

尊敬的顾客

感谢您使用本公司生产的产品。在初次使用该仪器前，请您详细地阅读使用说明书，将可帮助您正确使用该仪器。



我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的仪器可能与使用说明书有少许差别。若有改动，我们不一定能通知到您，敬请谅解！如有疑问，请与公司售后服务部联络，我们定会满足您的要求。



由于输入输出端子、测试柱等均有可能带电压，您在插拔测试线、电源插座时，会产生电火花，小心电击，避免触电危险，注意人身安全！

● **慎重保证**

本公司生产的产品，自发货之日起三个月内，如产品出现缺陷，实行包换。一年（包括一年）内如产品出现缺陷，实行免费维修。一年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

● **安全要求**

请阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止本产品或与其相连接的任何其它产品受到损坏。为了避免可能发生的危险，本产品只可在规定的范围内使用。

只有合格的技术人员才可执行维修。

—防止火灾或人身伤害

使用适当的电源线。 只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

正确地连接和断开。 当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

产品接地。 本产品除通过电源线接地导线接地外，产品外壳的接地柱必须接地。为了防止电击，接地导体必须与地面相连。在与本产品输入或输出终端连接前，应确保本产品已正确接地。

注意所有终端的额定值。 为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。在对本产品进行连接之前，请

阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

请勿在无仪器盖板时操作。如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。**使用适当的保险丝。**只可使用符合本产品规定类型和额定值的保险丝。

避免接触裸露电路和带电金属。产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。

在有可疑的故障时，请勿操作。如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员进行检查，切勿继续操作。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易爆环境中操作。

保持产品表面清洁和干燥。

一安全术语

警告：警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

小心：小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。

电力电缆故障测距仪

目 录

第一章 概述	6
一、概述	6
二、功能特点	6
三、技术指标	7
第二章 仪器结构及操作方法	9
一、整机组成	9
二、主机面板	9
三、显示界面及菜单调整	10
四、基本操作	13
第三章 故障性质诊断	22
一、故障性质的诊断和工作模式的选择	22
第四章 低压脉冲法	23
一、适用范围	23
二、工作原理	23
三、测试步骤	24
第五章 脉冲电流法	28
一、适用范围	28
二、工作原理	28
三、测试步骤	30
第六章 多次脉冲法	35
一、适用范围	35
二、工作原理	35
三、测试步骤	36
第七章 联机	39
第八章 仪器维护	40
一、充电	40
二、质保	40

第一章 概述

一、概述

电力电缆故障测距仪，用于电力电缆故障点的距离测量，具有波形易于识别、分辨率高、界面友好、同时支持触摸按键和机械按键、易于操作等特点。

低压脉冲方式可以独立使用；在脉冲电流方式下需要和高压信号发生器配合使用；在多次脉冲方式下还须和电缆测试多次脉冲耦合器配合；在测距完成后须使用数字式多功能电缆故障定点仪进行精确定点。它们共同组成一套高性能的，能提供多种创新特性的电缆故障查找系统。

二、功能特点

1. 多种测距方法：
 - 低压脉冲法：适用于低阻、短路、断线故障的精确测距，还可用于电缆全长及中间接头、T型接头、终端头的测量，以及波速度的校正。
 - 脉冲电流法：适用于高阻、闪络型故障的测距，使用电流耦合器从测试地线上采集信号，与高压部分完全隔离，安全可靠。
 - 多次脉冲法：世界上最先进的测距方法，是二次脉冲法的改进。波形明确易于识别，测距精度高。
2. 400MHz 实时采样：
 - 国内同类仪器最高采样频率，与国际最高水平接轨。
 - 提供最高 0.1m 的测距精度，测量盲区小，对近端故障和短电缆特别有效。
3. 自动测量功能
 - 自动选择合适的范围和增益，给出故障位置，测试更简单。
 - 仅支持低压脉冲模式。
4. 自动定标功能：
 - 自动分析故障波形的特征波形，给出可能的故障位置。
 - 仅支持低压脉冲模式。
5. 增强画中画暂存比较功能
 - 界面显示采用画中画方式，由一个主窗口和三个暂存窗口组成，可同时查看三个暂存波形，使波形比较功能更加简单、直观、方便。

- 支持低压脉冲和脉冲电流波形比较功能，故障距离多方位验证，判断更准确。
6. 全局显示功能
- 对波形进行缩放时，同时显示全局波形，定标测距更方便。
7. 触摸操作和机械按键两种操作方式
- 触摸按键，操作更加灵活，具有手势操作功能。
 - 可以对光标进行拖拽，双击操作，定位更加简单、方便。
8. 高亮大屏彩色液晶显示，界面友好：
- 波形清晰，尤其在多次脉冲测试中，多个波形采用不同颜色，更易于识别。
 - 8 寸大屏幕液晶，亮度达到 $1500\text{cd}/\text{m}^2$ ，达到阳光可视要求。
 - 支持背光亮度自动调整功能。
9. 波形存储、计算机联机通讯：
- 可在机内存储大量波形。
 - 使用 U 盘进行波形数据的导出。
 - 可以和计算机（台式机或笔记本机）连接，进行联机通讯。
 - 提供计算机后台管理软件，对 U 盘转储的数据或联机数据进行数据管理。
10. 电源管理：
- 仪器在 1 分钟内无操作时，将减弱背光；30 分钟无操作，将自动关机，以减少电量消耗。
 - 当电池欠压时，仪器也将自动关机，以保护电池。
 - 内置锂离子电池，配有专用锂电池充电器，提供可靠的充电方式。
 - 工作时间长：使用充满电的锂离子电池，仪器能连续工作 ≥ 10 小时。
11. 坚固机壳，质轻便携。

三、技术指标

1. 工作模式：低压脉冲、脉冲电流、多次脉冲。
2. 信号增益调节范围：70dB。
3. 低压脉冲发射电压：30V。
4. 测量误差： $\pm (0.5\% \times L + 1\text{m})$, $L \geq 20\text{m}$
5. 低压脉冲发射脉冲宽度：40ns~20.5us

6. 最高分辨率：0.1m。
7. 最大采样频率：400MHz 实时采样。
8. 最大测距范围：100km。
9. 波速设定范围：100m/us~300m/us
10. 测距盲区：2m。
11. 波形保存数量：100 条
12. 通讯接口：USB,蓝牙(选配)。
13. 电源：锂离子电池组，标称电压 7.4V,6000mAh。
14. 电池供电时间：使用充满电的聚合物锂离子电池，可以连续使用 10 小时以上(随着电池的老化，连续使用时间会相应缩短)。
15. 充电器：输入 AC220V, 50Hz, 充电电流 2A, 充电时间 6 小时。
16. 体积：274×218×81mm
17. 质量：主机 2.6kg
18. 使用条件：
 - 1) 温度：-10°C～+40°C；
 - 2) 湿度：5%～90%RH (25°C)；
 - 3) 海拔：h<4500m。

第二章 仪器结构及操作方法

一、整机组成

整机包括：仪器主机、低压脉冲测试线、脉冲电流信号耦合器、充电器等。

二、主机面板

主机面板，见图 2-2-1 所示：

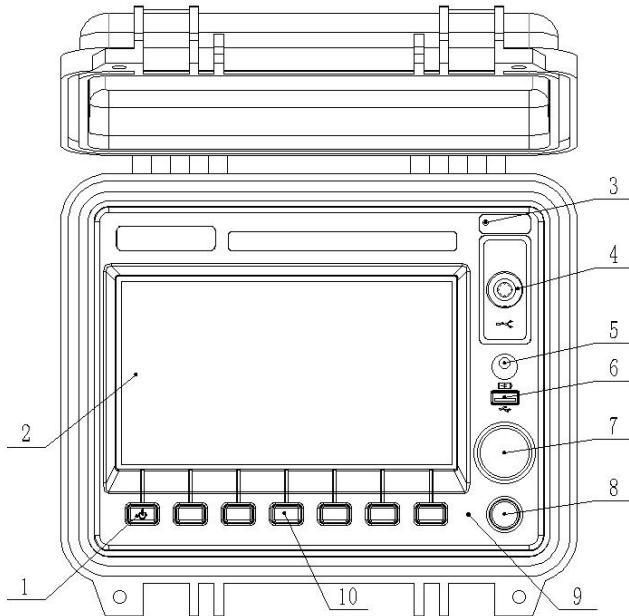


图 2-2-1 主机面板

其中：

1. 开机键：长按开/关机。
2. 显示屏幕：显示各种信息，显示的内容在以后章节中有详细介绍。
3. 环境光检测：环境光检测窗口，用于自动背光亮度调节。
4. 信号接口：接测试连接线，接入对应测试线后自动识别工作模式。
5. 充电接口：接充电器，用来给仪器内置锂离子电池组充电。

6. U 盘接口：插入 U 盘，用来导入或导出波形。

7. 旋钮：

操作模式	动作方式	执行功能
测距定标	旋转	调整虚光标位置
	短按	切换虚光标和实光标
	长按	使能增益调节，并旋转调整增益
菜单设置	旋转	调整菜单焦点位置
	短按	确定键

8. 测试键：

操作模式	操作方法	执行功能
测距定标	短按	单次测试
	长按	自动测试（在低压脉冲模式下）
菜单设置	短按	确定键

9. 蜂鸣器：

10. 功能键：共 7 个按键，最左侧红色键为开关机键，长按开机或关机。功能键对应功能在显示屏主菜单中指出，单击后进入对应菜单模式，再次单击退出菜单模式。

三、显示界面及菜单调整

显示界面如图 2-3-1 所示：

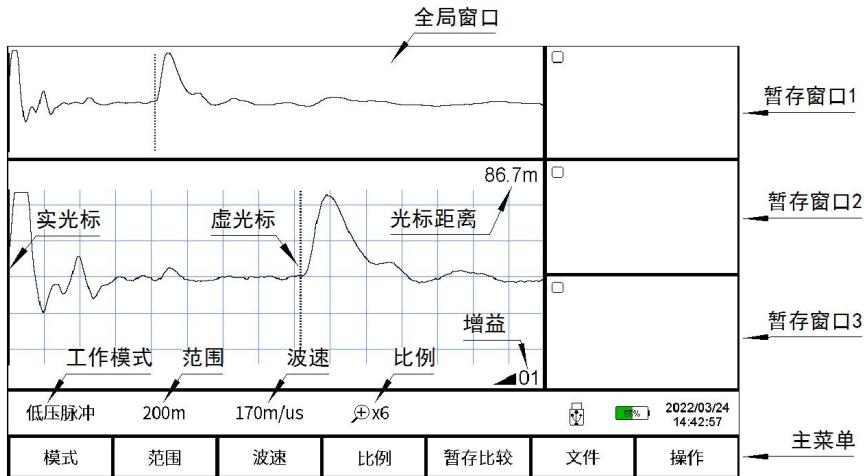


图 2-3-1 显示界面

本仪器采用独特的菜单操作模式，既可以使用触摸屏操作，也可以使用机械按键，操作更加灵活、清晰、直观。可操作菜单在显示屏的下部显示，如图 2-3-1。主菜单键分别为 模式、范围、波速、比例、暂存比较、文档、操作。菜单采用弹出式操作，当按下主菜单键后，会自动向上弹出对应的子菜单，使用旋钮或单击菜单键选择执行操作，再次按主菜单键退出子菜单。

下表为各个主菜单下子菜单内容。

主菜单对应子菜单内容

主菜单	子菜单
模式	通过接入线缆自动识别工作模式，模式下无子菜单。
范围	25m、50m、100m、200m、400m、800m、1.5km、3km、6km、12km、25km、50km、100km
波速	交联电缆、油浸纸、全塑电缆、橡胶电缆、波速加、波速减
比例	全局、缩小、放大、最大
暂存比较	1 区暂存、2 区暂存、3 区暂存、1 区比较、2 区比较、3 区比较
文件	机内存储、U 盘存储、主->U 盘、调出
操作	自动定标、自动测试、触屏矫正、设置

操作举例：例如当前界面如图 2-3-2 所示：

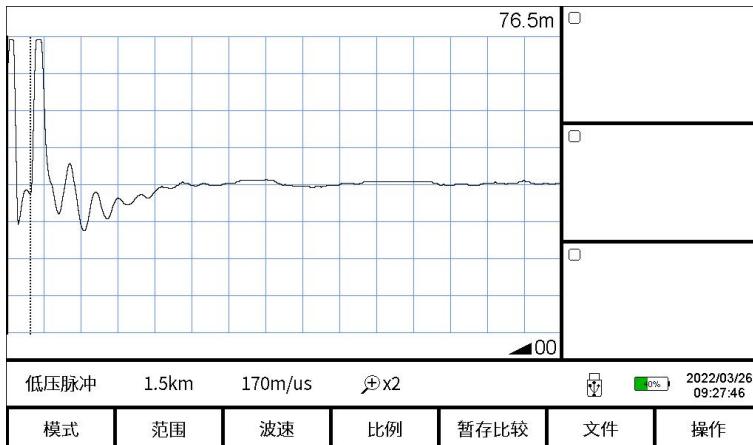


图 2-3-2 显示界面

观察波形发现，故障点可能位于波形的前半部分，1.5km 的测试范围过大，需要将范围调整为 100m，操作过程如下：

使用触摸屏操作方式：

点击**范围**菜单后，弹出子菜单，显示当前模式下可选择范围，如图 2-4-1 中范围子菜单所示，单击**100m**按钮，单击有效后自动退出菜单方式，查看范围值为 100m，说明修改成功。低压脉冲修改范围后自动测量一次。

测试波形如图 2-3-3：

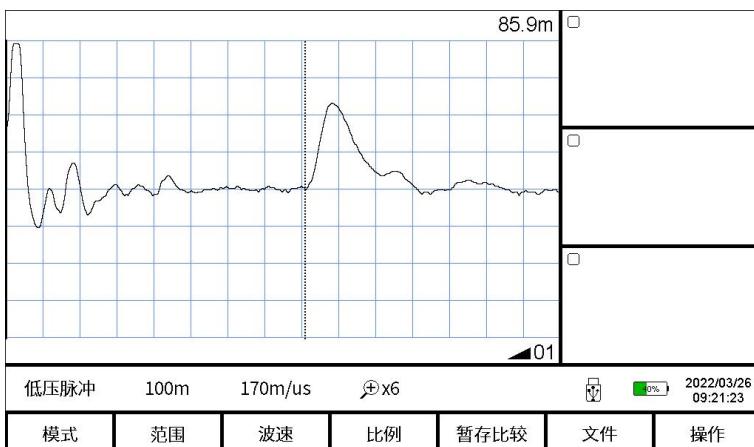


图 2-3-3

使用按键操作方式：

单击**范围**按键弹出范围子菜单，主菜单中高亮显示当前选择的主菜单。旋转**旋钮**选择 100m 范围，按**测试**键执行操作。查看范围值为 100m，说明修改成功。如不执行任何菜单操作，单击**测试**键退出菜单模式。

综上，菜单操作的一般步骤为：

- 选择主菜单，按下对应菜单键
- 选择子菜单键，按下对应功能键

在下文中，均以**主菜单键**—**子菜单键**（例如：**范围**—**100m**）的方式说明菜单操作步骤。

四、基本操作

1、测试范围选择：

测试范围即为仪器的量程。不同的工作方式下测试范围的选择方法不同。

低压脉冲方式和多次脉冲方式：初始测试时选择的范围应大于等于电缆全长。选择最接近故障点的测试范围，能够获得最高的定位精度，若发现可疑点较近，可以适当将范围缩小。

脉冲电流方式：初始测试时选择范围应大于电缆全长的3~5倍。如电缆全长为200m，则应选择800m~1.5km的测试范围。若发现可疑点较近，为了得到更高的测距精度，可以适当将范围缩小。

选择范围主菜单项可以进行范围选择，界面如图2-4-1所示。

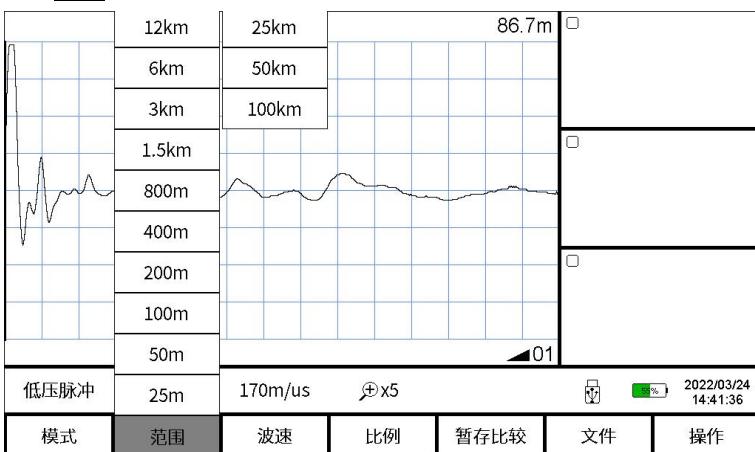


图2-4-1 范围菜单

2、增益调整

长按**旋钮**，使能增益调节如图 2-4-2；按住**旋钮**并旋转调整增益。

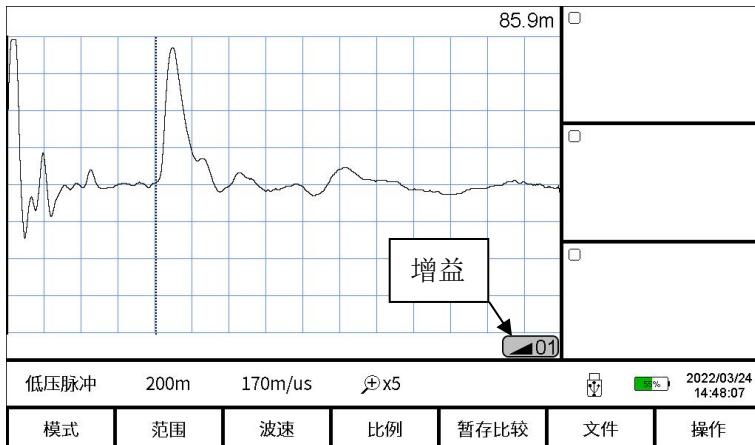


图 2-4-2 增益调节

3、波速调整：

仪器利用行波法进行测距，将行波传播时间乘以波速度得到故障距离，而行波速度与电缆的绝缘介质直接相关，因此根据电缆类型选择正确的波速度是测距正确的前提。选择**波速**主菜单项可以进行波速的设定和调整，界面如图 2-4-3 所示：

选择**波速**菜单，根据电缆类型选择对应的波速。

根据常用的电缆类型直接设定波速：

交联：交联聚乙烯电缆，波速 170m/us（开机默认值）；

油纸：油浸纸电缆，波速 160m/us；

全塑：聚乙烯全塑电缆，波速 201m/us；

橡胶：橡胶电缆，波速 220m/us。

使用**波速加**和**波速减**功能键可以微调波速。此时单击**波速加**或**波速减**子菜单不自动消失，单击**波速**键或屏幕其它位置后子菜单自动消失。

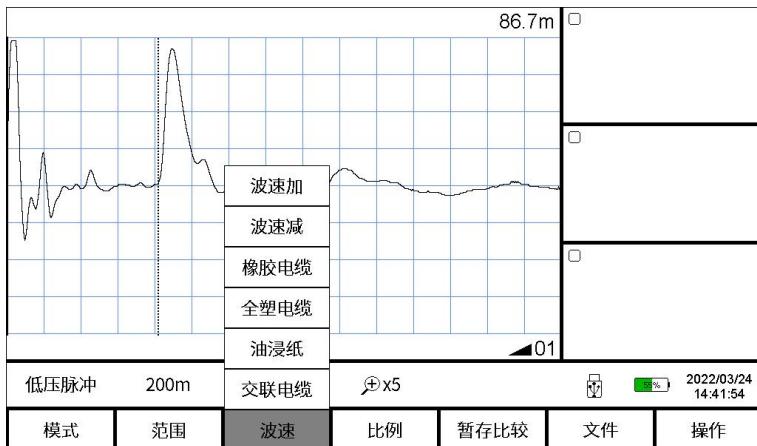


图 2-4-3 波速菜单

3、比例操作：

如果需要精确定点和分析波形的细节，可以使用比例操作对局部波形进行缩放。当波形放大到最大时，测距精度最高。选择 **比例** 主菜单项可以调节比例，界面如图 2-4-4 所示。

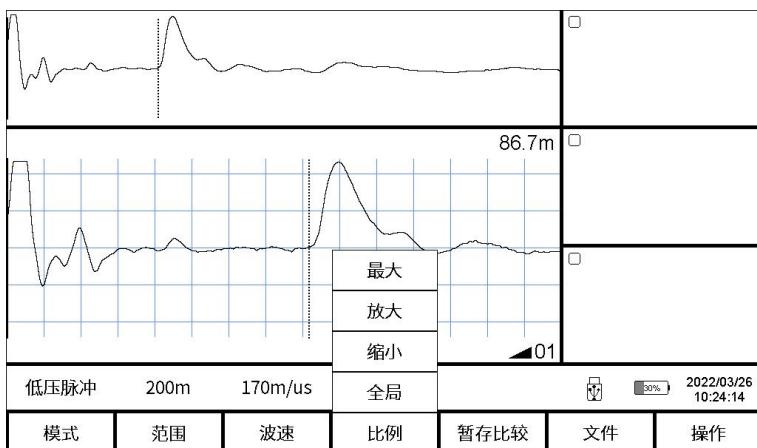


图 2-4-4 比例菜单

选择 **比例** 菜单，打开子菜单。

全局 恢复显示当前选择范围的全局波形。

缩小 波形以虚光标为中心横向收缩，显示的波形是全局波形的一部分，移动虚光标到达左右边界后波形会自动移动。

放大 波形以虚光标为中心横向扩展，显示的波形是全局波形的一部分，移动虚光标到达左右边界后波形会自动翻页。

最大 波形放大到最大，此时光标移动步长最小，定位最准确。

当主窗口波形不是全局波形时，会自动显示全局窗口。

4、暂存比较

如果需要进行波形比较，可以使用**暂存比较**功能。仪器可以暂存 3 个波形，并将暂存波形显示在暂存窗口中，这样可以更直观的选择需要比较的波形。见图 2-4-5. 支持低压脉冲和脉冲电流波形的比较功能。

功能键说明：

1 区暂存 将波形显示在暂存 1 区窗口。其它暂存键功能相同。

1 区比较 将暂存 1 区内波形显示在主窗口中，并点亮暂存 1 区标志。其它比较功能相同。

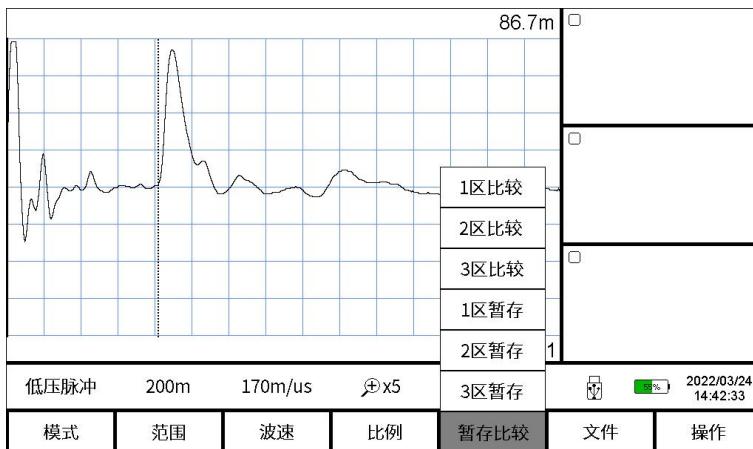


图 2-4-5 暂存比较

触摸操作：

通过在屏幕上绘制特定的形状，仪器识别并执行绘制形状所代表的功能。其中波形暂存和波形比较功能对应的形状为如图 2-4-6 所示：

1 区暂存 在屏幕上绘制，起点在主波形显示区，终点在暂存 1 区的曲线。

1 区比较 在屏幕上绘制，起点在暂存 1 区，终点在主波形显示区的曲线。

暂存 2 区和暂存 3 区的操作同暂存 1 区。在执行一次，则取消比较。

双击对应的暂存区域，也可以实现比较波形和取消比较操作。

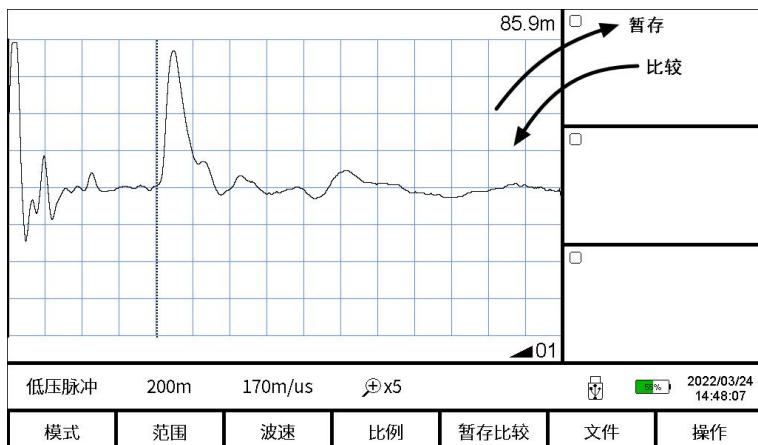


图 2-4-6 暂存比较

低压脉冲和脉冲电流比较操作方法：

- 1、 使用低压脉冲法测试，将测试波形暂存。
- 2、 切换为脉冲电流法测试，通过比较功能将暂存的低压脉冲波形显示在主窗口。

5、文档管理：

选择**文件**主菜单项进行文档操作，界面如图 2-4-7 所示：

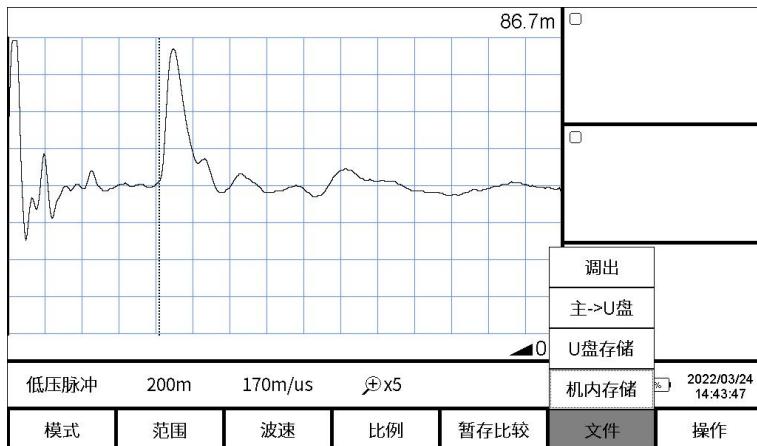


图 2-4-7 文件菜单

按键说明如下：

- 机内存储** 将波形存储在机器内部存储器中。文件名字称默认为工作方式英文简写加保存波形的日期，后缀为“.wav”格式。
- 低压脉冲简写为“TDR”；
- 脉冲电流简写为“ICM”；
- 多次脉冲简写为“ARM”。
- U 盘存储** 将波形存储在 U 盘中。需要将 U 盘插入 U 盘接口。
- 主->U 盘** 将 U 盘插到仪器的 USB 口，选择此项可将机内存储的所有波形导出到 U 盘中，以便于计算机后台软件进行存档、打印管理。
- 调出** 打开在机内保存的波形，按此键弹出调出文件窗口，如图 2-4-8 所示：



图 2-4-8 文件窗口

调出窗口下功能键说明：

执行**文件**-**调出**操作，弹出文件窗口如图 2-4-8 所示：

退出 取消操作或退出文档窗口。

确定 显示选定波形，将选定波形显示在主窗口中。

删除 删除选定文件，通过旋钮选择文件，按删除后提示“按确定键删除，取消键退出”。按下确定键确定删除。取消键退出删除。

清空 将保存在仪器内的所有波形删除（不可恢复）。按下该键后提示“按确定键清空，取消键退出。”按下确定键确定清空，取消键退出清空操作。

机内文件 选择机内存储的波形文件。

U 盘文件 选择 U 盘存储的波形文件，插入 U 盘后该按键才有效。

“**磁盘用量**”显示机内文件存储情况，磁盘用量达到 100%时无法存入波形。需要手动删除部分波形后才能继续存入波形。

6、参数设置：

执行**操作**-**设置**，弹出设置窗口如图 2-4-9 所示：主要用于脉冲电流延时、多次脉冲延时、日期时间和背光自动调节功能的设置。

参数修改步骤：

- 1、点击选择需要修改的参数，此时选择的参数会显示在小键盘的编辑框内。
- 2、使用小键盘修改参数值。
- 3、点击小键盘的OK键，确认修改。

日期时间修改需要单击“设置时间”才能生效。



图 2-4-9 设置界面

7、延时调整

脉冲电流和多次脉冲测试时，有时需要延时调整功能，具体操作见脉冲电流和多次脉冲章节。

8、退出测量

在脉冲电流和多次脉冲测量时，按**测试**键进入等待触发状态，通过再按一次**测试**键退出等待触发状态。

9、光标移动与测距

设备具有两个光标，实光标和虚光标，通过单击**旋钮**进行切换。旋转**旋钮**调整虚光标位置，“光标距离”显示的为实光标和虚光标之间的距离。

使用触摸笔按住需要移动的光标，通过拖动的方式移动光标，也可以在需要定标的位置双击屏幕，虚光标自动移动到双击位置。

触摸操作适用于粗略定标的情况，可以在粗略定标后使用**旋钮**进行精确定标。

12、日期时间设定：

仪器在存储波形时以日期时间作为检索标签，因此必须保证仪器内部时钟的准确性。如果出现误差，须进行重新设定，步骤如下：选择操作—设置功能，弹出设置窗口如图 2-4-9 所示，进行日期时间设置。

14、触摸屏矫正：

当发现触摸位置不准确时，需要进行触摸屏校准操作，执行操作—触屏校正命令，如图 2-4-10。按开机键退出或等待 10 秒后自动退出。



点击屏幕圆点，完成校准后自动退出。
十秒内不校准将自动返回主界面。

第三章 故障性质诊断

一、故障性质的诊断和工作模式的选择

在测距之前，须首先判断电缆的故障性质，据此选择合适的测距方法：

首先用兆欧表在电缆的一端测量各相对地及相间的绝缘电阻。如果兆欧表的测量值为零，则可能还有零到上百千欧姆的电阻，故还须用万用表测量电阻值；如各相对地及相间绝缘电阻很高，达到正常绝缘水平，则应测试导体是否断线：在电缆的一端将三相短接并对地短路，在另一端重复测量，判断是否断线。

故障性质和测试方法按下表判断和选择表

故障性质		表 现	测试方法
1	低阻 / 短路故障	兆欧表测量：0 万用表测量： $< 200\Omega$	低压脉冲法
2	断线故障	导体不连续	低压脉冲法
3	高阻故障	兆欧表测量： > 0 或： 兆欧表测量：0 万用表测量： $\geq 200\Omega$	脉冲电流法 或 多次脉冲法
4	闪络故障	兆欧表测量：达到正常绝缘水平 耐压试验：不通过	

使用不同的测试方法，需要接相应的测试连接线，信号发生器的工作状态也须相应转换，仪器能够自动识别不同的测试线，并切换工作模式。

在不同的工作模式下，操作主菜单项有不同功能，详细说明请参见后续章节；

第四章 低压脉冲法

一、适用范围

低压脉冲法用于电缆的低阻、短路及断线故障；还可用于测量电缆的长度、波速度；也可用于区分电缆的中间头、T型接头和终端头。

二、工作原理

测试时向电缆注入一个低压窄脉冲，该脉冲沿电缆传播到阻抗不匹配点，如短路点、故障点、中间接头等，脉冲产生反射，回送到测量点被仪器记录下来，如图 4-2-1 所示：

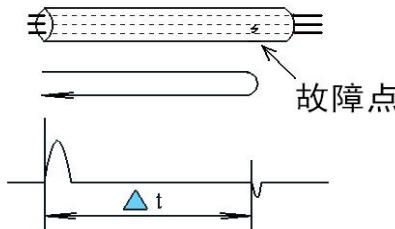


图 4-2-1 低压脉冲法原

从仪器发射脉冲开始计时，到接收到故障点的反射脉冲共需时 Δt ；脉冲行波传播速度为 V ，则故障点距离 L_x 为：

$$L_x = \frac{V \Delta t}{2} \quad (4-2-1)$$

不匹配点的反射系数 ρ 为：

$$\rho = \frac{(Z_i - Z_c)}{(Z_i + Z_c)} \quad (4-2-2)$$

其中 Z_i 为故障点的输入阻抗， Z_c 为线路的特性阻抗。

从式 4-2-2 可得到：断线故障反射脉冲与发射脉冲极性相同；而短路故障的反射脉冲与发射脉冲极性相反。因此通过识别反射脉冲的极性，可以判定故障的性质。

如图 4-2-2 和图 4-2-3 所示：

故障类型	波形特点
断线，开路	1、反射脉冲和发射脉冲极性相同。2、反射脉冲逐渐衰减。
短路	1、反射脉冲和发射脉冲极性相反。2、反射脉冲逐渐衰减。

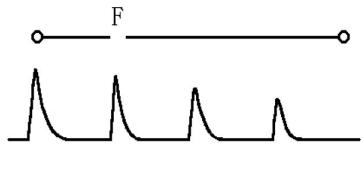


图 4-2-2 断线故障反射波形

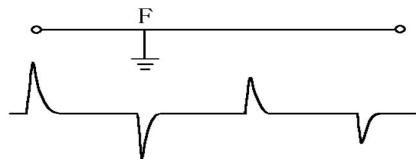


图 4-2-3 低阻 / 短路故障反射波形

三、测试步骤

1、接线：

首先用放电棒将电缆各相线对地充分放电；将低压脉冲测试导引线一端的插头接仪器的 **信号** 插孔，另一端的两个夹钳接故障相和地（或两故障相），如图 4-3-1 所示

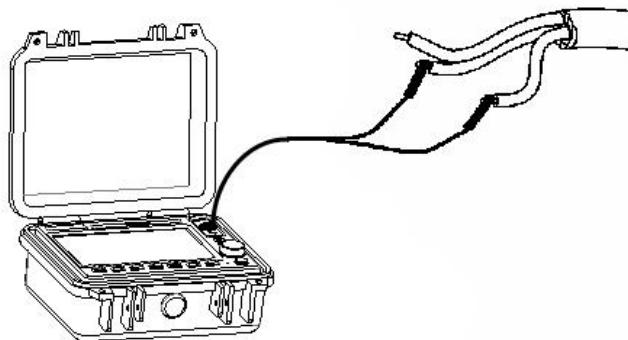


图 3-3-1 低压脉冲法接线图

2、选择测试范围：

初始测试时选择的范围应大于电缆全长。若发现可疑点较近，为了得到更高的测距精度，应适当将范围缩小。每改变一次范围，仪器会自动进行一次测试。

3、设定波速：

根据电缆的类型设定合适的波速。

几种常用电力电缆的波速为：

- 交联聚乙烯电缆：波速 170m/us
- 油浸纸电缆：波速 160m/us
- 聚乙烯全塑电缆：波速 201m/us
- 橡胶电缆：波速 220m/us

不同生产厂家或不同批次的电缆，即使是相同型号，其波速也会有细微差别，当需要精确测距时，需根据已知的电缆全长校准波速度，参见本节第 9 条。

4、调整增益：

长按**旋钮**，使能增益调节；按住**旋钮**并旋转调整增益。

5、故障点定位：

光标调整方法见“第二章，四、基本操作，9、光标移动与测距”。

将虚光标移动到反射脉冲的起始点，实光标移动到屏幕最左侧（默认位置），屏幕右上角显示的数值即为故障点距测试端的距离（光标位于其它位置，数值没有意义）。如图 4-3-2 所示：

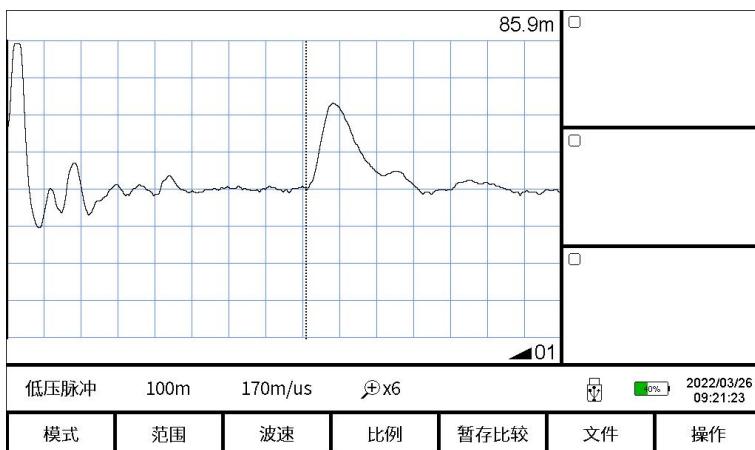


图 4-3-2 低压脉冲典型波形

6、精细测量：

使用**比例**操作可以将波形进行水平放大或缩小，得到更精细的波形和更高的测距分辨率，比例操作见“第二章，四、基本操作，3、比例操作”。

7、自动测试

长按**测试**键一键测试，自动扫描全部范围，选择合适的范围和增益，并给出定标测距结果。

8、相对距离测量：

若需得到故障点和一个参照点（如电缆接头或对端）的相对距离，操作如下：

一将其中一个光标移动到故障点处。

一按一下**旋钮**键，切换实光标和虚光标位置。

一将另一个光标移动到全长反射波形处；距离值即为相对距离，见图 4-3-3。

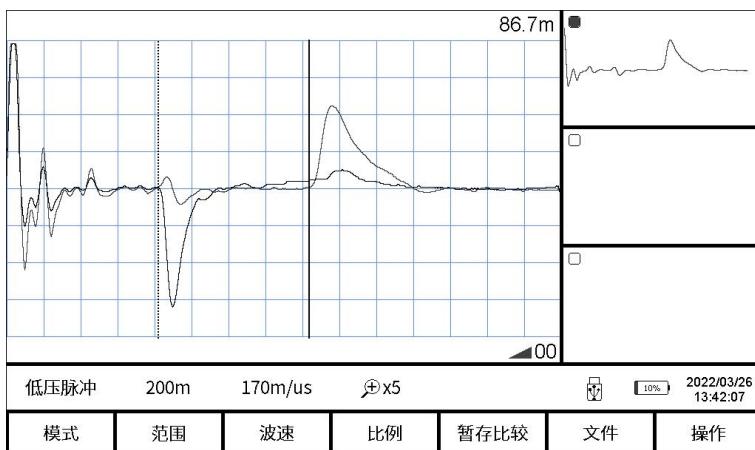


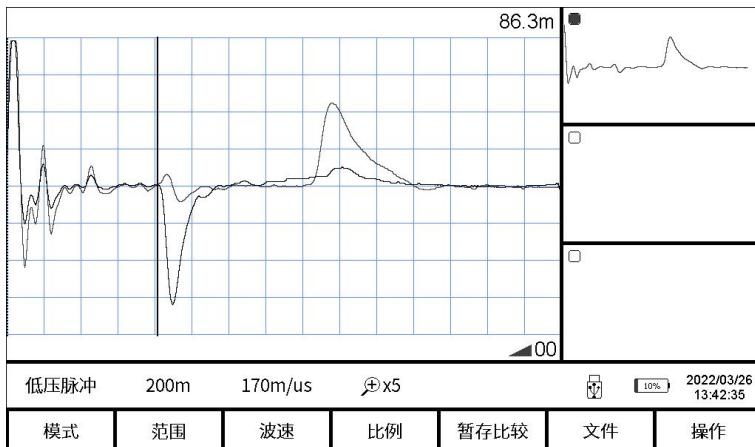
图 4-3-3 相对距离测量

9、波形比较：

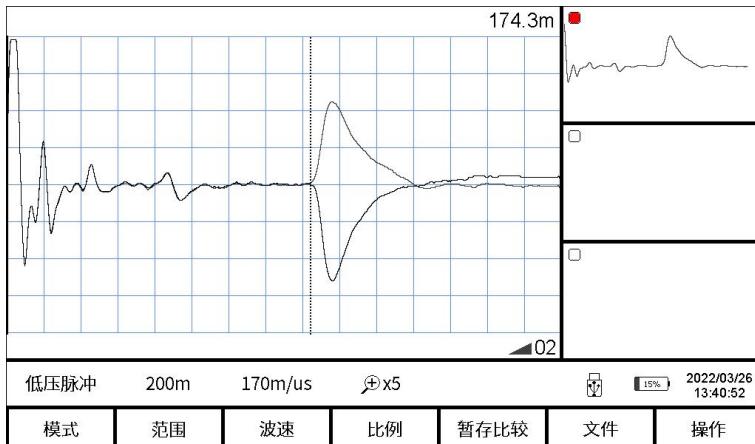
通过比较电缆故障相和完好相的反射波形，可以更容易的识别故障点。

首先，测试线接完好相，测试得到完好相的波形，选择**暂存比较**—**1 区暂存**功能，将当前波形暂存入仪器内存中，同时显示在屏幕的暂存窗口 1 中；然后，测试线接故障相，按**测试**键得到故障相的波形，选择**暂存比较**—**1 区比较**功能，使得两条波形用不同颜色同时显示，两波形分叉的起始点即为故障点，如图 4-3-4 所示（a）为电缆的故障相和完好相的比较波形，（b）为电缆全长对端人为短路和开路的

比较波形。



(a) 电缆的故障相和完好相的比较波形



(b) 电缆全长对端人为短路和开路的比较波形

图 4-3-4 波形比较

10、波速度校准：

根据已知的电缆全长，可以精确校准波速度。用一段已知长度的同类型电缆，测量其对端开路和短路波形并比较，将虚光标移动到波形明显分叉处，调整波速使得长度测量值和已知长度相同，则此时的波速为本条电缆的实际波速。

第五章 脉冲电流法

一、适用范围

脉冲电流法用于电缆的高阻和闪络性故障，需要和高压发生器配合使用。

二、工作原理

1、基本原理：

当电缆故障点绝缘电阻较大(大于 10 倍电缆特性阻抗, $R_f > 10 \times Z_c \approx 200\Omega$)时，故障点的反射系数很小，造成反射脉冲无法分辨，因此低压脉冲法无法测距。

使用高压发生器向故障电缆施加高压，使得故障点击穿放电，放电脉冲在故障点和测试端之间来回反射，用仪器采样记录此信号并测量时间差，将得到故障点的距离。

有两种方法可以采集放电脉冲信号：电压取样和电流取样，采用电流取样即为脉冲电流法：电流耦合器采集测试地（电缆金属外皮）流回高压储能电容的电流，与高压部分完全隔离，安全可靠，波形较易识别。

2、直闪法：

直流高压闪络法（直闪法）用于测量闪络性故障，即故障点绝缘电阻极高，但在做耐压试验时电压上升到一定水平产生闪络击穿的故障。

直闪法原理如图 5-2-1 所示，其中 T1 为调压器；T2 为高压变压器，容量应在 1KVA 左右；VD 为高压硅堆；C 为高压储能电容器，容量在 $2\mu F$ 以上；L 为电流耦合器。调节 T1 调压器，使得输出电压逐渐升高，直至故障点击穿。

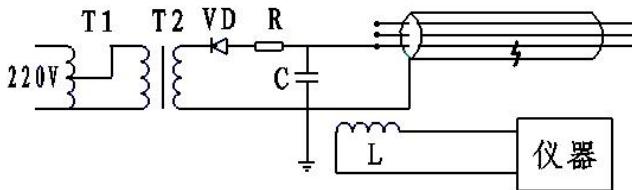


图 5-2-1 直闪法原理图

直闪法的波形如图 5-2-2 所示：

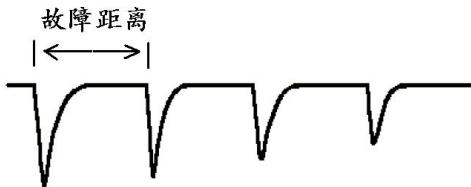


图 5-2-2 直闪法波形

3、冲闪法：

当电缆故障点的电阻不是很高时，故障点的泄漏电流较大，如果使用直闪法，因 T2 高压变压器的内阻很大，输出电压将无法升高到闪络电压，这时必须使用冲击高压闪络法（冲闪法）。冲闪法也适用于大多数闪络型故障。

冲闪法原理如图 5-2-3 所示，它与直闪法基本相同，区别在于在储能电容 C 和电缆之间串入一球间隙 G。调节 T1 调压器对电容 C 充电，当电容电压上升到一定程度时，球间隙 G 击穿，电容 C 对电缆放电，由于电容的内阻极小，输出电压将能足够高并使得故障点击穿。

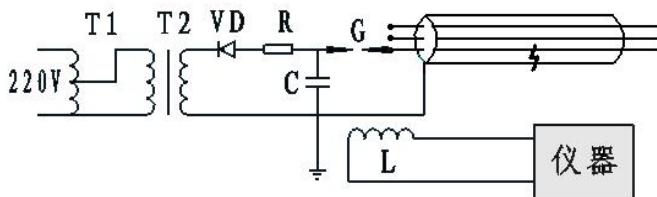


图 5-2-3 冲闪法原理图

冲闪法的波形如图 5-2-4 所示：

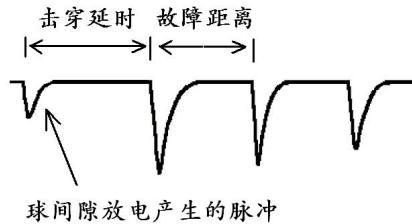


图 5-2-4 冲闪法波形

三、测试步骤

1、接线：

当与高压信号发生器配合使用时，接线如图 5-3-1 所示：

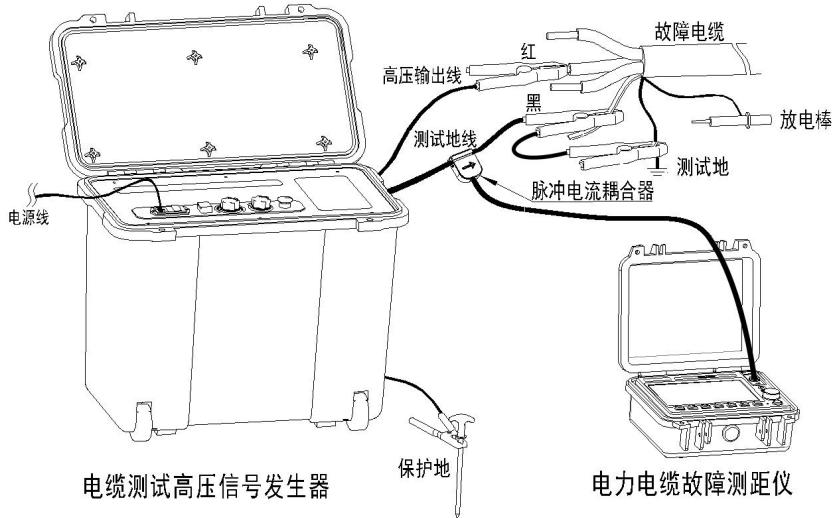


图 5-3-1 与高压信号发生器配合使用

将高压信号发生器的高压输出电缆的两个夹钳与被测电缆连接，在相地故障时，其中的黑色夹钳必须接测试地；将脉冲电流耦合器挂在测试地线上，特别注意耦合器的箭头必须指向电缆地线方向，**测试地线越直越好**。接入脉冲电流耦合器后，**工作模式** 自动切换到 **脉冲电流**。使用直闪法时，高压信号发生器的 **放电方式** 切换到 **直流**；使用冲闪法时切换到 **手动** 或 **周期**。

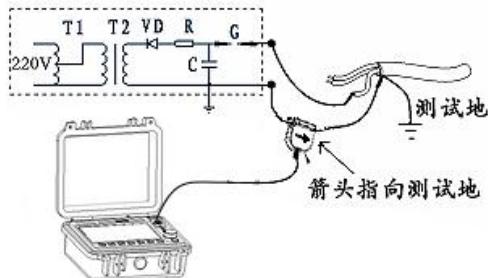


图 5-3-2 工作原理

本仪器也可与第三方提供的高压设备，或用户自行组合成的高压放电装置配合使用，接线如图 5-3-2 所示。

2、选择测试范围：

接线注意事项：

- 接线前须对电缆充分放电！
- 高压发生器的保护地必须接好，并不得直接接测试地！
- 相地故障时，高压信号发生器的黑色夹钳必须接测试地，相间故障时应将黑色夹钳接的电缆芯线并接测试地，错接将可能导致设备损坏和事故！
- 耦合器的箭头必须指向电缆地方向。
- 耦合器挂接的测试地线越直越好（尤其在耦合器附近）。
- 保护地和测试地为不同的接地点，请勿合并在一起。

与低压脉冲法稍有不同，脉冲电流是通过检测放电脉冲在故障点和测试端之间来回反射的脉冲来定位故障。所以范围一般为测试距离的 3~5 倍，确保有多个来回的反射脉冲。

如果观察高压发生器的高压表，发现放电时电压跌落明显，故障点已经放电，但仍然没有得到放电波形，说明故障点的击穿延时可能较长，可以适当将范围增大再测试，若还得不到放电波形，需要调节击穿延时设置，见本节第 7 条一击穿延时的设置。

3、设定波速：

根据电缆类型设定合适的波速。

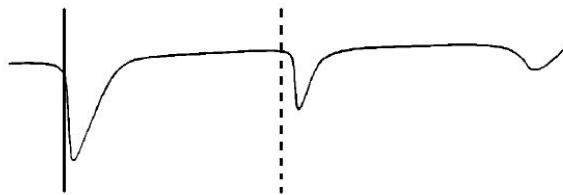
4、测试并调整增益：

按 **[测试]** 键，仪器进入等待状态，当高压发生器对电缆放电后，仪器触发、采集并显示波形。若波形过小须调高增益，反之调低，再重复测试，直至获得满意的脉冲电流波形。

注：在等待触发状态，再次按下**[测试]**键，退出等待触发状态。在等待状态下屏幕菜单禁止操作。

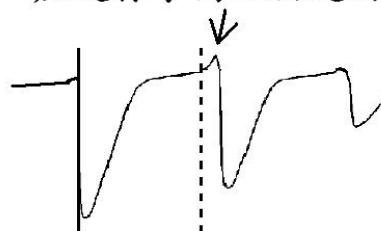
5、故障点定位：

移动光标将实光标定位在第一个放电脉冲起始点，将虚光标移动到第二个脉冲起始点，其相对距离即为故障点距测试端的距离。图 5-3-3 为一组典型的直闪法波形，图 5-3-4 典型的冲闪法波形。

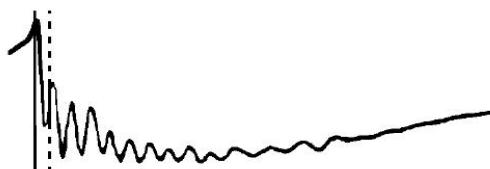


(a) 较理想的直闪法波形

电感影响，造成反射波波头向上凸起
应定标于向上凸起的起始点



(b) 典型的直闪法波形

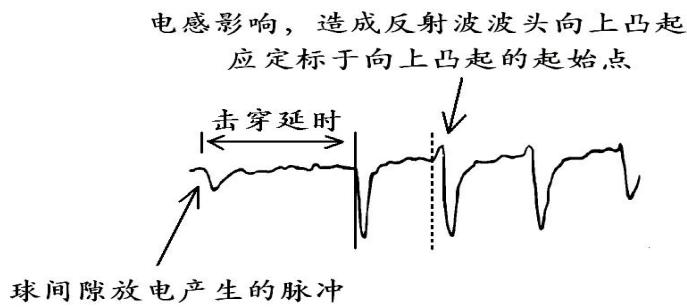


(c) 近距离故障直闪法波形



(d) 极近距离端头故障直闪法波形

图 5-3-3 典型的直闪法波形



(a) 典型的冲闪法波形



(b) 较长延时的冲闪法波形



(c) 近距离故障冲闪法波形



(d) 极近距离端头故障冲闪法波形

图 5-3-4 典型的冲闪法波形

6、定标时的注意事项：

- 直闪法和冲闪法的区别在于冲闪波形往往有球间隙放电形成的脉冲，而且从球间隙放电到故障点击穿有一定延时；
- 由于杂散电感的影响，往往在反射脉冲波头有向上凸起，应注意将虚光标定位在向上凸起的起始点；
- 充分利用比例放大功能精确定标；
- 反射波头的凸起起始点有时不易精确定位，往往造成测距值略大于实际故障距离；
- 故障点必须击穿才能正确测距，判断故障点是否击穿的方法：
 - ① 故障点击穿时，球间隙放电声清脆响亮，火花较大。而未击穿时，一般球间隙放电声嘶哑，不清脆，而且火花较弱。
 - ② 电缆故障点击穿时，电压表指针摆动范围较大。而未击穿时，电压表摆动较小，
 - ③ 根据仪器记录波形判断。图 5-3-5 为电缆未击穿时的典型波形。

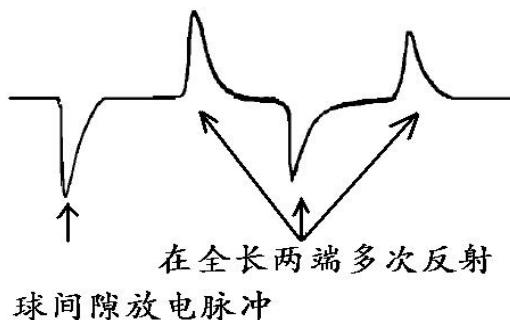


图 5-3-5 故障点未击穿时的典型波形

7、击穿延时的设置：

有些故障点大面积受潮的电缆，击穿延时可能很长以至于超出仪器的记录时间，造成故障点确已击穿，但仪器采集不到放电波形，这时可以人工设置击穿延时。

选择 **操作** – **设置** 功能，进入设置界面修改脉冲电流放电延时调，如图 2-4-9，延时值需要反复调节、重复测试，直至得到满意的波形。

第六章 多次脉冲法

一、适用范围

多次脉冲法用于电缆的高阻和闪络性故障，需要与高压信号发生器和多次脉冲信号耦合器配合使用。多次脉冲法的测试波形相比脉冲电流法简单，且易于识别。

二、工作原理

二次脉冲法的基本原理：向电缆施加高压使得故障点击穿产生电弧，电弧的交流电阻很低，可认为是一个低阻短路故障。采用一定的技术手段可使得电弧延续时间大幅度延长并稳定，在电弧延续时间内，向电缆发送低压脉冲，故障点处的电弧将把脉冲反射回测量端，其波形类似于低压脉冲法的低阻故障波形，如图 5-2-1(a)；在电弧熄灭后，故障点恢复到高阻状态，再向电缆发射一次低压脉冲，如图 5-2-1(b)将得到一个电缆末端开路的反射波形，如图 5-2-1(b)；将两个波形同时显示，在故障点处会出现明显差异，可很容易地判断并测量故障距离，如图 5-2-1(c)。

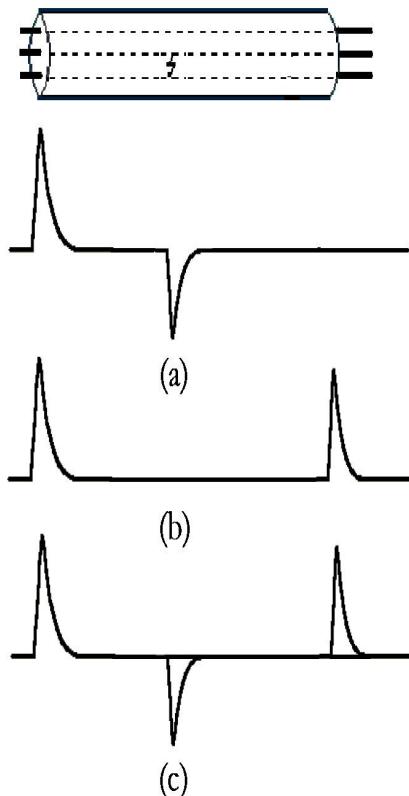
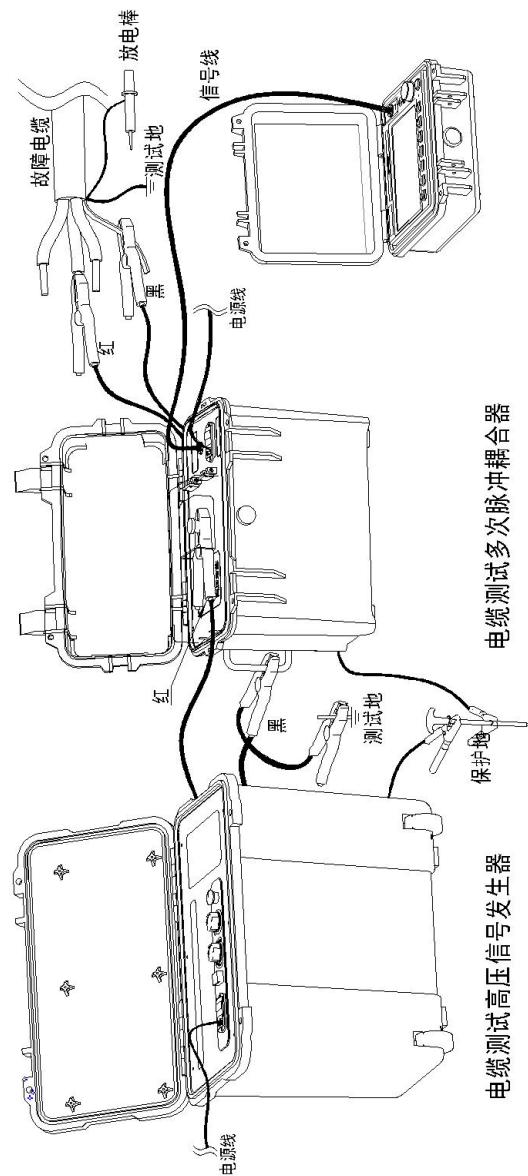


图 6-2-1 二次脉冲法原理示意

多次脉冲法是二次脉冲法的改进，在电弧延续时间内发射多个低压脉冲，用人工或自动的方法选择最佳故障波形，将会使判断和测量更加容易。

三、测试步骤

1、接线：



2、选择测试范围：

初始测试时选择的范围应大于等于电缆全长，若发现可疑点较近，为了得到更高的测距分辨率，可以适当将范围缩小。

3、设定波速：

根据电缆类型设定合适的波速。

4、测试并调整增益：

按 **测试** 键，仪器进入等待状态，当高压发生器对电缆放电，仪器在触发后延时发射多个低压脉冲，在电弧熄灭后再发射一次低压脉冲，最后将多个波形用不同的颜色同时显示。若波形幅度过小须调高增益，反之调低，再重复测试，直至获得满意的波形。

注：在等待触发状态，再次按下**测试**键，退出等待触发状态。在等待状态下屏幕菜单禁止操作。

5、选择最佳波形：

测试一次后，仪器显示将多个波形用不同的颜色显示，同时显示在主窗口和暂存窗口中。

白色波形为按 **测试** 键后首先测试得到的电缆全长波形

故障点燃弧后依次测得的故障波形，存储在暂存区 1，暂存区 2，暂存区 3 中。

在 **暂存比较** 菜单下可以选择关闭或打开指定暂存区的波形。界面如图 6-3-2 所示。双击对应暂存区也可以打开或关闭比较波形。

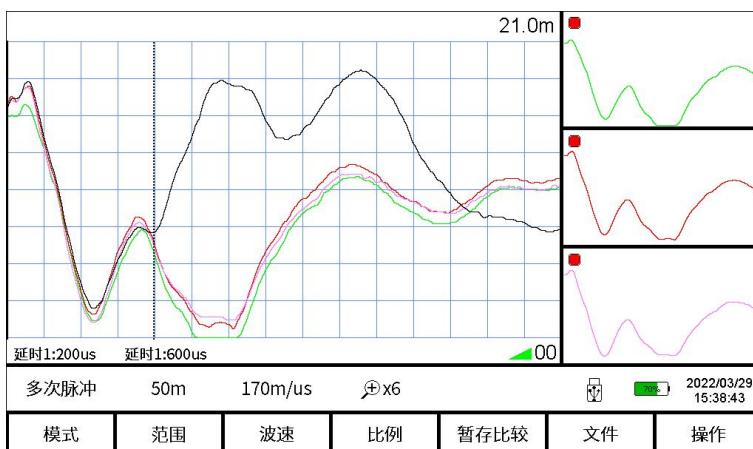


图 6-3-2

6、故障点定位：

将光标 1 移动到屏幕最左边，虚光标移动到故障反射脉冲的起始点，屏幕右上角显示的数值即为故障点距测试端的距离。

可充分利用比例放大功能精确定标。

7、测试延时的调整：

如果测试没有得到满意的波形，可以尝试调整测试延时后再次测试。多次脉冲有两个放电延时，放电延时 1 和放电延时 2：

选择 **操作** – **设置** 功能，进入设置界面修改脉冲电流放电延时调，如图 2-4-9，延时值需要反复调节、重复测试，直至得到满意的波形。

放电延时 1 为故障点燃弧到第二次测量的时间间隔。

放电延时 2 为第二次测量到第三次测量的时间间隔，和第三次测量到第四次测量的时间间隔。注：第一次测量为低压脉冲测试波形。

第七章 联机

一、计算机联机

仪器可与计算机联机通讯，联机后计算机可对仪器进行所有功能的控制，可进行更高级复杂的波形分析，并可将仪器内部存储的波形转储到计算机中，进行存档、分类和管理。

仪器采用无线蓝牙的方式和计算机通信，所以要求计算机具有蓝牙接口。启动联机管理软件，当计算机发出联机命令后，仪器将自动进入遥控状态。

联机管理软件的安装及使用方法请参见软件的随机帮助文件。

注:该功能为选配

第八章 仪器维护

一、充电

每次使用完毕，应使用厂家配套专用充电器尽快给锂电池充电；若长期不用，每六个月对主机充电一次；使用前，请开机检查电池电压，当电池能量小于 30% 时，应先行充电后再使用。充电时须有专人看护，充满电后要及时拔掉充电器电源，连续充电不要超过 8 小时；不要在零下温度环境下充电。

将充电器的输出插头插到仪器的充电插孔，充电器的电源插头插市电 220V 插座，仪器开始充电，充电器的指示灯指示充电状态，红灯表示正在充电，绿灯表示充电完成。

二、质保

若属产品质量问题，仪器主机、附件及充电器三年保修，电池一年保换。

若因为使用不当造成损坏或超过保修（保换）期限发生的产品质量问题，我公司负责维修，维修时只收取更换器件的成本费。

仪器出现下列问题时，用户可以尝试自行解决：

不开机：可能是电池已耗光，请先将电池充电再使用。

仪器自动关机：可能是因为电池欠压自动关机或长时间（30 分钟）未进行任何操作自动关机，请重新进行开机尝试。

开机后立即关机：原因是电池欠压，请先对电池进行充电再使用。

若出现其他问题，请不要试图自行维修，以免扩大故障，请立即与本公司联系，以便维修。

电缆测试高压信号发生器

目 录

第一章 概述.....	43
一、概述.....	43
二、功能特点.....	43
三、技术指标.....	44
第二章 设备结构.....	45
一、设备整体结构.....	45
二、控制面板.....	46
三、输出线.....	47
第三章 使用方法.....	49
第四章 维护和质保.....	51

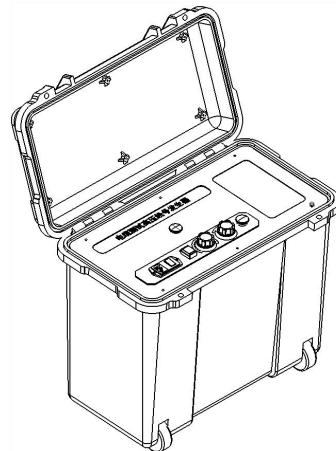
第一章 概述

一、概述

电缆测试高压信号发生器，为电力电缆的故障测距和精确定点提供高压信号源，可用于各种电压等级电力电缆的故障测试。

本设备应用现代电力电子技术，采用高频高压电源设计，体积小，重量轻。

本设备需要与本公司生产的电力电缆故障测距仪和电缆故障定点仪系列产品配套使用。



二、功能特点

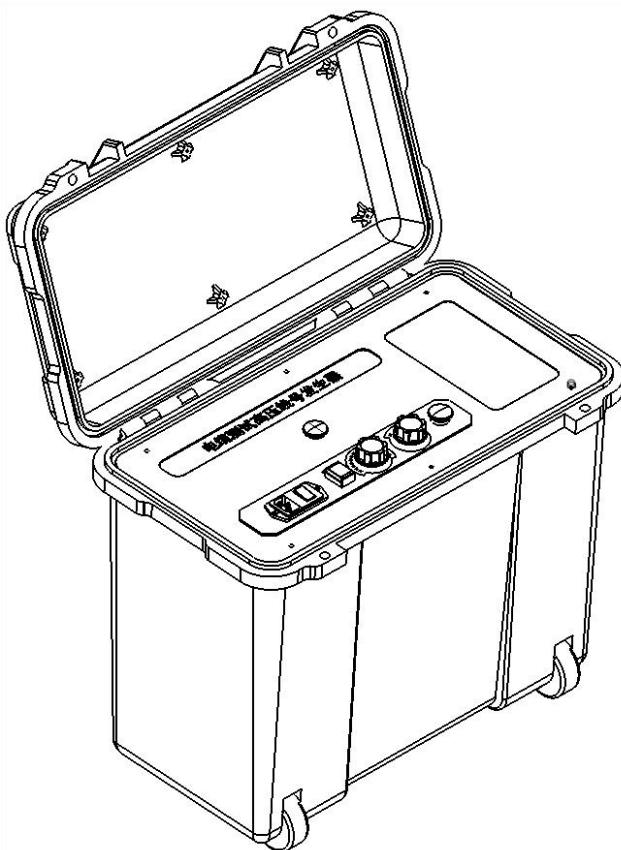
- 1、一体化设计，结构紧凑，体积小，重量轻。
- 2、多种子型号可选，适用于不同测试需求。
- 3、进口拉杆安全箱结构，外观精美，方便移动。
- 4、储能电容器内置，无高压外露，安全可靠。
- 5、高压输出直接接至故障电缆，操作安全，接线简便。
- 6、内置大功率开关电源，电容充电快，放电周期短，故障定点快。
- 7、多重安全防护，保护接地检测、高压零位启动，高压超压报警、断电后自动释放高压电容储能。
- 8、具有单次，周期和直流三种工作方式，适应多种故障测试需求。
- 9、输出电压分档可调，LED 显示响应速度快，电容放电状态一目了然。
- 10、电源输入具有欠压过压保护功能，防止发电机供电电压不稳损坏设备。

三、技术指标

输出电压	0-32kV	
储能电容	2μF	4μF
最大储能	1000J	2000J
放电周期	6s (周期放电模式)	
电源	AC220V, 50Hz	
输入功率	<1000W	
体积	400mm×460mm×50mm	
质量	25kg	

第二章 设备结构

一、设备整体结构



2-1-1 设备外观

本高压信号发生器的外观如图 2-1-1 所示。各种操作按钮/旋钮位于上面板，高压输出线和保护接地线从设备后部的附件包中引出和收纳。

二、控制面板

设备控制面板如图 2-2-1 所示。

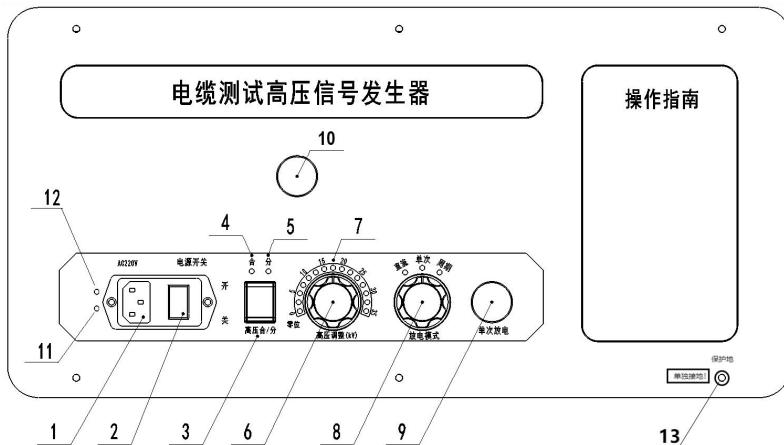


图 2-2-1 控制面板

其中：

1. AC220V 插座：接 220V, 50Hz 交流电源，电源容量要求不小于 2kw。
2. 电源开关和指示灯：用来开关设备电源，当打开电源后，指示灯亮。
3. 高压合/分按钮：打开设备电源后，高压电路并没有工作，只有调压旋钮在零位时按高压合/分按钮才能启动高压电路工作。此时“高压合”指示灯亮并输出高压。当设备处于高压输出状态，此时按高压合/分按钮，高压电路停止工作，“高压分”指示灯亮，同时将内部的高压储能电容存储和被测电缆上的电荷放掉。只有将调压旋钮调到零位后，按高压合/分按钮才能再次启动高压电路工作。
4. 高压合指示灯：高压电路工作时该指示灯点亮。
5. 高压分指示灯：高压电路停止工作时该指示灯点亮。
6. 高压调整旋钮：根据被测电缆的耐压水平调节输出电压。当输出电压超过额定值的 5% 时，设备停止输出并有声音告警。待调整旋钮归零后，按高压分复归。

7. 电压显示: LED 显示输出电压。当设备对电缆进行一次高压冲击时, 若 LED 显示的数值变化较大, 说明故障点已经被击穿; 若 LED 显示的数值变化较小, 说明故障点没有击穿。
8. 放电模式选择开关: 放电模式有直流、单次和周期三个档。直流档是专门为闪络性故障测距设置的, 通常与高压调整配合使用。单次档是为高阻性故障测距设置的, 只有按一下“单次放电”按钮才进行一次放电, 周期档是为故障定点设置的, 设备在该挡时将按照放电周期设定的时间周期自动放电。当使用电缆故障定点仪进行精确定点时, 应选择周期放电模式, 放电周期约为 6 秒。
9. 单次放电按钮: 当“放电模式”选择开关在单次位置时, 只有按一下单次放电按钮才进行一次放电和信号输出, 当选择直流和周期档时, 该按钮无效。
10. 水平仪: 设备使用时应水平放置, 过度倾斜可能会造成设备损坏。
11. 电源欠压指示灯: 该指示灯亮时表明电源电压低于设备正常工作所需要的电压, 此时会切断设备内部供电以保护设备。
12. 电源过压指示灯: 该指示灯亮时表明电源电压高于设备正常工作所需要的电压, 此时会切断设备内部供电以保护设备。
13. 保护地: 该保护地是为了电源漏电时提供保护, 设备工装时必须接地, 若不接地, 设备会发出报警声并停止工作。**注意: 该接地必须单独通过接地钎接地, 不能与高压地和工作地连接在一起, 防止高电压穿入低电压回路损坏设备。**

三、输出线

高压输出线和保护接地线从设备后部的附件包中引出和收纳。

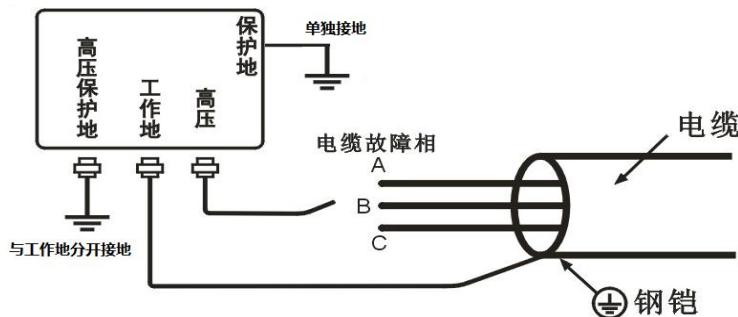
1. 高压输出线: 连接被测的故障电缆, 将高压信号发生器产生的高压与信号施加到故障电缆。其中, 红色夹钳为负高压输出, 黑色夹钳为测试地(即工作地)。相铠故障时黑色夹钳接电缆护层, 红色夹钳接故障芯线, 而相间故障时, 黑色夹钳和红色夹钳分别接两故障芯线。为了确保人身安全, 控制单元内部设有工作电源停电后能自动对电缆放电的装置。在本设备工

作时，要远离输出夹钳。设备使用完毕后，要先放电，当高压指示为零后再拆线。

2. 高压保护接地：是设备保护接地点，防止高电压穿入设备内部而损坏仪器。为保障人身及设备安全，必须可靠接地，并且必须与测试地（工作地）分开接地。

第三章 使用方法

- 首先按照图 3-1-1 所示安装整套设备。



图

3-1-1 相地故障接线示意图

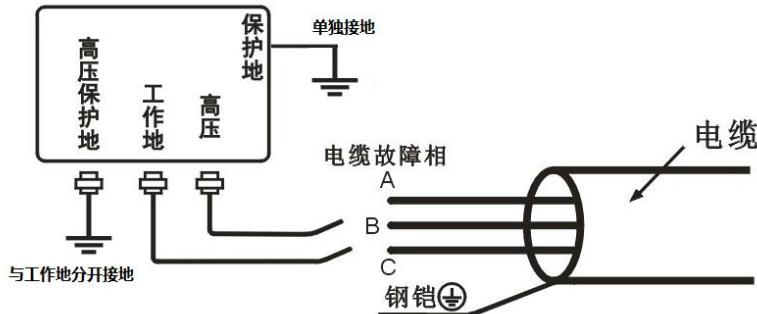


图 3-1-2 相间故障接线示意图

把本设备的电源线、高压输出线连接好（注意：接线时，未使用的相线与测试地一起接大地）。再将设备的保护接地线接变电站的地网，确保接地良好。同时在测试地线上连接好放电棒。

2. 根据测试目的选择接线方式，将高压输出接线钳和故障电缆连接，具体接线方式请参见配套测距仪和定点仪的使用说明书。
3. **保护地必须单独通过接地钎接地，不能与高压地和工作地连接在一起。**
4. 将调压调整旋钮旋到零位。接通 AC220V 电源线，打开电源开关，电源指示灯亮。
5. 根据电缆的故障性质选择放电模式，电缆泄漏电流很小的闪络性故障测距时选择直流，其他故障测距时选择单次，定点时选择周期。
6. 再次检查接线和设备工作方式是否正确！
7. 将电压调整旋钮调至零位，零位指示灯点亮，按高压合/分按钮，高压合指示灯点亮，表示高压输入电源已接通。若高压合分按钮失灵，可直接关闭电源，返厂维修。
8. 根据电缆的耐压水平，调节高压调整旋钮，使高压指示达到规定的电压。电压调整旋钮离开零位后，零位指示灯熄灭。
9. 选择放电模式：一般单次放电方式是为电缆故障测距设置的，只有按一下单次放电按钮才进行一次放电； 周期放电方式是为故障定点设置的，放电周期约为 6 秒。
10. 进行测距或精确定点时，可根据放电时电压指示变化大小判断故障点是否击穿。当设备对电缆进行一次高压冲击时，若高压指示变化较大，说明故障点已经被击穿；若高压指示变化较小，说明故障点没有击穿。故障点没有击穿时，不能进行故障测距和故障定点，需要进一步调高输出电压。
11. 工作完后，按高压合/分按钮，高压分指示灯亮，设备自动将内部的高压储能电容存储的电荷放掉，之后再关闭电源开关，再用放电棒高对压输出端放电。强烈建议在关闭电源开关之前，将高压调整按钮恢复零位！
12. 放电完毕后，待高压指示的指示为零，确保仪器不带电后，拆除接线，将线缆等收入附件包，以便下次使用。

第四章 维护和质保

仪器若有质量问题，仪器主机及附件一年保修。 仪器若在保修期之内因为使用不当造成损坏；或超过保修期发生的产品质量问题，我公司负责维修，维修时只收取更换器件的成本费。超过上述期限，维修时只收取维修成本费。

本机没有用户可自行维修的部分，若出现问题，请不要试图自行维修，以免扩大故障，甚至发生触电危险，请立即与本公司联系，以便维修。

电缆测试多次脉冲信号耦合器

目 录

第一章 概述	54
一、概述	54
二、功能特点	54
三、技术指标	55
第二章 设备结构	56
第三章 使用方法	58
第四章 注意事项	60
第五章 质保	61

第一章 概述

一、概述

电缆测试多次脉冲信号耦合器与电缆多次脉冲故障测距仪和高压信号发生器配合使用，用于检测各种电力电缆的高阻泄漏故障、闪络性故障、低阻接地和断路故障。为电缆多次脉冲故障测距仪提供脉冲信号耦合通路，同时实现了与高压设备的电气隔离。它采用目前国际上最先进的“多次脉冲法”技术，使电缆故障波形的判断变得简单方便。

多次脉冲法大大简化了电缆故障波形的识别，使复杂的高压冲击闪络波形变成了非常容易判读的故障波形，降低了对操作人员的技术要求和经验要求。可方便准确地判读波形，标定故障距离，达到快速准确测试电缆故障的目的，使故障测试成功率得以大大提高。

二、功能特点

- 1、采用了目前国际上最先进的“多次脉冲法”技术和脉冲平衡技术，更加突出了故障点的反射波形，测试波形识别更加容易。
- 2、具有安全的高压保护措施，实现测量回路与高压冲击电源的电气隔离，保证测距仪在冲击电压环境下工作的安全，无损坏、不死机。
- 3、接线简单，可与其他的高压设备配合使用。
- 4、无高压外露，安全可靠。

三、技术指标

- 1、 测试脉冲电压: 300Vpp
- 2、 允许输入冲击电压: ≤32kV
- 3、 允许输入冲击能量: ≤4kJ
- 4、 允许冲击间隔: ≥5s
- 5、 平均输入功率: ≤450W
- 6、 电源: AC 220V, 50Hz
- 7、 体积: 419mm×320mm×341mm
- 8、 质量: 10kg

第二章 设备结构

电缆测试多次脉冲信号耦合器的三维示意图如图 2-1-1，其面板布置见图 2-1-2.

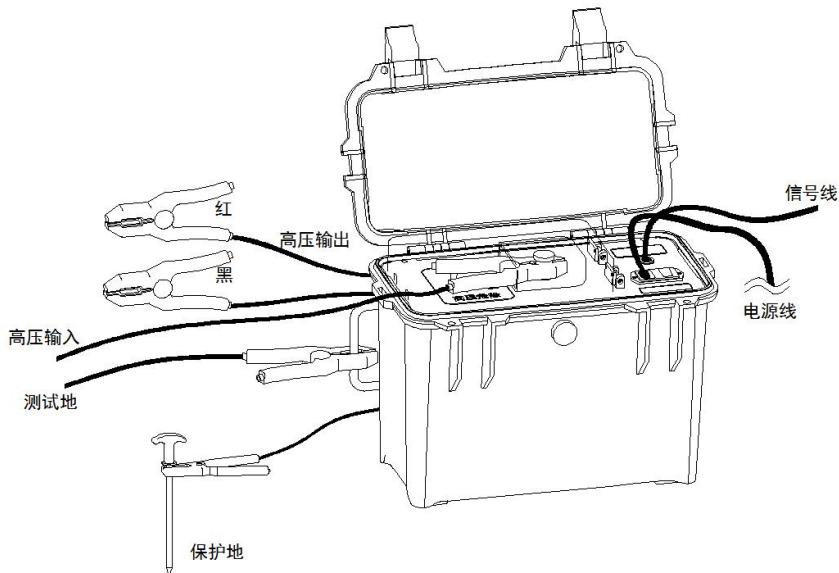


图 2-1-1 三维示意图

控制单元面板见图 2-1-2:

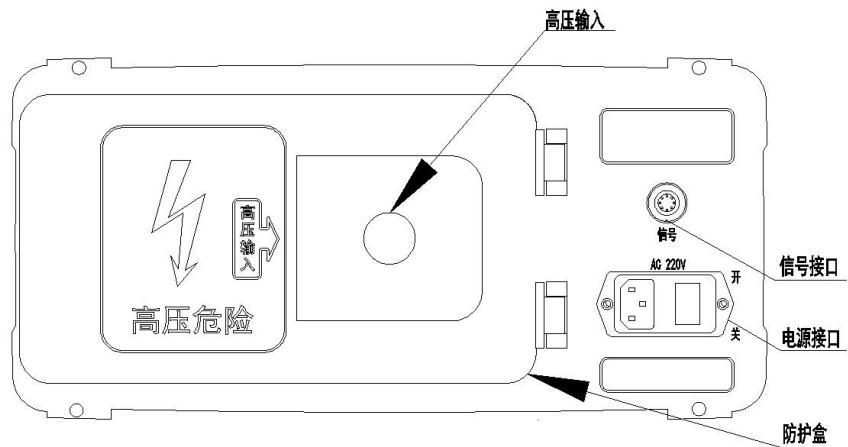


图 2-1-2 控制单元面板

其中：

14. 电源接口：工作电源接口，接 AC 220V,50Hz。
15. 信号接口：与测距仪信号接口相连。
16. 防护盒：隔离输入高压，接入高压冲击信号源时需将此盖打开，接好后合上。
17. 高压输入：与高压信号发生器（或其他高压设备）的输出线相连，为多次脉冲测距提供高压冲击信号源。（注意：高压冲击信号源提供的高压输入电压应 $\leq 35\text{kV}$ 。其冲击能量应 $\leq 2\text{kJ}$ 。对电缆测试多次脉冲耦合器输入过高的冲击电压或过大的冲击能量将会损坏设备）
18. 高压输出线：连接被测故障电缆的高压信号输出线。将高压冲击信号与多次脉冲信号施加到故障电缆。其中，红色夹钳为负高压输出，黑色夹钳为测试地。**相铠故障时黑色夹钳接电缆护层，红色夹钳接故障芯线，而相间故障时，黑色夹钳和红色夹钳分别接两故障芯线**（注意：极性不得接错，否则会损坏仪器）。在高压信号发生器工作时，要远离输出夹钳。设备使用完毕后，要先放电，再拆线。
19. 保护接地：是设备保护接地点，为保障人身及设备安全，必须可靠接地。

第三章 使用方法

13. 首先按照图 3-1-1 所示安装整套设备。

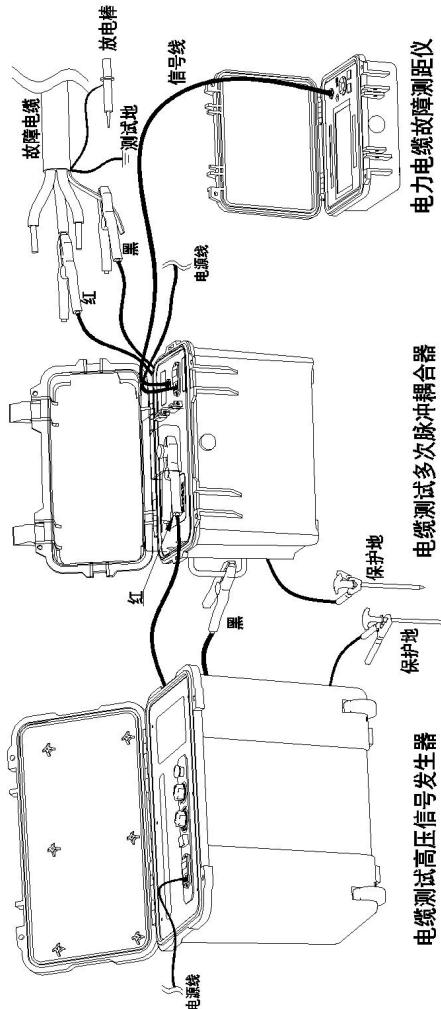


图 3-1-1 现场测试接线

把电缆测试高压信号发生器高压输出夹钳接在电缆测试多次脉冲信号耦合器的

高压输入端子上，再将**电缆测试多次脉冲信号耦合器**的高压输出线接至被测电缆。同时将保护地通过接地线接变电站的地网，确保接地良好，并在测试地线上连接好放电棒。

14. 检查接线是否正确。
15. 接通 AC220V 电源线，打开电源开关。
16. 将**电缆测试高压信号发生器**（或其他高压设备）的工作方式选择在手动方式（详细操作参见该仪器的说明书）。
17. 将**测距仪**的测距接口与**电缆测试多次脉冲信号耦合器**的信号接口相连。
18. 启动**电缆测试高压信号发生器**（或其他高压设备）。
19. 将**测距仪**调整到合适的测试范围（详细操作参见该仪器的说明书）。每次测试前需将按测试键进入等待状态。
20. 将电压调整到故障电缆能击穿的值（一般需>5kV）。按**电缆测试高压信号发生器**手动放电按钮，对故障电缆放电，**测距仪**将记录采集到的多次脉冲波形。分析波形即可得到故障距离（详细操作参见该仪器的说明书）。
21. 若波形不理想，可调整电压，重复第 7、第 8 条，直至得到理想的波形为止。
22. 仪器使用完毕后，先放电，确保仪器不带电后，拆除接线，将线缆等收入附件箱，以便下次使用。

第四章 注意事项

- 1、仪器为高压设备，使用时应按规程操作，同时要有相应的监护措施。仪器使用完毕后其输出端一定要充分放电，确保人身安全。
- 2、严禁拆卸仪器，仪器内部部分电路有高压储能，即使在断电状态拆卸仪器也会有触电危险。
- 3、仪器若出现问题，请不要试图自行维修，以免发生触电危险。请立即与本公司联系，由本公司专业人员处理。
- 4、高压冲击信号源提供的高压输入电压应 $\leq 32\text{kV}$ ，其输出的冲击能量应 $\leq 4\text{kJ}$ （即高压源的最高电压为 32KV，其储能电容最大为 $4\mu\text{F}$ ）。对电缆测试多次脉冲耦合器输入过高的冲击电压或过大的冲击能量将会损坏设备

安全警告：

- 仪器最大输出电压 32kV，注意安全！
- 在仪器工作时要远离输出夹钳！
- 仪器严禁拆卸！以防触电！

第五章 质保

仪器若有质量问题，仪器主机及附件一年保修。

仪器若在保修期之内因为使用不当造成损坏或超过保修期发生的产品质量问题，我公司负责维修，维修时只收取更换器件的成本费。

本机没有用户可自行维修的部分，若出现问题，请不要试图自行维修，以免扩大故障，甚至发生触电危险，请立即与本公司联系，以便维修。

智能电力电缆故障定点仪

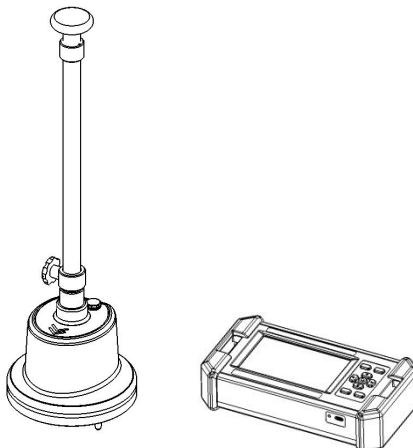
目 录

第一章 概述	64
一、用途	64
二、功能特点	64
三、技术指标	65
第二章 仪器组成和简介	67
第三章 操作及功能简介	70
一、声磁同步界面及功能介绍	70
二、功能介绍及操作方法	73
三、参数设置	76
第四章 声磁同步定点	77
一、工作原理	77
二、高压发生器的接线方法	77
三、定点步骤	79
第五章 仪器维护	81
一、充电	81
二、质保	81

第一章 概述

一、用途

智能电力电缆故障定点仪，配合高压信号发生器使用，是一款便携式、智能化的电力电缆故障定点仪。



二、功能特点

1. 背景降噪技术，有效滤除环境干扰噪声，凸显故障位置放电声音。
2. 智能定点方式，通过智能算法直接给出声磁延时值，降低对测试人员的要求。
3. 自动哑音功能，移动传感器时自动静音，避免移动产生的噪音。
4. 电子罗盘功能，显示电缆铺设方向同传感器的左右位置和角度。
5. 声音滤波参数可调，选择合适的滤波器参数，抑制环境噪音。
6. 自动增益功能，磁场触发增益自动调节，更加方便定点。
7. 高性能抗噪监听耳机。
8. 800×480 高亮彩色液晶，亮度达到 800cd/m²,确保阳光下可视。
9. 内置大容量锂离子电池，USB 接口充电。

10. 小巧便携，重量轻。

三、技术指标

1. 声磁同步定点功能：

11. (1) 声音通道

a) 带宽

- 全通：80Hz~1500Hz。
- 低通：80Hz~400Hz。
- 高通：200Hz~1500Hz。
- 带通：150Hz~600Hz。

b) 信号最大增益： $\geq 80\text{dB}$ 。

c) 定点精度：0.1m。

d) 声磁延时范围：0~80ms

e) 声磁延时分辨率：0.1ms

12. (2) 磁场通道

a) 信号最大增益： $>80\text{dB}$

2. 声磁同步背景降噪模式：强降噪，自适应降噪，无降噪三种模式。

3. 电源：

a) 电池：内置锂离子电池组，标称电压 3.7V，容量 $>6000\text{mAh}$ 。

b) 使用时间，可连续使用时间 >9 小时；

c) 充电器：输入 AC100-240V, 50/60Hz；输出 5V/2A

d) 充电时间： <5 小时

4. 显示方式：800×480 高亮彩色液晶，阳光下可视

5. 体积：主机 230mm×127mm×55mm。
6. 质量：主机 1kg；传感器 1.4kg
7. 使用条件：温度:-10℃—50℃，湿度 5-90%RH，海拔<4500m。

第二章 仪器组成和简介

本仪器包括 1 个主机、1 个声磁同步传感器、1 个高抗噪耳机、1 条信号线以及充电器等。主机如图 2-1-1 所示：

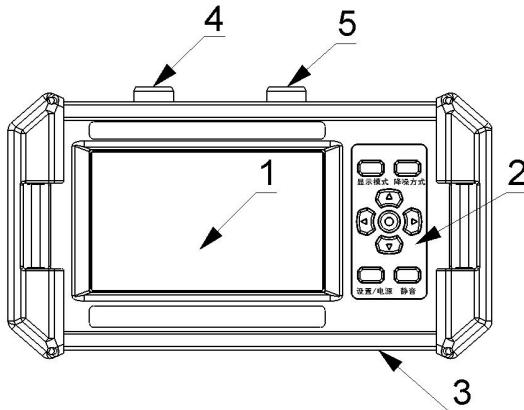


图 2-1-1 主机

序号	名称	
1	液晶	
2	键盘区	<p>1 短按进入设置。 长按退出。</p> <p>2 模式切换键。</p> <p>3 方式切换键。</p> <p>4 调节声音增益。</p> <p>5 调整光标或调整磁场触发值。</p>
3	USB 充电接口和充电指示	红色：正在充电。 绿色：充电完成。
4	耳机接口	接耳机
5	信号接口	使用信号线和传感器连接。

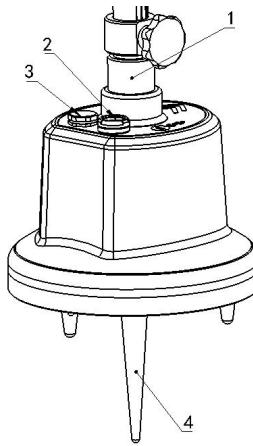


图 2-1-2 传感器

序号	名称	说明
1	提杆	安装方法：插入安装孔，旋转提杆 1/4 圈。
2	信号接口	使用信号线和主机连接
3	透气阀	平衡内外气压
4	长探针	适合草地或松软的地面，使用时将其拆下并安装在底部螺孔内。

第三章 操作及功能简介

声磁同步定点方式包括智能定点和波形定点，智能定点方式自动给出声磁延时值，波形定点方式使用人工定标方式测量声磁延时时间。

一、声磁同步界面及功能介绍

声磁同步定点的原理：因为电磁信号的传播速度是光速，从电缆传播到传感器的时间可以忽略不计，而声音传播速度相比起来慢的多，为每秒几百米的量级。因此，通过检测电磁和声音信号之间的时间差，可以判断故障点的远近。

声磁同步定点方式包含两个界面智能定点界面和波形定点界面。智能定点界面通过智能算法直接给出声磁延时值，定点更加直观、便捷，对测试人员的专业知识要求低。本仪器保留了传统的波形定点界面，适用于对定点有一定经验的操作人员，声磁延时需要使用光标进行测量。仪器显示界面如图 3-1-1 图 3-1-2 所示。

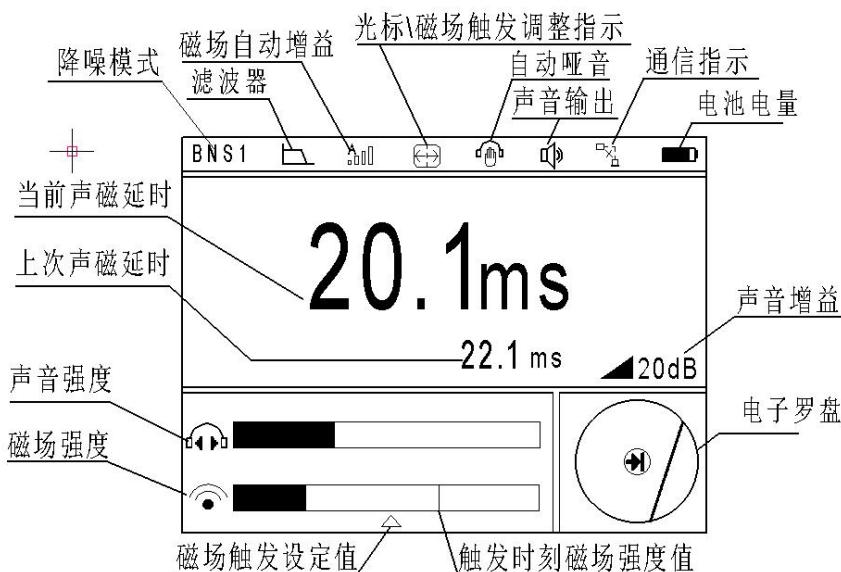


图 3-1-1 智能定点界面

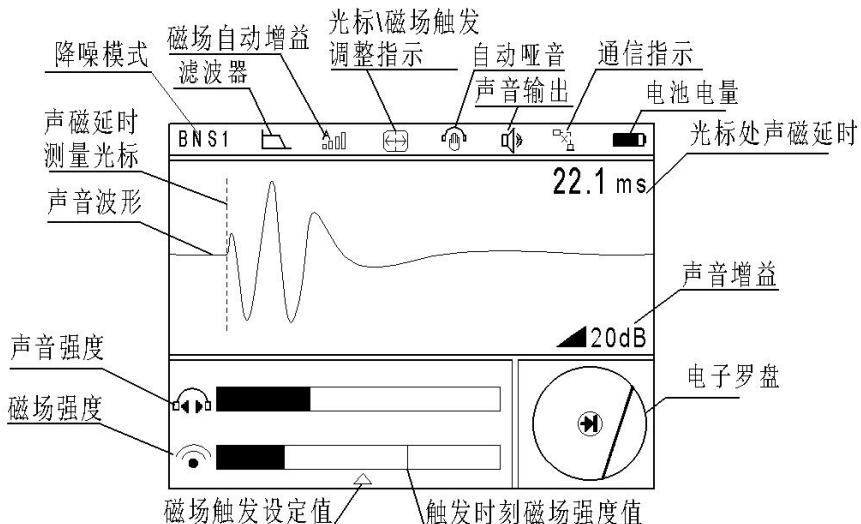


图 3-1-2 波形定点界面

图标说明：

名称	图标	功能说明	备注
降噪模式	BNS1	强降噪	
	BNS2	自适应降噪	
	BNS OFF	不降噪	
声音通道 滤波器选择		全通：带宽 80Hz~1.5kHz。	
		低通：带宽 80Hz~400Hz。	
		高通：带宽 200Hz~1.5kHz。	
		带通：带宽 150Hz~600Hz。	
磁场自动增益		磁场自动增益打开。	打开后磁场增益不能手动调节。
光标/磁场触发调整指示		【左右键】调整声磁延时光标	按【中键】切换
		关闭磁场自动增益时 【左右键】调整磁场触发值	
自动哑音		自动哑音功能打开。	开启自动哑音功能时，当手接触传感器手柄时自动关闭声音，当手离开传感器手柄时打开声音。
声音开关		声音打开。	按【静音】键切换状态
		声音关闭。	
通信状态		主机和传感器连接正常	
		主机和传感器连接异常	
电池电量			

二、功能介绍及操作方法

1、声磁延时测量

智能定点方式声磁延时自动给出。

波形定点方式

按【左键】或【右键】调整光标位置测量声磁延时。

磁场自动增益关闭时，单击【中键】切换左右键调节功能，

调整光标或磁场触发值。此时处于调整光标和声音增益状态；

此时处于调整磁场触发值状态。

2、自动哑音指示

该功能默认打开，如禁用该功能需要从设置菜单关闭。

由于定点的过程中需要不断的移动位置，在移动传感器的过程中，传感器接触地面或抬起时会引起很大的噪音，对操作者耳朵引起不适，自动哑音功能能够在操作者接触传感器提杆时，自动关闭耳机声音，操作者的手离开提杆时，自动打开声音，这样就可以避免移动过程中对操作者耳朵引起的不适。

3 背景降噪功能（BNS）

支持三种降噪模式：

降噪模式	说明	适用环境及特点
BNS1 强降噪	通过分析相邻几次放电波形的特征，判断声音是否为真正的放电声音。如果是则放出声音，否则静音。	适用于绝大部分现场。 特点： 只有在故障点位置才会听到声音。 在同一个位置需要 2~3 次的

	使用该方式时在同一个位置需要2~3次的放电周期，才能判断是否在放电位置。	放电周期。
BNS2: 自适应降噪	<p>利用噪音的随机性和放电声音的可重复性，经过多个放电周期将放电声音提取出来，这样就可以在嘈杂的现场环境下实现精确定点。在测量点停留时间越长，放电触发次数越多，故障点放电声音越明显，声磁延时值越准确。</p> <p>在自动哑音打开时，当操作者移动时会重新提取放电特征和环境噪声特征。</p> <p>在自动哑音关闭时，需要每次移动时使用【静音】键关闭后再打开声音，手动复位降噪算法，来重新提取放电特征和环境噪声特征。</p>	<p>适用于环境非常嘈杂的现场。 特点： 放电触发次数越多，故障点放电声音的越明显，噪声抑制越强。</p>
BNS OFF: 不降噪	传感器拾取的声音信号，不经过降噪处理，直接通过耳机输出。	原始声音信号

4、声音通道滤波器设置

该功能出厂默认为低通。

故障点冲击放电的声音频率，受声波传播介质和传播距离的影响非常大。声波传播速度越快，距离声源的距离越小，声波的高频衰减就越少。在实际现场中，坚硬覆土物（比如水泥、石板下）的声波传播速度快，声波高频成分多。而在沙滩或泥土的覆土物上，放电声音的高频成

分被大大的衰减，声波低频成分居多。

这样根据不同的现场，选择合适的滤波参数。本设备支持四种录波参数如下：

滤波参数	功能描述
全通	全通：带宽 100Hz~1.5kHz 本设定提供最大的工作频带，适合在外界干扰比较小的环境下使用。
低通	低通：带宽 100Hz~400Hz 本设置特别适用于测量点距离正在故障点比较远，或者覆土物是松软的土壤或沙子的情况。但是该设置不能降低低频干扰信号，容易发生低频信号的噪音音量较高的现象。
高通	高通：带宽 200Hz~1.5kHz 本设置，适用于非常坚硬的路面或靠近故障点的情况。同时对低频背景噪音信号大大衰减。
带通	带通：带宽 150Hz~600Hz 带通滤波是在低通滤波和高通滤波设定之间做出的折中平衡。

5、磁场自动增益

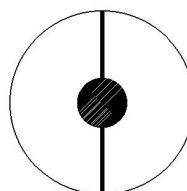
利用冲击放电的周期性和放电强度比干扰强的特点，自动调整磁场触发值，同步磁场触发信号。

在特殊情况下如果需要手动调整触发值，操作方法如下：

- 1、进入设置界面，关闭磁场自动增益功能。并退出设置。具体操作见参数设置说明。
- 2、按【中键】，切换为调整磁场触发设定值方式，通过【左右键】调整磁场强度位置，使该位置略小于实时磁场强度显示的最大值。

6、电子罗盘指示

电子罗盘指示深埋电缆的铺设方向和传感器方向夹角。当发现传感器偏转时，需要调整传感器方向使传感器箭头指向电缆铺设的方向，图3-2-1。



当磁场触发后，罗盘底色反色显示。



图 3-2-1

三、参数设置

设置界面，如图 3-4-1。

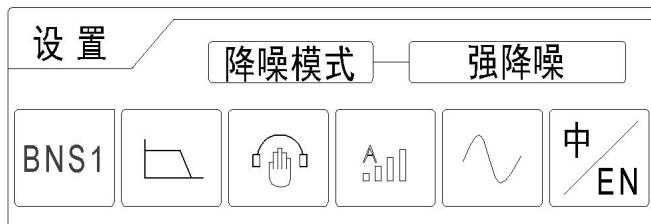


图 3-4-1 设置界面

操作方法：

- 1、单击【设置/电源】键，进入设置界面。
- 2、单击【左键】或【右键】选择设置内容。
- 3、单击【中键】修改设置内容。
- 4、单击【设置/电源】键，退出设置界面，自动保存设置参数。

第四章 声磁同步定点

一、工作原理

用声磁同步法进行故障精确定点，是一种非常精确、且唯一性很好的定点方法，其原理基于传统的声测定点法，但有多项改进和提高。

当高压发生器对故障电缆进行直流高压冲击，使故障点击穿放电，放电产生的机械振动传到地面，振动信号被高灵敏度的传感器拾取，经放大后用耳机监听，便可以听到“啪、啪”的声音。这就是传统的声测法定点的基本原理。

传统的声测法定点仪一般仅使用耳机监听，或辅以表头指针摆动来分辨故障点放电声音。由于放电声一瞬既逝，而且和环境噪声区别不大，往往给经验不是十分丰富的操作者带来很大困难。

传统声测法经改进后即为声磁同步法，利用磁场传播速度远远高于声音传播速度的原理，高压冲击放电的瞬间同时产生强大电磁场信号和放点声音信号，通过检测电磁信号和声音信号之间的时间差，可以判断故障点的远近。当不断移动传感器，找到声磁时间差最小的点，则其下方就是故障点。应该指出，由于很难知道声音在电缆周围介质中的传播速度，也不知道电缆埋设的具体深度，所以不可能确切计算出传感器和故障点之间的水平距离。

二、高压发生器的接线方法

声磁同步定点需要配合使用高压冲击信号发生器，并工作在周期放电状态。

1、相线对铠装接法：

当发生相地故障、相间合并对地故障，或断线合并接地故障，总之

只要存在相对地绝缘损坏，均优先采用相对铠接法，其优点为故障点放电声的传播衰减较小。

如图 4-2-1 所示，将高压发生器的高压输出连接电缆故障相，测试地连接电缆的金属铠装。

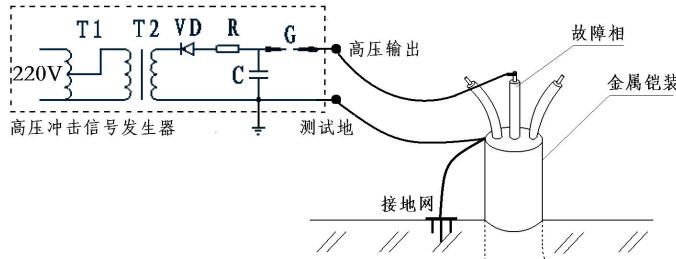


图 4-2-1 相对铠接法

2、相间接法：

当发生单纯相间故障(没有合并接地)时，使用相间接法。如图 4-2-2 所示，将高压发生器的高压输出和测试地连接两故障相，其中一故障相需进行安全接地。

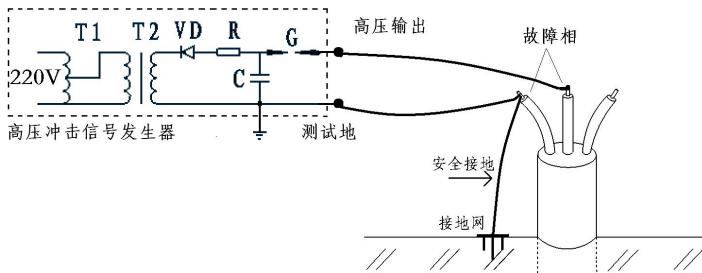


图 4-2-2 相间接法

3、断线故障的接法：

对于单纯断线故障(没有发生合并接地)，接线示意图如图 4-2-3 所

示：

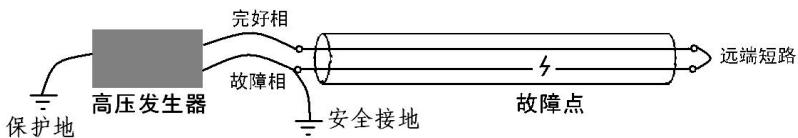


图 4-2-3 断线故障接线示意图

将高压发生器的高压输出线和测试地线分别接电缆的一完好相线和故障相线，在电缆的远端将两相短路。

三、定点步骤

1、连接传感器和耳机：

将定点传感器接传感器插口，耳机接耳机插口。将工作方式设置为“智能定点”或者“波形定点”方式。

2、选择定点区域：

在定点之前，首先应明确电缆路径。如果图纸资料不完整，应进行路径探测，并做好标志。根据测距结果，考虑电缆头盘余量、地形因素，粗略确定故障点位置，由于不可避免的存在估算误差，一般应在（测距值 $\pm 50m$ ）之间定点。

在选定的区域，将传感器平放于电缆正上方的地面，方向指向电缆铺设方向，观察波形并用耳机监听，开始定点。

3、调整磁场增益：

高压发生器开始对故障电缆周期放电后，调整仪器的磁场增益（磁场自动增益  打开后不需要调整增益。手动调整方法见第二章的“磁场自动增益”部分），使罗盘触发指示和高压发生器的放电同步。

4、调整声音增益：

当磁场增益正常同步后，再调整声音增益。当“磁场触发标志”指示亮时，声音信号同步采样一次，波形更新。调整声音增益，使声音波形足够大且不失真。智能定点界面调整声音信号强度在 40%~90% 之间。

声音信号（包括噪声）在不断变化，要随时看到真实的声音波形，需要不断地调整其增益，但根据经验，声音信号增益可以调的较大，只

要不是每次都失真即可，不必随时调整。

5、寻找并逼近故障点：

以大约 0.5~2m 的间隔移动传感器，如果连续几次放电，均没有看到如图 3-1-2 所示的典型声音波形，则应继续向前移动，直至多次放电的声音波形都与典型波形非常相似，而且稳定（除非当时有很大的噪声出现），说明已经到了故障点的附近，采集到了真正的故障点放电声音信号。这时用耳机监听，会在“信号”指示灯闪亮的同时，听到较沉闷的一声“啪”。一般来说，靠观察声音波形得到的响应范围大于听声的响应范围，而且单纯听声较难分辨。

6、测量声磁延时，精确定位：

看到放电声音波形后，再波形显示方式下，按【左右键】调整光标位置，将其移动到声音波形的起始点上，此延时值能代表故障点的远近，但由于很难确知声音在电缆周围复杂介质中的传播速度，也不知道电缆埋设的具体深度，所以不能计算出传感器和故障点之间的精确水平距离。

注意：光标在其它位置时，显示的声磁延时值没有意义。

以较小的间隔不断改变传感器的位置，并测量声磁延时，直至找到延时值最小的点，其正下方即是故障点，误差在 0.1m 之内。如图 4-3-1。

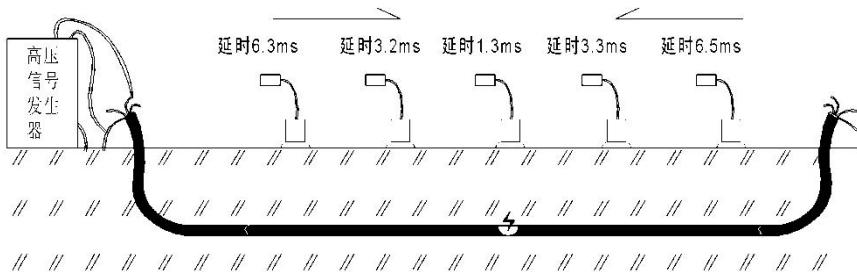


图 4-3-1 声磁同步定点

7、利用电缆位置指示进行路径探测：

使用时传感器方向指向电缆铺设方向和定点前进方向。电缆位置指示如果指示左箭头，则表示电缆位于传感器左边。如果指示右箭头，则表示电缆位于传感器右边。指示原点，则表示电缆在传感器正下方。

8、注意事项：

尽量不要将传感器置于电缆本体上进行定点，否则会在电缆任何位置都能听到微弱的啪啪声，此为大电流瞬间放电形成的电应力造成的震动，整条电缆上均存在，不能利用此信号进行定点。

有时电应力震动也能传到地面。在远离故障点时，如果非常仔细的监听，有时能够在电缆全长上都能听到很微弱的啪啪声，且不会随传感器位置的不同而发生变化，此即为电应力震动，其与真正的故障放电声差别很大，注意不要误判。

第五章 仪器维护

一、充电

每次使用完毕，应使用厂家配套专用充电器尽快给锂电池充电；若长期不用，每六个月对主机充电一次；使用前，请开机检查电池电压，当电池能量小于 30% 时，应先行充电后再使用。充电时须有专人看护，充满电后要及时拔掉充电器电源，连续充电不要超过 8 小时；不要在零下温度环境下充电。

充电时，将充电器的输出插头插到仪器的 **USB** 插孔，充电器的电源插头插市电 220V 插座，仪器开始充电，充电指示灯红色表示正在充电，绿色表示充电完成。将放完电的电池充满大约需要 5 小时。

二、质保

本仪器三年保修，但其中内置锂离子电池保修（换）一年。超过上述期限，维修时只收取更换的器件成本费。

若因为使用不当造成损坏（包括保修期内），或超过保修期限发生产品质量问题，我公司负责维修，维修时只收取更换的器件成本费。

仪器出现下列问题时，用户可以尝试自行解决：

不开机：可能是电池已耗光，请尝试先充电再使用。

仪器自动关机：可能是因为电池欠压自动关机，或长时间（20 分钟）

未进行任何操作自动关机，请尝试重新开机。

开机后立即关机：原因是电池欠压，请先对电池充电再使用。

若出现其他问题，请不要试图自行维修，以免扩大故障，请与本公司联系，以便及时维修和服务。

地下电缆路径探测及识别仪

目 录

第一章 概述	85
一、 功能特点	86
二、 可选扩展功能模块	86
三、 可选附件	86
四、 技术指标	87
五、 配置	88
六、 接收机信息和菜单设置	90
第二章 发射信号的一般方法	93
一、 直连法	93
二、 卡钳耦合法	97
三、 辐射感应法	99
第三章 电缆探测的信号发射方法	102
一、 停运电缆的信号发射方法	102
二、 运行电缆的信号发射方法	106
第四章 主动探测	109
一、 路径探测	109
二、 深度测量	118
第五章 被动探测	124
一、 路径探测	124
二、 深度测量	126
第六章 电缆识别（选配功能）	128
一、 柔性卡钳智能识别	128
二、 柔性卡钳电流测量	133
三、 听诊器识别	134
第七章 管线接地故障定点（选配功能）	136
第八章 电缆低阻和断线故障定点	143
一、 相间短路故障定点	143
二、 相对铠装故障定点	145
三、 断线故障定点	146
四、 无铠装电缆相对地故障的定点	147
第九章 GNSS 定位（选配功能）	148
第十章 GNSS 路径测距（选配功能）	153
第十一章 蓝牙传输（选配功能）	155
第十二章 维护和质保	159

第一章 概述

此设备是一套高性能专用地下电缆路径探测及识别仪，由信号发射机和接收机组成，可用于地下电缆及金属管线的路径探测、深度测量和管线普查，配合多种选配附件，可以进行唯一性识别，以及管道绝缘破损和部分类型电缆故障的查找。



图 1-1-1 仪器外观

一、 功能特点

1. 多种功能合一： 路径探测 + 电缆识别 + A 字架查障。
2. 彩屏罗盘显示：透视地下管线一览无余。
3. 超高灵敏度，0.5Hz 超窄带宽接收，高度抗干扰。
4. 跟踪正误提示：排除邻近管线干扰。
5. 增强型测深：实时精准深度测量。
6. 测深辅助传感器：信号畸变提醒。
7. 多种被动探测频段：AFB 全频被动探测，工频频段，射频频段。
8. AFB 全频被动探测：无需选择频段，自动分析全频段信号，智能，方便。
9. 高性能发射卡钳：向运行电缆耦合信号。
10. 唯一性识别：使用柔性卡钳，操作方便，高度可靠，具有电流测量功能。
11. 跨步电压探测：对地绝缘破损点查找。
12. 大功率数字功放发射，全自动阻抗匹配，自动保护。
13. 发射机多种信号输出方式：直连输出、卡钳耦合、辐射感应。
14. 发射/接收全数字化处理，稳定可靠。
15. 内置大容量锂离子电池组，欠压自动关机，长时间无操作自动关机。
16. 发射机具有辅助电源接口，外接电源支持更长运行时间。
17. IP65 高等级防护。
18. USB-C 氮化镓快充。

二、 可选扩展功能模块

1. 内置 L1/L5 高精度 GNSS 定位模块：路径信息记录和距离测量。
2. 存储和蓝牙通讯模块：存储和向上位机导出记录数据。

三、 可选附件

1. 测深辅助传感器：用于测深时的干扰提醒。
2. 听诊器：用于狭小场合的电缆识别。

3. 查障升压器和 A 字架：用于定位部分电缆故障和管线绝缘破损点。
4. 定位模块：亚米级或厘米级可选，用于高精度路径信息记录和距离测量。

四、 技术指标

A. 发射机

1. 输出方式：直连、卡钳、辐射、查障升压器
2. 输出频率：640Hz、1280Hz、8kHz、33kHz、82kHz、197kHz
3. 输出功率：15W max, 10 档可调
4. 阻抗匹配：全自动
5. 过压过流保护：全自动
6. 人机界面：320×240 彩色 LCD，阳光可视
7. 电源：内置锂离子电池组，标称 7.4V, >6Ah
8. 辅助电源接口：DC7~15V, 2A
9. 充电器：AC100-240V, 50/60Hz, USB-C 口 PD 快充。
10. 体积：280×220×90mm；质量：2.3kg
11. 防护：IP65
12. 使用条件：-25°C - 60°C, <90%RH, <4500m

B. 接收机

1. 接收方式：内置线圈、柔性卡钳、听诊器、A 字架
2. 探测模式：宽峰、窄峰、谷值、历史曲线、峰谷扫描
3. 主动频率：640Hz、1280Hz、8kHz、33kHz、82kHz、197kHz
4. 被动频段：AFB 全频被动探测、工频频段、工频 2/5/9 次谐波、5~15k、15~25k、25~40k
5. 人机界面：320×240 彩色 LCD，阳光可视
6. 电源：内置锂离子电池组，标称 7.4V, >3Ah
7. 充电器：AC100-240V, 50/60Hz, USB-C 口 PD 快充。
8. 体积：680×120×277mm；质量：2.0kg
9. 防护：IP65

10. 使用条件: -25°C - 60°C, <90%RH, <4500m

五、 配置

A、发射机

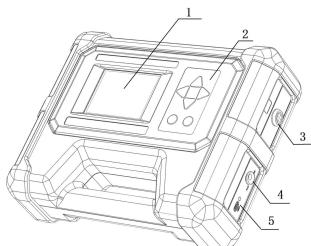


图 1-5-1 发射机

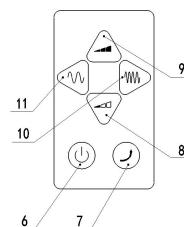


图 1-5-2 发射机键盘

- | | |
|------------|-----------------|
| 1. LCD 显示器 | 6. 开关键 |
| 2. 键盘 | 7. 重新匹配键 |
| 3. 输出插座 | 8/9. 输出功率减小/增大键 |
| 4. 外接电源插座 | 10/11. 频率减小/增大键 |
| 5. 充电插座 | |

B、接收机

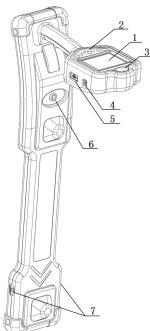


图 1-5-3 接收机

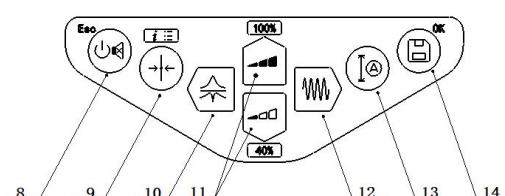
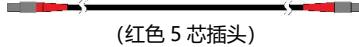


图 1-5-4 接收机键盘

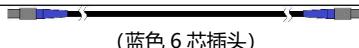
- | | |
|------------|------------------------|
| 1. LCD 显示器 | 8. 开关/静音键 (菜单取消 Esc 键) |
| 2. 键盘 | 9. 标定键 (长按: 菜单进入和退出键) |

- | | |
|--------------|---------------------|
| 3. GPS 天线插座 | 10. 模式键 (菜单左键) |
| 4. 耳机插座 (选配) | 11. 增益加减键 (菜单上下键) |
| 5. 充电插座 | 12. 频率键 (菜单右键) |
| 6. 附件输入插座 | 13. 测量键 |
| 7. 测深辅助传感器插座 | 14. 存储键 (菜单确定 OK 键) |

3、标配附件

序号	名称	图样和说明	数量
1	发射机直连输出线缆		1
2	识别柔性卡钳		1
3	发射卡钳		1
4	发射机附件输出线缆 (红色 5 芯插头)		1
5	接地钎		2
6	接地延长线		1
7	氮化镓快速充电器		1
8	双 USB-C 口充电线		2

4、选配附件 (订货时须特别指定, 未指定默认不选配)

序号	名称	图样和说明	备注
1	接收机附件连接线缆 (蓝色 6 芯插头)		
2	测深辅助传感器		
3	听诊器		
4	查障升压器		
5	查障 A 字架		

6	内置 GNSS 定位天线		
7	外置 RTK 定位模块		
8	发射机外置电源		

六、 接收机信息和菜单设置

长按开关/静音键 开机，长按标定键 进入信息和设置界面，键盘说明和显示示例如下图：

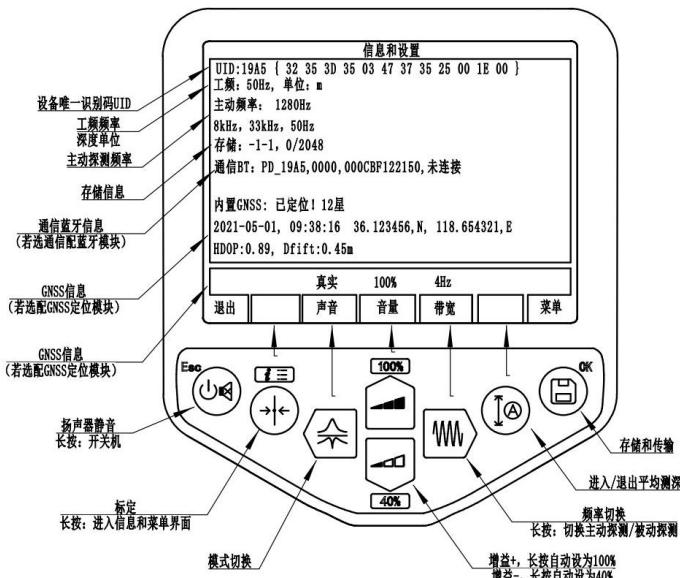


图 1-6-1 接收机信息和菜单界面示例

说明：

1. 长按标定键 进入信息和设置界面。
2. 上下键调整音量，左键调整声音模式，右键设置带宽，ESC 键返回上级菜单。
3. 设备唯一识别码 UID，不能修改。

4. 工频频率、深度单位、主动探测频率对应菜单设置值。
5. 若不选配蓝牙和 GNSS 定位功能，则蓝牙和 GNSS 信息不显示。

菜单项：在信息和设置界面内，按 OK 键  进入菜单界面。

1、 系统功能： ➤ 保存设置 ➤ 退出菜单界面 ➤ 语言切换	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">系统</td><td style="padding: 2px;">存储</td><td style="padding: 2px;">工频</td><td style="padding: 2px;">单位</td><td style="padding: 2px;">频率</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">保存</td><td colspan="4"></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">退出</td><td colspan="4"></td></tr> <tr> <td colspan="6" style="height: 40px; vertical-align: top;"></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">English</td><td colspan="4"></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Chinese</td><td colspan="4"></td></tr> </table>	系统	存储	工频	单位	频率		保存						退出												English						Chinese																																			
系统	存储	工频	单位	频率																																																															
保存																																																																			
退出																																																																			
English																																																																			
Chinese																																																																			
2、 存储功能： ➤ 新建位置信息记录工程 ➤ 通过蓝牙发送全部存储数据	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">系统</td><td style="padding: 2px;">存储</td><td style="padding: 2px;">工频</td><td style="padding: 2px;">单位</td><td style="padding: 2px;">频率</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">新工程</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">发送全部</td></tr> </table>	系统	存储	工频	单位	频率				新工程						发送全部																																																			
系统	存储	工频	单位	频率																																																															
		新工程																																																																	
		发送全部																																																																	
3、 工频频率选择： ➤ 选择 50 或 60Hz	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">系统</td><td style="padding: 2px;">存储</td><td style="padding: 2px;">工频</td><td style="padding: 2px;">单位</td><td style="padding: 2px;">频率</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">* 50Hz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">60Hz</td></tr> </table>	系统	存储	工频	单位	频率				* 50Hz						60Hz																																																			
系统	存储	工频	单位	频率																																																															
		* 50Hz																																																																	
		60Hz																																																																	
4、 深度单位选择： ➤ 选择米（m）或英尺（ft）	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">系统</td><td style="padding: 2px;">存储</td><td style="padding: 2px;">工频</td><td style="padding: 2px;">单位</td><td style="padding: 2px;">频率</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">* m</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">ft</td></tr> </table>	系统	存储	工频	单位	频率				* m						ft																																																			
系统	存储	工频	单位	频率																																																															
		* m																																																																	
		ft																																																																	
5、 有源探测频率使能： ➤ 可选的有源频率列表 ➤ 恢复出厂默认频率 ➤ 使能所有频率	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">系统</td><td style="padding: 2px;">存储</td><td style="padding: 2px;">工频</td><td style="padding: 2px;">单位</td><td style="padding: 2px;">频率</td><td style="padding: 2px;"></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">* 640Hz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">* 1280Hz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">128Hz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">512Hz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">* 8kHz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">* 33kHz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">* 82kHz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">* 197kHz</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">默认</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"></td><td colspan="4">全部</td></tr> </table>	系统	存储	工频	单位	频率				* 640Hz						* 1280Hz						128Hz						512Hz						* 8kHz						* 33kHz						* 82kHz						* 197kHz						默认						全部			
系统	存储	工频	单位	频率																																																															
		* 640Hz																																																																	
		* 1280Hz																																																																	
		128Hz																																																																	
		512Hz																																																																	
		* 8kHz																																																																	
		* 33kHz																																																																	
		* 82kHz																																																																	
		* 197kHz																																																																	
		默认																																																																	
		全部																																																																	

说明：

1. 工频频率、深度单位、有源探测频率的选择：菜单项前面带*号的为使能的项目，不带*号的为禁止的项目。上下键选择菜单项，OK 键  切换使能/禁止。
2. 频率过多会造成操作繁琐，建议只使能常用的频率，需要时再使能其他频率。50 (或 60Hz) 用于探测电力电缆，100Hz (或 120Hz) 用于外加电流阴极保护 (CPS) 管道的探测。

3. 若未选配蓝牙及存储功能，则存储功能主菜单下没有子项内容显示。
4. 设置完成后，须进入系统主菜单，选择保存，短按OK键保存设置内容。
5. 按住存储键开机，存储功能菜单下具有蓝牙心跳、清空数据、初始化存储器功能。

第二章 发射信号的一般方法

发射机对管线施加信号的方法有三种：直连、卡钳耦合和辐射感应，本章作为这些方法的一般介绍，对于电缆探测来说有其特殊性，在第三章中专门介绍。

一、直连法

直连法是将发射机的输出线直接接到金属管线上，并将信号直接注入。直连法适用于：电力电缆、通信电缆、金属自来水管道、金属燃气管道，阴极保护管道测试点或其它接入点，以及有长线特征的连续性金属物体等。

发射机发出的电流经过管线，在其接地点流入大地，或通过管线和大地之间的分布电容流入大地，最后返回发射机。管线上的电流会产生电磁场辐射，接收机通过接收磁场进行管线探测。

相比于其他方法，直连法能够得到最大的发射电流，所以在条件允许的情况下，应尽量采用直连法。

1、直连输出线缆连接

将发射机直连输出线缆一端的 5 芯红色插头插入发射机的输出插座。

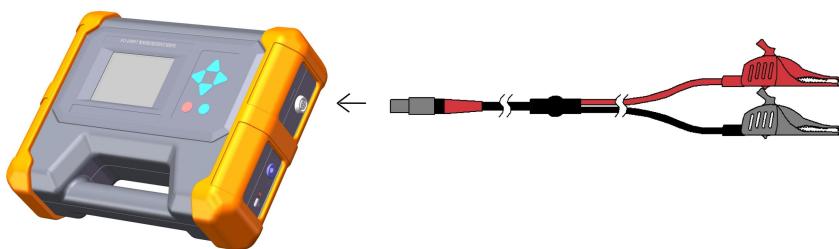


图 2-1-1 直连法附件连接

2、直连接线

将红色鳄鱼夹和管道露出的金属部分（如电缆芯线/阀门等）连接，黑色鳄鱼夹和打入大地（土壤）的接地钎连接，如果接地线不够长，则使用延长线续接。

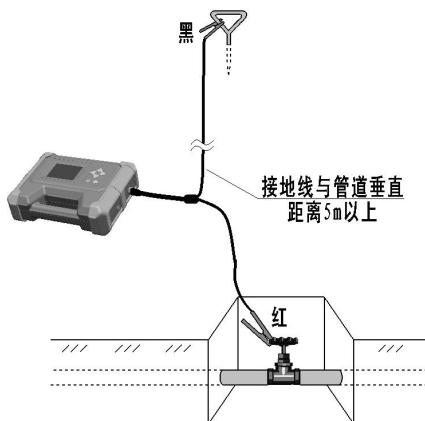


图 2-1-2 直连法接线

注意事项：

- 接地钎位置的选择：为保证探测效果，接地钎应与管线距离 5m 以上，而且黑色接地导线应尽量和管线方向垂直。
- 不要将黑色接地夹连接到自来水管或其他管线上，否则会使这些管线上也会有发射信号，从而干扰目标管线的正常探测。
- 接地钎和目标管线之间不应有其他管线，否则这些管线上也会感应到发射信号，从而产生干扰。可在打接地钎之前用无源探测的方法进行检查。
- 确保良好连接：如果管线连接处有绝缘漆或锈蚀严重，需要先将其清理干净，确保红色鳄鱼夹直接和管线的金属部分连接。
- 管线不同分段之间或管件和管道之间可能是绝缘的，如果绝缘则不能使用直连法，或者需要设法将绝缘的两部分之间进行电气连接。检查方法：确认接线正确。

确后，打开发射机观察输出电流，如果电流过小，以至于无法正常探测，则有可能是管道绝缘。

警 告！

发射机最高输出电压 150Vpp，切勿工作时直接触碰输出夹和目标管线！

3、界面介绍及管线电压检测

长按开关键 ，打开发射机电源。发射机自动检测连接的附件，并工作在直连模式。

在直连状态下，将会首先进行管线自身电压的测量，屏幕显示如下：

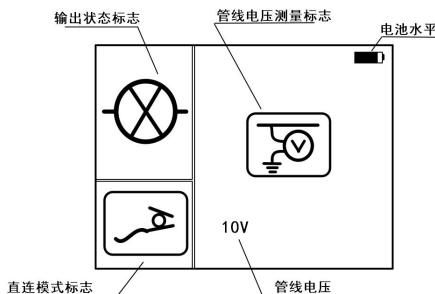


图 2-1-3 管线电压测量界面

若管线自身电压超过限制（50V），则停留在电压检测界面，并显示警告标志，不输出信号以保护仪器不被损坏，屏幕显示如下：

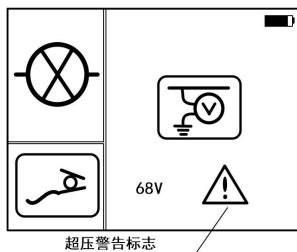


图 2-1-4 管线电压超压警告界面

若电压正常，则数秒后自动输出信号，屏幕显示如下：

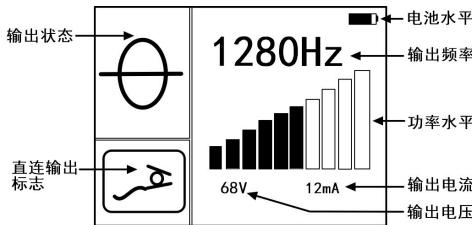


图 2-1-5 直连输出界面显示

4、频率选择

按频率键 选择发射频率。六种频率可供选择：640Hz，1280Hz，8kHz，33kHz，82kHz，197kHz。开机默认 1280 Hz。

选择哪种频率并没有标准，可根据以下原则和实际接收探测效果灵活选择：

- 一般接地良好的电缆或管线，使用开机默认的 1280Hz 即能完成大部分测试。
- 长距离管线的跟踪选择较低频率 (640Hz 和 1280Hz)。低频信号传播距离长，而且不容易感应到其他管线上；而且这两种为复合频率信号，接收机能够进行跟踪正误提示。
- 一般管线的跟踪可以使用中高频率 (8kHz)，信号传播距离比较远，对其他管线的感应也不是很强。
- 高阻管线 (如对端浮空的电缆芯线、带防腐层的管道、铸铁管等)，选用较高频率 (33kHz、82kHz 或 197kHz)，高频信号辐射能力强，但传播距离较近，且易感应到其他管线。
- 在能够正常探测的情况下，应优先选择低频。

5、输出功率调节

按输出功率减小键 或输出功率增大键 调节输出水平 (信号大小)，共分 10 档，屏幕右下角显示输出电压和电流。

应根据需要调节输出水平：

- 较大的电流有助于稳定探测及准确测深。
- 在较高频率 (8kHz 及以上) 以及很浅的深度 (1m 之内)，较高输出电流可能会造成接收饱和失真，造成接收机响应非线性及测深误差增大，此时应适当降

低输出水平。

- 降低输出功率有助于延长电池供电时间，但不应过多考虑。

二、卡钳耦合法

卡钳耦合法适用于管线外露，但无法（或不允许）接触其金属部分，而且管线两端都接地的情况（特别适用于电力电缆）。

卡钳耦合法发射信号的电路模型可以等效为变压器：卡钳的磁芯作为变压器磁芯，卡钳内部绕线为变压器的初级，管线 - 大地回路等效为变压器的次级（单匝），发射机提供初级电流，管线 - 大地间耦合产生次级电流。耦合电流的大小与回路电阻（主要是两端的接地电阻）密切相关，电阻越小则电流越大，反之电阻越大电流越小，小到一定程度则无法进行正常探测。

卡钳耦合法发射信号的优点在于使用方便，无须和管线进行电气连接，对管线的正常运行不会产生任何影响，而且能够减少对其他管线的感应；缺点在于耦合出的电流小于直连法，尤其是要求管线两端必须接地良好，有些管线不能满足此要求。

1、卡钳连接

将发射机附件连接线缆（两端为红色 5 芯插头）的一端插入发射卡钳插座，另一端插入发射机的输出插座。

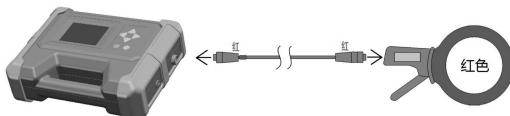


图 2-2-1 卡钳法附件连接

2、卡住管线

将卡钳卡住管线的裸露部分，如下图所示：

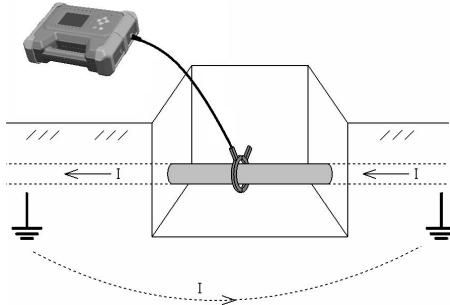


图 2-2-2 卡钳耦合法

注意事项：

- 管线两端必须接地，才会感应出信号。接地可以是连续接地（如不绝缘的管道），也可以是两端接地（如高压电力电缆的金属铠装在两端接地）。
- 管线不同分段之间，或管件和管道之间可能是绝缘的，如果绝缘则需设法将其电气连接，否则不能使用卡钳耦合法。
- 是否在管线上有效地感应出电流，只能通过接收机的探测效果来判断，如果不能正常探测，则换用其它信号发射方法。
- 卡住管线时，确保卡钳的钳口完全闭合，并确保钳口无异物、不生锈。

3、界面介绍

发射机开机状态下，自动检测连接的附件并工作在卡钳模式，屏幕显示如下：

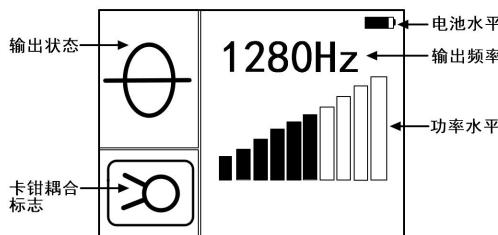


图 2-2-3 卡钳耦合输出界面显示

4、频率选择

按频率减小键 (W) 和频率增大键 (W) 选择发射频率。

共有五种频率可供选择：640Hz, 1280Hz, 8kHz, 33kHz, 82kHz。开机默认 1280 Hz。

卡钳耦合法的频率选择方法和直连法相同。

5、输出功率调节

按输出减小键 (⊖) 和输出增大键 (⊕) 调节输出水平，共分 10 档。

使用卡钳耦合到管线上的电流远小于直连法，应尽量使用最大输出水平。

卡钳耦合法无法显示耦合到管线上的电压和电流。

三、辐射感应法

当管线无外露点时，可以使用辐射感应法；在地面开挖前，需要探查地下有无管线时也可使用辐射法。

发射机利用内置的辐射线圈向外辐射高频电磁场（一次场），金属管线 - 大地回路耦合出感生电流，感生电流再辐射电磁场（二次场），接收机接收二次场进行管线探测。

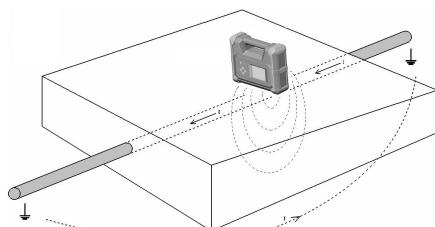
优点：使用方便，无须接线，不和管线进行任何形式的电气连接，特别适用于无外露点的管线探测，也是一种区域管线普查的手段。

缺点：管线感应电流小于直连法和卡钳法，适用于埋深较浅的管线，深度较大时效果变差；发射机下一定范围内所有管线均能感应出信号，无法识别特定管线。

1、发射机的放置

使用辐射法时，发射机无须连接任何附件，发射机自动识别为“辐射”法。

用于管线跟踪时：在预计管线的上方，将发射机垂直放于地面，并且和预计的管线方向垂直。探测过程中需要和



接收机配合，根据探测到的管线实际方向和位置进行调整，如右图。

图 2-3-1 辐射感应法

用于管线区域探查时：在需要探查的区域，由两人操作，发射机和接收机间隔一定距离同步移动，并保持发射机和接收机的方向一致（详见 P28：辐射探查）。

注意事项：

- 管线两端必须接地，才会感应出信号。接地可以是连续接地（如不带绝缘层的金属管道），也可以是两端接地（如高压电力电缆的金属铠装两端接地）。
- 绝缘良好而两端又不接地的管线无法使用感应法，例如：有些低压电缆没有金属铠装，或者铠装不接地，将无法使用感应法或效果较差。
- 不能将发射机置于金属井盖上，也不能在钢筋加强的混凝土路面上使用，否则信号将被井盖或钢筋网阻断，而不能施加到下面的管线上。
- 发射机除了向管线辐射信号，还不可避免的向周围空间辐射，会给接收造成干扰，所以使用感应法时，接收机和发射机必须相隔一定距离（收发距）。

2、界面介绍

发射机开机状态下，没有连接任何附件将自动工作在辐射模式，屏幕显示如下：

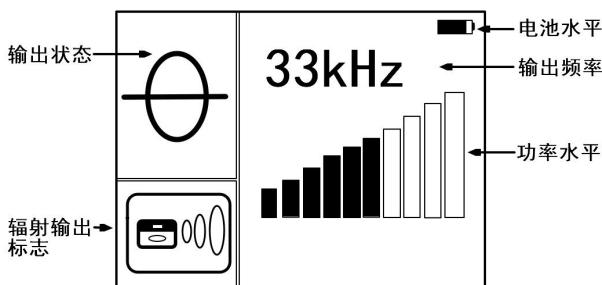


图 2-3-2 辐射输出界面显示

2、频率选择

按频率减小键  和频率增大键  选择发射频率。

三种辐射频率可供选择： 33kHz, 82kHz, 197kHz， 默认 33kHz。

注意事项：

- 低频感应效果较差，但信号传播距离远，也不易产生干扰。
- 高频比低频的感应效果好，但传播距离较近，且较易感应到其他管线。
- 探测高阻管线应使用高频，低频将很难感应出适用的信号。

3、功率调节

按输出减小键  和输出增大键  调节输出水平，共分 10 档。

注意事项：

- 使用较低输出水平，有助于减少对其他管线的感应、缩短收发距。
- 探测较深管线，应提高输出水平。
- 发射机无法测量和显示管线感应到的电流大小，故只能根据接收机的探测效果反复尝试、灵活选择。

第三章 电缆探测的信号发射方法

电缆路径探测和唯一性识别在金属管线探测中占有重要地位，相比于金属管道的单一连续金属结构，电缆由数根芯线和金属铠装构成，结构和用途的差异造成了探测时的信号施加方式的差异，不同的接法将会产生不同的电磁场，探测效果也有所区别，因此本章对电缆探测的信号发射方式进行单独描述。

一、停运电缆的信号发射方法

1、基本接线方法：芯线-大地接法

芯线-大地接法是对离线电缆（停电电缆）进行路径探测和识别的最佳接线方式，可以充分发挥仪器的功能，并能最大程度地减小干扰影响，如下图所示：

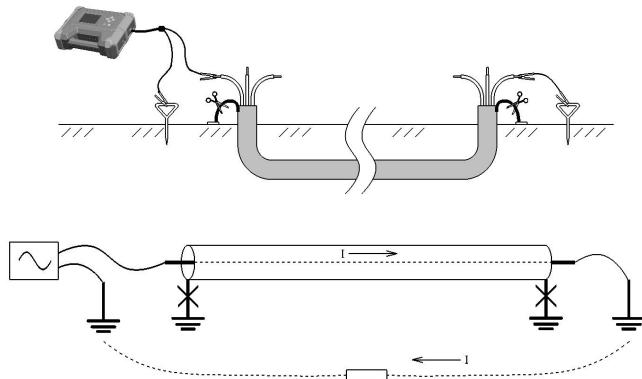


图 3-1-1 芯线 - 大地接线法

将电缆金属护层两端的接地线均解开，低压电缆的零线和地线的接地也应解开，将发射机的红色鳄鱼夹夹一条完好芯线，黑色鳄鱼夹夹在打入地下的接地钎上。在电缆的对端，对应芯线接打入地下的接地钎。

注意：尽量使用接地钎，而不要直接用接地网！至少在电缆的对端必须用接地钎，接地钎还需要离开接地网一段距离，否则会在其他电缆上造成地线回流，影响探测效果。

电流自发射机流经芯线，在电缆对端进入大地，流回近端返回发射机。这种接法接收机在地面探测时可以感应到很强的信号，信号特性比较明确，而且可以充分利用仪器的防误跟踪功能；信号在绝缘良好的芯线上流过，不会流到邻近管线上，尤其不会流到交叉的金属管道上，最适于在复杂环境下的路径查找。另外由于电缆接地，流经电缆的信号电压很低，不容易对邻线产生电容耦合，减少临近管线的干扰。

由于存在芯线和大地之间的分布电容，随距离的增加，电流会有衰减。但若接地良好，电容电流很小，可以不予考虑。

这种方法的缺点是需要将电缆两端的接地线全部解开，略显繁琐。

2、护层 - 大地接线法：

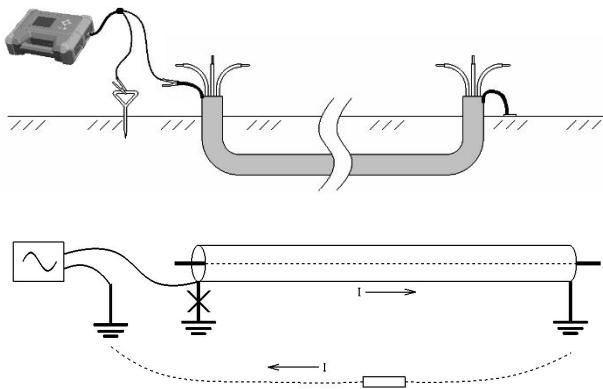


图 3-1-2 护层 - 大地接线法

如上图所示，将电缆近端的护层接地线解开，低压电缆的零线和地线的接地也应解开，电缆对端的护层保持接地，信号加在护层和接地钎之间（**不可使用接地网**），

电缆相线保持悬空。电流自发射机流经护层，在电缆对端进入大地，流回近端返回发射机。这种接法不存在屏蔽，因而在地面上产生的信号最强，信号特性也比较明确。同样，由于护层 - 大地分布电容的存在，信号会自近向远逐渐衰减。

潜在的问题：护层外部的绝缘层若有破损，部分电流将由破损点流入大地，造成破损点后的电流突然减小，减小幅度与破损点的接地电阻有关。

3、相线 - 护层接法：

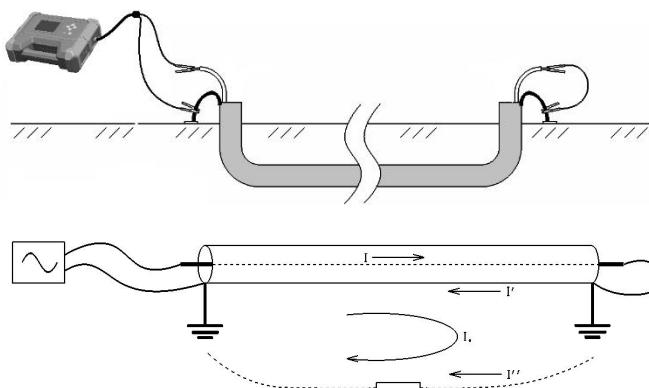
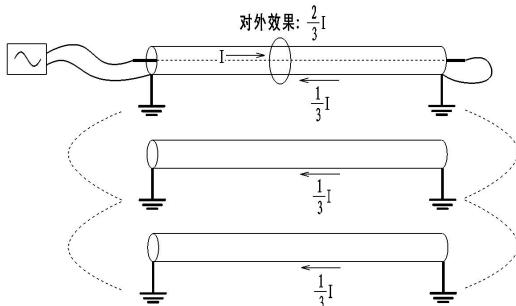


图 3-1-3 相线 - 护层接法

如上图所示，发射信号加在电缆一相和护层之间，对端相线和护层短路，护层两端保持接地。

如果是单条电缆敷设，信号自发射机流经芯线，再经护层和大地两个回路返回。因为护层（铠装及铜屏蔽层）由连续金属组成，电阻很小；大地回路由于存在两端接地电阻，再加土壤电阻，总阻值较大，故大部分电流将通过护层返回，少部分电流通过大地返回。由于芯线电流和护层电流反向，能在外部一定距离产生磁场信号的有效电流为其差，数值等于通过大地返回的电阻电流。另外由于芯线 - 护层回路和护层 - 大地回路存在互感，通过电磁感应也能够在护层 - 大地回路产生感生电流。综合效果为有效电流等于大地回路的电阻电流和感应电流的矢量和（两者存在相位差）。根据现场情况的不同，有效电流可能会占总注入电流的百分之几到百分之十几。

如果存在同路径敷设（两



端位置均相同) 的其他电缆，则返回电流主要被几条电缆的护层分流，例如三条电缆同路径，则三条电缆的护层返回电流各占 $1/3$ 。有效电流正向，占注入值的 $2/3$ ，邻线电流反向，占 $1/3$ 。如右图所示。

图 3-1-4 并行电缆的分流效果

相线 - 护层法的优点在于接线简单，不需要解开接地线。缺点是当多条电缆同路径敷设时，各条电缆信号相差不大，仅靠信号幅值有时难以区分；当单线敷设时，有效电流大幅减少，信号较弱，而且有效电流中含有感应电流成分，目标电缆和邻近管线的感应信号相位相同，在使用复合频率探测时，有可能无法根据电流方向排除邻线干扰。

4、相间接法：

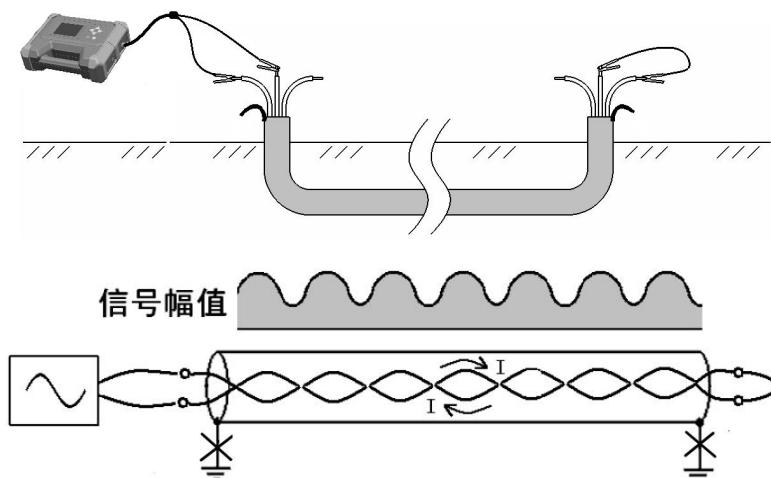


图 3-1-5 相间接法

如上图所示，发射信号加在电缆两相之间，电缆的对端两相线短路。两相在电缆内部扭绞，其电流值相同且方向相反。由于两相线虽相距很近，但仍有一定间隔，故两相线和接收机线圈之间的距离会有微小差异，两相线在此处产生的磁场方向相反，但强度因距离的差异而不会完全相同，虽大部分相互抵消，但仍有小部分残余，

金属护层的屏蔽作用会将其进一步削弱，最后的剩余信号方能被接收。因为扭绞的原因，信号会沿电缆路径有周期性的幅值和方向的变化。

在一个扭绞周期内，对外辐射的磁通因方向连续变化 360° 而相互抵消，故不会在护层 - 大地回路产生感应电流。

由于有效信号很小，使用高频信号将比低频信号更易于探测。相间接法无法使用接收机的电流方向测量功能排除邻线干扰。

5、发射频率的选择：

- 对于一般电缆的探测，除非采用相间接法，均推荐使用开机默认的 1280Hz 频率。其频率较低，传播距离长，且不容易感应到临近管线上；再者接收机对 1280Hz 信号的接收效果要强于 640Hz，抗干扰能力较强，较易分辨。
- 对于长距离电缆 ($>3\text{km}$)，如果使用 1280Hz 信号，在较长距离处会有较大衰减，信号不易接收，相位也会发生偏移。故探测长距离电缆推荐使用 640Hz 发射信号。
- 640Hz 和 1280Hz 为复合频率信号，接收机能够进行跟踪正误提示。
- 使用相间接法时，应优先采用高频 (8kHz、33kHz、82kHz 或 197kHz)。

二、运行电缆的信号发射方法

1、卡钳耦合法：

这是一种探测运行电缆较理想的方法，不需要对电缆本身作任何操作即可测试，并且操作远离高压，非常安全，电缆全程都有信号。

电缆外护套两端必须良好接地，否则耦合电流随接地电阻的增大而减小。

两端未接地，或电缆护层中间断开，不能使用卡钳耦合法。

(1) 卡住电缆本体

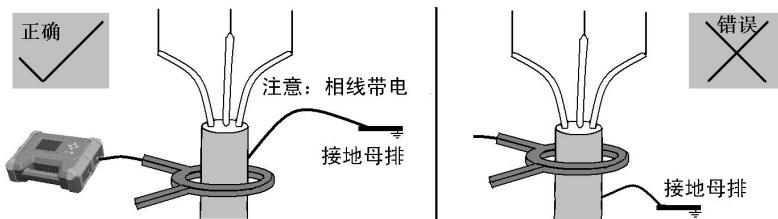


图 3-2-1 运行电缆卡钳耦合法 1 (卡电缆本体)

如上图所示，本方法适用于三相统包运行电缆的探测。发射机连接输出卡钳，将卡钳卡住电缆本体（注意不能卡接地带以上部分），卡钳等效为变压器的初级，电缆金属护套 - 大地回路等效为变压器的次级（单匝），次级耦合电流的大小与回路电阻（主要是两端的接地电阻）密切相关，电阻越小，电流越大。

电缆通过卡钳耦合得到的电流较小，为加强探测效果，发射机应选择较大输出功率。

(2) 卡住电缆护套接地线

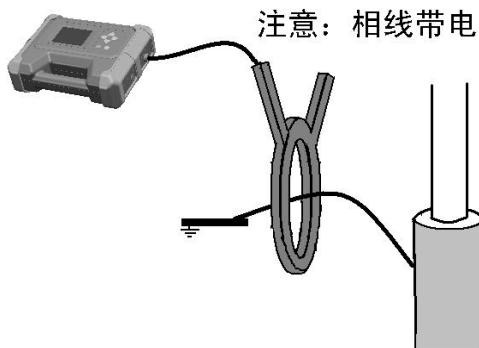


图 3-2-2 运行电缆卡钳耦合法 2 (卡电缆接地线)

如上图所示，本方法适用于超高压单芯运行电缆的探测。由于单芯电缆芯线流过的工频电流很强，而且没有三芯统包电缆的三相抵消效果（对外表现为相对很小的零序电流），如果将卡钳卡住电缆本体，则很容易造成卡钳的磁饱和，无法发出信号，此时应将卡钳卡住其护层接地线。

由于长距离超高压单芯电缆的护层会每隔一定距离地线交叉互连，故信号会在交叉互连点从一相的护层流到另一相的护层，在跟踪时注意区分。

对于三芯统包电缆，如果受现场条件限制，卡电缆本体有困难，也可以采用卡电缆接地面的方法，但应尽量不采用，在某些特殊情况下，可能会造成信号特征（包括幅值和相位）出现不可预料的变化。

2、零线 / 地线 / 护层注入法：

这是一种对运行中的低压电缆进行探测的方法，因为许多低压电缆的护层不作接地，或护层不连续，或接地不够良好，无法使用卡钳耦合法。

本方法不需要电缆作任何改动，而且注入的是高频信号，不会对运行线路产生不良影响。

在用户端，将发射机的红色鳄鱼夹接零线、地线或护层，黑色鳄鱼夹接打入地下的接地钎，如下图所示：

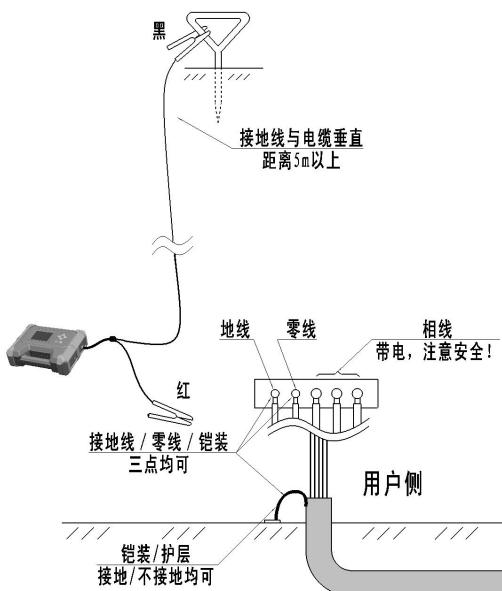


图 3-2-3 运行电缆零线 / 地线 / 护层注入法

注意事项：

- **安全警告：电缆带电，接线必须由具有相关资质或资格的电力工作人员操作！**
- 必须在用户端发射信号，如果在变电室端发射信号，将在所有出线上注入信号，造成无法区分目标电缆。
- 接地钎位置的选择：为保证输出效果，应将接地钎打在距离电缆 5m 之外，而且接地线应尽量和电缆方向垂直。
- 如果零线在用户端不接地，则优先使用零线注入信号。
- 低压电缆的护层大多不连续，如果护层注入信号太弱，或探测过程中在电缆路径某处信号中断，可换用零线 / 地线进行注入。
- 由于所有出线的零线 / 地线或护层在变电室并联，所以其他电缆出线上会有部分电流被分流，也能探测到信号，但强度较弱，实际测试中应注意区分。
- 探测高压运行电缆时，如果使用卡钳耦合法接收不到信号或信号很弱，说明电缆两端护层接地电阻过大，这时可以通过直连方式-护层注入。
- 探测单芯超高压运行电缆时，卡钳耦合法失效，可使用护层注入法。

第四章 主动探测

主动（有源）探测需要根据第二、三章的说明，选择合适的方法，对待测管线施加信号。

一、路径探测

1、安装测深辅助传感器（若选配）：

若购买时选配了测深辅助传感器，则按右图所示，将其插入到接收机相应的安装位置。



图 4-1-1 安装测深辅助传感器

2、接收机操作界面：

长按接收机开关/静音键 ，打开接收机电源，屏幕显示和键盘说明如下图：

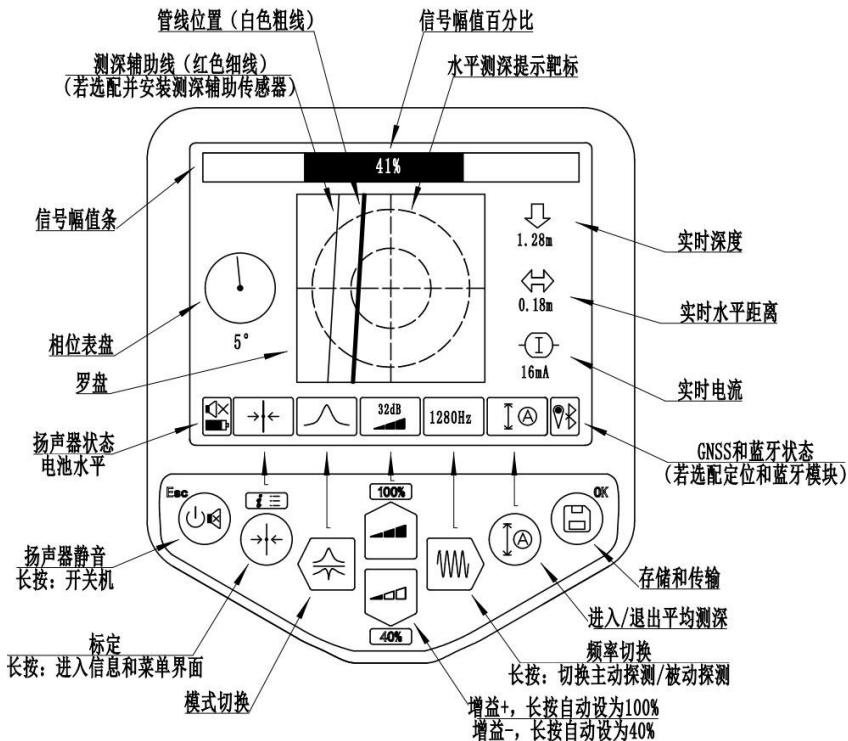


图 4-1-2 主动探测接收机操作界面示例

3、设定接收频率:

按频率键 切换接收频率。注意：发射和接收的频率必须一致。

以下频率供选择：

- 复合频率：640Hz, 1280Hz，能够进行防误跟踪提示。
- 单一频率：8kHz, 33kHz, 82kHz, 197kHz。

如果某些需要的频率不能设定，则需长按标定键 , 进入信息和设置界面，进入菜单使能需要的频率，详见第一章第六节：接收机信息和菜单设置。

注意：长按频率键 为切换主动频率和被动频率。

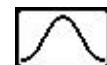
4、选择模式：

按模式键 , 可以选择宽峰、窄峰、音谷、峰谷扫描、历史曲线，共五种响

应模式。

- 宽峰模式：

为下水平线圈的信号响应，管线正上方的信号最强。优点为响应灵敏度高，响应范围大；缺点为响应曲线变化缓慢，不利于并行管线的区分。



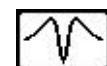
- 窄峰模式：

为下水平线圈和上水平线圈的差分信号响应，与宽峰法类似，优点为响应曲线更陡，利于并行管线的区分；缺点为灵敏度降低。



- 音谷模式：

为垂直线圈的信号响应，管线正上方信号最弱，两侧信号变化迅速。优点为利于目标管线的精确定位；缺点为易受干扰，强干扰下可能错误响应。



- 峰谷扫描模式：

记录下水平线圈和垂直线圈的信号幅值响应，通过判断峰值和谷值是否重合，以便于确定管线位置是否准确。



- 历史曲线模式：

记录下水平线圈和垂直线圈的信号幅值历史曲线，可用于被动探测多条管线的判断；也可通过判断峰值和谷值是否重合，确定管线位置是否准确；也可用于电缆相间短路故障的查找。

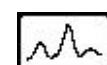
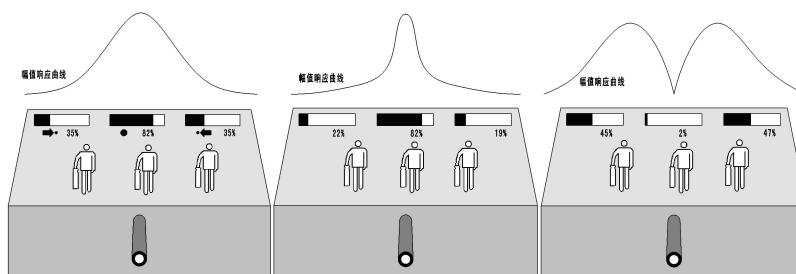


图 4-1-3 模式图标

不同模式下的响应如下图所示：



a. 宽峰

b. 窄峰

c. 音谷

图 4-1-4 不同模式下的信号响应

5、增益调整：

短按增益+/-键，调整增益，屏幕正下方显示增益分贝值。

长按增益+键，增益自动调节，当前信号幅值被自动调整在 100%。

长按增益-键，增益自动调节，当前信号幅值被自动调整在 40%。

6、根据信号幅值和声音进行管线跟踪（传统方法）：

在靠近发射机，又确保不会受其干扰的位置开始探测：

- 使用卡钳法和感应法时，发射机均会在近距离内产生干扰，干扰的距离和发射功率及频率有关，功率越大、频率越高则干扰越强。
- 接收机和发射机的最小距离往往需要试验确定，但卡钳法 5m 之外，感应法 20m 之外可认为无干扰。

使用峰值模式（宽峰或窄峰）找到信号最强的点，从此点开始进行管线跟踪。

左右摆动接收机，信号幅值将会按照图 4-1-4 所示的规律强弱变化，跟踪峰值位置（峰值模式下的信号最强点）或谷值位置（音谷模式下的信号最弱点），直至找到整条管线的路径。

使用音谷模式能够提高跟踪速度，管线正上方信号最弱，两侧信号迅速增强。

由于音谷模式易受干扰，应每隔一段时间改为峰值模式，以验证管线的正确位置。

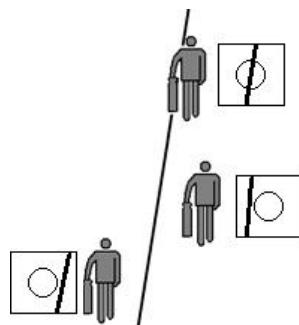
接收机扬声器的声音输出能够实时反映当前的信号强弱，对跟踪管线有一定的帮助，但此功能主要服务于习惯使用传统路径仪的用户，而使用罗盘功能，能够更加快速直观的跟踪管线，一般无须声音提示，故开机默认关闭扬声器。

若需要，可以短按开关/静音键 ，打开或关闭扬声器。

7、罗盘导向快速跟踪（新方法）

当接收机接近管线上方时，屏幕中央的罗盘能直观显示接收机下方的管线位置，可以对管线进行快速跟踪。

观察罗盘中表示管线的直线位置和角度，并相应调整接收机的位置，当直线垂直并位于罗盘中心



时，接收机即位于管线正上方。

图 4-1-5 罗盘示意

注意：

- 当邻近管线也有较强的信号，且接收机位于其附近时，也会有罗盘指示，但显示的可能是邻近管线，而不是目标管线，注意区分。
- 邻近管线的干扰较大、埋深很深或电流很弱时，罗盘指示可能会出现偏差，如果需要精确定位，请参照本章第三节：精确定位。

8、防误跟踪（跟踪正误提示功能）

邻近管线信号一般小于目标管线，但接收机的响应与管线深度相关，可能目标管线变深，而邻近管线变浅，造成接收机在二者上方的响应幅值差距不大，从而无法分辨。另外有些原因会直接造成邻近管线与目标管线的电流大小相近，造成识别更加困难。

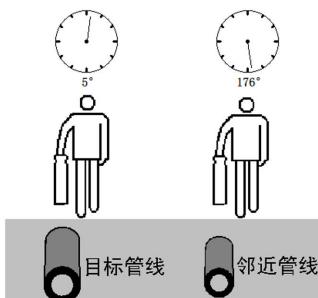
通过测量电流相位可以实现跟踪正误提示，实现防误跟踪。

使用跟踪正误提示功能时，接收机实时测量电流相位，并与基准相位进行比较。记录基准相位的过程即为标定，标定数据关机不会丢失。

注意： 使用跟踪正误提示功能，必须工作在 640Hz 或 1280Hz 频率，其他频率不显示相位表盘。

在距离发射机较近但不会受其干扰的距离（如 5-10m），明确探知目标管线的位置，在其正上方，背向发射机，面向管线末端，短按标定键 \oplus ，标定键正上方对应位置变为橙色，并显示问号：？，询问是否要进行相位归零标定，若按其他键，将取消标定操作，若再次按标定键 \oplus ，显示：OK！，提示标定完成，当前相位归零：相位表盘指针指向正上方，表盘下的角度变为 0° ，标定后的电流相位测量均以此作为基准。

在对另一条管线探测或识别时，必须针对需要探测的目标管线重新进行标定。



在跟踪管线的过程中，观察相位表盘，如果指针基本指向正上方，表盘底色为绿色，说明在待测管线上方。若基本指向下方，且表盘底色变为橙色，说明可能跟踪到了邻近管线，如右图所示：

图 4-1-6 跟踪正误提示

邻近管线的信号幅值可能小，也可能大，而且也可能会有罗盘指示。

如果是超长距离管线，由于分布电容的影响，相位偏离会逐渐加大，当达到一定程度影响判断时（例如大于 45° ），可在确信目标管线的正上方，重新做一次标定，相位指针会重新回到正上方。

进行防误跟踪的过程如下图所示：

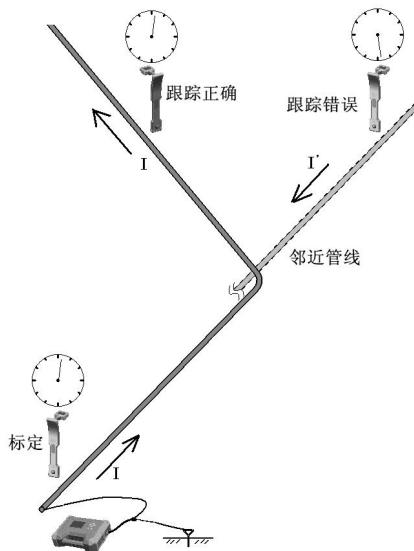


图 4-1-7 防误跟踪过程示意

9、辐射探测

辐射法探查需要发射机使用辐射感应方式发射信号进行配合，且需要两名操作员。在探查之前，确定要搜索的区域和管线通过该区域可能的方向，发射机工作在

辐射方式，并设定发射机和接收机的频率使之一致。一人操作发射机，一人操作接收机，发射机和接收机均垂直于管线。两人间隔 20m 左右，同时沿垂直于管线的方向平行移动，当发射机经过管线时，信号被感应到管线上，接收机同时接收信号。观察接收机响应，在管线上方将有峰值响应，在地面上作好标记，如下图所示：

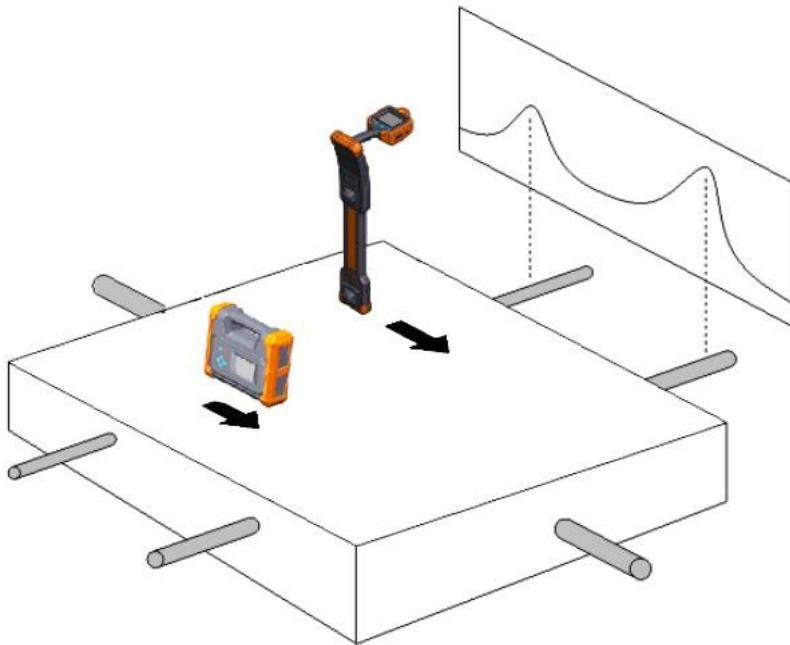


图 4-1-8 辐射法区域探查

在一个方向探查完后，交换发射机和接收机的位置，再反向探查一遍。

所有可能的方向都需要进行探查。

所有管线的位置都做好标记后，将发射机依次放在每一条管线的上方，用接收机跟踪每一条管线直至离开要探查的区域。

辐射法探查是区域管线探查最可靠的方式，但由于辐射法本身的限制（例如：要求管线必须接地、有钢筋网的混凝土路面不能使用等），也不能保证探查到所有管线。

10、精确定位的基本方法

罗盘在受强干扰、信号过于微弱或邻近管线的影响时，可能出现偏差，若需要更加精确地定位管线，可采用如下方法修正：

找到目标管线的大致位置后，使用宽峰或窄峰法，并调整合适的增益：

- a. 保持接收机与预计的管线方向垂直，找到响应最大的点。
- b. 不要移动接收机，将其原地转动，找到响应最大的角度。
- c. 保持角度，左右移动接收机，找到响应最大的点，作好标记。

可以重复上述步骤，以提高定位精度。过程如下图所示：

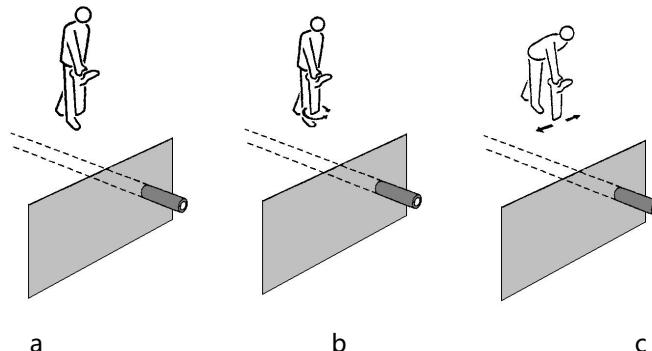


图 4-1-9 精确定位

改用音谷法，按照步骤 b 确定的角度，找到相应最小的点，作好标记。

如果峰值和谷值位置相同，则定位是准确的。如果不同，则说明可能存在邻近管线，受其影响，定位不准确，需要修正。

如右图所示，峰值和谷值点均偏向管线的那一侧，实际位置在峰值点的另一侧，距峰值点的距离为峰谷距离的一半。

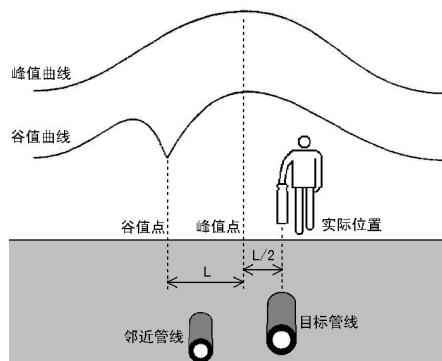


图 4-1-10 定位修正

11、峰谷扫描模式精确定位

峰谷扫描模式通过扫描管线的峰值和谷值响应，可快速进行精确定位。

短按模式键 ，切换至峰谷扫描模式，在管线上方，将接收机机反复左右横切管线，观察幅值响应曲线，若峰值和谷值重合，说明定位准确，若不重合，说明可能存在临近管线，定位不精确，需要修正。

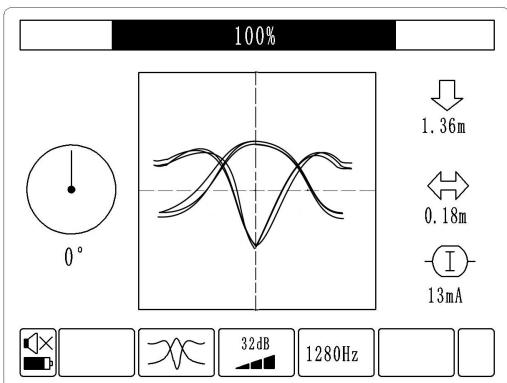


图 4-1-11 精确定位示例

12、历史曲线模式精确定位

使用历史曲线模式也能够快速判断信号峰值和谷值位置是否重合。

短按模式键 ，切换至历史曲线模式，将接收机从管线的一侧，匀速平移，横切管线至另一侧（和峰谷扫描模式不同，不要反复横切管线），屏幕显示峰值和谷值随时间变化的响应曲线。以下图为例，其峰值和谷值明显不重合，需要进行修正。

操作说明：

1. 信号幅值显示的是宽峰法的信号响应。
2. 左侧为信号百分比标尺。
3. 左上方为峰值法和谷值法信号的颜色提示。

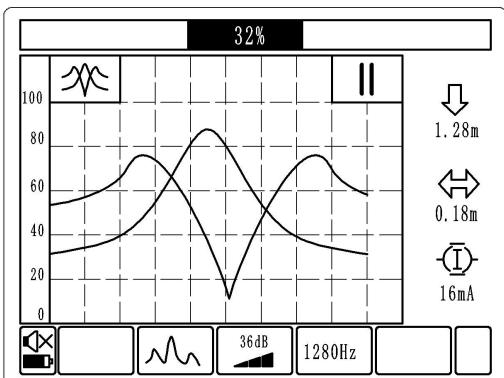


图 4-1-12 历史曲线示例

4. 曲线幅度过大可减小增益；曲度过小可增大增益。
5. 短按存储键 ，能够暂停曲线记录，右上角显示暂停标志，再次短按存储键 ，将继续记录。长按存储键 ，清除曲线，重新开始。

二、深度测量

1、实时测量

当判断接收机基本处于管线正上方时，进行实时深度与和电流测量，在屏幕右侧显示，如图所示：

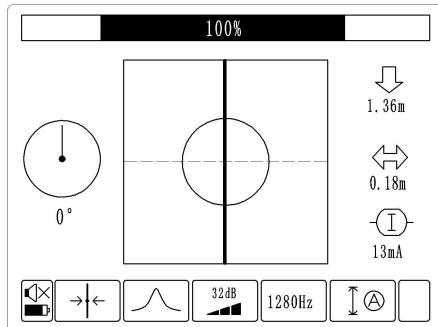


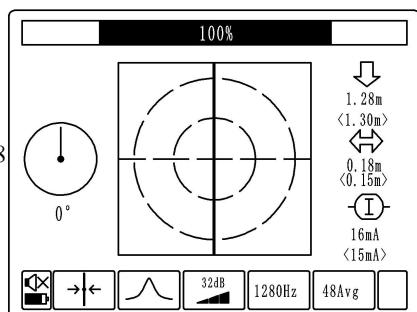
图 4-2-1 实时深度和电流测量

- 当罗盘显示的管线垂直且位于罗盘中央时，接收机位于管线正上方，此时测深最准确。水平偏离（管线在罗盘左或右侧）越大，深度越偏大，电流越偏小。水平偏距和倾斜角度大于仪器设定值时，深度和电流显示消隐。
- 相位指针朝向何方不是实时深度测量的先决条件，但在 640Hz 和 1280Hz 频率下，相位指针指向上方表示跟踪正确，表示当前位于目标管线（而不是邻近管线）的上方，是一个重要的参考。在其他频率，不出现相位指针。
- 如果信号幅值除了显示百分比，还显示失真字样，如：“135% 失真！”，说明发射信号过强，接收机饱和失真，此时测深误差会随失真程度的增大而增大，需要操作发射机按  键减小输出水平，直至不再提示失真。

2、平均测量

若各种原因造成深度显示不稳定，可以按测量键 ，进行连续平均测量，以得到逐渐稳定和准确的测量结果。

按测量键  后，其键对应位置变为橙色，且显示平均的次数，如“48Avg”



表示当前进行了 48 次平均。最多平均 180 次（1 分钟），超时自动退出。也可以随时短按一次测量键  退出平均。实时深度和电流的下边，带尖括号的数值为平均测量结果，如右图所示：

图 4-2-2 一键深度和电流测量

3、通过测深辅助传感器（若选配）测量信号畸变提高测量可信度

使用测深辅助传感器测量信号畸变，是提高测深可信度最便捷的方法。

安装了辅助测深传感器（若选配），且罗盘中的管线基本垂直时，将自动显示测深辅助线，如右图所示：罗盘中的粗线表示管线，旁边的红色细线为测深辅助线。

当管线不在罗盘中心时，两线一般不重合。

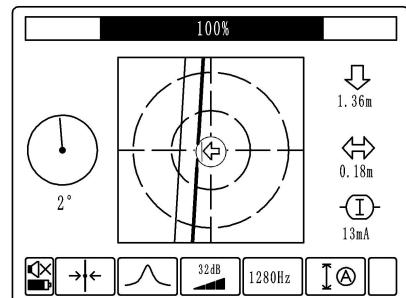


图 4-2-3 信号畸变示例

若管线位于罗盘中心，但两线仍然不重合，说明因各种原因信号发生畸变，此时测深不准确（一般为测量偏大，电流偏小）。

当管线位于罗盘中心，且两线重合，说明信号无畸变，测深准确！

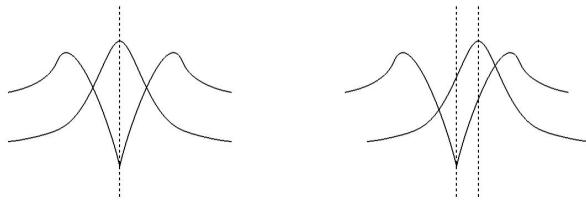
两线重合度越高，测深结果越可信。

4、通过峰谷重合提高测量可信度

参照上一节中的“精确定位”的描述，若判断峰谷重合，则此时在其正上方测深是可信的，否则不准确（一般为测量偏大，电流偏小）。

可以使用峰谷扫描模式或历史曲线模式，快速判断峰值和谷值位置是否重合。

以下图为例，a 图的峰谷重合，测深可信；b 图的峰谷不重合，此时测深不准确。



a. 峰谷重合, 测深可信 b. 峰谷不重合, 测深不可信

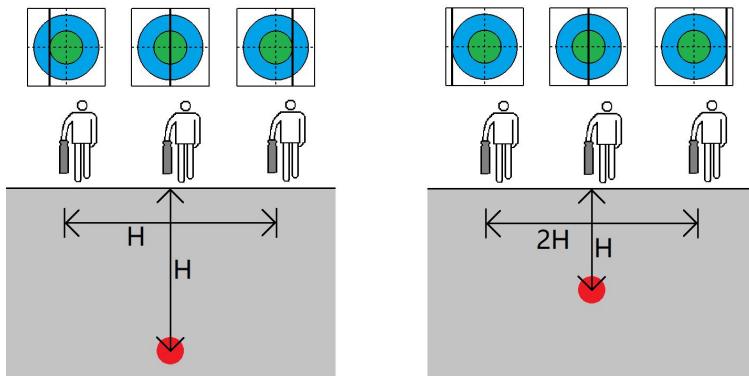
图 4-2-4 峰谷重合示例

5、罗盘靶标法测深

A. 深度：使用罗盘找到管线，向左平移，直到罗盘中显示的管线和靶标较小的绿色圆环左相切，在地面做好标记；再向右平移，直到管线和靶标绿色圆环右相切，也在地面做好标记，两标记点间的距离等于管线深度，如下图 A 所示。

B. 两倍深度：使用罗盘找到管线，向左平移，直到罗盘中显示的管线和靶标较大的蓝色圆环左相切，在地面做好标记；再向右平移，直到管线和靶标蓝色圆环右相切，也在地面做好标记，两标记点间的距离等于两倍深度，如下图 B 所示。

可以分别测得深度和两倍深度，进行交叉验证。



A.绿环相切, 等于深度

B.蓝环相切, 两倍深度

图 4-2-5 罗盘靶标法测深

6、宽峰 80%法测深

使用宽峰法, 找到管线上信号最强的点, 长按增益+键, 自动增益调节幅值为 100%; 然后左右水平移动接收机, 找到两个信号幅值减弱到 80%的点, 则两点之间的距离等于管线深度。幅值条下方的水平测深提示条可以帮助判断幅值的变化是否达到预设值, 如右图所示:

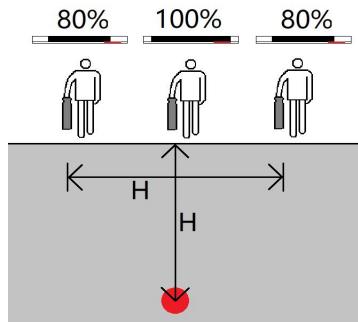


图 4-2-6 宽峰 80%法测深

7、窄峰 70%法测深

使用窄峰法, 找到管线上信号最强的点, 长按增益+键, 自动增益调节幅值为 100%; 然后左右水平移动接收机, 找到两个信号幅值减弱到 70%的点, 则两点之间的距离等于管线深度。幅值条下方的水平测深提示条可以帮助判断幅值的变化是否达到预设值, 如右图所示:

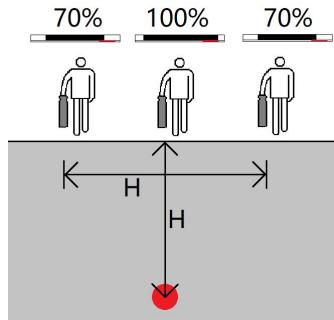


图 4-2-7 窄峰 70%法测深

优点: 窄峰 70%法相比于宽峰 80%法, 70%法的抗干扰 (尤其是远场干扰) 能力比较强。

缺点: 宽峰 80%法没有理论误差, 而 70%法的理论误差随深度增加而增大, 在小于 2m 时, 理论上基本没有误差, 大于 2m 后理论误差开始增加, 4.75m 时理论相对误差 5%, 8m 时理论误差达到 10%, 测量值均比实际值偏大。

注意: 以上所述, 不论宽峰 80%法还是窄峰 70%法, 均指理想情况下的理论相对误差, 而实际测试, 均会因各种原因引入附加误差。

建议: 深度较浅时使用窄峰 70%法, 抗干扰能力较强, 精度也可基本满足, 但大深度时注意误差增加, 建议与其他方法进行交叉验证。

8、音谷 45°法测深

使用音谷法，找到管线上信号最弱的点 A；再将接收机倾斜 45°，向管线的一侧移动，直至找到另一个信号最弱的点 B；再将接收机向另一个方向倾斜 45°，向管线的另一侧移动，再找到一个信号最弱的点 C。

一般情况下，深度 Depth 等于 AB，也等于 AC。邻近管线可能会造成信号谷值出现位置不在管线正上方，所以认为深度 Depth 等于 BC 的一半将更加精确。

注意，在将接收机倾斜时，注意观察接收机上的标志线，当一根标志线水平于地面，另一根垂直于地面时，接收机正确的倾斜了 45°。

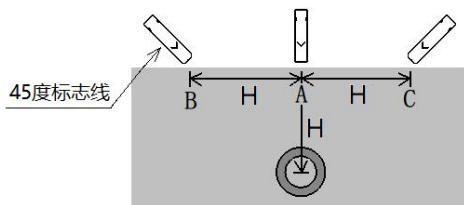


图 4-2-8 音谷 45°法测深

9、技巧和注意事项

- 扬声器的输出对实时测深略有影响，所以在习惯罗盘法探测后，应尽量将扬声器静音。
- 验证深度值是否可信的方法：将接收机贴近地面测量一次，将其提高 0.5m（或 2ft）再测量一次，两次深度数据之差如在 0.5m（2ft）左右，则结果可信。
- 如果使用辐射法发射信号，测量误差将比直连法或卡钳法大。如果必须使用辐射法，接收机和发射机的距离应尽量远离，至少在 20m 以上。
- 尽量不要在管线转弯或三通（电缆 T 接）附近进行测量，应保证接收机距离转弯或三通处 5m 以上。
- 测量得到的深度是指接收机最底部和管线中心的距离，而管线顶部的深度是小于测深读数的，当管线直径较大时差距更加明显。
- 根据电流值可以帮助识别目标管线。在某些情况下，并排管线电流小但深度浅，造成邻线信号反而比目标管线信号大，易造成错误跟踪。分别测量并排管线的电流，电流最大（而不是信号最强）的管线是目标管线。
- 根据电流值随距离的变化，可以帮助分析管线状况。发射机给目标管线施加信号，随距离的增加，电流强度会逐渐变小（逐渐泄漏返回发射机），衰减程度

与管线类型及土质有关。如果电流的衰减速度保持稳定，而没有发生突然的下降，说明管线正常。若发生电流突降，一种情况是管线在此处有三通（电缆 T 接），电流被分流；另一种情况是在此处发生绝缘破损而接地。

- 电流测量是在正确的深度测量基础上进行的，如深度数据不可信，则电流值亦不可信。

注意！

在某些严格的管线探查规范中，规定无论使用何种设备，均不采纳其自动测深的结果，故自动测深虽非常方便，且在发射信号较强、干扰较小、管线不太复杂的情况下，其精度也能够满足要求，但根据规范，结果也只能作为参考。欲得到可信的测深结果，需要多种方法交叉验证！

第五章 被动探测

被动（无源）探测不需要发射机对管线施加信号，仅使用接收机利用管线自身辐射的信号来探测管线。

一、路径探测

1、选择频段：

长按频率键 ，切换至被动探测频率，频率键对应位置变为橙色，短按频率键  切换接收频段，以下频段供

选择：

- AFB 全频被动探测
- 工频频段：基波（50Hz 或 60Hz）及其 2/5/9 次谐波，其中 2 次谐波用于探测外加电流阴极保护（CPS）的管线。
- 射频频段：分低中高三个频段，分别为 5~15kHz，15~25kHz，以及 25~40kHz。

被动探测显示界面如右图所示：

右侧显示管线实时测深和电流数据，幅值条显示当前信号强度（仅部分频段）。

特别的：AFB 全频可同时搜索所有工频和射频频段，并进行智能选择和主次区分，主信号使用粗线显示，并且显示其实时深度，次信号使用细线显示。**注意：**当同时显示粗细

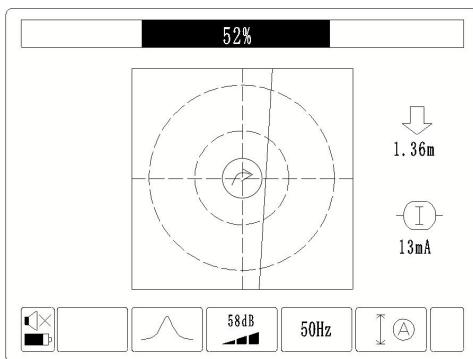
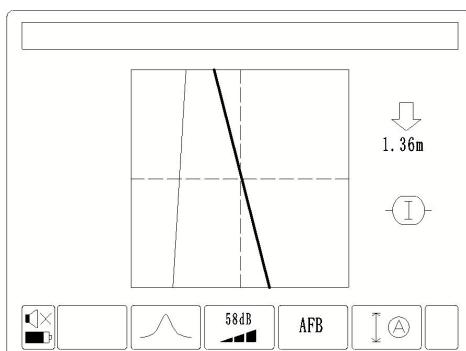


图 5-1-1 被动探测界面



两条线时，一般不能认为是两条管线。

AFB 为被动探测提供了极大的方便，但探测灵敏度不如分频段探测。

图

5-1-2AFB 全频探测界面

2、工作模式：

在被动模式下，短按模式键 ，切换模式，支持宽峰、窄峰和历史曲线模式，但 AFB 全频时，因不显示信号幅值，故切换模式对其没有影响。

操作建议：

使用窄峰模式：在被动探测中，信号来源完全不受控，信噪比较低，尤其同频段远场干扰可能比较严重，若主要依靠信号幅值的大小来探测管线，建议多使用窄峰模式，其一定程度上能够抑制远场干扰。

使用历史曲线模式：若需要非常谨慎的探测当前区域地下是否有管线而不至于有遗漏，建议应在粗略探测后，分别在全部频段（非 AFB）和历史曲线模式，在待查区域进行网格状搜索，观察历史曲线，在管线上方将有峰值和谷值响应，如图所示。

建议开始扫测时，先长按 **增益 - ** 键将信号幅值设为 40%，在扫测过程中，遇到强信号再将增益逐渐降低，以免漏测。不同管线辐射能力可能相差很大，在找到信号最强的管线后，应调高增益重新扫描，可以忽略已知的强信号，观察是否有较弱信号的管线出现，以免漏测，并注意及时在地面上作好标记。

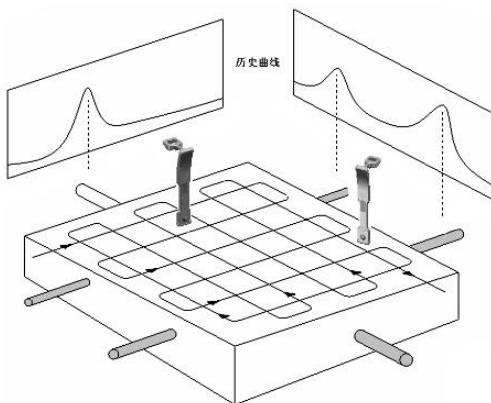


图 5-1-3 历史曲线示例

二、深度测量

1、实时测量

当接收机判断基本处于管线正上方：即管线基本垂直且基本位于罗盘中央时，进行实时深度测量，深度值在屏幕右侧。如果不在正上方，不显示深度。

平均测量：若深度显示不稳定，可以按测量键 ，进行连续平均测量，以得到逐渐稳定的测量结果。在实时深度的下方带尖括号的数值为平均深度。

2、罗盘靶标法测深

使用罗盘找到管线，向左平移，直到罗盘中显示的管线和靶标绿色圆环左相切，在地面做好标记；再向右平移，直到管线和靶标绿色圆环右相切，也在地面做好标记，两标记点间的距离等于管线深度，如右图所示。

与主动探测不同，被动探测的探测视角较小，罗盘中只有一个绿色靶标圆环，只能进行深度的辅助测量，不能进行两倍深度测量。

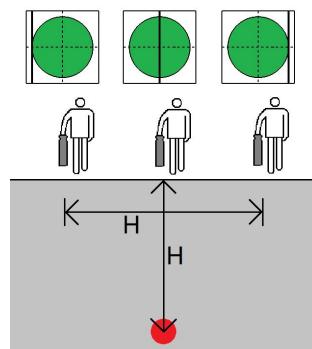


图 5-2-1 罗盘靶标测深

3、宽峰 80%法和窄峰 70%法测深

在工频或射频频段，可以使用宽峰 80%法还是窄峰 70%法水平测深，使用方法和主动探测相同。

由于被动信号源不稳定、干扰强（尤其是远场干扰），优选采用窄峰 70%法。

注意！

- 在被动探测中，无论哪种方法测深，均无法得到非常可信的结果。
- 只要有条件，尽量采用主动法测深，如采用卡钳耦合注入信号。
- 可采用多种方法交叉验证。

第六章 电缆识别 (选配功能)

在电力施工中，对电缆的唯一性识别因涉及设施及人身安全，是一项要求很严格的工作。共有三种识别方法：柔性卡钳智能识别、柔性卡钳电流测量、听诊器识别。

一、柔性卡钳智能识别

柔性卡钳智能识别是一种结果最准确、抗干扰能力最强的识别方法。

1、信号发射方法的选择

- 发射机必须设定为 1280Hz 或 640Hz 频率。一般使用开机默认的 1280Hz 能满足大部分测试要求，超长电缆可选用 640Hz。
- 对于非运行电缆使用直连法，且优先采用芯线 - 大地接法；若不方便接线，则使用相线 - 护层接法，不建议采用护层 - 大地接法。
- 对于运行电缆优先使用卡钳耦合法，如不能使用，则谨慎采用零线 / 地线 / 护层注入法。
- 不能使用辐射法发射信号。

2、接收柔性卡钳连接

将柔性卡钳引出线的插头插入接收机的附件输入插座。

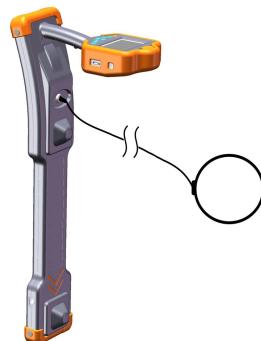


图 6-1-1 识别柔性卡钳连接

3、界面介绍

开机状态下，接收机自动识别连接的附件，设为卡钳接收模式，界面如下：

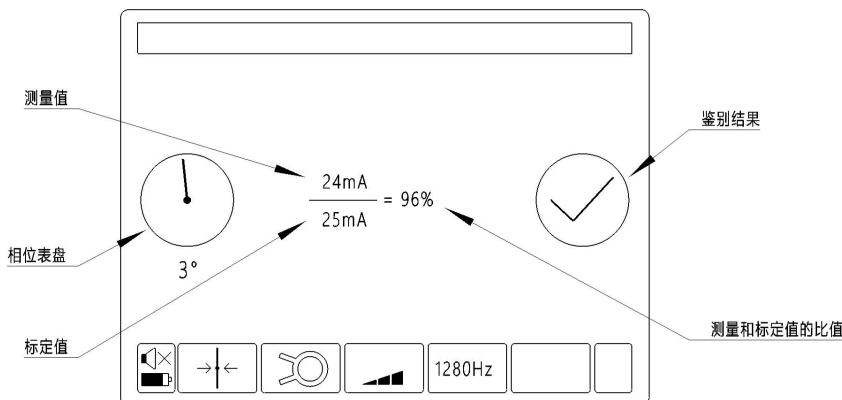


图 6-1-2 柔性卡钳识别界面

接收机开机默认工作在 1280Hz，将频率设定为和发射机一致；卡钳模式下接收机不需要调整增益，直接显示电流值，并且和标定的电流对比计算并显示其百分比；相位表盘显示电流相位；识别结果显示识别正确图标 或错误图标 。

4、标定

柔性卡钳智能识别需要接收机首先在目标电缆的已知位置测量其电流强度及相位，作为比较的基准；然后在未知点需要识别的位置进行测量，结果与基准比较，作出识别正确或错误的判断。测量并记录基准电流及相位的过程即为标定。

在靠近发射机，又确保不会受其干扰的位置进行标定（对于卡钳耦合发射信号，应离开发射卡钳至少 2m），将接收卡钳卡住目标电缆。

注意柔性卡钳的方向箭头必须指向电缆末端！

短按标定键 ，标定键正上方对应位置变为橙色，并显示问号：？，询问是否要进行相位归零标定。若按其他键，将取消标定操作。若再次短按标定键 ，则显示：OK！，提示标定完成，当前相位归零：相位表盘指针指向正上方，表盘下的角度变为 0°，作为以后的相位测量基准，同时当前电流值作为对比计算的分母（反显），识别结果显示为正确 。以后的识别测量均以此作为基准。标定完成后关机数据不丢失。在对另一条电缆进行识别时，必须针对新的目标电缆重新标定。

5、识别

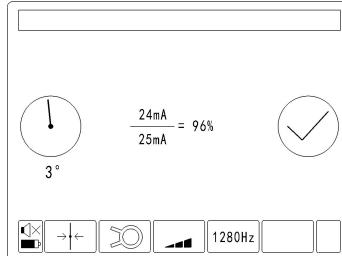
离开标定点，到达需要识别的位置，将柔性卡钳卡住电缆。

注意柔性卡钳的方向箭头保持指向电缆末端。

如果卡住的是目标电缆，则其电流强度和相位均应与标定点的测量结果相差不大，如果符合以下判定标准：

- 电流值大于标定值的 75%，且小于 120%
- 电流相位差不超过 45°

则说明是目标管线，识别参考结果显示为正确 ，若不符合以上判据，说明是邻近的其他管线，识别参考结果显示为错误 .



b. 识别正确

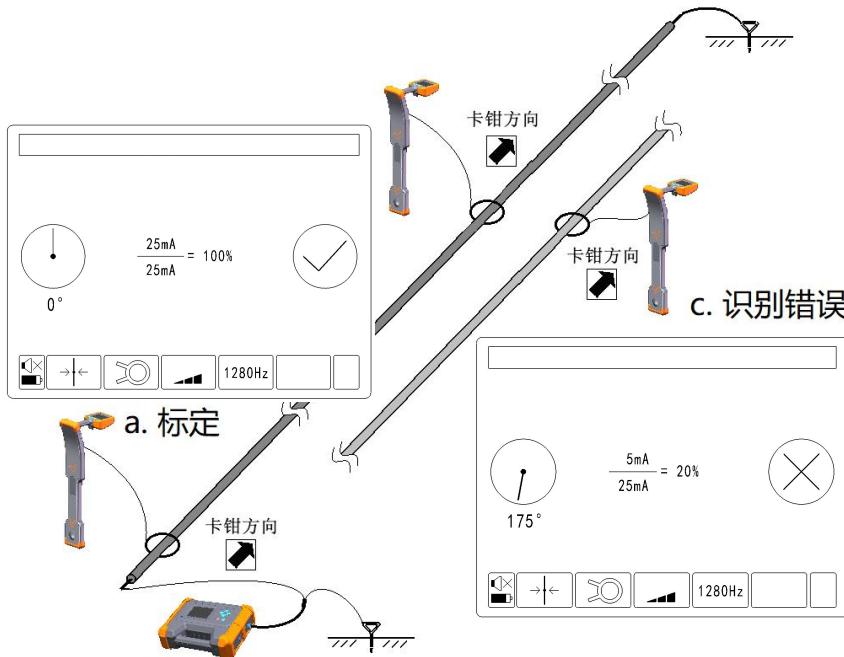


图 6-1-3 卡钳智能识别过程

6. 注意事项：

- 标定/识别时，接收卡钳的箭头必须指向电缆末端，且保证卡钳闭合良好。
- 芯线 - 大地接法使用较繁琐，但目标电缆上的有效电流最大，且不易受邻近电缆干扰，故应优先采用。示例：目标电缆电流为 I，相位在 0°附近，提示识别正确；邻线电流远小于 I，相位接近 180°或不稳定，提示识别错误。
- 采用相线 - 护层接法发射信号时，若没有同路径敷设的并行电缆（指路径相同

且两端位置相同), 有效电流会较小; 若有同路径电缆, 则目标电缆的电流约等于其他电缆电流的和。

- 示例①: 三条电缆同路径 (包括目标电缆), 测量结果为: 目标电缆电流为 I , 相位在 0° 附近, 提示识别正确; 两条邻线电流分别为 $I/2$, 相位在 180° 附近, 提示识别错误 (可参见图 3-1-4 并行电缆的分流效果)。
- 示例②: 两条电缆同路径 (包括目标电缆), 测量结果为: 目标电缆电流为 I , 相位在 0° 附近, 提示识别正确; 另一条邻线电流也为 I , 相位在 180° 附近, 提示识别错误。这种情况因为电流强度基本相同, 只能靠相位区分, 更需要特别注意卡钳方向。
- 示例③: 其他并行电缆与目标电缆的路径不同 (一般为末端在不同位置), 测量结果为: 目标电缆电流为 I , 但数值远较发射机注入值小, 相位在 0° 附近, 提示识别正确; 邻线电流接近 0, 相位接近 180° 或不稳定, 提示识别错误 (可参见图 3-1-3 相线 - 护层接法)。
- 若采用护层 - 大地接法发射信号, 护层绝缘破损接地将会造成破损点后电流减小, 可能影响电流强度判据的使用, 故不建议采用。
- 若采用卡钳法对运行电缆发射信号, 由于发射卡钳会向空间辐射信号对接收造成干扰, 必须保证在标定时, 发射和接收卡钳距离 $2 \sim 5m$ 。是否受干扰的判断方法: 先进行标定, 再在同一位置, 将卡钳离开电缆, 仅在空气中闭合, 观察测量的电流值, 若此时电流远小于标定时的电流而接近 0, 说明离开的距离足够; 否则应继续加大两者的距离。
- 若采用卡钳法对运行电缆发射信号, 必须保证电缆两端良好接地, 以形成较大的耦合电流。如果电流很小, 应注意并检查, 包括确认卡住的是目标电缆。
- 为提高识别可靠性, 应注入足够大的电流, 只有在 $1mA$ 以上才进行识别判断, 否则一律判为识别错误。

安全警告！

1. 电缆鉴别涉及人身及设施安全，必须在仪器给出结果的基础上，先根据各种现场信息（如电缆直径等）进行排除，剩余的要充分分析各条并行电缆的电流强度和相位的区别，最后作出判断。
2. 仪器的正确判断建立在正确的操作上，请务必保证接线方式以及标定操作的正确性。
3. 如果两条或几条电缆均显示鉴别正确，或者全部显示鉴别错误，且观察电流值和相位相差不大，则必须引起特别注意，不要轻易下结论，出现这种情况很可能是发射机接线方法有误，以下几种错误应首先检查：
 - a) 忘记标定或标定不正确。
 - b) 卡钳方向倒置。
 - c) 鉴别中没有卡目标电缆，而是只卡了几条邻线。
 - d) 信号发射方法选用不当。
4. 如果还不能判断，请使用其它方法进一步鉴别！

二、柔性卡钳电流测量

除 640Hz 和 1280Hz 外的其他频率，只能测量电流，不能测量相位并标定，从而不能进行智能判断，但可以通过电流值作出人工判断。显示如右图所示。

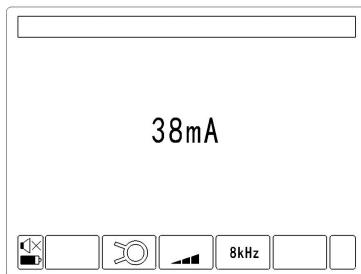


图 6-2-1 柔性卡钳电流测量示例

对于 8kHz、33kHz、82kHz 和 197kHz 频率，由于频率较高，信号通过电缆和大地之间的分布电容泄漏较大，测量得到的电流值会随距离的增加逐渐减小。

卡钳电流测量法的信号注入方法以及注意事项和智能卡钳法基本相同。

应优先使用智能识别，电流测量法只作为辅助手段。

三、听诊器识别

当识别现场电缆排列非常密集，卡钳无法卡住电缆时，可以使用听诊器法识别。

1、听诊器连接

接收机附件连接线缆（两端为蓝色插头）的一端插入听诊器的插座，另一端插入接收机的附件输入插座。



图 6-3-1 听诊器连接

2、界面介绍

开机状态下，接收机自动识别连接的附件，设为听诊器接收模式，界面如下：

听诊器只是将探测线圈外置，故其他操作和使用内置线圈完全相同。

将听诊器紧贴待测电缆，而尽量远离邻近电缆，目标电缆上将会有较大的响应，而邻近电缆上的响应很小。根据信号幅值的大小差异人工区分目标电缆和其他电缆。

听诊器适用于所有频率。当选择 640Hz 和 1280Hz 时，能够测量电流相位，可以使用防误跟踪功能，注意听诊器上的箭头指向电缆末端。其他频率没有相位显示。如下图所示：

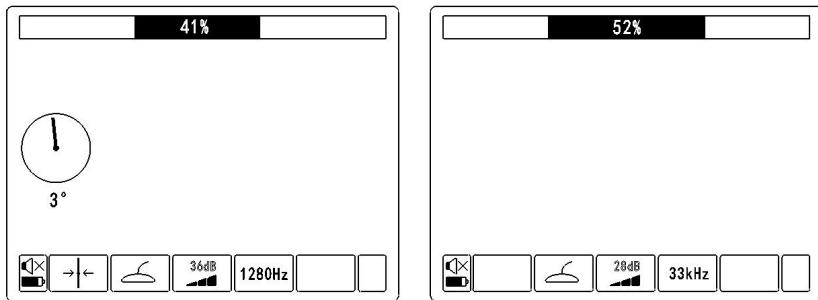


图 6-3-2 听诊器界面

可以在发射机近端，将听诊器紧贴目标电缆，调整到合适的增益，在未知点识别时不要再调整增益，能够加快识别速度，提高准确率。

如下图所示：

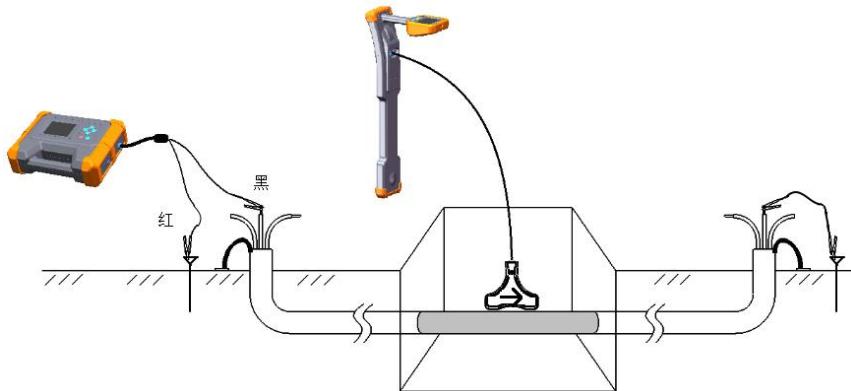


图 6-3-3 听诊器识别

第七章 管线接地故障定点 (选配功能)

管线的接地故障主要包括：①绝缘管道的绝缘防护层破损；②无铠装低压电缆的接地故障；③高压电缆护层故障（尤其是超高压单芯电缆）。对于此类故障，主要使用 A 字架进行跨步电压定点。

1、发射机查障升压器的连接

将查障升压器（选配件）的插头插入发射机的输出插座；再将发射机直连输出线缆一端的 5 芯红色插头插入查障升压器的输出插座。

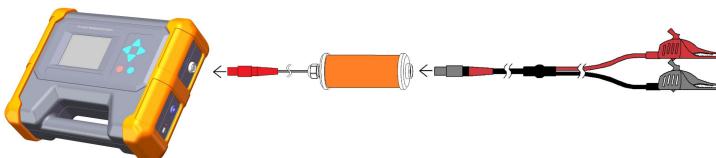


图 7-1-1 发射机查障升压器连接

2、发射机界面

开机，发射机自动识别连接的附件，设为查障高压 1Hz 模式，界面如下：

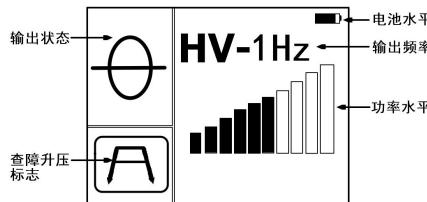


图 7-1-2 发射机查障升压输出界面

3、信号发射接线方法

首先将管线的所有人为接地全部解开，并使其保持可靠的浮空绝缘。发射机工作在直连方式，直连输出线的黑色鳄鱼夹和打入地下的接地钎连接，红色鳄鱼夹和故障管线连接：①对于绝缘管道的防护层破损：红色鳄鱼夹和管线金属部分连接。②对于无铠装低压电缆接地故障：红色夹和故障相连接。③对于高压电缆护层故障：红色夹和电缆护层连接。以无铠装低压电缆接地故障为例，接线如下图所示：

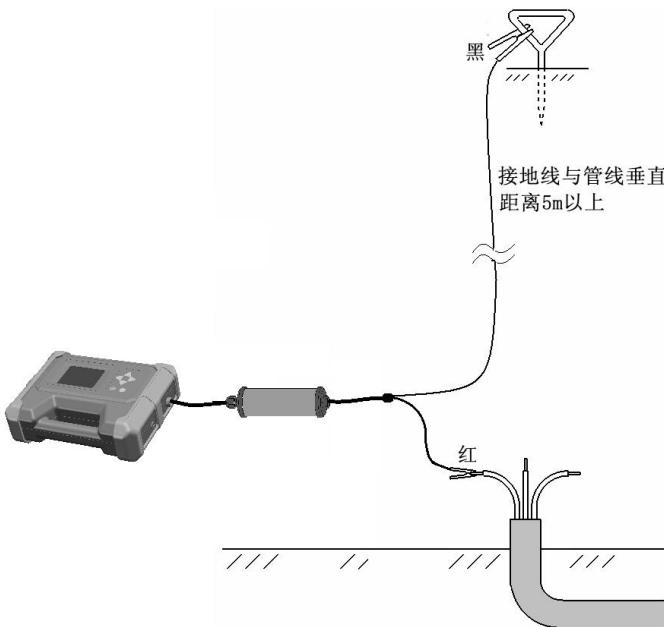


图 7-1-3 接地故障定点接线

注意事项：

- 接地钎位置的选择：应将接地钎打在距离管道 5m 之外，而且黑色接地导线应尽量和管道方向垂直。
- 不要将接地夹连接到自来水管或其他管线上，否则会干扰正常定点。
- 接地钎和目标管线之间尽量不要有其他管线，可在打接地钎之前用无源探测的方法进行检查。
- 在变电站发射信号时，不方便使用接地钎接地，此时可以使用地网作为接地点，但如果故障发生在地网范围内，仪器可能无法作出正确反映而漏查。
- 查障只能使用 HV 1Hz 频率，且最好将输出功率调至最高。

警告！

查障升压器最高输出 1000V，注意安全！

4. 接收机 A 字架连接

将查障 A 字架（选配件）的两根探针插入 A 字架下部的安装螺孔内；将接收机附件连接线缆（两端为蓝色插头）的一端插入 A 字架的插座，另一端插入接收机的附件输入插座。

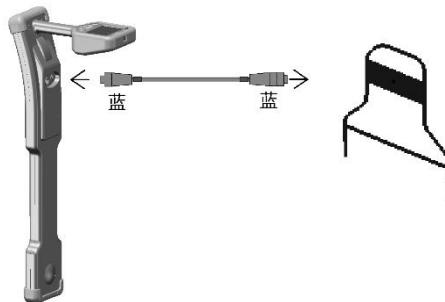


图 7-1-4 接收机 A 字架连接

5、接收机界面

开机，接收机自动识别连接的附件，工作在 A 字架接收模式，界面如下：

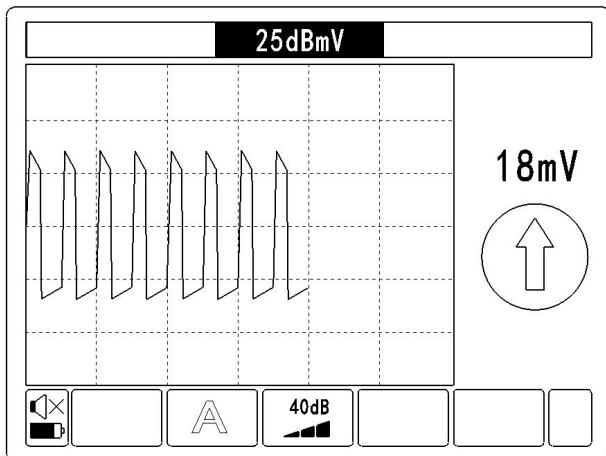


图 7-1-5 接收机 A 字架查障界面

6、近端验证性试测

在正式查找故障点前，应首先在接地钎附近进行验证性试测，用来判断本方法是否能用于此次查障。

信号自发射机注入管线，在故障点处向其周围的大地泄漏，泄漏电流最后在接地钎处汇集，返回发射机。如果接收机在接地钎附近能够检测到足够强的信号，有正确的方向响应，说明注入的信号足够强，满足查障需求；接地钎附近信号最强，若在此处没有正确的响应，说明可能故障电阻过高，注入电流过小，无法进行查障。

近端试测：背靠接地钎并离开大约 1m 距离，A 字架红色端指向管线末端，将 A 字架探针插入地下。适当调整增益，观察电压值和波形，如果都比较稳定，说明接收正常。

注意：正常信号的波形应该为如上图所示的有变形的脉动直流方波，查障方向显示为向前：❶。

如果电压值很小，波形也不稳定，查障方向显示在 和 之间反复跳变，说明注入信号太小而不能正常接收。可能的原因：接线错误，或者故障电阻过高，不能形成有效测试电流。

环绕试测：如果接收正常，按照黑近红远的原则，围绕接地钎一周，都应有稳定的响应，且箭头应一直保持向前：。

确定响应范围：从管线近端开始，背离发射机，保持 A 字架的红色端指向管线末端，逐渐远离发射机进行试测。随距离的增加，电压逐渐减小，波形逐渐变得不稳定，查障方向也开始跳变。在信号刚好还能正确分辨的时候记录位置，此位置到接地钎的距离即为此次故障的最大单向响应范围。考虑管线的埋设环境因素（如超高压电缆在电缆沟中敷设，而只能在沟外试测），故障点处的响应范围一般小于接地钎处的响应范围。因此，建议以测得响应范围的 $1/3 \sim 1/2$ 作为试测的间距。例如，测得响应范围为 20m，则建议的试测间距为 6~10m。当以此为间隔进行查障试测时，能够避免间距过大而漏过故障点，又能够加快测试速度。

如果使用变电站地网作为发射机接地，将无法进行验证性试测。建议的通用试测间距为 3~5m，能够满足大多数需求，而又不会太过于影响效率。如果故障阻值较高，再适当减小试测间距。

7、查障试测

从管线近端开始，面向末端，携带接收机和 A 字架，保持 A 字架的红色端向前（指向管线末端），以每次大体相等的间距和接收增益进行试测。开始时，由于距离接地钎很近，信号强且稳定，箭头指向前方。随距离增加，电压逐渐减小。再继续向前，直至找到电压开始增大，波形和查障方向箭头重新变得稳定，说明已经接近故障点。观察箭头方向：若故障点在前方，则箭头向前；若已经越过故障点，则箭头向后。按照箭头指示向故障点逐步逼近，逼近过程中应逐步减小试测间距。最终，当故障点正好位于 A 字架两探针之间时，电压会突然下降，而且稍微移动即会有剧烈变化。以很小的间距移动 A 字架，会找到一个箭头方向突变且信号强度最低的点，此即为故障点，A 字架查障过程见下图所示。

如果管线的路径不是很明确，可将 A 字架转为与管线垂直的角度进行试测，直至找到箭头反向的点，从多方向逼近能确定故障点的准确位置。

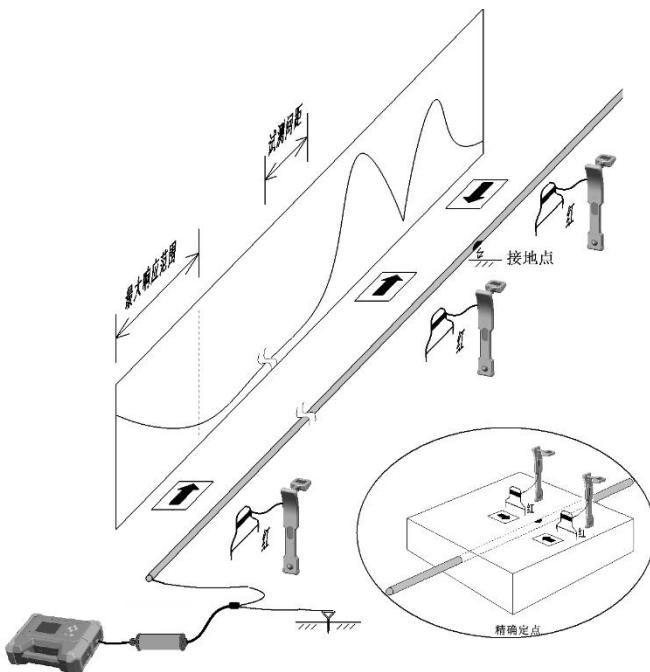


图 7-1-6 A 字架查障过程

8、注意事项

- 探测时，操作者必须保持面向管线末端，A字架红色端在前（指向管线末端），接收机的方向也要保持一致（朝向末端）。
- 探测过程中需要随时调整增益，以便于观察波形，调整增益不会影响电压的测量。
- 如果电缆在水泥电缆沟中敷设，且上面覆盖水泥盖板，则最好在电缆沟旁边的土壤上，而不是水泥盖板上方探测。
- 如果电缆在硬化路面的下方，最好在路面旁边的草地 / 土壤中探测，如果土地

距离电缆过远，探测效果会变差，应降低实测间距以免漏过故障点。

- 直接在干燥的硬化路面（沥青、水泥或砖铺）上探测效果较差，用水将地面浇湿效果会得到一定程度改善。
- 本方法基本不适用于查找有铠装电缆的相线接地故障，因其铠装有很大的可能多点接地，而在所有的铠装接地点仪器均反映为故障点，无法从中区分出真正的故障位置。

警告！

查障升压器最高输出 1000V，注意安全！

第八章 电缆低阻和断线故障定点

本章为辅助章节，请根据需要选择阅读。

在电缆故障电阻较低时，如果采用高压冲击放电法定点，故障点放电声音微弱，特别是金属性死接地故障没有放电声音，声测法精确定点失效，需要换用音频感应法。音频法一般仅适用于电阻小于10欧的低阻故障。用音频感应法对两相或三相短路（或合并接地）故障定点，能获得比较满意的效果，一般定点误差为1 - 2米。

对于断线故障，也能使用音频法定点。

一、相间短路故障定点

1、信号发射方法

如下图所示，先将电缆的金属护套两端接地解开，低压电缆的零线和地线接地也应解开，发射机直连输出接两根故障芯线。接收机必须平行于电缆移动，使用峰值法探测。

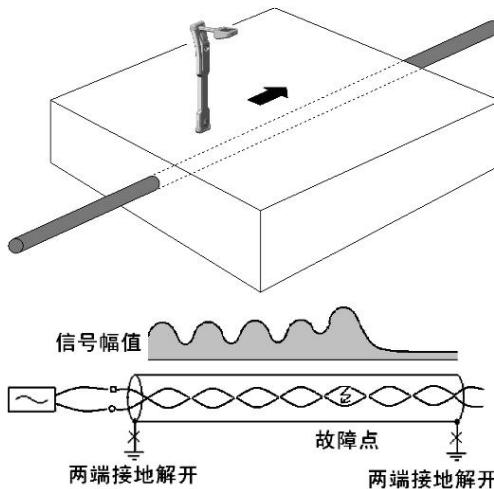


图 8-1-1 相间短路故障定点

2、定点方法

由于电缆芯线沿电缆路径扭绞前进，因此，当在故障点前沿着电缆的路径向前移动时，信号幅值会根据电缆扭距有规则的变化，当位于故障点上方时，一般会得到最强的信号幅值，再从故障点继续向前移动时，信号即减弱到一个稳定而且很小的幅值。接收机最好工作在历史曲线模式，其显示将会与上图信号幅值曲线类似。

3、注意事项：

- 适用的故障电阻：用万用表测量应接近 0，至多 10 欧姆。如果高于 10 欧，应先设法将其烧成低阻。用兆欧表（摇表）测量指针到零，不能说明是低阻故障，必须要用万用表测量。
- 电缆金属护套的接地必须全部解开，低压电缆的零线和地线的接地也应解开，以避免其他信号干扰。
- 定点前应预先查找路径，并做好标记，否则容易打乱信号的升降节奏。

- 注意接收机方向要平行于电缆路径，并使用峰值法探测。
- 由于使用相间接线，有效信号很小，使用高频信号将比低频信号更易于探测。但高频信号在故障点之后的残余亦较大。可根据故障电阻的大小选择频率，若电阻很低可选择稍高频率（如 10kHz），电阻较大则选择低频。
- 从电缆近端开始，检查有无节距变化，若没有，说明故障点在近端。
- 在故障点之前，有强弱节距变化，故障点上方通常能测到最大值，故障点之后信号下降到一个稳定而且很小的幅值。
- 因为电缆路径已经清楚标记好，所以以正常步速前进即可，慢走完全达不到目的。对于电力电缆，节距一般在 1 / 3 米至 1 米之间。
- 如果遇到信号中断或变小到一个稳定值，一般意味着故障点在最后一个信号峰下面。但也有别的原因会造成上述结果：①深度增加；②有未记录的分支，故障点在分枝上，而操作者继续沿主电缆走；③接头。在所有情况下操作者均应不要犹豫，继续向前走，在脑子里大概记着最后一个信号峰值的位置即可。区分接头比较容易，信号短暂下降后立即恢复。如果是电缆埋设深度增加，会继续收到节距变化的信号，没有必要太关心。
- 这是唯一能对低压、多复接、带负载的电缆进行短路故障定点的方法。
- 因节距太小，本方法对通信和控制电缆不合适，但能接触到电缆时例外。

二、相对铠装故障定点

1、信号发射方法

对于电缆相对金属护套（铠装）接地低阻故障，应使用变相的相间接法。如下图所示，先将电缆的铠装两端的接地解开，低压电缆的零线和地线的接地也应解开，将信号发生器的输出接在一条完好相线和铠装之间，而在电缆的对端将故障相和接信号的好相短路。接收机必须平行于电缆移动。

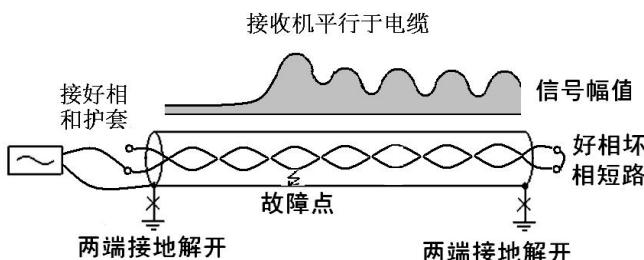


图8-2-1 相对铠装接地故障定点

2、定点方法

相对铠装低阻接地故障的定点方法与相间故障基本相同，但需注意的是：在故障点之前，信号幅值稳定但很小，故障点之后，有节距变化，故障点位于第一个峰值上方。

三、断线故障定点

1、信号发射方法

对于断线故障，发射机直连输出接在故障相和大地之间，对端不作处理。信号自发射机流经故障相，在断线故障点中断不再向前传播。对于纯断线故障，在故障点前，电流经故障相和大地之间的分布电容流向大地，返回发射机。对于大多数无铠装低压电缆，断线故障一般均合并接地，电流主要经故障点流向大地，返回发射机，如下图所示：

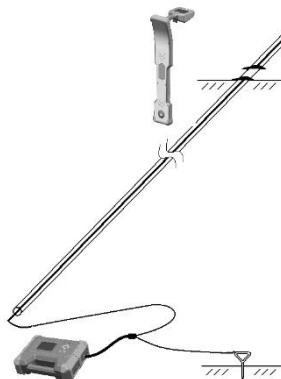


图8-3-1 断线故障接线

2、定点方法

断线故障的定点，和普通的管线跟踪基本相同。保持接收机垂直于电缆，使用峰值法，由发射机近端开始，逐渐向远端移动探测。故障点之前信号强，故障点之后信号迅速减弱。信号开始减弱的点为故障点位置。信号在故障点前后均没有节距变化，如下图所示：

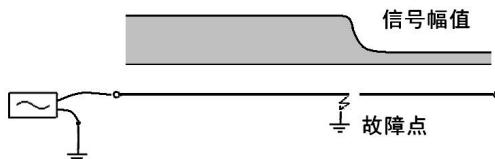


图 8-3-2 断线故障定点

3、注意事项：

- 本方法特别适用于无铠装低压电缆的断线故障定点。对于有铠装电缆，电流会通过分布电容耦合到铠装上，造成电缆全长有信号，无法区分故障前后。
- 对于断线合并接地故障，建议使用较低频率（如 1280Hz），纯断线故障使用较高频率（如 10kHz）。可以根据发射机电流值帮助判断，如果低频时电流较大，则使用低频；如果电流较小则换用高频。
- 对于纯断线故障，随距离的增加，信号会持续减小，到故障点处信号消失。对断线合并接地故障，若接地电阻不是很大，则信号减弱现象不明显。

四、无铠装电缆相对地故障的定点

1、信号发射方法

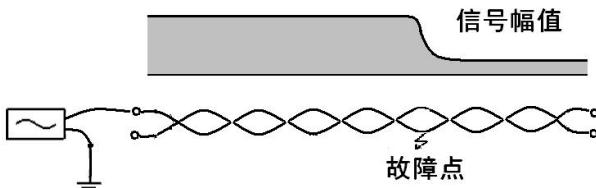


图 8-4-1 无铠装电缆相对地故障接线法

如上图所示，将低压电缆的零线和地线两端的接地全部解开，发射机直连输出接在故障相和大地之间。信号自发射机流经故障相，在接地故障点处流向大地，返回发射机。

2、定点方法

与断线故障定点类似，保持接收机垂直于电缆，使用峰值法，由发射机近端开始，逐渐向远端移动探测。故障点之前信号强，故障点之后信号减弱。信号开始减弱的点为故障点位置。信号在故障点前后均没有节距变化。

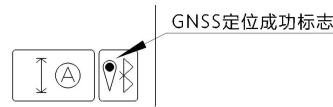
3、注意事项：

- 能否使用感应法对接地故障定点，主要取决于故障电阻的大小，故障电阻越大，故障点前后的信号变化越微弱，以至于无法分辨。
- 低频越低，故障点前后的强弱变化越明显，故建议采用低频探测（如 640Hz 或 1280Hz）。
- 对于相地故障，第六章所述的跨步电压法为主导方法，本方法作为辅助。在跨步电压查障前，一般首先进行路径探测。在路径跟踪过程中，观察信号幅值有无明显的变化，若有则作为可疑点，重点在此区域进行跨步电压定点；若没有观察到信号突变，则说明本方法不适用，须换用跨步电压法。

第九章 GNSS 定位 (选配功能)

GNSS (Global Navigation Satellite System)：全球导航卫星系统，包括美国 GPS、中国北斗、欧洲 GALILEO、俄罗斯 GLONASS 等。

选配了 GNSS 定位模块，定位成功后，屏幕右下角显示定位成功标志，如右图所示。若未选配 GNSS 定位模块，或定位未成功（如室内），则此定位标志不会出现。GNSS 定位可选内置 L1/L5 双频亚米级定位方案和外置 RTK 厘米级定



位方案。

图 9-1-1 GNSS 定位标志

1、内置 GNSS 定位模块配置方案

接收机内置 L1/L5 双频高精度定位模块和双频天线，为当前精度最高的单点定位方案，多数情况下可得到亚米级精度，远高于单频模块。为了最佳测试效果，提供外接四臂螺旋天线，将其拧入接收机天线座，使得天线朝上，如图所示：



图 9-1-2 外置天线的安装

可长按标定键  进入信息/菜单界面，查看详细信息，例如：

通信蓝牙：PD_19A5, 1234, 000CBF122150, 未连接

内置 GNSS：已定位！12 星

2021-05-01, 09:38:16 36.123456,N, 118.654321,E

HDOP:0.89, Dfift:0.45m

(未选配 GNSS 定位功能则无此显示)

其含义为：

- 通信蓝牙信息参见下节及第十一章。
- 内置 GNSS 模块已搜索到 12 颗卫星，定位成功。
- 当前日期：2021-05-01；北京时间 09:38:16。
- 地理位置：北纬 36.123456°，东经 118.654321°。
- 水平精度因子 HDOP：0.89。此值越小越好，一般 1 左右或小于 1 时信

号很好，注意精度因子不是定位精度，0.89不代表0.89m精度。

- 漂移 Dfifit: 0.45m。GNSS 每秒定位一次，此数值为当前定位和上一秒定位间的距离，如果固定不动，则此值越小越好。

2、蓝牙连接外置 RTK GNSS 定位设备配置方案

若有更高精度的定位需求，需要使用外置 RTK GNSS 定位模块，最高精度可达厘米级，从而满足高精度的测绘需求。



图 9-1-3 外置 RTK

点击 RTK 的开机按钮，开机后自动连接接收机。

性能指标如下：

GNSS 定位特性	BDS	B1I, B1C, B2a
	GPS	L1 C/A, L5
	Galileo	E1.E5a
	GLONASS	L1
	QZSS	L1 C/A, L5
	同时跟踪通道	128
	更新频率	1HZ
	双频单点	水平<1m CEP50
	双拼 RTK	水平 1cm + 1ppm CEP50 高程 2cm + 1ppm CEP50
	启动时间	冷启动：28S 热启动：1S
物理特性	尺寸	(H*W*L) 30mm*32.6mm*133mm
	重量	104g
	接口	Type-C, 用于充电 (5V/2A, 不支持快充)

环境性能	工作温度	-20°C ~ +70°C
	存储温度	-30°C ~ +80°C
	防水防尘	IP67
无线通信	网络	4G 全网通 CAT1 LTE FDD: B1/B3/B5/B8 TD-LTE: B34/38/B39/B40/B41
	蓝牙	BlueTooth 5.1 双模 向下兼容/BLE

注:充电请使用提供的 RTK 专用充电器充电, 不支持路径仪专用快充充电。

外置 RTK GNSS 定位设备可直接配合上位机系统使用, 也可将高精度定位数据通过蓝牙传输给接收机, 此时接收机内置两个蓝牙模块, GNSS 蓝牙连接外置 RTK。

可长按接收机标定键  进入信息/菜单界面, 查看详细信息, 例如:

通信蓝牙: PD_19A5, 1234, 000CBF122150, 未连接

GNSS 蓝牙: RTK, 已连接

蓝牙 GNSS: 12 星, 已定位! (RTK 固定解)

2021-05-01, 09:38:16 36.12345678,N, 118.87654321,E

HDOP:0.89, Dfift:0.01m

(未选配 GNSS 定位功能则无此显示)

配置并连接成功后, 可将 RTK 卡在安装适配器上, 连接在接收机背部的适配器上, 以方便使用并得到最佳的定位精度。

此适配器经过特殊设计, 支撑牢固, 强烈震动不脱落。如图所示:



图 9-1-4 RTK 安装适配器及安装效果

RTK 可以得到四种定位状态，定位精度依次提高：

	定位状态	图标颜色	定位精度
1	单点定位	橙红色	定位精度 3-10m
2	DGPS	橙红色	差分定位中
3	RTK 浮点解	蓝色	定位精度在 cm 到 m 量级间不定
4	RTK 固定解	绿色	最高精度，定位精度 3-5cm

不同的环境会有不同的定位精度，如高楼密集且有大面积玻璃幕墙的城市峡谷不容易得到高精度的固定解。应尽量在得到固定解（绿色的定位图标），至少为浮点解后，再存储当前位置点的信息。

第十章 GNSS 路径测距 (选配功能)

如果选配了 GNSS 定位功能，则具有管线路径测距功能，以下为使用举例：

对于电力电缆的故障定点，测距仪给出故障距离，但具体在什么位置需要根据敷设路径和环境进行估计，在距离较长时往往误差较大，给故障定点工作造成困难，使用本功能可以较精确的定位故障点。

长按测量键 ，进入测距模式，界面如下：

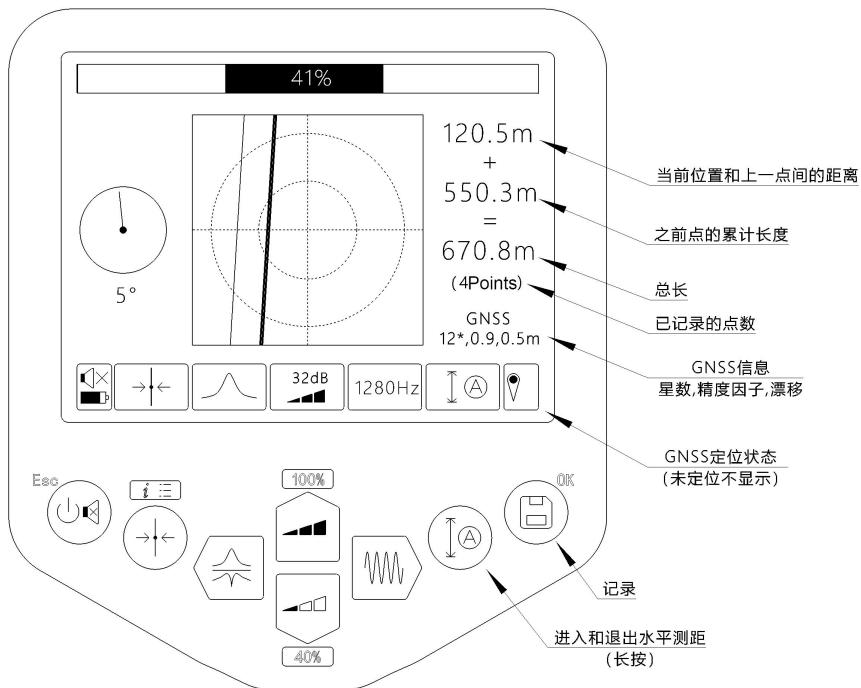


图 10-1-1 路径测距界面示例

开机后定位模块开始搜星定位，即使位置固定，也可能漂移较大，假如显示：

$$56.3m + 0.0m = 56.3m \text{ (0Points)}$$

其第一个数即为当前漂移值，随搜星数量的增加，此值会迅速减小，待其减小

到≤1m 时，在测距起始点（如电缆的一端），短按存储键  记录，假如显示为：

$$0.5m + 0.0m = 0.5m \text{ (1 Points)}$$

第一个数仍为当前漂移，即使固定不动也会有一个很小的数值。

沿电缆路径移动到下一个标志点，例如电缆开始转弯的地方，假如显示为：

$$56.3m + 0.0m = 56.3m \text{ (1 Points)}$$

再次按存储键  记录，则显示为：

$$0.3m + 56.3m = 56.6m \text{ (2 Points)}$$

同样的操作，直到要测距的终点。例如要找到距离电缆端头 670m 的位置，则经过 4 个标志点后，又移动了 120m 左右，显示：

$$120.5m + 550.3m = 670.8m \text{ (4 Points)}$$

此时已经到达要找的 670m 距离的附近位置。

（显示的 4Dots 表示第 4 个点，以此类推）

GNSS 信息：

GNSS 的含义为全球导航卫星系统，包括美国 GPS、中国北斗、欧洲 GALILEO、俄罗斯 GLONASS 等。详细的 GNSS 信息可长按标定键  进入信息/菜单界面查看，包括：定位状态、星数、日期、时间、纬度、经度、HDOP、漂移。

在当前界面的右下角显示 GNSS 简明信息，例如显示：

GNSS: 12*, 0.9, 0.5m

含义为：

- 搜星数量：12 颗星，数量越多约好。
- HDOP 水平精度因子：0.9。此值越小越好，一般 1 左右或小于 1 时信号很好，注意精度因子不是定位精度，0.9 不代表 0.9m 精度。
- 漂移：0.5m，GNSS 每秒定位一次，此数值为当前定位和上一秒定位间的距离，如果固定不动，则此值越小越好。

注意：

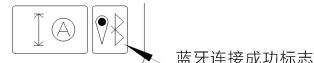
1. 未选配 GNSS 定位模块，或定位未成功（如室内），右下角的定位标志不会显示。
2. 设备记录的是每个标志点之间直线距离之和，所以选好标志点非常重要。

- 设备记录的不是移动轨迹距离。在电缆探测过程中，会有大量的左右移动，记录轨迹距离会大大超出实际长度。
- 定位系统有漂移和误差，多点累计还会有积累误差，故此测距方法可以作为方便的参考，但还需要参照环境和其他方法互相验证和修正。

第十一章 蓝牙传输 (选配功能)

1、蓝牙信息

接收机的蓝牙和上位机蓝牙连接成功后，屏幕右



蓝牙连接成功标志

下角显示链接成功标志，如右图所示：

图 11-1-1 蓝牙连接成功标志

若未选配蓝牙通讯模块，或未连接成功，则此标志不会出现。

详细的蓝牙信息可长按标定键  进入信息/菜单界面查看，例如：

通信蓝牙：PD_19A5, 0000, 000CBF122150, 未连接

(未选配蓝牙模块无此显示) 其顺序为：Name, PIN, Mac, 连接状态：

- BT Name 蓝牙名称：PD_19A5，此名称与接收机的设备唯一识别码 UID 关联，如接收机 UID 为 19A5，则蓝牙名称即为 PD_19A5。
- PIN 连接密码：0000
- Mac 地址：00 0C BF 12 21 50

2、外业实时记录和传输

精确定位管线后，短按测量键 ，进行连续平均测量，以得到更加稳定和精确的测深数据，观察数值稳定后，再短按存储键 ，蜂鸣器发出长声，接收机将当前测试数据存入内置存储模块，一个工程最多存储 256 条，更多时将覆盖最早的数据。可以通过新建工程的方式，测量和管理更多数据，最多 2048 条。如果当前蓝牙连接成功，则同时向上位机蓝牙传输数据。

当接收机和计算机蓝牙连接成功后，长按标定键 ，进入信息/菜单设置界面，左右键选择 存储 功能，上下键选择 新工程，短按存储/OK 键  执行，如右图所示：



图 11-1-2 新工程菜单界面

3、内业数据传输

为工作方便，可以在外业时仅仅存储数据，外业完成后，再统一传输给内业计算机处理。

发送方法：在菜单设置界面，选择 存储 -- 发送全部，如上图，接收机将发出连续的滴滴声，每发送一条数据发一声，直到全部发送完成。

4、数据格式

蓝牙传输采用 CSV (Comma-Separated Values 字符分隔值，本设备采用逗号分隔) 格式，是一种包含数据列表的纯文本文件格式，广泛应用于不同应用程序之间交换数据。CSV 数据流是一个字符序列，不含必须像二进制数字那样被解读的数据。由若干记录组成，每条记录由字段组成，字段间以逗号分隔。所有记录都有完全相同的字段序列。可由 WORDPAD 或记事本直接打开，也能很方便的导入 EXCEL 表，再进行数据后处理或导入 GIS 系统。

格式：\$PDMEM,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>,<13>,<14>,<15>,<16>,<17>,<18>,<19>,<20>*hh(CR)(LF)

举例：\$PDMEM,PD_19A5,126,4,68, 2021-05-01, 09:38:16,
36.0123456789,N,118.0987654321,E,4,12,0.89,8192,1.68,m,54,,,*7D(CR)(LF)

序号	字段名称		示例	备注
1	Frame head	帧头标志字	\$PDPDC	固定为\$PDPDC
2	BT Name	设备蓝牙名称	PD_19A5	
3	Count	流水号	126	
4	Project	工程序号	4	
5	Item	工程内记录序号	68	
6	Date	日期	2021-05-01	格式：YYYY-MM-DD
7	Time	时间	09:38:16	格式：hh:mm:ss
8	Latitude	纬度	36.0123456789	度格式，10 位小数
9	N/S	南北纬	N	N 为北纬，S 为南纬
10	Longitude	经度	118.0987654321	度格式，10 位小数
11	E/W	东西经	E	E 为东经，W 为西经
12	GnssStatus	定位状态	4	定位状态：0：未定位； 1：单点定位 2：DGPS；
13	Star number	定位卫星数	12	

14	HDOP	水平精度因子	0.89	4: 固定解 5: 浮点解
15	Frequency	探测频率	8192	单位: Hz
16	Depth	深度	1.68	
17	Depth uint	深度单位	m	m 或 ft
18	Current	电流	54	单位: mA
19	Reserved	保留	空	
20	Reserved	保留	空	
21	Check sum	校验和	*7D	\$和*之间所有字符的异或
22	EOF	帧结束符	(CR) (LF)	回车换行

5、心跳包设置及数据清空

如果需要使能/禁止心跳包，或清空内部存储数据，操作如下：

关机状态下，先按住存储键  不放，再长按开关机键  开机，开机后直至欢迎界面结束再松开存储键 ，长按标定键 ，进入信息/菜单设置界面再进入菜单，此时存储菜单增加两项如

系统	存储	工频	单位	频率	
	新工程				
	发送全部				
	蓝牙心跳				
	清空数据				
	初始化存储器				

右图所示：

图 11-1-3 扩展存储菜单

上下键选中 蓝牙心跳，并短按存储/OK 键  执行，前面的 * 号将会出现或消失，带 * 号时心跳包使能，蓝牙连接成功后，将 1s 发送一次心跳包。设置完须进入系统主菜单，选择保存，短按存储/OK 键  执行保存。

心跳包格式为：\$PDHEART,<BT Name>,< Heart count >*hh(CR)(LF)

其中：\$PDHEART 为帧头标志字；BT Name 为接收机蓝牙名称；Heart count 为心跳计数，每发送一次加 1；hh 为校验和，为\$和*之间所有字符的异或值。举例：
\$PDHEART,PD_19A5,1856,*F2(CR)(LF)

选中 清空数据 并短按存储/OK 键  执行，机内存储将全部清空，但索引保留，工程以及数据序号将延续。

选中 初始化存储器 并短按存储/OK 键  执行，机内存储器初始化，已存储的数据全部清空，索引复位归零，之后建立的工程序号和流水号将重新从 1 开始计数。

6、计算机蓝牙配置

和接收机连接的上位机需要配置有蓝牙，如果没有内置蓝牙（如台式机），则需要外接 USB 接口的蓝牙串口模块（可联系本公司配套解决）。

如果上位机内置蓝牙（如笔记本或平板电脑），需要将其打开，并配置为虚拟串口（配置方法可浏览器搜索“虚拟蓝牙串口”关键字，也可咨询本公司寻求帮助）。

蓝牙串口设置参数：9600，N，8，1；配对密码：0000。

7、数据处理

对传输至计算机的数据进行处理，若需要可与本公司联系，协商合作解决。

第十二章 维护和质保

1、充电

每次使用完毕，应使用厂家配套专用充电器尽快给设备电池充电；若长期不用，每六个月对主机充电一次；使用前，请开机检查电池电压，当电池能量小于 30% 时，应先行充电后再使用。充电时须有专人看护，充满电后要及时拔掉充电器电源，连续充电不要超过 8 小时；不要在零下温度环境下充电。

仪器内置锂电池组，随输出水平的不同，能够连续工作的时间也不同，但一般能满足一天 8 小时工作的需要。

使用中，在屏幕左下方显示电池水平图标，图标中绿色部分电池中电量水平，全绿代表满电量，全空并闪烁表示电池欠压，电量完全用完，将会在几秒种后自动关机。

需要充电时，将充电器的交流插头接 AC220V/110V 市电插座，双 C 口快充线连接充电器和发射机/接收机的 USB-C 口，充电电压为 12V。若选用 RTK，则其必须使用 RTK 专用充电器。

充电器的指示灯红色表示正在充电，绿色表示充电完成，在指示灯变绿以后保持一段时间有助于充进更多的电量。

在关机状态下，发射机从欠压状态充满需要大约 3-4 小时；接收机需要大约 1.5-2 小时。

随使用和维护条件的不同，电池组一般能够进行 300-500 个充放电循环。随充放电次数的增加，电池容量会逐渐降低，仪器工作时间也会相应缩短，当短到不可接受时，请于生产商/代理商联系更换电池组。

2、质保

仪器主机及附件一年保修，电池一年保换。超过期限，维修时只收取更换的器件成本费。若因为使用不当造成损坏（包括保修期内），或超过保修期限发生产品质量问题，我公司负责维修，维修时只收取更换的器件成本费。

若出现自动关机、不开机、开机后立即关机等现象，可能是电池电量不足，请

尝试先充电再使用。

出现其他问题，请不要试图自行维修，以免扩大故障，请与生产商/代理商联系，以便及时维修和服务。