



NT705 电子式互感器暂态稳态校验系统

说明书

编 写 罗 强

审 核 周东顶

标准化 张 炜

批 准 汤汉松

江苏凌创电气自动化股份有限公司

本说明可能会被修改，请核实实际产品和说明书版本是否相符

2014年01月07日，第3版，第 次印刷。

江苏凌创电气研发部监制

目 录

注意事项

1 简介	1
1.1 主要功能	1
1.2 主要特点	1
2 主要技术指标	3
2.1 参照标准	3
2.2 使用条件	3
2.3 仲裁基准环境	3
2.4 技术参数	4
2.5 保修范围	5
3 系统结构	6
3.1 稳态校验系统结构图.....	6
3.2 暂态校验系统结构图.....	7
3.3 前置单元面板示意图.....	9
4 稳态校验系统使用说明	10
4.1 功能说明	10
4.1.1 参数配置	10
4.1.2 测量结果显示.....	15
4.1.3 校验结果显示.....	15
4.1.4 校验结果统计.....	15
4.1.5 波形显示	15
4.1.6 比率及次数.....	16
4.1.7 校验结果历史明细.....	16
4.1.8 合并单元配置信息.....	16
4.1.9 系统状态告警灯.....	16
4.1.10 程序控制按钮.....	17
4.1.11 程序提示信息.....	17
4.1.12 程序状态栏.....	18
4.1.13 极性校核.....	18
4.1.14 时间特性测试.....	18
4.1.15 电流电压相位核对.....	20
4.1.16 多通道测试.....	21
4.1.17 信号分析.....	22
4.2 标准源信号的接入.....	24
4.3 数字量输出电子式互感器的校验.....	24
4.4 模拟量输出电子式互感器的校验.....	25
4.5 试验报告	25
4.6 试验接线方式	27

5 问题及解决	30
5 暂态校验系统使用说明	33
5.1 功能说明	33
5.1.1 系统操作流程.....	33
5.1.2 参数配置	34
5.1.3 测量结果显示.....	37
5.1.4 暂态校验结果显示.....	37
5.1.5 波形绘制与控制.....	39
5.1.6 合并单元配置信息.....	40
5.1.7 GOOSE 信息.....	40
5.1.8 系统状态告警灯.....	40
5.1.9 程序提示信息.....	41
5.1.10 程序状态栏.....	41
5.1.11 程序控制按钮.....	41
5.2 暂态试验注意事项.....	41
5.3 试验报告	42
6 问题及解决	43
7 外形及尺寸	45
附录 A IEC61850-9-1 输出接口标准	46
附录 B IEC61850-9-2LE 输出接口标准	57
附录 C IEC61850-9-2 输出接口标准	60
附录 D IEC60044-8 FT3 输出接口标准	62
附录 E 互感器误差限值	67

注 意 事 项

1. 严格遵循所进行试验的检测规范、安全规则，严禁一切违规操作。
2. 当在高压区域进行测试时，要遵循高压测试设备安全操作规程规范。
3. 带电试验过程中，不得随意断开及连接一次侧模拟量传输线和二次侧的模拟量传输线。
4. 注意所有试验设备和仪器的额定值、接线方式，防止高压、过载、断线、短路等所造成的人身伤害和设备损坏。
5. 光纤接口和跳线注意防尘，光纤勿强力弯折挤压。
6. 对于使用和维护不当等人为原因造成的仪器损坏及其他损失，制造厂商/分销商不负任何责任。
7. 禁止自行拆开校验仪机箱，自行拆开校验仪意味着所有的质保失效。
8. 勿在潮湿和易燃易爆环境下试验。

试 验 前 ， 请 注 意：

- “标准电压”和“试品电压”输入（同轴电缆接头）信号峰峰值确保在-10V 到+10V 以内，切勿超量程工作！
- 切勿将电流信号接入电压输入端子！
- 切勿将电压信号接入电流输入端子！
- 严防 CT 标互的二次侧开路；PT 标互的二次侧短路！
- 严防 LPCT 的二次侧因为断路产生高压！
- “前置单元”输入信号峰值确保在-10V 到+10V 以内，切勿超量程工作！严防输入电压信号产生高压损坏仪器！
- “前置单元”在试验完毕后尽量关闭电源开关；当电池电压偏低时及时充电。
- 接地端子可靠接地！

1 简介

随着数字化变电站以及智能电网的发展，电子式互感器和光学互感器逐步取代油绝缘电磁式互感器和 SF6 气体绝缘电磁式互感器是必然趋势，其工程应用也日益普及。“NT705 电子式互感器暂态稳态校验系统”可对各类新型的 0.1 级~10 级的电子式互感器进行实验室、出厂和现场的稳态精度和暂态特性校验。

1.1 主要功能

- (1) 模拟量输出式电子式互感器稳态校验
- (2) 模拟量输出式电子式互感器暂态校验
- (3) IEC61850-9-1, IEC61850-9-2LE, IEC61850-9-2, IEC60044-8 FT3, 国网公司 FT3 输出式电子式互感器及合并单元的协议一致性测试
- (4) IEC61850-9-1, IEC61850-9-2LE, IEC61850-9-2, IEC60044-8 FT3, 国网公司 FT3 输出式电子式互感器及合并单元的稳态准确度校验
- (5) IEC61850-9-1, IEC61850-9-2LE, IEC61850-9-2, IEC60044-8 FT3, 国网公司 FT3 输出式电子式互感器及合并单元的暂态准确度校验
- (6) 电子式互感器及合并单元稳态绝对延时时间测试
- (7) 电子式互感器及合并单元暂态绝对延时时间测试
- (8) 数字量输出的电子式互感器 MU 额定延时时间测试
- (9) 数字量输出的电子式互感器 MU 发送报文的时间抖动特性测试
- (10) 数字量输出的电子式互感器 MU 发送报文的丢包数及丢包率统计
- (11) 数字量输出的电子式互感器 MU 多通道测试
- (12) 数字量输出的电子式互感器 MU 输出信号分析
- (13) 数字量输出的电子式互感器 MU 自检及错误标处理机制测试
- (14) 数字量输出的电子式互感器 MU 输出录波
- (15) 保护装置 GOOSE 变位延时测试（暂不支持此功能）
- (16) 智能终端 DI 变位延时测试（暂不支持此功能）
- (17) 电流电压相位核对
- (18) 电子式互感器极性校核
- (19) 传统互感器校验
- (20) 国电南自高频 MU 输出式校验

1.2 主要特点

该校验系统具有以下特点：

(1) **系统级的测试功能。**能够完成 MU 的准确度、时间特性、状态标志、积分算法、丢包率、谐波分析、信号分析、电流电压相位核对等的相关测试，涉及到 MU 功能和性能的各个环节；在一个暂态循环中，能够同时完成保护装置 GOOSE 变位延时时间测试以及智能终端 DI 变位延时时间测试。

暂态能够实现手动启动录波和突变量启动录波，计算信号的频率、有效值及频率等参数，能分析复合误差、衰减时间常数、最大瞬时误差电流、最大峰值瞬时误差等指标。同时具备被试品的协议一致性分析、丢点统计、波形绘制、光标拖动、报告生成、COMTRADE 录波、事后分析等功能。

(2) **与各 MU 厂家自适应接口。**能够对目前国内外的各类输出数据实现对接：模拟信号、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2LE、国网 IEC61850-9-2、IEC60044-8 FT3、国网 FT3 等。FT3 接口能够 5M, 10M 带宽自适应。上述各类接口采用自适应方式，无需特殊配置额定值、采样率、带宽、ASDU 数目等信息，具备较强的适应性。GOOSE 接收自适应，避免模型文件下载和读取带来的附加工作。

(3) **误差及时间测试精度高。**采用高稳定性的精密采集板卡，合理的系统结构布局及抗干扰措施，完善的滤波测量算法，系统精度达到 0.03%，两路模拟同步采样时差在 0.5 μ S 以内。精度校验结果不受系统一次电量频率波动的影响。绝对延时、时间抖动测试精度优于 2 μ S。

(4) **额定延时时间可以自适应补偿。**不同 MU 的额定延时时间各不相同，在测试前和录波后，测试仪都能根据设定的该额定参数，实现与标准信号的同步。

(5) **独立的前置单元设计。**采用前置单元模块将模拟电压就地采集，光纤传输，避免了模拟信号传输过程中的干扰和安全隐患。前置单元能够进行双通道同步采集，结构紧凑并采用电池供电。

(6) **稳定性好。**经过广泛的工程现场实际运用情况证明，系统可长期稳定运行，性能不随时间发生改变；充分考虑各种可能的试验异常情况，对异常情况能及时检测并明确告警，不会影响校验系统的运行。

(7) **具有易用性，便携性。**外部标准源侧的电压电流信号可以直接从标准互感器输出接进校验仪，接线简单可靠。校验仪运行状态有状态灯进行实时指示，清晰明了。校验仪结构紧凑、体积小、重量轻、携带运输安全方便，采用通用 USB 接口和以太网接口与笔记本电脑连接。

(8) **完善的自检和提示。**系统充分考虑各种可能的试验异常情况，对异常情况能及时检测并明确告警，不会影响校验系统的运行。校验仪接线简单，结构紧凑、体积小、重量轻、携带运输安全方便，采用通用以太网接口与笔记本电脑连接。

本系统密切联系智能电网技术方向，以及标准和规范制定的新进展，关注各类用户需求，系统硬件平台具备通用性，软件功能具备良好的可扩展性。该校验系统广泛应用于电力、交通、机械及相关行业内的生产单位、运行单位、检测机构、科研院所等。

2 主要技术指标

2.1 参照标准

- IEC 60044-7:1999 Instrument transformers-Part7:Electronic voltage transformers (GB/T 20840.7 -2007 电子式电压互感器)
- IEC 60044-8:2002 Instrument transformers-Part8:Electronic current transformers (GB/T 20840.8 -2007 电子式电流互感器)
- GB 1207-2006 电压互感器
- GB 1208-2006 电流互感器
- IEC 61850-9-1 Specific Communication Service Mapping (SCSM)-Sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link
- IEC 61850-9-2 Specific Communication Service Mapping (SCSM)-Sampled values over ISO/IEC 8802-3
- Implementation guideline for digital interface to instrument transformers using IEC61850-9-2
- JJG 313-1994 测量用电流互感器检定规程
- JJG 314-1994 测量用电压互感器检定规程
- JJG 1021-2007 电力互感器检定规程
- JJG169-1993 互感器校验仪检定规程
- Q/GDW 441-2010 智能变电站继电保护技术规范
- Q/GDW 690-2011 电子式互感器现场校验规范
- GB16847-1997 保护用电流互感器暂态特性技术要求
- DL/T 553-1994 220-500kV 电力系统故障动态记录技术准则
- DL/T 1100.1-2009 电力系统的时间同步系统 技术规范

2.2 使用条件

1. 工作温度：-10℃~55℃；
2. 存储温度：-25℃~+85℃；
3. 相对湿度：0~95%，无凝露；
4. 海拔：3000 米以内；

2.3 仲裁基准环境

1. 工作温度：23℃±2℃；
2. 相对湿度：45%~75%；

2.4 技术参数

1. 前置单元模拟量测量

- 电压测量限值： ±10V（峰-峰值）；
电流测量范围： 0~40 倍额定；
带宽： 5KHz；
采样精度： 0.1%；
多通道同步误差： ≤0.5μS；
最大无损坏输入电压： ±20V（峰-峰值）
输入阻抗： 50KΩ
工作时长： 连续工作时间不低于 24 小时
充电时长： 约 3.0 小时

2. 稳态校验系统模拟量

- 测量限值： ±10V（峰-峰值）；
带宽： 90.7KHz；
采样精度： 0.02%；
多通道同步误差： ≤0.5μS；
最大无损坏输入电压： ±20V（峰-峰值）
输入阻抗： 1MΩ

3. 数字输入电压

- IEC61850-9-1, FT3: 额定电压参数 11585 (0X2D41)
IEC61850-9-2: 数字量 1 为 10mV

4. 数字输入电流

- IEC61850-9-1, FT3: 额定保护电流 463 (0X 1CF), 额定测量电流 11585 (0X2D41)
IEC61850-9-2: 数字量 1 为 1mA

5. 内接 I/V 变换器

- 5A/2.0V, 0.01 级; 1A/2.0V, 0.02 级;
线性范围: 0~1.2 倍额定;
最大允许输入电流: 2 倍额定;

6. 内接 V/V 变换器:

- 100V/2.5V, 0.05 级;
线性范围: 0~1.2 倍额定;
最大允许输入电压: 1.5 倍额定;

7. FT3 接口

- 波特率 (编码后时钟频率): 5M/10M 自适应;
采样率: 自适应;

ST 接头；850nm 波长

8. GOOSE 接收

ST 接头；1310nm 波长

APPID、gocbRef 自适应

9. 开关量输入

4 路，接收空接点输入；

分辨率：0.25ms

10. 同步光脉冲接口

ST 接头；850nm 波长；

同步 1 端子：秒脉冲输出；

同步 2 端子：IRIG-B 码输出；

11. 通信接口

USB2.0, 10/100M 以太网

12. 供电方式

220V 交流供电。停用数字量采集板卡时可以 USB 供电。

2.5 保修范围

整机提供一年免费保修，超出免费保修期的模块收取维修成本。终身维护。

3 系统结构

3.1 稳态校验系统结构图

稳态校验系统结构示意图：

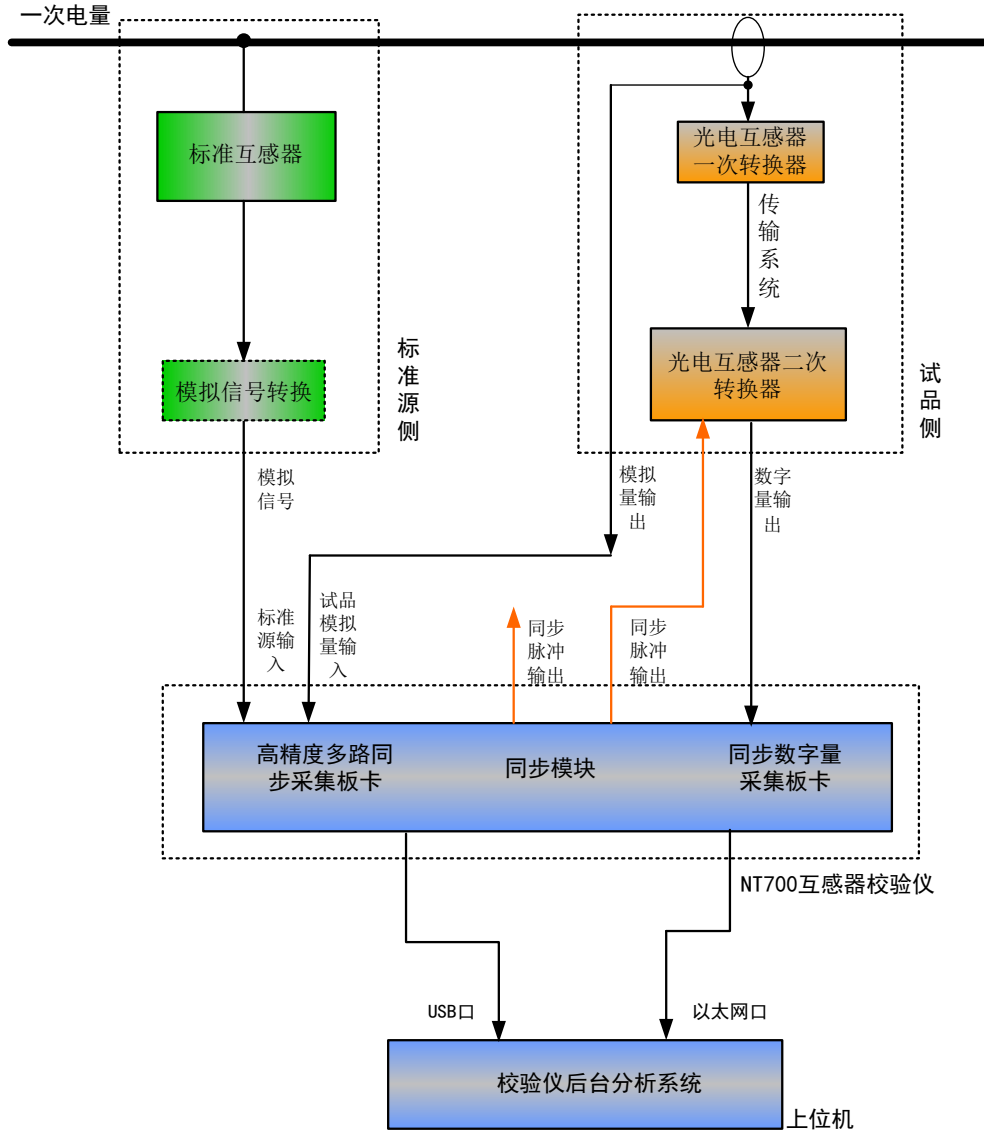


图1 稳态校验系统结构示意图

上图中“一次电量”可以为电流，可以为电压。试品侧为“电子式互感器”的通用结构示意图。“NT700 校验仪”为便携式的 NT705 电子式互感器暂态稳态校验仪。“上位机”为运行“NT700 电子式互感器稳态校验系统”软件的配套笔记本电脑。

为了完成精度校验，校验系统需要同时接收标准源侧和试品侧的共两路信号的输入。标准源侧的信号是精度校验试验的基准，它取自高精度标准互感器输出的模拟量，信号接至“高精度多路同步采集模块”的一个输入。

试品侧的信号可以为：模拟量输出式、IEC61850-9-1 数字量输出式、IEC61850-9-2 数字量输出式、IEC60044-8FT3 数字量输出式等。模拟量输出的试品，信号接至“高精度多路同步采集模块”的另一个输入。各类数字量输出式试品，信号经过“数字量采集板卡”，接至上位机的以太网口。

标准源侧和试品侧的信号在同步信号的控制下进行采集，以避免采样不同步造成的相位误差。校验系统的同步信号采用符合标准的光秒脉冲输出。“NT705 校验仪”通过 USB 口与电以太网口和上位机通信。

USB 和以太网接口方式，相对于 PCI、PXI 等其他总线接口方式，具有极大的通用性和便携性。

上位机的“NT700 电子式互感器稳态校验系统”分析软件采用高精度算法，进行数据汇总及分析处理，得到被试品的各项比差、相差、频差、复合误差、绝对延时时间等指标，同时完成信号分析、极性校核、相位核对、波形绘制、数据统计、报告生成等功能。

3.2 暂态校验系统结构图

暂态校验系统结构示意图：

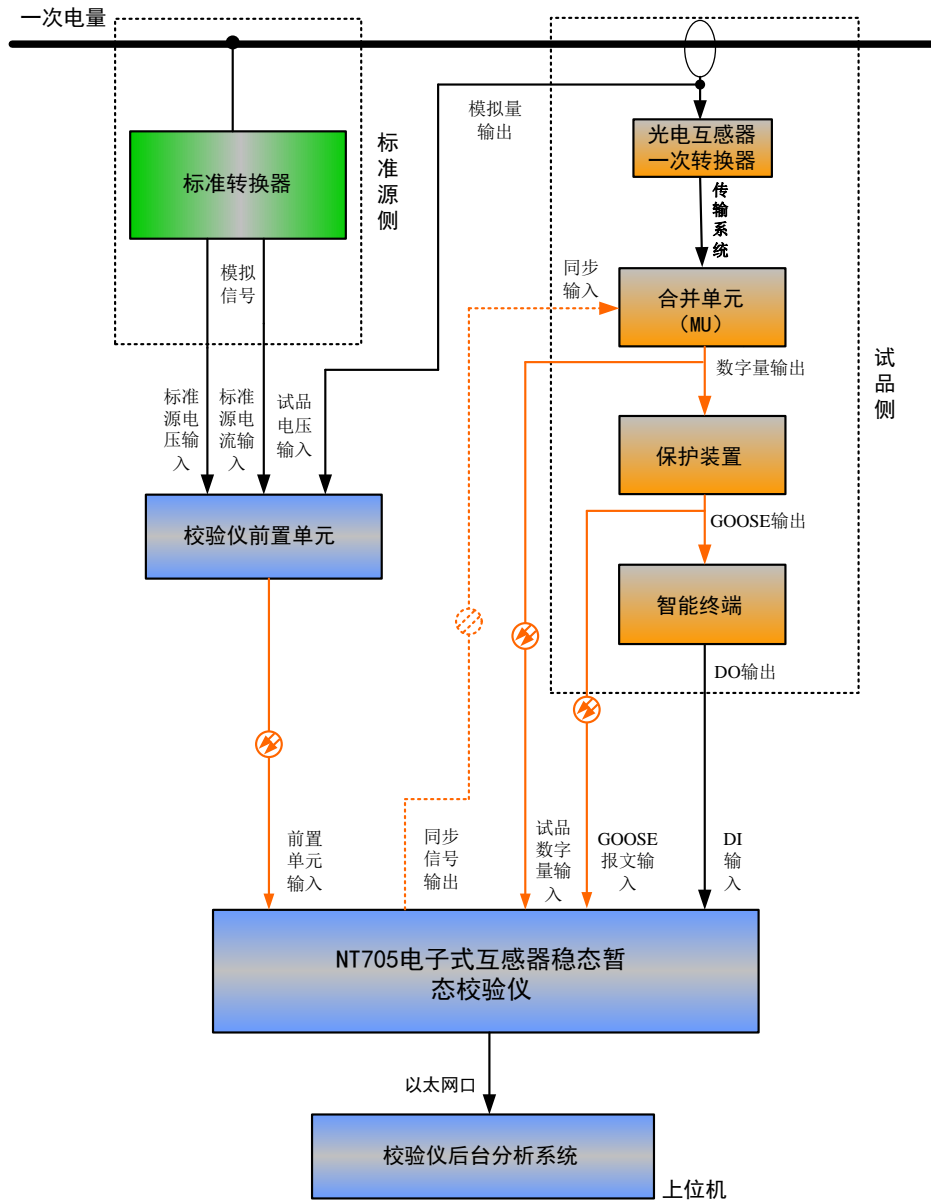


图2 暂态校验系统结构示意图

上图中“一次电量”可以为电流，可以为电压。试品侧为“电子式互感器”的通用结构示意图。“NT705 电子式互感器稳态暂态校验仪”为 NT705 电子式互感器暂态稳态校验仪。“上位机”为运行“NT700 电子式互感器及 MU 暂态校验仪”软件的配套笔记本电脑。

校验系统需要同时接收标准源侧和试品侧的共两路信号的输入。标准源侧的信号是精度校验试验的基准，由“校验仪前置单元”的“5A 电流端子输入”或者“标准电压输入”通道采集模拟量，通过光纤通信将采样值传输至校验仪。当试品为模拟信号输出时，模拟信号接至“暂态校验仪前置单元”的“试品电压输入”。

试品侧的信号可以为：模拟量输出式、IEC61850-9-1 数字量输出式、IEC61850-9-2 数字量输出式、IEC60044-8FT3 数字量输出式等。各类数字量输出式试品，信号经过“数字量采集板卡”，接至上位机的以太网口。GOOSE 信号为光纤以太网信号，DI 信号为硬连线。

标准源侧和试品侧的信号在同步信号的控制下进行采集，以避免采样不同步造成的相位误差。

校验系统的同步信号采用符合标准的光秒脉冲输出和 IRIG-B 码输出。“NT705 校验仪”通过以太网口和上位机通信。

以太网接口方式，相对于 PCI、PXI 等其他总线接口方式，具有极大的通用性和便携性。

“校验仪后台分析系统”能够进行手动启动录波和突变量启动录波，以 COMTRADE 格式存储录波文件，便于事后分析。采用高精度算法及频率跟踪处理，进行数据分析，得到被试品的频率、有效值、相位参数，并能分析复合误差、衰减时间常数、最大瞬时误差电流、最大峰值瞬时误差、暂态绝对延时时间、延时修正时间、GOOSE 变位延时时间、DI 变位延时时间等。软件同时完成波形绘制、光标拖动、报告生成等功能。

3.3 前置单元面板示意图

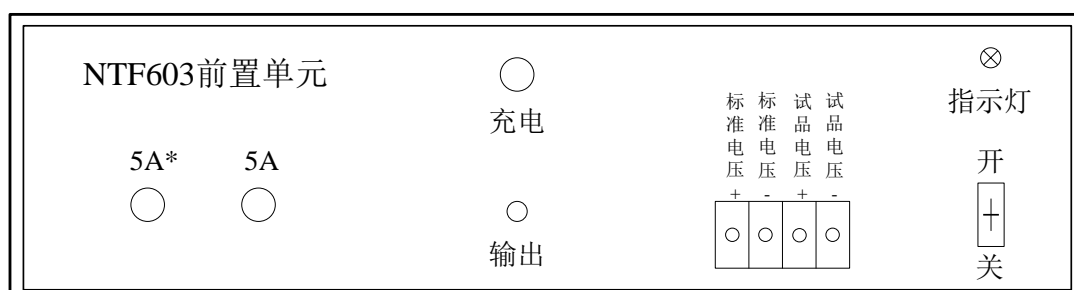


图3 前置单元面板示意图

上图中为“NTF603 前置单元”面板示意图，“5A*”“5A”端子接收标准源二次侧暂态保护电流输出；

“标准电压”输入及“试品电压”输入端子分别接收试验时的标准源侧电压和试品侧电压，输入信号峰值确保在-10V 到+10V 以内；

“充电”端子需使用配套的充电器给前置单元充电，充电时充电器上指示灯为红色，当变为绿色则表示充电完成；

输出端子用光纤与 NT705 电子式互感器暂态稳态校验仪“前置单元”端子连接。

指示灯是 NTF603 前置单元各种工作状态进行指示，当正常工作时，该灯快速闪烁（约每秒 2 次），当电池电压偏低时，闪烁变慢（约 2 秒一次）；当该灯不闪烁则代表不能正常工作。

开关键为 NTF603 前置单元的电源开关。

4 稳态校验系统使用说明

“NT700 电子式互感器稳态校验系统”软件主界面如下图所示：

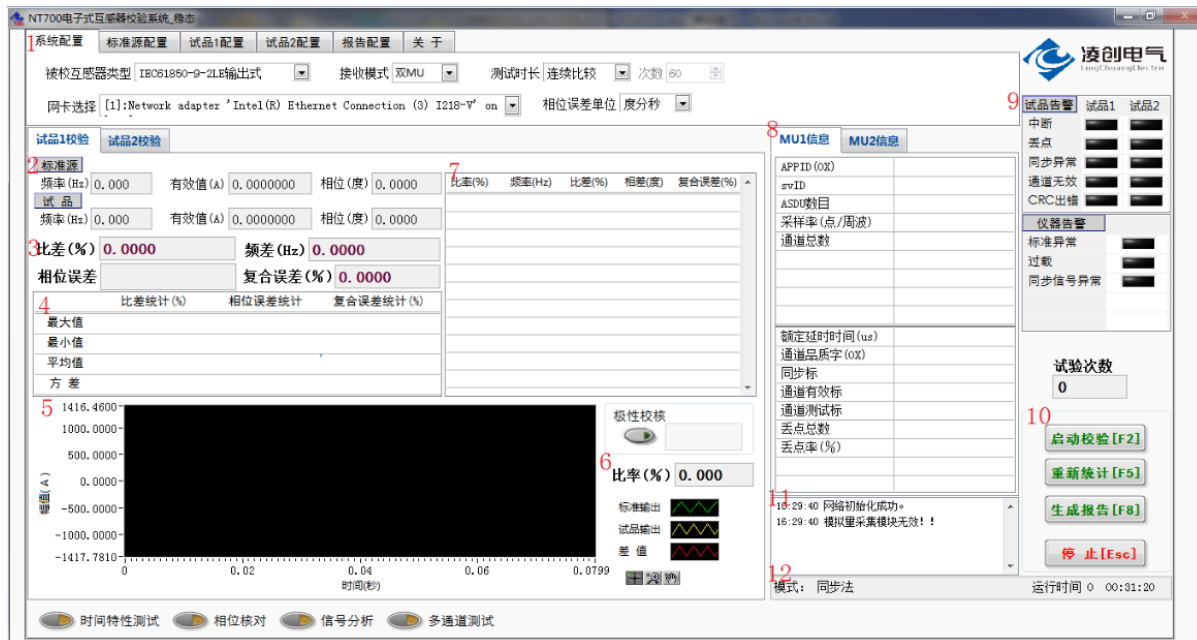


图 4 主界面图

4.1 功能说明

程序界面各部分功能，按上图标号依次说明如下：

4.1.1 参数配置

对应主界面图标标注 1。

4.1.1.1 系统配置

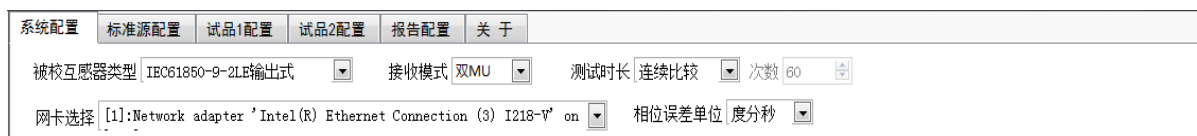


图 5 系统配置图 1

① 被校验互感器类型

开始试验前，根据被测互感器的输出类别，选择“模拟量输出式”，或“IEC61850-9-1 输出式”，或“IEC61850-9-2LE 输出式”，或“IEC61850-9-2 输出式”，或“FT3 输出式”，或“武汉国家计量站 9-1 输出式”，或“国电南自高频 MU 输出式”，或“新宁光电互感器本体”。该配置选项在程序启动后，仍允许改变，也允许先停止程序的运行，再进行改变。

② 接收模式

根据校验试验是否需要两路 MU，选择“单 MU”，或“双 MU”模式。

③ 校验方式

设定需要进行校验试验的方式。选择项为“指定次数”或“连续比较”或“周期循环”，当选择“指定次数”，程序比较的次数达到设定值时，会自动生成试验报告，并结束程序运行。当选择“连续比较”，比较次数设置项自动变灰，试验会一直进行下去，无固定校验次数，直到手动停止运行。当选择“周期循环”，程序会在设定的“单循环次数”达到时，自动生成试验报告，再重新统计，循环操作，直到手动停止运行。

☞ 相位误差单位

设定相位误差数据是以“度分秒”为单位，还是以“分”为单位。1度=60分；1分=60秒。

☞ 网卡选择

当进行数字量输出式互感器校验时，系统自动检测可供使用的网卡并列表，需根据实际接线进行选择。模拟量校验时因为无需使用网卡，此项自动变灰。

☞ 时间特性测试

当进行互感器绝对延时测试、额定延时时间测试、报文抖动时间测试时，选择此功能。选择后该按钮将会点亮变绿，时间特性测试的子界面自动弹出，接两路MU时，每路MU各对应一个界面试品1和试品2来显示各路的时间特性，详见4.1.14，试验中可取消选择，停止时间特性测试。模拟量输出式电子式互感器检测时，该功能不启用。

打开“时间特性测试”功能，校验系统为“绝对延时法”测试模式；关闭“时间特性测试”功能，校验系统为“同步法”测试模式。

☞ 相位核对

当需要核对多相电子式互感器的相对相位关系，或者核对多相电子式互感器输出与标准源的相对相位关系，选择此功能，选择后该按钮将会点亮变黄。相位核对的子界面自动弹出，详见4.1.15。

☞ 信号分析

当需要对电子式互感器的输出进行频谱分析，谐波分析，信噪比计算，谐波失真率计算时，选择此功能，选择后该按钮将会点亮变黄。信号分析的子界面自动弹出，详见4.1.17。

☞ 多通道测试

多通道测试可以将6相的电子式互感器同时作为被测对象，同时与标准源信号进行精度试验。每个通道均可独立配置和使能，详见4.1.16。

☞ 极性校核

当需要对电子式互感器的极性进行校核时，选择此功能，选择后该按钮将会点亮变黄。详见4.1.13。

4.1.1.2 标准源配置



图6 标准源配置图

☞ 接线方式

“接线方式”分内接与外接，根据实际标准源的接入方式设置。

内接是指标准源的 CT 标互二次输出，接至校验仪的“5A”端子或“1A”端子，使用了校验仪内置的 I/V 转换器。或者标准源的 PT 标互二次输出，接至校验仪的“100V”端子，使用了校验仪内置的 V/V 转换器。

外接是指标准源信号已经在校验仪外部转换成了峰值 10V 以内的小电压信号（整个试验过程中需确保峰值均在 10V 以内，以防过压损毁校验仪），该信号直接从校验仪的“标准电压”端子接入。

☞ 类型

当“接线方式”选为内接后，根据实际接入校验仪的标准源信号类型来设置该选项。如果标准源侧接入校验仪的是电流信号，用到的是内置的 I/V 转换器，选择电流；如果接入校验仪的是电压信号，用到的是内置的 V/V 转换器，选择电压。当“接线方式”为外接时，接入校验仪的只能为小电压信号，无需设置该选项。

注：上述 2 个选项，需要和校验仪的“内接/外接”，“电压/电流”两个选择开关对应。可参考 4.2 节的“标准源信号接入”部分。

☞ 额定一次值；额定二次值

根据标准源侧的电流标准互感器和电压标准互感器的试验接线来设置该值。举例：

情况一：试验用标准电流互感器是 1000A/1A 的接线方式，标准互感器 1A 电流输出接至校验仪的“1A*, 1A”电流输入端，则此时“接线方式”应选择内接，“类型”应选择电流，“额定一次值”为 1000A；“额定二次值”为 1A。

情况二：试验用标准电流互感器是 1000A/5A 的接线方式，标准互感器 5A 电流输出接至校验仪的“5A*, 5A”电流输入端，则此时“接线方式”应选择内接，“类型”应选择电流，“额定一次值”是 1000A，“额定二次值”为 5A。

情况三：试验用标准电压互感器是 110kV/100V 的接线方式，标准互感器 100V 输出接至校验仪的“100V,N”电压输入端，则此时“接线方式”应选择内接，“类型”应选择电压，“额定一次值”为 110KV，“额定二次值”为 100V。如果电压值带有 $/\sqrt{3}$ ，则选中“ $/\sqrt{3}$ ”按钮即可。

情况四：标准源信号为峰值 10V 以内的小电压信号，接至了“标准电压”端子，则此时“接线方式”应选择外接，“类型”无需选择，默认为电压。根据标准源信号的实际转换关系来设置“额定一次值”和“额定二次电压”。

☞ 输出显示方式

“一次值”是指一次侧所加的电流电压值，“二次值”是指外部标准互感器接入到校验仪的模拟信号大小。主界面标注 2 处的“标准源输出”中，有效值的显示方式会根据该值的设定进行改变。标注 5 处的波形绘制，以及校验结果也会根据此设定值进行相应改变。

4.1.1.3 试品配置

当“4.1.1.1 系统配置”中的“被校验互感器类型”为“模拟量输出式”时，此处界面如下：

图 7 试品配置图

① 额定一次值；额定二次电压

按照被测互感器参数，设定该值。例如，被测互感器是额定参数 400A 的罗氏线圈，额定二次输出电压是 150mv，则此时的“额定一次值”为 400A；“额定二次电压”为 0.15V。如果被试互感器是 600A 的测量线圈，二次额定电压为 4.0V，则“额定一次值”为 600A；“额定二次电压”为 4.0V。如果被试互感器 110KV 的 PT，二次额定电压为 1.5V，则“额定一次值”为 110KV；“额定二次电压”为 1.5V。

② 输出显示方式

“一次值”是指一次侧所加的电流电压值，“二次值”是指一次量变换到二次后的，加到采集模块上的模拟电压的值。主界面标注 2 处的“试品输出”中，有效值的显示方式会根据该值的设定进行改变。标注 5 处的波形绘制，以及校验结果也会根据此设定值进行相应改变。

③ 额定延时时间

根据被试品所提供的参数来设置，单位“毫秒”。试验开始前应由被试品生产商提供该参数，试验过程中该项变灰，禁止改动。

④ 额定相位偏移

根据被试品所提供的参数来设置，单位“度”。试验开始前应由被试品生产商提供该参数，试验过程中该项变灰，禁止改动。

当“4.1.1.1 系统配置”中“被校互感器类型”为“IEC61850-9-1 输出式”或“FT3 输出式”时，此处界面如下：

当“4.1.1.1 系统配置”中“被校互感器类型”为“IEC61850-9-2LE”输出式时，支持双 MU 校验，双 MU 接收模式。双 MU 接收模式时必须配置两路试品的目标 MAC 地址。停用 MAC 只适用于单 MU 接收。配置成双 MU，但实际只有一路 MU 连接到校验仪时，需要接到 SMV1 口，界面如下：

① 通道号

从合并单元（MU）数据集的多路数据通道中选择某一路采样数据进行试验。此处可选的最大通道号是从 MU 报文中解析出的最大通道数。

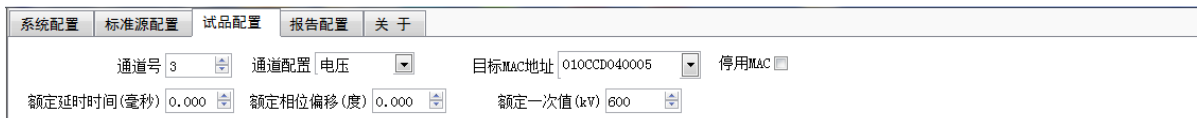
② 通道配置

根据所选“通道号”对应的信号类别来设置此项：电压、测量电流、保护电流、或者零序电流。

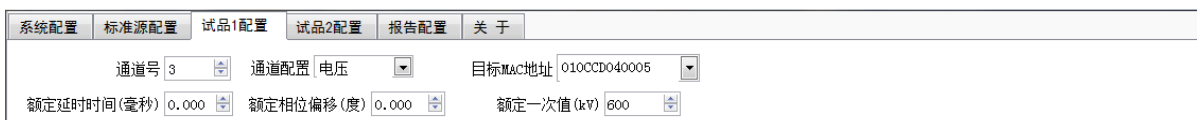
➤ 额定相位偏移，额定延时时间

同上

当“4.1.1.1 系统配置”中“被校互感器类型”为“IEC61850-9-2LE 输出式”或“IEC61850-9-2 输出式”，选择接收模式为单 MU 时，此处界面如下：



选择接收模式为双 MU 时，必须要配置两路试品的目标 MAC 地址，此处界面如下：



如果两路 MAC 值不一样，则不判断报文的端口来源。如果两路 MAC 值一样，则通过端口来源是 SMV1 和 SMV2 区分。配置成双 MU，但实际只有一路 MU 连接到校验仪时，需要接到 SMV1 口

➤ 通道号、通道配置、额定相位偏移，额定延时时间

上述参数的设置均同上。因为 IEC61850-9-2 中以 32 位整型数据来传输实际一次值，无一次额定参数值，当传输电流值时，数字量 1 代表 1mA，传输电压时，数字量 1 代表 10mV，所以此处的“通道配置”中，配置项为电压和电流选项。

➤ 目标 MAC 地址

根据需要接收的 IEC61850-9-2 采样值报文所对应的以太网目标 MAC 地址来设定此参数，十六进制。

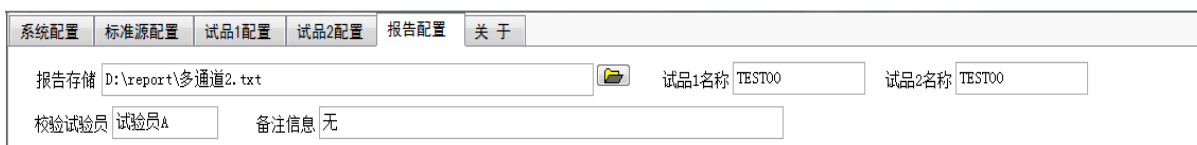
➤ 停用 MAC

当接收模式为单 MU 时，如果试品的合并器数据和校验仪是点对点直连，不存在发送多个 MAC 地址的采样值报文情况，则可以勾选此项，停用 MAC 地址过滤功能。

➤ 额定一次值

因为 IEC61850-9-2 协议中不传送额定一次值，所以此处需要手动配置试品的额定一次值，界面标注 6 处的“比率”需要根据此处的设定值来计算当前所加一次量的比率。

4.1.1.4 报告配置



报告相关信息在此设定，包括被试品名称，报告存储路径及报告文件名，试验员姓名及备注信息。注意，如果此处的报告存储路径设置不正确时，会影响报告文件的自动生成。

4.1.1.5 关于

关于本软件的简要说明及联系方式。

4.1.2 测量结果显示

对应主界面图标注 2。“标准源”和“试品”的测量结果分开显示，包括：频率值、基波有效值、以及基波相位值。此处的基波有效值会根据 4.1.1.2 和 4.1.1.3 中的配置信息来决定是显示一次值还是二次值。

4.1.3 校验结果显示

对应主界面图标注 3。包括比差，频差，相位误差，复合误差，以及互感器极性。校验试验是将被测互感器的测试结果，包括基频频率、基频幅值、基频相位，分别与标准源的基频频率、基频幅值和基频相位进行比对，得出频差、比差和相位差，以及复合误差。

比差(%) = (试品基波有效值 - 标准源基波有效值) / 标准源基波有效值

频差(Hz) = 试品基波频率 - 标准源基波频率

相位误差 = (试品基波相位 - 标准源基波相位) - 额定相位误差 - 额定延时时间对应角度

注：在数字量输出的电子式互感器校验中，“相位差”和“相位误差”有不同的概念，相位差中除了包含相位误差外，还有额定相位偏移和额定延时时间造成的相位移，详见IEC60044-7（GB/T 20840.7）和IEC60044-8（GB/T 20840.8）标准中对“相位误差”的说明。

在稳态下，复合误差为下列两者之差的方均根值：一次电流瞬时值，和实际二次输出瞬时值乘以额定变比。以模拟量输出为例：

$$\text{复合误差}(\%) = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [K_{ra} u_s(t) - i_p(t - t_{dr})]^2 dt}$$

I_p ：一次电流基波的方均根值； T ：一个周波周期； K_{ra} ：额定变比； u_s ：二次电压； i_p ：一次电流； t ：时间瞬时值； t_{dr} ：额定延时时间；详见GB/T 20840.8-2007的3.3.4和附录E6.3.2。

互感器极性校核时，当标准源和试品的有效值不为零，且频率均在[-35, 65]Hz，如果互感器相位误差在[-60, 60]度时，判为正极性；在[120, 240]度时，判为反极性；否则，极性不明确；

4.1.4 校验结果统计

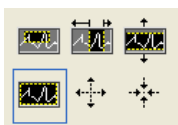
对应主界面图标注 4。在校验试验过程中对试验结果进行统计，得到当前的比差，相差以及复合误差的最大值、最小值和平均值。

4.1.5 波形显示

对应主界面图标注 5。对每次比对所采集到的标准源信号，被测互感器信号进行波形绘制，同时得出被测互感器相对标准源的差值信号，各个波形以不同的颜色加以区分。此处的波形幅值

受到 4.1.1.3 和 4.1.1.4 中的“输出显示方式”的控制。

波形的控制可以点击控制图标：，第一个暂无用处；第二个为波形缩放，其子图标如下：



功能依次为：所选窗口放大，横向放大，纵向放大，全屏显示，整体放大，整体缩小。

第三个图标为波形的拖拽。

波形窗口点击右键可以进行波形图像的清除，标注和导出，以及坐标的调整。

4.1.6 比率及次数

对应主界面图标注 6。“比率”是指从标准源当前一次电压或一次电流的实际值，相对于试品“额定一次值”的百分比。

“次数”显示当前试验已比较的次数。

4.1.7 校验结果历史明细

对应主界面图标注 7。试验结果的历史明细，包括比率、比差、相位差三项。

4.1.8 合并单元配置信息

对应主界面图标注 8。当被试互感器不是模拟量输出式时，被试互感器则会配置合并器（MU），MU 的配置信息从采样值以太网报文中解析出来，在此处显示。当为“模拟量输出式”时，此处信息变灰，表示无效。

合并单元配置信息包括配置信息和状态信息两部分，配置信息在启动校验时对报文进行一次解析，状态信息则是在试验过程中连续监测统计。

合并器的配置信息需要和实际互感器参数相一致，因为 MU 配置的额定参数不正确会造成报文解析的失败以及被试互感器采样值的不正确，影响校验结果。


当被试互感器为数字量输出式时，从数据报文中提取采样值的计数器值，从而判断是否有丢包情况发生，丢包次数在此显示。当发现丢包时，本次不进行误差校验。

4.1.9 系统状态告警灯

对应主界面图标注 9。分为试品告警灯和校验仪告警灯两类，告警灯红色亮起表示该事件发生。

序号	名称	说明及处理对策
试品告警		
1	通道数据无效	说明：通过读取试品上送的通道有效标，来判断试品数据是否异常。 对策：检查试品的采样回路和试品发送的数据有效标是否正确。
2	试品同步异常	说明：指示试品上送的“已同步”标无效，或者校验系统判别到试品上送的采样值报文到达时刻，与标准源采样数据到达时刻偏差 400ms 以上。 对策：检查试品的同步回路和试品的数据发送。
3	试品丢点	说明：指示后台校验系统判别到试品上送数据的采样节拍不连续，有丢点。 对策：检查试品的数据发送。
4	试品中断	说明：指示试品与校验仪的连接发生中断。 对策：检查试品和接线是否发生异常。
5	CRC 出错	说明：当进行 FT3 的校验时，指示接收到的数据发生 CRC 校验出错。 对策：检查试品数据发送。
6		
校验仪告警		
1	模拟采样异常	说明：校验仪检测到模拟采集板卡工作异常时即告警。 对策：1. 确认校验仪装置驱动是否正确安装。 2. 确认上位机与校验仪的 USB 通信线正确可靠连接，尝试重新拔插该 USB 线，让上位机重新自动识别板卡并自动加载对应驱动。 3. 确认装置是否已授权，若未授权请联系厂家。
2	过载	说明：指示模拟量采集过载，实际输入电压峰值大于 10V，大于校验系统测量范围。 对策：迅速降低外部模拟量的输入至测量限制以下，停止校验软件的运行，防止过压对校验仪造成永久损坏。确认电压正常后再启动系统。
3	同步信号异常	说明：校验仪检测到内部同步模块工作发生异常时即告警。 对策：检查校验仪的供电是否正常，无法解决时请联系厂家。
4		
5		

4.1.10 程序控制按钮

对应主界面图标注 10。点击程序左上角后，程序即进入校验试验前的配置阶段，4.1.10 所述的程序运行阶段指示灯会指示为“配置中”。

当配置完毕后，点击“启动校验”按钮，即进入校验试验。

试验过程中若需要对实验数据重新统计，点击“重新统计”按钮即可。

在实验进行中间可点击“生成报告”，可以对点击前的试验数据生成报告，且实验不中断。

“停止”按钮可随时停止校验试验的进行。

4.1.11 程序提示信息

对应主界面图标注 11。校验系统软件运行阶段的相关信息提示。

4.1.12 程序状态栏

对应主界面图标 12。校验系统软件运行阶段的状态信息，包括测试模式和运行时间，测试模式包括同步法和绝对延时测试法。

打开“绝对延时测试”功能，校验系统为“绝对延时法”测试模式；关闭“绝对延时测试”功能，校验系统为“同步法”测试模式。

4.1.13 极性校核

对应主界面图标 13。点击试验功能选择中极性校核按钮，按钮变绿后进行极性校核试验，主界面出现标注 13。

当标准源与试品相位差在 $[-60^\circ, +60^\circ]$ 区间内，则判断为正极性；当标准源与试品相位差在 $[-120^\circ, +120^\circ]$ 区间内，则判断为负极性；其他角度区间内无法识别。

4.1.14 时间特性测试

时间特性测试的子界面如下：

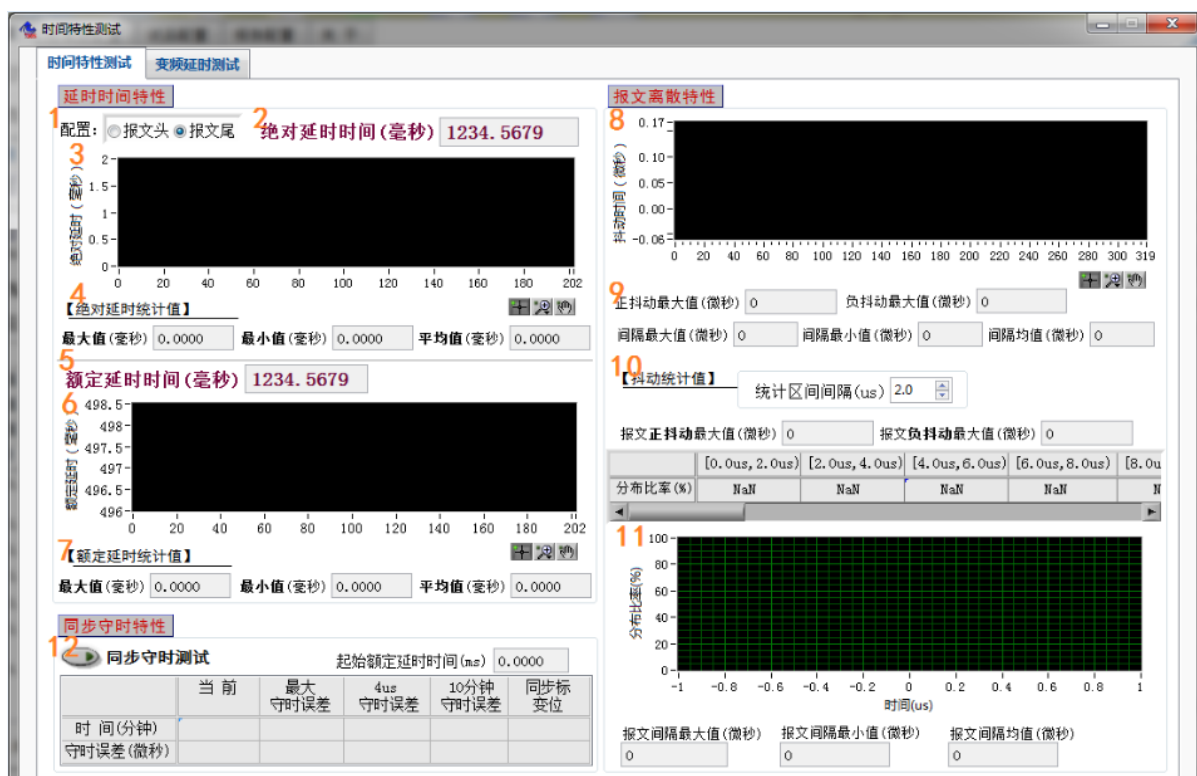


图 8-1 时间特性测试子界面

标注 1 为配置项，在以太网输出的电子式互感器延时测试时可用。配置选项包括报文头、报文尾，指定延时时间测试的截止时刻是以太网报文的报头到达时刻，还是报尾到达时刻。

标注 2 为本次所测的绝对延时时间，毫秒值。

标注 3 为绝对延时时间的图形绘制。

标注 4 为上述标注 2 处的绝对延时时间的统计值，包括最大值，最小值和平均值。

标注 5 为本次所测的额定延时时间，毫秒值。

标注 6 为额定延时时间的图形绘制。

标注 7 为上述标注 5 处的额定延时时间的统计值，包括最大值，最小值和平均值。

标注 8 为本次所测的合并单元（MU）报文抖动时间的图形绘制。

标注 9 为本次所测的合并单元（MU）采样值报文时间特性，包括报文正抖动最大值，报文负抖动最大值，报文与报文之间的时间间隔最大最小值，报文间隔均值，均以微秒为单位。

标注 10 为上述标注 8 和 9 的统计信息，包括统计报文正抖动最大值，报文负抖动最大值，按照抖动时间的不同区间进行报文数目的比率统计。统计报文与报文之间的时间间隔最大最小值，报文间隔的均值。

标注 11 为报文抖动分布比率表的图形绘制。

标注 12 为同步守时测试功能，测试前保证 MU 处于同步状态，开始测试时，断开同步信号并点击“同步守时测试”按钮。标注 6 处显示整个测试过程中的额定延时图形，在标注 12 的表格中统计当前已守时时间及当前的守时误差，最大守时误差及发生时刻，4 微妙守时误差及发生时刻，10 分钟守时误差及发生时刻，同步标变位（由同步变为失步）发生时刻及对应的守时误差。

变频延时测试的子界面如下：

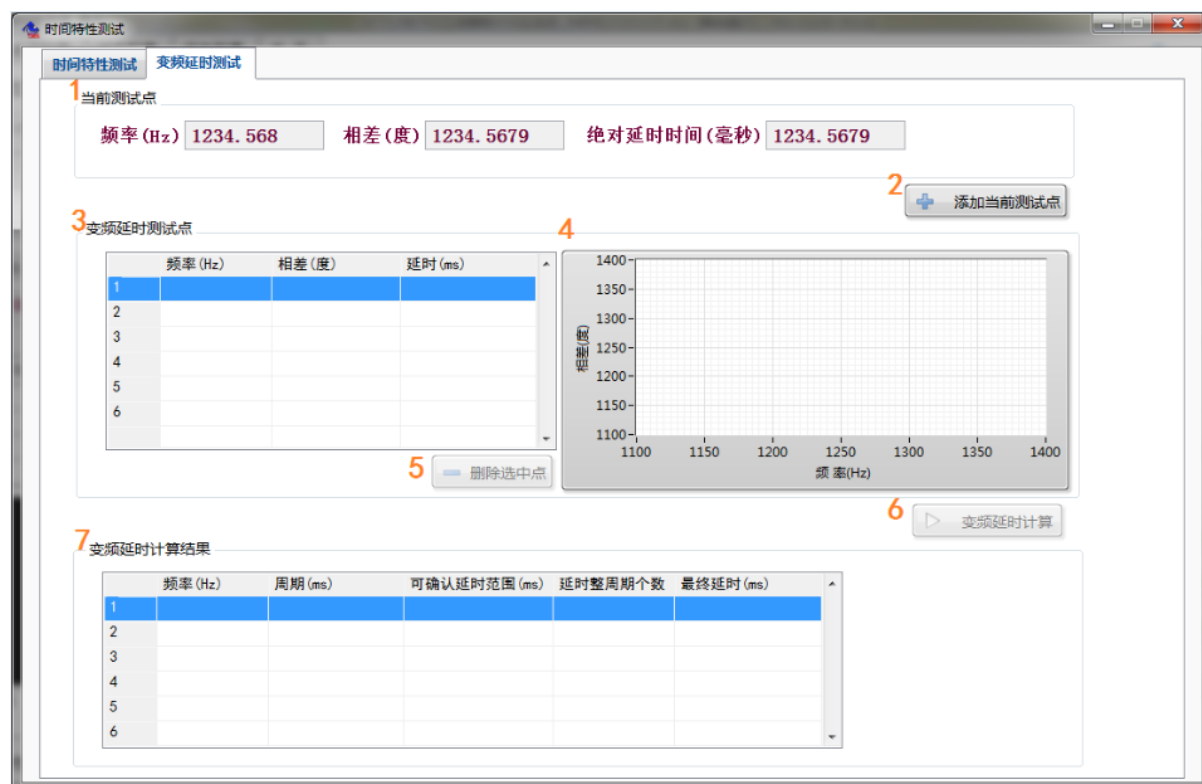


图 8-2 延时测试子界面

标注 1 为当前测试点的频率（Hz）、相差（度）以及绝对延时时间（毫秒）。

标注 2 为“添加当前测试点”按钮，点击即可添加不同频率测试点，新添加测试点的频率需要错开 0.1Hz 以上。

标注 3 为变频延时测试点，显示添加的不同频率测试点的频率（Hz）、相差（度）、延时（ms）。

标注 4 为变频延时测试点的图形绘制。

标注 5 为“删除选中点”按钮，选中需要删除的变频延时测试点，点击该按钮即可删除。

标注 6 为“变频延时计算”按钮，需要对变频延时测试点进行计算时，点击该按钮即可。

标注 7 为变频延时计算结果的统计值，包括频率 (Hz)、周期 (ms)、可确认延时范围 (ms)、延时整周期个数、最终延时 (ms)。

注：

1. 绝对延时时间：指电子式互感器一次侧工频模拟量出现某一量值的时刻，到MU将该模拟量对应的数字采样值送出的时刻，两时刻之间的时间间隔。
2. 额定延时时间：指MU接收到同步信号将采样计数器清0时刻，到MU将0号计数器的采样值送出的时刻，两时刻之间的时间间隔。

4.1.15 电流电压相位核对

电流电压相位核对的子界面如下：

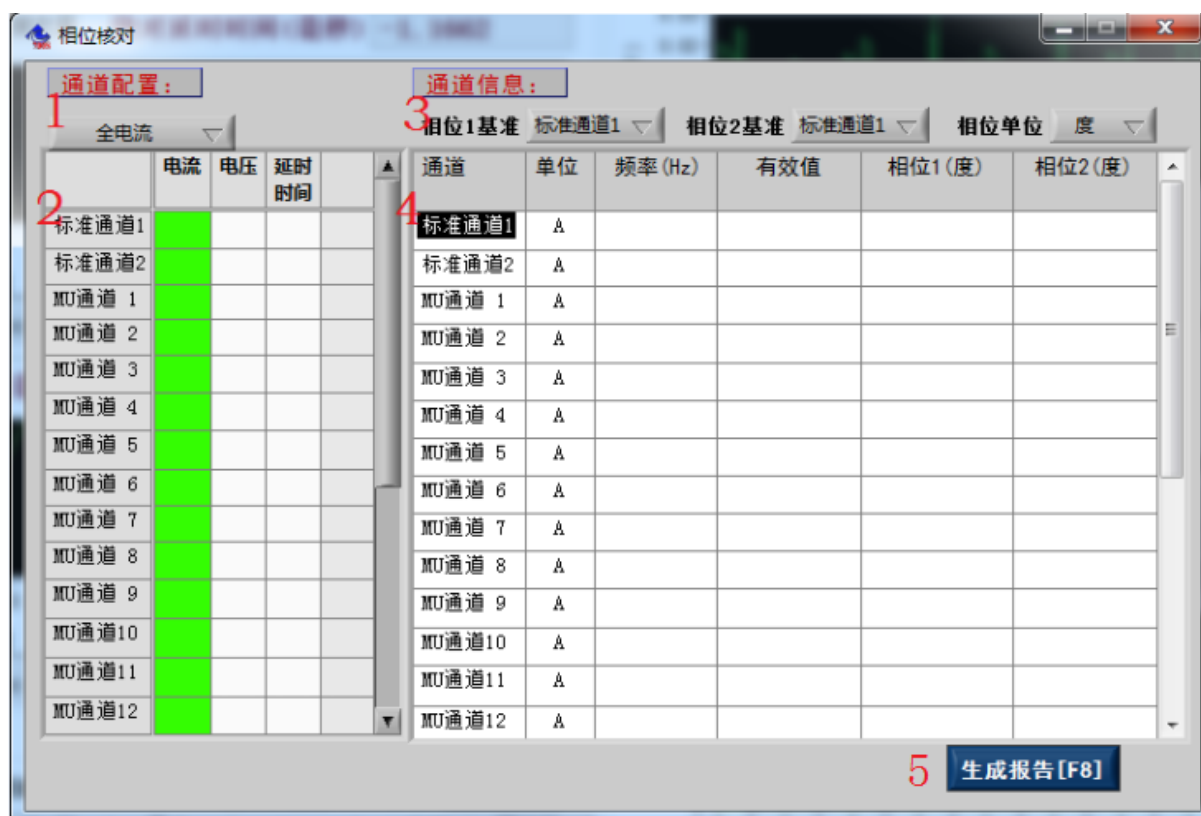


图 9 电流电压相位核对于界面

标注 1 为通道配置快捷下拉菜单，可以快速进行全选操作。

标注 2 为各个通道的具体配置，根据合并单元的实际通道类型来配置各个通道；

标注 3 为相位基准配置下拉菜单，根据试验需要选择相位核对的参考基准，基准相位为 0 度，两个基准相位可独立配置。

标注 4 为每个通道的通道信息。包括有效值，直流，相对相位，频率。

标注 5 生成报告按钮，用户可以对当前相位核对的结果生成报告。

4.1.16 多通道测试

多通道测试的子界面如下：



图 10-1 多通道测试校验结果界面



图 10-2 多通道测试通道波形界面

标注 1 为每个通道的具体配置项，包括通道号配置，通道类型配置和使能开关。

➤ 通道号

从合并单元（MU）数据集的多路数据通道中选择某一路采样数据进行试验。此处可选的最大通道号是从 MU 报文中解析出的最大通道数。

➤ 通道配置

根据所选“通道号”对应的信号类别来设置此项。

➤ 选中

根据试验要求若需要选择此通道，点击按钮，选择后该按钮将会点亮变绿。此时该通道数据将显示在标注 2 与标注 3 的对应通道标记处。

标注 2 为每个通道的校验结果统计值。在校验试验过程中对试验结果进行统计，得到当前的比差，相差以及复合误差的最大值、最小值和平均值。

标注 3 为每个通道的波形信息，校验结果及波形绘制。

每个通道的波形信息包括基波的频率、有效值、相位，和直流量。

每个通道的校验结果包括比差，频差，相位误差，复合误差。校验试验是将被测互感器的测试结果，包括基频频率、基频幅值、基频相位，分别与标准源的基频频率、基频幅值和基频相位进行对比，得出频差、比差和相位差，以及复合误差。

通道数据无效指示灯通过读取试品上送的通道有效标，来判断试品数据是否异常。

4.1.17 信号分析

信号分析的子界面如下：

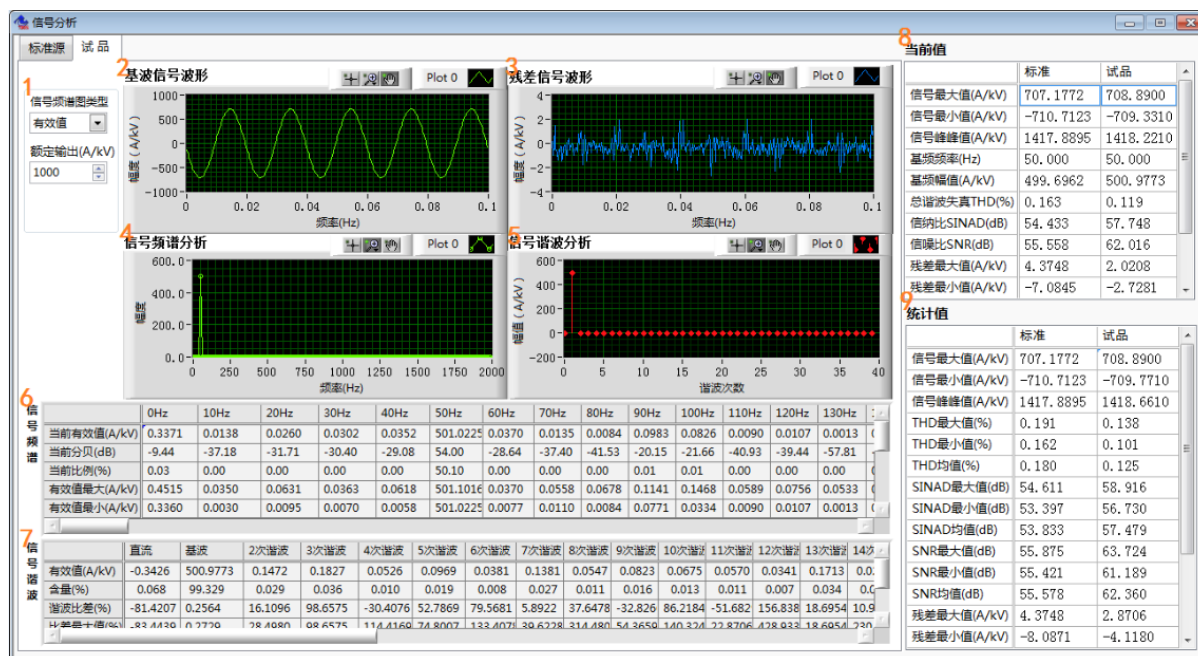


图 11 信号分析子界面

标注 1 配置项，包括：信号频谱图类型以及额定输出。

➤ 信号频谱图类型

选择标注 4 “信号频谱”中的波形类型，为“有效值”，或“分贝”，或“比例”。

➤ 额定输出

根据测试电流、电压的额定值进行配置，该配置影响到标注 6 中的比例值计算。

标注 2 是输入信号中提取出的基波信号波形的绘制。

标注 3 是输入信号中去掉基波信号后的残差信号波形绘制。

标注 4 为输入信号的频谱分析图形绘制。

标注 5 为输入信号的谐波分析图形绘制。

标注 6 为输入信号的频谱分析表格显示，包括当前有效值 (A/kV)、当前分贝 (dB)、当前比例 (%)。以及统计值：有效值最大值 (A/kV)、有效值最小值 (A/kV)、有效值均值 (A/kV)、分贝最大值 (dB)、分贝最小值 (dB)、分贝均值 (dB)、比例最大值 (%)、比例最小值 (%)、比例均值 (%)。

$$\text{比例}(\%) = \text{有效值} \times 100 / \text{额定输出}$$

标注 7 为输入信号信号谐波分析表格显示，包括有效值 (A/kV)、含量 (%)、谐波比差 (%)、谐波比差最大值 (%)、谐波比差最小值 (%)、谐波比差均值 (%)。

$$\text{谐波比差}(\%) = (\text{试品谐波有效值} - \text{标准源谐波有效值}) \times 100 / \text{标准源谐波有效值}$$

标注 8 为标准源和试品信号的当前信号分析结果值。包括输入信号最大值 (A/kV)、输入信号最小值 (A/kV)、输入信号峰峰值 (A/kV)、基频频率 (Hz)，基频幅值 (A/kV)，总谐波失真率 THD (%)，信纳比 SINAD (dB)，信噪比 SNR (dB)，残差最大值 (A/kV)，残差最小值 (A/kV)，残差峰峰值 (A/kV)，残差基波比 RFR (%)。

$$\text{总谐波失真率 THD}(\%) = 100 \left(\frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + \dots}}{A_1} \right)$$

$$\text{信纳比 SINAD}(\text{dB}) = 20 \lg \left(\frac{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + N^2}}{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \dots + N^2}} \right)$$

$$\text{信噪比 SNR}(\text{dB}) = 20 \lg \left(\frac{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + N^2}}{N} \right)$$

$$\text{残差基波比 RFR}(\%) = 100 \left(\frac{\sqrt{A_0^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + \dots + N^2}}{A_1} \right)$$

A_0 是直流分量， A_1 是基频分量， A_2 是 2 次谐波， A_3 是 3 次谐波…… N 是噪声。

标注 9 为标注 8 的统计值。包括输入信号最大值 (A/kV)、输入信号最小值 (A/kV)、输入信号峰峰值最大值 (A/kV)、THD 最大值 (%), THD 最小值 (%), THD 均值 (%), SINAD 最大值 (dB), SINAD 最小值 (dB), SINAD 均值 (dB), SNR 最大值 (dB), SNR 最小值 (dB), SNR 均值 (dB), 残差最大值 (A/kV), 残差最小值 (A/kV), 最大残差峰峰值 (A/kV), RFR 最大值 (%), RFR 最小值 (%), RFR 均值 (%)。

4.2 标准源信号的接入

在 3.1 的“校验系统结构示意图”中，标准源模拟信号接入到校验仪有多种方式。因为校验仪能够接收的是-10V 到+10V 的模拟电压信号，所以标准电流互感器的 5A 或 1A 电流输出以及标准电压互感器的 100V 电压输出，必须经过变换后才能进入到模拟量采集板卡。

校验仪内部已经集成有 5A/2V 和 1A/2V 的 I/V 变换器，可以直接接收标准电流互感器的 5A 和 1A 电流输出，完成电流到电压的转换。同时集成有 100V/2.5V 的 V/V 变换器，直接接收标准电压互感器的 100V 电压输出，完成电压的转换。

如果试验过程中标准源侧的模拟信号已经转换成了是峰值-10V 到+10V 的电压信号(确保试验整个过程中均为峰值 10V 以内)，则无需启用校验仪内部的 I/V 变换器和 V/V 变换器。该电压信号直接从“标准电压”同轴电缆接头输入。

标准源信号接入方式如图 6 所示，通过“内接/外接”“电压/电流”两个选择开关即可进行输入方式的切换。

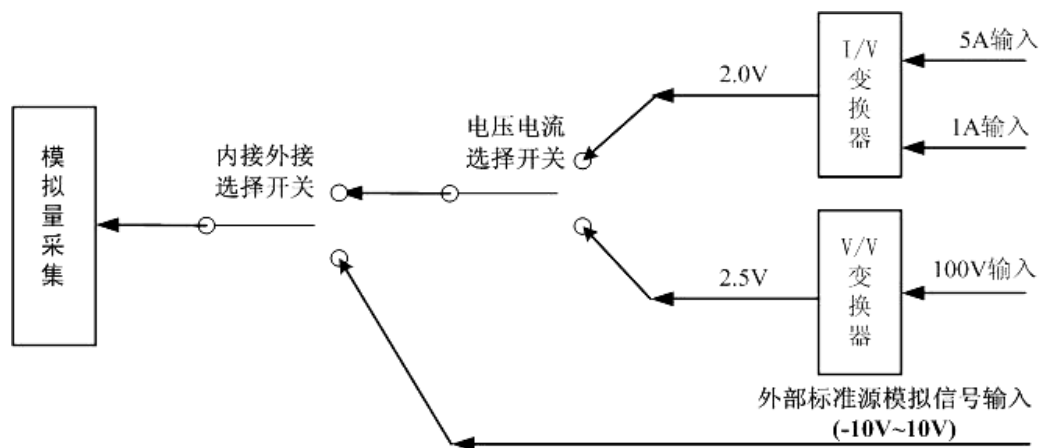


图 12 标准源信号接入方式

4.3 数字量输出电子式互感器的校验

本校验系统可以对符合 IEC61850-9-1、IEC61850-9-2LE、IEC61850-9-2、IEC60044-8 FT3 以及国网版 FT3 标准的数字量输出电子式互感器进行校验，不限于特定的采样率、量程标志、额定值和 ASDU 数目等参数，均能自适应接口。校验系统会按照标准对互感器协议进行正确性验证。

需要注意如下要点：

1. 必需在“系统配置”中正确选择被较互感器类别。
2. 保证互感器的数据采集与标准源采集的同步。

本系统有 4 路同步信号输出，内部的数据采集已经接收了 2 路同步信号。另外有 2 路光同步信号可以供外部同步使用。必需确保参与校对试验的标准源和试品信号采集是受到是同一个同步源的控制，否则会造成相位差计算的不准确。采用“绝对延时测试”法来进行互感器校验时，被试品不要求接收同步信号。

3. 正确的误差计算结果基于正确的参数配置

试验中应按照 4.1.1 中的参数配置说明，进行相关数据的正确设定，标准源配置或试品配置失误会造成试验误差结果计算的错误。

4. 试品配置

在参数配置中的“试品配置”中，“通道号”，“通道配置”或“目标 MAC 地址”等被试品参数应该准确，不同的配置会得出不同的信号幅值，造成误差结果计算的不准。

5. 合并单元配置信息

“合并单元信息”是从以太网报文中，按照协议规范解析出来。互感器的采样值获取和采样值的数据处理都是基于这些配置信息进行，所以 MU 配置不准确会造成报文解析的失败或校验结果的不准。

4.4 模拟量输出电子式互感器的校验

本校验系统可以对不同额定电压和额定电流等级的互感器进行校验，对额定二次值（例如罗柯夫斯基线圈、LPCT 线圈）不限于某种特定参数。

校验要点如下：

1. 必需在系统配置中选择互感器类型为模拟量输出式。
2. 防止过载。输入电压的峰值大于 10V 时，会造成测量过载，损坏校验仪。
3. 正确进行参数配置

试验中应按照 4.1.1 中的参数配置说明，进行相关数据的正确设定，配置失误会造成试验的失败或误差计算的错误。

4. 额定一次值和额定二次电压应与实际参数一致。

“标准源配置”中，以及“试品配置”中的额定一次值和额定二次电压如果和实际参数不一致，会使误差计算结果不准，“比率”的显示值不准。关于配置的说明见 4.1.1。

4.5 试验报告

被试品名称、报告名称和报告存储路径都有默认值，当存储路径和文件名不变时，后续试验报告将在原来报告文件后面追加。

精度校验报告格式如下：

· 问题及解决 ·

1	A	B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		Max	Min	Max	Min	Ave	方差	相位误差 Max	相位误差 Min	相位误差 Ave	方差	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
2	MU通道 1		-100		-100		-100		0	162度57分30秒		136度22分12秒		149度27分14秒		63.879		100.0054		100.0008	
3	MU通道 2		-40.0514		-40.0466		-40.049		0	-80度55分38秒		-69度1分46秒		-74度59分19秒		12.0563		108.1383		96.3768	
4	MU通道 3		-40.0514		-40.0466		-40.049		0	-80度55分38秒		-69度1分46秒		-74度59分19秒		12.0563		108.1383		96.3768	
5	MU通道 4		-40.0513		-40.0465		-40.049		0	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		159.4976		157.4716	
6	MU通道 5		-40.0513		-40.0465		-40.049		0	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		159.4976		157.4716	
7	MU通道 6		-40.0513		-40.0465		-40.049		0	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		159.4976		157.4716	
8	MU通道 7		-40.0513		-40.0465		-40.049		0	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		159.4976		157.4716	
9	MU通道 8		-40.0514		-40.0466		-40.049		0	-80度55分38秒		-69度1分46秒		-74度59分19秒		12.0563		108.1383		96.3768	
10	MU通道 9		-40.0513		-40.0465		-40.049		0	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		159.4976		157.4716	
11	MU通道10		-40.0513		-40.0465		-40.049		0	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		159.4976		157.4716	
12	MU通道11	13749.3975		13748.2972		13748.8337		0.0856	-80度55分37秒		-69度1分46秒		-74度59分19秒		12.0563		13833.5679		13813.4158		
13	MU通道12	13749.3975		13748.2972		13748.8337		0.0856	-80度55分37秒		-69度1分46秒		-74度59分19秒		12.0563		13833.5679		13813.4158		
14	MU通道13	13749.3971		13748.2968		13748.8333		0.0856	170度58分16秒		159度4分23秒		165度0分41秒		12.0563		13947.9407		13942.5431		
15	MU通道14	13749.3971		13748.2968		13748.8333		0.0856	170度58分16秒		159度4分23秒		165度0分41秒		12.0563		13947.9407		13942.5431		
16	MU通道15	13749.3968		13748.2965		13748.833		0.0856	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		13786.3645		13771.6256		
17	MU通道16	13749.3968		13748.2965		13748.833		0.0856	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		13786.3645		13771.6256		
18	MU通道17	13749.3975		13748.2972		13748.8337		0.0856	-80度55分37秒		-69度1分46秒		-74度59分19秒		12.0563		13833.5679		13813.4158		
19	MU通道18	13749.3971		13748.2968		13748.8333		0.0856	170度58分16秒		159度4分23秒		165度0分41秒		12.0563		13947.9407		13942.5431		
20	MU通道19	13749.3968		13748.2965		13748.833		0.0856	170度58分16秒		159度4分22秒		165度0分41秒		12.0563		13786.3645		13771.6256		
21	MU通道20	13749.3975		13748.2972		13748.8337		0.0856	-80度55分37秒		-69度1分46秒		-74度59分19秒		12.0563		13833.5679		13813.4158		
22	MU通道21	13749.3975		13748.2972		13748.8337		0.0856	-80度55分37秒		-69度1分46秒		-74度59分19秒		12.0563		13833.5679		13813.4158		

时间特性测试的报告如下：

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	绝对延时时间最大值(ms)	4.496	4.4959							
3	绝对延时时间最小值(ms)	3.835	3.8349							
4	绝对延时时间平均值(ms)	4.166	4.166							
5	额定延时时间最大值(ms)	662.9211	662.9211							
6	额定延时时间最小值(ms)	662.063	662.063							
7	额定延时时间平均值(ms)	662.4917	662.4917							
8	报文正抖动最大值(us)	0.041	0.0402							
9	报文负抖动最大值(us)	-0.039	-0.04							
10	报文间隔最大值(us)	250.0303	250.0303							
11	报文间隔最小值(us)	249.9545	249.9545							
12	报文间隔均值(us)	250.0012	250.0012							

误差校验的报告如下：

1	A	B	C	D	E	F
2	最大值	0.2564	-10度26分18秒			18.7306
3	最小值	0.2363	-10度24分34秒			18.6836
4	平均值	0.2462	-10度25分22秒			18.7079
5	方差	0		0.0001		0.0001

电流电压相位核对的报告如下：



多通道测试的报告按通道号分开存储，其中通道 1 的报告如下：

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	时间 (s)	比率 (%)	标准源频率 (Hz)	试品频率 (Hz)	标准源有效值 (A/kV)	试品有效值 (A/kV)	标准源相位 (度)	试品相位 (度)	频差 (Hz)	比率 (%)	相位误差 (度)
2	157	11.11988	49.9999	18.71033	66.7193	0	43.76727	-179.86269	-31.28957	-100	136.37004
3	158	11.11981	49.99989	18.71033	66.71885	0	43.61412	-179.95537	-31.28957	-100	136.43051
4	159	11.11979	50.00002	18.71033	66.71873	0	43.4573	-179.98941	-31.28969	-100	136.5533
5	160	11.1198	49.9999	18.71033	66.71883	0	43.30952	-180.01709	-31.28958	-100	136.67339
6	161	11.11983	49.99991	18.71033	66.71901	0	43.15379	-180.05326	-31.28959	-100	136.79295
7	162	11.11978	49.99997	18.71033	66.71866	0	43.00133	179.91617	-31.28965	-100	136.91483
8	163	11.11972	49.99996	18.71033	66.71831	0	42.84901	179.88403	-31.28964	-100	137.03502
9	164	11.11967	49.9999	18.71033	66.71804	0	42.69276	179.84987	-31.28958	-100	137.15711
10	165	11.11965	49.99987	18.71033	66.71779	0	42.54507	179.82194	-31.28955	-100	137.27688
11	166	11.11975	49.99992	18.71033	66.71851	0	42.38957	179.78583	-31.2896	-100	137.39626
12	167	11.11972	49.99992	18.71033	66.71835	0	42.23521	179.75416	-31.28959	-100	137.51896
13	168	11.11962	49.99995	18.71033	66.7177	0	42.08493	179.724	-31.28962	-100	137.63907
14	169	11.11964	50	18.71033	66.71784	0	41.92798	179.68845	-31.28967	-100	137.76047
15	170	11.11963	49.99998	18.71033	66.71776	0	41.77115	179.65929	-31.28966	-100	137.88214
16	171	11.11968	49.99996	18.71033	66.71809	0	41.62566	179.62675	-31.28963	-100	138.00108
17	172	11.11979	49.99995	18.71033	66.71871	0	41.48857	179.59173	-31.28962	-100	138.12316
18	173	11.11968	49.99995	18.71033	66.71809	0	41.31934	179.56345	-31.28962	-100	138.24412
19	174	11.11978	49.99994	18.71033	66.71865	0	41.16498	179.52868	-31.28961	-100	138.3637
20	175	11.11982	50.00009	18.71033	66.71829	0	41.0084	179.49534	-31.28977	-100	138.48694
21	176	11.11977	49.99996	18.71033	66.71864	0	40.86078	179.4676	-31.28963	-100	138.60682
22	177	11.11985	49.9999	18.71033	66.71911	0	40.70538	179.43149	-31.28958	-100	138.72611
23	178	11.11986	49.99988	18.71033	66.71919	0	40.55464	179.4016	-31.28955	-100	138.84695
24	179	11.11988	49.99996	18.71033	66.71931	0	40.40167	179.36826	-31.28963	-100	138.96659
25	180	11.11987	49.99995	18.71033	66.71921	0	40.24524	179.33432	-31.28962	-100	139.08908
26	181	11.11983	49.99997	18.71033	66.71901	0	40.09553	179.30544	-31.28965	-100	139.20991
27	182	11.11981	49.99999	18.71033	66.71885	0	39.94038	179.27048	-31.28967	-100	139.3301
28	183	11.11991	50.00001	18.71033	66.71945	0	39.78754	179.23941	-31.28969	-100	139.45187
29	184	11.1199	49.99996	18.71033	66.71938	0	39.6367	179.20819	-31.28964	-100	139.5715
30	185	11.11988	50.00008	18.71033	66.71926	0	39.47845	179.17228	-31.28976	-100	139.69383
31	186	11.11997	49.9999	18.71033	66.7198	0	39.3306	179.14523	-31.28958	-100	139.81463

信号分析的报告如下：

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	时间 (s)	输入信号最大值 (A/kV)	输入信号最小值 (A/kV)	输入信号均值 (A/kV)	基频频率 (Hz)	基频幅值 (A/kV)	总谐波失真 THD (%)	信纳比 SINAD (dB)	信噪比 SNR (dB)	频差最大值 (A/kV)	频差最小值 (A/kV)
2	0	709.33	-710.211	1418.541	50.0005	501.1114	0.1363	56.7219	61.6255	2.3473	-3.686
3	1	709.33	-709.771	1419.101	50.0001	501.1028	0.137	56.7047	62.2365	2.3036	-3.578
4	2	708.89	-709.771	1418.661	50.0001	501.0959	0.1367	56.8415	62.2269	2.0789	-3.5683
5	3	708.01	-709.331	1417.3409	50.0004	501.0614	0.1242	57.4888	62.0502	2.1964	-3.693
6	4	708.45	-709.771	1418.2209	50.0003	501.1155	0.1326	57.0482	63.3972	2.143	-3.4396
7	5	708.89	-709.771	1418.661	50.0005	501.1268	0.1302	57.0515	62.9378	2.2975	-3.8715
8	6	708.45	-709.331	1417.781	50.0004	501.0317	0.1317	57.0262	62.6984	2.2859	-3.62
9	7	709.33	-709.331	1418.661	49.9992	501.078	0.136	56.89	62.7151	1.9821	-3.4318
10	8	708.45	-709.771	1418.2209	50.0005	501.1129	0.1396	56.4908	61.8954	2.685	-3.519
11	9	708.45	-709.771	1418.2209	49.9996	501.0378	0.1341	56.9233	61.3368	2.7056	-3.9575
12	10	708.45	-709.771	1418.2209	50.0008	501.1243	0.1149	58.169	62.7739	2.2841	-3.3346
13	11	708.01	-709.331	1417.3409	49.9993	501.0614	0.107	58.8244	61.7473	2.2215	-2.6801
14	12	708.89	-709.771	1418.661	49.9995	501.025	0.1062	58.7777	62.2881	2.2396	-2.6341
15	13	708.45	-709.331	1417.781	49.9992	500.9962	0.1096	58.4582	62.0226	1.7672	-3.1859
16	14	708.45	-709.331	1417.781	49.9997	500.9699	0.1501	56.0023	62.8586	2.7165	-3.1561
17	15	708.89	-708.891	1417.781	50.0012	501.005	0.1544	55.6987	61.8213	3.0509	-3.5134
18	16	708.89	-709.331	1418.2209	50.0002	500.9604	0.1342	56.8907	61.2423	2.583	-3.4734
19	17	708.89	-709.331	1418.2209	50	500.951	0.1383	56.6616	62.238	2.9342	-3.4073
20	18	709.33	-709.331	1418.661	49.9996	500.9329	0.1345	56.8713	62.4225	2.4215	-3.8464
21	19	708.01	-709.331	1417.3409	49.9991	500.9829	0.1406	56.5165	62.6777	2.3672	-3.7072
22	20	708.45	-709.331	1417.781	50.0006	500.9509	0.1389	56.693	61.6843	2.4806	-3.3572
23	21	708.45	-708.891	1417.3409	50.0004	501.027	0.1397	56.5285	61.1485	2.365	-3.2812
24	22	708.45	-709.331	1417.781	49.9997	501.0116	0.1314	57.065	61.1653	1.8843	-3.2771
25	23	708.01	-708.891	1416.901	50.0009	501.0604	0.118	57.823	61.8459	2.098	-3.2959
26	24	708.01	-709.331	1417.3409	50.0003	501.0395	0.1235	57.5039	61.6675	2.8026	-3.3974
27	25	708.89	-709.331	1418.2209	49.9992	501.0406	0.1183	57.9419	62.8414	1.8572	-3.2144
28	26	708.45	-710.211	1418.661	49.9999	501.0668	0.1217	57.6461	62.2245	2.8484	-3.1977
29	27	708.89	-709.771	1418.661	49.9997	501.0375	0.1245	57.3202	61.9144	2.5155	-3.3746
30	28	708.89	-710.211	1419.101	49.9993	501.1172	0.1188	57.8309	62.5112	2.8546	-3.6709
31	29	708.89	-709.771	1418.661	50.0006	501.1172	0.1253	57.506	62.6122	1.9182	-3.6577
32	30	708.89	-709.331	1418.2209	49.9998	501.075	0.1338	56.8823	61.8701	2.4338	-3.331

4.6 试验接线方式

4.6.1 电子式电流互感器接线参考

参考接线示意图见图 5，该方案采用调压器控制升流器的电流输出。标准电流互感器的 L1 端和电子式电流互感器一次回路的 P1 端朝向相同。标准电流互感器（默认减极性）二次输出 K1 端，接入校验仪的电流输入星号端，K2 接校验仪的电流输入非星号端。

注意：标准电流互感器如果是 5A 输出，则只能连接到校验仪的 5A 电流输入端子，切勿误接到校验仪的电压输入端子！也不可接入到 1A 电流输入端子！也不可接入同轴电缆接头的“标准电压”端子！否则，均会损毁校验仪！

被校的电子式电流互感器合并单元 (MU) 如果是 IEC61850-9 以太网协议，则通过光纤以及光电转换器连接到上位机以太网输入端口。如果是模拟小电压信号输出，则信号接至“试品电压”输入端子。上述试品接线方式根据实际试品类型选择一种。

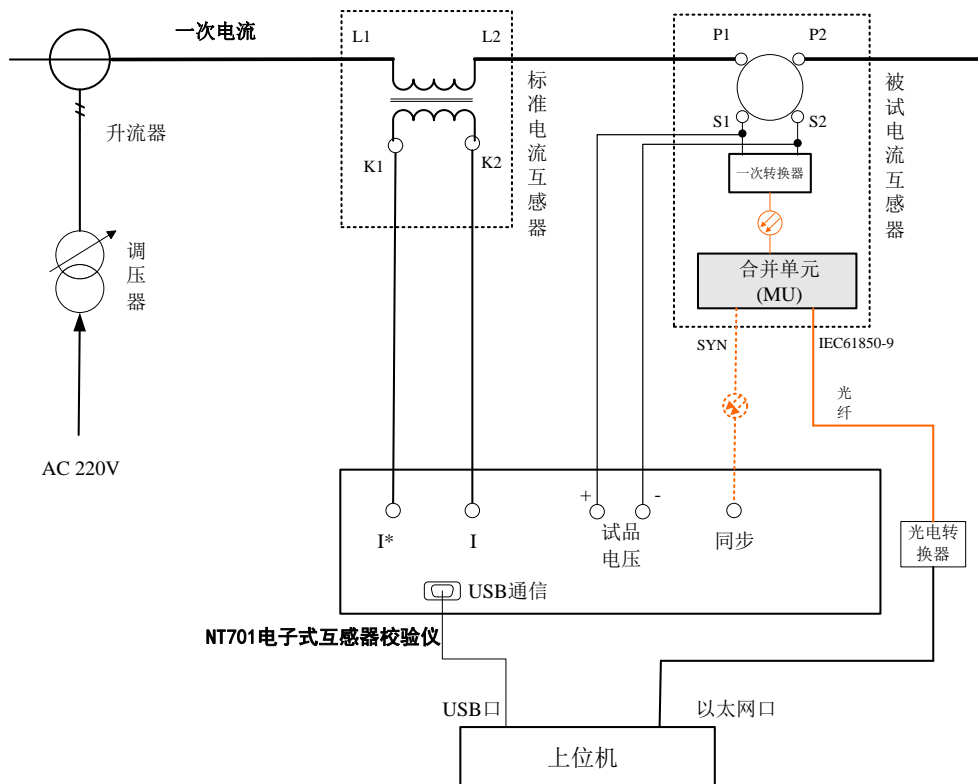


图 13 电子式电流互感器试验参考接线

4.6.2 电子式电压互感器接线参考

参考接线示意图见图 6，升压系统可以是升压器，或者是谐振升压装置。标准电压互感器的一次绕组 A 端和电子式电压互感器一次回路高压端连接。标准电压互感器二次输出 a 端，接入校验仪的电压输入高端“100V”，x 端接入校验仪的电压输入低端“N”。

注意：标准电压互感器输出，只能连接到校验仪的电压输入端子（100V 和 N），切勿误接到校验仪的 1A 或 5A 电流输入端子！也不可接入同轴电缆接头的“标准电压”端子！否则，均会损毁校验仪！

被校的电子式电压互感器合并单元（MU）如果是 IEC61850-9 以太网协议，则通过光纤以及光电转换器连接到上位机以太网输入端口。如果是峰值 10V 以内模拟小电压信号输出，则信号接至“试品电压”输入端子。上述试品接线方式根据实际试品类型选择一种。

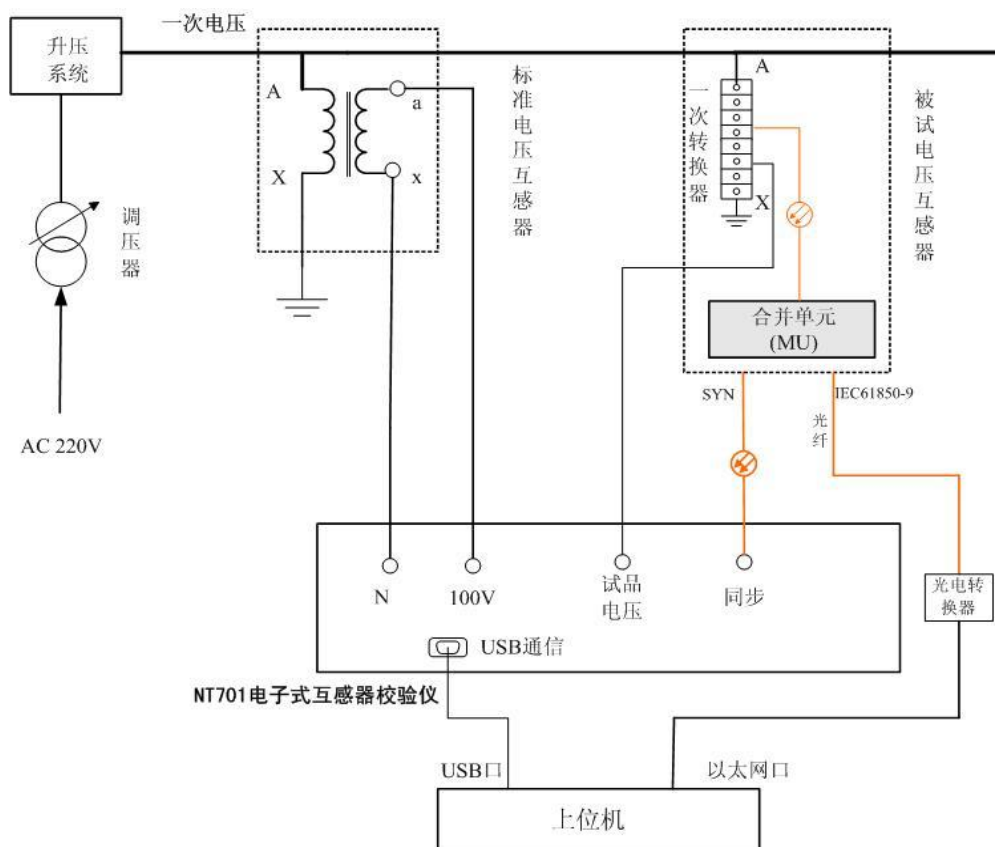

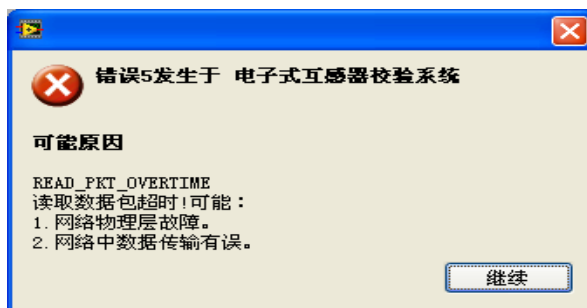


图 14 电子式电压互感器试验参考接线

5 问题及解决

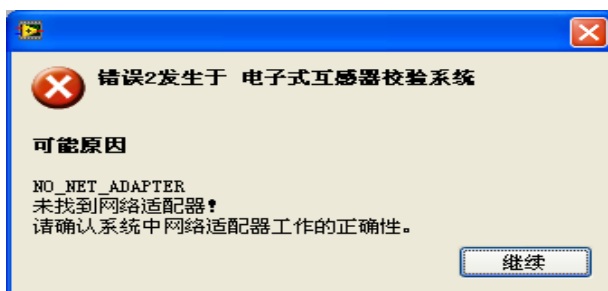
一、当程序停止后，程序界面左上角会出现一个控制图标：，单击之，可以再次启动程序。对界面所作的选择配置在单击此按钮后才会生效。

二、如果程序出现如下对话框：



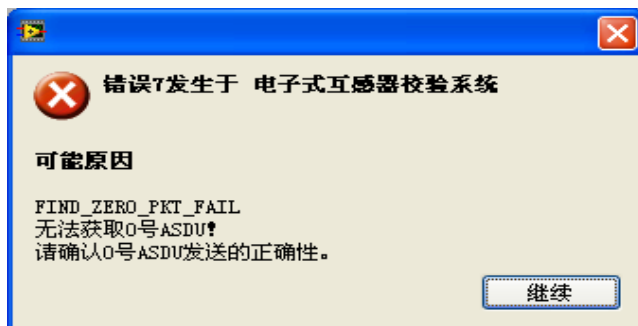
请查看：网络是否意外断开，合并器是否在发送数据。

三、如果程序出现如下对话框：



在进行数字量输出式互感器校验时可能出现上述告警，请在“系统配置”中的“网卡选择”下拉菜单中，正确选择与试品连接的网卡。

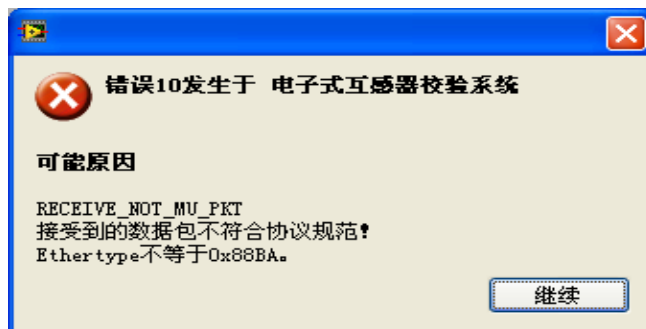
四、如果程序出现如下对话框：



说明：数字量输出的电子式互感器，在接受到同步脉冲信号时刻，将当前采样点计数器设为0。校验仪从以太网数据报文中提取采样点计数信息，如果无法找到计数器等于0的采样点，将会提示上述告警信息。

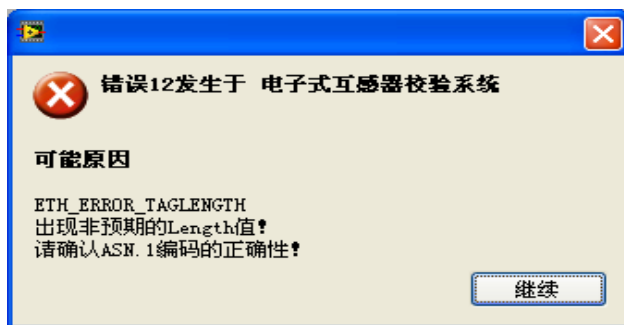
附录为数字接口标准供参考，具体见 IEC60044、IEC61850-9。

五、如果程序出现如下对话框：



当从网络报文中无法检测出以太网类型为 0X88BA 的报文时，出现上述告警。需检查网络连接的正确性，以及试品发送报文的正确性。

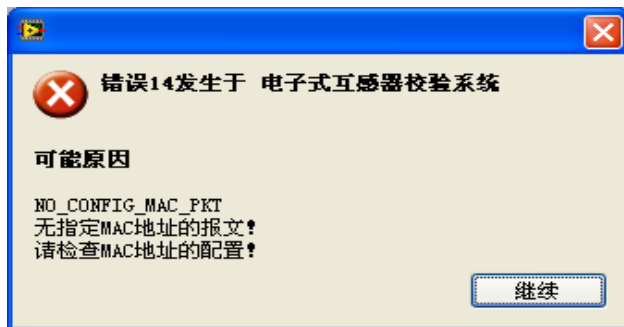
六、如果程序出现如下对话框：



在数字量输出式电子式互感器中，报文编码需要按 ASN.1 的 TLV (Tag, Length, Value) 编码规则，Length 表示数据域的长度，假定数据域的字节数为 n。当 $n \leq 127$ 时 Length 只有一个字节，值为 n；当 $n > 127$ 时，Length 有 2~5 个字节，第一个字节的 Bit7 为 1，Bit0~6 为 Length 总字节数减 1，第二个字节开始给出 n 的具体值，高位优先。

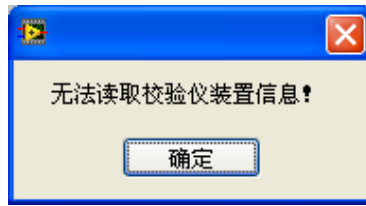
当报文数据与上述规则不一致时会告警，请确认试品报文编码的正确性。

七、如果程序出现如下对话框：



在 IEC61850-9-2LE 和 IEC61850-9-2 的检验试验中，如果以太网中无法接收到匹配的目标 MAC 地址的报文，会有上述告警。请在“试品配置”中，正确配置“目标 MAC”地址。

八、如果程序出现如下对话框：



请确认上位机与校验仪的 USB 通信线正确连接；尝试重新拔插该 USB 线，让上位机重新自动识别校验仪装置并自动加载相应驱动。

5 暂态校验系统使用说明

“NT700 电子式互感器及 MU 暂态校验仪”软件主界面如下图所示

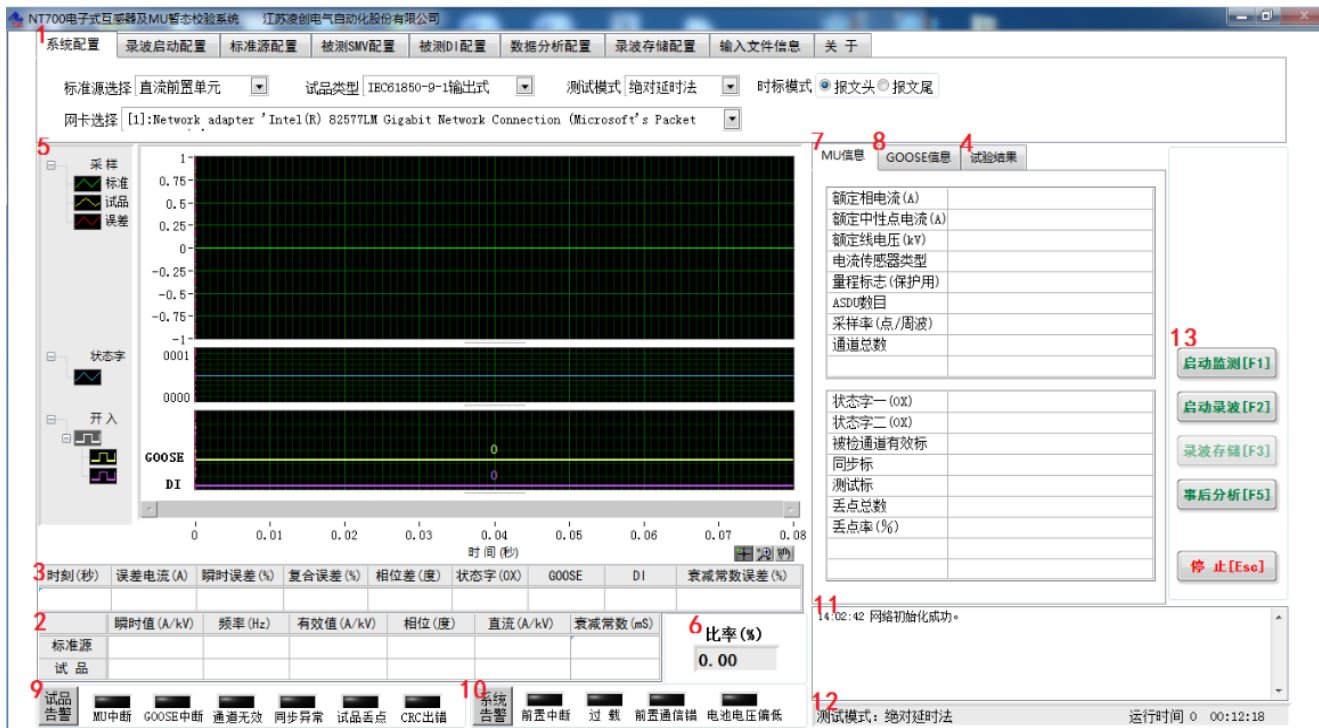


图 12 主界面图

5.1 功能说明

5.1.1 系统操作流程

当进行暂态试验时，基本操作流程如下：

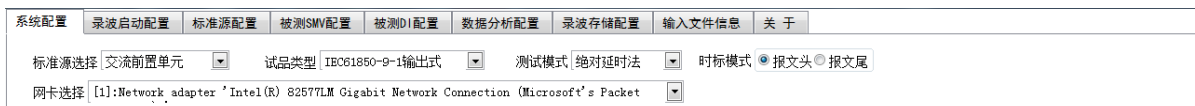
1. 试验接线，装置上电。保证校验系统、标准源侧试验设备、辅助的监测仪器仪表、安全接地线、以及试品接线无误。建议先给二次系统上电，观察试品和校验仪器都正确连接和正确显示后，再按照试验相关操作指导进行后续的其他试验设备上电。
2. 系统配置。在校验软件的主界面中，依次进行“系统配置”、“标准源配置”、“试品配置”、“录波配置”，为暂态试验的正确数据采集和正确录波提前做好配置。
3. 启动监测。点击主界面上的“启动监测[F1]”按钮，系统开始接收数据并显示，此时观察标准源数据和试品数据是否正常，是否有告警灯点亮。如果有异常，查找原因并在试验前消除异常。
4. 启动录波。上述“启动监测”无异后，可以点击主界面的“启动录波[F2]”按钮，进入录波阶段，可以手动启动录波，也可以系统自判突变变量启动录波。录波完成后，可以进行录波数据的分析，得出暂态校验的试验结果。
5. 录波数据存储。当试验完成后可以根据需要，点击“录波数据存储[F3]”按钮，对当前的录波数据进行 COMTRADE 格式的存储。

6. 当进行录波数据的事后分析时，则只需要在校验系统主界面上，点击“事后分析[F5]”按钮即可打开录波数据文件，进行事后波形回放和分析。

5.1.2 参数配置

对应主界面图标注 1。

5.1.2.1 系统配置



☉ 标准源选择

开始实验前，根据标准源接入方式选择标准源，“交流前置单元”表示标准源由交流前置单元输入端口接入。

☉ 试品类型

开始试验前，根据被测互感器的输出量类别，选择“模拟量输出式”，或“IEC61850-9-1 输出式”，或“IEC61850-9-2LE 输出式”，或“IEC61850-9-2 输出式”，或“FT3 输出式”，或“南瑞航天直流本体”。该配置选项在进入“启动监测”之后，仍可以改变，也可以软件停止后进行修改。

☉ 测试模式

根据试验要求选择测试模式，选项包括“绝对延时法”和“同步脉冲法”。

☉ 时标模式

根据试验要求选择“报文头”或“报文尾”。

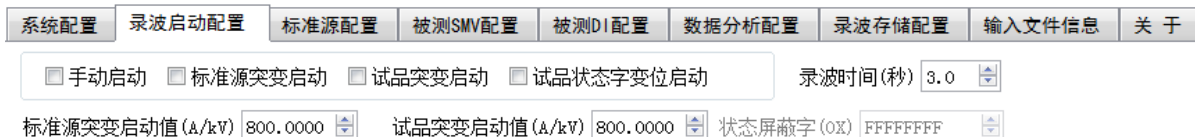
注：“绝对延时法”，指校验仪接收到MU的采样值报文后，由校验仪实时打上时标，和标准源信号在同一个时间轴上对齐，实现标准源和试品的同步。“同步脉冲法”，指校验仪接收到MU采样值报文后，按照报文中自带的采样计数器，和标准源信号对齐，实现标准源和试品的同步。

“绝对延时法”不要求MU是否接收同步信号；“同步脉冲法”要求MU接收同步信号。

☉ 网卡选择

系统自动检测可供使用的网卡并列表，需根据上位机与校验仪实际网络接线进行选择。

5.1.2.2 录波启动设置



☉ 启动录波方式

配置录波启动方式。包括手动启动、标准源突变启动、试品突变启动和试品状态字变位启动四种方式。当选择“标准源突变启动”和“试品突变启动”时，还需配置“标准源突变启动值”和“试品突变启动值”；当选择“试品状态字变位启动”时，还需配置“状态屏蔽字”，“状态屏蔽字”与MU上送的“通道品质字”进行“与”运算，与运算结果如果发生变位则会启动录波。

➤ 录波时间

启动录波后记录的数据时长。

➤ 标准源突变启动值

当选择录波启动方式为“标准源突变启动”时，需配置启动门槛电压。当：

$$|i\varphi(t) - 2 \times i\varphi(t-T) + i\varphi(t-2T)| > \text{突变启动值}; \quad T \text{ 为一个周波时长 } 20\text{ms}$$

则启动录波，标准源突变录波时记录启动前 300ms 的数据。

➤ 试品突变启动值

当选择录波启动方式为“试品突变启动”时，需配置启动门槛电压。当：

$$|i\varphi(t) - 2 \times i\varphi(t-T) + i\varphi(t-2T)| > \text{突变启动值}; \quad T \text{ 为一个周波时长 } 20\text{ms}$$

则启动录波，试品突变录波时记录启动前 300ms 的数据。

5.1.2.3 标准源配置

系统配置	录波启动配置	标准源配置	被测SMV配置	被测DI配置	数据分析配置	录波存储配置	输入文件信息	关于
额定一次值 (A/kV)		1000	额定二次电压 (V)		0.15			

➤ 额定一次值；额定二次电压

按照标准源信号的外部接线变比来设置该值。“额定一次值”为外部标准侧变比的额定一次值，“额定二次电压”为额定一次值对应的转化成的二次小电压值。该电压直接接入校验系统的“校验仪前置单元”标准电压输入端子。

5.1.2.4 被测 SMV 配置

系统配置	录波启动配置	标准源配置	被测SMV配置	被测DI配置	数据分析配置	录波存储配置	输入文件信息	关于
目标MAC地址	FFFFFFFFFFFF	停用MAC	<input checked="" type="checkbox"/>	试品通道号	1	通道配置	保护电流	
额定相位偏移(度)	-0.0000	额定延时时间(毫秒)	2.000	额定对称短路电流倍数	20	额定一次值 (A/kV)	600	

➤ 目标 MAC 地址

根据需要接收的 IEC61850-9-2 采样值报文所对应的以太网目标 MAC 地址来设定此参数，十六进制。

➤ 停用 MAC

如果试品的合并器数据和校验仪是点对点直连，不存在发送多个 MAC 地址的采样值报文情况，则可以勾选此项，停用 MAC 地址过滤功能。

➤ 试品通道号

从合并单元（MU）数据集的多路数据通道中选择某一路采样数据进行试验。此处可选的最大通道号是从 MU 报文中解析出的最大通道数。

➤ 通道配置

根据所选“通道号”对应的信号类别来设置此项：电压、测量电流、保护电流、或者零序电流。

➤ 额定相位偏移

根据被试品所提供的参数来设置，单位“度”。试验开始前应由被试品生产商提供该参数。

➤ 额定延时时间

根据被试品所提供的参数来设置，单位“毫秒”。试验开始前应由被试品生产商提供该参数。

➤ 额定对称短路电流倍数

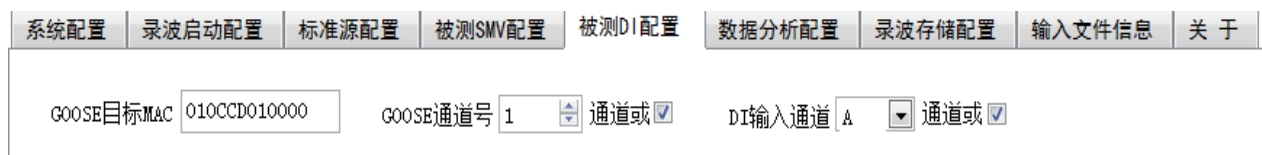
电子式互感器的额定参数，此值需要由试品制造方提供。

注：额定对称短路电流倍数是具有暂态性能的保护用电流互感器的 K_{SSC} ，其标准值为：3, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 25, 30, 40, 50, 下划线为优先值

➤ 额定一次值；额定二次电压

当试验选择为模拟量测试时，按照标准源信号的外部接线变比来设置该值。“额定一次值”为外部标准互感器的额定一次值，“额定二次电压”为额定一次值对应的转化成的二次小电压值。该电压直接接入校验系统的“校验仪前置单元”。

5.1.2.4 被测 DI 配置



➤ GOOSE 目标 MAC

根据需要接收的 GOOSE 报文的以太网目标 MAC 地址来设定此参数，十六进制。

➤ GOOSE 通道号

从 GOOSE 数据集中选择一路“虚端子”号进行试验，GOOSE 数据集中的所有 BOOL 量构成“虚端子”排，序号从 1 开始依次递增。此处可选的最大通道号是从 GOOSE 报文中解析出的最大通道数。

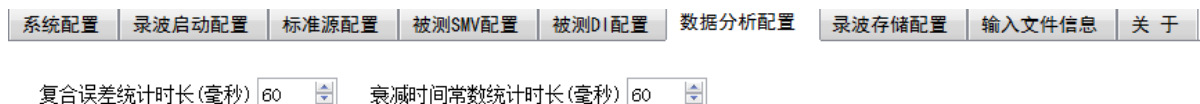
“通道或”选项选中后，所有 GOOSE 通道值取逻辑“或”。

➤ DI 输入通道

选择一路开关量输入通道进行试验。

“通道或”选项选中后，所有开关量输入通道值取逻辑“或”。

5.1.2.5 数据分析配置



复合误差统计时长是拖动光标计算复合误差时，向光标所处时刻之后所取的数据时间窗长度。衰减时间常数统计时长是拖动光标计算直流分量衰减时间常数时，向光标所处时刻之后所取的数据时间窗长度。复合误差和衰减时间常数的计算方式见 5.1.4。

5.1.2.6 录波存储配置

系统配置	录波启动配置	标准源配置	被测SMV配置	被测DI配置	数据分析配置	录波存储配置	输入文件信息	关于
试品名称	T001	校验试验员	a	备注信息	无			

此处配置录波文件包含的额外信息。

5.1.2.7 输入文件信息

系统配置	录波启动配置	标准源配置	被测SMV配置	被测DI配置	数据分析配置	录波存储配置	输入文件信息	关于
录波时间		文件名						
试品名		试验员	试验员A	备注信息	无			

COMTRADE 格式的暂态误差试验数据，可以事后录入，进行事后分析。录入的文件相关信息在此显示。

5.1.2.8 关于

关于本软件的简要说明及联系方式。

5.1.3 测量结果显示

对应主界面图标注 2。“标准源”和“试品”的测量结果分开显示，包括：瞬时值、频率值、有效值、相位值、直流及衰减常数。

5.1.4 暂态校验结果显示

对应主界面图标注 3，4。

标注3是指波形窗口中光标所指时刻的实时数据。界面显示出光标所处时刻，误差电流，瞬时误差，复合误差，相位差，状态字，GOOSE，DI值和衰减常数误差值。

标注 4 是指暂态试验录波完成后，系统会对整个试验数据统计，并显示出该次试验的最大瞬时误差电流值、最大峰值瞬时误差、对应的发生时刻以及时间特性相关结果，包括：

➤ MU 额定延时

指 MU 接收到同步信号将采样计数器清 0 时刻，到 MU 将 0 号计数器的采样值送出的时刻，两时刻之间的时间间隔。

➤ 标准源突变时刻

指暂态过程中标准源信号突变量大于启动门槛的时刻，突变量启动公式为： $|i\varphi(t) - 2 \times i\varphi(t-T) + i\varphi(t-2T)| > \text{突变启动值}$ 。

➤ 试品突变时刻

指暂态过程中试品信号发生突变的时刻，突变量计算公式同上。

➤ 延时修正时间

记录由突变时刻和相位综合得到的时间误差补偿量。

➤ 暂态绝对延时

指暂态过程中电子式互感器一次侧工频模拟量出现某一量值的时刻，到 MU 将该模拟量对应的数字采样值送出的时刻，两时刻之间的时间间隔。暂态绝对延时=试品突变时刻 - 标准源突变时刻 - 延时修正时间。

➤ 起始突变时刻

指标准源信号开始发生突变的起始时刻，由软件自动检索得到，该时刻不会晚于上述“标准源突变时刻”。

➤ GOOSE 变位时刻

指 GOOSE 报文状态标发生变位的时刻。

➤ GOOSE 延时

GOOSE延时= GOOSE变位时刻 - 起始突变时刻

➤ DI 变位时刻

指 DI 发生变位的时刻。

➤ DI/整组延时

DI延时= DI变位时刻 - 起始突变时刻。

➤ 保护动作延时

保护动作延时= GOOSE 延时 - 暂态绝对延时。

➤ 智能终端延时

智能终端延时= DI延时 - GOOSE延时，也即：DI变位时刻- GOOSE变位时刻。

➤ 标准源衰减常数

显示光标所在位置标准侧衰减时间值。

➤ 试品衰减常数

显示光标所在位置试品侧衰减时间值。

➤ 衰减常数误差

显示标准源与试品衰减时间的误差值

注：

1. 瞬时误差电流

指二次电流瞬时值 (i_s)和 额定电流比 (K_n) 的乘积与一次电流瞬时值(i_p)的差值：(见 GB16847-1997 保护用电流互感器暂态特性技术要求 3.2；或见GB/T 20840.8-2007电子式电流互感器 3.3.12)

$$i_e = K_n i_s - i_p$$

在同时具有交流和直流分量时，所含各分量分别如下表示：

$$i_e = i_{eac} + i_{edc} = (K_n i_{sac} - i_{pac}) + (K_n i_{sdc} - i_{pdc})$$

2. 最大峰值瞬时误差

在规定的工作循环中的最大瞬时误差电流，表示为额定一次短路电流峰值的百分数。见 GB16847-1997 保护用电流互感器暂态特性技术要求 3.3；或见 GB/T 20840.8-2007 电子式电流互感器 3.3.13.

$$\hat{\varepsilon} = 100 \times \hat{i}_{\varepsilon} / (\sqrt{2} \times I_{PSC}), \%$$

其中， \hat{i}_{ε} ：最大瞬时误差电流；

I_{PSC} ：暂态特性的额定一次短路电流， $I_{PSC} = K_{SSC} \times I_{pr}$ ；

K_{SSC} ：暂态特性的额定对称短路电流倍数；

I_{pr} ：额定一次电流；

3. 复合误差

详见 GB/T 20840.8-2007 的附录 E6.3.2。其中 I_p 取一次电流基波的均方根值。

复合误差统计时长可整定。

4. 直流分量的衰减时间常数

统计的时间窗起始时刻为光标所处时刻，设时间窗的起始阶段直流分量为 D_1 ，时间窗终止阶

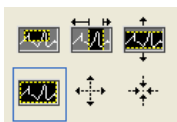
段的直流分量为 D_2 ；由公式： $i(\text{直流}) = \text{Amp} \times e^{-\frac{t}{\tau}}$ ，计算衰减时间常数： $\tau = \frac{-\Delta t}{\ln \frac{D_2}{D_1}}$

其中， Δt 为时间窗的长度。 τ 的取值范围限定为：[1, 999] ms。

5.1.5 波形绘制与控制

对应主界面图标 5。该窗口会在系统监测中，显示一次侧的电流波形。在暂态试验录波完成后，显示录波波形和瞬时误差电流。各个波形以不同的颜色加以区分。


波形的控制可以点击控制图标：；第二个  为波形缩放，其子图标如下：



功能依次为：所选窗口放大，横向放大，纵向放大，全屏显示，整体放大，整体缩小。

第三个图标  为波形的拖拽。

波形窗口点击右键可以进行波形图像的清除，标注和导出，以及坐标的调整。

当录波完成后，为了拖动显示窗口中的光标，需先选中第一个图标 。

5.1.6 合并单元配置信息

对应主界面图标注 6。当被试互感器不是模拟量输出式时，被试互感器合并器（MU）的配置信息从采样值以太网报文中解析出来，在此处显示。当为“模拟量输出式”时，此处信息变灰，表示无效。

合并单元配置信息包括配置信息和状态信息两部分，配置信息在启动校验时对报文进行一次解析，状态信息则是在试验过程中连续监测统计。

合并器的配置信息需要和实际互感器参数相一致，因为 MU 配置的额定参数不正确会造成报文解析的失败以及被试互感器采样值的不正确，影响校验结果。

当被试互感器为数字量输出式时，从数据报文中提取采样值的计数器值，从而判断是否有丢包情况发生，丢包次数在此显示。当发现丢包时，本次不进行误差校验。

5.1.7 GOOSE 信息

对应主界面图标注 7。GOOSE 信息为试验开始后从 GOOSE 报文中解析出的相关信息。

5.1.8 系统状态告警灯

对应主界面图标注 8 和 9。分为试品告警灯和系统告警灯两类，告警灯红色亮起表示该事件发生。

序号	名称	说明及处理对策
试品告警		
1	MU 中断	说明：指示上位机未接收到 MU 采样值报文。 对策：检查 MU 和接线是否发生异常，检查 MU 数据发送是否正确，上位机的“试品配置”与 MU 采样值报文是否一致。
2	GOOSE 中断	说明：指示上位机未能接收到 GOOSE 报文。1.5 倍“允许存活时间”内未收到报文则告警；初始“允许存活时间”为 10 秒 对策：检查 GOOSE 发送是否正确；GOOSE 接线是否正确；“被测开关量”配置是否正确。
3	通道无效	说明：通过读取试品采样值报文中送的通道有效标，来判断试品数据是否异常。 对策：检查试品的采样回路和试品发送的数据有效标是否正确。
4	同步异常	说明：指示试品采样值报文中送的“已同步”标无效，或者后台校验系统判别到试品上送的采样值报文到达时刻，与标准源采样数据到达时刻偏差 400ms 以上。 对策：检查试品的同步回路和试品的数据发送。
5	试品丢点	说明：指示后台校验系统判别到试品采样值报文中送数据的采样节拍不连续，有丢点。 对策：检查试品的数据发送。
6	CRC 出错	说明：当进行 FT3 的校验时，指示接收到的数据发生 CRC 校验出错。 对策：检查试品数据发送。
系统告警		

1	前置中断	说明：指示校验仪的前置单元与校验仪的连接发生中断。 对策：检查校验仪前置单元是否上电；前置单元与校验仪的光纤连接是否发生异常
2	过载	说明：指示模拟量采集过载，实际输入电压峰值大于 5V，大于校验系统测量范围。 对策：迅速降低外部模拟量的输入到测量限值以下，防止过压对校验仪造成永久损坏。
3	前置通信错	说明：指示校验仪接收到的前置单元数据出错。 对策：检查前置单元电源是否偏低，光纤及光纤端口是否有损坏。
4	电池电压偏低	说明：校验仪前置单元的电池电压偏低，电池需要及时充电。当指示灯闪烁时，指示前置单元电压极低已经无法正常工作。 对策：给电池充电。


5.1.9 程序提示信息

对应主界面图标注 10。校验系统软件运行阶段的相关信息提示。

5.1.10 程序状态栏

对应主界面图标注 11。校验系统软件运行阶段的状态信息，包括测试模式和运行时间，测试模式包括同步脉冲法和绝对延时测试法。

5.1.11 程序控制按钮

对应主界面图标注 12。点击程序左上角后，程序即进入校验试验前的配置阶段，当配置完毕后，点击主界面上的“启动监测[F1]”按钮，系统开始接收数据并显示，此时观察标准源数据和试品数据是否正常，是否有告警灯点亮。如果有异常，查找原因并消除异常。

上述“启动监测”无异常后，可以点击主界面的“启动录波[F2]”按钮，进入录波阶段，可以手动启动录波或突变量启动录波。

录波完成后，可以进行录波数据的分析，得出暂态校验的试验结果。当试验完成后可以根据需要，点击“录波数据存储[F3]”按钮，对当前的录波数据进行 COMTRADE 格式的存储。

当进行录波数据的事后分析时，则只需要在校验系统主界面上，点击“事后分析[F5]”按钮即可打开录波数据文件，进行事后波形回放和分析。

5.2 暂态试验注意事项

1. 模拟量输出式试品，和数字量输出式试品的接线方式不同。

模拟量输出式试品，模拟量接至“校验仪前置单元”的试品电压输入，由“前置单元”完成标准和试品的采样。“NT705 电子式互感器稳态暂态校验仪”的试品输入接口空置不用。

数字量输出式试品，其以太网输出接口通过光纤，接至“NT705 电子式互感器稳态暂态校验仪”的光纤以太网输入口，其 FT3 输出口通过光纤，接至“NT705 电子式互感器稳态暂态校验仪”的 FT3 输入口。“前置单元”只完成标准源的模拟信号采集。

2. 启动录波前，需先对各配置项正确配置

录波前，启动监测可以显示出当前的采样值和告警状态，用户可以检查系统是否正确配置，是否有影响录波的告警状态存在。当配置正确后，可以单击“启动录波”按钮来进入录波状态。

3. 前置单元输入信号不要过载。

前置单元端子输入信号注意不要过载，峰值确保在-10V 到+10V 以内，切勿超量程工作。

4. 试验数据存储会产生 3 个文件

试验录波数据以 COMTRADE 文件格式存储，该格式标准，可以参见：DL/T 553-94 220~550KV 电力系统故障动态记录技术准则。文件共三个，名称相同，以扩展名相区分，分别为.CFG, .DAT, .TXT。前两个文件包含录波数据，最后一个文件包含了文件存储时系统的配置信息以及试验报告。

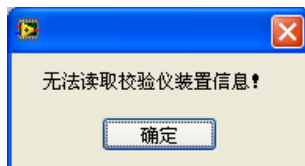
5.3 试验报告

校验报告格式如下：



6 问题及解决

一、如果程序出现如下对话框：

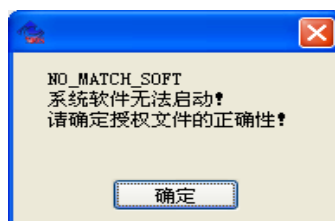


请确认上位机与校验仪的 USB 通信线是否正确连接，校验仪装置相应驱动是否正确安装。若上位机与校验仪的 USB 通信线正确连接，尝试重新拔插 USB 线，让上位机重新自动识别校验仪装置并自动加载相应驱动；若校验仪装置相应驱动出错（在硬件的设备管理器中查看 DT-Open Layers Data Acquisition Devices 的下拉菜单是否有黄色感叹号），请联系厂家。

二、如果程序出现如下对话框：



请确认 C:\Program Files 检验系统软件同名文件夹中授权文件是否存在。若无有效授权文件请与厂家联系。



请确认 C:\Program Files 检验系统软件同名文件夹中授权文件是否正确，若授权文件不对请与厂家联系。

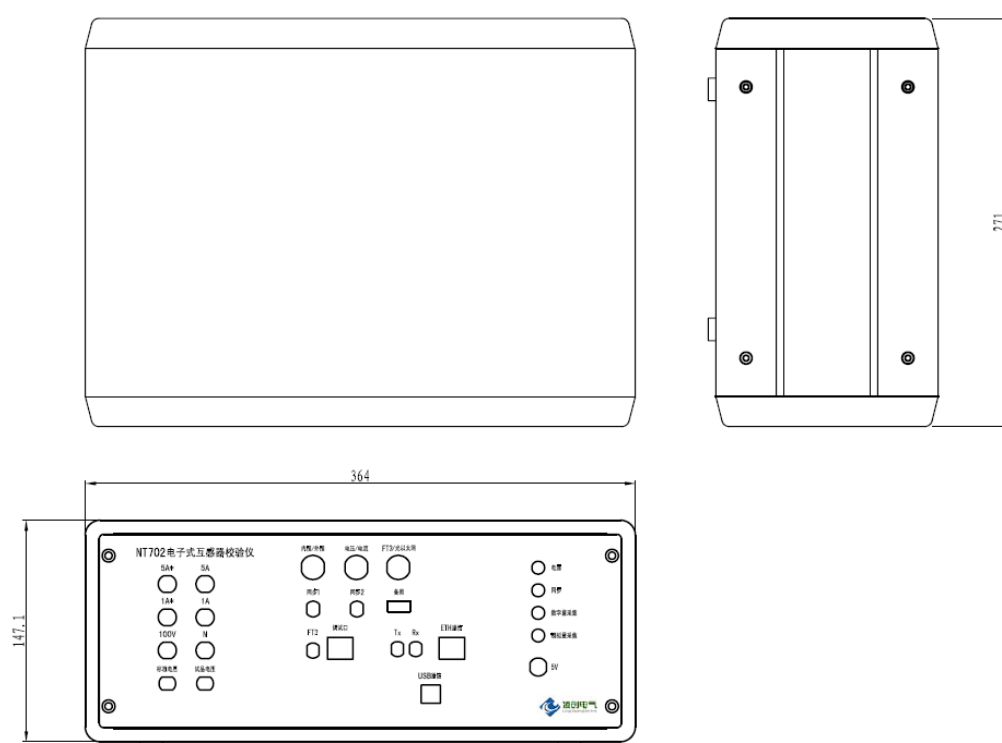
三、提示信息栏告警

若软件运行过程中提示信息栏出现以下告警：

序号	提示信息栏内容	说明及处理对策
1	模拟量采集失败!	请停止软件，尝试重新拔插该 USB 线，让上位机重新自动识别校验仪装置并自动加载相应驱动；
2	无法打开所选网卡!	在进行数字量输出式互感器校验时可能出现上述告警，请确认网卡是否已经正确选择，所选的网卡是否工作正常，驱动程序 WinPcap 是否正确安装。

3	读取 MU 采样值报文超时!	<p>请查看：网络是否意外断开，网络中是否在传输数据。</p> <p>在 IEC61850-9-2LE 和 IEC61850-9-2 的检验试验中，如果以太网中无法接收到匹配的目标 MAC 地址的报文，会有上述告警。请在“试品配置”中，正确配置“目标 MAC”地址。</p>
4	无法获取 0 号 ASDU!	<p>说明：数字量输出的电子式互感器，在接受到同步脉冲信号时刻，将当前采样点计数器设为 0。校验仪从以太网数据报文中提取采样点计数信息，如果无法找到计数器等于 0 的采样点，将会提示上述告警信息。附录为数字接口标准供参考，具体见 IEC60044、IEC61850-9。</p>
5	ASDU 数目非预期!	<p>请确定报文类型的正确性。</p>
6	MU 丢点!	<p>请确定合并单元报文是否丢点。</p>

7 外形及尺寸



附录 A IEC61850-9-1 输出接口标准

● 概述

IEC 61850-9-1 推荐物理层和链路层使用光纤以太网，应用层的应用规约数据单元参照 IEC-61850-9-1 的规定，应用服务数据单元参照 IEC 60044-8 的数字输出技术要求的应用层的规定。

使用同步脉冲来实现多个合并器采样时间的一致性。

● 物理层

IEEE 802.3 规定的 100Base-FX 或 IEEE 802.3 规定的 10Base-FL 光纤传输系统作为数据输出的物理层。若配有 IEEE 802.3 规定的 10Base-T 双绞线介质仅用于试验，不可用于实际运行。

建议采样 BFOC 连接器（即 ST 型连接器），也可使用 SC 型连接器。

光纤传输系统通常采用两条光纤以便支持链路监视(link supervision)，但需要多点传输的场合可使用单向光纤传输。

● 链路层

以太网地址

地址域由全部“1”组成的以太网广播地址应被用作目标地址的缺省值。因此发送侧没有必要进行地址配置。然而作为一个可选性能，目标地址应当是可配置的，例如，通过改变组播传送地址可以借助交换机将合并单元与间隔层设备连接。

当使用交换机时源地址应使用唯一的以太网地址，不使用交换机时不要求地址的唯一性。源地址都根据 IEC 61850-9-2 部分的附录 C 规定的范围 01-0C-CD-04-00-00~01-0C-CD-04-01-FF 选取。

优先权标记/虚拟局域网

按照 IEEE 802.1Q，优先权标记用于把和保护相关的时间紧迫、高优先级的总线传输与量大而优先级又低的总线负载分离开来。

标记头的结构：

8 位 位组		8	7	6	5	4	3	2	1
1	TPID	0x8100							
2									
3	TCI	User priority			CFI	VID			
4		VID							

TPID 值：0x8100

User Priority：三位，User priority 的值应在配置时进行设置，以便将模拟量采样值和时间紧迫的、保护相关的 GOOSE 信息与低优先级的总线负载相区别。缺省的优先级为 4。

CFI：一位[0]，Length 后无嵌入的 RIF 域/以太网标记帧中有类型域。

VID: 支持虚拟局域网是一种可选的机制, 如果采用了这种机制, 那么配置时应设置虚拟局域网标识(VID)。另外, 虚拟局域网标识 VID 缺省值为 0。

以太网类

基于 ISO/IEC 8802-3 MAC 子层的以太网类型将由 IEEE 著作权注册机构进行注册。所注册的以太网型(Ethertype)值为 88-BA(16 进制)。模拟量缓冲区的更新是直接映射到所保留的以太网类型和以太网类型 PDU 上。

以太网类 PDU 结构:

8 位位组	8	7	6	5	4	3	2	1
1	EtherType							
2								
3	APPID							
4								
5	Length							
6								
7	Reserved1							
8								
9	Reserved2							
10								
11	APDU							
...								
m+2								

APPID: 应用标识。APPID 用于选择包含模拟量采样值的信息和用于区别关联的应用。为模拟量采样值保留的 APPID 值范围是 0x4000~0x7FFF。缺省值为 0x4000。缺省值表示 APPID 没有被配置。配置系统时将强烈推荐将 APPID 配置为系统中的唯一值。

Length: 包括从 APPID 开始的以太网型 PDU 的 8 位位组的数目, 其值为 8+m(m<1480)。

Reserved1/Reserved2: 用于将来的标准化应用。

APDU: 应用规约数据单元。

- 应用层—应用规约数据单元 (APDU)

映射提供在 APDU 被递交到传输缓冲区以前将若干个应用服务数据单元 (ASDU) 连接成一个 APDU 的性能。被连接为一个 APDU 的 ASDU 的数目是可以配置的并与采样速率有关。为减少应用的复杂性, ASDU 的连接不是动态可变的。

详细资料如图 1 所示。

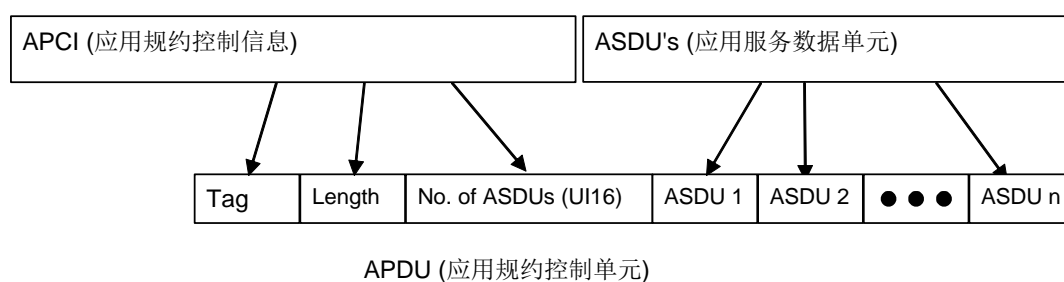


图 1 若干 ASDU 合成一帧的串连

与基本编码规则(BER)相关的 ASN.1 语法被用来对在过程层传输的模拟量采样值信息进行编码。

为进行传送，模拟量采样值缓冲区按下表详述的方法进行编码。

表 1 用于模拟量采样值缓冲区传送的编码

按 IEC61850-7-2 篇的抽象缓冲格式		本标准中的代码	备注
属性名称	属性类型		
		8 位位组: tag	Tag 按 ASN.1 基本编码规则编码。
		8 位位组串: Length	Length 按 ASN.1 基本编码规则编码。
		UI16: ASDU 的数目	被链接成一个 APDU 并被写入采样值缓冲区的 ASDU 的数目。
MsvID	VISIBLE STRING	8 位位组串	MAC 广播地址是以太网报头的一部分。
		UI16: Length	当报头加入加入的 ASDU 的长度
OptFlds	PACKED LIST		未映射
DatSet	ObjectReference		
LNName		UI8:	
DataSetName		UI8:	
LDName		UI16:	
Sample[1...n]	数据集 实例成员的值	公共数据类的编码	参见编者注
SmpCnt	INT16U	UI16	计数器规范参见 IEC 60044-8
RefrTim	TimeStamp		未映射
ConfRev	INT32U	UI8	配置信息的版本号, 逻辑设备配置每改变一次加 1, 缺省值为 NULL
SmpSynch	BOOLEAN		参见 IEC 60044-8 状态字的“NotSynch”属性
SmpRate	INT16U	UI8	0=未定义; 1~255=与 f_r 相应的每周波采样值的数目
注: 为对采样值进行编码, 对 SIG 采用了公共数据类编码规则。基本数据集中的采样值和状态属性的映射按照 IEC 60044-8 的规范进行了优化。并不要求所有的互感器都连接到合并器。在基本数据集中电流或者电压未采用的值发送时置 0, 并且置相应的数据无效标志位。			

APDU 的 Tag 的类型为上下文说明 (10B), 格式为基本格式 (0), 值为 9-1-PDU (0), 按 ASN.1 编码为 0x80。

APDU 的 Length 表示数据域的长度。假定数据域的字节数为 n 。按 ASN.1 的编码规则, 当 $n \leq 127$ 时 Length 只有一个字节, 值为 n ; 当 $n > 127$ 时, Length 有 2~127 字节, 第一个字节的 Bit7 为 1, Bit0~6 为 Length 总字节数减 1, 第二个字节开始给出 n , 基于 256, 高位优先。

APDU 的数据域包括 ASDU 的数目和若干 ASDU。ASDU 的数目为双字节无符号整数, 高位优先。

- 应用层—应用服务数据单元 (ASDU)

应用服务数据单元为 IEC 60044-8 的通用数据帧。应用服务数据单元还包含了一些标识符 (如逻辑节点名、逻辑设备名等) 以和 IEC 61850-9-1 兼容。

数据集长度

类型为 16 位无符号整数，值域为<0..65535>。

长度域包含随后的数据集长度。这个长度不包括长度域本身。按 IEC 60044-8 规定，长度总是 44（十进制）。

逻辑节点名(LLName)

类型为 8 位枚举型，值域为<0..255>。

逻辑节点名总为 2。

数据集名(DataSetName)

类型为 8 枚举型，值域为<0..255>。

数据集名是唯一的数字，用于标识数据集结构，也就是数据通道的分配。这里允许的取值有 01 或 0xFE（十进制 254）。

表 2 定义了 DataSetName 为 01 时数据通道到信号源的分配。

表 2 —DataSetName=01（通用应用）的数据通道映射

DataSetName	01			
	信号源	对象路径名	参考值	比例因子（见表 3）
数据通道 1	A 相电流. 保护用	PhsATCTR. Amps	额定相电流	SCP
数据通道 2	B 相电流. 保护用	PhsBTCTR. Amps	额定相电流	SCP
数据通道 3	C 相电流. 保护用	PhsCTCTR. Amps	额定相电流	SCP
数据通道 4	零序电流	NeutTCTR. Amps	额定零序电流	SCM
数据通道 5	A 相电流. 测量用	PhsA2TCTR. Amps	额定相电流	SCM
数据通道 6	B 相电流. 测量用	PhsB2TCTR. Amps	额定相电流	SCM
数据通道 7	C 相电流. 测量用	PhsC2TCTR. Amps	额定相电流	SCM
数据通道 8	A 相电压	PhsATVTR. Volts	额定相电压	SV
数据通道 9	B 相电压	PhsBTVTR. Volts	额定相电压	SV
数据通道 10	C 相电压	PhsCTVTR. Volts	额定相电压	SV
数据通道 11	零序电压	NeutTVTR. Volts	额定相电压	SV
数据通道 12	母线电压	BBTVTR. Volts	额定相电压	SV

注 对象路径名参见 IEC 61850-9-1。

DataSetName 为 0xFE 时表示特殊应用数据集，在表 10 的通道映射不能满足应用要求时使用。这时合并器将通过一定形式将数据集定义提供给二次设备。

DataSetName 的值不能在运行时改变，也就时说在出厂前的设计和配置时便确定数据通道的分配。

逻辑设备名(LDName)

类型为 16 位无符号整数，值域为<0..65535>。

逻辑设备名在一个变电站中是唯一的，用于标志数据集的来源。逻辑设备名可以在安装时设置。

额定相电流 (PhsA. Artg)。

类型为 16 位无符号整数，值域为<0..65535>。

注：参照 IEC 61850-7-4 每相可以拥有自己的额定值。为了信息模型能被通用数据集包含，我们选择 A 相代表三相。

给出额定相电流，单位是安培。

注：这个值是可选的。如果不使用这个值，用 0 替代它。这时应象使用传统互感器一样设置接收者。如果不设置接收者，就必须传送它，这样可以减少设备配置错误的风险，也可简化设置工作。

额定零序电流 (Neut. Artg)。

类型为 16 位无符号整数，值域为<0..65535>。

给出额定零序电流，单位是安培。

注：这个值是可选的。如果不使用这个值，用 0 替代它。这时应象使用传统互感器一样设置接收者。如果不设置接收者，就必须传送它，这样可以减少设备配置错误的风险，也可简化设置工作。

额定相电压和额定零序电压 (PhsA. Vrtg)。

类型为 16 位无符号整数，值域为<0..65535>。

注：参照 IEC 61850-7-4 每相可以拥有自己的额定值。为了信息模型能被通用数据集包含，我们选择 A 相代表三相和零序电压额定值。

给出额定相电压，单位是 $1/(\sqrt{3} \times 10)$ kV。这样选择单位是为了避免换算时产生误差。

例如互感器额定电压为 500kV，则额定相电压为 $500/\sqrt{3}$ kV，在数据帧里表示为 $500/\sqrt{3} \times \sqrt{3} \times 10 = 5000$ 。

注：这个值是可选的。如果不使用这个值，用 0 替代它。这时应象使用传统互感器一样设置接收者。如果不设置接收者，就必须传送它，这样可以减少设备配置错误的风险，也可简化设置工作。

额定延迟时间

类型为 16 位无符号整数，值域为<0..65535>。

给出模数转换和数据处理带来的延时的额定值，单位是 μs 。

设发数据帧开始发出时刻为 t_c ，这一帧数据表示的电流电压在一次侧出现的时刻为 t_p ，则延迟时间为 $t_c - t_p$ 。

互感器额定延迟时间为 $500 \mu s$ ，允许误差范围 $-100\% \sim +10\%$ 。

数据通道 1~数据通道 12 (DataChannel#1~DataChannel#2)

类型为 16 位整数，值域为<-32768..32767>。

12 个数据通道给出各个信号源的瞬时值，通道分配由数据集名决定，参见数据集名的说明。保护用相电流的比例因子由保护用电子式电流互感器额定输出值确定，测量用相电流的比例

因子由测量用电子式电流互感器额定输出值参见下表。

	测量用 CT (参比因子 SCM)	测量用 PT (参比因子 SV)
额定值 (量程标志=0)	2D41 H (十进制: 11585)	2D41 H (十进制: 11585)
额定值 (量程标志=1)	2D41 H (十进制: 11585)	2D41 H (十进制: 11585)
注 1: 表中所列 16 进制数值, 在数字侧代表额定一次电流 (方均根值)。 注 2: 测量用电流互感器能测量 2 倍额定一次电流, 不发生溢出。 注 3: 测量用电压互感器能测量 2 倍额定一次电压, 不发生溢出。		

例如一个保护用电子式电流互感器的一次额定电流为 4000A (有效值), 额定输出 (SCP) 为 0x01CF (有效值, 量程标志为 0)。数据通道输出的数值, 如 0x2DF0 对应一次电流瞬时值为 $(0x2DF0/0x01CF) \times 4000A = 101598A$ 。

如果发生溢出, 正溢出的输出码为 0x7FFF, 负溢出的输出码为 0x8000。

如果传感器输出的是电流的导数, 则比例因子应考虑一次电流的额定角频率 ($\omega = 2 \times \pi \times f_r$)。

相电压、零序电流和零序电压的比例因子类似于相电流。

零序电流如果是由三相电流计算而来, 在任一相溢出时就按溢出处理。零序电压也一样。

采样计数器 (SmpCtr)

类型为 16 位无符号整数, 值域为 <0..65535>。

这个 16 位采样计数器用于检查数据内容是否被连续刷新。每发送一个新的采样数据集, 计数器增加 1, 溢出后回到 0 重新开始计数。

当合并器使用同步脉冲时, 计数应随每一个同步脉冲出现时清零。一次采样与同步脉冲重合时的数据集计数器应赋值为 0。

采样速率 (SmpRate)

类型为 8 位无符号整数, 值域为 <0..255>。

给出额定频率下每周波时间内输出的采样数据集数目, 为 0 时无意义。这里采样速率等于互感器的数据速率。

配置版本号 (SmpRate)

类型为 8 位无符号整数, 值域为 <0..255>。

在每次修改逻辑设备配置时增加 1, 缺省值为 0。

状态字 (StatusWord#1 和 StatusWord#2)

类型为 16 位布尔量集。

它们的解释见图 2 和图 3。

如果某个数据通道未使用，则其响应的状态标志置为无效，数据通道内容置为 0x0000。

如果一个传感器故障，其相应的状态标志置为无效，并将需要维护标志 (LPHD. PHHealth) 置位。

在唤醒期间数据无效，所有的数据无效标志和唤醒指示标志都置位。

同步脉冲丢失或无效标志在下面逻辑满足时置位：[[同步脉冲丢失 或 同步脉冲无效] 与 [合并器的内部时钟漂移大于额定相位误差限制的二分之一]]。

	解释		备注
第 0 位	需要维护 (LPHD. PHHealth)	0: 正常 1: 告警 (需要维护)	
第 1 位	模式 (LLN0. Mode)	0: 正常运行 1: 测试	
第 2 位	唤醒期间指示 唤醒期间数据无效指示	0: 正常, 数据有效 1: 唤醒期间, 数据无效	在唤醒期间被置位
第 3 位	合并器同步方式	0: 不能使用插值算法同步 1: 可以使用插值算法同步	
第 4 位	合并器同步标志	0: 采样已同步 1: 同步丢失或无效	如果使用插值算法, 这个位将总是 1
第 5 位	数据通道 1 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 6 位	数据通道 2 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 7 位	数据通道 3 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 8 位	数据通道 4 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 9 位	数据通道 5 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 10 位	数据通道 6 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 11 位	数据通道 7 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 12 位	电流传感器类型	0: 电流值 1: 电流的导数	在使用 Rogowski 线圈且没有积分环节时置位。
第 13 位	量程标志	0: 保护电流比例因子 SCP = 0x01CF 1: 保护电流比例因子 SCP = 0x00E7	
第 14 位	备用		
第 15 位	备用		

图 2 一状态字 1 (StatusWord#1)

	解释		备注
第 0 位	数据通道 8 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 1 位	数据通道 9 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 2 位	数据通道 10 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 3 位	数据通道 11 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 4 位	数据通道 12 无效标志	0: 数据有效 1: 数据无效	
第 5 位	备用		
第 6 位	备用		
第 7 位	备用		
第 8 位	自定义		
第 9 位	自定义		
第 10 位	自定义		
第 11 位	自定义		
第 12 位	自定义		
第 13 位	自定义		
第 14 位	自定义		
第 15 位	自定义		

图 3 一状态字 2 (StatusWord#2)

应用服务单元 (ASDU) 内容

		2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
字节1	报头	msb 数据集长度 (=44dec) lsb							
字节2									
字节3		msb 逻辑节点名 (LNName=02) lsb							
字节4	数据集	msb 数据集名 (DataSetName) lsb							
字节5		msb 逻辑设备名 (LDName) lsb							
字节6									
字节7		msb 额定相电流							
字节8		(PhsA. Artg) lsb							
字节9		msb 额定零序电流							
字节10		(Neut. Artg) lsb							
字节11		msb 额定相电压							
字节12		(PhsA. Vrtg) lsb							
字节13	msb 额定延迟时间								

字节14		(PhsA. Vrtg)	1sb
字节15	msb	数据通道 1	
字节16		(DataChannel#1)	1sb
字节17	msb	数据通道 2	
字节18		(DataChannel#2)	1sb
字节19	msb	数据通道 3	
字节20		(DataChannel#3)	1sb
字节21	msb	数据通道 4	
字节22		(DataChannel#4)	1sb
字节23	msb	数据通道 5	
字节24		(DataChannel#5)	1sb
字节25	msb	数据通道 6	
字节26		(DataChannel#6)	1sb
字节27	msb	数据通道 7	
字节28		(DataChannel#7)	1sb
字节29	msb	数据通道 8	
字节30		(DataChannel#8)	1sb
字节31	msb	数据通道 9	
字节32		(DataChannel#9)	1sb
字节33	msb	数据通道 10	
字节34		(DataChannel#10)	1sb
字节35	msb	数据通道 11	
字节36		(DataChannel#11)	1sb
字节37	msb	数据通道 12	
字节38		(DataChannel#12)	1sb
字节39	msb	状态字 1	
字节40		(StatusWord#1)	1sb
字节41	msb	状态字 2	
字节42		(StatusWord#2)	1sb
字节43	msb	采样计数器	
字节44			1sb
字节45	msb	采样速率	1sb
字节46	msb	配置版本号	1sb

图 4 一应用服务单元帧结构

● 以太网通信帧结构描述

字节	8	7	6	5	4	3	2	1
1	报头							
2								
3								



图 5 一以太网通信帧结构

附录 B IEC61850-9-2LE 输出接口标准

- 采样值控制块

在 IEC61850-9-2LE 中有两种采样值控制块（MSVCB）的配置，其对应的差异性如下：

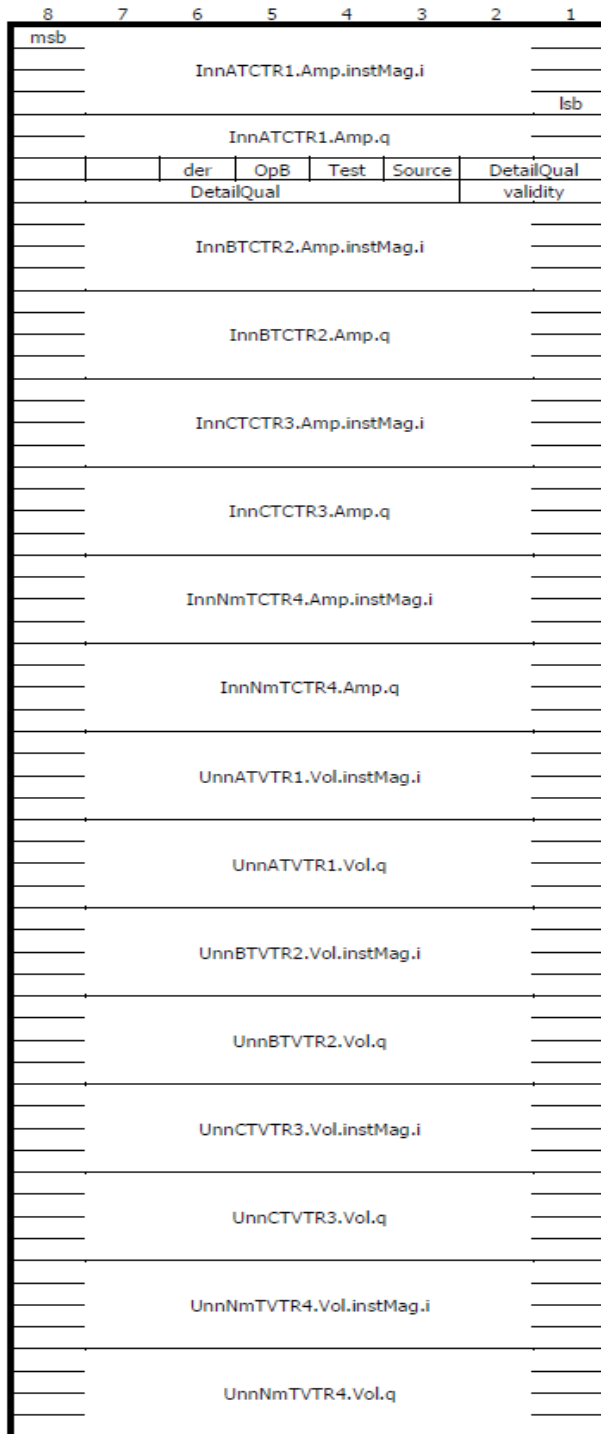
Attribute Name	Value MSVCB01	Value MSVCB02	Comment
MsvCBNam	MSVCB01	MSVCB02	
MsvCBRef	xxxxMU _{nn} /LLN0\$MSVCB01	xxxxMU _{nn} /LLN0\$MSVCB02	
SvEna	TRUE / FALSE	TRUE / FALSE	Value is defined by configuration (see clause 7.3)
MsvID	xxxxMU _{nn} 01	xxxxMU _{nn} 02	xxxxMU _{nn} is the LDName; 01/02 is the number of the MSVCB instance
DatSet	xxxxMU _{nn} /LLN0\$PhsMeas1	xxxxMU _{nn} /LLN0\$PhsMeas1	
ConfRev	1	1	
SmpRate	80	256	
OptFlds			
refresh-time	TRUE / FALSE	TRUE / FALSE	
sample-synchronized	TRUE	TRUE	
sample-rate	FALSE	FALSE	

NOTE – since this implementation guideline defines both the datasets used for the transmission of the sampled values as well as the values of the MSVCB, the attribute ConfRev always has the same value.

- 数据集

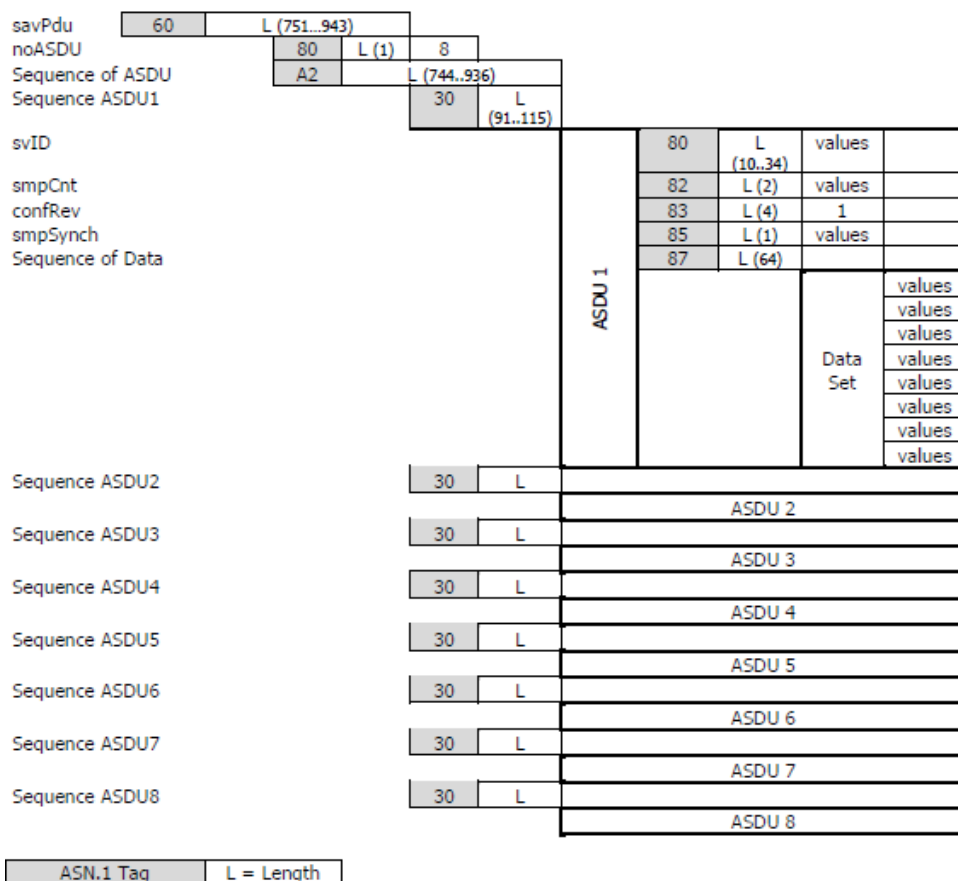
数据集 PhsMeas1 的编码如下图所示：

Octet



● APDU

对应上述的“MSVCB02”的 APDU 数据实例如下：

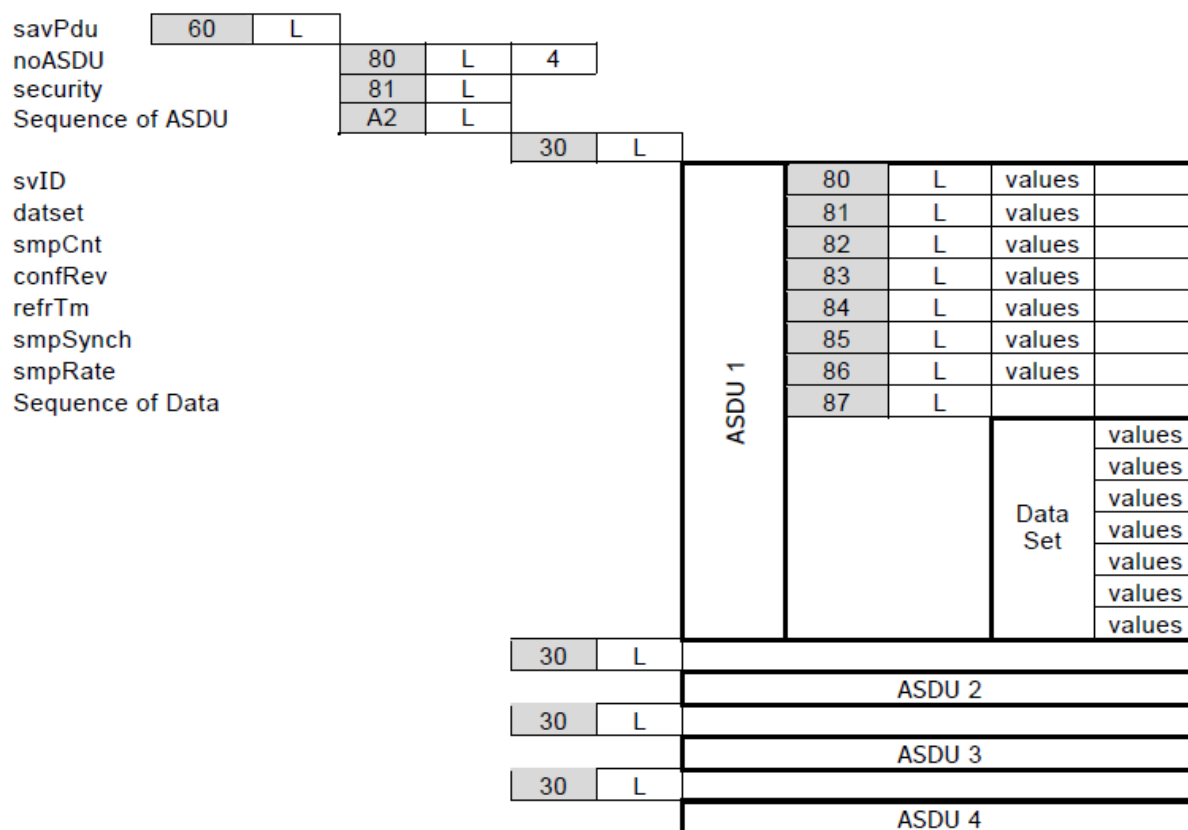


附录 C IEC61850-9-2 输出接口标准

● 采样值控制块

MMS component name	MMS TypeDescription	r/w	m/o	Condition	Comments
MsvCBNam	ObjectName	r	m		MMS object name: the value of this component shall be of the format of ObjectReference and shall be limited to VMD or Domain scoped NamedVariableLists.
MsvCBRef	ObjectReference	r	m		MMS object name: the value of this component shall be of the format of ObjectReference and shall be limited to VMD or domain scoped NamedVariableLists.
SvEna	Boolean	r/w	m		TRUE = transmission of sampled value buffer is activated. FALSE = transmission of sampled value buffer is deactivated.
MsvID	Visible-string	r	m		System wide unique identification.
DatSet	ObjectReference	r	m		MMS object name: the value of this component shall be of the format of ObjectReference and shall be limited to VMD or Domain scoped NamedVariableLists.
ConfRev	Integer	r	m		Count of configuration changes regard to MSVCB.
SmpRate	Integer	r	m		Amount of samples per period.
OptFlds					
refresh-time	Boolean				TRUE = SV buffer contains the attribute "RefrTm" FALSE = attribute "RefrTm" is not available in the SV buffer.
sample-synchronised	Boolean	r	m		TRUE = SV buffer contains the attribute "SmpSynch". FALSE = attribute "SmpSynch" is not available in the SV buffer.
sample-rate	Boolean	r	m		TRUE = SV buffer contains the attribute "SmpRate". FALSE = attribute "SmpRate" is not available in the SV buffer.

● APDU



附录 D IEC60044-8 FT3 输出接口标准

- 一般要求

有关数字接口的物理层和链路层，允许有两种技术方案。一种采用 IEC 61850-9-1 所述的以太网，另一种在此描述。两种情况的应用层相同。实现在此所述的方案，可采用同步脉冲或者插值法，从多个合并单元得到时间相关的一次电流和电压样本。依据 IEC 61850-9-1 的以太网链接通常采用同步脉冲。

- 物理层

合并单元到二次设备的联结，可用光纤传输系统或铜线型传输系统实现。在以下条款中，分别叙述这两种系统。

通用帧的标准传输速度为2.5Mbit/s。采用曼彻斯特编码。首先传输MSB（最高位）。

曼彻斯特编码：从低位转移到高位为二进制1，从高位转移到低位为二进制0，见下图说明：

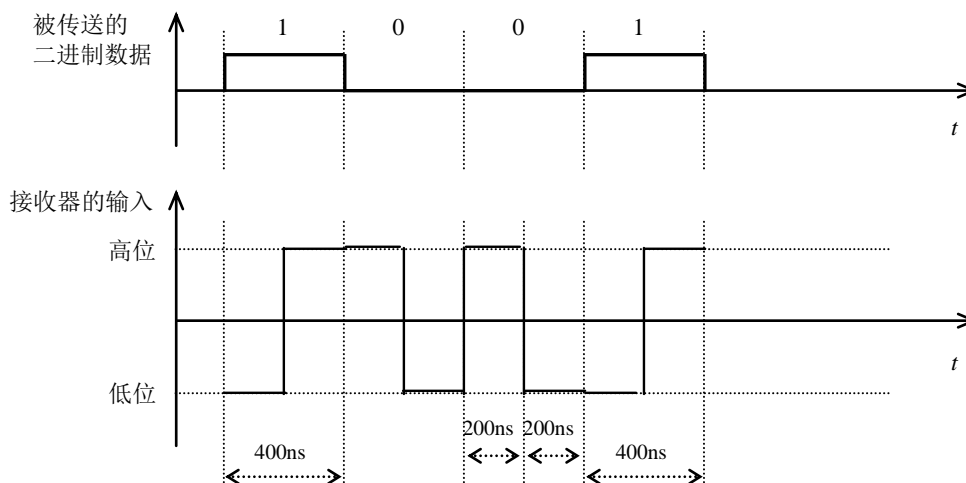


图 1 曼彻斯特编码

- 光纤传输

高位定义为“光线亮”，低位定义为“光线灭”。

- 链路层

此链路层选定为 IEC 60870-5-1 的 FT3 格式。此格式的优点是：

良好的数据完整性，

其帧结构使它有可能用于高速率的多点网络同步数据链接。

链接服务类别为 S1: SEND / NO REPLY（发送 / 不回答）。这实际上反映了互感器连续和周期性地传输其数值并不需要二次设备的任何认可或应答。

传输规则：

R1 空闲状态是二进制 1。两帧之间按曼彻斯特编码连续传输此值 1，为了使接收器的时钟容易同步，由此提高通讯链接的可靠性。两帧之间应传输最少 70 个空闲位。

R2 帧的最初两个八位字节代表起始符。

R3 16 个八位字节用户数据由一个 16 比特校验序列结束。需要时，帧应填满缓冲字节，以完成给定的字节数。

R4 由下列多项式生成校验序列码:

$$X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$$

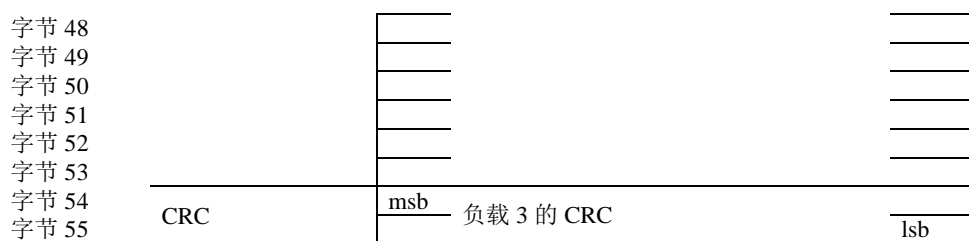
此规范生成的 16 比特校验序列是取反的。

R5 接收器检验信号品质、起始符、各校验序列和帧长度。如果这些检验中任一项有误, 该帧将废弃, 反之交付给用户。

注 1: 规则 R1: 推荐在两帧之间填满尽可能多的空闲位; 某些接收器的同步方法可利用紧接起始符前的小空白间隔, 使接收器为传输来临做好准备。

注 2: 因为所用的服务类别是 S1, 故对 IEC 60870-5-1 的规则 R5 和 R6 已作修改: 由于发送器无法知道接收器是否检测出错误, 所以不需要 IEC 60870-5-1 对 R5 规定的最小行空闲状态, 否则会导致不必要的高数据速率。规则 R1 规定了最小行空闲状态, 并可供检验使用。

	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
起始符	0	0	0	0	0	1	0	1	
	0	1	1	0	0	1	0	0	
数据载入 1 (16 个字节)									
CRC	msb	数据载入 1 的 CRC							lsb
数据载入 2 (16 个字节)									
CRC	msb	数据载入 2 的 CRC							lsb
数据载入 3 (16 个字节)									
字节 38									
字节 39									
字节 40									
字节 41									
字节 42									
字节 43									
字节 44									
字节 45									
字节 46									
字节 47									



其中：CRC 为“循环冗余码”，msb 为“最高位”，lsb 为“最低位”。

图 2 依据 FT3 的帧格式

● 数据类型规范

为了与未来的标准 IEC 61850-9-1 相一致，定义了数据帧所包含的几个识别符（例如，逻辑节点名和逻辑设备名）。

◆ 数据集长度

Length := UI 16[1..16], <0..65535>

长度字段包括下述数据集的长度。长度用八位字节给出，按无标题（长度和数据群）数据集的长度计算。本标准定义的点对点链接的长度是 44（十进制）。

◆ 逻辑节点名 (LNName)

LNName = ENUM 8 <0..255>

本标准定义的点对点链接的逻辑节点名 (LNName) 值是 02。

◆ 数据集名 (DataSetName)

DataSetName = ENUM 8 <0..255>, 参见 IEC61850-9-1。

◆ 逻辑设备名 (LDName)

LDName = UI 16, <0..65535> 参见 IEC61850-9-1。

◆ 额定相电流 (PhsA. Artg)

PhsA.Artg := UI 16 <0..65535> 参见 IEC61850-9-1。

◆ 额定中性点电流 (Neut. Artg)

Neut.Artg := UI 16 <0..65535> 参见 IEC61850-9-1。

◆ 额定相电压和额定中性点电压 (PhsA. Vrtg)

PhsA.Vrtg := UI 16 <0..65535> 参见 IEC61850-9-1。

◆ 额定延迟时间

tdr := UI 16 <0..65535>

额定延迟时间以微秒 (μs) 数给出。

◆ 数据通道 DataChannel #1 至 DataChannel #12

DataChannel #n := I 16 <-32768...32767> (即 16 比特线型 2s 补码)

注：参见 IEC61850-9-1。

◆ 样本计数器 (SmpCtr)

SmpCtr = UI 16[1..16] <0..65535>

<0..65535> := 顺序计数 参见 IEC61850-9-1。

◆ 状态字 (StatusWord #1 和 StatusWord #2)

StatusWord #n = BS 16

状态字StatusWord #1和StatusWord #2的说明 参见IEC61850-9-1。

◆ 帧的存储内容

		2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
字节 1	前导	msb							
字节 2		数据集合长度 (= 44 十进制)							
字节 3	数据集	msb							
字节 4		LNName (=02)							
字节 5		msb							
字节 6		DataSetName							
字节 7		msb							
字节 8		LDName							
字节 9		msb							
字节 10		额定相电流 (PhsA.Artg)							
字节 11		msb							
字节 12		额定中性点电流 (Neut.Artg)							
字节 13		msb							
字节 14		额定相电压 (PhsA.Vrtg)							
字节 15		msb							
字节 16		额定延迟时间 (t _{dr})							
字节 1	数据集	msb							
字节 2		DataChannel #1							
字节 3		msb							
字节 4		DataChannel #2							
字节 5		msb							
字节 6		DataChannel #3							
字节 7		msb							
字节 8		DataChannel #4							
字节 9		msb							
字节 10		DataChannel #5							
字节 11		msb							
字节 12		DataChannel #6							
字节 13		msb							
字节 14		DataChannel #7							
字节 15		msb							
字节 16		DataChannel #8							
字节 1	数据集	msb							
字节 2		DataChannel #9							
字节 3		msb							
字节 4		DataChannel #10							
字节 5		msb							
字节 6		DataChannel #11							
字节 7		msb							
字节 8		DataChannel #12							
字节 9		msb							
字节 10		StatusWord #1							
字节 11		msb							
字节 12		StatusWord #2							
字节 13		msb							
字节 14		SmpCnt (样本计数器)							
字节 15		msb							
字节 16		为 IEC 61850-9-1 未来的规范保留 为 IEC 61850-9-1 未来的规范保留							

图 5 通用帧

附录 E 互感器误差限值

1. 测量用电流互感器

在额定功率及额定功率因数下任一数值时，测量 CT 的电流误差（比值差）和相位差应不超过下表所列限值。

测量用电子式 CT 的误差限值

准确级	电流误差（±%） 在下列额定电流（%）时					相位差（±'） 在下列额定电流（%）时				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0.1	—	0.4	0.2	0.1	0.1	—	15	8	5	5
0.2S	0.75	0.35	0.2	0.2	0.2	30	15	10	10	10
0.2	—	0.75	0.35	0.2	0.2	—	30	15	10	10
0.5S	1.5	0.75	0.5	0.5	0.5	90	45	30	30	30
0.5	—	1.5	0.75	0.5	0.5	—	90	45	30	30
1	—	3.0	1.5	1.0	1.0	—	180	90	60	60

对 3 级和 5 级，在额定频率下的电流误差应不超过下表所列值：

准确级	电流误差，±%（在下列额定电流百分数时）	
	50	120
3	3	3
5	5	5

3 级和 5 级的相位误差不作规定。

2. 测量用电压互感器

在额定功率及额定功率因数下任一数值时，测量 PT 的电压误差（比值差）和相位差应不超过下表所列限值。

测量用电子式 PT 的误差限值

准确级	电压误差（±%） 在下列额定电压（%）时					相位差（±'） 在下列额定电压（%）时				
	20	50	80	100	120	20	50	80	100	120
1	—	—	1.0	1.0	1.0	—	—	40	40	40
0.5	—	—	0.5	0.5	0.5	—	—	20	20	20
0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	20	15	10	10	10
0.1	0.20	0.15	0.10	0.10	0.10	10.0	7.5	5.0	5.0	5.0

3. 保护用电子式电流互感器

在额定频率下的电流误差、相位误差和复合误差，以及规定暂态特性时在规定工作循环下的最大峰值瞬时误差，应不超过下表所列值。误差限值表中所列相位误差是对额定延迟时间补偿后

余下的数值。

保护用电子式 CT 的误差限值

准确级	电流误差, $\pm\%$ (在额定一次电流时)	相位差(在额定一次电流时)	复合误差, $\%$ (在额定准确限值一次电流时)	最大峰值瞬时误差, $\%$ (在准确限值条件下)
		$\pm(')$		
5TPE	1	60	5	10
5P	1	60	5	—
10P	3	—	10	—

4. 保护用电子式电压互感器

保护用电子式电压互感器的标准准确级为 3P 和 6P。在 5% 额定电压和额定电压因数相对应的电压下, 电压误差和相位误差的限值相同。2% 额定电压下的误差限值为 5% 额定电压下对应值的 2 倍。若电子式电压互感器在 5% 额定电压下和在上限电压(即额定电压因数为 1.2、1.5、或 1.9 相对应的电压)下的误差限值不相同, 应由制造方和用户协商确定。

保护用电子式 PT 的误差限值

准确级	在下列额定电压 U_p/U_{pr} 下					
	2%		5%		x% (额定电压因数下)	
	电压误差 ($\pm\%$)	相位误差 (\pm')	电压误差 ($\pm\%$)	相位误差 (\pm')	电压误差 ($\pm\%$)	相位误差 (\pm')
3P	6	240	3	120	3	120
6P	12	480	6	240	6	240



凌创电气
LingChuangElectric

江苏凌创电气自动化股份有限公司

Jiangsu LingChuang Electric Automation Co., Ltd.

地址：江苏镇江市高新技术产业开发区南纬四路 36 号 4108

邮编：212009

电话：0511-89985866