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。

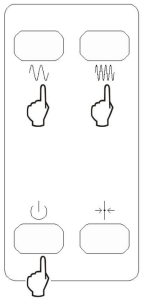
本产品没有可以自行维修的部分，请勿拆机！出现故障请及时与本公司联系。

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，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。

2、 若需更改，则如左下图所示，在接收机关机状态下，同时按住频率减小键 ∿ 和频率增大键 ∿∿ 不要松开，再按住开关键 ⏻ 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 1 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：



User Setup

Power Freq: 50Hz

3、 按标定键 ⊣⊢，可以将 Power Freq（工频频率）设置为 50Hz 或 60Hz。

4、 设置完成后，长按开关键 ⏻ 关机，设置完成。

5、 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。

目　录

第一章 概述.....3
一、概述.....3
二、功能特点.....3
三、技术指标.....3
四、 设备配置.....4
第二章 发射信号的一般方法.....5
一、直连法.....5
二、卡钳耦合法.....7
第三章 电缆识别的信号发射方法.....8
一、停运电缆的信号发射方法.....8
二、运行电缆的信号发射方法.....10
第四章 智能电缆识别.....10
一、信号发射方法的选择.....10
二、接收柔性卡钳连接.....10
三、界面介绍.....11
四、标定.....11
五、识别.....11
第五章 工频电流测量.....13
一、界面介绍.....13
二、位置误差.....13
第六章 维护和质保.....14
一、充电.....14
二、质保.....14

第一章 概述

一、概述

HM6000 带电智能电缆识别仪是一套高性能电缆识别仪，由信号发射机和接收机组成，用于多条电缆中准确识别目标电缆，同时适用于带电和不带电电缆，带电电缆只适用于三芯带铠电缆。识别准确率高，使用方便。

图 1-1-1 仪器外观

二、功能特点

- 适用于带电和不带电电缆，带电电缆只适用于三芯带铠电缆。
- 柔性卡钳接收、使用灵活方便。
- 50Hz/60Hz 电缆负载电流测量功能。
- 多种信号输出方式：直连输出、卡钳耦合。
- 发射机大功率输出，输出多档可调，自动阻抗匹配，全自动保护。
- 唯一性识别：明确给出识别结果。
- 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。
- 机壳坚固、质轻便携。
- 全数字化高精度采样及处理，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。

三、技术指标

- 发射机：
  1. 输出方式：直连输出、卡钳耦合。
  2. 输出频率：640Hz(复合频率)、1280Hz(复合频率)。
  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：柔性卡钳。
  2. 接收频率：
     主动探测频率：640Hz、1280Hz。
     工频被动探测频率：50Hz/60Hz(用户可配置)。
  3. 电缆识别：柔性卡钳智能识别。
  4. 工频测量：量程 AC 1-1000A，精度±3%。
  5. 人机界面：800x480 液晶显示器；液晶尺寸 121x76mm。
  6. 内置电池：2 节 18650 锂离子电池，标称 3.7V，6.8Ah。
- 其他：

1. 体积：发射机 280×220×90mm，接收机 220×125×55mm。
2. 质量：发射机 2.3kg，接收机 0.9kg。
3. 发射机充电器：输入 AC100-240V，50/60Hz，输出 DC8.4V/2A。
4. 接收机充电器：输入 AC100-240V，50/60Hz；输出 DC5V/2A。
5. 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

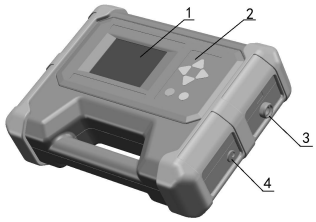


图 1-4-1 发射机整体

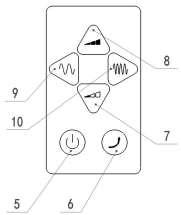


图 1-4-2 发射机键盘

1. LCD 显示器
2. 键盘
3. 输出插座
4. 充电插座
5. 开关键
6. 重新输出键

7/8. 输出功率减小/增大键

9/10. 频率减小/增大键

2、接收机

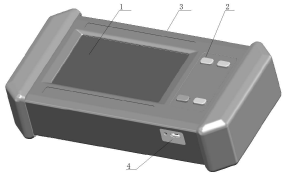


图 1-5-1 接收机整体

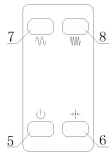
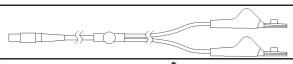
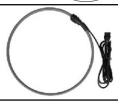


图 1-5-2 接收机键盘

1. LCD 显示器
2. 键盘
3. 输出插座
4. 充电插座
5. 开关键
6. 标定键
7. 频率减小键
8. 频率增大键

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，发射机接收机单独充电	2
5	发射机附件输出线缆	（红色 5 芯插头）	1
6	发射卡钳		1
7	接收柔性卡钳		1

第二章 发射信号的一般方法

发射机对电缆发射信号的方法有二种：直连和卡钳耦合，本章作为这些方法的一般介绍，对于电缆识别来说有其特殊性，在第三章中专门介绍。

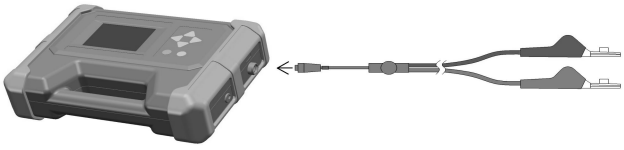
一、直连法

直连法是将发射机的输出线直接接到金属电缆上，并将信号直接注入。直连法适用于：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。

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

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

2、界面介绍及管线电压检测

长按开关键 ⏻，打开发射机电源。

在发射机未连接任何附件状态下，屏幕显示如下：

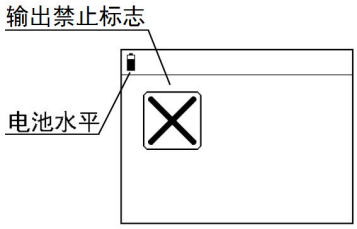


图 2-1-2 输出禁止界面

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：

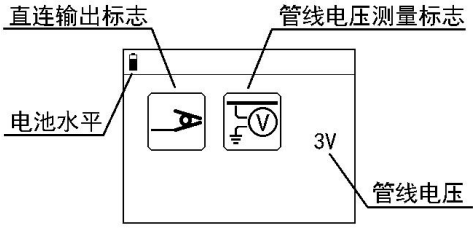


图 2-1-3 管线电压测量界面

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：

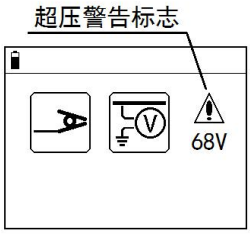


图 2-1-4 管线电压超压警告界面

若电压正常，则数秒后自动输出信号,屏幕显示如下：

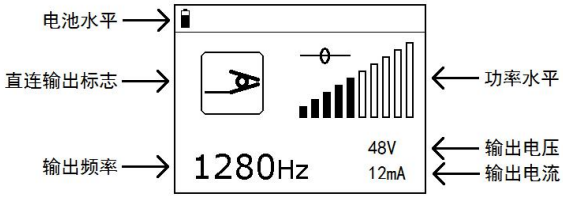


图 2-1-5 直连输出界面显示

3、频率选择

按频率减小键 和频率增大键 选择发射频率。共有两种频率可供选择：640Hz，1280Hz。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。
- 长距离管线的跟踪建议选择低频率（640Hz）。低频信号传播距离长，而且不容易感应到其他管线上。

4、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。
- 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。

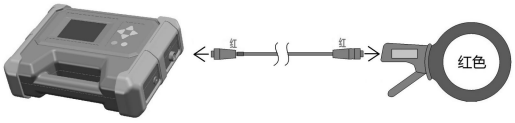


图 2-2-1 卡钳法附件连接

2、卡住管线

将卡钳卡住管线的裸露部分，如下图所示：

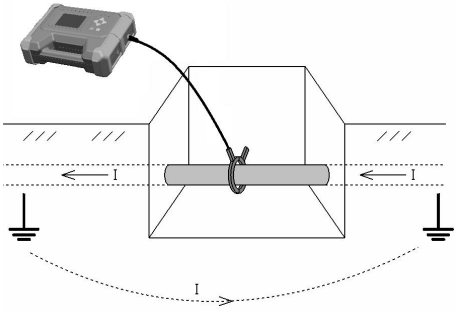


图 2-2-2 卡钳耦合法

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：

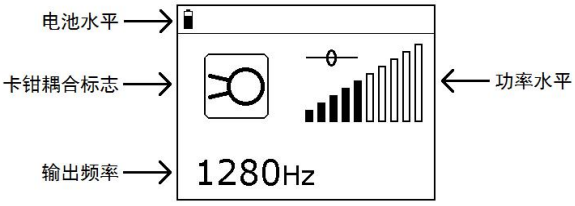


图 2-2-3 卡钳耦合输出界面显示

4、频率选择

按频率减小键 和频率增大键 选择发射频率。

共有两种频率可供选择：640Hz，1280Hz。开机默认 1280Hz。

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。

第三章 电缆识别的信号发射方法

电缆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识别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，识别效果也有所区别，因此本章对电缆识别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：

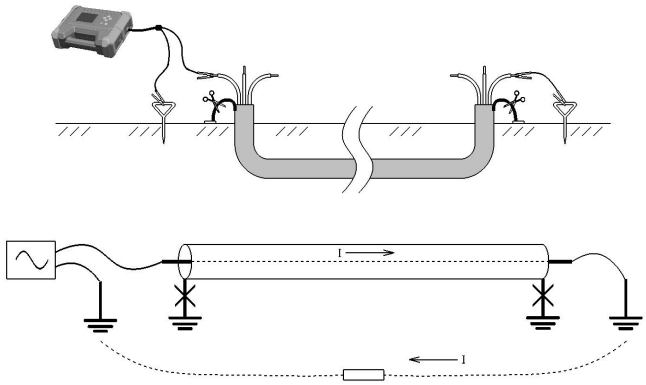


图 3-1-1 芯线 - 大地接线法

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。

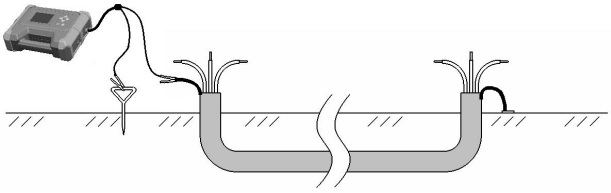
注意：尽量使用接地钎，而不要直接用接地网！至少在电缆的对端必须用接地钎，接地钎还需要离开接地网一段距离，否则会在其他电缆上造成地线回流，影响探测效果。

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；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电缆识别。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：



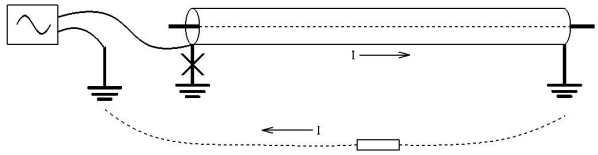


图 3-1-2 护层 - 大地接线法

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：

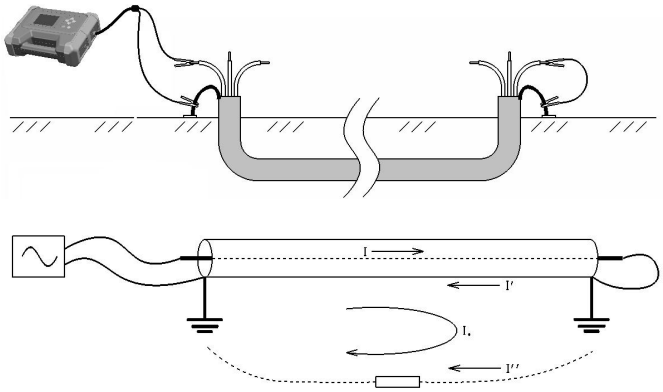


图 3-1-3 相线 - 护层接法

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

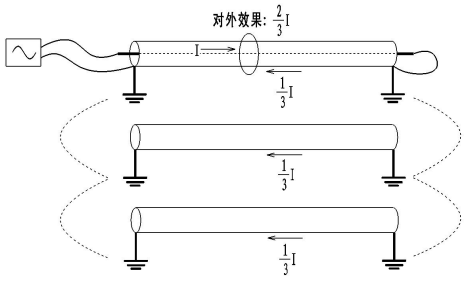


图 3-1-4 电缆的分流效果

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、发射频率的选择：

- 对于一般电缆的探测，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 均为复合频率信号，接收机能够进行相位判断。

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

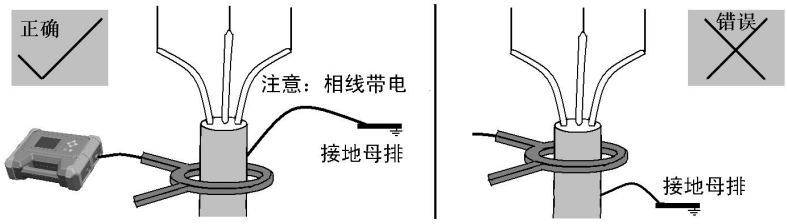


图 3-2-1 运行电缆卡钳耦合法 1（卡电缆本体）

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。

第四章 智能电缆识别

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。

柔性卡钳智能识别是一种结果最明确、抗干扰能力最强的识别方法。

一、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；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。

二、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。

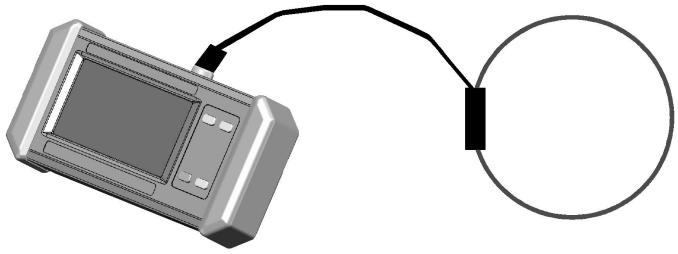


图 4-1-1　接收柔性卡钳连接

三、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：

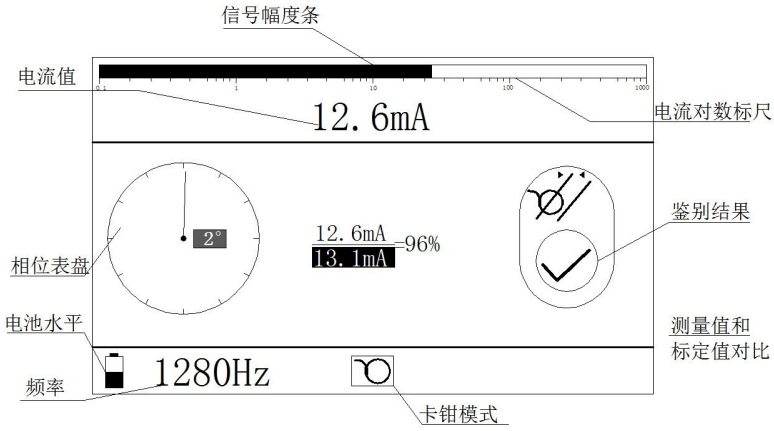


图 4-1-2　柔性卡钳识别界面

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 ✕。

四、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，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，屏幕右下角提示：?，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），识别结果显示为正确 ✓。

以后的识别测量均以此作为基准。标定完成后数据关机不丢失。

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。

五、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 ╳。

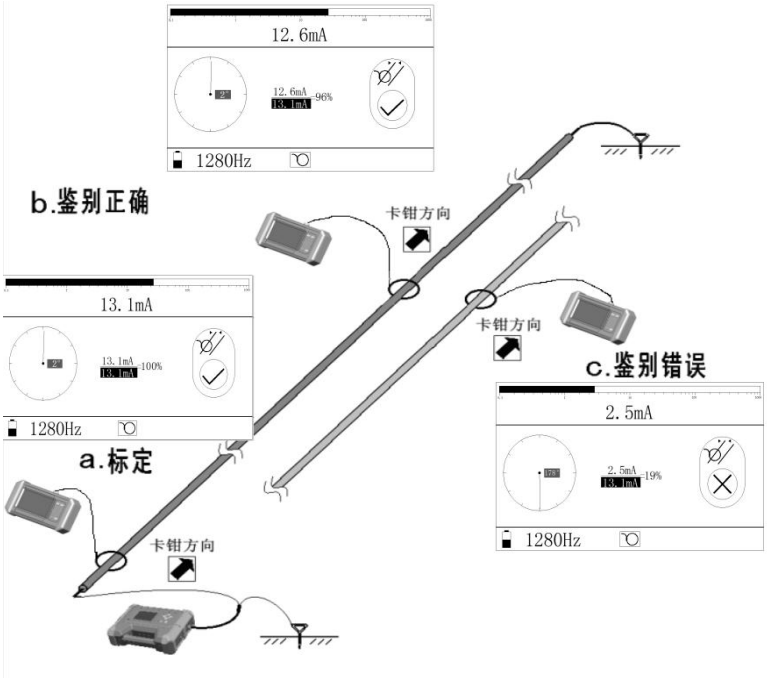


图 4-1-3 卡钳智能识别过程

注意事项：

- 标定和识别时，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，若没有同路经敷设的并行电缆（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。
- 本方法不适于识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. **电缆识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识别正确，或者全部显示识别错误，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) **识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、识别。**
4. **如果还不能判断，请使用其它方法进一步识别！**

第五章 工频电流测量

工频电流测量广泛适用于电力、通信、铁路、油田、建筑、计量、工矿企业等领域。主要功能是测量现场交流大电流、漏电流等。

柔性卡钳线圈部分无任何裸露金属导体，非接触测量，安全快速，其体积小、重量轻、测量精度高、可靠性强、响应频带宽，特别适合狭窄环境和排线密集的场所、变压器靠墙接地铁芯电流测试、粗导线电缆测试、继电保护、可控硅整流、变速调频等信号严重畸变的工业环境的电流测试。

一、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，按频率减小键或频率增大键，进入工频电流测量界面，正确连接柔性卡钳无误后，即可进行电流测量。

二、位置误差

被测导线应尽量处于柔性卡钳的中心位置，不要靠近开合口处，开合口处测试误差约增大一倍或更多。

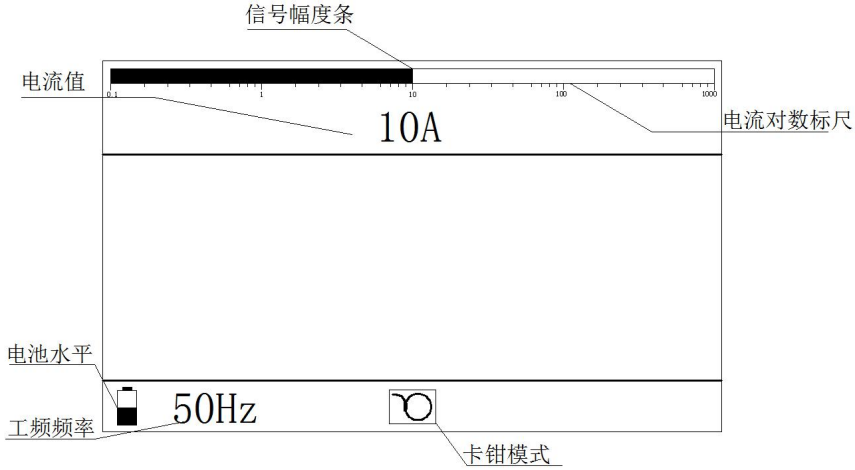


图 5-1-1 工频电流测量界面

第六章 维护和质保

一、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，在发射机中：图标中黑色部分为电池电量水平，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；在接收机中：图标中有色部分为电池电量水平，全绿代表满电量，全空表示电池欠压，蜂鸣器提示 2 秒后接收机自动关机。

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 2-3 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！

二、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，请与本公司联系，以便及时维修和服务。