

ZJB-61850
光数字继电保护测试系统

使
用
手
册

武汉智能星电气有限公司

目 录

一、概述.....	2
二、工作原理.....	7
三、测试软件使用指南.....	15
四、应用实例.....	132
五、异常处理.....	138
六、注意事项.....	142
七、运输、贮存.....	143
八、售后服务.....	143

ZJB-61850 光数字继电保护测试系统

一、概述

1.1 简介

随着我国电力行业的发展及新技术的应用，数字化变电站成为未来变电站的发展趋势，并成为坚强智能电网中的重要组成部分。各个电力设备厂家相继研发并推出适应数字化变电站的继电保护装置和智能电子设备（IED），因而对新型数字式继电保护和 IED 的测试提出了新的要求。基于 IEC 61850 的数字式光数字继电保护测系统的开发与应用对提高继电保护测试水平，防止继电保护及安全自动装置不正确动作，保障电网安全运行有着重要的现实意义。

ZJB-61850 光数字继电保护测系统是结合电力现场情况、众多电力用户经验自主研发的便携式新产品，采用高性能 PowerPC 处理器、大规模 FPGA、百兆光以太网通信等技术，可支持 IEC60044-8（FT3）、IEC61850-9-1/2 和 GOOSE 的数字网络报文传输。ZJB-61850 光数字继电保护测系统为符合 IEC60044-8（FT3）、IEC61850-9-1/2、GOOSE 规约的数字化保护、自动装置和仪器仪表提供了完整的测试方案，此外，还可以完成诸如丢帧、错序、假数据、阻塞、序号跳变等网络异常情况的模拟测试，适应了数字化变电站发展的需要。

产品参照以下标准设计与制造：

DL/T 860 系列标准《变电站通信网络和系统》(即 IEC 61850 系列标准);

DL/T 624-1997《继电保护微机型试验装置技术条件》。

GB/T 20840.8-2007《互感器 第八部分：电子式电流互感器》。

1.2 产品特点

1.2.1 模块化结构，硬件设计先进

- 采用新一代高性能 PowerPC + FPGA + 100Mbps Ethernet 硬件架构，运算能力强、通信速度快、系统稳定可靠；
- 提供四对 100Mbps 光纤以太网收发口、6 个光串口输出、1 个光串口输入，可收发符合 IEC60044-8(FT3)、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2 及 GOOSE、规约的光数字信号；
- 兼容传统模拟开关量处理，提供 8 路模拟开关量输入和 4 路模拟开关量输出；
- 提供 1 个电以太网口连接 PC 机，负责与上位机软件通信，提供人机界面。

1.2.2 嵌入式软件系统

- PowerPC 上运行嵌入式操作系统 VxWorks，系统内核小，实时性高，装置性能稳定；
- 软件采用模块化设计，功能扩展灵活方便；
- 上位机通过以太网和 VxWorks 通信，通信更加灵活、可靠。

1.2.3 强大的测试功能

- 支持 IEC60044-8 (FT3)、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2 及 GOOSE 光数字报文输出测试，GOOSE 信号可独立收发，也可与 IEC61850-9-2 共一个光以太网口收发；
- 可实现各种规约下的变压器差动保护的三侧差动测试、母差保护的四回出线差动测试，可对保护装置及智能终端进行保护动作及跳闸的 GOOSE 传输延时测试；
- 可进行丢帧、错序、失步、网络阻塞、假数据、置品质位无效、置同步位失步等多种网络故障模拟测试，评判保护装置在各种异常情况下动作性能，校验保护动作行为是否与其设计原理一致，避免在实际运行中发生上述情况时，保护装置发生误动或拒动；
- 针对 IEC61850-9-2 采样值输出的灵活性，设计了可供用户选择的多样化的采样值输出模板；采样值 (SV) 及 GOOSE 收发支持 scd、cid 文件的导入配置；可监测网络报文，并从中提取 SMV 和 GOOSE 报文配置信息，大大地简化了测试的手动配置工作，提高了测试效率；
- 支持 802.1D 协议规定的通用属性多点注册协议 GMRP；使用 GMRP 可以动态注册交换成员在局域网内的 VLAN，使得各装置在不调整接线的情况下，可动态的调整装置接收到的数据；
- 具有丰富的测试模块，如光数字报文测试、GOOSE 传输延时测试、电压电流测试、整组试验、谐波试验、状态序列、时间特性测试、线路

距离保护测试、阻抗边界搜索测试、差动试验、并列同期、故障仿真与再现、系统振荡测试等；

- 可组合多种测试功能模块进行批量测试，边界搜索可实时再现扫描全过程，使测试过程透明化；可实现次谐波和间谐波叠加输出，次谐波和间谐波分辨率为 0.25 次；
- 支持故障仿真和 COMTRADE 格式数据回放：支持 PL4 仿真格式数据按 IEC60044-8 (FT3)、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2 规约输出；支持满足 COMTRADE 1991 或 COMTRADE 1999 格式的数据回放。数据输入不受采样率限制，可导入任意采样率的数据。

1.2.4 自环测试与示波功能

- 具有光信号接收口，可接收并解析符合 IEC60044-8 (FT3)、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2、GOOSE 规约的报文，实现装置输出的自环测试；同时可接收合并单元 (MU) 或其它 IED 设备发出的光数字信号，实时显示其波形。

1.2.5 对时与同步

- 提供 1 个 IRIG-B/PPM 光串口输入，可接入 IRIG-B 或 PPM 对时信号，与 GPS 同步时钟同步，误差小于 1 μ s。并率先引入符合 IEEE1588 标准的网络对时方式，使得装置的对时方式更加多样化，更符合未来数字化变电站数据传输网络化的需求。

1.2.6 完善的测试结果保存与输出

- 可定制的完善的测试报告：每项测试结果均被保留，测试结果数据保

存完备；

- 测试报告可以图表方式输出，报告内容用户可定制。

1.3 主要技术指标

1) 供电电压

- 电压：交流 220V，允许偏差：-20%~+15%；
- 频率：50Hz，允许偏差-4%~2%；
- 波形：正弦，畸变因数不大于 5%；

2) 环境条件

- 环境温度：-5℃~+40℃；
- 大气压力：80kPa~110kPa；
- 相对湿度：最湿月的月平均相对湿度为 90%，同时该月的最低平均温度为 25℃，并且在产品上不应出现凝露。

3) 电气干扰

- 能承受 GB/T17626.12 规定的严酷等级为 II 级的振荡波干扰；
- 能承受 GB/T17626.2 规定的严酷等级为 II 级的静电放电干扰；
- 能承受 GB/T17626.4 规定的严酷等级为 II 级的快速瞬变干扰；

4) 配置四对 100Mbps 光纤以太网收发口、6 个输出光串口、1 个输入光串口、一个 GPS 脉冲对时口及一个电以太网口；

5) 支持 IEC60044-8 (FT3)、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2 及 GOOSE 光

数字报文输出测试，GOOSE 信号可独立收发，也可与 IEC61850-9-2 共一个光以太网口；

- 6) 可接收并解析符合 IEC60044-8 (FT3)、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2、GOOSE 规约的光数字报文；
- 7) 可接入 IRIG-B 或 PPM 对时信号，对时误差小于 1us，并支持符合 IEEE1588 标准的网络对时；
- 8) 支持 802.1D 协议规定的通用属性多点注册协议 GMRP；
- 9) 机箱尺寸：3U 机箱(W×H×D)：364mm×150mm×374mm；采用新机箱的尺寸及重量。
- 10) 重量：5kg。

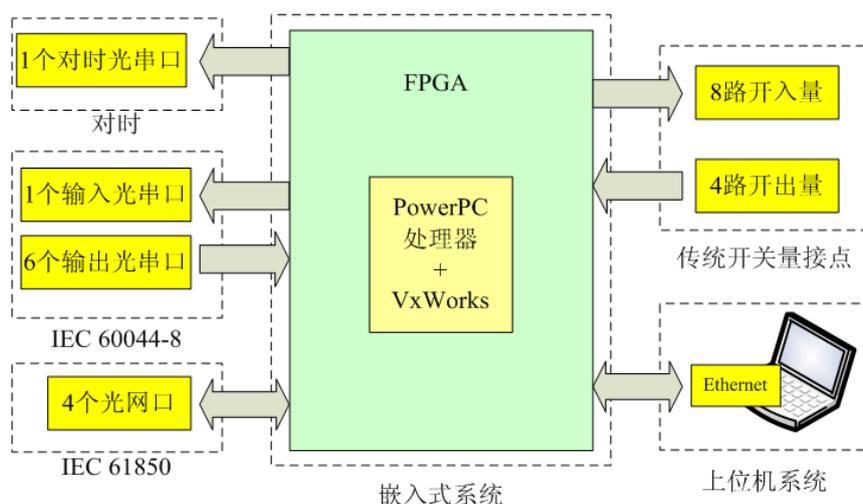
二、工作原理

2.1. 硬件系统设计

2.1.1 系统结构

ZJB-61850 光数字继电保护测系统主要由上位机系统、PowerPC+FPGA+VxWorks 嵌入式系统和各种外围接口组成。嵌入式系统主要包括 32-bit 浮点高性能 CPU PowerPC、大规模可编程逻辑门阵列 FPGA 及其外围芯片组成。上位机通过以太网与嵌入式系统通信，嵌入式系统主要负责根据测试需要计算波形离散数据，打包生成 IEC 60044-8 (FT3) 报文和 IEC61850-9-1、IEC61850-9-2 报文发出，处理 GOOSE 报文和传统开关量，并处理 GPS 脉冲

和 IRIG (B) 对时或 IEC1588 网络对时。装置系统结构图如下图 2.1:



图错误！文档中没有指定样式的文字。 .1 装置系统结构图

2.1.2 嵌入式系统

PowerPC+FPGA+VxWorks 嵌入式系统是本系统的核心模块，主要完成系统的波形数据计算及算法处理、数字报文生成与收发、与上位机以太网通信处理、开关量信号动作类型判断和计时、GPS 接入 IRIG-B (DC) 码及 IEC1588 网络对时报文的处理、测试试验过程控制、测试仪自身的各类保护信号处理等。

PowerPC 上运行嵌入式操作系统 **VxWorks**，系统内核小、实时性高，性能稳定可靠。**VxWorks** 操作系统是美国 WindRiver 公司设计开发的一种嵌入式实时操作系统 (RTOS)，以其良好的持续发展能力、高性能的内核、优异的可靠性、卓越的实时性、以及友好的用户开发环境，在嵌入式实时操作系统领域占据领先地位，被广泛地应用在通信、军事、航空、航天等高精尖技术及实时性要求高的领域中，如卫星通信、军事演习、弹道制导、飞机导航

等。在美国的 F-16、FA-18 战斗机、B-2 隐形轰炸机和爱国者导弹上，甚至火星表面登陆的火星探测器上也使用到了 VxWorks。

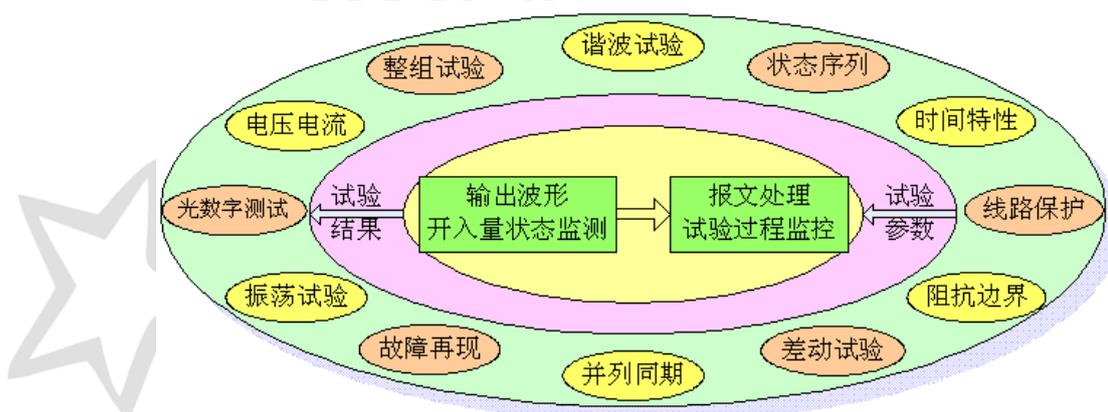
2.1.3 开关量输入

测试仪除支持 GOOSE 收发外，还支持 8 对传统硬节点开入量输入，方便采样值采用 IEC61850 报文，开关量采用传统的电节点信号的改造变电站测试。开入量可兼容空节点和 0~220V 直流电位，电位极性自动识别，方便现场接线和应用。同时提供 4 对继电器节点输出，可模拟测试过程中某些必须的开出量。

2.2. 软件系统设计

2.2.1 概述

ZJB-61850 光数字继电保护测系统软件系统如图错误！文档中没有指定样式的文字。 .2。系统分为上位机软件系统和下位机软件系统两部分，上、下位机之间通过以太网口通信。



图错误！文档中没有指定样式的文字。 .2 软件结构框图

2.2.2 上位机软件系统

上位机软件分为 13 个测试模块：光数字测试、电压电流、整组试验、谐波试验、状态序列、状态序列 2、时间特性、线路保护、阻抗边界、差动试验、并列同期、故障再现、振荡试验、GOOSE 传输延时测试。各个测试模块分别完成一种或几种同类试验，通过主菜单界面可以进入各个试验模块。

2.2.2.1 试验配置

试验配置主要用于设置 SMV 和 GOOSE 的相关配置。可以设置 SMV 的报文格式、采样率、报文参数、数据格式等；可设置 GOOSE 的报文参数、发送时间间隔、GOOSE 数据类型，支持多种数据个数的任意组合，开入、开出可灵活的关联到多个 GOCB 中的多个数据条目上，一个开出可关联五个条目，实现了多个变量的同时控制。

可以通过三种方式配置 SMV 和 GOOSE 的相关参数：手动修改；导入 SCD 或 CID 文件；监测网络，获取网络中报文的配置信息。通过这三种方式，用户可以跳过繁琐的配置，将更多的精力放在测试上

2.2.2.2 报文异常测试

针对智能变电站中，数据传输网络化的情况，我们提供了报文异常测试功能。它可以模拟网络丢帧、以及 MU 之间失步、单 MU 丢失对时信号，MU 异常等多种异常情况，以此来检测保护装置是否能处理网络异常的情况。

2.2.2.3 自环测试及数字示波

启动动态示波功能，可接入自环的光数字信号或其他合并单元(MU)信号，实时显示波形，显示采样值报文计数、GOOSE 报文计数等报文统计信

息，方便现场测试时检测本装置或其它 IED 设备是否有报文输出。

2.2.2.4 光数字测试

光数字测试模块具有以下功能：发送 IEC 60044-8 (FT3)、IEC 61850-9-1、IEC 61850-9-2 采样值报文，发送和接受 GOOSE 报文，可进行 GOOSE 传输延时测试。

该模块中可以同时发送多组同类型采样值报文，可以自由配置发送各组报文的光网口，设置各个通道的幅值、相位、频率等参数，进行丢帧、错序、阻塞、失步、假数据等多种报文测试，对 IEC 61850-9-2 报文有多种数据集模板可供配置，可以同时收发多个控制块的 GOOSE 报文。智能开关测试可测试智能开关从收到 GOOSE 动作信号到发出断路器动作命令的延时，也可测试从故障发生至智能开关发出跳闸硬节点输出的延时，其中包括保护算法的延时、GOOSE 经多级交换机传输的延时和智能开关处理转成硬节点输出的延时。

2.2.2.5 电压电流

电压电流模块具有以下功能：电压保护测试，电流保护测试，功率保护测试，频率及高低周保护测试，时间继电器测试，直流继电器测试。

电压保护、电流保护、时间继电器和直流继电器测试可以测试装置的动作值和动作时间。功率保护测试除了可测试动作值和动作时间外，还可以测试动作边界。频率及高低周保护测试可测试动作值、动作时间、 df/dt 闭锁值、 dv/dt 闭锁值、低电压闭锁值和低电流闭锁值。用户只需设置起始、终止值、变化步长以及判断开入量变位方式，装置将自动完成试验，并显示试验结果。

频率及高低周保护还可提供滑差变化方式。

四个开出量可单独控制，可设置起始状态，提供三种变位方式：变位后复位、变位后不复位和不变位。变位的起始时间及变位持续时间都可设置，最小分辨率为 1ms。

2.2.2.6 整组试验

整组试验模块用于模拟输电线路故障前、故障、跳开、重合和永跳等状态，以测试保护装置在各个状态下的动作情况。可叠加非周期分量，选择任意合闸角或固定合闸角。可在故障后或者重合后添加转换性故障，故障起始时刻可设置，故障类型包含单相、两相和三相故障，计算模型有 Z_s 恒定、电压恒定和电流恒定模式。

2.2.2.7 谐波试验

谐波试验模块可输出 2-20 次谐波，以及 0.25 次、0.5 次、0.75 次……的间谐波，间谐波最小分辨率为 0.25 次。可设置两个变化量，同时改变一路电压和一路电流的输出值，变化方式可选“始终”和“始-终-始”。叠加方式可选择有名值叠加和百分比叠加，可设置一个通道的输出值作为监测量，以监测该通道的真有效值、基波、直流以及各次谐波值。

2.2.2.8 状态序列

状态序列模块可设置最多 50 个状态，可设置时间触发、开入量触发和 GPS 触发。可显示所有状态的波形图，并可进行全面的试验评估。输入方式有任意输入、按序量输入和按功率输入，短路故障计算模型有 Z_s 恒定、电压恒定或电流恒定。

2.2.2.9 状态序列 2

状态序列 2 是在状态序列基础上做的扩展，除了具备状态序列中的功能外，本模块还可以在每个状态中控制多个采样值控制块的数据。

2.2.2.10 时间特性

时间特性模块提供 I-t 特性、U-t 特性和 U/f-t 特性测试，特性曲线包括：普通反时限、非常反时限、超反时限、热过载（无存储）反时限、热过载（有存储）反时限，还支持两种通用反时限和自定义反时限。测试还可设置 8 个附加测试点，以测试用户比较关心的特定点。在特性曲线页面中，实时以图形的方式显示特性曲线以及测试点的动作情况，以列表的形式列出整定时间和实测时间。

2.2.2.11 线路保护

线路保护模块可测试距离保护定值、零序过流保护定值和负序过流保护定值。可设置接地阻抗和相间阻抗，每种阻抗可设置四段阻抗值和对应的四段延时。可叠加非周期分量，选择任意合闸角或固定合闸角方式。故障类型包括单相、两相和三相故障，四段阻抗中，每段最多可设置四个测量点。

2.2.2.12 阻抗边界

阻抗边界模块可采用单向或双向扫描的方式对阻抗保护动作边界进行搜索，边界特性可设置为圆特性、两种四边形特性（四边形特性 1、四边形特性 2）和直线特性。可叠加非周期分量，可选择固定和任意合闸角。在阻抗图界面中，可显示当前特性曲线，试验过程中，当前测试点和动作点都会实时显示在图中，方便用户分析和对实验过程的掌握。

2.2.2.13 差动试验

差动试验模块可进行比率制动边界搜索、比率制动定点测试和谐波制动边界搜索，提供发电机保护、变压器保护和发变组保护等三种保护测试模型。搜索方式有单向搜索和双向搜索，在特性曲线页面中，可显示保护整定曲线、当前测试点和动作点，方便用户查看和分析当前试验状态和实验结果。

2.2.2.14 并列同期

并列同期模块用于测试同期装置的电压、频率、角度的动作值，电压、频率的闭锁值，导前角和导前时间及电气零点，同时可完成电压、频率的脉宽测试，电压、频率调整测试。

试验过程中，可通过同步指示器监测当前的角差情况，同步指示窗口可监测当前的电压差和频率差，以图形的方式直观显示。并可控制一路开出量，以连续或者脉冲方式进行变位输出。

2.2.2.15 故障再现

故障再现模块可导入 COMTRADE1991、COMTRADE1999 格式的波形文件或 ATP、EMTP、EMTDC 等仿真工具生成的 PL4 文件，按 IEC60044-8 (FT3)、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2 规约输出；输入采样频率自适应，允许采样频率范围为 5kHz-50kHz，输出故障时的电压电流波形及开入量变位情况，输出最高采样率 12.8kHz。触发方式包括：无触发、按键触发及 GPS 触发。输出时，可选取某一时段的故障数据输出，可设置重复输出次数。

2.2.2.16 振荡试验

振荡试验提供旋转振荡、摇摆振荡、旋转振荡中故障和摇摆振荡中故障

四种振荡模型。

2.2.2.17 GOOSE 延时

GOOSE 延时模块专门用于测试从 GOOSE 报文发出，到被测装置做出相应的动作直接的延时。

2.2.3 下位机软件系统

下位机软件系统是基于 VxWorks 嵌入式实时操作系统平台设计的，包括一个主循环和一个中断。在主循环中，一方面，系统通过对上位机传送的报文进行解析，获取上位机发出的指令，执行相应操作；另一方面，系统根据接到的指令，结合内部的时间控制和外部的开入量信息，对试验过程进行监控，并向上位机传送相关信息。在中断中，系统计算实时波形数据，监测开入量的变位情况，并控制其它相关信息。

2.2.4 上位机与下位机之间的联系

上位机和下位机之间通过以太网口，以特定的格式传输信息。上位机向下位机传送试验参数以及试验过程指令，以控制下位机的输出参数和试验过程。下位机向上位机传送开入量变位信息以及试验过程信息，上位机接收信息后，以图形、数值和文字的方式形成试验报告，供试验人员查询。

三、测试软件使用指南

3.1 软件简介

3.1.1 主菜单界面

主菜单界面列出测试仪的测试功能模块，主要模块包括：试验配置、电压电流、光数字测试、谐波试验、整组试验、状态序列、状态序列 2、线路保护、时间特性、阻抗特性、差动试验、并列同期、振荡试验、故障再现、GOOSE 传输延时测试。

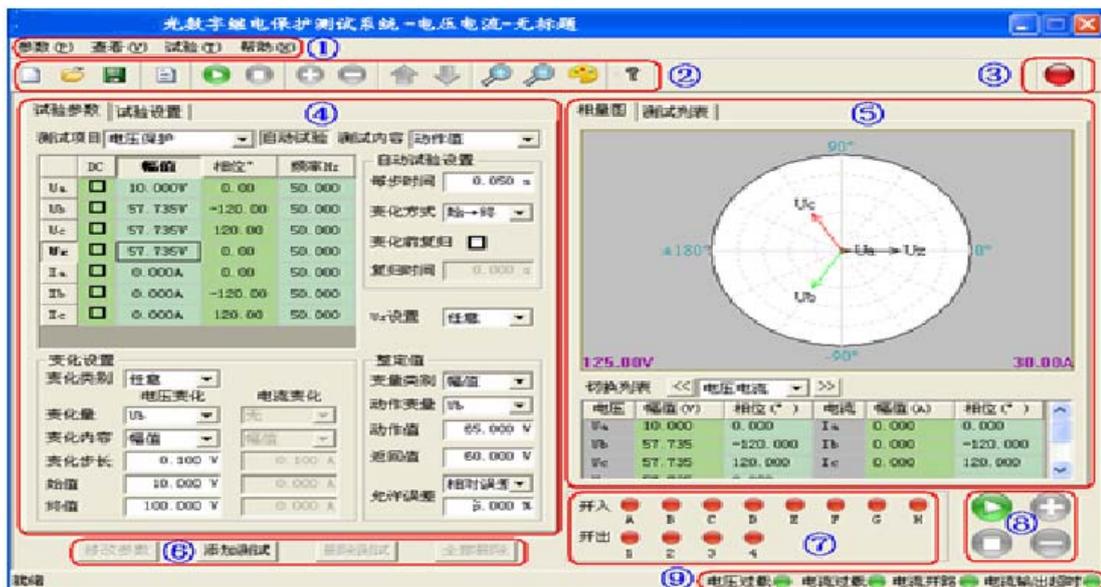


图 0.1 ZH-605D 继电保护测试仪主菜单界面

3.1.2 功能软件界面

ZJB-61850 光数字继电保护测系统各功能软件界面风格相似，以电压电流试验为例，界面如

所示，界面中各部分说明如下：



(a)



(b)

图 0.2 功能软件界面(电压电流)

3.1.2.1 菜单栏：

主要包含参数、查看、试验、帮助等几项，部分试验还会添加其它菜单项，具体参见各测试模块说明。主要菜单项内容如表 3.1 所示。

名称	功能	名称	功能
参数	设置试验参数	试验	试验操作菜单项
新建参数	以默认值填充界面	开始试验	手动试验按当前参数开始试验，自动变化试验按照测试列表开始试验。
打开参数	打开以前保存的参数文件	停止试验	停止当前试验
保存参数	将当前所有参数保存到文件	手动递加	手动增加变化量，手动试验有效
退出	退出试验模块	手动递减	手动减小变化量，手动试验有效
		绑定网卡	重新选择并绑定网卡
查看	查看试验信息	帮助	显示帮助内容及版权信息
试验历史列表	打开试验报告窗口	关于	版权信息
工具栏/状态栏	显示或隐藏工具栏/状态栏	帮助主题	显示试验模块相应的帮助内容内容

3.1.2.2 快捷工具栏:



- | | |
|--|--|
|  : 按默认参数填充当前界面; |  : 打开参数文件; |
|  : 保存当前所有参数; |  : 查看试验报告; |
|  : 开始试验; |  : 停止试验; |
|  : 手动递加; |  : 手动递减; |
|  : 测试列表当前选中项上移; |  : 测试列表当前选中项下移; |
|  : 放大当前图形; |  : 缩小当前图形; |
|  : 设置当前图形的颜色; |  : 数字报文相关设置。 |

3.1.2.3 通信状态指示灯

快捷工具栏的右侧设有通信指示灯，绿色灯●表示上位机和底层 DSP 通信正常，红色灯●表示通信断开。

3.1.2.4 试验数据区

用于输入试验参数和进行相关的试验设置。

3.1.2.5 测试列表区

主要包含测试列表和该试验模块相对应的相量图、数据列表、或者计算波形显示区域。相量图如图 3.1.2(a)所示，测试列表显示示意图如图 3.1.2(b)所示。

3.1.2.6 测试列表操作区

用于管理测试列表，如添加测试项、删除测试项等。

3.1.2.7 开关量显示区

用于显示开关量的当前状态，红色●表示开关量断开，绿色●表示开关量闭合。

3.1.2.8 试验操作区

包含开始试验、停止试验、手动递增、手动递减.

3.1.2.9 测试仪状态显示区

“C”标示出发配置是否成功，每次打开某个试验模块时，系统会自动下发配置信息，下发成功“C”变为绿色，下发失败为红色。下发失败时需要检查上位机与下位机通讯是否异常，一般是由于网线脱离或是网卡绑定错误造成的。

“T”标示试验是否正在进行，红色表示没有进行试验，绿色表示试验正在进行。

3.1.3 通信相关说明

各功能软件通过收发以太网报文与测试仪通信，通信状态由右上角的指示灯标识。对于多网卡的计算机，软件会在以下 3 种情况弹出图 3.1.3 所示的对话框，以使用户选择要绑定的网卡：

- 1) 首次启动试验模块时；
- 2) 计算机的网络连接有变动时，如用户添加、拆除了网卡，或停用、启用了网络连接；
- 3) 用户单击菜单项：试验→绑定网卡。



图 0.3 多网卡的选择绑定

3.1.4 试验配置

试验配置分为“基本配置”、“SV 配置”和“GOOSE 配置”三个部分。

有五个功能按钮：

名称	功能
导入 SCL 配置	可通过导入 SCD 或 CID 文件导入 SV 和 GOOSE 的配置信息,大大简化了相关的配置工作
侦测网络	通过接收网络中的报文,解析相关参数,并导入配置信息。
打开	打开以前的配置文件
导入	保存当前配置信息
确定	确认本次修改
取消	取消本次修改

3.1.4.1 导入 SCL 配置

选择导入 SCL 配置会出现如图 3.1.4 所示,可读出每个保护装置的

GOOSE 输入、输出和 SV 信息，右侧上方列表可列出 SV 或者 GOOSE 的详细配置信息，点击其中的某一条目时，右下方会显示该条目对应数据集条目的详细信息。

点击 SMV 或者 GOOSE 列表中的“选择”框，可将选中的条目导入到配置界面中的 SMV 配置和 GOOSE 配置中，从而简化了用户的配置工作。



图0.4 导入SCL配置

3.1.4.2 侦测网络

如果试验时没有 SCL 文件，我们可以通过侦测网络的方式获取相关的配置信息。装置会将收到的网络报文进行分析，得到相关的参数，如：SMV 报文类型、数据条目数，GOOSE 报文的数据类型及排列方式等。根据这些参数，装置就可以取代网络中的某台设备，进行数据发送了。

3.1.4.3 基本配置

基本配置如图 0.5 所示，包括文件保存路径设置、GMRP 信息配置、界面显示和定时方式设置。

选择“支持 GMRP”后，在下面的列表中通过添加和删除来设置组播注册地址。

界面显示可用一次值和二次值两种方式显示，变比在“SV 配置”中设置。

定时方式可选择 IRIG-B 码和 IEEE1588 两种方式，IRIG-B 码可支持正向和反向两种方式。

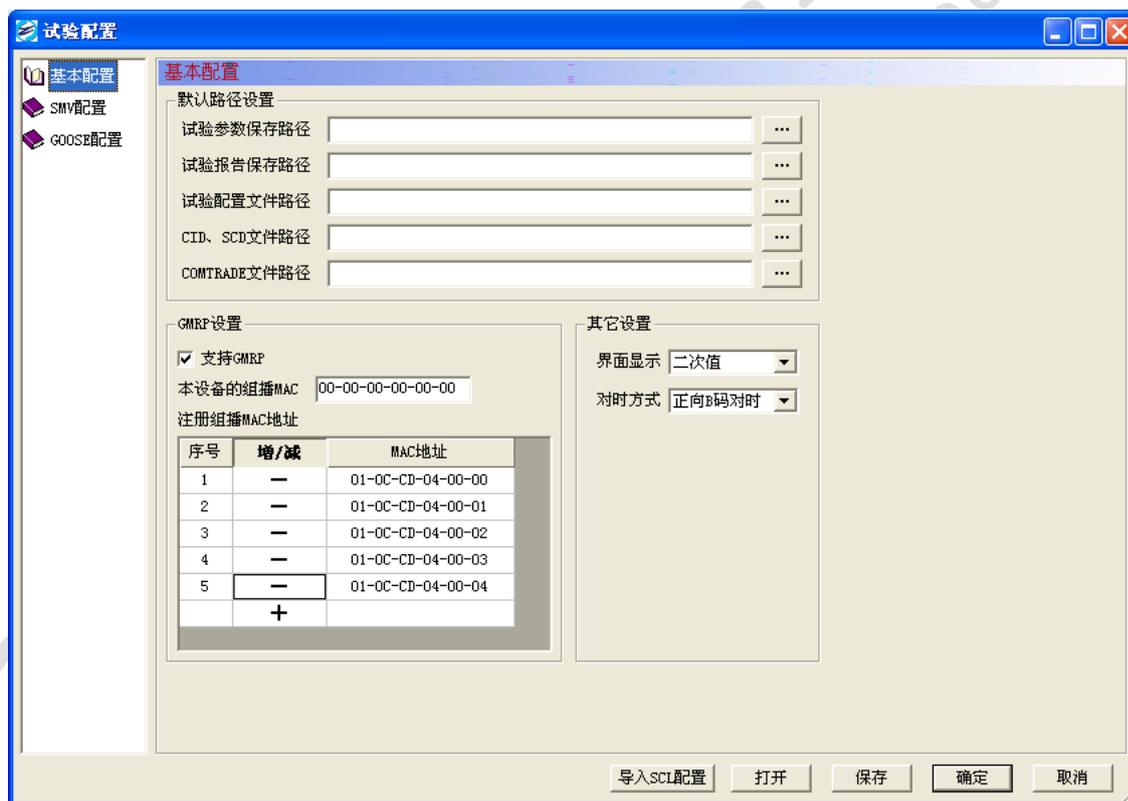


图 0.5 采样值报文发送设置

3.1.4.4 SMV 配置

SV的配置界面如图 0.6 所示。

- 报文规范中可选择 IEC60044-8、IEC61850-9-1 和 IEC61850-9-2 三种报文格式。
- 采样频率和每周波点数相互关联，采样频率=周波点数×50，用于设置采样值报文输出频率及相应的每周波点数。
- 序号同步方式有：不同步、自定义和秒脉冲同步三种。

序号同步方式	原理
不同步	序号一直累加，达到最大值后清零
自定义	序号根据“翻转序号”进行清零
秒脉冲同步	收到秒脉冲信号时序号清零，没有秒脉冲信号时，根据“翻转序号”进行清零

- APPID、MAC 地址、ASDU 数目、VLanID、优先级、品质因数、SVID、状态字、版本号均是和规约相关的一些参数；
- 数据集模板和数据转换标准对于 IEC60044-8 和 IEC 61850-9-1 时是固定的，为 12 个模拟通道保护 A 相电流、保护 B 相电流、保护 C 相电流、零序电流、测量 A 相电流、测量 B 相电流、测量 C 相电流、A 相电压、B 相电压、C 相电压、母线电压、零序电压。对于 IEC 61850-9-2 规约，报文输出格式可任意配置，也可以从数据集模板中选择对应的模板；



图 0.6 SV 设置

3.1.4.5 GOOSE 配置

GOOSE 配置界面如图 3.1.7 所示，开入和开出支持硬节点和 GOOSE 报文两种方式，可任意组合。GOOSE 接收可配置为多个判断条件的组合，判断条件有：AppID、MAC、gocbref、goID、Dataset、ConfRev 和“是否忽略”测试模式。

每个 GOOSE 控制块可单独设置 AppID、MAC、发送光口、数据通道个数、优先级、VlanID、版本号、测试标志位、发送时间间隔、gocbRef、goID、Dataset 等信息。

点击某一 GOOSE 控制块后，在左下方会显示该控制块条目的详细信息，包括名称数据类型，并可设置初始值。右下方用于将 GOOSE 关联到开

入开出量上，每个开入关联到一个数据条目上，而每个开出可关联到五个不同的条目上，可实现一个开出控制多个 GOOSE 的多个条目的功能。



图 0.7 GOOSE 配置

需要绑定 GOOSE 条目和开关量时，如需要将“开入 A”绑定到第二个 GOOSE 控制块的第 7 个条目，操作如下：点击“开入量映射”中的“开入 A”，点击 GOOSE 控制块列表中的第二列，下发的左侧列表中会列出该控制块的所有条目，点击第 7 条，然后在“开入量映射”中的“开入 A”后点击绑定即可。或者直接在“开入量映射”中的“开入 A”后的“控制块”中填写“2”，“通道”中填写“7”。

开出量的绑定与此类似。需要注意的是，开关量只能绑定到表示开关量状态（单点、双点）的条目上，不能关联到该开关量的属性信息（如时间、品质）上。

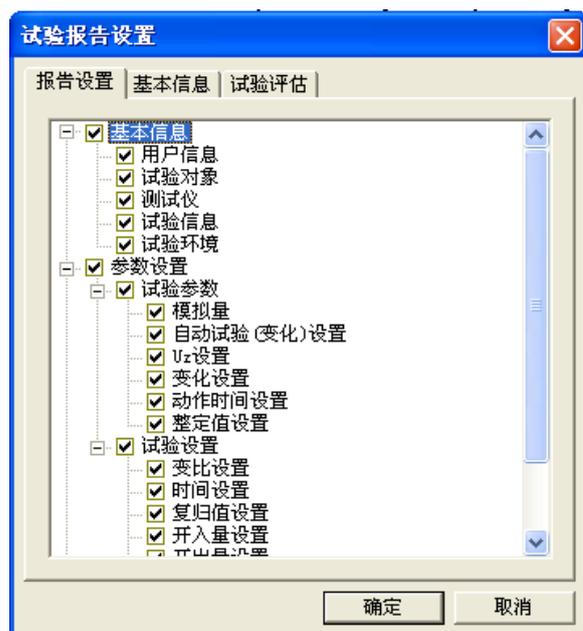


图 0.5 试验报告设置对话框

点击菜单“试验报告→设置”可以设置试验报告，如图 0.5所示。在“报告设置”标签页中可以选择试验报告的内容，在其他标签页设置试验基本信息和试验评估的具体内容。还可以直接打印试验报告，或者把试验报告输出到 rtf文档，以便使用Word、WPS和写字板等文字处理软件浏览和修改。

3.1.6 开关量说明

3.1.6.1 开入量

测试仪共有 8 对开关量输入，在软件界面中标记为A-H，开入量逻辑可选“逻辑或”、“逻辑与”，如图 3.1.图 0.6(a)所示。缺省开入量逻辑为“逻辑或”。

- 逻辑或：所选中的开入量只要有一个变位，认为开入量变位；
- 逻辑与：所选中的开入量均变位，认为开入量变位。

开入量设置

开入量逻辑： 逻辑与 逻辑或

开入量接入点：A B C D
 E F G H

开出量设置

	初始状态	变位方式	变位时间	持续时间
1	断开	变位后复位	0.100 s	1.000 s
2	断开	变位不复位	0.100 s	1.000 s
3	闭合	不变位	0.000 s	10.000 s
4	无效	变位后复位	0.000 s	10.000 s

(a) 开入量逻辑选择

(b) 开出量设置

图 0.6 开关量设置

3.1.6.2 开出量

测试仪共有 4 对开关量输出，在软件界面中标记为 1-4，开出量状态设置如图 0.6 3.1.7(b)所示。

- 初始态：用于设置开出量的初始状态，可选断开、闭合、无效。无效表示不使用该开出量。
- 变位方式：可选“变位后复位”、“变位后不复位”、“不变位”。
- 变位时间：开出量变位时相对于每步变化量开始的时间，如图 3.1图 0.7中①对应的的时间；
- 持续时间：开出量变位后持续该状态的时间，如图 3.1图 0.7中②对应的的时间；

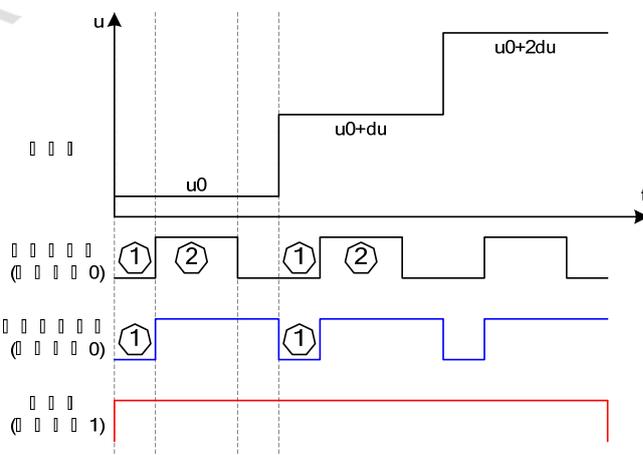


图 0.7 开出量设置图解

变位方式图解说明如下：

- 变位后复位：在变位时刻到后开关量变位，经持续时间后恢复到初始状态；
- 变位后不复位：在变位时刻到之后开关量变位，开关量保持该状态至下一个变化量输出开始；
- 不变位：按初始状态输出。

3.1.7 相关时间定义

- 防抖时间：开关量变位确认时间，用于确认保护动作与否，保护装置动作其节点闭合（或打开）状态的时间大于设置的防抖动时间时，测试仪才确认为开入量变位即节点动作，否则，确认节点不动作。
- 触发后延时：开入量触发后延时输出的时间。
- 间隔时间：在测试列表中多个测试项目之间的间隔时间，间隔时间内测试仪无输出。
- 复归时间：在自动变化试验中，每次变化开始之前输出使保护可靠复归的电压电流值的时间。
- 合闸延时：模拟断路器合闸时间。
- 分闸延时：模拟断路器分闸延迟时间。

3.1.8 开关量动作

每个试验过程中的开关量动作情况都会被记录下来，通过“查看”菜单中的“试验历史列表”可以显示已经完成的试验，选项某个试验，右键菜单中的“开关量动作”可以调出开关量动作记录。

上方的列表列出了开关量的动作时间信息，可以以变位时刻和脉宽两种方式显示时间，变位时刻是开关量变位的绝对时间，脉宽是相对于前一次变位持续的时间。下方的列表可以显示两次变位之间的时间差，起始时刻和终止时刻可以任意选择。

开关量动作结果

动作时间列表 动作序列示意图 显示变位时刻 (ms)

开关量	描述	第1次变位	第2次变位	第3次变位	第4次变位	第5次变位	第6次变位
开入A	硬接点A	√ 4008.72	┐ 9753.21				
开入B	硬接点B	√ 17900.22	┐ 18301.72				
开入C	硬接点C	√ 10787.47	┐ 16307.97	√ 16310.22	┐ 16314.97	√ 19338.72	┐ 20249.71
开出1		√ 8780.62	┐ 15874.58				

时间差计算 添加 清空 使用鼠标操作 (左键开关量1, 右键开关量2)

序号	开关量1	变位1	时刻1	开关量2	变位2	时刻2	时间差
1	开入A	1	√ 4008.72	开出1	1	√ 8780.62	4771.90

开关量动作结果

动作时间列表 动作序列示意图 显示脉宽 (ms)

开关量	描述	第1次变位	第2次变位	第3次变位	第4次变位	第5次变位	第6次变位
开入A	硬接点A	√ 4008.72	┐ 5744.49				
开入B	硬接点B	√ 17900.22	┐ 401.50				
开入C	硬接点C	√ 10787.47	┐ 5520.50	√ 2.25	┐ 4.75	√ 3023.75	┐ 910.99
开出1		√ 8780.62	┐ 7093.96				

时间差计算 添加 清空 使用鼠标操作 (左键开关量1, 右键开关量2)

序号	开关量1	变位1	时刻1	开关量2	变位2	时刻2	时间差
1	开入A	1	√ 4008.72	开出1	1	√ 8780.62	4771.90

图 3.1.15 开关量动作结果

3.1.9 报文测试

报文测试设置框如图 3.1.16 所示。



图 3.1.16 报文测试

- 序号偏差：用于设置多个 SV 控制块之间采样序号 SmpCnt 之间的差，用于模拟多个 MU 失步；
- 丢帧测试：用于模拟采样值在网络中传输时，由于各种原因丢失一个或多个采样值报文的情况。如每 200 帧丢 2 帧，模拟的是第 199 和第 200 帧数据丢失的情况。一帧数据代表一个报文，如果每个报文中含有 4 个 ASDU 数据，则丢一帧实际是丢失了 4 个采样数据；
- 同步标志：用于模拟 MU 运行过程中失步的情况。该功能将采样值报文中的同步标志置为失步，只对 IEC61850-9-2 有效，其它格式报文没有同步标志；

- 品质测试：与同步标志类似，将采样值报文中数据的品质位设置为无效，只对 IEC61850-9-2 有效，其它格式报文没有同步标志；
- 序号跳变：模拟网络延时情况。如设置每 10 帧跳变 2 点，步长为 5，则传输的数据 SmpCnt 序号正常顺序为 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10，加入测试后的序号为 6、7、3、4、5、6、7、8、9、10；
- 错值测试：模拟互感器故障，某段时间内的采样值出现异常的情况。异常数据=正常数据 X 放大倍数，放大倍数可设置；
- 测试限制：设置测试的起始点和测试次数。在故障再现中添加时，设置的起始测试点与录波文件中的采样点相对应。

3.2 光数字测试

3.2.1 用户界面

光数字测试模块的界面和 3.1.2 节中的介绍有较大差别，如下所示：



图 0.8 光数字测试界面

3.2.2 标签页

光数字测试模块共有两个标签页分别实现以下功能：（1）发送采样值报文，包括发送 IEC 60044-8、IEC 61850-9-1、IEC 61850-9-2 规约采样值报文；（2）发送 GOOSE 报文。

3.2.2.1 采样值发送

采样值发送标签页见图 3.2.1，分为左区的基本设置、右上区的采样值控制块列表和右下区的通道列表三个部分。其部分设置参见“光数字测试设置”的说明，其他设置说明如下：

- 控制块数：IEC 60044-8 最多可以设置 3 个控制块，9-1 和 9-2 最多可设置 5 个控制块，改变控制块数目时，右上侧的控制块列表相应增减行数。双击列表中的“AppID”会出现下拉列表，列表中列出所有以添加

到配置中的 SV 控制块的 AppID，选择所需的 AppID 即可。

- 显示一次值/二次值：通道列表中的幅值列根据相应设置显示为一次值或二次值；在 IEC 61850-9-1/FT3 的数据转换标准下，通道列表中的参考值列设置为一次值额定值或二次值额定值(电压通道为相电压)；在 IEC 61850-9-2 的数据转换标准下先将幅值转换为一次值再打包发送数字报文；
- 控制块列表光口列：可为各个控制块选择输出光口；
- 控制块列表报文测试列：默认时无测试，双击弹出报文测试设置对话框，如图 0.9，可设置序号偏差(失步)、阻塞、丢帧、同步位、品质、序号跳变、错值(假数据)等测试；品质和错值测试需要设定通道，选中的通道才可做相应测试；测试限制设置测试起始帧/点，限制次数设定测试次数，不限制时测试一直进行下去直至试验停止。

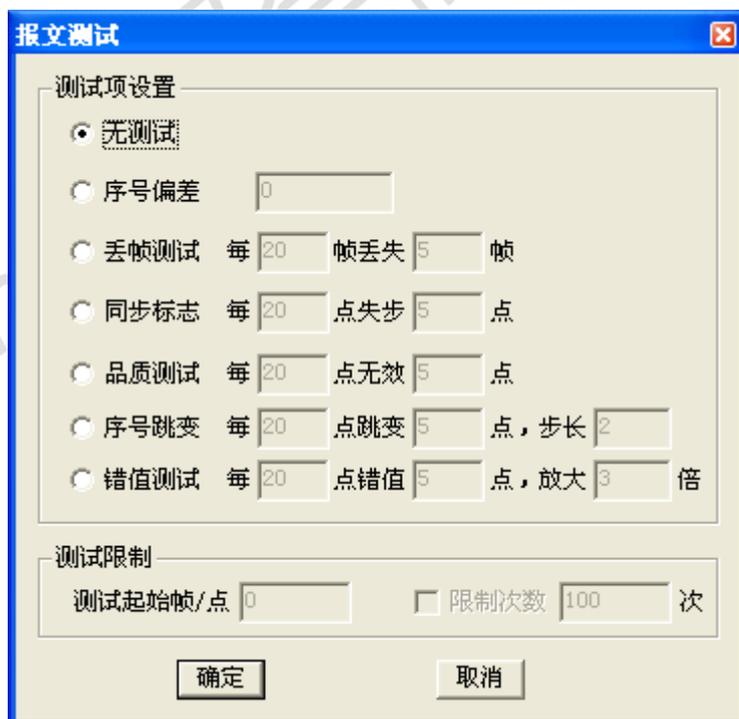


图 0.9 报文测试设置界面

- 变化设置区域中，变化控制块可选择“所有控制块”和“当前控制块”。选择“所有控制块”，点击加减按钮时，所有控制块同时按步长和变化类别加减。选择“当前控制块”时，只有当前控制块做对应的加减；
- “变化控制块”中可选择“所有控制块”和“当前控制块”。“变化类别”中可选择幅值、频率和相位。
- “控制方式”中可选择“手动变化”和“自动变化”两种方式。“手动变化”时“即时修改”和“下传修改”选择有效，“即时修改”时，在右下方的列表中的修改完后立即生效；“下传修改”时，修改完后需要点击按钮使所有修改同时生效。“自动变化”时，需要在右下方列表中设置变化的起始和终止值，程序会按照“每部持续时间”中的设置，自动修改各个量。
- “开入量计时方式”中的选项用于设置计时的起始时刻，从试验开始计时，或者每次修改数据时重新计时。

3.2.2.2 GOOSE 发送

GOOSE 发送标签页如图 3.2.3。该页分为上中下三部分，上部设置 GOOSE 心跳间隔时间、品质因数、控制块数，最多可同时发送 10 个控制块的 GOOSE 报文；中部为控制块列表，设置各个控制块参数；下部为通道列表，可手动改变每个控制块各个通道的状态。



图 0.10 GOOSE 发送

试验时，点击开始按钮，“即时修改”和“下传修改”变为可选项。默认为手动下传修改方式，即用户在下面的列表中修改了某个条目的状态后，需要点击“下传修改”按钮才能使修改生效。当选择“即时修改”时，用户修改条目状态后，程序会立即自动使修改生效。

3.2.3 闭环测试及示波

闭环测试及示波用于接收本装置发出，或者外部 MU 或 IED 设备发出的 SV 或 GOOSE 报文，以图表的形式显示。

3.2.3.1 实时波形

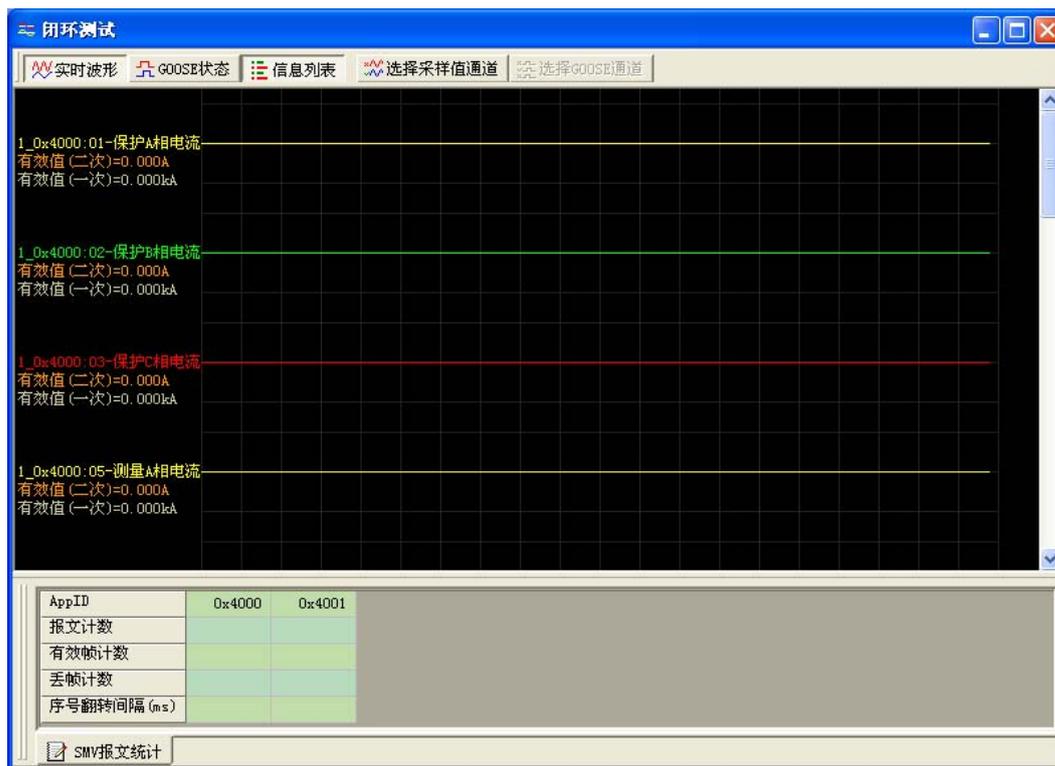


图 3.2.4 闭环测试窗口

在光数字测试模块中点击菜单“查看→闭环测试”可打开闭环测试界面，如图 3.2.。闭环测试时可以切换显示“实时波形”和“GOOSE状态”。图 3.2.中的上方是实时波形视图，刷新频率约每秒 1 次，下方列表显示采样值报文统计信息。其中：

- 报文计数：接收到的报文总计；
- 有效帧计数：统计每秒收到的有效报文数量；
- 丢帧计数：按设定的采样率，统计每秒无效或未收到的报文数量；
- 序号翻转间隔：报文序号两次为 0 之间的时间间隔，ms 单位。

3.2.3.2 选择采样值通道

点击“选择采样值通道”按钮，弹出如图 3.2.5 所示对话框，设置界面分

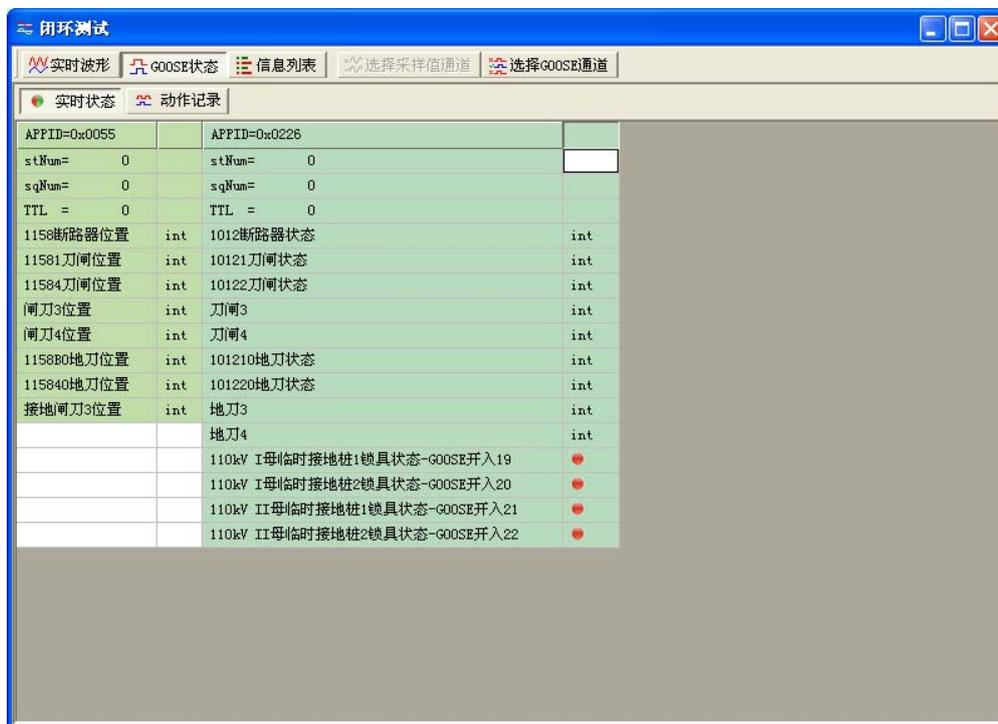
为按钮、SV 控制块列表和 SV 通道信息列表三部分。

- 报文规范:用于指定接收报文格式,可选择 IEC60044-8 或 IEC61850;
- 采样率:用于设定接收报文的采样率,以便统计每秒丢帧计数;
- SV 控制块列表中,双击“AppID”会弹出下拉框,下拉框中的信息从实验配置中读取。接收光口必须按实际情况选择对应的光网口。接收 IEC60044-8 数据时,接收光串口固定,无需设置接收光口。
- SV 通道信息列表中,列出了界面显示的通道信息,额定值设置用于计算当前数据的二次有效值;



图 3.2.5 实时波形设置

3.2.3.3 GOOSE 状态



APPID=0x0055		APPID=0x0226	
stNum=	0	stNum=	0
sqNum=	0	sqNum=	0
TTL =	0	TTL =	0
1156断路器位置	int	1012断路器状态	int
11581刀闸位置	int	10121刀闸状态	int
11584刀闸位置	int	10122刀闸状态	int
闸刀3位置	int	刀闸3	int
闸刀4位置	int	刀闸4	int
1158B0地刀位置	int	101210地刀状态	int
115840地刀位置	int	101220地刀状态	int
接地闸刀3位置	int	地刀3	int
		地刀4	int
		110kV I母临时接地桩1锁具状态-GOOSE开入19	●
		110kV I母临时接地桩2锁具状态-GOOSE开入20	●
		110kV II母临时接地桩1锁具状态-GOOSE开入21	●
		110kV II母临时接地桩2锁具状态-GOOSE开入22	●

图 3.2.6 GOOSE 状态

“GOOSE 状态”可以切换显示“实时状态”和“动作记录”，图 3.2.6 显示 GOOSE“实时状态”标签页，上方列表显示的多个控制块的各个通道的实时状态；图 3.2.7 显示的是 GOOSE“动作记录”标签页，列出了每个 GOOSE 通道最近 10 次的变位时刻。



通道名称	变位次数	变位记录1 (零时刻)	变位记录2	变位记录3	变位记录4
1012断路器状态	int	0			
10121刀闸状态	int	0			
10122刀闸状态	int	0			
刀闸3	int	0			
刀闸4	int	0			
101210地刀状态	int	0			
101220地刀状态	int	0			
地刀3	int	0			
地刀4	int	0			
110kV I母临时接地桩1锁具状态-GOOSE开入19	int	0			
110kV I母临时接地桩2锁具状态-GOOSE开入20	int	0			
110kV II母临时接地桩1锁具状态-GOOSE开入21	int	0			
110kV II母临时接地桩2锁具状态-GOOSE开入22	int	0			

AppID	0x4000	0x4001
报文计数		
有效帧计数		
丢帧计数		
序号翻转间隔 (ms)		

图 3.2.7 GOOSE 动作记录

- 显示 GOOSE 动作记录时，一次显示一个 GOCB 信息，多个 GOCB 之间切换时，在第一个下拉框中选择；
- 第二个下拉框中可选择“显示收到时刻”和“显示变位时刻”。选择前者时，动作时刻为本装置收到报文时刻；选择后者时，动作时刻为报文中记录的动作时刻；
- 第三个下拉框中可选择“显示相对时间”和“显示绝对时间”。选择前者时，后续动作记录时刻显示的是与零时刻之间的时差；选择后者时，直接显示每次的变位时刻。

3.2.3.4 GOOSE 接收设置



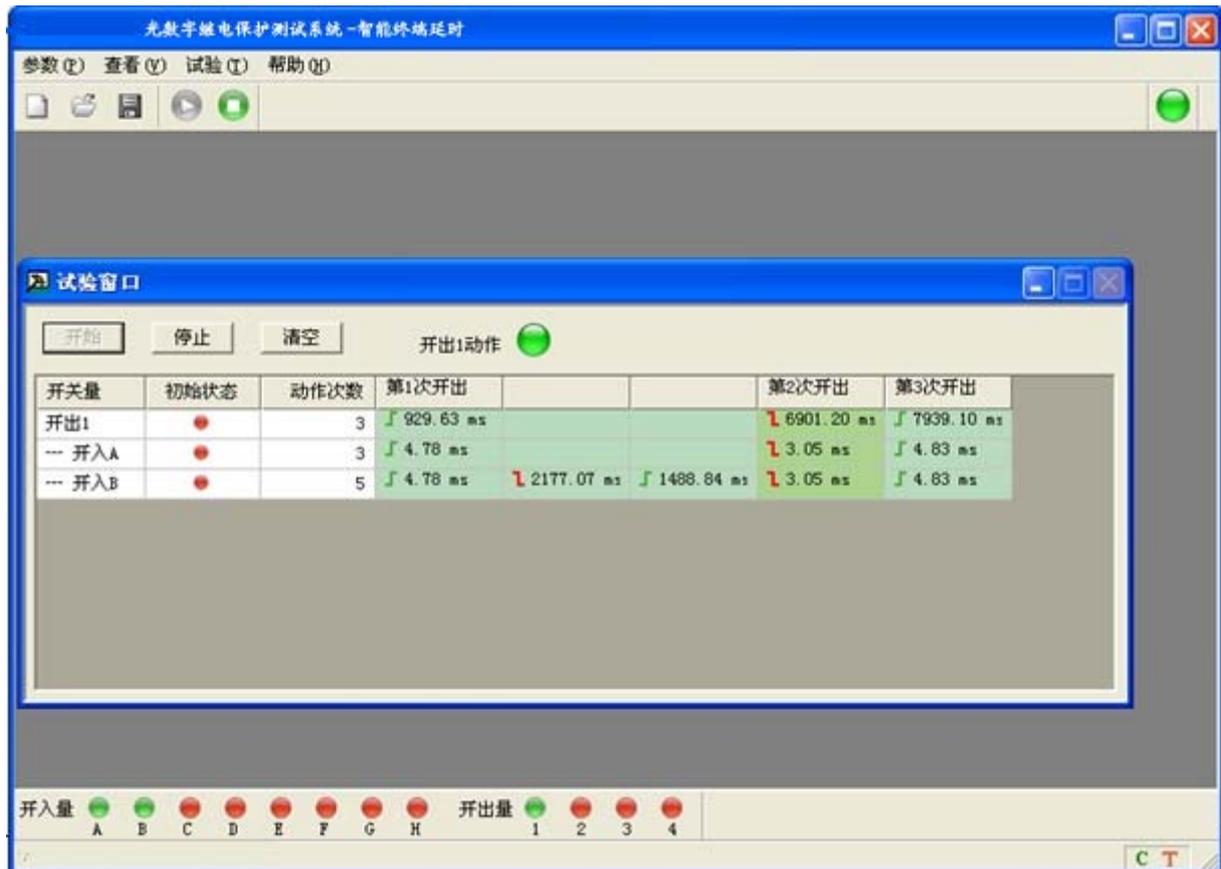
图 3.2.8 GOOSE 接收设置

GOOSE 接收设置与采样值接收设置类似，在 GOCB 列表中双击“AppID”会显示下拉列表，列表中的信息与试验配置中一致，选择对应的 ID，在下方的列表中会显示该 GOCB 中的所有条目信息，本装置只监测其中的状态量条目。

3.3 GOOSE 延时

GOOSE 延时模块专门用于测试智能操作箱的动作延时。其试验原理是，以每次开出动作时刻为计时起点，记录开入动作时间间隔，动作时间以脉宽方式显示。每次开出动作时，都重新开始计时。

延时时间分辨率为 10us。将多个智能操作箱的信号关联到一个开出量上，可同时测量多套智能操作箱的动作延时。



3.4 电压电流

电压电流试验模块主要有以下功能：

- 手动试验，各路电压电流的幅值、角度和频率可以任意调整；
- 测试电压、电流继电器、频率及高低周继电器、功率方向继电器动作值、返回值及动作返回时间；
- 作为信号源测试二次回路是否正常；
- 对保护及其它测控装置、仪器仪表进行精度测试、零漂校核。

3.4.1 测试功能

电压电流试验模块可以进行多个测试项目的试验，如下表所示。

序号	测试项目	试验方式	测试内容
1	电压电流	手动试验	动作值、动作时间、返回值等，可任选两个相量进行变化测试，也可选择按序量、功率等参数进行变化测试。
2	电压保护	自动试验	动作值、动作时间
3	电流保护	自动试验	动作值、动作时间
4	功率保护	自动试验	动作值、动作时间、动作边界
5	频率及高低周保护	自动试验	动作值、动作时间、 df/dt 闭锁值、 dV/dt 闭锁值、低电压闭锁值、低电流闭锁值
6	直流继电器	自动试验	动作值、动作时间
7	时间继电器	自动试验	动作值、动作时间

3.4.2 测试说明

3.4.2.1 电压电流

3.4.2.1.1 基本原理

电压电流为手动测试模块，可根据需要自由设置电压、电流的手动变化输出，可完成电压、电流、功率、频率、谐波等相关的多种手动测试功能。

3.4.2.1.2 参数与设置

电压电流手动试验设置界面如图 0.11 所示，含电压电流列表、自动试验设置、变化设置、整定值设置四个区域。界面内容根据图中“变化类别”所选

择的内容变化，如图 0.12(a)所示。变化类别可选：任意、序量、功率、阻抗。自动试验设置在电压电流手动试验下无效。“变化类别”说明如下：

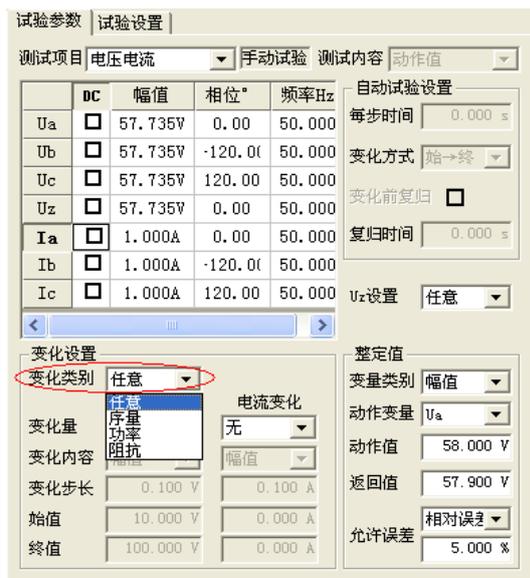
- 任意：电压、电流值按相量方式变化，可选择 1 个电压量、1 个电流同时变化，任意变化方式如图 0.11 所示。在任意方式下，可变化电压、电流幅值、相位、频率。
- 序量：电压、电流值按序量方式变化，可选择 1 个电压序量、1 个电流量同时变化。序量变化方式如图 0.12(b)所示，电压电流列表中按序量显示，可变化序量电压、电流幅值、相位，频率缺省为 50.00Hz。



图 0.11 电压电流手动测试界面

- 功率：电压、电流按设定的功率变化，可选单相/三相有功功率或者无功功率变化，如图 3.4.2 (c)所示，变化量可选：Sa、Sb、Sc、S3，变化内容可选：有功功率、无功功率。

- 阻抗：电压、电流按短路阻抗或者阻抗角变化，如图 3.4.3 (d)所示。
- 变化内容可选阻抗、阻抗角，短路类型、计算模型、短路计算参数及其它相关参数点击“计算模型”可设置。



试验参数 | 试验设置 |

测试项目 电压电流 | 手动试验 | 测试内容 | 动作值

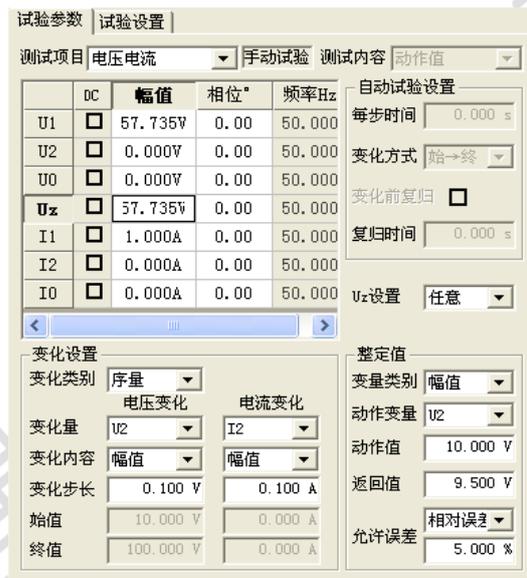
	DC	幅值	相位°	频率Hz
Ua	<input type="checkbox"/>	57.735V	0.00	50.000
Ub	<input type="checkbox"/>	57.735V	-120.00	50.000
Uc	<input type="checkbox"/>	57.735V	120.00	50.000
Uz	<input type="checkbox"/>	57.735V	0.00	50.000
Ia	<input type="checkbox"/>	1.000A	0.00	50.000
Ib	<input type="checkbox"/>	1.000A	-120.00	50.000
Ic	<input type="checkbox"/>	1.000A	120.00	50.000

自动试验设置
每步时间 0.000 s
变化方式 始→终
变化前复归
复归时间 0.000 s
Uz设置 任意

变化设置
变化类别 任意
变化量 序量
变化内容 阻抗
变化步长 0.100 V
始值 10.000 V
终值 100.000 V

整定值
变量类别 幅值
动作变量 Ua
动作值 58.000 V
返回值 57.900 V
允许误差 相对误差 5.000 %

(a) 变化类别设置



试验参数 | 试验设置 |

测试项目 电压电流 | 手动试验 | 测试内容 | 动作值

	DC	幅值	相位°	频率Hz
U1	<input type="checkbox"/>	57.735V	0.00	50.000
U2	<input type="checkbox"/>	0.000V	0.00	50.000
U0	<input type="checkbox"/>	0.000V	0.00	50.000
Uz	<input type="checkbox"/>	57.735V	0.00	50.000
I1	<input type="checkbox"/>	1.000A	0.00	50.000
I2	<input type="checkbox"/>	0.000A	0.00	50.000
I0	<input type="checkbox"/>	0.000A	0.00	50.000

自动试验设置
每步时间 0.000 s
变化方式 始→终
变化前复归
复归时间 0.000 s
Uz设置 任意

变化设置
变化类别 序量
变化量 U2
变化内容 幅值
变化步长 0.100 V
始值 10.000 V
终值 100.000 V

整定值
变量类别 幅值
动作变量 U2
动作值 10.000 V
返回值 9.500 V
允许误差 相对误差 5.000 %

(b) 按序量变化设置



试验参数 | 试验设置 |

测试项目 电压电流 | 手动试验 | 测试内容 | 动作值

	幅值/P	相位/Q	频率Hz
Ua	57.735V	0.000°	50.000
Ub	57.735V	-120.000°	50.000
Uc	57.735V	120.000°	50.000
Uz	57.735V	0.000°	50.000
Sa	57.735W	0.000VA	50.000
Sb	57.735W	0.000VA	50.000
Sc	57.735W	0.000VA	50.000
S3	173.205W	0.000VA	50.000

自动试验设置
每步时间 0.000 s
变化方式 始→终
变化前复归
复归时间 0.000 s
Uz设置 任意

变化设置
变化类别 功率
变化量 Sa
变化内容 有功功率
变化步长 0.100 W

整定值
变量类别 无
动作变量 Ua
动作值 0.000
返回值 0.000
允许误差 相对误差 0.000

(c) 功率变化方式



试验参数 | 试验设置 |

测试项目 电压电流 | 手动试验 | 测试内容 | 动作值

	DC	幅值	相位°	频率Hz
Ua	<input type="checkbox"/>	8.335V	0.00	50.000
Ub	<input type="checkbox"/>	57.735V	-120.00	50.000
Uc	<input type="checkbox"/>	57.735V	120.00	50.000
Uz	<input type="checkbox"/>	57.735V	0.00	50.000
Ia	<input type="checkbox"/>	5.000A	-90.00	50.000
Ib	<input type="checkbox"/>	0.000A	0.00	50.000
Ic	<input type="checkbox"/>	0.000A	0.00	50.000

自动试验设置
每步时间 0.000 s
变化方式 始→终
变化前复归
复归时间 0.000 s
Uz设置 任意

变化设置
变化类别 阻抗
变化内容 阻抗
变化步长 0.100 Ω
短路阻抗 1.000 Ω ∠ 90.00°
计算模型

整定值
变量类别 无
动作变量 Ua
动作值 0.000
返回值 0.000
允许误差 相对误差 0.000

(d) 阻抗变化方式

图 0.12 变化设置

电压电流列表中 DC 复选框可设定输出直流值。

界面中“Uz 设置”可选 $3U_0$, $3U_0\sqrt{3}$, $-3U_0$, $-3U_0\sqrt{3}$, 此时电压电流列表中 Uz 值不可编辑输入; 也可选择任意, 在任意设置下, 电压电流列表中 Uz 值可编辑输入。

整定值设置可以设定记录保护动作时的所设定变量动的作值、返回值、允许误差等。动作变量可选电压/电流幅值、相位/相位差、频率, 可选功率、序量等。

电压电流试验中, 开关量设置在“试验设置”标签页中设置。时间设置除防抖时间有效外, 其他时间无意义。复归值设置用于设置自动试验中变化前的复归状态, 手动试验下无效。开入量定义同 3.1.6 节介绍; 开出量在试验设置标签页中设置开出状态, 在手动试验界面中点击“手动开出”, 开出生效, 再次点击则恢复开出量初始状态。

3.4.2.2 电压保护

3.4.2.2.1 基本原理

电压保护用于测试电压继电器动作行为, 可选电压按序量和相量变化, 测试项目可选动作值测试和动作时间测试。

3.4.2.2.2 参数与设置

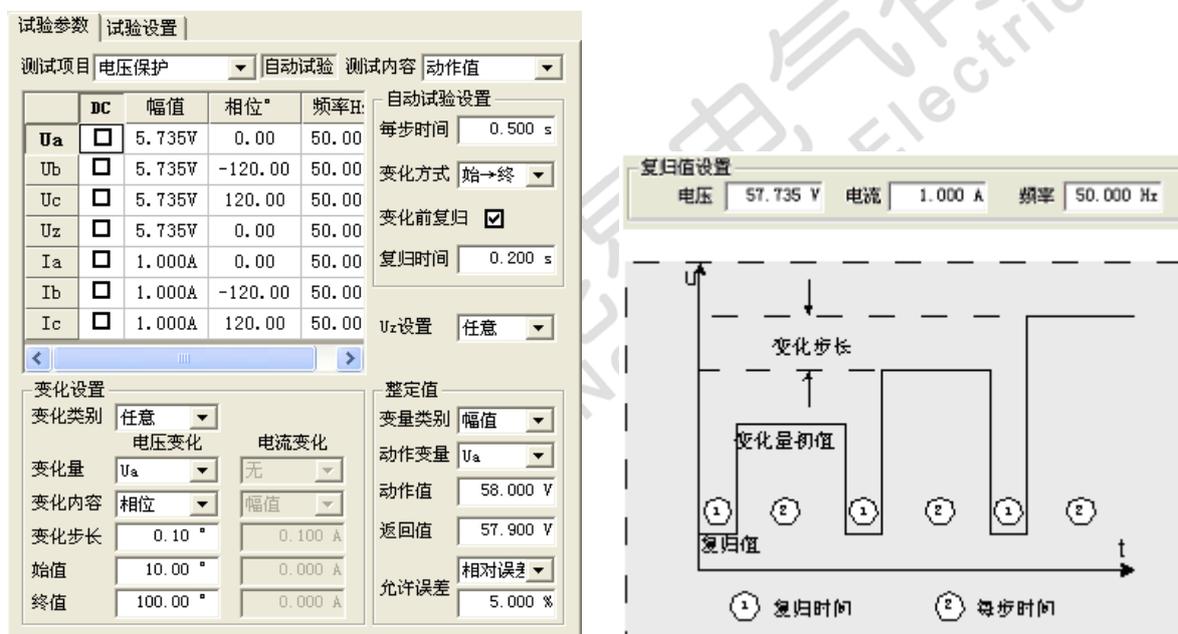
1) 动作值测试

用于测试各种电压继电器的动作值, 界面与电压电流手动测试类似, 但仅电压量可变化, 如 3.4.图 0.13(a)所示。在“电压保护”界面下, 自动变化设

置可用，

用于设置自动变化方式和每步时间。变化方式可选：始-终、始-终-始，前者可测动作值，后者可测返回值、返回系数。

动作值测试中可复选“变化前复归”，用于某些保护在电压变化前需要输出使得保护可靠复归的电压、电流场合。变化前复归图解如图 3.4.3(b)所示，复归输出值在“试验设置”标签页中设置，可设置电压、电流输出有效值、频率。



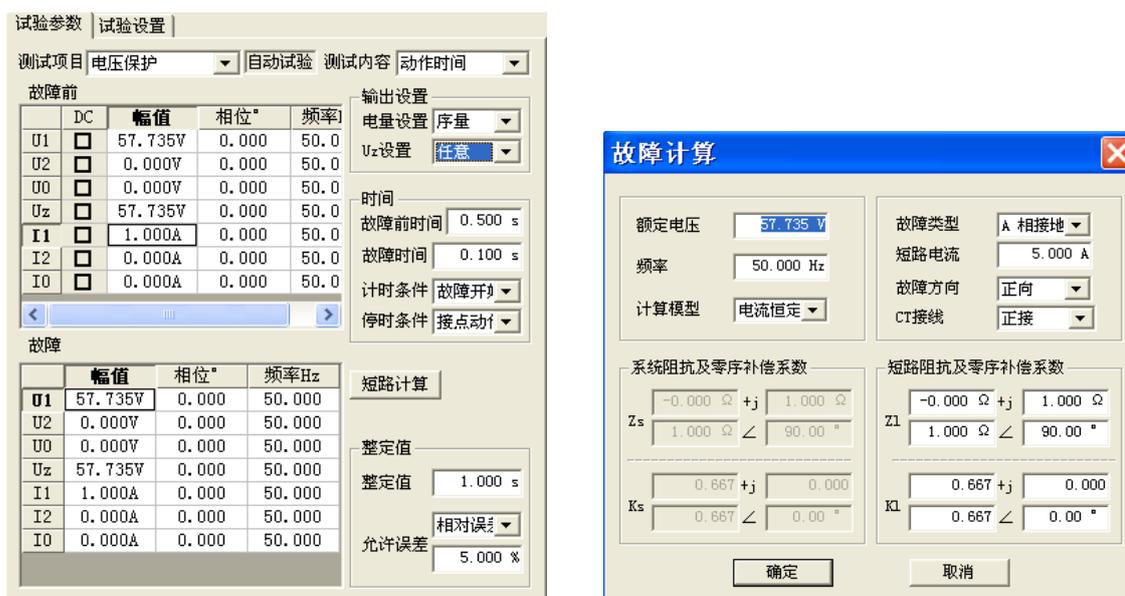
(a) 测试设置

(b) 变化前复归

图 0.13 电压保护动作值测试

2) 动作时间测试

电压保护动作时间测试时如图 3.4.图 0.14(a)所示，用于测试电压继电器的动作时间。电压、电流分为故障前、故障态设置。



(a) 测试设置

(b) 短路计算模型设置

图 0.14 电压保护动作时间测试

- 输出设置：用于设置电压量按序量还是相量变化输出，以及 U_z 输出值；
- 时间设置：用于设置故障、故障前所持续的时间、计时、停时条件。
 - 计时条件可选：包括故障开始、节点动作；停时条件可选：包括故障结束、节点动作、动作返回；

(1) 计时条件为“故障开始”，停时条件为“节点动作”，可测量保护动作时间；

(2) 计时条件为“节点动作”，停时条件为“动作返回”，可测量节点变位时间；

- 短路计算：按选择的短路类型和计算模型设置故障态电压、电流值，具体设置如图 3.4.图 0.14(b)所示。
- 整定值：用于设定动作时间整定值以及允许误差。

3.4.2.3 电流保护

电流保护用于测试各种电流继电器的动作行为，可选电流按序量和相量变化，测试项目包括电流动作值测试和电流动作时间测试。测试界面与电压保护类似，但仅电流量可变化。

3.4.2.4 功率保护

3.4.2.4.1 基本原理

功率保护测试项目下的动作值测试、动作时间测试和电压电流测试项目的参数界面基本一致，通过电压或者电流变化测试被试装置对功率的变化反映。电压/电流变化类别只有任意和序量两种，可变化幅值、相位、频率。

功率保护动作边界测试变化方式固定为相位按“始-终-始”方式变化，相位可选电压相位或者电流相位，从初始值开始变化，保护动作后记为动作边界 1，随后相位沿终值→始值方式变化寻找动作边界 2。

3.4.2.4.2 参数与设置

动作边界测试和动作值测试的界面基本一致，如图图 0.15所示，相位变化范围设置从不动作到动作搜索方式设定，且变化方式选择“始-终-始”，才能测出准确的动作边界。



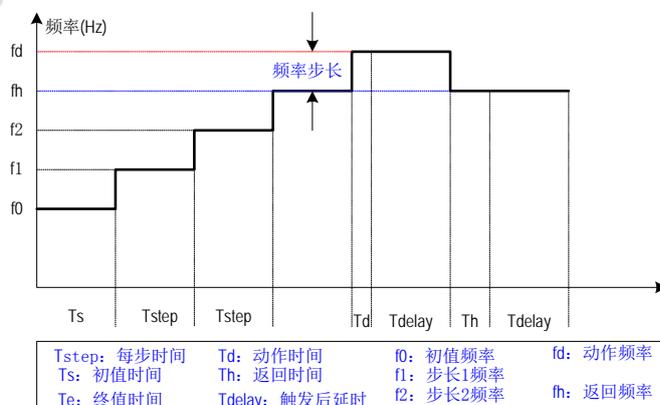
图 0.15 功率保护动作边界测试

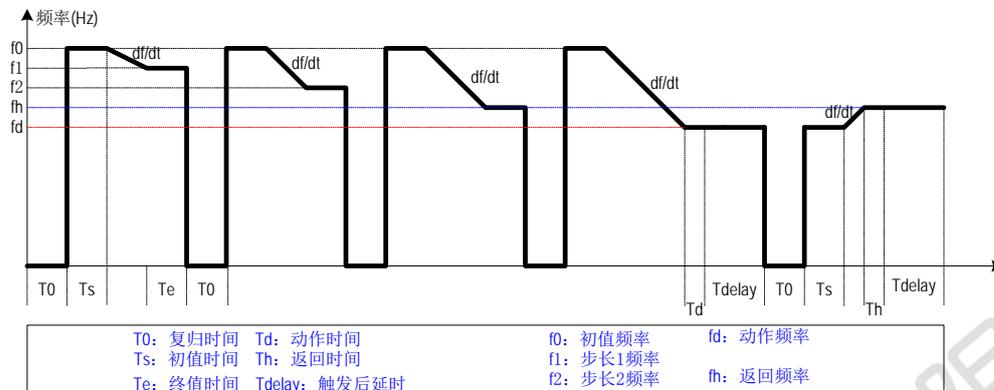
3.4.2.5 频率及高低周保护

3.4.2.5.1 基本原理

频率及高低周保护用于测试频率动作值、动作时间、 df/dt 闭锁值、 dv/dt 闭锁值、低电压闭锁值、低电流闭锁值。

频率变化可选步长方式或滑差方式，步长变化方式下频率按步长变化，每步变化时间可设定；滑差方式下频率按滑差从初值变化至步长频率，每次变化之间可设定复归时间，两种变化方式图解如图 0.16所示。



(a) 频率按步长方式变化

(b) 频率按滑差方式变化
图 0.16 频率变化图解

3.4.2.5.2 参数与设置

1) 动作值与动作时间

频率及高低周保护的動作值和動作時間參見圖圖 0.17，兩者界面布局相似，分为四个区域：电压电流设置、自动变化设置、频率变化、整定值。自动变化设置中可选择步长方式或滑差方式。在動作值测试中，选择变化方式为“始—终”时，仅测量動作值，选择变化方式为“始—终—始”时，可测量動作值和返回值。



(a) 频率动作值

(b) 频率动作时间

图 0.17 频率动作测试设置

2) df/dt 闭锁值与 dV/dt 闭锁值

df/dt闭锁值试验和dV/dt闭锁值试验参见图 0.18。两者界面布局相似，分为 6 个区域：电压电流设置、自动变化设置、整定值、电压变化、df(V)/dt 变化、频率变化。


 (a) df/dt 闭锁值测试

 (b) dV/dt 闭锁值测试

 图 0.18 df/dt 、 dV/dt 闭锁值测试设置

3) 低电压闭锁值试验和低电流闭锁值

低电压闭锁值试验和低电流闭锁值试验参见图 3.4.图 0.19。两者界面布局相似，分为 5 个区域：电压电流设置、自动变化设置、电压(流)变化、频率变化、整定值。



(a) 低电压闭锁值测试

(b) 低电流闭锁值测试

图 0.19 低电压、低电流闭锁值测试

3.4.2.6 直流继电器

直流继电器测试项目下的动作值测试和电压电流测试项目的参数界面基本一致，区别在于：电压电流列表只显示和设置直流量；变化类别固定为任意；变化量不可同时变化电压和电流。

动作时间测试可参见电压保护中的说明，同样，故障前列表和故障列表中只能显示和设置直流量。

3.4.2.7 时间继电器

时间继电器测试项目下的动作值测试和电压电流测试项目的参数界面基本一致，区别在于：电压电流列表默认显示和设置直流量；变化类别固定

为任意；变化量不可同时变化电压和电流。

动作时间测试可参见电压保护中的说明，故障前列表和故障列表中默认显示和设置直流量。

3.5 整组试验

整组试验模块的软件界面如图 3.5.1 所示。



图 0.20 整组试验软件界面

3.5.1 基本原理

整组试验主要测试保护装置对整个假想故障过程的全面静模测试，一个完整的故障过程包括：正常→故障→断开→重合→永跳，如图 3.5.2 所示：

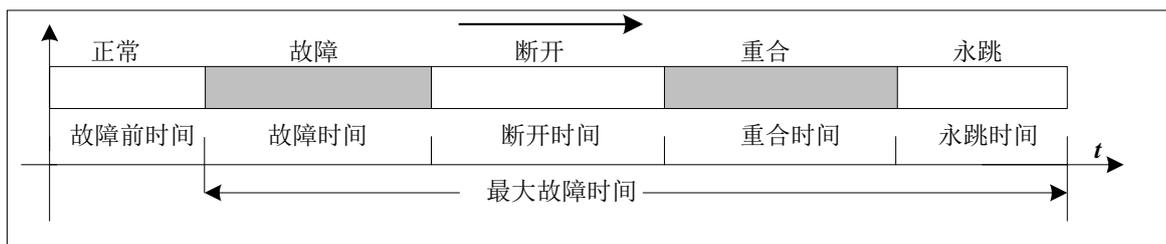


图 0.21 故障过程

- 正常状态：输出负荷电流或者空载状态，根据负荷电流设置而定；
- 故障状态：根据计算模型或者用户输入值而定；
- 断开状态：如果故障后有跳闸节点输入，根据跳开相别确定故障跳开后的输出电压/电流；
- 重合状态：根据计算模型确定重合电压电流

3.5.2 标签页

界面左区分为“基本参数”、“故障参数”和“开关量”3 个标签页，右区分为“负荷态”、“故障态”、“转换故障态”、“阻抗图”和“测试列表”5 个标签页。

3.5.2.1 基本参数

基本参数标签页见图 3.5.1 的左区，其中部分参数说明如下：

- 1) PT 位置：PT 在线路侧，跳开态故障相电压电流为 0；在母线侧时，电压电流恢复为故障前的输出数据；
- 2) CT 极性：CT 反向时，所有电流相位反 180°；
- 3) 间隔时间：是指按照测试列表进行自动试验时相邻试验之间的间隔时间；
- 4) 触发方式：是指从负荷态转换到故障态的触发方式，有时间触发、GPS

触发、按键触发、同步触发和时间控制 5 种触发方式，简述如下：

- 时间触发：试验开始时输出负荷态电压电流，经故障前时间后输出故障态电压电流；
- 按键触发：试验开始时输出负荷态电压电流并弹出故障触发确认对话框，点击确定后开始输出故障态电压电流；
- GPS 触发：试验开始时输出负荷态电流，在设定 GPS 时间到，触发故障输出设定的故障态波形；
- 同步触发：试验开始时输出负荷态电流，收到同步信号时，触发故障输出设定故障态波形。该触发方式用于没有 GPS 对时的几台测试仪之间同步触发故障，其中一台测试仪为同步信号输出方，其故障触发方式不能设为同步触发，其他需同步的测试仪设置为同步触发方式；
- 时间控制：试验开始后，按设定的故障前时间、故障持续时间、断开时间、重合时间输出各状态下的电压电流、直至最大试验限时到结束试验，试验过程中的保护动作信号不影响试验过程。

5) 合闸延时、分闸延时：模拟断路器合闸延时、分闸延时。在重合开入量有效后，测试仪经合闸延时后输出重合过程中相应的电压、电流；在保护跳闸后经分闸延时后输出断开状态或者永跳状态的电压电流。

6) 重合闸方式：可选单重、三重、综重三种，决定故障跳开方式与重合的方式，即决定了故障跳开与重合节点动作后的输出波形：

- 单重：单相跳开后重合时只重合相应单相；
- 三重：单相或者三相跳开后重合三相；

- 综重：单相故障跳开单相重合单相，三相故障跳开三相后重合三相。

3.5.2.2 故障参数



图 0.22 故障参数标签页

故障参数标签页如图 3.5.3 所示，部分参数说明如下：

1) 故障性质：可选瞬时性故障、永久性故障：

- 瞬时性故障：故障后开关跳开再重合，重合后故障消失；
- 永久性故障：故障为永久性故障，故障后开关跳开再重合，重合后故障仍存在。

2) 计算模型：可选电流恒定、电压恒定、Zs 恒定三种模型，计算模型影响故障时的电压电流计算。

3) Uz 设置：Uz 设置有 14 种方式：任意、 $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+3\sqrt{3}U_0$ 、 $-3\sqrt{3}U_0$ 、Ua、Ub、Uc、检同期 A、检同期 B、检同期 C、检同期 AB、检同期 BC、

检同期 CA，这 14 种方式说明如下：

任意：各状态（负荷态、故障态、转换故障态）下 **Uz** 输出由用户在相应右区标签页中设定；

第 2 至 5 种方式中 U_0 为零序电压；

第 6 至 8 种方式 **Uz** 设置为对应相电压；

第 9 至 14 种方式 **Uz** 设置为检同期方式。以“检同期 A”为例，则 **Uz** 的输出过程为：故障前以及故障跳闸前（即负荷态和故障态、转换性故障态），**Uz** 均输出 A 相电压 **Ua**，一旦跳闸（跳开态），则 **Uz** 输出为用户设置的同期电压，重合闸后，**Uz** 恢复为 A 相电压 **Ua**。

- 4) 合闸角方式、故障合闸角：决定故障时刻的相角。固定合闸角时，满足切换状态条件后，指定相的相角达到设定的合闸角时，才进行状态切换。
- 5) 衰减直流分量、时间常数：若复选“衰减直流”，则在故障发生时叠加衰减直流分量，合闸角和时间常数的设置均影响直流分量的计算。
- 6) 转换性故障：可设置在故障后或者重合后发生转换性故障。

5.2.3 开关量



图 0.23 开关量标签页

开关量标签页如图 3.5.4 所示。开入量 A、B、C 可选 A/B/C 单相跳闸、三相跳闸、无效，开入量 D 可选重合、无效。开出量的设置分为初始状态、变位方式、变位时间、持续时间，变位时间相对故障开始时刻。

3.5.2.4 负荷态、故障态、转换故障态

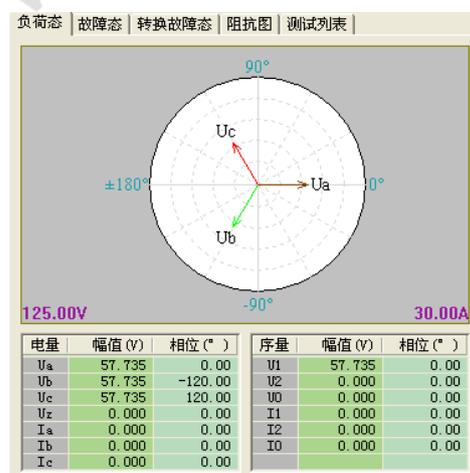


图 0.24 负荷态标签页

负荷态、故障态、转换故障态三个标签页的布局完全一致，如图 3.5.5 所示。标签页上部是当前状态的相量图，下部是各相电压电流值和序量值。其中 U_z 设置方式为“任意”时， U_z 的值可以在相量列表中直接设置。

3.5.2.5 阻抗图

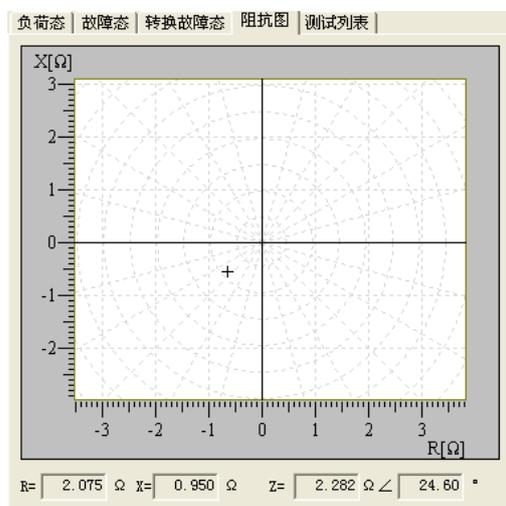


图 0.25 阻抗图标签页

阻抗图标签页如图 3.5.6 所示。阻抗图下方显示当前鼠标光标位置，在阻抗图中双击鼠标左键可以修改线路阻抗 Z_l 或系统阻抗 Z_s ，修改 Z_l 时请确保左区当前标签页是“基本参数”，同样，修改 Z_s 时确保左区当前标签页是“故障参数”。阻抗图可以放大缩小，也可拖动查看其他区域。

3.5.2.6 测试列表

测试列表标签页用于添加多个不同试验以便批量试验。

3.5.3 试验过程

整组试验的试验过程如下：

- 1) 设置基本参数；
- 2) 设置故障参数，确定是否叠加衰减直流分量，确定是否设置转换性故障；
- 3) 设置开关量；
- 4) 添加试验到测试列表，如果当前列表为空也可直接按照当前界面参数进入步骤 6 开始试验；
- 5) 重复 1—4 步添加其他试验到测试列表；
- 6) 打开测试仪电源，连接好通信网线；
- 7) 点击按钮  开始试验，若试验过程中要中止试验请点击 ；
- 8) 试验全部完成，点击菜单“参数→保存参数”或工具栏按钮  保存全部试验参数和试验结果；
- 9) 点击菜单“查看→试验报告”或工具栏按钮  查看列表中当前选中条目的试验报告(若列表为空则查看当前试验的报告)。

3.6 谐波试验

谐波试验模块测试输出谐波电压和电流，软件界面如图 3.6.1 所示：

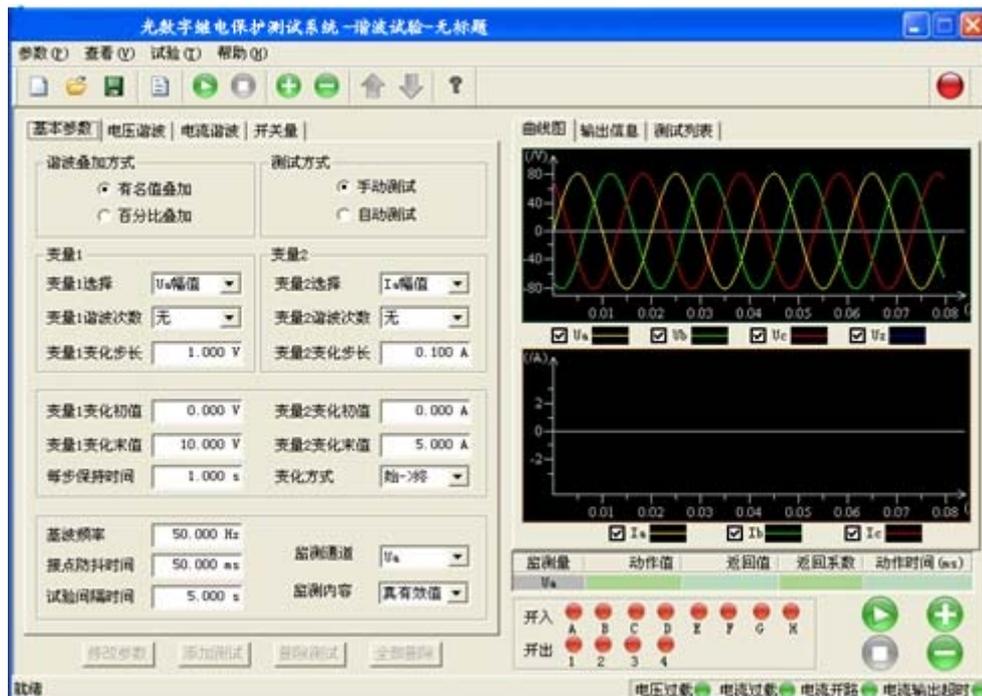


图 0.26 谐波试验软件界面

3.6.1 标签页

界面左区分为“基本参数”、“电压谐波”、“电流谐波”和“开关量”四个标签页，右区分为“曲线图”、“输出信息”和“测试列表”三个标签页。

3.6.1.1 基本参数

基本参数标签页见图 0.26 的左区，需要设置的主要参数如下：

- 1) 谐波叠加方式：仅对幅值有效，在变量 1 或变量 2 为基波时，叠加方式固定为有名值叠加；
- 2) 测试方式：只有自动试验可以添加到试验列表，手动试验时可以手动递加/递减变量 1 和变量 2；
- 3) 变量 1 和变量 2：可同时设置两个变化量；
- 4) 间隔时间：指自动试验时添加到列表的各个试验之间的时间间隔；
- 5) 监测量：试验完成时界面右区标签页下方的表格中会显示监测量的动作

值、动作时间，若为自动试验且试验变化方式为始→终→始，则还会显示返回值和返回系数。

3.6.1.2 电压谐波、电流谐波

电压谐波和电流谐波标签页基本一致，如图 3.6.2 所示。在这两个标签页中可以设置各个电压电流通道的基波值和各次谐波值，可叠加各次谐波和直流量。



图 0.27 电压谐波和电流谐波标签页

3.6.1.3 开关量

开关量标签页如图 0.28 所示，该页中设置开入量逻辑和开入量节点，该设置会影响动作值和返回值的判断。



图 0.28 开关量标签页

3.6.1.4 曲线图

曲线图标签页见图0.26所示。该页显示电压电流各通道的计算输出波形，通道显示可设置。

3.6.1.5 输出信息

输出信息标签页如图 0.29所示，分为两页，第一页显示了各个通道的谐波分析信息，第二页显示了输出功率的信息。



项目	Ua	Ub
真有效值	58.595 V	59.652 V
畸变率	17.321%	25.981%
基波值	57.735 V∠0.00°	57.735 V∠-120.00°
2次	10.000 V∠0.00° (17.321%)	---
3次	---	15.000 V∠0.00° (25.981%)
4次	---	---
5次	---	---
6次	---	---
7次	---	---
8次	---	---
9次	---	---
10次	---	---
11次	---	---
12次	---	---
13次	---	---
14次	---	---
15次	---	---
16次	---	---
17次	---	---

次数	Pa (W)	Qa (VAR)	Sa (VA)	Pb (W)
基波	57.735	0.000	57.735	57.735
2次	0.000	0.000	0.000	0.000
3次	0.000	0.000	0.000	0.000
4次	0.000	0.000	0.000	0.000
5次	0.000	0.000	0.000	0.000
6次	0.000	0.000	0.000	0.000
7次	0.000	0.000	0.000	0.000
8次	0.000	0.000	0.000	0.000
9次	0.000	0.000	0.000	0.000
10次	0.000	0.000	0.000	0.000
11次	0.000	0.000	0.000	0.000
12次	0.000	0.000	0.000	0.000
13次	0.000	0.000	0.000	0.000
14次	0.000	0.000	0.000	0.000
15次	0.000	0.000	0.000	0.000
16次	0.000	0.000	0.000	0.000
17次	0.000	0.000	0.000	0.000
18次	0.000	0.000	0.000	0.000
19次	0.000	0.000	0.000	0.000

图 0.29 输出信息标签页

3.6.1.6 测试列表

自动试验可以添加到测试列表进行试验。

3.6.2 试验过程

谐波试验的手动试验过程如下：

选择试验方式为手动试验；

选择谐波叠加方式；

设置变量 1 和变量 2 的类型、谐波次数和变化步长；

设置基波频率、节点防抖时间和监测量；

设置电压、电流各个通道谐波参数；

设置开关量；

打开测试仪电源，连接好通信网线；

点击按钮  开始试验；

点击按钮  (或 ) 按设定步长递增(或递减)变量 1 和变量 2；

点击  停止试验。

自动试验过程如下：

1) 选择试验方式为自动试验；

选择谐波叠加方式；

设置变量 1 和变量 2 的类型、谐波次数、变化步长、初末值、每步保持时间和变化方式；

设置基波频率、节点防抖时间和监测量；

设置电压、电流各个通道谐波参数；

设置开关量；

添加到测试列表，若列表为空则可以不添加到列表而是之间试验，若列表不空则必须添加到列表；

若列表不空，重复(1)-(7)步添加其他自动试验；

打开测试仪电源，连接好通信网线；

点击按钮  开始试验，若试验过程中要中止试验请点击 ；

试验全部完成，点击菜单“参数→保存参数”或工具栏按钮  保存全部试验参数和试验结果；

点击菜单“查看→试验报告”或工具栏按钮  查看列表中当前选中条目的试验报告(若列表为空则查看当前试验的报告)。

3.7 状态序列

状态序列可通过定义多个不同的状态，模拟多种不同的运行状态，用于测试复杂的保护逻辑时间关系。通过不同的触发方式和状态量的设置，也可用于测试其它电力自动化装置。

3.7.1 用户界面



图 3.7.1 状态序列软件界面

3.7.1.1 菜单

1) 编辑:

- 清除辅助名: 清除自定义的辅助名;
- 插入状态: 在当前插入点插入新状态;
- 删除状态: 删除当前选中状态;
- 插入整组状态: 在当前插入点插入整组状态, 详见 3.7.3.2;

2) 查看:

- 试验报告: 打开试验报告窗口;
- 一次值/二次值: 一次值二次值切换显示。

3.7.1.2 工具栏



- : 选中并查看第一个状态; : 选中并查看前一个状态;
- : 显示或修改当前状态号; : 选中并查看后一个状态;
- : 选中并查看最后一个状态; : 在当前插入位置插入新状态;
- : 删除当前选中状态; : 显示一次值;
- : 显示二次值;

3.7.2 标签页

状态序列试验模块的软件界面如 3.7.1 所示。界面左区分为“状态参数”、“开关量”、“试验设置”和“波形图”四个标签页，右区分为“状态列表”、“试验评估”和“相量图”三个标签页。

3.7.2.1 状态参数

状态参数标签页如图 3.7.1 左区所示。在该标签页中您可以进行以下操作:

使用控件  选择当前状态。

修改当前状态的辅助状态名。辅助状态名默认有“故障前”、“故障态”和“故障后”可供选择。可以直接输入自定义的状态名，软件会自动将其添加到默认状态名后以供以后使用。单击菜单“编辑→清除辅助名”可清除自定义的辅助状态名。

在“模拟量”区可以修改当前状态的模拟量输出。“输入方式”确定以何种方式输入模拟量，共有四种输入方式：“任意”、“序量”、“功率”和“计算模型”；“计算模型”方式下单击“故障计算”按钮进入 3.7.2 所示的故障计算对话框，设置

好参数后单击“确定”，软件根据设定参数计算各相电压电流值。

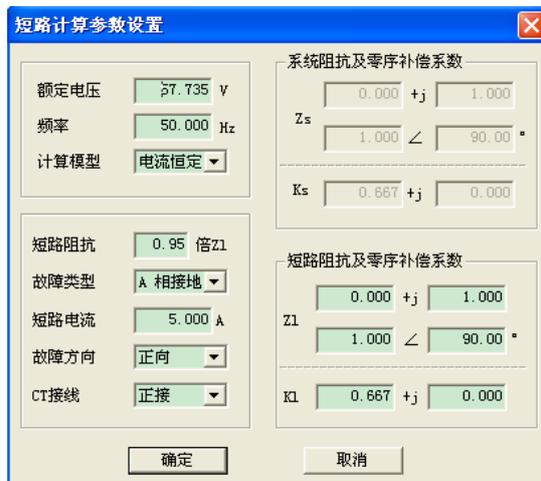


图 3.7.2 故障计算对话框

- 4) 选择 U_z 通道的输出方式。共有 11 种 U_z 方式：任意、 $+3U_0$ 、 $-3U_0$ 、 $+3\sqrt{3}U_0$ 、 $-3\sqrt{3}U_0$ 、 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 、 U_a 、 U_b 、 U_c 。
- 5) 设置绝对相位。在一个状态结束时，其相位不一定等于设定的下一个状态的相位，则状态之间存在相位跳跃，为避免这一情况，采用上一状态结束相位加上设定的后一状态初始相位作为下一状态的初始相位。某些工况下测试要求从绝对相位开始，则复选绝对相位，则该状态输出电压电流值时从设置的绝对相位开始，而与上一状态结束相位无关。默认第一个状态复选绝对相位，添加新状态时默认不复选绝对相位。
- 6) 选择状态切换触发条件。状态切换触发条件确定了从当前状态进入下一个状态的条件(若当前状态是最后一个状态则确定停止试验的条件)。触发条件满足时要经过您设定的触发延时后才进入下一状态(或停止试验)。共有 5 种触发方式：状态时间、开入量(限时)、开入量(不限时)、按键触发、

同步触发。“状态时间”触发方式要设置当前状态的持续时间，时间到则进入下一个状态；“开入量(限时)”触发方式下满足开入量触发条件(在“开关量”标签页设置，如  图所示)或者状态时间到时进入下一状态；“开入量(不限时)”触发方式下只有满足开入量触发条件时才进入下一状态；“按键触发”方式下用户点击了按键触发对话框确认按钮后进入下一状态。

3.7.2.2 开关量

“开关量”标签页如图 3.7.3 所示，在该页可以对当前状态做如下修改：

1) 开入量触发设置。仅在当前选中状态的状态切换触发方式为“开入量(限时)”或“开入量(不限时)”时有效。开入量变位逻辑可选“相对于前一状态”和“相对于初始状态”。“相对于前一状态”，对于状态 1 来说，即相对于开入量初始状态，对于后续状态来说，开入量是否变位依据为当前状态是否与前一状态的开入量相比产生了变位；“相对于初始状态”，即当前开入量状态总是与开始试验时的开入量状态相比是否变位。

2) 跳闸设置。决定被测保护装置跳闸由哪些开入节点组成，选中开入的组合状态形成最终的被测装置的跳闸输入，跳闸设置会影响到试验结果的评价。



图 3.7.3 开关量标签页

3) 开出量设置。“初始状态”指定当前状态开始时各个开出量的初始状态，有三种：断开、闭合、无效，“初始状态”为无效时后续设置均无效；“变位方式”有三种：变位后复位、变位后不复位、不变位；“变位时间”指开出量变位时相对于当前状态开始的时间，在“变位方式”为前两种时有效；“持续时间”为开出量维持变位后状态的时间，在“变位方式”为第一种时有效，如果设定时间超过了当前状态持续时间，当前状态结束时开出量回复到初始状态。

3.7.2.3 试验设置

左区“试验设置”标签页如图 3.7.4 所示。该标签页中可设置电压电流通道的变比和二次额定值。点击工具栏上的或，界面按照设定的变比进行一次值和二次值的切换显示。设定循环次数可以多次循环输出所有状态，设定最大状态时间以防止单个状态持续时间过长。



图 3.7.4 试验设置标签页

3.7.2.4 波形图

左区“波形图”标签页如图 3.7.5 所示。波形图上方的表格显示了当前两个光标的时刻、所选模拟量在对应时刻的瞬时值、各开出量在对应时刻的状态以及两光标的时刻差和模拟量瞬时差值。波形图显示了各个状态的电压和电流波形，波形图可以横向和纵向缩放。

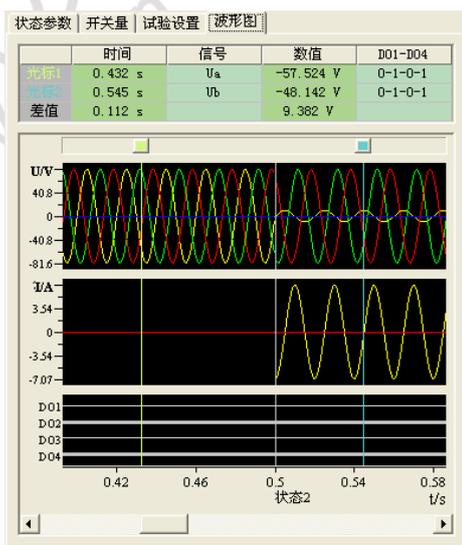


图 3.7.5 波形图标签页

3.7.2.5 状态列表

右区“状态列表”标签页如图右区所示。该页用表格的方式将各个状态的部分主要参数列举出来。左键点击某单元格时即选中了该单元格所在的状态。除了以下两种情况，在列表中是不能直接修改状态参数的：

- 对输入方式为任意的状态可以在列表中直接修改其模拟量参数；
- Uz 方式为任意时，可以直接修改 Uz 通道的参数。
- 在该标签页还可做如下操作：
- 选择新状态的插入位置；
- 插入新状态；
- 删除当前选中状态。

3.7.2.6 试验评估

右区“试验评估”标签页如图所示，该页可设置时间评估和状态评估。



图 3.7.6 试验评估标签页

1) 时间评估

时间评估条目需要手动添加，点击“插入评估”按钮即可在当前选中的时间评估条目后插入新的时间评估条目，点击“删除评估”即可删除当前选中的时间评估条目。时间评估计算开始时刻到停止时刻的实际时间，将它与整定时间相比较，若其差值在正负偏差时间内则评估通过，否则不通过，分别在“结论”一栏以“√”和“×”标记。

2) 动作评估

动作评估条目添加和删除是随着状态的添加和删除自动进行的。动作评估

设定各个状态下的跳闸状态值和允许偏差时间。实际跳闸状态的判断逻辑在“开关量”标签页中定义；允许偏差时间是指从该状态开始经允许偏差时间后，若实际的跳闸状态为设定的跳闸状态，则为评估通过，否则不通过，“结论”栏分别以“√”和“×”标记。

3.7.2.7 相量图

右区“相量图”标签页如图 3.7.7 所示。该页显示当前状态的电压电流相量图，相量图下方列表显示当前状态的电压电流值及其序量值。

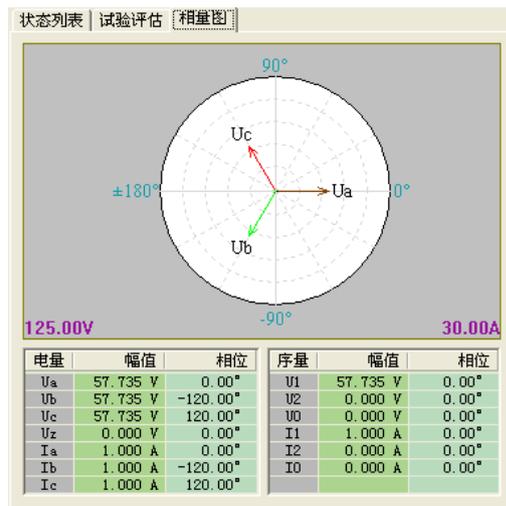


图 3.7.7 相量图标签页

3.7.3 试验状态的操作

3.7.3.1 插入单个新状态

- 1) 在右区的“状态列表”标签页设置插入位置，共有 4 种插入位置：选中状态前、选中状态后、所有状态前、所有状态后。
- 2) 若设置成前两种插入位置，则请选择当前状态。
- 3) 点击“状态列表”标签页的“插入新状态”按钮，或者点击工具栏的  按钮，或者点击菜单“编辑→插入新状态”，便可在设置位置插入新的状态，新状态的参数和插入操作前的选中状态的参数完全一样。

3.7.3.2 插入整组状态

点击菜单“编辑→插入整组状态”，弹出“插入整组状态”对话框(如图 3.7.8 所示)，设置好故障参数后单击“确定”，可插入包含故障前、故障、故障后的整组状态。

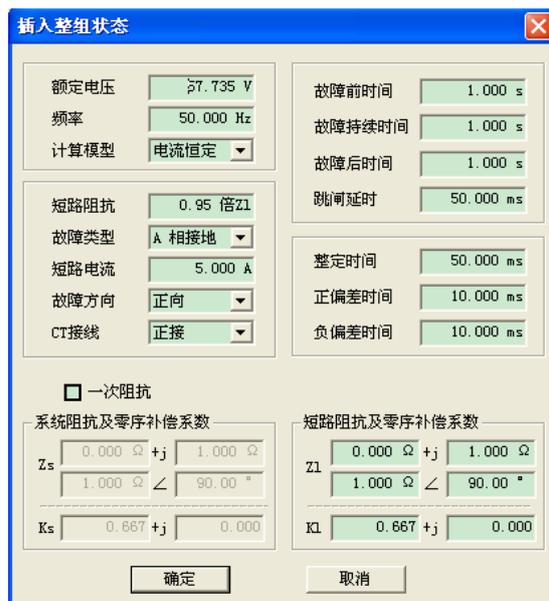


图 3.7.8 插入整组状态对话框

3.7.3.2.1 选择浏览状态

可以通过以下几种方式选中某一状态：

- 在工具栏的编辑框 中直接输入要选中的状态的编号；
- 单击工具栏按钮 （向前遍历）或 （向后遍历）直到要选中的状态；
- 在左区的“状态参数”标签页中操作控件 ；
- 在右区的“状态列表”标签页中的列表控件中直接单击要选中的状态。
- “状态参数”和“开关量”标签页即时显示当前选中状态的状态参数。

3.7.3.2.2 修改状态参数

- 选中要修改的状态；
- 在左区“状态参数”标签页中修改当前选中状态的辅助状态名、模拟量输出、Uz 方式、状态切换触发条件。

- 在左区“开关量”标签页中可以设置当前选中状态的开关量。
- 对于“任意”输入方式的状态，可以直接在状态列表中修改各模拟量输出值。

3.7.4 试验过程

一次试验的过程大致如下：

1) 添加新状态。

2) 按照以下步骤修改新状态的参数：

- 修改新状态的辅助名，此步可跳过；
- 改变模拟量输入方式；
- 改变 Uz 方式；
- 修改模拟量参数；
- 设置绝对相位；
- 设置状态切换触发条件；
- 设置开关量；

3) 重复步骤 1、2 直到满足试验需要。

4) 设置最大状态时间、循环次数、防抖时间。

5) 设置时间评估列表和动作评估列表。

6) 打开测试仪器，确保通信正常。

7) 点击按钮  开始试验，试验过程中若要停止试验请点击 .

3.8 状态序列 2

状态序列 2 是在状态序列的基础上，保留了各种状态触发方式等参数设置，增加了每个状态支持多采样值控制块数据同时输出的功能。

3.8.1 标签页

3.8.1.1 试验窗口

试验窗口用于设置试验的总体参数，可设置状态数目，控制块数目，开入逻辑，循环次数等参数。右侧的列表中列出了每个状态的基本信息，点击每个状态时，在“状态参数及设置”页面中就会显示该状态的相关参数。



控制块选择	光网口	描述	MAC地址
1-0x4000	光网口1		01-0C-CD-04-00-00
2-0x4001	光网口2		01-0C-CD-04-00-01

序号	状态	描述
1	0/1	时间控制: 状态时间=1.000s; 相对相位
2	0/1	时间控制: 状态时间=1.000s; 相对相位
3	0/1	时间控制: 状态时间=1.000s; 相对相位
4	0/1	时间控制: 状态时间=1.000s; 相对相位

3.8.1.2 状态参数及设置

该页面用于设置本状态中的采样值控制块的输出参数，状态切换方式，

开出控制方式等参数。左侧列表中有右键快捷设置，可方便地模拟故障数据。状态参数中的各个参数在“状态序列”模块中都有介绍。



3.8.1.3 试验结果

试验结果中会显示每个状态开始的时刻，该状态中的开关量动作情况。

“跟踪试验进度”选项是在多次循环时，实时显示当前循环中各个状态的情况，不选时，只显示第一次状态的相关情况。“《”和“》”按钮用于在多个循环中切换。



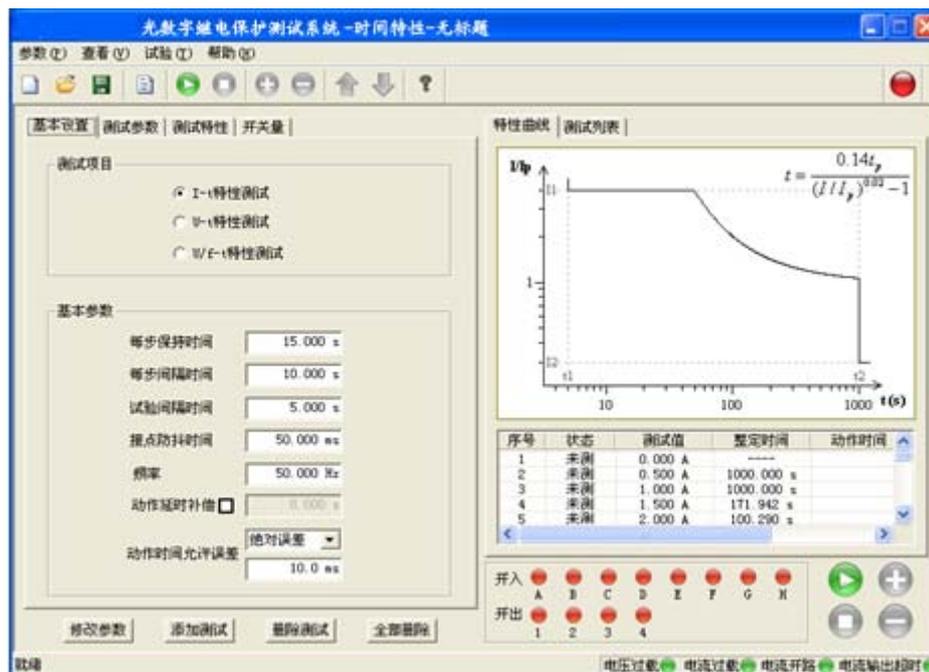
状态	时间	数值1	数值2	数值3
状态1	0.00			
... 开入C		↓ 288.02	↑ 673.27	↓ 915.27
状态2	1000.00			
... 开入C		↑ 293.52		
状态3	2000.00			
... 开入D		↓ 691.77	↑ 932.27	↓ 936.02
状态4	3000.00			
... 开入D		↓ 136.27		
... 开入E		↓ 763.77		

3.8.2 与状态序列的区别

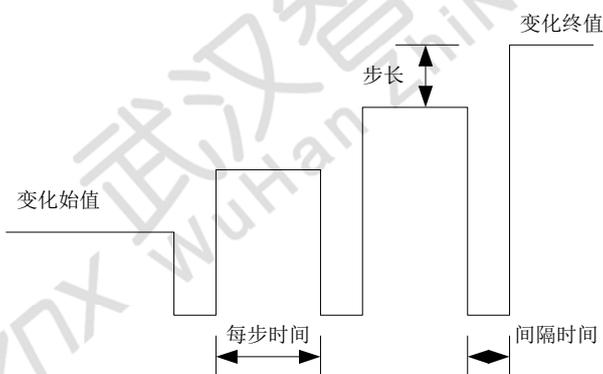
本模块与状态序列模块有很多参数是一致的，区别在于本模块支持多控制块同时输出，并且简化了状态评估中的设置，直接将各个状态中的时间显示在试验结果中。

3.9 时间特性

时间特性测试提供电流反时限 I-t 特性、电压反时限 U-t 特性和过激磁反时限 U/f-t 特性测试。时间特性模块的界面如下图所示。


图 3.9.1 时间特性软件界面

3.9.1 试验原理


图 3.9.2 时间特性试验原理

时间特性试验，按照用户设定的变化始值、终值和步长，自动变化当前输出量；根据开入量变位情况和用户设定的动作逻辑，判断被测装置的动作情况；记录装置动作情况并在右半区绘制动作特性曲线。

3.9.2 试验内容

时间特性试验提供三种测试：1、电流反时限 I-t 特性测试；2、电压反时限 U-t 特性测试；3、过激磁反时限 U/f-t 特性测试。

3.9.2.1 基本参数



参数名称	数值
每步保持时间	15.000 s
每步间隔时间	10.000 s
试验间隔时间	5.000 s
接点防抖时间	50.000 ms
频率	50.000 Hz
动作延时补偿 <input type="checkbox"/>	0.000 s

图 3.9.3 时间特性基本参数

- 每步保持时间：在开关量不满足动作逻辑的情况下，每步持续最大时间。
- 试验间隔时间：测试列表中，两个试验之间的间隔时间。
- 频率：额定频率。
- 动作延时补偿：动作时间=实际动作时间+动作延时补偿。

3.9.2.2 电流反时限 I-t 特性测试

在基本参数界面的测试项目中选择“I-t特性测试”，则测试参数如图

3.9.4(a)，测试特性如图(b)。

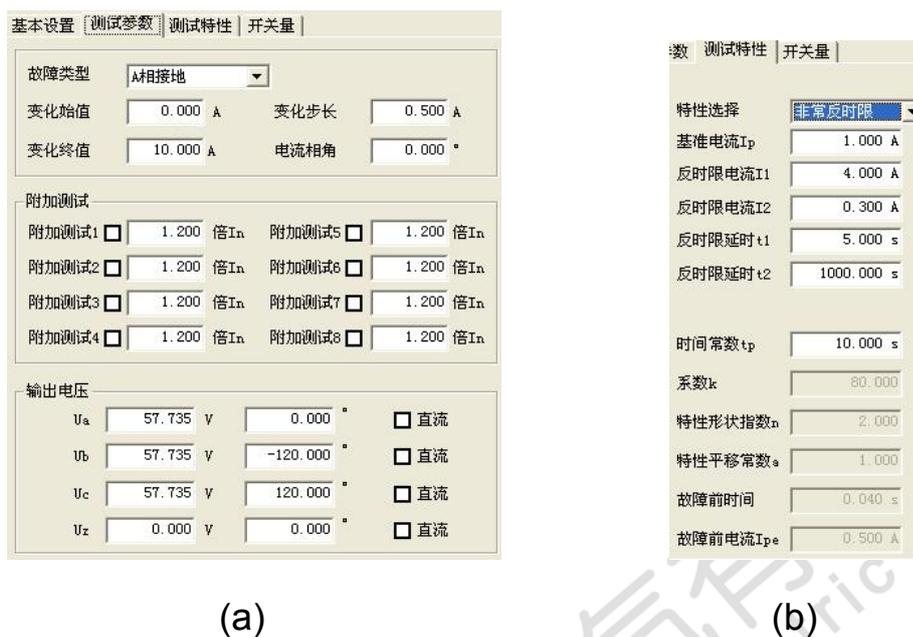


图 3.9.4 特性测试

试验参数做如下说明：

- 1) 故障类型：可选择 A 相接地，B 相接地，C 相接地，AB 相间短路，BC 相间短路，CA 相间短路，ABC 三相故障，负序电流输出，零序电流输出，三相并联输出方式。其输出计算方法如下：
- 2) 附加测试：当用户比较关心的测试点不在当前所有测试点中，可以在此设置附加测试点。试验过程中，在按步长变化达到终值后，会逐个输出附加测试点的数据。
- 3) 输出电压：在输出电流的同时，可以输出固定大小的电压，电压频率为基本设置-〉基本参数中的频率值。
- 4) 特性选择：可选择 5 种常用的反时限、两种通用的反时限，用户还可以自定义反时限。用户选择不同的反限时，时间计算公式会显示在特性曲线

页面中曲线图的右上角。

常反时限包括：1、普通反时限 $t = \frac{0.14t_p}{(\frac{I}{I_p})^{0.02} - 1}$ ；2、非常反时限 $t = \frac{13.5t_p}{(\frac{I}{I_p}) - 1}$ ；

3、超反时限 $t = \frac{80t_p}{(\frac{I}{I_p})^2 - 1}$ ；4、热过载（无存储）反时限 $t = \frac{35t_p}{(\frac{I}{I_p})^2 - 1}$ ；

5、热过载（有存储）反时限 $t = 35.5t_p \ln \left[\frac{(\frac{I}{I_p})^2 - (\frac{I_{pe}}{I_p})^2}{(\frac{I}{I_p})^2 - 1} \right]$ 。

两种通用反时限包括 6、 $t = \frac{kt_p}{(\frac{I}{I_p})^n - \alpha}$ ；7、 $t = kt_p \ln \left[\frac{(\frac{I}{I_p})^n - (\frac{I_{pe}}{I_p})^n}{(\frac{I}{I_p})^n - \alpha} \right]$ 。

5) 反时限电流 I1、I2 和反时限延时 t1、t2 设置特性曲线页面中曲线图的边界。

6) 其它参数：当选择不同的特性时，对应的参数设置栏会允许用户设置，具体参数含义请参照特性选择中的算法。

3.9.2.3 电压反时限 U-t 特性测试

在基本参数界面的测试项目中选择“U-t特性测试”，则试验参数如图

3.9.5(a)，测试特性如图(b)。

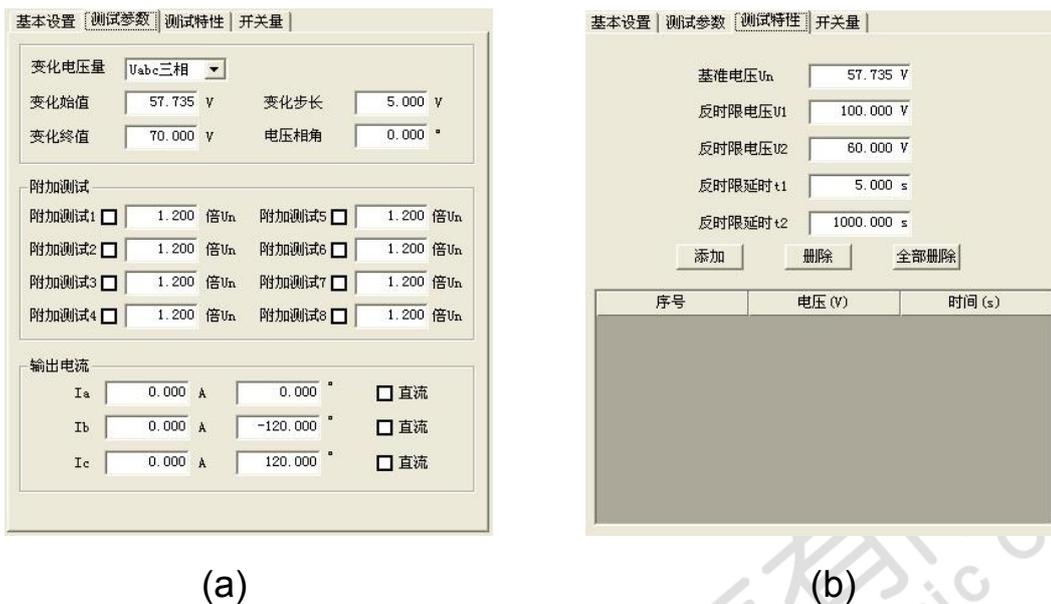


图 3.9.5 U-t 特性测试

U-t 特性中的参数与 I-t 特性中的参数含义基本相同。

- 1) 变化电压量：选取变化那些输出量。选择 **Uabc** 三相时，A、B、C 三相差 120° ，选择 **Uabc** 并联时，三相同相。
- 2) 测试特性：U-t 特性中的整定特性曲线根据用户自定义的点进行绘制。添加、删除和全部删除三个按钮可以控制测试点的加减。

3.9.2.4 过激磁反时限 U/f-t 特性测试

U/f-t 特性中的参数与 U-t 特性中的参数含义基本相同。

3.9.3 试验结果

试验结果包括两部分：动作曲线和动作点列表，如图 3.9.6。

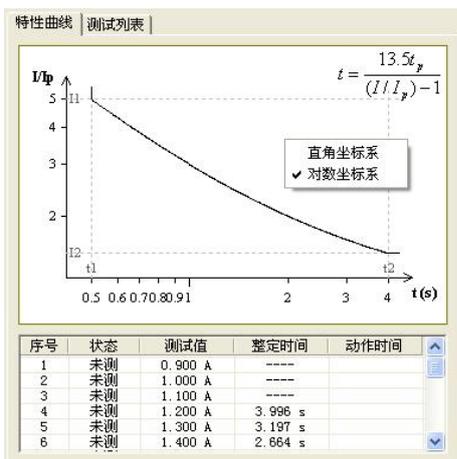


图 3.9.6 试验结果

1) 动作点列表：包括状态、测试值、整定时间和动作时间四个项目。

- 状态：没有测试的点标注为“未测”，测试过的点标注为“已测”。
- 测试值：该测试点输出量的值。
- 整定时间：根据特性选择公式或用户自定义得到的理论动作时间。
- 动作时间：装置实际动作时间。

2) 动作曲线：根据用户设定，该区域会首先显示一条理论动作曲线，测试过程中，根据装置动作情况，会在该区域绘制出红色小圆点来代表动作。单击右键时，会弹出坐标系选择菜单，可选直角坐标系和对数坐标系，默认为对数坐标系。该区域右上角显示当前特性曲线计算公式，用户自定义曲线不显示公式。

3.10 线路保护

3.10.1 测试项目

线路保护试验模块包括以下 5 个测试子项目：

- 距离保护定值测试;
- 零序过流保护定值测试;
- 负序过流保护定值测试;
- 工频变化量阻抗定值测试;
- 重合闸及后加速测试。

3.10.2 用户界面

线路保护试验模块的软件界面如图 3.10.1 所示。



图 3.10.1 线路保护软件界面

3.10.3 标签页

界面左区分为“测试项目”、“基本参数”、“故障参数”、“定值”、“故障类型”和“开关量”6 个标签页，右区分为“负荷态”、“故障态”、“阻抗图”和“测试列表”4 个标签页。

3.10.3.1 测试项目

测试项目标签页如图所示，该页用于选择测试项目。

3.10.3.2 基本参数



图 3.10.2 基本参数标签页

基本参数标签页对各个测试项目都是一样的，如图所示，其参数说明参见整组试验模块的 3.4.2.1 节。

3.10.3.3 故障参数

图 3.10.3 故障参数标签页

故障参数标签页如图所示，左图是距离保护测试项目的故障参数，右图是零序/负序过流测试项目的故障参数。距离保护测试项目时设置了4段电流/电压，零序/负序过流测试项目时，计算模型固定为电流恒定，其他参数说明参见整组试验的0和0节。

3.10.3.4 定值

(a) 距离保护

(b) 零序过流

测试项目	基本参数	故障参数	定值	故障类型	开关量
负序 I 段 I2 定值			1.000 A		
负序 II 段 I2 定值			1.000 A		
负序过流 I 段延时 t1			0.000 s		
负序过流 II 段延时 t2			0.500 s		

(c) 负序过流

图 3.10.4 定值标签页

定值标签页如图所示。(a)图是距离保护测试项目的定值标签页，分为接地阻抗设置和相间阻抗设置，分别对应单相接地故障和相间短路故障；(b)图是零序过流测试项目的定值设置，需设置 4 段 3 倍零序电流定值及各段延时；(c)图是负序过流测试项目的定值设置，需设置 2 段负序电流定值及各段延时。

3.10.3.5 故障类型

测试项目	基本参数	故障参数	定值	故障类型	开关量
故障类型					
<input type="checkbox"/> A相接地 <input type="checkbox"/> B相接地 <input type="checkbox"/> C相接地 <input type="checkbox"/> AB相间 <input type="checkbox"/> BC相间 <input type="checkbox"/> CA相间 <input type="checkbox"/> ABC相间					
阻抗设定					
I 段阻抗 Z1	0.800	0.900	1.100	1.200	
II 段阻抗 Z2	0.800	0.900	1.100	1.200	
III 段阻抗 Z3	0.800	0.900	1.100	1.200	
IV 段阻抗 Z4	0.800	0.900	1.100	1.200	
故障类型					
<input type="checkbox"/> A相接地 正向故障 <input type="checkbox"/> B相接地 正向故障 <input type="checkbox"/> C相接地 正向故障					
电流设置					
I 段零序过流					
0.800 0.900 1.100 1.200					
II 段零序过流					
0.800 0.900 1.100 1.200					
III 段零序过流					
0.800 0.900 1.100 1.200					
IV 段零序过流					
0.800 0.900 1.100 1.200					

(a) — 距离保护

(b) — 零序过流



(c)一负序过流

图 3.10.5 故障类型标签页

故障类型标签页如图所示，在该页可以添加各种故障类型。

3.10.3.6 开关量



图 3.10.6 故障参数标签页

开关量标签页如图所示。开入量A、B、C可选A/B/C单相跳闸、三相跳闸、无效，开入量D可选重合、无效。开出量的设置分为初始状态、变位方式、变位时间、持续时间，变位时间相对故障开始时刻。

3.10.3.7 负荷态、故障态

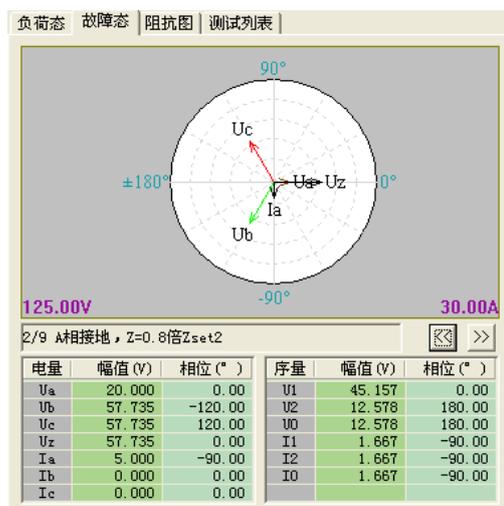


图 3.10.7 故障参数标签页

负荷态、故障态标签页的布局基本一致，如图 3.10.7 所示。标签页上部是当前状态的相量图，下部是各相电压电流值和序量值。故障态标签页中部多了一个故障浏览控件，使用该控件可以浏览添加的各个故障态。

3.10.3.8 阻抗图

阻抗图标签页参见整组试验的 3.4.2.5 节。

3.10.3.9 测试列表

测试列表标签页用于添加多个不同试验以便批量试验。

3.10.4 试验过程

整组试验的试验过程如下：

- 1) 选择测试项目；
- 2) 设置基本参数；
- 3) 设置故障参数；
- 4) 设置定值；
- 5) 添加故障类型；
- 6) 设置开关量；
- 7) 添加试验到测试列表，如果当前列表为空也可直接按照当前界面参数进入步骤 9 开始试验；
- 8) 重复 1—7 步添加其他试验到测试列表；
- 9) 打开测试仪电源，连接好通信网线；
- 10) 点击按钮  开始试验，若试验过程中要中止试验请点击 ；
- 11) 试验全部完成，点击菜单“参数→保存参数”或工具栏按钮  保存全部试验参数和试验结果；
- 12) 点击菜单“查看→试验报告”或工具栏按钮  查看列表中当前选中条目的试验报告(若列表为空则查看当前试验的报告)。

3.11 阻抗特性

本模块用于自动测试阻抗型继电器（包括阻抗继电器、功率方向继电器等）的动作边界，即 $Z(\varphi)$ 动作边界特性。

3.11.1 用户界面

阻抗特性试验模块的软件界面如图.11.1 所示。



图 3.11.1 阻抗边界软件界面

3.11.2 标签页

界面左区分为“基本参数”、“整定特性”、“扫描设置”和“开关量”四个标签页，右区分为“负荷态”、“故障态”、“阻抗图”和“测试列表”三个标签页。

3.11.2.1 基本参数

基本参数标签页见图.11.1 的左区，主要参数如下：

- 1) 计算模型：故障计算时使用，有 Z_s 恒定、电压恒定、电流恒定三种模型；
- 2) 短路电压、短路电流：分别在电压恒定和电流恒定时使用；
- 3) 叠加非周期分量：为了更真实的模拟实际情况，在由负荷态进入故障态时电流需要叠加直流分量，以使电流幅值不突变；

- 4) 故障类型：故障计算时使用，有 A 相接地、B 相接地、C 相接地、AB 相间短路、BC 相间短路、CA 相间短路、三相短路 7 种故障；
- 5) 各种时间量：间隔时间是指按照测试列表自动试验时相邻两个试验之间的间隔时间；防抖时间是指开入量节点防抖时间；
- 6) 阻抗设置：故障计算时使用。KI 为线路阻抗零序补偿系数；Zs 为系统阻抗，计算模型为 Zs 恒定时使用；Ks 为系统阻抗零序补偿系数。

3.11.2.2 整定特性



图 3.11.2 整定特性标签页

整定特性标签页如

图.11.2，本页用于设置阻抗

特性曲线和添加附加测试：

- 1) 特性形状：有圆特性、四边形特性 1、四边形特性 2、直线特性可选，特性形状的选择对扫描设置会有影响，前三种都使用辐射扫描，直线特性使用直线扫描；
- 2) 特性参数：不同的特性形状需要设置不同的特性参数。圆特性的参数如

图中所示，其他特性见下

图：

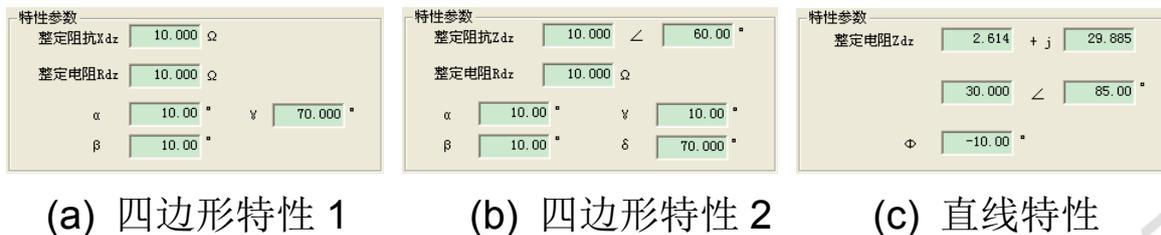


图 3.11.3 特性参数

3) 附加测试：可添加 8 个附加测试点。

3.11.2.3 扫描设置



图 3.11.4 扫描设置标签页

扫描设置标签页如

图.11.4 所示，本页主要用于设置

有关阻抗特性边界搜索各个参数：

1) 搜索方式：有两种边界搜索方式：

➤ 双向逼近：对每条扫描线，程序根据设定的测试精度，按照二分法双向

逼近搜索边界；

- 单向逼近：对每条搜索线，程序根据设定的测试精度，单向逐步逼近搜索边界。

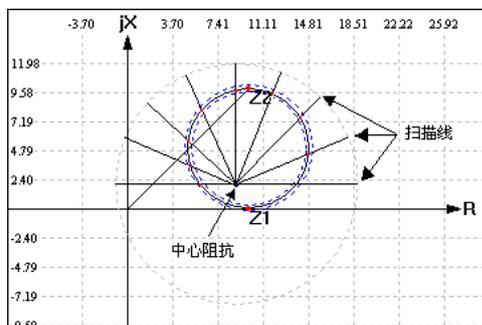


图 3.11.5 辐射扫描参数图解

2) 辐射扫描参数：对圆特性、四边形特性 1、四边形特性 2 有效，参见图 3.8.5，各参数说明如下：

- 中心阻抗：扫描圆的圆心，每条扫描辐射线的共同起点；
- 扫描起始角度、终止角度：分别为第一条和最后一条扫描线的角度，以水平向右为 0 度，逆时针方向为正方向；
- 扫描步长：扫描线逆时针方向递增角度；
- 扫描半径：扫描线的长度；
- 阻抗范围起始值：设定从扫描线的何处开始扫描，圆心处为 0% 。

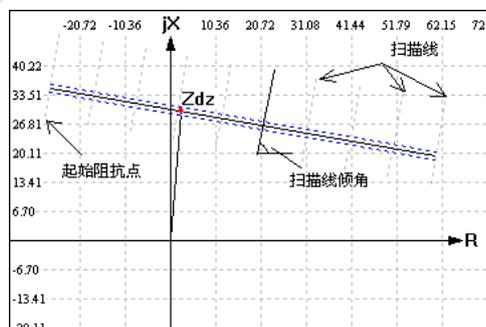


图 3.11.6 直线扫描参数图解

3) 直线扫描扫描参数：对直线特性有效，参见 图.11.6，部分参数说明如下：

- 起点阻抗：第一条扫描线的起始阻抗点；
- 扫描线倾角：各条扫描线的倾角，以水平向右为 0 度，逆时针方向为正方向。

3.11.2.4 开关量



图 3.11.7 开关量标签页

开关量标签页如图 3.11.7 所示。开入量设置影响动作的判断。开出量的设置分为初始状态、变位方式、变位时间、持续时间，变位时间相对故障开始时刻。

3.11.2.5 负荷态、故障态

负荷态、故障态标签页的布局一致，见图 3.11.8 图右区。

3.11.2.6 阻抗图

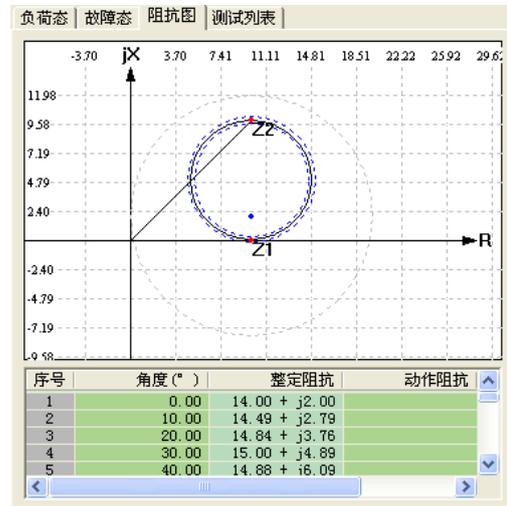


图 3.11.8 阻抗图标签页

阻抗图标签页如图 3.11.8 所示。上方为阻抗图，画出了整定阻抗特性图、辐射扫描圆、直线扫描线等，在试验过程中也会实时显示测试点；下方是测试点列表，列出了各条测试线的整定阻抗、动作阻抗、动作时间。

3.11.2.7 测试列表

测试列表标签页用于添加多个不同试验以便批量试验。

3.11.3 试验过程

阻抗特性的试验过程如下：

1) 选择测试项目；

- 2) 设置基本参数;
- 3) 设置故障参数;
- 4) 设置定值;
- 5) 添加故障类型;
- 6) 设置开关量;
- 7) 添加试验到测试列表, 如果当前列表为空也可直接按照当前界面参数进入步骤 9 开始试验;
- 8) 重复 1—7 步添加其他试验到测试列表;
- 9) 打开测试仪电源, 连接好通信网线;
- 10) 点击按钮  开始试验, 若试验过程中要中止试验点击 ;
- 11) 试验全部完成, 点击菜单“参数→保存参数”或工具栏按钮  保存全部试验参数和试验结果;
- 12) 点击菜单“查看→试验报告”或工具栏按钮  查看列表中当前选中条目的试验报告(若列表为空则查看当前试验的报告)。

3.12 差动试验

模拟发电机或变压器电流输出, 测试差动继电器或差动保护的比例制动特性曲线和谐波制动特性等。差动试验的光数字测试设置在本模块里完成, 后面将详细介绍。

3.12.1 用户界面

差动试验模块的软件界面如

图.12.1 所示。

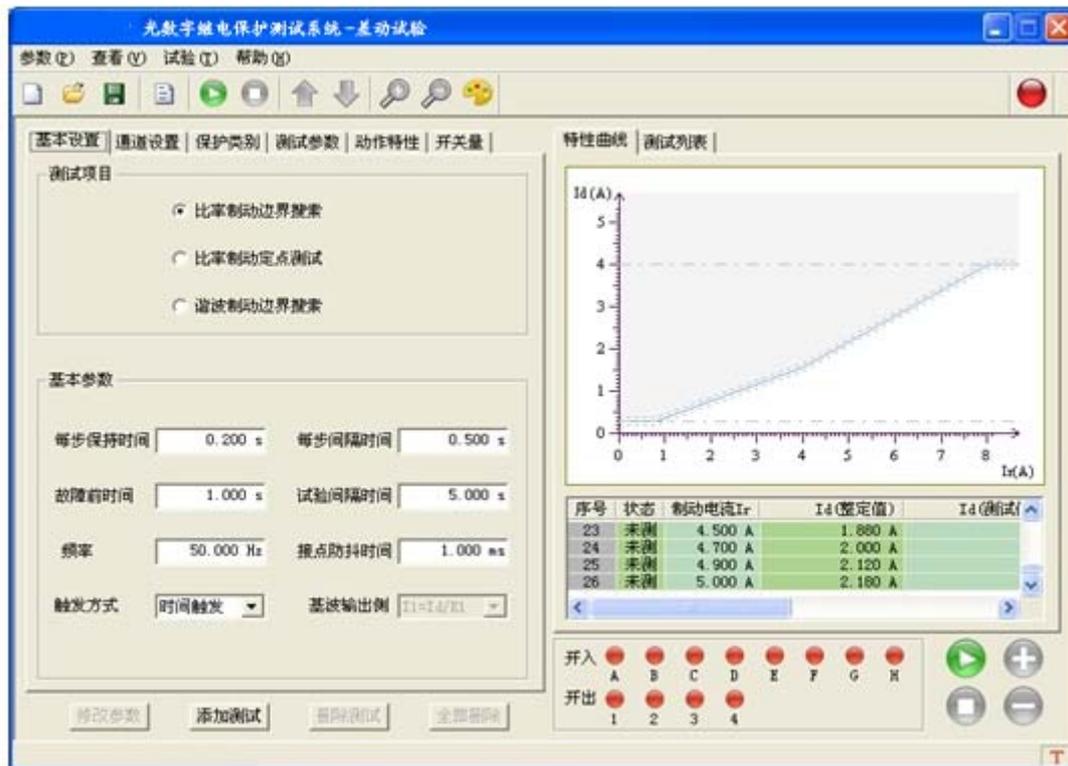


图 3.12.1 差动试验软件界面

3.12.2 标签页

界面左区分为“基本设置”、“通道设置”、“保护类别”、“测试参数”、“动作特性”和“开关量”6个标签页，右区分为“特性曲线”和“测试列表”2个标签页。

3.12.2.1 基本设置

基本设置标签页见

图.12.1 的左区，其中部分参数

说明如下：

- 1) 测试项目：共有三个测试项目可选：比率制动边界搜索、比率制动定点测试、谐波制动边界搜索。
- 2) 故障前时间：故障前负荷态的持续时间。
- 3) 试验间隔时间：按照测试列表批量试验时相邻试验之间的间隔时间。
- 4) 触发方式：共有时间触发、GPS 触发、按键触发、开入量触发 4 种触发方式，所有触发只在试验的第一次故障触发有效，第二次及以后的故障开始时间，都是在故障前时间到，开始故障。各种触发方式简述如下：
 - 时间触发：先进入故障前状态（电流为 0，电压为设置电压），当设置的故障前时间到，进入故障状态；
 - GPS 触发方式：先进入故障前状态（电流为 0，电压为设置电压），当 GPS 分脉冲时间到时，触发进入故障状态；
 - 按键触发：先进入故障前状态（电流为 0，电压为设置电压），当按下任一键时，进入故障状态；
 - 开入量触发：先进入故障前状态（电流为 0，电压为设置电压），当选定的开入量有变位时，进入故障状态。
- 5) 基波输出侧：谐波制动边界搜索时使用。
- 6) SV 设置：设置光数字采样值报文的相关参数，参见错误！未找到引用源。节和 0 节中的说明。

3.12.2.2 通道设置

AppID	Mac地址	光网口	数据模板
0x4000	01-0C-CD-04-00-00	光网口1	IEC 61850-9-1/FT3
0x4001	01-0C-CD-04-00-01	光网口2	IEC 61850-9-1/FT3

通道	通道名称	通道类型	通道映射	一次值
1	高压侧Ia	交流电流	$I1 \angle \theta^\circ$	2000.
2	高压侧Ib	交流电流	$I1 \angle \theta - 120^\circ$	2000.
3	高压侧Ic	交流电流	$I1 \angle \theta + 120^\circ$	2000.
4	中线电流	交流电流	I0	2000.
5	高压侧Ia	交流电流	$I1 \angle \theta^\circ$	2000.
6	高压侧Ib	交流电流	$I1 \angle \theta - 120^\circ$	2000.
7	高压侧Ic	交流电流	$I1 \angle \theta + 120^\circ$	2000.
8	高压侧Ua	交流电压	0.000 kV $\angle 0.00^\circ$	220.0
9	高压侧Ub	交流电压	0.000 kV $\angle -120.00^\circ$	220.0
10	高压侧Uc	交流电压	0.000 kV $\angle 120.00^\circ$	220.0
11	零序电压	交流电压	U0	220.0
12	母线电压	交流电压	0.000 kV $\angle 0.00^\circ$	220.0

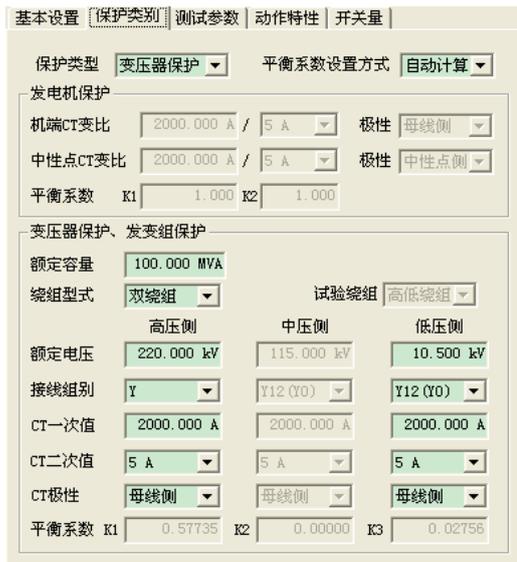
图 3.12.2 通道设置标签页

通道设置标签页如

图.12.2 所示，有两个列表：

上方的采样值控制块列表和下方的通道参数列表。控制块列表固定为两个控制块。通道参数列表可设置通道名称、一次二次额定值；电流通道的映射关系软件已经预设好，不可更改；电压通道映射直接双击单元格，在弹出的对话框中设置电压。

3.12.2.3 保护类别



基本设置 | **保护类别** | 测试参数 | 动作特性 | 开关量

保护类型: 变压器保护 | 平衡系数设置方式: 自动计算

发电机保护

机端CT变比: 2000.000 A / 5 A | 极性: 母线侧

中性点CT变比: 2000.000 A / 5 A | 极性: 中性点侧

平衡系数 K1: 1.000 K2: 1.000

变压器保护、发变组保护

额定容量: 100.000 MVA

绕组型式: 双绕组 | 试验绕组: 高低绕组

	高压侧	中压侧	低压侧
额定电压	220.000 kV	115.000 kV	10.500 kV
接线组别	Y	Y12 (Y0)	Y12 (Y0)
CT一次值	2000.000 A	2000.000 A	2000.000 A
CT二次值	5 A	5 A	5 A
CT极性	母线侧	母线侧	母线侧
平衡系数 K1	0.57735	0.00000	0.02756

图 3.12.3 保护类别标签页

保护类别标签页如图.12.3 所示，部分参数说明如下：

- 1) 保护类型：可选发电机保护、变压器保护、发变组保护。
- 2) 平衡系数设置方式：可选手动设置或自动计算；选择自动计算方式时，发电机的平衡系数根据发电机 CT 变比、极性自动计算得出，变压器平衡系数根据变压器额定电压、TA 变比装置自动计算得出。
- 3) 保护类型为变压器保护时，1 侧和 2 侧分别为机端和中心点；保护类型为变压器或发变组时，1 侧和 2 侧的定义由试验绕组确定，试验绕组分高低绕组、高中绕组、中低绕组。

3.12.2.4 测试参数



基本设置 | 保护类别 | **测试参数** | 动作特性 | 开关量

差动电流 $I_d = |I_1' + I_2'|$ 搜索方式 双向搜索

制动电流 $I_r = |I_1' - I_2'|/k$ 系数 $k = 2.000$

比率制动边界搜索设置

I_r 搜索范围 0.100 A → 5.000 A 搜索步长 0.200 A

I_d 搜索范围 0.100 A → 5.000 A

搜索精度 绝对精度 0.100 A

谐波制动边界搜索设置

I_d 搜索范围 0.100 A → 5.000 A 搜索步长 0.200 A

I_{dxb}/I_d 搜索范围 0.100 % → 30.000 % 搜索精度 0.010 %

谐波制动 I_{dxb}/I_d 15.000 % 制动谐波次数 2

谐波相位 0.00 ° 谐波施加侧 I1侧

差动电流 I_d 0.100 A 输出电流 I1 0.260 A → 0.00 °

制动电流 I_r 0.100 A 输出电流 I2 1.815 A → 180.00 °

图 3.12.4 测试参数标签页

测试参数标签页如

图.12.4 所示，部分参数

说明如下：

1) 差动电流：只有一种可选， $I_d = |I_1' + I_2'|$ 。

2) 制动电流：有三种可选：

➤ 和差制动： $I_r = |I_1' - I_2'|/k$ ；

➤ 模和制动： $I_r = (|I_1'| + |I_2'|)/k$ ；

➤ 最大值制动： $I_r = \max(|I_1'|, |I_2'|)$ 。

3) 搜索方式：有两种边界搜索方式：

➤ 双向搜索：对每条 I_r 搜索线，程序根据设定的 I_d 搜索范围和精度，按照二分法双向逼近搜索边界；

➤ 单向搜索：对每条 I_r 搜索线，程序根据设定的 I_d 搜索范围和精度，单向逐步逼近搜索边界。

4) 比率制动边界搜索设置：在测试项目为比率制动边界搜索时有效。

5) 谐波制动边界搜索设置：在测试项目为谐波制动边界搜索时有效。

6) 谐波制动复选框、 I_{dx}/I_d ：比率制动边界搜索时有效，若选中则叠加谐波， I_{dx}/I_d 为叠加谐波的幅值对差动电流 I_d 的比值。

3.12.2.5 动作特性



图 3.12.5 动作特性标签页

动作特性标签页如

图.12.5 所示，本页主要用于定义特

性曲线，各个参数的具体含义见 3.12.2 节。本页还可添加附加测试点。

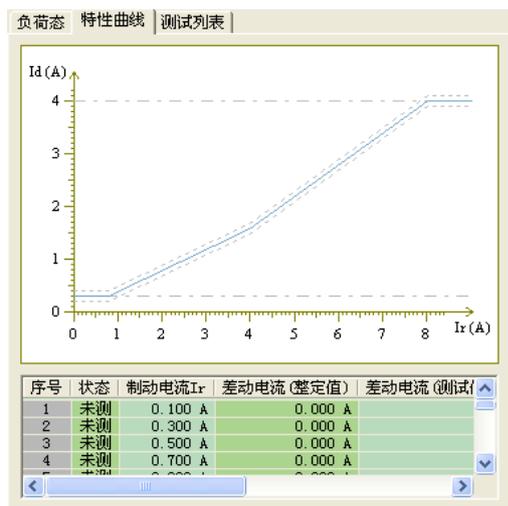
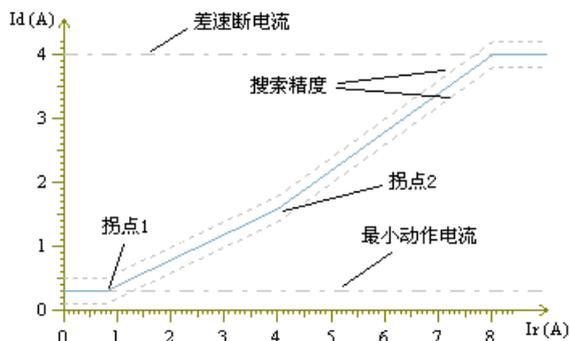
3.12.2.6 开关量



图 3.12.6 开关量标签页

开关量标签页如图.12.6 所示。开入量设置影响动作的判断。基本设置标签页中“开关量接收方式”如果设置为“接收GOOSE报文”，这里还需设置GOOSE接收参数。

3.12.2.7 特性曲线


(a)

(b)
图 3.12.7 特性曲线标签页

特性曲线标签页如图 3.12.7(a)所示。特性曲线的定义参考 3.12.7(b)，其中拐点 1 和拐点 2 之间直线的斜率为制动系数 K_1 ，拐点 2 后直线的斜率为制动系数 K_2 。试验过程中，特性曲线图上用绿点实时显示当前测试点，用红点显示已测点。特性曲线图下方是测试点列表，试验过程中实时显示测试状态、测试值和动作时间。

3.12.2.8 测试列表

测试列表标签页用于添加多个不同试验以便批量试验。

3.12.3 试验过程

整组试验的试验过程如下：

1) 选择测试项目；

- 2) 设置基本参数;
- 3) 设置 SV 参数、控制块列表和通道列表;
- 4) 设置保护类别参数和测试参数;
- 5) 定义动作曲线, 添加附加测试点;
- 6) 设置开关量和输出电压;
- 7) 将当前试验添加到测试列表;
- 8) 重复 1—7 步添加其他试验到测试列表;
- 9) 打开测试仪电源, 连接好通信网线;
- 10) 点击按钮  开始试验, 若试验过程中要中止试验请点击 ;
- 11) 试验全部完成, 点击菜单“参数→保存参数”或工具栏按钮  保存全部试验参数和试验结果;
- 12) 点击菜单“查看→试验报告”或工具栏按钮  查看列表中当前选中条目的试验报告(若列表为空则查看当前试验的报告)。

3.13 并列同期

并列同期试验用于测试装置的电压、频率和幅值的动作值, 电压、频率的闭锁值, 导前角和导前时间, 电气零点, 电压、频率脉宽, 也可以进行自动调整试验。

并列同期试验模块的界面如下所示:

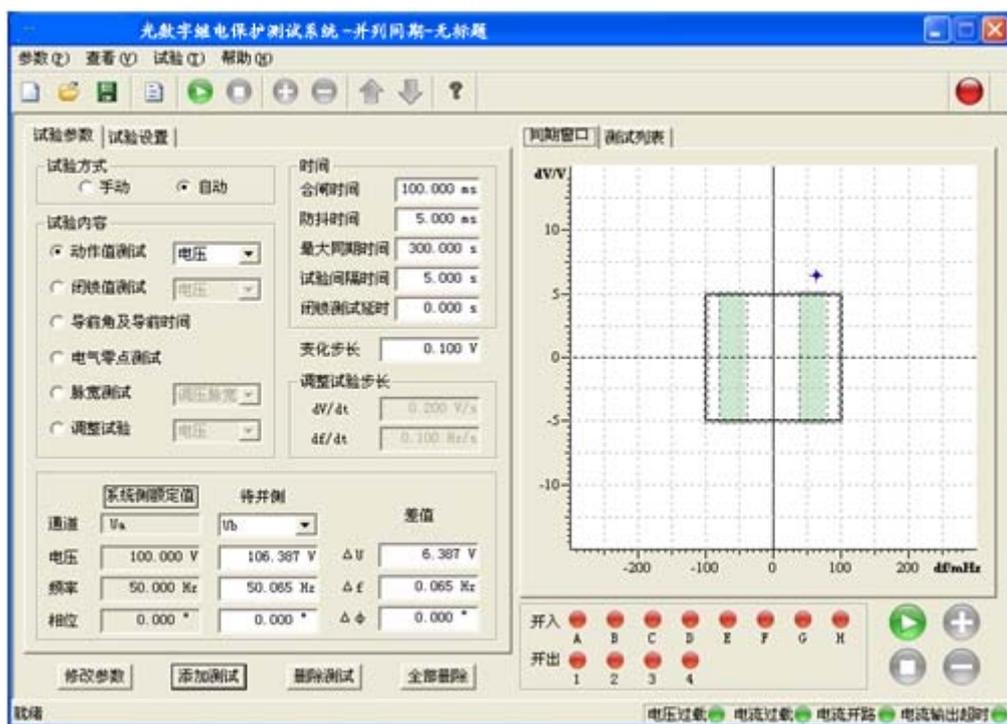


图 3.13.1 并列同期软件界面

3.13.1 试验原理

3.13.1.1 动作值测试

动作值测试，可以测试电压、频率和幅值的动作值。

- 1) 电压动作值测试：设置两侧频率、相位满足同期条件（a: 频率相等，相位差满足要求；b 频差满足要求，使得角度差可以摆入动作范围），电压差不满足同期条件。手动/自动增减待并侧电压，使得同期装置动作，测出同期电压动作值。
- 2) 设置两侧电压满足同期条件，频率差不满足同期条件，手动/自动增减待并侧频率，使得同期装置动作，测出同期频率动作值。
- 3) 适用于同频同期测试，两侧频率相同，设置两侧的角度差为变量，使待

并侧电压幅值等于系统侧电压幅值，按照所设步长，从大于动作角的位置逐步减小两侧的角度差直到装置动作，记录此时的角度差即为动作角。

3.13.1.2 闭锁值测试

闭锁值测试，可以测试电压、频率的闭锁值。

1) 电压闭锁：两侧电压、频率满足同期条件，有固定频差。每当同期装置角度摆出动作范围时，手动/自动变化电压，直到同期装置闭锁，记录此时电压即为闭锁电压。

2) 频率闭锁：两侧电压、频率满足同期条件。每当同期装置角度摆出动作范围时，手动/自动变化频率（保证始终有一定的频差），直到同期装置闭锁，记录此时电压即为闭锁电压。

3.13.1.3 导前角及导前时间测试

将两侧电压满足同期条件，并设定待并侧的频率变化范围，使之不满足频率闭锁条件。试验时变化待并侧频率，递增或递减，在某一频差 Δf 下，同期装置动作合闸，开始计时。经过合闸延时，读取两侧相角差为合闸误差角。当相角差为 0 时，记录此时时刻为导前时间 t_{dq} ，并计算导前角为

$$\delta_{dq} = t_{dq} * \Delta f * 360^{\circ}。$$

3.13.1.4 电气零点测试

两待并电压幅值差、频率差在允许并列的范围内，接入电气零点继电器的动作节点。待并侧电压从与系统侧电压相差 180° 的位置开始以 ωs 的角速

度围绕系统侧电压旋转，测试装置接收到电气零点继电器节点闭和的信号后记录此时的相角差 $\Delta\varphi$ 。

3.13.1.5 脉宽测试

脉宽测试，可以测试调压脉宽和调频脉宽。

- 1) 调压脉宽：设置两侧频率差满足同期条件，电压不满足同期条件，接入同期装置的加、减压信号，接收到调压脉冲开始计时，调压脉冲结束时记录第一个时间，对应调压脉冲的宽度；继续计时，再次收到调压脉冲的时候停时记录第二个时间，从两个时间差计算出调压间隔时间。
- 2) 调频脉宽：设置两侧频率差不满足同期条件，电压满足同期条件，接入同期装置的增、减频率信号，接收到调频脉冲开始计时，调频脉冲结束时记录第一个时间，对应调频脉冲的宽度；继续计时，再次收到调频脉冲的时候停时记录第二个时间，从两个时间差计算出调频间隔时间。

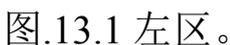
3.13.1.6 调整试验

自动调整试验时，将同期装置的增频、减频、加压、减压及合闸节点引入测试装置，设置测试装置输出的初始状态为频差或压差不满足同期条件的情况下，根据同期装置给出的调频或调压脉冲信号以及脉宽，按设定的电压幅值、频率调整率增加或降低电压幅值、频率，直到满足同期条件，同期装置发出合闸信号为止，测试仪自动记录合闸瞬间的频差、压差和相角差。

3.13.2 标签页

界面左区分为“试验参数”和“试验设置”2个标签页，右区分为“同期窗口”和“测试列表”2个标签页。

3.13.2.1 试验参数

试验参数标签页见  图.13.1 左区。

1) 时间：在“试验参数”选项卡的右上角设置相关时间。

- 合闸时间：用于导前角及导前时间测试，模拟断路器合闸延时。
- 闭锁测试延时：用于闭锁测试。对于无源同期装置，试验开始后需要一定的时间进行初始化，否则无法检测到同期装置的动作情况，所以在此设置一段延时。

2) 系统侧额定值：默认值为 100V、50.0Hz、0.0o，可单击“系统侧额定值”按钮进行修改。

3) 待并侧：待并侧可选 U_b 、 U_c 和 U_{bc} ，选择 U_{bc} 时，设待并侧设定电压 $U\angle\alpha$ ，

则 U_b ， U_c 分别为： $U_b = \frac{U}{\sqrt{3}}\angle\alpha - 30^\circ$ ； $U_c = \frac{U}{\sqrt{3}}\angle\alpha - 150^\circ$



图 3.13.2 并列同期试验设置

3.13.2.2 试验设置

试验设置参数如

图.13.2，部分参数含义如下：

- 1) 开入量设置：用于设置同期装置的增频、减频、加压、减压及合闸节点。
- 2) 开出量设置：可选无、脉冲和连续三种方式。
 - 脉冲方式：每隔开出周期时间闭合 200ms。
 - 连续方式：在试验过程中持续输出（间隔时间除外）。
- 3) 绕线组别：接线组别决定输出的系统侧与待并侧电压存在的固定相位差。

可选 Y/Y-12, Y/D-1, Y/D-11, Y/D-5, Y/D-7，缺省 Y/Y-12。

- Y/Y-12——系统侧与待并侧输出不存在固定相位差。
- Y/D-1——待并侧固定滞后系统侧 30°;
- Y/D-11——待并侧固定超前系统侧 30°;
- Y/D-5——待并侧固定滞后系统侧 150°;
- Y/D-7——待并侧固定超前系统侧 150°;

4) 同频门槛：频差小于同频门槛时，认为同频。

3.13.2.3 同期窗口

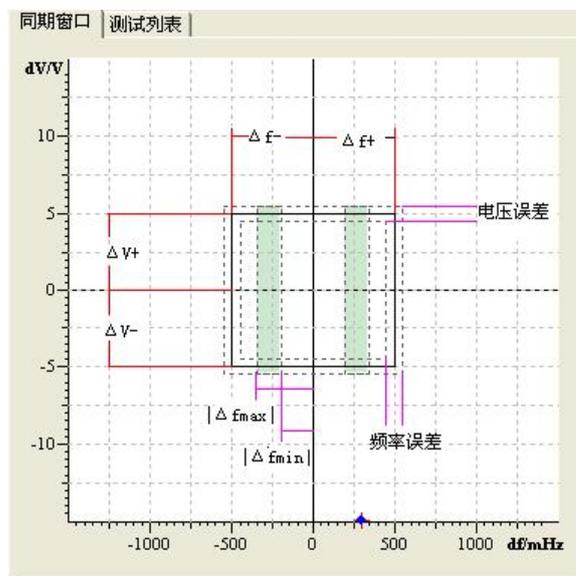


图 3.13.3 同期窗口

如图.13.3，图中的各参数为“试验设置”页面中设置的量。试验过程中，待并侧的电压和频率值会以小蓝点的方式显示在窗口中。

3.13.2.4 测试列表

测试列表标签页用于添加多个不同试验以便批量试验。

3.13.3 试验结果

3.13.3.1 试验过程中的结果

试验过程中的状态可以通过两种方式观测：同步指示器和同期窗口。

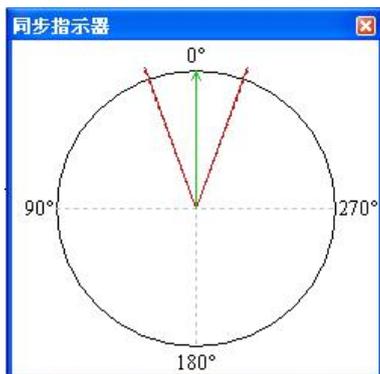


图 3.13.4 同步指示器

同步指示器如图.13.4 同步指示器，其中的绿色箭头表示当前的相位差，红色边线与 0° 的夹角为最大相差角。在自动试验中，只有在两条红线之间的合闸信号才被认为是有效的。

3.13.3.2 试验结束后的结果

试验结束后的试验结果显示在测试列表中，列表项目包括：序号+测试内容+结果+ $V_2+f_2+\varphi_2$ +步长+ V /次（电压调整步长）+ Hz /次（频率调整步长）+动作电压+动作频率+动作角度+电压闭锁值+频率闭锁值+导前角+导前时间+

调压脉宽+调压周期+调频脉宽+调频周期+ $\Delta V_1+\Delta f_1+\Delta\varphi_1+\Delta V_2+\Delta f_2+\Delta\varphi_2$ 共 26 项。其中 ΔV_1 , Δf_1 , $\Delta\varphi_1$ 表示接收到同期合闸节点动作时的压差、频差、

角差； ΔV_2 ， Δf_2 ， $\Delta \varphi_2$ 表示同期节点动作后延时合闸时间后的压差、频差、角差。

3.14 故障再现

故障再现模块可导入故障录波录波和保护装置生成的标准 COMTRADE 格式文件和 ATP、EMTP 等仿真工具产生的 PL4 文件，测试仪以 IEC60044-8（FT3）、IEC61850-9-1、IEC61850-9-2 数字报文方式，再现文件记录时段内各相电压电流波形以及开关量的动作情况，输入数据采样率无特殊要求，装置可自适应输出设定采样率的数字报文，测试仪并可支持重复回放，或时段截取回放方式。

3.14.1 用户界面

故障再现试验模块的软件界面如下所示：



图 3.14.1 故障再现软件界面

3.14.1.1 菜单

1) 文件:

- 导入录波文件: 导入 COMTRADE 格式录波文件;
- 导入 PL4 文件: 导入 ATP、EMTDC、EMTP 等仿真工具产生的数据结果 PL4 格式文件;

2) 查看:

- 波形查看: 可查看导入的 COMTRADE 格式波形文件, 缺省使用 CAAP2008 软件查看并分析波形;

3.14.1.2 工具栏



：导入 COMTRADE 格式录波文件；



：使用 CAAP 软件查看当前 COMTRADE 文件；

3.14.2 标签页

界面左区分为“基本设置”、“SV 设置”、“模拟量输出”和“开关量”3 个标签页，右区分为“基本信息”和“测试列表”2 个标签页。

3.14.2.1 基本参数

基本设置标签页见图.14.1 的左区，主要参数如下：

1) 触发方式：触发开始故障回放的方式，

- 无触发：点击开始试验按钮后开始下载参数，参数传输完毕立即开始故障回放；
- 按键触发：参数传输完毕后弹出按键触发消息框，用户确认后开始故障回放；
- 同步触发：用于多台测试仪同步，其中一台测试仪作为主机，其触发方式不能设置为同步触发，其他要与主机同步的测试仪设置为同步触发方式，主机的同步开出节点连接其他测试仪的同步开入节点，其他测试仪在收到主机的同步信号时开始故障回放；
- GPS 触发：设定的 GPS 触发时间到时开始故障回放。

2) 试验间隔时间：按照测试列表进行试验时相邻两试验之间的间隔时间。

- 3) 插值方式：确定测试仪进行故障回放时对采样点做何种插值，有 3 种插值方式可选：线性插值、多项式插值、三次样条插值。
- 4) 分段间隔时间：分段输出时相邻两段之间的时间间隔，包括重复输出的情况。
- 5) 分段输出设置：用列表显示和设置各个分段，可设置各段起始时刻、终止时刻和重复次数。

3.14.2.2 模拟输出

模拟输出标签页如图 3-14-2 所示，设有控制块列表和通道列表。在通道列表的“通道映射”列中设置 COMTRADE 文件模拟通道和采样值报文通道的对应关系。



图 3.14.2 模拟输出标签页

3.14.2.3 开关量

开关量标签页如图.14.3 所示。“开出量回放”设置 4 个开出量与COMTRADE文件的开关量通道的对应关系。在SV设置标签页中如果设置开关量输出方式为“发送GOOSE报文”，这里还需设置GOOSE发送参数和开出量和GOOSE数据条目的映射关系。



图 3.14.3 开关量标签页

3.14.2.4 基本信息

基本信息标签页如图.14.1 右区所示，本页显示载入的COMTRADE文件的记录信息，包括站名、模拟量频率、采样点总数、采样率分段数、模拟通道数目、开关通道数目，并分别用列表显示了模拟量通道信息、开关量通道信息、采用率分段信息。

3.14.2.5 测试列表

测试列表标签页用于添加多个不同试验以便批量试验。

3.14.3 电力暂态仿真输出测试



图 3.14.5 PL4 文件导入设置

3.14.4 试验过程

故障再现的试验过程如下：

- 1) 点击菜单“文件→导入录波文件”(或点击工具栏按钮)载入想要再现的 COMTRADE 录波文件，或点击“文件→导入 PL4 文件”载入暂态仿真数据文件；
- 2) 设置基本参数和分段输出；
- 3) 设置 SV 参数、控制块列表、通道列表和开关量；
- 4) 点击按钮“添加测试”将当前试验添加到测试列表，若测试列表为空可直接进入步骤 6 开始试验；
- 5) 重复 1—4 步添加其他试验到测试列表；
- 6) 打开测试仪电源，连接好通信网线；

- 7) 点击按钮  开始试验，若试验过程中要中止试验请点击 ；
- 8) 试验全部完成，点击菜单“参数→保存参数”或工具栏按钮  保存全部试验参数和试验结果；
- 9) 点击菜单“查看→试验报告”或工具栏按钮  查看列表中当前选中条目的试验报告(若列表为空则查看当前试验的报告)。

3.15 振荡试验

本试验用于模拟双端电源或单机对无穷大系统的振荡，模型如

图.15.1 振荡模型：

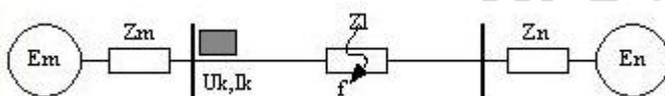


图 3.15.1 振荡模型

振荡试验的界面如下图：

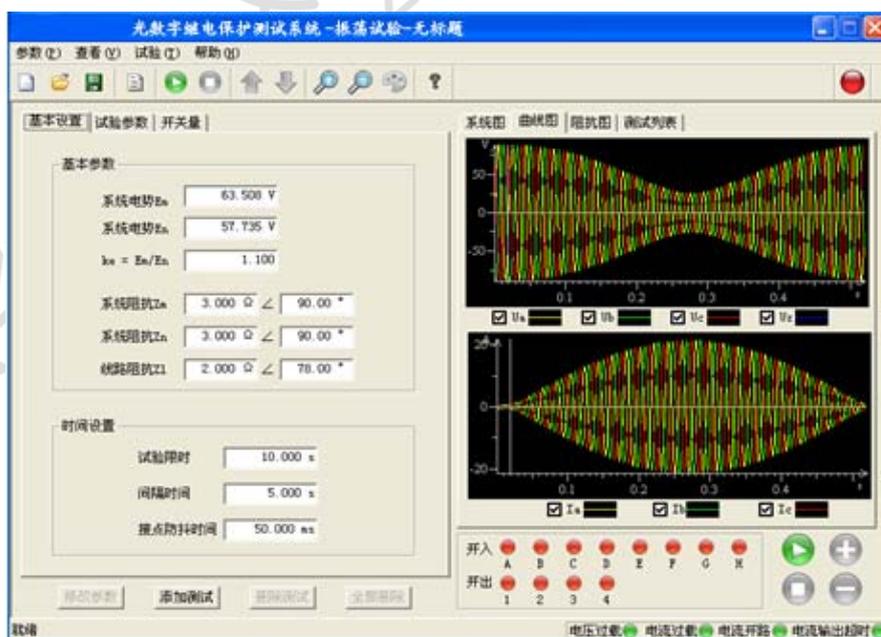


图 3.15.2 振荡试验软件界面

3.15.1 试验参数

基本参数见

图.15.2 左区，试验参数如

图.15.3 试验参数。



图 3.15.3 试验参数

- 1) 基本参数包括两端系统电势、两端系统阻抗和线路阻抗，用于模拟图.15.1 振荡模型中的双端电源系统。
- 2) 试验参数中的振荡类型提供四种振荡模型：旋转振荡、摇摆振荡、旋转振荡中故障和摇摆振荡中故障。选择后两种振荡中故障模型时，故障参数区的参数变为可选状态，以设置故障参数。
- 3) 振荡结束角：当选择摇摆振荡和摇摆振荡中故障两种振荡模型时，该参数变为可设置状态。
- 4) TA 极性：选指向母线，则输入电流反向。

3.15.2 图形显示

振荡试验提供两种图形显示：振荡电压电流波形图和测量阻抗图。

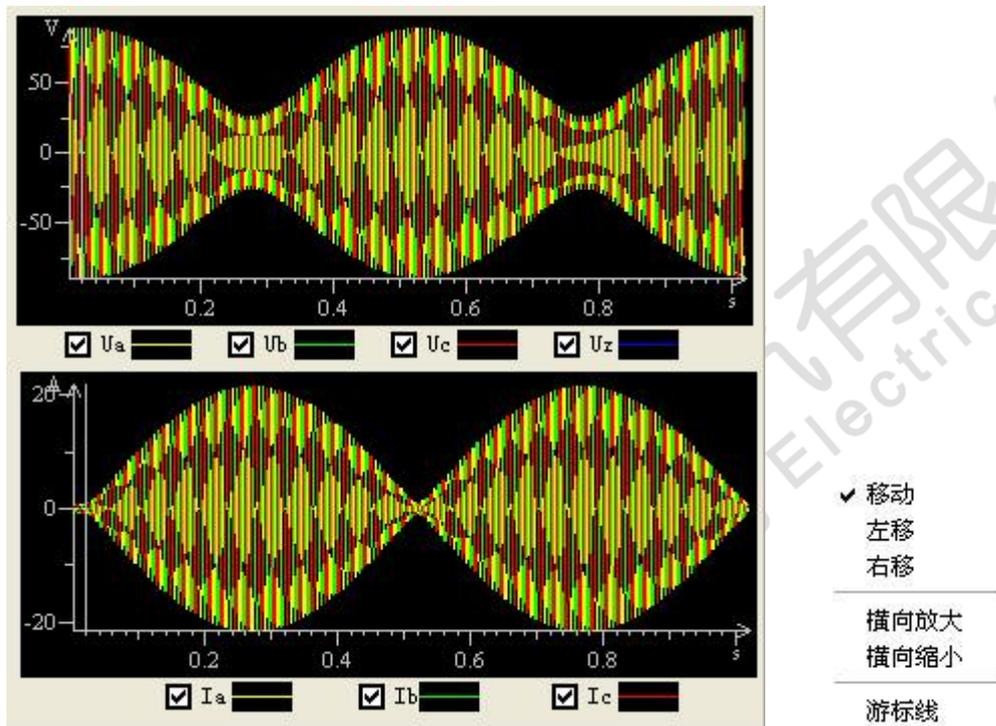
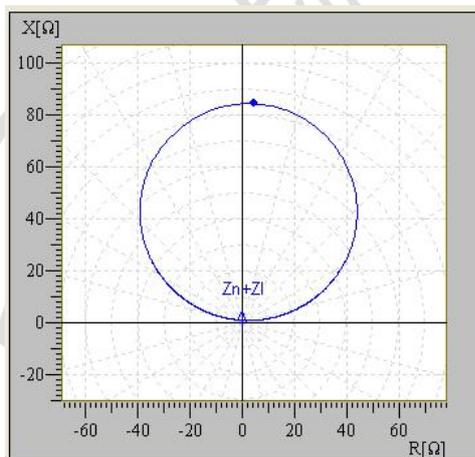
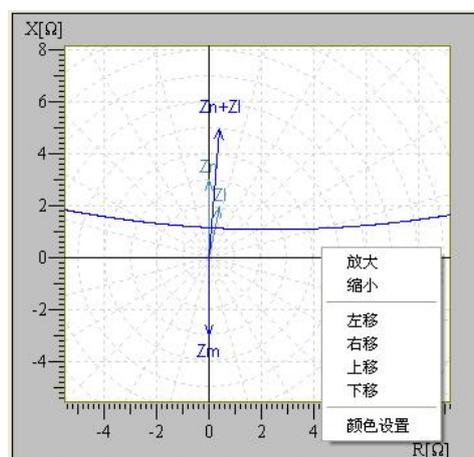


图 3.15.4 振荡电压电流波形图



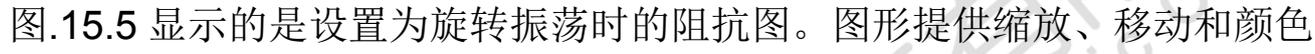
(a) 阻抗图全图



(b) 阻抗图圆心区域

图 3.15.5 测量阻抗图

1) 振荡电压电流波形图：如  图.15.4 振荡曲线，上半区显示电压，下半区显示电流，图例中显示了两个振荡周期的波形，波形下方的单选框可控制是否显示该通道波形。右键菜单如  图.15.4，提供缩放、移动和标尺功能。

2) 测量阻抗图：阻抗图反映的是振荡时的测量阻抗， 图.15.5 显示的是设置为旋转振荡时的阻抗图。图形提供缩放、移动和颜色设置功能。

3.16 GOOSE 延时测试

GOOSE 延时测试专门用于测试智能操作箱的动作延时，分辨率可达到 10us，试验默认只控制 1 个开出量，接入硬接点时默认防抖时间为 1ms。



试验过程时，点击开始按钮，再手动点击“开出 1 动作”后面的图标，装置即发出开出信号，装置收到开入动作时，会在下方显示动作时间。

开出的动作时间是以试验开始为 0 时刻的计时。开入的动作时间以脉宽方式显示，即第一次动作时间是相对于开出动作时刻的延时，第二次动作时间是相对于第一次动作时刻的延时，这样就可以很清晰的反映出被测装置的动作延时。

如果需要查询详细的开关量动作情况，可在“查看”中的“开关量动作”中查看相关记录。

四、应用实例

4.1 动作时间测试

4.1.1 试验目的

在智能变电站中，保护装置发送 GOOSE 信号到智能操作箱，来控制断路器的分、合。智能操作箱从收到 GOOSE 信号到节点动作，这个过程发生在智能操作箱内部，具体消耗多少时间，智能操作箱是没有显示的，而这个时间正是用户最为关心的指标之一，因此需要一种测试手段来测量智能操作箱从收到 GOOSE 信号到节点动作的时间。再加上 GOOSE 信号从保护装置发出到智能操作箱收到 GOOSE 信号这个链路上的延时，我们需要测量的实际时间应该是：从 GOOSE 信号发出到智能操作箱节点动作之间的时间。

4.1.2 试验原理

通过记录 GOOSE 信号发出时刻 t_1 、智能操作箱节点动作时刻 t_2 ，从而得到延时= t_2-t_1 。

4.1.3 试验方法

智能操作箱的节点动作信号有硬节点和 GOOSE 信号两种，选择硬节点时，需要将智能操作箱的节点通过电缆连接到本装置的硬节点开入量上；选择 GOOSE 信号时，需要将动作信号关联到开入量上，具体操作见 3.1.4.5。测量时需要在 GOOSE 配置中在相关修改，并将本装置的开出量关联到保护装

置发送给智能操作箱的 GOOSE 跳闸信号上，具体操作见 3.1.4.5。

将各个信号量关联好后，就可以进行试验了，具体测试有多种方法，常用的有以下三种：

- GOOSE 延时：开始试验，手动改变开出状态，列表中会列出开入量的动作延时；
- 电压电流模块：开始试验，在“试验设置”页面中的“开出量设置”中选择对应的开出量，修改其状态，点击右下方的“手动开出”按钮，开入状态区域应该能显示智能操作箱的节点动作情况。重复几次上述操作，结束试验，在试验历史列表中查看开关量动作结果；
- 数字报文模块：在 GOOSE 发送页面中选择对应的控制块，开始试验，修改 GOCB 中的条目状态，反复操作几次，结束试验，在试验历史列表中查看开关量动作结果；

4.2 保护定值测试

4.2.1 试验目的

在智能变电站建设的过程中，我们通常是结合定值来验证保护装置是否正常，而不需要再去详细的验证保护装置的特性曲线等特性，因此我们需要一些简单、快捷的测量方法。

4.2.2 试验方法

4.2.2.1 线路保护

在现场测试中，对于每个测试点，通常不需要进行故障前、故障、跳开、重合、永跳这样的完整的过程，只要通过故障前、故障这两个过程，验证保护装置是否动作、动作时间是否正确即可。这样可以大大缩短测试时间。具体操作如下：

- 在试验设置中，将保护装置的跳闸信号关联到开入 A 上；
- 在“定值”页面填入运行定值，在“故障类型”页面中设置要测试的故障类型和阻抗；
- 在“基本参数”页面选择“时间触发”方式，故障前时间根据装置的回归时间进行设置，最大故障时间一定要比测试点的延时大，如只选择了 I 段、II 段和 III 段阻抗，设置每段延时分别为 0ms、500ms 和 1500ms，则最大故障时间应大于 1.5s，并且要包含保护装置处理数据的延时，因此合理的最大故障时间设置为 2s 即可；
- 其它可能需要设置的参数还有“故障参数”中的“短路电流”；
- 试验过程中，“故障态”页面中会显示当前进行到那一步，当前的故障参数。试验结束后，“查看”->“故障列表”中会详细列出每个测试点的信息，在列表中的右键菜单中可选择“按故障类型排序”和“按段排序”，方便用户比较各相试验结果。

4.2.2.2 主变、母差保护

在现场测试主变和差动保护时，不需要进行完整的保护特性曲线测试，

用户更关心的是在运行定值下，出现故障时保护是否能动作。因此对主变和母差保护的验证，可以用光数字测试模块来完成。具体操作如下：

- 导入 SCL 文件，选择对应的 SMV 和 GOOSE 信息；
- 将相关的 GOOSE 跳闸信号关联到开入量上；
- 打开光数字测试模块，按需求选择控制块数量，最多可选 4 个控制块；
- 设置正常态时每个控制块的幅值、相位等参数，并设置合适步长，按此步长加减时，能进入故障态。数据列表区域的右键菜单中有很多快捷操作方式，可以提供工作效率。“变化控制块”中的两个选项可满足多种操作需求。选择“开入量计时方式”中的“相对采样值最近时刻”，可以在试验过程中测出保护的動作时间；
- 开始试验，保护复归后，通过“+”和“-”按钮调整输出数据，使其进入故障态，观测开入量的变位情况。

4.3 智能操作箱延时测试

4.3.1 试验目的

在传统变电站中，发生故障时，保护装置通过电信号给刀闸发出跳闸信号，中间的延时几乎可以忽略掉。而在智能变电站中，保护装置与刀闸之间多了一

个智能操作箱，保护装置发送跳闸报文给智能操作箱，智能操作箱再完成跳闸

电信号的发送，整个过程中多了一段从保护装置发出报文到智能操作箱发出

跳闸信号的时间，这个延时正是用户关心的时间。

4.3.2 试验方法

首先在试验配置中做相关设置，将开出量关联到 GOOSE 报文中的跳闸信号上；开入量如果采用接收报文方式时，需要将被测装置的动作返回信号关联到开入量上，如果采用硬接点的接入方式，则不需要做关联。

在 GOOSE 延时模块中开始试验，手动点击“开出 1 动作”，下方的列表中就会显示出开入量动作的延时。

4.4 自环或示波

4.4.1 试验目的

智能变电站中，全站信息数字化，使得某些信息的监测很不方便。用户需要在熟悉专业软件的使用、了解各种报文格式、报文参数含义的基础上，从大量的报文中筛选出相关信息，对用户水平要求较高。而 FT3 格式报文更是不能用普通抓包软件捕获，使得 FT3 报文信息很难监测。

考虑到上述情况，本装置设计了报文接收、解析功能，可以接收 IEC60044-7\8 (FT3)、IEC61850-9-1\9-2 和 GOOSE 报文，通过图表的方式将相关信息显示出来。不仅可以进行自环测试，还可以接到 MU、IED 和交换机上，接收外部报文数据。

4.4.2 试验方法

试验方法在 3.2.3 中有介绍。

4.5 叠加网络故障

4.5.1 试验目的

智能变电站中，数据传输网络化，保护装置对网络异常也做了相应处理，因此需要一种测试手段，能够在正常的网络报文中叠加一些网络故障，来验证保护装置是否对这些异常情况做了相应的处理。

4.5.2 试验方法

网络故障可叠加在正常态数据中，也可以从故障数据的故障起始点附加开始叠加，以验证不同情况下保护的动作行为。

4.5.2.1 正常数据中叠加网络故障

在光数字测试模块中，每个 SMV 控制块都可以单独选择故障类型，并设置相应的故障参数。开始试验，待被测装置复归后，手动启动故障。试验过程中可修改故障类型，可随时停止、开始叠加故障。

4.5.2.2 故障过程中叠加网络故障

用光数字测试和故障再现模块，都可以实现故障过程中叠加网络故障。

- 光数字测试：0 中介绍了正常数据中叠加网络故障，在这个基础上，设置适当的步长，通过加减来模拟故障，就可以实现在故障过程中叠加网络故障的功能了。但是这种方法对网络故障叠加的位置不能精确控制，故障再现模块可以解决这个问题；
- 故障再现：将故障数据映射到对应的 SMV 控制块中，根据 0 中的说明设置参数。需要注意的是“测试起始帧/点”这个参数，这个起始点与“分段

输出设置”中的点相对应，它是将导入的故障数据，经过采样率的转换得到的点。

通过调整起始点的位置、限制次数，再与叠加故障的周期相配合，我们就可以精确的控制网络故障叠加的起点和终点了。

五、异常处理

5.1 被测装置无数据

测试仪开始输出后，被测装置没有数据显示，可能有以下几种情况：

- 发送端口错误；
- 配置不正确；
- 通过交换机时，VLANID 设置不正确；
- 本装置与其它 MU 未同步；

5.1.1 发送端口错误

测试仪有多个端口，软件中发送端口又可配置，光纤的发送和接收又是独立的，因此应先检查数据的链路是否通畅。

5.1.2 配置不正确

各个厂家对报文是否正确的判据并不是统一的，因此报文中一个参数出错都有可能致被测装置判断报文无效。

此时，将被测装置能够识别的报文接入本装置，使用“侦测网络”功能，解析报文，比较里面正确的配置与之前的配置是否一致，特别是 GOOSE 的配置，其中有很多描述信息，这些描述必须完全正确，以确保报文内容正确。

5.1.3 VlanID 设置不正确

现场调试时，交换机可能已经做了相关配置，各个网口都有特定的设置，本装置将报文发送到交换机后，有可能因为 VlanID 错误，不能被转发到被测装置上。

如果本装置与被测装置直连，被测装置可以收到数据，通过交换机转发时又没有数据，那么就可以肯定是 VlanID 设置错误。此时，需要联系现场集成商的技术人员，询问交换机的配置情况，在“试验配置”中修改 VlanID 即可。

5.1.4 未同步

如果上述原因都排除了，还是没有数据，那么还有可能是本装置与其它 MU 未同步造成的。MU 都接入了对时信号，整秒时序号清零。如果本装置未对时，序号清零的时刻可能不在整秒，而有些装置对多个 MU 之间是否同步做了判断，它会认为本装置发出的数据与其它 MU 的数据不同步，而不采集本装置的数据，造成无数据的现象。

出现这种情况时，可以关掉其它 MU，或者给本装置引入对时信号即可。

总之，装置无数据时，首先将被测装置上的光纤全部拆除，仅与本装置

直连，如果还是没有数据，一般是报文参数配置错误；直连有数据，引入其它 MU 数据后，本装置发出的数据消失，可能是因为本装置未同步；直连有数据，过交换机无数据，一般是 VlanID 出错了。

5.2 被测装置有数据，但是数据不稳定

出现这种情况，有两种原因：

- 发送采样率与接收采样率不一致：如果本装置发出报文的采样率与接收装置的接收采样率不一致，可能造成被测装置取点混乱，有时候能取到数据，有时候又取不到，表现出来的现象就是数据不稳定；
- 被测装置连在交换机上，接收到了与测试仪发出的报文一样的数据。如果被测装置接在交换机上，本装置模拟的 MU 一直处在工作状态。此时被测装置会收到包含同样采样计数信息的报文，但是两个数据源给出的实时数据可能不相同，就相当于被测装置在同一时刻收到了两个不同的数据，从而造成装置分析异常，显示数据不稳定；

5.3 GOOSE 接收异常

本装置在接收 GOOSE 报文时，除了在界面上可选择各种判断条件外，在程序内部还会对报文的数据部分做严格的判断。本装置会判断数据条目和每个条目的数据类型，一旦这些数据与预设的信息不一致，本装置会认为该报文异常，而丢弃该报文。经过这样的处理，本装置可以发现一些不易发现的错误。在现场调试阶段，全站的 SCD 文件可能会经常改变，某些 GOOSE 报文中

所包含的条目可能经常调整。如果本装置不做上述判断，在试验过程中就不能及时发现这些改动，不能及时的了解最新的配置信息。

GOOSE 接收异常表现出来的现象是，本装置可以给被测装置加量，被测装置显示有变位信息，而本装置关联的开入量没有显示变位。出现这种情况有以下可能的原因：

- 本装置接入交换机，由于 GOOSE 报文的 VlanID 配置原因，不能从接入的光口转发过来。这样只需将光纤接入一个全开的光口即可；
- 报文传输链路没有问题时，可能是数据的条目信息不对。

解决方案如下：

- 打开“试验配置”中的“侦测网络”，经过 10s 以上如果没有收到对应 AppID 的 Goose 报文信息，说明报文的传输链路不通，需要检查数据传输光口的配置；
- 如果收到了对应的报文，将其勾选添加到 GOOSE 配置中，并与之前的配置做比较，两者不一致时，可以先用刚刚通过侦测网络得到的数据与开入量映射，进行后续的试验。同时，还要向系统集成商索取最新的 SCD 文件，以免测试其它设备时出现同样的问题。

5.4 总结

试验过程中的各种数据异常情况，大多是由于配置错误、传输链路不通引起的，因此出现数据收发异常时，首先要确保数据链路的通畅，然后再检

查配置的问题。

本装置具备 SCL 文件导入功能，这给测试人员提供了很多方便，同时对文件的准确性也提出了很高的要求。如全站的 SCD 文件，这个文件内容很多，工程人员在维护的时候，很可能出错；而且在某一时段内，这个文件更新的频率可能比较高。测试人员通过错误的、过时的文件导入的配置，很可能造成数据收发异常。

针对这个问题，本装置在导入 SCL 文件模块中添加了“查看解析报告”功能，报告中会列出文件中的错误。同时，侦测网络功能也可以用来检查相关的配置是否与实际传输的报文配置一致。通过这些手段，我们可以更快的定位故障点，提高工作效率。

六、注意事项

1. 仪器应放置于干燥、通风，无腐蚀性气体的室内。
2. 请不要私自拆卸、分解或改造仪器，否则有触电的危险。
3. 请不要私自维修仪器或自主改造、加工仪器，否则仪器不在质保之列。
4. 为发挥本产品的优秀性能,在使用本公司产品前请仔细阅读使用说明书。

七、运输、贮存

■运输

设备需要运输时，建议使用本公司仪器包装木箱和减震物品，以免在运输途中造成不必要的损坏，给您造成不必要的损失。

设备在运输途中不使用木箱时，不允许堆码排放。使用本公司仪器包装箱时允许最高堆码层数为二层。

运输设备途中，仪器面板应朝上。

■贮存

设备应放置在干燥无尘、通风无腐蚀性气体的室内。在没有木箱包装的情况下，不允许堆码排放。

设备贮存时，面板应朝上。并在设备的底部垫防潮物品，防止设备受潮。

八、售后服务

本产品整机保修一年，实行“三包”，终身维修，在保修期内凡属本公司设备质量问题，提供免费维修。由于用户操作不当或不慎造成损坏，提供优惠服务。