

本手册是北京博电新力电气股份有限公司的出版物。任何形式的复制均需征得北京博电新力电气股份有限公司的同意。

本手册只代表出版时的技术动态。手册中的产品信息、说明以及所有技术数据均不具有合同约束力。北京博电新力电气股份有限公司保留随时对技术、配置进行修改而不另行通知的权利。北京博电新力电气股份有限公司对本手册中可能发生的错误不承担责任。

目 录

0.概述	4
0.1 产品综述.....	4
0.2 技术特点.....	4
0.3 技术参数.....	5
1.系统配置	6
2.主机使用说明	6
2.1 主机面板.....	6
2.2 主机操作说明.....	8
3.软件使用说明	8
3.1 软件介绍.....	8
3.2 软件界面与功能.....	8
4.测试流程	14
4.1 平台搭建.....	14
4.2 测试步骤.....	15
附录 A 装置可能出现的异常现象	19
附录 B PGPS02 卫星同步装置简介	20
1 主要功能.....	20
2 性能指标.....	20
3 面板说明.....	21
附录 C 与 PGPS02 接线图	23

0.概述

0.1 产品综述

行波测距校验仪是为满足对故障测距系统校验的需要而研制的一种新型测试装置。电力系统输电线路的故障测距系统依据双端测距原理进行故障测距，即实时采集、记录线路两端的故障行波信号，利用小波变换技术分析故障行波到达线路两端的时间差，计算出故障点位置。直流行波测距校验仪按照故障电流行波的 PSCAD/EMTDC 仿真数据或现场记录数据输出相应的电流信号，模拟故障信号，作为故障测距系统的测试信号源。本仪器可以应用于行波测距系统的开发以及实验室和现场调试中。

行波测距校验仪的组成部分包括校验仪主机、配套的测距信号数据下载软件和 PGPS 系列卫星时间同步装置。校验仪主机对于输出的数据，通过手动单次启动、循环输出、GPS 同步触发、开入量触发等多种方式实现电流波形输出。主机可以通过以太网口与 PC 机、工控机、笔记本电脑等联机，通过配套的应用软件完成波形数据的编辑、下载等功能。

0.2 技术特点

行波测距校验仪是为故障测距系统定制的一种新型测试仪。它既延续了我公司在功率电子设计、数字电子设计、软件设计、工业设计等方面的技术优点，具有优良的性能和较高的性价比，又针对故障测距信号的特点在高速 D/A 转换以及宽频带、快速响应电流放大器等方面进行了特殊的设计，可以满足再现故障行波信号的目的。

行波测距校验仪的主要技术特点包括：

一、 DSP+FPGA 构成的数字信号处理系统

行波测距校验仪采用了 DSP+FPGA 构成的数字信号处理系统。该系统一方面能够配合 Flash 实现大容量的行波数据存储（最大 512K word）；另一方面能够配合 14 位高速 D/A 实现 512K 数据的高速转换输出，从而大大提高和改善了测试仪的暂态响应速度和幅频特性。校验仪的最高 D/A 转换频率能够达到 25MHz。

校验仪可以通过 GPS 两地同步触发输出，对安装在现场两地的测距系统进行测试。通过数字信号处理系统和 GPS，校验仪能够实现高精度的同步触发，触发的同步时间误差小于 0.5 μ s。

二、 WINDOWS 操作系统的波形下载软件

校验仪的波形下载软件能够将以 Comtrade 格式提供的电流波形数据文件以图形方式

显示，并提供了一定的图形操作功能，便于用户观测波形。软件的主要功能是将数据下载到校验仪主机中进行存储，联机、下载过程全部由软件自动完成，用户只需要点击下载键即可。

三、高性能的线性电流放大器

故障行波信号具有以下特点：波头的上升沿时间一般为几到几十微秒，且包含从低频到数百 KHz 的丰富的频率分量。特别是，故障测距系统一般选择电流行波作为录波监视和测距分析的信号。为了完整、高质量复现行波的故障波形，校验仪使用了我公司自行开发的高性能线性电流放大器，其主要性能优势包括：

- ◆ 高可靠性；
- ◆ 输出波形光滑真实，没有开关放大器容易产生的高次谐波，波形无毛刺，无电磁污染；
- ◆ 真实准确的小电流波形；
- ◆ 装置能够同步高速回放 3 路电流,输出信号频率最高达 500KHz;
- ◆ 优良的暂态特性，上升下降时间小于 3 μ s;
- ◆ 支持故障重现功能：软件支持 Comtrade 格式数据文件，能够进行波形处理和下载输出；
- ◆ 装置支持故障前慢速回放，最长回放时间 50s。装置支持故障波形高速回放，最高回放采样率 10MHz，最短回放时间周期 80ms；

0.3 技术参数

- ◆ 工作环境条件
 - 环境温度：-10 $^{\circ}$ C ~ +45 $^{\circ}$ C
 - 相对湿度：不大于 90%
 - 大气压力：80kPa ~ 110kPa
- ◆ 电源
 - 额定电压：220V，-10% ~ +10%
 - 频率：50Hz（或 60Hz），-4% ~ +2%
 - 波形：正弦波，THD \leq 5%；
- ◆ 接口参数
 - 计算机接口：以太网口；装置默认 IP 为 192.168.1.133；
 - GPS 接口：两套装置通过 GPS 分脉冲同步的输出时间差能够达到 \leq 0.5 μ s；
 - 开关量接口：1 对快速开入，1 对快速开出；
- ◆ 输出电流源参数
 - 通道数：3 路
 - 电流参数：在故障波输出状态下，瞬时最大值 15A；能够短时输出有效值 10A 的电流；能够连续输出有效值 5A 电流；

额定功率：单通道为 60VA；

幅值精度：测试波形—50Hz 正弦波；

波形有效值范围： $0.5 \leq I < 10A$ ，精度 $\leq 0.5\%$ ；

波形有效值范围： $0.1 \leq I < 0.5A$ ，精度 $\leq 1\% \pm 1mA$ ；

幅频特性：0Hz~500KHz (3dB 带宽)；

放大器电流输出暂态特性：输出上升下降时间为 $3\mu s$ ，5A 的梯形波电流，正负超调量 $< 10\%$ ；

通道同步：单机输出通道同步输出的时间差 $\leq 0.2\mu s$ ；

◆ 电源适应性能

供电电源电压在 AC 220V - 10% ~ +10%范围内变化时，输出有效值为 3A 的正弦波，最大负载电压不低于 20V；

◆ 绝缘耐压性能

符合 GB/T 15145-94 绝缘标准；

◆ 高速 D/A 转换

输出采样率能够达到 10MHz。

1.系统配置

- | | |
|---------------------|----|
| ◆ PH03 直流行波测距校验仪主机 | 一台 |
| ◆ 专用输出信号线 | 一包 |
| ◆ 电源插座 | 一个 |
| ◆ 电源线 | 一根 |
| ◆ 网线 | 一根 |
| ◆ 包装箱 | 一个 |
| ◆ 软件光盘 | 一张 |
| ◆ PGPS02 卫星同步装置及联接线 | 一套 |

2.主机使用说明

2.1 主机面板

一、前面板说明

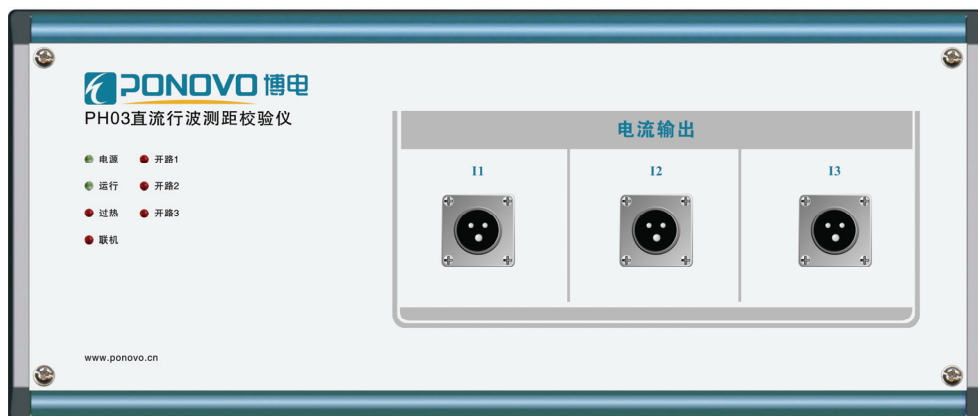


图 2-1-1 PH03 直流行波测距校验仪前面板图

- ◆ 指示灯:
- ◆ 电源: 装置电源指示;
- ◆ 运行: 装置运行指示;
- ◆ 过热: 装置过热指示;
- ◆ 联机: 装置与电脑联机指示;
- ◆ 开路 1~3: 电流通路输出开路指示。
- ◆ 3 路电流输出信号端子:
I1、I2、I3;

二、后面板说明

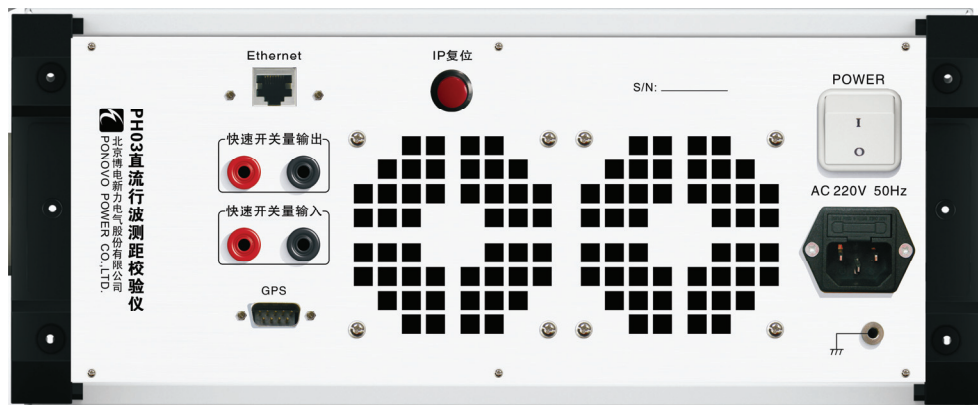


图 2-1-2 PH03 直流行波测距校验仪后面板图

- ◆ IP 复位按钮
- ◆ 联机用以太网口
- ◆ 1 对快速开关量输入端子
- ◆ 1 对快速开关量输出端子

- ◆ GPS 同步信号输入端子
- ◆ 电源插孔
- ◆ 电源开关按键

2.2 主机操作说明

行波测距校验仪的主要功能是将存储的行波波形数据通过 D/A 和电流放大器输出，产生模拟的故障行波信号。校验仪具有 3 路输出端子，可以同时回放 1~3 路行波电流。每路数据长度最大为 512K word。可以回放采样频率 10MHz 的行波信号。后面板上的 2 对开关量端子（1 对快速开入和 1 对快速开出）与 GPS 同步接口，用于实现多机本地与异地同步测试使用。

装置与 PC 机通过以太网口通讯。由联机软件实现波形的选择、下载和输出。软件支持 Comtrade 格式数据文件回放。用户可设置信号输出变比、回放过程数据输出频率、故障前时间、回放触发方式等。

3.软件使用说明

3.1 软件介绍

行波测距校验仪波形下载软件提供的主要功能包括：（1）提供用户操作的人机交互界面；（2）从 Comtrade 数据文件中读出波形数据；（3）根据用户设定的波形下载波形数据到校验仪。

软件的主要特点有：

- ◆ 支持 Comtrade 格式记录的数据文件；
- ◆ 可在数据文件记录的电流通道中，选择实际各个通道下载的数据内容；
- ◆ 可通过设置各个通道的比例系数来调整输出电流幅值；
- ◆ 对播放的数据可以定义输出范围（通过定义故障前时间和扩展倍数实现）。

3.2 软件界面与功能

3.2.1 主界面、菜单与工具栏

运行程序后，出现的主界面，如图 3-2-1。

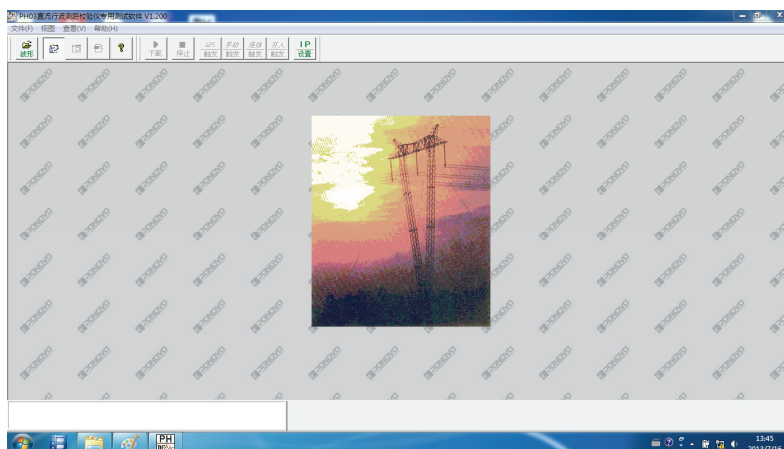


图 3-2-1 主界面

主界面中的菜单栏包括：“文件”、“查看”、“实验”、“视图”、“显示”、“编辑”、“图形操作”、“分析工具”。上述选项只有在打开录波文件之后才出现。

其中：“文件”主要包括“打开录波文件”；

“查看”：包括“工具栏”和“状态栏”选项；

“试验”：包括“波形下载开始”、“设备 IP 地址”、“手动触发设置”、“设置行波波速”、“清除起始非零点”选项；

“视图”：包括“图形处理”、“详细视图”选项；

“显示”：包括“只显示使用信号”、“同类信号一起显示”、“通道单独显示”选项；

“编辑”：包括“坐标轴设置”选项；

“图形操作”：包括“放大”、“缩小”等波形查看选项；

“分析工具”：包括“时间信息”选项。

以上绝大部分功能都在工具栏有相应按钮出现，只需将鼠标悬停在按钮上 1 秒钟即可出现该按钮中文提示。

主界面的工具栏如图 3-2-2 所示。工具栏图标对应的依次为：“打开波形文件”、“信息栏开关”、“输出通道设置”、“打开波形工具栏”、“软件版本信息”、“波形下载”、“输出停止”、“GPS 触发”、“手动触发”、“连续触发”、“开入量触发”、“IP 设置”、“联机状态检测”。其中“GPS 触发”、“手动触发”、“连续触发”、“开入量触发”按钮需要将波形下载至行波测距校验仪以后，才可以使用。



图 3-2-2 工具栏——主界面

3.2.2 打开录波文件

选择文件->打开录波文件->在弹出的对话框中，选择要使用的录波文件打开。

打开录波文件后，将出现“详细视图”和“波形处理”两个视图窗口。随着在两个视图之间切换，菜单项和工具栏的内容也发生相应的变化。

“详细视图”视图包括“电流通道选择”、“采样率”两个属性页。

“波形处理”视图将录波文件以波形图的形式显示。在这个视图下，可以对波形进行查看与编辑。

其中，“波形处理”对应的菜单项和工具栏增加了功能操作的工具栏。

3.2.3 详细视图

一、模拟输出-电流通道



图 3-2-3 详细视图——直流电流通道选择

“直流电流通道选择”给出了录波文件中各个电流通道的信息，以及对下载的通道电流幅值、开始时间的编辑项。属性页的具体说明如下：

- ◆ 选择通道：
选择通道：用于选择下载的数据。在下拉列表中列出数据文件中包含的所有的电流通道名，用户可以根据需要自行选择。
- ◆ 比例：
校验仪输出的电流最大值（峰值）是±15A，当录波数据幅值超出这一范围时，需要通过修改比例来调整对应通道下载波形的幅值大小。
- ◆ 最大值和最小值：
显示所选通道波形幅值（变比后）的最大值和最小值；
- ◆ 故障前时间：
可定义故障波发生前的波形持续时间；
- ◆ 故障前波形扩展倍数：
可对故障前波形进行波形延展；

- ◆ 故障前总时间：
为故障前时间与故障前波形扩展倍数的乘积，即故障前波形回放的总时间。

二、采样率

- ◆ 采样率：（建议使用默认值）

给出了录波的采样频率信息，显示数据录波的采样率值；对于录波过程中采样率变化的情况，会列出多个采样率，以及采样率改变次数和每种采样率下的采样点数。对于故障前、故障后波形的采样率可分别设置，如图 3-2-4 中为默认采样值。

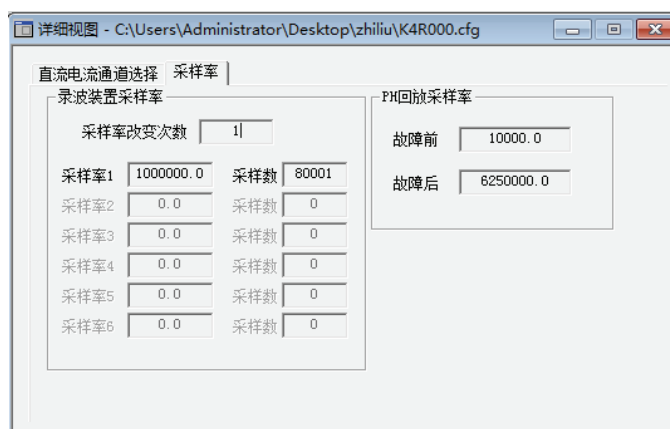




图 3-2-4 详细视图—采样率

3.2.4 波形处理视图

“波形处理”视图分成两个区域：

- ◆ 时标按钮区域：

位于波形处理视图的显示区域的顶部，显示起始时标  和结束时标 ；时标选择主要用于“时标区间放大”等功能。

- ◆ 波形图区域：

是波形处理视图的主区域；此区域的显示内容包括各通道波形图、通道的名称、波形的线型、颜色信息等；波形图的横坐标为时间，以 ms（毫秒）为单位；纵坐标为幅值，以 A（安培）为单位。

“波形处理”视图对应的菜单和工具栏与“详细视图”相比，增加了“显示”、“编辑”、“图形操作”、“分析工具”菜单项。对应增加的工具栏内容如图 3-2-5 所示。



图 3-2-5 波形处理——新增工具栏

此外，在视图区域内任意位置点击右键，都会弹出如图 3-2-6 所示的快捷菜单。



图 3-2-6 波形处理视图

下面对照菜单项和工具栏介绍“波形处理”视图的功能。

1、显示

- ◆ 只显示使用的信号：“使用”对应于“详细视图——电流通道选择”中通道是否使用的设置；
- ◆ 同类信号一起显示：指电流信号通道在同一个坐标轴显示；
- ◆ 通道单独显示：指电流信号通道分别在独立的坐标轴显示。

2、编辑

- ◆ 插入新通道数据

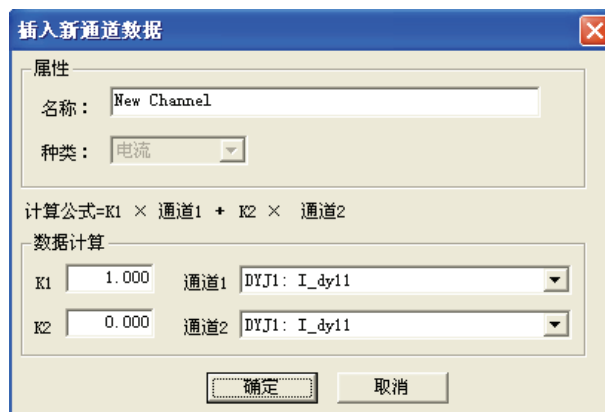


图 3-2-7 波形处理——插入新通道数据

插入新通道数据是利用当前打开的录波文件数据，将若干通道的数据按照计算公式组合为新的输出通道数据；

※注意，这里默认组合的通道为电流通道；如果不使用菜单项“文件—>输出录波文件”

将当前加入新通道后的录波数据保存的话，在打开新的录波文件或关闭程序后新通道数据不会添加到原有录波文件中；

◆ 坐标轴设置

设置图形处理视图中的时标、状态栏、坐标轴的颜色和网格线型。



图 3-2-8 波形处理——坐标轴设置

3、图形操作

- ◆ 放大、缩小、 左移、右移；

- ◆ 还原，点击后图形恢复默认的大小；

- ◆ 放大时标区间

首先设置起始时标按钮和终止时标按钮的位置在希望放大的区间的两端；点击后，图形显示选定区间内的波形；

- ◆ 鼠标放大

点击后，移动到图形区域内的鼠标形状改变为；使用鼠标左键选定一片波形区域，释放左键后，图形显示选定区域对应时间区间内的波形。

4、分析工具

- ◆ 时间信息



图 3-2-9 波形处理——时间信息

指示当前时标 1、2（即起始时标和终止时标）在时间轴上的位置和时间差。

5、触发方式

实现 4 种回放方式：单次触发、连续触发、GPS 分脉冲触发、开入量组合触发。使用快速开入可实现多机开关量触发功能，支持 2 组开关量输入输出，可识别 30-250V 电位接点或空接点。

4.测试流程

4.1 平台搭建

搭建测试平台主要使用的设备包括 PH03 行波测距校验仪，PGPS02 授时设备，测试用笔记本，测试线等。搭建平台如图 4-1-1 所示：



图 4-1-1 试验台搭建

各设备间按照以下步骤连接在一起

- 用网线将笔记本电脑与 PH03 行波测距校验仪连接在一起。
- 用一公一母的串口线将 PGPS02 模块与 PH03 连接在一起（母口接 PH03 后面板的接口，公口接 PGPS02 的 INSTRUMENT 口）。
- 将 GPS 天线蘑菇头安放在室外开阔地段，BNC 头接插在 PGPS02 的天线输入接口。
- 在安全规程的规定下将 CT 二次侧输入到行波测距装置的信号断开。
- 将测试线的红黑插头接在行波测距装置的信号输入端子上（红色端子接信号输入端子的正极，黑色插头接信号输入端子的负极），如图 4-1-2 所示。

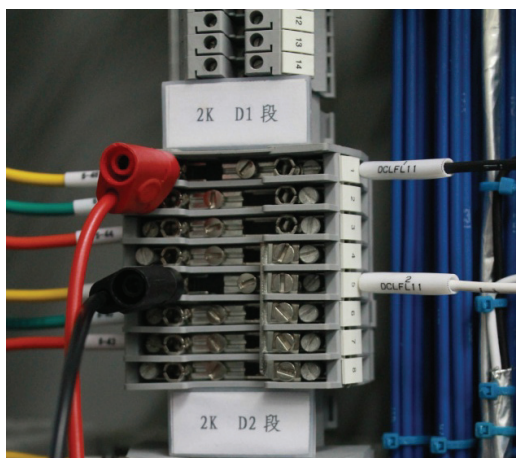



图 4-1-2 测试线连接

- f. 将所有设备的电源接好并打开设备。
- g. 设定 PGPSO2 为 P 系列，等待 5 分钟以后卫星信号稳定即可开始试验。

4.2 测试步骤

现场应用中被测行波测距设备采用双端测距模式，因此以双端测距设备校验流程为例演示实验操作流程。

4.2.1 打开笔记本电脑，设置电脑的 IP 地址为 192.168.1.XXX，XXX 为 0-255 之间的任意值，但不能与行波测距校验仪的 IP 地址一致（校验仪的 IP 默认为 192.168.1.133）。设置电脑的子网掩码为 255.255.255.0。设置完毕后打开行波测距校验仪软件，点击  按钮，如果弹出图 4-2-1 中红色方框内消息，则电脑与校验仪连接正确，否则请重新进行网络设置。

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [版本 5.1.2600]
(C) 版权所有 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\zhaopeilei>ping 192.168.1.133


Pinging 192.168.1.133 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.133: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.133: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.133: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.133: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.133:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Documents and Settings\zhaopeilei>
  
```

图 4-2-1 通讯测试

4.2.2 打开行波测距校验仪应用软件。点击打开波形按钮 。在选择界面点击实验要用的波形文件，点击打开按钮，弹出图 4-2-2 所示界面。

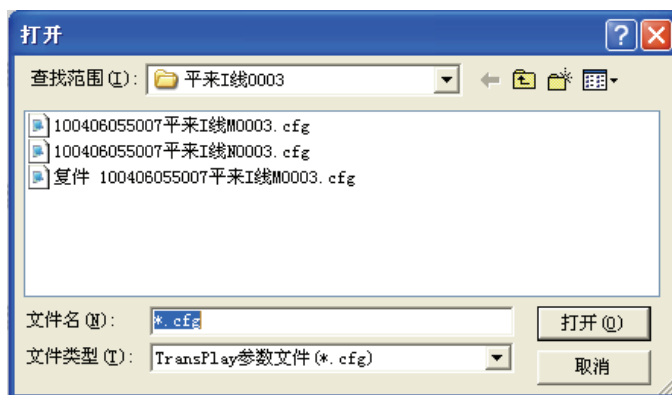


图 4-2-2 打开波形数据

4.2.3 打开波形后点击一下波形处理界面，然后点击菜单栏的“实验”按钮，点击其中的“设置行波波速”按钮。

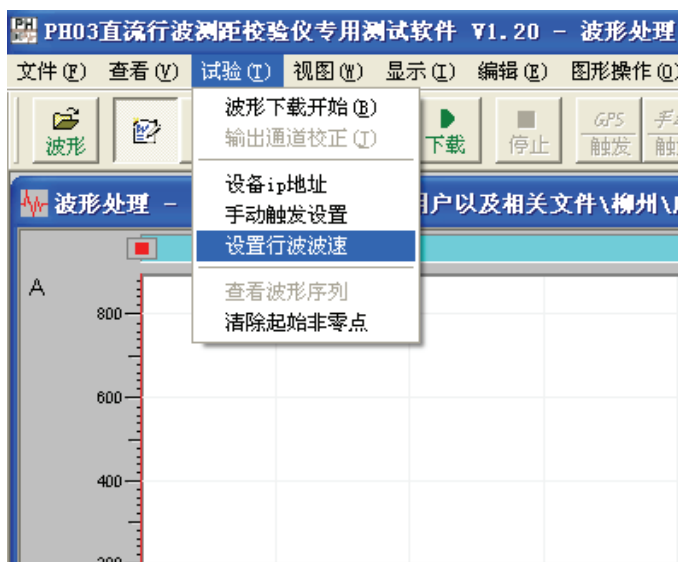


图 4-2-3 设置行波波速

4.2.4 在弹出的对话框中输入被测线路设定的行波波速，点击“确定”按钮。



图 4-2-4 设置波速

4.2.5 点击菜单栏的“实验”按钮，点击其下拉菜单中的“清除起始非零点”按钮。

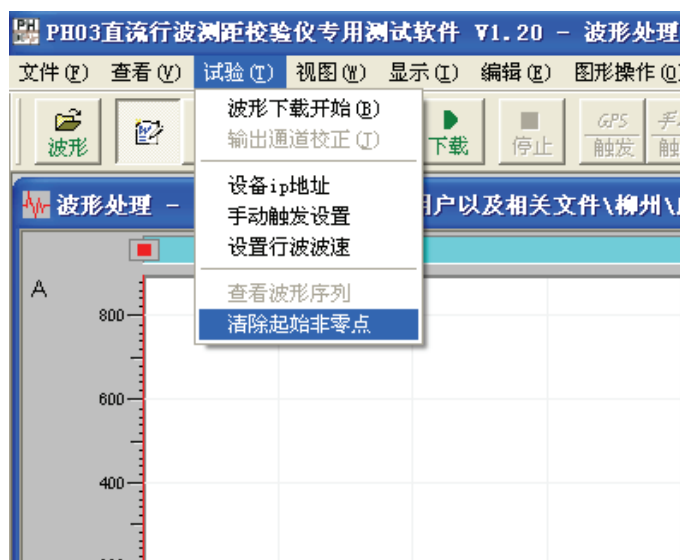




图 4-2-5 清除起始非零点

4.2.6 点击详细视图输出通道的下拉栏，选择 I1, I2, I3 所输出的波形，不输出的通道选择“不使用”。在“比例”栏中输入相应的输出比例，点击回车，则后面显示的输出最大值和最小值按比例相应变化，调节输出比例使得输出的数值满足测量 CT 所输出的幅值范围，在幅值范围内可以调节比例，测量行波测距装置的启动值。



图 4-2-6 输出通道选择

4.2.7 点击“下载”按钮 ，将波形数据下载到校验仪中，等下载对话框结束后点

击 GPS 触发按钮 ，等 GPS 模块输出信号，触发校验仪输出所选择的波形。（注：此步骤需双端约定触发时间如 10:00，则双端都应在 9:59-10:00 的时间段内点击 GPS 触发按钮）

4.2.8 输出完毕后查看行波测距装置是否启动，启动后等待一段时间，等双端通讯完毕后会弹出测距结果，将结果记录下来，与输出波形的故障距离进行对比，即可校验行波测距设备的测距精度。

附录 A 装置可能出现的异常现象

- 打开主机电源，出现故障指示，原因可能是：
 - 主机供电电压可能偏低。用万用表测量供电电压，如果电压小于 170 伏，应设法提高供电电压。
- 打开主机电源，电源指示灯无指示，原因可能是：
 - 电源保险烧断；
 - 220V 电源没接通；
 - 如果能听到风扇转动声音，可能是电源指示灯损坏。

附录 B PGPS02 卫星同步装置简介

1 主要功能

- 为北京博电公司的 P、PW、PM 系列测试装置提供精准的时钟触发信号。
- 定时器功能，可以设置信号触发时间。
- 指示当前的卫星信号的强弱，与当前的定位状态。
- 天线检测功能，可以检测天线连接状态与天线供电状况。
- 检查星历中的跳秒（Leap Seconds）状况以及当前数据的有效性。
- 具有中英文两种界面，以及手动时区调整功能。
- 地理位置坐标显示。
- 16 通道的卫星定位引擎。

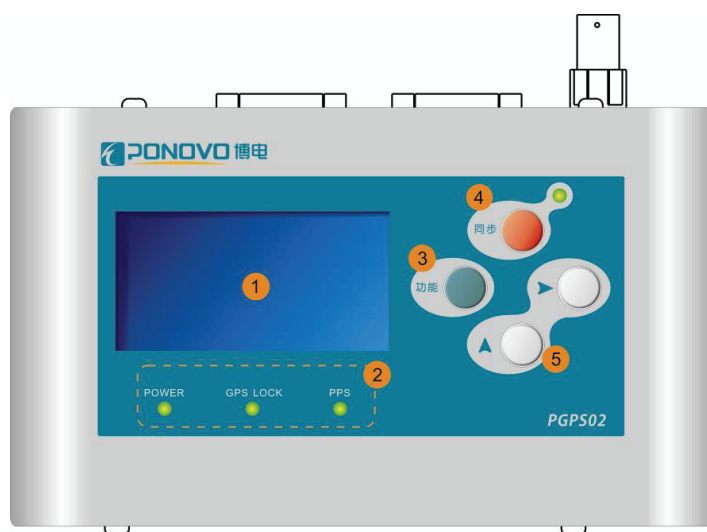
2 性能指标

获得数据时间（卫星信号较好的情况下）			
本地第一次开机	大于 34 秒小于 50 秒		
瞬时断电后重开机	< 5 秒		
位置未变，重开机	5 秒		
位置和时间变化重开机	大于 34 秒小于 50 秒		
时间脉冲信号参数			
脉冲信号输出信号类型	TTL 电平，RS232 电平		
两台设备的同步精度	常规值	< 150ns	最大值 < 1us
输出脉冲极性	正向脉冲，上升沿同步		
脉冲宽度	100ms		
外接电源参数			
外接 DC 适配器电源电压	+6 V~+12 V		
外接 DC 适配器电源功率	2.5 W		
PW 设备提供的电压	+5 V		
环境参数			
运行温度	-20°C ~ +70°C		

储存温度	-30℃ ~ +80℃
常规参数	
重量	640g (仅 PGPS02)
尺寸 (W×H×D)	95mm×45mm×160mm (仅 PGPS02)

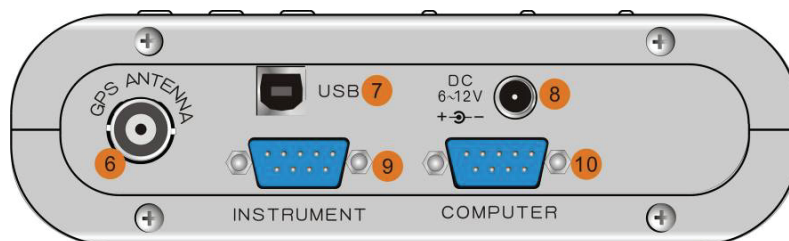
3 面板说明

3.1 前面板



- 1——OLED 显示屏：(Organic Light Emitting Display) 有机发光显示器。
- 2——工作状态指示灯：电源指示灯、GPS 锁定指示灯、秒脉冲指示灯。
- 3——功能按键：可以进行主要操作界面的切换。
- 4——同步按键与指示灯：当同步指示灯亮时，对于 P 系列测试仪，开放分脉冲输出；对于 PW 系列测试仪，进入分脉冲输出等待状态。
- 5——向上与向右按键。

3.2 接口面板



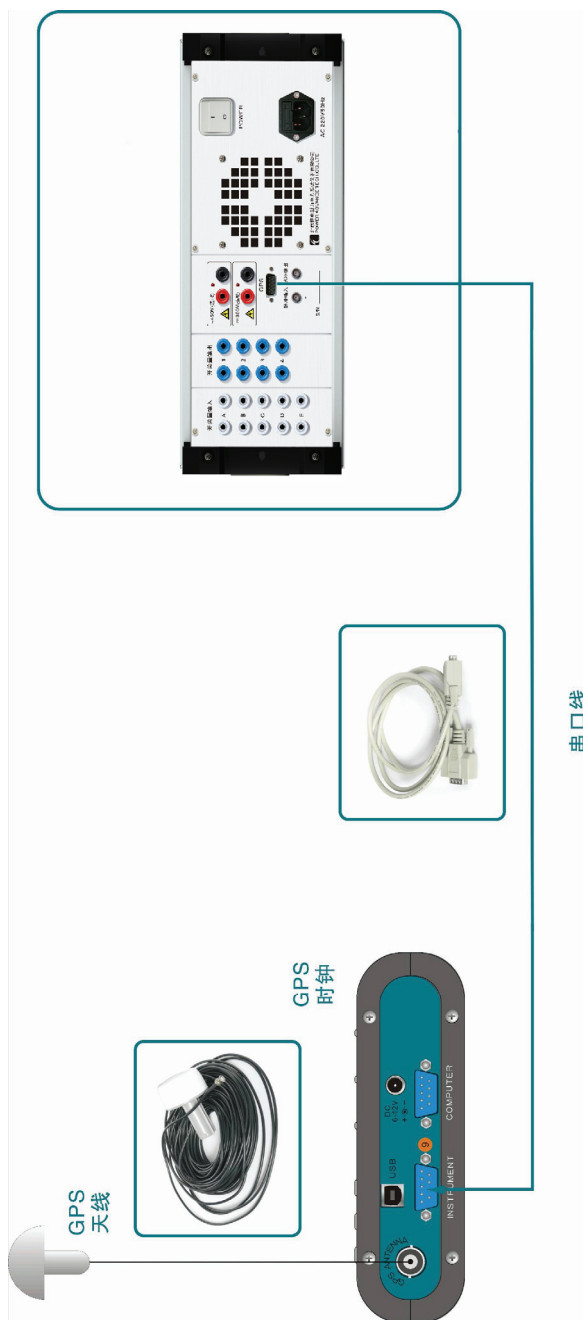
- 6——GPS 天线接口
- 7——USB 连接端口：与电脑连接运行上位机软件
- 8——外部电源接口：与 P 系列连接时需接外部电源
- 9——连接器 INSTRUMENT 为 DB9/F，其引脚定义如下：

管脚	定义	说明
J-1	+5V	+5V 电源输入端
J-2	READY	工作脉冲输出端，输出同步分脉冲(TTL 电平)
J-3	PPS	同步秒脉冲输出端 (TTL 电平)
J-5、J-9	GND	接地端
(其余管脚为空)		

- 10——连接器 COMPUTER 为 DB9/M，其引脚定义如下：

管脚	定义	说明
J-2	READ	串口输入
J-3	WRITE	串口输出
J-5	GND	接地端
J-8	PPS	同步秒脉冲输出端 (RS232 电平)
J-9	PPM	同步分脉冲输出端 (RS232 电平)
(其余管脚为空)		

附录 C 与 PGPS02 接线图



*DC 电源接口可以在设备为 PGPS02 供电失败的情况下，提供备用电源。

产品规格可能随时更改，恕不另行通知

校对:赵培雷 排版: 刘海英

欲了解产品详情，敬请致电博电总部或各地派出机构 24小时技术服务热线: **400-680-0650**
北京博电新力电气股份有限公司 电话: 010-58731010 传真: 010-58731816
地址: 北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦C座 100098 国际部电话: 010-82755151-8020

内蒙古东、辽宁: 024-31314420/31328422	浙江、福建: 0571-88867519/0591-62700989
广东、海南: 020-38477905/7099	江苏、安徽: 025-83344652/4653
西藏、四川、云南: 028-85257761/6057	重庆: 023-68625013
贵州、广西: 0771-5618014	山东: 0531-87923775
湖南、湖北、江西: 027-59521918/1919	黑龙江、吉林: 0451-87535873
河北南、河南、山西: 0371-67170077/0078	新疆: 0991-6871822
内蒙古西、陕西、甘肃、宁夏、青海: 029-87662920	北京、天津、河北北: 010-83168518
上海: 021-62036771	南京技术服务部: 025-83344652/4653

<http://www.ponovo.cn>



2014-1 月 V2.0 第 1 次印刷