



电缆故障测试仪应用 分析附加说明

上海舒佳电气有限公司

SD2000 电缆故障测试仪 使用说明书



上海舒佳电气有限公司

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。

二、仪器功能与特点：

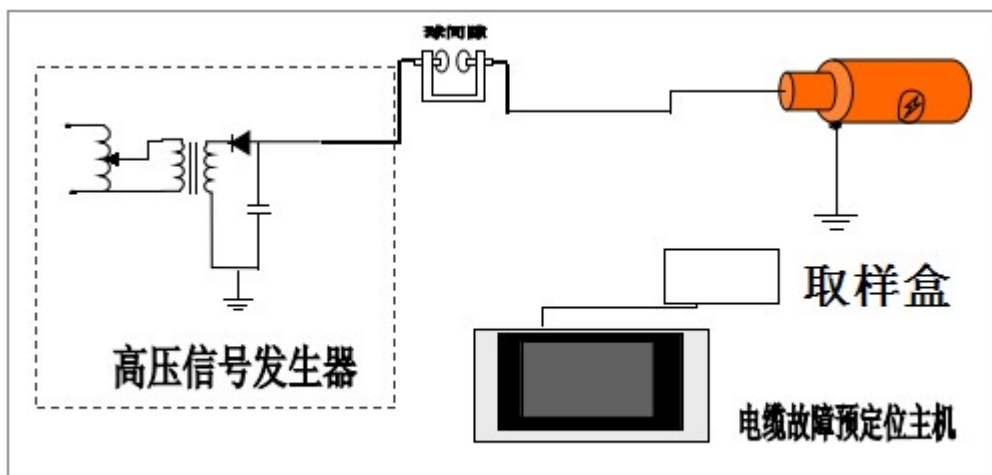
1. 可测 35KV 以下等级所有电缆的高、低阻故障，适应面广。
2. 具有方便用户的软件 and 全中文菜单。按键定义简单明了。测量方法简单快速。
3. 检测故障成功率、测试精度及测试方便程度优于国内任何一种检测设备。
4. 超大触摸液晶屏作为显示终端，仪器具有强大的数据处理能力和友好的显示界面。
5. 具有极安全的采样高压保护措施。测试仪器在冲击高压环境中不会死机和损坏
6. 无测试盲区。
7. 内置电源，可在无电源环境测试电缆的开路及低阻短路故障。

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. 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。
9. 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。
10. 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。
11. 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、和波形记录分析仪（测试主机）两部分组成。

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、波形记录分析仪（测距主机）

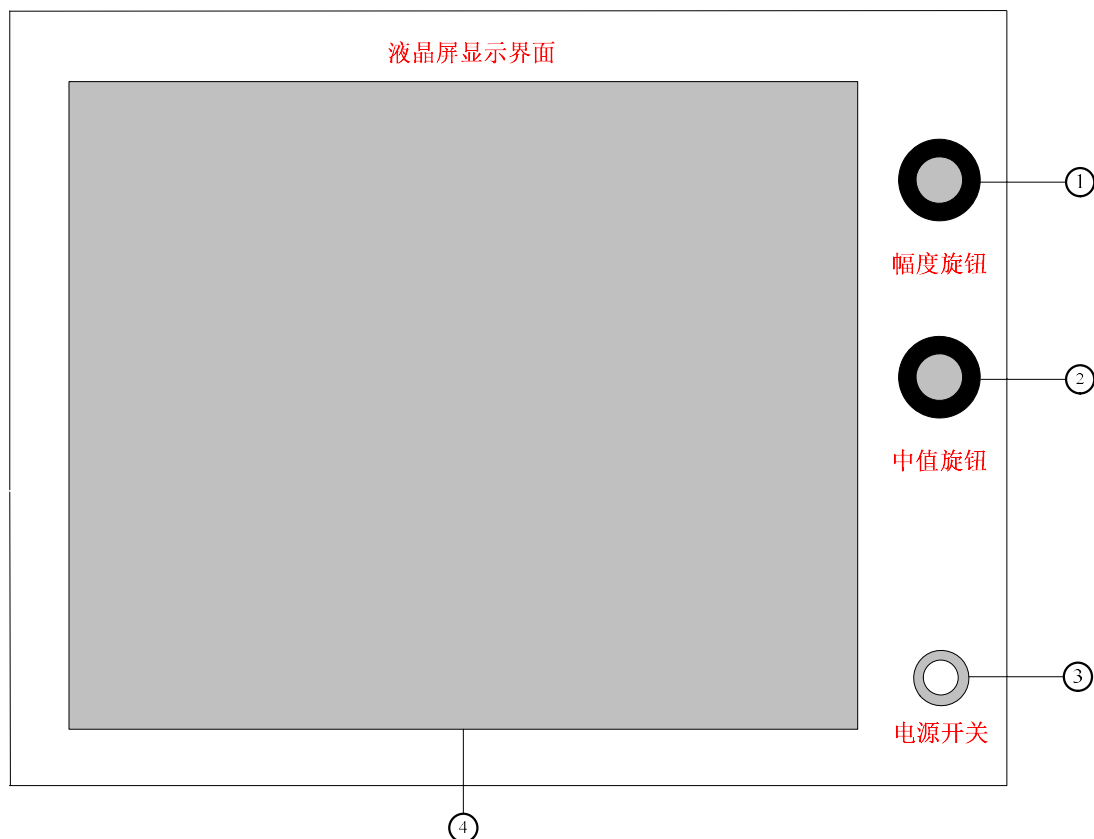
这个部分是整个仪器的大脑，负责向其他部件发送指令，协调各部件的工作，并向操作者提供人机对话的界面。它的主要功能是对测量脉冲进行高速的采样和记录，再对采集到的信号进行高速的运算分析。

五、仪器的配套性：

- | | |
|----------------------|----|
| 1. 电缆故障预定位测试主机（测距主机） | 一台 |
| 2. 信号采样线 | 一根 |
| 3. 仪器充电器 | 一个 |
| 4. 电流取样盒 | 一个 |
| 5. 仪器使用说明书 | 一本 |

六、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）。

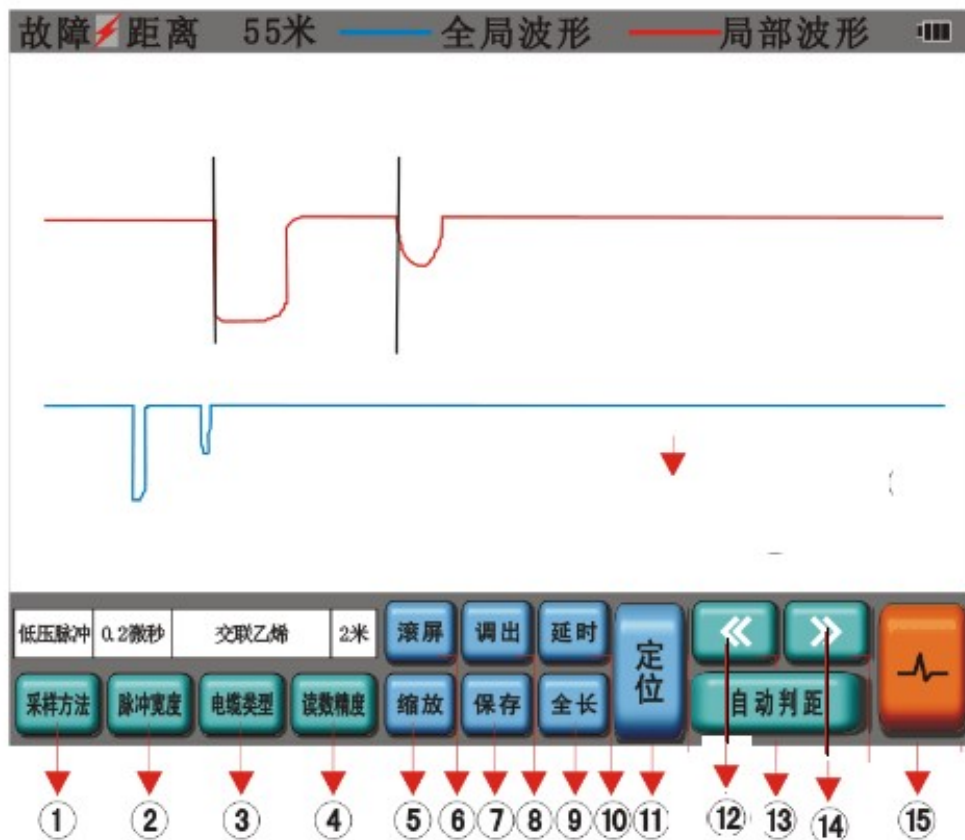
✧ 中值旋钮②：

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 3 个选项为低压脉冲/闪络方法/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。

✧ 定位⑪

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)⑭ ⑭

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)**。

✧ 采样键⑮

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。

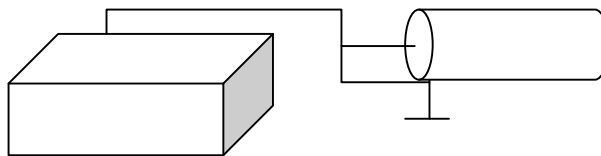
当仪器处于高压闪络法测量时，按下采样键后，当有外部触发后，屏幕将显示高压闪络波，红色波形为局部波形，蓝色波形为全局波形。

七、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. 此时不用多次脉冲控制器。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。



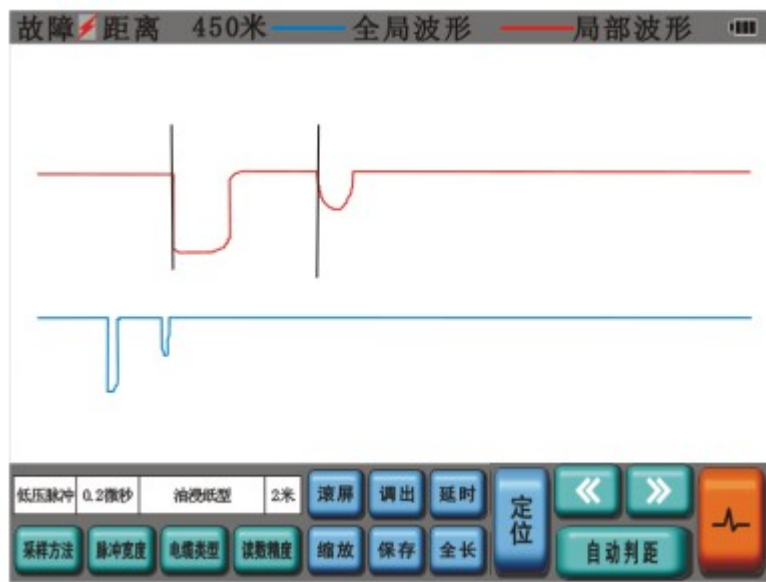
图四 低压脉冲连线图

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”

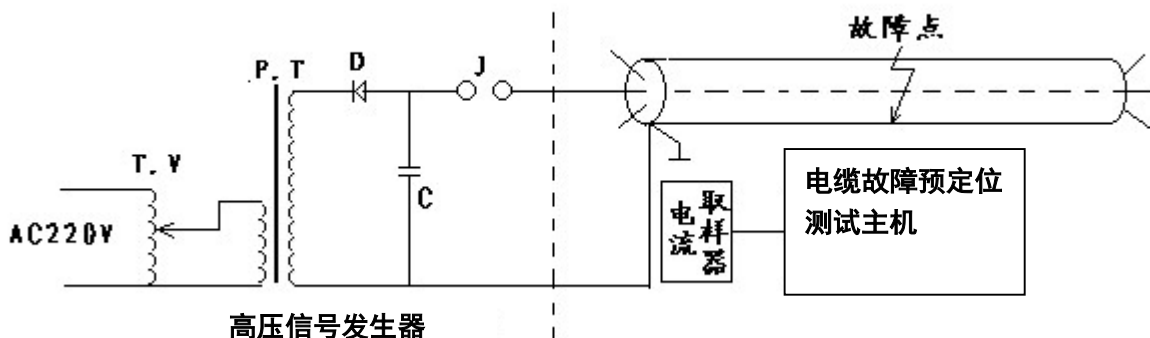
很多时候，需要将测试结果保留或留作对比用，就要利用仪器中的“保存”功能，将此次测得的波形保存在仪器的数据库中。

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）

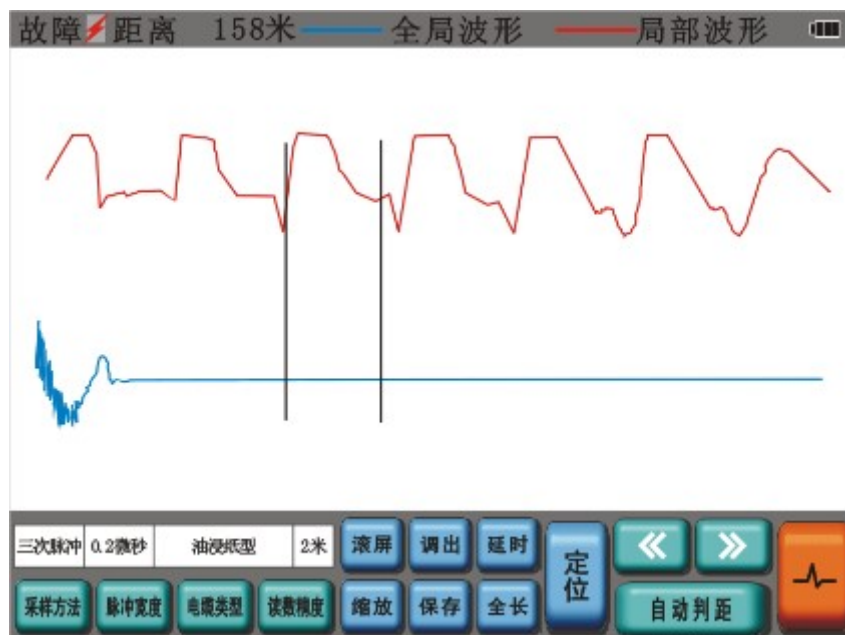
本仪器可用冲击高压闪络法测试电缆的高阻泄漏故障。冲击高压闪络法测试电缆的高阻泄漏故障是目前在国内流行的传统检测方法。很多用户都习惯使用此方法。是三次脉冲法测试电缆故障的一种补充方法。外接线路较为简单，但是波形分析的难度较大，只有在大量测试的基础上，有一定经验后才能熟练掌握，远没有三次脉冲法简单，但还是一种行之有效的测试方法。

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



图六 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。



图七 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。

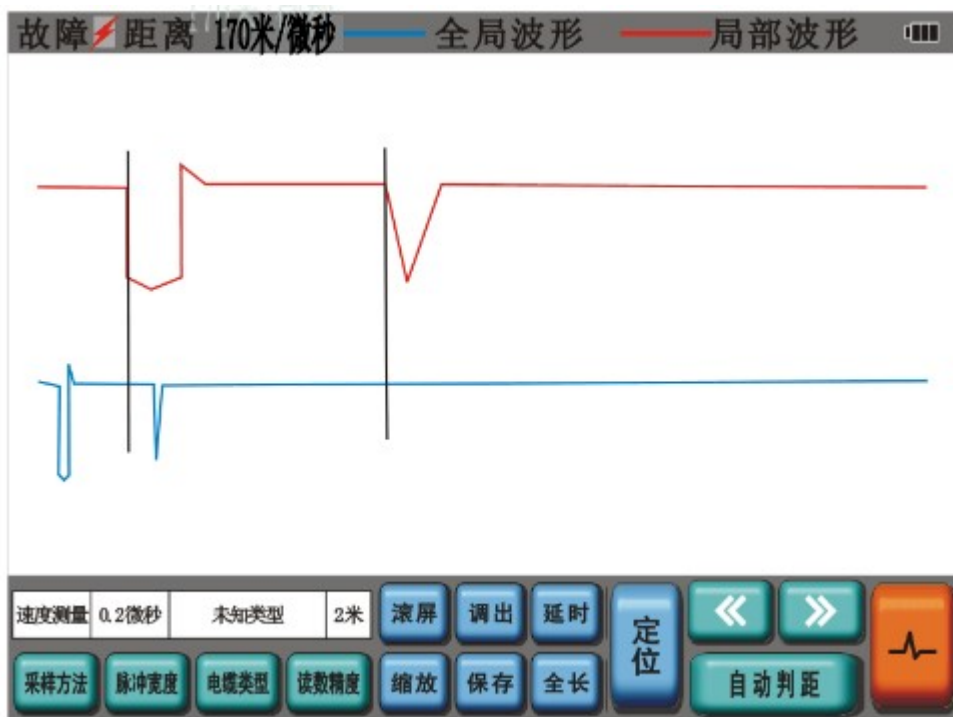
3. 波速测量

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 and 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。



图八 测速时的画面图

八. 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（三次脉冲法）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。



电缆故障测试仪应用 分析附加说明

上海舒佳电气有限公司

目 录

一、 前言.....	2
二、 电缆故障测试仪的配置及用途.....	2
三、 电缆故障的分类及产生原因.....	3
1、 电缆故障的分类.....	3
2、 电缆故障产生的原因.....	4
四、 电缆故障的测距及原理.....	5
4.1 电桥平衡法.....	5
4.2 雷达回波法.....	7
4.3 二次脉冲法.....	11
五、 电缆故障精确定点的方法及原理.....	12
一、 声测法.....	12
二、 跨步电压法.....	12
三、 电磁法及音频法.....	12
四、 声磁同步法.....	13
五、 磁场预定点技术.....	13
六、 电力电缆现场实测步骤及方法	13
七、 现场实测案例分析.....	15
八、 附录一（电缆故障测试报告）	10

注 意 事 项

- 用户要严格按照我公司提供的使用说明书对仪器进行操作；
- 在使用高压闪络法进行测试时，按照实物接线图连接好各设备后，在使用主机采集信号之前，应先预升压一次，确认连线正确，球间隙放电声音清脆明亮，变压器操作箱电流指示表同时摆动后，方可连接双 Q9 信号线进行波形采集；
- 在使用高压脉冲电容做闪络测试后，切记对高压脉冲电容放电，以保护人身安全，放电之前，将信号线从主机摘下；
- 用户不得擅自拆机检修；
- 擅自拆机或因不按照使用说明书进行操作造成仪器损伤，不在本公司保修范围之内。

一、前言

随着电力电缆在各行各业的广泛使用，电缆故障的测试和排除已经成为广大电缆用户必须面对和解决的课题。随着需求的增大，市场上出现了电缆故障测试仪这一专门测试电缆故障的检测仪器，我公司就是多年致力于电缆故障测试仪器的开发和制造，随着用户的不断增多，用户在使用过程中也反馈了许许多多有价值信息，也提出了方方面面的建议和要求，其中，最主要的问题就是在使用仪器时，用户反映他们不能像我公司技术人员一样对仪器使用自如，对故障点判断精确。在此，我公司决定专门抽调几位有经验的技术人员编写这样一本资料。

书中从电缆故障产生的原因，故障电缆表现出来的现象，仪器采用的测试方法，现场实测需要注意的方方面面的问题，全面系统的为用户讲述了如何在不同的情况下测试、排除电缆故障。

[返回目录](#)

书中的附录特备有我公司的电缆故障测试报告制式样本，读者可以参考使用，以养成良好的测试习惯，提高工作效率。

本书作为一本技术文献，立足于与广大读者和用户讨论电缆故障测试技术，解决电缆故障测试遇到的问题的，绝不局限于本公司产品。但在实测案例一章中，由于条件限制，我们所使用的测试仪器全部是我公司产品，仅供用户参考。

二、电缆故障测试仪的配置及用途

现在广泛使用的电缆故障测试仪基本原理有所不同，但是在测试过程中所需要的配置和各个配置在测试中的用途基本相似。在这里，首先我们把仪器配置及用途讲清，这样更有助于读者在下面阅读中的理解。

电缆故障测试仪一般经典的配置如下：

- 1、 电缆故障测试仪主机
用途：用于电缆故障测试初步测距
- 2、 路径信号发生器
用途：用于发射一固定频率的脉冲信号
- 3、 精确定点仪（配有高清耳机、探头）
用途：用于在初步测距后精确确定故障点
- 4、 路径仪
用途：用于接收路径信号发生器的脉冲信号
- 5、 高压数据采样箱
用途：用于高压试验时采集高压信号
- 6、 放电球间隙
用途：用于产生高压脉冲信号
- 7、 高压脉冲电容
用途：在产生高压脉冲信号时的必要储能设备
- 8、 交直流两用试验变压器
用途：用于产生测试所需高压
- 9、 试验变压器配套操作箱
用途：用于试验变压器的操作

[返回目录](#)

三、 电缆故障分类及产生的原因

[返回目录](#)

一、电缆故障的分类

电缆故障的类型如果按照测试需要和测试方法的不同进行分类，应该分为短路故障，高阻故障，短路故障三大类，这种分类方法在各种书籍和各个厂家的说明书中都没有出现，原因是这种分类方法不是科学意义上的分类，而是就测试电缆故障而言，一种方便分类。

1、短路故障：用万用表测试绝缘直流电阻为零或很小时，我们称之为短路故障。如果简单的说，使用数字万用表二极管档测量绝缘电阻很小的故障点两端，如果万用表蜂鸣，则一定为短路故障。

2、高阻故障：当电缆故障相绝缘直流电阻值大于电缆本身特性阻抗时我们统称为高阻故障。

3、开路故障：当电缆某相出现电阻无穷大时，我们称为电缆开路故障。

二、电缆故障产生的原因

电缆故障发生的原因是多方面的，对这方面的了解会有利于故障的查找。现将常见的几种原因归纳如下。

- (1) 机械损伤：很多故障是由于电缆敷设时不小心造成的损伤或敷设后靠近电缆路径作业造成的机械损伤而直接引起的。有时如果损伤轻微，在几个月甚至几年后损伤部位的破坏才发展到铠装铅皮穿孔，潮气侵入而导致损伤部位彻底崩溃形成故障。
- (2) 电缆外皮的电腐蚀：如果电力电缆埋设在附近有强力地下电场的地面下（如大型行车、电力机车轨道附近），往往出现电缆外皮铅包腐蚀致穿的现象，导致潮气侵入，绝缘破坏。
- (3) 化学腐蚀：电缆路径在有酸碱作业地区通过或煤气站的苯蒸气往往造成电缆铠装和铅包大面积长距离被腐蚀。
- (4) 地面下沉：此现象往往发生在电缆穿越公路、铁路及高大建筑物时由于地面的下沉而使电缆垂直受力变形，导致电缆铠装、铅包破裂甚至折断而造成各种类型的故障。[返回目录](#)
- (5) 电缆绝缘物的流失：电缆敷设时地沟凹凸不平，或处在电杆上的户头，由于电缆的起伏、高低落差悬殊，高处的绝缘油流向低处而使高处电缆绝缘下降，导致故障发生。这种故障在早期的油纸绝缘电缆中较常见。
- (6) 长期超负荷运行：由于超负荷运行，电缆的温度会随之升高，尤其在炎热的夏季，电缆的温升常常导致电缆的较薄弱处和对接头处首先被击穿。在夏季，电缆故障高的原因正在于此。
- (7) 震动破坏：铁路轨道下运行的电缆，由于剧烈的震动导致电缆外皮产生弹性疲劳而破裂形成故障。
- (8) 拙劣的施工、拙劣的接头与不按技术安全要求敷设电缆都是形成电缆故障的重要原因。
- (9) 在潮湿的气候条件下做接头，使接头封装物内混入蒸气而耐不住试验电压，往往形成闪络性故障。

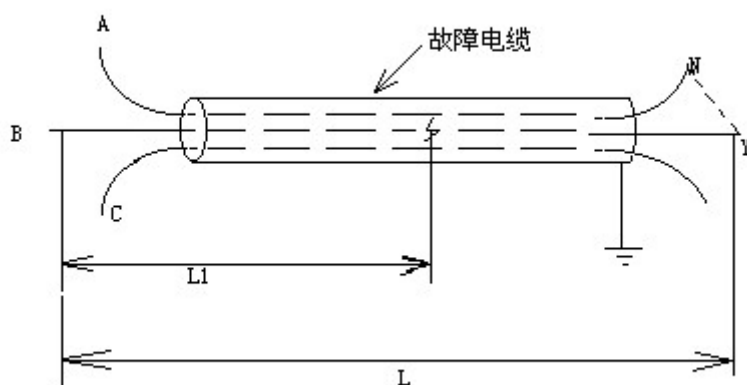
电缆故障测距的方法及原理

一、电桥法：

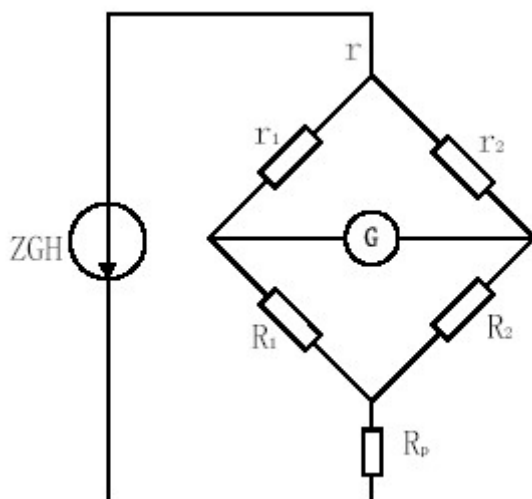
自从有了地埋电缆以后，电缆故障的检测工作就成了必须解决的问题。最初的电缆故障粗测工作，是用电桥平衡测试原理进行的，当时曾用过电阻电桥、电容电桥、低压电桥、高压电桥等。用电桥原理测试电缆故障距离，曾是上世纪六七十年代普遍采用的方法。到了2000年以后，使用电桥法测试原理的仪器还继续使用并且有所发展，使用计算机技术后，现在也出现了具有更高智能化的电桥测试仪（如高压数字电桥）。

电桥法测试原理：

设铠装电力电缆，长度 L ，B相线芯对钢带在 L_1 处击穿。[返回目录](#)



借助于A相线芯作为辅助线。使用低阻值连线短路N、Y 两端线芯。 L_1 段电缆线芯电阻为 R_1 ， L_2 段电缆及A相电缆线芯的电阻 R_2 。与定位电桥构成Murray电桥回路。



电桥定位的电路原理图

图中 r 为比例电位器 r , 有 $r_1+r_2=r$ 其电路原理如原理图所示:

图中 r 为比例电位器 r , 有 $r_1+r_2=r$

待电桥平衡后, 则有:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L + L_2}$$

比例电位器由 10 圈刻度盘调节, 电阻比例 P 可由刻度盘盘读取, 因此:

$$\frac{L_1}{2L} = \frac{r_1}{r} = P\% \quad (\text{千分之}P)$$

$$L_1 = 2 \cdot P\% \cdot L$$

由此可见, 只要电桥有一定的灵敏度并能平衡, 电桥法定位简单、精确而且装置成本低, 但作为电缆的测距方法, 它的不足之处在于:

(1) 在故障电阻很高的情况下, 由于电桥里的电流很小, 一般灵敏度的仪表很难探测到这么小的电流。这时, 为了得到在测距时所需的电流(10~15mA), 传统的方法是使用高压电桥法, 或烧穿故障点, 使接地电阻变小后, 再使用低压电桥法。低压电力电缆的电

压绝缘水平不高，如果为提高电桥的灵敏度而升高电压，有可能造成在定位时电缆的二次击穿，形成新的故障；而在故障点上施加高压，让适当的电流流过并烧穿故障点形成炭化物，使故障电阻值下降的方法，由于其费时费力，效果又不太理想而逐渐被淘汰。因此，从上面的分析可知，电桥法不适用于电缆高阻故障的测距。

(2) 当低压电力电缆发生三相短路、三相短路接地和断线故障时，由于无法构成测量回路，电桥不能进行电缆的故障测距。

二、雷达回波法：

到了上世纪七八十年代，电缆故障测试普遍采用了闪测法测试，原理为**脉冲反射法（也叫雷达回波法）**。所用的仪器以电子管、晶体管电路为主，体积庞大。采用的显示器先后有示波管型闪测仪、存贮示波管型闪测仪等等。到了上世纪九十年代以后，随着计算机技术的普遍应用，**智能型电缆故障闪络测试仪（闪测仪）**开始投入使用，采用的测试原理依旧是脉冲反射法。采用的闪测仪从显像管显示到液晶显示，普遍应用单片机电路进行控制，使电缆故障的粗测工作进入到一个新境界。

[返回目录](#)

应用脉冲反射法（也有叫冲闪法）的智能型闪测仪，是目前应用范围最广，市场保有量最大的电缆故障粗测仪器。例如北京供电系统，由于地理电缆使用时间长，电缆铺设量大，应用电缆故障测试仪的历史也较长，从 1993 年后 10 年间，购买的单片机控制的 TC 系列大屏幕液晶显示的电缆故障测试仪有 50 余套，几乎每个供电部门都使用。并且在有些供电部门，把该类电缆故障测试仪的使用，作为电缆测试工种高级工考试必须掌握的技能，笔者曾多次对北京供电系统进行过脉冲反射法电缆故障测试仪的技术培训。由于该类仪器应用时间长，对该类型的闪测仪的使用知识和使用经验的培训资料及专著种类较多，有利于用户及时掌握仪器的使用技巧。

不过，随着电子技术的不断发展和雷达回波法的普及，现在市场上使用发射法测试电缆故障的闪测仪内核有这截然不同的品质区别，主要有工控机设计，pc 机主板设计和单片机设计几大类，同样的测试原理，对数据的分析能力和本身的可靠性确有着极大差异，用户在购买这类设备时往往不会注意到这点。

雷达回波法的测试原理:

*重要概念

电力电缆故障是由于故障点的绝缘损坏而引发的，一般故障的类型大体上可分为低阻故障（短路）、高阻故障（断路、高阻泄漏、高阻闪络）两大类。

在这里我们首先确定一个概念，这是电子行业在设计仪器时与电力行业产生的分歧，并无大碍，只要我们将这个概念理清就决不会影响到我们的测试。

在电力行业中普遍使用的概念是使用摇表或兆欧表测试电缆绝缘，如表头指示为零，则认为是短路故障，即低阻故障。而在电子行业设计测试仪器时由于测试原理的选择，使用的是特性阻抗值来判别故障性质的，所以在电子行业认为，绝缘电阻大于电缆特性阻抗时的故障统统称为高阻故障。这样，在这里我们就有必要将特性阻抗这个概念在这里做一个详细的介绍。（在这里我们只介绍电缆的低频特性，高频特性与电力电缆无关，故不在这里赘述）

电缆的特性阻抗是电缆中传送波的电场强度和磁场强度之比。

$$(\text{伏特/米}) / (\text{安培/米}) = \text{欧姆}$$

欧姆定律表明，如果在—对端子上施加电压（E），此电路中测量到电流（I），则可以用下列等式确定阻抗的大小，这个公式总是成立：

$$Z = E / I$$

无论是直流或者是交流的情况下，这个关系都保持成立。

特性阻抗一般写作 **Z0**（Z 零）。如果电缆承载的是射频信号，并非正弦波，**Z0** 还是等于电缆上的电压和导线中的电流比。所以特性阻抗由下面的公式定义：

$$Z_0 = E / I$$

电压和电流是有电缆中的感抗和容抗共同决定的。所以特性阻抗公式可以被写成后面这个形式：

$$Z_0 = \sqrt{(R + j2\pi fL) / (G + j2\pi fC)}$$

其中

R =该导体材质（在直流情况下）一个单位长度的电阻率，欧姆

G =单位长度的旁路电导系数（绝缘层的导电系数），欧姆

j =只是个符号，指明本项有一个 $+90^\circ$ 的相位角（虚数）

$n=3.1416$

L =单位长度电缆的电感量

C =单位长度电缆的电容量

注：线圈的感抗等于 $XL=2\pi fL$ ，电容的容抗等于 $XC=1/2\pi fC$ 。

从公式看出，特性阻抗正比于电缆的感抗和容抗的平方根。

对于电缆一般所使用的绝缘材料来说，和 $2\pi fC$ 相比， G 微不足道可以忽略。在低频情况，和 R 相比 $2\pi fL$ 微不足道可以忽略，所以在低频时，可以使用下面的等式：

$$Z_0 = \sqrt{R / j * 2\pi f C}$$

如果电容不跟随频率变化，则 Z_0 和频率的平方根成反比关系，在接近直流的状态下有一个 -45° 的相位角，当频率增加相位角逐渐减少到 0° 。当频率上升时，聚氯乙烯和橡胶材料会稍微降低电容，但聚乙烯，聚丙烯，特氟纶（聚四氟乙烯）的变化不大。

当频率提高到一定程度（ f 足够大），公式中包含 f 的两项变的很大，这时候 R 和 G 可能可以被忽略。等式成为

$$Z_0 = \sqrt{(j * 2\pi f L) / (j * 2\pi f C)}$$

简化成

$$Z_0 = \sqrt{L / C}$$

电缆特性阻抗的高频特性不是这个公式，有兴趣的读者可以翻阅其它一些资料，由于电力电缆故障测试与电缆的高频特性无关，故在这里不加以详细阐述。

这里给出一个电力电缆特性阻抗的参考值：

铝芯 240mm^2 截面积的电力电缆的特性阻抗约 $10\ \Omega$ ；

铝芯 35mm^2 截面积的电力电缆的特性阻抗约 $40\ \Omega$ 。

其余截面积的铝芯电力电缆的特性阻抗可据此估算。

早期的电缆测试大多采用“电桥法”，用闪测仪测试我们称之为

为“回波法”。因此用闪测仪测试时就应该按电波在电缆中的传输特性来将电缆故障进行分类，因此凡是电缆故障点绝缘电阻下降致该电缆的特性阻抗，甚至直流电阻为零的故障均称为低阻故障或短路故障。对于电桥法测试故障的分类就与“特性阻抗”无关了。

当电力电缆故障点的直流电阻大于它的特性阻抗时，我们就称它为**高阻故障**，在这一点希望用户能够注意。在现场操作中，大多数技术人都用摇表值来区别故障类型，摇表值为零时称为“短路”故障或“低阻”故障，摇表值不为零时就称为“高阻”故障。这种区分方式在使用“回波法”测试时是错误的，在现场测试时应注意**正确区别故障类型**。

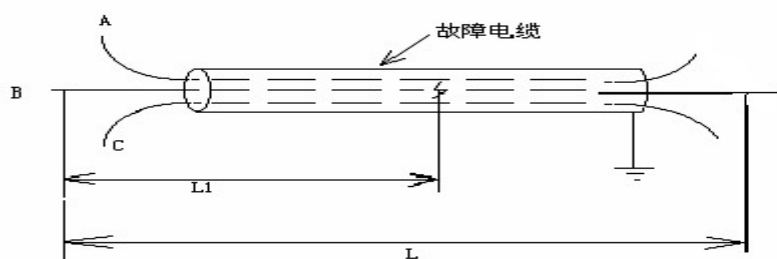
测量电缆故障时，电缆可视为一条均匀分布的传输线，根据传输线（长线）理论，在电缆一端加脉冲电压，则此脉冲按一定的速度（决定于电缆介质的介电常数和导磁系数）沿线传输，当脉冲遇到故障点（或阻抗不均匀点）就会发生反射，用闪测仪记录下发送脉冲和反射脉冲之间的传输时间 ΔT ，则可按已知的传输速度 V 来计算出故障点的距离 L_x ， $L_x = V \cdot \Delta T / 2$ 。

测全长则可利用终端反射脉冲： $L = V \cdot T / 2$

同样已知电缆全长，可测出脉冲传输速度： $V = 2L / T$

脉冲法测试分为**低压脉冲法**和**高压脉冲法**，二者测试原理是一样的，只是产生脉冲的方式不一样，智能型测试仪的故障距离计算是仪器自动完成的。雷达回波法是电缆故障测试现阶段运用最广泛，技术最成熟的，实用性较强的测试方法，它的不足之处是：测试波形多种多样，操作人员要有较强的专业水平和现场实测经验。

同样，设铠装电力电缆，长度 L ，B相线芯对钢带在 L_1 处击穿。



此时：电缆故障距离为 $L1 = V \cdot T / 2$ ；

其中：V 为电波在电缆中的传输速率；

T 为仪器发射脉冲信号和接收反射脉冲信号的时间差；

三、二次脉冲法：

二次脉冲法其基本原理还是脉冲反射法，是近几年发展中的一种比较前沿的新的电缆故障粗测方法。其技术特点是：高阻故障呈现低压脉冲短路故障波形特征，容易判读。换句话讲，就是在用高压脉冲击穿高阻故障的瞬间，给故障电缆发射低压脉冲信号，用低压脉冲短路故障波形测试电缆高阻故障。

[返回目录](#)

二次脉冲法的关键是要给闪测仪加一个高频高压数据处理器。从测试原理讲，二次脉冲法的测试原理与雷达回波法本质相同，不同的是由于二次脉冲的出现，冲击高压闪络法中的复杂波形简化为简单的低压脉冲短路故障波形，有其先进性，但是其测试仪器相对复杂，仪器使用也较普通的闪测仪复杂，而且在测试原理上并没有实质意义上的突破。

至此，我们介绍完了现在技术上测试电缆故障的常用方法，在这里我们有必要做一个直观的总结比较：

测试方法	电桥法	雷达回波法	二次脉冲法
原理	电桥平衡原理	故障反射原理	故障反射原理
测试精度	较低	较高	较高
可靠性	较低	较高	较高
仪器使用难度	简单	简单	复杂
人员技术要求	较低	较高	高
价格	较低	较高	高
普及率	较高	高	低
性价比	较高	高	低

2、电缆路径探测方法介绍：

采用电磁波进行路径探测，是一种很成熟的方法，实际应用效果也很好。区别在于探测的电缆长度、探测深度，信号频率等各不相同。现在市场上大量应用的路径探测仪器，多为探测停电电缆，探测电缆长度大于 10KM，探测电缆深度大于 2m，电磁波频率 1KHZ—20KHZ。

电缆故障精确定点的方法及原理

一、声测法：

采用声测法定点，是从过去到现在普遍采用电缆故障定点的方法。而且是最为行之有效的方法。只不过采用的仪器从过去简单的声电放大器，发展到了现在普遍使用的声磁同步定点仪。声测法定点对高压电缆、低压电缆、直埋电缆、电缆沟电缆等等均适用。

声测法定点，是由高压脉冲发生器对故障电缆放电，故障点产生电弧，并产生放电声音，在电缆直埋情况下，产生地震波，定点仪的声测探头（声音传感器）拣拾地震波信号并放大后通过耳机或表头输出。通过大量的现场试验，地震波从电缆故障点传到地面后，在 2 米的半径以外很快衰减为很小，所以，用声测法定点，我们用定点仪监听地震波时，一般是 4m 距离监听一次。当监听到地震波时，说明故障点已经在 2m 以内，只要仔细找到声音最大点即既可以精确找到故障点。

[返回目录](#)

二、跨步电压法：

采用跨步电压法定点，主要针对对电缆外护套绝缘有要求的外护套接地故障定点，现在对部分直埋的无铠装的低压电缆、电线芯线接地故障、也可以采用跨步电压法定点。

三、电磁法及音频法：

用电磁波定点或采用音频法定点，即是利用电缆故障点前后电磁波信号或音频信号的变化来确定故障点，从原理上讲是可行的。但从目前情况看，还没有性能可靠的，能实际应用的定点仪。或者

说，采用电磁波定点的定点仪仍旧在各科研机构研发之中，还需实践中进一步验证提高，达到实际应用水平。

四、声磁同步法：

是将声测法与电磁波法综合应用，例如 DTC003 系列声磁同步定点仪，采用了声测法定点与声磁同步定点法相结合定点原理。声测法定点时，定点仪声表头指示声测探头接收到的地震波，同时耳机也反映声测探头接收到的地震声波。在故障点正上方，声波信号最大，离开故障点，声波信号减少，或者无声波信号。声磁同步法定点时，声表头反映声测探头接收到的地震声波，磁表头和耳机同时指示故障点放电时同步接收天线接收到的电磁波。当声测探头放置在故障点上方时，定点仪二个表头指示及耳机声音同步。在未接收到声波信号时，利用声磁同步电磁波接收功能，能够及时掌握球间隙放电节律，有利于在嘈杂的环境中分辨出故障点微弱声波信号。另外，声磁同步定点仪可以将故障定点和电缆路径探测工作同步进行，大大提高故障定点效率。

采用声磁同步技术的定点仪，是目前应用最广的电缆故障定点仪。

[返回目录](#)

五、磁场预定点技术：

电缆故障磁场预定点技术的原理为：通过高压直流脉冲发生器，使电缆的故障点产生电弧，在电弧存在期间，向电缆注入音频信号。此音频信号在电缆故障点，被电弧短路，不再继续向电缆终端传播。采用专用的接收机，接收电缆辐射出的音频电磁波信号，通过比较故障点前后的音频电磁波幅值大小的变化，判断接收机位于故障点之前或之后，从而达到快速预定点的目的。

电缆故障磁场预定点技术，是一种较新的故障定点手段，其概念的提出时间较短，仪器的研发和仪器使用时间也较短。故障预定点后，我们仍需要进行故障点的精确定点，然后才能开挖。

电力电缆现场实测步骤及方法

在现阶段电力电缆迅速发展的时代，电缆故障的测试已经成为测试仪生产厂家和用户共同面临的一个实际性问题。作为故障测试的一种仪器，电缆故障测试仪的发展经历了比较长的发展及频繁的换代过程，当前普遍采用的是雷达回波法；但是由于被试品及测试参数不是常规检测，所以对于使用仪器的个人测试经验有着相对较高的要求，所以在此，我们对于我公司工程师在使用过程中的一些细节和经验做一个简单的介绍，以方便用户的使用。

- 1、认真了解被测电缆本身的实际状况，包括电缆的材质、电压等级、是否有预留、是否有接头、初次埋设的实际长度等等。
- 2、仔细观察被测电缆的实际铺设状况及铺设方法，尽可能了解电缆沿线的各种情况，包括施工情况、其它管线的铺设情况、低洼地的渗水情况等等。简单分析有可能出现故障的位置。
- 3、目测被测电缆的实际长度，和实际记录比较是否吻合。
- 4、用摇表确定被测电缆的故障相，相对相，相对地都要逐一测量，确定被测对象。
- 5、用万用表测量被测电缆故障相的绝缘电阻值，确定在故障相上实际测量是要采用的方法，脉冲法或闪络法。
- 6、将电缆故障测试仪连接无故障相，用脉冲法测试电缆全长，将测试结果和铺设记录以及人为目测加以比对，尽可能减小测试的系统误差。
- 7、使用电缆故障测试仪对故障相进行测试，根据所剩不同的绝缘电阻值选用不同的测试方法，我们的仪器在绝缘电阻大于 40 欧姆时认为都属于高阻故障，这一点在说明书中有详细的介绍，在电力电缆故障中 90% 的故障会是高阻故障，所以接下来对闪络法及定点方法的注意细节再加以详述。
- 8、采用高压闪络法首先要按照接线图连接好高压设备——交直流两用试验变压器、操作箱、采样箱、放电球间隙、脉冲电容，放电间隙的调整一般是从 1.5mm 开始，如果不能击穿故障点再加大，每次最多加大 0.5mm。在连接好高压设备后要试击几次，确定连线无误、放电正常的情况下再连接主机进行波形的采集。

- 9、采集到波形后，高压设备立即降压并切断电源，分离主机与采

[返回目录](#)

- 10、测试出故障距离后，根据电缆铺设的实际情况，计算并最大限度的消除系统误差（减去预留、等比计算实际值和测量值、在确定一次故障距离，之后精确定点。
- 11、定点采用 s 型行进路线，以 0.5 米为一个跨步单位，在故障点附近时以 0.2 米为一个跨步单位，当在地面下方听到“啪、啪”的放电声时，调整定点仪增益，确定声音最大的一点即为故障点。

[返回目录](#)

一、江西省南昌市新建供电局

- (1) 摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果

为 B 相对地绝缘为零。这样首先确定 B 相为故障相，故障性质有待进一步确定。

- (2) 用指针式万用表测量 B 相对地绝缘，绝缘电阻为 2Ω ，为进一步确定是否为死接地故障，用数字万用表（二极管）档测试 B—地，显示为都导通。这样确定为短路故障，且为死接地。
- (3) 确定故障电缆后，在距离测试始端最近一处接线柜处将 A、B、C 三相拆下。并确定分离良好。
- (4) 使用 SD-2000 测试仪主机，用脉冲法分别测试 A-B, A-C, A-地，B-C, C-地测试距离均为 498 米，结论电缆无断路情况，且此段被测电缆总长度为 498 米。
- (5) 脉冲法测试 B—地，故障波形为短路波形，故障距离为 140 米。
- (6) 使用高压冲 L 法测试 B—地，无故障波形，原因为故障点没有放电条件，此时完全确定故障性质为金属性短路，故障点已无放电条件。
- (7) 反复用脉冲法测试故障点，显示故障距离 140 米无误。用卷尺在地表测距，整段电缆实测长度为 500 米，计算主机误差 $2/500=0.4\%$ ，计算真是故障距离为 $140\times 99.6\%=139.44$ 米。
- (8) 仔细观察电缆铺设情况，在 100 米左右有一井盖，掀盖观察，波纹管内大量进水，供电局同志叶不清楚为何电缆管道内充水，询问附近居民，居民反映十几天前不远处曾经施工，丈量施工处到测试始端距离，恰恰为 140 米果断开挖，一次性找到故障点。

[返回目录](#)

***接下来测试江中制药集团厂区供电电缆**

(1) 摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果同样为 B 相对地绝缘为零。首先确定 B 相为故障相，故障性质有待进一步确定。

(2) 用指针式万用表测量 B 相对地绝缘，绝缘电阻为 $20K\Omega$ ，这时可完全确定 B 相为高阻故障，而且绝缘电阻较大，定点

应相对容易。但是 B 相是否有断路情况有待用 WD-2000 主机进行测试进一步确定。

(3) 用 SD-2000 电缆故障测试仪主机在始端(配电室一端,将电缆三相拆下,同时将另一端与负载分离))用脉冲法进行测试 A-B、A-C、A-地、B-C、B-地、C-地,现实距离均为 600 米,询问供电科负责人员,确定此电缆确为总长度为 600 电缆,此时可排除系统误差,且 B 相不存在断路情况。

(4) 使用高压闪络法测试 B 相故障点,首先用电流采样法测量(因为电流法相对简单、安全)测试故障点波形非常良好,故障距离为距始端 420 米;改用电压采样法再次测量(因为电压法测试波形明显,容易判读,误差较小),测试结果同样为 420 米。

(5) 去掉主机采样线,继续施加高压,用定点仪对故障点进行精确定点。在 420 米左右(我方测试人员选择 425 米—410 米范围进行定点)在 420 米出可清晰发现故障点信号,开挖,准确无误。

[返回目录](#)

7、测试结论:

*新建县开发区供电电缆:

- (1) 电缆故障为 B 相对地由于外力破坏,在距测试始端 140 米处出现了金属性短路故障。
- (2) 由于故障点不具备高压放电条件,故无法使用定点仪精确定点,但由技术人员现场分析及仪器显示测试结果,确系故障点唯一,且测试误差可控。
- (3) 开挖证实,测试结论无误。

*江中制药集团厂区供电电缆:

- (1) 电缆故障为 B 相对地由于负载过大,在距测试始端 420 米处出现了高阻性故障。
- (2) 由于故障点具备高压放电条件,而且由于绝缘电阻较大,放电条件相当良好,故在精确定点过程中施加电压较高(达到 7500V),致使故障点给出清晰标准的故障信号,整个测试过程用时没有超过 20 分钟,可以成为电缆故障测试的经典案例。。

(3) 开挖证实，测试结论无误。故障经典，测试过程同样经典，可作为故障测试的标准进行分析研究。

二、广东省惠州市昆嘉电力工程公司

- 1、测试日期：2005.8.15
- 2、测试地点：广东省惠州市
- 3、测试项目：昆嘉工程公司项目电缆 1 根（最新铺设），电压等级 10KV
- 4、测试人员：广东省惠州市昆嘉电力工程公司：黄总、戚工等
上海舒佳电气有限公司：王工
- 5、测试设备：SD-2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

6、测试及分析全过程：

- (1) 摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果为 C 相对地绝缘为零。这样首先确定 C 相为故障相，故障性质有待进一步确定。[返回目录](#)
- (2) 用指针式万用表测量 C 相对地绝缘，绝缘电阻为 $1K\Omega$ ，这时可确定 C 相为高阻故障，绝缘电阻适中。但是 C 相是否有断路情况有待用 WD-2000 主机进行测试进一步确定。
- (3) 用 SD-2000 电缆故障测试仪主机在始端（配电室一端，将电缆三相拆下，同时将另一端与负载分离）用脉冲法进行测试 A-B、A-C、A-地、B-C、B-地、C-地，现实距离均为 920 米，询问工程负责人员，确定此电缆确为总长度为 920 米电缆，此时可排除系统误差，且 C 相不存在断路情况。
- (4) 使用高压闪络法测试 C 相故障点，首先用电流采样法测量（因为电流法相对简单、安全）测试故障点波形非常良好，故障距离为距始端 424 米；改用电压采样法再次测量（因为电压法测试波形明显，容易判读，误差较小），测试结果同样为 424 米。

- (5) 去掉主机采样线，继续施加高压，用定点仪对故障点进行精确定点。由于电缆铺设情况为沟道铺设，故障点信号扩散较大，故首次定点没有明确的故障点信号。
- (6) 为排除电缆泄漏较大的情况，我方技术人员提出反向测试，所有设备转移至终端进行测试（终端为电线杆，加长测试线长度为 8 米），同样测试过程，主机显示故障距离为 456 米，去除加长线长度，测试距离与始端测试结果吻合。
- (7) 重新测量绝缘电阻，绝缘电阻值变为 $12K\Omega$ ，这种情况在测试过程中经常可以遇到，我方测试人员得出如下结论：第一，故障点肯定已被高压击穿；第二，故障点现在肯定唯一；第三，故障点铠装外皮一定有问题，有可能已暴露；第四，在现阶段可以加大脉冲高压值，对故障点进行更大力度的施压，使故障点信号更为明显。
- (8) 加大脉冲高压至 9000V，对故障点进行击穿，测试人员在距离始端一定的 420 米的位置左右继续进行故障定点，此时仍旧没有明确信号。但是，磁场信号在某一点变化的十分明显。[返回目录](#)
- (9) 我方技术人员要求在 420 米处打开电缆沟盖板，打开后故障点信号非常明显。（此时测试人员发现，开始在地表没有接收到故障点信号完全是由于电缆沟比较深，而且电缆的铺设是由金属支架悬空铺设，这样介质的变化十分明显，故障点信号的衰减也会非常大）
- (10) 明确了原因，测试人员果断在 424 米处连掀 3 块盖板，将探头伸下进行测量，故障点精确测出，而且这样定点的结果无误差。

7、测试结论：

- (1) 故障点在找到后明确各处无任何伤害痕迹，而且故障电缆并未投入运行，故障原因为电缆本身质量问题。
- (2) 故障电缆的铺设方法对电缆故障精确定位的影响在这次测试中体现的非常明显，在本次测试中主机对故障点波形的给出十分精确，但是在定点过程中遇到了很大的麻

烦，这就需要测试人员有相当充分的现场经验。这一点在广大客户当中都是有深刻体会的。

- (3) 电缆故障点找到后用皮尺测量了故障距离，到测试始端确为 424 米。

三、陕西省咸阳市西北钢管厂

- 1、测试日期：2005. 7. 30
- 2、测试地点：陕西省咸阳市
- 3、测试项目：咸阳市西北钢管厂新厂区供电电缆 1 根，电压等级 10KV
- 4、测试人员：咸阳市西北钢管厂：李工，卓工等
上海舒佳电气有限公司：王工
- 5、测试设备：SD-2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

[返回目录](#)

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

7、测试及分析全过程：

- (1) 首先客户方详细提供了此根电缆的具体状况：此根电缆为钢管厂老厂区对新厂区的两根供电电缆中的一根，两根均为直埋电缆，电压等级均为 10KV，现在所有故障缆负载全部转至另一根缆上，此根故障电缆要尽快维修投运。故障缆长度约为 2000 米，中间有 3 个接头，是沿路边人行道平行铺设。根据客户反映的这些情况和技术人员现场观察，此故障精确定点环境十分复杂。（电缆铺设现场为交通主干道且人行道上的行人非常多）
- (2) 摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果为 C 相对地绝缘为零。这样首先确定 C 相为故障相，故障性质有待进一步确定。
- (3) 用指针式万用表测量 C 相对地绝缘，绝缘电阻为 10K Ω ，这时可确定 C 相为高阻故障，绝缘电阻适中。但是 C 相是否有断路情况有待用 WD-2000 主机进行测试进一步确定。

- (4) 用 SD-2000 电缆故障测试仪主机在始端（老厂区配电

室，将电缆三相拆下，同时将另一端与负载分离)) 用脉冲法进行测试 A—B、A—C、A—地、B—C、B—地、C—地，现实距离均为 1940 米，且确定 C 相不存在断路情况。

- (5) 使用高压闪络法测试 C 相故障点，首先用电流采样法测量（因为电流法相对简单、安全）测试故障点波形非常良好，故障距离为距始端 880 米；改用电压采样法再次测量（因为电压法测试波形明显，容易判读，误差较小），测试结果无良好波形。
- (6) 技术人员停止测试，检查各项指标，均无异常，询问客户负责人员，得知此根电缆并非是新电缆，而是一条运行了将近 10 年的电缆；这样，和我方技术人员的猜测一致：电压法在测试过程中是存在比较大衰减的，而电流法由于电流在一个回路中处处相等的原理，是不受电缆本身泄漏衰减影响的，所以出现了电流取样有波形而电压取样无波形的奇怪现象。
- (7) 为了证实测试距离的可靠性，我方技术人员提出反向测试的要求，但是在新厂区没有电源可给电缆仪主机供电，所以无法双端测试进行比较。
- (8) 在始端进行了大量的反复测试后，确定到 880 米处进行测试定点。此时又出现了比较奇怪的现象，在 1000 米处刚好有一电缆接头，在高压冲闪的过程中此点发出了极其明确的故障信号，由于与测试的结论严重不符，我方技术人员果断排除了此点。
- (9) 在主机提示的故障点位置环境相当恶劣，噪音非常大，反复测量均没有明显的故障信号，此时客户方提出晚间测试，我方提出在以经验在两处可疑地点进行各进行一次精确定位。（此两处明显低洼，而且我方技术人员发现客户方电缆铺设深度明显不够，只有 30—40 厘米深）
- (10) 此次定点得到了令人十分振奋的结果，我方技术人员在其中一处低洼处得到了极其微弱的故障信号，但是客户技术人员此时仍不能听到故障点信号，对方提出在此

[返回目录](#)

处前后 100 米扩大定点范围继续定点，我方同意，结果进行了 1 小时的复测没有得到任何结果。

- (11) 开挖故障点，有一水泥管此水泥管为路边店铺的一根下水管，此管已将故障电缆压弯，电缆已严重变形。

7、测试结论：

- (1) 故障点在找到后明确其故障原因为受外力长期压迫导致绝缘慢性损伤。
- (2) 故障电缆的铺设现场环境对电缆故障精确定位的影响在这次测试中体现的非常明显，在本次测试中主机对故障点波形的给出没有达到十分明确，在定点过程中又遇到了非常恶劣的环境，导致了此次测试耗时将近 7 个小时。
[返回目录](#)
- (3) 本次测试又一次告诉大家在现场实测的过程中测试经验是十分重要的。这需要技术人员不断的总结和积累。

四、 甘肃省白银市供电局

- 1、测试日期：2005.9.12
- 2、测试地点：甘肃省白银市
- 3、测试项目：白银市郊区配电站备用电缆一根，电压等级 10KV
- 4、测试人员：甘肃省白银市配电站：王工、陈工等
上海舒佳电气有限公司：王工
- 5、测试设备：SD-2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

6、 测试及分析全过程：

- (1) 观察此根电缆长度不长，大约 40 米，出配电室后连接电线杆上架空明线。摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果为各相之间及各相对地绝缘均为 0。
- (2) 用指针式万用表测量 A、B、C、地各相之间绝缘情况，绝缘电阻最高为 $1M\Omega$ ，最低为 40Ω ，这时可确定电缆为高阻故障，但是故障点是否唯一不能确定。（有可能是六点合一，也有可能是不同点）

- (3) 由于电缆本身长度较短，用脉冲法测试不能得到满意波形，考虑到其全部为高阻故障特征，故选择 B—C 绝缘电阻为 $20\text{K}\Omega$ 的两相进行高压闪络定点，过程进行的十分顺利，一点定出。
- (4) 使用高压闪络测试 A—C 相故障点，结果定点仪同时测出不同两点。
- (5) 使用高压闪络测试 A—B 相故障点，结果定点仪又测出一点。
- (6) 客户负责人员宣布停止测试，电缆报废。

7、测试结论：

- (1) 在故障电缆长度较短的情况下，我方技术人员没有使用主机而是对故障点进行了直接高压闪络定位，定点十分准确。[返回目录](#)
- (2) 在如此短的一段电缆上同时出现了如此多的故障点很是罕见，完全是由于此根备用缆没有得到合理的维护造成的。

五、江西省铅山市供电局

- 1、测试日期：2006. 7. 21
- 2、测试地点：江西省铅山市
- 3、测试项目：江西省铅山市变电站供电电缆 1 根，电压等级 10KV
- 4、测试人员：咸阳市西北钢管厂：秦工，黄工等
上海舒佳电气有限公司：王工、董工
- 5、测试设备：SD—2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

6、测试及分析全过程：

- (1) 观察此根电缆长度不长，大约 90 米，出变电站后连接电线杆上架空明线。摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果为 B 相对地绝缘电阻为 0。铺设环境比较复杂，变电站后墙外杂草丛生，探头无法接触地面。
- (2) 用指针式万用表测量 B—地之间绝缘情况，测试结果为 B 相对地绝缘为 20Ω 。这样首先确定 B 相为故障相，故

障性质为高阻故障。但是故障点是否又足够的放电采样条件不能确定，B 相是否有断路情况也有待用 WD-2000 主机进行测试进一步确定。

- (3) 用 SD-2000 电缆故障测试仪主机在始端（变电站内，将电缆三相拆下，同时将另一端与负载分离）用脉冲法进行测试 A—B、A—C、A—地、B—C、B—地、C—地，测试距离均为 92 米，且确定 B 相不存在断路情况。
- (4) 使用高压闪络法测试 B 相故障点，首先用电流采样法测量出现大幅度锯齿波形，改用电压采样法测试，同样得到大幅度锯齿波形，说明故障点距离测试点很近。但不能判定具体范围。
- (5) 取下高压采样线，直接对故障点实施高压精确定点，在整个电缆范围上无故障信号。[返回目录](#)
- (6) 取下所有高压装置，对 B—地再次进行绝缘复测，结果绝缘电阻变为 $900\ \Omega$ 。此时我方测试人员终于得到了第一个可靠的结论，此故障点为受潮引起的高阻故障，定点范围确定为两处，一处为电线杆下到地面的拐弯处，另一处为变电站后墙根。（此两处根据但是电缆的铺设环境是最可能聚集潮气的，一处弯度较大，一处地势最低。）
- (7) 重新实施高压定点，结果在墙根处发现故障点信号，而且十分明显。
- (8) 开挖并破开电缆，此处 B 相在绝缘层内已有大量积水。

7、测试结论：

- (1) 故障点受潮是常见的一种故障类型，在我国南方地区常见，值得广大南方客户提起注意。
- (2) 受潮故障点在实施高压闪络后绝缘电阻会在短时间内迅速升高，这时一个十分明显的信号，希望广大用户提起注意。

六、陕西省华阴县农电局

1、测试日期：2006. 5. 10

2、测试地点：陕西省华阴县

3、测试项目：陕西省华阴县农电局地埋线一根，电压等级 380V

4、测试人员：陕西省华阴县农电局：周工，张工等

上海舒佳电气有限公司：王工

5、测试设备：SD—2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

6、测试及分析全过程：

- (1) 农村地埋线长度都不会很长，一般在 50 米到 100 米之间，中间由配电柜分接，找到故障线缆，从配电柜拆分出来故障线缆，此时，由于农村地埋线的铺设方法及故障形式限制，用摇表或万用表测试绝缘都是没有效果的。
- (2) 用 SD—2000 电缆故障测试仪主机在任意端用脉冲法测试 A—地、B—地、C—地，结果：A、C 相测试结果约为 50 米，B 相测试结果约为 30 米。确定 B 相为故障相。
- (3) 在另一端短路 A、B 两相，再用脉冲法测试 A—B 相，（注意：此时电缆仪主机采样线红线必须夹在 A 相上）测试结果约为 60 米。此时确定 B 故障相的故障点位置就是在距离测试点 30 米左右。而且为断路故障。[返回目录](#)
- (4) 使用高压闪络法对 B 相故障点进行定点，此时接线比较特殊，在说明书中没有提及，B 相接地，在 A 相上施加高压，这样，高压信号会通过短路线绕回断路点，在与大地在断路点处进行一次放电。
- (5) 用定点仪在 30 米左右处进行精确定点，由于农村地埋线埋设时都比较浅，所以故障点信号十分明显，定点比较容易完成。
- (6) 开挖，此处 B 相已断。。

7、测试结论：

- (1) 农村地埋线由于铺设方法简单，使用线缆质地较差，所以故障发生比较频繁，而且由于它本身铺设的局限性，在测试时需要相当的技巧，而在掌握了大量的现场测试

经验后，这种测试是比较简单快捷的。

- (2) 测试农村地埋线时一定要注意根据现场不同的情况采取灵活的测试方式。

七、云南省昆明巨力电缆厂

- 1、测试日期：2008. 3. 10
- 2、测试地点：云南省昆明市
- 3、测试项目：巨力电缆厂出厂低压五芯控制电缆一根，电压等级 750V
- 4、测试人员：巨力电缆厂：邵工，张工等
上海舒佳电气有限公司：王工
- 5、测试设备：SD-2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

- 6、测试及分析全过程：

[返回目录](#)

- (1) 首先，测试试品为一根新近出厂的低压电缆，长度很长。
线号标记长度为 6880 米
- (2) 首先确定故障相：抽出电缆两端，使用万用表分别测量各项，结果显示，黄相为故障相，故障性质为断路。
- (3) 使用 SD-2000 电缆故障测试仪主机测试全长：

设 A 为始端 B 为终端	A-B 测试	B-A 测试
红-蓝	6458.7 米	6458.7 米
红-黑	6458.7 米	6477.3 米
红-绿	6440.0 米	6421.3 米
蓝-黑	6440.0 米	6458.7 米
蓝-绿	6440.0 米	6477.3 米
黑-绿	6458.7 米	6570.7 米

- (4) 使用 SD-2000 主机测试电缆故障相：

设 A 为始端 B 为终端	A-B 测试	B-A 测试
黄-红	5562.7 米	896.0 米
黄-绿	5562.7 米	896.0 米
黄-蓝	5581.3 米	896.0 米
黄-黑	5562.7 米	896.0 米

(5) 一次误差校对：电缆测试全长测试平均值：6458.7 米

(6) 二次误差校对： $896.0 + 5562.7 = 6458.7$ （米）

误差：0 米

误差系数：0.00%

(7) 三次误差校对： $896.0 / 6458.7 = x / 6880.0$

$x = 954.45$ （米）

(9) 线号机上打开电缆，查找故障点：

实际故障点 950.8 米

误差：3.65 米

误差系数：0.049%

7、测试结论：

[返回目录](#)

(1) 由于新近出厂的电缆长度较长，所以需要测试人员要有耐心，并且要细心测试，。

(2) 由于被测电缆为低压控制缆，其电波的传输速率与仪器设置有一定误差，并且电缆长度较长，所以要求测试人员要精心校对误差。

(3) 测试结果误差系数为 0.049%，远远低于说明书上规定误差系数，说明测试仪器的测试方法是比较先进的，精度是很高的，人员的精心操作能充分发挥仪器的潜能。

以上，我们着重以实测案例的方式介绍了故障测试的过程，这里涵盖了电缆的高阻故障，短路故障，断路故障，地埋线故障，同时兼顾了不同长度电缆故障测试过程，只要读者理解了电缆故障的测试原理，领会了电缆故障测试的精髓所在，测试电缆故障就不是什么较难掌握的技术。

电缆故障测试报告(KEVI 专用)

测试日期				测试地点			
客户单位							
测试项目							
测试人员							
测试设备							
测试过程	测试项目				测试结果		
	摇表或兆欧表测试所有相间相地绝缘电阻值				A-B	Ω	
					A-C	Ω	
					B-C	Ω	
					A-地	Ω	
					B-地	Ω	
					C-地	Ω	
	结论:						
	1、脉冲法测试开路距离并校对全长; 2、检查是否有断路故障;				A-B	m	
					A-C	m	
					B-C	m	
					A-地	m	
					B-地	m	
					C-地	m	
	结论:						
	1、短路终端测试短路距离并校对全长; 2、检查是否有短路故障;				A-B	m	
					A-C	m	
					B-C	m	
					A-地	m	
					B-地	m	
C-地					m		
结论:							
如确定高阻故障, 万用表测试故障相绝缘电阻				Ω			
连接闪络法高压电路测试故障距离				m			
过程记录	1、电压等级: 2、球隙距离: 3、是否加大电容容量:						
精 确 定 点							
测试结论							

上海舒佳电气有限公司

地址:上海龙吴路 1500 号(交大科技园)

电话:021-54358329 18917194679

<http://www.ye-bao.com>

E-mail:h5117@163.cnm

注 意 事 项

- 用户要严格按照我公司提供的使用说明书对仪器进行操作；
- 在使用高压闪络法进行测试时，按照实物接线图连接好各设备后，在使用主机采集信号之前，应先预升压一次，确认连线正确，球间隙放电声音清脆明亮，变压器操作箱电流指示表同时摆动后，方可连接双 Q9 信号线进行波形采集；
- 在使用高压脉冲电容做闪络测试后，切记对高压脉冲电容放电，以保护人身安全，放电之前，将信号线从主机摘下；
- 用户不得擅自拆机检修；
- 擅自拆机或因不按照使用说明书进行操作造成仪器损伤，不在本公司保修范围之内。

一、前言

随着电力电缆在各行各业的广泛使用，电缆故障的测试和排除已经成为广大电缆用户必须面对和解决的课题。随着需求的增大，市场上出现了电缆故障测试仪这一专门测试电缆故障的检测仪器，我公司就是多年致力于电缆故障测试仪器的开发和制造，随着用户的不断增多，用户在使用过程中也反馈了许许多多有价值信息，也提出了方方面面的建议和要求，其中，最主要的问题就是在使用仪器时，用户反映他们不能像我公司技术人员一样对仪器使用自如，对故障点判断精确。在此，我公司决定专门抽调几位有经验的技术人员编写这样一本资料。

书中从电缆故障产生的原因，故障电缆表现出来的现象，仪器采用的测试方法，现场实测需要注意的方方面面的问题，全面系统的为用户讲述了如何在不同的情况下测试、排除电缆故障。

[返回目录](#)

书中的附录特备有我公司的电缆故障测试报告制式样本，读者可以参考使用，以养成良好的测试习惯，提高工作效率。

本书作为一本技术文献，立足于与广大读者和用户讨论电缆故障测试技术，解决电缆故障测试遇到的问题的，绝不局限于本公司产品。但在实测案例一章中，由于条件限制，我们所使用的测试仪器全部是我公司产品，仅供用户参考。

二、电缆故障测试仪的配置及用途

现在广泛使用的电缆故障测试仪基本原理有所不同，但是在测试过程中所需要的配置和各个配置在测试中的用途基本相似。在这里，首先我们把仪器配置及用途讲清，这样更有助于读者在下面阅读中的理解。

电缆故障测试仪一般经典的配置如下：

1、 电缆故障测试仪主机

用途：用于电缆故障测试初步测距

2、 路径信号发生器

用途：用于发射一固定频率的脉冲信号

3、 精确定点仪（配有高清耳机、探头）

用途：用于在初步测距后精确确定故障点

4、 路径仪

用途：用于接收路径信号发生器的脉冲信号

5、 高压数据采样箱

用途：用于高压试验时采集高压信号

6、 放电球间隙

用途：用于产生高压脉冲信号

[返回目录](#)

7、 高压脉冲电容

用途：在产生高压脉冲信号时的必要储能设备

8、 交直流两用试验变压器

用途：用于产生测试所需高压

9、 试验变压器配套操作箱

用途：用于试验变压器的操作

三、 电缆故障分类及产生的原因

[返回目录](#)

一、 电缆故障的分类

电缆故障的类型如果按照测试需要和测试方法的不同进行分类，应该分为短路故障，高阻故障，短路故障三大类，这种分类方法在各种书籍和各个厂家的说明书中都没有出现，原因是这种分类方法不是科学意义上的分类，而是就测试电缆故障而言，一种方便分类。

1、短路故障：用万用表测试绝缘直流电阻为零或很小时，我们称之为短路故障。如果简单的说，使用数字万用表二极管档测量绝缘电阻很小的故障点两端，如果万用表蜂鸣，则一定为短路故障。

2、高阻故障：当电缆故障相绝缘直流电阻值大于电缆本身特性阻抗时我们统称为高阻故障。

3、开路故障：当电缆某相出现电阻无穷大时，我们称为电缆开路故障。

二、电缆故障产生的原因

电缆故障发生的原因是多方面的，对这方面的了解会有利于故障的查找。现将常见的几种原因归纳如下。

- (1) 机械损伤：很多故障是由于电缆敷设时不小心造成的损伤或敷设后靠近电缆路径作业造成的机械损伤而直接引起的。有时如果损伤轻微，在几个月甚至几年后损伤部位的破坏才发展到铠装铅皮穿孔，潮气侵入而导致损伤部位彻底崩溃形成故障。
- (2) 电缆外皮的电腐蚀：如果电力电缆埋设在附近有强力地下电场的地面下（如大型行车、电力机车轨道附近），往往出现电缆外皮铅包腐蚀致穿的现象，导致潮气侵入，绝缘破坏。
- (3) 化学腐蚀：电缆路径在有酸碱作业地区通过或煤气站的苯蒸气往往造成电缆铠装和铅包大面积长距离被腐蚀。
- (4) 地面下沉：此现象往往发生在电缆穿越公路、铁路及高大建筑物时由于地面的下沉而使电缆垂直受力变形，导致电缆铠装、铅包破裂甚至折断而造成各种类型的故障。[返回目录](#)
- (5) 电缆绝缘物的流失：电缆敷设时地沟凹凸不平，或处在电杆上的户头，由于电缆的起伏、高低落差悬殊，高处的绝缘油流向低处而使高处电缆绝缘下降，导致故障发生。这种故障在早期的油纸绝缘电缆中较常见。
- (6) 长期超负荷运行：由于超负荷运行，电缆的温度会随之升高，尤其在炎热的夏季，电缆的温升常常导致电缆的较薄弱处和对接头处首先被击穿。在夏季，电缆故障高的原因正在于此。
- (7) 震动破坏：铁路轨道下运行的电缆，由于剧烈的震动导致电缆外皮产生弹性疲劳而破裂形成故障。
- (8) 拙劣的施工、拙劣的接头与不按技术安全要求敷设电缆都是形成电缆故障的重要原因。
- (9) 在潮湿的气候条件下做接头，使接头封装物内混入蒸气而耐不住试验电压，往往形成闪络性故障。

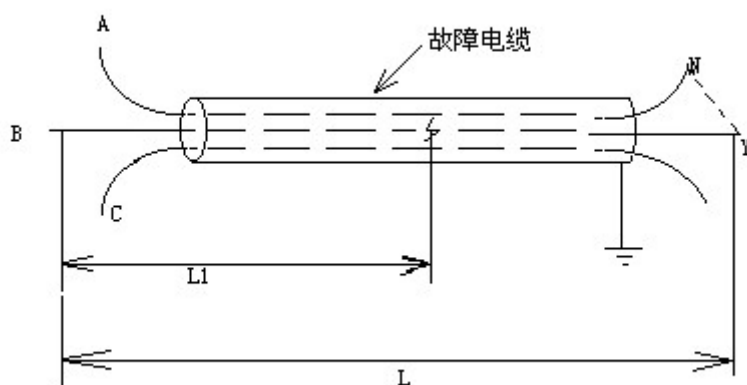
电缆故障测距的方法及原理

一、电桥法：

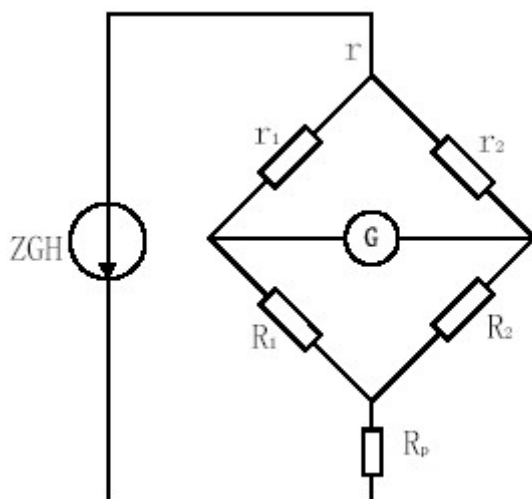
自从有了地埋电缆以后，电缆故障的检测工作就成了必须解决的问题。最初的电缆故障粗测工作，是用电桥平衡测试原理进行的，当时曾用过电阻电桥、电容电桥、低压电桥、高压电桥等。用电桥原理测试电缆故障距离，曾是上世纪六七十年代普遍采用的方法。到了2000年以后，使用电桥法测试原理的仪器还继续使用并且有所发展，使用计算机技术后，现在也出现了具有更高智能化的电桥测试仪（如高压数字电桥）。

电桥法测试原理：

设铠装电力电缆，长度 L ，B相线芯对钢带在 L_1 处击穿。[返回目录](#)



借助于A相线芯作为辅助线。使用低阻值连线短路N、Y 两端线芯。 L_1 段电缆线芯电阻为 R_1 ， L_2 段电缆及A相电缆线芯的电阻 R_2 。与定位电桥构成Murray电桥回路。



电桥定位的电路原理图

图中 r 为比例电位器 r , 有 $r_1+r_2=r$ 其电路原理如原理图所示:

图中 r 为比例电位器 r , 有 $r_1+r_2=r$

待电桥平衡后, 则有:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L + L_2}$$

比例电位器由 10 圈刻度盘调节, 电阻比例 P 可由刻度盘盘读取,

因此:

$$\frac{L_1}{2L} = \frac{r_1}{r} = P\% \quad (\text{千分之}P)$$

$$L_1 = 2 \cdot P\% \cdot L$$

由此可见, 只要电桥有一定的灵敏度并能平衡, 电桥法定位简单、精确而且装置成本低, 但作为电缆的测距方法, 它的不足之处在于:

(1) 在故障电阻很高的情况下, 由于电桥里的电流很小, 一般灵敏度的仪表很难探测到这么小的电流。这时, 为了得到在测距时所需的电流(10~15mA), 传统的方法是使用高压电桥法, 或烧穿故障点, 使接地电阻变小后, 再使用低压电桥法。低压电力电缆的电

压绝缘水平不高，如果为提高电桥的灵敏度而升高电压，有可能造成在定位时电缆的二次击穿，形成新的故障；而在故障点上施加高压，让适当的电流流过并烧穿故障点形成炭化物，使故障电阻值下降的方法，由于其费时费力，效果又不太理想而逐渐被淘汰。因此，从上面的分析可知，电桥法不适用于电缆高阻故障的测距。

(2) 当低压电力电缆发生三相短路、三相短路接地和断线故障时，由于无法构成测量回路，电桥不能进行电缆的故障测距。

二、雷达回波法：

到了上世纪七八十年代，电缆故障测试普遍采用了闪测法测试，原理为**脉冲反射法（也叫雷达回波法）**。所用的仪器以电子管、晶体管电路为主，体积庞大。采用的显示器先后有示波管型闪测仪、存贮示波管型闪测仪等等。到了上世纪九十年代以后，随着计算机技术的普遍应用，**智能型电缆故障闪络测试仪（闪测仪）**开始投入使用，采用的测试原理依旧是脉冲反射法。采用的闪测仪从显像管显示到液晶显示，普遍应用单片机电路进行控制，使电缆故障的粗测工作进入到一个新境界。

[返回目录](#)

应用脉冲反射法（也有叫冲闪法）的智能型闪测仪，是目前应用范围最广，市场保有量最大的电缆故障粗测仪器。例如北京供电系统，由于地理电缆使用时间长，电缆铺设量大，应用电缆故障测试仪的历史也较长，从 1993 年后 10 年间，购买的单片机控制的 TC 系列大屏幕液晶显示的电缆故障测试仪有 50 余套，几乎每个供电部门都使用。并且在有些供电部门，把该类电缆故障测试仪的使用，作为电缆测试工种高级工考试必须掌握的技能，笔者曾多次对北京供电系统进行过脉冲反射法电缆故障测试仪的技术培训。由于该类仪器应用时间长，对该类型的闪测仪的使用知识和使用经验的培训资料及专著种类较多，有利于用户及时掌握仪器的使用技巧。

不过，随着电子技术的不断发展和雷达回波法的普及，现在市场上使用发射法测试电缆故障的闪测仪内核有这截然不同的品质区别，主要有工控机设计，pc 机主板设计和单片机设计几大类，同样的测试原理，对数据的分析能力和本身的可靠性确有着极大差异，用户在购买这类设备时往往不会注意到这点。

雷达回波法的测试原理:

*重要概念

电力电缆故障是由于故障点的绝缘损坏而引发的，一般故障的类型大体上可分为低阻故障（短路）、高阻故障（断路、高阻泄漏、高阻闪络）两大类。

在这里我们首先确定一个概念，这是电子行业在设计仪器时与电力行业产生的分歧，并无大碍，只要我们将这个概念理清就决不会影响到我们的测试。

在电力行业中普遍使用的概念是使用摇表或兆欧表测试电缆绝缘，如表头指示为零，则认为是短路故障，即低阻故障。而在电子行业设计测试仪器时由于测试原理的选择，使用的是特性阻抗值来判别故障性质的，所以在电子行业认为，绝缘电阻大于电缆特性阻抗时的故障统统称为高阻故障。这样，在这里我们就有必要将特性阻抗这个概念在这里做一个详细的介绍。（在这里我们只介绍电缆的低频特性，高频特性与电力电缆无关，故不在这里赘述）

电缆的特性阻抗是电缆中传送波的电场强度和磁场强度之比。

$$(\text{伏特/米}) / (\text{安培/米}) = \text{欧姆}$$

欧姆定律表明，如果在—对端子上施加电压（E），此电路中测量到电流（I），则可以用下列等式确定阻抗的大小，这个公式总是成立：

$$Z = E / I$$

无论是直流或者是交流的情况下，这个关系都保持成立。

特性阻抗一般写作 **Z0**（Z 零）。如果电缆承载的是射频信号，并非正弦波，**Z0** 还是等于电缆上的电压和导线中的电流比。所以特性阻抗由下面的公式定义：

$$Z_0 = E / I$$

电压和电流是有电缆中的感抗和容抗共同决定的。所以特性阻抗公式可以被写成后面这个形式：

$$Z_0 = \sqrt{(R + j2\pi fL) / (G + j2\pi fC)}$$

其中

R =该导体材质（在直流情况下）一个单位长度的电阻率，欧姆

G =单位长度的旁路电导系数（绝缘层的导电系数），欧姆

j =只是个符号，指明本项有一个 $+90^\circ$ 的相位角（虚数）

$n=3.1416$

L =单位长度电缆的电感量

C =单位长度电缆的电容量

注：线圈的感抗等于 $XL=2\pi fL$ ，电容的容抗等于 $XC=1/2\pi fC$ 。

从公式看出，特性阻抗正比于电缆的感抗和容抗的平方根。

对于电缆一般所使用的绝缘材料来说，和 $2\pi fC$ 相比， G 微不足道可以忽略。在低频情况，和 R 相比 $2\pi fL$ 微不足道可以忽略，所以在低频时，可以使用下面的等式：

$$Z_0 = \sqrt{R / j * 2\pi f C}$$

如果电容不跟随频率变化，则 Z_0 和频率的平方根成反比关系，在接近直流的状态下有一个 -45° 的相位角，当频率增加相位角逐渐减少到 0° 。当频率上升时，聚氯乙烯和橡胶材料会稍微降低电容，但聚乙烯，聚丙烯，特氟纶（聚四氟乙烯）的变化不大。

当频率提高到一定程度（ f 足够大），公式中包含 f 的两项变的很大，这时候 R 和 G 可能可以被忽略。等式成为

$$Z_0 = \sqrt{(j * 2\pi f L) / (j * 2\pi f C)}$$

简化成

$$Z_0 = \sqrt{L / C}$$

电缆特性阻抗的高频特性不是这个公式，有兴趣的读者可以翻阅其它一些资料，由于电力电缆故障测试与电缆的高频特性无关，故在这里不加以详细阐述。

这里给出一个电力电缆特性阻抗的参考值：

铝芯 240mm^2 截面积的电力电缆的特性阻抗约 $10\ \Omega$ ；

铝芯 35mm^2 截面积的电力电缆的特性阻抗约 $40\ \Omega$ 。

其余截面积的铝芯电力电缆的特性阻抗可据此估算。

早期的电缆测试大多采用“电桥法”，用闪测仪测试我们称之为

为“回波法”。因此用闪测仪测试时就应该按电波在电缆中的传输特性来将电缆故障进行分类，因此凡是电缆故障点绝缘电阻下降致该电缆的特性阻抗，甚至直流电阻为零的故障均称为低阻故障或短路故障。对于电桥法测试故障的分类就与“特性阻抗”无关了。

当电力电缆故障点的直流电阻大于它的特性阻抗时，我们就称它为**高阻故障**，在这一点希望用户能够注意。在现场操作中，大多数技术人都用摇表值来区别故障类型，摇表值为零时称为“短路”故障或“低阻”故障，摇表值不为零时就称为“高阻”故障。这种区分方式在使用“回波法”测试时是错误的，在现场测试时应注意**正确区别故障类型**。

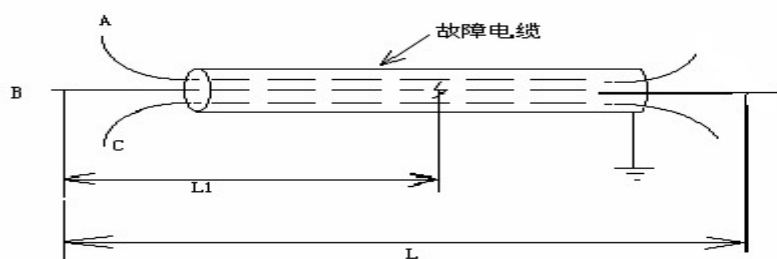
测量电缆故障时，电缆可视为一条均匀分布的传输线，根据传输线（长线）理论，在电缆一端加脉冲电压，则此脉冲按一定的速度（决定于电缆介质的介电常数和导磁系数）沿线传输，当脉冲遇到故障点（或阻抗不均匀点）就会发生反射，用闪测仪记录下发送脉冲和反射脉冲之间的传输时间 ΔT ，则可按已知的传输速度 V 来计算出故障点的距离 L_x ， $L_x = V \cdot \Delta T / 2$ 。

测全长则可利用终端反射脉冲： $L = V \cdot T / 2$

同样已知电缆全长，可测出脉冲传输速度： $V = 2L / T$

脉冲法测试分为**低压脉冲法**和**高压脉冲法**，二者测试原理是一样的，只是产生脉冲的方式不一样，智能型测试仪的故障距离计算是仪器自动完成的。雷达回波法是电缆故障测试现阶段运用最广泛，技术最成熟的，实用性较强的测试方法，它的不足之处是：测试波形多种多样，操作人员要有较强的专业水平和现场实测经验。

同样，设铠装电力电缆，长度 L ，B相线芯对钢带在 L_1 处击穿。



此时：电缆故障距离为 $L1 = V \cdot T / 2$;

其中：V 为电波在电缆中的传输速率；

T 为仪器发射脉冲信号和接收反射脉冲信号的时间差；

三、二次脉冲法：

二次脉冲法其基本原理还是脉冲反射法，是近几年发展中的一种比较前沿的新的电缆故障粗测方法。其技术特点是：高阻故障呈现低压脉冲短路故障波形特征，容易判读。换句话讲，就是在用高压脉冲击穿高阻故障的瞬间，给故障电缆发射低压脉冲信号，用低压脉冲短路故障波形测试电缆高阻故障。

[返回目录](#)

二次脉冲法的关键是要给闪测仪加一个高频高压数据处理器。从测试原理讲，二次脉冲法的测试原理与雷达回波法本质相同，不同的是由于二次脉冲的出现，冲击高压闪络法中的复杂波形简化为简单的低压脉冲短路故障波形，有其先进性，但是其测试仪器相对复杂，仪器使用也较普通的闪测仪复杂，而且在测试原理上并没有实质意义上的突破。

至此，我们介绍完了现在技术上测试电缆故障的常用方法，在这里我们有必要做一个直观的总结比较：

测试方法	电桥法	雷达回波法	二次脉冲法
原理	电桥平衡原理	故障反射原理	故障反射原理
测试精度	较低	较高	较高
可靠性	较低	较高	较高
仪器使用难度	简单	简单	复杂
人员技术要求	较低	较高	高
价格	较低	较高	高
普及率	较高	高	低
性价比	较高	高	低

2、电缆路径探测方法介绍：

采用电磁波进行路径探测，是一种很成熟的方法，实际应用效果也很好。区别在于探测的电缆长度、探测深度，信号频率等各不相同。现在市场上大量应用的路径探测仪器，多为探测停电电缆，探测电缆长度大于 10KM，探测电缆深度大于 2m，电磁波频率 1KHZ—20KHZ。

电缆故障精确定点的方法及原理

一、声测法：

采用声测法定点，是从过去到现在普遍采用电缆故障定点的方法。而且是最为行之有效的方法。只不过采用的仪器从过去简单的声电放大器，发展到了现在普遍使用的声磁同步定点仪。声测法定点对高压电缆、低压电缆、直埋电缆、电缆沟电缆等等均适用。

声测法定点，是由高压脉冲发生器对故障电缆放电，故障点产生电弧，并产生放电声音，在电缆直埋情况下，产生地震波，定点仪的声测探头（声音传感器）拣拾地震波信号并放大后通过耳机或表头输出。通过大量的现场试验，地震波从电缆故障点传到地面后，在 2 米的半径以外很快衰减为很小，所以，用声测法定点，我们用定点仪监听地震波时，一般是 4m 距离监听一次。当监听到地震波时，说明故障点已经在 2m 以内，只要仔细找到声音最大点即既可以精确找到故障点。

[返回目录](#)

二、跨步电压法：

采用跨步电压法定点，主要针对对电缆外护套绝缘有要求的外护套接地故障定点，现在对部分直埋的无铠装的低压电缆、电线芯线接地故障、也可以采用跨步电压法定点。

三、电磁法及音频法：

用电磁波定点或采用音频法定点，即是利用电缆故障点前后电磁波信号或音频信号的变化来确定故障点，从原理上讲是可行的。但从目前情况看，还没有性能可靠的，能实际应用的定点仪。或者

说，采用电磁波定点的定点仪仍旧在各科研机构研发之中，还需实践中进一步验证提高，达到实际应用水平。

四、声磁同步法：

是将声测法与电磁波法综合应用，例如 DTC003 系列声磁同步定点仪，采用了声测法定点与声磁同步定点法相结合定点原理。声测法定点时，定点仪声表头指示声测探头接收到的地震波，同时耳机也反映声测探头接收到的地震声波。在故障点正上方，声波信号最大，离开故障点，声波信号减少，或者无声波信号。声磁同步法定点时，声表头反映声测探头接收到的地震声波，磁表头和耳机同时指示故障点放电时同步接收天线接收到的电磁波。当声测探头放置在故障点上方时，定点仪二个表头指示及耳机声音同步。在未接收到声波信号时，利用声磁同步电磁波接收功能，能够及时掌握球间隙放电节律，有利于在嘈杂的环境中分辨出故障点微弱声波信号。另外，声磁同步定点仪可以将故障定点和电缆路径探测工作同步进行，大大提高故障定点效率。

采用声磁同步技术的定点仪，是目前应用最广的电缆故障定点仪。

[返回目录](#)

五、磁场预定点技术：

电缆故障磁场预定点技术的原理为：通过高压直流脉冲发生器，使电缆的故障点产生电弧，在电弧存在期间，向电缆注入音频信号。此音频信号在电缆故障点，被电弧短路，不再继续向电缆终端传播。采用专用的接收机，接收电缆辐射出的音频电磁波信号，通过比较故障点前后的音频电磁波幅值大小的变化，判断接收机位于故障点之前或之后，从而达到快速预定点的目的。

电缆故障磁场预定点技术，是一种较新的故障定点手段，其概念的提出时间较短，仪器的研发和仪器使用时间也较短。故障预定点后，我们仍需要进行故障点的精确定点，然后才能开挖。

电力电缆现场实测步骤及方法

在现阶段电力电缆迅速发展的时代，电缆故障的测试已经成为测试仪生产厂家和用户共同面临的一个实际性问题。作为故障测试的一种仪器，电缆故障测试仪的发展经历了比较长的发展及频繁的换代过程，当前普遍采用的是雷达回波法；但是由于被试品及测试参数不是常规检测，所以对于使用仪器的个人测试经验有着相对较高的要求，所以在此，我们对于我公司工程师在使用过程中的一些细节和经验做一个简单的介绍，以方便用户的使用。

- 1、认真了解被测电缆本身的实际状况，包括电缆的材质、电压等级、是否有预留、是否有接头、初次埋设的实际长度等等。
- 2、仔细观察被测电缆的实际铺设状况及铺设方法，尽可能了解电缆沿线的各种情况，包括施工情况、其它管线的铺设情况、低洼地的渗水情况等等。简单分析有可能出现故障的位置。
- 3、目测被测电缆的实际长度，和实际记录比较是否吻合。
- 4、用摇表确定被测电缆的故障相，相对相，相对地都要逐一测量，确定被测对象。
- 5、用万用表测量被测电缆故障相的绝缘电阻值，确定在故障相上实际测量是要采用的方法，脉冲法或闪络法。
- 6、将电缆故障测试仪连接无故障相，用脉冲法测试电缆全长，将测试结果和铺设记录以及人为目测加以比对，尽可能减小测试的系统误差。
- 7、使用电缆故障测试仪对故障相进行测试，根据所剩不同的绝缘电阻值选用不同的测试方法，我们的仪器在绝缘电阻大于 40 欧姆时认为都属于高阻故障，这一点在说明书中有详细的介绍，在电力电缆故障中 90% 的故障会是高阻故障，所以接下来对闪络法及定点方法的注意细节再加以详述。
- 8、采用高压闪络法首先要按照接线图连接好高压设备——交直流两用试验变压器、操作箱、采样箱、放电球间隙、脉冲电容，放电间隙的调整一般是从 1.5mm 开始，如果不能击穿故障点再加大，每次最多加大 0.5mm。在连接好高压设备后要试击几次，确定连线无误、放电正常的情况下再连接主机进行波形的采集。
- 9、采集到波形后，高压设备立即降压并切断电源，分离主机与采

[返回目录](#)

[返回目录](#)

为 B 相对地绝缘为零。这样首先确定 B 相为故障相，故障性质有待进一步确定。

- (2) 用指针式万用表测量 B 相对地绝缘，绝缘电阻为 2Ω ，为进一步确定是否为死接地故障，用数字万用表（二极管）档测试 B—地，显示为都导通。这样确定为短路故障，且为死接地。
- (3) 确定故障电缆后，在距离测试始端最近一处接线柜处将 A、B、C 三相拆下。并确定分离良好。
- (4) 使用 SD-2000 测试仪主机，用脉冲法分别测试 A-B, A-C, A-地，B-C, C-地测试距离均为 498 米，结论电缆无断路情况，且此段被测电缆总长度为 498 米。
- (5) 脉冲法测试 B—地，故障波形为短路波形，故障距离为 140 米。
- (6) 使用高压冲 L 法测试 B—地，无故障波形，原因为故障点没有放电条件，此时完全确定故障性质为金属性短路，故障点已无放电条件。
- (7) 反复用脉冲法测试故障点，显示故障距离 140 米无误。用卷尺在地表测距，整段电缆实测长度为 500 米，计算主机误差 $2/500=0.4\%$ ，计算真是故障距离为 $140 \times 99.6\% = 139.44$ 米。
- (8) 仔细观察电缆铺设情况，在 100 米左右有一井盖，掀盖观察，波纹管内大量进水，供电局同志叶不清楚为何电缆管道内充水，询问附近居民，居民反映十几天前不远处曾经施工，丈量施工处到测试始端距离，恰恰为 140 米果断开挖，一次性找到故障点。

[返回目录](#)

***接下来测试江中制药集团厂区供电电缆**

(1) 摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果同样为 B 相对地绝缘为零。首先确定 B 相为故障相，故障性质有待进一步确定。

(2) 用指针式万用表测量 B 相对地绝缘，绝缘电阻为 $20K\Omega$ ，这时可完全确定 B 相为高阻故障，而且绝缘电阻较大，定点

应相对容易。但是 B 相是否有断路情况有待用 WD-2000 主机进行测试进一步确定。

(3) 用 SD-2000 电缆故障测试仪主机在始端(配电室一端,将电缆三相拆下,同时将另一端与负载分离))用脉冲法进行测试 A-B、A-C、A-地、B-C、B-地、C-地,现实距离均为 600 米,询问供电科负责人员,确定此电缆确为总长度为 600 电缆,此时可排除系统误差,且 B 相不存在断路情况。

(4) 使用高压闪络法测试 B 相故障点,首先用电流采样法测量(因为电流法相对简单、安全)测试故障点波形非常良好,故障距离为距始端 420 米;改用电压采样法再次测量(因为电压法测试波形明显,容易判读,误差较小),测试结果同样为 420 米。

(5) 去掉主机采样线,继续施加高压,用定点仪对故障点进行精确定点。在 420 米左右(我方测试人员选择 425 米—410 米范围进行定点)在 420 米出可清晰发现故障点信号,开挖,准确无误。

[返回目录](#)

7、测试结论:

*新建县开发区供电电缆:

- (1) 电缆故障为 B 相对地由于外力破坏,在距测试始端 140 米处出现了金属性短路故障。
- (2) 由于故障点不具备高压放电条件,故无法使用定点仪精确定点,但由技术人员现场分析及仪器显示测试结果,确系故障点唯一,且测试误差可控。
- (3) 开挖证实,测试结论无误。

*江中制药集团厂区供电电缆:

- (1) 电缆故障为 B 相对地由于负载过大,在距测试始端 420 米处出现了高阻性故障。
- (2) 由于故障点具备高压放电条件,而且由于绝缘电阻较大,放电条件相当良好,故在精确定点过程中施加电压较高(达到 7500V),致使故障点给出清晰标准的故障信号,整个测试过程用时没有超过 20 分钟,可以成为电缆故障测试的经典案例。。

(3) 开挖证实，测试结论无误。故障经典，测试过程同样经典，可作为故障测试的标准进行分析研究。

二、广东省惠州市昆嘉电力工程公司

- 1、测试日期：2005.8.15
- 2、测试地点：广东省惠州市
- 3、测试项目：昆嘉工程公司项目电缆 1 根（最新铺设），电压等级 10KV
- 4、测试人员：广东省惠州市昆嘉电力工程公司：黄总、戚工等
上海舒佳电气有限公司：王工
- 5、测试设备：SD-2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

6、测试及分析全过程：

- (1) 摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果为 C 相对地绝缘为零。这样首先确定 C 相为故障相，故障性质有待进一步确定。[返回目录](#)
- (2) 用指针式万用表测量 C 相对地绝缘，绝缘电阻为 $1K\Omega$ ，这时可确定 C 相为高阻故障，绝缘电阻适中。但是 C 相是否有断路情况有待用 WD-2000 主机进行测试进一步确定。
- (3) 用 SD-2000 电缆故障测试仪主机在始端（配电室一端，将电缆三相拆下，同时将另一端与负载分离）用脉冲法进行测试 A-B、A-C、A-地、B-C、B-地、C-地，现实距离均为 920 米，询问工程负责人员，确定此电缆确为总长度为 920 米电缆，此时可排除系统误差，且 C 相不存在断路情况。
- (4) 使用高压闪络法测试 C 相故障点，首先用电流采样法测量（因为电流法相对简单、安全）测试故障点波形非常良好，故障距离为距始端 424 米；改用电压采样法再次测量（因为电压法测试波形明显，容易判读，误差较小），测试结果同样为 424 米。

- (5) 去掉主机采样线，继续施加高压，用定点仪对故障点进行精确定点。由于电缆铺设情况为沟道铺设，故障点信号扩散较大，故首次定点没有明确的故障点信号。
- (6) 为排除电缆泄漏较大的情况，我方技术人员提出反向测试，所有设备转移至终端进行测试（终端为电线杆，加长测试线长度为 8 米），同样测试过程，主机显示故障距离为 456 米，去除加长线长度，测试距离与始端测试结果吻合。
- (7) 重新测量绝缘电阻，绝缘电阻值变为 $12K\Omega$ ，这种情况在测试过程中经常可以遇到，我方测试人员得出如下结论：第一，故障点肯定已被高压击穿；第二，故障点现在肯定唯一；第三，故障点铠装外皮一定有问题，有可能已暴露；第四，在现阶段可以加大脉冲高压值，对故障点进行更大力度的施压，使故障点信号更为明显。
- (8) 加大脉冲高压至 9000V，对故障点进行击穿，测试人员在距离始端一定的 420 米的位置左右继续进行故障定点，此时仍旧没有明确信号。但是，磁场信号在某一点变化的十分明显。[返回目录](#)
- (9) 我方技术人员要求在 420 米处打开电缆沟盖板，打开后故障点信号非常明显。（此时测试人员发现，开始在地表没有接收到故障点信号完全是由于电缆沟比较深，而且电缆的铺设是由金属支架悬空铺设，这样介质的变化十分明显，故障点信号的衰减也会非常大）
- (10) 明确了原因，测试人员果断在 424 米处连掀 3 块盖板，将探头伸下进行测量，故障点精确测出，而且这样定点的结果无误差。

7、测试结论：

- (1) 故障点在找到后明确各处无任何伤害痕迹，而且故障电缆并未投入运行，故障原因为电缆本身质量问题。
- (2) 故障电缆的铺设方法对电缆故障精确定位的影响在这次测试中体现的非常明显，在本次测试中主机对故障点波形的给出十分精确，但是在定点过程中遇到了很大的麻

烦，这就需要测试人员有相当充分的现场经验。这一点在广大客户当中都是有深刻体会的。

- (3) 电缆故障点找到后用皮尺测量了故障距离，到测试始端确为 424 米。

三、陕西省咸阳市西北钢管厂

- 1、测试日期：2005. 7. 30
- 2、测试地点：陕西省咸阳市
- 3、测试项目：咸阳市西北钢管厂新厂区供电电缆 1 根，电压等级 10KV
- 4、测试人员：咸阳市西北钢管厂：李工，卓工等
上海舒佳电气有限公司：王工
- 5、测试设备：SD-2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

[返回目录](#)

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

7、测试及分析全过程：

- (1) 首先客户方详细提供了此根电缆的具体状况：此根电缆为钢管厂老厂区对新厂区的两根供电电缆中的一根，两根均为直埋电缆，电压等级均为 10KV，现在所有故障缆负载全部转至另一根缆上，此根故障电缆要尽快维修投运。故障缆长度约为 2000 米，中间有 3 个接头，是沿路边人行道平行铺设。根据客户反映的这些情况和技术人员现场观察，此故障精确定点环境十分复杂。（电缆铺设现场为交通主干道且人行道上的行人非常多）
- (2) 摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果为 C 相对地绝缘为零。这样首先确定 C 相为故障相，故障性质有待进一步确定。
- (3) 用指针式万用表测量 C 相对地绝缘，绝缘电阻为 10K Ω ，这时可确定 C 相为高阻故障，绝缘电阻适中。但是 C 相是否有断路情况有待用 WD-2000 主机进行测试进一步确定。

- (4) 用 SD-2000 电缆故障测试仪主机在始端（老厂区配电

室，将电缆三相拆下，同时将另一端与负载分离)) 用脉冲法进行测试 A—B、A—C、A—地、B—C、B—地、C—地，现实距离均为 1940 米，且确定 C 相不存在断路情况。

- (5) 使用高压闪络法测试 C 相故障点，首先用电流采样法测量（因为电流法相对简单、安全）测试故障点波形非常良好，故障距离为距始端 880 米；改用电压采样法再次测量（因为电压法测试波形明显，容易判读，误差较小），测试结果无良好波形。
- (6) 技术人员停止测试，检查各项指标，均无异常，询问客户负责人员，得知此根电缆并非是新电缆，而是一条运行了将近 10 年的电缆；这样，和我方技术人员的猜测一致：电压法在测试过程中是存在比较大衰减的，而电流法由于电流在一个回路中处处相等的原理，是不受电缆本身泄漏衰减影响的，所以出现了电流取样有波形而电压取样无波形的奇怪现象。
- (7) 为了证实测试距离的可靠性，我方技术人员提出反向测试的要求，但是在新厂区没有电源可给电缆仪主机供电，所以无法双端测试进行比较。
- (8) 在始端进行了大量的反复测试后，确定到 880 米处进行测试定点。此时又出现了比较奇怪的现象，在 1000 米处刚好有一电缆接头，在高压冲闪的过程中此点发出了极其明确的故障信号，由于与测试的结论严重不符，我方技术人员果断排除了此点。
- (9) 在主机提示的故障点位置环境相当恶劣，噪音非常大，反复测量均没有明显的故障信号，此时客户方提出晚间测试，我方提出在以经验在两处可疑地点进行各进行一次精确定位。（此两处明显低洼，而且我方技术人员发现客户方电缆铺设深度明显不够，只有 30—40 厘米深）
- (10) 此次定点得到了令人十分振奋的结果，我方技术人员在其中一处低洼处得到了极其微弱的故障信号，但是客户技术人员此时仍不能听到故障点信号，对方提出在此

[返回目录](#)

处前后 100 米扩大定点范围继续定点，我方同意，结果进行了 1 小时的复测没有得到任何结果。

- (11) 开挖故障点，有一水泥管此水泥管为路边店铺的一根下水管，此管已将故障电缆压弯，电缆已严重变形。

7、测试结论：

- (1) 故障点在找到后明确其故障原因为受外力长期压迫导致绝缘慢性损伤。
- (2) 故障电缆的铺设现场环境对电缆故障精确定位的影响在这次测试中体现的非常明显，在本次测试中主机对故障点波形的给出没有达到十分明确，在定点过程中又遇到了非常恶劣的环境，导致了此次测试耗时将近 7 个小时。
- (3) 本次测试又一次告诉大家在现场实测的过程中测试经验是十分重要的。这需要技术人员不断的总结和积累。

[返回目录](#)

四、甘肃省白银市供电局

- 1、测试日期：2005.9.12
- 2、测试地点：甘肃省白银市
- 3、测试项目：白银市郊区配电站备用电缆一根，电压等级 10KV
- 4、测试人员：甘肃省白银市配电站：王工、陈工等
上海舒佳电气有限公司：王工
- 5、测试设备：SD-2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

6、测试及分析全过程：

- (1) 观察此根电缆长度不长，大约 40 米，出配电室后连接电线杆上架空明线。摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果为各相之间及各相对地绝缘均为 0。
- (2) 用指针式万用表测量 A、B、C、地各相之间绝缘情况，绝缘电阻最高为 $1M\Omega$ ，最低为 40Ω ，这时可确定电缆为高阻故障，但是故障点是否唯一不能确定。（有可能是六点合一，也有可能是不同点）

- (3) 由于电缆本身长度较短，用脉冲法测试不能得到满意波形，考虑到其全部为高阻故障特征，故选择 B—C 绝缘电阻为 $20\text{K}\Omega$ 的两相进行高压闪络定点，过程进行的十分顺利，一点定出。
- (4) 使用高压闪络测试 A—C 相故障点，结果定点仪同时测出不同两点。
- (5) 使用高压闪络测试 A—B 相故障点，结果定点仪又测出一点。
- (6) 客户负责人员宣布停止测试，电缆报废。

7、测试结论：

- (1) 在故障电缆长度较短的情况下，我方技术人员没有使用主机而是对故障点进行了直接高压闪络定位，定点十分准确。[返回目录](#)
- (2) 在如此短的一段电缆上同时出现了如此多的故障点很是罕见，完全是由于此根备用缆没有得到合理的维护造成的。

五、江西省铅山市供电局

- 1、测试日期：2006. 7. 21
- 2、测试地点：江西省铅山市
- 3、测试项目：江西省铅山市变电站供电电缆 1 根，电压等级 10KV
- 4、测试人员：咸阳市西北钢管厂：秦工，黄工等
上海舒佳电气有限公司：王工、董工
- 5、测试设备：SD—2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

6、测试及分析全过程：

- (1) 观察此根电缆长度不长，大约 90 米，出变电站后连接电线杆上架空明线。摇表测试 A、B、C、地各相之间绝缘情况，测试结果为 B 相对地绝缘电阻为 0。铺设环境比较复杂，变电站后墙外杂草丛生，探头无法接触地面。
- (2) 用指针式万用表测量 B—地之间绝缘情况，测试结果为 B 相对地绝缘为 20Ω 。这样首先确定 B 相为故障相，故

障性质为高阻故障。但是故障点是否又足够的放电采样条件不能确定，B 相是否有断路情况也有待用 WD-2000 主机进行测试进一步确定。

- (3) 用 SD-2000 电缆故障测试仪主机在始端（变电站内，将电缆三相拆下，同时将另一端与负载分离）用脉冲法进行测试 A—B、A—C、A—地、B—C、B—地、C—地，测试距离均为 92 米，且确定 B 相不存在断路情况。
- (4) 使用高压闪络法测试 B 相故障点，首先用电流采样法测量出现大幅度锯齿波形，改用电压采样法测试，同样得到大幅度锯齿波形，说明故障点距离测试点很近。但不能判定具体范围。
- (5) 取下高压采样线，直接对故障点实施高压精确定点，在整个电缆范围上无故障信号。 [返回目录](#)
- (6) 取下所有高压装置，对 B—地再次进行绝缘复测，结果绝缘电阻变为 $900\ \Omega$ 。此时我方测试人员终于得到了第一个可靠的结论，此故障点为受潮引起的高阻故障，定点范围确定为两处，一处为电线杆下到地面的拐弯处，另一处为变电站后墙根。（此两处根据但是电缆的铺设环境是最可能聚集潮气的，一处弯度较大，一处地势最低。）
- (7) 重新实施高压定点，结果在墙根处发现故障点信号，而且十分明显。
- (8) 开挖并破开电缆，此处 B 相在绝缘层内已有大量积水。

7、测试结论：

- (1) 故障点受潮是常见的一种故障类型，在我国南方地区常见，值得广大南方客户提起注意。
- (2) 受潮故障点在实施高压闪络后绝缘电阻会在短时间内迅速升高，这时一个十分明显的信号，希望广大用户提起注意。

六、陕西省华阴县农电局

1、测试日期：2006. 5. 10

2、测试地点：陕西省华阴县

3、测试项目：陕西省华阴县农电局地埋线一根，电压等级 380V

4、测试人员：陕西省华阴县农电局：周工，张工等

上海舒佳电气有限公司：王工

5、测试设备：SD—2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

6、测试及分析全过程：

- (1) 农村地埋线长度都不会很长，一般在 50 米到 100 米之间，中间由配电柜分接，找到故障线缆，从配电柜拆分出来故障线缆，此时，由于农村地埋线的铺设方法及故障形式限制，用摇表或万用表测试绝缘都是没有效果的。
- (2) 用 SD—2000 电缆故障测试仪主机在任意端用脉冲法测试 A—地、B—地、C—地，结果：A、C 相测试结果约为 50 米，B 相测试结果约为 30 米。确定 B 相为故障相。
- (3) 在另一端短路 A、B 两相，再用脉冲法测试 A—B 相，（注意：此时电缆仪主机采样线红线必须夹在 A 相上）测试结果约为 60 米。此时确定 B 故障相的故障点位置就是在距离测试点 30 米左右。而且为断路故障。[返回目录](#)
- (4) 使用高压闪络法对 B 相故障点进行定点，此时接线比较特殊，在说明书中没有提及，B 相接地，在 A 相上施加高压，这样，高压信号会通过短路线绕回断路点，在与大地在断路点处进行一次放电。
- (5) 用定点仪在 30 米左右处进行精确定点，由于农村地埋线埋设时都比较浅，所以故障点信号十分明显，定点比较容易完成。
- (6) 开挖，此处 B 相已断。。

7、测试结论：

- (1) 农村地埋线由于铺设方法简单，使用线缆质地较差，所以故障发生比较频繁，而且由于它本身铺设的局限性，在测试时需要相当的技巧，而在掌握了大量的现场测试

经验后，这种测试是比较简单快捷的。

- (2) 测试农村地埋线时一定要注意根据现场不同的情况采取灵活的测试方式。

七、云南省昆明巨力电缆厂

- 1、测试日期：2008. 3. 10
- 2、测试地点：云南省昆明市
- 3、测试项目：巨力电缆厂出厂低压五芯控制电缆一根，电压等级 750V
- 4、测试人员：巨力电缆厂：邵工，张工等
上海舒佳电气有限公司：王工
- 5、测试设备：SD-2000 电缆故障测试仪（主机、定点仪共 8 件套）

3KVA-AC50KV-DC70KV 交直流试验变压器一套

- 6、测试及分析全过程：

[返回目录](#)

- (1) 首先，测试试品为一根新近出厂的低压电缆，长度很长。
线号标记长度为 6880 米
- (2) 首先确定故障相：抽出电缆两端，使用万用表分别测量各项，结果显示，黄相为故障相，故障性质为断路。
- (3) 使用 SD-2000 电缆故障测试仪主机测试全长：

设 A 为始端 B 为终端	A-B 测试	B-A 测试
红-蓝	6458.7 米	6458.7 米
红-黑	6458.7 米	6477.3 米
红-绿	6440.0 米	6421.3 米
蓝-黑	6440.0 米	6458.7 米
蓝-绿	6440.0 米	6477.3 米
黑-绿	6458.7 米	6570.7 米

- (4) 使用 SD-2000 主机测试电缆故障相：

设 A 为始端 B 为终端	A-B 测试	B-A 测试
黄-红	5562.7 米	896.0 米
黄-绿	5562.7 米	896.0 米
黄-蓝	5581.3 米	896.0 米
黄-黑	5562.7 米	896.0 米

(5) 一次误差校对：电缆测试全长测试平均值：6458.7 米

(6) 二次误差校对：896.0+5562.7=6458.7（米）

误差：0 米

误差系数：0.00%

(7) 三次误差校对：896.0/6458.7=x/6880.0

X=954.45（米）

(9) 线号机上打开电缆，查找故障点：

实际故障点 950.8 米

误差：3.65 米

误差系数：0.049%

7、测试结论：

[返回目录](#)

(1) 由于新近出厂的电缆长度较长，所以需要测试人员要有耐心，并且要细心测试，。

(2) 由于被测电缆为低压控制缆，其电波的传输速率与仪器设置有一定误差，并且电缆长度较长，所以要求测试人员要精心校对误差。

(3) 测试结果误差系数为 0.049%，远远低于说明书上规定误差系数，说明测试仪器的测试方法是比较先进的，精度是很高的，人员的精心操作能充分发挥仪器的潜能。

以上，我们着重以实测案例的方式介绍了故障测试的过程，这里涵盖了电缆的高阻故障，短路故障，断路故障，地埋线故障，同时兼顾了不同长度电缆故障测试过程，只要读者理解了电缆故障的测试原理，领会了电缆故障测试的精髓所在，测试电缆故障就不是什么较难掌握的技术。

电缆故障测试报告(KEVI 专用)

测试日期				测试地点			
客户单位							
测试项目							
测试人员							
测试设备							
测试过程	测试项目				测试结果		
	摇表或兆欧表测试所有相间相地绝缘电阻值				A-B	Ω	
					A-C	Ω	
					B-C	Ω	
					A-地	Ω	
					B-地	Ω	
					C-地	Ω	
	结论:						
	1、脉冲法测试开路距离并校对全长; 2、检查是否有断路故障;				A-B	m	
					A-C	m	
					B-C	m	
					A-地	m	
					B-地	m	
					C-地	m	
	结论:						
	1、短路终端测试短路距离并校对全长; 2、检查是否有短路故障;				A-B	m	
					A-C	m	
					B-C	m	
					A-地	m	
					B-地	m	
					C-地	m	
	结论:						
	如确定高阻故障, 万用表测试故障相绝缘电阻				Ω		
连接闪络法高压电路测试故障距离				m			
过程记录		1、电压等级: 2、球隙距离: 3、是否加大电容容量:					
精 确 定 点							
测试结论							

上海舒佳电气有限公司

地址:上海龙吴路 1500 号(交大科技园)

电话:021-54358329 15601723658

传真:021-54011882 转 8002

<http://www.s5117.com>

E-mail:h5117@163.cnm