

GSEMCenter

软件使用说明书

版本 2.5.7 2021 年 12 月 14 日

长沙巨杉智能科技有限公司

目录

第 1 章 GSEM 电磁采集站概述.....	1
一、简介.....	1
二、阅读对象.....	1
三、技术支持.....	1
第 2 章 采集软件安装与系统要求.....	2
一、系统要求.....	2
二、软件安装.....	2
三、软件概览.....	3
四、连接仪器.....	4
第 3 章 软件通用功能.....	6
一、指示灯闪灯提示.....	6
二、下载数据.....	6
三、查看仪器信息.....	9
四、配置仪器.....	11
五、管理采集站.....	12
六、数据格式转换.....	13
第 4 章 MT/AMT 测量.....	14
一、概要.....	14
二、操作页面简介.....	15
三、标定仪器.....	17
四、标定磁棒.....	17
五、采集时序数据.....	17
六、采集测试数据.....	21
七、查看时序曲线.....	23
八、常见问题.....	25
第 5 章 CSAMT 测量.....	26
一、概要.....	26
二、扫频采集.....	28
三、查看采集结果.....	32
第 6 章 SIP 测量.....	37
一、概要.....	37
二、SIP 采集.....	39
三、常见问题.....	45

第1章 GSEM 电磁采集站概述

一、简介

GSEM 采集站是长沙巨杉智能科技有限公司与中南大学联合研制的分布式电磁数据采集单元，吸收了 20 多年的地球物理仪器研发经验，采用了最新的电子电路技术，具有高精度、低功耗、设备轻便及组网距离远等优点。采集站能够兼容多种外部传感器，具有 MT、AMT、CSAMT、SIP 等方法的采集计算功能，利用配置的远距离无线传感技术可实现站点自组网、山区分布式施工，可以以很低的成本完成大规模二维、三维勘探。

GSEMCenter 是 GSEM 采集站的控制软件，可配合 GSEM 采集站完成各种电法勘探的数据采集，包括大地电磁 (MT) 数据采集、音频大地电磁 (AMT) 数据采集、可控源音频大地电磁法 (CSAMT) 数据采集及频谱激电法 (SIP) 数据采集。

二、阅读对象

本用户手册供地球物理学家和熟悉电法勘探技术的技术人员，在利用 GSEM 系列采集站采集电法或者电磁法数据时使用。

三、技术支持

网址：www.gs-ait.com

邮箱：support@gs-ait.com

电话：13786130128

第2章 采集软件安装与系统要求

GSEMCenter 是 GSEM 采集站的控制软件，软件包括了两部分功能，一部分为与勘探方法无关的通用功能，一部分为与勘探方法相关的勘探采集功能。其中，通用功能包括测试硬件、查看时序曲线、下载数据、查看仪器信息、配置仪器及调试仪器等功能；MT/AMT 测量模式下的勘探采集功能包括标定仪器、标定磁棒、采集时序数据；CSAMT 测量模式下的勘探采集功能包括时序监控、CSAMT 扫频采集计算、视电阻率显示；SIP 测量模式下的勘探采集功能包括仪器校准、接地电阻测量、自然电位测量、激电采集计算、激电结果显示。

一、系统要求

GSEMCenter 软件设计在个人电脑上运行，计算机需满足：

- 操作系统：WindowsXP、Windows7、Windows10
- 内存大于 2GB
- 以太网接口 1 个
- 显示器分辨率大于 800×600

二、软件安装

GSEMCenter 软件是通过一个压缩包发送的，内部包含了可执行程序和相关库文件。

软件安装步骤：

1. 将压缩包拷贝到需要安装的目录下。
2. 利用 Windows 的解压软件解压压缩包。
3. 在“GSEMCenter.exe”上单击右键，选择“发送到”—》“桌面快捷方式”，完成软件安装。

三、软件概览

通过双击桌面快捷方式打开 GSEMCenter，软件显示如图 2-1 所示的主页面。第一次打开软件时，如果电脑弹出防火墙提示对话框，请同时勾选“专用网络”及“公用网络”，并单击“允许访问”按钮。

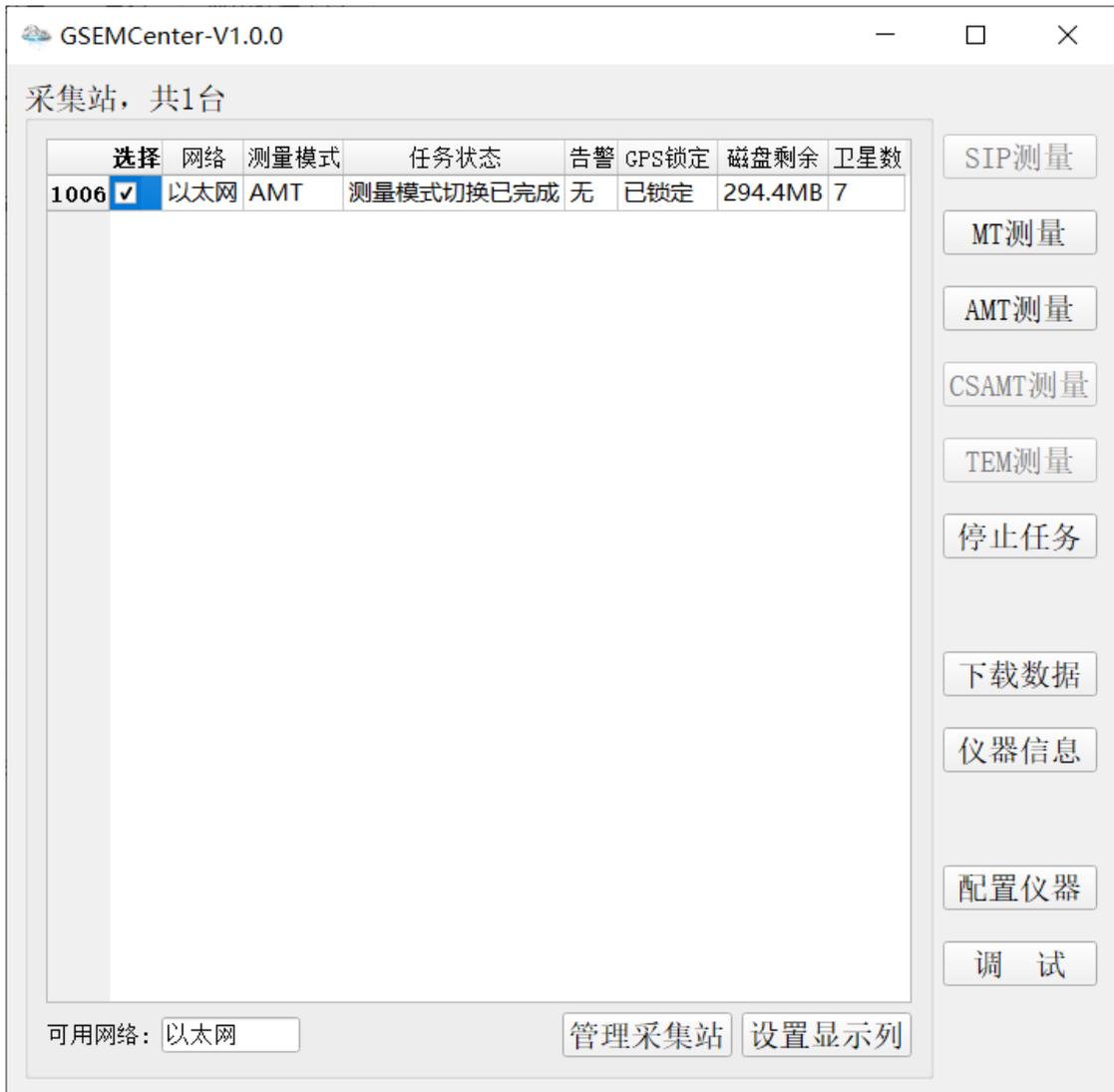


图 2-1. GSEMCenter 软件主页面

该页面中各部分功能如下：

左侧列表框：显示网络中查找到的采集站，每一行对应一个采集站，每一列对应采集站的不同信息。

可用网络：GSEMCenter 已经接入的网络，包括以太网、ZigBee 网络，如果 GSEMCenter 未接入任何网络，该项目显示“无”。

管理采集站：自定义左侧列表框中显示的采集站。

设置显示列：自定义左侧列表框显示的列信息。

MT 测量：进入大地电磁法(MT)测量模式。

AMT 测量：进入音频大地电磁法(AMT) 测量模式。

停止任务：停止采集站当前正在执行的任务。

下载数据：下载采集站中的数据文件、日志文件等。

仪器信息：查看采集站当前的状态和信息。

配置仪器：对采集站的 GPS 天线、默认采集方法、是否开机采集等参数进行配置。

调试仪器：以命令行方式控制采集站执行命令，一般在调试时使用。

注意：采集站状态出现异常时，或者参数设置错误时，软件会将相关信息以红色字体显示，以进行警示。

四、连接仪器

软件可以通过 ZigBee 模块连接和以太网连接两种方式连接仪器，其中 ZigBee 模块连接方式为无线连接，为低速网络，平均传输速率约为 2KB/S，主要用于向仪器发送控制命令、监控仪器状态及实时信号；以太网连接方式是通过网线直接连接，平均传输速率约为 1.5MB/S，主要用于下载数据文件。

ZigBee 模块连接步骤如下：

1. 将配备的 ZigBee 模块插入电脑的 USB 接口。
2. 打开 GSEMCenter，软件会自动查找处于 ZigBee 网络中的采集站，并显示。如果采集站显示不全，可以单击软件主页面中“管理采集站”->“刷新 ZigBee 网络”，重新更新在线采集站。

网线连接步骤如下：

1. 通过配备的网线，将电脑与采集站连接起来。
2. 配置电脑本地网卡的 IP 地址，配置参数如图 2-2 所示。



图 2-2. 电脑 IP 地址配置

3. 打开 GSEMCenter，软件会自动将连接的采集站显示在主页面的采集站列表框中。

注：如果连接网线配置好电脑 IP 地址后软件仍然未发现仪器，请检查电脑防火墙设置，应将防火墙设置为允许软件访问所有网络。步骤为：“开始” -> “控制面板” -> “Windows 防火墙” -> “允许程序或者功能通过 Windows 防火墙” -> 找到程序名称并勾选“家庭”及“公用”对应的复选框->点击“确定”按钮完成设置。

第3章 软件通用功能

通用功能包括指示灯闪灯提示、下载数据、查看仪器信息、配置仪器及调试仪器。

一、指示灯闪灯提示

采集站仪器面板上具有一个指示灯，用于实时显示仪器当前发生的系统事件。系统中的事件分为正常事件、警告事件和致命事件。在无警告事件和致命事件时，系统只表达正常事件；在出现警告事件时，系统先表达正常事件，再表达警告事件；在出现致命事件时，系统只表达致命事件。每种事件的具体定义如下。

事件级别	闪灯样式	事件名(靠前的事件优先表达)	短闪次数	闪灯颜色
正常事件	快闪样式	正在采集数据	连续	绿色
	一长多短样式	采集等待同步	3	绿色
		常规状态(默认)	2	绿色
警告事件	一长多短样式	湿度过高	6	黄色
		温度过高/过低	5	黄色
		电池电压过低	4	黄色
		磁盘空间不足	3	黄色
		GPS 未锁定	2	黄色
致命事件	快闪样式	任务执行失败	连续	红色

快闪样式：亮 0.1S，灭 0.1S，一直循环。

一长多短样式：一次长亮(1.5S) -> 多次短亮(亮 0.1S 灭 0.5S) -> 1 次长灭(1S)。

注：仪器开机时交替闪绿灯和红灯，关机时常亮绿灯。

二、下载数据

下载数据包括两种下载方式，一种方式为直接下载(一般用于下载单台仪器

数据)，另一种方式为批量下载（一般用于下载多台仪器数据）。

（一）直接下载的操作步骤如下：

1. 在主页面中单击“下载数据”进入文件传输页面。
2. 在“本地目录”列表中选择电脑中存储的目录。
3. 在“仪器号”后的下拉框中选择需要下载数据的仪器。
4. 在“方法”后的下拉框中选择下载目录。
5. 在仪器目录列表中勾选需要下载的文件，单击“下载”按钮，完成文件下载。

（二）批量下载的操作步骤如下：

1. 在主页面中单击“下载数据”进入文件传输页面，如图 3-1 所示。
2. 在“本地目录”列表中选择电脑中存储的目录。
3. 在“仪器号”后的下拉框中选择需要下载数据的仪器。
4. 在“方法”后的下拉框中选择下载目录。
5. 在仪器目录列表中勾选需要下载的文件，单击“添加到批处理”按钮。
6. 重复第 3、4、5 步，直到将所有仪器中需要下载的数据文件添加完成。
7. 单击“开始下载”按钮，完成所有添加数据文件的批量下载。

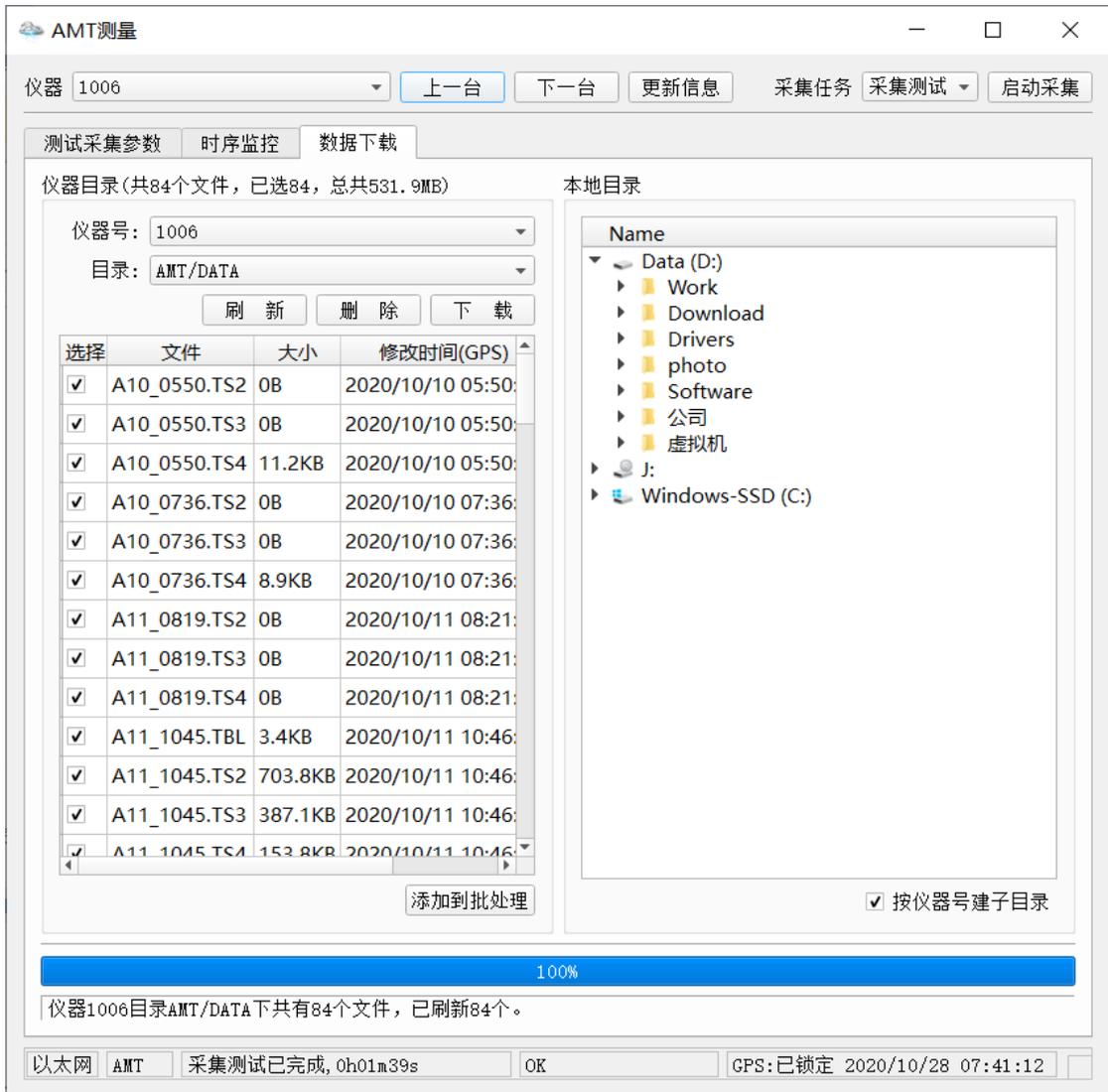


图 3-1. 文件下载的操作主页面

上图为下载数据页面，该页面中各个参数的意义如下，

目录：

“MT/CLB” 代表 MT 测量方法仪器标定和磁棒标定的数据目录；

“MT/DATA” 代表 MT 测量方法的时序数据目录；

“AMT&CSAMT/CLB” 代表 AMT 与 CSAMT 测量方法的仪器标定和磁棒标定的数据目录；

“AMT/DATA” 代表 AMT 测量方法的时序数据目录；

“CSAMT/DATA” 代表 CSAMT 测量方法的时序数据目录；

“SIP/DATA” 代表 SIP 测量方法的时序数据目录；

“log”代表仪器的日志数据目录。

按仪器号建子目录：勾选该选项后，软件会根据仪器号建立目录，每台仪器的数据文件都存放在对应的仪器号目录中，防止不同仪器的数据文件相互覆盖。

刷新：点击该按钮，软件会刷新当前仪器目录中的数据文件信息。

删除：点击该按钮，软件会删除当前仪器目录中选择的数据文件。

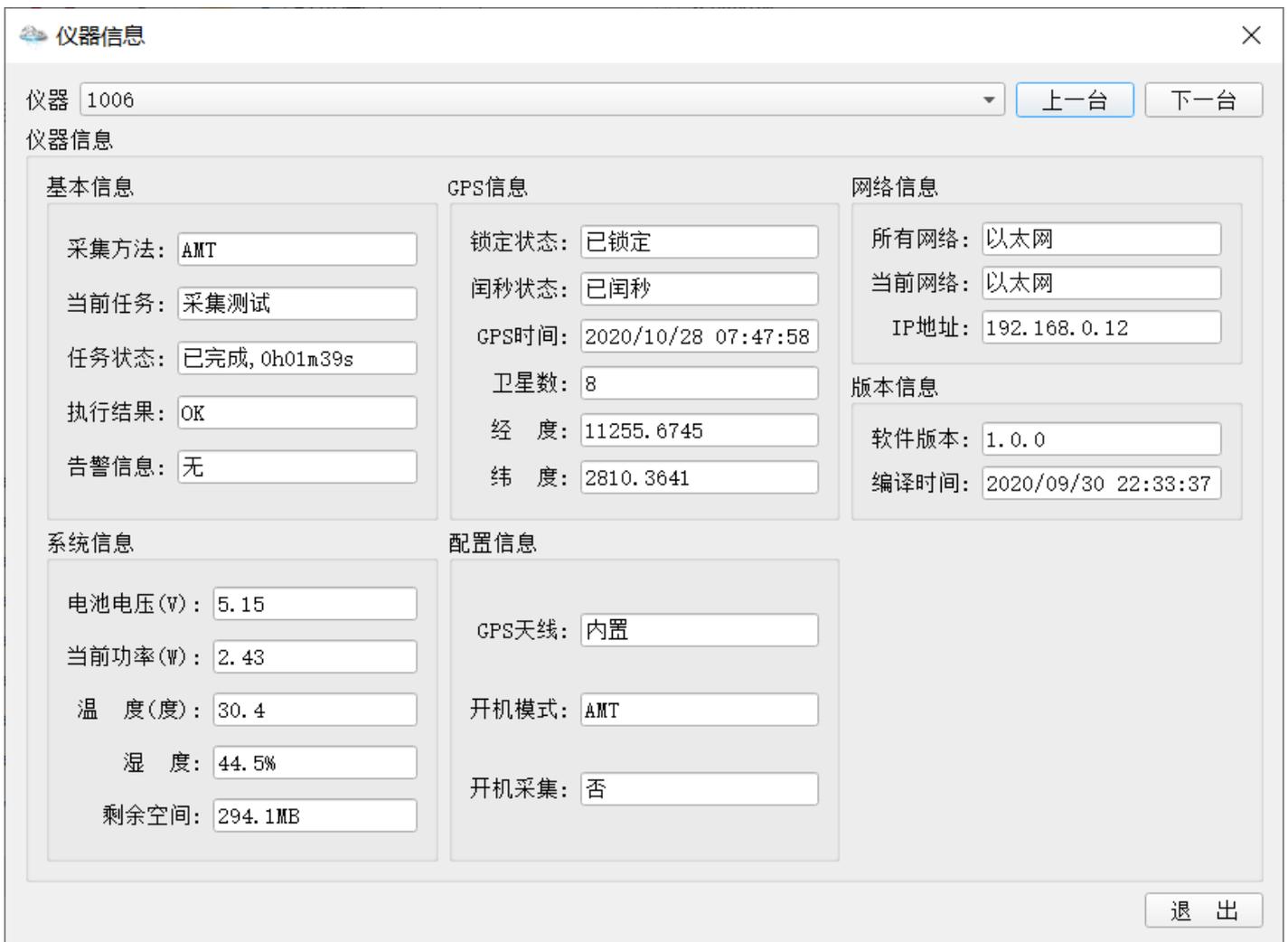
开始删除：点击该按钮，软件会批量删除仪器中的数据文件。

注：单击仪器目录列表中的属性标题，软件会按照该属性进行自动排序，方便用户快速筛选文件。

三、查看仪器信息

查看仪器信息的操作步骤如下：

1. 在主页面中单击“仪器信息”进入查看仪器状态页面，如图 3-2 所示。
2. 在“仪器”后的下拉框中选择需要查看仪器状态的仪器。



The screenshot shows a software window titled "仪器信息" (Instrument Information) with a close button (X) in the top right corner. At the top left, there is a dropdown menu for "仪器" (Instrument) set to "1006", and two buttons: "上一台" (Previous) and "下一台" (Next). Below this is the "仪器信息" (Instrument Information) section, which is divided into several sub-sections:

- 基本信息** (Basic Information):
 - 采集方法: AMT
 - 当前任务: 采集测试
 - 任务状态: 已完成, 0h01m39s
 - 执行结果: OK
 - 告警信息: 无
- GPS信息** (GPS Information):
 - 锁定状态: 已锁定
 - 闰秒状态: 已闰秒
 - GPS时间: 2020/10/28 07:47:58
 - 卫星数: 8
 - 经度: 11255.6745
 - 纬度: 2810.3641
- 网络信息** (Network Information):
 - 所有网络: 以太网
 - 当前网络: 以太网
 - IP地址: 192.168.0.12
- 版本信息** (Version Information):
 - 软件版本: 1.0.0
 - 编译时间: 2020/09/30 22:33:37
- 系统信息** (System Information):
 - 电池电压(V): 5.15
 - 当前功率(W): 2.43
 - 温度(度): 30.4
 - 湿度: 44.5%
 - 剩余空间: 294.1MB
- 配置信息** (Configuration Information):
 - GPS天线: 内置
 - 开机模式: AMT
 - 开机采集: 否

At the bottom right corner of the window, there is a "退出" (Exit) button.

图 3-2. 仪器状态页面

上图为查看仪器信息的页面，该页面中各个参数的意义为：

1. 基本信息

采集方法： 仪器当前的采集模式(MT/AMT)。

当前任务： 仪器最近执行的任务(仪器标定/磁棒标定/采集测试/MT 采集/AMT 采集)。

任务状态： 当前任务执行的状态(待执行/执行中/已完成)。

执行结果： 任务执行是否出现错误，“OK”表示未出现错误。

告警信息： 显示仪器运行中出现的警告信息。

2. GPS 信息

锁定状态： 显示 GPS 是否已锁定。

闰秒状态： 显示 GPS 是否已闰秒。

GPS 时间： 显示当前 GPS 的时间信息。

卫星数： 仪器当前发现的卫星数量。

经度： GPS 经度信息。

纬度： GPS 纬度信息。

3. 网络信息

所有网络： 显示仪器已接入的所有网络类型。

当前网络： 仪器通信所使用的网络(一般为传输速率最快的网络)。

IP 地址： 仪器的 IP 地址。

4. 版本信息

软件版本： 仪器中的软件版本。

编译时间： 仪器中软件编译的时间点。

5. 系统信息

电池电压： 仪器外接电池的电压。

当前功率： 仪器当前的瞬时功率。

温度： 仪器内部温度。

湿度： 仪器内部湿度。

剩余空间： 仪器内部剩余磁盘空间大小。

6. 配置信息

GPS 天线：仪器当前使用的 GPS 天线(内部/外部)。

开机模式：仪器开机后的默认测量模式。

开机采集：仪器开机后是否自动采集。

四、配置仪器

配置仪器的操作步骤如下：

1. 在主页面中单击“配置仪器”进入配置页面，如图 3-3 所示。
2. 在“当前配置”列表框中，双击需要修改的单元格，修改配置，修改过的单元格自动变为黄色。
3. 单击“配置”按钮，完成所有仪器的配置，所有配置成功的单元格由黄色变为白色。
4. 单击“退出”按钮，退出配置页面。

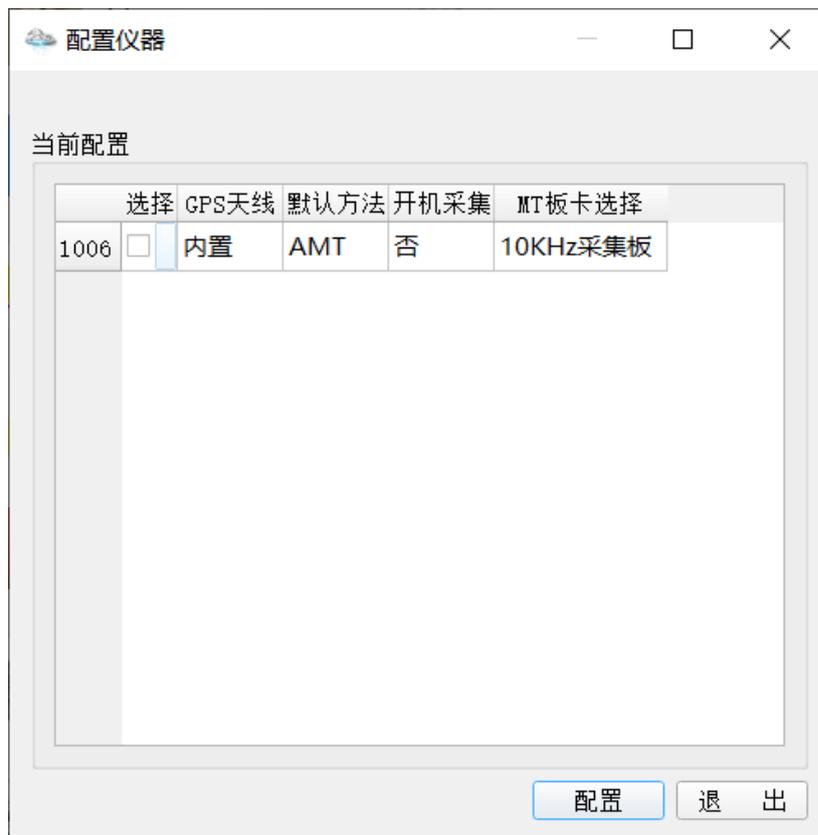


图 3-3. 仪器配置页面

上图为配置仪器的页面，该页面中配置列表中各参数列的意义为：

GPS 天线：仪器使用的 GPS 天线，可以选择“外部”或者“内部”。

默认方法：仪器开机后的默认测量模式。

开机采集：仪器开机后是否自动采集。

MT 板卡选择：MT 测量模式使用的采集板。

五、管理采集站

管理采集站功能主要是对以太网、ZigBee 网络中的采集站进行查找、显示或者隐藏。

在软件主页面中单击“管理采集站”弹出如如图 3-4 所示页面。

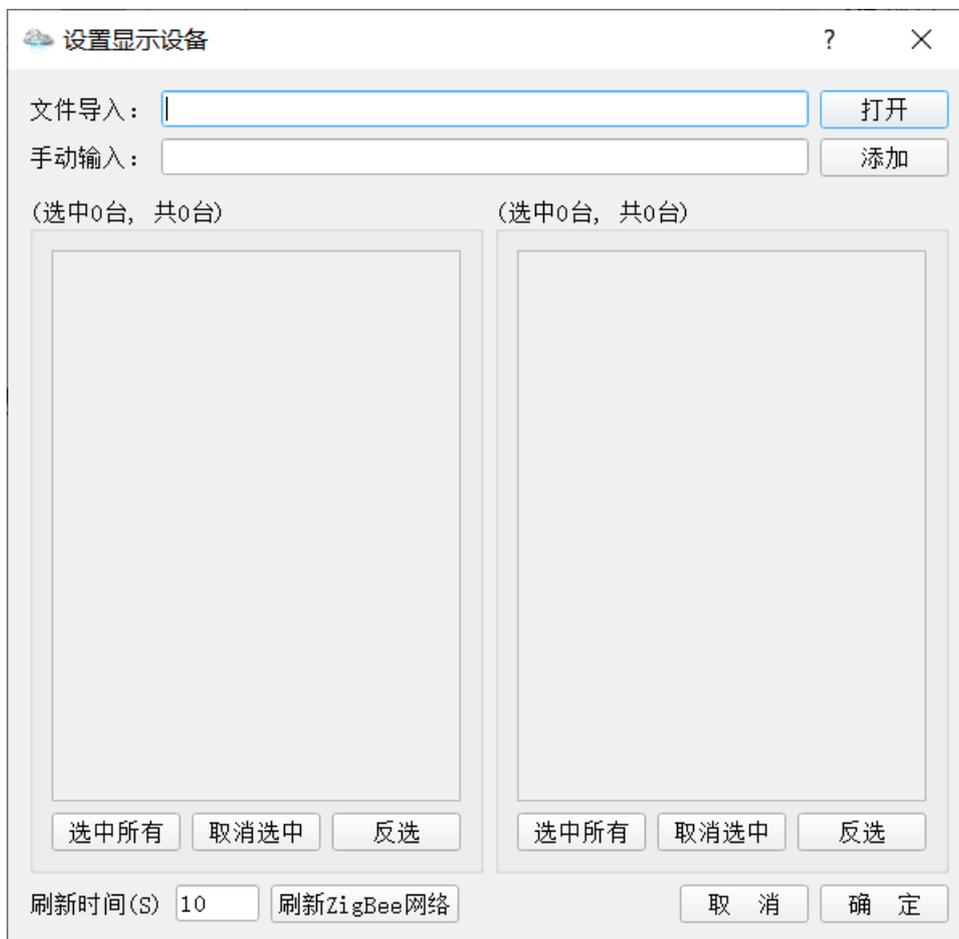


图 3-4. 设置显示设备页面

左侧列表框为当前所有网络中发现的采集站列表，右侧列表框为用户需要操作的采集站列表。用户可以勾选列表框中的采集站，以在主页面中显示采集站，也可以取消勾选列表框中的采集站，以在主页面中隐藏采集站。当 ZigBee

网络中的采集站显示不完全时，可以单击“刷新 ZigBee 网络”以刷新显示所有处于 ZigBee 网络中的采集站。

六、数据格式转换

数据格式转换主要实现将不同二进制数据格式转换为用户能够识别的文本文件，以便于用户进行后期处理。单击控制软件主页面的“文件转换”按钮，进入数据格式转换页面，如图 3-5 所示。在该页面中单击不同的按钮可以实现不同的数据格式转换。



图 3-5. 数据格式转换页面

第4章 MT/AMT 测量

一、概要

MT/AMT 测量的数据包括了标定数据和时序数据。

标定数据记录了采集设备的响应，主要用于校正外部电磁信号经过采集设备后的频谱变化值，包括了仪器标定文件 (*.CLB) 和磁棒标定文件 (*.CLC)。

时序数据记录了设备采集到的电磁信号，包括了参数文件 (*.TBL) 和采样文件 (*.TS2*.TS3*.TS4*.TS5)，MT 和 AMT 两种方法单个测点对应的文件如下。

AMT 采集方法单个测点对应的文件列表

文件名	文件内容	备注
“ *.TBL ”	测点对应的参数文件，记录了采集参数	包括位置、极距、中高频时长、间隔等
“ *.TS2 ”	24000Hz 采样率采集的时序数据	间隔采样，时长和间隔可设置
“ *.TS3 ”	2400Hz 采样率采集的时序数据	间隔采样，时长和间隔可设置
“ *.TS4 ”	150Hz 采样率采集的时序数据	连续采样

AMT 采集方法单个测点对应的文件列表

文件名	文件内容	备注
“ *.TBL ”	测点对应的参数文件，记录了采集参数	包括位置、极距、中高频时长、间隔等
“ *.TS3 ”	2400Hz 采样率采集的时序数据	间隔采样，时长和间隔可设置
“ *.TS4 ”	150Hz 采样率采集的时序数据	间隔采样，时长和间隔可设置

”		
“ * . TS5 ”	15Hz 采样率采集的时序数据	连续采样

要完成 MT/AMT 测量，需要完成以下操作步骤：

1. 标定仪器，导出仪器标定文件。
2. 标定磁棒，导出磁棒标定文件。
3. 在测点上采集时序数据，导出时序文件。
4. 利用仪器标定文件、磁棒标定文件及时序文件计算阻抗数据。

注意：MT 和 AMT 的标定文件和时序文件不可混用。

二、操作页面简介

在主页面中单击“MT 测量”或者“AMT 测量”进入对应测量模式的页面，图 4-1 为 AMT 测量模式的操作页面。



图 4-1. AMT 测量模式的操作主页面

通过该页面可实现标定仪器、标定磁棒、采集时序数据、采集测试数据及查看时序曲线的功能，具体操作步骤见本章第二、三、四、五节。

该页面下部状态栏包括 5 个信息框，每个信息框意义如下：

第 1 个信息框：仪器当前使用的网络，断开连接时为“离线”状态。

第 2 个信息框：仪器当前的测量模式 (AMT/MT)。

第 3 个信息框：仪器最近的一次采集任务及执行状态。

第 4 个信息框：任务执行是否出错，未出错时显示“OK”，出错时则显示对应的错误字符。

第 5 个信息框：仪器的 GPS 锁定状态及 GPS 时间信息。

注意：GPS 时间为标准的世界统一时间(简称 UTC 时间)，比中国北京时间晚

8 小时，即“中国北京时间=UTC 时间+8 小时”。

三、标定仪器

标定仪器的操作步骤如下：

1. 在主页面中单击“MT 测量”或者“AMT 测量”进入对应测量模式的页面。
2. 在“仪器”后的下拉框中选择需要标定的仪器。
3. 在“采集任务”后的下拉框中选择“仪器标定”。
4. 点击“启动采集”按钮，观察状态栏第 3 个信息框的标定状态，直到出现“仪器标定已完成”为止。

注意：在标定仪器时，仪器不能外接电极和磁棒。

四、标定磁棒

标定磁棒的操作步骤如下：

1. 在主页面中单击“MT 测量”或者“AMT 测量”进入对应测量模式的页面。
2. 在“仪器”后的下拉框中选择标定磁棒的仪器。
3. 在“采集任务”后的下拉框中选择“磁棒标定”。
4. 选择探头类型，填写 Hx、Hy 及 Hz 通道所接的磁棒号。
5. 点击“启动采集”按钮，观察状态栏第 3 个信息框的标定状态，直到出现“磁棒标定已完成”为止。

注意：在标定磁棒前，必须先标定仪器，即仪器标定状态必须为“仪器已标定”。

五、采集时序数据

采集时序数据有两种方法，一种为手动启动采集，另一种为开机自动采集。

(一) 手动启动采集的步骤为:

1. 在主页面中单击“MT 测量”或者“AMT 测量”进入对应测量模式的页面，如图 4-2 所示。
2. 在“仪器”后的下拉框中选择需要操作的仪器。
3. 在“采集任务”后的下拉框中选择“AMT 采集”或者“MT 采集”。
4. 设置工程参数、硬件参数及采集参数。
5. 点击“启动采集”按钮，开始时序数据采集。
6. 如果当前时间达到设置的“停止时间”，则仪器自动停止采集，完成数据采集；用户也可提前点击“停止采集”按钮或者直接关机，完成数据采集。

(二) 开机自动采集的步骤为:

1. 在主页面中单击“配置仪器”，进入仪器配置页面。
2. 双击“默认方法”对应的单元格，修改成需要开机采集的测量模式。
3. 双击“开机采集”对应的单元格，将参数修改为“是”。
4. 单击“配置”按钮，完成仪器配置，再单击“退出”按钮退出配置页面。
5. 仪器每次开机后都会自动建立新的时序文件(以时间信息命名文件)，按照配置的测量模式自动采集数据。

6. 在达到用户需要的采集时长后，用户直接关机，完成数据采集。



图 4-2. AMT 测量模式的时序采集参数设置页面

“时序采集参数”页面如图 4-2 所示，该页面中各个参数的意义为：

1. 工程参数

项目名称：测量项目名称，一般为工区名。

测点号：当前测量位置的点号。

Ex 长度：南北方向的极距。

Ey 长度：东西方向的极距。

文件名：手动启动模式时时序数据的存储文件名(开机自动采集模式时，采集站自动以时间信息命名文件)。

探头类型：仪器外接磁棒的类型。

Hx 探头号：南北方向的磁棒号。

Hy 探头号：东西方向的磁棒号。

Hz 探头号：垂直方向的磁棒号。

2. 硬件参数

电道增益：Ex 和 Ey 通道的放大倍数。

磁道增益：Hx、Hy 和 Hz 通道的放大倍数。

磁道衰减：Hx、Hy 和 Hz 通道的衰减值。

陷波：使用的 DSP 陷波器。

3. 采集参数

高频记录数：高频单次采集的时间片数量。MT 模式下每个时间片记录 1 秒数据，AMT 模式下每个时间片记录 0.1 秒数据。

中频记录数：中频单次采集的时间片数量，每个时间片记录 1 秒数据。

中高频间隔：中频与高频记录之间的时间间隔，中频与高频交替采集。

开始时间(GPS)：启动时序采集的时间，该时间为 UTC 时间。如果当前时间已经超过了该设置时间，则立即启动采集。

停止时间(GPS)：停止时序采集的时间，该时间为 UTC 时间。如果当前时间已经超过了该设置时间，则仪器会一直处于采集状态。

注意：为了保证在不饱和的情况下采集到最优数据质量，请先在“采集测试”模式下以 DSP 不陷波的方式用 150Hz 采样率采集外部输入信号，查看“STD”、“MIN”、“MAX”的值，这些值最好保持在 0.1mV-100mV 之间，如果超出范围可停止采集，并调整电道增益、磁道增益和磁道衰减后重新启动采集。详细操作步骤见“4.6 采集测试数据”和“4.7 查看时序曲线”。

六、采集测试数据

该功能一般用于仪器的硬件测试，具体的操作步骤如下：

1. 在主页面中单击“MT 测量”或者“AMT 测量”进入对应测量模式的页面，如图 4-3 所示。
2. 在“仪器”后的下拉框中选择需要操作的仪器。
3. 在“采集任务”后的下拉框中选择“采集测试”。
4. 设置采集参数。
5. 点击“启动采集”按钮，开始时序数据采集。
6. 如果当前时间达到设置的“停止时间”，则仪器自动停止采集，完成数据采集；用户也可提前点击“停止采集”按钮或者直接关机，完成数据采集。



图 4-3. AMT 测量模式的采集测试的参数设置页面

上图为采集测试页面，该页面中各个参数的意义为：

采样率：采集测试每秒钟采集的样点数。

DSP 陷波：是否对输入信号进行 50Hz 陷波(滤除工频干扰)。

采集方式：包括同步采集方式和非同步采集方式。在同步采集方式下，采集站会在设置的 GPS 时间点开始采集数据；在非同步采集方式下，采集站直接启动采集。

测试数据：设置是否需要将数据保存到文件中。

标定信号频率：设置采集站内部 CPLD 输出的标定信号的频率值。

输入：设置各通道的信号输入源，包括“外部输入”和“内部标定”。

衰减： 是否需要对通道输入信号进行衰减。

增益： 对通道输入信号进行放大。

七、查看时序曲线

查看时序曲线的操作步骤如下：

1. 在主页面中单击“MT 测量”或者“AMT 测量”进入对应测量模式的页面，如图 4-4 所示。
2. 点击“时序监控”标签，切换到时序监控页面。
3. 在“仪器”后的下拉框中选择需要查看的仪器。
4. 设置显示的通道、起始点及显示长度后，点击“开始”按钮，时序监控页面开始输出时序曲线。
5. 需要停止监控时序时，单击“暂停”按钮。

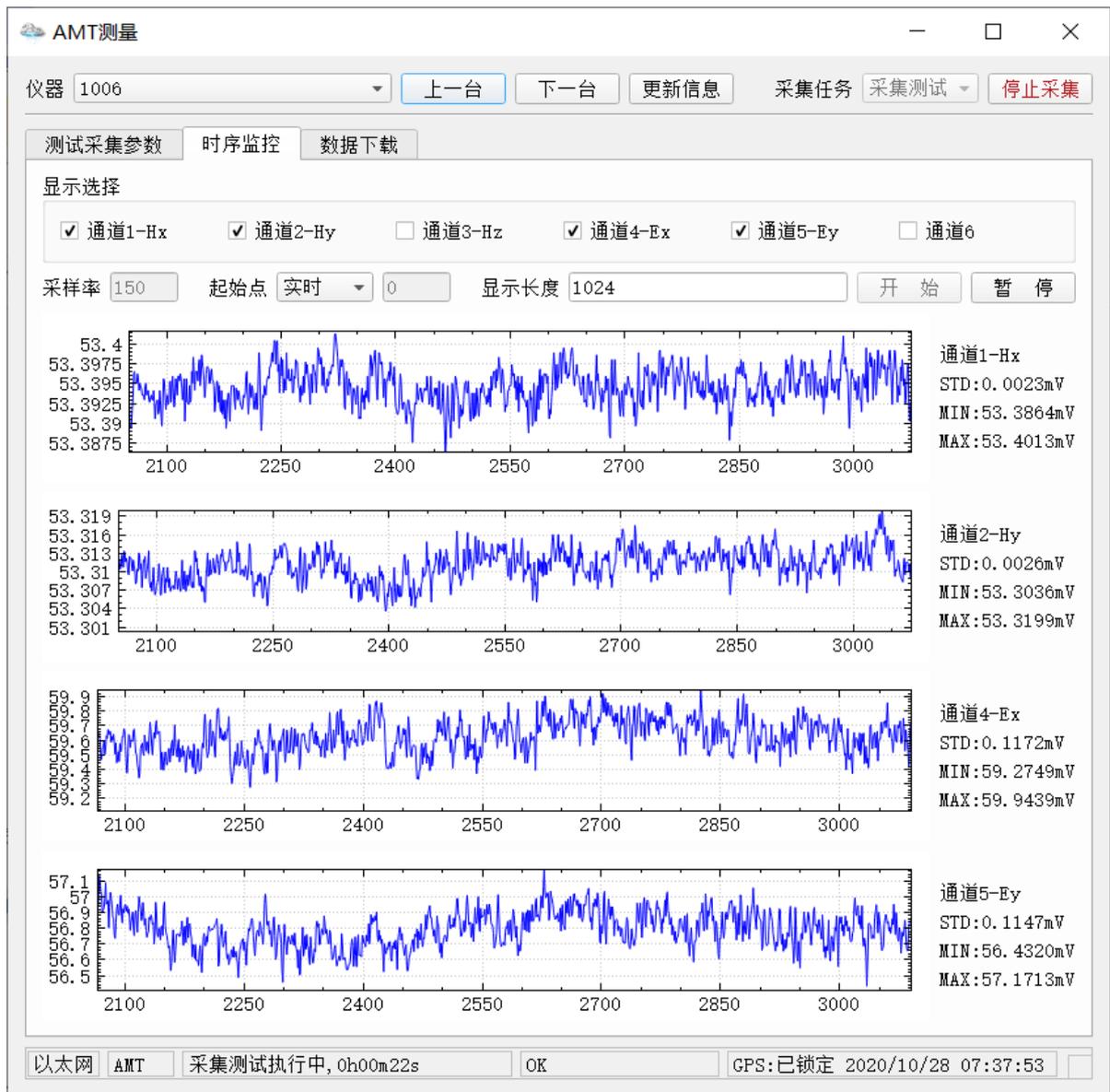


图 4-4. AMT 测量模式的时序监控页面

上图为查看时序曲线的页面，该页面中各个参数的意义为：

起始点：“实时”表示显示最新采集的时序数据，“自定义”表示根据用户设置的起始样点为显示起点。

显示长度：该值为绘图页面中需要显示的采样点数。

STD：绘图页面中所有样点数据的均方差。

MIN：绘图页面中所有样点数据的最小值。

MAX：绘图页面中所有样点数量的最大值。

注意：为了保证在不饱和的情况下采集到最优数据质量，在开启 DSP 的 50Hz 陷波时，“STD”、“MIN”、“MAX”值的最好保持在 0.1mV-100mV 之间，如果

超出范围可停止采集，并调整电道增益、磁道增益和磁道衰减后重新启动采集。

八、常见问题

1. 软件提示采集失败，仪器连续闪烁红灯。

原因：(1)数据采集开始后，用电脑连接仪器监控时序或者下载数据偶尔会导致仪器资源不足，出现该问题，此时只需重启仪器并重新启动采集即可。另在启动采集后，请勿长时间连接电脑监控时序，以避免该问题出现。

第5章 CSAMT 测量

一、概要

CSAMT 是一种人工源电磁测量方法，通过测量人工产生的电磁信号来计算地下不同深度介质的电阻率。CSAMT 对应的测量系统包括发送系统和接收系统，其中发送系统用于向大地发送不同频率的电流信号，而接收机从大地接收反馈的电场信号和磁场信号，两个系统需要严格保持同步以完成不同频率信号的测量和计算。

野外施工一般采用标量模式采集，图 5-1 为野外施工的布极示意图，图中包括控制中心、采集站、磁棒、测量电极、发射系统及供电电极。其中发射设备与供电电极组成发送系统，用于向地下发送不同频率的电流信号；控制中心、采集站、磁棒与测量电极组成接收系统，用采集从大地反馈的电磁信号，并将电磁信号并转为为卡尼亚视电阻率。采集站包括磁采集站(图中采集站 0)和电采集站(图中采集站 1、2)，其中磁采集站外接磁棒(磁棒与测线垂直)，用于采集磁场信号，该采集站在测线上的位置比较灵活，只要保证磁信号采集位置和电信号采集位置之间的距离不超过设计值(一般为 500m)，如果测线较长，则可以布置多个磁采集站；电采集站外接 7 个测量电极，相邻两个电极为 1 道，共组成 6 道，用于采集电场信号，在实际测量中可以根据点距和剖面长度灵活调整采集站数量。

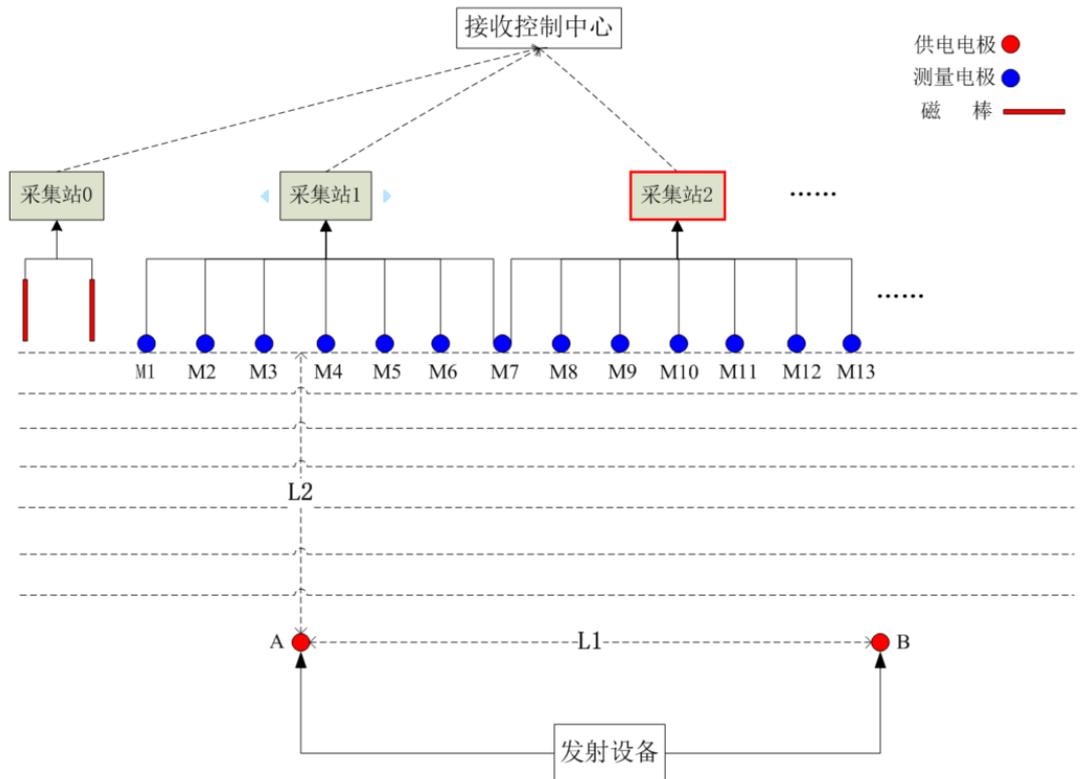


图 5-1. CSAMT 野外测量布极示意图

CSAMT 的收发系统利用高精度 GPS 进行同步，分别利用 GSEMCenter 和 TransCtrl 软件进行控制。其中 GSEMCenter 控制软件向接收系统发送 CSAMT 采集参数及扫频参数，接收系统在设定的时间点开始自动扫频接收，并实时计算不同频率的视电阻率；TransCtrl 控制软件向发送系统发送扫频参数，发送机接收到扫频参数后，在设定的时间点开始自动按照扫频表发送电流信号，直到所有频率信号发送完成。

在利用 GSEMCenter 软件控制接收机进行 CSAMT 测量时，需要在主页面中选中需要操作的设备名，然后点击“CSAMT 测量”按钮进入 CSAMT 测量模式，进入该模式后的 CSAMT 控制页面如图 5-2 所示。通过该 CSAMT 控制页面可实现 CSAMT 扫频采集，并能实时查看计算的视电阻率结果。

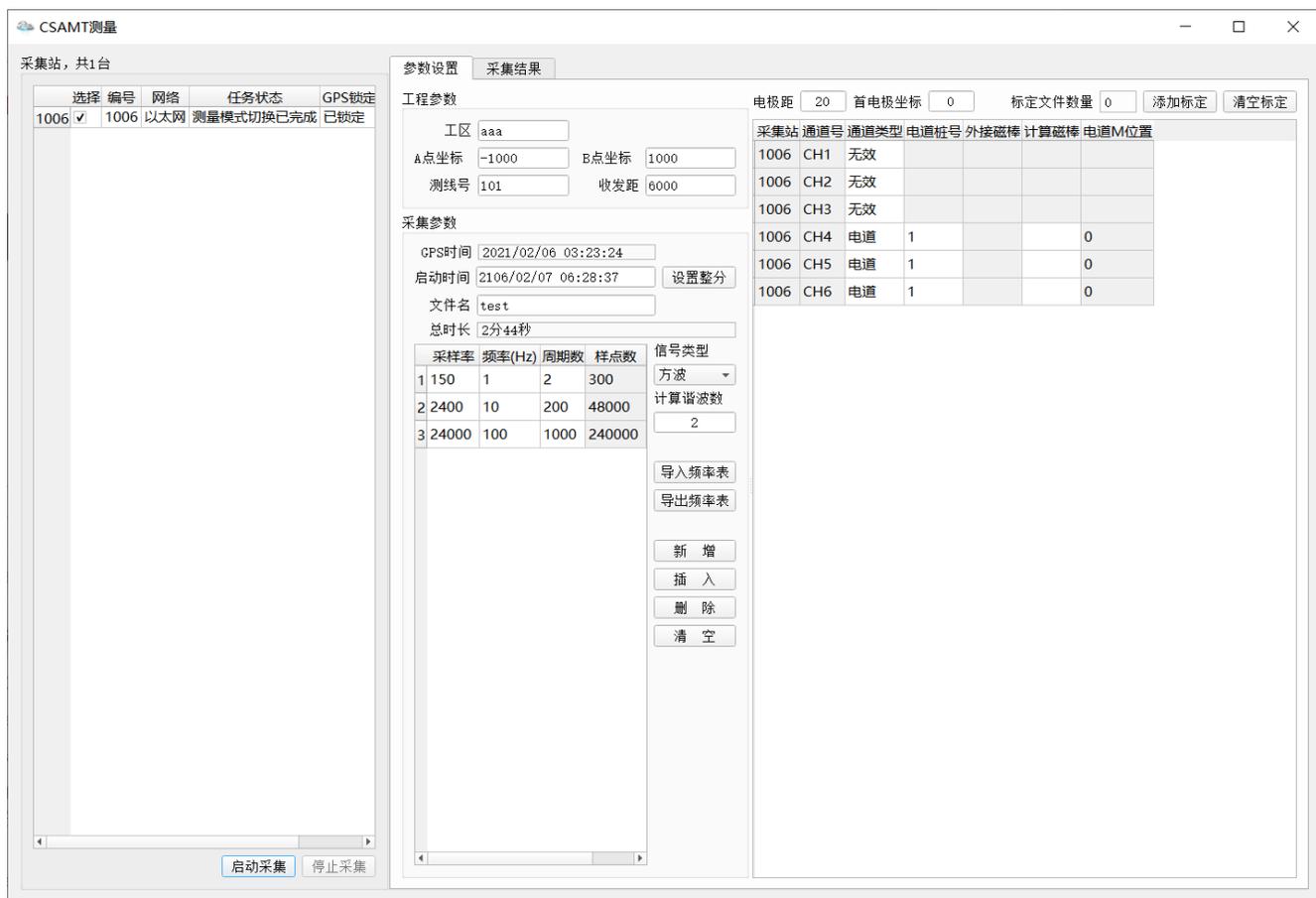


图 5-2. CSAMT 测量模式的控制页面

二、扫频采集

在切换到 CSAMT 控制页面后，可通过以下步骤完成 CSAMT 的扫频采集：

1. 根据野外 CSAMT 施工设计，建立平面直角坐标系，确认供电点及各设备电道所处的平面位置。一般将供电线 AB 的中心点作为 0 坐标，AB 方向为坐标 X 轴正方向，垂直 AB 方向为坐标 Y 轴方向。
2. 按照野外设备实际部署情况在软件“参数设置”页面填写“工程参数”，如图 5-3 所示。其中“ A 点坐标”为供电点 A 的 X 坐标、“ B 点坐标”为供电点 B 的 X 坐标、“测线号”为当前接收机布置的测量线号，“收发距”为供电线 AB 与接收线之间的垂直距离。坐标及距离的单位都为 m。

工程参数

工区	aaa	
A点坐标	-1000	B点坐标 1000
测线号	101	收发距 6000

图 5-3. CSAMT 测量的“工程参数”

3. 根据采集设备在测线上的布置情况填写设备的布设参数，并导入使用磁棒的标定文件，如图 5-4 所示。

电极距 首电极坐标 标定文件数量

采集站	通道号	通道类型	电道编号	外接磁棒	计算磁棒	电道M位置
1006	CH1	磁道		CM4C1042		
1006	CH2	电道	1		CM4C1042	0
1006	CH3	电道	2		CM4C1042	20
1006	CH4	电道	3		CM4C1042	40
1006	CH5	电道	4		CM4C1042	60
1006	CH6	电道	5		CM4C1042	80

图 5-4. CSAMT 测量的“工程参数”

上图中的“电极距”表示电道两个电极（小坐标的电极为 M、大坐标的电极为 N）的水平距离；“首电极坐标”表示接收排列电道编号为 1 的 M 电极的位置；“标定文件数量”表示当前已导入的磁棒标定文件数量，对于接收排列中使用到的每根磁棒都需要导入相应的标定文件，以在计算视电阻率时对磁道信号进行校正；“采集站”表示设备名；“通道号”表示设备使用的通道编号；“通道类型”表示该通道外部接入的信号类型，包括磁道、电道和无效道；“电道编号”是测量道在测线中的唯一标识，与电道的位置有关，一般在排列中按照坐标从小到大依次加 1 进行编号；“外接磁棒”表示磁道所接磁棒的名称；“计算磁棒”表示利用电道数据计算视电阻率时所使用磁道外接的磁棒号；“电道 M 位置”为根据电极距、首电极坐标和电道编号计算出的 M 电极的位置，在采集前应核对该参数与实际布设值是否对应。

4. 根据设计测量的频率范围重新编辑新的频率表或者导入已有的扫频频率表文件，如图 5-5 所示。



图 5-5. 频率表编辑或导入区域

上图中的“总时长”表示采集设备按照频率表完成扫频计算需要花费的总时间；“信号类型”为发送系统实际发送的波形，包括伪随机波形(频比为 2)、扩频波形及方波；“计算谐波数”表示每个频率需要计算的谐波次数，一般与发送波形和信号强度有关，比如 5 阶伪随机波形可设置为 5；“采样率”为接收机每秒采集的样点数，包含 150Hz/2400Hz/24000Hz 三个采样率，在设置时应保证采样率至少大于最大频率的 2 倍；“频率 (Hz)”表示发送波形的基本频率；“周期数”表示接收机采集的信号周期，一般在干扰大的频段应将周期数加大；“样点数”表示该频点采集的总样点；“时长”表示该频点采集和计算所需要的总时间，该值与频率、周期数和计算谐波数有关。单击“导入频率表”、“导出频率表”、“新增”、“插入”、“删除”及“清空”按钮可对频率表的频点项进行导入、导出或增减操作，双击频率表的显示框可修改对应的频率参数。设置好频率表后，最好将其保存到频率表文件中，以便下次直接导入或者用于发送机控制软件导入。

5. 设置本次采集的文件名和开始采集时间，如图 5-6 所示，并单击“启动采集”按钮，使接收机处于待采集状态，同时利用 TransCtrl 软件将同样的频率表和启动时间设置到发送系统中，使发送系统处于待发送状态。在设定的时间到达后，接收系统和发送系统开始同步协同工作，直

到所有频点采集完成。

采集参数

GPS时间

启动时间

文件名

图 5-6. 采集文件名及开始采集时间设置

- 单击“采集结果”，将控制软件的页面切换到视电阻率显示页面，软件可以实时显示计算出的视电阻率结果，如图 5-7 所示。该页面的具体操作见下一节。

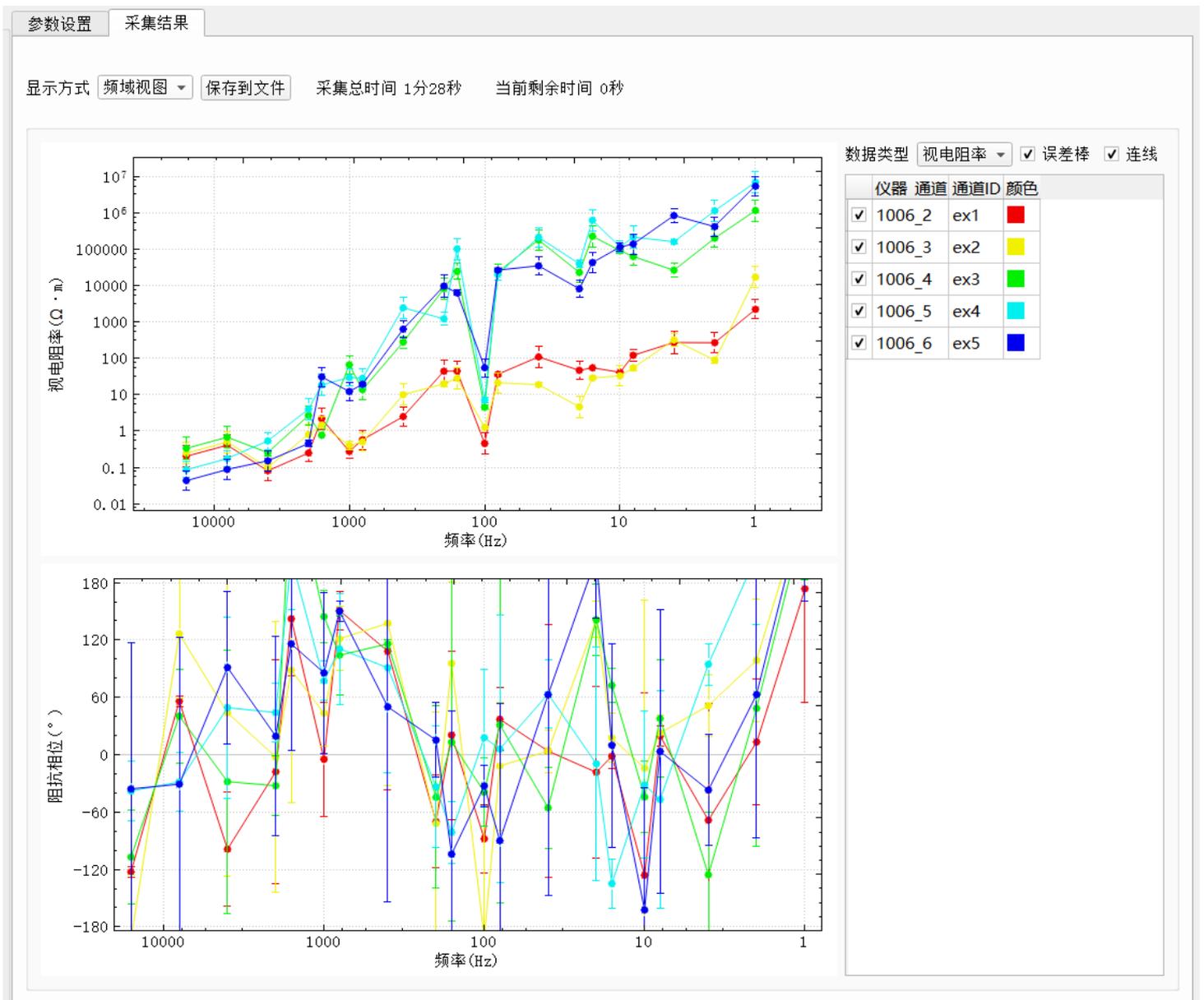


图 5-7. 视电阻率显示页面

三、查看采集结果

在接收机开始 CSAMT 扫频采集后，用户可以关闭 GSEMCenter 软件，待接收机采集完成后再连接接收机，获取采集结果；也可以利用 GSEMCenter 一直连接着接收机，实时获取显示采集结果。进入 CSAMT 测量模式后，点击控制软件的“采集结果”标签，软件会接入采集结果显示页面，接收机每完成一次采集，“采集结果”页面便会刷新一次，包括采集结果、“采集总时间”和“当前剩余时间”等信息。在完成所有频点的采集计算后，软件会自动弹出保存对话框提示用户保存计算结果，用户也可以通过点击页面中的“保存到文件”按钮保存计算结果。

采集结果显示页面中包括“数据表格”、“频域视图”及“空间视图”三种结果显示方式，其中“数据表格”是以数据表格形式呈现采集结果；“频域视图”是以频率为横坐标绘制的频域变化曲线图；“空间视图”是以位置为横坐标绘制的空间变化曲线图。

1. “数据表格”显示方式

“数据表格”显示方式的页面如图 5-8 所示。“频率(频点-谐波)”表示当前显示结果的频率，后面下拉框中包含了所有频率表中的频率，“频点”为频率表中的编号，“谐波”表示该频率的谐波编号。数据表格中“仪器_通道”表示该测点使用的仪器号和仪器的通道；“通道 ID”表示该测点在测线中的电道编号；“M 位置(m)”表示该测点的 M 电极所在位置；“采集进度”显示总扫频点数和已完成的扫频点数；“电信号(mV)”表示该测点的电场输入信息；“磁信号(mV)”表示该测点使用磁道的输入信号(磁棒输出的电信号，未转换为磁场信号)。

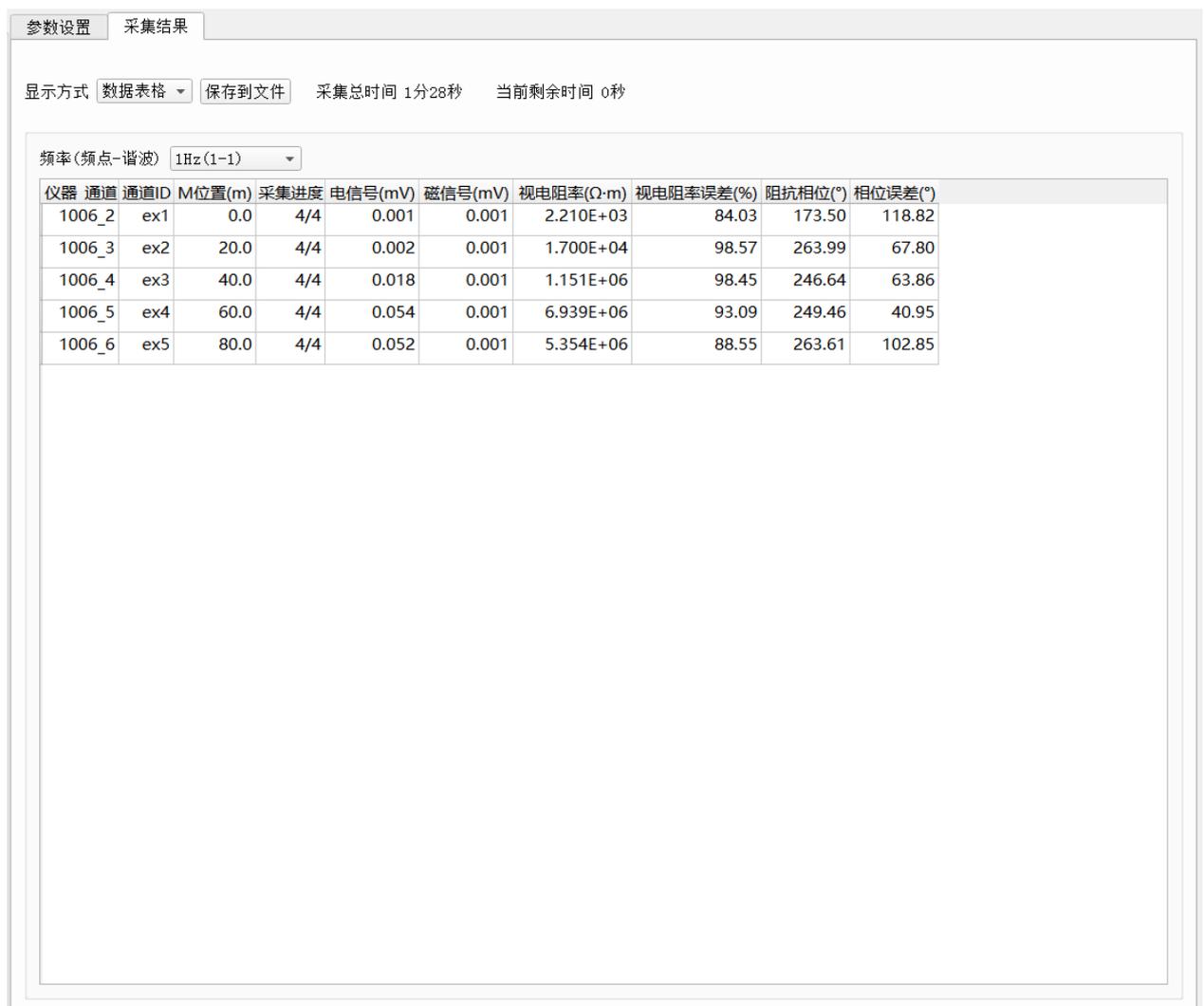


图 5-8. “数据表格”显示方式对应的页面

2. “频域视图”显示方式

“频域视图”显示方式是以频率为横坐标绘制的频域变化曲线图，其页面如图 5-9 所示，页面左侧为计算结果的绘图区域，右侧为绘图设置设置区域。

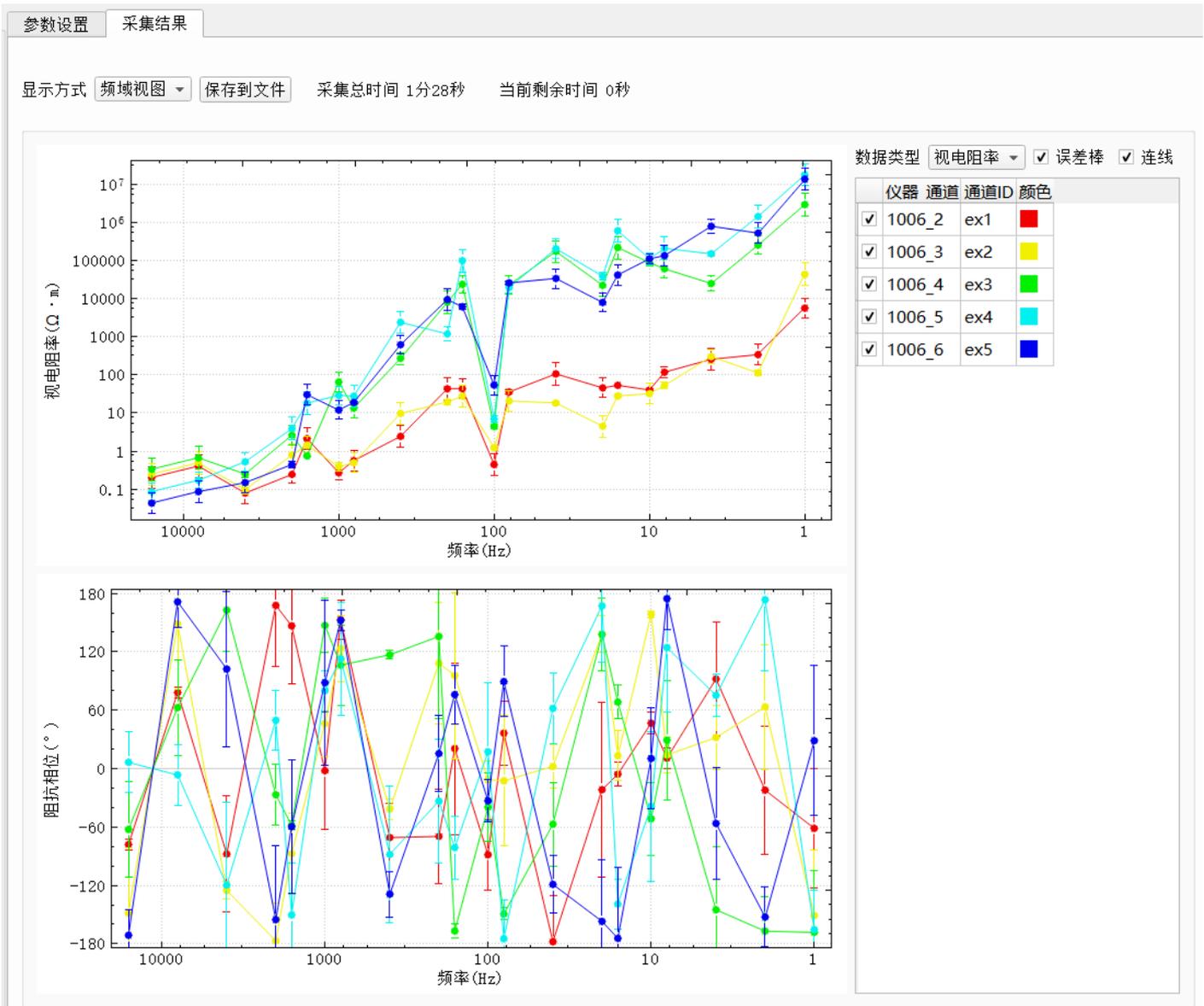


图 5-9. “频域视图”显示方式对应的页面

通过右侧的“数据类型”下拉框可以选择绘制“视电阻率”、“电场信号”及“磁场信号”三个参数中的一种；通过勾选或不勾选“误差棒”可以对视图中的误差棒进行显示或隐藏；通过勾选或不勾选“连线”可以对视图中数据点之间的线段进行显示或隐藏；通过勾选或不勾选曲线列表中的项目可以显示或者隐藏对应曲线；通过双击“颜色”栏的颜色框可以修改对应数据曲线的颜色。利用鼠标的点击、移动及手势等，可对视图区域进行缩放、移动及坐标追踪，具体操作见“4 视图区域常用操作”。

3. “空间视图”显示方式

“空间视图”是以位置为横坐标绘制的空间变化曲线图，其页面如图 5-10

所示，页面左侧为计算结果的绘图区域，右侧为绘图设置设置区域。具体操作与“2 频域视图显示方式”的操作一致。

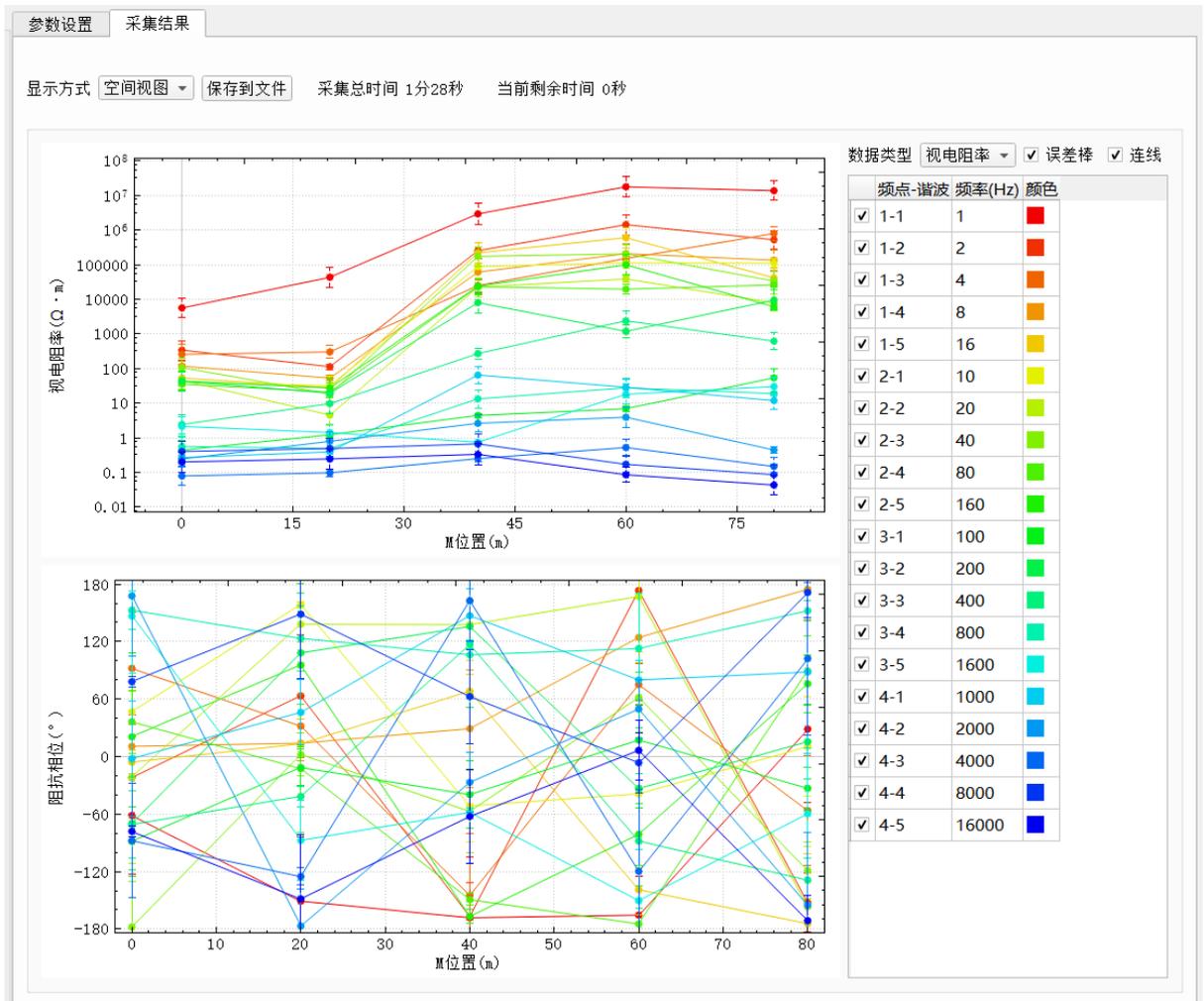


图 5-10. “空间视图”显示方式对应的页面

4. 视图区域常用操作

图形放大：光标放在绘图区，向前滚动鼠标。

图形缩小：光标放在绘图区，向后滚动鼠标。

图形移动：光标放在绘图区，按下鼠标左键不放，移动鼠标，释放鼠标。

自定义矩形放大：光标放在待放大矩形区域的左上角顶点处，按下鼠标右键不放，向右下角移动鼠标到待放大矩形区域的右下角，释放鼠标。

图形还原：光标放在绘图区，按下鼠标右键不放，向左上角移动鼠标，释放鼠标。

设置 X 轴：光标放在绘图区，单击鼠标右键，在弹出菜单中点击“X 轴对数

“，可以使 X 轴在对数坐标和线性坐标之间切换。

设置 Y 轴：光标放在绘图区，单击鼠标右键，在弹出菜单中点击“Y 轴对数”，可以使 Y 轴在对数坐标和线性坐标之间切换。

设置显示范围：单击鼠标右键，选择弹出菜单中的“范围设置”，软件弹出“显示范围设置”对话框。对话框中的“默认范围”表示为进行“图形还原”操作时显示的坐标轴范围，“当前范围”表示当前显示的坐标范围。修改“默认范围”后，在进行“图形还原”操作时才会生效；修改“当前范围”后，点击“确认”按钮后即刻生效。

第6章 SIP 测量

一、概要

频谱激电法（简称 SIP）是地球物理勘探中的一种频率域的激电方法。该方法通过在频率域作多频视复电阻率测量，利用其视电阻率及激发极化参数来分析地质问题。SIP 对应的测量系统包括发送系统和接收系统，其中发送系统用于向大地发送不同频率的电流信号，接收系统用于接收从大地反馈的电场信号，并计算出不同频率的视电阻率和激化参数。

SIP 发送系统包括发电机、整流器及发送机，其中发电机用于产生交流电信号，整流器用于将交流信号转换为直流信号，发送机用于将直流信号转换为预设波形并发送到 AB 供电端。控制发送机的软件为 TransCtrl，通过该软件可以设置启动时间、发送频率、发送波形及发送时长。

SIP 接收系统包括控制中心、1 台电流采集站及多台电压采集站，其中控制中心为安装了 GSEMCenter 控制软件的普通电脑，用于对所有电流采集站和电压采集站进行无线控制，电流采集站用于实时采集发送机发送的电流信号，电压采集站以无线分布式方式布置在测线上，用于采集各个测点 MN 的电压信号。在发送系统开始向大地发送电流信号后，操作员利用控制中心通过无线网络向电流采集站和电压采集站发送 SIP 测量参数，并启动所有采集站同步采集数据，采集站启动采集后实时向控制中心发送采集结果，控制中心接收到采集结果后计算出 SIP 参数并实时显示在结果页面中。

野外施工方法主要包含中梯扫面、三极测深、四极测深，三种方法的野外布极装置示意图如图 6-1、图 6-2、图 6-3 所示。中梯扫面施工时，先布设供电线和供电电极 A 及供电电极 B，然后在中间测线上布设采集站及测量电极（一般一次性布置一条测线），最后发送激电信号并利用控制中心控制所有采集站完成数据采集。三极测深和四极测深的施工方法类似，先根据剖面上的测点数量，一次性在整条剖面上布置全部测量电极和采集站，然后再根据设计的供电点逐点供电，每次供电时，所有通道同时测量，当所有设计供电点完成后，整条剖

面测量完成。

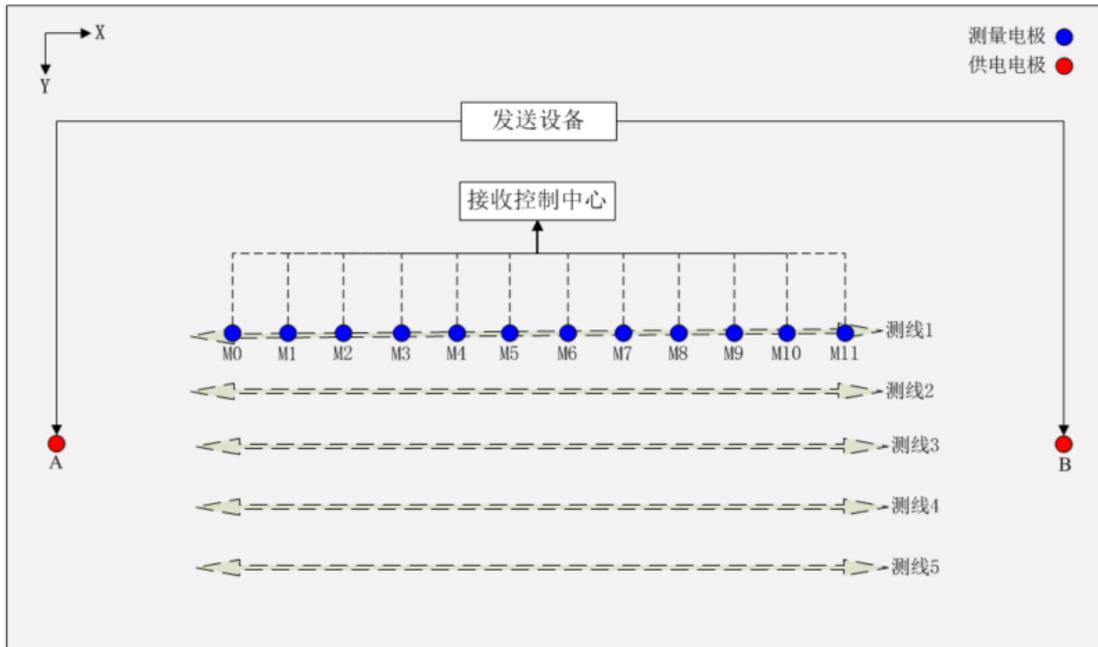


图 6-1. 中梯扫面野外布极装置示意图

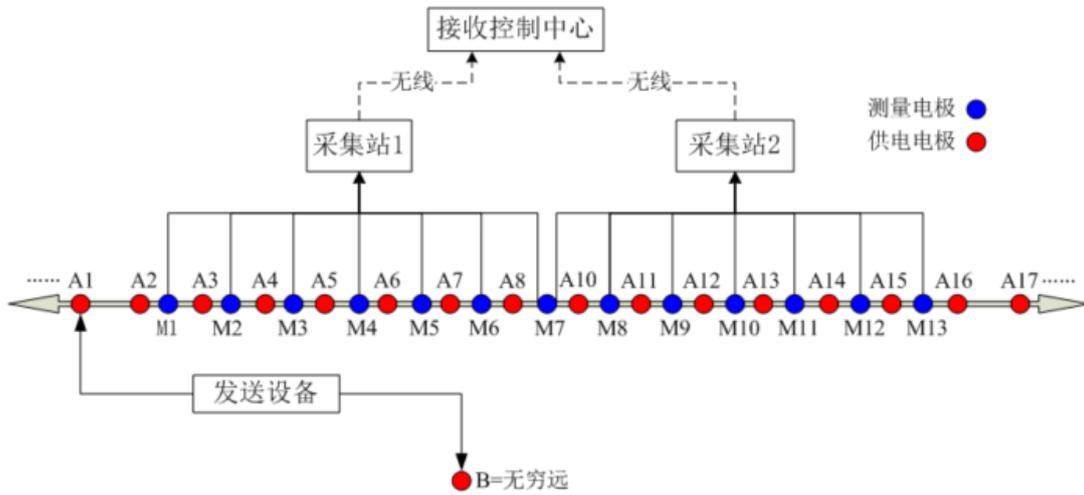


图 6-2. 三极测深野外布极装置示意图

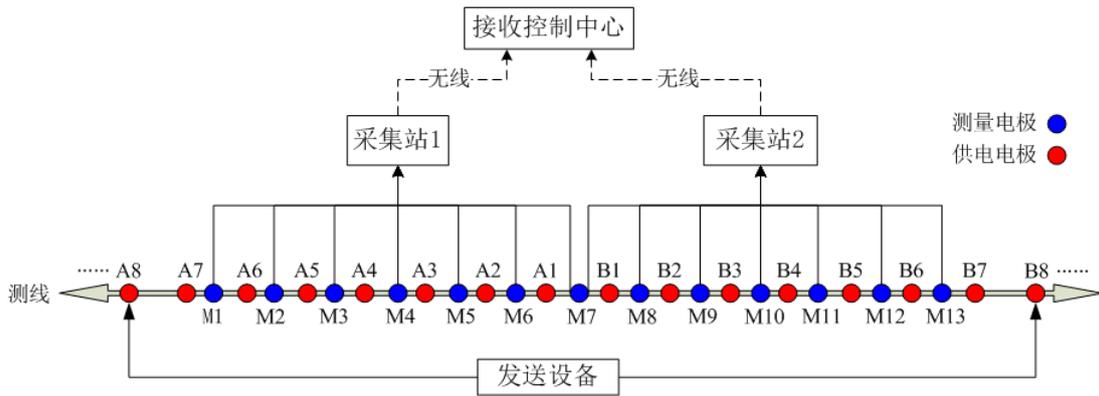


图 6-3. 四极测深野外布极装置示意图

二、SIP 采集

在布设好采集系统后，将无线控制模块插入电脑，打开 GSEMCenter 软件，并按照如下步骤完成 SIP 采集。

1. 设置采集站顺序

点击“管理采集站”按钮，进入采集站管理页面，如图 6-4 所示。图中显示的中继站和采集站都为无线控制模块发现的设备，表明控制中心能够与之通信，其中“中继模块”为已发现的中继站模块，左侧列表为已发现的采集站，右侧模块为设置的需要参与测量的采集站。如果左侧列表未包含所有采集站，则需先确认布设的采集站之间在距离和视野上能够通信，再点击“刷新 ZigBee 网络”按钮，看列表中是否能够显示所有采集站，如果未显示则重新操作直到所有采集站都显示在左侧列表中。在左侧列表中显示了所有的采集站后，点击“清空”按钮，清空参与测量的采集站，再按照实际布设的采集站顺序依次在左侧列表中勾选需要参与测量的采集站，然后点击“确定”按钮完成采集站顺序的设置。



图 6-4. 采集站管理页面

2. 检查采集站状态并进入 SIP 测量页面

在关闭了采集站管理页面后，控制中心会自动获取采集站上的基本信息，并显示在主页面中的列表框中，如图 6-5 所示。此时需要检查采集站的设备状态是否正常（“磁盘剩余”至少大于 100MB，“任务状态”非红色字体，“告警”为“无”），确认正常后，点击“SIP 测量”按钮进入 SIP 测量模式，如图 6-6 所示。如果进入 SIP 测量模式的时间较长，一般为测线上采集站之间的通信信号不好所导致，可以加中继站、延长采集站天线或者适当移动采集站位置来解决。



图 6-5. 采集站基本信息显示页面

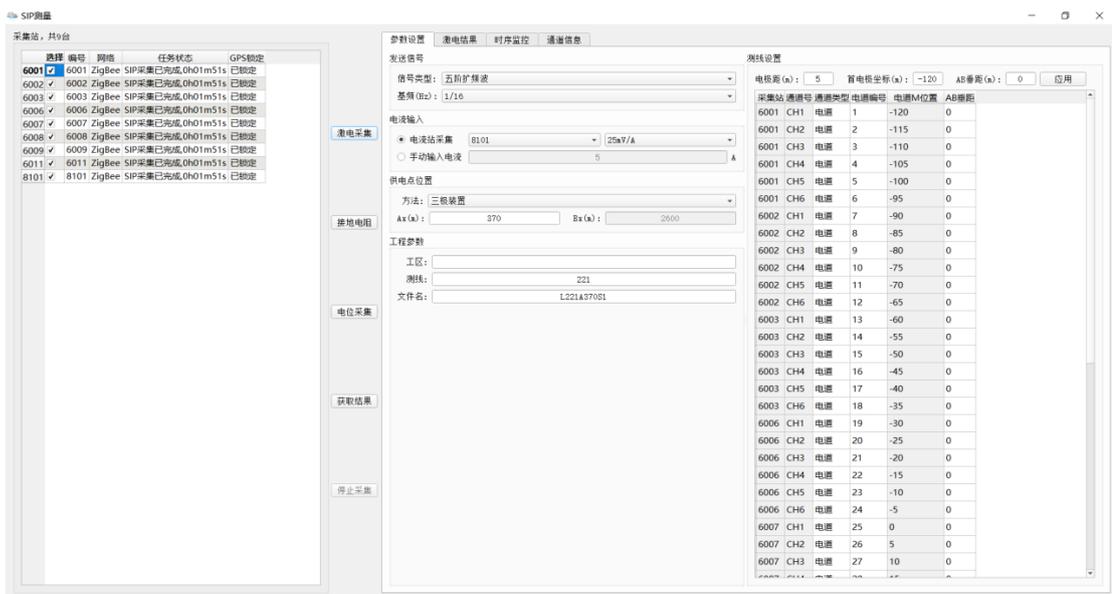


图 6-6. SIP 测量模式页面

3. 测量接地电阻

当采集站与线缆和电极连接好后，在左侧采集站列表页面选中已连接完成的采集站，单击“接地电阻”按钮，采集站自动测量外部的接地电阻，测量完成后，“通道信息”页面下会显示出对应采集站各通道的接地电阻，如果电阻较大，则需要检查连线和电极埋设情况并处理后重新测量，直到接地电阻满足要求。一般要求电阻不大于 5KΩ(特殊接地条件下可放宽至 10 KΩ)；电阻在 (5KΩ, 50KΩ)的范围时，一般是电极埋设导致电阻过大；电阻大于 50KΩ 时，一般是电极或线缆未连接好导致电阻过大。如果某个通道电阻过大，应检查该通道号(Cn)对应的两个电极(编号为 Cn 和 Cn+1)。

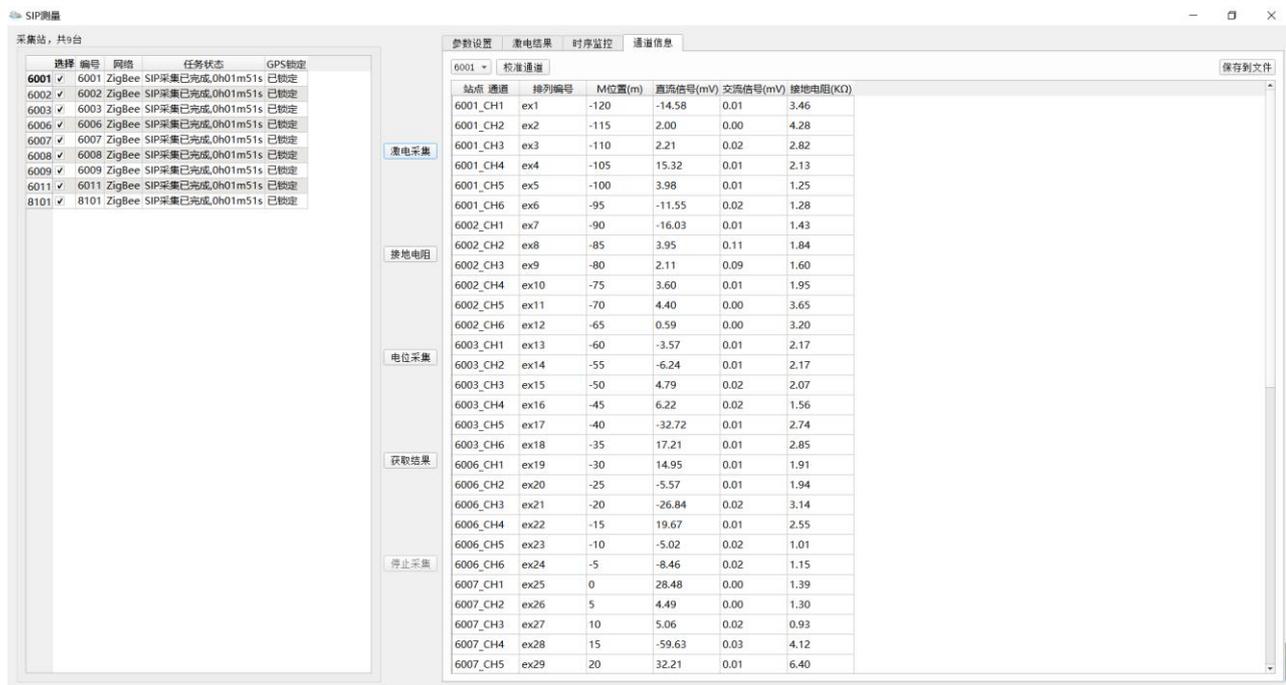


图 6-6. SIP 接地电阻显示页面

4. 设置采集参数

在所有采集站的接地电阻都正常后，点击“参数设置”按钮进入参数设置页面，并按照施工设计及采集站实际布设情况设置参数，如图 6-7 所示。其中电流输入暂时只支持“电流站采集”模式，电流采集参数的按照电流传感器上的标识输入；“文件名”的一般命名方式为“L 测线+A/B 供电点+S 采集次数”，A 表示正供电点，B 表示负供电点，如“L221B370S1”表示 221 测线的负 370 供电点的第 1 次采集；“测线设置”中的“电极距”表示相邻电极之间的距离(即 MN 距离)；“首电极坐标”表示测线上第 1 个电极的坐标；“AB 垂距”表示 AB 与测线之间的垂直距离，在二维测深时该值

为 0；修改“电极距”、“首电极坐标”、“AB 垂距”几个参数后，需要点击“应用”按钮，使设置生效；“通道类型”表征通道是否连接，默认的“电道”表示通道外部连接电极，当通道的某一个电极未连接时，应双击表格设置为“无效”；“电道编号”为采集站每个通道的编号，单击表头“电道编号”时，软件自动按照从 1 逐渐增加的方式对所有通道编号，也可双击表格手动修改编号；“电道 M 位置”表示通道第 1 个电极的位置，该值由“首电极坐标”、“电极距”和“电道编号”计算所得，无需设置和修改，但操作人员需要仔细核实该值与实际布设的位置是否相同，不同则需要检查参数是否设置正确。

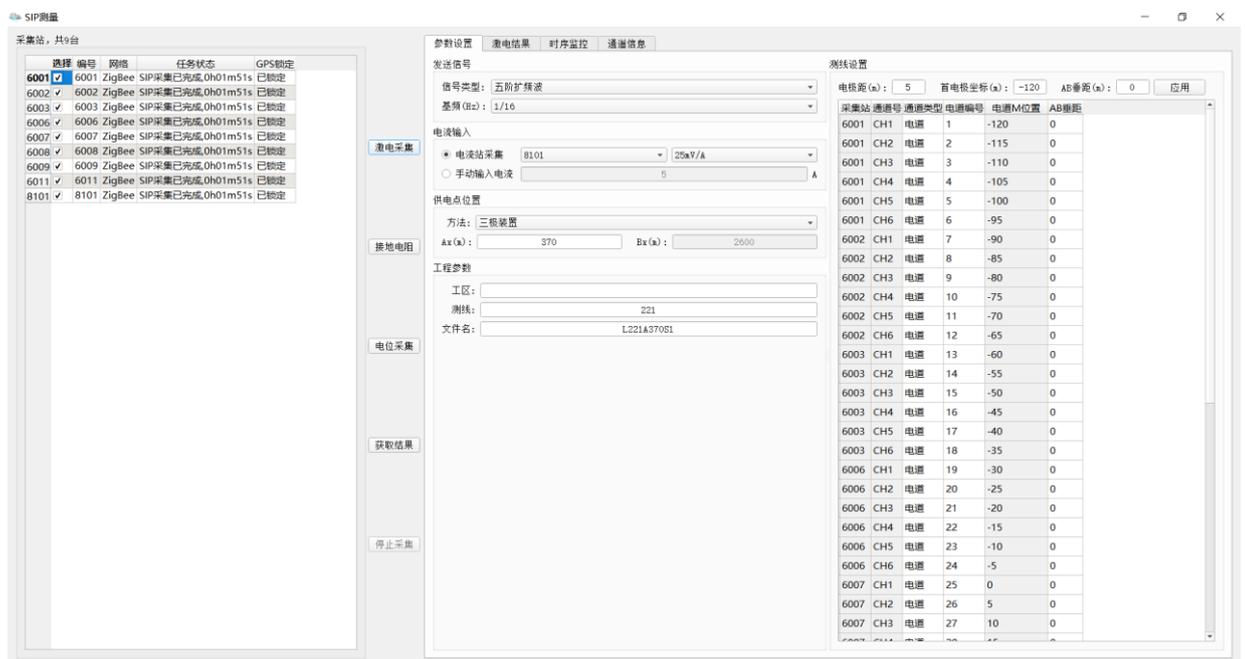


图 6-7. SIP 参数设置页面

5. 采集自然电位(可选)

在设置完采集参数后，查看左侧采集站列表中的 GPS 状态，当所有的 GPS 锁定后，选中所有采集站，并点击“电位采集”，当任务状态显示“电位采集已完成”时，点击“通道信息”标签切换到自然电位显示页面，再点击“保存到文件”，保存测量结果。在采集自然电位时，需要确定发送机未供电。

6. 启动 SIP 采集

在设置完采集参数后，查看左侧采集站列表中的 GPS 状态，当所有的 GPS 锁定后，先启动发送机发送电流，再选中所有采集站，点击“激电采集”按

钮，此时采集站开始采集数据，并每隔一段时间上传一次采集结果。采集结果显示在“激电结果”页面，如图 6-8 所示。如果某些采集站显示采集失败，可能是通信信号较差导致命令发送超时，此时只需停止所有采集，重新启动采集即可。如果多次采集失败或者某些采集站获取采集结果较卡顿，则应通过加中继站或者适当移动采集站，以提高通信质量。

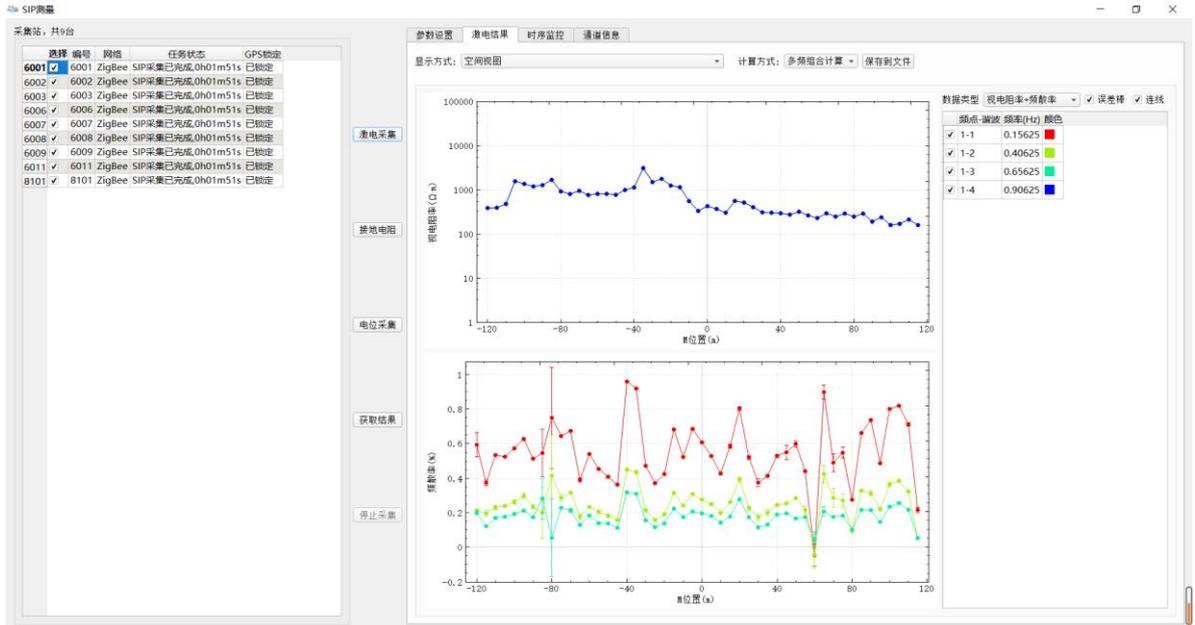


图 6-8. SIP 结果显示页面

7. 查看采集结果

启动采集后，采集站约在 1 分钟左右上传第 1 次结果，后面每隔半分钟左右上传 1 次结果。通过“激电结果”页面中的“显示方式”选择，可以显示图形，也可以显示数据表格，图形显示结果如图 6-8 所示，数据表格显示结果如图 6-9 所示。“计算方式”分为“单频计算”和“多频组合计算”，其中“单频计算”表示对扩频波所有频率独立计算和显示，该方式能够显示丰富的频率信息，但信噪比较弱；“多频组合计算”表示将扩频波所有频率分成 4 组，每组频率合并成 1 个频率后再计算显示，该方式减少了频点数量，但信噪比较强。野外一般使用“多频组合计算”模式。如果采集过程中退出 SIP 测量页面，或者重启了软件，再重新进入 SIP 测量页面后，应点击“获取结果”通知所有采集站重新上传测量结果，如果采集站测量时间较长，可能需要较长的传输时间。

8. 停止采集

当采集数据质量或者采集次数满足要求后，点击“停止采集”按钮，并根据弹出对话框的提示保存或不保存采集结果。

三、常见问题

1. 打开 GSEMCenter 后发现不了任何采集站

原因：(1)电脑中打开多个 GSEMCenter 软件，需要关闭多余的软件，只保留一个；(2)ZigBee 模块与电脑未连接，需要检查连接；(3)电脑连接了发送机，但未打开发送机控制软件；(4)采集站未开机或者与控制中心通信较差。

2. 启动激电采集后部分采集站反馈采集失败的信息

原因：(1)通信信号较差导致部分采集站接收到命令时已超过设定时间，只需停止所有采集，并重新启动采集站采集数据；(2)部分采集站的 GPS 未锁定，导致采集失败，此时需停止所有采集站的采集，等待 GPS 锁定后再重新采集。

3. 采集的数据质量误差较大

原因：(1)发送系统的信号已停止发送；(2)测量电极被拔出或测量线断开；(3)电流传感器未接入。