



中电众益

GER-10 探地雷达

用户手册

青岛中电众益智能科技发展有限公司

V1.0

本手册的信息受到版权保护，本手册的任何部分未经书面许可，不得以任何方式影印或复印。本手册的内容如有变动，恕不另行通知。本公司对本手册负有说明和解释的权利和义务，并提供相应的技术支持，但对于因用户误解而造成的损失恕不负责。

本手册提及的其它产品和公司名称均可能是各自所有者的商标。

目录

第一章 简介.....	1
1.1 打开主机包装箱.....	1
1.2 简述	1
主机顶部.....	2
主机右侧.....	3
主机正面.....	4
1.3 注意事项.....	6
第二章 硬件连接和系统功能介绍.....	8
2.1 硬件连接.....	8
天线与 GER-10 主机连接	8
2.2 主界面.....	9
参数调节窗口.....	10
2.3 二维图像显示窗口.....	28
2.4 单道波形显示窗口.....	28
状态栏.....	29
2.5 GPS 功能	30
第三章 数据采集、数据回放、数据传输和清除.....	32
3.1 数据采集.....	32
距离模式的数据采集.....	32
时间模式的数据采集.....	33
点测模式的数据采集.....	34
3.2 数据回放.....	34
3.3 数据传输和清除.....	35
附录 A	I
附录 B	II
附录 C	III
附录 D	IV
附录 E	V

第一章 简介

1.1 打开主机包装箱

感谢您购买 GER-10 探地雷达(以下简称 GER-10)。在您接收到设备后,请按照主机箱中的设备订购清单检查您收到的设备,如果有丢失和损坏的,请立即通过电话或传真联系您的销售代表。

GER-10 探地雷达系统包含:

- (1) 数字控制单元 GER-10 主机 1 台
- (2) 防护箱 1 个
- (3) 电池 2 块
- (4) 充电器 1 个
- (5) 用户手册 1 本
- (6) GER2 后处理软件 1 套
- (7) U 盘 1 个(内含电子版用户手册和后处理软件)

天线、电缆及其他配件按需订购。



图 1 GER-10 主机及相关配件

1.2 简述

GER-10 是一款便携式探地雷达系统。该系统兼容 GER 系列的所有天线,广泛应用于交通、市政、水利、考古和军事等领域。GER-10 主机由下列单元组成:

面板键盘、10.4 英寸 1024×768 像素分辨率 LED 显示屏、USB3.0 端口、串行端口 I/O、主控端口和电池仓。

电池仓置于主机的右下方，如图 2 所示锁闭电池仓盖时顺时针旋转锁销，便可锁紧电池仓盖，打开电池仓时，首先逆时针旋转锁销，锁销松脱后就可以拉开电池仓盖。



图 2 GER-10 电池仓盖和锁销

电池仓内放置了一块 11.1V 锂离子电池。在充满电的情况下该电池可以工作三个小时左右。电池充电器可以对 2 块电池进行充电。电池充电的时间大约二个半到三个小时。

注意：在使用过程中一定要确保右侧电池仓盖关闭锁紧，以免污垢和水进入主机内部。

主机顶部

GER-10 主机顶部有三个连接端口。如图 3 所示从左到右依次是：(1) USB3.0 端口；(2) 串口（R232）；(3) 主控端口（8 芯母头）；



图 3 GER-10 主机顶部图

主控端口

该端口输入和输出雷达控制信号和回波信号。主控电缆的插头（公）与 GER-10 的主控端口（母）连接，电缆的插头（母）与天线主控端口（公）连接。

串口（R232）

这是一个标准的串口，可以连接 GPS 设备。

USB3.0 端口

这个接口是用于连接 USB 外设，比如鼠标、键盘、储存设备。GER-10 的内部存储空间为 128G。

主机右侧

电池仓

电池仓内设置有一个活动的卡片，电池推入时卡住电池，向上掰开卡片电池自动弹出。



图 4 电池仓内的卡片

主机正面

面板键盘

GER-10 的面板键盘是由 10 带有指示灯的功能键组成，雷达参数调节、实时处理、数据传输和存储等所有功能均由该 10 个功能键完成。



图 5 GER-10 正面图

电源键

电源键控制 GER-10 的开关机。装入电池后长按电源键 4 秒便可打开主机，主机开机后所有的键位指示灯点亮，主机进入主界面。其中电源指示灯为蓝色，其余的指示灯为白色，长按电源键 4 秒即可关闭主机，主机关闭后所有键位指示灯熄灭。

方向键

这组功能键在电源键的下方，由上键、下键、左键、右键和确定键五个键组成，可以实现菜单间的切换，选择和确定。

- (1) 菜单间的切换使用上、下键；
- (2) 中央的确定键可实现选中功能的开启和关闭；
- (3) 在采集数据过程中，中央的确定键可以对当前屏幕截图；
- (4) 更改设置可以使用上、下、左、右键来实现，更改设置后再次按下中央确定键来锁定更改选项。
- (5) 左右键可以切换设置所选数值的数量级，调整时窗时左键为个位，右键为十位，调整信号位置的时左键为小数位，右键为个位。
- (6) 右键可以打开第二级菜单

上档键/标记键

该复用键位于方向键的下方，实现上档键和标记键的功能；

- (1) 在调整参数和传输数据界面下，该功能键实现上档键（TAB）的功能。
- (2) 在数据保存界面下，该功能键为标记键，用户可以按照设定好的水平位置或已知异常目标的位置在数据的水平位置上打标记，如桩号，管线等，以便于后期数据的分析和异常目标的查找。
- (3) 在点测模式下，该功能键为点测命令键，按一下该键将采集一道当前数据。

保存键

该功能键位于上档键/标记键的下方，能够实现数据保存功能。按下该键，数据开始保存，长按该功能键 3 秒数据结束保存。

暂停键

该功能键位于保存键的下方，实现暂停和取消暂停功能。

- (1) 在数据保存过程中，按下暂停键可暂停数据采集，再按下该功能键则继续数据采集。
- (2) 在数据回放过程中，按下暂停键可暂停数据回放，再按下该功能键则继续数据回放。

回放键

该功能键位于暂停键的下方，实现数据回放功能。按下该键进入数据回放界面，使用方向键选择和确定所需的文件，数据回放过程中可以使用上下键调节播放速度，左右键调节数据滚动方向，具体操作请参考 3.2 数据回放章节，数据播放结束后按下该功能键退出数据回放界面。

1.3 注意事项

(1) 显示屏

请勿用酒精擦拭屏幕，否则可能损坏屏幕。建议用户用软布蘸取常温水或者清洁剂（或其他的氨化合物清洁剂）擦拭屏幕。

(2) 请勿带电安装或拆卸天线

建议用户在主机关机状态下连接天线，否则可能损坏主机。

(3) 环境适应能力

主机工作过程中将所有接口盖好，其防护等级为 IP65。如果主机受潮或进水，请立即关闭主机，打开主机所有接口盖，并将其放置在温暖干燥通风的环境

12 小时以上，并返厂维修，用户不得私自拆卸主机。

(4) USB 端口

USB 端口主要用于数据的传输，USB 端口不得和电脑连接。

(5) 电池

GER-10 使用的电池为 NL2024 型锂电池，在使用过程中电池严禁放电至 0%，电池低电量或是报警低电时，需马上充电，电池充满电后请将电池从充电器中拔出，防止电池过充。电池不使用时，需要充满电存放，每三个月对电池补充一次电。充电器说明书见附录 E

第二章 硬件连接和系统功能介绍

在第二章中将会介绍所有的硬件连接和在数据采集过程中不同菜单和功能键的使用。

2.1 硬件连接

GER-10 探地雷达的连接非常的简单这里以 900MHz 天线、主控电缆、测量轮和天线连接为例，步骤如下：

天线与 GER-10 主机连接

按照图 7 所示将主控电缆的公头端与主机的主控端口连接，再将主控电缆的母头与天线的主控端口连接，测距轮用机箱内的内六角扳手安装在 900MHz 天线的后端，然后将测距轮插头与天线的测距仪端口连接。



图 6 主控电缆插头示意图



图 7 GER-10 硬件系统连接图

2.2 主界面

开机后系统直接进入主界面。主界面由四个窗口组成分别为：参数调节窗口、二维图像显示窗口、单道波形显示窗口和状态栏。

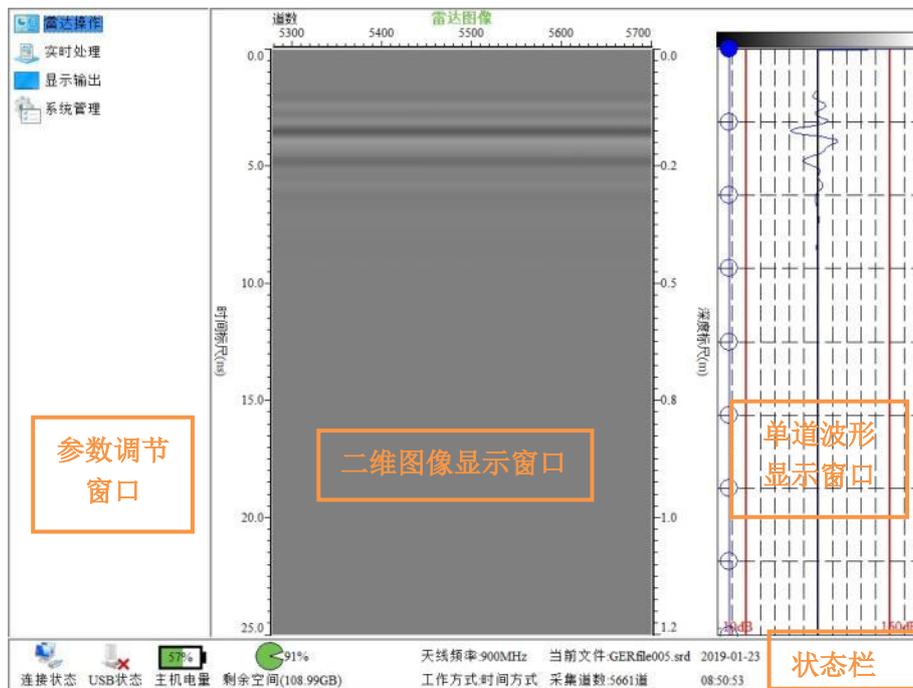


图 8 GER-10 系统主界面

天线接入后，系统自动识别天线类型并设置该天线的参数。该参数为经验参数能够满足大多数情况的探测需求，不同类型天线预设的参数见附录 A，如果默认参数无法满足用户的当前需要，可以对参数进行自定义调节，具体调节方式请参考以下章节。

参数调节窗口

参数调节窗口位于主界面的左侧，由雷达操作菜单、实时处理菜单、显示输出和系统管理菜单组成。

雷达操作菜单

雷达操作菜单由 14 个子菜单组成：开启雷达、采集模式、采样点数、时窗设置、深度范围、扫描速度、信号位置、介电常数、土壤类型、增益方式、标定测距轮、默认参数、保存参数、加载参数。

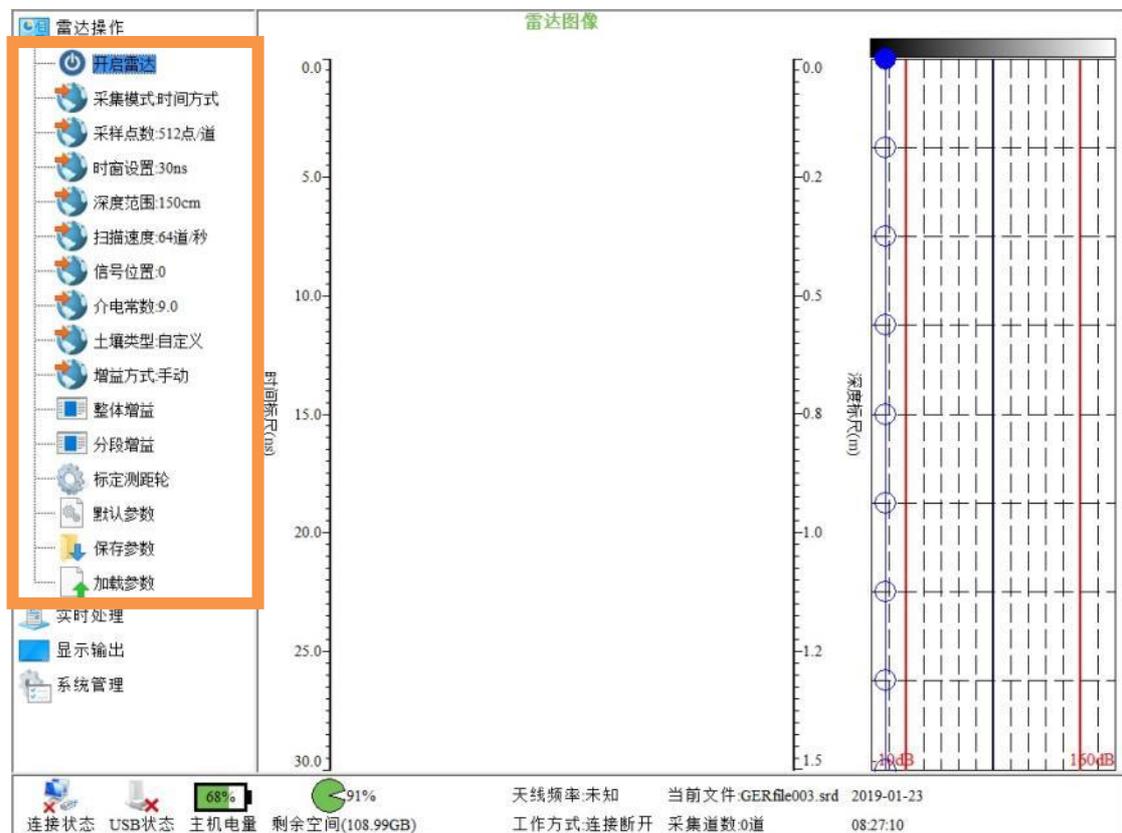


图 9 雷达操作菜单

开启雷达

控制 GER-10 探地雷达系统的开启和关闭。主机与天线连接后将自动开启雷达。

采集模式

采集模式有三种模式可以选择分别是：时间模式、距离模式、点测模式。

- (1) **时间模式：**雷达按照相等的时间间隔采集数据，调整雷达参数中扫描速度可以改变时间间隔，如扫描速度选择 64 道/秒，意味雷达 1 秒钟等时间间隔的采集 64 道数据。
- (2) **距离模式：**雷达按照相等的距离间隔采集雷达数据，该模式下天线需要安装测量轮。选择该模式时，如图 10 所示在菜单下方出现标记扩展选项和道间距离选项，调整标记扩展的数值系统会自动给出道间距离，用户可以按照探测需要自定义设置标记扩展。选择该模式后雷达的采集模式仍为时间模式，只有开始保存数据时该模式被激活启动。标定测量轮请参考 2.2 节中的标定测距轮。
- (3) **点测模式：**在地形条件差不适合连续测量和探测深度较深的情况下采用点测模式。选择该模式时如图 11 所示菜单下方出现叠加次数选项，该选项是对当前数据进行叠加来提高信噪比从而增加探测深度，用户可以按照探测需要自定义设置叠加次数。选择该模式后雷达的采集模式仍为时间模式，只有开始保存数据时该模式被激活启动，在数据保存界面下，用户每按一下标记键，雷达将记录一道数据。

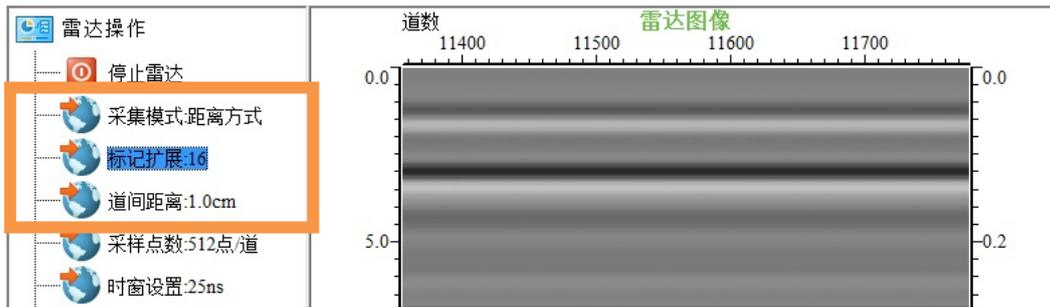


图 10 距离模式的子菜单

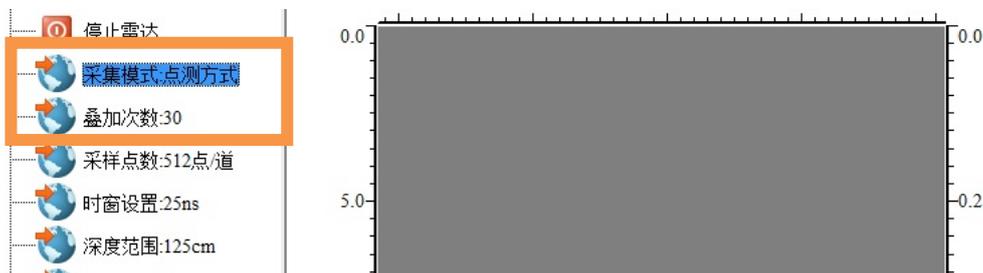


图 11 点测模式的子菜单

采样点数

指单道波形上的数模转换器的采集点的数量。采样点越大，波形越光滑平整，信号信噪比越高，数据量越大，可选的最大扫描速度越小

用户可以从选项列表中选择 256，512，1024，2048，4096，8192，采样点越大，波形越光滑平整，数据量越大。

设置 512 或 1024 的采样点数可以满足大多数情况下的探测需要，该参数的设置准则为采样点数大于 8 倍时窗与天线中心频率的乘积。

时窗设置

时窗单位是纳秒（ns），是雷达系统记录电磁波双程走时的时间长度，时窗越大对应的探测深度越深。

(1) 时窗是记录电磁波的双程旅行时间，50ns 意味着深度上的单程时间是 25ns。

(2) 设置较大的时窗值时需要增加采样点数，设置准则参照 2.2 采样点数章节。

(3) 调整该参数时，选中该菜单后，按确定键进入菜单，使用上、下键增加和减小时窗的数值，如果用户需要调整到较大的数值，可以使用右键将数值调整位切换至十位，再使用上、下键调整数值大小，需要微调时，再按左键将数值调整位切换回到个位，再使用上、下键调整至用户所需的数值。

(4) 不同天线的推荐的时窗值请参考附件 B。

深度范围

二维雷达图像窗口的深度显示范围，该范围与时间窗和介电常数相关，对应关系如下：

$$D = \frac{Wc}{2\sqrt{\epsilon}} \dots\dots\dots (1)$$

D 为深度范围，W 为时窗，c 为电磁波在空气中的传播速度 (3×10^8 m/s)， ϵ 为介质的相对介电常数；

扫描速度

系统每秒采集的数据道数，用户可以从选项列表中选择 32，64，128，256，512，降低扫描速度可以提高系统的信噪比。当选择距离模式采集数据时，扫描速度自动设置在当前采样点数下的最高扫描速度。例如主机连接 400MHz 天线，采样点数设置为 512 点，则扫描速度自动选择为 512 道/秒，测距轮的间隔设置为 2cm，那么该参数下雷达的最大工作速度为 512 道/秒 \times 0.02 米 \times 3600 秒 = 36.864 千米/小时，如果天线的移动速度超过该速度时采集数据的水平距离的误差将增大，所以 GER-10 设置了超速报警功能，如图 12 所示当弹出报警界面时，用户应降低天线的移动速度来保证数据水平距离信息的准确性。

该参数与采用点数是相关联的，设置的采样点数越大，可选择的最大扫描速度越小，信噪比越高，反之亦然。

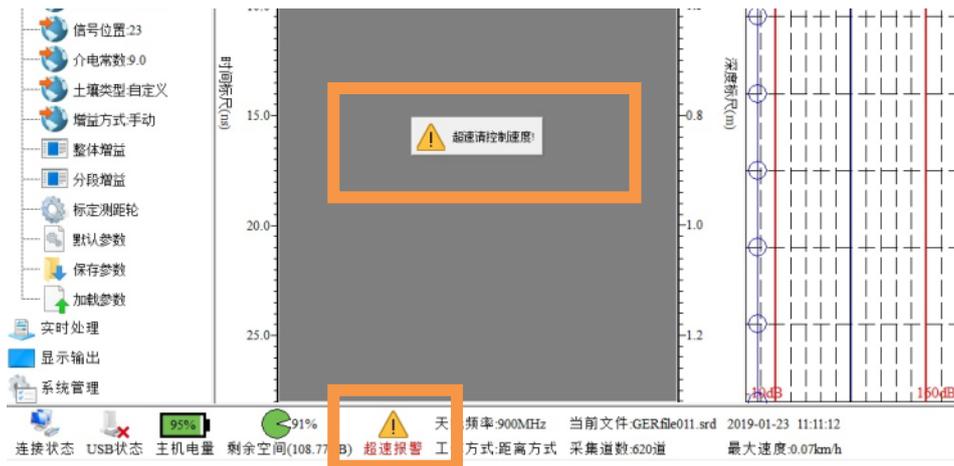


图 12 超速报警提示

信号位置

该参数是设置雷达回波在时窗中的位置，通常是将雷达回波中的直耦波放置在时窗中零点的下方 1-5ns 左右。天线与主机连接后，系统会自动设置该参数，设置好的参数能够满足大多数的探测需要。

- (1) 使用上下键增加和减小信号位置的数值，上键调整雷达回波向时窗的上方移动，下键调整雷达回波向时窗的下方移动。
- (2) 微调该数值时，使用左右键可以切换数值的调整位，右键切换至个位，左键切换至小数位，具体调整与 2.2 时窗调整的方法相似。

介电常数

介电常数决定了电磁波在介质中的传播速度。

- (1) 输入当前介质的介电常数，二维剖面数据的右侧可以显示出对应的探测深度。
- (2) 介电常数范围 1-81。
- (3) 介电常数越大电磁波在介质中传播速度越慢，例如在空气中电磁波的传播速度为 0.3m/ns，电磁波双程旅行时间为 2ns，竖直坐标方向传播距离为 0.3m。当介电常数为 9 时，竖直坐标方向传播距离为 0.1m。
- (4) 水可以提高介质的介电常数，测量过程中应尽量避富含水的区域。

常见介质材料的介电常数请参考表格附件 C。

土壤类型

该参数提供了几种常用的介质供用户选择，用户选择了其中一种类型后，系统会自动设置相对介电常数和参考探测深度，表 1 是系统中设置的几种常用介质的相对介电常数。

表 1 几种常用介质的介电常数

材料名称	相对介电常数
纯净水	81
湿砂	20
干砂	4
干土	9
湿土	20
岩石	8
路面	6
雪/冰	3

增益类型

电磁波在介质传播过程中，能量会随着深度的增加而减弱，这就需要对电磁波进行增益补偿，GER-10 的增益补偿类型有手动增益和自动增益两种类型。

- (1) **手动增益：**用户使用手动增益补偿信号时，将选择整体增益和分段增益功能选项，根据自己的使用习惯自定义对增益进行调节。
- (2) **自动增益：**系统自动对当前道的数据进行增益补偿。

整体增益

在整个时窗内以相同的增益值进行能量补偿，用户使用确定键选中菜单再使用左右键减小和增大增益值，整体增益补偿时，蓝色的增益曲线为直线，增益点右侧显示增益值，建议用户增益补偿后的最大幅度不要超过红色的警示线。

分段增益

在时窗内以分段增益值进行能量补偿，如图 13 所示 GER-10 提供了 9 个增益点的分段增益，用户可以按照探测需求设置分段增益值，用户使用确定键选中菜单，再使用上下键选择增益点，然后使用左右键减小和增大被选中增益点的增益值，分段增益补偿时，蓝色的增益曲线为斜线，通常情况是增益曲线越向下增益值越大，建议用户增益补偿后的最大幅度不要超过红色的警示线。

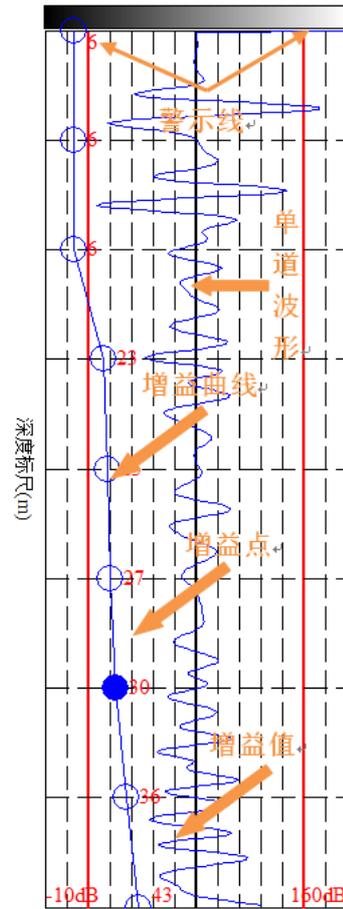


图 13 单道波形显示窗口

标定测距轮

安装有测距轮的天线与 GER-10 主机连接时，主机自动识别天线和测距轮并自动设置一个经验参数，当测距轮磨损或使用汽车轮作为测距轮时需要标定测距轮，下文以 900MHz 天线连接 W300 测距轮为例给出标定步骤如下：

- (1) 选择标定测距轮，默认的校准距离为 10 米，校准距离用户可以自定义，校准距离越长越准确。如图 14 所示，在这里自定义调整到 1 米。
- (2) 在平坦的地面上设置起始位置和结束位置，起始位置和结束位置的直线距离与选择的校准距离一致。这里设置的距离是 1 米。
- (3) 将天线放置在起始位置，如图 14-1 所示按下开始标定按钮，沿着直线匀速移动天线。
- (4) 天线到达结束位置时，如图 14-2 所示系统给出总的采集道的数量，这时按下确定键选择结束标定，如图 14-3 所示系统给出标定后的道间距离。

表 2 是不同类型 GER-10 配套测距轮的出厂设置。

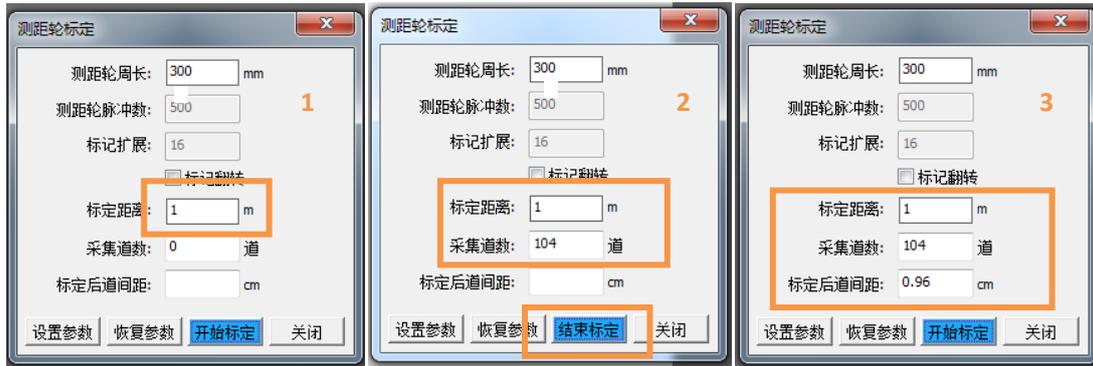


图 14 标定测距轮界面

使用汽车的轮子作为测距轮时，使用上文介绍的方法标定起来比较麻烦，可操作性差，这时可以使用设置测距轮周长的方式快速设置测距轮，但是这种方法与上文的方法相比误差较大。具体设置流程如下：

- (1) 使用上下键选择测距轮周长选项，按下确定键选中该菜单，选中后该菜单的数值变为红色，在使用上下键调节该数值至实际的轮周长，在调整过程中可以使用左右键转换调整值得数位，右键为十位，左键为个位。
- (2) 测距轮周长调整后，使用上下键选择设置参数选项，按下确定键选定该菜单，系统将自动计算出道间距并设置到系统中。
- (3) 选中恢复参数后，系统将恢复测距轮的出厂设置。
- (4) 标记翻转功能，在车载系统中系统默认测距轮是安装在汽车的左轮位置，但是在有些特殊情况下，测距轮被安装在右轮，这时需要选择标记翻转选项，以保证汽车前进时为采集数据模式，后退时为数据回退定位模式。



图 15 设置轮子周长界面

表 2 两种型号测距轮的参数

测距轮型号	出厂设置	匹配天线
<p>W450</p> 	<p>周长：450mm 脉冲数：500</p>	<p>100MHz 200MHz 400MHz</p>
<p>W300</p> 	<p>周长：300mm 脉冲数：500</p>	<p>900MHz</p>

默认参数

雷达系统参数恢复到出厂设置，出厂设置参数见附录 A。

保存参数

用户自定义对雷达参数进行调整，如果该参数非常适合当前的探测需求，可以保存该参数设置并对其命名，以后遇到类似的探测工程，可直接加载该参数设置以达到最佳探测效果。

加载参数

如上文所述，当遇到与先前类似的探测工程可加载先前保存的该类型参数，以满足当前探测的需要。

实时处理

如图 16 所示，实时处理菜单由校准零偏、FIR 滤波、IIR 滤波、道间平均、背景消除、数据叠加 6 个子菜单组成。该功能只是对当前显示的数据进行实时处理来凸显图像特征，并在保存数据时生成一个现场参数，而保存的数据是未加任何处理的原始数据，用户使用 GER2 软件对数据进行处时可以将现场参数加载到数据中。

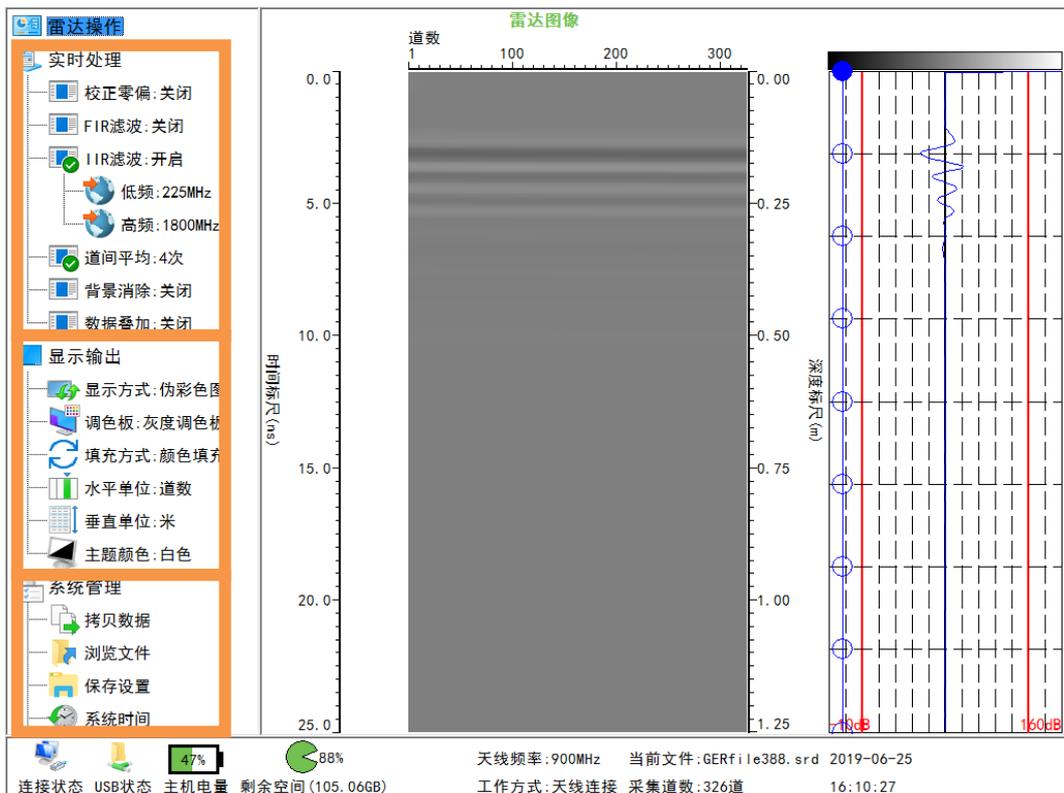


图 16 参数调节窗口的子菜单

校正零偏

校正零偏又叫解振荡滤波，该处理的目的是消除信号中的直流成分或直流偏移以及随后产生的延迟振荡或低频信号拖尾。如果不进行该处理对雷达回波信号进行增益补偿，雷达回波的幅度将朝一个方向超限饱和，二维图像就会出现严重的偏色。校正零偏功能可以去除这个直流电平，将雷达回波拉至中线（零基准线）。用户可以使用确定键开启和关闭该处理选项。图 17 和图 18 为处理前后单道波形

和二维剖面的对比。

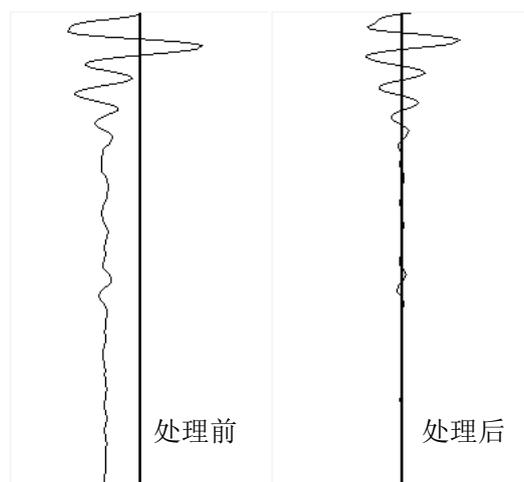


图 17 校正零偏后单道回波的对比

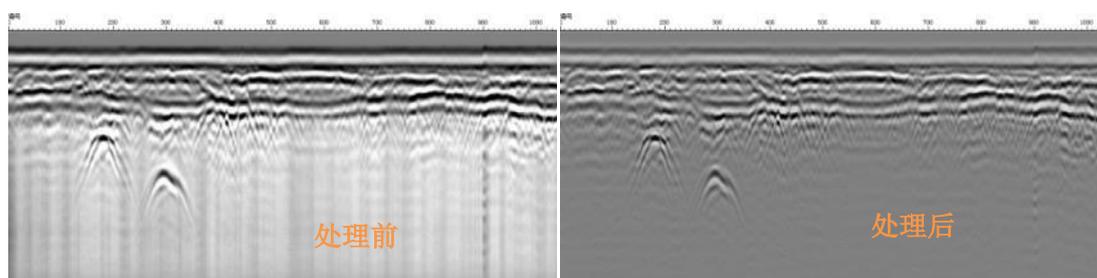


图 18 校正零偏后二维剖面的对比

FIR 滤波

滤波器可以实现消除干扰信号，不同天线对应着不同的滤波器。FIR 具有有限脉冲响应，经过 FIR 滤波后的信号与原信号的相位特征完全一致，没有相移。GER-10 为用户设定了一个较为合适的滤波参数，该参数能够满足大多数探测需要，用户可以使用确定键开启和关闭该处理选项。表 3 为几种 GER-10 天线的默认滤波参数。图 19 是 FIR 滤波的前和 FIR 滤波后的数据对比。

表 3 几种 GER-10 天线的默认滤波参数

天线频率	滤波方式	滤波范围
35MHz	FIR 带通滤波	1MHz~110MHz
70MHz	FIR 带通滤波	1MHz~210MHz
100MHz	FIR 带通滤波	25MHz~200MHz
200MHz	FIR 带通滤波	50MHz~400MHz
400MHz	FIR 带通滤波	100MHz~800MHz
900MHz	FIR 带通滤波	225MHz~1800MHz
1600MHz	FIR 带通滤波	400MHz~3200MHz
2000MHz	FIR 带通滤波	500MHz~4000MHz

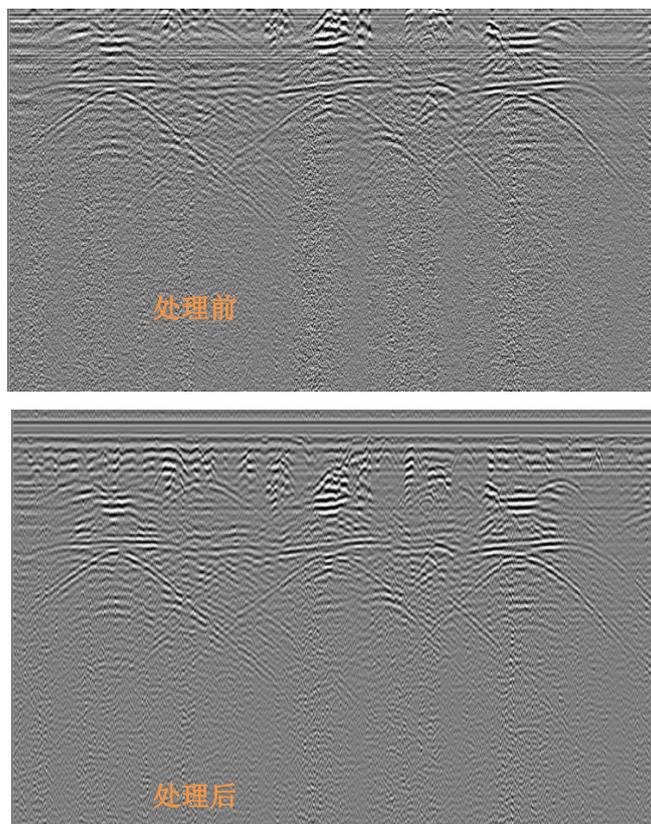


图 19 FIR 滤波后二维剖面的对比

IIR 滤波

IIR 滤波器也叫做无限响应滤波器，它可以去掉干扰但会改变信号的形状。

虽然输出信号和原始信号没有较好的相位一致性，但是输出信号的振幅特征保持的非常好。该滤波器的范围 1MHz~5000MHz。

低频：为滤波器的低截止频率，低于该截止频率的信号将被去除掉，一般该值设为四分子一中心频率。

高频：为滤波器的高截止频率，高于该截止频率的信号将被去除掉，一般设为 2-3 倍的中心频率。

道间平均

道间平均是以滑动窗的方式对雷达数据进行平均，从而提高信号的信噪比，该处理的优点是处理速度快，不会降低扫描速度，多用于高速公路沥青层检测等快速作业的工程。选择该选项时会弹出数值选项（滑动窗长度），用户可以通过上下键来增加和减小该数值。

背景消除

某些情况下二维剖面中出现水平直线异常，这个异常可能来自地下真正的层位反射，但更可能是低频噪音或者天线振铃。背景消除的作用是去二维剖面中的这些水平异常的干扰。用户可以使用确定键开启和关闭该处理选项。图 20 是背景消除前和背景消除后的数据对比。

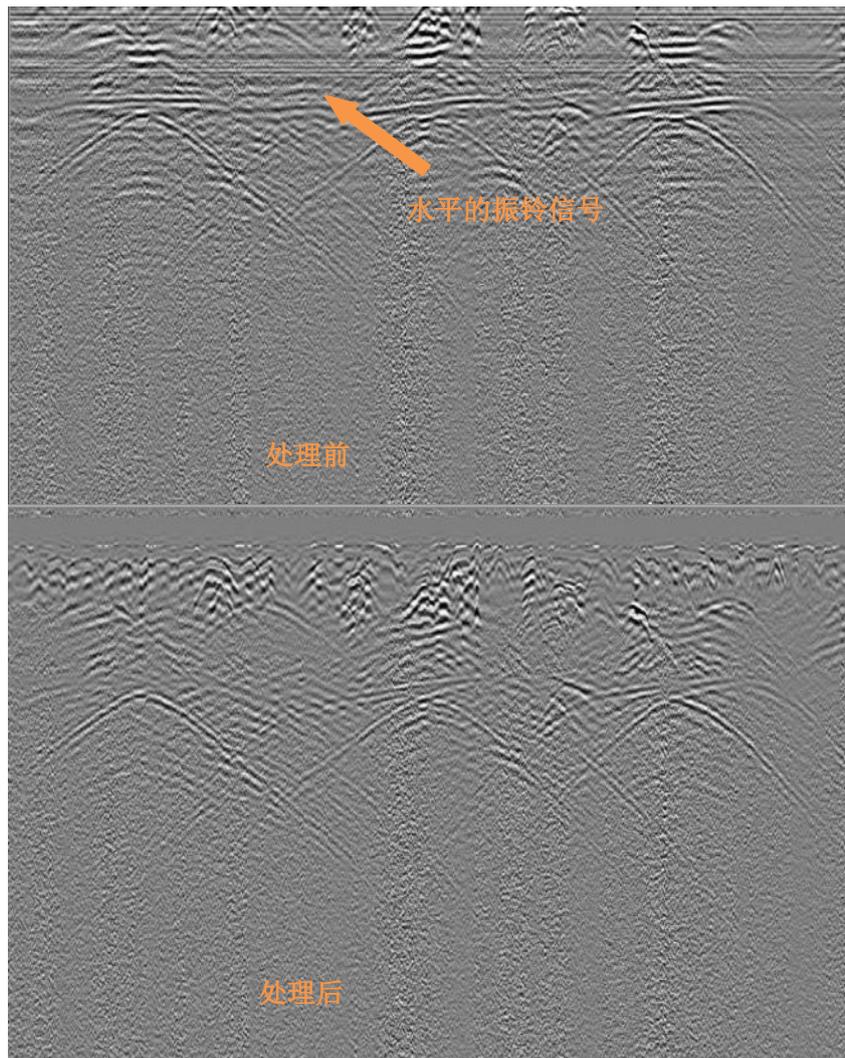


图 20 背景消除后二维剖面的对比

数据叠加

雷达采集一定数量的数据后进行叠加，然后取平均值得到一道数据。这样可以减少高频和随机噪音的干扰。该处理主要用于点测模式等作业速度慢，探测深度深的探测工程。选择该选项时会弹出数值选项（叠加次数），用户可以通过上下键来增加和减小该数值。

显示输出

如图 16 所示显示输出菜单由显示方式、调色板、填充方式、水平单位和垂直单位 6 个子菜单组成

显示方式

该显示方式包含 2 种显示方式：

- (1) 伪彩色图，最为常用的显示方式，适用于大多数检测工程。
- (2) 堆积波形，主要用于点测模式。

调色板

GER-10 有 5 种调色板可选分别为：灰度、白灰橘红、黄灰蓝、紫灰蓝和蓝红调。用户可以按照自己的使用习惯选择调色板。主机默认选择灰度调色板。

填充方式

该选项对应的是堆积波形显示方式，用户有正向填充和彩色填充可选，系统默认为正向填充，用户可以按照自己使用习惯设置。

水平单位

该功能是切换二维剖面图的水平坐标的单位，用户可选择记录道的数量和水平距离。用户选择时间模式时，二维数据显示窗口顶部的水平向的单位切换至记录道的数量；用户选择距离模式时，二维数据显示窗口顶部的水平向的单位切换至水平距离。

垂直单位

该功能是切换二维剖面图的垂直坐标的单位，用户可选择双程走时和探测深度。

系统管理

如图 16 所示系统管理菜单由拷贝数据、浏览文件、保存设置、系统时间和软件升级 5 个子菜单组成。

拷贝数据

该功能是将主机内所有的文件拷贝到 U 盘中。执行该功能时存储数据的 U 盘应有足够的存储空间。

浏览文件

该功能是查看主机中存储的文件，可实现文件的移动、复制和删除。用户按确定键进入浏览文件界面如图 21 所示，使用上下键选择所需的文件，再用确定键选中文件，也可以通过全选功能选中全部文件，文件被选中后文件前出现对勾图标，然后使用左右键选择复制到 USB、移动到 USB、删除，再按确定键完成上述功能。

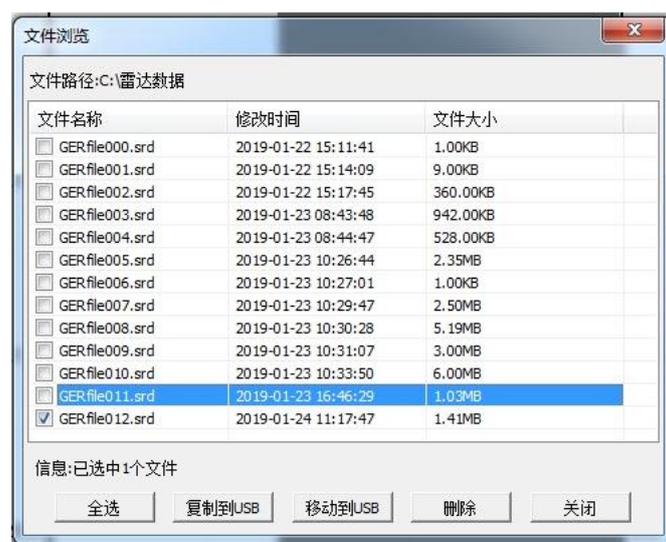


图 21 浏览文件窗口

保存设置

设定保存数据文件名的形式，用户可选择默认文件名和自定义文件名。

- (1) 默认文件名: GER-10 默认的文件名为 GERfileXXX, XXX 为数字, 系统按保存顺序依次生成 001,002,003....., 当这个编号数值超过 999 时将重新生成 001,002,003.....文件, 并覆盖原有

001,002,003.....文件，所以用户应定期清理和备份内存中文件，以免数据丢失。

- (2) 自定义文件名：如图 22 所示用户选择该选项后，保存数据时会弹出文件名编辑窗口和软键盘，使用上下键和确定键编辑所需的文件名。

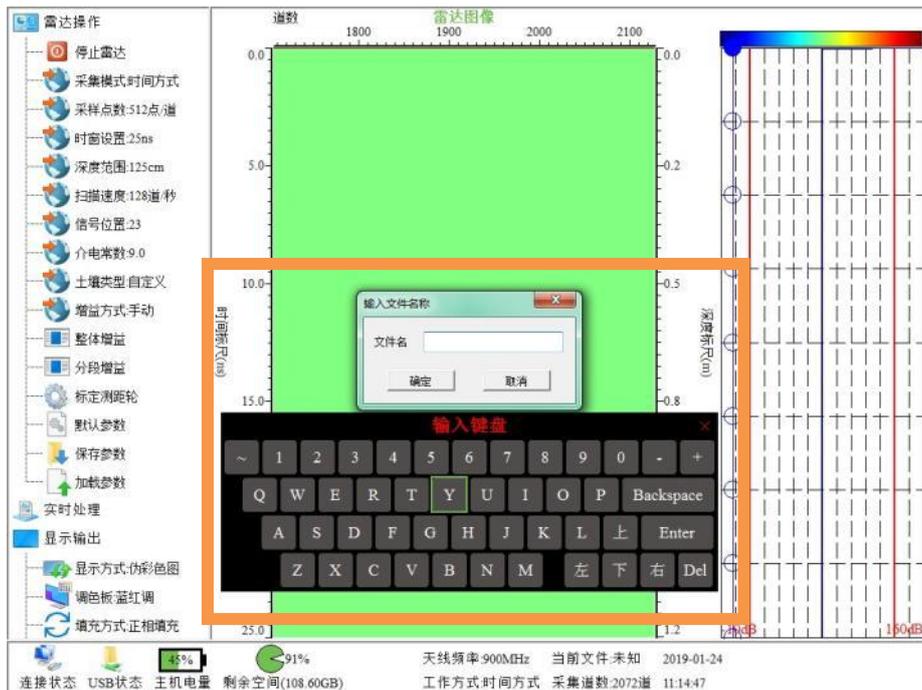


图 22 自定义文件名

系统时间

设定系统时间，按确认键进入如图 23 的设定系统时间界面，然后使用上下左右键选择调整项，再使用确认键进入调整数值状态，该状态下数值为红色，通过上下键对数值进行调整，调整结束后使用确认键确认。

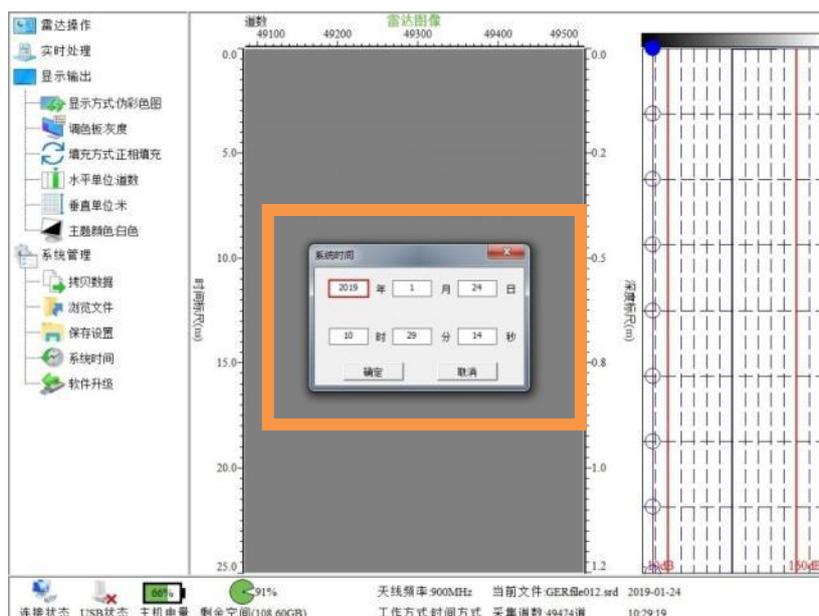


图 23 系统时间设置界面

软件升级

厂商会定期对 GER-10 的采集软件进行升级，GER-10 的采集软件升级非常简单，操作步骤如下：

- (1) 首先将厂商提供的软件升级压缩包解压，解压后的文件夹名称为 GERsoft，然后将整个文件夹复制到 U 盘中，再将 U 盘与主机连接。
- (2) 在系统管理菜单中选择软件升级选项如图 24-1，使用确认键确认系统升级。系统升级时间非常快，软件升级结束后，如图 24-2 所示系统自动退出主界面并提示设备重新启动，重新启动设备后，软件升级成功。

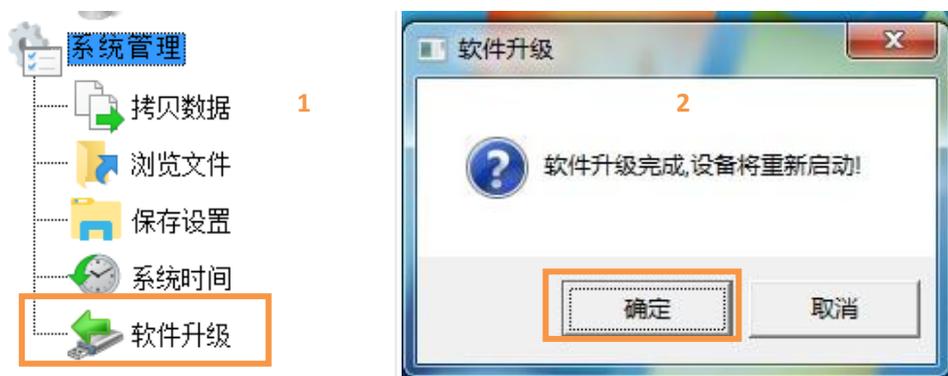


图 24 软件升级窗口

2.3 二维图像显示窗口

如图 25 所示，二维图像显示窗口的左侧为时间标尺与时窗相对应，右侧为深度标尺与深度范围相对应，顶部在时间模式下为记录道的数量，在距离模式下为水平距离，中间部分由水平距离或记录道数量与垂直深度或双程走时组成的二维数据剖面图。在保存数据和回放数据时该窗口自动进入全屏状态。

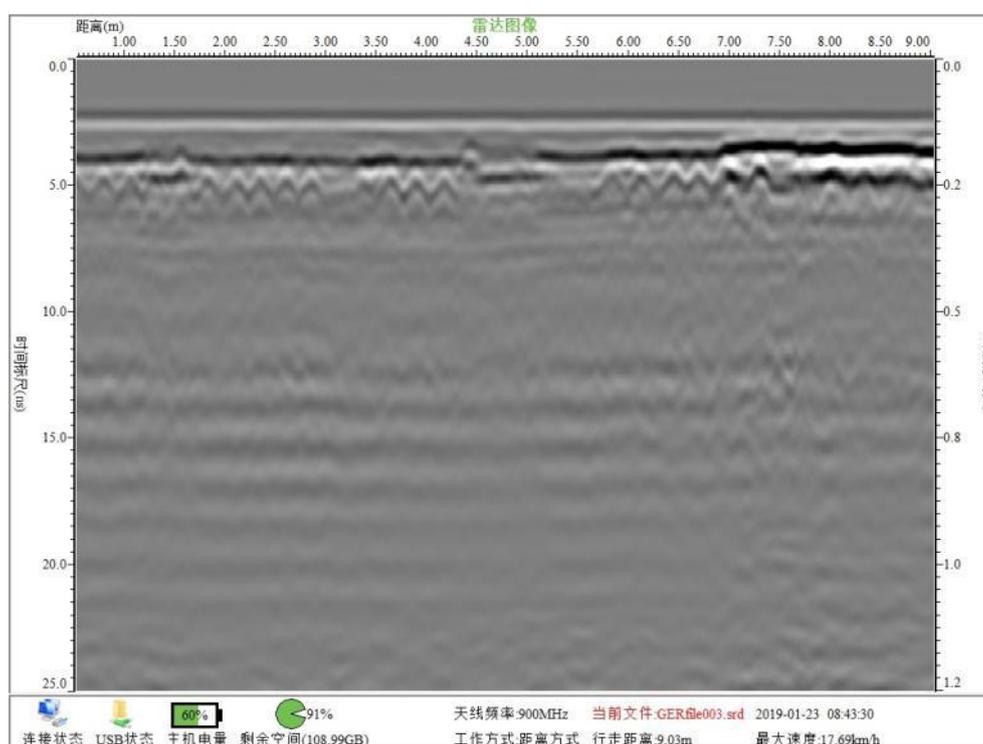


图 25 二维数据显示窗口

2.4 单道波形显示窗口

如图 13 所示该窗口包含的显示内容为单道回波、增益曲线、增益点，增益值和边界线。

- (1) 调整增益曲线可以增加和减小回波幅度，系统的增益范围是-10dB～160dB。
- (2) 进入分段增益功能，使用上下键选择增益点，当增益点被选中时，增益点由空心圆圈变为实心圆圈，再使用左右键对选中的增益点增益值进行调节。

- (3) 两条红色警示线之间的幅度值是满偏幅度值的 2/3 倍，进行增益补偿时正向幅度和负向幅度都不要超过该警示线。

状态栏

如图 26 所示，状态栏从左向右分别为连接状态、USB 状态、主机电量、剩余空间、超速报警、雷达工作状态栏。



图 26 状态栏

(1) **连接状态**：天线与主机的连接状态，当主机与天线连接正常时其图标如图 25 所示，当天线与主机连接异常或未连接时显示图标为  连接状态。

(2) **USB 状态**：主机与 U 盘的连接状态，当主机与 U 盘连接异常或未连接时其图标如图 26 所示，当主机与 U 盘连接正常时其图标为  USB 状态。

(3) **主机电量**：显示主机当前的电量，一块充满电的电池大约能够工作 3 个小时，当电量小于 10% 时，如图 27 所示系统弹出低电量报警，低电量报警后系统大约还能工作 15 分钟，低电量报警后请用户及时保存数据，避免数据丢失。

(4) **剩余空间**：GER-10 主机内部的存储空间为 128G，该状态显示了主机剩余的存储空间，当存储空间小于 10G 时，系统会提示空间不足，建议用户定期清理存储空间。

(5) **超速报警**：在距离模式下当雷达的探测速度超过最大扫描速度时，系统就会出现超速报警提示。

(6) **雷达工作状态栏**：该状态包含当前所连接天线的频率、工作方式、当前所保存的数据名称、记录道的数量或水平距离、时间和雷达当前的作业速度。

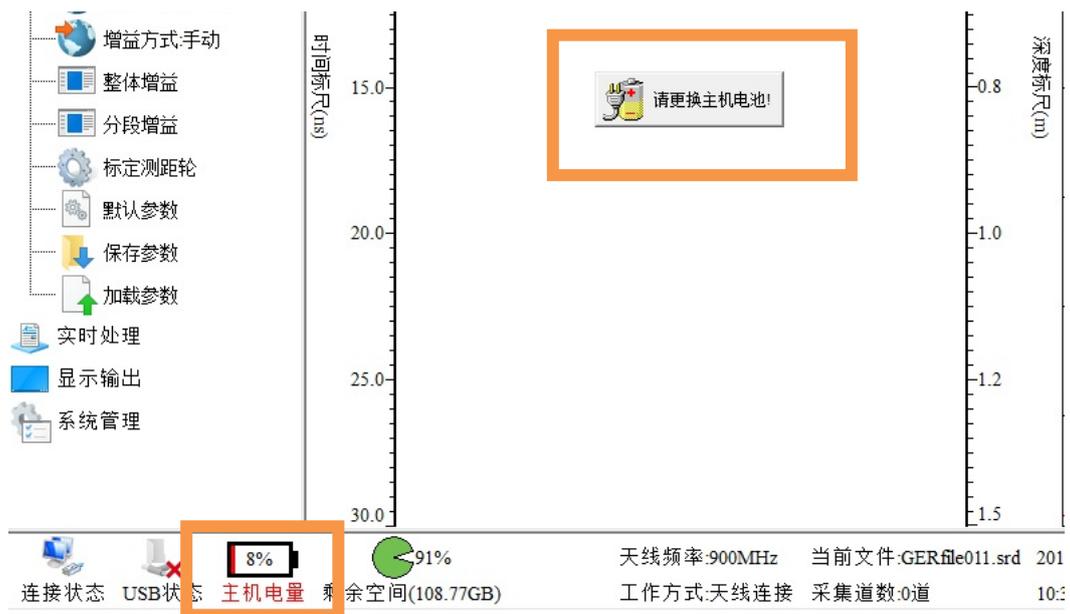


图 27 低电量报警

2.5GPS 功能

GER-10 主机可以与当前的大部分 GPS 设备连接，连接后主机所采集的数据中带有坐标信息如图 28 所示，保存雷达数据时会关联产生一个坐标文件，传输数据时用户只需复制雷达数据该坐标文件将被关联复制。GER-10 主机与雷达的连接流程如下：

- (1) 选择一个带有串口（R323）的 GPS 设备，并且该设备具有 GPGGA 数据格式。
- (2) 调试 GPS 设备使其正常工作，并设置数据格式为 GPGGA。
- (3) 将 GPS 设备与 GER-10 主机的 GPS 接口连接。开启雷达 GPS 设备与 GER-10 通讯正常时，如图 28 会在状态栏的右下角显示坐标信息。

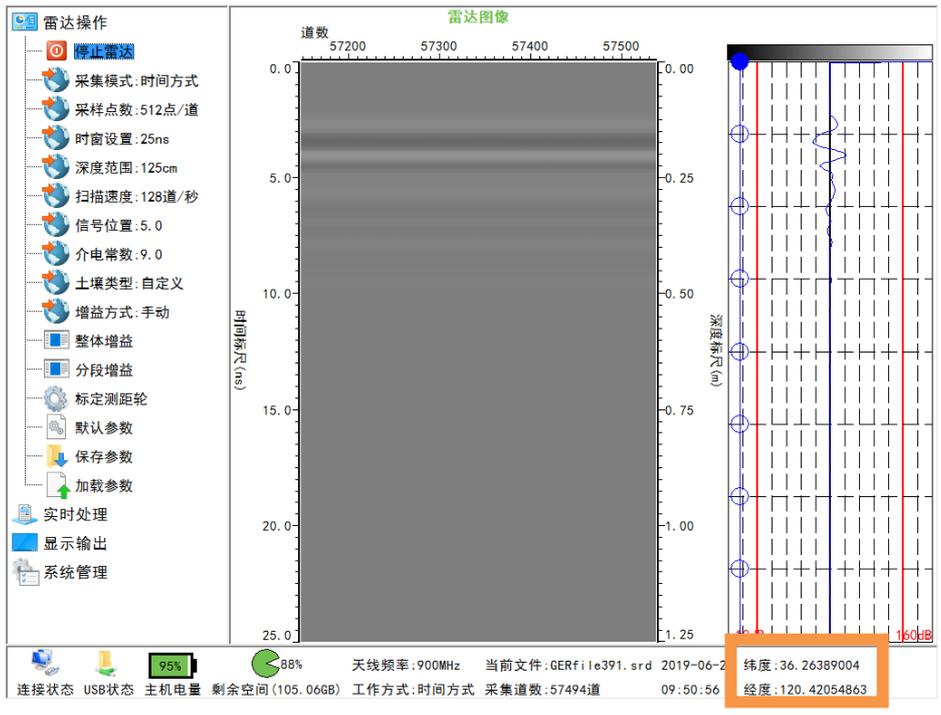


图 28 GPS 功能界面

第三章 数据采集、数据回放、数据传输和清除

3.1 数据采集

距离模式的数据采集

距离模式是最常用的数据采集模式，其具有数据水平距离准确，可追溯性强的优点，一般情况下不需人为的在测线上标识距离信息，但是测线距离较长时累积误差就会增大导致数据的水平距离不准确，所以在长测线的情况下建议用户采用测距轮和水平标记相结合的方式采集数据，这样采集的数据水平距离更为准确，下文介绍一下距离模式和水平距离相结合的数据采集步骤：

- (1) 布置测线并在测线上标识距离信息，通常为 10 米一个标记
- (2) 参照 2.1 硬件连接章节连接 GER-10 雷达系统，连接完毕后按一下电源键，系统开机。如图 29 所示开机后系统自动识别天线并设置雷达参数。如用户需对雷达参数进行调整请参照 2.2 所对应的章节进行调整。

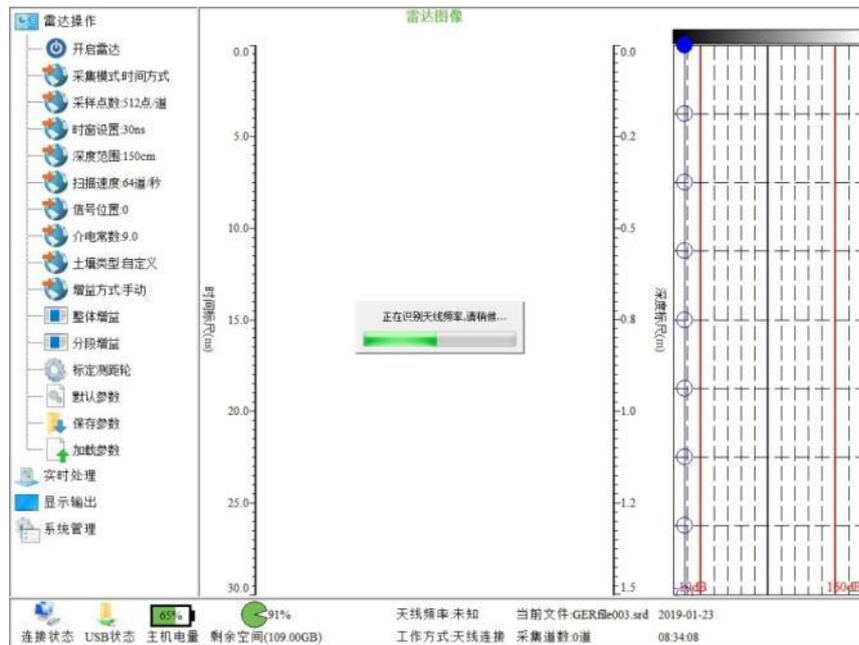


图 29 GER-10 自动识别天线和设置参数

(3) 使用上、下键选择采集模式菜单，按确定键打开子菜单，再使用上、下键选择距离模式，然后按下确定键选中距离模式选项。



(4) 如右图所示，选择标记扩展，使用确定键打开标记扩展选项，使用上、下键来增加和减小扩展

值，从而调整道间距离，用户按照探测需要设置道间距离，然后按确定键确定。如果用户需要校准测距轮请参照 2.2 标定测距轮章节。

(5) 打开实时处理选项，选择所需的处理方式，建议用户开启校正零偏、FIR 滤波和道间平均选项（一般选择 2-5 次），其余的处理选项关闭。

(6) 按一下保存键进入数据保存界面，同时用户沿着测线匀速移动天线，采集过程中天线到达距离标识的位置按标记键为数据增加标记，探测结束后长按保存键 3 秒数据保存结束。建议采集数据的长度不要超过 1G。

(7) 记录文件名并备注该文件在工程现场的项目名称。

时间模式的数据采集

时间模式是距离模式的备选方案，当你在现场没有测距轮的情况下可以选择时间模式，因为时间模式没有真正的水平距离信息，所以需要用户用量具在测线上标识距离信息。测线距离短时可以每 1 米做一个标记，测线距离长时可以每 5 米-10 米做一个标记，标记间距离越短，数据的距离信息越精确。下文介绍一下时间模式的数据采集步骤：

(1) 布置测线，并按探测需要在测线上标识距离信息。例如 5 米或 10 米做一个标识。

(2) 参照 2.1 硬件连接章节连接 GER-10 雷达系统，连接完毕后按一下电源键，系统开机。开机后系统自动识别天线并设置雷达参数。如用户需对雷达参数进行调整请参照 2.2 所对应的章节进行调整。

(3) 使用上、下键选择采集模式菜单，按确定键打开子菜单，再使用上、下键选择距离模式，然后按下确定键选中距离模式选项。

(4) 调整扫描速度，使用确定键打开标记扩展选项，使用上、下键来增加来选择所需的扫描速度，然后按确定键确定。通常使用默认参数便可以满

足大多数的探测需要。

(5) 按一下保存键进入数据保存界面，同时用户沿着测线匀速移动天线，采集过程中天线到达距离标识的位置按标记键为数据增加标记，探测结束后长按保存键 3 秒数据保存结束。建议采集数据的长度不要超过 1G。

(6) 记录文件名并备注该文件在工程现场的项目名称。

点测模式的数据采集

在地形条件差不适合连续测量和探测深度较深的情况下采用点测模式。下文介绍一下点测模式的数据采集步骤：

(1) 布置测线并设置位置点，对于地质超前预报工程，在掌子面上布置井字形测线，位置点间隔为 5cm~10cm。

(2) 参照 2.1 硬件连接章节连接 GER-10 雷达系统，连接完毕后按一下电源键，系统开机。开机后系统自动识别天线并设置雷达参数。如用户需对雷达参数进行调整请参照 2.2 所对应的章节进行调整。

(3) 使用上、下键选择采集模式菜单，按确定键打开子菜单，再使用上、下键选择点测模式，然后按下确定键选中点测模式选项。



(4) 如右图所示，选择叠加次数，使用确定键打开叠加次数，使用上、下键来增加和减小叠加次数的数值，用户按照探测需要设置叠加次数（一般选择 32-64 次），然后按确定键确定。

(5) 按一下保存键进入数据保存界面，此时的二维剖面图自动切换到堆积波形，按一下标记键雷达系统则采集 1 道当前数据，然后挪动天线到下一个位置点，再按一下标记键再采集 1 道数据，直到采集完所有位置点，采集结束后，长按保存键 3 秒数据保存结束。

(6) 记录文件名并备注该文件在工程现场的项目名称。

3.2 数据回放

用户可以播放和查看在距离模式，时间模式和点测模式下采集的数据，在播放过程中，用户可以暂停数据播放、调节播放速度和左右滚动查看数据，其步骤

如下：

- (1) 首先停止雷达再按回放键，参照 1.2 面板键盘章节，弹出数据浏览界面如图 30，使用上、下键选择所需要回放的数据，按确认键进行播放。
- (2) 数据回放时，二维数据显示窗口切换至全屏状态，二维数据从右向左滚动，面板的上、下键用于增加和减低播放速度，左、右键调节二维数据的滚动方向，左键为向左滚动，右键为向右滚动。
- (3) 按暂停键则二维数据暂停播放，再按一下暂停键则二维数据继续播放，数据播放结束后按一下回放键则退出播放界面。

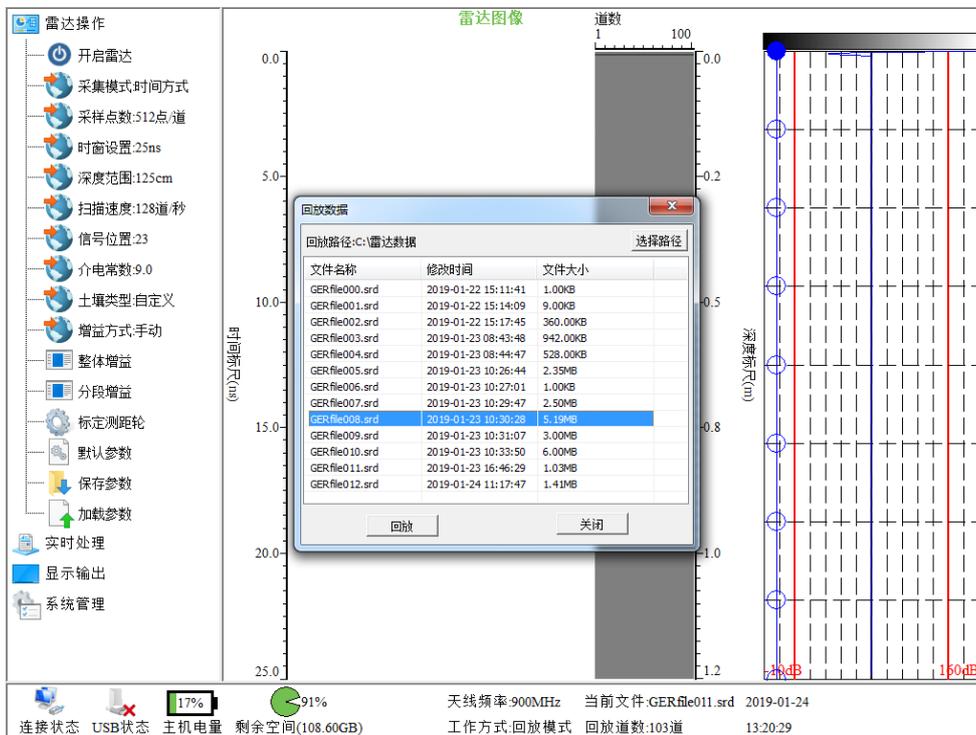


图 30 数据回放功能中的文件浏览窗口

3.3 数据传输和清除

本节介绍如何将数据从 GER-10 传输到 PC 进行处理和解释，以及如何从系统内存中清除不需要的数据。具体步骤如下：

- (1) 按电源键打开 GER-10 主机并插入 U 盘，此时主机可以不连接天线。
- (2) U 盘插入后，弹出文件浏览界面如图 31，使用上下键选择所需的文件，再用确定键锁定文件，文件被选中后文件前出现绿色对勾图标，然后使用

左右键选择复制到 USB 或移动到 USB，按确定键拷贝所选文件。为了方便用户传输数据，GER-10 默认自动选择当天所采集的数据。

- (3) 使用左右键可以选择全选功能、复制到 USB 功能、移动到 USB 功能、删除功能和关闭功能。
- (4) 在文件浏览界面下，使用上下键选择所需的文件，再用确定键锁定文件，文件被选中后文件前出现对勾图标，然后使用左右键选择删除功能，按一下确定键，删除所选文件。在 U 盘与主机没有连接的情况下，可以通过系统管理菜单中的浏览文件功能清除数据，具体操作参照 2.2 浏览文件章节。

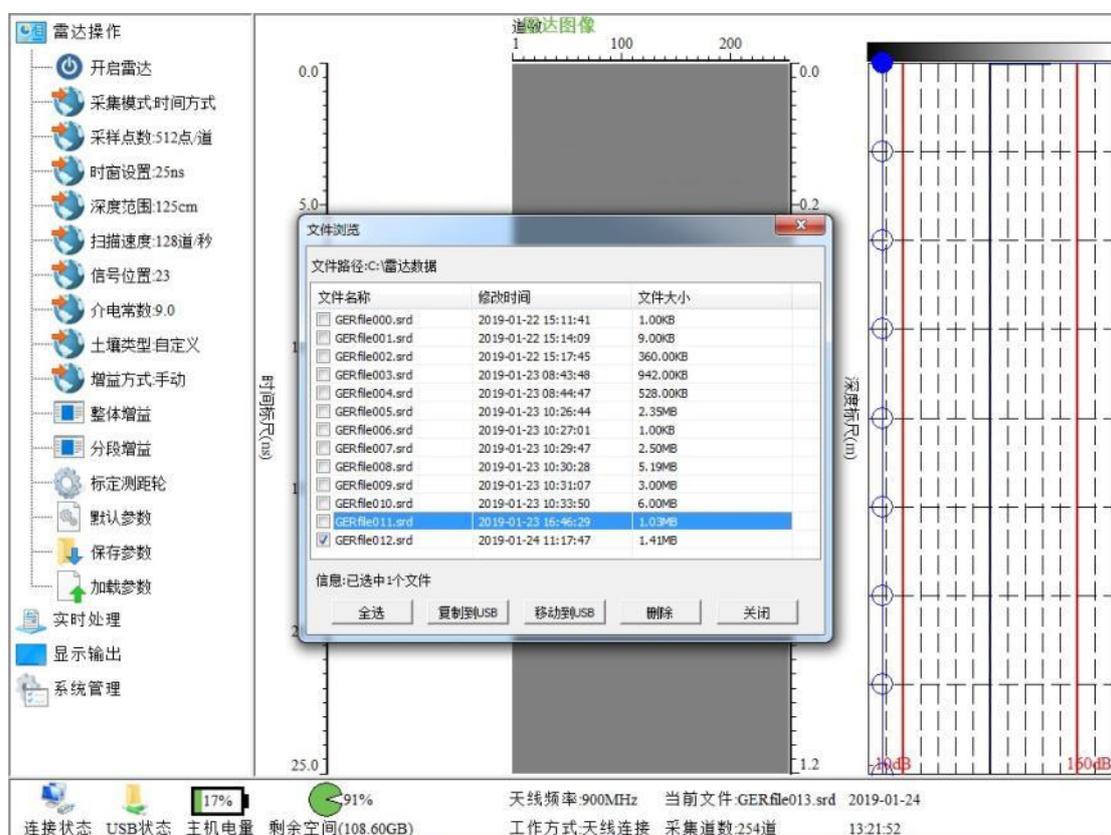


图 31 数据传输功能中的文件浏览窗口

附录 A

GER-10 天线的默认设置参数

天线频率	采样点	时窗 ns	扫描速 度 (s/s)	信号 位置	重复频 率 (kHz)	相对介 电常数	标记扩展
35MHz	2048	1000	64	-20	100	9	22
70MHz	2048	800	64	-20	100	9	22
100MHz	1024	630	64	-20	100	9	22
200MHz	512	300	64	10	100	9	22
400MHz	512	40	64	0	400	9	11
1600MHz	512	20	256	4	400	9	11
900MHz	512	25	128	23	400	9	16
1500MHz	512	15	512	12	400	9	11
2000MHz	512	15	512	12	400	9	11

附录 B

GER-10 天线的应用范围和时窗范围

天线频率	应用领域	典型探测距离 (m)	时窗范围 (ns)
2000MHz	混凝土工程, 公路, 桥梁	0.3	10
1600MHz	混凝土工程, 公路, 桥梁	0.4	10-15
1500MHz	混凝土工程, 公路, 桥梁	0.5	15-20
900MHz	隧道, 公路	1	20-30
400MHz	隧道, 公路, 管线探测	3	20-100
200MHz	隧道, 公路, 管线探测, 地质勘查	8	70-300
100MHz	地质勘查, 超前预报	20	300-700
70MHz	地质勘查, 水利工程	30	400-1000
35MHz	地质勘查, 水利工程	40	500-1500

附录 C

常见介质的介电常数和波速

材料名称	相对介电常数	波速 (cm/ns)	材料名称	相对介电常数	波速 (cm/ns)
空气	1	30	湿花岗岩	6.5	11.77
雪	1.5	24.49	凝灰石	8	10.61
干肥土	2.5	18.97	湿石灰岩	8	10.61
干粘土	4	15	湿玄武岩	8.5	10.29
干砂	4	15	农耕土	11	9.05
冰	4	15	湿混凝土	12.5	8.49
煤	4.5	14.14	火山岩	13	8.32
沥青	5	13.42	湿砂	15	7.75
干花岗岩	5	13.42	湿沙土	23.5	6.19
冻砂/冻碎石	5	13.42	干铝土矿	25	6
干混凝土	5.5	12.79	湿粘土	27	5.77
干石灰岩	5.5		泥炭	61.5	3.83
干砂/干碎石	5.5	12.79	有机土壤	64	3.75
钾矿	5.5	12.79	海水	81	3.33
干沙土	6	12.25	水	81	3.33
干盐矿	6	12.25			
冻土/永久冻土	6	12.25			
正长岩	6	12.25			
湿砂岩	6	12.25			

附录 D

探地雷达中的常用术语

天线: 探地雷达天线由一个发射天线和接收天线组成, 将电磁能量发送到介质中并接收来自地下不同介质的能量的反射。探地雷达天线的频率通常用中心频率来表示。中心频率决定了穿透深度、可见物体大小和分辨层的厚度。

衰减: 电磁波穿过介质后, 其能量会减小。

中心频率: 探地雷达的天线为宽带天线, 中心频率是天线频率范围的中值, 天线的频率范围是中心频率的 0.5~2 倍, 例如 100MHz 天线其频率范围是 50MHz~200MHz。

介电常数: 代表了介质保持和传输电荷的能力, 该值由材料成分、湿度、物理性质、密度和温度决定的。在探地雷达的应用中使用该参数计算探测深度。

增益: 放大雷达信号的幅度来减小能量衰减的影响, 从而凸显雷达信号的特征值。

纳秒: 英文缩写为 ns, 是记录电磁波从发射到接收双程走时的时间单位, 等于十亿分之一秒

双程走时: 从发射天线发射电磁波进入介质到发生反射后被接收天线接收所用的时间。

天线带宽: 天线发射能量的频率范围, 等于 0.5~2 倍的中心频率。

扫描: 雷达记录一个完整的从发射到接收的反射波, 一般一个扫描我们叫做一道。

测距轮: 由周长为整数的轮和光电编码器组成, 用于精确记录距离信息的一种装置。

信噪比: 信号有效成分与噪声的比值, 该值越大代表数据的质量越好。

堆积波形: 探地雷达数据的一种显示方法, 是将相邻道的数据按顺序放置在显示窗口, 该显示方式常用于地震勘探。

附录 E

LHJ1001 型充电器使用说明书

LHJ1001 其特点如下：

1. 适用于绝大多数镍氢电池和锂电池；
2. 电源，电池充电状态显示；
3. 准确控制快充和微充以确保电池快速充满电；
4. 具有过电压，过电流，短路，超时，高温保护；

操作指南：

连接电源，开机自检，充电器指示灯从红灯→黄灯→绿灯→熄灭，表明充电器开机正常。

1. 将需要充电的电池放入充电器卡槽，绿灯闪烁表示正在充电，黄灯常亮表示电池将充满，绿灯常亮表示电池已充满电。
2. 当电池插入卡槽中时，红灯常亮表示充电器不能识别此电池或者等待电池被充电（只有二个电池槽均插入电池的情况下）。
3. 当电池需要校准时，可以将电池插入左边的卡槽中。按下本公司的 LOGO 按键并放开，红灯闪烁并充电，可激活数据损坏的电池（并不是所有坏电池都可以激活，请悉知!）。
4. 当二个电池都插入充电器时，充电器将依次给两块电池充电，充满一个后再充另一个电池！等待充电的另一个电池位的指示灯亮红灯，先充先插入的电池，电池充满后，就会自动给第二个电池充电。

校准：

智能电池有一个高度精确的数据电路。在一些不当的操作条件下，这种数据会损坏，并开始失去精度。充电器闪烁红色 LED 表示电池已损坏，这时可以通过充电器的校准功能键进行校正，电池插入左边电池卡槽，用户可以按下充电器上

 键：启动校准。



校准按钮启动键

使用塑料垫片

塑料垫片提供协助正确插入的所有不同尺寸的电池组。插入隔板，把拇指放在隔垫的顶部，把它牢牢地放在充电器的底部。下面给出了电池组的交叉参考：



充电时间：

LHM1001 可以给两个不同电池充电。不同的电池需要不同的充电时间。以下部电池充电器供参考：

电池类型	电池型号	充电所需时间（小时）
NI-MH	Nj1020, WS35, NI1030UR, NI1030	1.5
	NB2037, ND2057, ND2037	2
LI-ION	JD1600LP	2
	NC2040, NC2560, ND2054, ND2034,	2.5
	NF2047, NF2040, NF2030, NL2024, NL2044 , NL2054, TY3CGR18650D-2, N9330B-BCG, N9330B-BAT, 72R6893, NF2040AG24, N991 0X-870,	3
	ND2017, NI2020, NI2040, ND2053, Li202s , li202sx , ME202C, M4605A, CMA-4500	3.5
	NL2020, NL2050, SM204, LI204SX-66	4
	NH2057, NH2054	5

故障提示：

1. 无灯亮

充电器是否接入有效电源，确认交流适配器是否正确接到充电器上。

2. 不充电

电池是否正确插入充电器卡槽. 电池与充电器触片是否连接。电池是否在充电器能充电的范围内，充电器是否能识别电池，电池芯片数据损坏，请参照校准操作。另一种情况是：电池损坏！

安全注意：为了防止造成人身伤害, 财产损失, 请务必遵守以下安全注意事项。

1. 请勿自行拆卸, 改装或重新组装本充电器。
2. 电源插头或电源线损坏, 请勿使用, 以免因发热, 起火而造成火灾。
3. 请勿将充电器或电源放置水中或潮湿之场所, 该情况不密封, 请勿湿手插拔电源插头, 以免触电。
4. 请勿堵塞风扇的排气孔, 以免引起过热。
5. 充电器发生异常, 故障时, 请立刻停止使用, 拔掉电源插头。
6. 把充电器放在阴凉处, 远离外界火源, 热源, 并避免阳光直射。

7. 请勿在儿童触摸得到的地方使用。

