

NEPRI
国科电研

NEPRI-6439 型
配电网单相接地故障定位仪
使用说明书

国科电研（武汉）股份有限公司

概述

- 该定位仪用于配电网单相接地故障定位。配电网单相接地故障定位仪是在 35kV 及以下电力线路出现单相接地故障后，地面快速查找故障点，确定故障点的具体位置的仪器。
- 该定位仪采用低频交流幅度、相位定位方法。其中：低频交流信号，电流为 120mA，频率 80Hz。定位原理是：线路出现单相接地故障以后，停电在离线状 A 态下向故障相单端或双端注入同步交流信号，检测人员手持同步信号探测器用二分法沿故障线路进行地面巡测，直到找到故障为止，一般 4 次即可找到故障点。当测得线路有电流或相位逐渐变大(相位滞后)，说明故障点在测量点的下游，若无电流或有电流，但相位突然变小（相位超前），说明故障点在测量点的上游。在故障点前后探测器的波形幅度或相位指示有明显的变化，根据探测器幅度或相位的明显变化判断故障点所在。



图 1 NEPRI-6439 型配电网单相接地故障定位仪

结构特点及功能简介

- 不用爬杆，通过检测器即可在地面确定接地故障点。还能安装到无人机上用。
- 实现快速有效故障定位。
- 信号源，采用脉宽调制技术，实现恒流输出，根据接地电阻值调节电压使注入电流维持在 120mA。
- 信号源由单片机控制 80Hz 恒流输出，采用北斗 GNSS 技术实现电压同步输出。

- 信号源可以 220V 交流直接供电，也可以用机箱内配备的 DC60V.10/Ah 锂电池供电，且内置充电模块，无需外置充电器；接入 220V 即可充电，并且支持边充电边工作。充电操作：接入 220 市电，旋拧开关拧到充电档，充电过程指示灯变红色，充满后，指示灯状态为绿色、绿灯闪烁、或是熄灭，三种状态不固定（由充电完成截止时的微量电压差值决定）但均表示充电完成。
- 信号源配置高亮 7 寸触控彩屏，界面设置简单直观，操作灵活方便。
- 探测器，基于波形显示的探测器，在探测器的屏幕上显示导线中电流波形，幅度和相位，根据电流幅度和相位变化判断上下游，同时具有声光提示。
- 探测器采用 12864 液晶显示器显示线路电流、波形、频率、相位。
- 实现接地电阻小于 100K 的故障定位。

主要技术指标

- 主机供电电源：内置锂电池 DC60V/10Ah，或市电交流 220V
- 输出电流：120 mA
- 输出电压：同步 AC3500V
- 输出频率：80Hz
- 架空线地面检测距离：15 m - 30 m
- 外形尺寸：559×355×239
- 主机重量：23kg，探测器重量：0.7 kg

使用条件

- ◇ 环境温度：-20℃ ~ +40℃
- ◇ 相对湿度：≤75%RH

术语解释

GNSS: Global Navigation Satellite System 全球导航卫星系统

1PPS: One pulse per second 秒脉冲

相位：北斗系统 GNSS 秒脉冲 1PPS 与电流正过零点之间的角度，单位度，如图 2 所示。

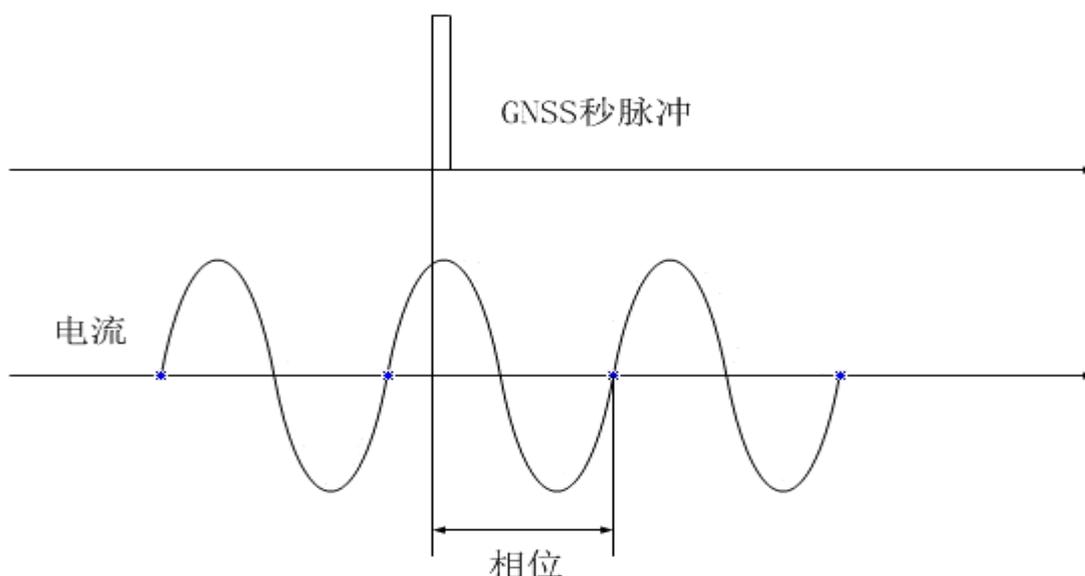


图 2 1PPS 与电流正过零点相位

同步：信号源和探测器在北斗系统 GNSS 授时下启动。

非同步：信号源和探测器自由启动。

单端注入：一台信号源在线路一端注入。适用于架空线路。

双端注入：两台信号源在线路两端同时同步注入。适用于地下电缆。

幅度法：探测器检测故障相电流幅度，信号消失处为故障点。

相位法：探测器检测故障相电流相位，相位反转处为故障点。

相位超前：相位减少称为相位超前。

相位滞后：相位增加称为相位滞后。

上游下游：站在线路任一处，信号源方向为上游，另一方向为下游。

蜂鸣器：幅度模式下，检测到的有效波形达到预设值后间隔 2 秒鸣叫。

同步模式下，收到秒脉冲信号则鸣叫。

红色 LED 灯：始终与蜂鸣器同步显示。蜂鸣器鸣叫，LED 发光。

一、信号源使用方法

信号源使用前的准备操作

NEPRI-6439 型信号源面板如图 3。面板上有两个接线端子，黑色接地，红色用高压软线连接到故障相，准备向故障相注入信号，注入点可以是线路的任何一点。

当线路发生接地故障后，请按以下步骤操作：

1. 将故障线路停电，封挂地线。
2. 将信号源放在出线间隔处，或线路的任意一点，建议放在杆塔较低处，

如变压器台处。将信号源的交流输出接到故障相上，红色夹子夹在绝缘杆弯钩处，然后将绝缘杆搭钩到导线上。因为需要测量相位接线有极性要求，**红色接故障相，黑色接地。**

3. 接线完毕后，拆除封挂的地线。

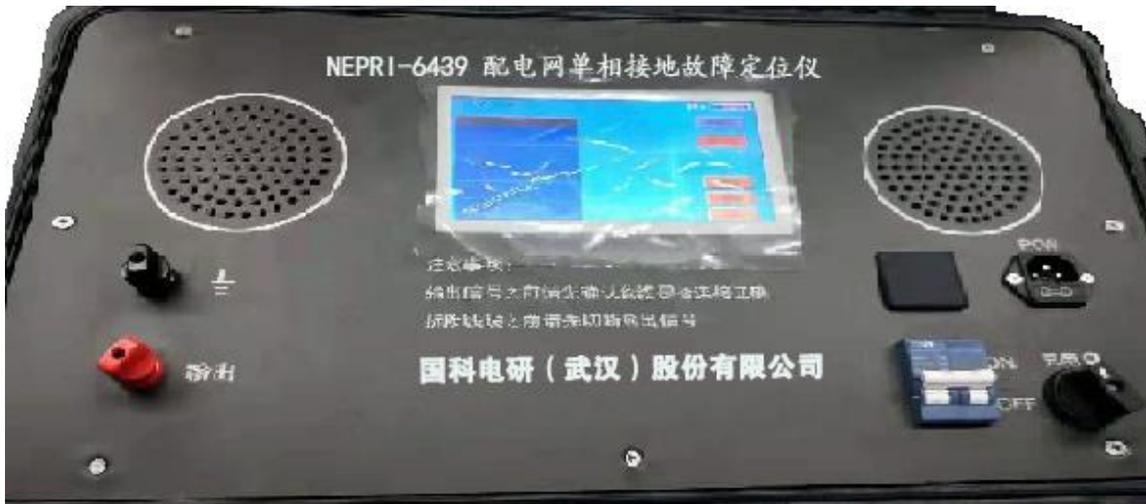


图 3. NEPRI-6439 故障定位仪面板

4. 信号源注入信号

（1）相位法：注入点在室外的，收到卫星信号后直接开始向线路注入信号即可。注入点在室内的，将信号源先在室外接收卫星信号，然后再开机状态下将信号源搬到室内间隔处，接上注入线，向线路注入信号。

（2）幅度法：在接收不到卫星信号的情况下，可以用幅度法向线路注入信号。

注意事项：此时工作人员需注意安全，注入信号最高可达 3500V，操作人员要与导线保持 0.5 米以上距离。注入电流为 120mA 恒流，信号源上电后会自动输出稳定的 120mA 电流（线路低阻情况下），不需要按任何按键，即本装置是全自动工作。

信号源界面说明及操作

信号源开机界面如图 4，界面最上方依次显示时间信息，星期，电池电压（当使用市电 220V 时为内置开关电源模块电压）及电量百分比。开机界面有两个功能按键，系统设置：点击此按键进入系统参数设置界面如图 5，点击相应选项即可进行对应参数修改。卫星选择项不可修改，固定为北斗卫星。此界面可以点击“信号输出”键直接进入信号输出控制界面。



图 4.开机界面

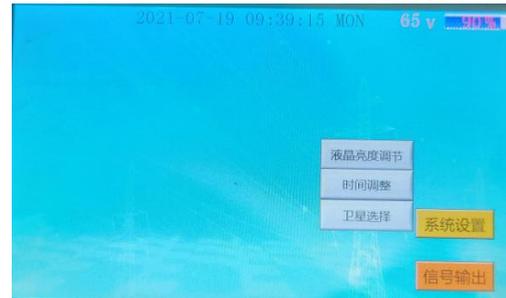


图 5.参数设置界面

信号输出控制界面如图 6

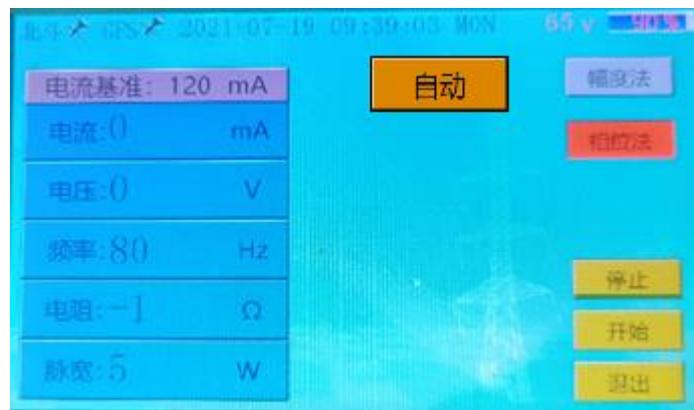


图 6. 信号输出界面

此界面右侧为 5 个功能按键，另有一个自动/强制模式切换键。进入此界面后系统默认为自动模式、相位法，此时对应的按键“相位法”为红色（未选中为灰色），此状态下如果接收到卫星信号——左上角北斗卫星图标黑色和绿色间隔闪烁（无信号后变成长黑），点击开始按键后，信号开始输出。相位法在没有收到卫星信号的情况下信号不可输出，此时“开始”按键不可使用。此时可点击“幅度法”选项选择幅度法控制信号输出，此法不关联卫星信号。在信号输出期间，幅度法和相位法按键锁定不可进行切换，只有在停止状态时才可以进行模式选择。“停止”和“开始”键会有绿色状态指示条在按键底部表示当前正处在的状态。

界面左侧为测量及系统参数项。

- 电流基准：120mA，为固定说明项。为系统输出电流参考基准。
- 电流：显示注入到故障相的实际电流。
- 电压：故障线路上得到的注入电压，由于恒流，所以电压随着接地电阻的变化在不断变化，最大3500V。
- 频率：注入信号频率，固定为80Hz。
- 电阻：线路故障接地电阻值，为计算量，由上述测量电流电压按照欧姆定律计算得到。电路开路时显示-1。
- 脉宽：为参考数据，由于采用全桥逆变输出，触发脉冲宽度在一定意义上可以表示输出能力，初始启动脉宽为 5，脉宽的最大值是 254，因此当脉宽达到 254 时，说明信号源已经达到了最大输出能力，输出已达到 3500V，此时若电流没有达到 120mA，说明故障电阻很大（线路阻抗较高时，受信号源电压限制，信

号源工作在恒压状态而非恒流状态），已经超过了 30K，但是这并不影响故障定位，因为探测器能探测最低 30mA 的注入信号。3500V/30mA=116K，说明故障定位仪可对接地电阻小于 100K 的故障进行定位。

在自动模式下，信号源有多种线路状况提示，当输出线路没有接触良好或开路的情况下，屏幕中间会有红色提示文字“线路开路，请检查！”，此时信号源输出信号的脉宽固定在 5。在信号输出过程中如线路电流突然大幅波动（如线路由高阻突然短路导致电流激增）则信号源会自动切断信号输出并退出到停止状态并提示“电流波动异常，请检查后重测！”，直到再次点击“开始”键消失。

当线路阻抗较高时会给出提示“当前线路阻抗较高！”。

在幅度法强制模式下，仪器不会进行开路及电流波动检测，强制输出 120ma 电流到线路上，如线路开路或阻抗过高脉宽将达到最大 254。

二、 探测器使用方法

探测器如图 7 所示。探测器使用 3.7V18650 锂电池供电。提供双充电接口（TYPE-C& miniUSB）如图 11 示。探测器提供多种探测模式，如磁场模式、电场模式、同步模式、非同步模式。

磁场模式：此模式下可以测量线路接地故障点。此模式主要探测的是线路中电流信号。

电场模式：此模式下可以探测线路断路故障点。此模式下同步模式无相位意义，因为电场模式下信号的相位只与信号源电压同步，测量时探测器线圈与故障线平时无角度要求（但要求垂直故障线轴线），角度差异不影响信号值。当接地电阻较高如大于 100k 小于 1M 时，磁场模式下注入电流较小信号不易检测，这时可使用此电场模式，通过判断幅度变化定位故障点，此时幅值特征为故障点上游幅度大于其下游，故障点处幅度最大。

同步模式：需要连接北斗卫星信号，接收到北斗卫星秒脉冲信号时（LED 灯改变亮灭状态）采样波形信号，并计算显示实时相位。

非同步模式：此模式主要通过信号幅度变化来判断故障点，当信号幅度超过预定阈值时蜂鸣器闪鸣。



图 7 探测器



图 8 探测器的 4 个按键

探测器提供有 4 个物理按键如图 8，各按键定义如下：

- 按键 ON：上电开关，短按一下打开电源，连续短按两次关闭电源，
- 按键 OFF：复位开关，使单片机复位。
- 按键 FUN：短按一次，信号增益增加一级，连续按键 2 次，信号增益减少一级。连续按键 3 次，切换电场和磁场模式，电场模式下电池图标左侧出现“*”图标，如图 9。
- 按键 LIGHT：短按一次，保存当前波形并显示相应值，“强度”“相位”（只有在相位模式下才保存相位值）字样返显，保存的数值显示在最底行，当前实时采样值显示在其上一行，如图 10，连续按键 2 次，清除已保存波形。
- 按键 FUN+ LIGHT：同时按下进入同步（相位）模式，如图 10。屏幕左上角显示上下游信息及相位差值（和已保存的波形对比计算），“>”表示滞后，“<”表示超前。再次同时按下退出相位模式。

时间轴 0 点为秒脉冲基准，相位是从秒脉冲开始到第一个正过零点的角度。

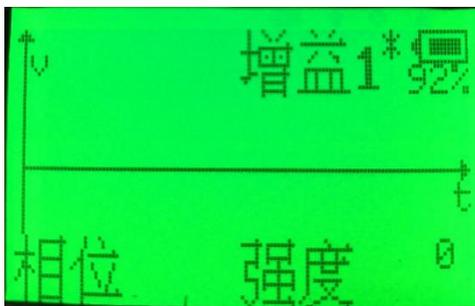


图 9 探测器电场模式

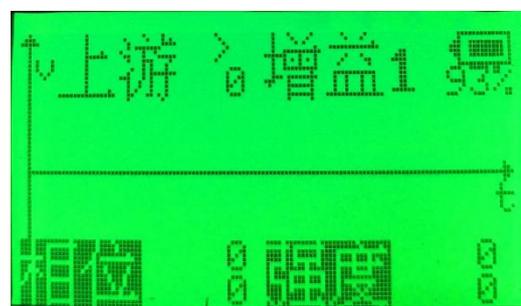


图 10 探测器同步模式



图 11 miniUSB 充电插座

探测器方向：电场模式只要求探测器垂直故障线轴线即可。磁场模式下由于是测量的电流信号，电流方向直接关系到相位值，所以对探测器方向有所规定。磁场模式下使用幅度法时对探测器方向无硬性要求，探测器椭圆平面与线路同平面且探测器和故障线轴线垂直即可。磁场模式下使用相位法时对探测器方向要求严格：线路电流参考方向从信号源流向线路各分支直到线路末端。因此探测器方向全程必须保持一致如图 12。



图 12 探测器方向

三、故障定位方法

架空线路接地故障定位方法

1. 幅度法故障定位

线路较短，导线对地电容较小，可以采用幅度法故障定位。单端注入二分法探测，探测到稳定波形信号，频率 80Hz（两个完整周期）左右，蜂鸣器缓慢发声，故障点在下游，探测不到信号或信号强度突变较大，蜂鸣器无声，故障点在上游。如图 13。

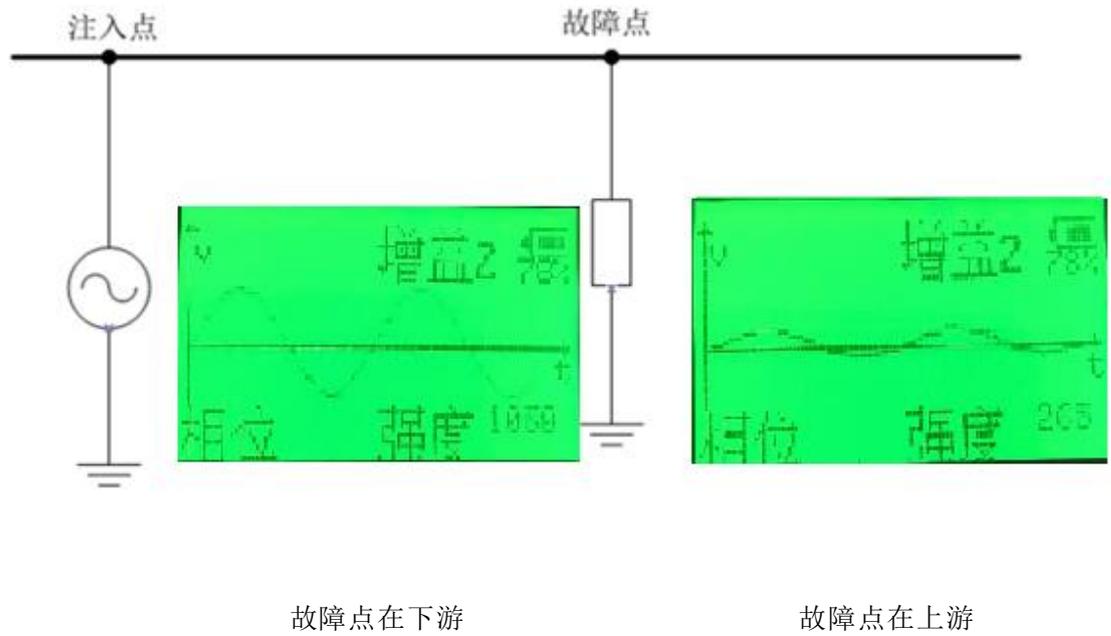


图 13 幅度法故障定位

2. 相位法故障定位

线路较长，导线对地电容较大，采用相位法故障定位。即：幅度变小或相位变小故障点在上游。相位大小与信号源注入点处（保存此处波形）比较。单端注入二分法探测，探测到相位较大（相位滞后）故障点在下游，探测到相位较小（相位超前）故障点在上游，相位大小与信号源注入点保存波形比较，并自动计算显示结果。相位突变处为故障点。如图 14。

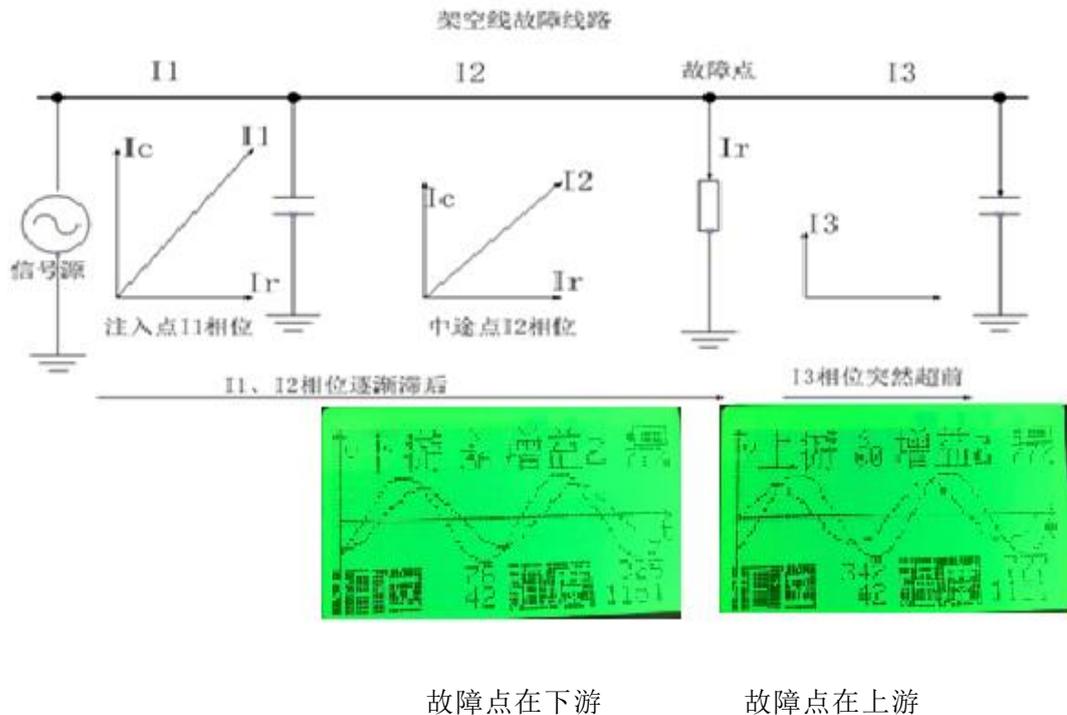


图 14 故障点两边相位差明显

3 · 分支点处的探测

在分支点处，向分支点下方走出分支点 5 米处探测。如果波形稳定，相位较大，表示故障在该分支。无电流或有信号相位较小，则表示故障不在该分支。如图 15。

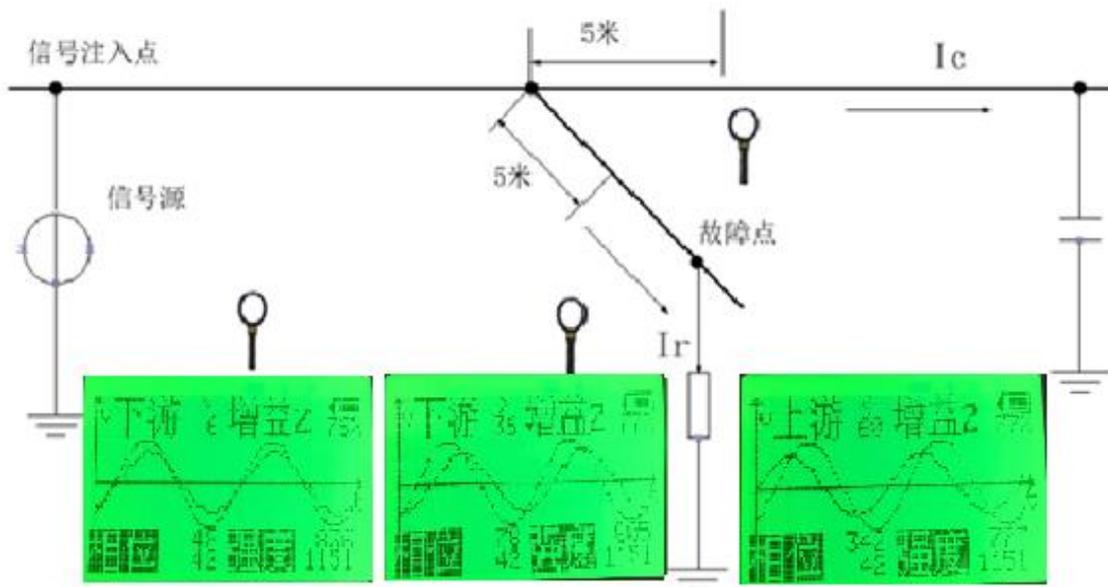


图 15 在分支点处检测

4.任意点注入

任意点注入如图 16 所示。探测器在注入点两边探测，探测器先保存下一侧的相位，然后到注入点另一侧探测，根据测量信息判断方向（如滞后则为故障侧方向，超前则另一侧为故障侧方向）。也可以用幅度法。判断出故障方向后，再沿故障方向用二分法继续检测。**注意两边探测器方向与电流参考方向要一致。**

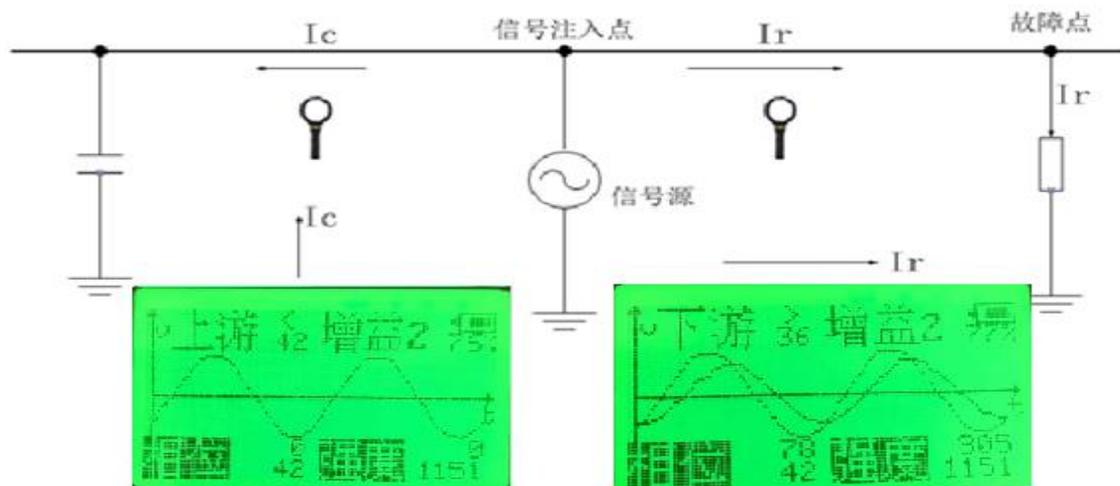


图 16 任意点注入

5.故障相判断

故障相是已知的。但是变电站出口的导线排列与线路中间的导线排列并不一致，这导致任一点注入时必须先判断故障相。分别向三相线路注入信号，探测器离注入点两边5米处分别探测，相位相同不是故障相，相位差90度左右是故障相。如图16。

四、地下电缆寻径

单端注入或双端注入，电缆寻径采用波谷法，探测器与地面保持平行，水平放置称为波谷法。此时电缆两边信号强，信号最小处即是电缆正上方，因为探测器在电缆正上方得到的磁通量最小，故称波谷法。根据右手螺旋定律，电缆两侧磁通方向相反，所以电缆两侧相位相反。如图17所示。

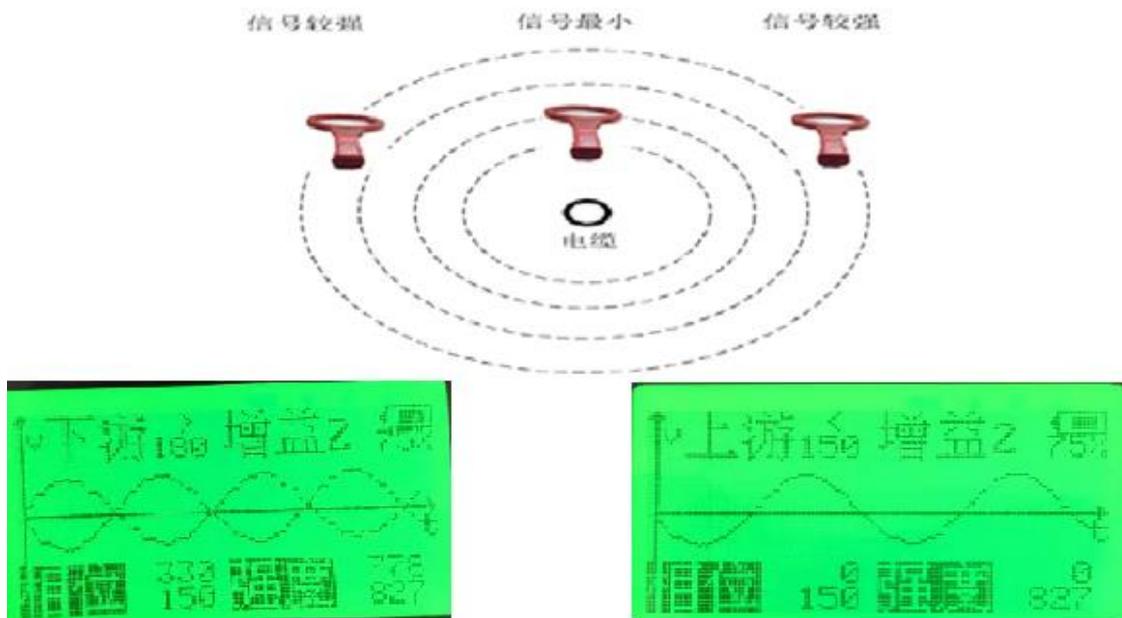


图 17 波谷法电缆寻径电缆两侧相位相反

五、地下电缆定位方法

地下电缆双端注入，该故障定位仪对于直埋电缆接地故障定位更为有效，不管电缆埋在地下多深都能有效定位，即对电缆深度无要求，因为探测器检测的是地面返回信号，用二分法探测。注入信号时需要将两测的电缆屏蔽网接地线拆除。如图18。

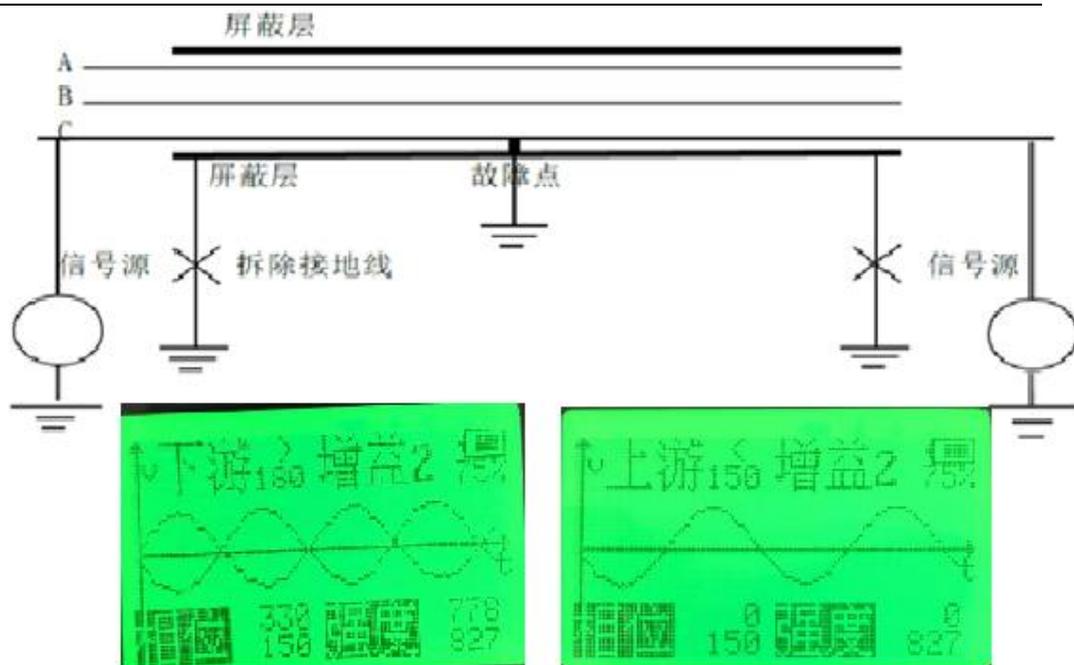
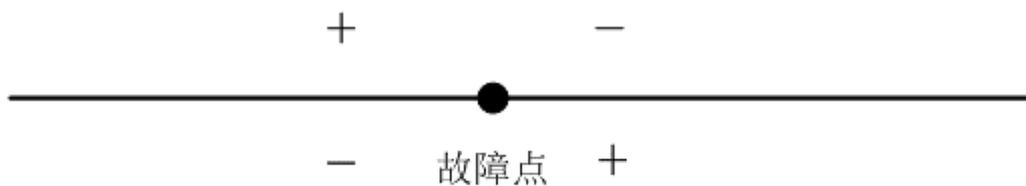


图 18 故障点两边相位相反

电缆故障定位，探测器采用波谷法。故障点两边相位相反，电缆两侧相位相反（相差 180）。故称 4 点定位方法，如图 19 所示，图中正一负表示相位翻转。4 点定位方法定位误差小于 0.5 米。



地面俯视图

图 19 点定位方法

地下电缆单端注入

地下电缆单端注入与架空线路单端注入相同，如图 20。信号消失处向回走两米为故障点。如果电缆较长，故障点后有分布电容，则采用相位法，相位减小 10 度以上处为故障点。即：幅度降低或者相位降低为故障点。单端注入定位误差比较大小于 3 米。所以建议使用双端注入。

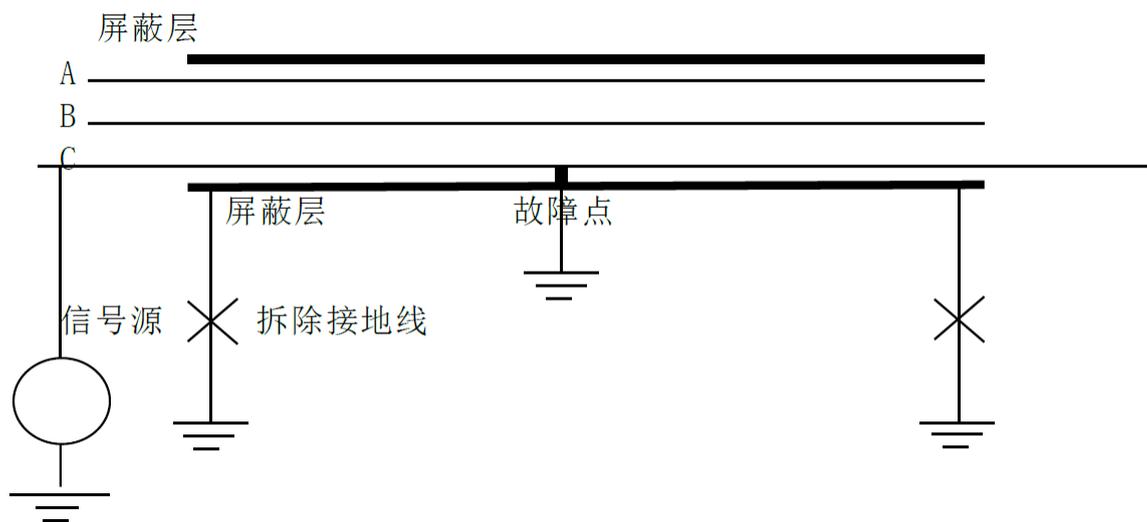


图 20 地下电缆单端注入

线路断路定位方法

断路故障只使用信号源单端注入。探测器端使用电场模式，通过信号幅度的变化来判断故障点，方法同接地故障幅度法定位。

售后服务及维修

1. 本产品保修 18 个月，终身服务。
2. 本说明书版本号V2.5，2022年5月修订。

