

PD-3900 智能管线探测仪

用户手册

WIT 威特电气

WIT 淄博威特电气有限公司
Zibo Wit Electric Co., Ltd www.weitedq.com

地址：255086 山东省淄博高新技术开发区政通路 135 号高创园 E 座

电话：0533-3595626

传真：0533-3584950

E-Mail: market@weitedq.com zbwit@126.com

Http://www.weitedq.com

敬 告

欢迎使用本公司为您提供产品!

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。

本产品使用以下专利: 200510012542.1、200510012543.6、200520024150.2、200520024149.X、200520024148.5,受中华人民共和国专利法保护,侵权必究!

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。

WIT 淄博威特电气有限公司
Zibo Wit Electric Co., Ltd www.weitedq.com

地址: 255086 山东省淄博高新技术开发区政通路 135 号高创园 E 座

电话: 0533-3595626

传真: 0533-3584950

E-Mail: market@weitedq.com

zbwit@126.com

Http://www.weitedq.com

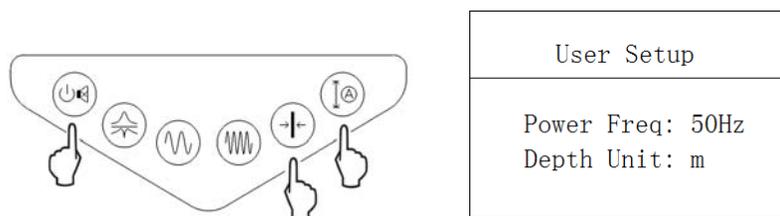
目 录

开始之前 用户设置.....	1
第一章 概述.....	2
一、概述.....	2
二、功能特点.....	2
三、技术指标.....	3
四、设备配置.....	4
第二章 发射信号的一般方法.....	6
一、直连法.....	6
二、卡钳耦合法.....	10
三、辐射感应法.....	12
第三章 电缆探测的信号发射方法.....	14
一、非运行电缆的信号发射方法.....	14
二、运行电缆的信号发射方法.....	18
第四章 管线探测.....	21
一、管线跟踪（路径查找）.....	21
二、区域探查.....	26
三、精确定位.....	28
四、深度测量.....	29
第五章 电缆鉴别（选配功能）.....	32
一、柔性卡钳智能鉴别.....	32
二、柔性卡钳电流测量.....	36
三、听诊器鉴别.....	37
第六章 管线接地故障定点（选配功能）.....	39
第七章 电缆低阻和断线故障定点.....	45
一、相间短路故障定点.....	45
二、相对铠装故障定点.....	47
三、断线故障定点.....	47
四、无铠装电缆相对地故障的定点.....	49
第八章 维护和质保.....	50

开始之前 用户设置

本设备适用于不同的国家和地区，为适应不同的电网工频频率和深度单位，需要在开始使用之前对接收机进行必要的用户设置。

- 1、若非订货时指定，出厂默认工频为 50Hz，深度单位为 m（米）。
- 2、若需更改，则如左下图所示，在接收机关机状态下，同时按住标定键  和测量键  不要松开，再按住开关/静音键  不要松开，可以看到接收机开机并显示欢迎界面，三个按键仍然不要松开，直至约 2 秒后显示用户设置界面，此时可以松开按键。用户设置界面如右下图所示：



- 3、按标定键 ，可以将 Power Freq（工频频率）设置为 50Hz 或 60Hz。
- 4、按测量键 ，可以将 Depth Unit（深度单位）设置为 m（米）或 ft（英尺）。
- 5、设置完成后，长按开关/静音键  关机，设置完成。
- 6、本设置只需进行一次，设置内容关机不丢失。如以后使用中发生错误，可以再次进行。

第一章 概述

一、概述

PD-3900 是一套高性能地下金属管线探测系统，由信号发射机和接收机组成，可用于金属管线、地下电缆的路径探测、管线普查和深度测量，配合多种选配附件，可以进行唯一性鉴别，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

二、功能特点

- 罗盘和方向显示：直观显示管线位置和左右方向。
- 跟踪正误提示：电流方向测量，跟踪正误提示，排除临线干扰（部分频率）。
- 深度和电流测量，可显示信号强度历史曲线。
- 全数字化高精度采样处理：稳定可靠，超高灵敏度，接收通频带极窄，抗干扰能力强，能充分抑制邻近运行电缆及管道的工频及谐波干扰。
- 运行电缆探测：高性能发射卡钳，最大程度向运行电缆耦合输出信号。
- 电缆/管线鉴别：柔性卡钳（选配附件）方便易用，明确给出鉴别结果；听诊器（选配附件）可在不方便使用卡钳时使用。
- 接地故障查找：升压器（选配附件）可将最大输出电压提升至 1000V，使用 A 字架（选配附件）可定位管线的对地绝缘破损点，无须调零，箭头指示故障点方向。
- 多种探测频率：主动探测和被动探测。
- 发射机多种信号输出方式：直连输出、卡钳耦合、辐射感应。
- 发射机数字功放大功率输出，全自动阻抗匹配，全自动保护。
- 内置可拆卸大容量锂离子电池，欠压自动关机，长时间无操作自动关机。
- 机壳美观坚固、质轻便携。

三、技术指标

- 发射机：
 1. 输出方式：直连输出、辐射感应、卡钳耦合（选配）、查障升压器（选配）。
 2. 输出频率：640Hz、1280Hz、10kHz、33kHz、82kHz、197kHz。
 3. 输出功率：最大 10W，10 档可调，全自动实时阻抗匹配。
 4. 直连输出电压：最高 150Vpp。
 5. 过载和短路保护。
 6. 人机界面：320×240 点阵液晶显示器。
 7. 内置电池：4 节 18650 锂离子电池，标称 7.4V，6.8Ah。

- 接收机：
 1. 输入方式：内置接收线圈、柔性卡钳（选配）、听诊器（选配）、查障 A 字架（选配）。
 2. 接收频率：
 - 主动探测频率：640Hz、1280Hz、10kHz、33kHz、82kHz、197kHz。
 - 工频被动探测频率：50Hz/60Hz 和 250Hz/300Hz(用户可配置)。
 - 射频被动探测频段：中心频率分别为 10kHz、33kHz、82kHz。
 3. 管线探测模式：宽峰法、窄峰法、音谷法。
 4. 电缆鉴别模式：柔性卡钳（选配）智能鉴别和电流测量、听诊器（选配）鉴别。
 5. 人机界面：320×240 点阵液晶显示器。
 6. 内置电池：2 节 18650 锂离子电池，标称 7.4V，3.4Ah。

- 其他：
 1. 体积：发射机 280×220×90mm，接收机 680×120×277mm。
 2. 质量：发射机 2.3kg，接收机 2.0kg。
 3. 充电器：输入 AC100~240V，50 / 60Hz，输出 DC8.4V，2A。
 4. 使用条件：温度：-10℃ - 40℃，湿度 5-90%RH，海拔<4500m。

四、设备配置

1、发射机



图 1-4-1 发射机整体

1. LCD 显示器
2. 键盘
3. 输出插座
4. 充电插座

2、接收机

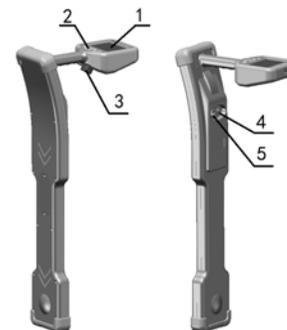


图 1-5-1 接收机整体

1. LCD 显示器
2. 键盘
3. 增益调节旋钮
4. 充电插座
5. 附件输入插座

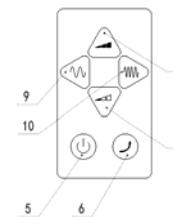


图 1-4-2 发射机键盘

5. 开关键
6. 重新输出键
- 7/8. 输出功率减小/增大键
- 9/10. 频率减小/增大键

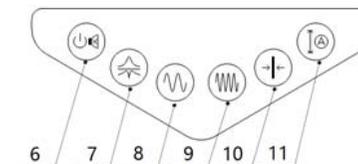


图 1-5-2 接收机键盘

6. 开关/静音键
7. 模式键
8. 频率减小键
9. 频率增大键
10. 标定键
11. 测量键

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	发射卡钳		
4	接收柔性卡钳		
5	查障升压器		
6	查障A字架		
7	微型听诊器		
8	长杆听诊器		
9	长杆听诊器探测杆		

第二章 发射信号的一般方法

发射机对管线发射信号的方法有三种：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

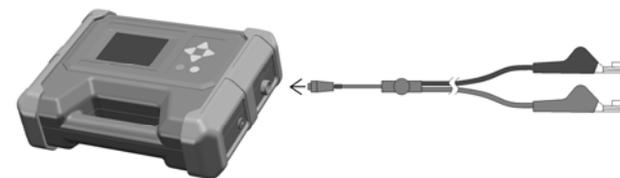
直连法是将发射机的输出线直接接到金属管线上，并将信号直接注入。直连法适用于：自来水管、燃气管、通信电缆、电力电缆、阴极保护管道测试点或其它接入点，以及有长线特征的连续性金属结构等。

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。



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。

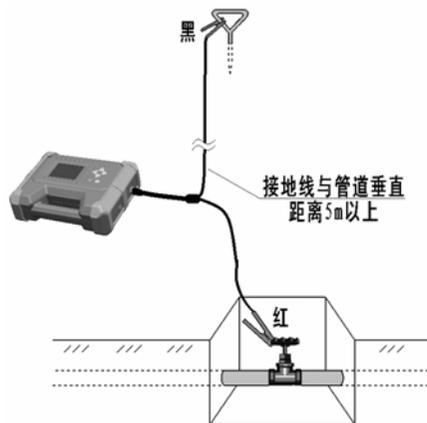


图 2-1-2 直连法接线

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，切勿工作时直接接触输出夹和目标管线！

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联模式。

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：

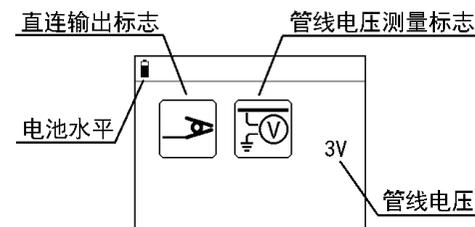


图 2-1-3 管线电压测量界面

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：

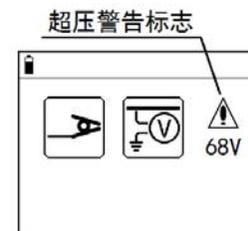


图 2-1-4 管线电压超压警告界面

若电压正常，则数秒后自动输出信号，屏幕显示如下：

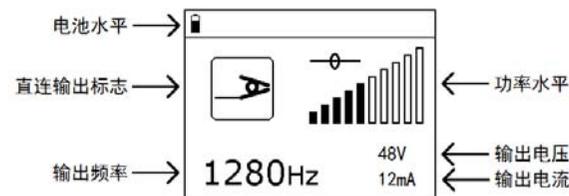


图 2-1-5 直连输出界面显示

4、频率选择

按频率减小键  和频率增大键  选择发射频率。共有六种频率可供选择：640Hz, 1280Hz, 10kHz, 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(10kHz)，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(10kHz 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：

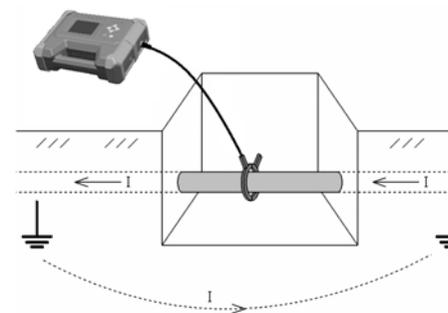


图 2-2-2 卡钳耦合法

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：

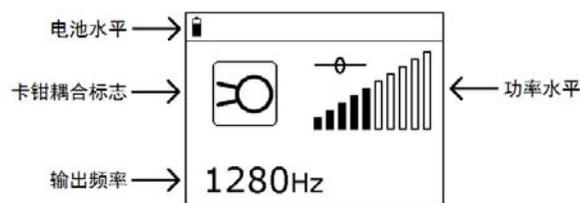


图 2-2-3 卡钳耦合输出界面显示

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，10kHz，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，需要使用辐射感应法；在地面开挖前，需要探查地下有无管线时也主要使用辐射法。

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。

辐射感应法的优点在于使用方便，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，也是一种区域管线探查的主要手段。其缺点在于管线感应电流小于直连法和卡钳法，尤其管线深度较大时效果较差，适用于深度小于 2m 的管线；对一定范围内的所有管线均能感应出信号，会对特定管线的识别造成困难。

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：

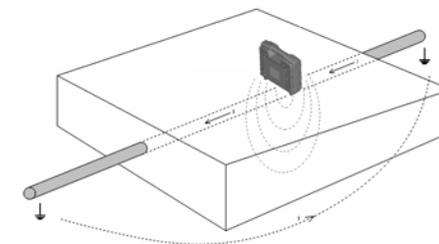


图 2-3-1 辐射感应法

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：

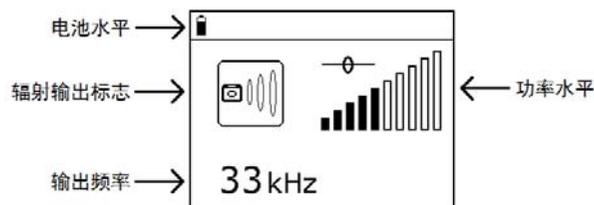


图 2-3-2 卡钳耦合输出界面显示

2、频率选择

按频率减小键 \ominus 和频率增大键 \oplus 选择发射频率。

共有四种频率可供选择：10kHz、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 \ominus 和输出增大键 \oplus 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鉴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（退出运行的不带电电缆）进行路径探测和鉴别的最佳接线方式，可以充分发挥仪器的功能，并能最大程度地抗干扰，如下图所示：

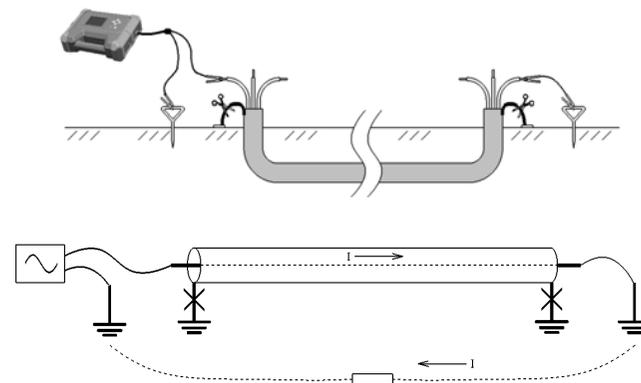


图 3-1-1 芯线 - 大地接线法

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。这种接法在地面探测时接收机可以感应到很强的信号，信号特性比较明确，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进行路径查找。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，电流会逐渐减小。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：

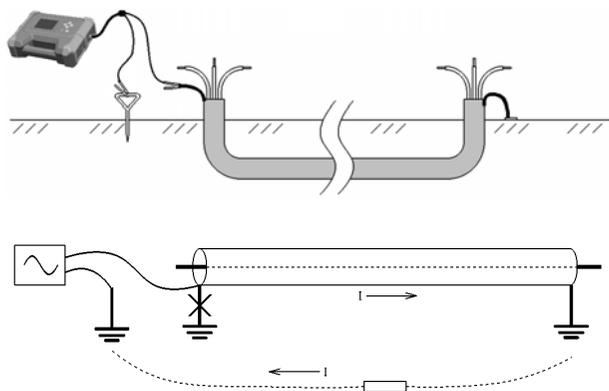


图 3-1-2 护层 - 大地接线法

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，对端的电缆护层保持接地，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：

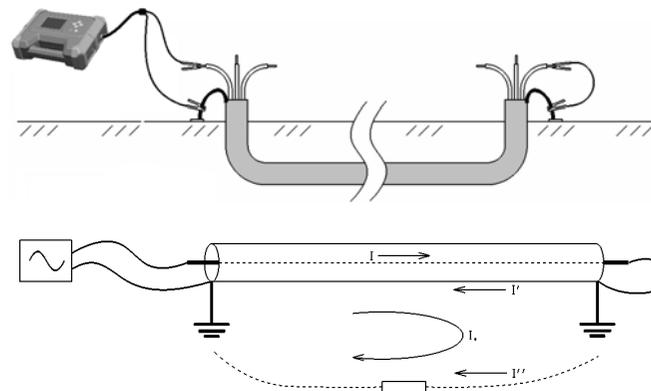


图 3-1-3 相线 - 护层接法

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。

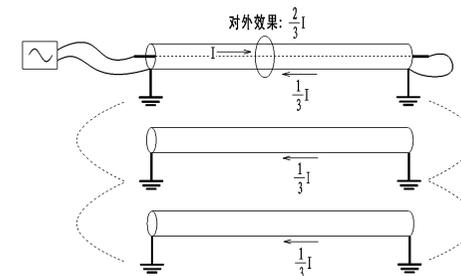


图 3-1-4 并行电缆的分流效果

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：

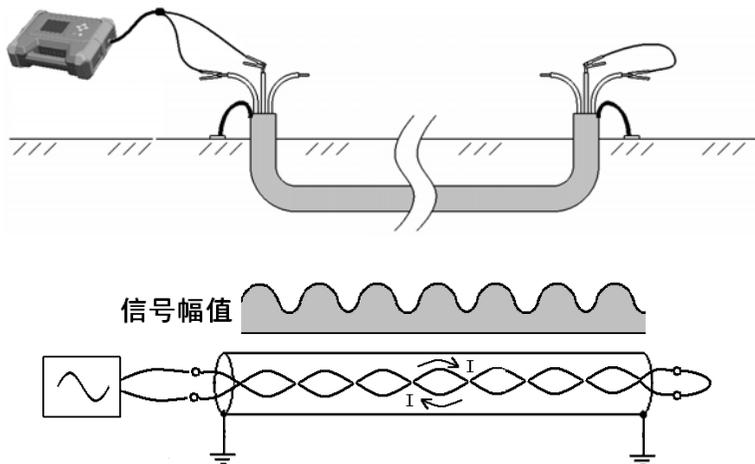


图 3-1-5 相间接法

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，且不容易感应到其他管线上；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（长于 2-3km），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（10kHz、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，不需要电缆作任何改动即可测试，并且操作远离高压，非常安全，电缆全长上都有信号，没有距离限制。

电缆护层两端必须良好接地，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

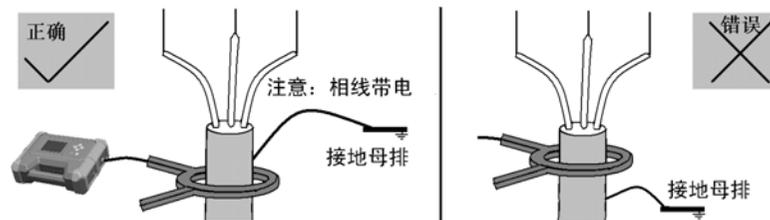


图 3-2-1 运行电缆卡钳耦合法 1（卡电缆本体）

如上图所示，本方法适用于普通三相统包运行电缆的探测。发射机输出接卡钳，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，应选择较大输出水平。

(2) 卡住电缆护套接地线

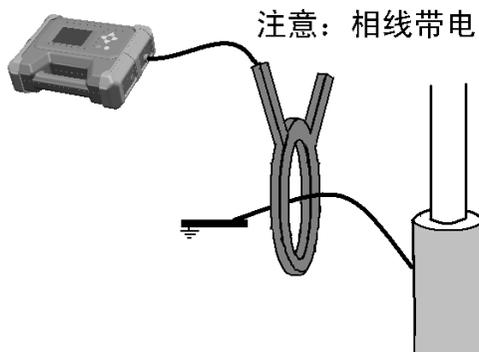


图 3-2-2 运行电缆卡钳耦合合法 2 (卡电缆接地线)

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套接地线。

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：

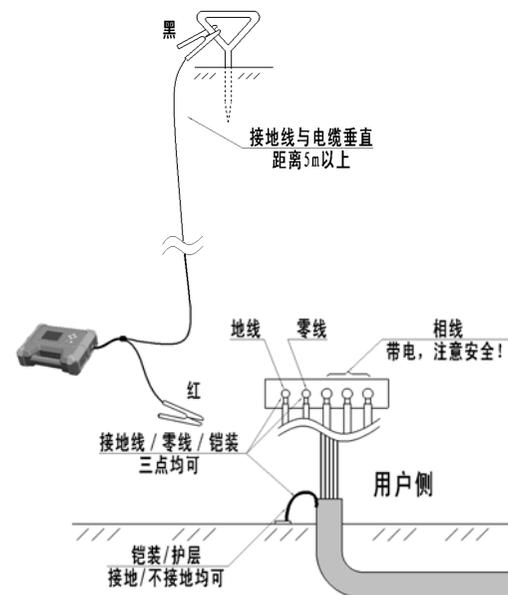


图 3-2-3 运行电缆零线 / 地线 / 护层注入法

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,将在所有出线上均注入信号,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,卡钳耦合合法失效,可使用护层注入法。

第四章 管线探测

一、管线跟踪（路径查找）

1、选择合适的信号发射方法:

根据第二、三章的说明，选择合适的方法，使用发射机对目标管线施加信号。

2、使用接收机内置线圈感应法进行管线探测：

接收机无需接任何外部附件传感器，自动识别为内置线圈感应法。

3、接收机界面介绍：

长按接收机开关/静音键 M ，打开接收机电源，屏幕如下显示：

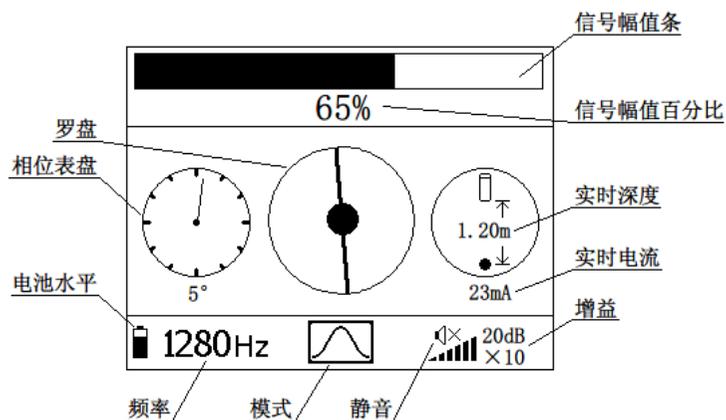


图 4-1-1 管线探测界面

4、设定接收频率:

按频率减小键 M 和频率增大键 M 选择接收频率。发射和接收的频率必须一致。

有以下频率/频段供选择：640Hz，1280Hz，10kHz，33kHz，82kHz，工频 50/60Hz，工频谐波 250/300Hz，射频 33kHz 频段，射频 82kHz 频段。默认 1280 Hz。

5、选择模式：

按模式键 M ，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：

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：

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：

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：

记录宽峰模式下的信号幅值历史曲线，用于记录和分辨信号随时间的变化，特别适用于相间短路故障的查找。



图 4-1-2 模式图标

不同模式下的响应如下图所示：

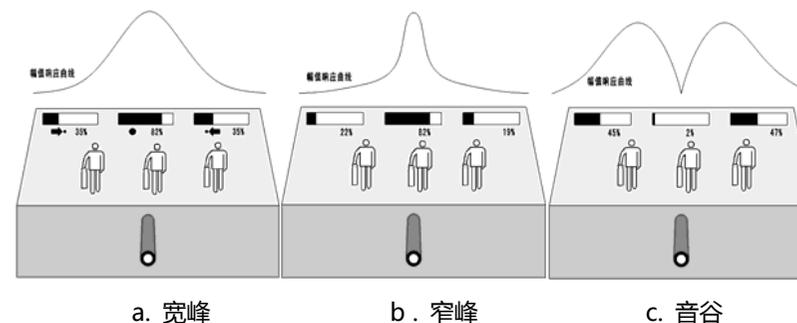


图 4-1-3 不同模式下的信号响应

6、增益调整：

按压增益旋钮，屏幕左上角显示  60%，进行增益自动调节，当前信号幅值被自动调整在 60%。在自动增益的基础上，也可以手动旋转增益调节旋钮进行微调，屏幕右下角显示增益分贝值和实际倍数。

7、根据信号幅值进行管线跟踪（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 4-1-2 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。

8、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，而且中央的箭头指向电缆；当接收机正好位于管线正上方时，箭头变为原点，可以对管线进行快速跟踪。

观察箭头方向，如果箭头向右，则表示电缆在右边，应该向右移动，反之向左。当箭头变为圆点，而且左右稍微移动，箭头即会反向，接收机即在电缆的正上方

注意：信号微弱，或干扰强时，原点并不总是出现，以箭头发生方向变化为准。

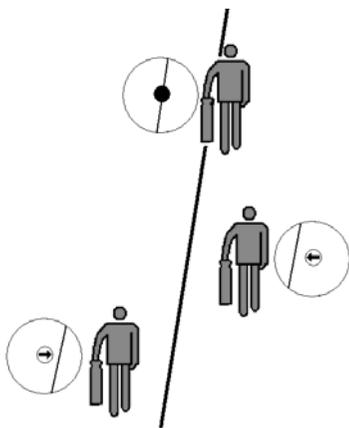


图 4-1-4 罗盘功能演示

注意事项：

- 无论面向管线末端还是面向发射机，箭头均正确地指向管线。
- 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时，罗盘指示会出现偏差，如果需要精确定位，请参照本章第三节：精确定位。

9、防误跟踪（跟踪正误提示功能）

邻近管线的电流一般小于目标管线，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，必须工作在 640Hz 或 1280Hz 频率，其他频率不显示相位表盘。

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。

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，按标定键 ，屏幕左上角闪烁提示：，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 ，显示将变为：，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鉴别时，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，说明在待测管线上方。若基本指向下方，并且出现“？”标志，说明跟踪到了邻近管线，如右图所示：

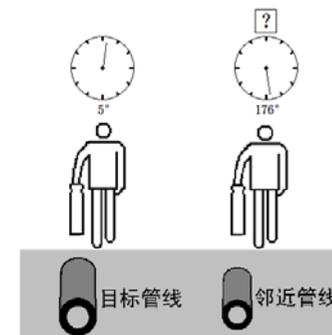


图 4-1-5 跟踪正误提示

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：

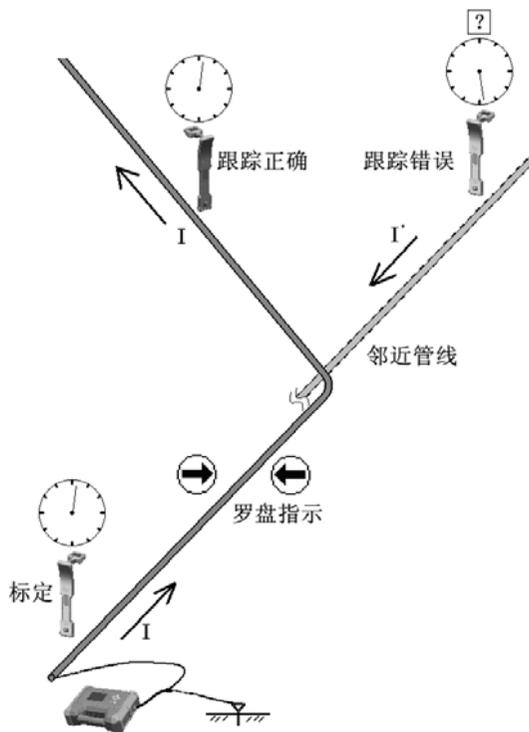


图 4-1-6 智能跟踪过程

11、利用声音输出辅助跟踪

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，实际上使用新的罗盘功能，能够更加快速直观的跟踪管线。

点按开关/静音键 ，能够打开或关闭扬声器，开机为默认关闭。

二、区域探查

为避免损坏管线，在地面开挖前探明有无未知管线是非常重要的。区域探查分无源法和辐射法。

1、无源探查

无源法探查为被动探测，不需要使用发射机，将接收机的频率调到工频/射频，模式调到宽峰（或窄峰），进行网格状搜索，观察历史曲线，在管线上方将有峰值响应，在地面上作好标记，如右图所示。

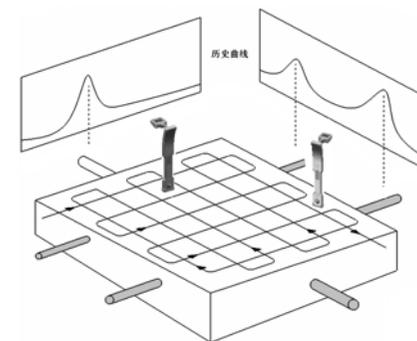


图 4-2-1 无源法区域探查

工频法：工频法接收管线辐射的工频及五次谐波信号，特别适用于探查运行电缆。部分（不是全部）其他管线因存在工频感应电流也能被探测，因此工频法探测到的管线并不能确认为电力电缆。工频接收频率为 50Hz 和 250Hz，或者 60Hz 和 300Hz，取决于不同国家或地区使用的工频频率。

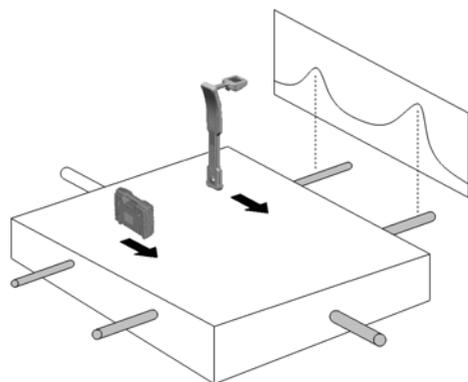
射频法：管线能够感应环境中的射频电磁场（如各种电台发出的无线电信号），再进行二次辐射。射频法接收此信号，能在大多数情况下（不是全部），探测没有工频电流的管线。为适应不同信号，射频分为三个频段，其中心频率分别在 33KHz 和 82KHz，显示为  ←33k→、 ←82k→。

注意事项：

- 工频或射频接收时，除工频基波频率外，不能进行罗盘指示，也不能实时测深。
- 在被动探测中，增益的调节十分重要，有些强信号管线在低增益下即有很强的响应，但弱信号管线需要很高的增益才能探测到，因此在查完强信号管线后，需要提高增益再次搜索。强信号管线在高增益下会饱和失真，但通过观察已经做好的标记可以排除其干扰。
- 工频和射频探测，以及二者的结合使用，都不能保证探测到所有管线。

2、辐射探查

辐射法探查需要发射机使用感应方式发射信号进行配合，并且需要两名操作员。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，接收机将接收到信号。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：



4-2-2 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。

在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。

3、综合探查

不同的方法各有优点，也各有局限性，为防止漏查，应根据现场情况采用一种、多种，甚至所有方法反复探查，以尽量减小施工损坏管线的可能性。

三、精确定位

罗盘法在受干扰或邻近管线的影响时，有时出现偏差，若需要更加精确地定位管线，可采用如下方法人工进行：

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：

- 保持接收机与预计的管线方向垂直，找到响应最大的点。
- 不要移动接收机，将其原地转动，找到响应最大的角度。
- 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：

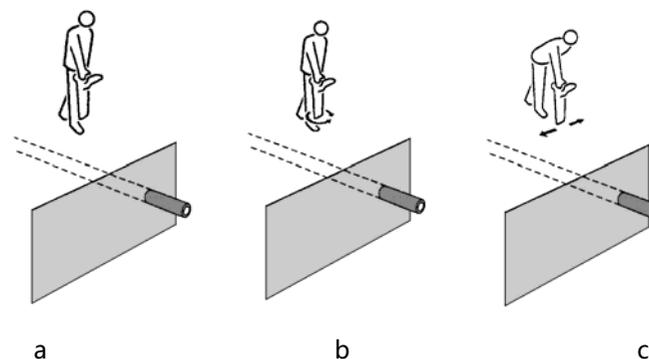


图 4-3-1 精确定位

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。

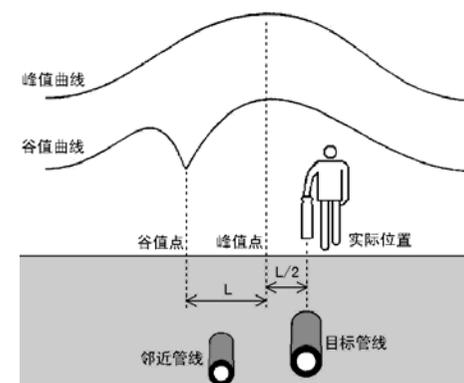


图 4-3-2 定位修正

四、深度测量

1、自动测量深度和电流

当接收机判断基本处于管线正上方时,进行实时深度与和电流测量,显示如下:

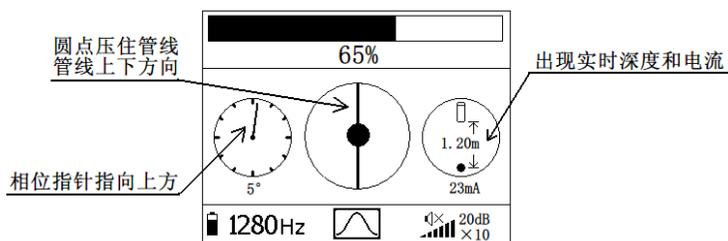


图 4-4-1 实时深度和电流测量

- 罗盘中央显示圆点,且圆点压住管线,表示接收机基本位于管线正上方。
- 管线基本处于上下方向,表示探测方向和管线走向基本吻合。
- 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。
- 当偏离正上方时,实时深度和电流显示消隐。
- 屏幕右上方如果显示 ,说明发射信号过强,接收机饱和失真,提示发射机按  键减小输出水平,此时实时测深和按测量键测深均无效。
- 深度单位为 m (米) 或 ft (英尺)(设置方法请参见 P1 用户设置)。

为得到较准确和稳定的测量结果,可以按测量键 ,进行较长时间的平均测量。按测量键后,首先显示等待图标 ,约 2 秒后显示测量结果,再 2 秒钟后自动消失,显示如下:

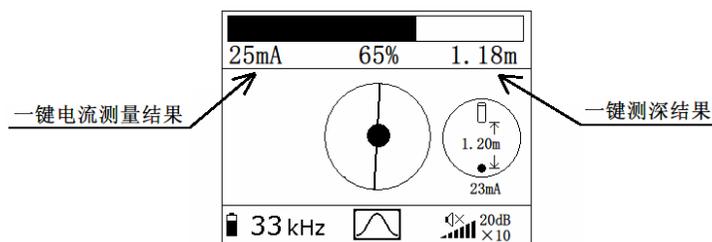


图 4-4-2 一键深度和电流测量

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。
- 无源被动探测时,不能进行实时深度和电流测量(工频基波频率除外),一键测量能够进行,但误差较大,也可能出现错误结果,仅供参考。
- 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。
- 并排管线的干扰将使测深误差增大,严重时数据不可信。可以使用精确定位的方法来判断能否使用自动测量:如果峰值点和谷值点重合,则测深数据可信;如不重合,则存在邻线干扰,且峰谷距离越大,测深误差越大。
- 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。
- 特别注意:大多数较严格的管线探查规范中,无论使用何种设备,均不采纳其自动测深的结果,故实时测深和一键测深虽然非常方便,在发射信号较强、干扰较小、管线不太复杂的场合,其精度也基本满足要求,但其结果也只能作为一种参考。

2、音谷 45°法手动深度测量

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°。

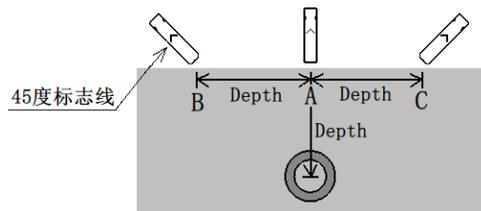


图 4-4-3 音谷 45°法测深

3、宽峰 80%法手动深度测量

使用宽峰法（不能使用窄峰法和音谷法），找到管线上信号最强的点，按增益旋钮，自动增益调节幅值为 60%；然后左右水平移动接收机，找到两个信号幅值减弱到 48%的点，则两点之间的距离等于管线深度，如下图所示：

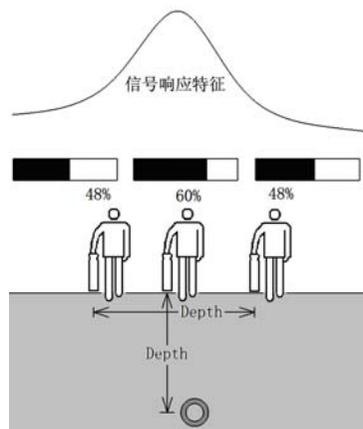


图 4-4-4 宽峰 80%法测深

第五章 电缆鉴别 (选配功能)

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

一、柔性卡钳智能鉴别

柔性卡钳智能鉴别是一种结果最明确、抗干扰能力最强的鉴别方法。

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 5-1-1 接收柔性卡钳连接

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：

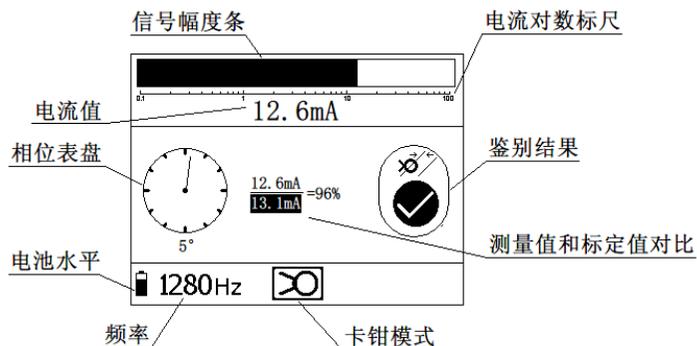


图 5-1-2 柔性卡钳鉴别界面

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；鉴别结果显示鉴别正确图标 ✓ 或错误图标 ✗。

4、标定

柔性卡钳智能鉴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，在未知点的测量结果与基准比较，作出鉴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。

注意卡钳的方向箭头必须指向电缆末端。

按接收机标定键 (+)，屏幕左上角闪烁提示：✗?，询问是否要进行卡钳标定，若按其他键，将取消标定操作，若再次按标定键 (+)，显示将变为：✗!，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°，同时电流值作为对比计算的分母（反显），鉴别结果显示为正确 ✓。

以后的鉴别测量均以此作为基准。标定完成后数据关机不丢失。

在对另一条电缆进行鉴别时，必须针对新的目标电缆重新标定。

5、鉴别

离开标定点，到达需要鉴别的位置，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，鉴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，鉴别参考结果显示为错误 ✗。

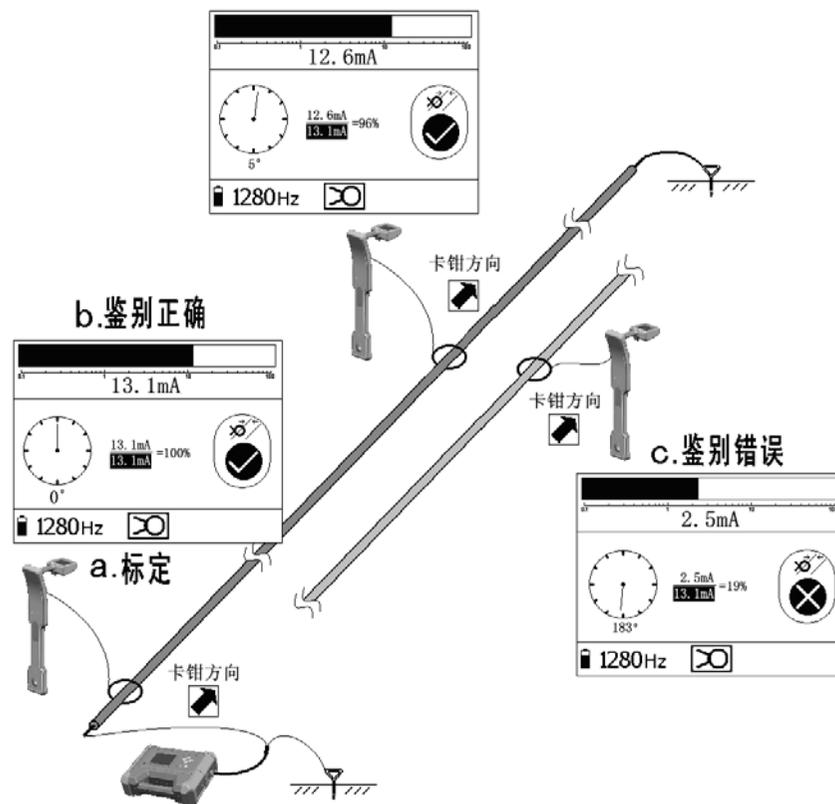


图 5-1-3 卡钳智能鉴别过程

注意事项：

- 标定和鉴别时，接收卡钳的方向箭头必须指向电缆末端，且须保证卡钳闭合良好。
- 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，提示鉴别正确；邻线电流远小于 I ，相位接近 180° 或不稳定，提示鉴别错误。
- 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，提示鉴别正确；两条邻线电流分别为 $I/2$ ，相位在 180° 附近，提示鉴别错误（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，提示鉴别正确；另一条邻线电流也为 I ，相位在 180° 附近，提示鉴别错误。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，提示鉴别正确；邻线电流接近 0，相位接近 180° 或不稳定，提示鉴别错误（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 $2 \sim 5\text{m}$ 。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。
- 本方法不适于鉴别超高压单芯运行电缆。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，无法正确接收高频信号。

安全警告！

1. 电缆鉴别涉人身及设施安全，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。
 - e) 卡钳钳口有污物，擦干净后重新标定、鉴别。
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，但以通过电流值作出人工判断。

对于 10kHz、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。应优先使用智能鉴别，电流测量法只作为辅助手段。

三、听诊器鉴别

当鉴别现场电缆排列非常密集，卡钳无法卡住电缆时，可以使用听诊器法鉴别。

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。

鉴别埋地电缆可以使用微型听诊器，鉴别不宜直接接触的桥架电缆可以使用长杆听诊器。



图 5-3-1 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：

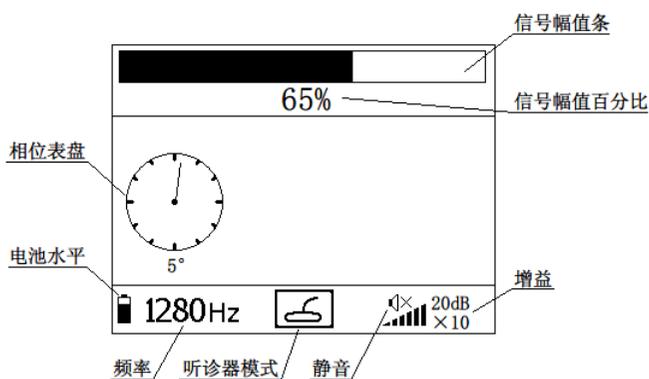


图 5-3-2 听诊器界面

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。

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，在未知点鉴别时不要再调整增益，能够加快鉴别速度，提高准确率。

如下图所示：

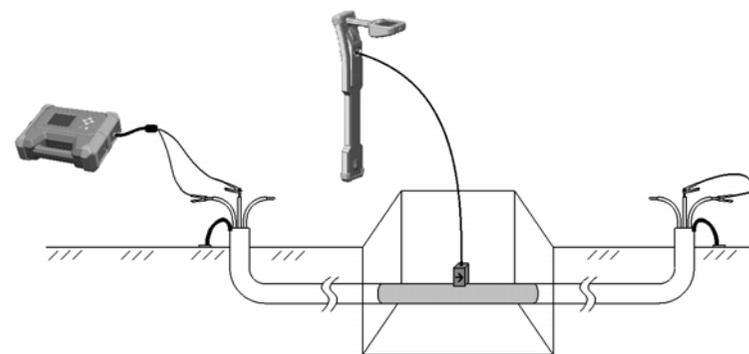


图 5-3-3 听诊器鉴别

使用听诊器鉴别时，若需最高程度的确认，发射机接线应采用相间接法，并在远端将其相互短路。

找到信号最强的电缆后，将听诊器环绕电缆一周。由于目标电缆的两相间通电，电流一去一回，且间隔一定距离，环绕时信号应有强弱变化，而非目标电缆没有此特性，可以用此方法进行最后确认，如右图所示。

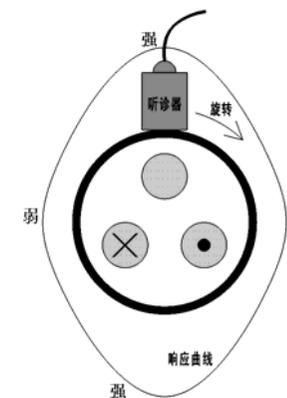


图 5-3-4 听诊器环绕测试

第六章 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。

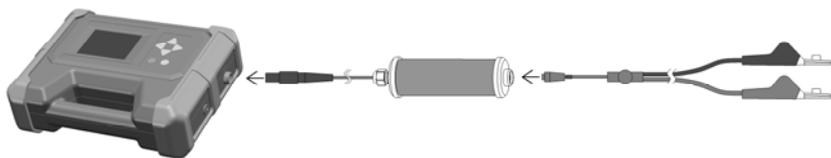


图 6-1-1 发射机查障升压器连接

2、发射机界面介绍

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：

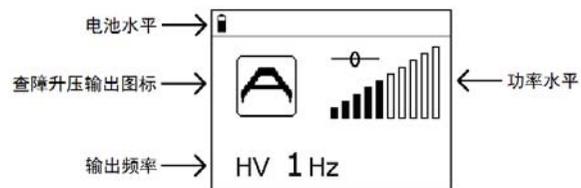


图 6-1-2 发射机查障升压输出界面

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：

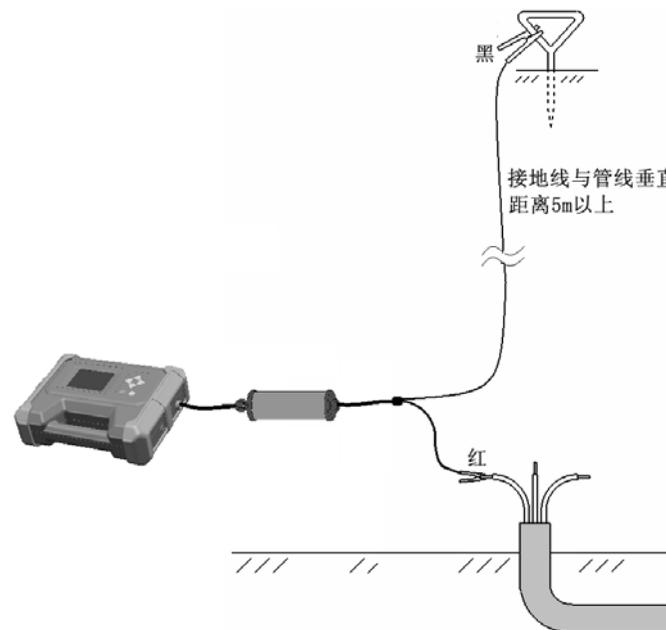


图 6-1-3 接地故障定点接线

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)的两根探针拧入 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。

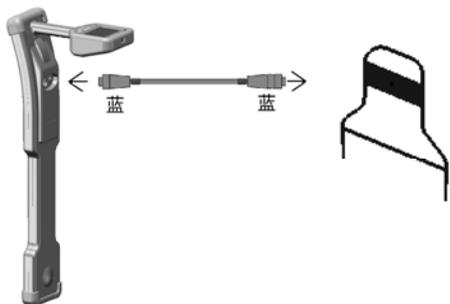


图 6-1-4 接收机 A 字架连接

5、接收机界面介绍

开机,接收机自动识别连接的附件,设为 A 字架接收模式,界面如下:

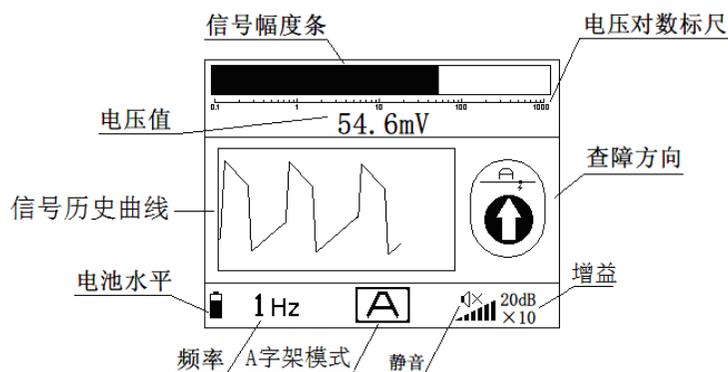


图 6-1-5 接收机 A 字架查障界面

查障 A 字架模式下,只能使用 1Hz 频率。

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，由于距离接地杆很近，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。

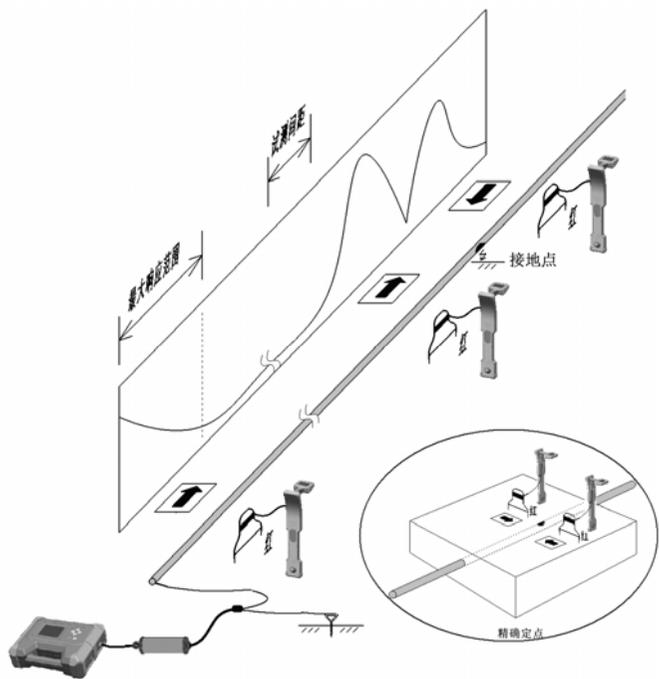


图 6-1-6 A 字架查障过程

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！

第七章 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。

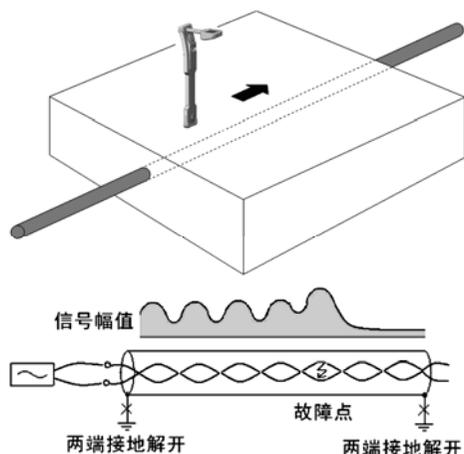


图 7-1-1 相间短路故障定点

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向前移动时，信号幅值会根据电缆扭绞有规则的变化，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。

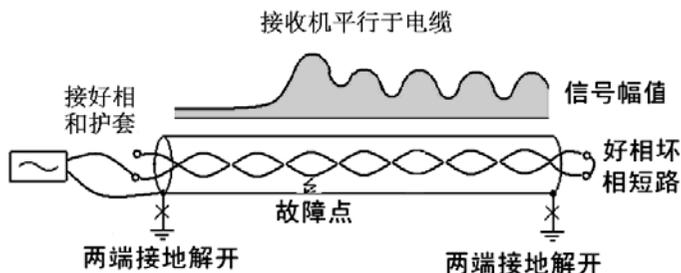


图7-2-1 相对铠装接地故障定点

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：

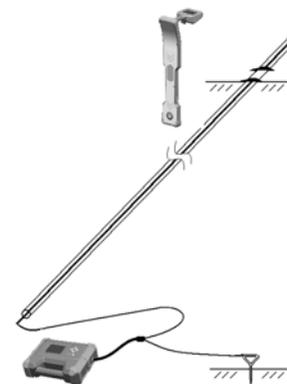


图7-3-1 断线故障接线

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：

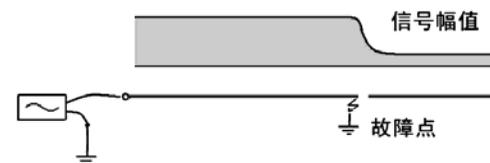


图 7-3-2 断线故障定点

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

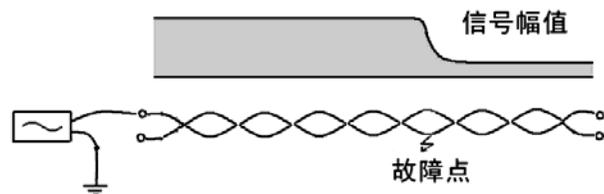


图 7-4-1 无铠装电缆相对地故障接线法

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。

第八章 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，图标中黑色部分电池中电量水平，全黑代表满电量，全空并闪烁表示电池欠压，电池符号中显示叉号：, 表示电量用完，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 220V/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，需要更换电池。电池为 18650 锂电池，容量最好在 3400mAh 以上，推荐型号为松下 NCR18650B（容量为 3400mAh），或容量更大的型号。发射机需要 4 节电池，接收机需要 2 节。

警告：更换时务必注意电池正负极方向！

2、质保

仪器主机及配件一年保修，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，请与本公司联系，以便及时维修和服务。

(说明书版本号：V2.0)