

ZX-A21  
电缆故障测试仪



## 一、系统组成

ZX-A21 电缆故障测试仪由测试主机、路径信号产生器、路径信号接收器和定位仪等几部分组成。

故障测试主机包括一体化电脑、低压脉冲产生和数据处理，用于测试故障的距离，也可用来测量电缆的长度和电波在电缆中的传播速度。

路径信号产生器产生频率 30KHz、最大幅度 30V 的断续正弦波信号，用于寻测电缆路径。

路径信号接收器用来接收路径信号，用于查找电缆走向和估测电缆埋设的深度。定位仪用于故障点的精确定位。

## 二、技术性能

### 1、故障测试系统

- 可测试各种电力电缆的各类故障及同轴通信电缆和市话电缆的开路、短路故障。
- 可测量长度已知的任何电缆中电波传播的速度。
- 测试距离：不小于 16 千米
- 系统误差：小于 1 米
- 采样频率：25MHz
- 最小分辨率：0.2 米
- 测试盲区：小于 16 米
- 电源：直流 12V(免维护电瓶)
- 重量：5Kg

### 2、路径信号产生器

- 输出信号频率：30KHz
- 振荡方式：断续
- 输出功率：30W
- 电源：220V $\pm$ 10%
- 重量：4Kg

### 3、定位仪

●测试灵敏度：50  $\Omega$  内阻的信号源输出 300Hz 信号，定点仪在维持输出为 2V、信杂比优于 20:1 的情况下输入信号不大于 10  $\mu$ v。

- 输入阻抗：不小于 1.2K  $\Omega$ 。
- 使用 2 $\times$ 2000  $\Omega$  耳机。
- 工作电压：DC9V $\pm$ 10%。
- 使用环境温度：-20 $^{\circ}$ C $\sim$ 70 $^{\circ}$ C

## 三、进入与退出系统

打开电源开关，稍等后系统进入主控界面。



按“测试”按钮进入测试方式；按“帮助”进入帮助系统；按“退出”可退出测试管理系统。

关机时请使用 windows 系统的“开始”、“关闭计算机”。

## 电缆故障测试

### 一、测试原理

本仪器采用时域反射（TDR）原理测量电缆故障的距离。对于低阻、开路故障，仪器向被测电缆发射一系列电脉冲，有故障的电缆会在故障点产生一个反射信号（如果没有电缆故障，反射为电缆全长）；对于高阻故障，给电缆上加一冲击直流负高压，使故障点产生反射脉冲。我们根据发射脉冲和反射脉冲的时间差及电缆中电波的传播速度，可测出故障点到测试端的距离为：

$$S=VT/2$$

式中：S 代表故障点到测试端的距离

V 代表电波在电缆中的传播速度

T 代表电波在电缆中来回传播所需要的时间

在速度 V 已知和时间 T 已经测出的情况下，就可计算出故障点距测试端的距离 S。这一切只需稍加人工干预，就可由计算机自动完成，测试故障迅速准确。

### 二、测试系统控制面板介绍

测试面板可分为四部分：菜单栏、状态栏、图形显示区、功能键区。

#### 1、菜单栏

菜单栏包括“数据管理”和“测试帮助”两个菜单：

“数据管理”菜单：包括“打印”、“读盘”、“存盘”、“结束”四个菜单项。

选择“打印”可将屏幕显示内容用打印机打印出来；选“存盘”可将测试的波形和数据存储于电脑的硬盘或外存储器（如U盘等）中，作为资料保存；选“读盘”可调出以前测试时存储的波形，以供事后分析；选“结束”可退出该控制面板。



## 2、状态栏

状态栏里显示四个方面的信息：最左边是测试方式；第二个是选择的电缆介质所对应的电波速度（若是测速度，则不显示介质信息）；第三个是故障距离（或电缆长度）；最右边显示测试日期。

## 3、图形显示区

图形显示区用来显示采样所得的波形，电脑内存储的波形也可以通过读盘或调用在此显示，供使用人员分析。

## 4、功能键区

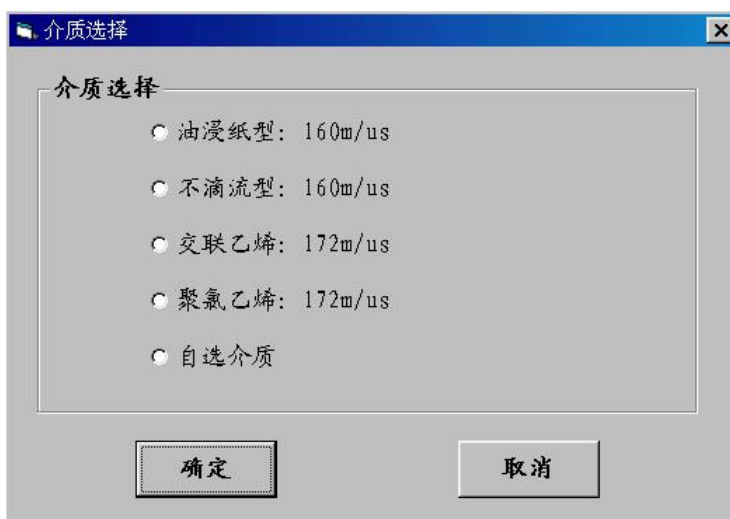
功能键区由14个按键组成，可分为三类。

初始化数据：包括测试方法和介质选择两个键。

测试方法：有两种选择，“测故障”和“测速度”。

基本的测试方法有三种，“低压脉冲”、“冲闪”、“直闪”。

“低压脉冲”有“2 μs”



和“0.2 μs”两种脉宽可选择。

“冲闪”包括“电感电压取样”，“电阻电压取样”，“电流取样”三个菜单项；

“直闪”包括“电压取样”“电流取样”两个菜单项。

介质选择：

程序初始化时设置为“油浸纸型”，如果是其它介质的电缆，可根据电缆的介质选择。

共有四种类型供选择：“油浸纸型”、“不滴流型”，“交联乙烯”，“聚氯乙烯”，“自选介质”五个菜单项。

选择其中一项就等于选择一种速度，即电波在该电缆中的传播速度。

数据采集与测量：共有八个按键。

“采样”键：在系统测试时采用。每按动一次“采样”键，系统便采集一次数据，并可以在图形显示区绘出波形图来。

“扩展”键：为了精确计算故障距离，按此键可将显示的波形扩展后再计算故障距离。每按一次波形扩展一倍，按四次为一个循环。

“卷动”键：波形被扩展后，故障点特征波形可能会处于第一屏以外的其它屏内，按此键可将显示内容一屏一屏地向左移动，直到故障波形在当前屏内显示出来，便于光标精确定位。

“归位”键：需要光标快速回到屏幕最左端时按此键。

“定位”键：计算距离起点键。在光标移动到特征波形的起始拐点处按此键。

“左移”键和“右移”键：这两个键用于控制光标的左右位移。当按动它们时，光标移动，每按一次移动一个单位。

如果需要快速移动光标，可以用鼠标拖动光标，到合适的位置松开即可；也可以在波形的特征点上点鼠标的左键直接对准光标。

“复位”键：系统复位键。无论系统处于何种状态，按此键均可退回到系统主界面。

“存储”键：按此键可将测试的波形和数据存储于电脑内存中。（“存储”与数据管理菜单里的“存盘”不同。“存盘”是将数据存储于磁盘中，可长期保存，而“存储”只是将数据存储于电脑内存中，关机后数据会丢失。）

“调用”键：与“存储”配合使用。按此键可在屏幕上显示上次存储的内容，以便分析与计算。

“比较”键：按此键可将当前采样的波形和存储在电脑内存内的波形同时显示在屏幕上，用户可对这两幅波形进行比较分析。

“平移”键：按此键进入图形左右移动功能，点“左移”“右移”键可将屏幕上显示的两个波形的起点对齐，以便计算距离。

### 三、故障测试方法

故障测试一般分以下几个步骤：

首先摸清故障电缆的基本情况：用摇表及万用表测量故障电缆的绝缘电阻，并用低压脉冲测量电缆的全长、是否有断线、短路等。

第二、根据故障的具体情况确定合适的测试方式，测量电缆故障距离。一般我们把断线故障和直流电阻值在  $100\ \Omega$  以下的电缆故障称为低阻（开路）故障，采用低压脉冲法测试，其它的故障采用冲闪法或直闪法。

第三、探测故障点附近电缆埋设的路径及深度。

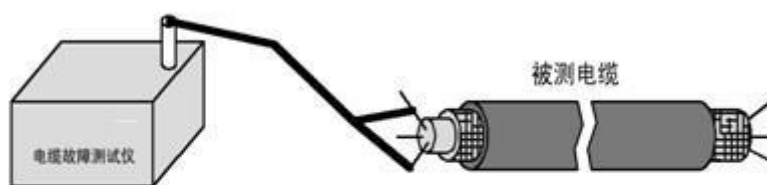
最后确定故障点的准确位置。

测试前将电缆始端和终端头的所有连线断开。

测试系统的面板上有“输入振幅”和“位移”两个旋钮，分别用来调整下次采样的输入信号幅度和波形的上下位置。

#### 1、低压脉冲方式

低压脉冲用于测试电缆中电波传播的速度、电缆全长、低阻故障和开路故障。



低压脉冲测试法接线

仪器连接如右图。

将测试仪的输入线分别加到故障电缆的地线和故障相。根据故障的具体情况，也可以把输入线加在两个相线上测试。

##### ●测速度

对于有些电缆，电波传播的速度未知，必须通过测试来确定。我们只要知道电缆的全长，就可以通过测试计算出该电缆中电波传播的速度。

在“测试方法”菜单选择“测速度”，根据电缆的长度选择“ $0.2\ \mu\text{S}$ ”或“ $2\ \mu\text{S}$ ”，一般  $500\ \text{m}$  以下用  $0.2\ \mu\text{S}$ 。键入电缆全长后按“采样”键，配合调整“位移”和“幅度”旋钮，使信号的幅度和基线处于便于观察的位置。

移动游标至低压脉冲的下降沿后按“定位”，再移动游标至反射信号的前沿，屏幕上即可显示此种电缆中电波的传播速度。如果发射和接收的波形离的太近，可按“扩展”键将波形扩展后再计算。



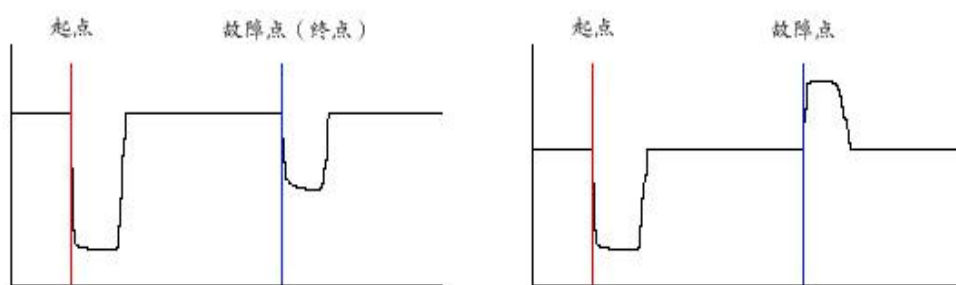
## ●测故障

在“测试方式”菜单选择“测故障”，并选择适当的脉冲宽度，按“采样”后屏幕即显示故障波形。

开路故障的反射信号与发送脉冲极性相同，短路故障的反射信号与发送脉冲极性相反。

**注：**由于测电缆全长时的接线及波形与测开路故障时完全相同，所以程序中未单独列出测全长菜单。

低压脉冲测试开路故障（电缆全长）和短路故障的波形如下。



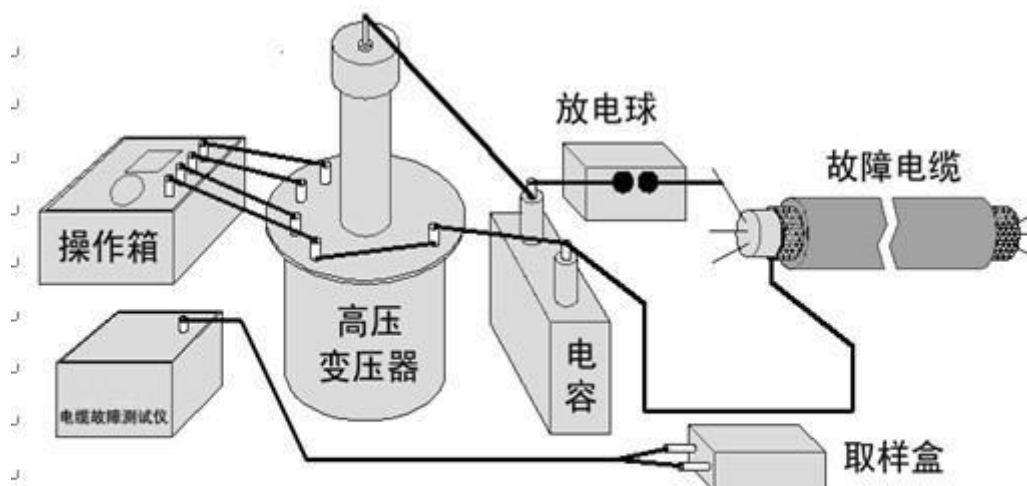
开路故障〔全长〕波形及定位

低阻〔短路〕故障波形及定位

## 2、冲闪方式

冲闪方式用于测试高阻泄漏性故障，大部分电缆故障都可以使用冲闪方式测试。通常采用接线简单、人身和设备均非常安全的电流取样法。

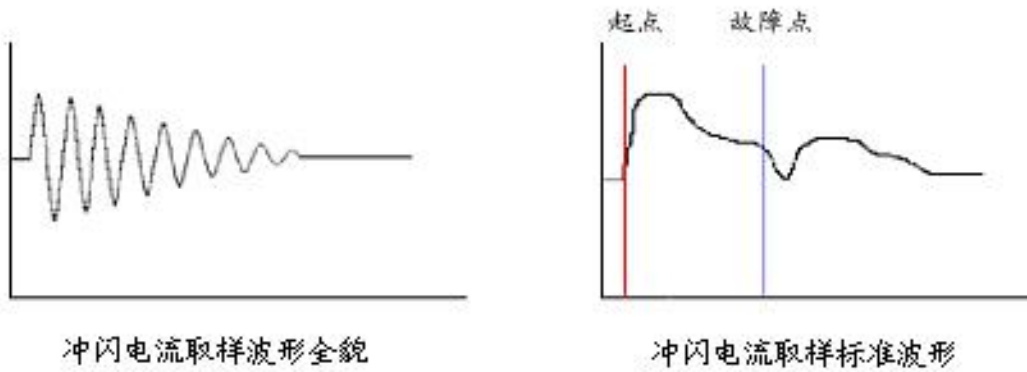
冲闪电流取样方式的接线如下：



冲闪电流取样接线图

将球间隙调整合适（一般为距离 1-2mm），然后按“采样”键，旋转操作箱上的调

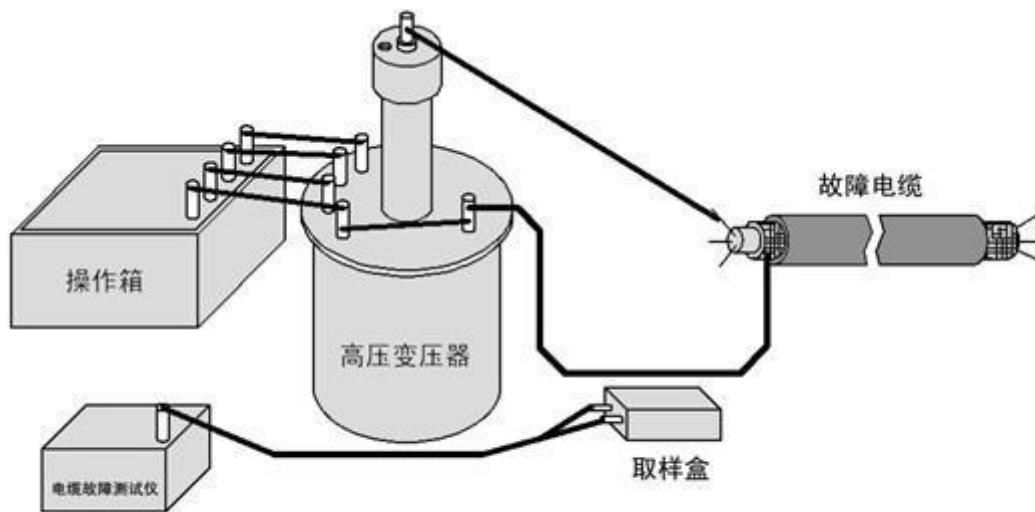
压器升压到高压放电打火，直到电脑屏幕上显示下面的波形。



### 3、直闪方式

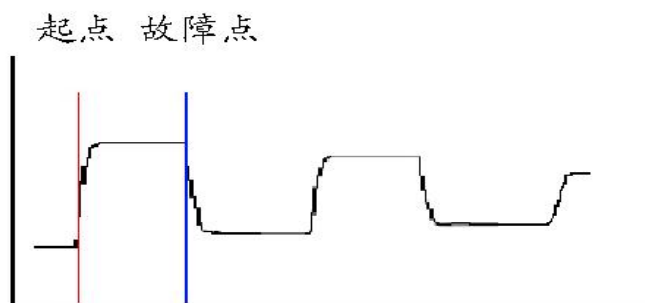
直闪法用于测试高阻闪络性故障。

用直闪法时一定要注意监视高压电流，以防电流过大而烧坏高压变压器。



直闪方式接线图

直闪的波形一般为上下对称、间隔基本相同的方波。



直闪标准波形及光标定位



## 路径信号发生器介绍

本路径信号发生器输出 15KHz 路径信号，使用时将 3 芯电源线插入电源插座，打开电源开关，将低压测试线的红夹子夹在电缆的铠装上，或者一根好相上，铠装或者好相的远端接地，低压测试线的黑夹子也要接地。这样信号构成回路。

打开电源开关调整信号发生器的输出功率至表针的 1/3 处。此时大功率信号施加在电缆上，构成回路。接线图如图 3.1 所示：

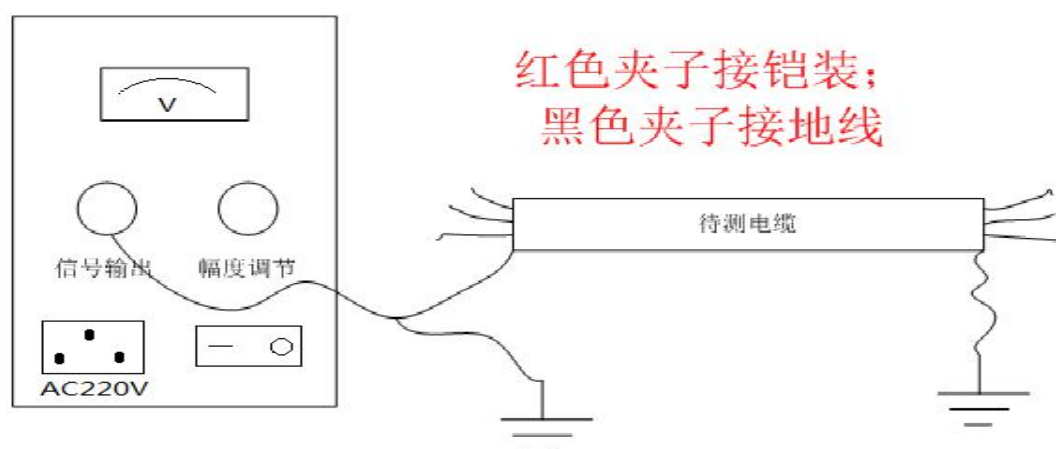


图 3.1 路径信号发生器接线图

为了确认信号已经发射到电缆上面，将路径信号接收机打开，切换到路径测试模式，将磁性天线插入路径通道内，在耳机内听到吱吱的声音说明路径信号已经发射出去。可以进行路径测试了。

## 定点仪技术性能与使用方法

### （一）技术性能

- 1、在输入信号为 300Hz 幅度为  $30\mu\text{V}$  的情况下，可保证 2.5V 不失真输出。
- 2、在 2.5V 不失真条件下，使输入为零，定点仪的内部噪声电平不大于 150mV。
- 3、工作方式：
  - 定点工作方式：测定电缆故障点的精确位置时使用。
  - 路径工作方式：测试电缆埋设的路径走向使用。
- 4、输入阻抗： $>1\text{K}\Omega$
- 5、工作电压： $9\text{V}\pm 10\%$

- 6、工作电流： $>4\text{mA}$
- 7、环境温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$
- 8、体积  $65\times 120\times 150\text{mm}^2$
- 9、重量  $1.5\text{Kg}$

#### 使用方法及注意事项

在进行故障定点时外加冲击高压电路连接如图 22 所示。

在闪测仪已经粗测出电缆故障点的位置前提下，定点仪沿电缆的走向粗测点附近进行搜索听测故障点的放电声音，找出放电时产生的机械振动声波的最响声点，即为电缆故障点实地位置。

使用定点仪应注意事项：

1、当用测试仪粗测出故障的位置之后，放电的球间隙不宜调得太大，球间隙大冲击电压高。定点相对用测试仪粗测用的时间长，长时间高压冲击如果将故障点打短路，故障点不放电定点就不容易定到故障点。

2、定点时因周围环境干扰大，土层太厚或电缆具体损坏情况等原因，故障点放电时传到地面的振动信号很微弱，定点比较困难，可以利用故障点击穿放电时既有振动波又有电磁波这一现象。用两部定点仪，一部使用探棒工作于“定点”位置，另一部利用探针也工作于“定点”位置，两部定点仪同时都听到“嘭嘭”的声响，再找出最响点，即可准确定出故障点的位置。

3、定点时要找出“最响点”的方法：定点过程中听到有规律的放电声以后，故障点的位置就在你附近不远的地方，再沿电缆走向前后移动定点仪进行比较寻找到放电声音较大处，同时减小定点仪的输出音量，最后逐步集中搜寻到声音最大点。

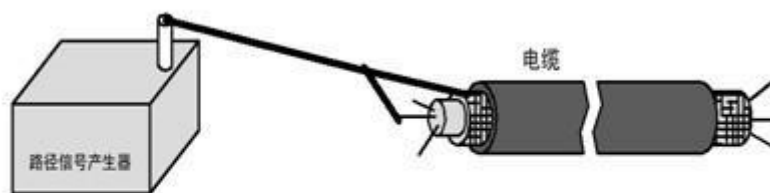
4、定点仪不使用时，应及时关掉电源。如果在使用中出现杂音变大，灵敏度降低可能电池不足，可将定点仪点的上盖旋开更换电池。

5、若耳机内出现广播电台声，可能输入线的屏蔽层接触不良，可拆开

#### 定点仪配套附件：

- 1、定点仪探头
- 2、耳机
- 3、探针
- 4、提把

## 4、测试电缆路径和埋设深度



查找路径接线

仪器如右图连接。

将路径信号产生器输出电缆芯线接电缆的一相，地线接电缆地线（铅包）。如果故障相的电阻值很低，可在信号输出地线和电缆地线间串接一几百欧姆的电阻。

先将输出电位器调到最小，打开电源后再将幅度旋钮调整到适当的位置，此时仪器输出一个 30KHz 正弦信号，此信号在电缆周围产生电磁场，调整路径信号接收器的“音量”和“微调”旋钮，使耳机里的声音清晰、悦耳，即可寻测电缆路径和估测电缆埋设的深度。

### ● 寻测电缆路径

当接收器处于电缆上方 B 点时，接收器的线圈与电场平行，线圈没有切割电力线，线圈中的感应电流很小，这时耳机中几乎没有声音。而当探棒在 A 点或者 C 点时，耳机中的声音较大。

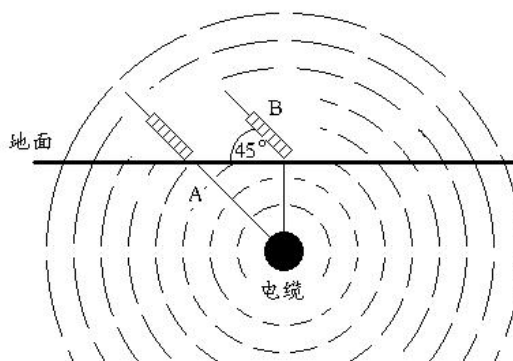
由声音较小的点所连成的线即为电缆的路径。

### ● 估测电缆埋设深度

将探棒在电缆上方 B 点倾斜 45°，然后垂直于电缆走向后退，当退到 A 点时，探棒正对电缆，此时耳机里的声音最小。

B 点到 A 点的距离，也就是后退的距离即为电缆埋设的深度。

用这种方法可以估测电缆的埋设深度。



## 5、故障点精确定位

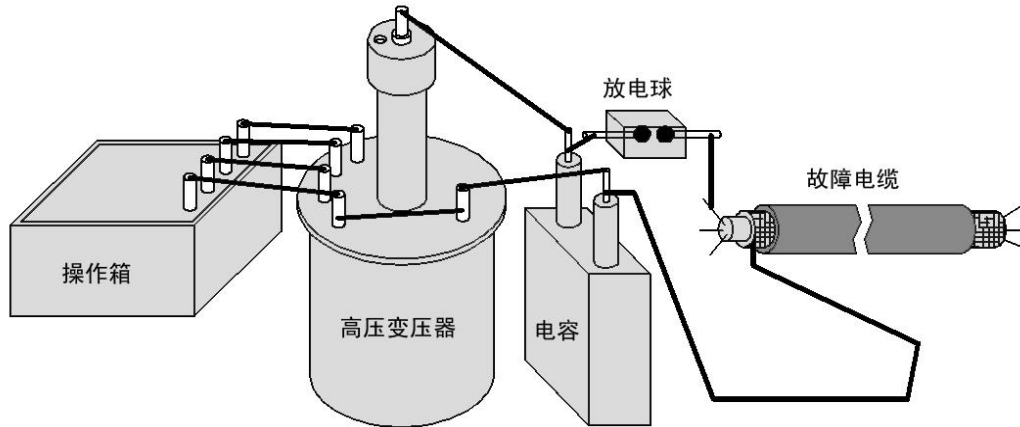
我们已使用适当地测试方法测量出了故障点的距离，但由于各种因素的影响，如人为读数的误差、电缆的余缆、拐弯等，在地面上不一定能准确地找到故障点，还必须使用故障定位仪来准确地确定故障点位置。

故障点定位时是利用高压设备给电缆加一冲击直流负高压，用定位仪在测量出的

故障点附近探听电缆故障点放电的声音。

高压放电的间隔以 1 秒钟一次为宜。

故障定位时高压部分的接线如下图：

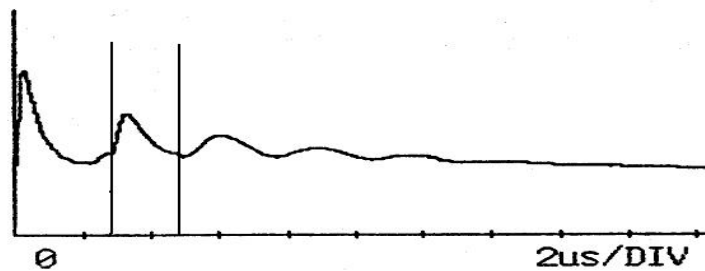


故障定位时高压接线

打开定位仪电源，适当调节音量旋钮，将定位仪放置在电缆路径上测量出的故障点附近，此时耳机中应该有故障点放电的声音，如果听不到声音可移动定位仪的位置，直到耳机里的放电声最大，此处即为故障点。

### 附录一 实测波形

交联乙烯：172M/us 故障距离：00165M



冲闪法测故障 日期：93年10月22日

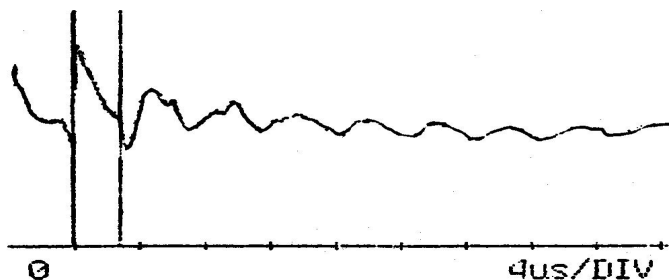
#### 测试报告

电缆名称：2x2x0.2T 交联乙烯

标定长度	实际长度	故障距离
200 米	200 米	165 米
误差	故障性质	测试人
米	1.7kV	

测试日期： 年 月 日

油浸纸型: 160M/us 故障距离: 00230M



冲闪法测故障 日期: 94年07月06日

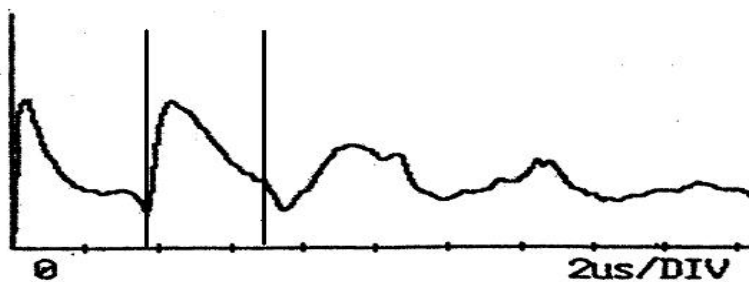
测试报告

电缆名称:

标定长度	实际长度	故障距离
520米	518米	230米
误差	故障性质	测试人
米		

测试日期: 年 月 日

油浸纸型: 160M/us 故障距离: 00262M



测试报告

冲闪法

电缆名称:

标定长度	实际长度	故障距离
米	米	米
误差	故障性质	测试人
米		

测试日期: 年 月 日

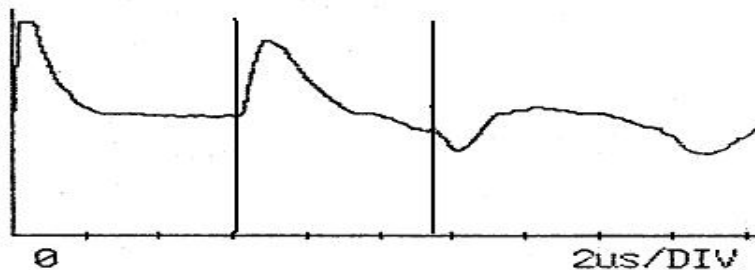
标定长度	实际长度	故障距离
50米	77米	72米
误差	故障性质	测试人
米	油浸	李... 根中

测试日期: 93年12月7日



咸阳造纸厂

油浸纸型: 150M/us 故障距离: 00448M



冲闪法测故障 日期: 93年4月15日  
测试报告

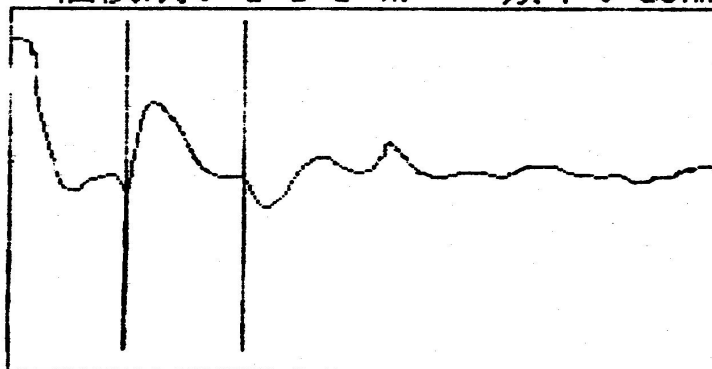
电缆名称:

标长	实际长度	故障距离
448 米	米	米
误差	故障性质	测试人
米	闪络性故障	李向东

测试日期: 93年4月15日

单位: 陕西玻璃厂

油浸纸: 160<sup>us</sup> 频率: 30MHz



距离: 00896.0米 高压

标长	测长	故障距离	性质	测试人
2226m	m	896 m	闪络	李向东

99年11月7日



不滴流型: 144M/us 故障距离: 00363M



冲闪法测故障 日期: 10年6月11日

标长	实长	故障性质
370 M	366 M	绝缘击穿
故障距离	误差	测试人
363 M	M	苏吉千

把故障点定位在电晕。

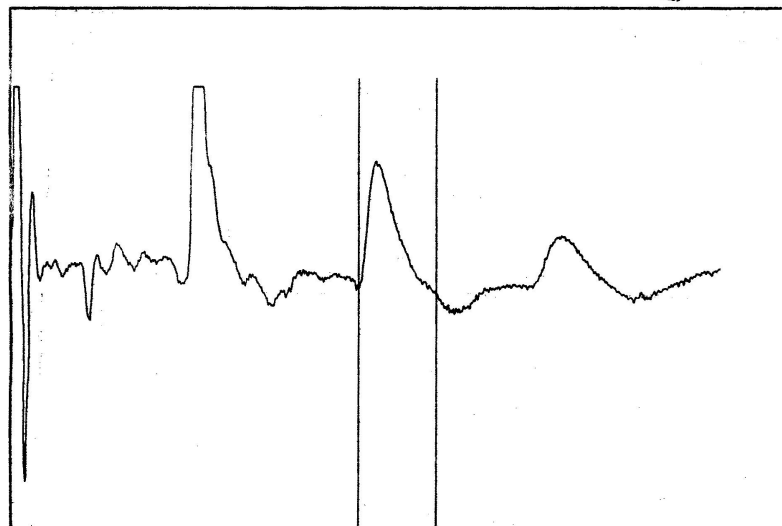
陈河

### 电缆故障测试报告

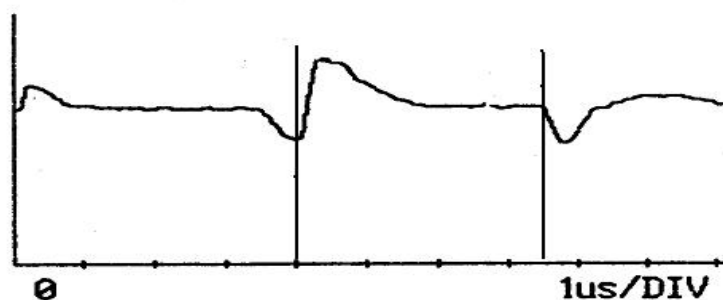
故障类型	高阻	介质类型	电波速度: 160m/us
测试方法	冲闪电流采样	测试日期	04-04-2002
故障距离	362.4 米	电缆全长	3947米

测试波形:

测试人签名: 苏吉千



油浸纸型: 160M/us 故障距离: 00278M



冲闪法测故障 日期: 94年04月07日

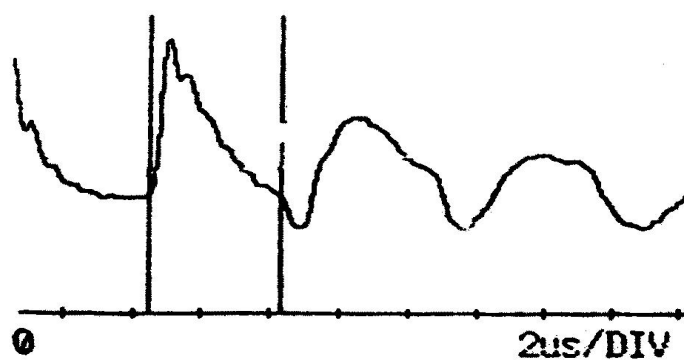
测试报告

电缆名称: 陝西重地初机

标定长度	实际长度	故障距离
1002. 米	1000. 米	278. 米
误差	故障性质	测试人
无. 米	高阻开路	苏. 何. 付.

测试日期: 94年4月7日

油浸纸型: 160M/us 故障距离: 00307M



冲闪法测故障 日期: 94年6月11日

标长	实长	故障性质
670 M	669 M	高阻开路
故障距离	误差	测试人
307 M	M	苏. 李. 丰

### 电缆故障测试报告

故障类型	高阻	介质类型	电波速度:160m/us
测试方法	冲闪电感电压采样	测试日期	04-06-2003
故障距离	776.8 米	电缆全长	3947.6米

测试波形:

测试人签名: 徐行

