得亚电力

专业电力测试设备生产商

DYDL-6C

电缆故障测试仪

产品使用说明书

Product instructions

缔造完美品质　　服务更上一层

中国·武汉得亚电力科技有限公司

China,Wuhan Deya Power Technology Co. Ltd.

尊敬的顾客

感谢您使用本公司生产的产品。在初次使用该仪器前，请您详细地阅读使用说明书，将可帮助您正确使用该仪器。

我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的仪器可能与使用说明书有少许差别。若有改动，我们不一定能通知到您，敬请谅解！如有疑问，请与公司售后服务部联络，我们定会满足您的要求。

由于输入输出端子、测试柱等均有可能带电压，您在插拔测试线、电源插座时，会产生电火花，小心电击，避免触电危险，注意人身安全！

◆ 慎重保证

本公司生产的产品，在发货之日起三个月内，如产品出现缺陷，实行包换。一年（包括一年）内如产品出现缺陷，实行免费维修。一年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

◆ 安全要求

请阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止本产品或与其相连接的任何其它产品受到损坏。为了避免可能发生的危险，本产品只可在规定的范围内使用。

只有合格的技术人员才可执行维修。

—防止火灾或人身伤害

使用适当的电源线。只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

正确地连接和断开。当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

产品接地。本产品除通过电源线接地导线接地外，产品外壳的接地柱必须接地。为了防止电击，接地导体必须与地面相连。在与本产品输入或输出终端连接前，应确保本产品已正确接地。

注意所有终端的额定值。为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。在对本产品进行连接之前，请阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

请勿在无仪器盖板时操作。如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。

使用适当的保险丝。只可使用符合本产品规定类型和额定值的保险丝。

避免接触裸露电路和带电金属。产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。

在有可疑的故障时，请勿操作。如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员进行检查，切勿继续操作。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易爆环境中操作。

保持产品表面清洁和干燥。

一安全术语

警告：警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

小心：小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。

目录

实验之前安全注意事项 ..... - 5 -

第一部分 概述 ..... - 6 -

一、产品简介 ..... - 6 -

二、执行标准 ..... - 7 -

三、仪器特征 ..... - 8 -

四、技术参数 ..... - 9 -

第二部分 电缆故障测试仪（闪测仪） ..... - 11 -

第一章 产品介绍 ..... - 12 -

第二章 操作界面说明 ..... - 18 -

第三章 仪器操作方法 ..... - 21 -

第四章 波形分析 ..... - 31 -

第三部分 路径仪、定点仪 ..... - 42 -

第一章 产品介绍 ..... - 43 -

第二章 操作原理介绍 ..... - 47 -

第三章 操作步骤说明 ..... - 51 -

第四部分 附件 ..... - 59 -

附件清单 ..... - 60 -

实验之前安全注意事项

1.升压之前，一定要确认接地良好，并将放电棒接好，一旦高压发生器经过上电过程，在碰触高压发生器之前一定要将电容放电，确认脉冲电容放电完毕后方可操作，否则十分危险！

2.高压闪络测试时，高压试验设备应由专业人员操作，仪器接线、调整时应断电并彻底放电。

3.高压试验设备电源与测试仪工作电源分开使用，测试仪连线应远离高压线。冲闪法时，测试主机应断掉外接电源。

4.高压尾、操作箱接地端必须可靠与电缆铠装及大地相连，以确保测试成功及设备、人身安全。

5.测试前，应先对故障电缆加压放电，确保各连接线点无放电现象，所加电压已使故障点发生闪络放电，然后开始用仪器测试。

6.在有易燃物品的环境中利用高压测试时，应有保护措施。

第一部分 概述

一、产品简介

电缆故障测试仪是我公司根据用户要求，从现场使用考虑，

精心设计和制造的全新一代便携式电缆故障测试仪器。它秉承我们一贯高科技、高精度、高质量的宗旨，将电缆测试水平提高到一个新境界。

整套电缆故障测试仪由闪测、寻迹、定位三大部分组成。

电缆故障测试仪（闪测仪）可用于检测各种电缆的低阻、高阻、短路、开路、泄漏性故障以及闪络性故障，可准确的检测地下电缆的故障点位置、电缆长度和电缆的埋设路径。具有测试准确、智能化程度高、适应面广、性能稳定以及轻巧便携等特点。仪器采用汉字系统，高清晰度显示，界面友好。

电缆寻迹及故障定点是由路径仪、定点仪、T 型探头、A 字架、听筒等组成。本仪器是电缆故障定位测试的专用仪表，适用测试对象为具有金属导体（线对、护层、屏蔽层）的各种电缆。其主要功能为对地绝缘不良点的定位测试，线缆路径的探测以及线缆埋深的测试。

二、执行标准

序号	标准名称
1	DL/T849.1-2004　电力设备专用测试仪器通用技术条件/闪测仪
2	DL/T849.2-2004　电力设备专用测试仪器通用技术条件/定点仪
3	DL/T849.3-2004　电力设备专用测试仪器通用技术条件/路径仪

三、仪器特征

1.电缆故障测试仪（闪测仪）

（1）**使用范围广：**用于测量各种不同截面、不同介质的各种电力电缆、高频同轴电缆，市话电缆及两根以上均匀铺设的地埋电线等电缆高低阻、短路、开路、断线以及高阻泄漏和高阻闪络性故障。亦可用于测量电缆长度以及测量电波在电缆中的传播速度。

（2）**携带方便：**主机采用锂电池供电、轻巧、便于携带、方便野外测试和矿井电缆测试。

（3）**人机界面友好：**采用了大屏幕 320×240 点阵汉字图形界面，高亮度图形清晰美观，操作简单，抗干扰性强。

（4）**安全可靠：**采用新型电流取样器，一种全新的取样方法，具有接线简单，波形直观容易分析，与高压完全隔离，对主机、操作人员非常安全的特点。

（5）**高品质：**关键部件全部采用进口元件，保证测试结果精准度。

（6）**外观精美：**采用坚固且耐磨性强的材料，使仪器的整体质感和使用寿命更长。

2.路径仪、定点仪

（1）**接收灵敏度高：**采用特殊制作工艺，传输距离增加，仪器仍能清晰接收信号。

（2）**静态漂移低：**核心元器件采用进口元件，性能可靠。

（3）定位精度高：采用石英晶体振荡器，高速信号处理芯片进行信号采样与处理，保证定位精度准确、可靠。

（4）抗干扰能力强：在严重干扰条件下，仪器仍能保证良好性能，工作稳定。

（5）携带方便：内置可充电电池供电，适用于各种场合。

四、技术参数

1.电缆故障测试仪（闪测仪）

（1）环境温度：－10℃～40℃

（2）测量误差：粗测误差±1%

（3）测试距离：最长不小于 16km

（4）最短测试距离（盲区）：1～3m

（5）采样速率：25MHz

（6）电源与功耗：交流或机内直流供电

AC 220V±10%，功耗不大于 10W

DC 6V/7AH，功耗不大于 6W

（7）机内发送脉冲宽度与幅度：0.2μs　100～120V

2μs　150～160V

（8）工作方式：低压脉冲、直流高压闪测及冲击高压闪测法

（9）显示分辨率：V/50 米、V 为传播速度 m/μs

（10）显示方式：320×240 LCD 液晶带背光显示

（11）质 量：6kg

（12）体 积：500×300×195mm^3

2.路径仪、定点仪

（1）寻迹定位距离：市话电缆为 3km，其它线缆可达 20km

（2）定位阻抗范围：0～5MΩ

（3）定位精度：<±10cm

（4）埋深探测：<3m

（5）体 积：路径仪、定点仪：470×290×255mm^3

附件箱：630×300×130mm^3

（6）质 量：路径仪、定点仪：9kg

附件箱：8kg

第二部分 电缆故障测试仪（闪测仪）

第一章 产品介绍

1、测试原理图

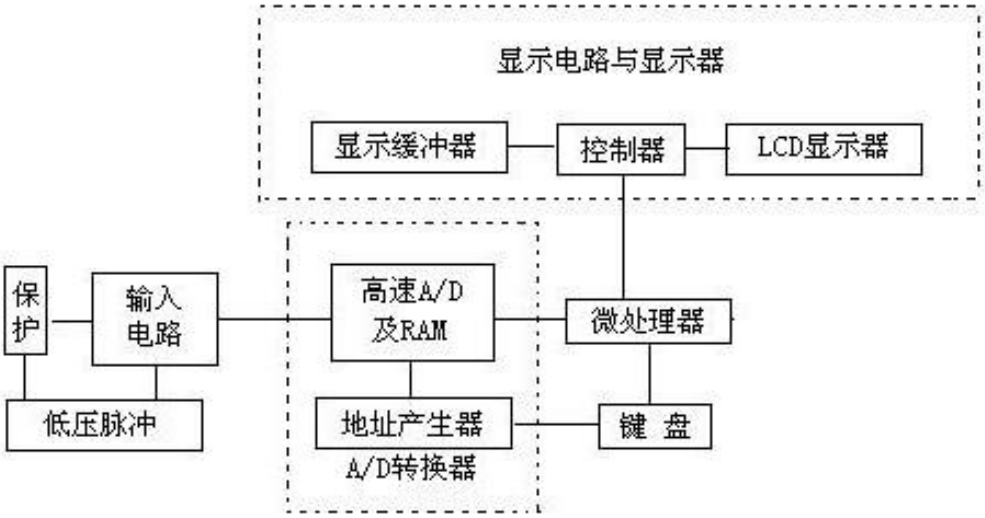


图 1 测试原理图

2、闪测仪面板布局

图 2 面板布局图

1.欠压指示　2.充电指示　3.0.2μs/2μs 脉宽指示

4.信号输入　5.电源插座　6.电源开关

7.增益调节　8.操作键盘　9.背光调节

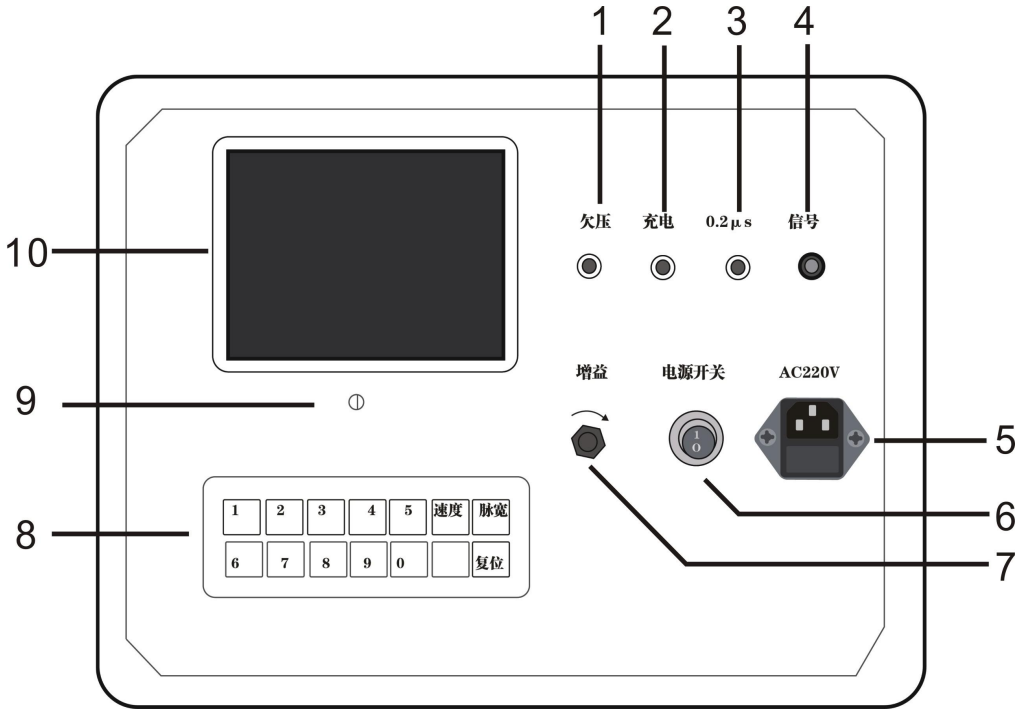
10.液晶屏

说明：

1、欠压指示：当仪器内部电池电压过低时，欠压指示灯亮，此时仪器需要充电。

2、充电指示：插上交流 220V 后，充电指示灯亮，表示此时仪器正在充电。指示灯熄灭，表示电量已充满。

3、脉宽指示：按下“脉宽”键，面板上 0.2μs 绿灯亮起，



表示选择脉宽为 0.2μs，再次按下“脉宽”键，面板 0.2μs 绿灯熄灭，表示选择脉宽为 2μs。

4、信号输入：用于采样盒信号输入。

5、电源插座：本仪器使用 50Hz、220V 交流电源供电，在充电和测试路径时使用，插入电源即仪器处于充电状态。电池充满电后，仪器自动保护。

6、电源开关：开关置于“开”时，仪器开机，反之为关。

7、增益调节：用于调节输入、输出脉冲幅度大小，使用时应根据屏幕显示波形进行调节。调节过小时，脉冲反射很小，甚至无法采样，如图 3。调节过大时，反射脉冲相连与基线无交点甚至基线会变成斜线，如图 4。一般采样前，增益调节旋钮旋转 1/3 左右，然后根据波形大小再进行调节，重新采样。

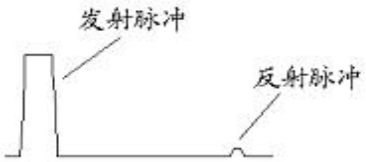


图 3 调节过小波形图

图 4 调节过大波形图

8、操作键盘：采用轻触按键，用于对仪器进行对应各项操作，详细内容见“键盘功能说明”。

9、背光调节：显示屏对比度偏暗或偏亮时，调节此处电位器，将对比度调至合适状态。

10、显示屏：用于仪器界面显示。

3、液晶显示说明

本仪器采用 320×240 高分辨率灰色背光液晶显示屏 LCD，

即使在强烈日光下也能清晰显示。参数设置及试验结果均显示在 LCD 屏上，全汉字操作界面，图形清晰，美观，易于操作。

4、键盘功能说明

仪器操作键盘采用 14 个轻触按键作为控制功能键，其中有 11 个是双功能键，键盘排列如图 5 所示。

图 5　按键面板图

各键功能如下：

0-9 数字键：上电复位时，数字键可以键入年、月、日，在测试状态（非菜单状态，下同），测故障、测全长，当屏幕左上角显示“键入速度 000”时，用数字键可以键入已知速度值；在脉冲速度状态，用数字键可以键入已知电缆长度。总之，当屏幕提示需键入数据时，0-9 键就为数字键，否则就为其它功能键。

采样键：在测试状态，按采样键后，仪器处于等待状态。当低压脉冲信号或高压闪络脉冲信号到来并触发控制电路之后，仪器开始工作，记录脉冲反射信号并处理显示，在重新按动采样键后，本次采样波形将取代上次存储波形。

故障测试时，应先重新调整输入振幅大小后再按采样键。重复几次操作，直到显示波形标准为止。

1/2 上下波形选择键：仪器内部有两个波形存储区，用此键可随意选择其中之一为主进行操作（包括采样、扩展）。仪器上电复位后，自动默认对存储区 1（1 波形）进行操作（双屏显示时屏幕下半部显示存储区 1 波形，波形前有“1”或“2”）。当按动此键后，将对存储区 2（波形 2）进行操作，再按此键又变为对存储区 1 波形操作，依次类推。

起点键：在测试状态屏幕有波形显示时，当光标移动到测试波形定标起点时，按起点键确认波形计算起点。然后移动光标到波形终点，显示测试数据。当光标前后移动时，显示数据随之变化。

如果需要重新确定起点光标，可以用扩展键将波形压缩或扩展，然后移动光标到波形起点，按起点确认，移动光标，屏幕重新显示测试数据。

光标移动键：“↑”“↓”：按此两键竖形光标将下面的波形向上或向下移动，用于波形的重合和分离。“←”“→”光标左右移动键：按此二键光标将向左、向右移动。

速度键：“↵”：回车与速度键为同一键。当用数字键键入了速度值与电缆长度值时，必须按“↵”（回车）键对数据确认，否则仪器处于等待状态无法工作（不采样）。在测试状态，测故障、测全长时，此键用于选择存入仪器中的四种常用传输速度值。当连续按此键，屏幕右上角提示变为键入速度 000 值时，利用数字键可以键入被测试电缆的传输值，键入完毕后按回车确

认。

脉宽键：（0.2/2）：按下“脉宽”键，面板上 0.2μs 绿灯亮起，表示选择脉宽为 0.2μs，再次按下此键，面板 0.2μs 绿灯熄灭，表示选择选择脉宽为 2μs。

扩展键：在非键入数状态，此键为扩展显示波形功能键。按此键将显示波形横向扩展 13 倍。每按一次，波形扩展 1 倍，当显示屏右上角显示 01 时，波形已扩展 13 倍。再按此键又恢复波形压缩状态。

⊟ 单双波形显示选择键：按此键可以使屏幕由双波形显示转为单波形显（双波形显示时，显示屏上半部显示 2 波形，下半部显示 1 波形），并随意转换，本仪器上电（复位）后，默认为上下双波形显示、并对存储区 1（1 波形）进行操作形式，按此键一次将变为全屏幕单波形显示方式。

该仪器有两个存储区，上电（复位）后，默认存储区 1 存储数据，当选择对存储区 2（波形 2）进行操作时，会在第二波形显示区（屏幕上半部）出现前次采样波形，属于正常现象，重按采样键，本次采样波形将取代上次存储波形。

快/慢键：按一下，波形下方出现 1 时，“↑”“↓”键为快动键，按动一次光标移动 8 个点阵单位；当波形下方出现 2 时，“↑”“↓”键为慢动键，按动一次光标移动 1 个点阵单位。

复位键：为系统硬复位键，仪器无论在任何状态，按此键将返回到主菜单。

第二章 操作界面说明

1、开机

开机后显示界面如图 6 所示。

图 6 开机界面

2、工作选择

当依次键入年月日或者直接按“速度”键，进入第二画面，按“复位”键直接进入工作选择菜单如图 7。

图 7 “工作选择”菜单

3、脉冲

进入工作选择菜单后，如图 7 所示，4 种工作选择操作，根据实际测试需要进行按键选择，这里以选择 1 脉冲法为例，按下“1”键，进入脉冲选择界面如图 8。

图 8 “脉冲”菜单

4、测试显示主界面

主界面分三个区，上方为计算参数与结果区，如图 9 所示。中间为波形显示（采样前为接线图）区，根据需要可显示一条或两条波形。同时显示竖线光标和时间刻度。

下方为状态和日期显示区，状态显示分别为脉冲直闪、冲闪 1、冲闪 2，在脉冲测全长和测故障时则提示要选择速度，测速度时则提示键入全长值，冲闪测量状态时只提示速度选择。

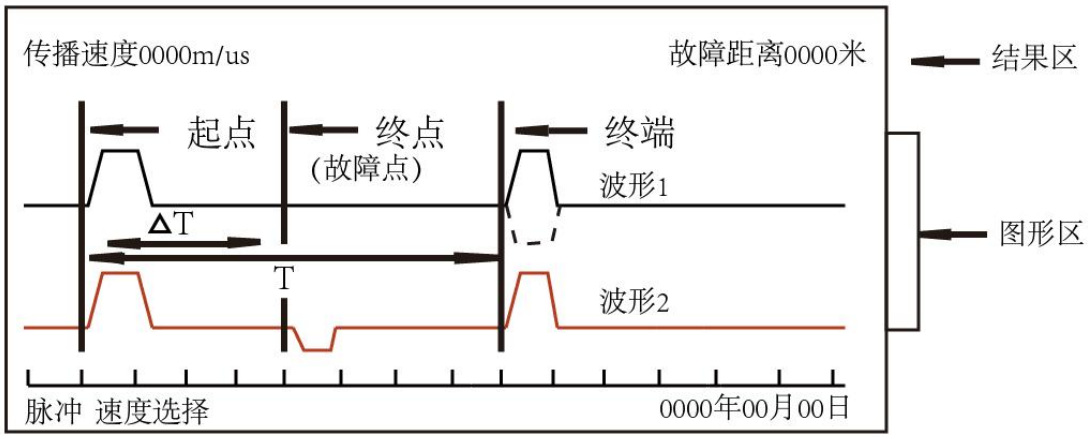


图 9 接线图/波形显示区

通过上面各部分及按键功能介绍，基本上就可掌握测试仪使用方法。

第三章 仪器操作方法

1、电缆故障测试步骤

（1）在测定电缆故障之间，测试人员除掌握本机性能与操作方法之外，必须首先确定电缆故障的性质，以便采用适当的工作方法与测试方法。首先用兆欧表或万用表在电缆一端测量各相对地及相之间的绝缘电阻，根据阻值高低确定是低阻短路或断线开路，或者是高阻闪络性故障。

（2）当阻值低于 100 欧姆为低阻故障，0～几十欧为短路故障，阻值极高到无限大为开路或断线故障。是否断线，还可以将电缆终端相连万能用表在始端测量被短路接两相的阻值加以确认。此类故障可用低脉冲法直接测定。

（3）当阻值很高（数百兆和千兆）且在做高压试验时有瞬间放电现象，此类故障一般称为闪络性故障，可采用直流高压闪测法确定。

（4）高阻故障阻值高于低阻故障，可在做高压实验时用直流高压闪测法确定。

（5）按一定方式粗略测试之后再进行确定点，必要时需找电缆路径，丈量电缆长度或距离。

2、低压脉冲测试法

低压脉冲测试法具有操作简单、波形易于识别、准确度高等特点。对于短路、低阻、断线故障用此法测试，可直接确定故障距离。即使无此类故障，一般高压闪络测试前，也可以低压脉冲法测电缆全长或速度，与闪络测试波形比较，通常会利于波形分析，达到快速确定故障点目的。

2.1 低压脉冲测试基本原理

测量电缆故障时，电缆可视为一条均匀分布的传输线，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△T,则可按已知的传输速度 V 来计算出故障的距离 Lx，Lx=V・△T/2，如图 10 所示。

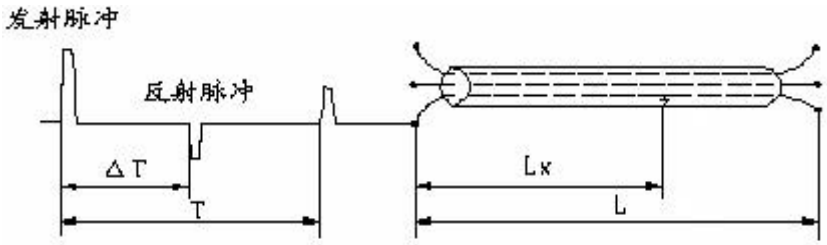


图 10 测试原理图

测全长则可利用终端反射脉冲：L=V・T/2

同样已知全长可测出传输速度：V=2L/T

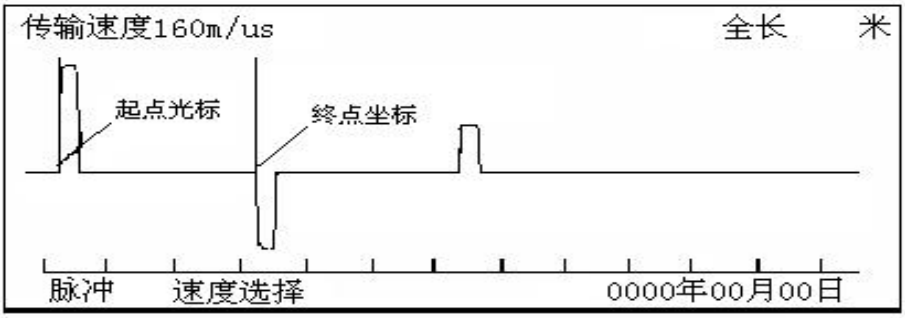
2.2 低压脉冲测试法测全长

测全长操作步骤如下：开机（上电复位）→复位（主菜单）→键 1（工作选择菜单）→键 1（脉冲菜单）→键 1（测全长），然后根据屏幕显示接线图接线，如图 11 所示。

图 11 低压脉冲测试接线图

使用脉冲法测试时，按图 11 连接后，根据所测电缆类型，选择合适传输速度和脉宽，调节“增益”旋钮 1/3 位置，按采样键即可。

根据显示波形大小，调节“增益”旋钮，重新采样。当 0.2μs 脉宽输入振幅最大还无反射波时，选用 2μs 脉冲测试。为了便于比较可分别接故障相与另一好相做两次采样，如前图 9 所示。按“↑”“↓”键可选单波形或双波形显示，用“1/2”键改变操作区，选择当前波形 1 或 2。完成采样后，移动光标定起点，再移动光标到波形反射点，此时屏幕所显示的长度就是电缆全长值。对于短电缆最好将终端短路测全长，终端反射改为负脉冲，定光



标时，对终端开路电缆以发射正脉冲上升沿与基线交点为准定光标起点，以反射正脉冲上升沿与基线交点定光标终点。

2.3 低压脉冲测试法测速度

测电波在电缆中传输速度时，必须知道电缆全长。操作方法如下：开机（上电复位）→复位（主菜单）→键 1（工作选择菜单）→键 1（脉冲菜单）→键 3（测速度），然后按图 11 接线，键入全长值并回车。采样波形、定光标方法与测全长时相同，当分别定光标起点、终点后，屏幕左上角将显示测试速度值。

2.4 低压脉冲测试法测故障

脉冲法测故障与测全长的测试原理相同，操作方法也基本相同。当脉冲菜单出现时，可选键 1（测全长），也可选键 2（测故障）。接线方法与图 11 相同，电缆连接与被测电缆故障全长相同，其它操作方法也与测全长相同。如果是短路、低阻故障，测试波形如图 12 所示。

图 12 低压脉冲短路、低阻故障波形

定光标时，发射正脉冲上升沿与基线交点定为起点，反射负脉冲下降沿与基线交点出定为终点。如果是断线故障，测试波形，定光标方法与测全长时相同。

3、冲击高压闪测法（冲闪法）

3.1 冲闪法基本原理

冲闪法适用于测试高阻泄漏性故障，对其他类型高低阻故障也可用冲闪法测试。测试方法是通过球间隙给电缆施加冲击电压，使故障点击穿放电，而产生反射电压（或者电流），由仪器记录这一瞬间状态的过程，通过波形分析来测定故障点的位置。它是测高阻及闪络性故障的主要方法。同样取样方式也分电压取样和电流取样，当然细分还可分为高端和低端电压取样，电感与电阻取样，始端与终端取样等。由于低端电流取样接线简便、可靠安全、波形易于识别，所以电流取样法非常具有实用价值。

3.2 电流取样冲闪法

冲闪法操作方法如下：开机（上电复位）→复位（主菜单）→键 1（工作选择菜单）→键 3（冲闪 1）. 根据工作选择菜单提示，冲闪分为：冲闪 1 和冲闪 2 两种方式。其中冲闪 1 是正脉冲触发方式（如电流取样），冲闪 2 是负脉冲触发方式（如高端电压取样）。按推荐选用电流取样方式，所以按键 3 进入冲闪 1 工作模式。

进入冲闪后，按屏幕提示接线图连接接线和取样器如图 13 所示。

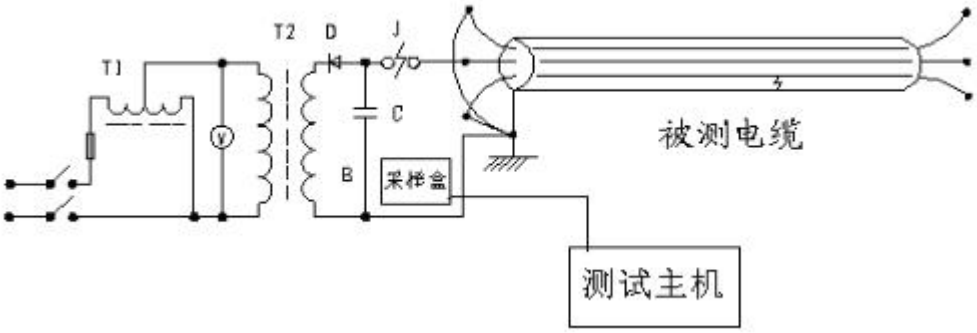


图 13 冲闪法电流取样接线图

图 13 示意说明：T1.3kVA/0.22kV 调压器

T2.3kVA/50kV 交直流高压变压器

D.高压整流硅堆，大于 150kV/0.2A

C.高压脉冲电容，容量 1～8μF，耐压大于 10kV

V.电压表

B.电流采样盒（配套附件）

J.高压球隙（选配附件）

以上设备除电流取样器 B 之外，其余为外配设备，可用图 13 分体高压试验设备，也可用一体化高压电源（注意必须将高压放电棒与高压地线连接好方可试验）。

根据接线图连接完毕后，再按“速度”键选择传输速度或重新键入速度值。将增益调节旋钮旋至 1/3 左右，然后按“采样”键，仪器进入等待采样状态。

调整球隙和“增益”旋钮后，然后通电对故障电缆升压。电

压升到一定值，故障点发生闪络放电，仪器记录下波形，根据波形大小可重新调整输入振幅，重复采样，冲闪测试波形如图 14 所示：

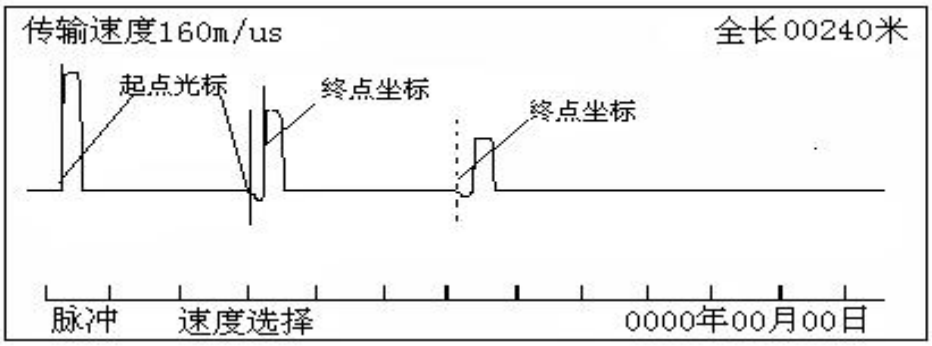


图 14 冲闪法电流取样测试波形

波形特点分析如下：第一个小正脉冲为球间隙击穿而故障点没有放电时电容器对电缆放电的电流脉冲（输入幅度小或者仪器的灵敏度低时第一个小脉冲可能不出现）第二个大的正脉冲为故障点击穿之后形成的短路电流脉冲，其次为由该放电电流脉冲形成的一次、二次等多次反射电流脉冲，由于衰减而幅度逐渐减小。由于故障特性的差异和电容电压与引线电感的存在而在反射正脉冲的前沿出现负反冲，计算故障距离时起点为第一个放电正脉冲的前沿，终点为第一次反射正脉冲之前的负脉冲前沿。（发射脉冲为正脉冲，反射脉冲也为正脉冲但前沿有负反冲。因故障性质等原因，负反冲大小有差别，但远小于正脉冲的幅值）

定光标时，起点光标选择在正脉冲上升沿与基线交点处，终

点光标选择在负反冲下降沿与基线交点处。如无负脉冲出现，就将终点光标定在反射脉冲的上升沿与基线的交点处，故障显示距离因此将增大 10%左右。定点时，应将粗测距离压缩后确定参考点位置。

3.3 高压闪络测试波形

（1）故障在测试始端的波形如图 15 所示。

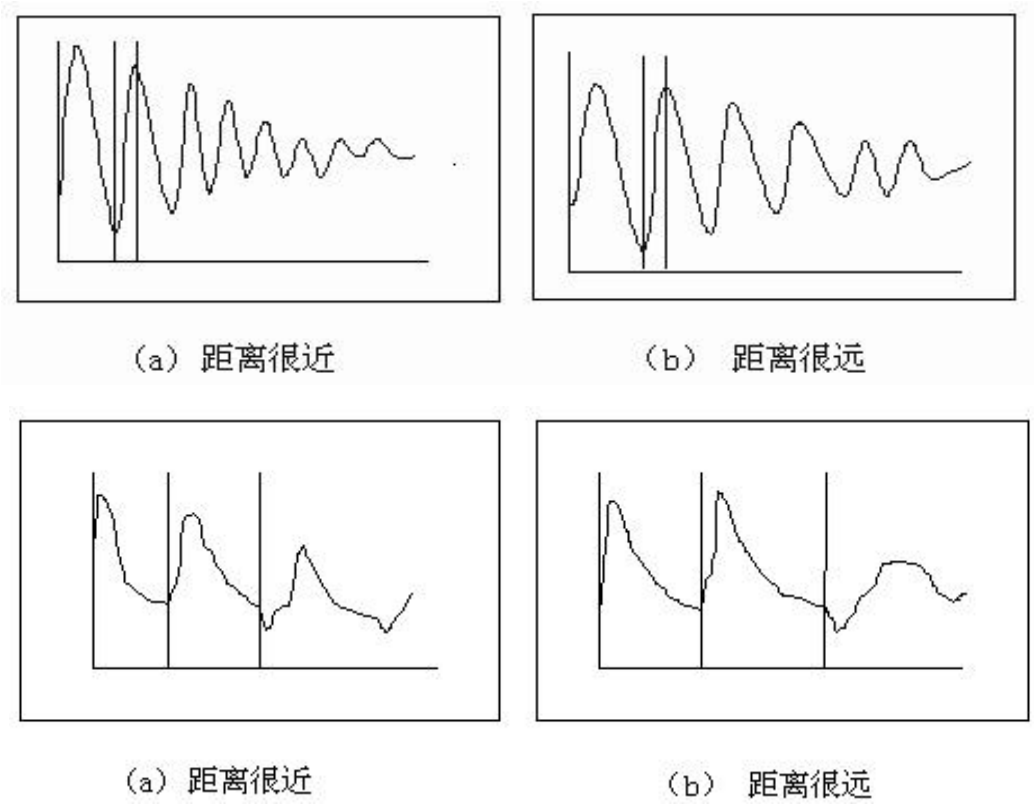
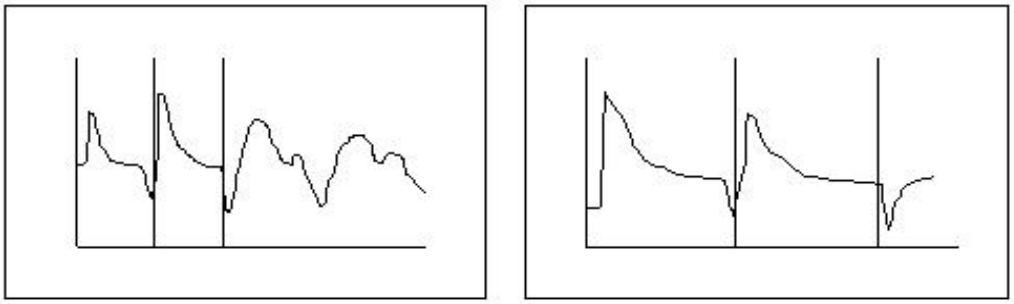


图 15 故障在测试始端波形

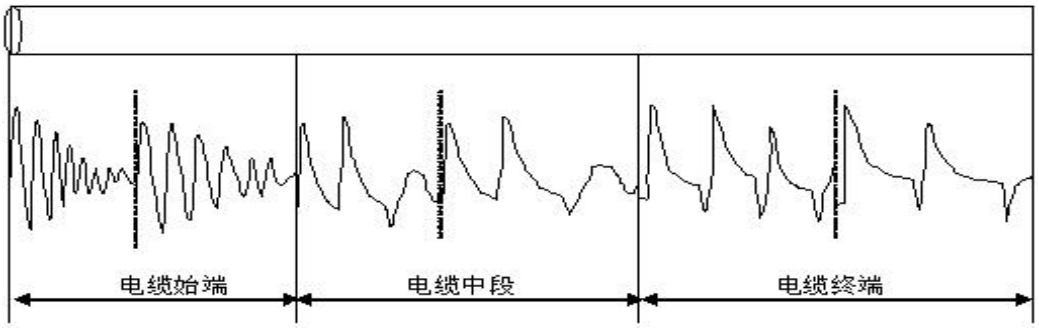
（2）故障在中间段的波形如图 16 所示。

图 16 故障在测试中间段波形

（3）故障在测试终端的波形如图 17 所示。



（a）距离较短时　　（b） 距离较长时



障在测试终端波形

3.4 闪络法测试波形的变化规律

图 18 是根据闪络测试法的波形而绘制的变化规律图，只要仔细观查分析就可看出它们中的变化规律，希望使用者一定要掌握标准波形以及它们在不同区间的变化规律。

图 18 闪络法测试波形的变化规律图

4、高压闪络测试注意事项

高压闪络测试时电压高达数万伏，因此操作中必须按高压操作规程进行，还要特别注意以下几项：

（1）高压闪络测试时，高压试验设备应由专业人员操作，仪器接线，测试中在改变接线、调整球隙间距时务必断电，并对电容器和电缆充分放电，再与地线搭接。

（2）测试前，应先对故障电缆加压放电，确保各连接线点无放电现象，所加电压已使故障点发生闪络放电，然后开始投入仪器测试。

（3）正确接地，即将高压变压器（T2）高压尾、操作箱（T1）地线、电流取样器平行放置于电容地和电缆铠装（地线）连线旁边。所有连接点不能出现打火现象，以确保测试成功及设备、人身安全。

（4）测试中闪测仪避免使用交流电源。

（5）高压闪络法测试完毕后，必须反复对电容器及电缆放电，方可用低压脉冲法重新对电缆进行测试操作。

第四章 波形分析

1、根据波形分析测试数据

波形测出后，如果想对测试波形进行进一步分析计算，可以根据波形上显示点数计算出任两点间代表距离，基中标尺每格代表时间为测试仪自动计算给定。

计算距离的方法如下：

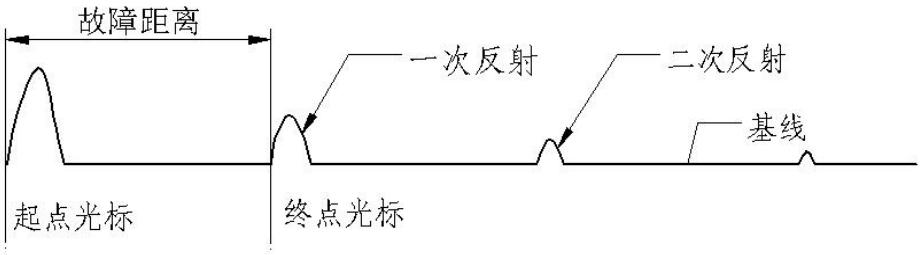
两点间距离＝两点间实际格数×时间/格×速度÷2（米）

具体步骤如下：

（1）计算每点代表距离：每点代表距离计算公式为：S＝V／2f，其中 V 为电波传输速度（根据电缆类型自定），f 为采样频率，默认选 25MHz。例如，油浸纸电缆 V＝160m／μs，当 f=25MHz 时，每点代表距离 S＝160/2×25＝3.2（米）。

（2）计算两点间总点数：波形上显示出每大格多少个测试点，根据两点间的格数，就可计算出两点间总点数。例如测试波形显示“每格 5 点”，所计算的两点间为 4.3 大格，则两点产间总点数为 4.3×5＝21.5 点（小数点为不满一格比例长度）。

（3）计算距离：分别计算出每点代表距离及总点数后，就可以计算出两点间距离来。例如：前面已经计算出每点代表距离为 3.2 米，总点数为 21.5 点，则计算距离为 3.2×21.5＝60.8（米）。



针对疑难故障，测试完毕后，可拍照测试波形，仔细分析波形特点，对找出故障点，提高测试效率会起到事半功倍作用。

2、测试波形分析与定标

电缆故障探测时，首先必须熟练掌握设备操作方法；其次，必须能对各种测试波形进行分析，准确确定光标起点、终点。下面就对各种测试波形特点及定标方法做简要介绍。

2.1 低压脉冲法测试开路故障（测全长、测速度）波形

低压脉冲法测开路断线故障，或者用电缆好相测全长、测速度（相线开路）时，测试波形如图 19 所示。

图 19 低压脉冲测全长波形

波形特点：发射脉冲与一次反射，二次反射等各反射波形都为正脉冲波形。

定光标方法：光标起点定在发射脉冲上升沿与基线交点处，光标终点定在一次反射脉冲上升沿与基线交点处。

2.2 低压脉冲法测低阻短路故障波形

脉冲法测低阻短路故障，或者将好相非测试端与铠装短接测全长、测速度时，测试波形如图 20 所示。

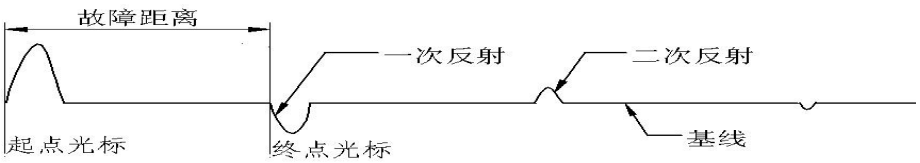


图 20 低压脉冲测低阻短路故障波形

波形特点：发射脉冲为正脉冲波形，一次反射为负脉冲波形，二次反射为正脉冲波形，三次反射又为负脉冲波形，依次类推。

定光标方法：发射脉冲上升沿与基线交点定为起点，一次反射脉冲下降沿与基线交点定为终点。

2.3 闪络法电流取样测试波形

高压闪络法测试电缆故障时，其波形变化较大，但大部分测试波形都有共同点，及各类性质的故障反射波形全为正波形，且前沿有负反冲，以电流取样为例，闪络法测试时其测试波形如图 21 所示。

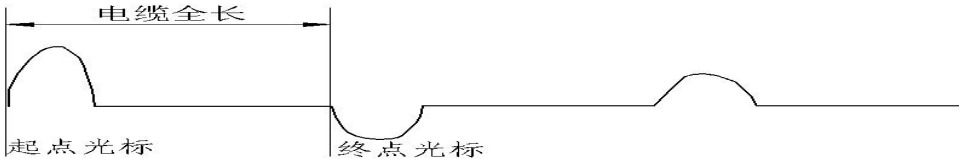
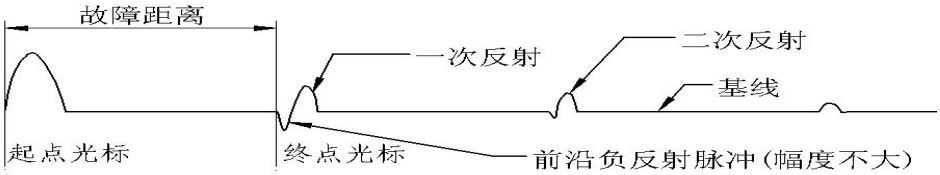


图 21 闪络法电流取样测试波形

波形特点：发射波形为正脉冲波形，反射波形为正脉冲波形，但脉冲前沿有一个向下的负反冲，随故障不同，负反冲大小有较大差别。



定光标方法：在发射脉冲上升沿与基线交点处定光标起点，在反射脉冲负反冲下降前沿与基线交点处，定光标终点。若在测试时反射脉冲无前沿负反冲，终点光标定在反射脉冲上升沿与基线交

点处。

2.4 闪络法测试时故障点不放电波形

对于有些高阻故障，加高压冲击时，虽然球间隙放电，并且有时放电声还较大（清脆），但故障点实际上并未形成闪络放电，而是将电能缓慢释放掉，这时，显示波形就无法确定故障点。故障点不放电时，从波形上可显示出来，从而可以采取其它测试方法迫使故障点放电。闪络测试故障点不放电波形如图 22 所示。

图 22 闪络测试故障点不放电波形

波形特点：故障点不放电波形特点为发射脉冲为正波形，一次反射脉冲为负波形，二次反射波形又为正波形，以此类推。同时，发射波形同反射波形间距离等于电缆全长。

遇到故障点不放电波形时，可按以下几种方法迫使故障点闪络放电：一是加大放电球隙，提高冲击电压；二是加大电容容量，增加冲击能量；对于疑难故障，可长时间施加冲击高压，迫使故障点形成固定放电通道，然后进行测试。

2.5 冲闪法测试纯短路故障波形

对于纯短路故障（如直接将相地短接），可用冲闪法测试（如用冲闪法测电缆全长、测速度）。短路是低阻故障的一个特例，用冲闪法测试纯短路故障时，波形反射有其特殊性，例如用冲闪法测相地短接电缆时测试波形如图 23 所示。

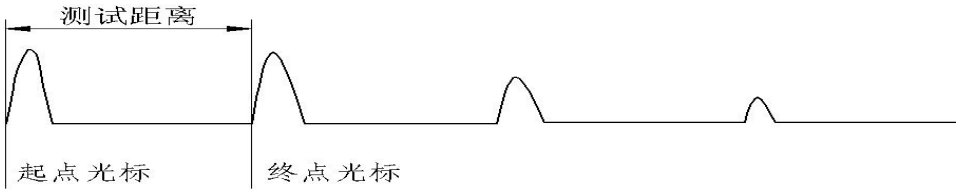


图 23 冲闪法测试纯短路故障波形

波形特点：纯短路故障测试时，其波形特点为发射波形和反射波形都为正脉冲波形，这与低压脉冲测试终端开路故障波形相似。

定标方法：分别用发射脉冲波形及反射脉冲波形上升沿与基线交点定光标起点、终点。若是测故障，其测试距离就为故障距

离；若是用好相终端短接测全长，则二波形间距离就为电缆全长。

了解纯短路故障测试波形特点，有助于我们分析理解各种故障实测波形。在特殊情况下，也可用此种方法测电缆全长或者测电波传输速度。

2.6 冲闪测试时故障点二次击穿放电波形

对于个别阻值较高的高阻故障，不是一下子故障点击穿闪络放电，而是冲击电压越过故障点，先传到终端，再从终端返回过程中、电压叠加，然后故障点才闪络放电，此后在测试端和故障点之间来回反射，显示故障点二次击穿放电波形。冲闪法电流取样测试时，故障点二次击穿放电波形如图 24 所示。

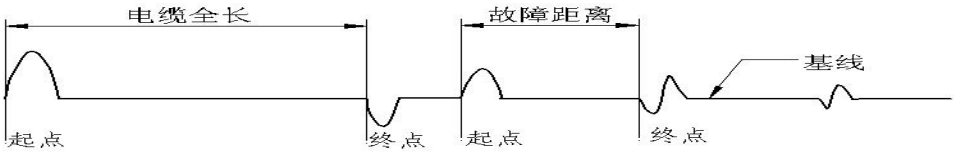


图 24 故障点二次击穿测试波形

波形特点：二次击穿波形特点为发射脉冲为正脉冲波形，一次反射为负脉冲波形，并且二次波形间距离为电缆全长（同故障点不放电波形）。从第三个波形开始，测试波形与冲闪测试标准波形一致，其间距代表故障距离。

定光标方法：二次击穿波形同时具有故障点不放电波形及正常放电波形特点。定光标时，先定前面二波形，看是否与电缆全长一致，然后再观察后面几个反射波形，看是否具有前面讲的冲闪波形特点（正脉冲前沿有负反冲，且各反射波形间距一致）。若具有二次击穿波形特点，则按后面具有故障点闪络击穿特点的

二波形分别定光标起点、终点，就可确定故障点距离。

实际测试时须注意，由于故障性质及测试条件不同，二次击穿波形也变化较大，有时第二个波形（终端不放电反射波形）与第三个波形间距较大（延时击穿时间较长），有时间距小，甚至合二为一（延时较小）。定光标时，不管前面几个波形多么复杂，只要后面有正常放电波形，就按后面波形定光标起点、终点，确定故障距离。

对于故障点二次击穿波形，测试时可以加大球间隙，增加电容容量，提高冲击电压，一般就可以测出正常闪络放电波形。

2.7 冲闪测试时近端故障测试波形

若故障点距测试端很近（15－20 米以下），冲闪测试时，测试波形如图 25 所示。

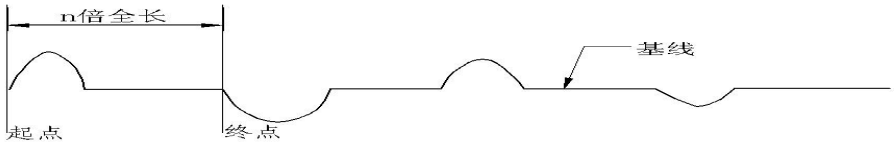


图 25 近端故障冲闪测试波形

波形特点：近端故障用闪络法测试时，其波形特点为；测试波形为正负交替的余弦大振荡波形，并且二波形间距离大于电缆全长，为电缆全长数倍。

遇到近端反射波形时，说明故障点离测试端不远。要精确测试，有以下几种方法：一是到另一端测试；二是用标准长度电缆（如 50 米或 100 米）与被测电缆相连接测试，在测试距离后，测试距离减去所加电缆长度，即为故障点至测试端距离；三是用

好相与故障相在远端相接，将测试信号加在好相进行测试。

总之，对各种电缆故障测试过程中，正确地分析波形，是快速完成出测定点的关键。不论故障波形多么复杂，归纳起来，不外乎上面讲到的各种测试波形的变形。

3、高压发生器及测试附件说明

冲闪法接线如图 26 所示，原理是将 220V 的市电通过操作箱调压为 0-220V，经过直流升压变压器输出高压脉动直流给脉冲电容充电，当脉冲电容的电压足够高时击穿球隙同时击穿故障点，电容放电。然后电容继续充电，如此循环……

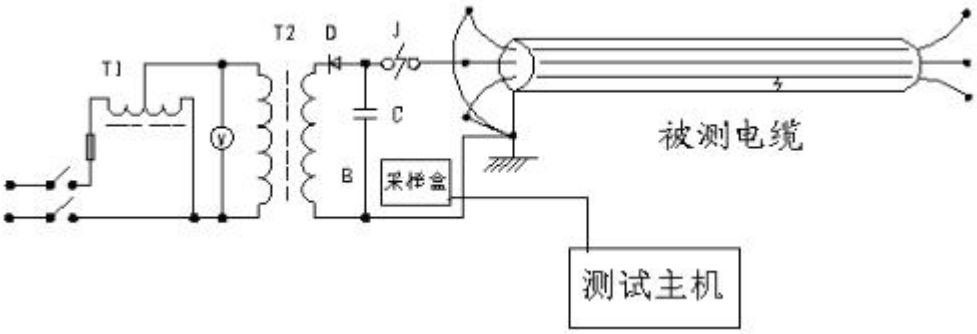


图 26 冲闪法测试高压发生器接线图

图 26 示意说明：T1.3kVA/0.22kV 调压器

T2.3kVA/50kV 交直流高压变压器

D.高压整流硅堆，大于 150kV/0.2A

C.高压脉冲电容，容量 1～8μF，耐压大于 10kV

V.电压表

B.电流采样盒

J.高压球隙（选配附件）

4、测试说明

（1）电力电缆的高阻故障（高阻故障：故障点的直流电阻大于该电缆的特性阻抗的故障为高阻故障）几乎占全部故障率的90%以上。冲闪方式用于测试高阻泄漏性故障及高阻闪络性故障，大部分电缆高阻故障都可以使用冲闪方式测试。

（2）冲闪方式测试故障，采用电流取样法，电流取样接线简单，安全性高，波形易于识别。

（3）调整球隙（若放电，放电球隙清脆响亮，操作箱电流大于 10A-15A，否则视为未放电，请重新调整球隙，提高冲闪电压），电压升到一定值，故障点发生闪络放电，仪器记录下波形。根据波形大小可重新调整输入振幅，重复采样，直到采到相对标准的波
形。

（4）调整球隙一般 1mm 大约代表 3kV，请根据被测电缆电压等级适当调整。高压闪络测试时，由于工作电压极高，稍有不慎就会对人身及设备造成损失。

（5）不同性质的电缆故障要用不同的测试方法，不同介质的电缆有不同的电波传播速度，不同耐压等级的电缆则有不同的耐压要求，而被测试电缆的接头位置及最近是否在电缆上方进行施工
作业，这些在测试前都最好做到心中有数。

（6）用测试主机的低压脉冲法测试电缆长度，校对电缆的

电波传输速度。

（7）测试电缆全长可以让我们更加了解故障电缆的具体情况，判断是高阻还是低阻故障，判断电波速度的准确性（准确的电波传输速度是提高测试精度的保证，当速度不准确时，可反算速度）。这些都可以用低压脉冲测试方法来解决。

（8）对不同电缆故障要用不同的方法，低阻故障（开路、短路等）要用低压脉冲法测试；而高阻故障（泄漏、闪络等）则要用闪络法方法测试。选择合适的测试方法，用测试仪主机对电缆进行故障距离粗测。低阻故障用低压脉冲法测量，高阻故障用高压闪络法测量。

（9）电缆仪（又称闪测仪）设定的四种电缆的波速为：

油浸纸电缆：V=160m/μs

不滴流电缆：V=144m/μs

聚氯乙烯电缆：V=184m/μs

交联聚乙烯电缆：V=172m/μs

故障性质	绝缘电阻	故障的击穿情况
开路	∞	在直流高压脉冲下击穿
低阻	小于 10 分之一特性阻抗	绝缘电阻不是太低时，可用高压脉冲击穿
高阻	大于 10 倍特性阻抗	高压脉冲击穿
闪络	∞	直流或高压脉冲作用下击穿

注意：电力电缆的特性阻抗一般为 10—40Ω之间。是由电缆的单位长度的电阻，电感，电容决定的特性参数，不要将特性阻

抗与绝缘电阻，以及电缆的直流电阻混淆。

低压脉冲法测试比较简单，直接测试。而高压闪络法测量则需要注意接线及所加直流电压的高低。10kV 油浸纸电缆和交联乙烯电缆的最高耐压分别为 50kV 和 35kV，一般不得超过电缆的最高耐压，高压设备的地线必须与被测电缆的铅包接地良好连接。

（10）精确定点前首先必须知道电缆的路径，若已知路径可省去此步骤。

（11）接好高压设备，根据电缆的性质及电缆的耐压等级来决定升压程度，保证故障点充分击穿。然后用定点仪对电缆故障点进行精确定位，最后确定在 1 米范围内。

第三部分 路径仪、定点仪

第一章 产品介绍

1、路径仪面板布局

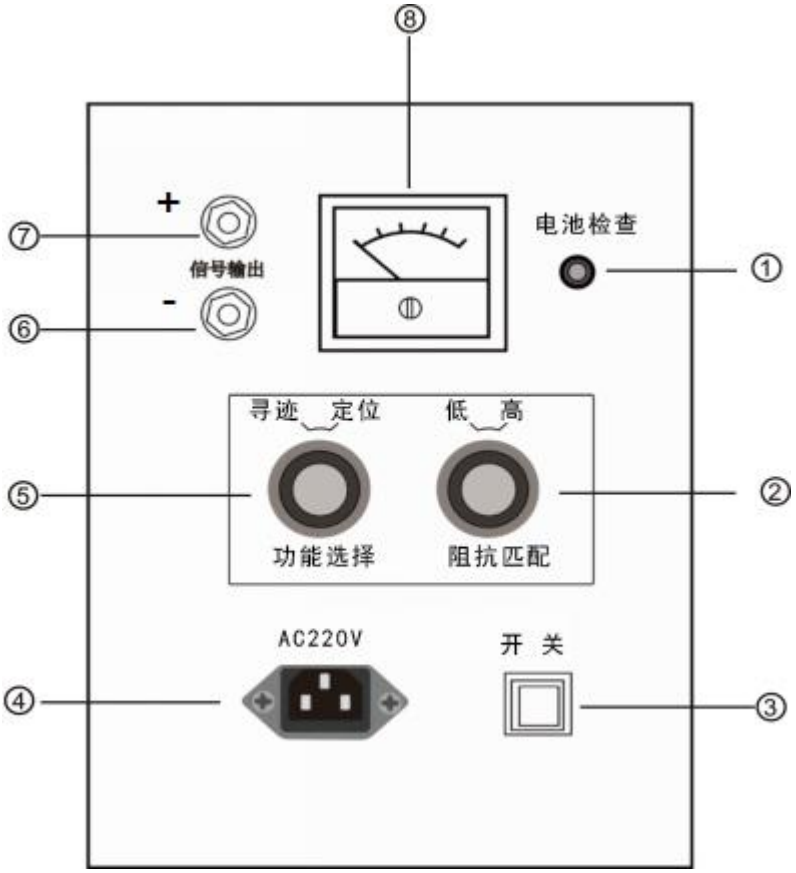


图 27 路径仪面板图

1. 电池检查按钮　　2. 阻抗匹配开关　　3. 电源开关

4. 交流充电插座　　5. 功能档位开关　　6. 信号输出-

7. 信号输出+　　8. 表头

说明：

（1）电池检查按钮：用于检测电池电量是否充足，按下按

钮，若右边表头满偏则说明电池电量充足，反之，则需对电池充电。

（2）阻抗匹配开关：分高低档，在使用中，根据被测线缆的长度选择，平常时用低档，若阻抗较高时用高档。

（3）电源开关：当置于压下状态时，处于“开”位，打开整机电源，反之为关。

（4）交流充电插座：AC220V 交流电源输入。

（5）功能档位开关：电缆路径寻迹或故障定位选择开关。当置于“寻迹”时，用来查找线缆路径；当置于“定位”时，用来查找线缆对地绝缘不良点的定位测试。

（6）信号输出-：仪器信号输出负，作为线缆探测时此处接地，接地用地线棒与地良好接触。

（7）信号输出+：仪器信号输出正。

（8）表头：信号输出幅值大小指示。

2、定点仪前面板布局

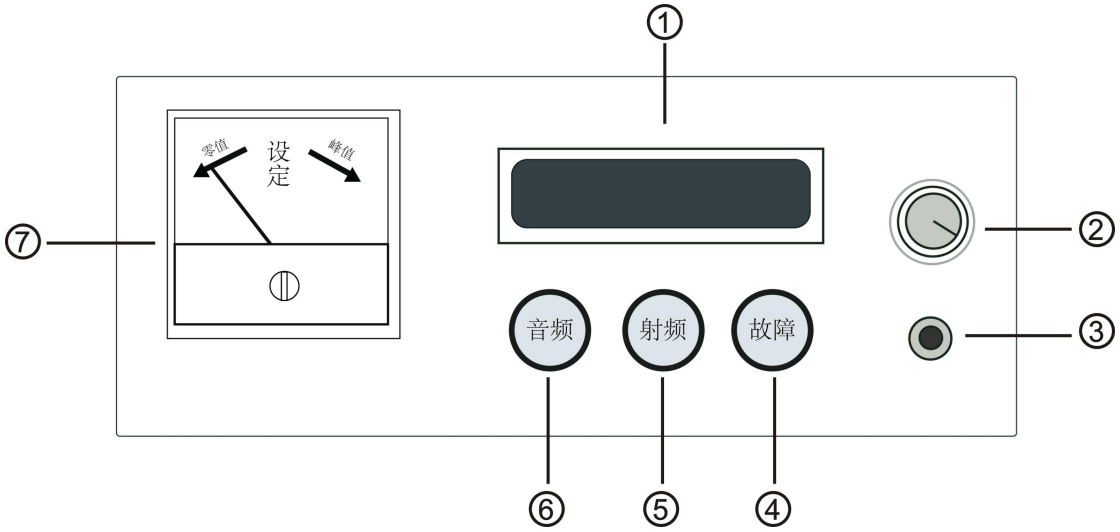


图 28 定点仪前面板图

1. 显示屏　　2. 增益调节　　3. 耳机插孔

4. 故障按键　　5. 射频按键　　6. 音频按键

7. 电位差表头

说明：

（1）显示屏：显示工作模式及接收到的信号强度大小。

（2）增益调节：控制各种工作方式的声响强弱。

（3）耳机插孔：听诊法测故障时，插入耳机。

（4）故障按键：当在射频模式时，按下进入故障定位，屏显示“GU”，用于探测线缆对地绝缘不良点的定位测试。

（5）射频按键：当在音频模式时，按下进入射频模式，屏显示“SHE”和幅度大小。

（6）音频按键：在射频模式时，按下进入音频模式，屏显示“YIN”。

（7）电位差表头：用于故障定位方向指示。

3、定点仪后面板布局

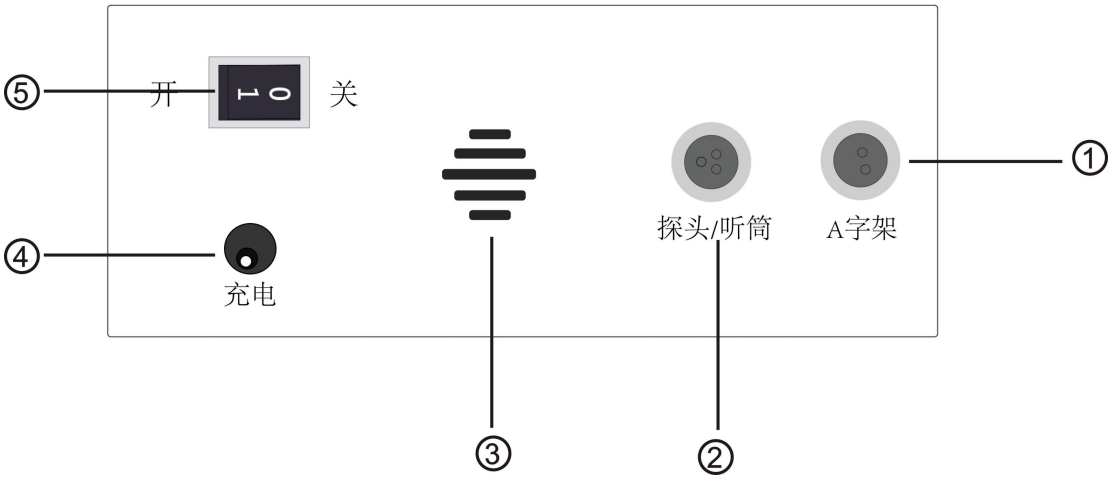


图 29 定点仪后面板图

1.A 字架插座　　2.探头/听筒插座　　3.喇叭

4.充电插孔　　5.电源开关

说明：

（1）A 字架插座：差分定位 A 字架接口。

（2）探头/听筒插座：T 形探头及听筒接口。

（3）喇叭：声音输出。

（4）充电插孔：外部充电器接口。

（5）电源开关：当置于“开”位时，打开整机电源。

第二章 操作原理介绍

1、寻迹原理（最大信号法）

我们知道，当交流电流在导体中流过时，将会在导体周围产生交变的磁场，并且该磁场的磁力线都是以该导体为同轴的。此时如果将一电磁线圈放入该磁场中，线圈的两端就会产生感应电压。移动感应线圈，当线圈的方向与磁力线方向相同时，线圈两端产生的感应电压最大。当线圈方向与导体方向垂直时，感应电压最大，如图 30 所示；当线圈方向与导体方向平行时，感应电压最小，如图 31 所示。由此得到“最大信号法”来探寻埋地电缆的轨迹，利用接收线圈的 45° 法则可以测出地下线缆的埋深。

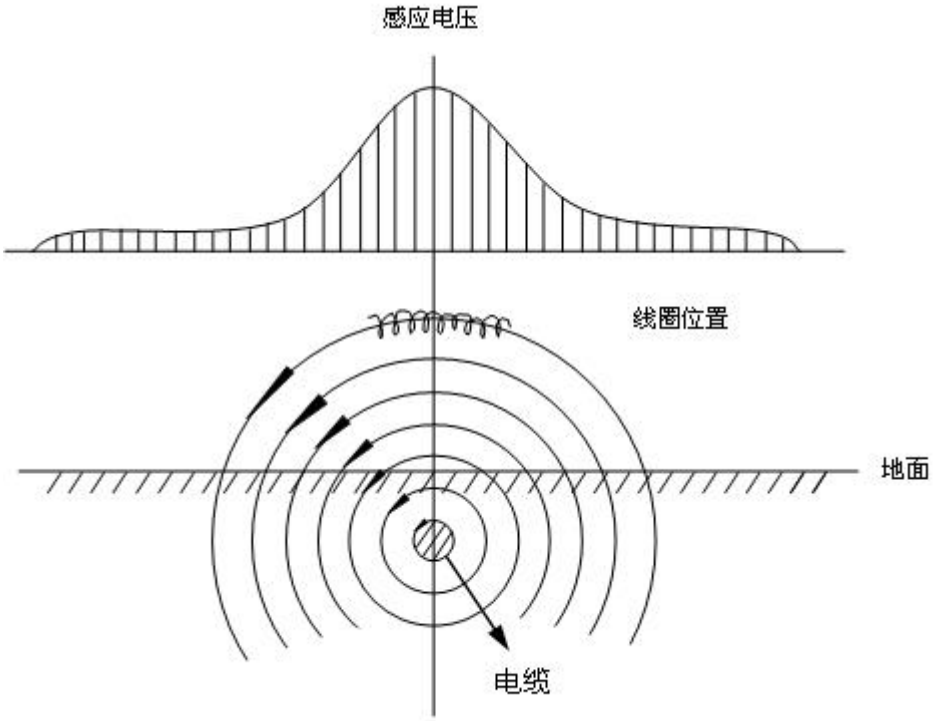


图 30 寻迹原理图

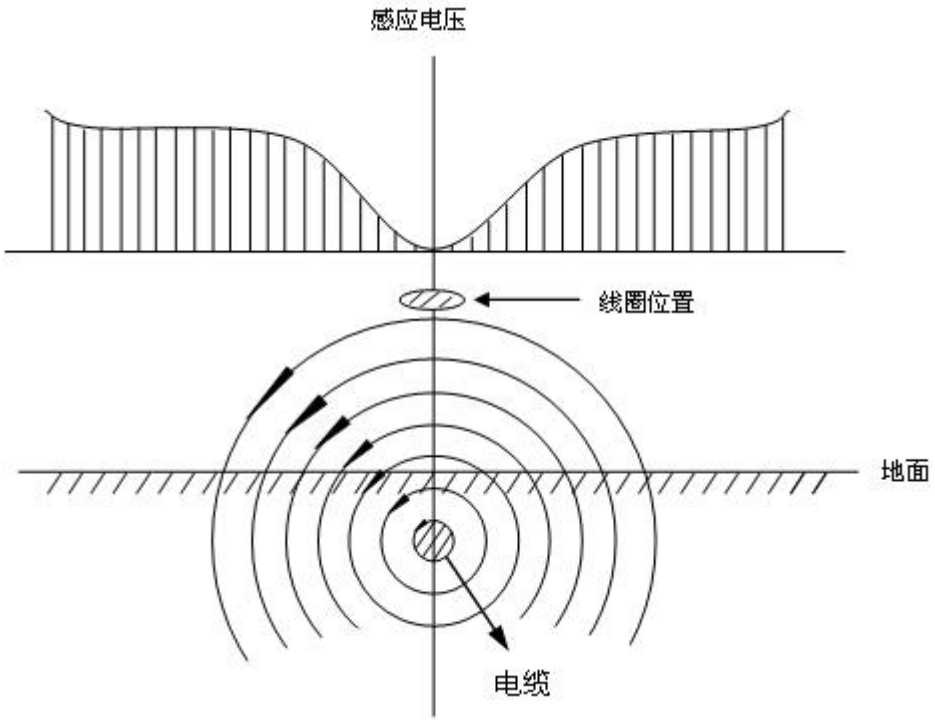


图 31 寻迹原理图

2、定位原理

2.1 差分电位法

如果一埋地电缆发生接地故障，利用电位差法找出故障点。方法是在故障电缆的测试点与地之间加上测试电压，那么在电缆的入地点周围将会形成以入地点为同心的分布电场。该电场中半径相同的任意点之间不存在电位差，但半径不同的任意两点间却存在电位差，如图 32 中 A、B 两点，且当两点间距固定时，两点离中心越近电位差越强。

利用这一特点，移动 A、B 两点逐渐向中心点逼近。当故障点恰好位于 A、B 两点中间时，电位差变为零。如果继续移动越过故障点时，电位差极性将会反相，如此来回移动就可准确判断出接地点。

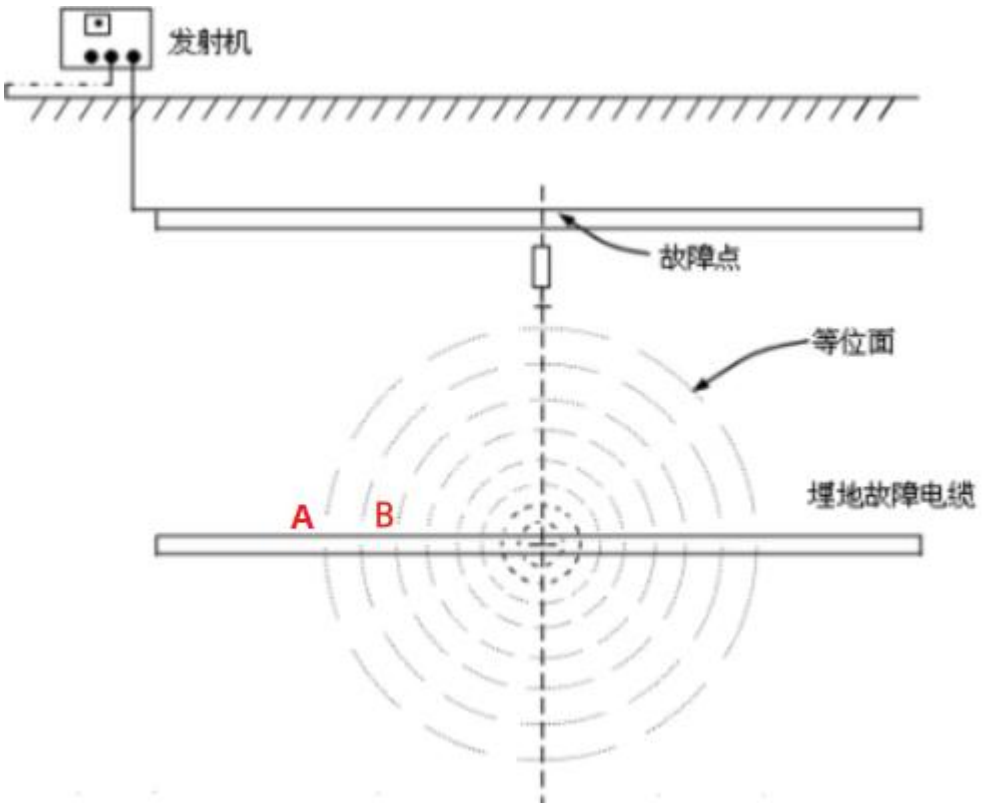


图 32 差分电位原理图

2.2 震动探测法

当电缆呈现高阻故障，必须使用冲击闪络法检测故障时，故障点对地放电将会对地面产生轻微的震动，此时可以利用听筒探测震中的方法找出故障点。

第三章 操作步骤说明

1、路径探测

1.1 路径仪接线图

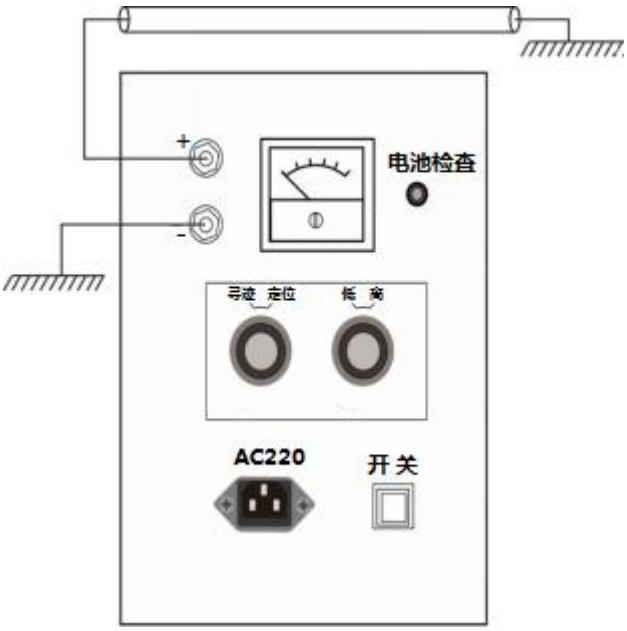


图 33 路径仪接线图

1.2 定点仪接线图

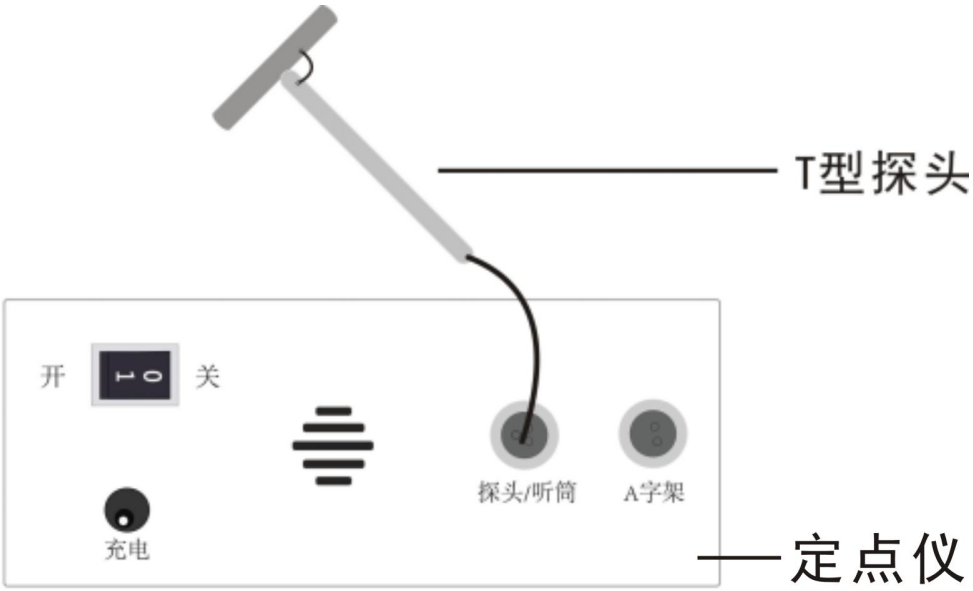


图 34 定点仪接线图

1.3 操作步骤

（1）将所有用电设备脱离被测电缆；

（2）将路径仪上的红色接线柱接到被测电缆上，黑色接线柱通过地桩接到大地；

（3）将路径仪上的功能选择拨至“**寻迹**”模式；

（4）根据被测电缆的故障阻抗，将路径仪上的阻抗匹配打到“**低**”或“**高**”上（通常为低），打开电源开关；

（5）将 T 型探头接到定点仪的“探头/听筒”接口上，打开电源开关；

（6）按下定点仪上的“射频”键；

（7）背上定点仪，然后拿着 T 型探头一边走一边探寻。当 T 型探头在电缆正上方并且与电缆垂直时，扬声器发出的声音最大，由此探出埋地电缆的走向；

（8）为便于辨别，调节增益电位器旋钮使扬声器音量到合适大小。

2、差分电位法定位故障

2.1 路径仪接线:路径仪接线参照图 33 接线。

2.2 定点仪接线图

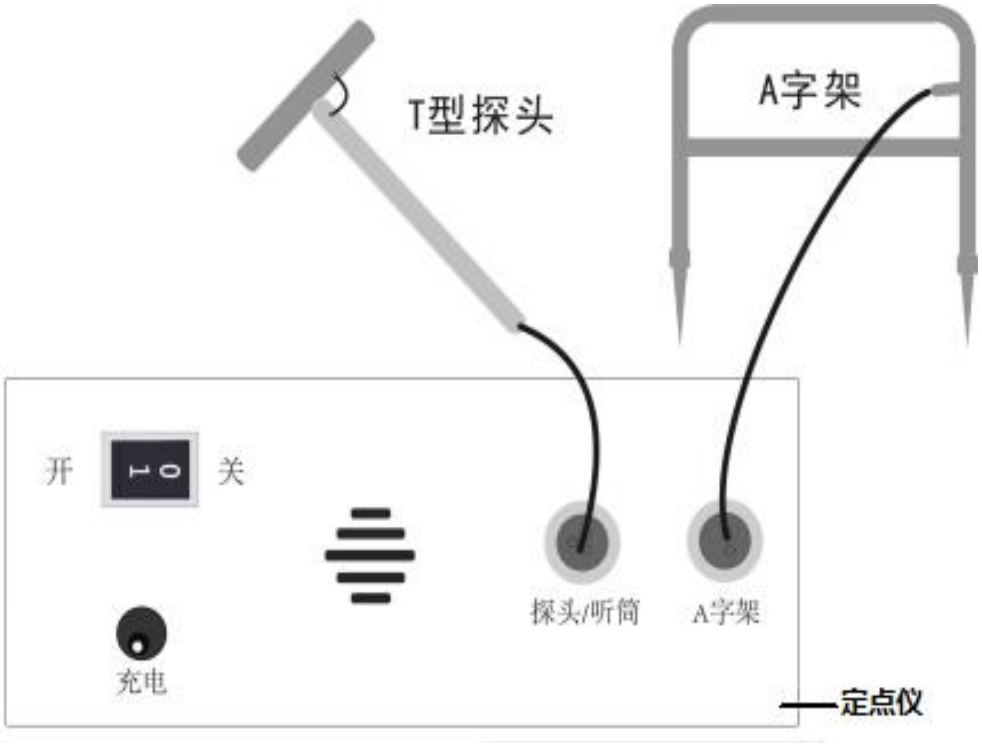


图 35 差分法定点仪接线图

2.3 操作步骤

（1）将所有用电设备脱离被测电缆；

（2）将路径仪的红色接线柱接被测电缆上，黑色接线柱通过地桩接到大地；

（3）将路径仪上的功能选择拨至“定位”模式；

（4）根据被测电缆的故障阻抗，将路径仪上的阻抗匹配打到低或高上（通常为低），然后打开电源开关；

（5）将 T 型探头信号线端子接到定点仪的“探头”端口上。

（6）附件中配有一端为音频插头，一端为 2 芯航插的信号线，用此信号线将 A 字架接到“故障”端口上，打开电源开关；

（7）按下定点仪上的“射频”键；

（8）按下定点仪上的“故障”键，使屏上显示“SHE GU”；

（9）背上定点仪，手持 T 型探头和 A 字架，A 字架的绿色标记向前，沿着线缆路由向前走，走几米把 A 字架在线缆路由的地面上插入一次（如果土壤比较干燥或在水泥地面，可适当地在插针点浇上些水）。观察定点仪的表头偏转情况，如表头指针左右摆动，无稳定状态，则说明无故障，这时应该继续向前走，边走边插 A 字架，如表针指示逐渐稳定下来，且表针指向表头绿色区域时，则表示故障在测试人员的前方，应继续向前。如表针偏向红色区域时，则表示故障点位置已过，在测试人员身后，此时应后退几步测试。这样往返数次，直到 A 字架前后移动几公分的距离，表针就从绿区偏向红区（或从红区偏向绿区）则故障点就在 A 字架中间下方。

2.4 注意事项

（1）信号接地线尽可能沿线缆路由反向距离远一些放置，一般应在 20 米左右。

（2）故障点的绝缘阻值不同，表示指针偏转幅度是不一样的，阻值越小，偏转越大。阻值越大，偏转越小。

（3）当遇到地面十分干燥 A 字架又插不深时，应考虑在插孔处滴些水。

（4）当被测线缆很长时，为了提高音频信号，可以将对端接地。

3、用听诊法定位故障

3.1 高压设备接线图

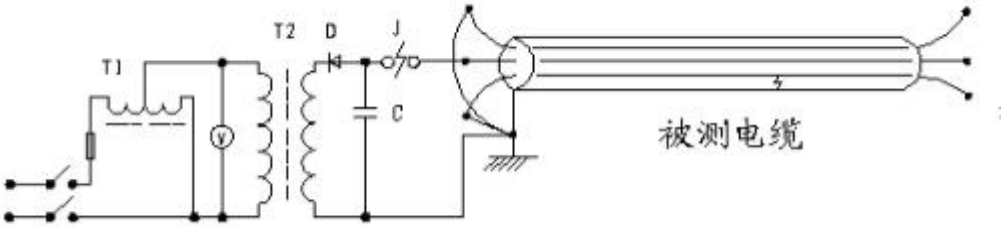


图 36 听诊法高压接线图

图 36 示意说明：T1.3kVA/0.22kV 调压器（控制箱）

T2.3kVA/50kV 交直流高压变压器

D.高压整流硅堆，大于 150kV/0.2A

C.高压脉冲电容，容量 1～8μF，耐压大于 10kV

V.电压表

J.高压放电球隙（选配附件）

3.2 定点仪接线图

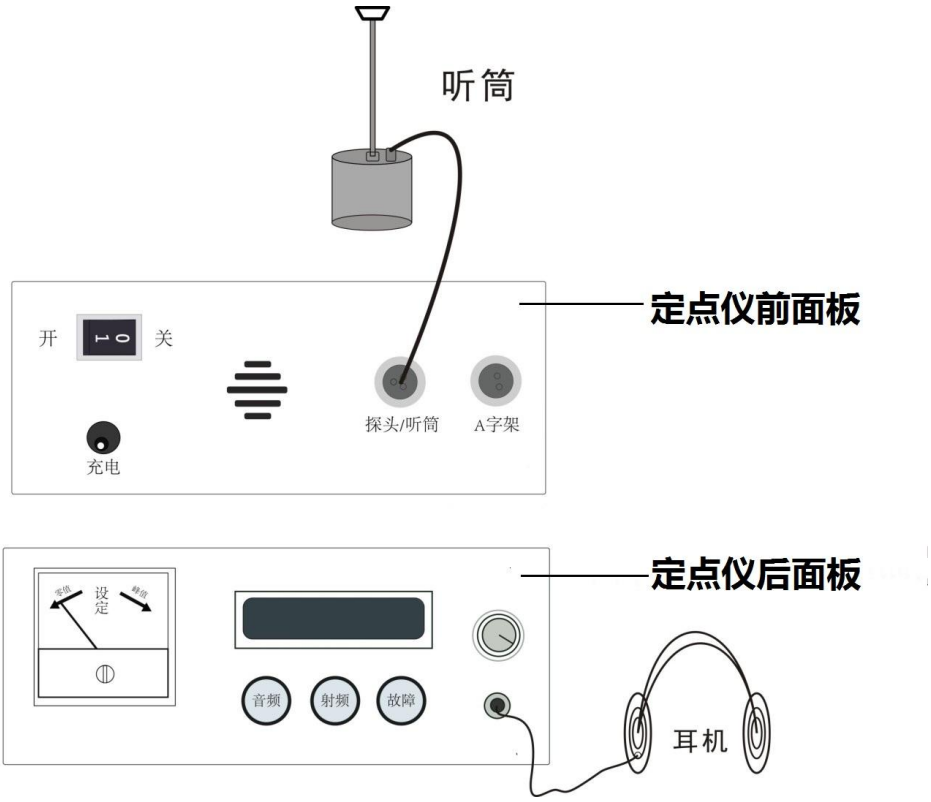


图 37 听诊法定点仪接线图

3.3 操作步骤

（1）将所有用电设备脱离被测电缆；

（2）参考试验变压器使用说明书将试验变压器（若是交直流两用的，应将高压输出端旁的短接杆旋出，拔起，使之输出直流高压）和调压器连接起来，将试验变压器的高压输出端接到电容的一端，电容的另一端接地；试验变压器的高压输出端接放电球间隙的一端，另一端接被试线缆，被测电缆的未被测试的其他

线缆短接并接入大地；

（3）将调压器回零；

（4）按下高压启动按钮，高压指示灯点亮；

（5）通过调压器调节试验变压器输出电压，直到球隙开始放电；

（6）附件中配有两端均为 3 芯航插的信号线，用此信号线将听筒接到定点仪的“探头”端口上，然后戴上耳机，并将耳机插入耳机孔内，然后打开电源开关；

（7）按下定点仪上的“音频”键，然后按下定点仪上的“故障”键，使定点仪的显示屏显示“YIN GU”，调节增益旋钮至适当处；

（8）然后背上定点仪，头戴耳机，手提听筒，顺着电缆路径方向进行探测；

（9）当听到放电声时则找到了故障点位置，然后挖开泥土修复故障。

4、充电

当机内电池能量不足时，应及时充电。如果仪器长期不用，也应定期充电，以免电池损坏。

对路径仪进行充电时，只需接入外部交流 220V 电源。

定点仪配备专用充电器，将充电器插入接收机的充电端口，如图 38，然后接通充电电源，充电器上带有充电指示灯，插上

后，当指示灯由绿色变为红色时，说明正在充电，充电大约需要 8 小时，指示灯由红色变为绿色后，充电结束。

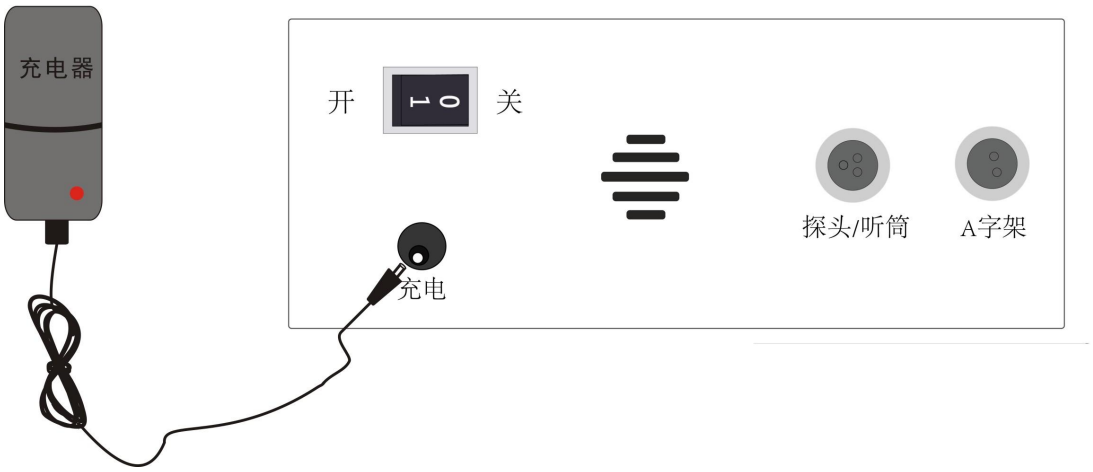


图 38 充电示意图

第四部分 附件

附件清单

序号	名称	数量	单位
1	闪测仪主机	1	台
2	闪测仪采样单元盒	1	个
3	闪测仪信号线	1	根
4	闪测仪信号线夹子(红/黑)	各 1	个
5	闪测仪保险管（2A）	3	个
6	路径仪	1	台
7	路径仪信号线	1	根
8	定点仪	1	台
9	定点仪充电器	1	个
10	T 型探头	1	个
11	A 字架	1	个
12	A 字架连接线	1	根
13	A 字架探针	2	根
14	听筒	1	个
15	听筒连接线	1	根
16	地桩	1	个
17	耳机	1	根
18	背带	1	个
19	三芯电源线	2	根
21	说明书	1	份
22	检验报告	1	张
23	合格证	1	张

- 变压器测试系列
- 断路器/开关测试系列
- 避雷器、绝缘子测试系列
- 电缆故障/线路测试系列
- 承装修试1-5级系列
- 接地及绝缘测试系列
- 二次回路测试系列
- Sf6气体、油化测试系列
- 串联谐振、高压试验系列
- 甲级、乙级防雷检测系列

主要合作单位

国家电网 STATE GRID

中国南方电网 CHINA SOUTHERN POWER GRID

中国国电 CHINA GUODIAN

国家电投 SPIC

中国大唐集团公司 China Datang Corporation

華潤

中国石油

中国华电 CHD

得亚电力
专业电力测试设备生产商

中国·武汉得亚电力科技有限公司
China,Wuhan Deya Power Technology Co. Ltd.

地址：武汉市东湖新技术开发区关南工业园
邮编：430223
电话：027-87561218
邮箱：whdeya@126.com
网址：http://www.whdy18.com
QQ：876175313