

## 第一章

# 多次脉冲电缆故障测试仪主机使用说明

### 一、概述：

我公司作为电力电缆测试领域中的领跑者，在产品开发研制中不断追求完美、努力创新。电缆故障预定位测试主机（三次脉冲法和多次脉冲法）是公司的又一杰作，技术达到国际先进水平，打破了国外公司在此领域的垄断，电缆故障预定位测试主机采用了国际最高水平的弧反射（三次脉冲）技术，所有高阻故障波形均呈现为简单的低压脉冲波形，判断故障距离轻松愉快。

电缆故障预定位测试主机用于检测各种动力电缆的高阻泄漏故障、闪络性故障、低阻接地和断路故障。

由于本仪器采用目前国际上最先进的“三次脉冲法”和“多次脉冲法”技术，加之自主开发的测试技术和高压数据信号处理装置，使其具有最好的电缆故障波形判断能力和最简单方便的操作系统。本仪器具有独立的知识产权。是国内率先研制成功、国内独一无二的“多次脉冲法”电缆故障测试仪。

三次脉冲法的先进之处在于使现场测得的故障波形得到大大简化。将复杂的高压冲击闪络波形变成了非常容易判读的类似于低压脉冲法的短路故障波形。降低了对操作人员的技术要求和经验要求。所以，大大提高了现场故障的判断准确率。任何人都能方便准确地判读波形，标定故障距离，达到快速准确测试电缆故障目的。使故障测试成功率得以大大提高。国内所有传统电缆仪无法与之比拟。电缆故障预定位测试主机的整体技术可以和国外同类产品媲美，其性能价格比也大大优于国内外同类产品。

### 二、仪器功能与特点：

1. 可测 35KV 以下等级所有电缆的高、低阻故障，适应面广。
2. 采用国际最先进的“三次脉冲法”和“多次脉冲法”测试技术。同时还具有传统的冲击高压闪络法和低压脉冲法。
3. 任何高阻故障均呈现最简单的类似低压脉冲短路故障波形特征，极易判读。
4. 具有方便用户的软件 and 全中文菜单。按键定义简单明了。测量方法简单快速。
5. 检测故障成功率、测试精度及测试方便程度优于国内任何一种检测设备。
6. 超大触摸液晶屏作为显示终端，仪器具有强大的数据处理能力和友好的显示界面。
7. 具有极安全的采样高压保护措施。测试仪器在冲击高压环境中不会死机和损坏。
8. 具有计算机通讯接口，可方便将数据及图形保存在计算机内。
9. 无测试盲区。
10. 内置电源，可在无电源环境测试电缆的开路及低阻短路故障。

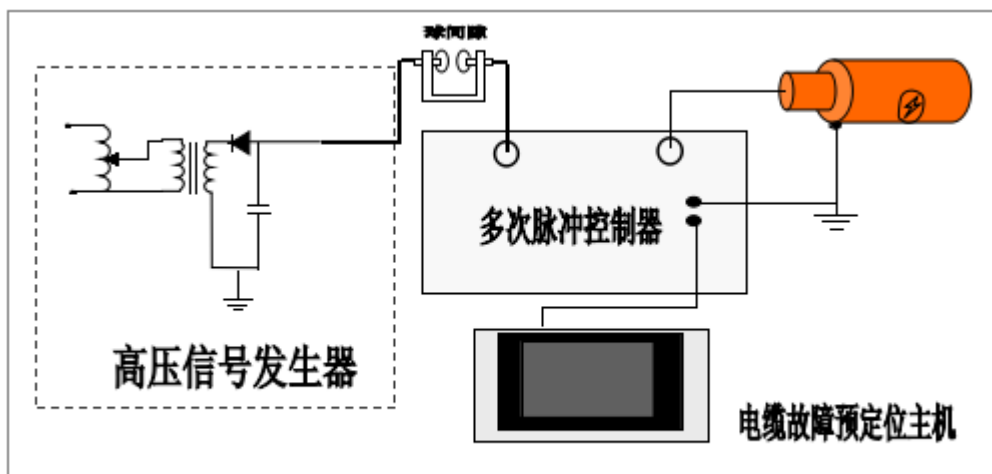
### 三、主要性能指标：

1. 测试方法：低压脉冲、高压闪络、速度测量。

2. 冲击高压：低于 35KV 电力电缆。
3. 数据采样速率：80MHz、40 MHz、20MHz、10 MHz。
4. 测试距离：>30Km。
5. 读数分辨率：1m。
6. 系统测试精度：小于 50cm。
7. 测试电缆脉宽设有：“0.05”、“0.1”、“0.2”、“0.5”、“1”、“2”、“8” 微秒。
8. 脉冲发送信号及故障反射信号的自动显示，使得故障特征波形的表示极为简单。
9. 具有测试波形储存功能：能将现场测试到的波形按规定顺序方便地储存于仪器内，供随时调用观察。可以储存大量的现场测试波形。
10. 能将测得的故障点波形与好相的全长开路波形同时显示在屏幕上进行同屏对比和叠加对比，可自动判断故障距离。
11. 内置电源：充满电后仪器可连续工作 3 小时以上，亦可外接交流电源工作。
12. 工作条件：温度-10℃~+45℃，相对湿度 90%。

#### 四、仪器的系统组成和工作原理：

电缆故障测试仪系统的组成方框图如图一所示：



图一 电缆故障测试系统图

电缆故障快测仪主要由高压冲击单元、多次脉冲控制器（滤波过压保护及弧反射）和波形记录分析仪（测试主机）三部分组成。

##### 1、高压脉冲发生器

高压脉冲发生器是该套电缆故障预定位的能量提供部分，向外提供高压高能的电压脉冲。主要由升压变压器、高压整流二极管、充电电容、放电球隙组成。

##### 2、多次脉冲控制器

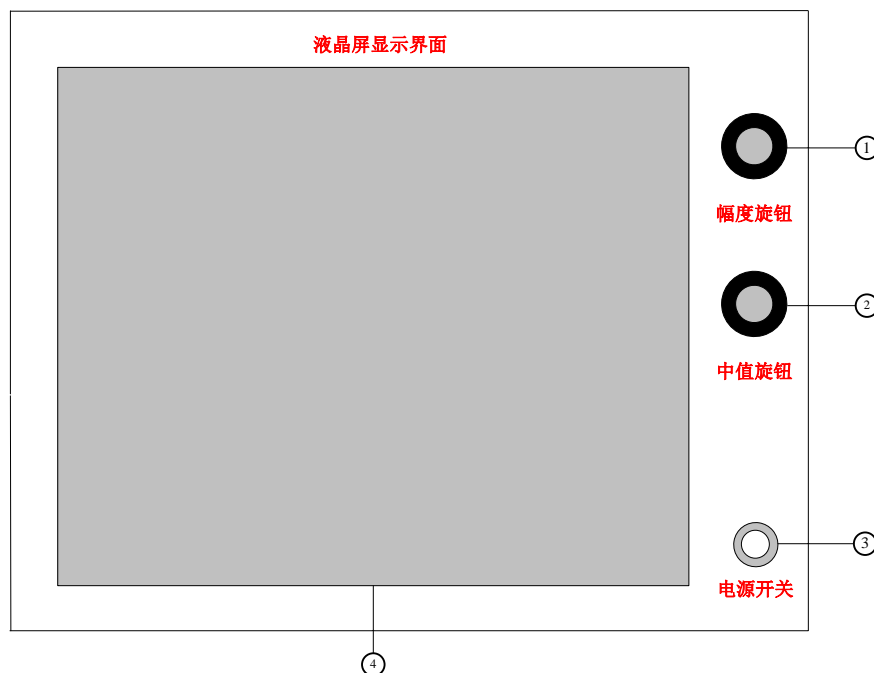
多次脉冲控制器是高压脉冲和低压测量脉冲汇合的部件，它对信号的处理直接影响着仪器的测量精度、稳定性以及测量成功的机率。高压滤波单元可以滤掉高压脉冲的毛刺，使高压脉冲变得平滑，并在故障点形成稳定的燃弧，同时也可减少高压脉冲对波形记录分析仪信号采集的干扰。弧反射滤波这个电路负责向电缆输入测量脉冲，并判断什么时候触发电路发送测量脉冲最为合适。同时，还负责把采集到的信号进行滤波，提出其中的有用的测量脉冲，送给波形记录分析仪进行记录和分析。

### 3、波形记录分析仪（测距主机）

这个部分是整个仪器的大脑，负责向其他部件发送指令，协调各部件的工作，并向操作者提供人机对话的界面。它的主要功能是对测量脉冲进行高速的采样和记录，再对采集到的信号进行高速的运算分析。

## 五、仪器面板说明：

### 1. 仪器面板结构示意图如图二所示：



图二 仪器面板结构示意图

### 2. 面板结构和功能键说明

本仪器主机面板设有三个功能键：一个调节幅度旋钮①、一个垂直位移旋钮②、一个电源开关③。④是液晶屏显示界面，如图二所示。下面逐一说明它们的功能和使用方法。

#### ✧ 幅度旋钮①：

采样时调节此旋钮，可以改变测试波形在屏幕上的幅度（此项功能只对重新采样后的波形起作用）。

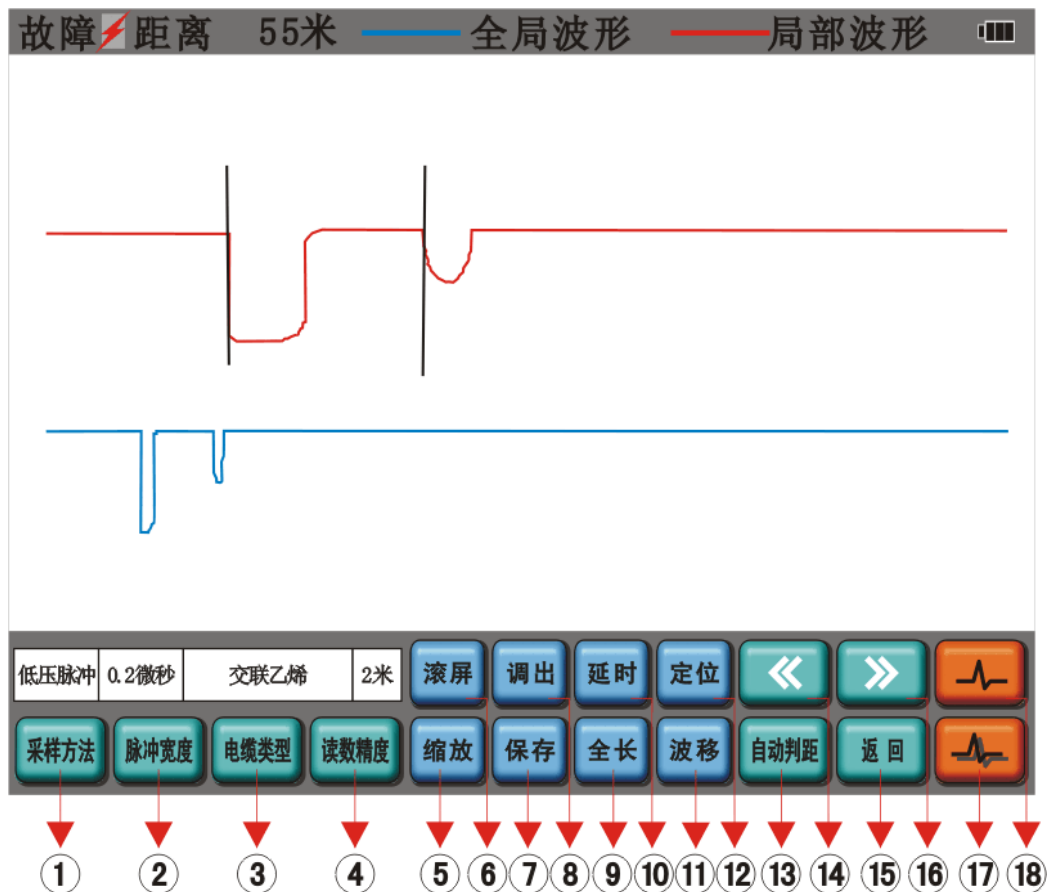
#### ✧ 中值旋钮②：

采样时调节此旋钮，可以改变测试波形在屏幕上的垂直位置（此项功能只对重新采样后的波形起作用）。

#### ✧ 开关键③：

按键为电源开关键。仪器 10 分钟无按键操作将自动关机。

### 3. 液晶屏幕菜单说明（图三）



图三 液晶屏菜单显示示意图

#### ✧ 采样方法①

按采样方法键，弹出子菜单。子菜单中包括 5 个选项为低压脉冲/闪络方法/三次脉冲/多次脉冲/速度测量，仪器默认选中低压脉冲，根据测量需要，可选择相应的采样方法。再按“采样方法键”退出此项功能。

#### ✧ 脉冲宽度②

此菜单在高压闪络测试法中无效。按脉冲宽度键，弹出脉冲宽度选择子菜单。可根据测试距离选择合适的脉冲宽度按对应的子菜单键，可以对脉冲宽度进行选择。脉冲宽度大小为 50 纳秒、100 纳秒、200 纳秒、1 微秒、2 微秒、5 微妙、8 微秒共 7 个档位。当选中 50 纳秒脉宽时，电脑自动锁定读数精度为 1 米；当选中 8 微秒时，电脑自动锁定读数精度为 8 米；选择其他脉宽时，可以按读数精度键任意调节，仪器初始值为 200 纳秒。再按“脉冲宽度键”退出此项功能。

#### ✧ 电缆类型③

不同介质的电缆中电波传播速度不同，因此在测试故障之前必须选定介质类型，以确定电波传播速度。按电缆类型键，屏幕出现电缆类型选择对话框，有油浸纸型、不滴油型、交联乙烯、聚氯乙烯和未知类型 5 个选项，仪器初始值为油浸纸型，可根据需要按对应的电缆类型键。若被测电缆不属于四种已知类型，则应按“未知类型键”，弹出对话框，调整波速数值，达到选定值后按“OK”键。再按“电缆类型键”退出此项功能。波形速度最大 300m/us

#### ✧ 读数精度④

根据测量需要选取合适的档位。共分为 8 米/4 米/2 米/1 米的测量精度，仪器初始值为 2 米。再按“**读数精度**”退出此项功能。

#### ✧ 波形缩放⑤

由于波形数据量很大，每次采样后屏幕上显示的是局部的波形。为了观察波形细节，必须将波形缩放。按“**波形缩放键**”进入缩放功能，仪器提供 3 种压缩比例，分别为 1、1/2、1/3，通过“**左键《或右键》**”可对波形进行 3 种比例的循环压缩。通过屏幕右下角可以观察到压缩比例。再按“**波形缩放键**”，退出此功能。

#### ✧ 滚屏显示⑥

波形扩展后需要分成多段显示，仪器自动显示第一段。若需要观测后续各段波形，应执行“滚屏”功能。按“**滚屏显示键**”，通过“**左键《或右键》**”可对波形进行左右移动。再按“**滚屏显示键**”，退出此功能。

#### ✧ 保存波形⑦

将屏幕上的显示内容存储于仪器中，可以存储 20 幅波形。

#### ✧ 调出波形⑧

在屏幕上重现存储的波形。

#### ✧ 电缆全长⑨

在“采样方法”子菜单中若执行“速度测量”，则菜单中的电缆类型变为电缆全长。按“**全长键**”，屏幕上弹出“**电缆长度**”输入对话框，初始值为“0”米。输入电缆长度值后，按“**OK 键**”。

#### ✧ 延时⑩

设置触发时间，此功能一般不用。

#### ✧ 波移⑪

按“**波行移位键**”后进入波形移动操作，可以用“**左键《或右键》**”移动当前的波形，再按“**波形移位键**”则退出波移操作。

#### ✧ 定位⑫

用于确定测量的起点。执行“**定位**”键后，游标当前所处的位置即被确定为测试起点。通过“**左键《或右键》**”可对游标进行左右移动。

#### ✧ 自动判距⑬

按“**自动判距键**”，游标进行自动定位，显示屏左上方自动显示故障距离。

#### ✧ 左键/右键(加/减) ⑭⑮

移动游标定位用时，每按“**左键《或右键》**”一次，定位游标尺左/右移一个**单位点**（像素）；当连续按游标左/右键时，游标移动的速度加快，**一次移动八个单**



位点。

波形缩放、滚屏显示、波形移位进行选择时，按**左键《 或 右键 》**（加/减）。

#### ✧ 返回<sup>15</sup>

多次脉冲采样后可用，从单幅波形图返回到多幅波形图。

#### ✧ 二次采样键<sup>17</sup>

此键用于多次脉冲法测量时。当仪器处于三次脉冲法或多次脉冲采样测量时，按采样键，屏幕的波形显示区将显示蓝色的低压脉冲波。再按二次采样键，屏幕出现“等待采样中，请稍后…”的提示，当有外部触发后，屏幕显示被高压击穿后的低压脉冲故障波，波形为红色。

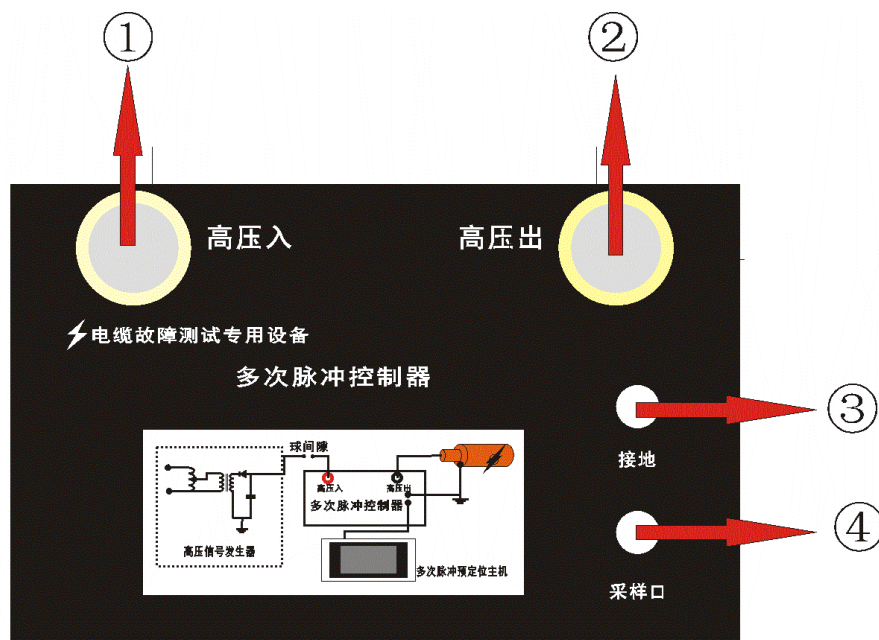
#### ✧ 采样键<sup>18</sup>

当仪器处于低压脉冲法测量时，按下采样键后，屏幕的波形显示区能马上显示出发射脉冲和回波脉冲。红色波形为局部波形，蓝色波形为**全局**波形。

当仪器处于高压闪络法测量时，按下采样键后，当有外部触发后，屏幕将显示高压闪络波，红色波形为局部波形，蓝色波形为全局波形。

当仪器处于三次脉冲法测量时，按采样键，屏幕的波形显示区将显示蓝色的低压脉冲波。

#### 4. 多次脉冲控制器说明



218

图四 多次脉冲控制器的面板结构示意图

- ①高压输入：外部高压输入端，和球间隙一端相连，连线为红色标记高压线。
- ②高压输出：连接被测电缆，为黑色标记高压线。
- ③系统地：测试电路的地线。
- ④主机接口：主机接口直接与电缆故障预定位测试主机采样口连接。

## 六、仪器的操作使用步骤:

由于本仪器主要在高压环境中工作，在现场使用此仪器检测电缆故障前，应详细阅读本使用说明书中的有关仪器测试原理、接线方式和使用注意事项。以免发生人身事故和损坏仪器设备。

### 1. 用低压脉冲法测试电缆的低阻接地、短路、断路故障

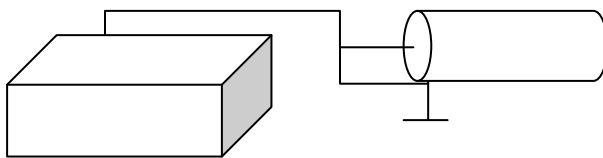
A. 直接在电缆故障测试仪的输入输出接口接出一根夹子线。将夹子线的红夹子夹在故障电缆故障相芯线上，黑夹子夹在电缆的外皮地线上。

B. 启动仪器电源开关，屏幕工作以后，触摸屏幕任意地方进入设置界面。此时仪器默认的状态是“低压脉冲法”。应根据现场被测电缆种类、长度和初步判断的故障性质选择使用方法。设置在

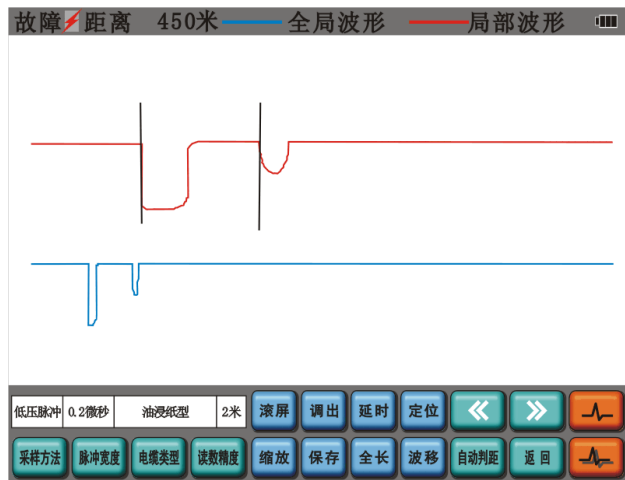
“低压脉冲法”时，在此界面还可以进行波速测量和打开历史文件查阅以前的测试结果。

C. 完成设备参数设置后，点击“采样”键，仪器自动发出测试脉冲。此界面将显示电缆的开路（全长）波形或低阻接地（短路）故障波形。若波形不好操作者应调节“中值”和“幅度”，并观察采到的回波，直到操作者认为回波的幅度和位置适合分析定位为止。

D. 波形定位读距离。低压脉冲判距比较容易，只要将游标分别定位到发射波及反射波的起点即可。



图五 低压脉冲连线图



图六 低压脉冲法测试的开路全长波形界面

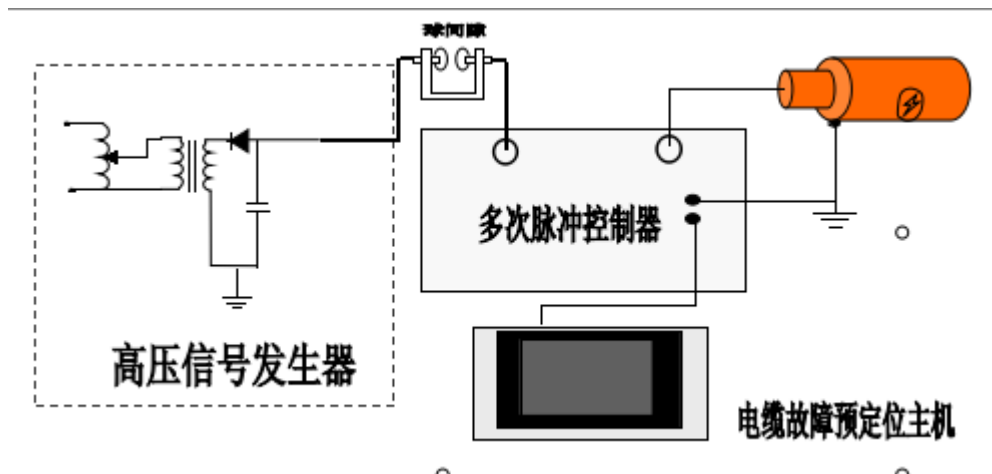
#### E. “保存”

很多时候，需要将测试结果保留或留作对比用，就要利用仪器中的“保存”功能，将此次测得的波形保存在仪器的数据库中。

如果测试人员认为有必要保存此次测试结果，可点击“保存”键，根据子菜单提示操作即可。

### 2. 用多次脉冲法测试电缆的高阻泄漏故障（包括高阻闪络性故障）

#### A. 测试前的准备工作:



图七 多次脉冲法接线图

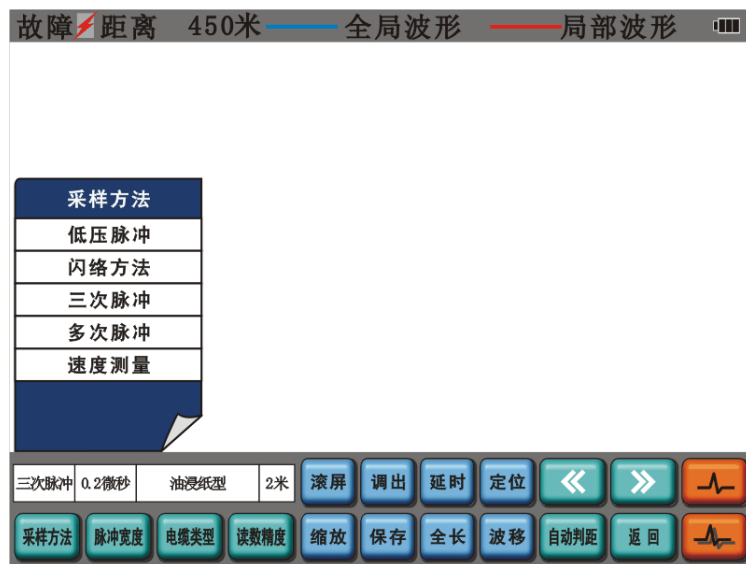
在现场，首先将高压信号发生器、电缆故障相、系统接地线、电缆接地线、电缆故障预定位测试主机连接起来。仔细检查接线确保无误。现场接线如图所示。

**如果使用分体式高压信号发生器，应使用负极性高压，将储能电容端接入球间隙一端，球间隙另一端接入多次脉冲控制器的高压输入端。**

多次脉冲控制器的高压输出端用高压线连接电缆故障相，多次脉冲控制器的系统地连接测试系统地。



#### B. 与多次脉冲控制器联机并采样波形

1) 启动测距主机电源，选择多次脉冲采样方式。根据现场被测电缆种类、长度和初步判断的故障距离选择脉宽度、电缆速度和读数精度等用户参数（与低压脉冲法测试法相同）。



图八 多次脉冲法选择示意图

完成设置后，界面左下方一栏中将显示此次设置的所有参数值。

2) 按一下测距主机采样键 ，测距主机将进行一次低压脉冲采样，低压波形在屏幕的波形显示区下部分显示，波形为蓝色。此时可以调节“振幅调节”和“位置调节”两个电位器，再按一下采样键 ，调整显示的一次脉冲波形，直到操作者认为屏幕上显示的测试波形位置和幅度有利于判读为止（与低压脉冲法测试法相



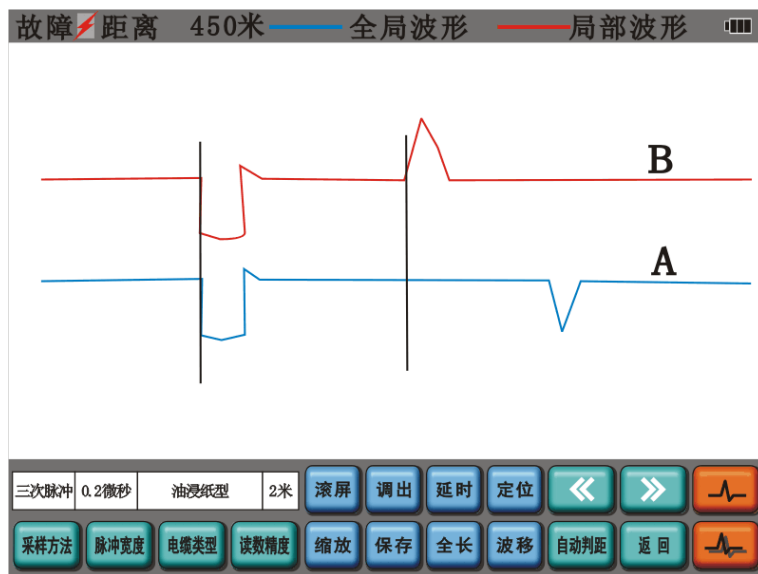
同)。

对低压脉冲来说此时反映的是电缆无故障的波形，见图九中波形 A。

4) 启动高压信号发生器，根据电缆和故障特性设定一个适当的高压值，通常在 6KV\_20KV，可以根据放电情况调整电压值。

5) 以上低、中、高压设备准备好后可以多次进行脉冲采样：

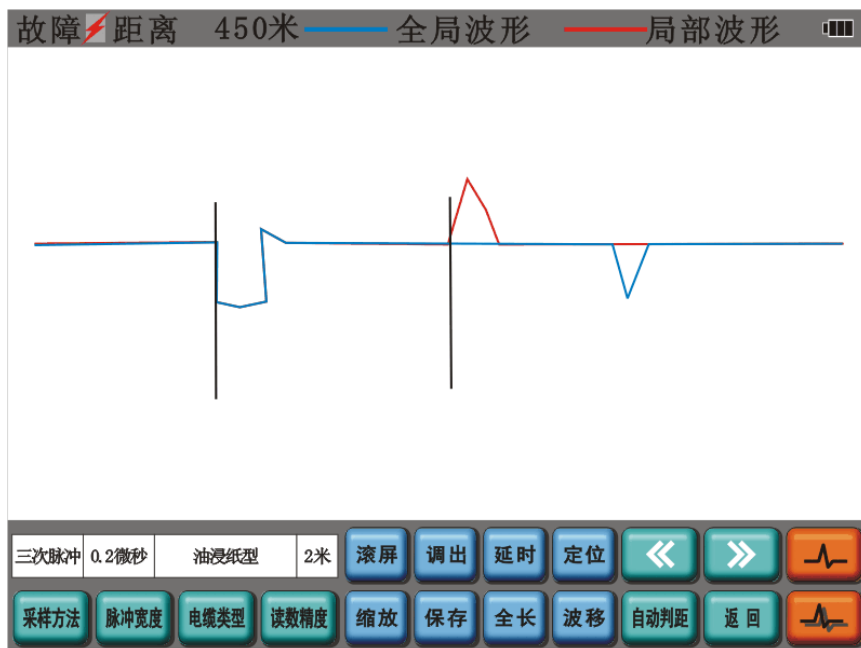
按住测距主机的二次采样键，屏幕将出现“等候采样中，请稍后。。。。。”。此时测距主机等待多次脉冲控制器放电触发，待故障点击穿后，在高压打火瞬间，测距主机采集多次脉冲波形，即故障点短路时的低压脉冲波形。即屏幕显示区上方的红色波形 B。



图九 多次脉冲波形

A、B 两波形同时显示在屏幕上，两脉冲反射波形在故障点处出现明显差异点，可很容易判断故障点位置，如图所示，把虚光标移动到两波形的分叉点处，显示的就是故障距离。

若更清楚观测到两波形的明显差异点，可将两波形放到同一水平基线上。可以直接触摸显示屏，将两波形放到同一水平基线，两波形会自动重合。这是就能很明显判断两波形的分叉点处。



图十 多次脉冲波形重合。

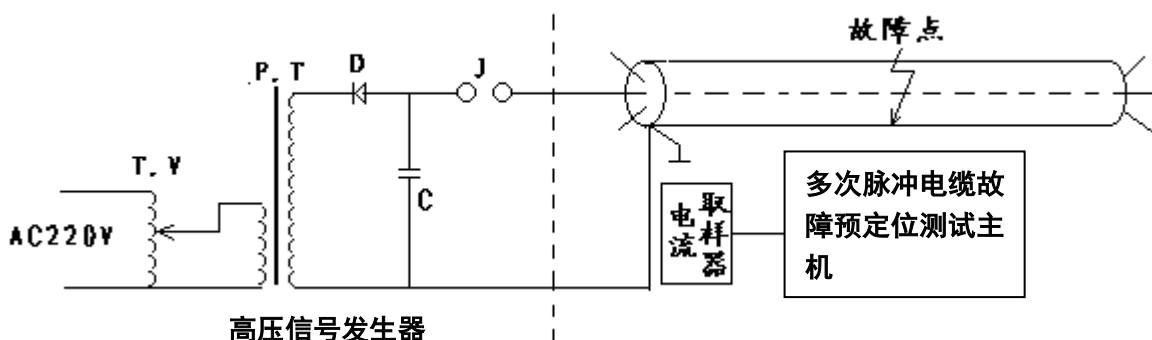
C. 移动游标判读故障距离。首先移动游标至发射波起始点，然后按“游标定位键”，继续按“左键《或右键》”，将游标移至两波形的分叉点处，屏幕正上方会自动显示故障距离。

E. 测试完毕后，如果操作者认为此次测试结果有保留价值，可按“保存波形键”后，对测试图形进行保存。

### 3. 用冲击高压闪络法测试电缆的高阻泄漏故障（包括高阻闪络性故障）

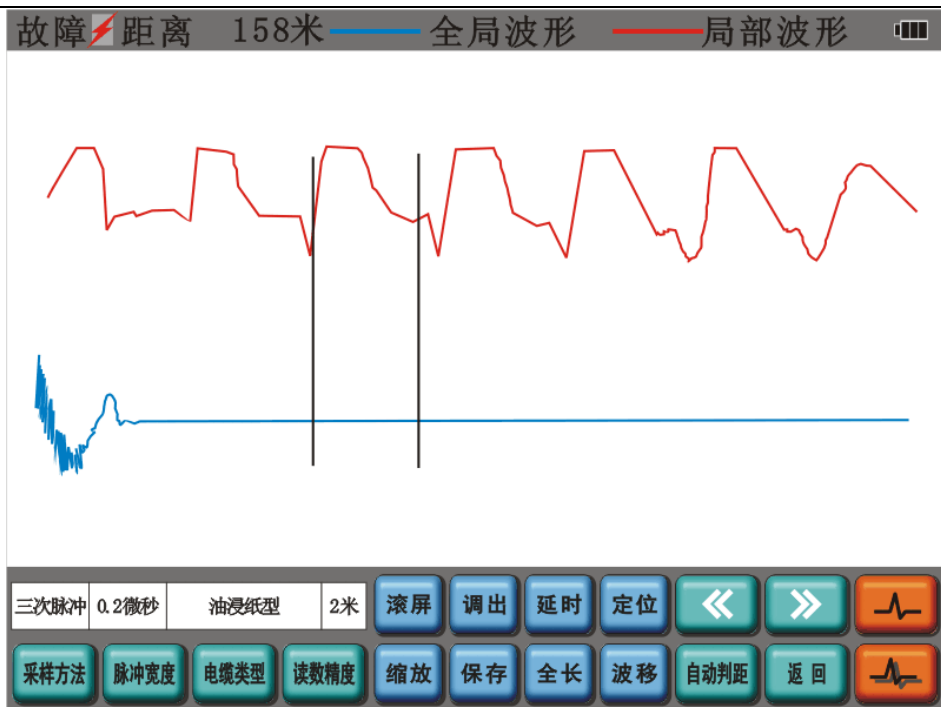
本仪器可用冲击高压闪络法测试电缆的高阻泄漏故障。冲击高压闪络法测试电缆的高阻泄漏故障是目前在国内流行的传统检测方法。很多用户都习惯使用此方法。是三次脉冲法测试电缆故障的一种补充方法。外接线路较为简单，但是波形分析的难度较大，只有在大量测试的基础上，有一定经验后才能熟练掌握，远没有三次脉冲法简单，但还是一种行之有效的测试方法。

将仪器附带的电流取样器用信号线与主机连接后放在电缆与高压设备间的接地线旁即可。只要冲击高压发生器输出的电压足够高，故障点在此冲击高压的冲击下




图十一 高压闪络测试法接线图

被击穿，电缆中就会产生电波反射。电流取样器将地线上的电流信号通过磁耦合取得的感应反射电波传电缆故障预定位测试主机，经过 A/D 采样和数据处理，并将采得的波形显示在屏幕上进行故障距离分析。



图十二 高压闪络法测试波形

仪器的预置方法和三次脉冲法的预置一样，只是在预置时将采样方法改成高压闪络法即可。

电缆类型和采样频率确定以后就可以点击“采样”键 ，进行采样等待。一旦高压发生器进行冲击高压闪络，仪器就自动进行数据采集和波形显示。

屏幕上方红色波形是经过局部放大后的波形，下方蓝色波形为测试波形全貌。


当采集到较为理想的波形后，便可操作“波形缩放”和位移、移动游标来标定故障距离。操作方法与低压脉冲法一致。

#### 4. 波速测量

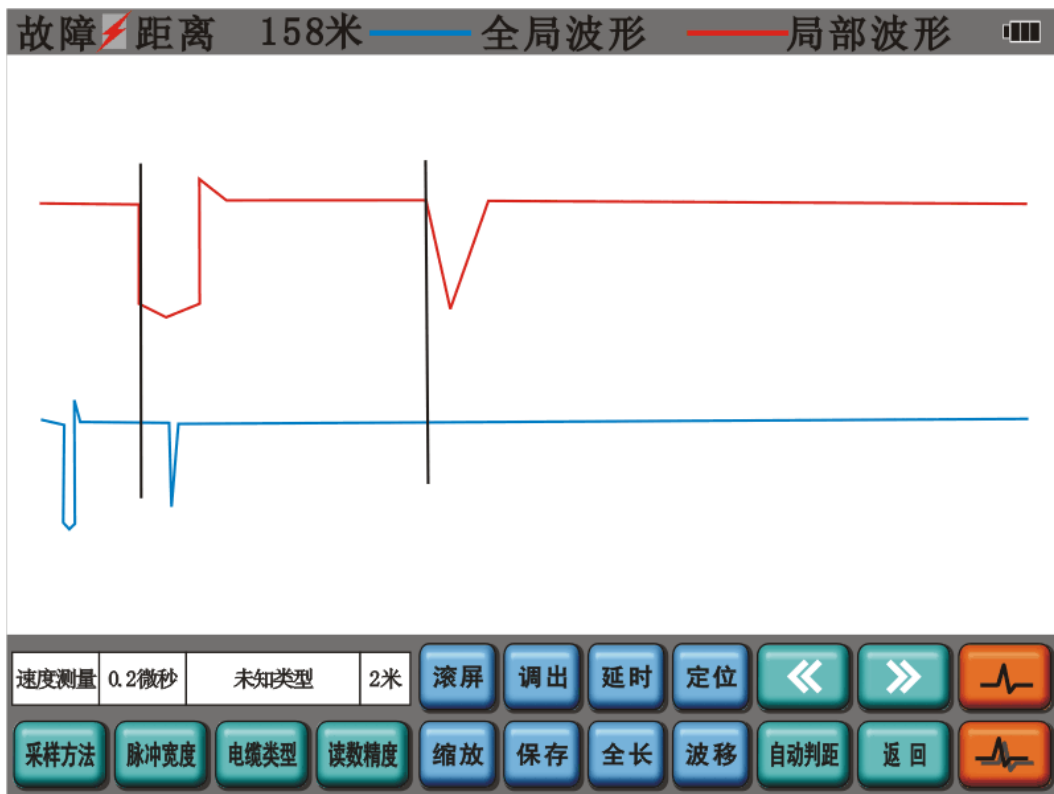
不同厂家生产的电缆，尽管型号相同，因为工艺和介质配方的差异，会导致电波传播速度的差异。如果直接使用仪器给出的平均电波传播速度，会造成一定的测试误差。为了更加精确地测试故障距离，往往需要重新核对（测试）该电缆的电波传播速度。

电波测速的方法如下：

A. 首先选一段已知长度被测电缆。如果此次被测电缆的长度为已知，也可以用此电缆进行测速。

B. 仪器进入设置界面后，按“采样方法”后选择“速度测量键”。选取适当的采样频率和脉冲宽度。仪器的测量夹子线接在被测电缆的芯线和外皮上。按“电缆长度”键，弹出对话框，填写电缆长度值，按“OK”键。点击“采样”键 ，仪器屏幕将显示低压脉冲开路测试波形，通过游标定位仪器将自动显示所选的电缆的测试速度。

170米/微秒



图十三 测速时的画面图

## 七. 仪器使用注意事项:

1. 在进行故障测试前应仔细阅读仪器使用说明书, 掌握好操作步骤和仪器的安全接线。

2. 本电缆故障预定位测试主机的主要特点之一是无外接电源, 设备全部由机内内置电池提供。这给仪器的使用带来很大的方便, 提高了安全因素。机内电源电池的状态由荧屏右上方电池电量显示百分比。不足时(大约 10% 时)会有声音提示。在每次到现场测试电缆故障时, 必须将测距主机的电池电压充足。电池电压充足以后可以保证正常工作 2 小时以上。仪器在使用时可接交流电源进行浮充使用。但是在进行高压闪络测试时, 必须与外部交流市电完全断开。

3. 由于仪器在冲击闪络(多次脉冲法)状态工作时, 电缆地线到高压设备间的连接地线上将产生数千伏的瞬时高压, 仪器的“中央控制单元”接地线时, 一定要将仪器地线直接接到系统地上而不能接在别处。否则在进行冲击高压时有可能造成仪器死机, 甚至损坏仪器。

4. 仪器属高度精密的电子设备。非专业人员千万不要轻率拆卸。仪器有问题, 请及时与经销商或本公司联系。如因人为因素造成仪器损坏, 将使你失去仪器保修的权利。

5. 使用人员应具备高压设备操作常识, 并接受本仪器使用培训。使用中应注意高压防护措施, 定期对设备和高压部件检测维护。

## 八. 测试的操作技巧:

尽管低压脉冲测试波形极易判断、准确性也较高，但要获得一个较为理想、方便判读的波形还需掌握一定的技巧才能应用自如。

1. 冲击高压的幅度一定要高，必须保证故障点充分击穿。否则采集不到故障回波的。这时只能看到两个终端开路波形。故障点击穿后，屏幕上显示的两个波形是有区别的。下半部波形是用低压脉冲法测得的电缆开路全长波形。上半部波形是故障点被高压击穿电弧短路时用低压脉冲法测得的短路故障波形即多次脉冲波形。故障回波的极性一定向上，与开路全长的终端反射回波的极性相反。且标定的距离一定小于电缆全长。

2. 按照电缆长短故障距离的远近选择“脉冲宽度”。对于远距离故障，由于回波较弱，其回波前沿拐点变化园缓，判断故障拐点的起始点有一定困难，此时应选择宽脉冲。测试时应将两次测得的脉冲基线重合起来。其故障回波基线的前沿与全长波形的基线分叉处，用游标卡在该处，也可较精确测得故障距离。

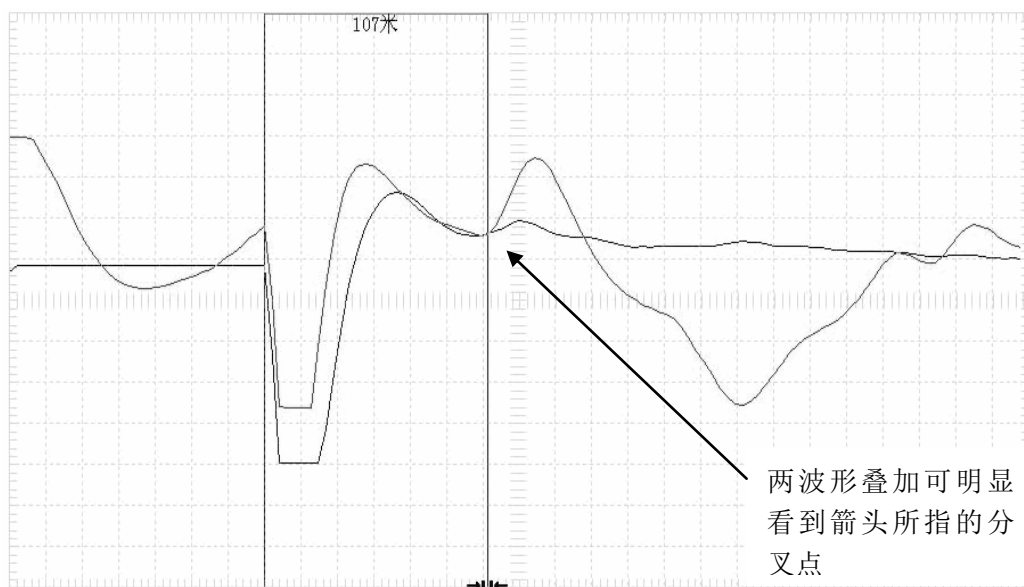
3. 有时电缆故障点就在始端或近始端，多次回波脉冲极端靠近发射脉冲前沿，要精确读出故障距离也是有一定困难的。值得注意的是，多次脉冲基线上没有电缆全长信息。可以说明此次测试的波形是可信的。所以，追求精确的故障距离读数已经没有必要。直接到故障电缆始端附近定点即可。

4. 由于多次脉冲产生器接入电路后会产生一定的电压降，冲击闪络时电缆故障相上得到的电压实际上要比高压发生器输出的电压低得多。例如电流取样法时冲击电压加到 30KV 才能将电缆故障点击穿。而使用多次脉冲法时，有可能将冲击电压升高到 35KV 才能达到同样的击穿效果。如果所加的冲击电压过低，将看不到故障点的击穿回波，上下两个波形是完全一样的。

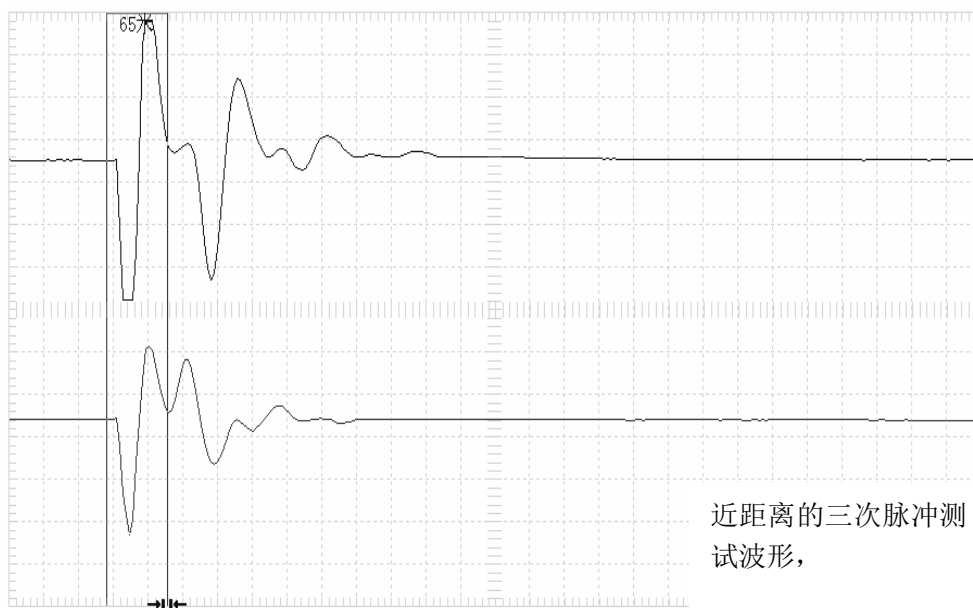
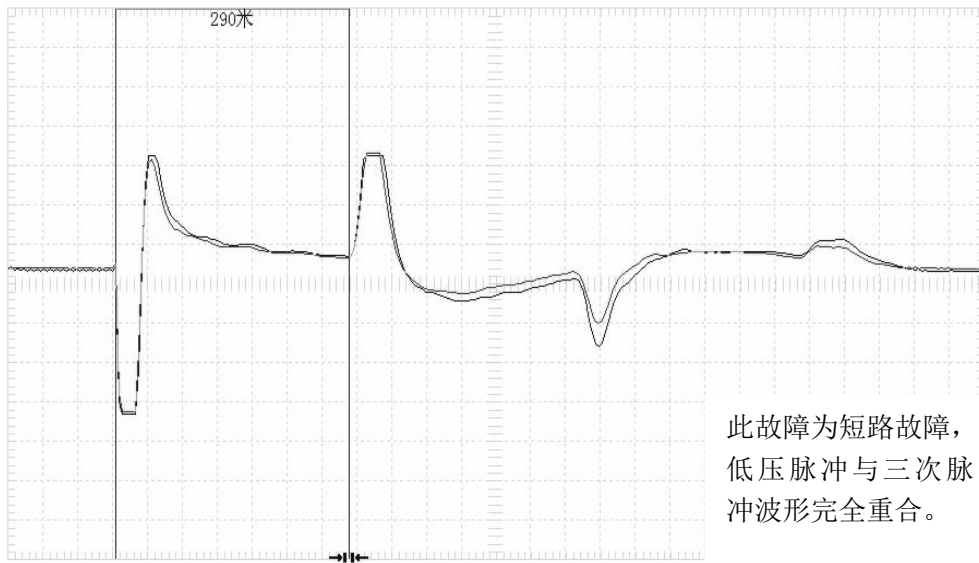
6. 对于短距离电缆故障，故障回波与发送的测试脉冲靠得很近，此时应进行波形扩展，必须将上下两个波形严格重叠才能读出故障距离来。

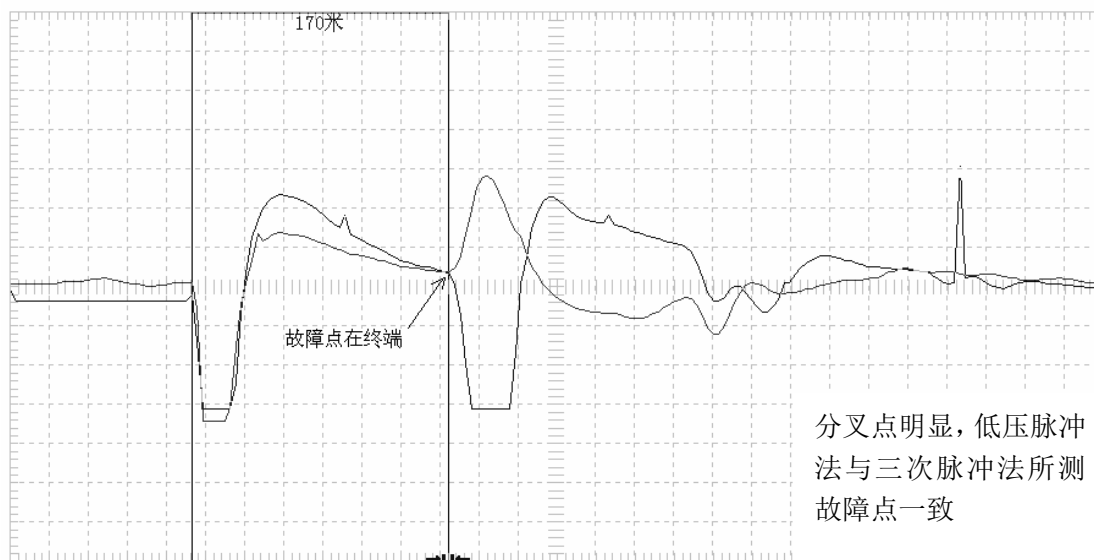
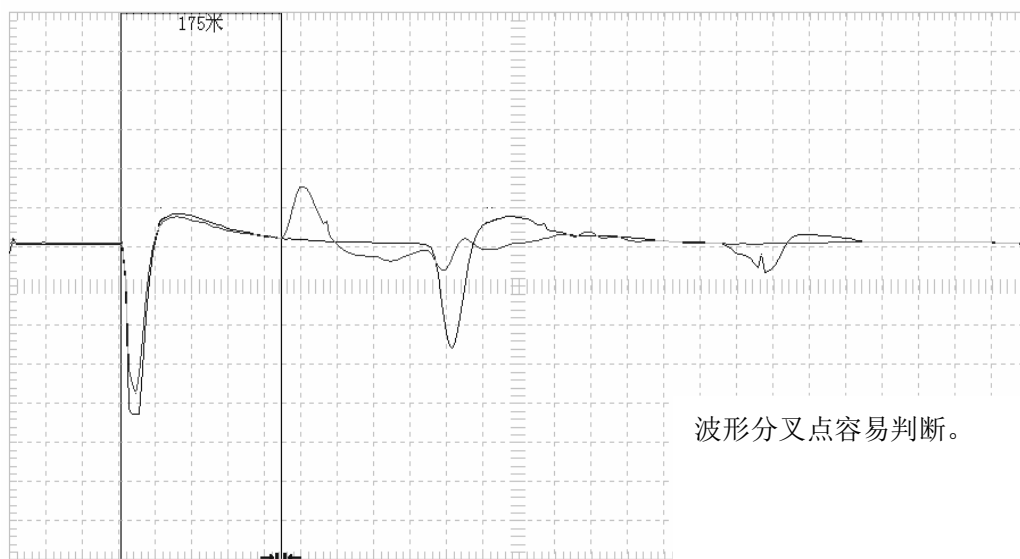
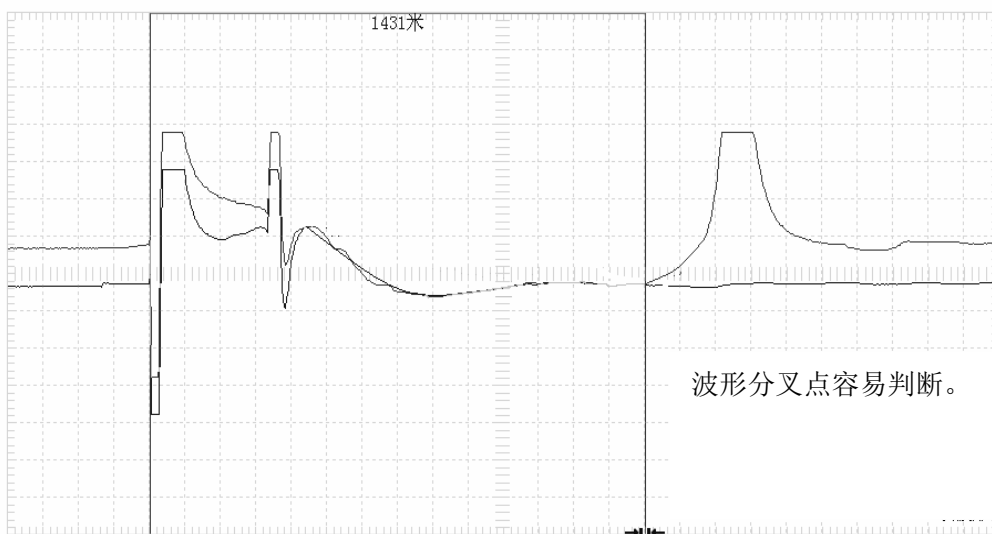
### 7. 波形分析技巧:

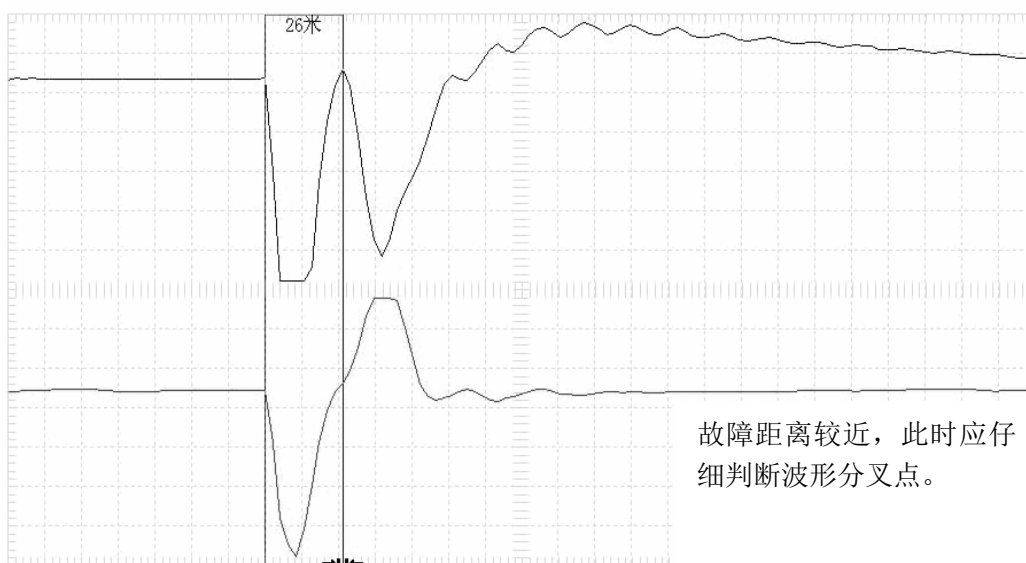
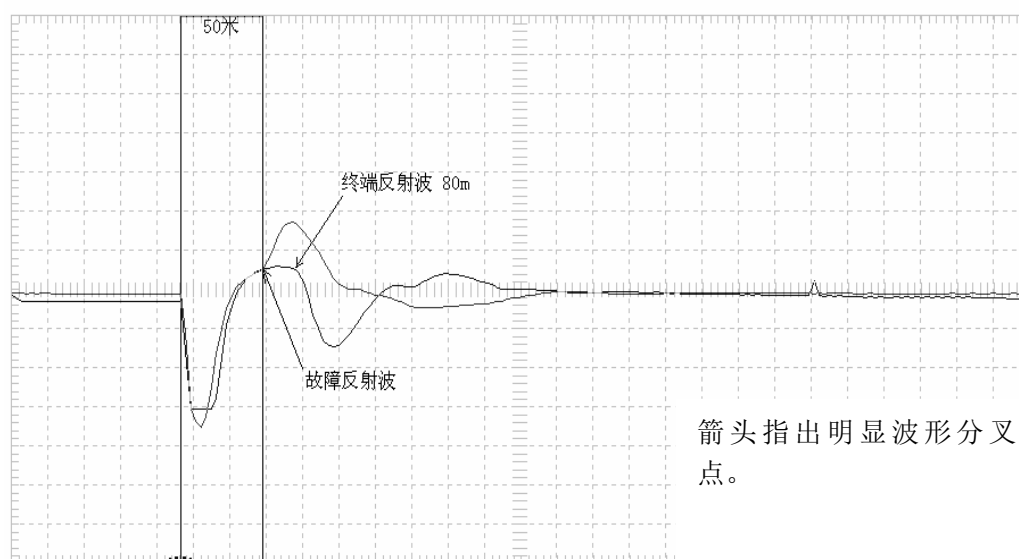
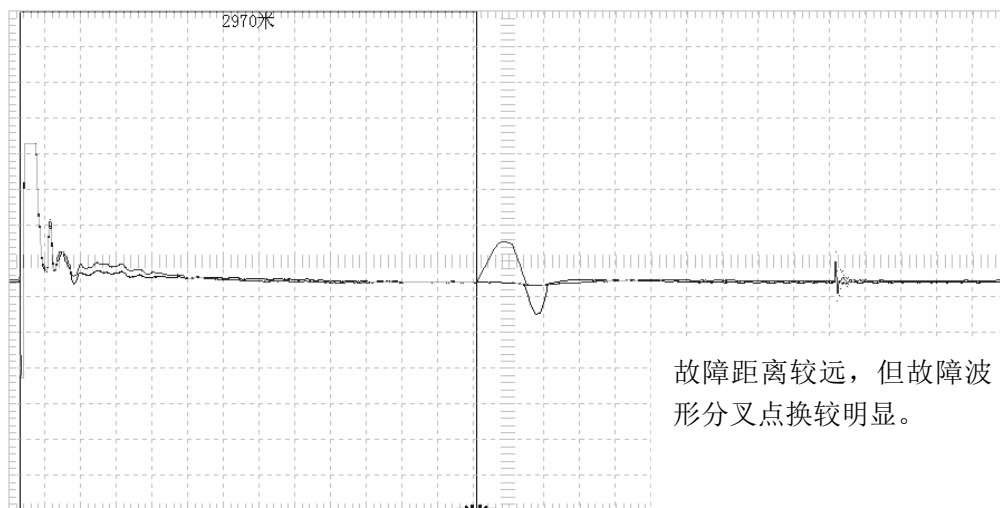
尽管从上面介绍已经掌握了仪器的基本规律，但还得通过以下部分现场实测波形的具体分析来提高故障点距离的准确判断能力:

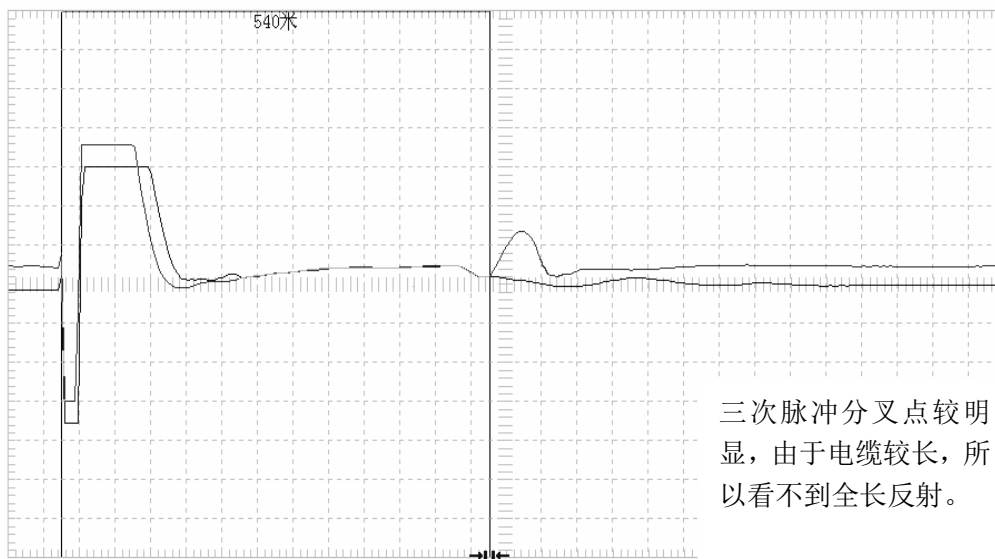
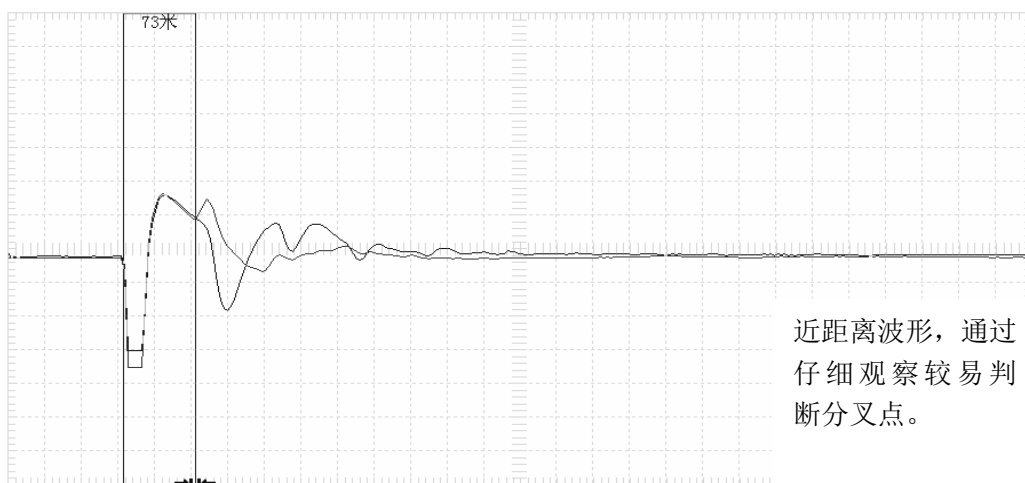
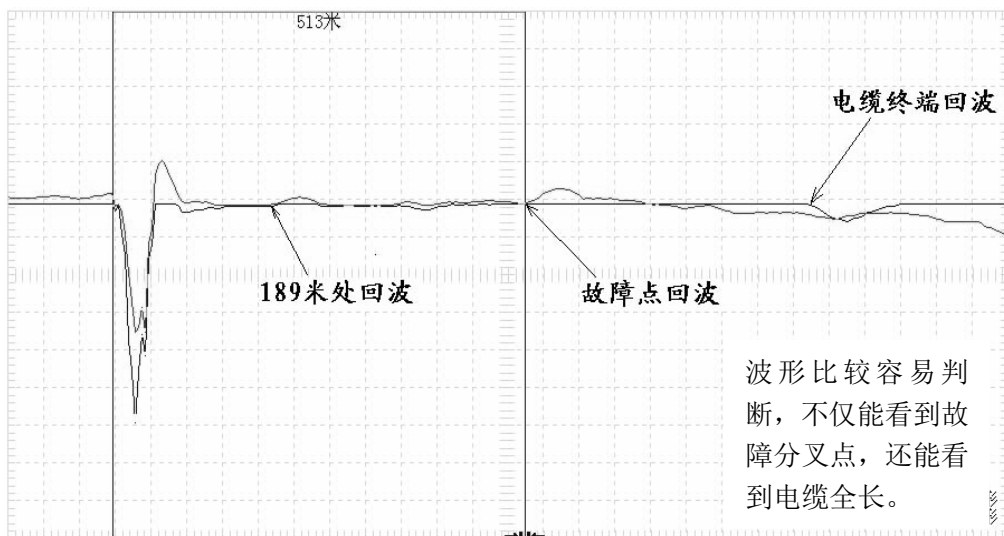


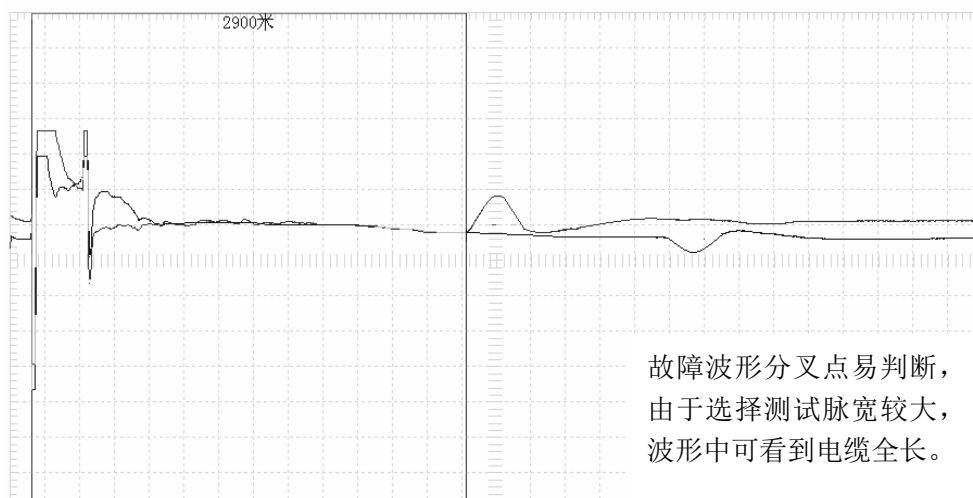
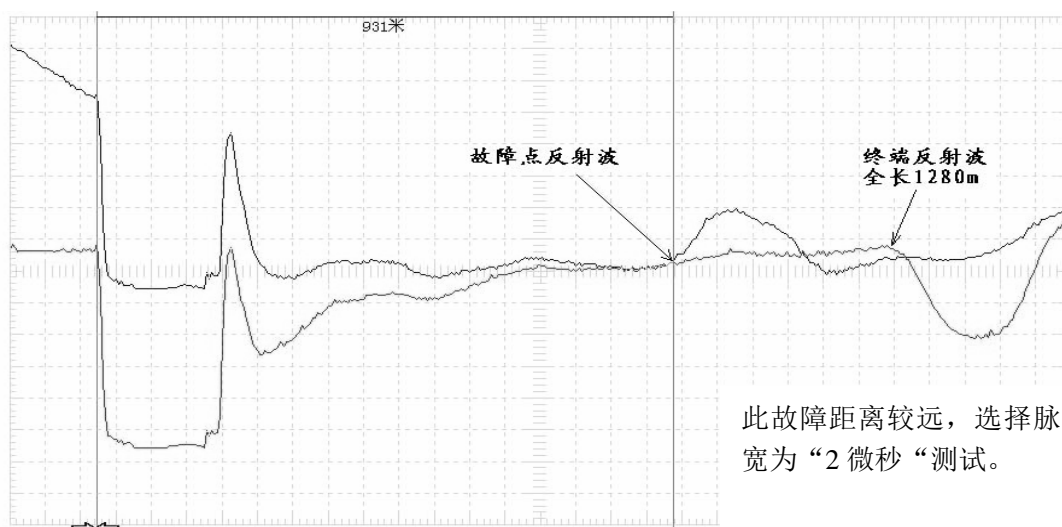
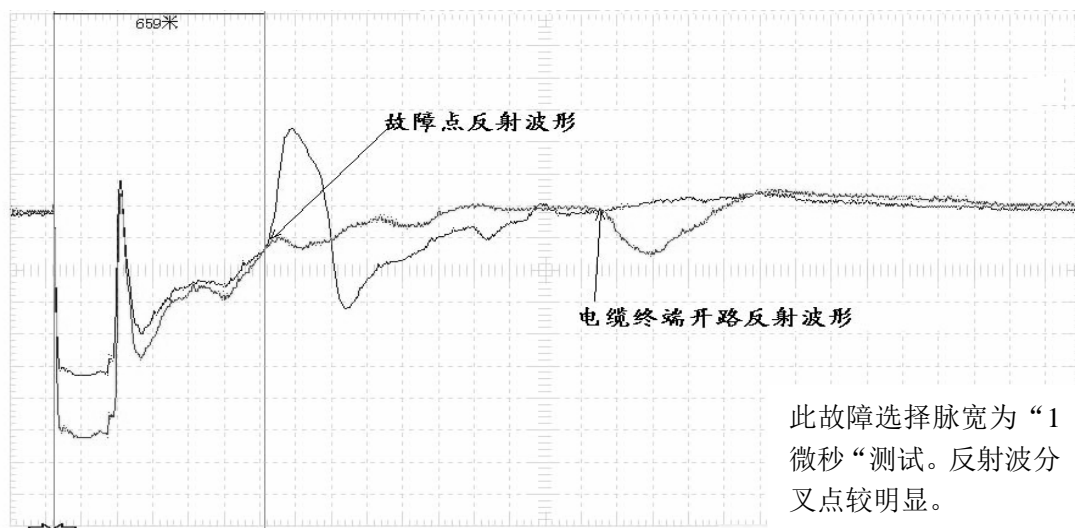














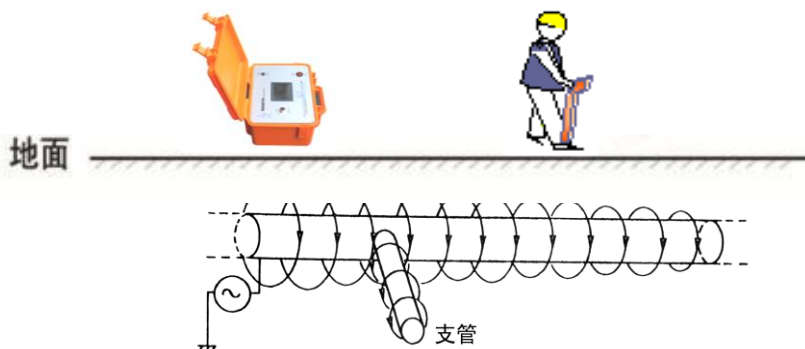
# TDGX-3000 地下管线探测仪使用说明

## 第一章 仪器简介

### 1、工作原理

TDGX-3000 地下管线探测仪是以电磁波在传输过程中的反射原理和电磁感应原理为基础，结合数字滤波、无线接收、软件控制而设计的高科技产品。

电磁感应：其基本工作原理是：由发射机产生电、磁波并通过不同的发射连接方式将发送信号传送到地下被探测金属管线上，金属管线感应到电磁波后，在线缆表面产生感应电流，感应电流就会沿着金属线缆向远处传播，在电流的传播过程中，又会通过该线缆向地面辐射出电磁波，这样当地下金属管线测试仪接收机在地面探测时，就会在地下金属管线正上方的地面接收到电磁波信号，通过接收到的信号强弱变化就能判别地下金属管线的位置和走向。如下图所示：



此原理实现的条件：首先，要有能发出足够电能的信号源，在具备传输电能的线路中形成电流，电流在流动过程中又在该线周围产生磁场；其次，要有能接收这一特定磁场的电路，把磁场的变化过程以电信号形式显示出来。

### 2、仪器特点

#### 2.1 发射机特点

- 1) 具有方便用户的软件和全中文菜单。按键定义简单明了。测量方法简单快速。
- 2) 恒功率输出、自动匹配，保证本机工作在最佳状态。内置绝缘回路电阻表功能，自动测量金属管线对地及相间的环路阻抗，可协助判断金属管线绝缘性质。
- 3) 查找金属管线路径成功率、测试精度及测试方便程度优于国内任何一种检测设备。

- 4) 仪器具有强大的数据处理能力和友好的显示界面
- 5) 内置锂电池供电，可在无电源环境测试金属管线的路由，保障日常工作。

## 2.2 接收机特点

- 1) 便携轻巧，使用方便，充电锂电池供电，一人即可操作，使用简单。
- 2) 数字化设计，软件控制，性能稳定、可靠。
- 3) 所测信息以数字大小、升降光栅长短、声音缓急三种方式提供给操作者，使测试过程轻松自如。
- 4) 接收机具有缺电报警和自动关机保护等功能。
- 5) 接收机可接 A 字或探损杆采用跨步电压法定点。
- 6) 接收机可配识别接收耦合钳用于管线鉴别。

## 3、仪器组成

- |                |    |
|----------------|----|
| 1) 地下管线检测仪发射机  | 一台 |
| 2) 地下管线检测仪接收机  | 一台 |
| 3) 接、发通用锂电池充电器 | 一台 |
| 4) 仪器输出线       | 一组 |
| 5) 发射耦合钳       | 一把 |
| 6) 识别听诊器       | 一只 |

## 4、仪器参数

### 4.1 发射机

- 1) 输出信号：四种交流输出模式低频、中频、高频、射频、绝缘回路阻抗测量。
- 2) 输出功率：恒功率输出，高、中、低三档。
- 3) 输出模式：直连法、耦合法、感应法。
- 4) 阻抗显示：0~25000 欧姆。
- 5) 负载匹配：自动调节匹配。
- 6) 显示界面：背光照明，显示输出能量、运行模式、自检状态、负荷电阻等。
- 7) 整机采进口高容量 18650 锂电组，充放电 500 次。工作时间大于 8 小时，电量提示。
- 8) 体积：277x227x153mm
- 9) 重量：3.5kg

10) 工作条件: 温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度 90%。

#### 4.2 接收机

接收机具有“基本”和“外设”两种接收方式, 当模式为“A 字架”模式时, 只有在 A 字架模式才能进入“外设”接收方式。

##### 基本接收方式

1) 接收频率: 接收低频、中频、高频、射频和 50Hz 的五种正弦交流信号。

2) 接收模式: 波峰法(水平线圈)、波谷法(竖直线圈)、深度测量(双水平天线)、电流测量(双水平天线)。

3) 信号界面: 数字大小、梯形光栅长短、声音缓急三种方式同时提示信号强弱

4) 显示界面: 高亮度 LCD, 支持强阳光下工作, 背光照明, 保证夜间正常工作。

5) 增益控制: 手动调节, 动态范围 000——100db。

6) 探测长度: 直连金属管线时, 最长 15KM。.

耦合金属管线时, 一次耦合可测 3Km, 多次耦合无限远。

感应金属管线时, 一次感应可测 300m, 多次感应无限远。

7) 深度测量: 直读探测深度, 范围 000—300cm。

80%法测深度, 范围 000—300cm(耦合)\600cm(直连)

8) 电流测量: 直读电流, 范围 000—999mA。

9) 探测精度:  $\pm 2.5\%+5$  厘米 (0-2m)

10) 电 源: 进口高容量 18650 锂电组, 充放电 500 次。

11) 待机时间: 大于 12 小时, 电量提示。

12) 过热过流: 自动保护。

13) 工作温度:  $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

14) 体 积:  $650\times 110\times 32\text{mm}$

15) 重 量: 1.6Kg

#### 5、发射机仪器面板及功能简介

发射机就是能发出足够电能的信号源, 是本套仪器的核心之一。其功能齐全、智能化程度高、操作简单。

##### 5.1 面板简介

①开关键 ②输出口 ③液晶显示区 ④频率键 ⑤功率键 ⑥充电口

见下图所示

## 5.2 功能简介

①开关键：此开关为自锁开关；按下接通电源，发射机处于工作状态；弹起断开电源，发射机处于关机状态。

②输出口：此接口为多芯专用航空插座；用于改变信号的输出模式。接入直连线为直连模式；接入耦合钳连线为耦合模式；不接线仪器没有任何信号输出。

### ③液晶显示区

频 率：显示当前输出频率；可分别显示低频、中频、高频、射频、绝缘回路电阻测量。在感应模式下只显示射频或高频。

功 率：显示当前输出功率；可分别显示低档、中档、高档。

模 式：显示当前工作模式；可分别显示直连、耦合、感应。

阻 抗：显示当前环路阻抗值；有效显示为 1 欧姆——25000 欧姆。

电 量：提示当前电池电量。

匹配提示：图标移动表示发射机已稳定工作。



④频率键：此键为点动开关；每按一次可改变一次输出信号的模式，由低频、中频、高频、射频循环选择；开机初始为低频。在感应模式下只能选择射频或高频。

⑤功率键：此键为点动开关；输出功率；可分别显示低档、中档、高档。每按一次可改变一次输出功率，循环选择；开机初始为低档。

⑥充电口：此接口为Φ 2.5 充电座；用于连接专用充电器给电池充电。

## 5.3 操作界面简介

频率：显示当前的发射频率；分别显示低频、中频、高频、射频；开机初始为低频。

电量显示：显示当前电池电压。

外部阻抗：显示仪器测量外部金属管线的阻抗。

功率档位：显示低档、中档、高档，开机初始为低档。

输出方式显示：在仪器与外部阻抗匹配过程中，右下角的图标停止不转转，当仪器与外部阻抗匹配好以后，图标开始旋转。

电量：提示当前电池电量；以电池符号表示，全为满电量。

## 6、接收机面板及功能简介

### 1) 面板简介

#### ①液晶显示区

②按键区：音量、背光、电流、深度、模式、频率、增益加/减

#### ③电源开关

#### ④数据通讯口

#### ⑤充电口



### 2) 功能简介




#### ①液晶显示区

频率：显示当前的接收频率；分别显示低频、中频、高频、射频和 50Hz；开机初始为低频。

梯形光栅：表示接收到信号强弱的一种界面，以光栅长短表示信号强弱。

三位数字：表示接收到信号强弱的一种界面，以数字大小表示信号强弱；有效数位 000-999，当显示 999 时为信号过强、超范围显示。还可瞬间显示直测深度值，动态范围 000-999 cm；也可瞬间显示直测电流值，动态范围 000-999mA；

增益：表示接收机当前处理信号的放大倍数，动态范围 000-100db；开机初始为 060db。

模式：表示接收机接收信号的方式，分别显示波峰 、波谷 、外接设备 ；开机初始为波峰。








电 量：提示当前电池电量；以电池符号表示，全为满电量


音 量：表示蜂鸣器当前工作状态，以喇叭符号加线条表示，一条线为低响度、二条线为中响度、三条线为高响度、打叉为关闭蜂鸣。开机初始为中响度。


目标方位：在波谷模式下，偏离金属管线会自动出现左右箭头（→）⊙（←）指向此标识（方位指示）；在金属管线上方箭头自动消失。


## ②按键区


频 率 键 ：此键为点动软开关；每按一次可改变一次接收信号的频率，由低频、高频、工频（50Hz）、循环选择；开机初始为低频。


模 式 键 ：此键为点动软开关；每按一次可改变一次接收信号的方式，由  波峰  波谷、外接设备数  讯口；循环选择；开机初始为波峰。

增 益 键 ：此键为两个点动软开关，箭头向上表示可增加增益，箭头向下表示可降低增益；每按一次改变一个数量，按住不动连续改变；

电 流 键 ：此键为点动软开关，每按一次可直测一次电流值，瞬间显示在三位数字区。

深 度 键 ：此键为点动软开关，每按一次可直测一次深度值，瞬间显示在三位数字区。

背 光 键 ：此键为点动软开关，每按一次可开启、关闭之间切换，开机初始为关闭背光。

音 量 键 ：此键为点动软开关，每按一次可改变一次蜂鸣响度，由中响度、高响度、关闭蜂鸣、低响度、循环选择。开机初始为中响度。

③充 电 口：此接口为Φ 2.5\*5.1 充电座；用于连接专用充电器给电池充电。

④开 关 键：此开关为自锁开关；按下接通电源，接收机处于工作状态；弹起断开电源，接收机处于关机状态，本仪器具有缺电自动关机。

⑤外接设备数据口：此接口为多芯专用航空插座，用于外接 A 字架、探损杆、及识别接收大小耦合钳等外部设备。扩展接收机信号介入的方式。

## 3) 接收机外接设备的操作

### 1) A 字架跨步电压故障定位

接收机**外接设备**模式下直埋电缆故障定位，由发射机向不良电缆发送低频的测

试信号，此信号在不良点流入土壤的电流呈漏斗状分布，跨步电压法正是通过 A 字架寻找土壤中电势最低点或跨步电压零点，精确定点。

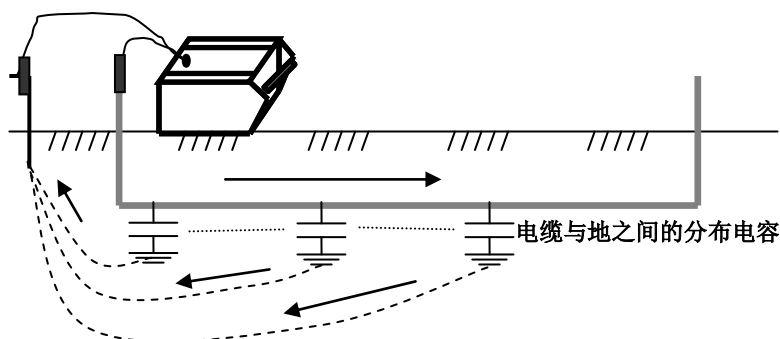
2) 识别接收耦合钳鉴别目标查找所需线缆。

3) 配合听诊器判别电缆运行状态。

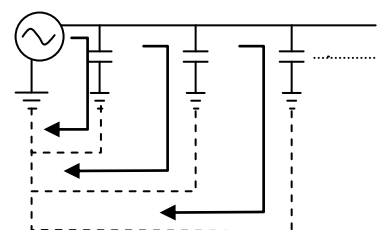
## 7、发射机工作模式

发射机具有四种工作模式（直连法、夹钳耦合法、感应法和回路电阻测量），要保证信号在目标金属管线上可靠传输，线路中必须有可靠的回路。它可以是由大地构成的间接回路，可以由足够长的金属管线与大地间形成的分布电容构成的容性回路，也可以是由线间短路故障点构成的直接回路。不同的回路满足不同的测试，如：带电地下管线测试必须金属管线外铠直接大地回路。

发射机的信号用直连线直接施加到目标金属管线（停电金属管线）上即直连法。直连线分红、黑两线，红线接到金属管线的某一根线上，黑线是仪器工作地线，应单独可靠接地。为保证信号在线路中单向可靠传输，要求至少断开目标金属管线的一端地线，使信号以间接回路或容性回路的方式通过大地回流。如图利用金属管线



直连法容性回路（终端未接地）— 示意图



直连法容性回路—原理图

直接传输信号，传输过程衰减小、信号强、传输远，是信号施加的最佳方法，适用于任何一种信号的传输，是测试的最佳方法。详细操作见第四章。

## 8、接收机工作模式

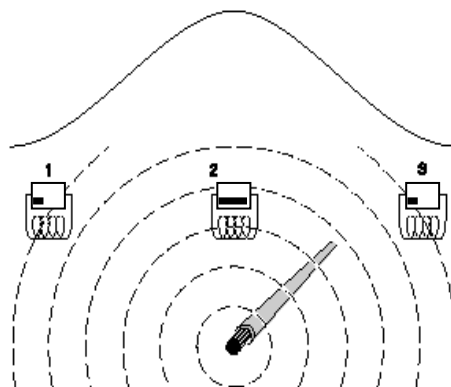
当金属管线被施加信号后，金属管线上就有了电流，同时电流又产生磁场辐射到金属管线周围。磁场的频率与被施加信号频率一致，强弱是以金属管线为圆心递减向外辐射，方向是辐射圆周上某点的切线方向。

接收机通过内部天线，分别接收金属管线辐射出来的磁场信号或泄漏的电场信号，可用五种不同的频率工作模式处理，把信号的强弱变化提示给操作者。

### 8.1 波峰法

在传输某一特定信号金属管线的正上方，接收机测得的信号最强；在同一平面上左右移动接收机测到的信号会随即衰减，故命名为波峰法。其实它是利用接收机内水平天线来感应磁场信号的。

当水平方向的磁场穿过水平天线时线圈中就产生了感应电流，感应电流的大小随穿过水平天线磁场的多少（磁通量）而变化，只有在金属管线正上方时穿过水平天线的磁场是最多（磁通量最大），既接收机测得的信号最强。如图所示：

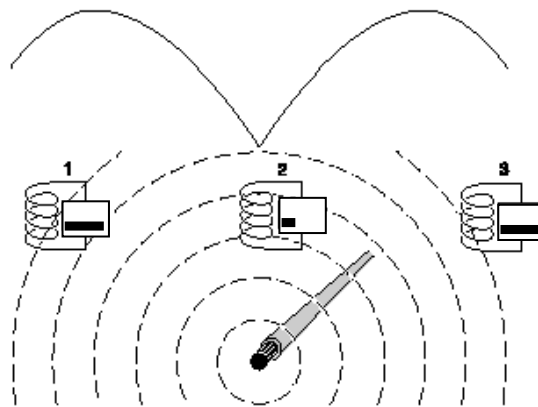


波峰法原理

波峰法适合路径探测、深度测试、故障预判、短路点定位等。

### 8.2 波谷法

在传输某一特定信号金属管线的正上方，接收机测得的信号最弱，在同一平面上左右移动接收机测到的信号会随即增强，与波峰相反，故命名为波谷法。其实它是利用接收机内垂直天线感应磁场信号的。



波谷法原理图

当垂直方向的磁场穿过垂直天线时线圈中就产生了感应电流，感应电流的大小随穿过垂直天线磁场的多少（磁通量）而变化，只有在金属管线正上方或远离金属管线时穿过垂直天线的磁场是最少（磁通量最小），既接收机测得的信号最弱。

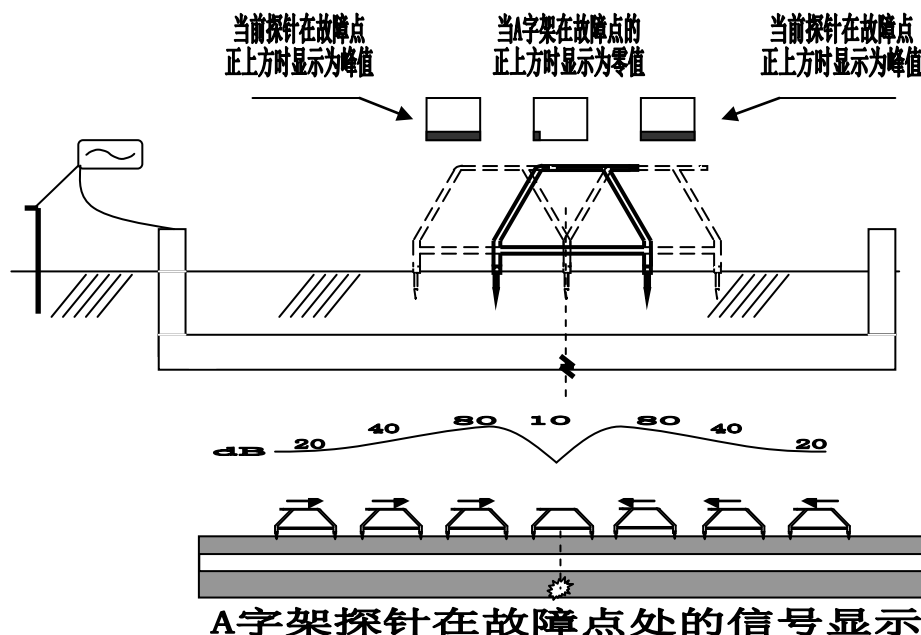
正因为在金属管线上方和远离金属管线所侧得的信号都是弱，所以波谷法在显示上设计了方位指示；适用于对路径的验证及 45° 法测深。

### 8.3 外接法

接收机可通过外接 A 字架、探损杆及接收耦合钳等采集信号扩展功能。

在此模式下外接 A 字架或探损杆，利用 A 字架或探损杆的两个地针测得对大地漏电缆的电势，并传输给接收机比较处理，以信号强弱的形式提供给操作者，再依据跨步电压理论作出判断，实现对大地泄漏故障的准确定位。

跨步电压法精确定点示意图。



从电缆不良点流入土壤的电流如上图所示，土壤表面电位呈漏斗状分布，跨步电压法正是通过 A 字架寻找土壤中电势最低点或跨步电压零点，精确定点。

发射机发送的低频信号在故障点周围产生一个泄露磁场即跨步电压，通过接收机接 A 字架沿电缆路径测量电位的变化情况。当靠近故障点时，电位差将迅速增加，相应接收机的信号强度增大，并在故障点前、后点测量时，电位差达到最大值；当两电极位于故障点正上方而且距故障点前后距离相等时，电位差为零，接收机信号接收最小；当两电极越过故障点后，测量电位由大逐步减小且极性相反。

故障寻测时，先沿电缆路径方向找出极性变化区域，再精确找到“零”电位点，即可精确地找到故障点。若遇多点故障，则可沿电缆路径测数处“极性变化点”，再分别找到数处地电位突变的“零”电位点，以确定各个故障点的精确位。

## 9、附件的操作

**9.1 充电器：**配备锂电池专用充电器为 DC8.4V、1A 智能充电器，具有限流充电、

过流过热保护功能。充电器接 AC220V 市电，指示灯亮绿色，充电头插入主机充电座后，指示灯变红色，表明正在给电池充电；当指示灯再次变绿时，表明充电器进入小电流慢充电状态，一般要求充电时间应达到 8-12 小时。

**9.2 直连线：**将直连线的航空插头插入发射机的输出口，红黑两个夹子分别接金属管线和地。

**9.3 地钎：**直连线的黑夹子与地钎相连插入潮湿土壤，与大地构成回路。

**9.4 发射耦合钳（选配件）：**宽频大开口（125mm）金属管线专用钳。钳体直接出线与发射机相连，用于地下管线信号输出。

**9.5 接收耦合钳（选配件）：**宽频大开口（125mm）金属管线专用钳。钳体直接出线与接收机相连，用于判断地下管线信号识别。

**9.6 A 字架（选配件）：**此件由架体、地针、连线组成

- 1) 架体：可折叠的钢制结构件，按下碰珠可方便打开、折叠；打开成 A 字型，方便使用，折叠成一字型，方便存放。主侧梁上方装有四芯航空座，便于接线。主横梁下方两端装有 M10 螺母，便于连接地针。
- 2) 地针：与架体相连插入土壤或接触潮湿路面，采集土壤中或路面上的电势。
- 3) 连线：两头装有四芯航空头，便于 A 字架和接收机的连接。

**9.7 听诊器（选配件）：**听诊器直接出线与接收机相连，用于判断电缆运行状态的识别。

## 第二章 使用指南

### 1、简言

前两章介绍了仪器及仪器的操作，达到了了解仪器功能和性能及掌握仪器各键作用和界面内容的目的。单独操作仪器是没有任何问题了。但是实际测试和单独操作仪器是两个不同的概念。实际测试是：操作者（人）在一定的环境（现场）下，把发射机、接收机、选配件及金属管线（被测目标）按一定的原理理论，用特定的方法结合起来从发送信号到检测信号再得出结论的系统测试过程。在这个过程中不论哪个环节使用配合不当，都可能造成测试的失败。也就是说（实际测试是）在人



员+仪器+被测目标+所测现场因素的测试系统，操作仪器只是一个重要环节，对金属管线结构、供电方式、接线情况及敷设环境等因素的了解一样重要，了解的情况越多越有利于测试的结果。本章总结和一般常规现场介绍本套仪器的各项测试过程。

## 2、路径的探测

### 2.1 条件：

- 1) 必须是不带电的金属管线。
- 2) 至少知道金属管线的一个端头，并将已知端头与系统分离，包括零线和地线。


### 2.2 信号施加：（发射机）

- 1) 发射机的功率输出有三种，分别为：低档、中档、高档。
- 2) 发射机有 4 个发射频率输出，分别是：低频、中频、高频、射频。
- 3) 直连线多芯航空头与发射机多芯航空座（输出口）相连。
- 4) 红夹子接到被测金属管线某一相上；如果条件具备，可将此相的另一头接地。  
（形成间接回路）效果更好。
- 5) 黑夹子是发射机的工作地，接地点的选择原则是不能让回流信号从本金属管线中回流，尽量减少回流信号对测试的影响。一般要求单独作接地极，方法是把地钎远离金属管线插入潮湿的土壤中即可，当金属管线与系统完全分离后，接地点可选系统地。
- 6) 接好线后按下电源开关，发射机按下确定键开始工作，自动检测环路阻抗，保证工作在最佳匹配输出状态，当液晶右下角图标开始旋转标示发射机输出信号，表明发射机正稳定工作，此时观察环路阻抗值，一般在  $1\Omega - 3K\Omega$  为合适，如果超过  $3K\Omega$  以上，说明阻抗过大，线路中的信号很弱，应从以下三方面来调整改善。  
第一、改善接地极的接地条件，加湿或改接系统地。  
第二、把金属管线所施加信号的相在另一端接地。  
第三、调整频率，将开机时的低频改成高频（注：直连法测金属管线时高频足以满足测试）
- 6) 功率开机时为低档，直连探测低档功率完全满足。

### 2.3 信号搜寻及跟踪。（接收机）

- 1) 手握接收机提把，手腕手臂放松机体自然下垂，拇指操作按键，离开信号施

加点一定距离，目的是避开接地极及地线，避开配电柜及建筑物等障碍。

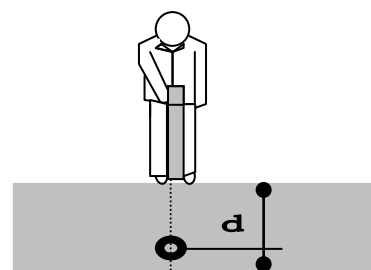
- 2) 按下电源开关，模式选波峰  (开机初始为波峰，可不用再选) 频率与发射机对应，面向信号施加点，机头指向金属管线起端。并绕着起端搜寻信号。开机初始增益为 60db，在此增益下，如果搜寻到信号三位数字显示 999 光栅显示满，则降增益，使得数字显示在 800 左右。光栅不满幅，此时保持增益不变再继续搜寻，如果三位数字再显示 999 则说明此处的信号比上次搜寻到的要强，再次降增益使数字显示再次到 800 左右，如此搜寻一圈，最后确定最小的增益，最强的信号处下方就是该金属管线位置的一个点。这个过程是搜寻传输施加信号的金属管线所辐射出二次磁场，排除因地线串干扰非目标金属管线的二次磁场。
- 3) 保持当前增益不变，以当前接收到的信号强度为基准（三位数字值）以该点位轴心转动接收机，接收到的信号会随转动而减弱，当减到最弱时，机头的指向与金属管线在该点的走向成  $90^{\circ}$  角。继续转动接收机，接收到的信号有又会随转动而增强，当增强到与基准值相同时，机头的指向就是金属管线的路径方向，沿着机头指向跟踪着最强信号向前走，就探测出了金属管线的准确路径，这个过程就是信号的跟踪，同时也就探测出了路径。

### 3、深度测试

深度测试是在路径探测状态下同步完成的，具体操作如下：

#### 3.1 直读深度（波峰法）

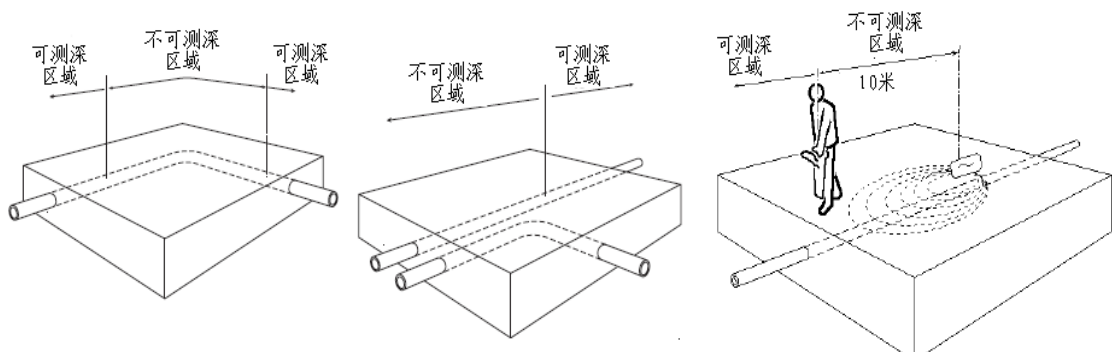
- 1) 接收机置于金属管线正上方，机头指向地下管线方向，保持机器稳定不动；
- 2) 调节增益，使三位数字值显示在 700—900 之间；
- 3) 按一次深度键，立即松开，过几秒钟后，在三位数字区显示出深度值单位cm，几秒钟后又回复到三位数值（表示信号强度）；
- 4) 如果没有看清深度值可以再次重复 3)；
- 5) 按一下深度键后，有时显示—cm，表示埋深超过 300 cm 超出直读范围，或者信号受到干扰，这是可以降低增益再次测试。
- 6) 测深时，不要在转弯，高低起伏和故障点处测试，这样会造成测深误差过大，



直读深度示意图

或测试失败。

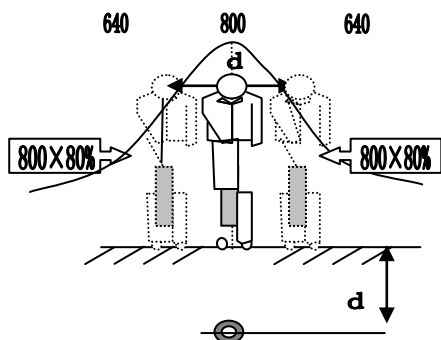
- 7) 直读测深的方法虽然简单,但要获取正确结果需要一定的条件,否则测量精度不高,甚至得到错误结果。应用直读测深的条件之一是此时的波峰值和波谷测得的路径要基本重合,否则误差会很大。其二是直读的深度受金属管线埋设土壤的湿度,以及检测信号的频率,一般土壤湿度越大、检测频率越高,误差就大。通常低频直读测深精度高。
- 8) 如果测试环境理想,深度测量的精度应为管线埋深的 $\pm 5\%$ 。然而,有时可能不知道现场条件是否适合深度测量,所以应该采用以下的方法来检查测试深度值:
- 8.1) 检查深度测量点两边金属管线的走向间至少有 10 米是直的。
  - 8.2) 检查 10 米范围内信号是否相对稳定,并且在初始深度测量点的两边进行深度测量。
  - 8.3) 检查目标金属管线附近 3 至 4 米范围之内是否有相邻的干扰管线。这是造成深度测量误差最常见的原因,邻近管线感应了很强的信号会造成深度测量误差。



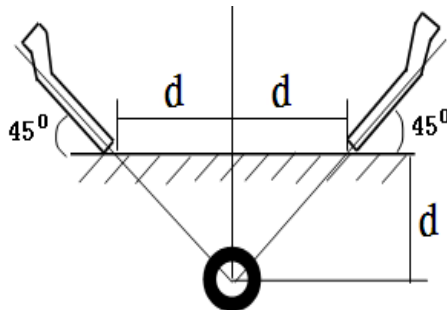
### 3.2 80%法测深（波峰法）

- 1) 接收机置于金属管线正上方,机头指向地下管线一致,保持机器稳定不动;
- 2) 调节增益,使三位数字值显示在 700—900 之间比如当前显示为 800.
- 3) 以当前显示的值为基数,乘以 0.8 得出一个新值比如  $800 \times 0.8 = 640$ ,这个值并不在液晶上显示,而是在测试者心中记住。
- 4) 此时接收机沿垂直于路径方向,保持同一水平位置,左右各移动一次,每移动一次到液晶三位数字值,心目中的值时,比如 640 即停止移动,并记下这两次移动的位置点

5) 用尺子或目测这两点的距离，即为金属管线的埋设深度。



80%测深示意图



45° 法测深示意图

### 3.3 45° 法测试（波谷法）

将接收机移到所需测试点，确定金属管线的正确路径，如上图 45 度法测深。用波谷法尽可能精确的标出线缆的路径。把接收机的底端放在地面上，使得接收机与地面成 45 度角。移动接收机离开管线路径，接收机移动的路径同管线路径保持垂直，当接收信号指示为最大时，接收机同地下管线的距离就是金属管线的深度。在管线的另一方重复上述步骤，测得的距离值应该相等。当金属管线两侧测得的深度值不相等时，表明有别的管线或金属物质。

### 3.4 50/60Hz 信号的测试（接收机）

接收机能探测运行金属管线的 50Hz 频率。这种工作方式对于区分地下主、次带电金属管线及不带电金属管线及金属管道探测有很实用的用处。将接收机的工作频率选择为 50Hz 频率，工作模式为波峰法或波谷法。由于这种工作方式快捷而有效，因而比较实用。在这种方式中，不需要使用发射机。

## 4、故障点的定位

电缆的敷设方式是多样的，有直埋土壤中的，有穿管的，有敷设在沟道中的，不论哪种敷设方式对测路径，侧埋深都不受影响，用同样的方式即可完成，但是对测故障和故障点定位就不同了，不但受埋设方式的影响，而且也受电缆电压等级的影响，一般情况下，10kv 及以上电压等级电缆不提倡用本仪器测试故障，而 500v 电压等级电缆应优先考虑本仪器测试故障。值得一提的是，利用本仪器解决 500v 电压等级的直埋电缆，地埋线及路灯线路故障是最佳选择。以下就介绍故障点定位的几种方法：

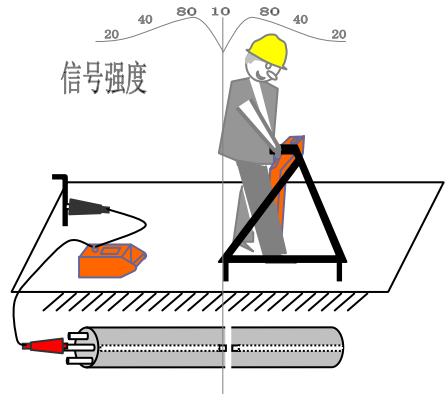
#### 4.1 “A”字架定故障点

“A”字架定点是以跨步电压为理论根据的。也就是说不论电缆出现什么故障，只要对土壤有漏电就能用“A”字架准确定出故障点位置，具体操作是：

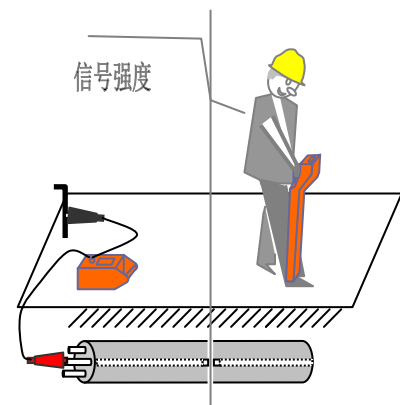
1) 发射机接直连线红夹子接有故障的相（线），黑夹子单独接地，并且接地极距测试点越远越好。

2) 打开发射机开关，选择定点模式，频率选低频、功率选高档，待发射机测阻抗稳定后，观察阻抗值，一般应小于  $3000\Omega$ ，阻值越小越有利于测试。

3) 接收机频率选择与发射机对应（低频），模式先选波峰查找路径；调整增益，使读出的信号强度值在 900 左右，光栅结合部有开口为易；沿信号的最强点走下去就是电缆路径。需要测深时，将接收机稳定放置，按一下深度键，几秒钟后自动显示深度值，几秒钟后又回复显示信号强度值（测深时应远离拐弯点、故障点一米以上）；在测路径的同时观察信号有无突变，如果有则把突变点记下，作为可疑点，再用“A”字架测试，确认是否是故障点，如果没有突变点，就用“A”字架把这段（预判的区域）全线测一次。



4) “A”字架的使用：当故障点对土壤有泄漏时，泄漏区就形成了以故障点为圆心的等电势圆周围的梯度电场均匀分布，“A”字架就是要测到等电势圆周，当测到时两针的中心就是等电势圆周的圆心即故障点。怎样算测到等电势圆周呢？它的过程是这样的：将“A”字架与接收机相连，接收机频率与发射机对应，模式选“A”字架模式，增益适当大些 50DB 左右，”A”字架沿电缆走向（在上方、左、右偏移均可）间隔 1 米扎一次，在没有泄漏的地方信号很小，只有几十到 100 左右，当进入泄漏区时，信号会突然增大，信号强度达到 999 以上，此时要降增益，使信号强度显示在 900 左右，再向前移动“A”字架，信号继续增大，说明前针靠近故障点，再继续向前移动”A”字架，信号突然减小，说明故障点在两针之间，信号最小时，故障点在两针中心，再向前移动”A”字架，信号又





突然增大，说明后针靠近故障点。如果再向前移动“A”字架信号会逐渐降低，直到稳定在几十到 100 左右，说明已过故障点，并走出泄漏区。此时可回头再测，直到测出信号有突然增大，突然变小，再突然增大的变化过程。那么突然变小处“A”字架的中心下就是故障点。


#### 4.2 电磁信号比较法

- 1) 这种方法主要是针对断线且对土壤没有泄漏的故障而特用的方法，它要求在测试前必须查明电缆是全断还是某相（线）断，而且要知道断的是哪一相，然后在区域判断准确的前提下，来完成准确定位的。
- 2) 如果是电缆全断，那么测试过程不受负载影响，只需在线路的起始端施加信号，到断线区域内看信号的衰减点即可。
- 3) 如果是某一相断线，那么测试时就要考虑负载和线路的因素了，一般是确定从某个灯杆以后断线，就从这个灯杆口或井处剪断这个断线的相，然后以此点为测试点向断线方向施加信号，到断线区域内看信号的衰减点即可。

#### 4.3 线间短路法

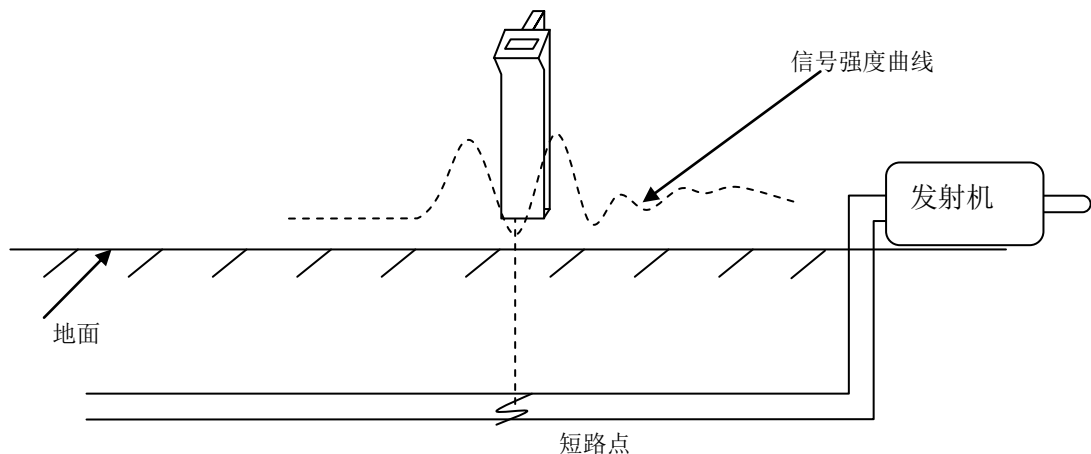
这种方法是针对线间短路且对土壤没有泄漏的故障而特用的方法，它要求在测试前查出短路的两相线，然后在区域判断准确且该段路径准确已知的前提下，来完成准确定位的测试过程。

测试过程如下：

- 1) 发射机直连线红黑两夹分别夹到短路的两相线上，开机频率：低频；功率：低档。
- 2) 接收机频率选择与发射机对应，模式选波峰“”增益适当高些，60DB 左右沿电缆路径上方，接收机的机头指向与电缆走向成 90 度角移动（横切法），当接收机移到短路点上方时，信号会突然增大，再向前移到一点，信号又会突然减小，再向前移动一点信号又会突然增大，再向前移信号又会突然降低，继续向前移动信号强度不会变化，很平稳，不会再有任何波动。这个突大突小再突大的点就是短路点，因为过了短路点信号就不会向前传输和返回即过了短路点线上就没有电流传输，所以接收机就接收不到信号，注意：有时会因为电缆线埋设，结构等因素的影响，在信号施加点和短路点之间会有忽大忽小的波动，但是过了短路点后，就不会有忽大突忽小的波动了，同时也就说明最后一个突变点就是短路点，认识到了这个问题，就不会受信号强度的波动影响定点了如图



所示：



线间短路测试示意图

## 5、故障点的区域判断（路灯电缆专用内容）

是电缆识别的一个扩展应用,用于带有负载线路中判别故障点前后同一相线上信号的变化，主要在路灯线路中应用，以下介绍判别的具体方法：

### 1、断线

断线故障一般不用仪器，通过试送电观察灯亮和不亮或用测电笔测试有无电传导，就能判断出断点的区域在某两根灯杆之间，这种方法简单直观非常有效，也是路灯维护者多年来应用的一种传统的方法，但是在此还是有必要介绍一下。

仪器是怎样判断断点区域的，以单相线路为例加以说明如下图、是一个单相无补偿电容线路的等效图。

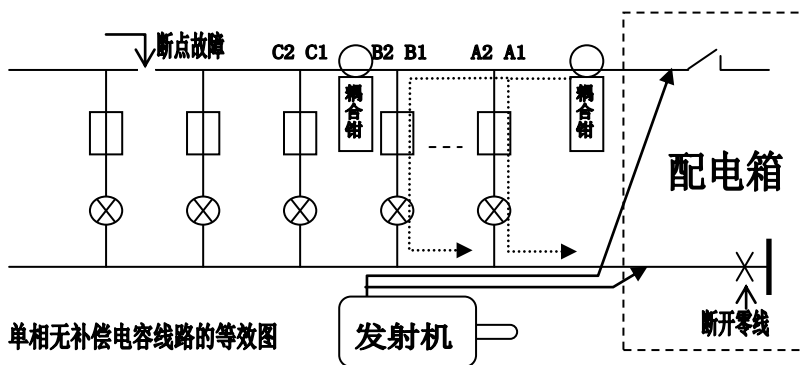
1) 从配电箱中断开开关并拆除零线接点。

2) 发射机的直连线分别

接到断线相和零线上。

3) 开机、频率选低频，功率选高档。

4) 把小耦合钳接到接收

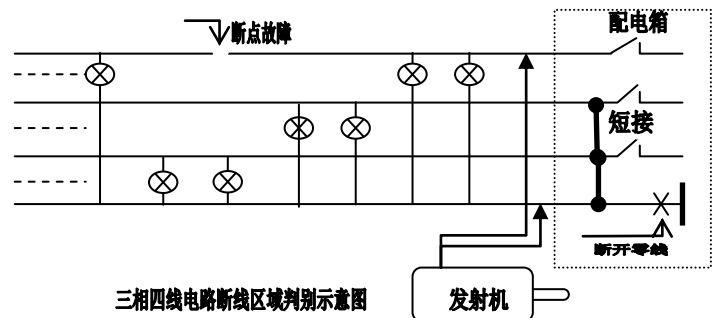


单相无补偿电容线路的等效图

机上， $\Delta$  打开接收机。频率选择与发射机对应（低频）模式选 “ ” A 字架模式（也叫外接设备模式）

- 5) 用小耦合夹钳先卡住发射机的输出线，调节增益取一个基准信号值，一般取 900 左右即可。
- 6) 到某个灯杆口出，打开检查口，分出主干线和上灯线，如图中 A 点，然后用小耦合夹钳卡 A1 点，（上灯线前）读出信号值，再卡 A2（上灯线后）读取信号值，A1 、A2 两点处读取信号是不一样的，应该是  $A1 > A2$  ，这是因为有部分信号通过负载分流的结果。同样到 B 灯杆处测试， $B1 > B2$  说明 B 以前是好的；然后到 C 灯杆处测试如果 C1 有信号，C2 无信号则说明 C 灯杆到下一灯杆之间有断线。

- 7) 如果是三相四线的电路，则需判明断线是哪一相或哪几相，然后将发射机输出线红夹子接到断线上，其它所有线接到一起接黑夹子，实际上是把三相四线转换成单相线路测试（见右图）。



- 8) 测试过程与上述相同。

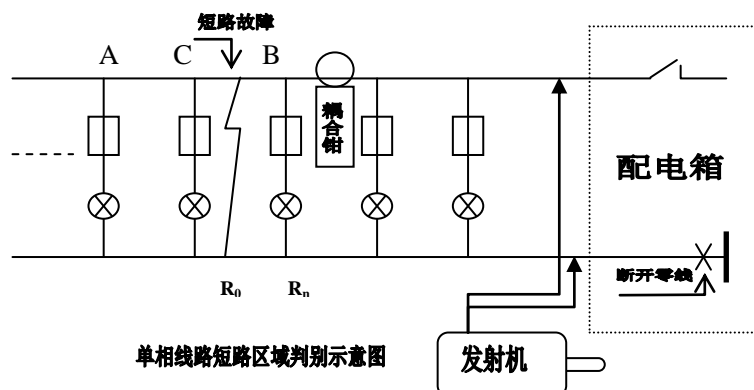
## 2、短路：

线路中有短路故障，则送电是不可能的，如果用传统的电流分析法来判断故障区域是很困难的事，但是利用本仪器可以很方便的准确判断出短路点区域，以某相线与零线短路为例，如下图说明，具体判断过程：

- 1) 用万用表的通断挡测出短路的两线
- 2) 用发射机的输出线红、

黑分别接到短路的  
两线上

- 3) 打开发射机，频率选低频，功率选



低档。

- 4) 把小耦合钳与接收机相连，打开接收机，模式选”A”字架模式，频率选择与发射机对应。
- 5) 先在输出线上取基准信号，降增益，使信号值为 900 左右。
- 6) 到线路的某一灯杆处一般是线路的 1/2 处，打开检查口，如 A 杆测不到信号则说明已过短路点，再回到 B 杆能测到信号而且与输出线上的基准信号差不多，则说明短路点在 B 以前。再到 C 杆测不出信号则说明短路点在 B、C 两杆之间，因为短路处电阻  $R_0 \ll R_N$  灯具的阻抗，所以回路中的电流只能是从发射机发出通过短路点又回到发射机。
- 7) 线间短路的区域判断，不论线路是单相、三相四线，还是三相五线有补电容或没有补电容都可以，只要能确定出那两根线短路就能很方便快捷的判断出短路区域，这是本仪器具体的独特功能，是其它任何仪器无法相比的。

### 3、 泄漏（漏电）

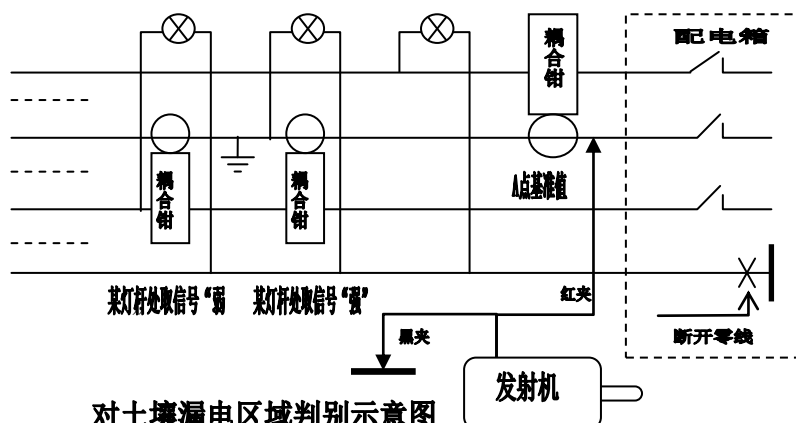
泄漏（漏电）情况比较复杂，因线路的埋设方式不同，接头位置及处理方式不同。可发生线对土壤漏电，对灯杆漏电，线对潮气的漏电等等。现就所提到的这几种漏电形式逐一说明区域判断方法：

#### 1) 线对土壤漏电漏电

一般是直埋电缆容易发生，穿管的线路在管子破损的情况下也会发生对土壤漏电，漏电点一般在直埋的接头及线路受损部位，漏电程度随土壤含水分的增大而加剧。这一点人人皆知，但漏电点的区域及准确位置就的靠仪器测定。

- ① 从配电箱中断开该线路的开关，并拆除该线路的零线，地线可以不拆。
- ② 发射机接上直连线，黑夹子单独接地或接系统地。红夹子分别接电路各相。

看环路阻抗值，当某相对土壤有漏电时，阻抗一般在几十欧姆到一百欧姆之间如果阻抗大于一百欧姆以上，说明该相没有漏电。这个值仅作为参考，它随土壤含水分



量大小而有变化，这个过程是判断漏电的相线。

- ③ 打开发射机，频率选低频，功率选高档。
- ④ 耦合钳与接收机相连，模式选“ $\Delta$ ”A字架模式，卡住直连线红线，降增益，使读出的信号强度值为900左右，保持增益不变，以此信号强度值为基准，第一次先在线路1/2出灯杆口或井测试信号，如果信号衰减不大则说明泄漏点还在前方，反之则说明已过泄漏点，如此测试3到4次就可以初步判断出泄漏点在某两个灯杆之间，如图示意

#### 2) 线间漏电

这种情况一般是电缆内部绝缘不良，穿管线破皮且护管完好。但是在送电情况下很容易行成短路或断线，然后就很容易判断了。

#### 3) 对灯杆漏电

对灯杆漏电是路灯线路中最常见的故障，它不仅影响线路的正常运行，更严重的是对人生安全有影响，这种故障的区域判断同（1）中所述。

#### 4) 对潮气的漏电


这种现象是不多见的，但是在水分或潮气达到一定湿度时也会发生漏电，一般是接头绝缘处理不好，就埋到地下；还有的是穿在管中，有一根线破损，管中进水时漏电，干燥时不漏电。这种故障是不好排除的，因为它不是稳定的故障，随环境变化而变化的软性故障。

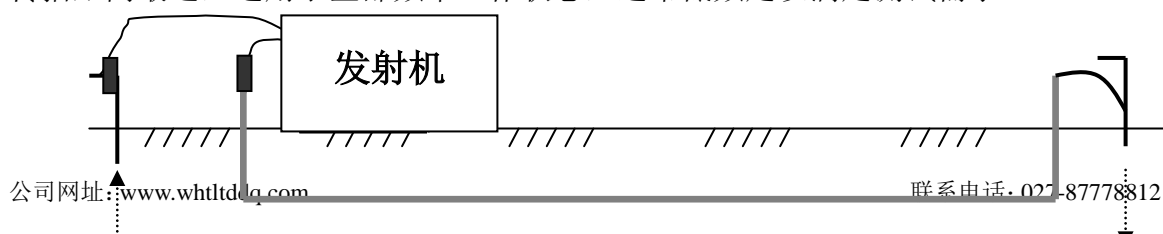
## 第三章 电缆探测的信号发射方法

上一章讲解了仪器的使用方法，本章主要结合使用者在常规现场测试使用发射机与电缆和金属管线的几种接线方法。

发射机的信号发送连接方式：**直连法、耦合法、感应法**。

#### 直连法——最佳方法

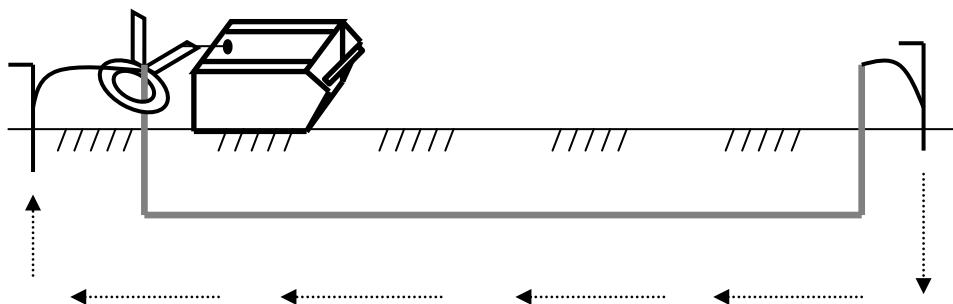
这是最佳的探测方法，发射机输出线红色端直接连接到管线的裸露金属部分（ 切勿将其接入带电运行线路中），另一端接地。此种方法产生的信号最强，传播距离最远，适用于全部频率工作状态，通常低频足以满足测试需求。



### 直连式测试法示意图

#### 耦合法——较佳方法

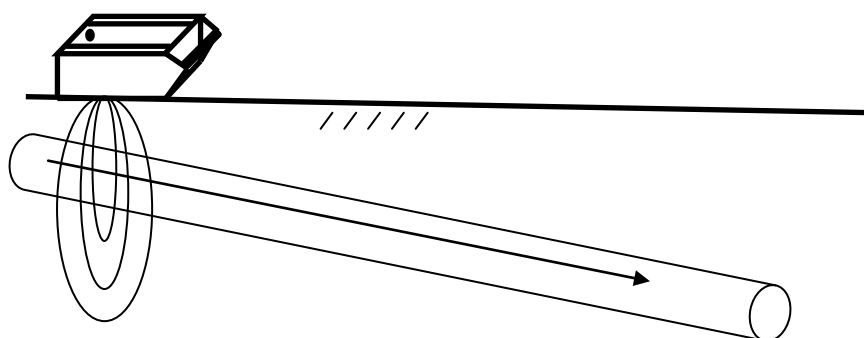
当不能与待测管线直接相连时，可以采用耦合夹钳用耦合法探测。此种方法可以根据现场的实际情况来选择发射频率：低频、中频、高频、射频。当地下管线的近端和远端都接地良好并形成回路，这时就使用低频频率；如果两端接地不良好，回路电阻过大，或者低频信号耦合不上，那就改用高频来测试。选择频率没有固定不变的原则，下面给出了频率选择的基本原则：对于高阻的管线（如：通信电缆，带防腐层的管道和铸铁管）使用高频和射频。要注意频率越高，信号越容易感应到其它管线上，而且信号的传播距离越短。对于一般的管道和电缆的探测，使用低频和中频。这些频率传播距离比较远，也不会感应太多的信号到其它管线上。低频适用于长距离追踪。低频信号传播距离长而且不会感应到其它管线上。低频率信号也适用于长距离而绝缘良好的输送管线。



耦合法测试法示意图

## 感应法——可行方法

在某些情况下，操作者不可能接近电缆来进行直接连接或使用耦合夹钳施加信号，此时可使用发射机内置的感应天线来发射输出信号，将信号感应到被测地下电缆上进行定位探测。首先，将发射机放置于电缆的地面正上方，发射机放置方向应使发射机面板上的指示线与管线路径方向相一致。然后使用接收机在管线上方的地面上就能探测出地下管线位置。这种方法只能使用射频而不能用低频，同时被测管线的两端都必须有良好的接地即被测管线要具有良好的回路。其使用示意图见下图。



感应式测试法示意图

## 1、简言

一般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。

## 2、非运行电缆的信号发射方法

### 2.1、基本接线方法：芯线-大地接法（建议使用低频低档）

芯线-大地接法是对离线电缆（退出运行的不带电线缆）进行路径探测的最佳接线方式，可以充分发挥本仪器的功能，并能最大程度地抗干扰。

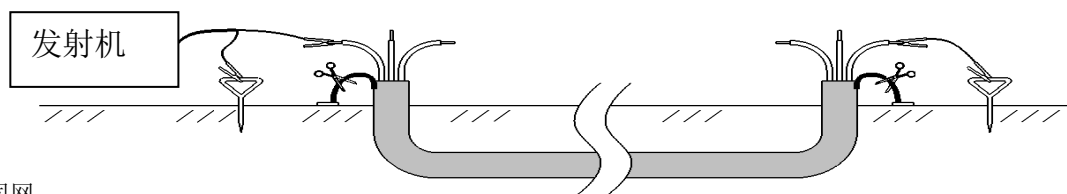




图 2.1 芯线—大地接线法

如图 2.1 所示，将电缆金属护层两端的接地线均解开，低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可以感应到很强的信号，而且在本条电缆上没有感应电流的影响，信号特性比较明确，可以充分利用仪器的电流方向测量功能；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，电容电流即很小，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。

## 2.2、护层—大地接法：（建议使用低频低档）

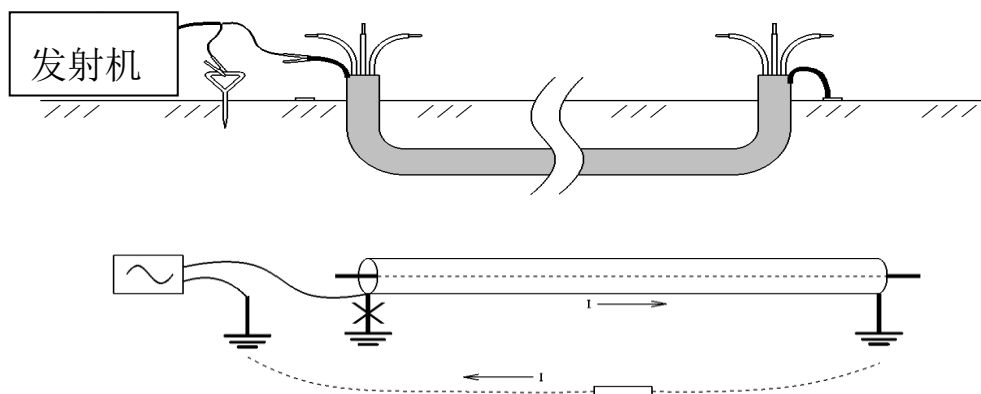


图 2.2 护层—大地接线法

如图 2.2 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。

### 2.3、相线—护层接法：

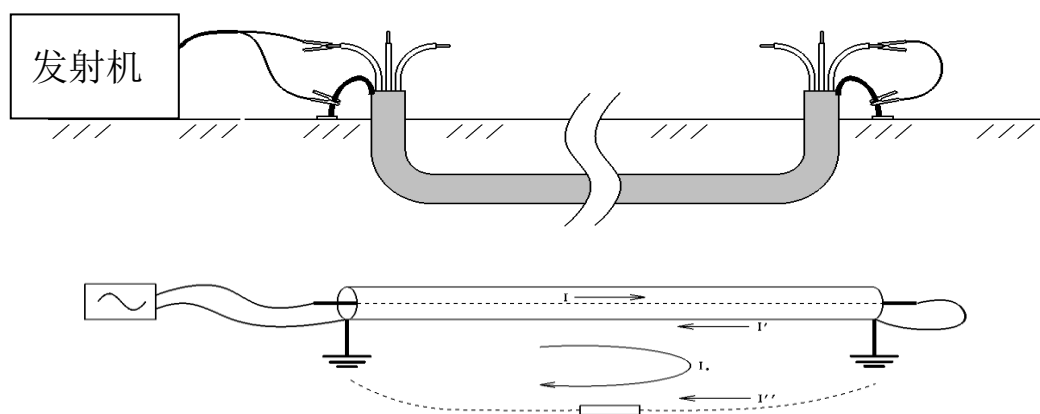


图 2.3 相线—护层接法

如图 2.3 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  $1/3$ 。如图 4.4 所示。

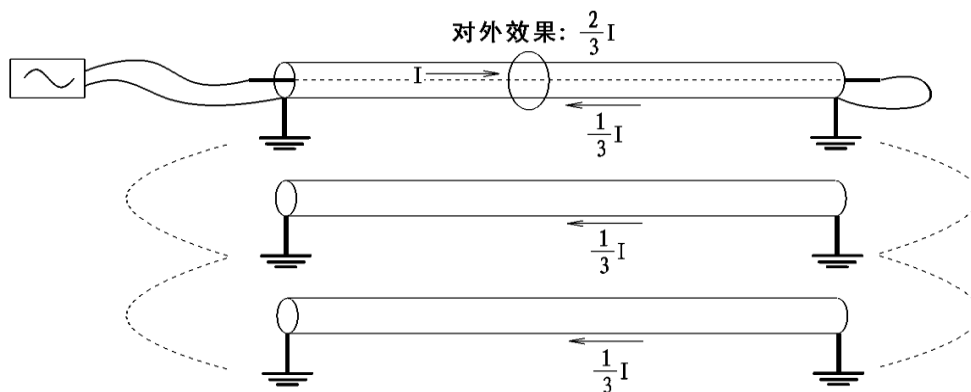


图4.4 并行电缆的分流效果

相线与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，在使用时，有可能无法根据电流大小排除邻线干扰。

#### 2.4、相间接法：（建议使用高频信号）

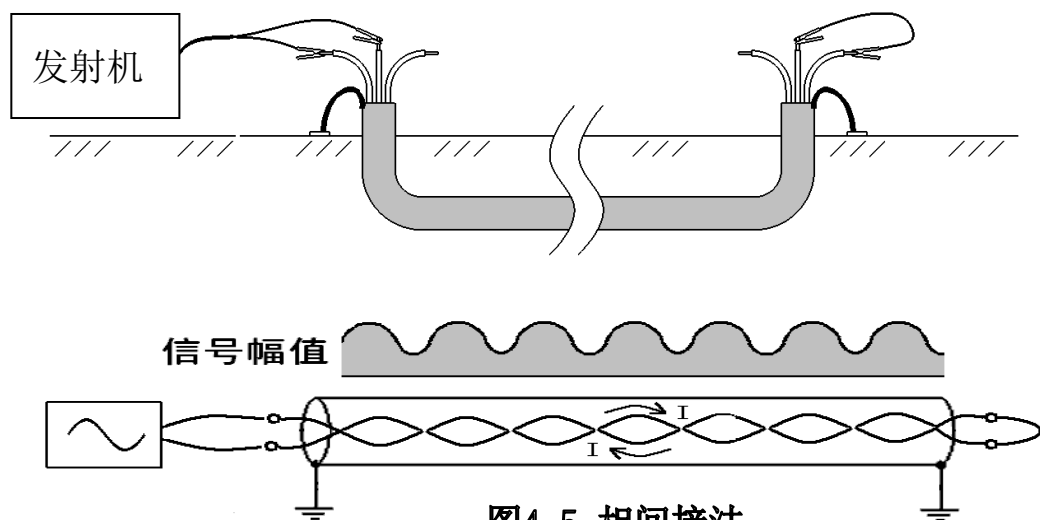


图4.5 相间接法

如图 4.5 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，信号会沿地下管线有周期性的幅值和方向的变化。

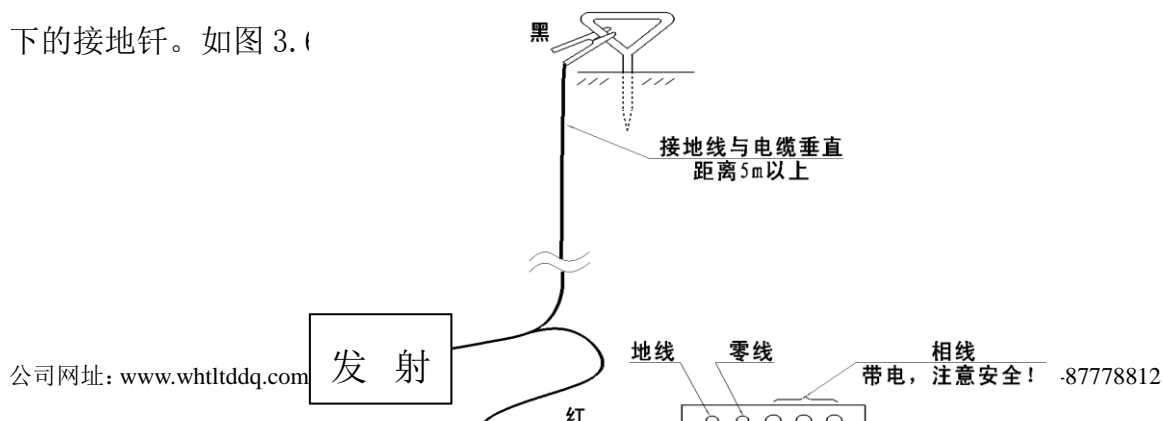
在一个扭绞周期内，对外辐射的磁通因方向连续变化  $360^\circ$  而相互抵消，故不会在护层和大地回路产生感应电流。由于有效信号很小，使用高频信号将比低频信号更易于探测。一般不建议使用者操作此种接发。

### 3、运行电缆的信号发射方法

#### 3.1、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，无法测量。本方法不需要电缆作任何改动，而且注入的是高频信号，不会对运行线路产生不良影响。

在用户端，将发射机的红色鳄鱼夹接零线、地线或护层，黑色鳄鱼夹接打入地下的接地钎。如图 3.1



### 图 3.6 零线 / 地线 / 护层注入法

#### 注意事项:

- 1) 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。
- 2) **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!**
- 3) 接地钎位置的选择: 为保证输出效果,应将接地钎打在距离管道 5m 之外,而且接地线应尽量和管道方向垂直。
- 4) 如果零线在用户端不接地,则优先使用零线注入信号。
- 5) 低压电缆的护层可能不连续,如果护层注入信号太弱,或探测过程中在地下管线某处信号中断,可换用零线 / 地线进行注入。
- 6) 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。

7) 探测高压运行电缆时，如果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。

8) 探测单芯超高压运行电缆时，可使用护层注入法。

### 3.2 夹钳耦合法（效果好，推荐带电运行电缆用此种方法）



图4.7夹钳耦合法

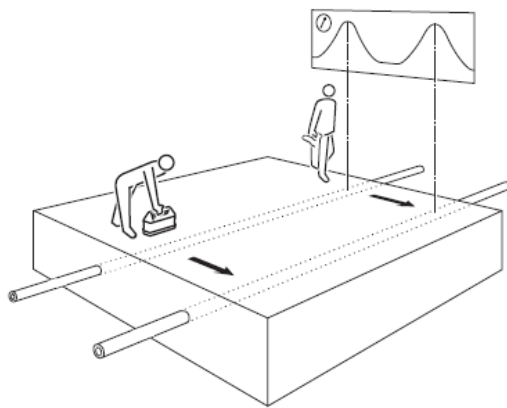
当不能与待测运行电缆直接相连时，可以采用耦合夹钳进行耦合法探测。这时被测电缆的近端和远端都必须接地以形成回路。接线见图 4. 7。

这是一种对运行中的电缆进行探测的方法，尤其是对高压运行电缆的路径查找极为方便。本方法不需要电缆作任何改动，而且可以注入的多种频率信号，不会对运行线路产生不良影响。

### 4、感应辐射法（建议使用射频信号）

当不能接近电缆来进行直接连接或

使用耦合夹钳，此时可使用发射机内置的感应天线来发射输出（射频）信号，将信号感应到被测地下线缆上来进行定位探测。首先，将发射机放置于电缆的地面正上方，发射机放置方向应使发射机面板上的校准线与地下管线方向相一致。然后使用接收机在电缆地面上方就能探测出地下电缆位置，如图 4. 8 所示。



如果是盲测，两个人分别持发射机和接收机，面对面相距 15 米左右，发射机用内置天线射频工作，接收机用波峰法接收方式，在待探测范围内移动，信号强的地方（两个测试者的连线）有埋设的线缆。

### 5、安全警告



- 1) 由于带电运行电缆查找涉及设施及人身安全，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，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测试操作的正确性。
- 3) 如果两条或几条电缆均显示探测信号强弱一样，或者全部显示探测不到信号，且测试电流值不大，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. 地线连接不正确。
  - b. 频率选择错误。
  - c. 探测中没有找到目标电缆，而是只追踪到邻线。
  - d. 信号发射功率方法选用不当。
  - e. 如果还不能判断，请使用其它方法进一步探测！

## 第四章 使用技巧

本章节主要和使用者分享在现场测试过程中的一些使用经验。

### 1、扫测和盲测搜索（感应法）

在一个区域内有很多未知金属管线，在开挖之前要探明这些线缆的位置，以免在开挖过程中损坏这些线缆。感应搜索是探测未知管线的最可靠技术。这种搜索方法需要发射机和接收机并有两个操作员。这种搜索方法被称为“两人搜索”。在开始搜索之前，确定要搜索的区域和管线通过该区域可能的方向。打开发射机，并把发射频率设定为射频。第一个人操作发射机，第二个人操作接收机。两人保持10米距离平行行走或画圆行走测试，当发射机经过线缆时将会有信号施加到地下线缆上，接收机就可以探测到该信号。发射机的方向与估计的管线的方向保持一致。接收机操作者要在搜索的区域的起始位置，接收机的天线的方向保持与可能的地下管线的方向垂直。将接收机调到不会接收到直接从空中传播过来的发射机信号的最高的灵敏度。当发射机与接收机的方向保持正确之后，两个操作人员平行地向前移动，如图6.1。提着接收机的操作人员在向前走动的过程中，前后移动接收机。发射机将信

号施加到正下方的线缆，再由接收机探测到该信号。在接收机探测到的峰值的位置在地面上做好标志。在其它可能有线缆穿过的方向重复搜索。

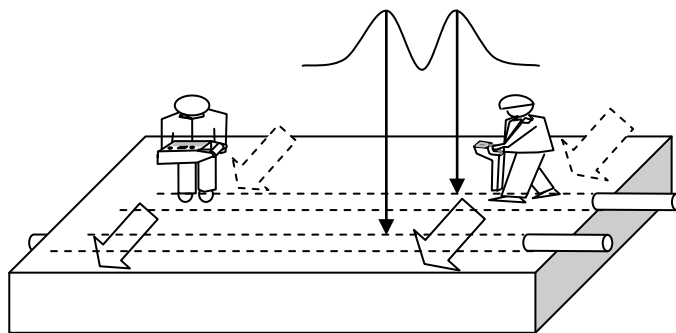


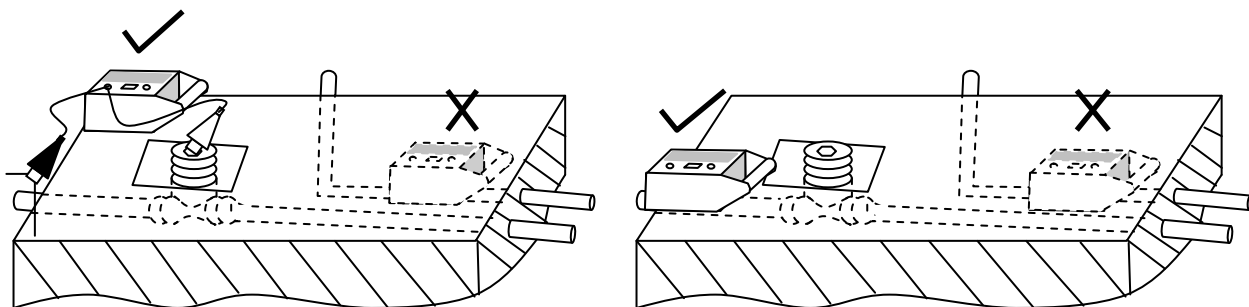
图6.1 扫描和搜索

### 1.1.1 感应技巧：

保持与发射机之间的距离在感应模式下，发射机除了给目标线缆发射信号，还会向空气中发射信号，这可能会给在发射机附近的探测工作造成干扰。要检查接收机探测到的是线缆的信号，而不是直接从发射机发射出来的信号，移动发射机一两米，如果接收机信号也随之移动的话，这表明接收机离发射机的距离太近。另一种检查接收机是否接收到发射机信号的方法是把接收机指向发射机，如果接收机的响应大小不变或增加，说明接收机接收到的是直接从空中传播过来的发射机信号。在这种情况下降低发射机输出功率并降低接收机的增益。接收机可能还要离开发射机几米。不要把发射机放在井盖上，因为这样会阻止信号到达线缆。从目标线缆感应到相邻线缆的不需要的感应信号是金属管线探测中最常见的问题。这可能会导致目标金属管线的位置或深度测量不准确或探测到错误的金属管线。在许多情况下一定程度的感应是不可避免的，但有经验的操作人员可以用一些方法减小感应的程度，从而提高探测的可靠性。尽量避免使用感应法施加信号。信号可能感应到下方的的多根管线上。可能的话尽量使用耦合夹钳。

## 2.2 信号施加点的选择

1) 选择信号施加点，信号施加点应尽量远离其它管线，而不是在管线密集的区域。当使用单端连接施加信号时，接地点应尽量远离目标管线，并远离其它地下管线。不要使用现存的地下结构作为接地，可能会有其它管线与其相连。如果不需要长距离的追踪，



## 选择信号施加点

仅仅将地线与管线垂直放在地面上，可能会比良好的接地造成更少的感应。

### 2) 井盖作为接地

在探测的过程中，有时候无法将接地棒插入地下，例如：在硬地面（如：公路）上探测管线。在这种情况下可以把地线连接到人井的金属边框上作为接地回路。

### 3) 使用路灯柱

直接连接到金属的路灯柱几乎与直接连接金属管线护层具有相同的效果。通常金属管线的护层与金属灯柱是连通的，所以简单地连接到路灯柱，操作人员就可以安全地、迅速地探测路灯金属管线，而不需要找来路灯公司的技术人员。

如果路灯柱是混凝土的，将发射机连接到金属管线的护层。连接金属管线护层施加发射机信号到很远的距离，使接收机可以追踪到路灯和其它街道设施提供照明的金属管线。

## 2.3 金属管线拐弯和金属管线末段的定位

在跟踪金属管线时，可能碰到信号强度突然下降，当接收机左右移动时，读数信号没有明显变化。原地继续左右搜索，同时转动身体。如果转到某一位置时信号恢复，则表示金属管线转弯，可沿新的方向继续跟踪，如图6.2所示。如果转过一圈没有测得明显的信号强度，则表明到达金属管线的尽头，如图6.3所示。

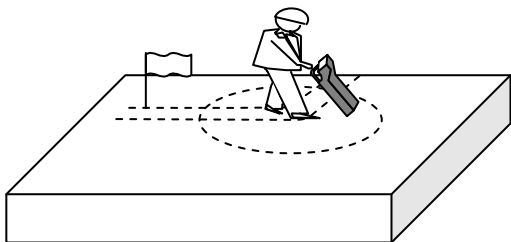


图6.2 电缆拐弯定位

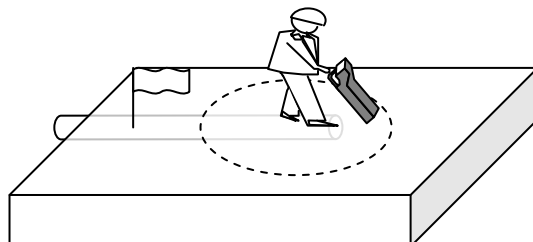


图6.3 电缆末端尽头定位

## 2.4 确认多根地下金属管线存在

如果地下存在多根导体，我们用感应法测试时发射机可能感应到最浅的或导电性好管线上，在这种情况下用直读法测量时，可能测得深度不可信。

此时我们用45°法测试可以进一步确定多个导体的存在，并可测得多个管线的深度，如图6.4所示。首先我们可以用45°法测到第一个管线的深度，然后继续移动接收机找出多个管线的深度。将接收机移到另外一侧重复上述过程，分别测出各个管线的深度。

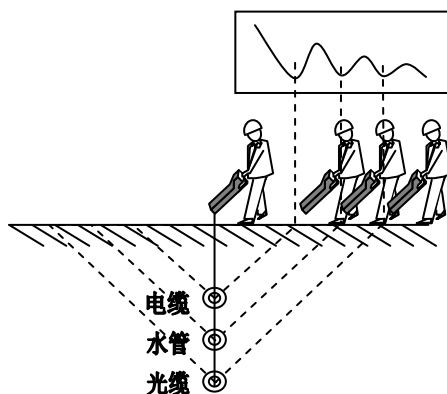
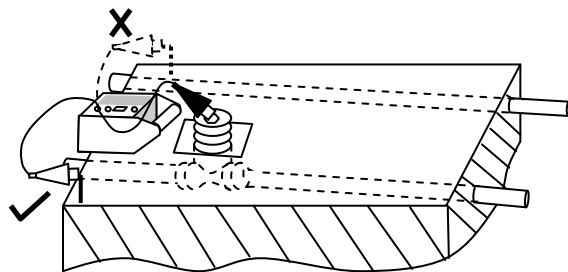


图6.4多根管线的测试方法

## 2.5 相邻导体

当信号强度在导体的一侧比另一侧下降若许多时，接收机可能接收到相邻或平行导体的干扰信号。大多数情况下，信号强的导体是目标导体。确定相邻导体的精确位置，然后调整地线位置，使地线不跨越任何相邻导体，尽量远离目标导体且于目标导体垂直（见右图）。

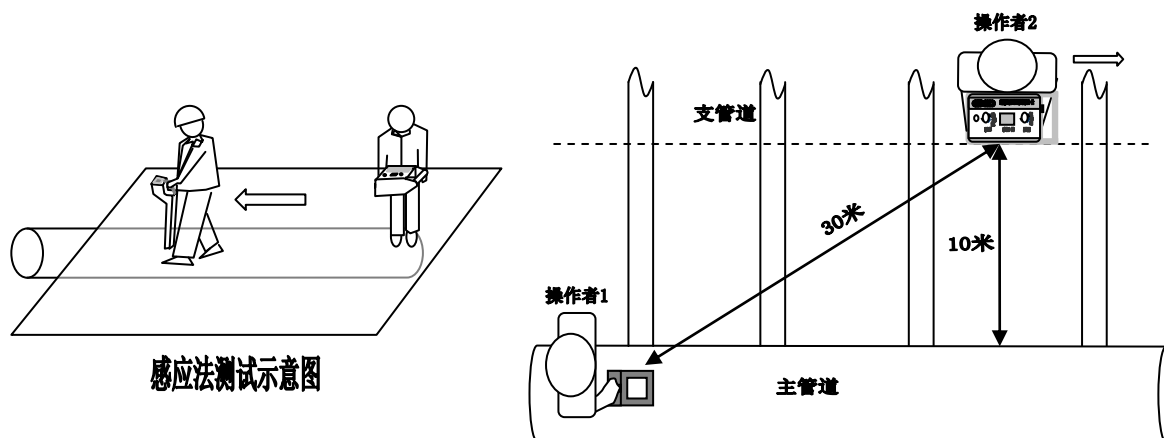


相邻导体的接地位置

## 2.6 管道的测试

接收机收到的信号随距发射机耦合点的距离增加而变弱，长金属管尤其明显（这是因为金属管不断有接地点并产生泄漏引起的）。为增强信号，移动发射机的耦合点，使其靠近接收机并不断调整接收机的增益。如果必须使用感应法，最好由两人操作，一人提发射机另一人提接收机，这样工作会很方便。

管道也许有许多分支，一般我们先测试主管道，测完主管道后，再定位各支管道。用感应法很容易定位各个支管。此项操作需两位操作人员，操作者1手持接收机站在主管道上，接收机与主管道垂直。操作者2手提发射机，发射机标识箭头与主管道平行，且保持与发射机相距10米以上，如下图所示，在准备探测供给分支一侧距主管道10米左右的平行管线上移动。当操作者2每通过一根分支时，接收机信号强度增加。每当接收机信号强度增加时，操作者1向着操作者2发信号，然后操作者2在地面上做出标记即可。此项操作接收机应选波峰法。



感应法测试示意图

## 2.7 埋设比较深的金属管线导体

当金属管线埋设比较深时用感应法测试就会感到很困难，并可能感觉到接收机信号很弱，移动接收机时，信号强度变化很小，增加增益后信号很不稳定。这是由于金属管线比较深发射机感应到管道的信号比较弱，而接收机从金属管线接收的信号会更弱造成的。

如果目标金属管线埋在2米以下，用感应法测试就会产生很大误差。此时最好用直连法。

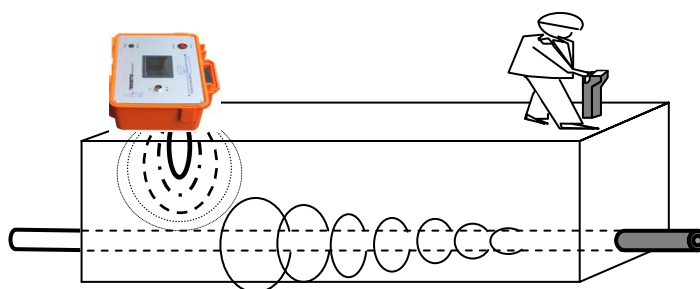
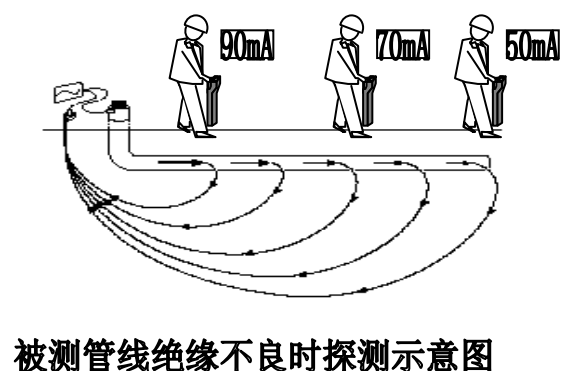
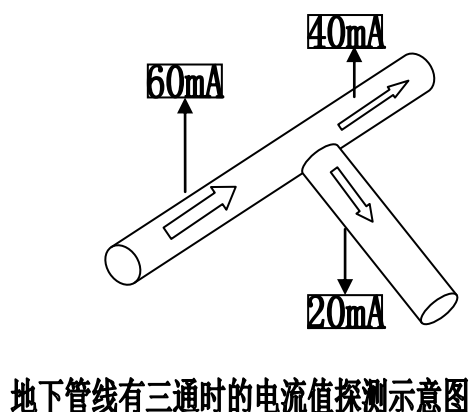
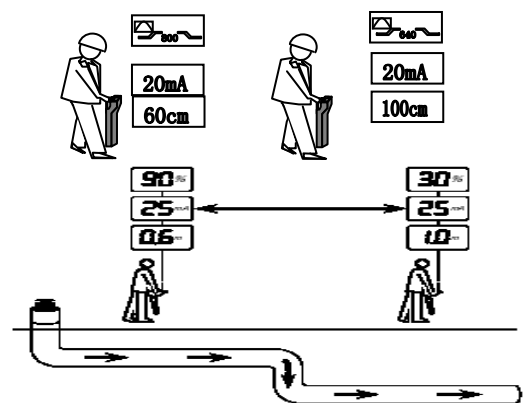
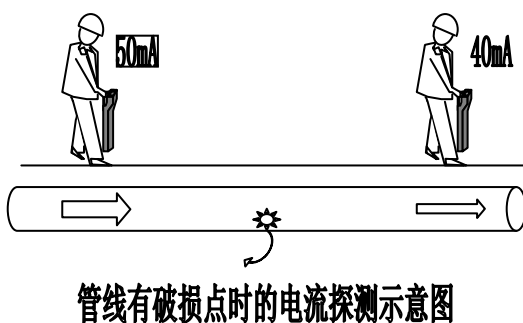


图6.5 埋设深度大于2米时信号衰减图示

## 2.8 电流测试

对于各种现场管线探测时，接收机具有一个非常有用的功能——电流测试功能。测试步骤为：先测定正确的管线路径，移动接收机到目标电缆的正上方。接收机的

位置尽可能精确地位于电缆正上方。垂直拿着接收机不要晃动，按动电流键。接收机将显示被测管线中的电流值，并显示在液晶显示器上。不要在管线的弯头或T接头附近进行电流测量。要获得高的精度，至少离开弯头5米处进行电流测量。由于磁场强度随管线深度变化，接收机的电流测量功能可以准确区分平行管线，即使管线的埋入深度不同，也能清楚的识别要探测的目标管线。在地下管线很多的情况下的目标电缆（同发射器相连的管线）通常会感应到其他相邻的管线。在目标管线埋深比相邻管线埋深深时，被感应的相邻管线中的信号传到地面时有可能比在目标管线中的信号还要强。操作者这时将发现两根或两根以上的管线，这时就需要用电流测试来判别出目标电缆和相邻的管线。用接收机测试电流的功能，操作者能读出电缆中低频或射频的电流值。电流值最高的通常就是要探测的目标电缆。在管线密集的区域，接收机可能会在旁边的干扰管线上探测到比目标电缆更强的磁场信号，因为相邻管线的深度比目标电缆浅。电流测量值最大的（而不是信号响应最强的）管线才是施加了发射机信号的目标管线。





先寻找被测管线的路径。尽可能精确的标出这些管线的路径。在管线位置准确定位后，将接收机置于地面上，机身垂直指向电缆中心，且与管线的走向垂直。保持仪器稳定按动深度键，即会显示深度数值。把接收机放在已做标志的管线路径的正垂直的上面，放在地上。垂直的拿着接收机直到测试信号稳定。按电流测试键。电流数字读数将显示出电缆中电流信号的大小。接着，再次测试第二根电缆，电流数字读数将显示出电缆中电流信号的大小。观察梯形图和数字读数，两读数更高的意味着管线中的电流信号更大的也就是我们要寻找的目标电缆。

注意：接收机会对错误的电流测试的操作报警。如果在电流测试期间显示电流读数为“000”，则表示接收机探测到错误的电流读数。

## 2.9 测试中常见问题

**问：探测过程中干扰是如何产生的？**

**答：**地下金属管线探测仪是探测目标金属线缆上的施加信号电流产生的电磁场。在理想情况下电磁场的形状应是标准的同心圆。干扰的产生最常见的原因是目标线缆上的信号耦合到邻近的线缆上。被干扰的电磁场是一个变形的电磁场，从而造成读数不准确。发射频率越高相邻管线的干扰就越大。

**问：测试时为什么在其它的金属管线上也能探测到信号？**

**答：**这种情况是由于发射机施加的信号，通过公共接地点使信号分流到了其他金属管线上或互感耦合到了其它金属管线或金属管线上。这时最好使用直接连接法施加信号，或更换信号施加点，变换接地线，并使用较低的频率（低频）。

**问：如何用谷值法验证峰值法定位的准确性？**

**答：**对于理想的无干扰的被测目标金属管线，波峰/波谷法定位的位置是重合的。但对于有并行金属管线或有其它金属管线干扰时，波峰/波谷法定位的位置就会不重合。此时的金属管线真正位置在波峰值一侧。当干扰严重时可能找不到零值点，此时只能根据峰值位置大概给出管线的位置。最好采取改变施加信号的方法，重新进行金属管线定位。当波峰/波谷法所测位置不重合时，金属管线直读测深也会有较大偏差，甚至无法读出深度。

**问：如何减小金属管线次生电磁场形态的变形？**

**答：**首先，你可以试着降低发射机的输出功率。有时信号太强，探测的效果不一定

最好，尤其是多根金属管线并行、非常接近的情况下。如果使用的是感应法，这时可以改用直接连接法或夹钳法施加信号。这样可以减小耦合到其它金属管线的信号，从而小线缆电磁场形态的变形。如果，发现谷值法和峰值法定位不一致，换一个一致的地方进行定位，如果找不到一致的地方，我们通常以峰值位置做为金属管线的位置，深度测量也在峰值模式下进行，当然也存在一定的误差，但比谷值法更接近真实值。

**问：该设备是否可同时用来探测铜线金属管线和光缆？**

**答：**目前的地下金属管线探测仪只能探测带有金属护套或芯线的金属管线。只有带有金属护套或中央金属加强芯的光缆才能用地下金属管线探测到。要探测金属管线必须给导体施加一个可以探测的信号（发射机低频信号）。

**问：为什么测深不准确？**

**答：**1. 检查选择了正确的模式。

2. 检查峰值法和谷值法定位的位置是否一致。直读测深的方法虽然简单，但读取正确结果需要一定的条件，否则测量精度不高，甚至得到错误结果。应用直读测深的条件之一是峰值法和谷值法测定的管线位置要基本重合，否则误差会很大。其二是直读的深度要经过校正才能达到较高的可靠性，校正的因素包含：管线埋设土壤的湿度，以及检测信号的频率，一般土壤湿度越大、检测频率越高，校正的系数就越小，一般在0.8-0.95之间。简单的办法是找一个深度已知且无干扰的管段，测出直读深度，与实际埋深相比求的校正系数。

3. 测量埋深时要注意接收机的方向，尽量使接收机的线圈与管线走向垂直，这个要求可以通过轻微转动接收机，使面板上的显示读数达到最大值来达到。此外，还应注意：直读埋深值是接收机机身地面到管道中心的距离。

**问：遇到信号强度突然减弱是何原因？**

**答：**如果信号强度突然减小，有可能是经过了T型分叉或分支金属管线，也有可能是埋深出现变化。在区域内进行360度扫描，查找其他中心线，以确认导体是否有分支，核对埋设资料。

**问：如果感应信号感应到其他金属管线上怎么办？**

**答：**可以采用以下办法：

1. 调低频率，选用低频；

2. 调低功率，选用低档；
3. 如果可能使用直连法或夹钳耦合法；
4. 把接地插到远离目标金属管线和其他埋地金属管线的地方；
5. 在目标金属管线和其他管线相距最远的位置施加信号。

## 第五章 仪器常见问题分析

### 1、日常保养

设备应保存于干燥常温的环境中，并定期充电，一般三个月充一次，充电时间 8-12 小时。

设备应避免长时间在阳光下暴晒，避免长时间在低温（-10℃ 以下）下使用。否则会损坏液晶，促使机壳老化。

尽量避免雨天使用，如果不能避免请做好防雨防潮准备，一旦仪器淋雨受潮应在最短时间内除水排潮，否则会造成仪器的损坏。

在使用过程中如果发现仪器异常请及时与厂家联系，避免影响使用耽误工作。

### 2、正确充电

充电器接入 AC 220 V 50HZ 市电，充电器指示灯亮（绿色），然后将充电头插入主机充电座（被充电主机在关机状态），此时充电器指示灯变红，表明系统充电正常，过一段时间后充电指示灯由红变绿，此刻并不表明电池已充满电量，只是说明充电器由大电流快充状态转为小电流慢充状态，只要保证充电时间达到 8-12 小时即可。

如果充电头插入主机充电座后（被充电主机在关机状态），充电器指示灯不变红，而开机又无显示，说明机内电池松动或接触不良，此时打开电池盖板将电池装好即可。

### 3、仪器自检

#### 3.3.1 面板按键检查

1. 发射机：按 3.1.2 功能简介操作各键是否正常。

2. 接收机：按 3.2.2 功能简介操作各键是否正常。

### 3.3.2 工作状态检查

#### 1) 信号输出与接收互检

直连线五芯航空头插入发射机五芯航空座，将线分开顺直并短接两夹子，按下发射机电源开关，阻抗显示小于  $00005\Omega$ 。右侧图标中不停地移动。

手持接收机位于直连线附近，按下接收机电源开关，几秒钟后接收机稳定工作接收到直连线上的信号并有显示，移动接收机信号显示会有变化。说明发射机、接收机工作正常。

发射机在感应状态下，打开发射机，将接收机的接收频率调至和发射机一致的频率，看接收机能否接收到信号，移动接收机，看接收机的数据有无变化；

#### 2) 耦合钳的检查

把耦合钳与发射机相连，按下发射机电源开关，阻抗显示  $10\Omega$  左右，同时听到耦合钳发出声响（低频）。说明耦合钳工作正常。

## TDGZ-6000 一体化高压信号发生器使用说明

### 第一章 概述

#### 一. 仪器简介：

TDGZ-6000 一体化高压信号发生器采用高强度拉杆防护箱式外壳，应用高频高压开关电源技术，性能安全可靠。具备零电压启动，过压、过流保护。安装有球隙火花观察孔，方便查看放电球隙是正常放电，并且具有冲击高压选择简单可靠，（可在电源工作时调节冲击电压）冲击能量高（1200J），还具有放电声音小、体积小、重量轻，携带方便等特点。

#### 二. 功能及性能指标：



### 一体化高压信号发生器（内置 2uF 储能电容器）

#### 三. 主要技术指标：

- |            |                           |
|------------|---------------------------|
| 1、直流高压输出：  | 0~35KV 连续可调               |
| 2、冲击高压：    | 0~35KV 连续可调；              |
| 3、内置储能电容器： | 2uF                       |
| 4、最大储能：    | 1200J                     |
| 5、最大输出电流：  | 40mA                      |
| 6、冲击时间：    | 3~5 秒；                    |
| 7、电压指示误差：  | ±2%                       |
| 8、电源电压：    | 220V/AC±10%               |
| 9、环境温度：    | -10℃~45℃ < 75%RH          |
| 10、体积：     | L*W*H = 575mmX420mmX290mm |
| 11、重量：     | 约 24.5Kg                  |

#### 四. 仪器面板介绍

##### 面板器件功能如下：

- |          |                      |
|----------|----------------------|
| AC/220V： | 为交流电 220V 输入插座。      |
| 电源开关：    | 是高压发生器的总电源开关。        |
| 高压启动：    | 按钮为自复位按钮，按压按钮直流高压启动。 |

- 电源调节： 为电压调节电位器，调节此电位器右旋，可以调节放电球，放电时间的快慢。（3-5 秒）
- 保护指示灯： 过压、过流指示。
- 采样输出： 通过 Q9 头连线到电缆测试仪主机。
- 冲击高压选择： 通过调节旋钮可以选择需要的冲击高压范围。
- 高压指示： 高压指示电压表显示球隙放电时的高压电压。
- 冲闪电流： 通过冲闪电流表的摆动，可以判断电缆线是否连接好，即是否对被测电缆冲击放电。

## 五. 仪器的使用方法：

1. 连接仪器高压输出端和高压输出接地端至被测试电缆。
2. 插好电源线打开电源开关，电源开关灯亮。将电压调节旋钮左旋至零，（零电压启动）。
3. 调节冲击高压选择钮，选择冲击高压电压。
4. 按高压启动按钮，高压启动按钮指示灯亮。右旋电压调节旋钮，即可有高压输出，调节此旋钮可以控制冲击电压的快慢（3-5 秒为宜）。
5. 测试完毕，先将电压调节旋钮左旋至零，再将冲击高压选择旋钮调节至 0V(放电位置)。
6. 使用高压放电棒将高压输出对接地端放电，对测试电缆放电，使高压指示表回零，方可拆除电缆连线。

## 六. 注意事项：

1. 接地端必须可靠地连接到大地和系统地。
2. 由于功率较大，因此将放电频率控制在 3—5 秒可增加仪器使用的寿命。
3. 使用放电棒将高压输出端对接地端进行放电时，应先接好接地线然后再用放电棒放电。

# TDGZ-6000 声磁同步定点仪使用说明

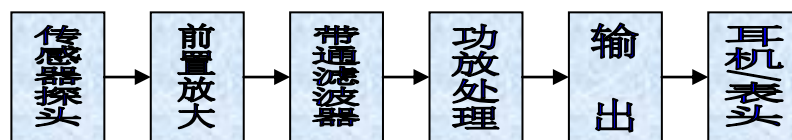
## 一、产品概述：



TDGZ-6000 声磁同步定点仪为电缆故障测试仪的配套设备，在故障点精测时用。因为测试仪对电缆故障点进行测量时，由于仪器的本身误差，眼睛的读数误差，以及距离的量取误差、特别是电缆在地下埋设的实际情况各不相同，等等。所以单凭测试仪来完成对故障点的探测是不够准确的。因此我们必须使用定点仪，利用其对电缆故障点高压放电具有非常灵敏的接收能力，在粗测距离的一定范围内，沿着电缆的走向找出高压放电信号最强点来精确地定位。

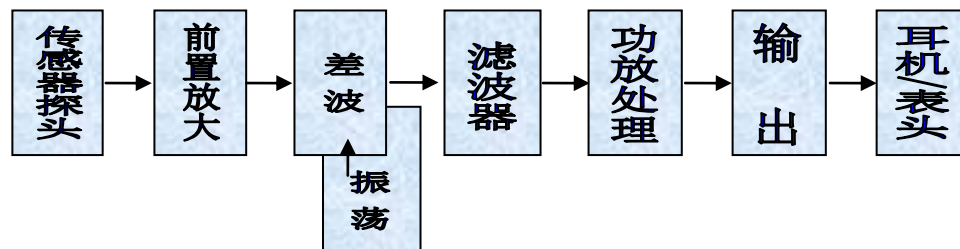
## 二、定点仪的工作原理：

定点通道框图：



图一

路径通道框图：



图二

当仪器工作在定点时，电缆故障点高压放电的声音信号经过探头里的压电陶瓷片转换为电信号，经低噪声前置放大器将其放大，然后通过有源低通滤波器滤波，将输入信号中的噪声及干扰有效地抑制掉，再经过放大器放大后输出到高阻耳机和光柱及表头。

当工作于路径时，路经仪发出 15KC 的信号，接入电缆后电磁波在电缆周围向外辐射，电磁波通过磁棒转换为电信号，经低噪声放大器放大，与晶体振荡器产生的 15.625KC 信号差波成 625HZ 的低频信号，再经低通滤波及放大后输送给高阻耳机和表头显示。

探头在定点时，把微弱的冲击振动波转换为电信号，声—电转换器，原理与话筒相同。

仪器工作于路径时，用来把微弱的电磁波转换为电信号，磁—电转换器，具有和收音机天线一样的工作原理，它有一定的方向性，我们正是利用这一特性对电缆的埋设深度可以进行探测。

### 三、定点仪性能指标:

- ① 测试灵敏度 < 10uv
- ② 信号增益 > 100db
- ③ 输入阻抗 > 1.2k
- ④ 工作环境温度 -20℃~40℃
- ⑤ 耳机 2×2200
- ⑥ 最大不失真输出 >3V (有效值)

### 四、定点仪的测试原理及其方法介绍:

定点仪为电缆故障测试仪的精测设备。定点就是利用高压设备给故障电缆施加高压脉冲使电缆故障点放电，在粗测范围内利用定点仪完成对电缆故障点的精确定点。由于在冲击高压下，故障点放电时既发出电磁波，又有振动波，因此，利用探头可接收振动波，也可在“路径”工作方式时，利用磁棒接收故障点发出的电磁波（此电磁波在电缆走向附近的任何地方都存在）。下面我们主要分析，如何利用定点仪来对故障点进行精测的问题。

(1) 根据电缆故障性质来分定点可分为

A、低阻及接地故障点的定点：用低压脉冲法粗测后，再给被测电缆施加高压脉冲使故障点放电如图三所示，然后用定点仪在粗测范围内进行定点。对于这类故障，由于放电声音比较小，这时我们用耳和眼观察都无济于事，这时我们可以采用一些措施，想办法使故障点的放电声音增大。

a、因为  $P=1/2CV^2$ ，如果电容对故障点释放的能量较大，那么其放电声音就较大，因此在冲击电压极限情况下，可增大电容器，这样做，对设备也有好处。

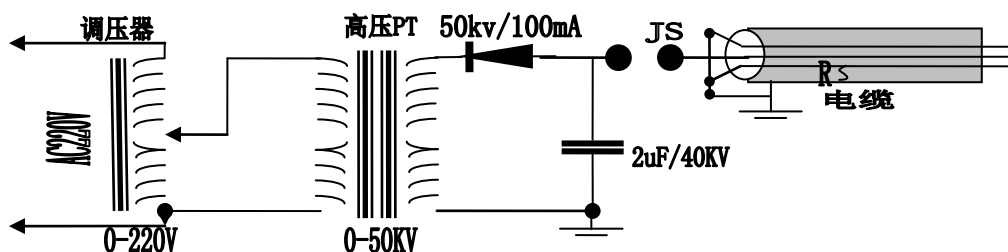


图 三

b、如果上述方法还不行，我们可以对故障点进行“烧穿”或冲击一段时间，使其故障点电阻值（相同相或相地间）增大，然后再进行定点。这种措施足使故障点阻值增大。同时对于多相对地的低阻故障，我们可选取对地电阻较高相加冲击高压进行定点。

B、开路故障点的定点：如图四，在故障相的一端加冲击高压，把故障相的另一端接地，其它两相接地，然后到粗测的位置进行定

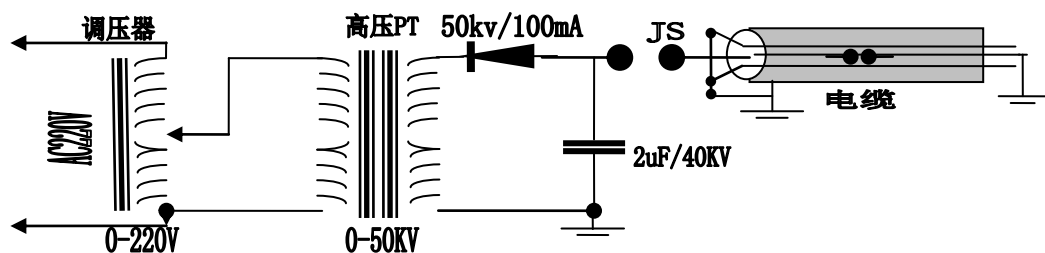


图 四

C、高阻故障的定点：如图五，直接定点

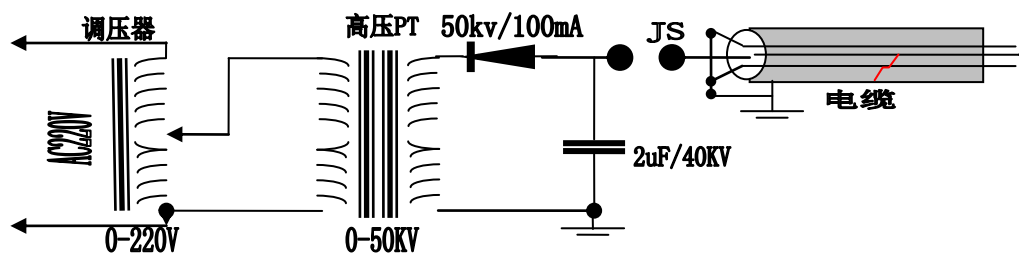


图 五

(2) 根据定点仪的功能来分，可分为

A、振动波接收法：对电缆故障进行粗测后，加冲击高压到电缆故障相，在高压较高的条件下，故障点放电产生“啪啪”的有节奏的振动声波，由于定点仪的探头具有接收并放大微弱振动波的功能。因此，在故障点放电的情况下，在粗测的范围内，顺着电缆的路径，用眼看表头的指示，用耳听声音的方法同步观察，接收到最大的振动的位置，便是电缆故障点所在。找“最大点”的方法为定点仪找到“啪啪”振动波信号后，逐步减小定点仪的音量旋钮，以缩小听测范围，最后集中到一个最响点，便是埋地电缆的故障点。

B、同步接收法：如果故障点在噪声干扰较大的地方，很难辨清接收到的是否是故障点高压放电声音，这时我们可以利用故障点放电时，即发出声波信号又发射电磁波信号这一现象。将定点仪打在“同步”档，将高阻耳机插入定点仪的输出 1 口。同时观察定点表头和路径表头，当听到的声音和表头摆动同时进行。那么听到“啪啪”的声就是电缆故障点放电声音，然后按照前面讲步骤找出最响点，即为故障点所在。

## 五、特殊位置故障点的定点：

A、故障在始端头附近的定点问题：若粗测知故障点在始端头附近(或始头上)，如果按图三的接线图进行定点，由于球间隙的放电声淹没了故障点的放电声，因此是无法定点的。这时我们可以把球间隙放到终端如图四所示，通过好相（或并行电缆）对故障电缆进行高压冲击。然后利用定点仪在始端找出故障点。

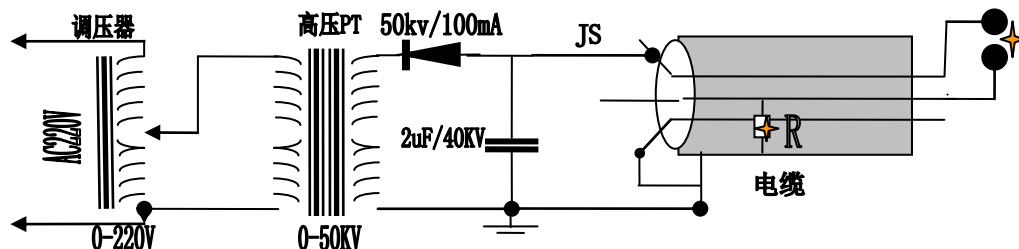


图 六

B、中间接头故障的定点问题：中间接头故障多为封闭性故障，故障点在冲击高压下，打火声音泄漏不出来，同时有些无故障的中间接头在冲击高压下，也有打火声音传出，因此给我们定点增加了一定的困难，但我们可以根据测试仪粗测距离及无故障的接头的振动能够传播距离较远来区别，从而准确的判定电缆中间接头故障。

除此之外，如故障点电阻较高，且在测试端，这时测试用的水阻管可能发热。接头故障在冲击电压的时间过久时也会发热等等。为了准确地查到故障，科学的分析故障的原因是很重要的。电缆的埋设档案，接头位置，电缆路径上的障碍物的处理，及电缆埋设后的破坏性施工都可以给我们提供寻测故障的依据。

## 六、定点仪特点：

定点仪是根据对其他定点仪深入研究及其实际工作情况，在仪器的结构、电路、工艺等等方面都有很大改进。它的主要特点有：

(1) 定点仪的定点通道输出电平显示用光柱表头取代机械表头，使其具有电平显示精确、美观；表头反应速度快等优点。

(2) 定点仪的前置放大器采用国外进口优质仪表放大器，使其具有电路性能稳定、增益高、噪音小的优点。特别是电路增益的大范围控制非常方便可靠，使定点仪使用起来不管电缆故障点放电声音大还是电缆故障点放电声音小都得心应手，都能迅速准确地找到电缆故障点。

(3) 定点仪的定点通道和路径通道完全独立，并且将前置放大器置于前端探头内，彻底解决了定点通道和路径通之间的串音干扰问题。

(4) 定点仪的路径通道内的差波振荡器采用晶体振荡，产生的信号频率非常稳定可靠，使其在查找电缆路径时，使用起来非常方便。

(5) 定点仪的定点通道和路径通道都大大改进了 50HZ 陷波器电路，使定点仪的抗 50HZ 工频干扰能力大大加强。

## 七、测试中的注意事项：

(1) 在电缆故障测试中，仪器地线要与大地相连接。绝对不能与高压设备地线相连后再接电缆钢铠；

(2) 对电缆冲击放电定点时，应拆去仪器电源和输入同轴电缆，以免高压击坏仪器；

(3) 在定点的时候，尽量不要让人来回走动和大声讲话。一个安静的环境对电缆故障的定点过程非常重要。

(4) 要充分相信测试仪所测数据，尽可能准确地在粗测范围内进行定点，定点的时候必须细心认真，还要非常地耐心。

(5) 定点仪使用时音量不宜开的太大，以利抑制外界干扰；

(6) 定点仪暂时不用应随时关机，以减少能耗延长电池使用寿命；

(7) 当仪器长期不用时，最好将电池取出以防电池漏液损坏仪表。