尊敬的顾客

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

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

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

公司地址：　湖北省武汉市东湖新技术开发区高新五路84号光谷光机电产业园6栋

销售热线：　400-016-1896

售后服务电话：　027-8791 4451（优先响应）

技术支持：　188 2703 7017（微信同号）

E-mail：　uhv@whtgy.com

网　　址：　www.whtgy.com

◆ 慎重保证

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

◆ 安全要求

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

只有合格的技术人员才可执行维修。

—防止火灾或人身伤害

使用适当的电源线。只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

正确地连接和断开。当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

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

注意所有终端的额定值。为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。在对本产品进行连接之前，请阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

请勿在无仪器盖板时操作。如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。

使用适当的保险丝。只可使用符合本产品规定类型和额定值的保险丝。

避免接触裸露电路和带电金属。产品有电时，请勿触摸裸露的接

点和部位。

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

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易爆环境中操作。

保持产品表面清洁和干燥。

－安全术语

警告：警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

小心：小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。

目 录

一. 简介.....1
二. 技术规格.....5
1. 接收机规格.....5
2. 发射机规格.....7
3. 选配功能.....8
三. 结构.....9
四. 仪器操作.....11
1. 接收机基本操作.....11
2. 发射机基本操作.....15
五. 发射机的输出.....18
1. 直连法.....18
2. 卡钳耦合法.....28
3. 感应法.....33
4. 零线 / 地线 / 护层注入法.....35
六. 接收机的探测.....38
1. 管线探测.....38
2. 区域探测.....46
3. 精确定位.....49
4. 深度测量.....50
5. 电缆识别.....53

七. 测绘功能介绍（选配功能）.....65
1. APP 介绍.....65
2. 测绘功能.....67
3. 测试报告.....68
4. 数据管理与交互.....71
八. 管线接地故障定位（选配功能）.....75
1．基本操作.....75
2．发射机接线.....76
3．故障定位.....77
九. 其他功能介绍.....83
1．扫频测试.....83
十. 电池管理.....84
十一. 装箱单.....85

一. 简介

管线仪是一款多功能的电缆路径识别探测仪。具有**管线路径探测、电缆识别、管线接地故障查找、GPS 测绘、远程控制**等多种功能。仪器由**发射机、发射电流钳、接收机、接收柔性电流钳、连接测试线、听诊器、A 字架（选配）、测绘 APP（选配）**等组成。

管线路径探测：能在非开挖的情况下，用于金属管线、地下电缆的路径探测、管线普查和深度测量。仪器使用多种滤波器技术、具有一定抗干扰能力， 能精准定位和测深，适用于地下各种金属或非金属管线的探测和巡线、管线管理与维护、市政规划建设、供电等部门的管线检测，是管道维护单位的必备仪器之一。该功能由信号发射机、接收机、信号发射钳和连接测试线来配合实现。仪器具有以下特点：

1. 多种探测模式：经典定位模式，全屏信号模式，信号曲线模式，示踪探头模式。
2. 经典定位模式：罗盘、方向和信号幅值显示，直观显示管线左右方向。
3. 全屏信号模式：360° 全方位管线路径指示，连续显示深度、电流和管线相对位置。界面简洁直观，无需经验即可进行操作。
4. 信号曲线模式：可显示历史信号强度曲线，通过观察曲线的变化，寻找线缆位置。
5. GPS 测绘功能：用户可通过手机 APP 内部的地图查看接收机测绘的地下管线地理坐标，通过观察地下管线路径导向图，可查看地下线缆的埋线方向。

6. 可存储 1024 组探测定位数据。

7. 接收机 3.5 寸彩屏液晶，发射机 5.6 寸彩色电容触摸液晶。

8. 电流方向判定（部分频率），可通过标定电流方向，排除临线干扰，防止跟踪错误。

9. 管线模拟线颜色实时显示信号干扰强度。

10. 内置扫频测试功能，用户可通过扫频结果选择合适的信号频率进行管线测量，避免同频干扰。

11. 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。

12. 多种探测频率：12 种主动探测频率和 2 种被动探测频率。

13. 发射机多种信号输出方式：直连输出、卡钳耦合、感应法。

14. 发射机数字功放大功率输出，全自动阻抗匹配，全自动保护。

云服务（选配）：建立在安卓平台上（兼容鸿蒙系统），使用手机强大的运算性能及网络通讯能力，实时与服务器数据交互，实现工程测量、任务管理、数据管理、数据查看、生成测试报告、数据导入、数据导出、操作视频等功能。

远程控制功能：发射机外接 4G 网络卡连接网络。通过手机 App 远程控制发射机的信号输出，改变发射频率和发射功率。方便用户进行测量，节省操作时间。

测绘 APP（选配）：是自主研发的一款集成了对测量数据的记录、管理、生成报告等综合信息管理功能的 APP，与电缆综合探测仪配套使用，实现卫星定位测绘功能。该 APP 能针对工程师的管线探测任务进行任务管理、报告生成等，具有人性化的工程向导功能，使用方便。一键生成任务报告，包含长度、深度、测量频

率、测量电流、位置信息等内容，极大提高埋地管线检验人员的工作效率。

电缆识别：是为电力电缆工程师和电缆工解决电缆识别的技术问题而设计的。可识别出带电电缆和停电电缆。用户通过仪器从多根电缆中准确识别出其中某一根目标电缆，避免误锯带电电缆而引发严重事故。电缆识别时，可以在发射端预先标定 10 条电缆，再到远端接收识别，大大节省工程人员往返操作时间，提高工作效率。电缆识别成功打√，非目标电缆打×，能快速自动识别目标电缆。该功能由信号发射机、接收机、信号发射钳、连接测试线、柔性卡钳配合实现。

信号发射机：用于管线路径探测、电缆识别的信号发射。该设备可通过直连输出、卡钳耦合、感应等方式给目标电缆加上识别信号，该信号有 12 种不同的脉冲信号可供选择。信号输出功率最大 15W，15 档可调。从而适应不同的应用环境，让管线探测和电缆识别更加准确可靠。仪表内置大功能率可充锂电池，自动阻抗匹配，全自动保护。主机 5.6 寸彩色电容触摸液晶屏显示，实时动态显示信号输出状况和电池使用情况。

发射钳：适用于卡钳耦合法。发射钳将发射机发出的信号耦合到目标电缆上，钳口尺寸Φ150mm，发射钳具有方向性，发射信号从发射钳上箭头指示方向流入。

接收机：用于管线路径探测、电缆识别信号接收。内置多个屏蔽 3D 天线，可对发射机产生的 12 种不同脉冲编码电流信号进行有效识别。也可识别 50Hz 和 60Hz 工频信号。使用 3.5 寸彩色液晶屏，实时动态显示 360° 全方位管线路径指示，深度、电流和管线相对位置。

A 字架（选配件）：形似 A 字的专用于直埋线缆接地故障定位的电压信号传感器。A 字架两个探针或探盘可以准确接收来自发射机发射的跨步电压信号，传输到接收机后进行数据分析后可对线缆接地故障点进行精确定位。探针或探盘为独立可互换设计，探针适用于泥土地面，探盘适用无法直接插入大地的水泥路面。A 字架引出线设计了航空插座，配合航空插头连接线连接到接收机，可随意拆卸，兼容独立设计手柄，实现 A 字架独立工作于其他功能。

柔性电流钳：用于电缆识别。该电流钳为洛氏线圈，具有极佳的瞬态跟踪能力，能快速识别发射机产生的脉冲编码电流，适用于粗电缆或形状不规则的导体。其钳口内径 200mm，不必断开被测线路，非接触测量，安全快速。

听诊器：用于电缆识别。与鼠标形状相似，可快速感应识别发射机或线缆中的电流信号，弧形传感器设计，全面贴合电缆表面。配合本产品发射机、接收机，能实现柔性电流钳的大部分功能，可在大部分场合替代柔性电流钳进行电缆识别。使用时将听诊器沿着线缆方向紧贴被测电缆线即可，适合不方便使用柔性电流钳测试的场合。

特别提示：停电电缆识别时，严禁接入带电电缆中，带电电缆识别只适用于三芯带铠电缆，识别时，发射钳、接收钳不能混用，同时要保证输入信号方向的一致。

二. 技术规格

1. 接收机规格

功　　能	管线探测（线缆位置跟踪、方向显示、深度测量、电流测量）、电缆识别、接地故障定位、蓝牙通讯、云服务
电　　源	7.4V DC 3400mAh 可充锂电池
输入方式	内置接收线圈；外连接柔性卡钳；外接 A 字架
接收频率	主动探测频率：577Hz、640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz、4.09kHz、8.19kHz、10kHz、33kHz、66kHz、82kHz、201kHz（其中 640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz 四个频率信号具备方向性，接收机可识别信号方向） 工频被动探测频率：50Hz、60Hz
管线探测模式	宽峰法、窄峰法、音谷法
管线探测显示	经典定位模式，全屏信号模式，信号曲线模式
管线探测 检测范围	直连法： 一般可以达到线缆长度 0-30 公里，主要由接地电阻、线缆电阻和线缆埋地深度决定 耦合法：一般可以达到线缆长度 0-10 公里，主要由接地电阻、线缆电阻和线缆埋地深度决定 感应法：适用于埋地深度小于 2m 的线缆
深度精度	平面位置精确定位精度：目标电缆或管线的中心轴线位置：±5%（埋深在 0-3m）　±15%（埋深在 3m-20m）
声音指示	随信号强度变化的调频音调
蓝牙通讯	支持蓝牙通讯进行仪表控制，以及连接手机 APP 进行各类数据处理
网络通讯	内置 4G 网络，实现远程控制功能
干扰距离	使用耦合法和感应法时，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： 管线探测：耦合法 5m 之外，感应法 20m 之外可确认为无干扰 电缆识别：耦合法 5m 之外可确认为无干扰
电缆识别	鉴别方式：柔性卡钳智能鉴别； 可标定电缆数量：1～10 条； 标定值：接收信号与发射信号的电流百分比在标定值 75%-135%之间为识别成功条件之一； 方向性：发射钳、接收钳与加载信号必须方向一致，为识别成功的条件之一
电缆识别检测范围	直连法：可识别回路电阻为 0Ω～8kΩ的信号（一般可以达到线缆长度 0-20 公里，主要由接地电阻与线缆电阻决定） 耦合法：可识别回路电阻为 0Ω～1kΩ的信号；（一般可以达到线缆长度 0-10 公里，主要由接地电阻与线缆电阻决定）
液　　晶	4.3 寸彩屏液晶，支持触屏操作
卫星定位	内置 GPS
尺　　寸	约 311mm*133mm*750mm
质　　量	约 1.90kg
充 电 器	DC8.4V，1A
连接接口	1*USB 接口（用于固件升级，可给手机充电） 1*SIM 卡槽（插物联卡） 1*DC 充电口 1*Type-C 充电口 1*柔性卡钳连接插座
柔性电流钳	长约 620mm，线径约 8mm

柔性线圈内径	φ200mm
数据存储	可存 1024 组数据（需先开启保存数据和卫星定位功能）
工作温湿度	-10℃～40℃；80%Rh 以下
存放温湿度	-10℃~50℃，≤95％RH, 无结露
耐　　压	AC2000V/rms(外壳前后两端之前)
适合安规	IEC61010-1 CAT Ⅲ 600V，IEC61010-031，IEC61326，污染等级 2

2. 发射机规格

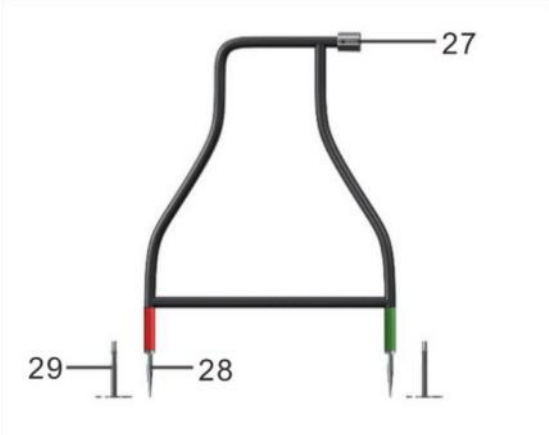
功　　能	管线路径探测、电缆识别和故障定位时多种频率信号发射方式
电　　源	11.1V DC 12800mAh 可充锂电池
输出方式	直连输出、感应法、卡钳耦合
输出频率	128Hz、512Hz、577Hz、640Hz、1024Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz、4.09kHz、8.19kHz、9.80kHz、10kHz、33kHz、66kHz、82kHz、83.1kHz、133kHz、201kHz
输出功率	15W Max，15 档可调，全自动实时阻抗匹配
直连输出电压	150Vpp MAX
电路保护	具有过载和短路保护
远程控制	接收机可通过 4G 网络控制发射机的参数和输出
液　　晶	5.6 寸电容触摸液晶屏
仪表尺寸	约 259mm*211mmX105mm
质　　量	发射机 3.00kg；发射钳 1.12kg
充 电 器	DC 12.6V，1A
发射钳尺寸	长宽厚 250mm×140mm×35mm
发射钳内径	φ150mm

发射钳线长	3m
直连测试线	3m
连接接口	1*USB 接口（用于固件升级，可给手机充电） 1*SIM 卡槽 1*Type-C 充电口 1*DC 充电口 1*信号发射钳和直流测试线连接插座
耐　　压	AC 3700V/rms(仪器箱顶面与底面之前)
电磁特性	IEC61326(EMC)
适合安规	IEC61010-1(CAT Ⅲ 300V、CAT Ⅳ 150V、污染等级 2)

3. 选配功能

查障定位	配合 A 字架可实现对线缆接地故障的精确定位
电缆识别	配合柔性线圈可实现电缆识别功能
测绘 APP	使用 APP 配合接收机实现 GPS 定位管线测绘功能，实现定位测量、管理及查看地下管线地理坐标、深度等信息，并提供云服务进行数据存储、备份、转移等
听诊器	可替代柔性线圈进行电缆识别

三. 结构



1、接收机操作按键

2、液晶显示屏

3、增益调节旋钮

4、卡钳输入插座

5、接收机充电接口

6、照明灯

7、柔性电流钳

8、柔性电流钳按压锁扣

9、柔性电流钳输出端口

10、柔性电流钳输出引线

11、听诊器输出端口

12、听诊器

13、发射机贴牌

14、电容触摸液晶屏

15~19、发射机按键

20、耦合卡钳连接航空插座

21、发射钳输出引线

22、发射钳扳机（控制电流钳张合）

27、A 字架连接口（选配）

28、A 字架探针（选配）

29、A 字架探盘（选配）

四. 仪器操作

1. 接收机基本操作

按键开机，开机后默认进入管线探测功能的导线巡航模式界面。如果开机前接入了柔性卡钳或听诊器，则会进入到电缆识别界面。接入 A 字架连接线则会进入到故障定位界面。

1.1 电缆线路探测界面

短按键切换宽峰、窄峰、音谷响应模式；

在电缆线路探测功能下，长按按键切换**导线巡航模式、经典定位模式、信号曲线模式**，丰富的探测功能可满足不同场合下的线缆探测要求。

图 1 三种模式界面图

短按或切换频率；

导线巡航模式和**经典定位模式**可切换频率：50Hz、250Hz、577Hz、640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz、4.09kHz、8.19kHz、10kHz、33kHz、66kHz、82kHz、201kHz，共 14 种频率可供选择。

信号曲线模式可切换频率：50Hz、 250Hz、射频 33kHz、射频 82kHz、577Hz 、640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz、4.09kHz、8.19kHz、10kHz、33kHz、66kHz、82kHz、201kHz，共 16 种频率可供选择。

旋转背部旋钮可改变增益强度，短按旋钮可使用自适应增益。

增益调节范围 0~96dB。

在导线巡航模式和经典定位模式下，选择640Hz或1280Hz、2.56kHz、3.20kHz，长按键，可对信号方向进行标定，防止跟踪错误。

打开蓝牙开关，短按键，可将测量数据通过蓝牙传输到手机APP，同时，手机 APP 对应设备功能上的地图会自动标点当前的测试管线的地理坐标。每次通过蓝牙上传数据，都对应在 APP 的地图上生成当前测试管线的地理坐标的位置，坐标会自动连线下一个测试管线的地理坐标，测试完成之后，生成地下管线路径导向图。

1.2 电缆识别界面

柔性电流钳插入接收机后自动进入**电缆识别模式**：

第一次选择进入电缆识别界面时，会出现以下状况：

a) 仪表内没有保存的标定数据，仪表正常进入电缆识别界面；

b) 仪表内有保存的标定数据，则会进入**删除界面**。提示：“是否删除所有标定数据”。通过按和键，或者旋转背部旋钮，选择“是“或“否”。选择“是”再按键确定，则会删除之前保存的所有标定数据；选择“否”再按键确定，则不会删除保存的标定数据。完成选择操作后，仪表自动切换到电缆识别界面。

c) 若按键，则不作删除操作直接进入电缆识别界面。

要识别新的电缆，必须全部删除之前已保存的标定信息，对新电缆重新标定。长按键，可以进入到删除界面。删除已存的标定信息界面如下：

图 2 电缆识别标定信息删除截面

选择“否”不删除　　选择“是”删除

进入电缆识别界面后：

短按键切换线缆编号 L1~L10，一共可以标定 10 条线缆。

按和可切换频率：50Hz、577Hz、640Hz、1280Hz、、2.56kHz、3.20kHz、4.09kHz、8.19kHz、10kHz、33kHz、66kHz、82kHz。部分频率有特定显示界面。

接线完成后，按进行标定，标定完成后无法变更频率。

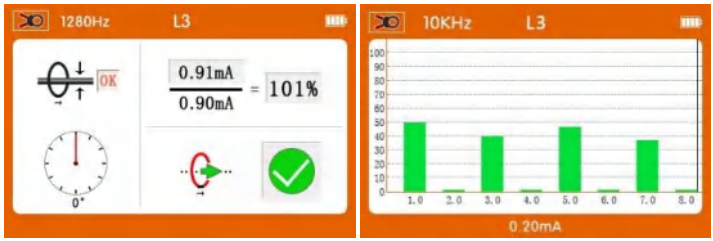


图 3 电缆识别界面图

1.3 仪表设置

按键进入设置界面，在此界面有 8 个选项栏，分别为**扫频测试、蓝牙设置、声音设置、背光设置、照明设置、自动关机、固件升级、关于**，按、键选中对应栏，按确认，进入对应功能界面或改变对应的设置。按键可返回到上一级界面。

图 4 接收机设置界面

移动光标至**扫频测试**栏，按键进入扫频测试，该界面下可显示当前位置不同频率的信号强度，旋转背部旋钮可改变增益强度，短按旋钮可使用自适应增益。

图 5 扫频测试界面

移动光标至**蓝牙设置**栏，按 键进行开启或关闭仪表蓝牙。

移动光标至**声音设置**栏，按 键进行开启或关闭仪表信号强度提示音。

移动光标至**背光设置**栏，按 键可设置高、中、低三种液晶亮度。

移动光标至**照明设置**栏，按键可控制接收机底部 LED 辅助照明灯的开关。

移动光标至**自动关机**栏，按键可选择自动关机的时间：30 分钟、60 分钟、120 分钟。选择“关”，则不开启自动关机功能。

移动光标至**固件升级**栏，按 键进入，根据相应操作可进行程序更新。

关于栏只显示版本信息。

2. 发射机基本操作

按键开机，开机后默认进入路径探测界面。

2.1 路径探测、电缆识别或故障定位的信号发射

按键操作：

MODE 键：切换当前模式（路径探测、电缆识别、故障定位）。

键：切换输出频率。

键：增加减少输出功率。

键：开始/停止测试。

键：进入系统设置界面。

触屏操作：

点击可切换当前模式（路径探测、电缆识别、故障定位、）。

点击可切换输出频率。

点击可加减功率。

系统设置按钮：点击进入系统设置界面。

开始输出按钮：点击后开始输出频率。

点击停止 停止输出按钮：点击后停止输出频率。

连接法选项：点击直连：强制切换到直连法模式；点击耦合：强制切换到耦合法模式；点击感应：强制切换到感应法模式。（未选择情况下仪器自动判断匹配的输出方式）

界面图：

图 6 路径探测信号发射界面图

2.2 仪表设置

按键操作：

键：移动选项光标。

键：加减被选中的参数。

键：按下被选中的按钮。

键：无效。

键：退出系统设置界面，并返回测试界面。

触屏操作：

键：点击退出系统设置。

亮度设置：点击或拖动滑片可调节亮度。

蓝牙/声音设置：点击开关键，分别开关蓝牙、声音。

云服务设置：点击开关键：开关 4G 功能。

选中密码数字后，按 < > 键加减被选中的数字。

点击一键生成密码按钮后，会生成随机的密码。

日期/时间：点击选中数字后，点击 < > 键加减被选中的数字。

仪器自动关机：点击选中数字后，点击 < > 键加减自动关机时间。

自动关机时间：有 15 分钟、30 分钟、60 分钟、120 分钟、永不，共 5 种选择。

固件升级：

1、U 盘固定路径有固件文档。

2、U 盘插到 USB 接口后，固件升级按钮会被点亮固件升级。

3、点击固件升级按钮后，会进行固件升级。（此时不能拔 U 盘，在升级过程中拔 U 盘，可能会导致升级失败，如果升级失败，则需要返厂维修）

五. 发射机的输出

发射机对管线发射信号的方法有三种：直连法、卡钳耦合法和感应法，本章介绍这些方法的一般操作，针对电缆探测，根据其特殊性将在第 3 节中专门介绍三种方法连接电缆的操作与注意事项。

注意	**有电，危险！必须由经培训并取得授权资格的人员操作，操作者必须严格遵守安全规则，否则有电击的危险，造成人身伤害或设备损坏。**
	在进行停电管线探测和电缆识别（使用直连输出）时，请确认目标电缆已经停电，两端的导体线芯已经与系统分开。
	在进行带电管线探测和电缆识别（使用卡钳耦合输出）时，不需对目标电缆做任何操作，管线两端护层必须保证良好接地。
	严禁在发射钳发射信号时，强行打开发射钳，以免造成机器损坏。应当在发射机关机后，再开合发射钳。

1. 直连法

开启发射机。根据应用要求，选择相应的频率、模式、功率。接入直连测试线，仪表会自动进入到直连输出模式。当切断和重新连接红色引线时，通过注意显示器上的输出或注意发射钳音调变化来检查连接是否良好。

影响接线质量的因素包括：

a） 管线连接点锈蚀：用钢丝刷清洁接线区域。

b） 接地不良：将地钉插入潮湿地面。用水将周围地面打湿。如果仍有问题，请尝试连接到检修孔盖板周围。避免连接到围墙护栏上，否则可能沿着围墙产生回波信号电流，干扰定位信号。

如果接收信号不够强，首先从较低输出信号开始，逐渐增加输出。如果将输出设置为较高水平，可能会导致部分信号“流出”到其他功能结构，从而导致电源消耗过大，造成能源浪费。

当连接到铁质材料上时，有时可能无法找到恰当的突出部位，无法夹持夹钳。这种情形下，请使用可选磁铁与线路接触，然后将红色夹子夹到磁铁上。一个很好的例子是连接到街道照明电路。通常的做法是将照明电缆的护套连接到路灯的金属检查盖上。当连接到检查板将通过板和护套为电缆供电。通常，盖板上没有能用于夹持的突出部位，因此在盖板上使用磁铁提供合适的夹持点。

1.1 界面介绍

旋转模式转盘旋钮至路径探测模式或电缆识别模式，进入路径探测或电缆识别信号发射界面。

在选择合适的频率、模式和功率后，短按 键或者点击 按钮输出。正常输出时， 符号闪烁提示，在此期间不可触碰连接线的裸露部分，以防触电。

图 7 路径探测模式直连法输出界面图

图 8 电缆识别模式直连法输出界面图

1.2 直连接线

直连法就是直接将发射机的输出线接到金属管线上，并将信号直接注入。直连法适用范围：自来水管道、燃气管道、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。

发射机发出的电流流经管线，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放射，接收机通过接收磁场进行管线探测。

相比于其他方法，直连法可以得到最大的发射电流，所以在条件允许的情况下，应尽量地采用直连法。

1.2.1 测量金属管道时的接线方式

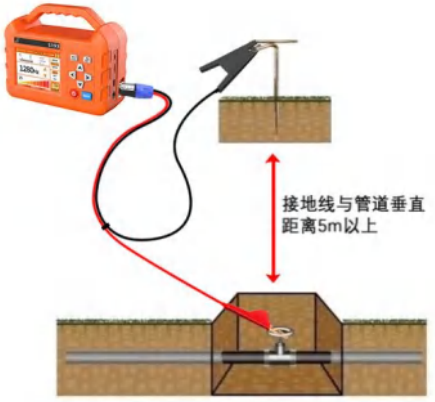


图 9 金属管道直连法接线图

如图，需要进行直连操作时，请将红黑测试线连接线插入发射机。将地钉插入地面，垂直于管线并保持 5 米距离以上。黑色测试夹线与地钉连接。用红色测试夹线连接到目标管道。

1.2.2 测量停运电缆时的接线方式

电缆路径探测和唯一性鉴别在金属管线探测的领域中占有重要地位，相比于金属管道的单一连续金属结构，电缆是由数根芯线和金属铠装构成，其结构和用途的差异会造成探测时的信号施加方式的差异，不同的接法也会产生不同的电磁场，探测效果也会有所区别，因此本章对电缆探测的信号发射方式进行单独描述。

1.2.2.1 芯线－大地接法（抗干扰能力强，推荐使用）

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，既可以充分发挥仪器的功能，也能最大程度地抗干扰，如下

图所示：

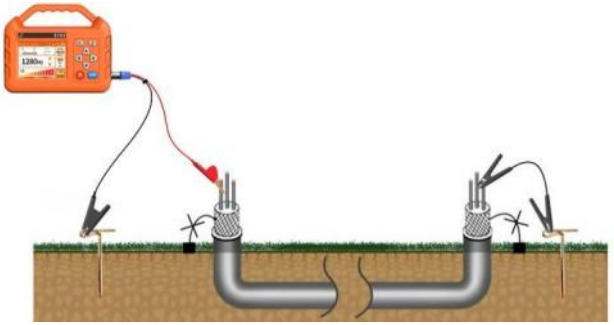


图 10 芯线-大地接法接线图

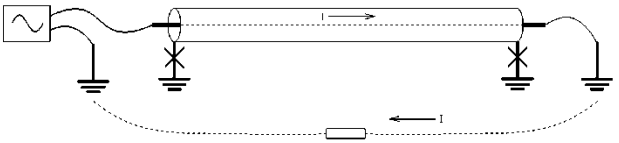


图 11 芯线-大地接法信号流向示意图

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端也应解开，将发射机的红色接线夹夹一条完好芯线，黑色接线夹夹在打入地下的接地针上。在电缆的对端，将对应芯线接打入地下的接地针接地。

注意：尽量使用接地针，而不要直接用接地网！至少在电缆的对端必须用接地针，接地针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。

电流会从发射机流经芯线，在电缆对端流入大地，流回近端后返回发射机。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电流方向判定功能；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。另外电缆接地，流经电缆的信号电压很低，难以对邻线产生电容耦合，从而减少

干扰。

由于芯线和大地之间存在电阻和分布电容，随距离的增加，电流会逐渐减小。但若接地良好，可以不予考虑。

芯线和大地相接的方法使用较繁琐，但目标电缆上的有效电流最大，且不易受邻近电缆干扰，若电缆绝缘好，发射电流就更不会流到交叉的其他金属管线上，所以在特别复杂的环境应优先采用本方法。

1.2.2.2 护层－大地接法（有潜在问题，不建议使用）

接线参考图：

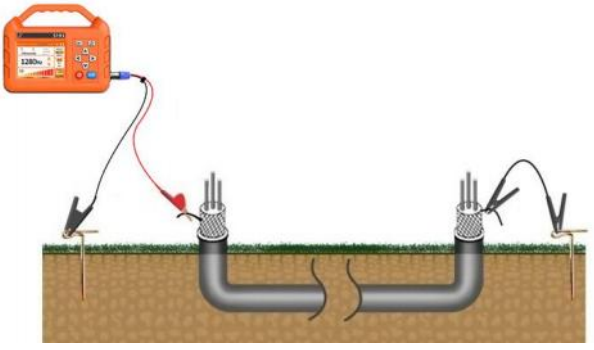


图 12 护层-大地接法接线图

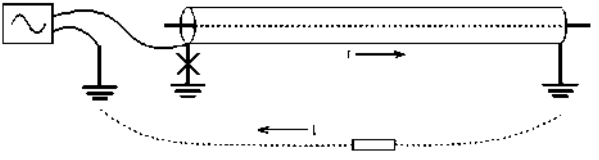


图 13 护层-大地接法信号流向示意图

如上图所示，把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一同解开，对端的电缆护层保持接地，信号加在护层和接地针之间（**不可使用接地网**），电缆相线保持悬空。电流会从发射机流经护层，在电缆对端进入大地，

流回近端后返回发射机。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。

潜在问题：若护层（铠装和铜屏蔽）外部的绝缘层有破损，部分电流将由破损点流入大地形成分流，造成破损点后的电流突然减小影响接收。

1.2.2.3 相线－护层接法（接线简单，但难以排除邻线干扰）

1、不用拆开电缆两端的接地铜辫子，护层接地。

2、近端发射机红色输出端连接红色测试线再接芯线的一端，发射机黑色输出端连接黑色测试线接到护层。

3、对端远处的芯线和护层短路。

接线参考图：

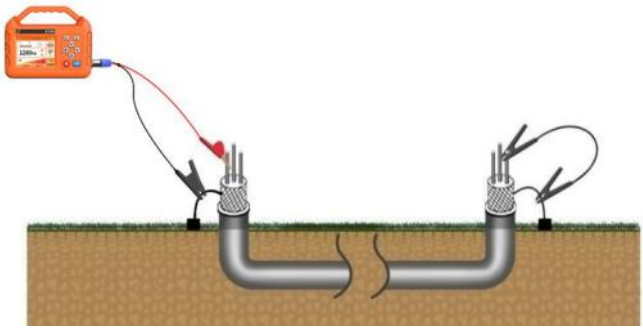


图 14 相线-护层接法接线图

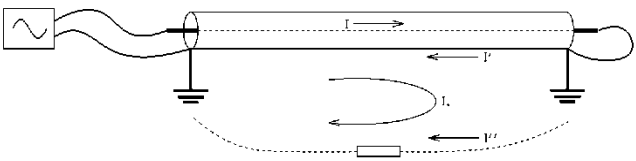


图 15 相线-护层接法信号流向示意图

如上图所示，发射信号施加在电缆一相和护层之间，对端相线和护层短路，

护层两端应保持接地。

如果是对单条电缆敷设，信号会从发射机流经芯线，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，再加上土壤电阻，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－护层回路与护层－大地回路存在互感，通过电磁感应也可以在护层－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）。根据现场实际情况的不同，有效电流可能会占总注入电流的百分之几到百分之十几。

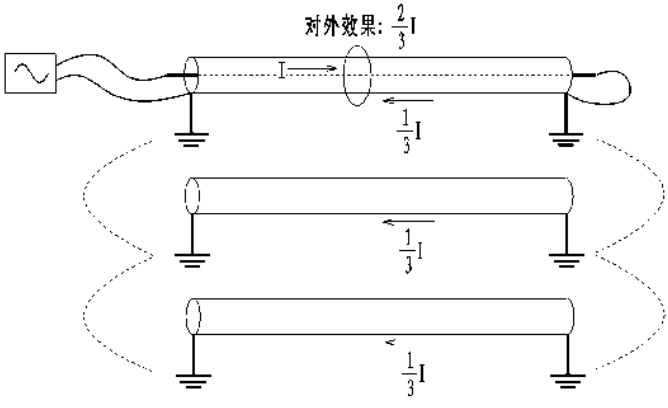


图 16 并行电缆的分流效果

如上图，若存在同路径敷设（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。

1.2.2.4 相间接法

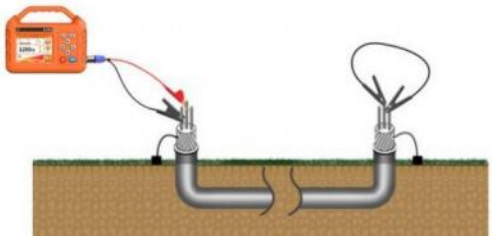


图 17 相间接法接线图

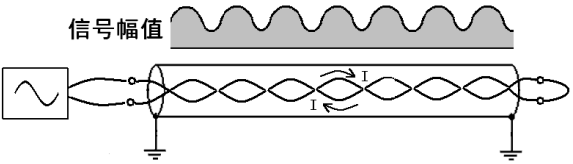


图 18 相间接法信号流向示意图

如上图所示，发射信号会施加在电缆两相之间，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。尽管两相线虽相距很近，但仍有一定间隔，故两相线和接收机线圈之间的距离会造成微小差异，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，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进一步将其削弱，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，对外放射的磁通会因方向连续变化 360°而相互抵消，所以不会在护层－大地回路产生感应电流。

由于有效信号很小，故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。

1.3 发射频率的选择

按上下按键切换不同的频率。不同的测试方法，可选择的输出频率不同。

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自主进行灵

活选择：

- 对于一般电缆的探测，除非采用相间接法，其他均推荐使用开机默认的3.20kHz 频率。其频率较低，传播距离长，且不易感应到其他管线上；再者接收机对3.20kHz 信号的接收效果要强于1024Hz、1280Hz，抗干扰能力较强，较容易分辨。
- 对于长距离电缆（长于 2~3km），若使用 3.20kHz 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。因此探测长距离电缆推荐使用1024Hz、1280Hz 发射信号，具有信号传播距离长、不容易感应到其他管线上的特点。
- 1280Hz 和 3.20kHz 为复合频率信号，接收机可以进行跟踪正误提示。
- 使用相间接法时，应优先采用高频（8.19kHz~82kHz）。
- 一般接地良好的电缆或管线，使用开机默认的 3.20kHz 就能完成大部分测试。
- 一般管线的跟踪可以使用中高频率（8.19kHz），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），可以选用较高频率（33kHz、82kHz 或），高频信号放射能力虽强，但传播距离较近，且容易感应到其他管线。

注意事项：

- 接地针位置的选择：为保证探测效果，接地针应与管线距离 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。
- 接地针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。可在打接地针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，

确保红色测试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有可能是绝缘的，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。

1.4 输出功率调节

点击屏幕指定位置或者按左右按键增大或减小输出功率。共分 10 档。

应根据实际需要调节输出水平：

- 较大的电流可以有助于稳定探测及准确测深。
- 在较高频率（8.19kHz 及以上）以及很浅的深度（1m 之内），较高输出电流可能会出现接收饱和失真的情况，造成接收机响应非线性及测深误差增大，此时应该适当降低输出水平。当接收饱和时，接收机会有 提示。
- 降低输出功率可以有效延长电池供电时间，但不应过多考虑。

2. 卡钳耦合法

- 卡钳耦合法适用于管线外露，但不能（或不允许）接触到其金属部分，而且管线两端都接地的情况（特别适用于电力电缆）。无需对被测电缆进行任何操作，直接将发射电流钳卡在电缆上测试。
- 卡钳耦合法发射信号的电路模型可等效为变压器：卡钳的磁芯可作为变压器磁芯，卡钳内部绕线为变压器的初级，管线－大地回路可等效为变压器的次级（单匝），由发射机提供初级电流，管线－大地间耦合产生次级电流。
- 卡钳耦合法发射信号的优点在于操作方便，无需与管线进行电气连接，但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，但有些管线却不能满足此要求。

- 电缆护层两端必须要良好接地，否则耦合电流随接地电阻的增大而减小。耦合电流的大小是与回路电阻（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。
- 如果两端护层没有接地或护层中间断开，则不可以使用卡钳耦合法。
- 发射钳卡入线缆时，钳上的箭头方向指向电缆的末端。
- 管线探测时，接收钳与发射钳尽量保持 2~5m 远。电缆识别时，接收钳与发射钳尽量保持 2m 远。

2.1 界面介绍

插入耦合卡钳，或者点击至耦合

。发射机工作在卡钳耦合模式。屏幕显示如下：

图 19 管线探测模式卡钳耦合输出界面

图 20 电缆识别模式卡钳耦合输出界面

2.2 卡钳耦合接线

将激励钳输入线接入发射机后，激励钳卡住管线的裸露部分，如下图所示：

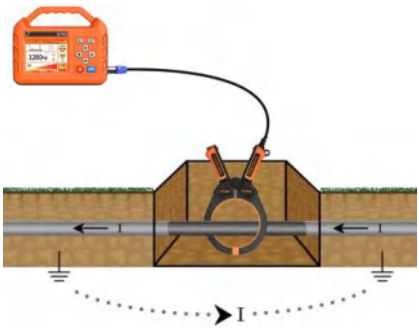


图 21 卡钳耦合法接线图

卡住电缆本体：

发射钳和接收钳之间不应有接地母排。

图 22 运行电缆卡钳耦合法 1（卡电缆本体）

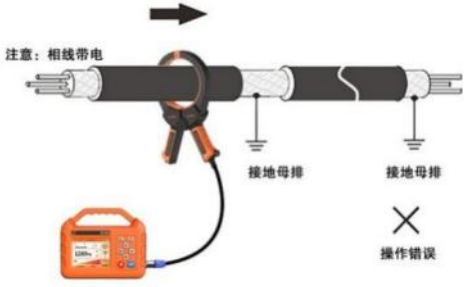


图 23 错误操作示范

如上图所示，本方法可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），则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。

但是，电缆通过卡钳耦合得到的电流较小，为加强探测效果，应该选择较大输出水平。

卡住电缆护套接地线：

图 24 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，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），若将卡钳卡住电缆本体，则很容易会造成卡钳的磁饱和，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，在进行探测跟踪时注意区分。

对于三芯统包电缆，如果受到现场条件限制，卡电缆本体比较困难，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。

注意事项：

- 管线两端必须接地，才能感应出信号。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，或管件和管道之间也可能是绝缘的，如果绝缘则需设法将其电气连接，否则将不能使用卡钳耦合法。
- 是否能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，需要确保卡钳的钳口完全闭合，并确保钳口无异物、不生锈。

2.3 频率选择

点击屏幕指定位置或者按上下按键切换不同的频率。

卡钳耦合法的频率选择方法与直连法相同。

2.4 输出功率调节

点击屏幕指定位置或者按左右按键增大或减小输出功率。

使用卡钳耦合到管线上的电流远小于直连法，应尽量地使用最大输出水平。

卡钳耦合法无法显示耦合到管线上的电压和电流。

3．感应法

当管线无外露点，需要使用感应法；在地面开挖前，需要探查地下有无管线时也主要使用感应法。

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

感应法的优点在于操作使用方便，不需要接线，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。其缺点是管线感应电流小于直连法和卡钳法，尤其当管线深度较大时效果较差，适用于深度小于 2m 的管线；同时，对一定范围内的所有管线均能感应出信号，但识别特定管线会造成困难。

3.1 界面介绍

发射机工作在感应模式，屏幕显示如下：

图 25 感应法输出界面显示

3.2 发射机的放置

使用感应法时，发射机无须连接任何附件。

用于管线探测时：在预计管线的上方，将发射机水平放于地面，并且发射机的盖板开合方向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：

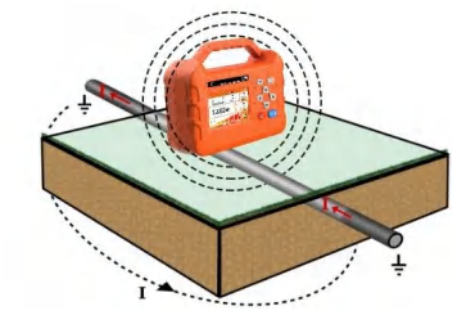


图 26 感应法

用于管线区域探查时：在对需要探查的区域，需要两人进行操作，发射机和接收机间隔一定距离后同步移动，并保持发射机和接收机的方向一致（详见 P48：放射探查）。

注意事项：

- 管线两端必须接地,才能感应出信号。接地可以连续接地(如不绝缘的管道),也可以两端接地（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将无法使用感应法，例如：有些低压电缆没有金属铠装，或铠装不接地，也无法使用感应法或获得的效果较差。
- 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，而不能有效地施加到下面的管线上。
- 发射机除了向管线放射信号，还不可避免的向周围空间放射，这会给接收造成干扰，因此使用感应法时，接收机和发射机必须相隔一定距离（收发距)。

3.3 频率选择

点击屏幕指定位置或者按上下按键切换不同的频率。

注意事项：

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

3.4 功率调节

点击屏幕指定位置或者按左右按键增大或减小输出功率，共分 10 档。

注意事项：

- 使用较低输出水平，能有效减少对其他管线的感应、缩短收发距。
- 探测较深管线，应适当提高输出水平。
- 发射机因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。

4. 零线 / 地线 / 护层注入法

对运行中的低压电缆进行探测可以采用这种方法，由于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，故无法使用卡钳耦合法。

本方法无需对电缆作任何改动，且注入的是高频信号，不会对运行线路造成不良影响。

在用户端，需要将发射机的红色接线夹接零线、地线或护层，黑色接线夹接打入地下的接地针，如下图所示：

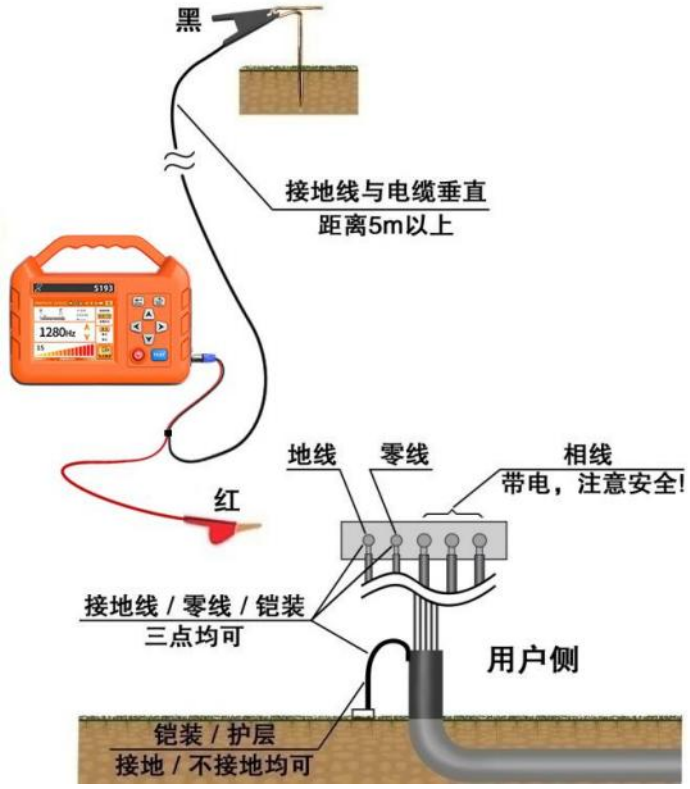


图 27 运行电缆零线 / 地线 / 护层注入法

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，将会在所有出线上均注入信号，造成无法区分目标电缆。
- 接地针位置的选择：为保证输出效果，应将接地针打在距离电缆 5m 之外，而且接地线应尽量与电缆方向垂直。
- 若零线在用户端不接地，则优先使用零线注入信号。
- 由于低压电缆的护层大多不连续，若护层注入信号太弱，或探测过程中在电缆路径某处信号中断，则可换用零线／地线进行注入。
- 因为所有出线的零线／地线或护层在变电室并联，所以其他电缆出线上会出现部分电流被分流的情况，虽然也能探测到信号，但强度偏弱，实际测试中应注意区分。
- 在进行探测高压运行电缆时，若使用卡钳耦合法接收不到信号或信号偏弱，则说明电缆两端护层接地电阻过大，这时，可以通过护层注入。
- 在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。

六. 接收机的探测

1. 管线探测

选择合适的信号发射方法

根据第五章的发射机的输出说明，选择最合适的方法，使用发射机对目标管线施加信号。

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，将自动识别为内置线圈感应法。

避免干扰

靠近发射机时，又确保不会受其干扰的位置开始探测：

- 使用卡钳法或感应法时，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才能确定，但卡钳法 5m 之外，感应法 20m 之外可认为无干扰影响。

1.1 设定接收频率

开机默认 3.20kHz，按 键切换频率。发射和接收的频率必须一致。

以下频率/频段可供选择：

导线巡航模式界面和经典定位界面共有 14 种频率可供选择：50 Hz、250 Hz 、577Hz、640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz、4.09kHz、8.19kHz、10kHz、33kHz、66kHz、82kHz，201kHz。

信号曲线界面共有 16 种频率可供选择：50 Hz、250 Hz 、射频 33kHz 频段、射频 82kHz 频段、577Hz、640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz、4.09kHz、8.19kHz、10kHz、33kHz、66kHz、82kHz、201kHz。

1.2 增益调整

按压接收机背后增益旋钮，来进行增益自动调节，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，屏幕右下角会显示增益分贝值。

1.3 选择测量模式

按模式键，可以选择宽峰、窄峰、音谷共三种响应模式。

- 宽峰模式：

管线正上方的信号最强。优点是响应灵敏度高，响应范围大；缺点是响应曲线变化缓慢，不利于并行管线的区分。

- 窄峰模式：

与宽峰法类似，优点是响应曲线更陡，利于并行管线的区分；缺点是灵敏度降低。

- 音谷模式：

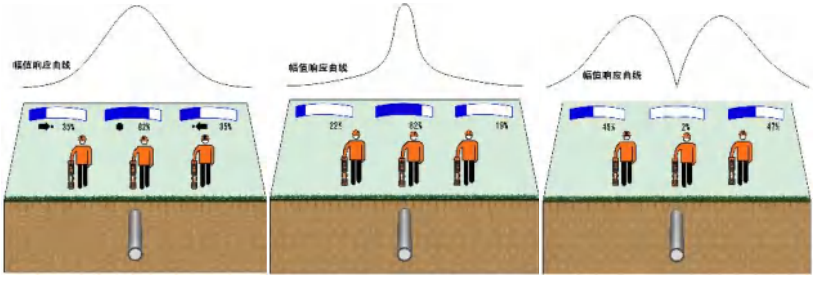
管线正上方信号最弱，两侧信号变化迅速。优点是利于对目标管线的精确定位；缺点是易受干扰，强干扰下可能会出现错误响应。

通过选择不同的测量模式，用户可观察信号的幅值变化来进行管线探测。

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探测。左右摆动接收机，信号幅值将会在两侧位置减小，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。

使用音谷模式时，能够提高跟踪速度，在管线正上方信号最弱，两侧信号迅速增强。但是音谷模式易受干扰，因此应每隔一段时间改为峰值模式，以验证管线的正确位置。

不同模式下的响应如下图所示：



a. 宽峰　　b . 窄峰　　c. 音谷

图 28 不同模式下的信号响应

1.4 关于导线巡航模式界面的介绍

当接收机接近管线上方时，屏幕中央的蓝色的模拟管线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。

观察信号幅度，利用不同的测量模式，判断线缆在下方的位置，详情请看 1.3 节说明。推荐信号幅度值显示在 60 左右。

观察管线位置箭头方向，如果位置箭头向右，则表示电缆在右边，应该向右移动，反之向左移动。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。

观察信号方向箭头，可进行电流方向判定，详情请看 1.6 节说明。只有 640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz 才会显示电流方向。

注意：若信号微弱，或干扰强时，原点并不总是出现，以箭头发生方向变化为准。

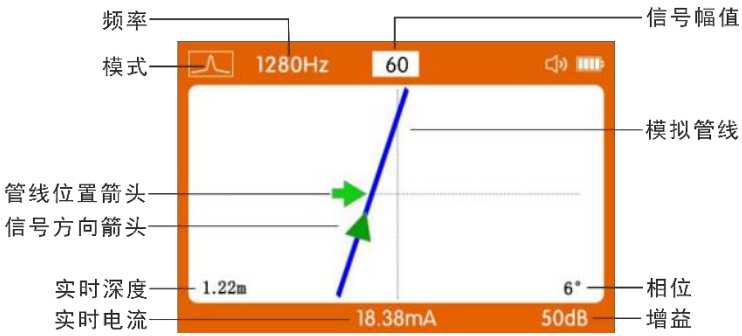


图 29 导线巡航模式界面

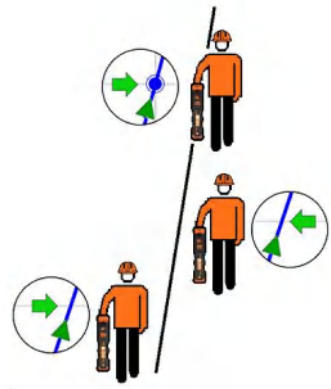


图 30 导线巡航模式功能演示

注意事项：

- 无论面向管线末端或者面向发射机，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，也会有模拟管线指示，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，模拟管线指示会出现偏差，如果需要精确定位，请参照第三小节：精确定位。

1.5 关于经典定位界面的介绍

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走向，而且中央的箭头指向电缆中信号方向；

观察信号幅度和幅度条，利用不同的测量模式，判断线缆在下方的位置，详情请看 1.3 节说明。推荐信号幅度值显示在 60 左右，幅度条显示在中间位置。

观察管线位置箭头方向，若箭头向右，则表示电缆在右边，应该向右移动，反之向左移动。管线位置箭头的显示长度会和管线的偏移距离有关，离管线位置越近，位置箭头越长，反之，箭头长度越短。

观察信号方向箭头，可进行电流方向判定，详情请看 1.6 节说明。（仅在选择的频率信号具有方向特性时可进行标定）

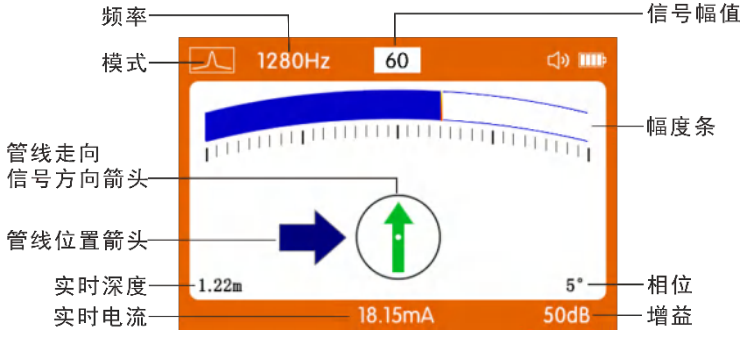


图 31 经典定位界面（1）

下图为频率信号不具备方向特性时的显示界面。

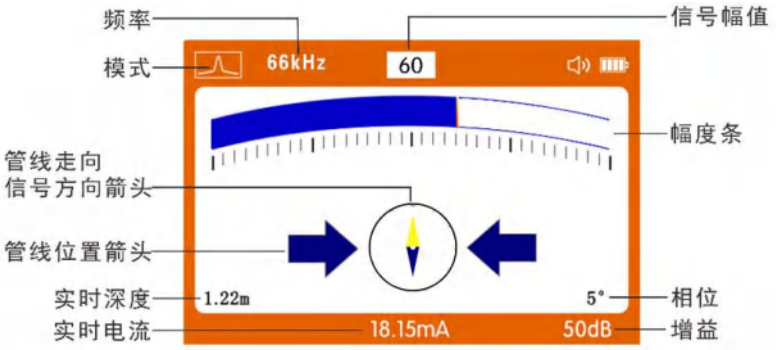


图 32 经典定位界面（2）

1.6 电流方向判定

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，可能是因为目标管线变深，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，导致无法进行分辨。另外有些原因也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。

该功能只能在导线巡航模式模式和经典定位模式下使用。

使用电流方向判定功能，必须工作在 640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz 频率，其他频率不显示管线信号方向箭头。

使用该功能时，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，长按键，屏幕右上角闪烁提示：，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，若再次按键，确认标定，当前相位归零：管线信号方向变为绿色箭头，并指向正上方，相位值显示 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进行重新标定。

在跟踪管线的过程中，观察管线信号方向箭头，如果绿色箭头指向上方，说明在待测管线上方。若箭头指向下方，并且变成红色，说明跟踪到了邻近管线，如下图所示：

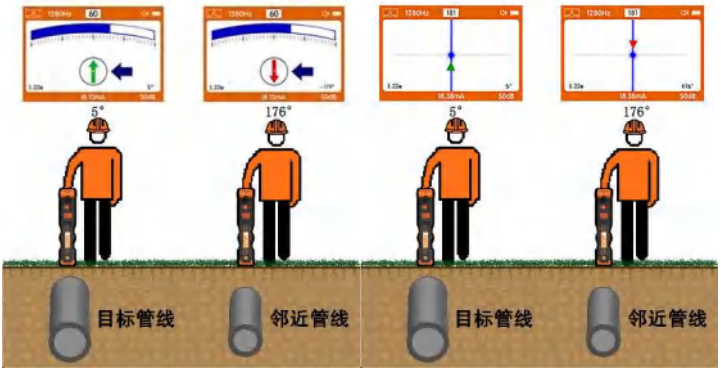


图 33 电流方向判定

邻近管线的信号幅值可能小，也可能大，而且也会有箭头指示。

如果是超长距离管线，由于分布电容的影响，相位值偏离会逐渐加大，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，相位值会重新显示 0°，信号方向箭头指向正上方，为绿色。

进行电流方向判定的过程如下图所示：

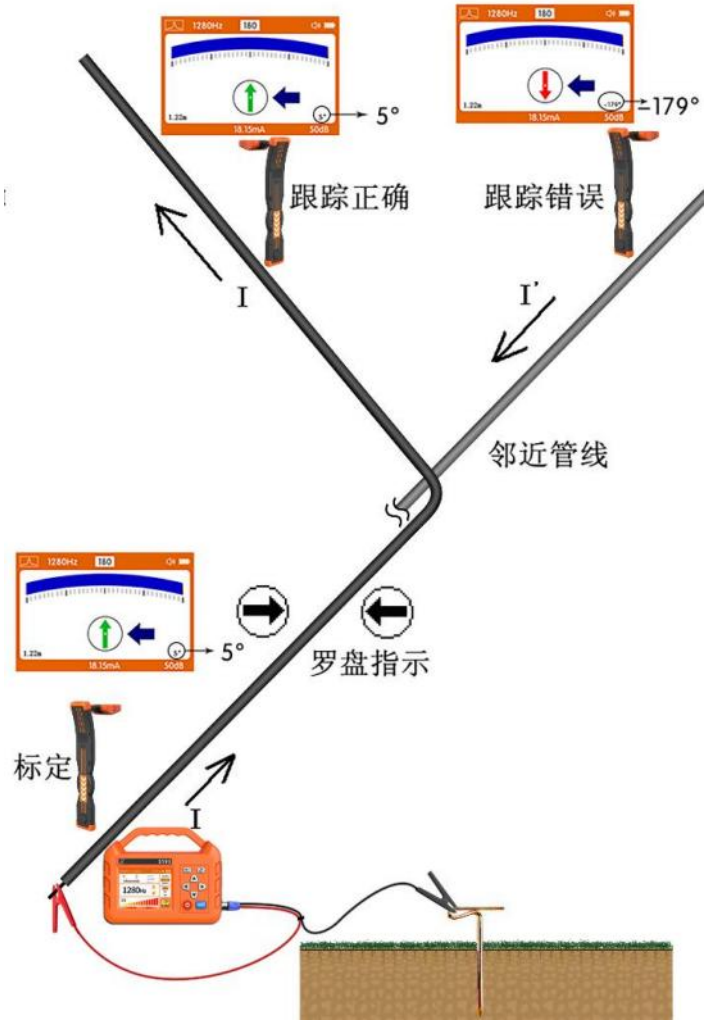


图 34 信号方向跟踪探测过程

1.7 关于信号强度界面的介绍

该界面显示信号幅值历史曲线，用于记录和分辨信号随时间的变化。

图 35 信号强度界面

1.8 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，对跟踪管线具有一定的帮助。

按键进入设置界面，按键移动光标选中**声音设置栏**，按键进行开启或关闭信号强度提示音。

2. 区域探测

为避免损坏管线，在地面开挖之前探明有无未知管线是非常重要的。在此，需要使用区域探查法排查未知管线。区域探查方式分无源法和感应法。

2.1 无源探查

无源法探查为被动探测，无需使用发射机，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，切换到信号强度界面，观察历史曲线，在管线上方将有峰值响应，在地面上做好标记，如下图所示。

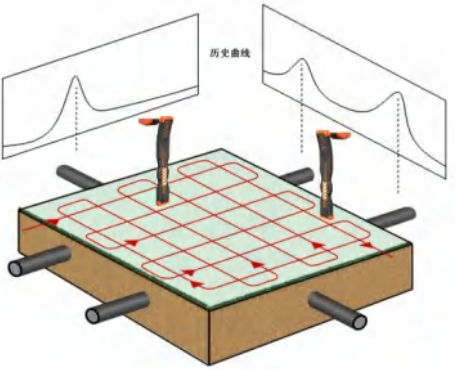


图 36 无源法区域探查

工频法：工频法接收管线放射的工频和五次谐波信号，对于探查运行电缆特别适用。部分（不是全部）其他管线因存在工频感应电流也能被探测，所以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。

注意事项：

- 工频接收时，不能实时测深。
- 在被动探测过程中，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，但弱信号管线却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出现饱和失真，但通过观察已经做好的标记可以排除其干扰。
- 工频探测，不能确保探测到所有管线。

2.2 放射探查

使用感应法探查需要发射机使用感应方式发射信号进行配合，并且还需要两名操作员。在探查之前，先确定要搜索的区域和管线通过该区域可能的方向，发射机处于感应法模式下，并设定发射机和接收机的频率使之一致。一人操作发射机，另外一人操作接收机，发射机和接收机均垂直于管线。两人间隔 20m 左右，

同时沿着垂直于管线的方向平行移动，当发射机经过管线时，信号会被感应到管线上，接收机将接收到信号。观察接收机响应情况，若在管线上方将有峰值响应，则需要在地面上作好标记，如下图所示：

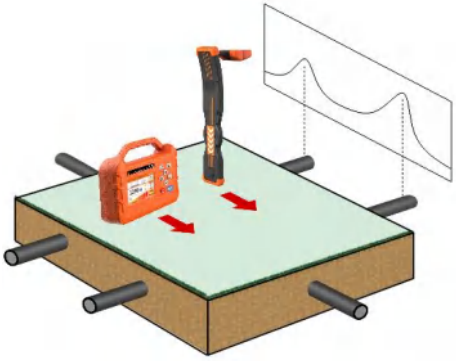


图 37 感应法区域探查

在一个方向探查完之后，交换发射机和接收机的位置，再反向探查一遍。

在所有可能的方向均需要进行探查。

所有管线的位置都做好标记后，将发射机依次放置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。

感应法探查是区域管线探查最可靠的方式，但由于感应法本身的限制（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。

2.3 综合探查

由于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，以尽量地减小施工损坏管线的可能性。

3．精确定位

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

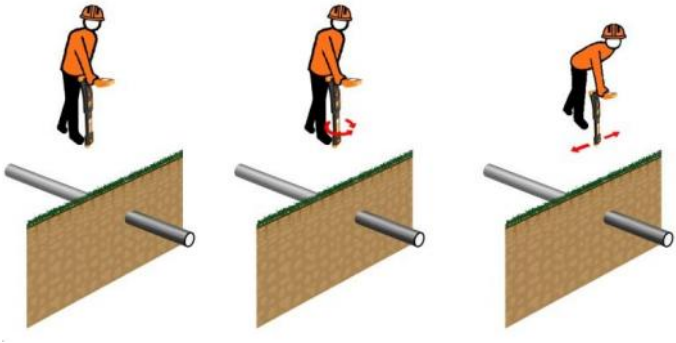
找到目标管线的大致位置后，可使用宽峰或窄峰法，并调整合适的增益：

a. 需要保持接收机与预计的管线方向垂直，找到响应最大的点。

b. 不要随意移动接收机，将其放置在原地转动，找到响应最大的角度。

c. 需要保持角度，左右移动接收机，找到响应最大的点，作好标记。

可重复上述步骤，以提高定位精度。操作过程如下图所示：



a　　b　　c

图 38 精确定位

改用音谷法时，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，则定位准确。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。

如下图所示，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。

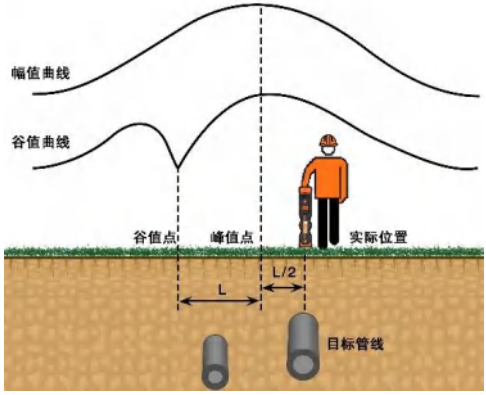


图 39 定位修正

4. 深度测量

4.1 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时，显示如下：

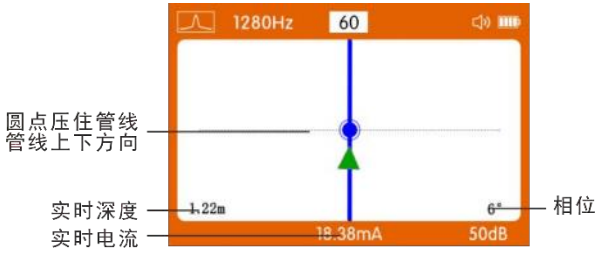


图 40 实时深度和电流测量

1. 屏幕中央显示圆点，且圆点压住管线，表示接收机基本位于管线正上方。
2. 界面中管线基本处于上下方向(如图蓝色线竖直于界面，线中信号指向前方)，表示探测方向和管线走向基本吻合。

3. 相位不是进行实时深度测量的先决条件，但在 640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz 频率下，相位在±30°内表示跟踪正确，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。
4. 深度单位为 m（米）。

注意事项：

- 扬声器的输出会对实时测深量造成影响，一般情况下，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 再测量一次，两次深度数据之差如在 0.5m 左右，则结果可信。
- 使用无源被动探测时，不能进行实时深度和电流测量。
- 如果使用感应法发射信号，测量误差将比直连法或卡钳法大。如果必须使用感应法，那么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）附近去进行测量，应该保证接收机距离转弯或三通处 5m 以上。
- 测量得到的深度为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会更加明显。
- 并排管线的干扰会使测深误差增大，严重时数据将不可信。可使用精确定位的方法来判断能否使用自动测量：若峰值点和谷值点重合，则测深数据可信；若不重合，则存在邻线干扰，且峰谷距离越大，测深误差越大。
- 根据电流值有助于识别目标管线。在某些情况下，并排管线电流小但深度浅，造成邻线信号反而会比目标管线信号大，易造成错误跟踪的结果。需要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而变化的规律，可以帮助分析管线状况。发射机给

目标管线施加信号，但随距离的增加，电流强度会逐渐变小（逐渐泄漏返回发射机），而衰减程度与管线类型及土质有关。若电流的衰减速度保持稳定，而没有发生突然的下降，则说明管线正常。若发生电流突降的情况，一种情况是因为管线在此处有三通（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。

- 电流测量是在其正确的深度测量基础上进行的，若深度数据不可信，那么电流值亦是不可信的。
- 特别注意：在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，实时测深虽然非常方便，在一些发射信号较强、干扰较小、管线不太复杂的场合，其精度也基本能满足要求，但其结果也只能作为一种参考。需要更加可靠的深度测量应采用音谷 45°法或宽峰 80%法手动测量深度。

4.2 音谷 45°法手动深度测量

使用音谷法时，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。

在一般情况下，深度 Depth 等于 AB，也等于 AC。邻近管线有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 的一半将会更加精确。

注意，在将接收机倾斜时，需要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，接收机才是正确的倾斜了 45°。

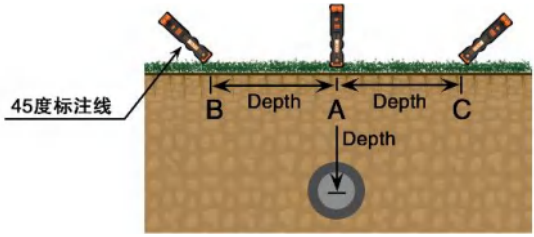


图 41 音谷 45° 法测深

4.3 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）时，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，那么两点之间的距离将等于管线深度，如下图所示：

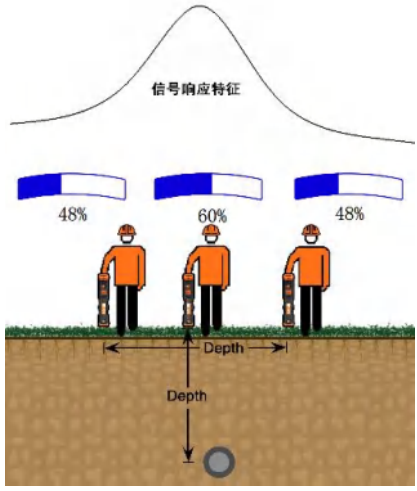


图 42 宽峰 80%法测深

5. 电缆识别（选配）

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，因此这是一项要求很严格的工作。需要使用到柔性卡钳。

5.1 信号发射方法的选择

- 发射机具有多个频率可选，其中 3.20kHz 频率可以满足大部分测试要求。
- 对于非运行电缆可使用直连法，且优先采用芯线－大地接法；若不方便接线，则可使用相线－护层接法，但不建议采用护层－大地接法。
- 对于运行电缆优先使用卡钳耦合法，如不能使用，则需要谨慎采用零线／地线／护层注入法。
- 不能使用感应法发射信号。

5.2 界面介绍

开机状态下，接收机自动识别连接的附件，进入电缆识别模式，界面如下：

图 43 电缆识别界面

接收机开机默认工作在 3.20kHz，将频率设定为和发射机一致；电缆识别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 。

5.3 标定

接收机可以预先标定 10 条电缆，或对同一条电缆标定 10 种信号。

对同一条电缆，可以选择不同频率进行多种数据标定，工作人员到远端后，通过电话方式告知近端的操作人员更改发射机的发射频率和发射功率，使之与预

先标定的各数据保持一致后，再通过接收机进行识别，这样操作人员不用来回跑动标定，提高效率。

带电电缆识别需要接收机首先在目标电缆的已知位置测量其电流大小和方向后，作为比较的基准，在未知点的测量结果与基准比较，作出识别正确或错误的判断。测量并记录检测电流及电流方向的过程即为标定。

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，应离开发射卡钳尽量 2m 远，将柔性电流钳卡住目标电缆。

发射卡钳方向上的箭头和柔性电流钳上的箭头都指向电缆末端时进行标定，这样接收的信号最大。每种信号标定好后不要改变仪器的输出频率和输出功率，否则必须重新标定。

在电缆识别界面，选择合适的频率，使检测电流显示不小于 0.3mA，标定状态框显示“”图标，显示稳定，即可进行标定操作：

初始标定：接收机开机没有进行过标定，默认进入预标定状态，识别结果框显示“”，表示询问是否进行标定；按下键进行标定。待标定状态框显示“OK”图标，识别结果框显示识别结果，表示标定成功。

注意：标定成功后，频率则不能通过按键改变。

重新标定：接收机已经进行过标定，则需要按键退出当前电缆识别界面。此时界面提示：“是否删除所有标定数据”，通过按、键选择“是”，然后按键，则之前标定的数据就会被删除，可以重新对线缆进行标定了。如果无需重新标定，则选择“否”。

多线缆标定：通过**初始标定**的操作完成第一条线缆（线缆编号为 L1）的标定后，使用喷漆或其他方法在该线缆上做上 L1 的记号（便于分辨）；然后将发射机的耦合发射钳和接收机的柔性接收钳卡住第二条线缆。按键选择第二个线缆

编号，如 L2。当选中第二个线缆编号时，该编号所对应的识别界面为未标定的状态，此时用户就可以按照**初始标定**的步骤对第二条线缆进行标定。同样标定后，使用喷漆或其他方法在该线缆上做上 L2 的记号。

如果要标定第三条电缆或更多电缆，则需要按照之前同样的步骤，将耦合发射钳和柔性接收钳卡住第三条电缆，操作接收机选择第三个线缆编号后，进行标定操作，做上记号，以此类推。

每个频率，每个线缆编号都有各自的标定操作。标定好后，在进行远端线缆识别时，必须通知近端操作人员，发射频率与标定的频率一致，不要随意改变发射机的发射频率及发射功率，否则必须回到线缆的近端重新进行标定。

在对另一条线缆进行识别标定时，通过**多线缆标定**的操作对新的识别电缆进行标定。或者使用同一个线缆编号，通过**重新标定**操作来对新的电缆进行标定。

对同一条电缆，可以组合不同频率、不同放大部数进行参数标定，对同一条电缆可以标定 10 种组合参数。例如 L1 编号标定频率为 1280Hz，发射机输出功率为 5 档；L2 编号标定频率为 1280Hz，发射机输出功率为 10 档；L3 编号标定频率为 640Hz，发射机输出功率为 5 档；此时的 L1、L2、L3 指的同一条电缆。本方法的好处是有些电缆可能太长或接地回路阻抗大，一种频率或增益无法识别，需要换另一种频率或增益才能识别，多种组合参数标定好后操作人员就不用来回跑。。

5.4 识别过程

A、确认发射机输出正常

以下操作以卡钳耦合法为例，直连法的识别操作与耦合法基本一致。

B、近端识别确认

电缆识别时：发射耦合钳卡在线缆近端，箭头方向指向线缆远端，柔性电流

钳要离发射钳尽量 2m 以上卡住线缆（采用直连法则不需要远离），防止接收干扰，柔性电流钳接口上的箭头指向电缆远端，调节频率使之与发射机上的发射频率一致，将发射机输出功率调至最大，待接收机检测到的电流为最大值，有“ ” 图标指示；可尝试切换频率和输出功率使之达到最佳的测量效果。按照上述的标定操作步骤进行标定；标定后，测量电流和标定电流的比值框显示 75%～135%，电流方向框显示绿色箭头指向右方，识别结果框显示“绿色打√图标”，并伴有“嘀-嘀”提示音。

注意：这一步可以确认采用什么输出功率和什么频率合适。

使用卡钳耦合到管线上的电流远小于直连法，应尽量使用最大增益。卡钳耦合法无法显示耦合到管线上的电压和电流。

C、远端识别

标定成功后，将发射机留在原地。离开标定点后，就不能更改标定，也不能改变发射机和接收机的发射频率以及发射机的输出功率。到达远端需要识别的位置，将柔性卡钳卡住电缆，逐一识别。

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，则其检测电流和标定电流相差不大，可测出电流方向，并符合以下判定标准：

- 检测电流不小于 0.3mA。
- 检测电流大于标定电流值的 75%，且小于 135%。
- 电流方向显示绿色箭头指向右方。
- 当频率档位为 4.09kHz 以上时参考 **5.6 柔性卡钳电流测量说明**。

满足上述条件，则说明是目标管线，识别结果显示为 “绿色打√图标”，接收机伴有“嘀-嘀”提示音。 若不符合以上判据，说明是邻近的其他管线，识

别结果显示为 “红色打×图标”或“黑色？图标”，没有提示音，为非目标电缆。

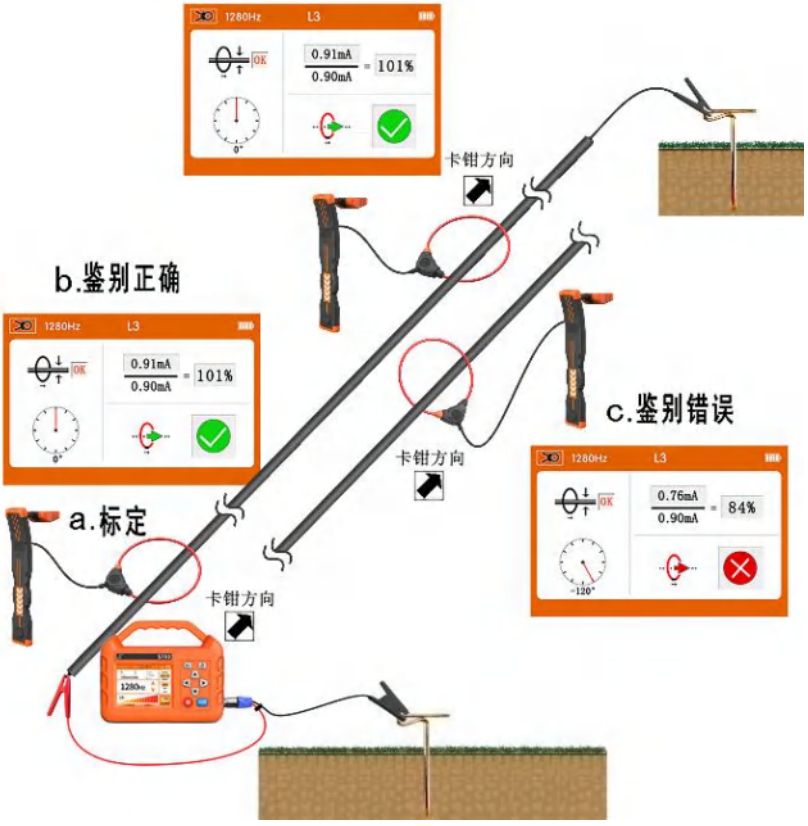


图 44 电缆识别示意图

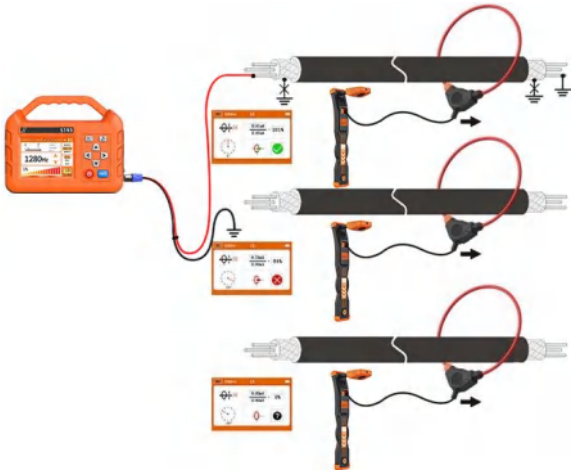


图 45 停电识别(直连法)接线检测

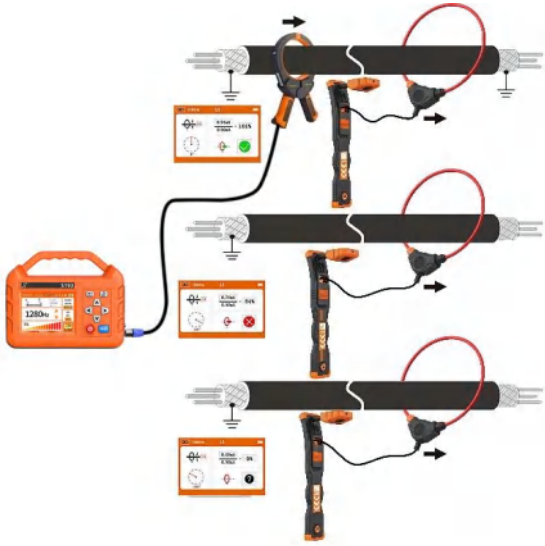
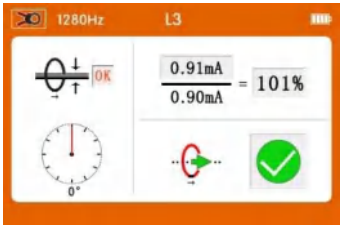


图 46 带电识别(耦合法)接线检测

图 47 易对柔性线圈产生干扰区域

注意：请勿将线缆靠近线圈接口处进行测量，以免造成误差。



卡在目标电缆上右侧显示

绿色打√图标

卡在非目标电缆上右侧显示

红色打×图标或黑色？图标

图 48 电缆识别结果界面

注意	**在远端识别时请将所有电缆都进行一次识别操作。无论是带电电缆识别还是停电电缆识别，识别结果都将是唯一，若出现了两个打勾的电缆，请参考下列注意事项分析检查错误。**

注意事项：

如果两条或几条电缆均显示“绿色打√图标”，或者全部显示“红色打×图标或黑色？图标”，且观察测量电流值相差不大，电流方向一致，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：

- 标定不正确或没有等检测电流信号稳定时进行标定。
- 电流卡钳方向倒置（与标定时的方向相反）。
- 识别中没有卡住目标电缆，而是只卡了几条邻线。
- 发射机频率和接收机的频率不一致。
- 标定时的增益与识别时的增益不一致。
- 检测电流小于 0.3mA。
- 目标电缆破损或已断开。
- 卡钳钳口有污物，擦干净后重新标定、识别。
- 标定好后，接收机的接收频率和发射机输出功率被改变了没有重新标定。
- 接收机上的线缆编号与发射机卡住的线缆记号不一致。
- 如还不能判断，请将目标电缆停电，使用停电电缆识别的方法进行识别！

5.5 多线缆识别

1、在线缆的近端通过按 键切换不同的标定编号，可标定 L1~L10 十条电缆；以下操作以卡钳耦合法为例，直连法的多线缆识别操作与耦合法一致。

2、将发射卡钳重新卡到第一条标记的线缆（做了 L1 记号的线缆），操作接收机按 键切换线缆编号，选择 L1 编号，来到线缆的远端需要识别的位置，按照上述 **5.4 节**的步骤和判定标准识别出 L1 编号所对应的线缆，在该线缆上做上相应记号。

3、通过手机联系近端的用户，要求其将发射卡钳卡在第二条标定的线缆上（做了 L2 记号的线缆），操作接收机选择 L2 编号，继续按照线缆识别步骤识别出 L2 编号所对应的线缆，并做上相应记号。以此类推，从而依次识别出多条线缆。

注："近端"指靠近发射机的一端，"远端"指的是工程师需要进行对应电缆识别的地方。

5.6 柔性卡钳电流测量

除 640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz 外的其他频率，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，但可通过电流值作出人工判断。

对于 8.19kHz 以上频率，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而逐渐减小。

卡钳电流测量法的信号注入方法以及注意事项与智能卡钳法基本相同。

应优先使用智能鉴别，而电流测量法只是作为辅助手段。

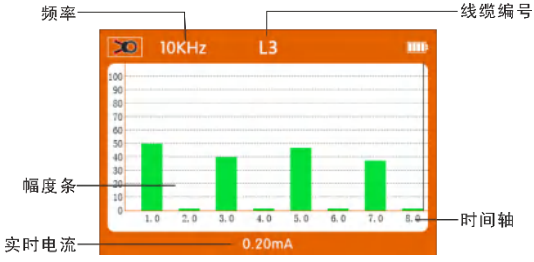


图 49　8.19kHz 以上的电缆识别界面

注意：10kHz 以上频率档的识别需要人工进行识别，识别的结果只能用作参考，却不能作为最终的识别结果。在进行该线缆更换或者其他作业时，还需要在线缆处于断电的情况下，使用本仪器的停电电缆识别功能对该线缆的测试结果进行再次验证。

5.7 听诊器鉴别

听诊器可用于电缆识别，也可用于管线探测。

当鉴别现场电缆的排列非常密集，卡钳无法卡住电缆时，可以使用听诊器法鉴别。

听诊器为外置探测线圈，操作与使用内置线圈相同。

将听诊器紧贴待测电缆，需要尽量远离邻近电缆，否则目标电缆上将会有较大的响应，而邻近电缆上的响应却很小。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、2.56kHz、3.20kHz 时，能够测量电流相位，可以使用电流方向判定功能，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，在对未知点鉴别时不要再调整增益，这样能够加快鉴别速度，提高准确率。

如下图所示：

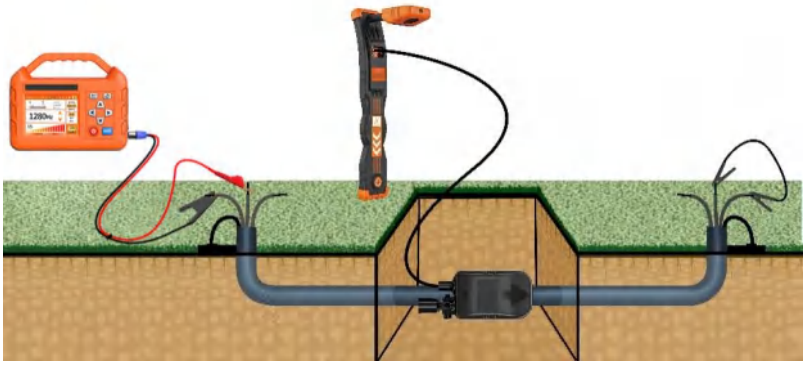


图 50 听诊器鉴别

使用听诊器鉴别时，若需最高程度的确认，则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。因为目标电缆的两相间通电，电流一去一回，且间隔一定距离，所以环绕时信号应有强弱变化，而非目标电缆却没有此特性，可以用此方法进行最后确认，如图所示。（此验证方法适用于相间接法）

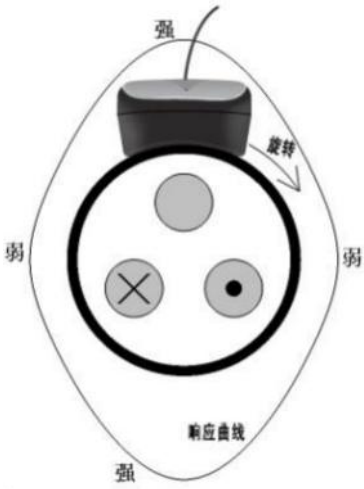


图 51 听诊器环绕测试

七. 测绘功能介绍（选配功能）

- 管线探测仪+手机+安卓 APP 实现精确定位测量。
- 用户使用手机，点击打开测绘 APP，完成注册和登录。
- 打开管线仪接收机的蓝牙开关，使用 APP 扫描设备，完成设备绑定。
- 完成上述步骤，手机和管线仪接收机可以实现蓝牙数据传输。实现测绘功能。
- 通过网络远程控制发射机的输出状态

1. APP 介绍

APP 测绘功能包含管线测量、任务管理、生成报告、地图总览、数据导入、数据导出、远程控制和设置共 9 大功能。内含在线地图。

图 52 APP 功能菜单界面

图 53 工程向导界面

a） 工程向导界面如图，在该界面下将导引用户添加新的工程，导引内容分为四项——设备、定位系统、任务、执行。

b） 设备：账号所绑定的设备。

c） 定位系统：选择合适的定位设备，利用全球卫星定位系统得出平面坐标 x、y 和高程 h，实现精确定位。

d） 任务：点击创建任务，在创建任务界面填写有发布人、负责人、计划工作时间、任务名称、检测单位等信息，选填已知的管道属性信息，包括管道类型、检测地段、检测日期等多个管道属性信息，需补充的管道信息可在下方自定义属性部分填写，确认无误后点击确定即可完成新任务的创建。

e） 执行：在执行部分检查当前测量设备、任务名称、定位系统无误后，即可点击开始检测，开始本次测绘任务。

2. 测绘功能

图 54 点位数据信息　　管线路径平面图　　管线路径立体图

a） 在测绘界面，探测仪接收机短按键，将测量数据通过蓝牙传输到 APP 上。此时软件会自动在地图上插入点位，并显示该点位数据的相关信息：深度、电流、频率、点距、高程、经纬度等。

b） 在 APP 上，有对该点位添加更多信息、插入点位、删除点位等管理操作，

点位管理功能完善。点击右侧工具栏图标，可对地图显示进行设置，可选是否显示点、本人坐标定位与路径起始点一键定位等，还可切换平面图与立体图，用户可根据自己所喜欢的地图显示模式进行切换。

c） 用户在查找管线路径的过程中，通过探测仪和手机的配合，每隔一段距离把测量数据和定位信息进行传输。该数据都会记录在手机 APP 上，并对数据进行相关处理。逐步绘制出所测地下管线的路径导向图。

d） 测量完成后，对管线路径数据进行保存，可生成测试报告。并可对数据进行管理，导出和上传。

3. 测试报告

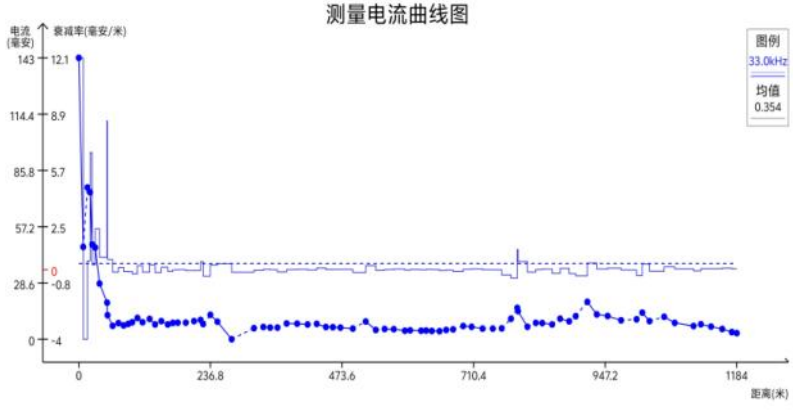


图 55 测量电流曲线图

a） APP 可对已完成的任务自动生成测试报告，仅需按照生成报告导引，配置所需的电流曲线图、深度分级图、点位图等即可。

b） 电流曲线图：APP 以距离作为横坐标，电流衰减率作为纵坐标进行曲线绘制，自动生成电流曲线图。

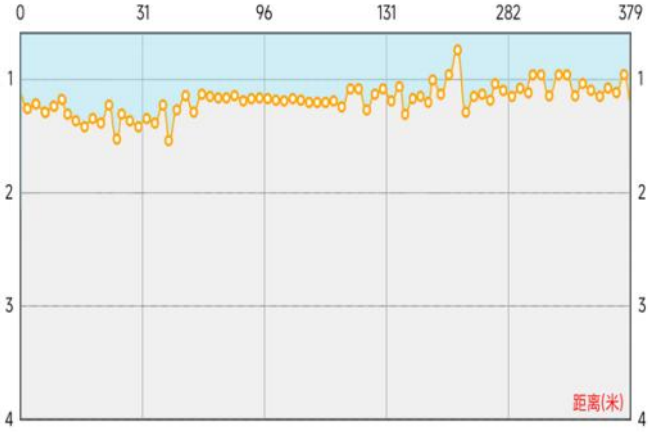


图 56 深度变化曲线图

c） 深度分级图：APP 将管道距离与深度关系绘制成条形图，以色块进行深度分级，能直观显示管道不同位置下的不同深度关系。

图 57 点位数据表格

d） 导出点位数据列表，点位数据以 Excel 表格呈现，数据清晰，便于对测量数据进行计算分析对比，并对数据整理备份。

图 58 生成测试报告

e） 点击生成报告即可一键生成 word 格式的测试报告，按照正规报告格式生成，包含封面、目录、页码等，任务信息与图示分章节显示。在报告预览界面可使用手机阅读器打开查看，或者直接分享导出。

4. 数据管理与交互

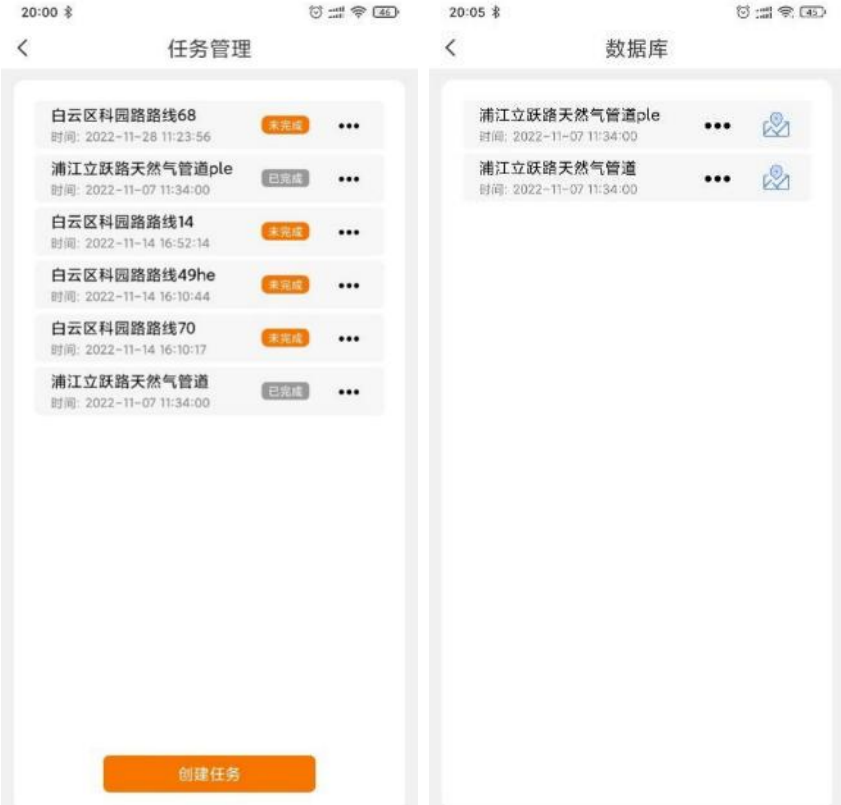


图 59 任务管理与数据管理

图 60 数据导入与数据导出

a） 任务管理：该界面下可创建新的任务，也可对已有的任务进行管理删除、查看已完成的任务信息，或是继续进行未完成的任务。

b） 数据管理：数据管理功能可查看、管理已有的数据信息，可将点位数据信息导出为 excel 表格，便于分析，也可直接查看点位信息对应的管线路径平面图。

c） 数据导入：数据导入功能便于管理不同账户间的任务数据，点击导入对应的 excel 文件，即可导入对应的任务数据目录，点击上传云服务器后，即可在

自己的账号任务列表下查看、管理该任务数据，包括对改任务进行数据管理、生成报告等操作。

d） 数据导出：将本账号的的任务数据进行导出为 excel 格式文件后，可转发给其他账号进行导入管理，实现便捷式的任务数据交互。

图 61 设备绑定码与远程控制

e） 绑定码：仪器与手机 APP 建立连接时，需要通过绑定码进行绑定。否则无法进行正常使用和通信。一个绑定码只能连接一台设备。

f） 远程控制：当发射机连接网络后，可以通过手机 APP 远程控制发射机的

输出和设置相应的参数。

八. 管线接地故障定位（选配功能）

管线接地故障定位功能需配合 A 字架使用，使用跨步电压法对故障点进行定位。

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）。

1. 基本操作

1.1 接收机故障查找界面及操作

接收机插上 A 字架后自动跳转到故障查找界面。

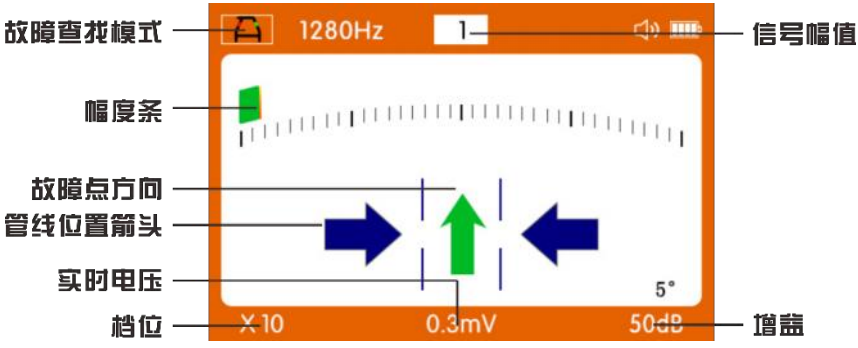


图 62 接收机故障查找界面

短按或切换频率。

故障查找界面下可切换频率： 640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz。

短按可切换档位，以增大或减小电压值，旋转背部旋钮改变增益强度，或短按旋钮使用自适应增益，使电压值和信号量便于观察。

1.2 发射机跨步电压法界面及操作

图 63 发射机故障查找界面

按 键或者点击屏幕指定位置到故障定位时，进入故障定位发射界面。

按 键或者点击屏幕指定位置切换不同的频率。

按 键或者点击屏幕指定位置增加或减少功率。

选择合适的频率、模式和功率后，按 键或者点击 按钮输出。正常输出时， 符号闪烁提示，在此期间不可触碰连接线，以防触电。

2. 发射机接线

发射机采用直连法接线。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棒连接，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。

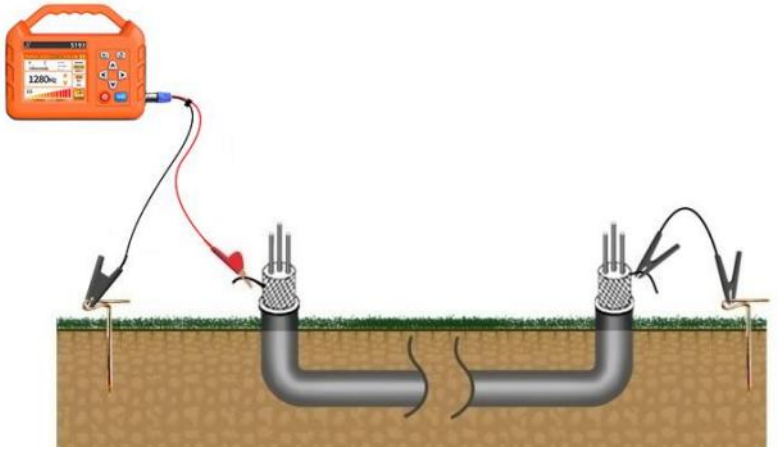


图 64 故障定位发射机接线

注意事项：

- 接地针位置的选择：应将接地针打在距离管道 5m 之外，而且黑色接地导线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。
- 接地针和目标管线之间尽量不要有其他管线，可在打接地针之前用无源探测的方法进行检查。
- 在变电站发射信号时，不方便使用接地针接地，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。
- 查障时使用混频信号 640Hz、1280Hz、2.56kHz、3.20kHz，将输出功率调至最高。

3．故障定位

探测原理是：发射机发射的定位信号流经线缆，从故障点流入大地，通过大地返回发射机的黑色钳夹，故障定位可以精确测量到定位信号离开导体进入大地

时的电压强度，故障定位信号从故障点传播出来，围绕故障点产生一个信号场，这个信号场就是可探测区，并且该信号场与接地针附近的信号场相等，它们具有相同的大小，而这个大小取决于土壤的情况和接地故障的严重程度。A 字架在信号场接收到定位信号后会得到一个信号值，同时该信号会指明故障点方向，且越靠近故障点信号量越大，直到故障点处于 A 字架两脚中间时信号量最小。

3.1 近端验证测试

在正式开始查找前，需要在接地针附近进行验证性测试，用于判断是否适合使用此方法进行故障定位。如果接收机在接地针附近能够探测到足够强的信号，有正确的方向响应，说明注入的信号足够强，满足查障需求；接地针附近信号最强，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。

1） **接地针信号场验证测试：**背靠接地针并离开一个 A 字架的距离，A 字架**箭头方向**指向故障端（管线末端），将 A 字架探针插入地下。适当调整增益，观察信号值和方向，如果方向稳定且信号值处在一个较大值，说明信号接收正常。正常信号的查障方向显示为向前：。如果信号值很小，查障方向可能在 和 之间反复跳变，说明注入信号太小而导致信号量不稳定。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。

2） **确定响应范围：**从管线近端的接地针附近开始，A 字架的**箭头方向**指向管线末端，逐渐远离发射机进行试测。若附近无其他接地故障点，则会随距离的增加，信号量会逐渐减小，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，此位置到接地针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针处的响应范围。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。在响应范围外时，则按照管线路径探测方向寻线，直到进入下一个故障点所在的响应范围。

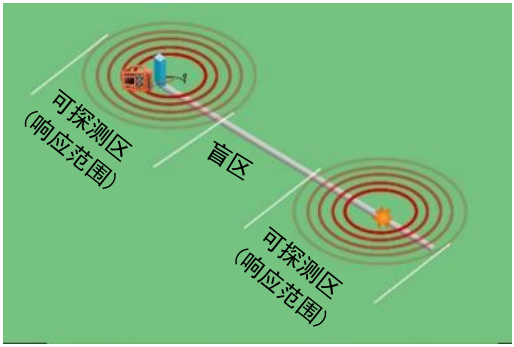


图 65 响应范围

注意：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。

3.2 查障定位

1） **远离接地针信号场：**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**箭头方向**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探测。开始时，由于距离接地针很近，信号强且稳定，箭头指向前方。随着与接地针的距离增加，信号量逐渐减小。

2） **向着故障点信号场靠近：**故障点较近时，即接地针的信号场与故障点的信号场具有重叠部分时，在信号量减小到一定程度后就会马上开始增大，此时表明进入了故障点的信号场内；若故障点较远，此时会进入探测盲区，即不在故障点信号场附近，使用 A 字架无法探测到信号，此时只需沿着管线继续向前，直至找到信号量开始增大，查障方向箭头重新变得稳定的地方，说明开始接近故障点，

箭头方向指向故障点。

3） **进入故障点信号场：**接近故障点后，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探测间距。

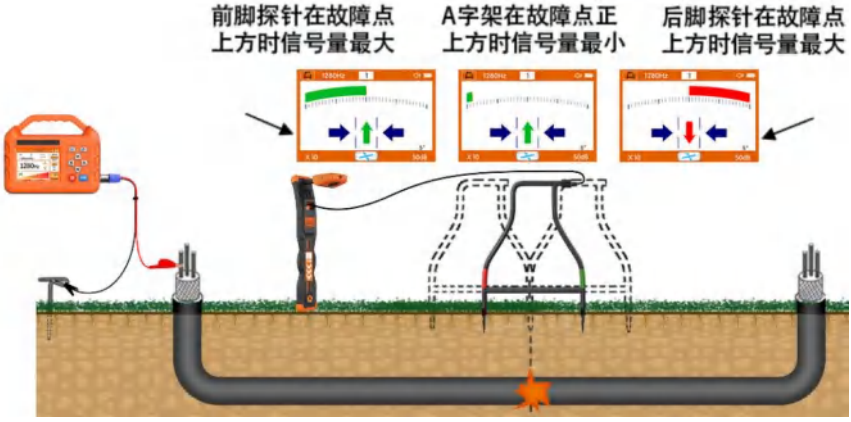


图 66 查障定点

4） **精准定位故障点：**最终，当故障点正好位于 A 字架两探针之间时，信号量会突然下降，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，此时我们已经大致确定前后方向上故障点的位置。接下来需确定左右方向上的位置，在暂定的故障点的位置上，将 A 字架旋转 90°，按照前后方向上位置的定位方式，再次确定左右方向上的故障点位置，两个方向位置相交的点即为故障点。

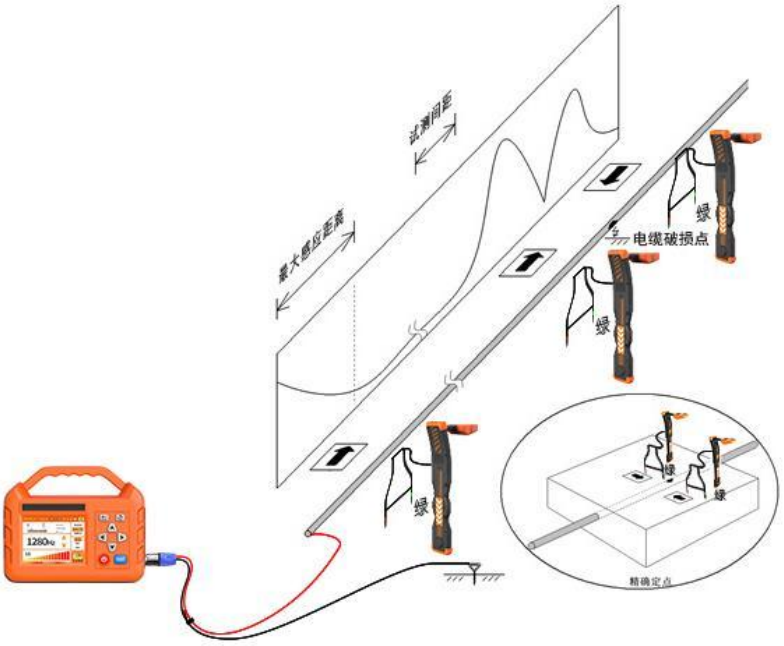


图 67 故障定位过程

5） **故障点验证：**将 A 字架的前脚插入刚刚所确定的故障点，以前脚为中心旋转 A 字架，每隔一段距离就将 A 字架后脚插入地中，此时接收机上箭头方向总是指向 A 字架前脚指向的方向，表明故障点就在 A 字架前脚下方。

A 字架查障过程见下图所示：

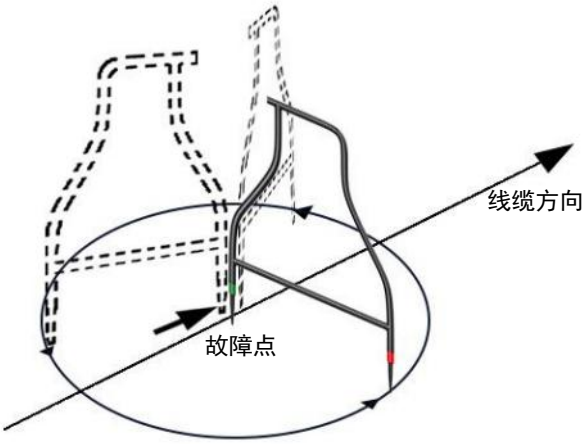


图 68 验证定位

3.3 注意事项

- 探测时，操作者保持面向管线末端，A 字架箭头指向前方（指向管线末端），接收机的方向也要保持一致（朝向末端）。
- 探测时，若周围信号干扰较大，可尝试更换其他频率信号进行查障。
- 探测过程中可根据信号量的大小调整增益，以便于观察信号量的变化。
- 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：查障时输出功率及输出电压较高，注意安全！

九. 其他功能介绍

1. 扫频测试

在测试过程中，不能打开发射机。接收机内部线圈对当前环境或线缆进行扫频操作，依次检测 50Hz、250Hz、640Hz、1280Hz、10kHz、33kHz、82kHz、201kHz 的信号幅值。

1.1 扫频测试界面介绍

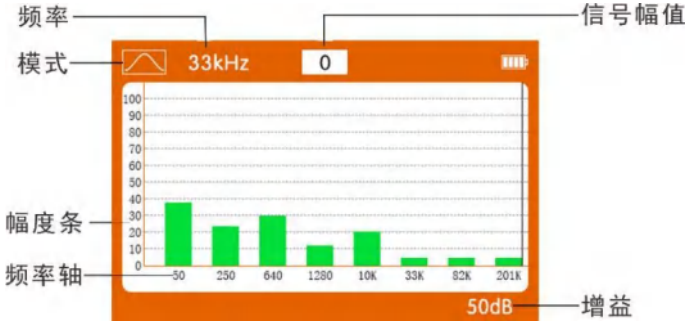


图 69 扫频测试界面

1.2 现场使用

根据查看到的每个频率对应的幅度条，确定环境带来的电磁干扰。幅度条越大，代表当前环境或线缆的同频干扰越大，所以尽量避免使用此频率做探测。应该选择使用幅度条最小的频率进行管道探测或电缆识别。

十. 电池管理

- **及时给电池充电，长时间不使用仪表每 3 个月给电池充电一次。**
- **警告！电池盖板没有盖好的情况下禁止进行测试，否则有危险。**
- **更换电池时，请注意电池极性，否则可能损坏仪表。**

1. 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。
2. 使用中，在屏幕右上方显示电池电量图标，满格代表满电量，全空变红表示电池欠压，电量用完，将会在几秒钟后自动关机。
3. 在需要充电时，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。
4. 充电器的指示灯红色表示正在充电，绿色表示充电完成。
5. 在关机状态下，发射机从欠压状态充满需要大约 5~6 小时；接收机需要大约 3~4 小时。
6. 随使用和维护条件的不同，电池组一般可以进行 300~500 个充放电循环。随充放电次数的增加，电池容量将会逐渐降低，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 锂电池组，请联系厂家购买更换。

十一. 装箱单

标配件

发射机	1 台
接收机	1 台
工具包	1 个
发射电流钳	1 把
直连测试线	1 条
接地针	2 根
双头鳄鱼夹测试线	1 条（黑色）
手机卡	1 张（发射机卡槽内）
8.4V 充电器	1 个（接收机用）
12.6V 充电器	1 个（发射机用）
7.4V 锂电池	1 组(接收机内)
11.1V 锂电池	1 组(发射机内)
说明书、保修卡、合格证	1 份

选配件

A 字架+连接线	1 套
接收柔性电流钳	1 把
听诊器	1 个

本公司不负责由于使用时引起的其他损失。

本用户手册的内容不能作为将产品用作特殊用途的理由。

本公司保留对用户手册内容修改的权利。若有修改，将不再另行通知。