

选择校准的方式。支持功率校表和误差校表两种方式，同时只能用一种校准方式。对应校准方式，介绍如下：

■ 功率校表法

(也叫远程校表法。) 输入电压、电流、功率等数据，下发给电表，由电表根据这些数据套用计量芯片手册中给定的公式计算调校值并储存和同步到计量芯片寄存器。

■ 误差校表法

(也叫寄存器校表法、本地校表法。) 输入当前步骤台体的误差值，由上位机根据计量芯片手册中给定的公式计算调校值并下发给电表，电表存储并同步到计量芯片寄存器。

☒ 功率校表

☐ 误差校表

1.3. 显示辅助

为检验每一步校准测试后的效果，可以通过选屏显示瞬时量和设置循显或键显来查看。这些命令是以 DL/T645 规约进行操作的。

显示辅助

S	显示内容
<input checked="" type="checkbox"/>	A相电压
<input type="checkbox"/>	A相电流
<input type="checkbox"/>	A相有功功率
<input type="checkbox"/>	A相功率因素
<input type="checkbox"/>	零线电流

说明:
1. 单击内容进行选屏显示
2. 单击设置按钮自动设置选中的内容

☐ 全选/反选

设置到循显

设置到键显

1.4. 瞬时量抄读

可以通过此模块抄读电表的计量相关变量，如电表常数、额定电流等，也可以抄读瞬时量以观察调校前后的表内值的情况。

瞬时变量抄读

☐ 全选/反选 ☐ 循环抄读 5 抄读 停止 清空

S	数据描述	应答内容
<input checked="" type="checkbox"/>	A相电压	
<input type="checkbox"/>	A相电流	
<input type="checkbox"/>	A相有功功率	
<input type="checkbox"/>	A相功率因素	
<input type="checkbox"/>	零线电流	

1.5. 寄存器操作

寄存器操作是高级用户模块，主要用于开发人员进行调试分析，故而一般测试人员不要操作，以免造成异常。

寄存器操作

☐ 全选/反选 ☒ 全设置 ☐ 循环读 ☐ 全抄读

S	寄存器功能	A	L	默认值	设置	回抄值	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	A通道有功功率...	50	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	A通道无功功率...	51	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	A通道视在功率...	52	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	启动功率设置	5F	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	输出脉冲HFConst	61	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	A 通道有功...	65	1	00	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	A通道相位校正	6D	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	A通道有效值补偿	69	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	B通道有效值补偿	6A	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>
<input type="checkbox"/>	ADC通道增益选择	59	2	0000	<input type="button" value="设置"/>		<input type="button" value="抄读"/>

1.6. 电压影响量

电压影响量模块主要用于各[电压-相角-小信号]工况下计量误差的调优。

电压影响量 ☒ 自热补偿

电压影响量
调校方式

台体功率值(W)

台体误差值

☒ A1: 1.0 115%Un 5%Ib

☐ A4: 1.0 80%Un 5%Ib

☐ A2: 1.0 110%Un 5%Ib

☐ A5: 0.5 110%Un 10%Ib

☐ A3: 1.0 90%Un 5%Ib

☐ A6: 0.5 90%Un 10%Ib

1.7. 自热补偿

自热补偿模块主要用于持续大电流工况下计量误差的调优。

电压影响量

自热补偿

☒ 补偿点1

☐ 补偿点5

☐ 补偿点9

☐ 补偿点13

☐ 补偿点2

☐ 补偿点6

☐ 补偿点10

☐ 补偿点14

☐ 补偿点3

☐ 补偿点7

☐ 补偿点11

☐ 补偿点15

☐ 补偿点4

☐ 补偿点8

☐ 补偿点12

☐ 补偿点16

加载配置

保存配置

持续分钟

误差值

10

0.1

调校

全部重置

全部仅设置时间

10

1.8. 设置

通过设置按钮修改串口号和波特率。

参数配置

串口号

波特率

超时时间(秒)

COM1

9600

5

密码密级

00000002

☒ 测试结束后释放串口

确定

1.9. 准备工作

准备工作主要用于校表前使电表进入厂内模式。电表必须进入厂内模式，才能够进行误差校准。电表在公钥下才能进入厂内模式。界面上有一些“调试模式1”等控件，这是研发人员的功能，请无关人员不要乱点！

复旦微方案校表和时钟调校工具 V1.18.6.8

设置

背景色

帮助

校表操作

准备工作

温度曲线和日计时误差调校

复旦微厂内模式

进入厂内

退出厂内

电表初始化

关闭串口

☐ 调试模式1

1.10 两点校表|三点校表

只有部分客户定义了两点校表或三点校表，若贵司不是这样的方案，请不要乱点！

2. 校表操作流程

2.1 功率校表法

功率校表操作流程，简要描述起来就是被校准电表安装到校表台后，选定与被测电表对应的计量芯片，严格按照校表步骤顺序，对照校表软件上各步骤标识的相位、电压和电流数据，将校表台体设置到对应的工况，待台体稳定后，将台体标准表上的各瞬时量填写到校表软件的对应文本框中，点击[执行]按钮即可。

功率校表

基准参数	电表常数	电压 (V)	电流 (A)
基本电流 5A	1600	220.000	5.000
HFConst 1C00	L0 00	有功功率 (W) 1100.000	视在功率 (VA) 1100.000

☒ 1. 1.0 100%Un 100%Ib 校表初始化
 ☐ 2. 1.0 100%Un 100%Ib 有效增益校正
 ☐ 两点校表

☐ 3. 0.5L 100%Un 100%Ib 相位校正
 ☐ 三点校表

☐ 4. 1.0 100%Un 5%Ib 有功功率偏置校正
 双通道计量

☒ 5. 1.0 100%Un 0%Ib 电流偏置校正

☐ 6. 1.0 100%Un 100%Ib 零线系数校正

☐ 7. 1.0 100%Un 100%Ib 有功功率偏置校正 (B通道)

☐ 8. 0.5L 100%Un 100%Ib 相位校正 (B通道)

☐ 9. 1.0 100%Un 5%Ib 有功功率偏置校正 (B通道)

执行

(一) 校表初始化

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, Un, Ib]$;
- 选中与符合被测电表的基本电流;
- 输入 HFConst, 通常情况下, 保持默认值即可, 也可摸索出合适的值;
- 点击[执行], 初始误差最好在 $\pm 15\%$ 以内, 通过修改 HFConst 来修调。

(二) 有效增益校正(A)

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, Un, lb]$;
- 台体稳定后, 将台体标准表上的电压、电流、有功功率数据填入对应的文本框中;
- 点击[执行], 误差将会跳变到合理范围内;
- 如果误差不理想, 重复 b)、c)

(三) 相位校正(A)

- 将台体调整到 $[\varphi = 60^\circ, U_n, I_b]$;
- 台体稳定后, 将台体标准表上的电压、电流、有功功率数据填入对应的文本框中;
- 点击[执行], 误差将会跳变到合理范围内;
- 如果误差不理想, 重复 b)、c)

(四) 有功功率校正(A)

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, 5\%I_b]$;
- 台体稳定后, 将台体标准表上的电压、电流、有功功率数据填入对应的文本框中;
- 点击[执行], 误差将会跳变到合理范围内;
- 如果误差不理想, 重复 b)、c)

(五) 电流偏置校正(A)

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, 0\%I_b]$;
- 台体稳定后, 将台体标准表上的电压、电流、有功功率数据填入对应的文本框中;
- 点击[执行], 这一步骤没有误差;

(六) 零线系数校正

(如果是双通道校表, 则没有这一步骤。)

- 将台体调整到 B 通道, $[\varphi = 0^\circ, U_n, I_b]$;
- 将台体标准表上的电流数据填入对应的文本框中;
- 点击[执行], 这一步骤没有误差;

如果是双通道计量, 如老南网方案, 则还需进行 B 通道的调校。

先将台体切换到 B 通道模式。

(七) 有效增益校正(B)

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, I_b]$;
- 台体稳定后, 将台体标准表上的电压、电流、有功功率数据填入对应的文本框中;
- 点击[执行], 误差将会跳变到合理范围内;
- 如果误差不理想, 重复 b)、c)

(八) 相位校正(B)

- 将台体调整到 $[\varphi = 60^\circ, U_n, I_b]$;
- 台体稳定后, 将台体标准表上的电压、电流、有功功率数据填入对应的文本框中;
- 点击[执行], 误差将会跳变到合理范围内;
- 如果误差不理想, 重复 b)、c)

(九) 有功功率偏置(B)

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, 5\%I_b]$;
- 台体稳定后, 将台体标准表上的电压、电流、有功功率数据填入对应的文本框中;
- 点击[执行], 误差将会跳变到合理范围内;
- 如果误差不理想, 重复 b)、c)

2.2 误差校表法

误差校表法操作流程，简要描述起来就是被校准电表安装到校表台后，选定与被测电表对应的计量芯片，严格按照校表步骤顺序，对照校表软件上各步骤标识的相位、电压和电流数据，将校表台体设置到对应的工况，待台体稳定后，将台体标准表上的各瞬时量或误差值填写到校表软件的对应文本框中，点击[执行]按钮即可。

误差校表

基准参数

基本电流

电表常数

锰铜电阻($\mu\Omega$)

电压通道引脚电压(V)

5A

1200

400

0.240

电压(V)

电流(A)

有功功率(W)

启动功率比率(%)

误差值

220.000

5.000

1100.000

50.00

☐ Step1: 1.0 ϕ 100%I_b 初始化

☐ Step2: 1.0 ϕ 100%I_b 写HFConst

☐ Step3: 1.0 ϕ 100%I_b 有效值增益校正

☐ Step4: 1.0 ϕ 100%I_b 电压电流|功率系数|启动阈值

频率值(Hz)

50.00

☐ Step5: 0.5L ϕ 100%I_b 相位校正

☐ Step6: 1.0 ϕ 5%I_b 有功功率校正

☐ Step7: 1.0 ϕ 0%I_b 电流偏置校正

☐ Step8: 1.0 ϕ 100%I_b 零线电流系数校正

执行

(一) 初始化

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, I_b]$;
- 点击[执行]按钮;

(二) 写 HFConst

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, I_b]$;
- 选定基本电流和脉冲常数;
- 输入锰铜电阻和采样引脚电压，这两个参数与硬件有关，请找贵司相关人员获取数据;
- 点击[执行]按钮;

(三) 有效值增益校正

- 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, I_b]$;
- 待台体误差值稳定后，将误差值填入文本框中;
- 点击[执行]按钮;

- (四) 电压|电流|功率系数|启动阈值
- a) 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, I_b]$;
 - b) 待台体误差值稳定后, 将台体标准表的电压、电流、功率和电表启动功率比率填入文本框;
 - c) 点击[执行] 按钮;
- (五) 相位校正
- a) 将台体调整到 $[\varphi = 60^\circ, U_n, I_b]$;
 - b) 待台体误差值稳定后, 将误差值填入文本框中;
 - c) 点击[执行] 按钮;
- (六) 有功功率校正
- a) 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, 5\% I_b]$;
 - b) 待台体误差值稳定后, 将误差值填入文本框中;
 - c) 点击[执行] 按钮;
- (七) 电流偏置校正
- a) 将台体调整到 $[\varphi = 0^\circ, U_n, 0\% I_b]$;
 - b) 待台体稳定;
 - c) 点击[执行] 按钮;
- (八) 零线系数校正
- a) 将台体调整到 B 通道, $[\varphi = 0^\circ, U_n, I_b]$;
 - b) 将台体标准表上的电流数据填入对应的文本框中;
 - c) 点击[执行], 这一步骤没有误差;

3. 电压影响量误差调优

电压影响量调优, 可以使用误差调校和手动调校两种方法。误差调校, 即输入台体误差值到文本框, 由校表软件根据公式计算调校值, 然后发给电表存储和应用。手动调校, 即由工程师根据经验手动填写调校值, 然后发给电表存储和应用。国网和南网的电压影响量考核点是不一样的, 操作时一定要选对。

电压影响量

自热补偿

电压影响量

调校方式

误差调校

清寄存器

台体功率值(W)

台体误差值

0.02

写入调校值

☒ A1: 1.0 115%U_n 5%I_b

☐ A2: 1.0 110%U_n 5%I_b

☐ A3: 1.0 90%U_n 5%I_b

☐ A4: 1.0 80%U_n 5%I_b

☐ A5: 0.5L 110%U_n 10%I_b

☐ A6: 0.5L 90%U_n 10%I_b

电压影响量调校方法, 简要描述就是, 选定计量芯片, 根据各步骤点的标识, 将台体调

整到对应工况，执行[清寄存器]，待误差值稳定后，将台体标准表功率值填入对应文本框(如果没有灰显的话)，将台体误差值填入对应文本框，执行[写入调校值]。

3.1 误差调校法操作步骤：

- A. 选定计量芯片
- B. 选定调校方式
- C. 选定调校步骤
- D. 调整校表台体至对应工况
- E. 执行[清寄存器]
- F. 待台体误差稳定
- G. 将功率值(如果文本框没有灰显)
- H. 将台体误差填入对应文本框
- I. 执行[写入调校值]
- J. 等待和查看误差效果
- K. 如果误差效果不理想，可以重复步骤 E、F、G、H、I、J，或者选择手动调校对调校值进行微调
- L. 重复步骤 C~K 完成所有调校点

3.2 手动调校法操作步骤

手动调校法，主要用于微调场景，即通过误差调校法调整后，对误差结果不是很满意，可以在已有修调值基础上进行增减微调，然后写入寄存器，以达成满意的误差结果。

寄存器操作

☐ 全选/反选

全设置

☐ 循环读

全抄读

停止

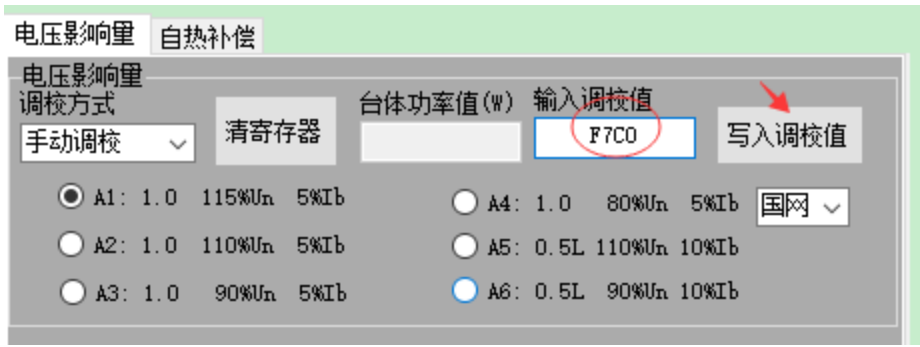
清空

S	寄存器功能	A	L	默认值	设置	回抄值	抄读
<input type="checkbox"/>	电压	24	3	000000	设置		抄读
<input type="checkbox"/>	功率A	26	4	00000000	设置		抄读
<input type="checkbox"/>	功率B	27	4	00000000	设置		抄读
<input type="checkbox"/>	电压影响量1	A1	2	0000	设置	F7CF	抄读
<input type="checkbox"/>	电压影响量1	A2	2	0000	设置		抄读
<input type="checkbox"/>	电压影响量1	A3	2	0000	设置		抄读
<input type="checkbox"/>	电压影响量1	A4	2	0000	设置		抄读

具体操作步骤如下：

- A. 选定调校方式为手动调校
- B. 选定误差不理想的步骤点
- C. 调整台体到对应工况
- D. 从“寄存器操作”界面(如上图)读取对应寄存器的调校值
- E. 在此调校值上做增减，填入文本框(如下图)
- F. 执行[写入调校值]
- G. 观察台体误差

H. 如果误差不理想，重复步骤 D、E、F、G



4. 大电流自热误差调优

大电流自热误差调优，即自热补偿。在实际应用场景中，如果电表长时间运行在大电流工况，因自身发热，锰铜等器件物理特性会发生微小漂移，从而导致计量误差也会发生偏离的情况。为解决误差偏离问题，可以尝试摸索大电流持续时间和误差的关系，分别给各个时间段赋予独立的调校值，电表程序根据加载大电流后持续的时间，选取给定的调校值配置到计量芯片，从而达到纠正误差的目的。自热补偿功能没有精确的科学道理，而侧重于摸索实践，所以要求试验人员善于观察现象、摸索和总结。

4.1 设计实现

(1) 虚拟寄存器

方案中设计了 16 个自热补偿点，分别对应虚拟寄存器 B1~C0。

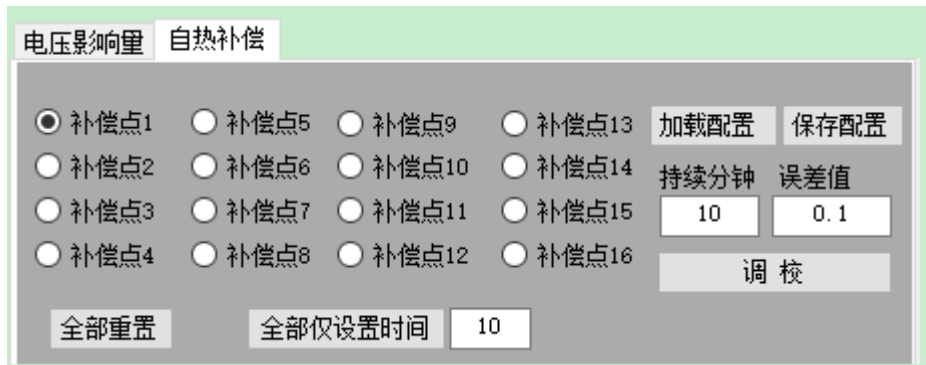
(2) 补偿值

补偿值由一个字节持续时间(Hex)和两个字节计量调校值(Hex)组成。例如 0x0A1122 表示目标调校点为大电流持续了 10 分钟时需要应用的点，调校值为 0x1122。

(3) 摸索试验

可以将有限时间内（根据考核要求来定义）的大电流误差分为 16 段。先摸索出考核期间大电流持续时间和对应的误差数据，然后将时间上相邻、误差相近的多点数据整理成一个数据点，统共梳理成 16 个点，然后分别进行调校写入电表。

4.2 自热补偿界面介绍



(1) [全部重置]按钮

执行[全部重置]按钮后，上位机会把全部 16 个点的虚拟寄存器补偿值写为 0x010000，即大电流加载 1 分钟后，所有调校点都采用 0x0000 调校值参与计量。

(2) [全部仅设置时间]按钮

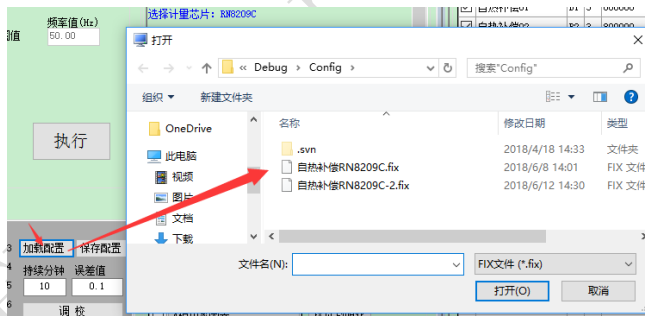
执行[全部仅设置时间]按钮后，上位机会把给定的持续时间覆盖到所有调校点的“大电流持续时间”，而不会影响计量调校值。

(3) [调校]按钮

选定某一个调校点，将摸索出来的持续时间和误差值分别填入文本框中，执行[调校]按钮，上位机就会计算好调校值并与输入的持续时间组合起来，然后写入电表。

(4) [加载配置]、[保存配置]按钮

校表软件设计了配置文件，用于批量设置或抄读调校值。试验人员可以加载或保存试验方案。



应用场景是：

- 试验人员可以自定义初始值。例如将所有调校点配置为 0x800000，即加载大电流后 128 分钟才启用调校值 0x0000。

寄存器操作

☒ 全选/反选
 ☒ 全设置
 ☐ 循环读
 ☒ 全抄读

S	寄存器功能	A	L	默认值	设置	回抄值	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿01	B1	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿02	B2	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿03	B3	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿04	B4	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿05	B5	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿06	B6	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿07	B7	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿08	B8	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿09	B9	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿10	BA	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿11	BB	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿12	BC	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿13	BD	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿14	BE	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿15	BF	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿16	C0	3	800000	设置	800000	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>					设置		抄读

- 试验人员可以将摸索成果批量应用到同一批电表上，而不需要对每一块电表分别一步一步的调校。

寄存器操作

☒ 全选/反选
 ☒ 全设置
 ☐ 循环读
 ☒ 全抄读

S	寄存器功能	A	L	默认值	设置	回抄值	抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿01	B1	3	0508E7	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿02	B2	3	0A08EA	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿03	B3	3	1008EB	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿04	B4	3	1508EC	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿05	B5	3	1A08ED	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿06	B6	3	2008EE	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿07	B7	3	2508EF	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿08	B8	3	2A08F0	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿09	B9	3	3008F1	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿10	BA	3	4008F2	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿11	BB	3	5008F3	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿12	BC	3	6008F4	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿13	BD	3	8008F5	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿14	BE	3	A008F6	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿15	BF	3	B008F7	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>	自热补偿16	C0	3	F008F8	设置		抄读
<input checked="" type="checkbox"/>					设置		抄读

4.3 自热补偿调校步骤

(本文所描述的步骤只能算作一种实践，不是标准的，也不是最好的。试验人员应根据自己经验和结合实际情况，采取合适的步骤和数据整理方法。)

1. 正常校表，完成全部步骤
2. 执行[全部重置]按钮，将自热补偿寄存器 B1~C1 全部设置为 0x010000，
3. 将台体设置为 $\varphi=1.0$, $U=220V$, $I=60A$ ，开始计时
4. 每隔 1 分钟记录电表的误差，持续 2 个小时(也可以 2 分钟记录一次)
5. 从步骤 4 所得的误差表，分析出误差规律，将误差相近的连续时间作为一个补偿点，整理出 16 个补偿点。每个补偿点由累计时间和“平均误差值”构成。

A	B	C	D
加大电流后累计时间	误差值(%)	启用时机	平均误差
1	24.5	1	24.6
2	24.5		
3	24.8		
4	24.7		
5	25.21	5	25.3
6	25.11		
7	25.61		
8	25.7		
9	25.32		
10	25.64	10	24.6
11	24.5		
12	24.5		
13	24.8		
14	24.7	15	26.4
15	26.48		
16	26.32		
17	26.41		
18	26.5		

6. 将所有补偿点数据由测试工具界面分别填入进行调校。

☐ 补偿点1 ☐ 补偿点5 ☐ 补偿点9 ☐ 补偿点13
☒ 补偿点2 ☐ 补偿点6 ☐ 补偿点10 ☐ 补偿点14
☐ 补偿点3 ☐ 补偿点7 ☐ 补偿点11 ☐ 补偿点15
☐ 补偿点4 ☐ 补偿点8 ☐ 补偿点12 ☐ 补偿点16

持续分钟 误差值

5 25.3

调校

7. 电表停电冷却到室温

8. 将台体设置为 $\varphi = 1.0$, $U = 220V$, $I = 60A$, 上电

9. 观察电表误差 1 个小时(效果验证)。