

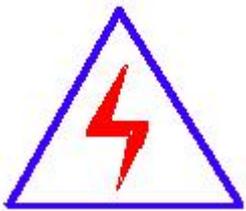
尊敬的顾客

感谢您使用本公司产品。在您初次使用该仪器前，请您详细地阅读本使用说明书，将可帮助您熟练地使用本仪器。

我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的仪器可能与使用说明书有少许的差别。若有改动，我们不一定能通知到您，敬请谅解！如有疑问，请与公司售后服务部联络，我们定会满足您的要求。



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



◆ 慎重保证

本公司生产的产品，在发货之日起三个月内，如产品出现缺陷，实行包换。一年（包括一年）内如产品出现缺陷，实行免费维修。一年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

◆ 安全要求

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

只有合格的技术人员才可执行维修。

—防止火灾或人身伤害

使用适当的电源线。只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

正确地连接和断开。当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

产品接地。本产品除通过电源线接地导线接地外，产品外壳的接地柱必须接地。为了防止电击，接地导体必须与地面相连。在与本产品输入或输出终端连接前，应确保本产品已正确接地。

注意所有终端的额定值。为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。在对本产品进行连接之前，请阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

请勿在无仪器盖板时操作。如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。

使用适当的保险丝。只可使用符合本产品规定类型和额定值的保险丝。

避免接触裸露电路和带电金属。产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。

在有可疑的故障时，请勿操作。如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员进行检查，切勿继续操作。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易爆环境中操作。

保持产品表面清洁和干燥。

一安全术语

警告：警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

小心：小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。

目录

1. 仪器主要技术特点	4
2. 仪器主要技术参数	4
3. 电流互感器（CT）的试验	5
4. 电压互感器（PT）的试验	8
5. 自测界面	10
6. 主界面其它功能菜单介绍	11
附 录	14

1. 仪器主要技术特点

- ★ 功能全面，既满足各类 CT（如：保护、计量、TP 类）的励磁特性（即伏安特性）、变比、极性、二次绕组电阻、二次负荷、比差以及角差等测试要求，又可用于各类 PT 电磁单元的励磁特性、变比、极性、二次绕组电阻等测试。
- ★ 自动给出拐点电压/电流、10%(5%)误差曲线、准确限值系数（ALF）、仪表保安系数（FS）、二次时间常数(Ts)、剩磁系数(Kr)、饱和电感等参数。
- ★ 测试满足 GB1208（IEC60044-1）、GB16847(IEC60044-6)、GB1207 等各类互感器标准，并依照互感器类型和级别自动选择何种标准进行测试。
- ★ 基于先进的低频法测试原理，能应对拐点高达 80KV 的 CT 测试。
- ★ 仪器采用国际流行方法法，让励磁曲线更加完美。
- ★ 仪器可存储 3000 组测试数据，掉电不丢失。
- ★ 测试简单方便，一键完成 CT 直阻、励磁、变比和极性测试，而且除了负荷测试外，CT 其他各项测试都是采用同一种接线方式。
- ★ 易于携带，仪器重量大约 7.5Kg。

2. 仪器主要技术参数

输入电源电压	AC100~264V; 50~60Hz
输出	0~180Vrms, 12Arms, 36A（峰值）
电压测量精度	范围：2~100Vrms, 精度：±0.1%
CT 变比测量	范围：1~50000, 精度：±0.1%
PT 变比测量	范围：1~50000, 精度：±0.1%
相位测量	精度：±2min, 分辨率：0.5min
绕组电阻测量	范围：0~300Ω, 精度：0.2%±2mΩ
交流负载测量	范围：0~1000VA, 精度：1%±0.2VA
升流功能（选配）	范围：0~200A; 时间：0~600S
工作环境	温度：-20°C~50°C, 湿度：≤90%
尺寸、重量	尺寸 340mm×260mm×140mm, 重量≈7.5kg

3. 电流互感器 (CT) 的试验

3.1 试验接线

第 1 步：对于 CT，进行电阻、励磁或变比试验时，按图 3.1 接线；而进行负荷试验时，按图 3.2 接线。

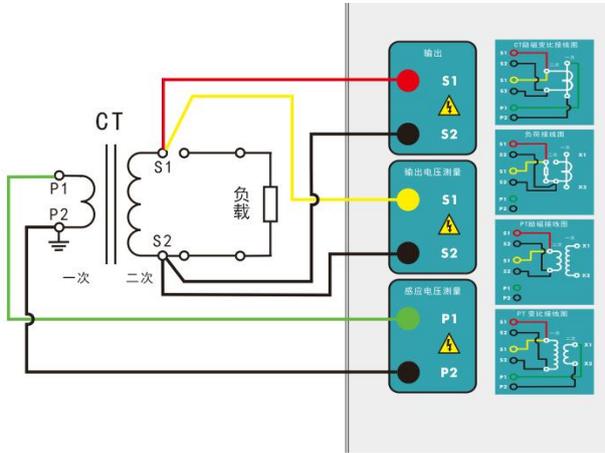


图 3.1 CT 电阻、励磁、变比试验接线方式

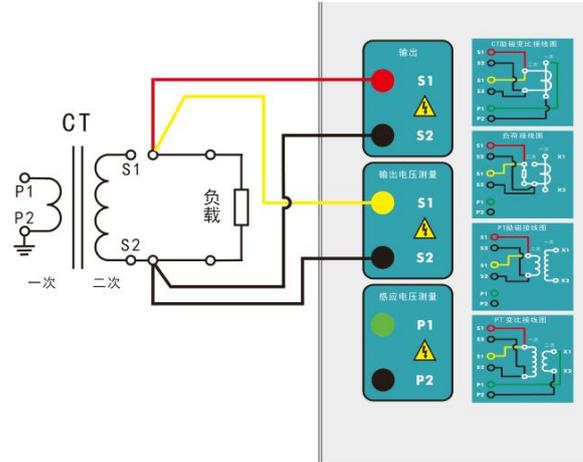


图 3.2 CT 负荷试验接线方式

注 1：图 3.1 接线方式中，对于变压器套管 CT，其一次侧 P1、P2 可以接被测 CT 所在变压器的绕组两端。

注 2：图 3.1 接线方式中，对于 GIS (SF6) 开关上的 CT，需断开与一次母线连接的所有开关，合上接地刀闸，此时一次侧 P2 接地，P1 接一次母线，应确保 P1 和 P2 不是开路的。

第 2 步：同一 CT 其他绕组开路，CT 的一次侧一端要接地，设备也要接地。

第 3 步：接通电源，准备参数设置。



主菜单界面

3.2 参数设置

第 1 步：在主界面菜单中选择 **CT测试**，进入 CT 测试参数设置界面。

第 2 步：填入合适**编号**和**绕组**，以便试验结束后保存报告时有合适的报告名称。

第 3 步：点击试验**项目**，通过下拉框选择对应的测试项目。CT 试验项目说明见下表 3-1。

表 3-1 CT 试验项目描述

电阻	励磁	变比	负荷	说明	接线图
√				测量二次绕组电阻	图 3.1, 一次侧可不接
√	√			测量二次绕组电阻、励磁特性	图 3.1, 一次侧可不接
√		√		测量二次绕组电阻, 检查变比和极性	图 3.1
√	√	√		测量二次绕组电阻、励磁特性, 检查变比和极性	图 3.1
			√	测量 CT 的二次负荷	图 3.2

第 4 步: 输入 **当前温度**: 测试时绕组温度, 一般可输入测试时的气温。

第 5 步: 输入 **二次电流**: 指 CT 二次侧的额定电流, 一般为 1A 和 5A。

第 6 步: 选择 **额定频率**: 指 CT 的额定工作频率, 可选值为: 50Hz 或 60Hz。

第 7 步: 选择 **绕组级别**: 对于 CT, 有 P(保护)、TPY(暂态保护)、M(计量)、Zero(零序)等 4 个选项。选项不同, 后面的参数存在不同。

第 8 步: 输入 **最大电流**: 一般可设为额定二次电流值, 对于额定二次电流为 5A 的 CT, 设置为 5A, 对于额定二次电流为 1A 的 CT, 一般可设为 1A。

第 9 步: 输入 **一次电流**: CT 的额定一次电流, 用于计算准确的实际电流比。

第 10 步: 输入 **Sn/cos Φ**: Sn 指的是铭牌上的额定负荷, cos Φ 指的是功率因数, 一般为 0.8 或 1。

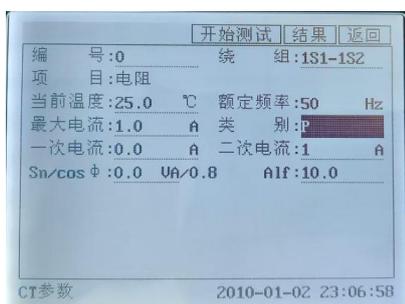


图 3.3 P 级 CT 参数设置界面

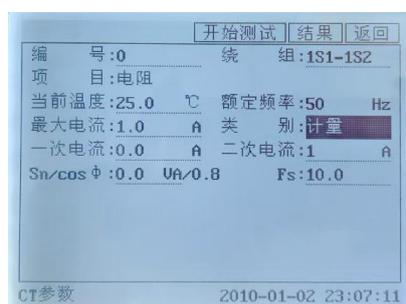


图 3.4 计量类 CT 试验参数界面

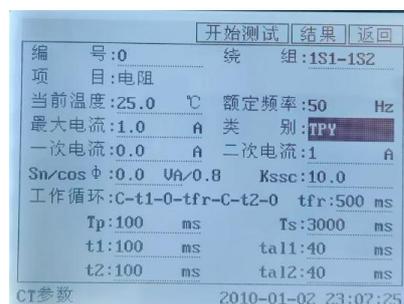


图 3.5 TPY 级 CT 参数设置界面

第 11 步: 对于 P 级、计量类和 TPY 级的 CT, 它们的参数设置界面分别如图 3.3、3.4 和 3.5。它们各自的特殊参数设置见下表 3-2。

参数	描述	P	TPY	计量
ALF	额定准确限值系数, 铭牌上的规定。例如 5P20, 此时 ALF=20; 10P15, 此时 ALF=15	√		
Kssc	额定对称短路电流系数, 铭牌上的规定, 默认: 10。用于计算极限电动势及其对应的峰瞬误差		√	
Tp	一次时间常数, 默认: 100ms		√	
Ts	二次时间常数, 默认: 3000ms		√	
工作循环	C-t1-O 或 C-t1-O-tfr-C-t2-O, 默认: C-t1-O 循环		√	
t1	第一次电流通过时间, 默认: 100ms		√	
tal1	一次通流保持准确限值的时间, 默认: 40ms			
tfr	第一次打开和重合闸的延时, 默认: 500ms。选择 C-t1-O-tfr-C-t2-O 循环才显示		√	
t2	第二次电流通过时间, 默认: 100ms。选择 C-t1-O-tfr-C-t2-O 循环才显示		√	
tal2	二次通流保持准确限值的时间, 默认: 40ms 选择 C-t1-O-tfr-C-t2-O 循环才显示		√	
Fs	额定仪表保安系数, 铭牌上的规定, 默认值: 10。			√

第 12 步： 选择右边的**开始**按钮进行试验。

3.3 试验结果

选择**结果**页，CT 的试验结果界面如图 3.6。

数据 曲线 打印 参数 返回			
电 阻	温度	25.0℃	0.146 Ω
	温度	75.0℃	0.175 Ω
励 磁	U-kn	33.681 V	Lu 0.780 H
	I-kn	0.14219A	Kr 0.740
	Eal	38.755 V	Ts 1.193 s
	ϵ_{al}	0.558%	ALF 12.40
磁 变 比	变比	100 %	400.0:4.9803
	匝比	79.957	比差 -0.394%
	极性	反极性/+	角差 4.739 '
结果		2010-01-02 23:17:03	

图 3.6 CT 的试验结果界面

对于不同级别的 CT 和所选的试验项目，试验结果也不同，见下表 3-3。

表 3-3 CT 试验结果描述

试验结果		描述	P	TPY	计量
负荷	实测负荷	单位：VA，CT 二次侧实测负荷	√	√	√
	功率因数	实测负荷的功率因数	√	√	√
	阻抗	单位：Ω，CT 二次侧实测阻抗	√	√	√
电阻	电阻（25℃）	单位：Ω，当前温度下 CT 二次绕组电阻	√	√	√
	电阻（75℃）	R_{ref} ，单位：Ω，折算到 75℃下的电阻值	√	√	√
励磁	拐点电压和拐点电流	单位：分别为 V 和 A，根据标准定义，拐点电压增加 10%时，拐点电流增加 50%。	√	√	√
	不饱和电感 L_u	单位：H，励磁曲线线性段的平均电感	√	√	√
	剩磁系数 K_r	剩磁通与饱和磁通的比值	√	√	√
	二次时间常数 T_s	单位：s,CT 二次接额定负荷时的时间常数	√	√	√
	极限电动势 E_{al}	单位：V，根据 CT 铭牌和 75℃电阻计算的极限电动势	√	√	√
	复合误差 ϵ_{al}	极限电动势 E_{al} 或额定拐点电势 Ek 下的复合误差	√		√
	峰瞬误差 ϵ	极限电动势 E_{al} 下的峰瞬误差		√	
	准确限值系数	实测的准确限值系数	√		
	仪表保安系数	实测的仪表保安系数			√
	对称短路电流倍数 Kssc	实测的对称短路电流倍数		√	
	暂态面积系数	实际的暂态面积系数		√	
变比	变比	额定负荷下的实际电流比	√	√	√
	匝数比	被测试的二次绕组与一次绕组的实际匝比	√	√	√
	比值差	额定负荷下的电流误差	√	√	√
	相位差	额定负荷下的相位差	√	√	√
	极性	CT 一次和二级的极性关系，有同极性/-（减极性）和反极性/+（加极性）两种	√	√	√
	匝比误差	实测匝数比与额定匝比的相对误差			

4. 电压互感器（PT）的试验

4.1 试验接线

第 1 步：根据表 4-1 描述的 PT 试验项目说明，依照图 4.1 进行接线。

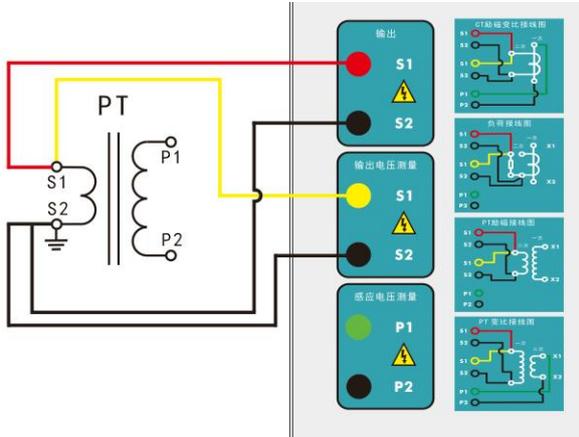


图 4.1 PT 电阻、励磁、试验接线方式

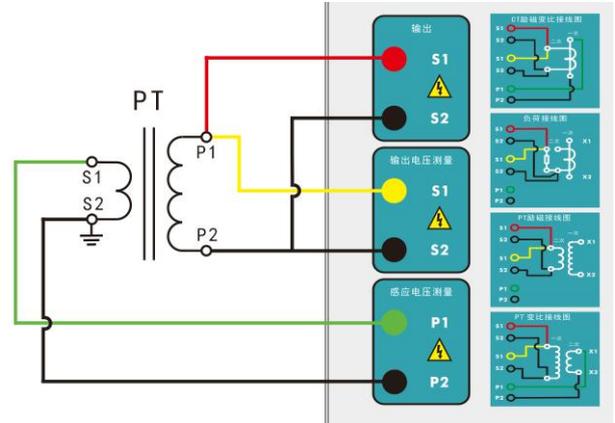


图 4.2 PT 变比试验接线方式

表 4-1 PT 试验项目说明

电阻	励磁	变比	说明	接线图
√			测量 PT 的二次绕组电阻	图 4.1, <u>一次侧必须断开</u>
√	√		测量 PT 的二次绕组电阻、励磁特性	图 4.1, <u>一次侧必须断开</u>
		√	检查 PT 变比和极性	图 4.2

第 2 步：同一 PT 其他绕组开路。

第 3 步：接通电源，准备参数设置。

4.2 参数设置

第 1 步：在主界面菜单中选择 **PT 测试**，进入 PT 测试参数设置界面。

第 2 步：填入合适 **编号** 和 **绕组**，以便试验结束后保存报告时有合适的报告名称。

第 3 步：选择试验 **项目**，通过下拉框选择对应的试验项目。PT 试验项目说明见下表 4-1。

第 4 步：输入 **当前温度**：测试时绕组温度，一般可输入测试时的气温。

第 5 步：这一步参数设置二选一，

(1) 当试验 **项目** 选择 **电阻**、**励磁** 测试时，其参数设置界面如图 4.3，需输入 **二次电压**，即 PT 二次侧的额定电压。

(2) 当试验 **项目** 选择 **变比** 测试时，其参数设置界面如图 4.4，需输入 **一次电压**，即 PT 一次侧的额定电压。

第 6 步：选择 **额定频率**：指 CT 的额定工作频率，可选值为：50Hz 或 60Hz。

第7步：当试验项目选择变比测试时，这一步省略。输入最大电流：试验时设备输出的最大交流电流，一般输入1A或2A。

第8步：输入最大电压：试验时设备输出的最大工频等效电压，一般输入大于拐点电压。

第9步：输入一次系数：1或3√。

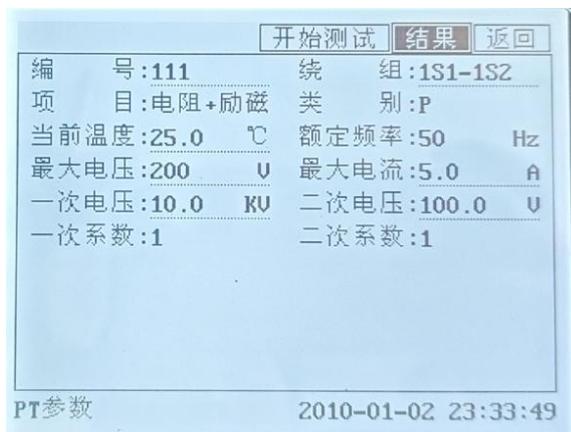


图 4.3 PT 电阻、励磁测试时的参数设置界面

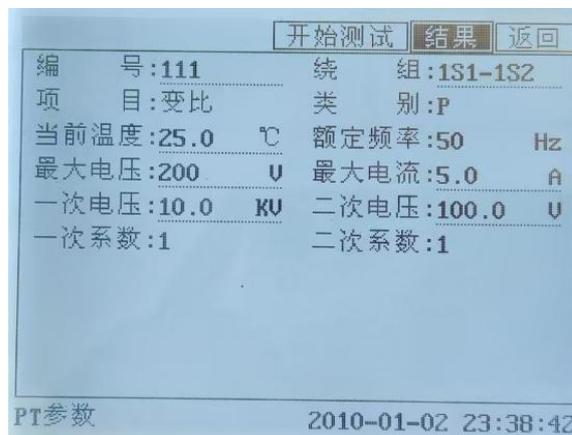


图 4.4 PT 变比测试时的参数设置界面

第9步：选择右边的开始按钮进行试验。

4.3 试验结果

选择结果页，PT 的试验结果界面如图 4.5、图 4.6。



图 4.5 PT 电阻、励磁测试结果界面



图 4.6 PT 变比测试结果界面

所选的 PT 试验项目不同，试验结果也不同，见下表 4-2。

表 4-2 PT 试验结果描述

试验结果		描述
电阻	电阻 (25°C) R	单位: Ω , 当前温度下的电阻
	电阻 (75°C) R_{ref}	单位: Ω , 参考温度下的电阻值, 温度可修改
励磁	拐点电压和拐点电流	单位: 分别为 V 和 A, 根据标准定义, 拐点电压增加 10%时, 拐点电流增加 50%。
变比	变比	额定负荷或实际负荷下的实际电流比
	匝数比	被测试的二次绕组与一次绕组的实际匝比
	极性	PT 一次和二次的极性关系, 有同极性/- (减极性) 和反极性/+ (加极性) 两种

5. 自测界面

选择**自测**按钮进入自测界面。在万用表帮助下，自测功能可用于检查设备是否损坏，测量电路是否正常。

5.1 参数设置

自测测试所需的参数如下表：

表 2.6 自测测试参数

参数	描述
测试电流	需要仪器输出的电流，有效值范围：1mA~5A
测试电压	需要仪器输出的电压，有效值范围：1V~100V
测试频率	需要仪器输出电压或电流的频率，范围：0~50Hz

测试电流或测试电压设置后，设置测试频率，仪器将输出对应频率的电压或电流，并显示检测到的实际电压有效值或电流有效值。在选择电压后，如果负载太小，导致实际电流有效值大于 5A，则显示过载信息。在选择电流后，如果负载太大，导致实际测试电压有效值大于 100V，则也会显示过载信息。

5.2 接线方法

· 选择电压测试时，将 S1 短接另一个 S1，S2 短接另一个 S2。用万用表电压档测量 S1 和 S2 之间的电压，若与实际电压相符，说明设备能够输出电压且电压测量环节正常。

· 选择电流测试时，将**电源输出**的 S1、S2 端子短接。电压回测的 S1、S2 不接。可在输出的 S1 和 S2 之间串入万用表电流档，若万用表测量的电流与实际电流相符，说明设备能够正常输出电流且电流测量环节正常。

6. 主界面其它功能菜单介绍

6.1 报告选项能菜单

1. 报告功能菜单

在主界面中选择  报告 功能按钮，将弹出图 6.1 所示界面，在该界面中的各功能按钮作用如下：

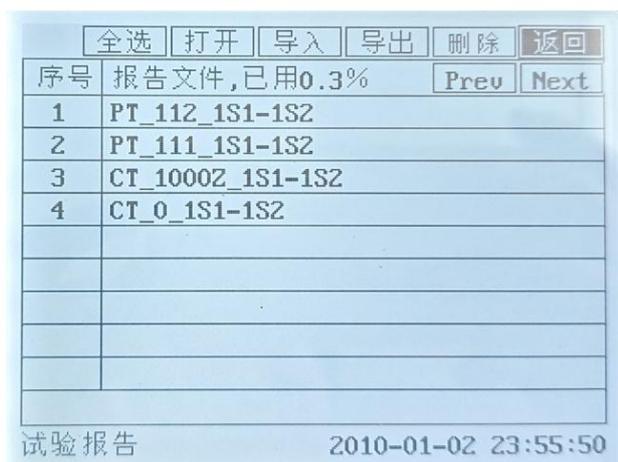


图 6.1 点击报告菜单后弹出的界面

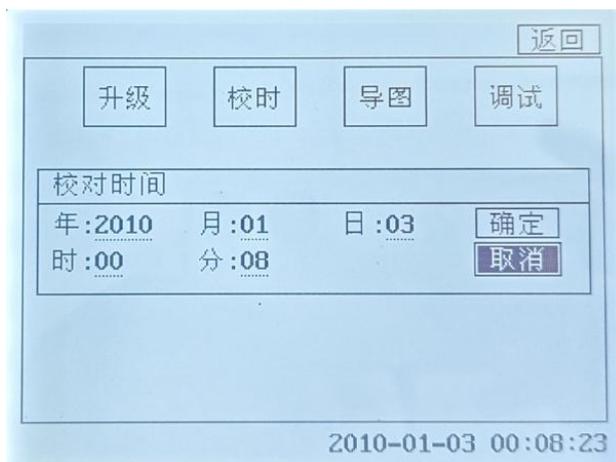


图 6.2 点击工具菜单后弹出的界面

打开：勾选某个试验报告后，选择该功能按钮，该报告参数信息和数据会显示到各个页的对应栏中。

导入：从 U 盘中导入符合仪器文件格式的相关报告。

导出：勾选某些试验报告后，选择该功能按钮，将把这些报告导出到 U 盘。

删除：勾选某些试验报告后，选择该功能按钮，将把这些报告从仪器中删除。

2. 工具功能菜单

选择 **工具** 功能按钮，将弹出图 6.2 所示界面，在该界面中的各功能按钮作用如下：

校时：对界面中的日期和时间做了调整后，必须选择该功能按钮，才能生效。

升级：从 U 盘中导入相关文件，对底层的嵌入式微控制器进行升级。

导图和**调试**：等功能按钮属厂家功能调试级相关设置按钮。

3. 帮助功能菜单

选择**帮助**功能按钮，将弹出图 6.3 所示界面，在该界面中，有结果说明、硬件版本和软件版本的子页面，分别说明仪器中各种符号的含义、仪器底层硬件版本和仪器界面软件版本。

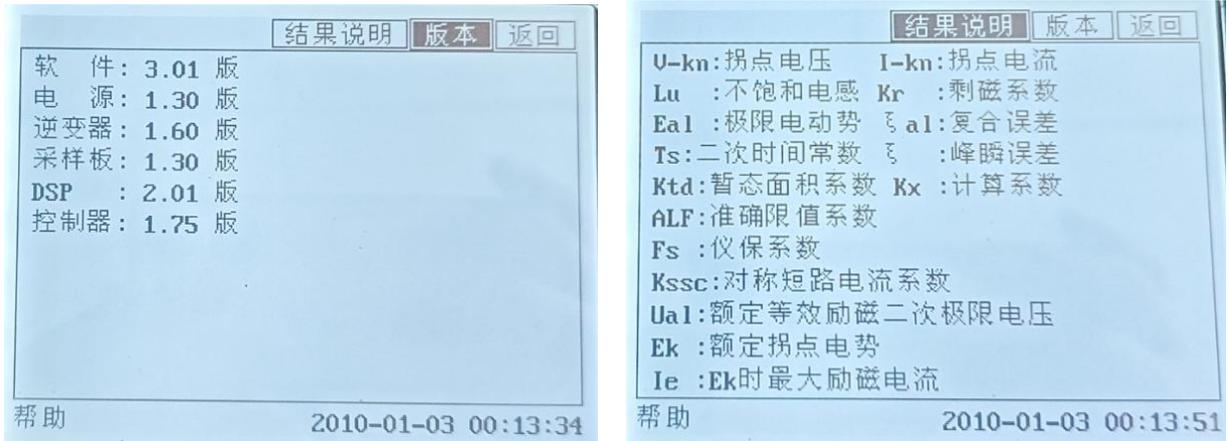


图 6.3 版本信息和结果说明

6.2 结果页功能按钮

1. **数据**功能按钮

选择**数据**功能按钮，将弹出图 6.4 所示界面，点击选项后面的相关数据显示下拉框菜单，可以选择对应的数据进行显示，如图 6.5。显示的数据类型有：实测励磁数据、标准取整励磁数据、自定义励磁数据、5%误差实测数据、5%误差取整数据、10%误差实测数据、10%误差取整数据。

选项: **标准取整励磁数据** 返回

所选电流: 0.14219A 电压: 33.681V

序号	励磁电流(A)	励磁电压(V)
拐点	0.14219	33.681
1	0.00500	0.4725
2	0.01000	1.3051
3	0.02000	3.2109
4	0.03000	4.8658
5	0.04000	9.2386
6	0.05000	15.915
7	0.06000	21.145
8	0.07000	24.588

Prev Next 2010-01-03 00:51:33

图 6.4 标准取整励磁数据界面图

选项: **实测励磁数据** 返回

所选: 标准取整励磁数据 电压: 33.681V

序号	自定义取整励磁数据	励磁电压(V)
拐点	5%误差实测数据	33.681
1	5%误差取整数据	0.4725
2	10%误差实测数据	1.3051
3	10%误差取整数据	3.2109
4		4.8658
5	0.04000	9.2386
6	0.05000	15.915
7	0.06000	21.145
8	0.07000	24.588

Prev Next 2010-01-03 00:51:49

图 6.5 下拉框中的数据类型

2. **曲线**功能按钮

选择**曲线**功能按钮，将弹出图 6.6 所示界面，点击选项后面的相关曲线显示下拉框，可以选择相应的曲线进行显示，如图 6.7，显示的曲线类型有：励磁曲线、5%误差曲线、10%误差曲线。

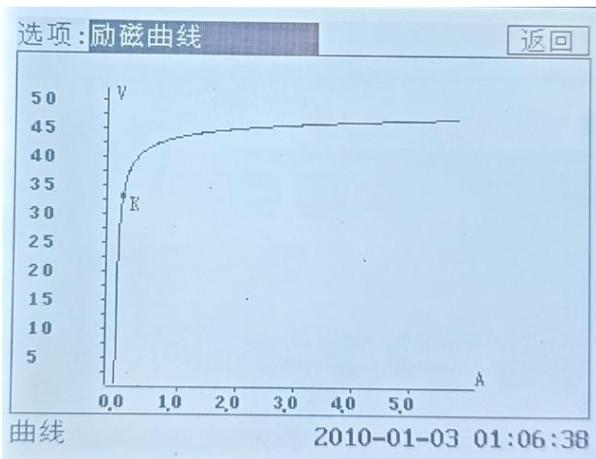


图 6.6 励磁数据界面

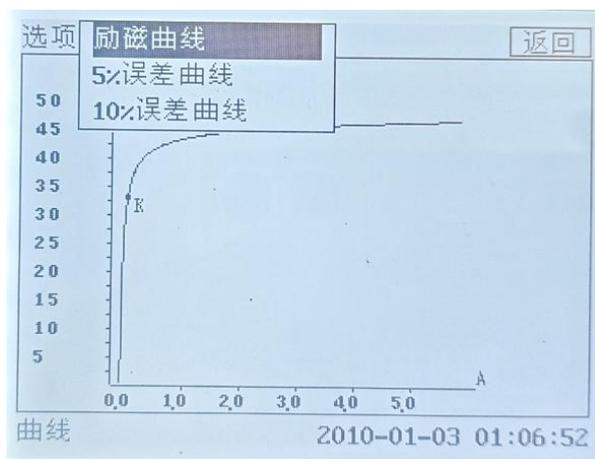


图 6.7 下拉框曲线类型

5. 比差角差功能按钮

选择比差角差功能按钮，将弹出图 6.8 所示界面，界面显示了不同额定电流百分比和不同负荷值情况下被测 CT 的比差和角差，如图 6.8：

选项: 比差		返回				
额定电流 (%)	额定负荷 (VA) / Cos ϕ (15.0)					
	15.00	11.25	7.50	3.75	1.50	
1	0.062	0.071	0.079	0.087	0.091	
5	0.043	0.054	0.067	0.080	0.087	
20	0.063	0.066	0.069	0.072	0.078	
100	0.063	0.068	0.070	0.072	0.076	
120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

比角差 2010-01-03 01:10:12

图 6.8 比差角差界面

附 录

A. 低频法测试原理

IEC60044-6 标准（对应国家标准 GB16847-1977）声称，CT 的测试可以在比额定频率低的情况下进行，避免绕组和二次端子承受不能容许的电压。

CT 伏安特性测量的原理电路如下图：CT 一次侧开路，从二次侧施加电压，测量所加电压 V 与输入电流 I 的关系曲线。此曲线近似 CT 的励磁电势 E 与励磁电流 I 的关系曲线。

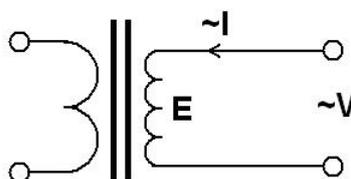
设 CT 励磁绕组在某一励磁电流 I 时的激磁电感为 L ，激磁阻抗为 Z ，则：

$$V = I \cdot Z$$

电感 L 与阻抗 Z 之间具有下述关系：

$$Z = \omega \cdot L = 2 \pi f L$$

则： $V = I \cdot 2 \pi f L$



由公式中可见在某一激磁电感 L 时所加电压 V 与频率 f 成正比关系。

假设当 $f = 50\text{Hz}$ 时，为达到励磁电流 I_x ，所需施加的电压 V_x 为 2000V

$$V_x = I_x \cdot 2 \pi f L = 2000\text{V},$$

若施加不同频率：

$$f = 50\text{Hz}, V_x = 2000\text{V}$$

$$f = 5\text{Hz}, V_x \cong 200\text{V}$$

$$f = 0.5\text{Hz}, V_x \cong 20\text{V}$$

由此可见需要使 CT 进入相同饱和程度，施加较低频率信号所需电压可以大幅度降低这就是变频法的基本原理。

在此必须严格注意，所需电压并非与频率呈线性比例关系，并非随着频率等比例降低，需要严格按照互感器的精确数学模型进行完整的理论计算。

B. 10%误差曲线计算和应用方法

电流互感器的误差主要是由于励磁电流 I_0 的存在，它使二次电流 I_2 与换算到二次侧后的一次电流 I_1' 不但在数值上不相等，而且相位也不相同，这就造成了电流互感器的误差。

电流互感器的比值差定义为：

$$\varepsilon = \frac{I_1' - I_2}{I_1'} \times 100 = \frac{I_0}{I_1'} \times 100 \quad (\text{B. 1})$$

继电保护要求电流互感器的一次电流 I_1 等于最大短路电流时，其比值差小于或等于 10%。在比值差等于 10% 时，二次电流 I_2 、与换算到二次侧后的一次电流 I_1' 以及励磁电流 I_0 之间满足下述关系：

$$I_1' = 10I_0 \quad (\text{B. 2})$$

$$I_2 = 9I_0 \quad (\text{B. 3})$$

定义 M 为一次侧最大短路电流倍数， K 为电流互感器的变比，则有

$$M = \frac{I_{1M}}{I_{1N}} = \frac{K \times I_1'}{K \times I_{2N}} = \frac{10I_0}{I_{2N}} \quad (\text{B. 4})$$

其中： I_{1M} 为一次侧最大短路电流

I_{1N} 为一次侧额定电流

I_{2N} 为二次侧额定电流

10% 比值差时，允许的最大负荷阻抗 Z_B 的计算公式为：

$$Z_B = \frac{E_0}{I_2} - Z_2 = \frac{E_0}{9I_0} - Z_2 \quad (\text{B. 5})$$

式中： Z_2 为电流互感器二次绕组阻抗

E_0 为电流互感器二次绕组感应电动势， E_0 和 I_0 的关系由励磁特性曲线描述。

根据上述算式，最后可以得到用最大短路电流倍数 M 和允许的最大负荷阻抗 Z_B 描述的 10% 误差曲线（见图 2.29）。

10% 误差曲线的应用方法：

得出某一 CT 的 10% 误差曲线后，还必须查阅流经该 CT 的最大短路电流 I_{MAX} 和该 CT 二次侧所带回路的阻抗 Z_2 。最大短路电流往往在整定计算时得出，是该 CT 所在线路的最大运行方式下最严重短路时的短路电流，最大电流倍数 $I_{1M} = I_{MAX} / I_E$ （额定电流）。二次回路阻抗 Z_2 可以用 XXX 仪器测量得到。

得到 I_{1M} 和 Z_2 后查阅 10% 误差曲线，若点 (I_{1M}, Z_2) 在曲线下方，则满足要求，说明在最严重短路情况下 CT 的电流变换误差小于 10%。否则将大于 10%。