NEPRI
国科电研

NEPRI-6431
智能地下管线探测仪

用户手册

国科电研（武汉）股份有限公司

敬　　告

欢迎使用本公司为您提供的产品!

请在仔细阅读本用户手册，尤其是关注其中的安全警告和提示之后，再正式使用本产品。

本公司不断地对产品进行改进完善，提供的仪器个别地方可能与本手册的内容有所不同，请注意查阅随机资料。

本产品没有可以自行维修的部分，请勿拆机！出现故障请及时与本公司联系。

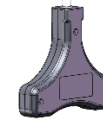
服务热线：027-87770108

目　　录

第一章 概述.....1
一、功能特点.....2
二、可选扩展功能模块.....2
三、可选附件.....2
四、技术指标.....3
五、配置.....4
六、接收机信息和菜单设置.....6
第二章 发射信号的一般方法.....8
一、直连法.....8
二、卡钳耦合法.....12
三、辐射感应法.....14
第三章 电缆探测的信号发射方法.....16
一、停运电缆的信号发射方法.....16
二、运行电缆的信号发射方法.....20
第四章 主动探测.....23
一、路径探测.....23
二、深度测量.....31
第五章 被动探测.....36
一、路径探测.....36
二、深度测量.....38
第六章 电缆识别（选配功能）.....40
一、柔性卡钳智能识别.....40
二、柔性卡钳电流测量.....44
三、听诊器识别.....45
第七章 管线接地故障定点（选配功能）.....47
第八章 电缆低阻和断线故障定点.....53
一、相间短路故障定点.....53
二、相对铠装故障定点.....55
三、断线故障定点.....55
四、无铠装电缆相对地故障的定点.....57
第九章 GNSS 定位（选配功能）.....58
第十章 GNSS 路径测距（选配功能）.....61
第十一章 存储和传输（选配功能）.....63
第十二章 维护和质保.....66

第一章 概述

NEPRI-6431 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。

主机	可选附件
	 测深辅助传感器 发射卡钳 识别柔性卡钳  听诊器 1kV 查障升压器 A 字架

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，2Hz 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. 增强型无源探测：工频+射被动频测，可同时显示多条管线。
8. 无源探测频谱分析：排除干扰频率。
9. 高性能发射卡钳：向运行电缆耦合信号。
10. 柔性卡钳电缆唯一性识别：方便且高度可靠，且能做电流测量。
11. 跨步电压探测：对地绝缘破损查找。
12. 支持订制频率。
13. 大功率数字功放发射，全自动阻抗匹配，自动保护。
14. 发射机多种信号输出方式：直连输出、卡钳耦合、辐射感应。
15. 发射/接收全数字化处理，稳定可靠。
16. 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。
17. IP65 高等级防护。

二、可选扩展功能模块

1. 内置 L1/L5 高精度 GNSS 定位模块：定位和距离测量。
2. 机内存储和蓝牙通讯模块：可存储 256 条测试数据，蓝牙对外传输。

三、可选附件

1. 测深辅助传感器：用于测深时的干扰提醒。
2. 发射卡钳：用于向运行电缆耦合信号。
3. 柔性卡钳：用于电缆的唯一性识别。
4. 听诊器：用于狭小场合的电缆识别。
5. 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。
6. 外置 RTK GNSS 定位手持机（精度厘米级）。

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 点阵黑白 LCD
7. 电源：内置锂离子电池组，标称 7.4V，>6Ah
8. 充电器输入：AC100-240V，50/60Hz
9. 充电器输出：DC8.4V，2A
10. 体积：280×220×90mm
11. 质量：2.3kg
12. 防护：IP65
13. 使用条件：-25℃ - 60℃，<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、频谱
3. 主动频率：640Hz、1280Hz、8kHz、33kHz、82kHz、197kHz
4. 被动频段：50/60Hz 工频、4-24kHz 射频
5. 人机界面：320×240 点阵彩色 LCD，阳光可视
6. 电源：内置锂离子电池组，标称 7.4V，>3Ah
7. 充电器输入：AC100-240V，50/60Hz
8. 充电器输出：DC8.4V，2A
9. 体积：680×120×277mm
10. 质量：2.0kg
11. 防护：IP65
12. 使用条件：-25℃ - 60℃，<90%RH，<4500m

五、配置

A、发射机

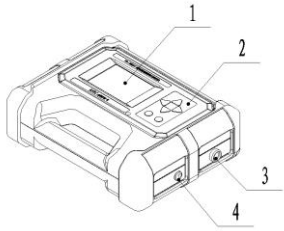


图 1-5-1 发射机整体

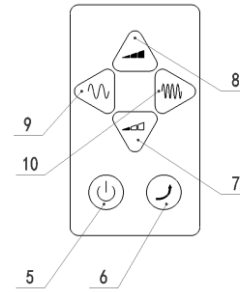


图 1-5-2 发射机键盘

1. LCD 显示器
2. 键盘
3. 输出插座
4. 充电插座
5. 开关键
6. 重新匹配键

7/8. 输出功率减小/增大键

9/10. 频率减小/增大键

B、接收机

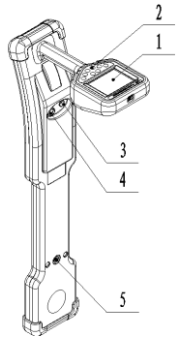


图 1-5-3 接收机整体

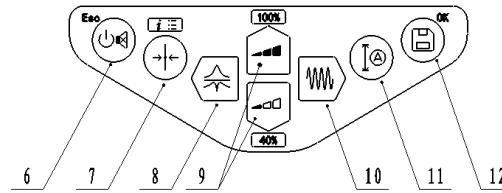


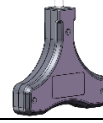
图 1-5-4 接收机键盘

1. LCD 显示器
2. 键盘
3. 充电插座
4. 附件输入插座
5. 测深辅助传感器插座
6. 开关/静音键（菜单取消 Esc 键）
7. 标定键（长按：菜单进入和退出键）
8. 模式键（菜单左键）
9. 增益加减键（菜单上下键）
10. 频率键（菜单右键）
11. 测量键
12. 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	接地钎		2
3	接地延长线		1
4	充电器	标配两只，发射机接收机可单独充电	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	发射机附件输出线缆	（红色 5 芯插头）	
3	测深辅助传感器		
3	发射卡钳		
4	接收柔性卡钳		
5	听诊器		
6	查障升压器		
7	查障 A 字架		

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/菜单设置界面，键盘说明和显示示例如下图：

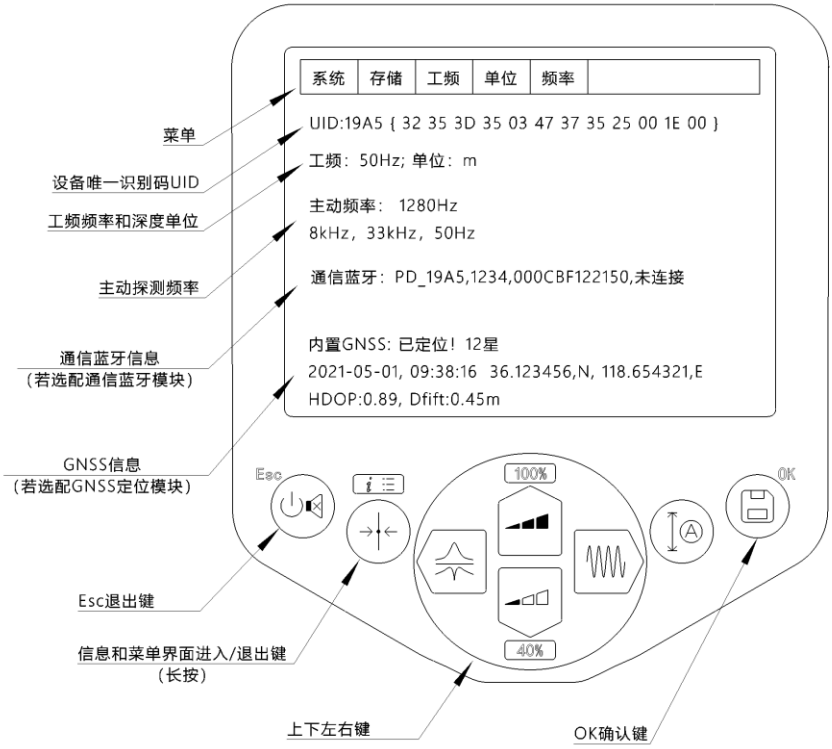
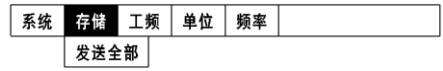
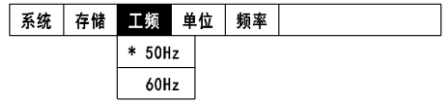
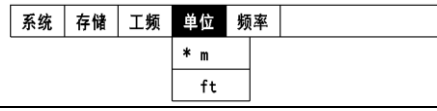
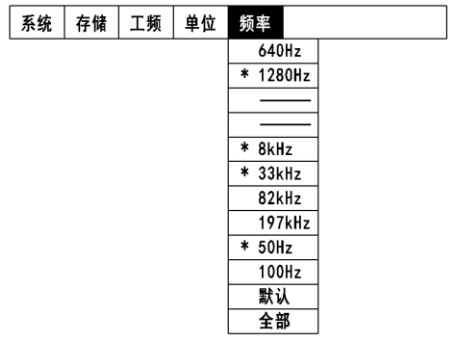


图 1-6-1 接收机信息和菜单界面示例

说明：

1. 长按标定键 进入或退出信息/菜单界面。
2. 上下左右键选择菜单项，OK 键确认执行，ESC 键返回上级菜单。
3. 设备唯一识别码 UID（短码和长码，括号内为长码），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：

1、 系统功能： ➢ 保存设置 ➢ 退出菜单界面 ➢ 中英文切换 ➢ 复位 ➢ 关机	
2、 存储功能： ➢ 通过蓝牙发送全部存储数据	
3、 工频频率选择： ➢ 选择 50 或 60Hz	
4、 深度单位选择： ➢ 选择米（m）或英尺（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	

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。

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。

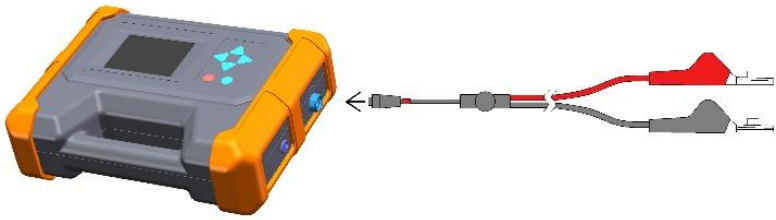


图 2-1-1 直连法附件连接

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。

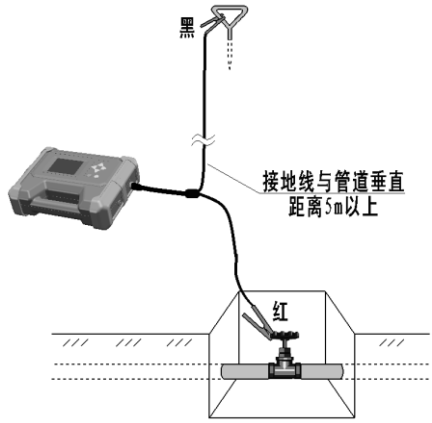


图 2-1-2 直连法接线

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：

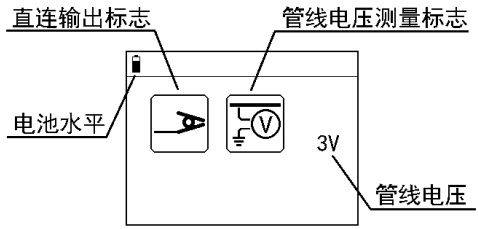


图 2-1-3 管线电压测量界面

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：

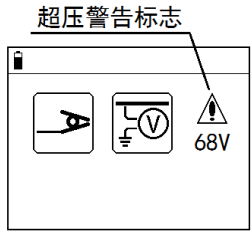


图 2-1-4 管线电压超压警告界面

若电压正常，则数秒后自动输出信号,屏幕显示如下：

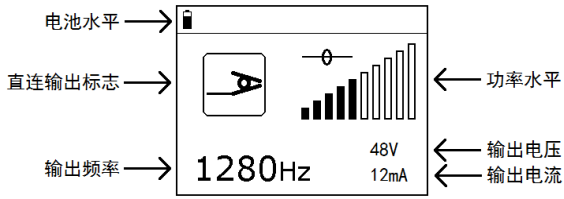


图 2-1-5 直连输出界面显示

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。

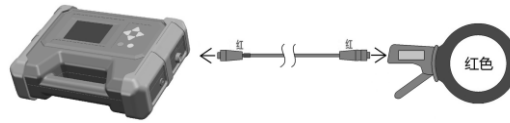


图 2-2-1 卡钳法附件连接

2、卡住管线

将卡钳卡住管线的裸露部分，如下图所示：

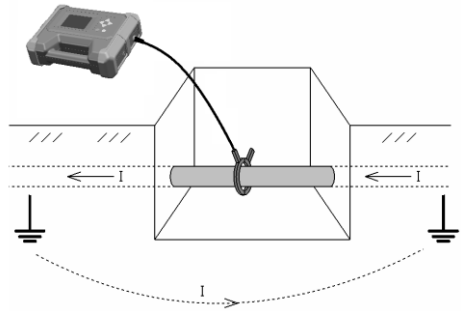


图 2-2-2 卡钳耦合法

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：

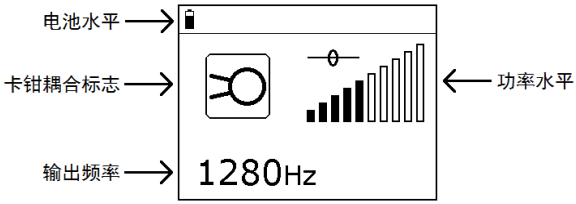


图 2-2-3 卡钳耦合输出界面显示

4、频率选择

按频率减小键 和频率增大键 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。

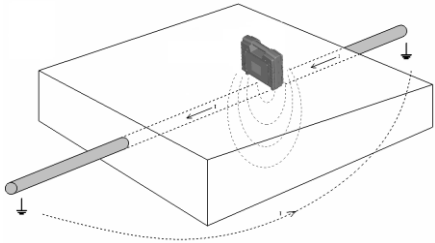


图 2-3-1 辐射感应法

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：

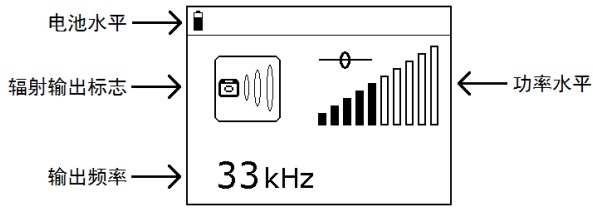


图 2-3-2 卡钳耦合输出界面显示

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：

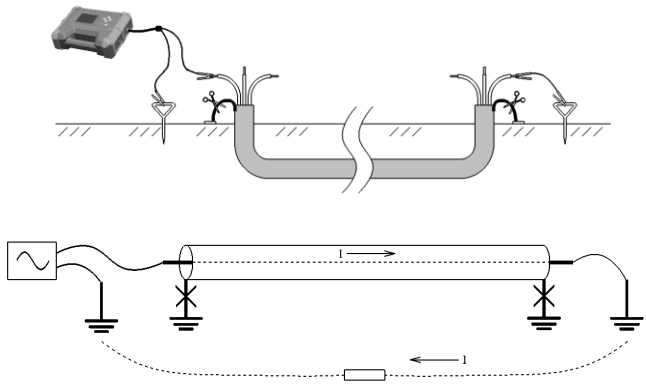


图 3-1-1 芯线 - 大地接线法

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：

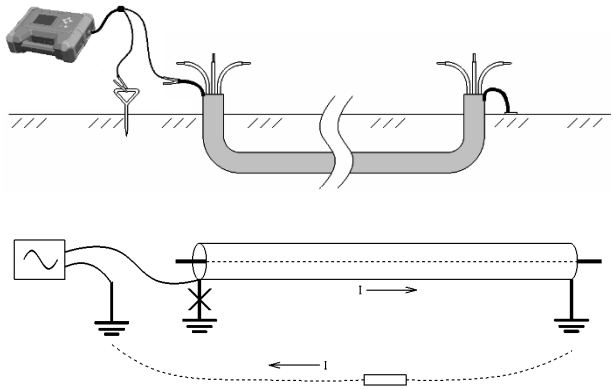


图 3-1-2 护层 - 大地接线法

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：

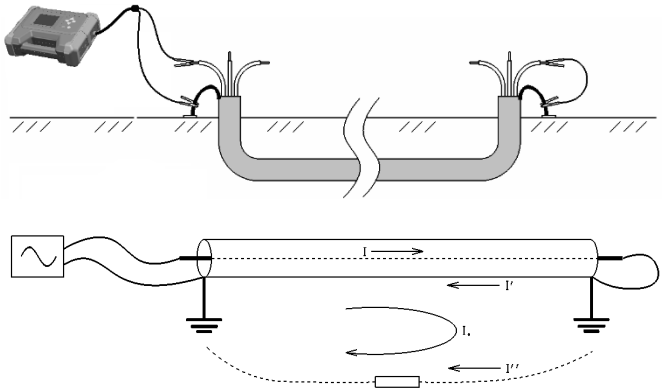


图 3-1-3 相线 - 护层接法

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。

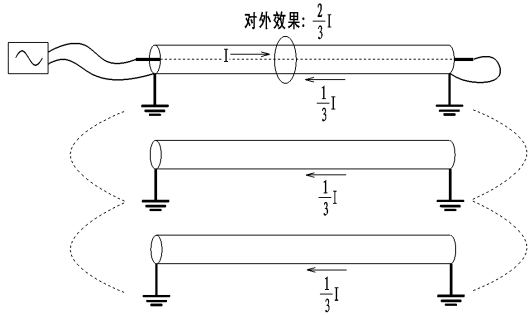


图 3-1-4 并行电缆的分流效果

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：

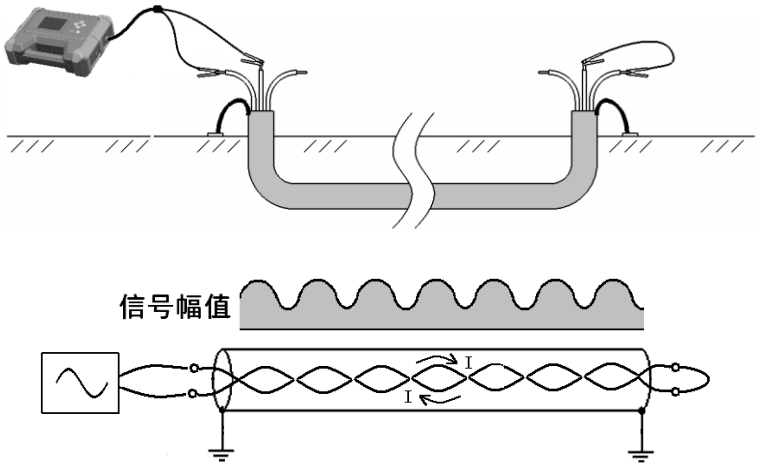


图 3-1-5 相间接法

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（>3km），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

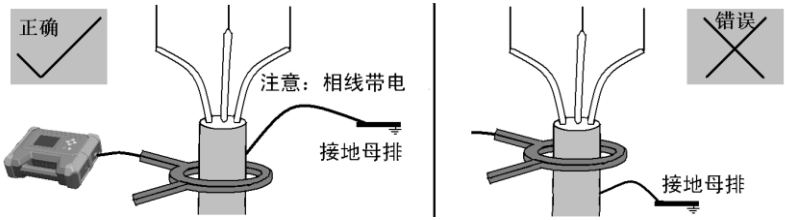


图 3-2-1 运行电缆卡钳耦合法 1（卡电缆本体）

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（注意不能卡接地线以上部分），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

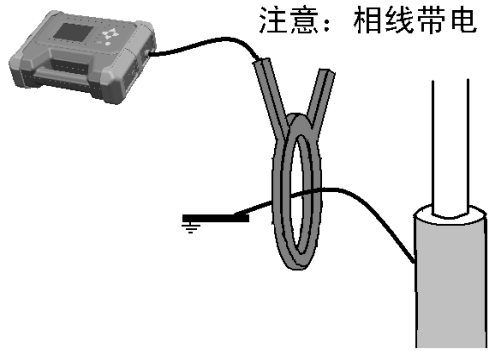


图 3-2-2 运行电缆卡钳耦合法 2（卡电缆接地线）

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线的方法，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：

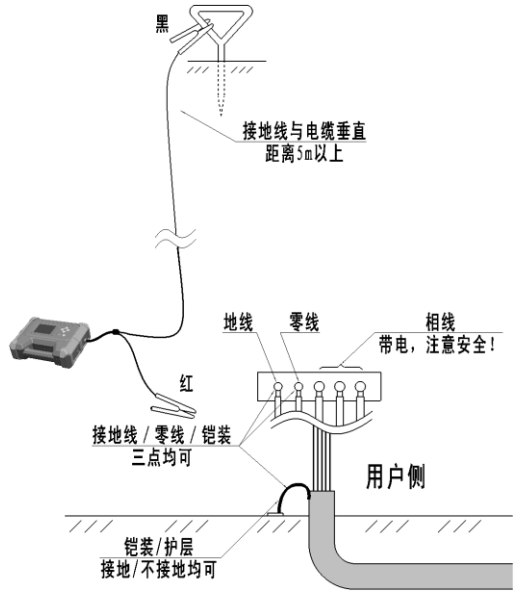


图 3-2-3 运行电缆零线 / 地线 / 护层注入法

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。

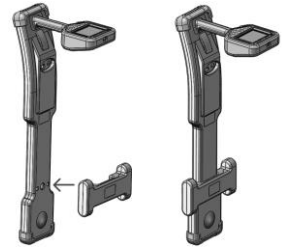


图 4-1-1 安装测深辅助传感器

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：

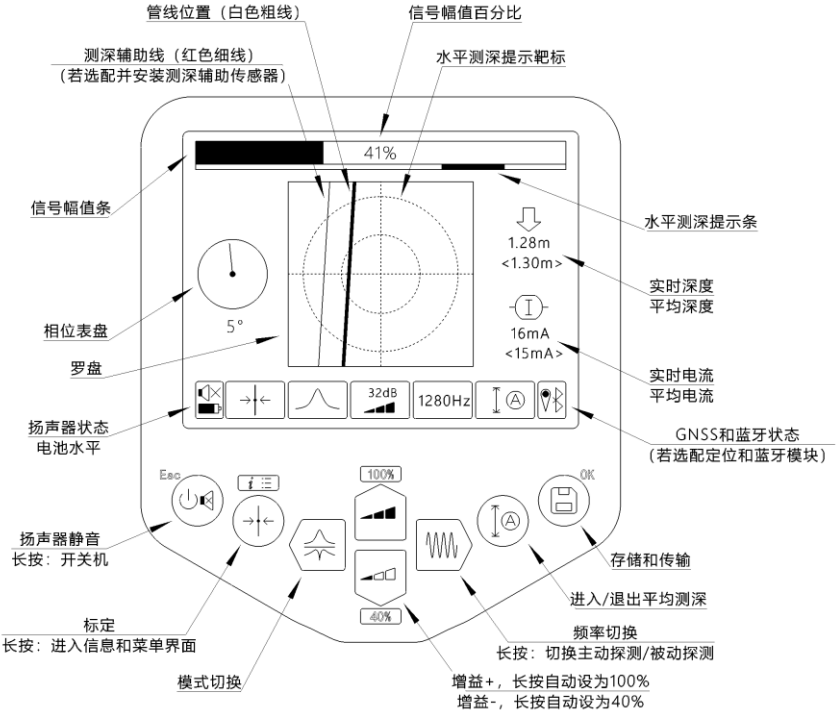


图 4-1-2 主动探测接收机操作界面示例

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。
- 工频：50 或 60Hz，无需发射机。
- 外加电流阴极保护（CPS）信号频率：100 或 120Hz，无需发射机。

如果某些需要的频率不能切换，则需长按标定键，进入信息和菜单设置界面，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（P6-P7）。

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、历史曲线共四种响应模式。

- 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：

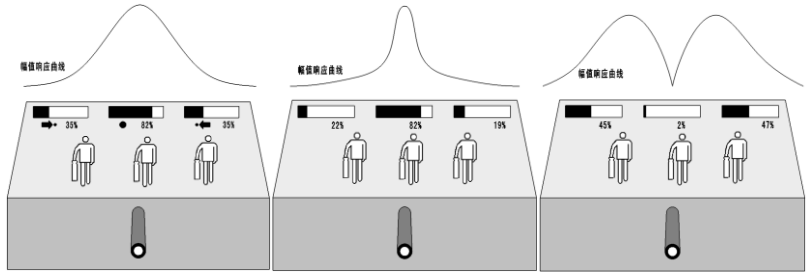
  为垂直线圈的信号响应，管线正上方信号最弱，两侧信号变化迅速。优点为利于目标管线的精确定位；缺点为易受干扰，强干扰下可能错误响应。

- 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，可用于判断峰值和谷值是否重合，以便于管线的精确定位；也可用于被动探测多条管线的判断；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。

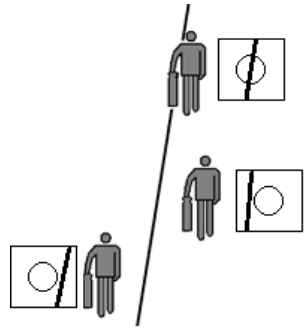


图 4-1-5 罗盘示意

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，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，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：

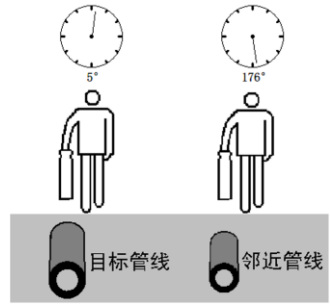


图 4-1-6 跟踪正误提示

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右图所示：

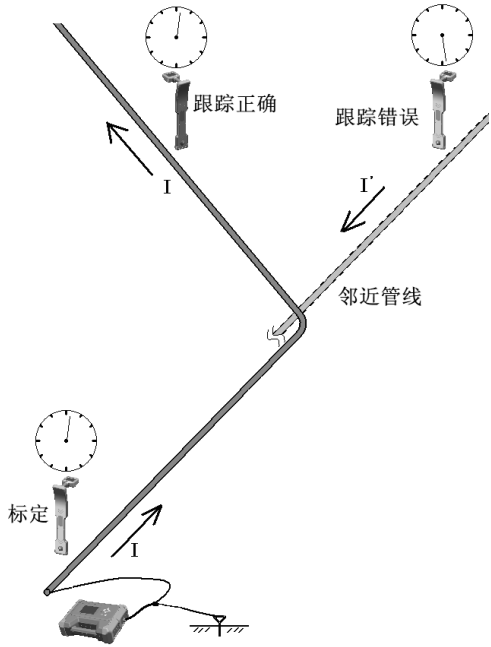


图 4-1-7 防误跟踪过程示意

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：

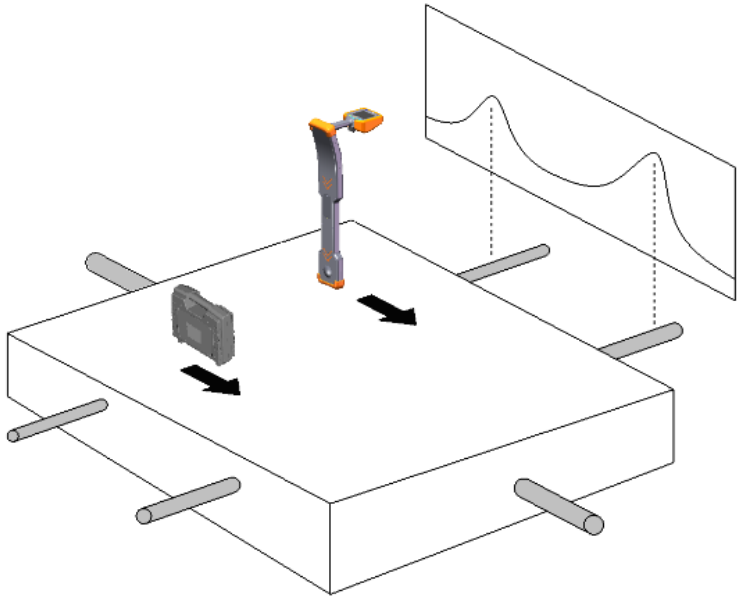


图 4-1-8 辐射法区域探查

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

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：

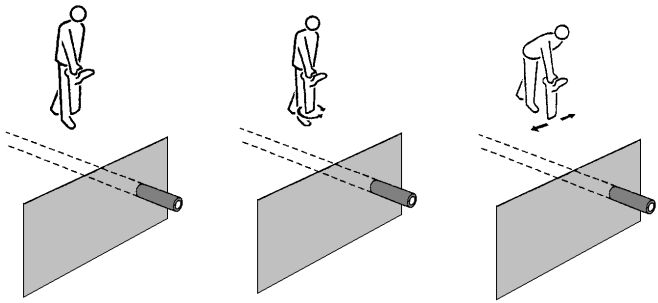
找到目标管线的大致位置后，使用宽峰或窄峰法，并调整合适的增益：

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：



a　　b　　c

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同一侧，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。

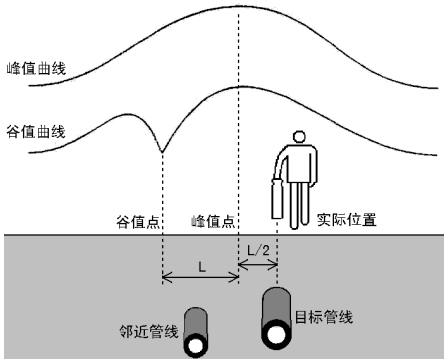


图 4-1-10 定位修正

使用历史曲线模式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，从管线的一侧匀速平移至另一侧，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。

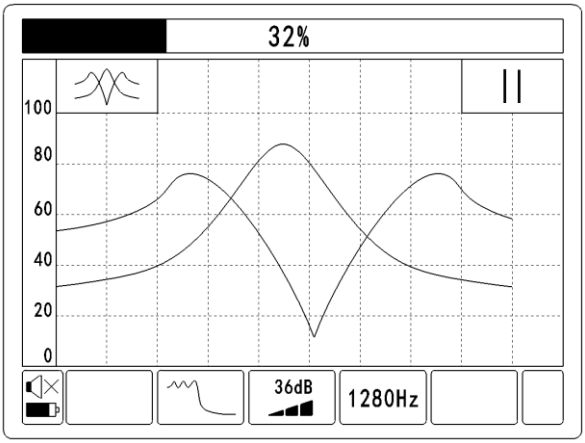


图 4-1-11 历史曲线示例

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。
4. 曲线过大失真，可以减小增益；曲线过小可以增大增益。
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。
6. 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，如右图所示：

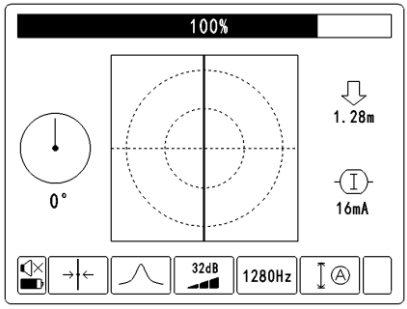


图 4-2-1 实时深度和电流测量

- 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 600 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：

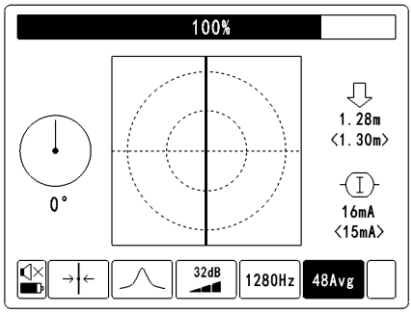


图 4-2-2 一键深度和电流测量

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。

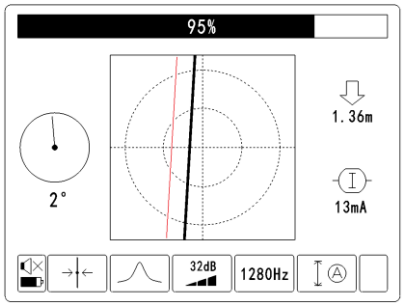


图 4-2-3 信号畸变示例

当管线不在罗盘中心时，两线一般不重合。

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！

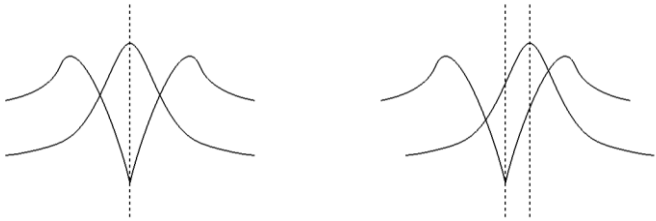
两线重合度越高，测深结果越可信。

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”（P29）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）。

可以使用历史曲线模式，快速判断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，从管线的一侧匀速平移至另一侧，屏幕显示峰值和谷值的响应曲线（操作方法详见 P30），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

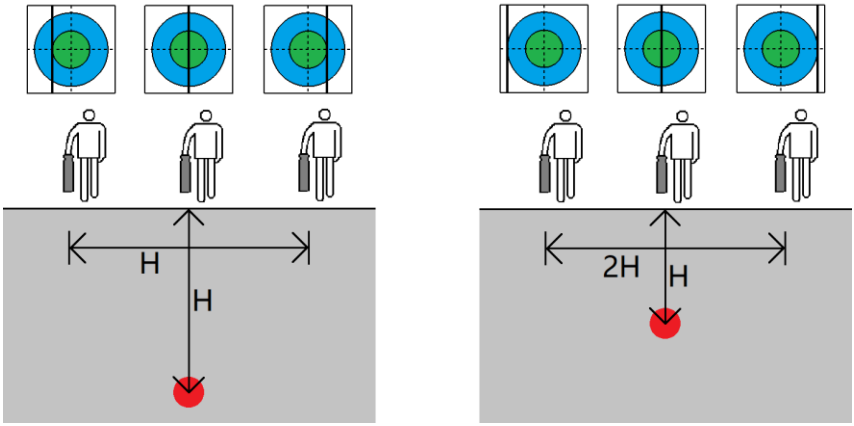
图 4-2-4 峰谷重合示例

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：

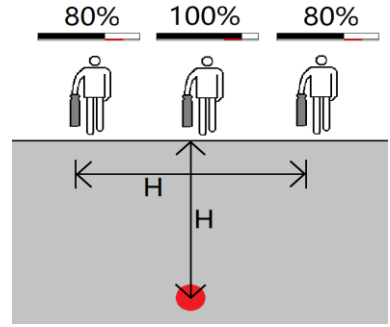


图 4-2-6　宽峰 80%法测深

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：

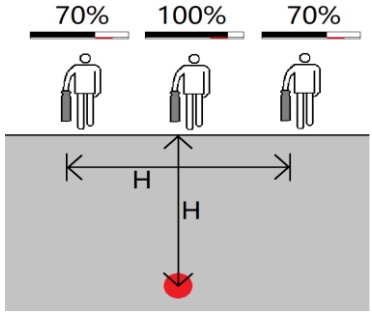


图 4-2-7　窄峰 70%法测深

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°。

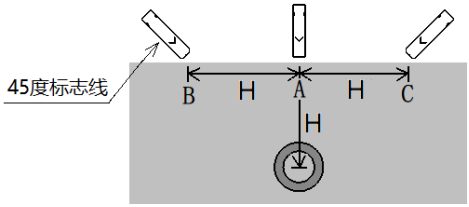


图 4-2-8　音谷 45°法测深

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、管线不太复杂的场合，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:

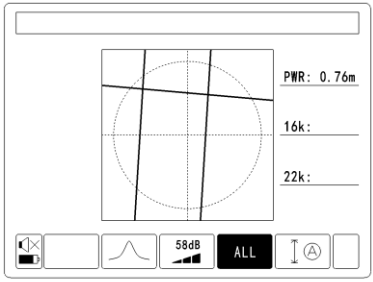
长按频率键 ，切换至被动探测频率，频率键对应位置变为橙色，短按频率键 切换接收频段，以下频段供选择。

● ALL： 全频段，工频+射频

全频探测，最多同时显示三条管线。

不显示信号幅值。

右侧显示管线的频率和实时深度，其颜色和罗盘中的管线颜色对应。

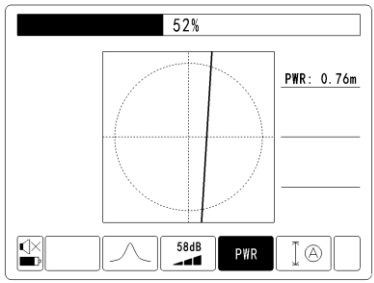


● PWR：工频频段

工频段探测管线发出的工频及其谐波辐射信号。

仅显示一条管线，显示工频段的幅值。

某些管线也会辐射工频信号，所以工频探测到的管线不一定是电力电缆。



● RAD： 射频频段

射频段探测的是管线感应环境中的射频电磁场（主要是各国的长波电台信号），再进行二次辐射发出的信号，非常微弱。

最多同时显示两条管线，仅显示信号较强的频率对应的幅值。

电力电缆不仅辐射工频信号，也会辐射射频信号。

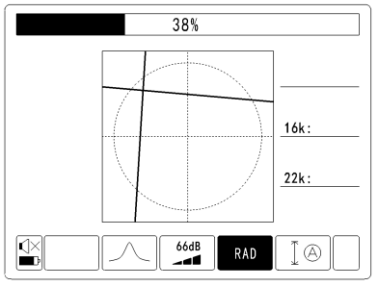


图 5-1-1　被动探测界面

2、管线区分:

任一条管线都可能既辐射工频信号，也辐射射频信号，被动探测信号不稳定，且受环境影响很大，不同频段的信号表示的管线同时呈现在罗盘中，可能不会完全重合，所以当几条不同颜色的管线同时在罗盘上出现，其间距很近、基本平行，深度相似，则很可能是一条管线，但也不排除多条管线的可能，需要根据敷设图纸和环境进行综合判断，如右图示例。

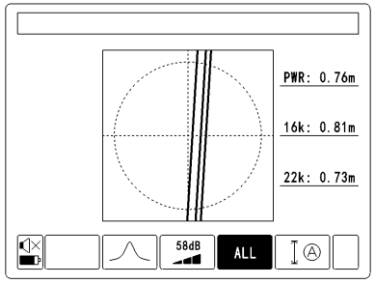


图 5-1-2　管线区分示例

3、工作模式:

短按模式键 ，切换模式。ALL 频段只支持宽峰和频谱模式，PWR 和 RAD 频段支持宽峰、窄峰、历史曲线、频谱模式，任何频段均不支持音谷模式。

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。

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，遇到强信号失真再将增益逐渐降低，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失真，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。

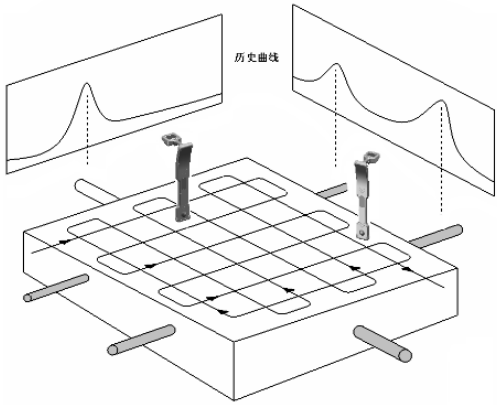


图 5-1-3 历史曲线示例

频谱模式：频谱模式显示全频段的信号频谱图，帮助分析信号，如右图所示：屏幕左右侧为信号幅值标尺，上方为频率标尺，曲线为频谱响应，较大的信号表现为较高的幅值，可以调节增益改变幅值的大小。

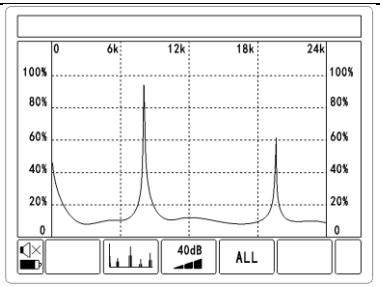


图 5-1-4　频谱分析示例

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，深度值在屏幕右侧对应的频率之后显示。如果不在正上方，则仅显示频率，不显示深度。

如 P36 图 5-1-1 所示：PWR 频段管线基本位于正上方，显示深度，而在射频段的 16k 和 22k 两个频率，虽然罗盘中有管线显示，但其明显不在正上方，不显示深度。如 P37 图 5-1-2 所示：PWR、16k 和 22k 对应的管线都基本位于正上方，则均有深度显示。

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。

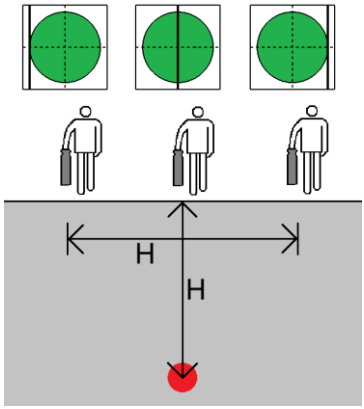


图 5-2-1　罗盘靶标测深

3、宽峰 80%法和窄峰 70%法测深

在 PWR 或 RAD 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：

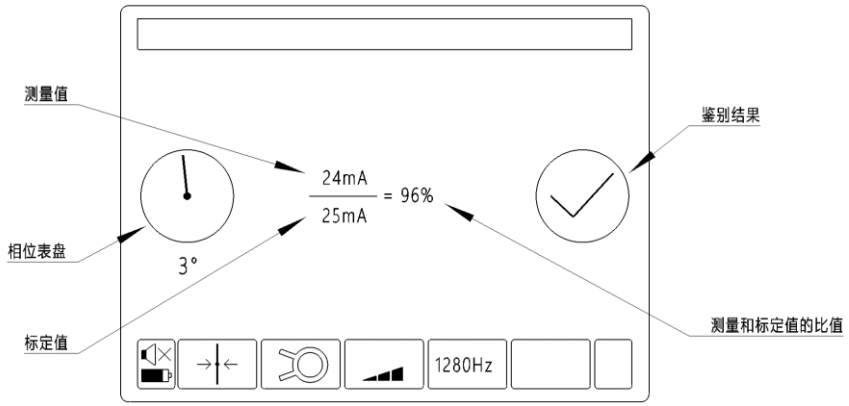


图 6-1-2　柔性卡钳识别界面

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 ✗。

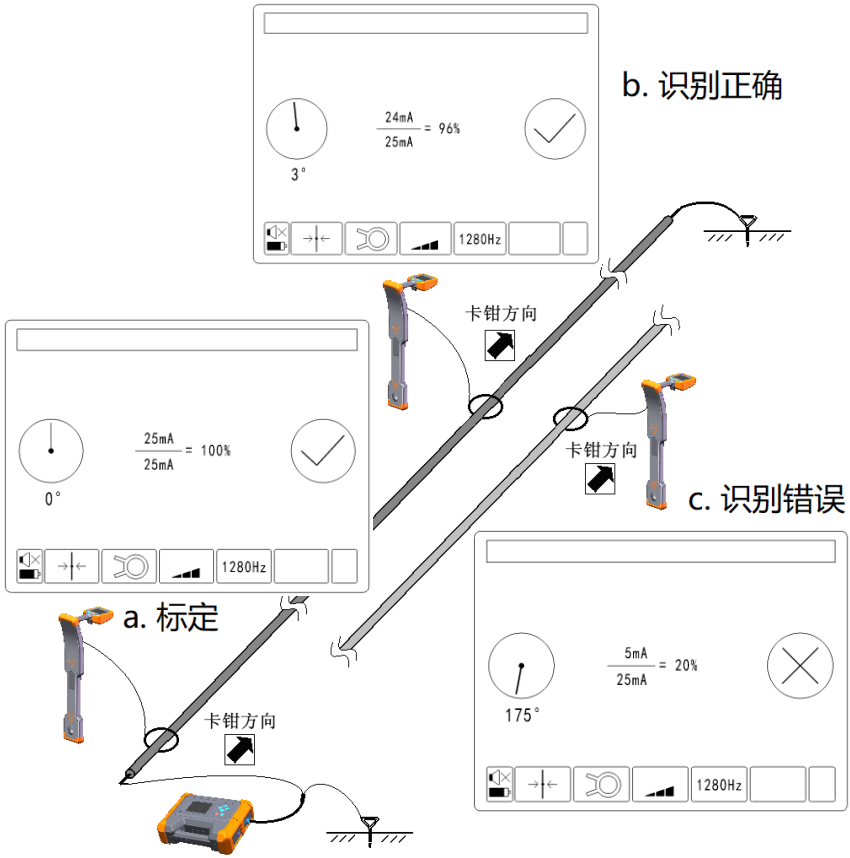


图 6-1-3 卡钳智能识别过程

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 2～5m。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。

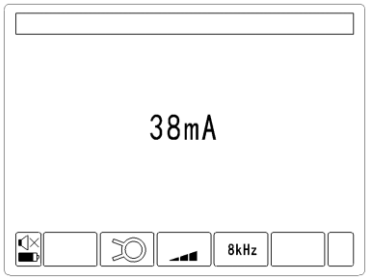


图 6-1-4 柔性卡钳电流测量示例

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。

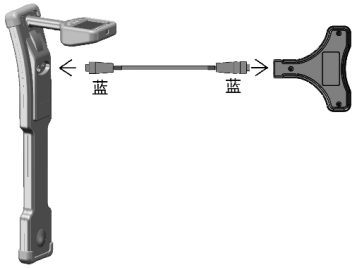


图 6-3-1　听诊器连接

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：

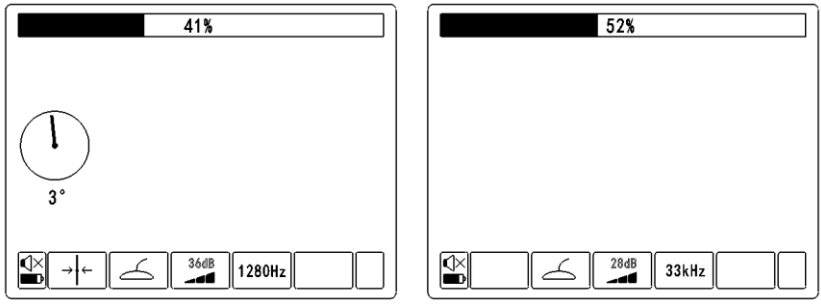


图 6-3-2　听诊器界面

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:

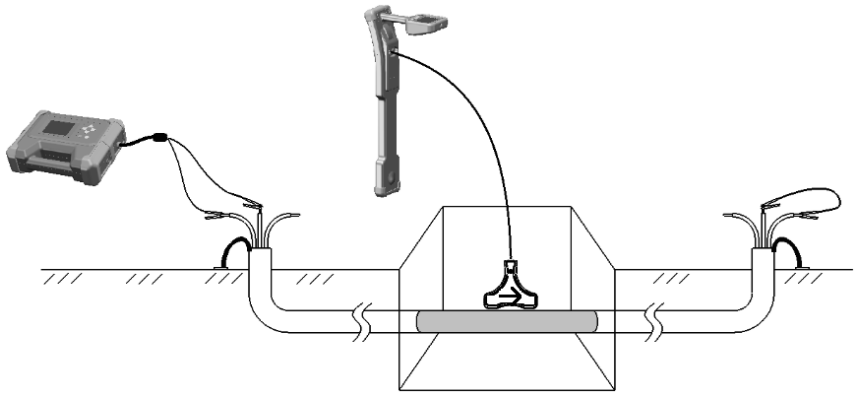


图 6-3-3　听诊器识别

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。

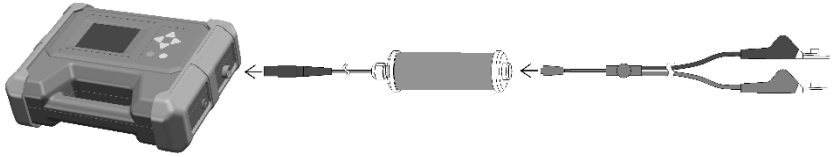


图 7-1-1　发射机查障升压器连接

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：

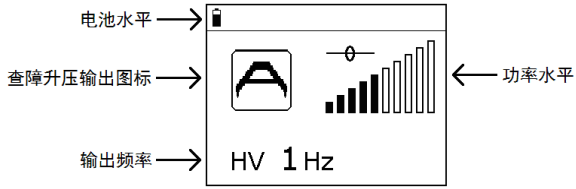


图 7-1-2　发射机查障升压输出界面

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：

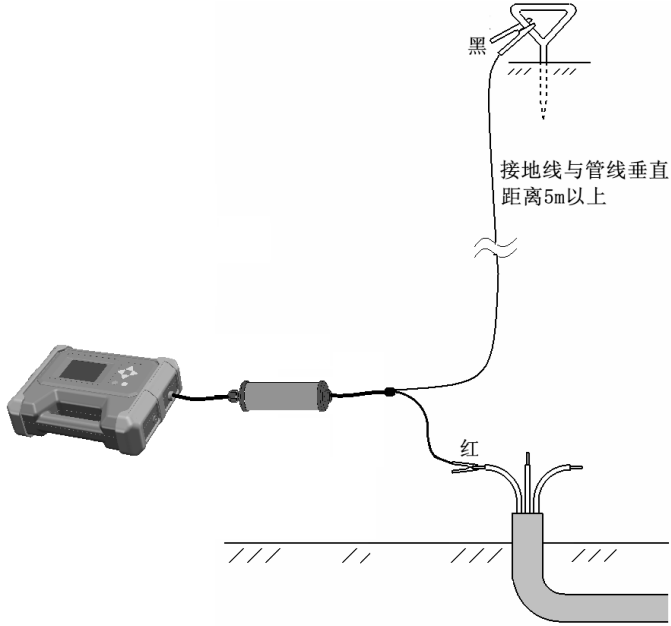


图 7-1-3 接地故障定点接线

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。

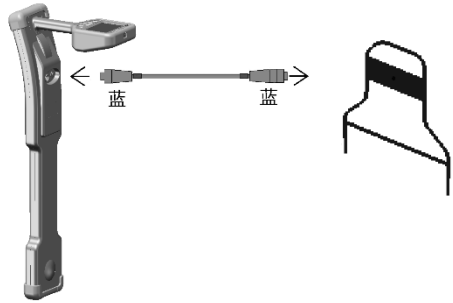


图 7-1-4　接收机 A 字架连接

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：

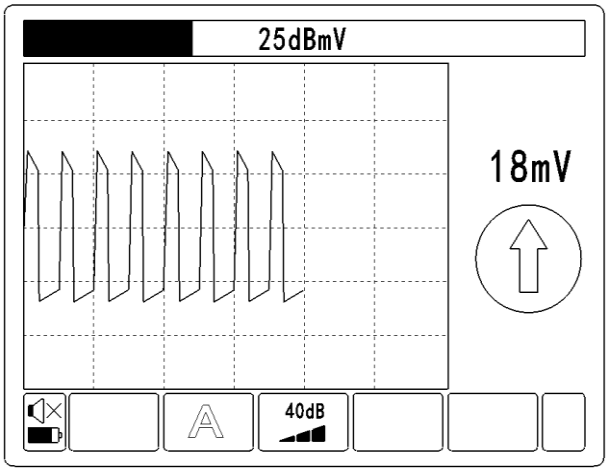


图 7-1-5　接收机 A 字架查障界面

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：⬆。

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 1/3~1/2 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。

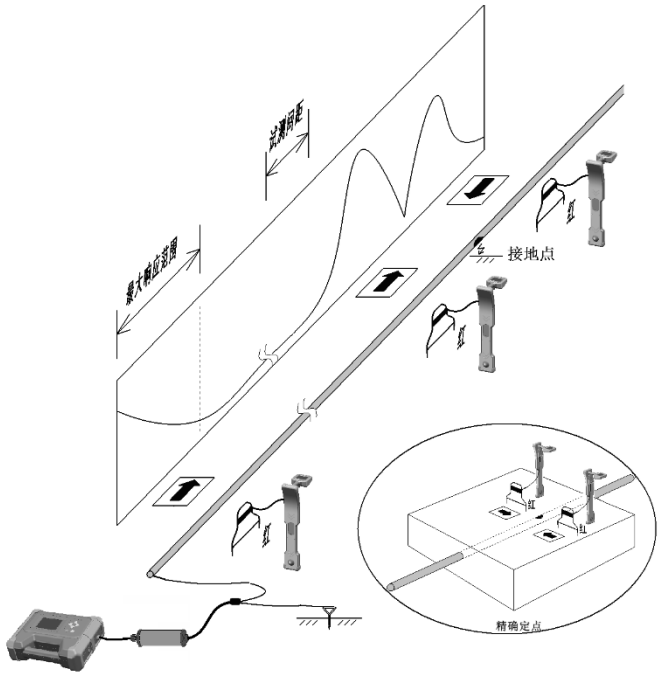


图 7-1-6　A 字架查障过程

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。

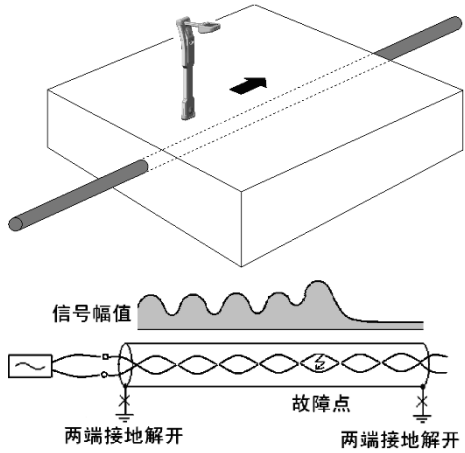


图 8-1-1 相间短路故障定点

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。

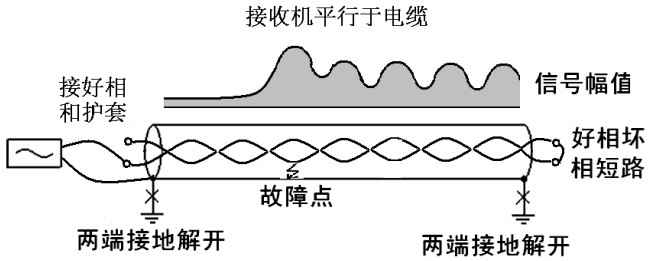


图8-2-1 相对铠装接地故障定点

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：

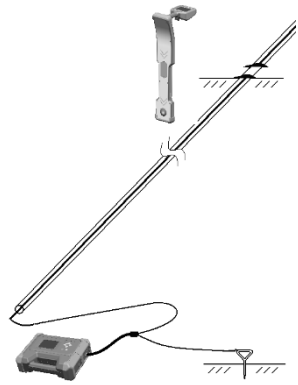


图8-3-1 断线故障接线

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

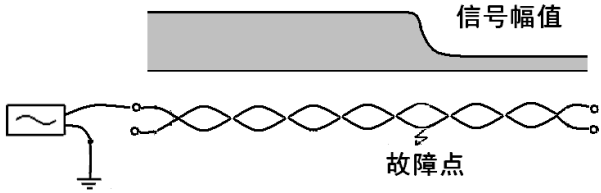


图 8-4-1 无铠装电缆相对地故障接线法

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。

如在选配了 GNSS 定位模块或蓝牙连接的外置 RTK GNSS 设备，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。

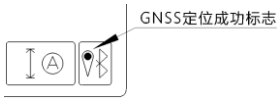


图 9-1-1 GNSS 定位标志

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，测距误差 30cm，水平定位误差 3-5m，远高于单频模块。

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：10 星，已定位！（单点定位）
> 2021-05-01, 09:38:16　36.12345678,N, 118.87654321,E
> HDOP:0.89, Dfift:0.45m

（未选配 GNSS 定位功能无此显示）

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 10 颗卫星，定位成功（只能为单点定位）。
- 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 Dfift：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 定位手持机（本公司可配套提供），最高精度可达厘米级，从而满足高精度的测绘需求。

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，通信蓝牙连接上位机（见第十一章），GNSS 蓝牙连接外置 RTK 手持机。

图 9-1-2 外置 RTK 手持机

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：PDGN_19A5, 1234, 00DF68345C81，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 定位功能无此显示）

可见有两个蓝牙，注意：外置 RTK 手持机只能和其中的 GNSS 蓝牙配对，其相关信息的顺序为：Name，PIN，Mac，连接状态：

- Name 蓝牙名称：PDGN_19A5，此名称与接收机的设备唯一识别码 UID 短码关联，如接收机 UID 短码为 19A5，则蓝牙名称即为 PDGN_19A5。
- PIN 连接密码：1234
- Mac 地址：00 DF 68 34 5C 81

对外置 RTK GNSS 定位手持机的要求：

- 必须能够主动搜索外部蓝牙并发起连接。
- 能够配置为蓝牙输出 NMEA-0813 协议数据流。

配置并连接成功后，可将 RTK 手持机卡在安装背夹上，吸附在接收机背部的磁性座上，以方便使用并得到最佳的定位精度。

此背夹经过特殊设计，支撑牢固，强烈震动不脱落，并有到防磕碰作用。

如图所示：

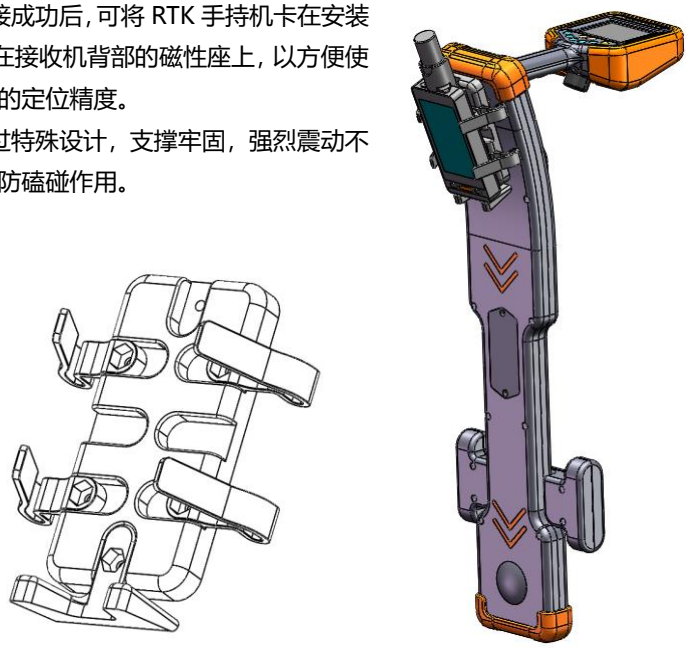


图 9-1-3 RTK 手持机安装背夹及安装效果

RTK 可以得到四种定位状态，定位精度依次提高，分别为：

- 单点定位：定位精度 3-10m，定位图标为黄色。
- DGPS：差分定位中，定位精度仍为 3-10m，定位图标为橙红色。
- RTK 浮点解：定位精度在 cm 到 m 量级间不定，定位图标为蓝色。
- RTK 固定解：最高精度，定位精度 3-5cm，定位图标为绿色。

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。

RTK GNSS 手持机的详细操作步骤，须参见手持机的用户手册。

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：

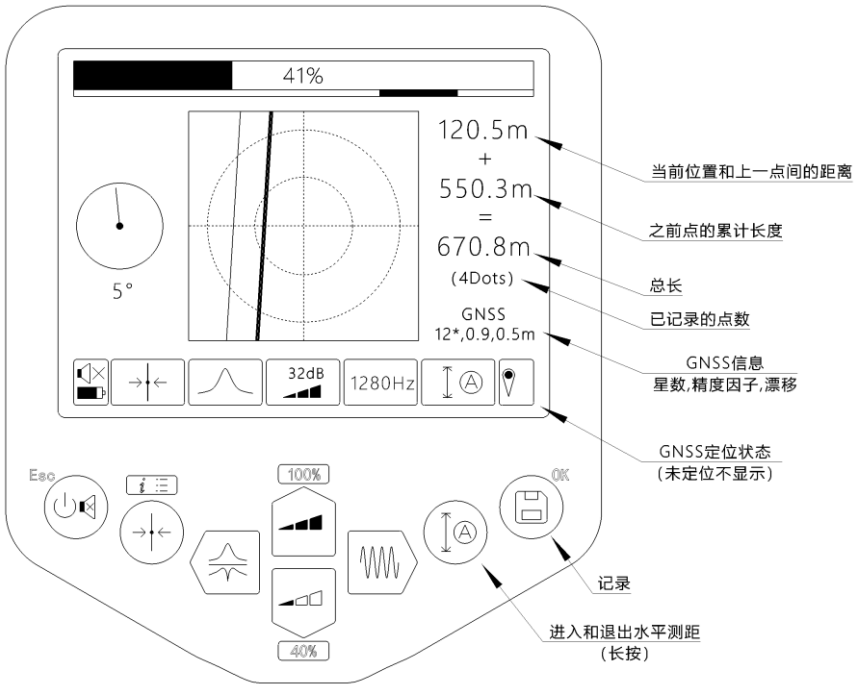


图 10-1-1 路径测距界面示例

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 (0Dots)

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 (1Dots)

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 (1Dots)

再次按存储键 记录，则显示为：

0.3m + 56.3m = 56.6m (2Dots)

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 (4Dots)

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。
3. 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。
4. 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 存储和传输（选配功能）

如在选配了存储和蓝牙通讯模块，则具有存储传输功能。

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：

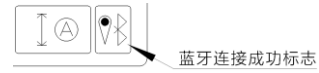


图 11-1-1 蓝牙连接成功标志

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, 1234, 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：

- Name 蓝牙名称：PD_19A5，此名称与接收机的设备唯一识别码 UID 短码关联，如接收机 UID 短码为 19A5，则蓝牙名称即为 PD_19A5。
- PIN 连接密码：1234
- 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，最多存储 256 条，更多时将覆盖最早的数据。如果当前蓝牙连接成功，则同时向上位机蓝牙传输数据。

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。

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 发送全部，短按存储/OK 键 执行，如右图所示：

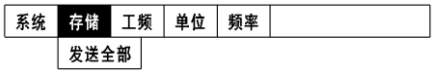


图 11-1-2 发送全部菜单界面

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。

3、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。

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

以一条记录为例：$PDTPDC,19A5,126, 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	$PDTPDC	固定为$PDTPDC
2	UID	设备 ID	19A5	接收机 UID 短码
3	Count	记录计数	126	记录流水号
4	Date	日期	2021-05-01	格式：YYYY-MM-DD
5	Time	时间	09:38:16	格式：hh:mm:ss
6	Latitude	纬度	36.0123456789	度格式，10 位小数
7	N/S	南北纬	N	N 为北纬，S 为南纬
8	Longitude	经度	118.0987654321	度格式，10 位小数
9	E/W	东西经	E	E 为东经，W 为西经
10	GnssStatus	定位状态	4	定位状态：0：未定位；1：单点定位 2：DGPS；4：固定解 5：浮点解
11	Star number	定位卫星数	12	
12	HDOP	水平精度因子	0.89	
13	Frequency	探测频率	8192	单位：Hz
14	Depth	深度	1.68	
15	Depth uint	深度单位	m	
16	Current	电流	54	单位：mA
17	Reserved	保留	空	
18	Reserved	保留	空	
19	Reserved	保留	空	
20	Check sum	校验和	*7D	$和*之间所有字符的异或
21	EOF	帧结束符	（CR）（LF）	回车换行

注：Check sum 校验和：$和*符号之间所有字符的 XOR 异或运算结果的 16 进制表示。

4、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，此时存储菜单增加两项，如右图所示：

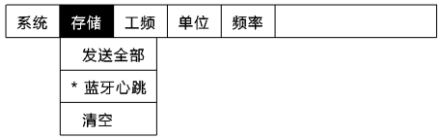


图 11-1-3 扩展存储菜单

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,<UID>,< Heart count >*hh(CR)(LF)

其中：$PDHEART 为帧头标志字；UID 为接收机 UID 短码；Heart count 为心跳计数，每发送一次加 1；hh 为校验和，为$和*之间所有字符的异或值。

举例：$PDHEART,19A5,1856,*F2(CR)(LF)

选中 清空 并短按存储/OK 键 执行，机内存储将全部清空，之后存储数据的流水号重新从 1 开始计数。

5、计算机蓝牙配置

和接收机连接的计算机需要配置有蓝牙，如果计算机（例如台式机）没有内置蓝牙，则需要外接 USB 接口的蓝牙串口模块（本公司可配套提供）。

如果计算机（如笔记本）内置蓝牙，需要将打开，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）。

蓝牙串口均设置为：9600，N，8，1。

即：波特率：9600；奇偶校验：无；数据位：8；停止位：1；流控制：无。

6、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

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，将充电器的插头接发射机/接收机的充电插座，充电器的交流插头接 AC220V/110V 市电插座。

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。

(用户手册版本号：NEPRI4.5)