.5
GL314 (分相操作)	合前 8ms, 分后 8ms	180	5.0-6.0	7.0-8.0
GL314P (分相操作)	合前 10ms, 分后 10ms	95	2.5-3.0	4.5-5.0

GL317	合前 10ms, 分后 10ms	135		
FXT14F	合前 8ms, 分后 8ms	150	3.0-4.0	5.9-6.9
DT2-550F3	合前 10ms, 分后 10ms	205	3.0-4.0	5.5-6.5
阿尔斯通 T155	合前 5ms, 分后 5ms			
HPL 245B1 (三相联动)	合前 10ms, 分后 10ms	210±4	5.3-5.7	7.4-8.1
HPL 245B1 (分相操作)	合前 10ms, 分后 10ms	210±4	5.2-5.6	9.8-10.4
HPL 550B2	合前 10ms, 分后 10ms	210±4	4.8-5.2	8.3-8.7
S1-145F1/3131	合前 10ms, 分后 10ms	150	2.4-3.0	5.7-6.3
ZN12-10	合前、分后 6mm 内平均速度	11±1	0.6-1.1	1.0-1.4
ZN12-12 (I、II、III、 IV、V)	合前、分后 6mm 内平均速度	11±1	0.6-1.1	1.0-1.4
ZN12-12 (VI、VII、VIII、 IX、X、XI)	合前、分后 6mm 内平均速度	11±1	0.8-1.3	1.0-1.8
ZN12-12 (XII、XIII、 XIV、XV)	合前、分后 6mm 内平均速度	11±1	0.5-0.9	0.7-1.3
ZN3-10	合前、分后 6mm 内平均速度	15	0.6±0.1	1.0±0.1
ZN16	合前、分后 6mm 内平均速度	10-11	0.4-0.7	0.7-1.3
ZN18-10	合前、分后 6mm 内平均速度	7.5-8.5	0.4-0.6	0.8-1.2
ZN21-12	合前、分后 6mm 内平均速度	9-11	0.6-1.0	1.3-1.7
ZN65-10	合闸测全程,分后 6mm 内平均速度	15	0.4-0.8	1.1-1.5
ZN65A-12/T	合前、分后 6mm 内平均速度	15	0.8-1.3	1.0-1.8
3AF	合前、分后 6mm 内平均速度	10-11	0.6-1.3	1.0-1.6
Power/Vac VB2	合闸测全程,分后 6mm 内平均速度	15	0.5-1.0	1.0-1.3
VBG - 12M	合前、分后 6mm 内平均速度	15	0.6±0.2	1.1±0.2
VS1	合前、分后 6mm 内平均速度	15	0.5-0.8	0.9-1.2
ZW7-40.5	合闸测全程,分后 12mm 内平均速度	26±2	0.7±0.2	1.5±0.2
VD4	分后、合前 6mm 内的平均速度	15	0.6-1.8	0.9-1.2
ZW8	合.分测全程	15	0.7±0.15	1.0±0.2
ZN21-10	合前、分后 6mm 内平均速度	15	0.6-1.0	1.0-1.4
ZN23A-35	刚合前、刚分后 20mm 内的平均速度	33±2	0.6-0.9	2.0±0.2
ZN28A-10	合前、分后 6mm 内平均速度	15	0.4-0.8	0.7-1.3
ZN28E-12 ZN28J	合.分测全程	6±0.5	1.1±0.2	0.6±0.2
ZN63A-12	合前、分后 6mm 内平均速度	15	0.5-0.8	0.9-1.2

ZW32-12	合前、分后 6mm 内平均速度	12.5	0.6±0.2	1.2±0.3
ZN30	合前、分后 6mm 内平均速度	11±1	0.4-0.7	0.7-1.3
ZW30-40.5	合、分测全程	24±3	1.0±0.35	2.0±0.35
ZW39-40.5	合前.分后 10ms 内平均速度	32±1	0.8±0.2	2.0±0.3
ZN40	合前、分后 6mm 内平均速度	10±1	0.5-1.2	0.8-1.6
SN10	合前.分后 10ms 内平均速度	145	≥3.5	3.0-3.3
SW2-35(1000 A)	合前.分后 10ms 内平均速度	310	2.9-3.5	2.8-3.4
SW2-35 (I 、 II)	合前.分后 10ms 内平均速度	310	3.2-4.4	3.5-4.5
SW2-35 (III)	合前.分后 10ms 内平均速度	315	3.4-4.6	3.5-4.5
SW2-35 (IV 、 V)	合前.分后 10ms 内平均速度	315	3.4-4.6	4.0-4.8
SW2-110(I)	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	390	4.5-5.7	6.0-7.0
SW2-110(II)	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	390	2.5-3.5	4.2-5.6
SW2-110(III)	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	390	4.4-5.6	7.0-8.2
SW2-220 (I 、 II 、 III)	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	390	4.0-5.6	5.9-7.1
SW2-220(IV)	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	390	4.4-5.6	7.0-8.2
SW3-110	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	390	≥2.9	4.7-5.5
SW4-110 / 220 (II)	合前、分后 10ms 内平均速度	445±10	3.8±0.5	3.5±0.5
SW4-110 / 220 (III)	合前、分后 10ms 内平均速度	400±15	5.7±0.5	6.6±0.4
SW6	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	390	2.9-4.4	4.9-5.4
SW6-110(I)	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	390	2.9-4.4	7.5-9.0
SW7-110	合前.分后 10ms 内平均速度	600	5.5-7.5	6.0-8.0
SW7-110Z	合前.分后 10ms 内平均速度	600	4.5-6.0	10.0-12.0
DW2-35	合闸点前后.分闸点 前后各 5ms 内速度	168	≥2.5	1.9-2.5
DW8-35	合闸点前.分闸点后 10ms 内速度	197	2.6-3.6	≥2.4
FD4025D	合闸:半程前 10ms 内平均速度; 分闸:半程后 10ms 内平均速度	78-80	≥1.5	2.2-2.8

ZF6-72.5,126,145	合.分测全程	130	1.8±0.4	5.1±0.5
ZF6-252	合.分测全程	205±2	4.2±0.6 (液压) 2.2±0.6 (气动)	8.3±0.6 (液压) 9.5±0.8 (气动)
ZF10-126 (L)	合前、分后 10ms 内平均速度	120	2.3±0.5	4.8±0.5
ZF11-252 (L)	合前、分后 10ms 内平均速度	220±1	4.6±0.5 (ABB) 5±0.5 (CYT)	10±1

★ 如果以上表格中未提及的，开关型号的速度定义，可以在 S-t 波形图中任意截取计算。