

# 敬 告

欢迎使用本公司为您提供的产品!

请在仔细阅读本使用说明书之后,再正式使用本产品。

版本号: V2.0。

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。



---

地 址: 山东省青岛市平度南京路 148 号  
邮 编: 266700  
电 话: 0532-88317871532-88317871  
传 真: 0532-88317871  
E-Mail: qdsfth@163.com  
HTTP:// [www.qingdaosifang.com](http://www.qingdaosifang.com)

# 目 录

第一章 概述 .....	1
一、用途 .....	1
二、功能特点 .....	1
三、技术指标 .....	2
四、基本测试步骤 .....	2
第二章 仪器组成和简介 .....	3
一、STD-88M 电力电缆故障综合测试仪 .....	3
二、STD-88T 电缆路径探测信号发生器 .....	6
第三章 低压脉冲法测距 .....	7
一、适用范围 .....	7
二、工作原理 .....	7
三、测试步骤 .....	7
第四章 脉冲电流法测距 .....	10
一、适用范围 .....	10
二、工作原理 .....	10
三、测试步骤 .....	11
第五章 声磁同步定点 .....	14
一、工作原理 .....	14
二、高压发生器的接线方法 .....	14
三、定点步骤 .....	15
第六章 路径探测 .....	17
一、工作原理 .....	17
二、信号发生器的接线和使用方法 .....	17
三、路径探测步骤 .....	18
第七章 仪器维护 .....	20
一、充电 .....	20

## 第一章 概述

### 一、用途

STD-88 電力電纜故障綜合測試儀，用於電力電纜的故障測試，是一套集成化設備，包括兩台儀器及相關附件：

#### 1. STD-88M 電力電纜故障綜合測試儀（以下簡稱主機）

主機有以下功能：

- 低壓脈沖測距
- 脈沖電流測距
- 聲磁同步定點
- 路徑探測



#### 2. STD-88T 電纜路徑探測信號發生器（以下簡稱信號發生器）

信號發生器用於路徑探測的信號發射。



STD-88 綜合測試儀相對於傳統的分體設備，其設備件數、體積、重量均大幅縮減，且功能強大、簡單易用、小巧便攜，是傳統設備的換代產品。

### 二、功能特點

#### 1. 功能全面：

- 低壓脈沖故障測距
- 脈沖電流故障測距
- 聲磁同步精確定點
- 電纜路徑探測

#### 2. 故障測距功能：

- 低壓脈沖法：適用於低阻、短路、斷線故障的精確測距。
- 脈沖電流法：適用於高阻、閃絡型故障的測距，使用電流耦合器從地線上采集信號，與高壓部分隔離，安全可靠。

#### 3. 精確定點功能：

- 聲磁同步接收，抗干擾能力強。
- 聲磁信號波形顯示，信號和噪聲易於區分。
- 光標測量聲磁延時，精確判斷故障點的遠近。
- 可根據磁場波形的初始極性，在定點的同時進行路徑探測。

#### 4. 路徑探測功能：

- 信號發生器：

- 大容量锂离子电池供电，摆脱市电束缚。
  - 全自动功率匹配和保护，无需人工调整。
  - 较大功率输出。
  - 音峰 / 音谷法路径探测。
  - 信号幅值显示。
  - 可进行 80%法或 45°法测深。
5. 大屏幕液晶显示，界面友好、简单易用。
  6. SD 卡存储测试波形，存储容量大，可导入计算机进行存档、分析和打印。
  7. 内置大容量锂离子电池供电，配快速充电器。
  8. 电源管理：根据不同功能开启不同的电源通路，尽量减小功耗；若 15 分钟没有任何操作，仪器将自动关机；电池欠压时也将自动关机，以保护电池。
  9. 集成化设备，小巧便携。

### 三、技术指标 (M 为主机，T 为信号发生器，M&T 为共同特性)

1. 测距功能 (M)：
  - (1) 测距模式：低压脉冲、脉冲电流。
  - (2) 采样频率：100MHz。
  - (3) 分辨率：低压脉冲模式 1m；脉冲电流模式 4m。
  - (4) 低压脉冲模式发射电压：30V。
  - (5) 测距范围：30km。
  - (6) 盲区：2m。
2. 声磁同步定点功能 (M)：
  - (1) 声音信号通频带：中心频率 400Hz，带宽 200Hz。
  - (2) 信号增益：80dB。
  - (3) 定点精度：0.1m。
3. 路径探测功能 (M)：
  - (1) 接收频率：1kHz。
  - (2) 增益：80dB。
4. 路径探测信号发生器 (T)：
  - (1) 发射频率：1kHz。
  - (2) 发射功率： $\geq 3.5W$ 。
  - (3) 输出特性：开路电压 $\geq 100V_{p-p}$ ；短路电流 $\geq 300mA$ ；  
根据实际负载全自动匹配；自动短路保护。
5. 电源：
  - (1) 电池 (M&T)：内置锂离子电池组，标称电压 7.4V，容量 3000mAH。
  - (2) 功耗：主机 (M) 400mA，可连续使用时间 $>6$  小时；  
信号发生器 (T) 500mA。可连续使用时间 $>5$  小时；
  - (3) 充电器 (M&T)：输入 AC220V $\pm 10\%$ ，50Hz；标称输出 8.4V，DC1A。
  - (4) 充电时间 (M&T)： $<4$  小时。
6. 显示方式：主机 (M) 320 $\times$ 240 点阵大屏幕液晶；信号发生器 (T)：表头。
7. 体积 (M&T)：210mm $\times$ 160mm $\times$ 65mm。
8. 质量：主机 (M) 0.7kg；信号发生器 (T) 0.7kg。
9. 使用条件 (M&T)：温度： $-10^{\circ}C - 40^{\circ}C$ ，湿度 5-90%RH，海拔 $<4500m$ 。

### 四、基本测试步骤

1. 一般步骤：

- (1) 故障性质诊断
- (2) 故障测距
- (3) 路径探测
- (4) 精确定点

## 2、故障性质的诊断和测试方法的选择。

在电缆发生故障后，须首先判断电缆的故障性质。

首先用兆欧表在电缆的一端测量各相对地及相间的绝缘电阻。如果兆欧表的测量值为零，则可能还有零到上百 kΩ 的电阻，故还须用万用表测量电阻值；如各相对地及相间绝缘电阻很高，绝缘正常，则应测试导体是否断线：在电缆的一端将三相短接并对地短路，在另一端重复测量，判断是否断线。

明确故障性质后，需选择不同的测距和定点方法，见下表：

**表 1-4-2: 故障性质和测试方法选择表**

	故障性质	故障表现形式	测距方法	定点方法
1	低阻	兆欧表测量: 0 万用表测量: < 200Ω	低压脉冲	音频法 (备选)
				声磁同步
2	断线	导体不连续		声磁同步
3	高阻	兆欧表测量: > 0 或: 兆欧表测量: 0 万用表测量: ≥ 200Ω	脉冲电流	
4	闪络	兆欧表测量: 绝缘正常 耐压试验: 不通过		

备注：（1）表中阴影部分表示：脉冲电流测距和声磁同步定点需要配套使用高压冲击信号发生器（该高压发生器不包含在本套设备中，需另配）。

（2）音频法定点低阻故障为备选方案，声磁同步不成功时选用，需配套使用路径探测信号发生器。

## 第二章 仪器组成和简介

本综合测试仪包括两台仪器及相关附件：

### 1. STD-88M 电力电缆故障综合测试仪（简称主机）

主机有以下功能，并根据不同功能使用相应附件：

- 低压脉冲测距，附件：低压脉冲测试线
- 脉冲电流测距，附件：脉冲电流耦合器
- 声磁同步定点，附件：定点传感器、耳机
- 路径探测，附件：路径传感器、耳机

### 2. STD-88T 电缆路径探测信号发生器（简称信号发生器）

信号发生器用于路径探测的信号发射，附件：输出连接线、接地钎。

### 3. 通用附件：充电器。

## 一、STD-88M 电力电缆故障综合测试仪（M：主机）

主機外觀結構如圖 2-1-1 所示：



圖 2-1-1 主機外觀和接口

主機面板如圖 2-1-2 所示：

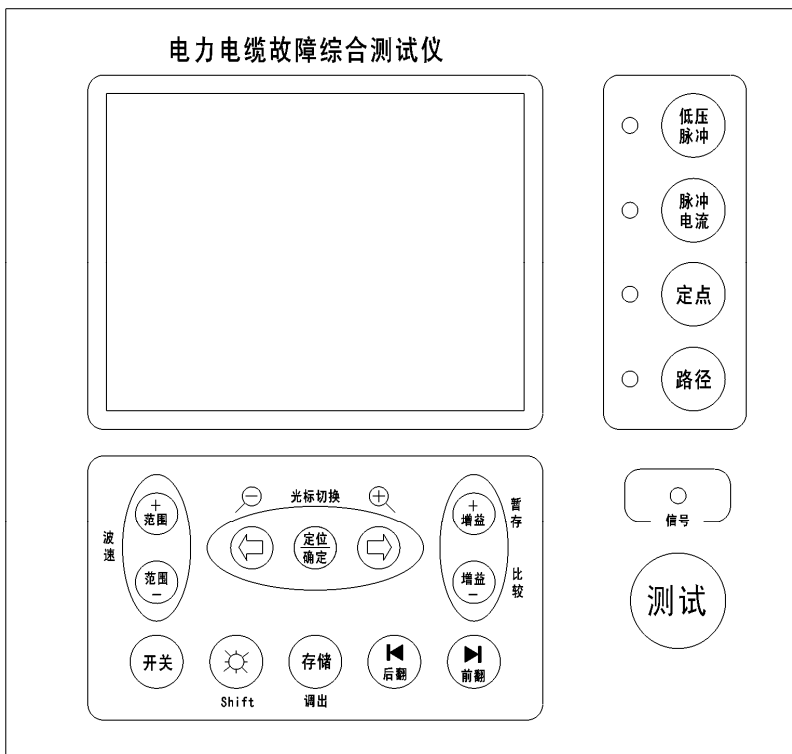


圖 2-1-2 主機面板

主機面板上有以下內容：

1. 液晶屏幕：

顯示各種信息，顯示的內容在以後章節中有詳細介紹。

2. 模式選擇鍵及相應指示燈：

面板右上角區域的按鍵用來選擇儀器測試模式，選中後按鍵旁邊的指示燈亮。

- (1) **低壓脈沖** 鍵：進入低壓脈沖測距模式（開機默認）。
- (2) **脈沖電流** 鍵：進入脈沖電流測距模式。
- (3) **定點** 鍵：進入聲磁同步精確定點模式。
- (4) **路徑** 鍵：進入路徑探測接收模式。

3. 測試鍵和信號指示燈（面板右下角區域）：

- (1) **测试** 键：低压脉冲模式：按一下进行一次测试；  
脉冲电流模式：按一下进入等待触发状态；  
定点、路径模式：无效。
- (2) **信号** 指示灯：低压脉冲模式：进行测试时闪亮一次；  
脉冲电流模式：触发时闪亮一次；  
定点模式：磁场触发时闪亮一次；  
路径模式：无效。

4. 测距模式（低压脉冲/脉冲电流）相关按键的基本功能：

面板左下角区域的按键基本是为了测距功能服务。按键上直接标注的功能为其基本功能定义，直接按键即执行基本功能：

- (1) **范围** +/- 键：用来改变当前测试范围（量程）。
- (2) **←** 和 **→** 键：用来移动光标。
- (3) **定位/确定** 键：定位功能：自动移动光标，定位故障点。  
确定功能：当某些操作需要时，用来进行确认。
- (4) **增益** +/- 键：用来调整信号增益。
- (5) **开关** 键：长按 1 秒钟有效，用来打开或关闭仪器电源。
- (6) **☀** 键：背光键，用来打开和关闭液晶屏背光。背光功能为按键抬起执行。
- (7) **存储** 键：用来存储当前波形。
- (8) **后翻** 和 **前翻** 键：当调出 SD 卡已存储的波形时，用来选择需要查看的波形，后翻选择上一个，前翻选择下一个。

5. 测距模式相关按键的上档（Shift）功能：

按住 Shift 键（基本功能的 **☀** 键）不放，再按其它键，则执行键旁边标注的上档功能：

- (1) **波速** +/- 键：用来调整电缆波速度。
- (2) **⊖** 和 **⊕** 键：比例缩放键，用于对波形的缩小 / 放大显示。
- (3) **光标切换** 键：用来切换虚实光标。
- (4) **暂存** 键：在仪器内存中暂存当前波形，以备双波形比较。
- (5) **比较** 键：同时显示当前波形和暂存波形，以便比较两波形的异同。
- (6) **调出** 键：调出 SD 卡中存储的历史波形。

仪器顶部接口板见图 2-2-2 所示：

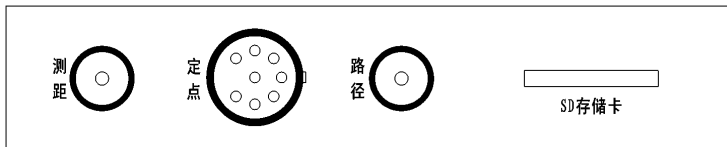


图 2-1-3 主机顶接口板

- 6. 测距插口：低压脉冲模式下，接低压脉冲测试线；  
脉冲电流模式下，接脉冲电流耦合器。
- 7. 定点插口：定点模式下，接定点传感器。
- 8. 路径插口：路径模式下，接路径传感器。
- 9. SD 存储卡插槽：SD 卡用来存储测距波形。需要时将 SD 卡插入插槽，按压到底；需要取出时，按一下 SD 卡，将自动弹出。

主机侧面接口板见图 2-1-4 所示：

- 10. 耳机插口：用来在定点、路径模式下，接耳机监听声音。
- 11. 充电插口：用来接充电器，对仪器内置电池充电。
- 12. 声音增益：定点模式下，用来调整声音信号增益。
- 13. 磁场/路径增益：定点模式下，用来调整磁场信号增益。

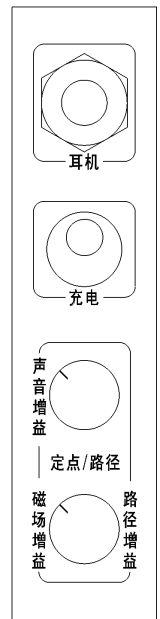


图 2-1-4 主机侧接口板

## 二、STD-88T 電纜路徑探測信號發生器（T：信號發生器）

信號發生器外觀結構如圖 2-2-1 所示：



圖 2-2-1 信號發生器外觀和接口

信號發生器面板如圖 2-2-2 所示：

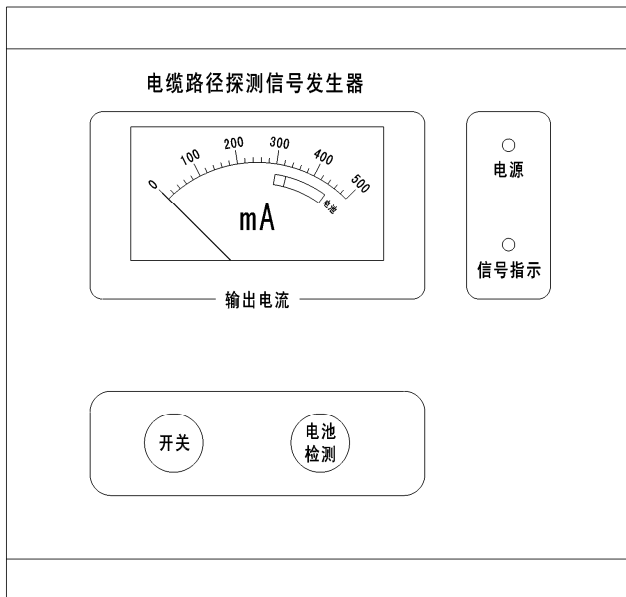


圖 2-2-2 信號發生器面板

信號發生器面板上有以下內容：

1. 表頭：正常情況下用來顯示輸出電流，其滿幅值為 500mA；  
按 **電池檢測** 鍵則顯示電池水平，指針位於綠色區域表示電池電量正常，若指針位於黃色區域，表示電池欠壓，仍可工作一小段時間，建議充電；若指針低於黃色區域，表示電池電量不足，可能無法開機，需充電後再使用。
2. **開關** 鍵：長按 1 秒鐘有效，用來打開或關閉儀器電源。
3. **電池檢測** 鍵：用來檢測電池電量水平，按下後觀察表頭顯示可判斷電池電量是否正確。本功能在開機和關機狀態下均可使用，
4. “電源”指示燈：用來表示電源狀態。開機後，本指示燈亮。若電池電量正常，則常亮；若電池欠壓，則閃爍；若嚴重欠壓，則自動關機，燈滅。
5. “信號”指示燈：用來表示信號輸出狀態。若選擇“連續”輸出模式，則常亮；若選擇“斷續”輸出模式，則閃爍。
6. 輸出模式選擇開關：用來選擇連續或斷續輸出。斷續輸出時以輸出 0.5 秒，停止 0.5 秒的節奏發射信號。
7. 輸出插口：用來接輸出連接線，對目標電纜發射信號。

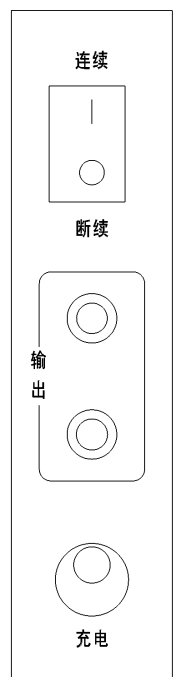


圖 2-2-3 信號發生器側接口板



8. 充電插口：用來接充電器，對儀器內置電池充電。

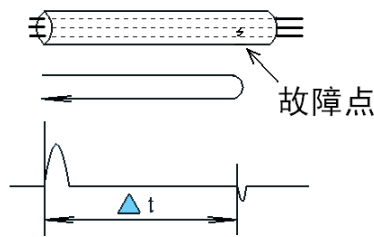
### 第三章 低壓脈沖法測距

#### 一、適用範圍

低壓脈沖法用於電纜的低阻、短路及斷線故障；還可用於測量電纜的長度、波速度；也可用於區分電纜的中間頭、T型接頭和終端頭。

#### 二、工作原理

低壓脈沖法使用時域反射法（TDR）原理，又叫脈沖反射法。測試時向電纜注入一低壓脈沖，脈沖沿電纜傳播到阻抗不匹配點產生反射，回送到測量點被儀器記錄下來，



理，又叫脈沖反射法。測試時向電纜注入點，如短路點、故障點、中間接頭等，脈沖產生反射，回送到測量點被儀器記錄下來，

圖 3-2-1 低壓脈沖法原理圖

從儀器發射脈沖開始計時，到接收到故障點的反射脈沖共需時  $\Delta t$ ；脈沖行波傳播速度為  $V$ ，則故障點距離  $L_x$  為：

$$(3-1) \quad L_x = \frac{V \Delta t}{2}$$

$$\text{不匹配點的反射係數 } \rho \text{ 為：} \rho = \frac{(Z_i - Z_c)}{(Z_i + Z_c)} \quad (3-2)$$

其中  $Z_i$  為故障點的輸入阻抗， $Z_c$  為線路的特性阻抗。從式 3-2 可得到：斷線故障反射脈沖與發射脈沖極性相同；而短路（混線）故障的反射脈沖與發射脈沖極性相反。因此通過識別反射脈沖的極性，可以判定故障的性質。如圖 3-2-1 和圖 3-2-2 所示：

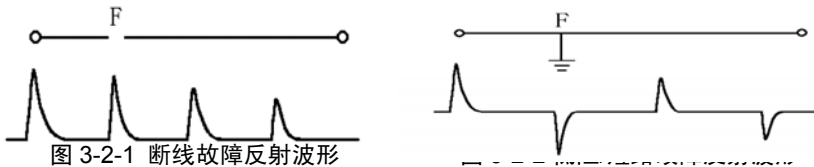


圖 3-2-1 斷線故障反射波形

#### 三、測試步驟

##### 1、接線：

首先用放電棒將電纜各相線對地充分放電；將低壓脈沖測試線的插頭接主機頂接口板的 **測距** 信號插口，測試線的兩個夾鉗接故障相和地（或兩故障相），如圖 3-4-1 所示：

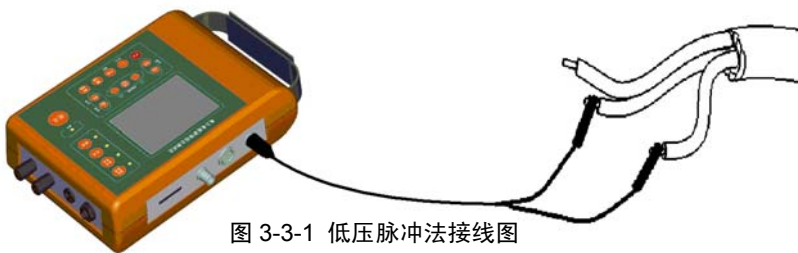


圖 3-3-1 低壓脈沖法接線圖

##### 2、選擇工作模式：

長按 **開關** 鍵打開電源，按 **低壓脈沖** 鍵，進入低壓脈沖測距模式（開機默認），低壓脈沖法的顯示界面如圖 3-3-2 所示：

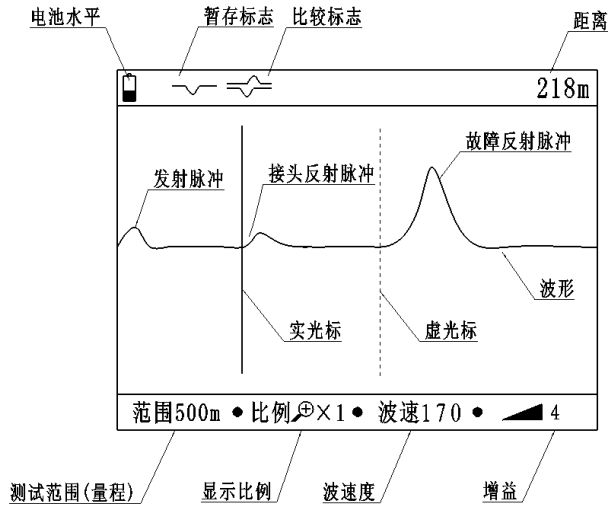


图 3-3-2 低压脉冲法显示界面

### 3、选择测试范围：

初始测试时选择的范围应大于电缆全长至少几百米，如：电缆全长为 800m，则应选择 2km 范围，而不应选择 1km。若发现可疑点较近，为了得到更高的测距分辨率，可以适当将范围缩小。每改变一次范围，仪器会自动进行一次测试。

### 4、设定波速：

根据电缆的类型设定合适的波速。

几种常用电力电缆的波速为：

- 交联聚乙烯电缆：波速 170m/us
- 油浸纸电缆：波速 160m/us
- 聚乙烯全塑电缆：波速 201m/us
- 橡胶电缆：波速 220m/us

不同生产厂家或不同批次的电缆，即使是相同型号，其波速也会有细微差别，当需要精确测距时，需根据已知的电缆全长校准波速度，参见本节第 11 条。

### 5、测试：

按一次 **测试** 键，即进行一次脉冲发射，“信号”指示灯闪烁，仪器接收和处理脉冲反射信号，并进行显示。

### 6、调整增益：

增益是指仪器对信号的放大倍数，调节增益可以改变的波形幅值，一般要调到需要的波形幅值足够大且不失真。

增益调整方法：按 **增益** +/- 键，可以调整信号增益。每改变一次增益，仪器自动进行一次测试。

### 6、光标定位：

反射脉冲波形的起始位置是故障位置。将光标移动到脉冲波形开始有明显变化的位置（如图 3.4.2 虚光标位置），屏幕右上角显示的距离就是故障距离。

**注意：**光标在其他位置时，显示的距离没有意义。

自动定位方法：按 **定位/确认** 键，仪器进行自动光标定位。如果自动定位没有得到正确结果，应进行人工定标。

手动光标定位方法：按 **←** 和 **→** 键，可以左右移动光标。图 3-3-3 为一个典型的混线故障波形，虚线光标位置即为故障点距离：320m。因为波形向下，故判断为混线故障；若波形向上，则为断线故障。

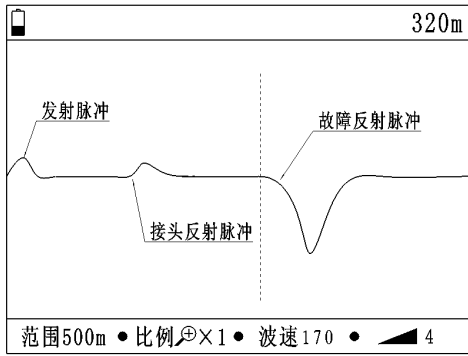


图 3-3-3 典型的混线故障波形定位

### 6、波形缩放：

如果需要精细观察，从而得到更高的测距分辨率，可以将波形进行水平缩放。

波形缩放方法：按 ⊕ 键将波形放大；按 ⊖ 键将波形缩小。

在波形放大状态，无法进行自动定位。

### 6、波形暂存和比较：

通过比较电缆故障线对和完好线对的波形，可以更容易识别故障点。

波形比较方法：首先测试得到故障线对波形，按 **暂存** 键，将当前波形在仪器内存中暂存，屏幕左上角显示暂存标志。然后在条件不变的情况下测试一条完好线对的波形，按 **比较** 键，屏幕上将同时显示两条波形，屏幕上部显示双波形比较标志。通过比较两波形的异同，可以帮助寻找故障点。如图 3-3-4 所示：

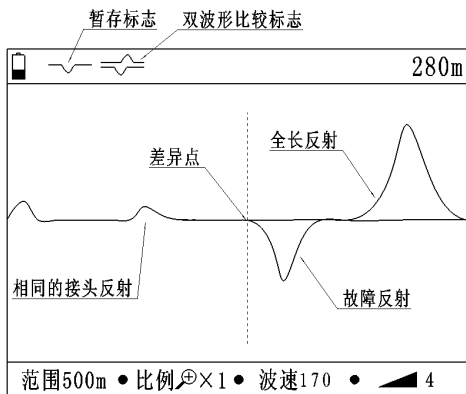


图 3-3-4 波形比较

### 7、相对距离测量：

若需得到故障点和参照点（如电缆接头）的相对距离，操作如下：

仪器开机后默认实光标在零距离位置；调整虚光标将其移动到参照点；按 **光标切换** 键，实光标和虚光标的位置互换，现在实光标位于参照点，虚光标位于零距离；调整虚光标移动到故障点，显示的距离值即为两者之间的相对距离，如图 3-3-5 所示。

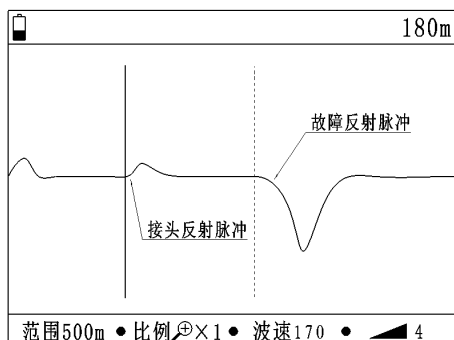


圖 3-3-5 相對距離測量

### 7、波速度校準：

根據已知的電纜全長，可以精確校準波速度。

用一段已知長度的同類型電纜，測量其對端開路和短路波形並比較，將虛光標移動到波形明顯分叉處，調整波速使得長度測量值和已知長度相同，則此時的波速為本條電纜的實際波速。

### 8、波形存儲和查看：

按 **存儲** 鍵將在 SD 卡中存儲當前測試的波形，按 **調出** 鍵（即同時按 **Shift** 鍵和 **存儲** 鍵）後，屏幕顯示最后一次存儲的波形，用 **后翻** 和 **前翻** 鍵可以選擇顯示其他波形。

若需要進行計算機存檔管理，或需要進一步分析以及打印，需將 SD 卡取出，插入讀卡器並和計算機連接，將 SD 卡中存儲的波形數據導入計算機，在後台軟件的支持下可以進行存檔、分析和打印。

## 第四章 脈沖電流法測距

### 一、適用範圍

脈沖電流法用於電纜的高阻和閃絡性故障的測距，需要和高压冲击信号发生器配合使用。

### 二、工作原理

#### 1、基本原理：

當電纜故障點絕緣電阻較大(大於 10 倍電纜特性阻抗,  $R_f > 10Z_c \approx 200\Omega$ )時，故障點的反射系數很小，造成反射脈沖無法分辨，因此低壓脈沖法無法測距。

使用高压发生器向故障電纜施加高压，使得故障點击穿放電，放電脈沖在故障點和測試端之間來回反射，用儀器採樣記錄此信號並測量時間差，將得到故障點的距離。

有兩種方法可以採集放電脈沖信號：電壓取樣和電流取樣，採用電流取樣即為脈沖電流法：電流耦合器採集測試地（電纜金屬外皮）流回高压儲能電容的電流，與高压部分完全隔離，安全可靠，波形較易識別。

#### 2、直閃法：

直流高压閃絡法（直閃法）用於測量閃絡性故障，即故障點絕緣電阻極高，但在做耐壓試驗時電壓上升到一定水平產生閃絡擊穿的故障。

直閃法原理如圖 4-2-1 所示，其中 T1 為調壓器；T2 為高压變壓器，容量應在 1KVA 左右；VD 為高压硅堆；C 為高压儲能電容器，容量在 2 $\mu$ F 以上；L 為電流耦合器。調節 T1 調壓器，使得輸出電壓逐漸升高，直至故障點擊穿。

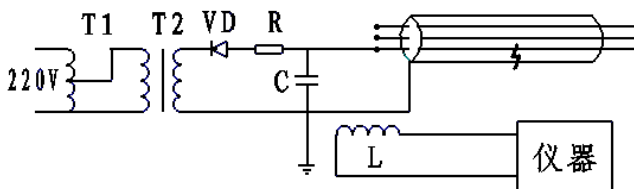


圖 4-2-1 直閃法原理圖

直閃法的波形如圖 4-2-2 所示：

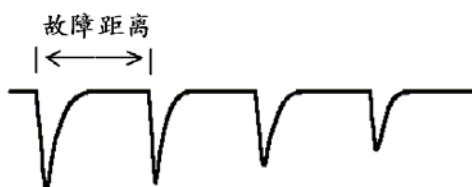


圖 4-2-2 直閃法波形

### 3. 沖閃法：

當電纜故障點的電阻不是很高時，故障點的洩漏電流較大，如果使用直閃法，因 T2 高壓變壓器的內阻很大，輸出電壓將無法升高到閃絡電壓，這時必須使用沖擊高壓閃絡法（沖閃法）。沖閃法也適用於大多數閃絡型故障。

沖閃法原理如圖 4-2-3 所示，它與直閃法基本相同，區別在於在儲能電容 C 和電纜之間串入一球間隙 G。調節 T1 調壓器對電容 C 充電，當電容電壓上升到一定程度時，球間隙 G 擊穿，電容 C 對電纜放電，由於電容的內阻極小，輸出電壓將能足夠高並使得故障點擊穿。

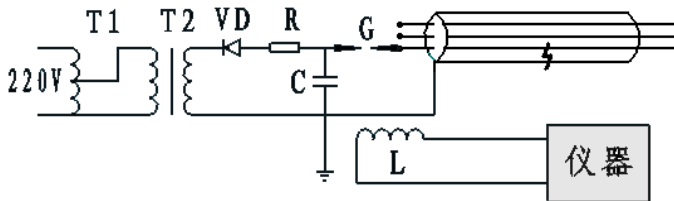


圖 4-2-3 沖閃法原理圖

沖閃法的波形如圖 4-2-4 所示：

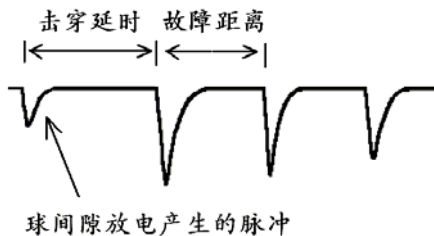


圖 4-2-4 沖閃法波形

## 三、測試步驟

### 1、接線：

使用脈沖電流法必須配合使用高壓沖擊信號發生器，推荐使用集成化的設備，操作簡單，安全可靠；也可以使用由分立器件組成的高壓沖擊放電裝置。

測試接線如圖 4-3-1 所示。

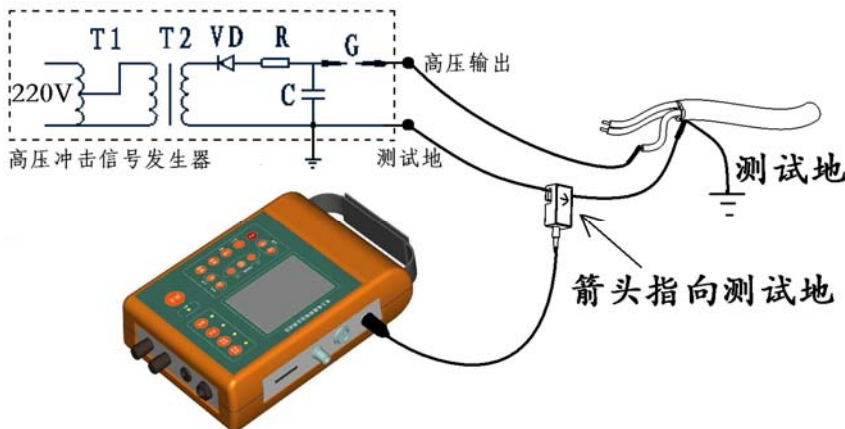


圖 4-3-1 與其他高壓設備配合使用

以電纜相對地故障為例，將高壓發生器的高壓輸出線連接電纜故障相，測試地線連接電纜的金屬護套；將脈沖電流耦合器掛在測試地線上，耦合器輸出插頭接主機 [測距] 信號插口。

若電纜是相間故障，則需將高壓發生器測試地線連接另一故障相，並將其接地。

### 接線注意事項

- 接線前須對電纜充分放電！
- 高壓發生器的保護地必須接好，並不得直接接測試地！
- 耦合器的箭頭必須指向電纜地方向。
- 耦合器掛接的測試地線越直越好（尤其在耦合器附近）。

## 2、選擇工作模式：

按 **脈沖電流** 鍵，進入脈沖電流測距模式，其顯示界面和低壓脈沖法基本相同。

## 3、選擇測試範圍：

初始測試時選擇的範圍應大於電纜全長至少幾百米，如：電纜全長為 800m，則應選擇 2km 範圍，而不應選擇 1km。

若發現可疑點較近，為了得到更高的測距分辨率，可以适当將範圍縮小。

如果確信故障點已經放電（觀察高壓發生器的高壓表，發現放電時電壓跌落明顯，說明已放電），但仍然沒有得到放電波形，說明故障點的击穿延時有可能較長，可以适当將範圍增大再測試。

## 4、設定波速：

根據電纜類型設定合適的波速。

## 5、測試並調整增益：

按 **測試** 鍵，儀器進入等待觸發

狀態，當高壓發生器對電纜放電後，儀器觸發、採集並顯示波形。

若波形過小須調高增益，反之調低，再重複測試，直至獲得滿意的脈沖電流波形。

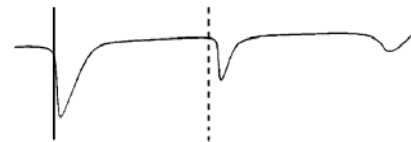
## 6、故障點定位：

採集到波形後，按 **←** 和 **→** 鍵 將虛光标定位在第一個放電脈沖起始點，再按 **光标切換** 鍵，將虛光标變為实光标，再移動虛光标移動到第二個脈沖起始點，其相對距離即為故障點。

按 **定位 / 確定** 鍵，儀器能自動進行計算和定標。

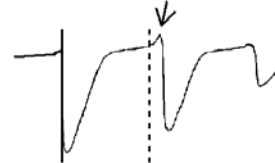
圖 4-3-2 為一組典型的直閃法波形：

波形



(a) 較理想的直閃法波形

電感影響，造成反射波波頭向上凸起  
應定標於向上凸起的起始點



(b) 典型的直閃法波形



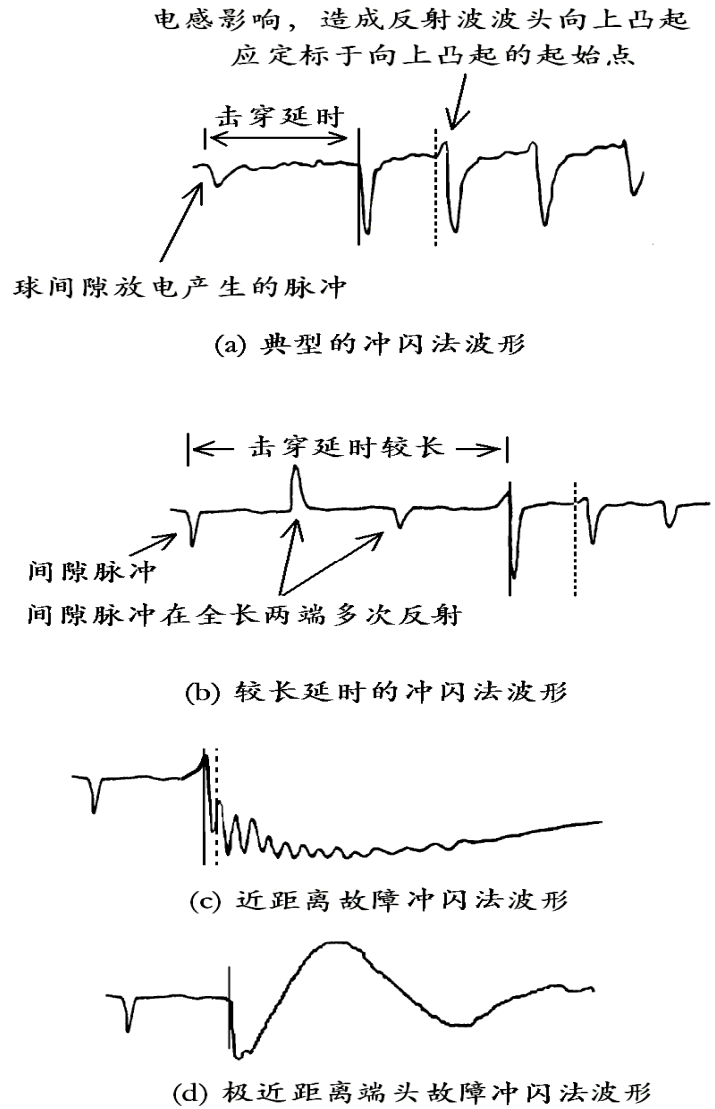
(c) 近距離故障直閃法波形



(d) 極近距離端頭故障直閃法波形

圖 4-3-2 典型的直閃法

圖 4-3-3 為一組典型的沖閃法波形：



**6、定标时的注意事项：**

- (1) 直闪法和冲闪法的区别在于冲闪波形往往有球间隙放电形成的脉冲，而且从球间隙放电到故障点击穿有一定延时；
- (2) 由于杂散电感的影响，往往在反射脉冲波头有向上凸起，应注意将虚光标定位于向上凸起的起始点；
- (3) 利用比例放大功能精确定标；
- (4) 反射波头的凸起起始点有时不易精确定位，往往造成测距值略大于实际故障距离；
- (5) 故障点必须击穿才能正确测距，判断故障点是否击穿的方法：
  - ①. 故障点击穿时，球间隙放电声清脆响亮，火花较大。而未击穿时，一般球间隙放电声嘶哑，不清脆，而且火花较弱。
  - ②. 电缆故障点击穿时，电压表指针摆动范围较大。而未击穿时，电压表摆动较小，
  - ③. 根据仪器记录波形判断。图 4-3-5 为电缆未击穿时的典型波形。

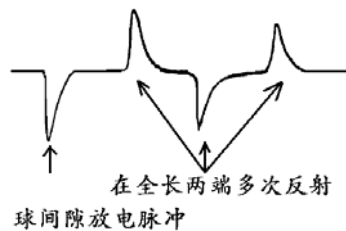


圖 4-3-5 故障點未擊穿時的典型波形

## 第五章 聲磁同步定點

### 一、工作原理

本儀器採用波形顯示的聲磁同步法進行故障精確定點，是一種非常精確、且唯一性很好的定點方法，其原理基於傳統的聲測定點法，但有多項改進和提高。

當高壓發生器對故障電纜進行直流高壓沖擊，使故障點击穿放電，放電產生的機械振動傳到地面，振動信號被高靈敏度的傳感器拾取，經放大後用耳機監聽，便可以聽到“啪、啪”的聲音。這就是傳統的聲測法定點的基本原理。

傳統的聲測法定點儀一般僅使用耳機監聽，或輔以表頭指針擺動來分辨故障點放電聲音。由於放電聲一瞬即逝，而且和環境噪聲區別不大，往往給經驗不是十分豐富的操作者帶來很大困難。

傳統聲測法經改進後即為聲磁同步法，利用高壓沖擊放電瞬間的強大電磁場信號，觸發一個指示燈閃亮（或表針擺動），對聲音進行同步。若聽到“啪、啪”聲的同時看到指示燈閃亮（或表針擺動），表明聽到的聲音是故障點放電聲。聲磁同步法對聲測法改進很大，但仍然主要靠人耳對聲音進行判斷，仍然對操作者的經驗有很高要求。

本儀器利用放電脈沖磁場作為同步信號，對聲音進行數字化採樣，將聲音波形顯示出來，波形可以持續保持，避免了聲音轉瞬即逝的缺點，而且故障點放電波形和噪聲有明顯的區別，更重要的是多次放電的聲音波形均非常相似，當觀察到多次放電的聲音波形相同時，可以明確判斷已經採集到了放電聲音。

現場測試時，往往已經聽到故障點放電聲，但僅靠聲音強弱仍很難精確判定故障點位置，特別是當電纜敷設在管道裡面時，困難更大。通過檢測電磁信號和聲音信號之間的時間差，可以解決這個問題。由於電磁信號的傳播速度是光速，從電纜傳播到傳感器的時間可以忽略不計；而聲音傳播速度相比起來慢的多，為每秒幾百米的量級；因此，通過檢測電磁、聲音信號之間的時間差，可以判斷故障點的遠近。當不斷移動傳感器，找到聲磁時間差最小的點，則其下方就是故障點。應該指出，由於很難知道聲音在電纜周圍介質中的傳播速度，也不知道電纜埋設的具體深度，所以不可能確切計算出傳感器和故障點之間的水平距離。

### 二、高壓發生器的接線方法

聲磁同步定點需要配合使用高壓沖擊信號發生器，並工作在周期放電狀態。

#### 1、相線對鎧裝接法：

當發生相地故障、相間合并對地故障，或斷線合并接地故障，總之只要存在相對地絕緣損壞，均優先採用相對鎧裝法，其優點為故障點放電聲的傳播衰減較小。

如圖 5-2-1 所示，將高壓發生器的高壓輸出連接電纜故障相，測試地連接電纜的金屬鎧裝。

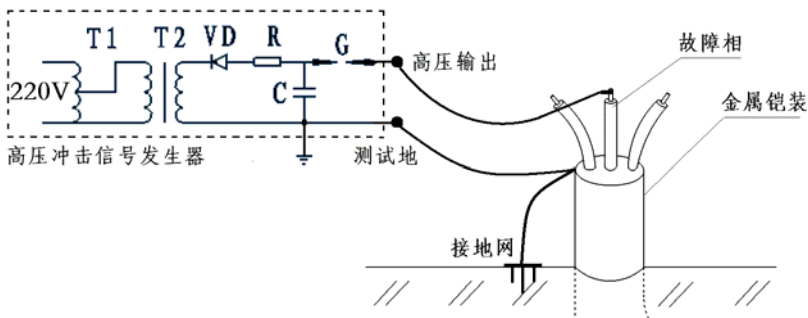


圖 5-2-1 相對鎧裝法

#### 2、相間接法：

當發生單純相間故障（沒有合并接地）時，使用相間接法。如圖 5-2-2 所示，將高壓發生器的高壓輸出和測試地連接兩故障相，其中一故障相需進行安全接地。



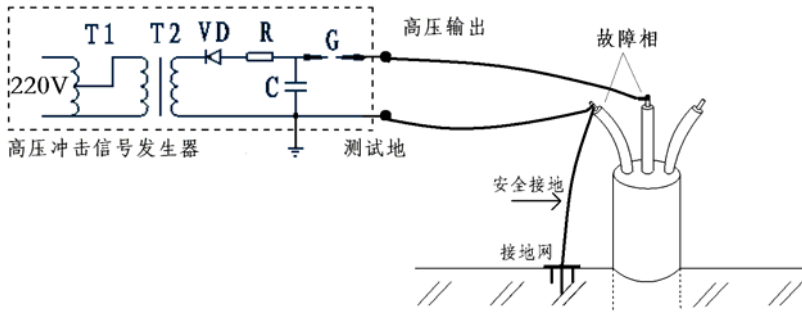


圖 5-2-2 相間接法

### 3、斷線故障的接法：

對於單純斷線故障（沒有發生合並接地），接線示意圖如圖 5-2-3 所示：

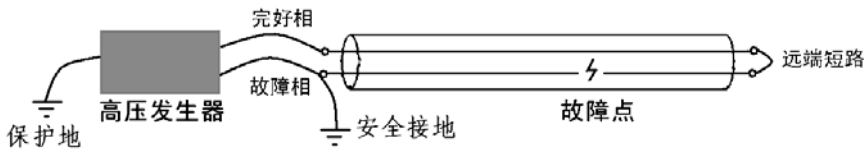


圖 5-2-3 斷線故障接線示意圖

將高壓發生器的高壓輸出線和測試地線分別接電纜的一完好相線和故障相線，在電纜的遠端將兩項短路。

## 三、定點步驟

### 1、連接傳感器和耳機：

將定點傳感器接主機  信號插口，耳機接  插口。如圖 5-3-1 所示：



圖 5-3-1 主機定點模式的配置

### 2、選擇工作模式：

按  鍵，進入聲磁同步定點模式，其顯示界面如圖 5-3-2 所示：

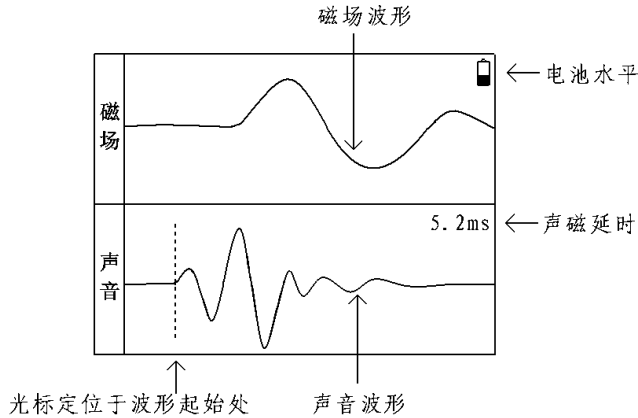


图 5-3-2 定点显示界面

### 3、选择定点区域:

在定点之前, 首先应明确电缆路径。如果图纸资料不完整, 应进行路径探测, 并做好标志。

根据测距结果, 考虑电缆头盘余量、地形因素, 粗略确定故障点位置, 由于不可避免的存在估算误差, 一般应在 (测距值  $\pm 50\text{m}$ ) 之间定点。

注意: 在脉冲电流测距时, 由于放电波形的起始处一般都有向上的小幅凸起, 造成不易精确定位, 一般测距值均略大于实际故障距离, 长约 10~20m。

在选定的区域, 将传感器平放于电缆正上方的地面, 观察波形并用耳机监听, 开始定点。

### 4、调整磁场增益:

当高压发生器开始对故障电缆周期放电后, 调整仪器主机的“磁场增益”旋钮, 使“信号”指示灯的闪亮和高压发生器的放电形成同步, 正常同步时的磁场波形和图 5-3-2 所示的非常相似。如果“信号”指示灯闪亮频率很快 (如 1—2 秒闪亮一次), 而且磁场波形尖细, 毛刺较多, 这是由于磁场增益过大, 造成电磁噪声错误触发, 此时需要将磁场增益适当调小。

### 5、调整声音增益:

当调整好磁场增益正常同步后, 再调整“声音增益”旋钮。当“信号”指示灯闪亮时, 声音信号同步采样一次, 波形更新。调整“声音增益”旋钮, 使声音波形足够大且不失真。

声音信号 (包括噪声) 在不断变化, 要随时看到真实的声音波形, 需要不断地调整其增益, 但根据经验, 声音信号增益可以调的较大, 只要不是每次都失真即可, 不必随时调整。

### 6、寻找并逼近故障点:

以大约 0.5~2m 的间隔移动传感器, 如果连续几次放电, 均没有看到如图 5-3-2 所示的典型声音波形, 则应继续向前移动, 直至多次放电的声音波形都与典型波形非常相似, 而且稳定 (除非当时有很大的噪声出现), 说明已经到了故障点的附近, 采集到了真正的故障点放电声音信号。这时用耳机监听, 会在“信号”指示灯闪亮的同时, 听到较沉闷的一声“啪”。一般来说, 靠观察声音波形得到的响应范围大于听声的响应范围, 而且单纯听声较难分辨。

### 7、测量声磁延时, 精确定位:

看到放电声音波形后, 按  $\leftarrow$  和  $\rightarrow$  键移动光标, 将其移动到声音波形的起始点上, 在声音波形显示区的右上角显示声磁延时值, 如图 5-3-2 所示。此延时值能代表故障点的远近, 但由于很难确知声音在电缆周围复杂介质中的传播速度, 也不知道电缆埋设的具体深度, 所以不能计算出传感器和故障点之间的精确水平距离。

注意: 光标在其它位置时, 显示的声磁延时值没有意义。

以较小的间隔不断改变传感器的位置, 并测量声磁延时, 直至找到延时值最小的点, 其正下方即是故障点, 误差在 0.2m 之内。

### 8、利用磁場極性進行輔助路徑探測：

在電纜的兩側，磁場波形的極性相反，可由此進行輔助路徑探測。此功能在最終確定故障點精確位置時比較有用。

### 9、注意事項：

- (1) 盡量不要將傳感器置于電纜本體上進行定點，否則會在電纜任何位置都能聽到微弱的啪啪聲，此為大電流瞬間放電形成的電應力造成的震動，整條電纜上均存在，不能利用此信號進行定點。
- (2) 有時電應力震動也能傳到地面。在遠離故障點時，如果非常仔細的監聽，有時能夠在電纜全長上都能聽到很微弱的啪啪聲，且不會隨傳感器位置的不同而發生變化，此即為電應力震動，其與真正的故障放電聲差別很大，注意不要誤判。

## 第六章 路徑探測

### 一、工作原理

電纜路徑探測的基本原理，是用探測線圈感知加載在待測電纜上的交變電流引起的電磁場。進行路徑探測時，需要用信號發生器向電纜發射音頻信號，用主機進行接收。

### 二、信號發生器的接線和使用方法

#### 1、芯線-大地接法

芯線-大地接法是對離線電纜（退出運行的不帶電電纜）進行路徑探測和鑒別的基本接線方式，信號最強，並能最大程度地抗干擾。

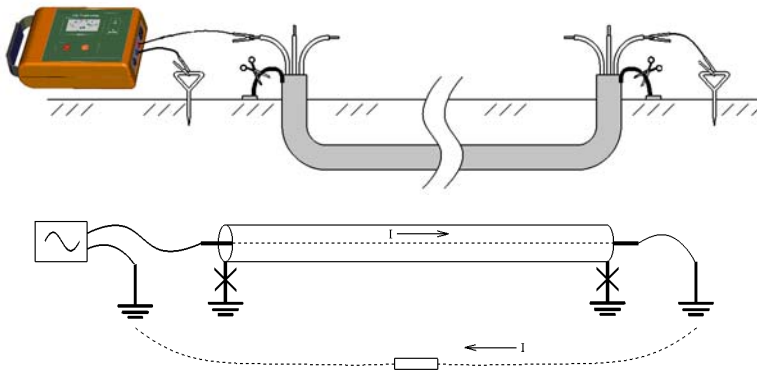


圖 6-2-1 芯線—大地接線法

如圖 6-2-1 所示，將電纜金屬鎧裝（護層）兩端的接地線均解開，低壓電纜的零線和地線的接地也應解開，將信號發生器輸出線的紅色鱷魚夾夾一條完好芯線，黑色鱷魚夾夾在打入地下的接地鉗上。在電纜的對端，對應芯線接打入地下的接地鉗。

**注意，盡量使用接地鉗，而不要直接用接地網！至少在電纜的對端必須用接地鉗，接地鉗還需要離開接地網一段距離，否則會在其他電纜上造成地線回流，影響探測效果。**

#### 2、相線—護層接法：

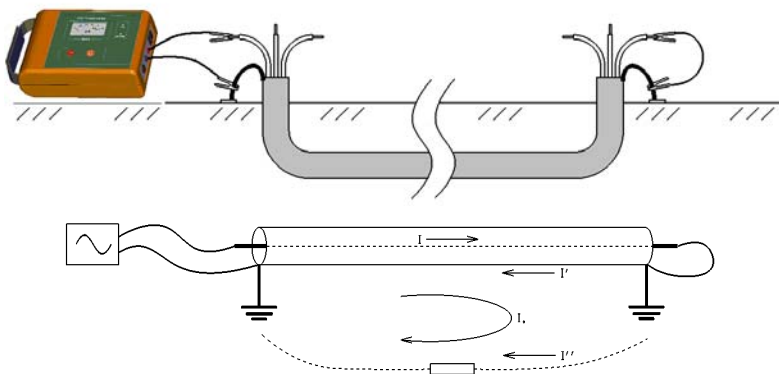


圖 6-2-2 相線—護層接法

如圖 6-2-2 所示，發射信號加在電纜一相和護層之間，對端相線和護層短路，護層兩端保持接地。

這種接法比較簡單，但輻射出的有效信號較小，如果是多條電纜并行敷設，信號也會傳播到其他電纜上，造成干擾。故此方法適用於簡單現場，若遇到多條電纜不易區分的问题，可換用芯線-大地接法。

### 3、連續 / 斷續輸出模式選擇

使用連續輸出模式能夠滿足絕大多數探測工作的需要；在干擾較大的場合可以考慮換用斷續輸出模式，有助於區分真實信號和背景噪聲。

需要時，操作信號發生器側接口板上的開關進行“連續”/“斷續”模式切換。

### 4、信號發射

接好線後，長按 **開關** 鍵打開電源，儀器根據負載情況進行實時全自動阻抗匹配，表頭顯示輸出電流的大小。

可以通過觀察電流大小，來判斷電纜電流回路的阻抗情況，電流大說明回路阻抗小，信號強，易于探測；反之說明阻抗大，信號弱，探測靈敏度降低；如果輸出電流很小，可能是因接線錯誤造成回路阻抗過大，或回路不通，可能無法探測。

### 5、電池檢測

需要檢測電池電量時，按 **電池檢測** 鍵，表頭顯示電池水平，指針位於綠色區域表示電池電量正常，若指針位於黃色區域，表示電池欠壓，仍可工作一小段時間，建議充電；若指針低於黃色區域，表示電池電量不足，可能無法開機，需充電後再使用。

## 三、路徑探測步驟

### 1、連接傳感器和耳機：

將路徑傳感器接主機 **路徑** 信號插口，耳機接 **耳機** 插口。如圖 6-3-1 所示：

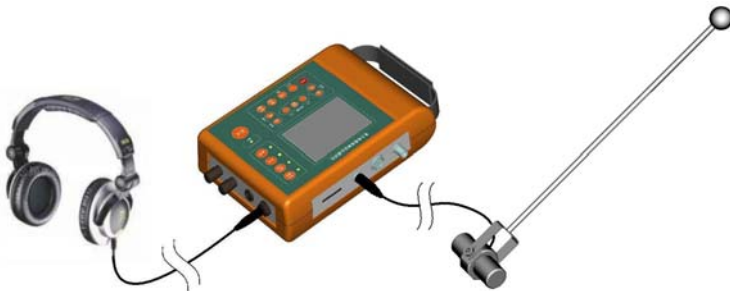


圖 6-3-1 主機路徑探測模式的配置

### 2、選擇工作模式：

按 **路徑** 鍵，進入路徑探測模式，其顯示界面如圖 6-3-2 所示：

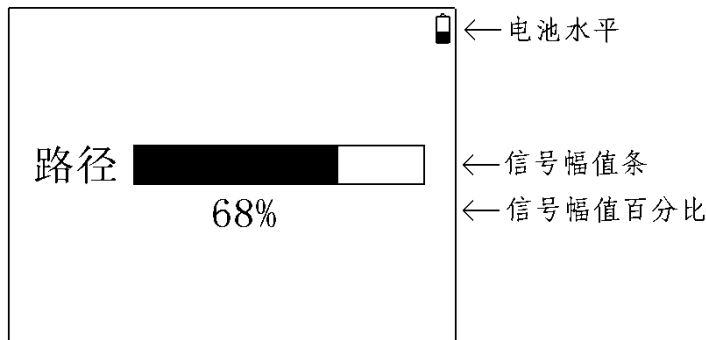


圖 6-3-2 定點顯示界面

### 3、音峰法探測：

旋轉傳感器，使其軸線與提杆垂直、與地面水平，手提傳感器時，應盡量保持傳感器軸線垂直於電纜，如圖 6-3-3(a)

所示。將傳感器橫切可能的電纜路徑，觀察信號幅值，越接近電纜，信號越強，耳機聲音也越大，當位於電纜正上方時，信號最強，故為音峰法。信號的響應曲線圖 6-3-3 (b) 所示。

為了正確觀察信號幅值，應調整信號增益：當傳感器位於電纜正上方信號最強時，信號幅值在 40~80% 之間比較合適。如果信號幅值過大，應逆時針旋轉“路徑增益”旋鈕以減小增益；反之應調大增益。

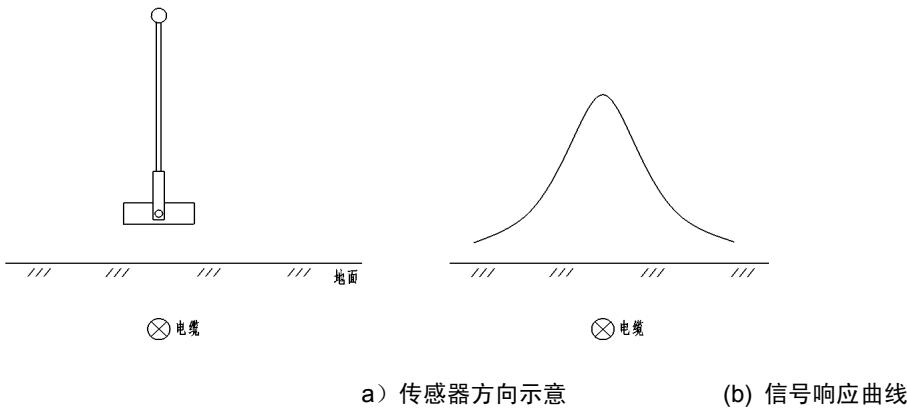


圖 6-3-3 音峰法示意圖

#### 4、音谷法探測：

旋轉傳感器，使其軸線與提杆同向、與地面垂直，如圖 6-3-4(a) 所示。手提傳感器橫切可能的電纜路徑，觀察信號幅值，在電纜正上方時信號最弱，偏離電纜，信號會增強，越過某一點後信號再次減弱。信號的響應曲線圖 6-3-4(b) 所示，為一馬鞍形曲線，因電纜正上方處於信號最弱的谷值，故稱音谷法。

音谷法同樣須調整路徑信號增益，使得信號最強時，信號幅值在 40~80% 之間。

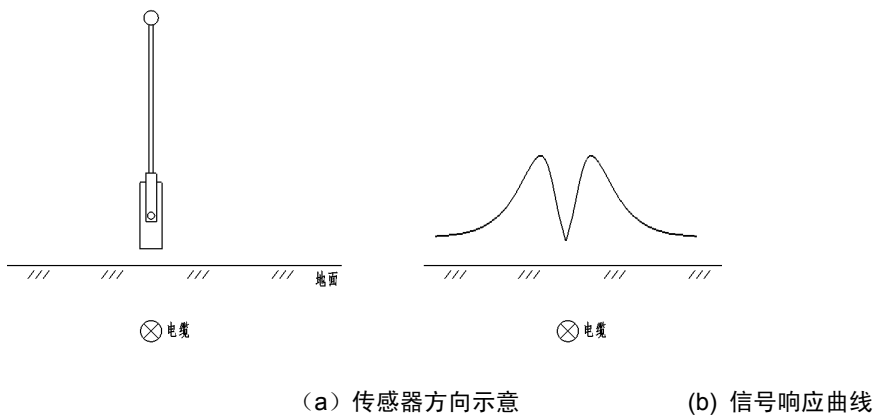


圖 6-3-4 音谷法示意圖

#### 5、80%法深度測量：

首先用音峰法找到信號幅值最強的點，記下幅值數，然後左右水平移動傳感器，找到左右兩側信號幅值減弱到最大幅值 80% 的點，則兩點之間的距離等於電纜深度，如圖 6-3-5 所示。注意：如果存在鄰近管線，由於其感應電流的影響，最大幅值點往往稍偏離待測電纜正上方，且兩側的最大值到 80% 點的距離並不一定相等。

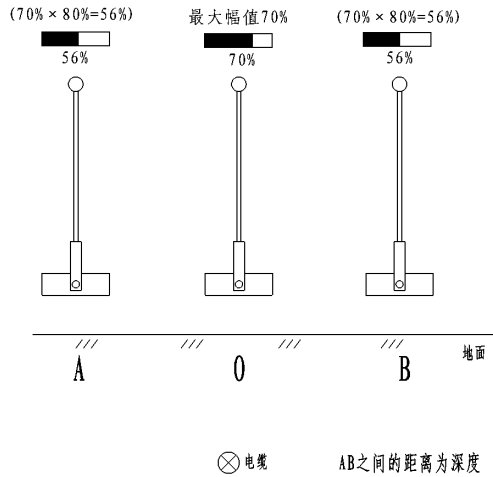


圖 6-3-5 80%法深度測量

### 6、45° 法深度測量：

在電纜兩側，分別反方向調整提杆，使傳感器軸線與地面成 45° 夾角，橫切電纜路徑，在兩側分別找到信號幅值最弱的點，則兩點之間的距離為電纜深度的 2 倍，如圖 6-3-6 所示。

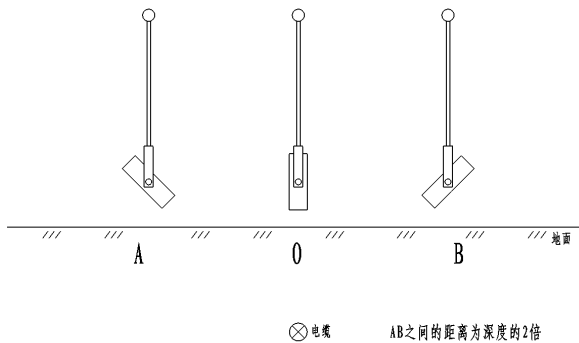


圖 6-3-6 45°法深度測量

## 第七章 儀器維護

### 一、充電

當主機屏幕上顯示的電池水平很低，或信號發生器“電源”指示燈閃爍時，需要對其充電，在繼續使用一小段時間後，儀器將自動關機。

充電時，將充電器的輸出插頭插到儀器的 **充電** 插孔，充電器的電源插頭插市電 220V 插座，儀器開始充電，充電器的指示燈指示充電狀態，紅燈表示正在充電，綠燈表示充電完成。將放完電的電池充滿大約需要 4 小時，充不滿也可以使用，超過 4 小時也不會損壞電池。