



KDDL-II

电缆故障测试仪

使用说明书

武汉科迪电气设备有限公司

1. 产品简介

电力的输送和有线通信的畅通依赖于电缆线路的正常运行。一旦线路发生故障，不及时查出并迅速予以排除，就会造成很大的经济损失和不良的社会影响。因而，电缆故障测试仪是维护各种电缆的重要工具。

智能型电缆故障测试仪，应用当今最先进的电子技术成果，采用微电脑及特种数据处理技术，结合本公司长期的现场实际经验，采用了多种故障探测方式研制而成的智能化、功能全的高科技产品。

本产品是一套综合性的电缆故障探测设备。能对各种电缆的高阻闪络、高低阻性接地、短路、断线、接触不良等故障进行测试，可准确测定故障点的精确距离，特别适用于测试各种型号、不同电压等级的电力电缆、路灯电缆、通信电缆及光缆。

2. 主要功能及特点

2.1. 功能齐全

测试故障安全、迅速、准确。仪器采用低压脉冲法和高压闪络法探测，可准确判断各种电缆故障类型及距离，尤其对电缆的闪络及高阻故障可无需烧穿而直接测试。如配备定点仪，更可准确测定故障的精确位置。

2.2. 测试精度高

仪器采用高速数据采样技术，A/D 采样速度为 100MHz，使仪器读取分辨率为 1m，探测盲区为 1m。

2.3. 智能化程度高

测试结果以波形及数据自动显示在大屏幕液晶屏上，判断故障直观。并配有全中文菜单显示操作功能，无需对操作人员进行专门培训。

2.4. 具有波形及参数存储，调出功能

采用非易失记忆存储器，关机后波形、数据不丢失。

2.5. 具有双踪显示功能。

可将故障电缆的测试波形与正常波形进行对比，有利于对故障进一步判断。

2.6. 具有波形扩展功能。改变波形比例，可扩展波形进行精确测试。

2.7. 可任意改变双光标的位置，直接显示故障点与测试点的直接距离或相对距离。

2.8. 可根据不同的被测电缆，随时修改传播速度。

2.9. 小体积便携式外形，工程塑料机箱，内置可充电锂电池，方便携带和使用。

3. 主要技术参数

3.1. 测试距离：最大 32km (明线可达 100km)

3.2. 读数分辨率：1m

3.3. 探测盲区：1m

3.4. 供电电源：AC 220V，或内置锂电池

3.5. 功耗：5W

3.6. 环境温度：0°C~+40°C（极限温度：-10°C~+50°C）

3.7. 环境湿度：20~90%RH

4. 故障探测原理

电缆故障的测试是基于电波在线缆中传输时遇到线路阻抗不均匀而产生反射的原理。

根据传输线理论，每条线路都有其一定的特性阻抗 Z_c ，它由线路的结构决定，而与线路的长度无关。当线路阻抗均匀时，即线路阻抗处处等于 Z_c ，电波在其中传播，沿线不会有任何反射。而当线路阻抗不均匀时，即线路中存在节点或故障，在阻抗不等于 Z_c 处将会形成反射。根据反射点阻抗不同，将呈现为全

反射或部分反射，反射波的大小和极性可用反射系数 P 表示，其关系式如下：

$$P = \frac{U_r}{U_i} = \frac{Z_o - Z_c}{Z_o + Z_c} \quad (1)$$

其中： U_r 为反射波， U_i 为入射波， Z_c 为线路特征阻抗， Z_o 为反射点阻抗。

- (1) 当线路无故障时， $Z_o = Z_c$ ， $P = 0$ ，线路无反射。
- (2) 当线路发生断线故障时， $Z_o = \infty$ ， $P = 1$ ，线路发生全反射，且反射波与入射波极性相同。
- (3) 当线路发生短路时， $Z_o = 0$ ， $P = -1$ ，线路发生负的全反射，反射波与入射波极性相反。

5. 故障探测方法

5.1. 低压脉冲法（简称脉冲法）

当线路输入一个脉冲电波时，该脉冲便以速度 V 沿线路传输，当行进 L_x 距离遇到故障点后被反射折回输入端，其往返时间为 T ，则可表示为：

$$2L_x = VT \quad \text{得} \quad L_x = \frac{1}{2}VT \quad (2)$$

V 为电波在线路中的传播速度，与线路一次参数有关，对每种线路它是一个固定值，可通过计算和仪器实测得到。

将脉冲源的发射脉冲和线路故障点的反射波在显示器实时显示，并由仪器提供的时钟信号可测得时间 T 。因此线路故障点的距离 L_x 便可由 (2) 式求得。不同故障时的波形如下图 1 所示。

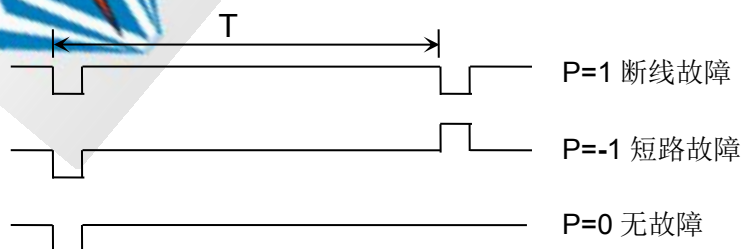


图 1 不同故障的反射波形

5.2. 直流高压闪络法（简称直闪法）

对电缆的低阻性接地和短路故障或断线故障，脉冲法可以很方便地测出故障的距离。但对于高阻性故障，因其在低电压的脉冲作用下呈现的反射波不明显甚至无反射，使得低压脉冲法测量高阻故障力不从心。此种情况下需施加一定的直流高压或冲击高压使故障点放电，利用闪络电弧形成瞬间短路产生电波反射。

当故障电阻极高，尚未形成稳定电阻通道之前，可利用逐步升高的直流电压施于被测电缆。至一定电压值后故障点被击穿，形成闪络，闪络电弧对所施加的电压形成短路反射，反射回波在输入端被高阻源形成开路反射。这样电压在输入端和故障点之间来回多次反射，直至能量耗尽为止。测试原理线路图如图 2 所示，线路的反射波形如图 3 所示。

故障点距离为：
$$Lx = \frac{1}{2} VT$$
，其中 $T = t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = t_4 - t_3 = \dots$

理论波形为陡峻的矩形波，因反射的不完全和线路损耗使实际波形幅度减小和前后变圆滑。

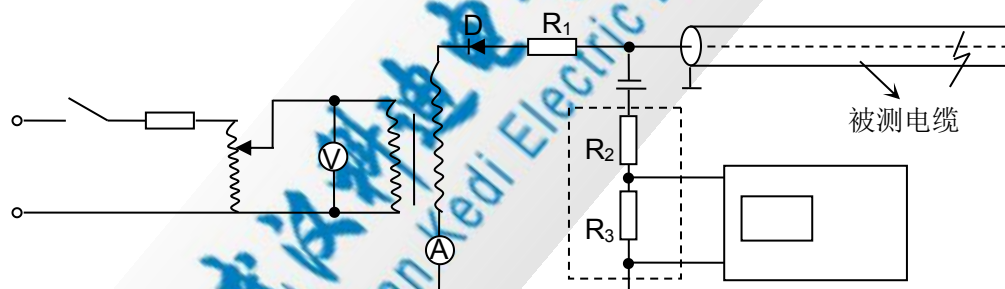


图 2 直流高压法原理图

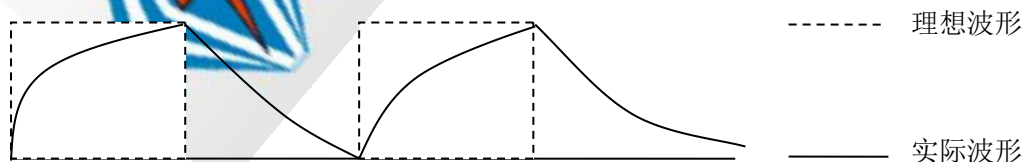


图 3 直流高压法波形图

5.3. 冲击高压闪络法（简称冲闪法）

当故障电阻降低，形成稳定电阻通路后，因设备容量所限，直流高压加不上去，此时需改用冲击电压法进行测试。直流高压经球间隙对电缆充电直至击穿，仍用

其形成的闪络电弧产生短路反射。在电缆输入端需加测量电感 L 以读取回波。其原理线路见图 4 所示，电波在故障点被短路反射，在输入端被 L 反射，在其间将形成多次来回反射。因电感 L 的自感现象，开始由于 L 的阻流作用呈现开路反射，随着电流的增加经一定时间后呈现短路反射。而整个线路又由电容 C 和电感 L 又组成一个 L-C 放电的大过程。因此，在线路输入端所呈现的过程波是一个近于衰减的余弦曲线上迭加着快速的脉冲多次反射波，如图 5 所示。从反射波的间隔可求出故障的距离。

故障点距离为： $Lx = \frac{1}{2}VT$ ， $T+\Delta T \geq T$ ，其中 ΔT 为放电延迟时间。

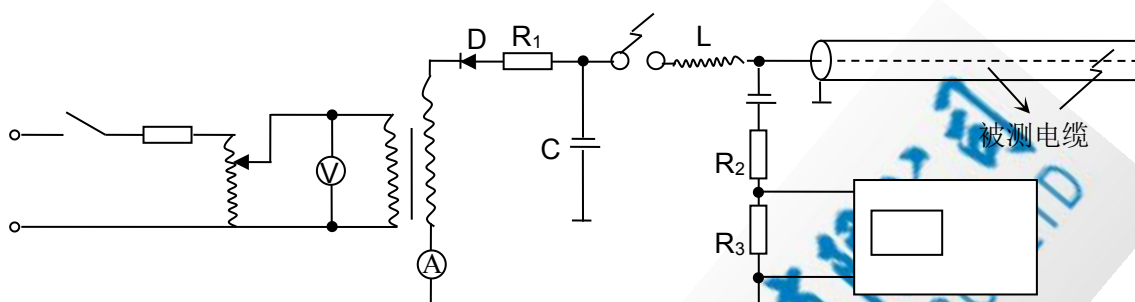


图 4 冲击高压法原理图

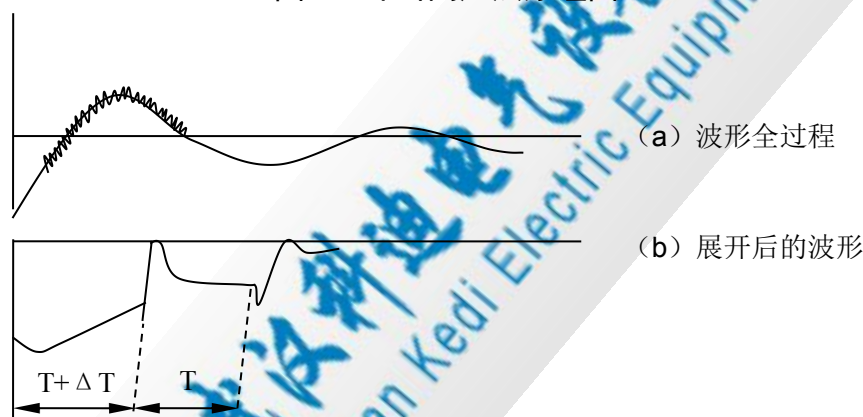


图 5 冲击高压法波形图

5.4. 波形比较法

波形比较法是低压脉冲法的特别应用。此法就是将同种类型的正常电缆和故障电缆的两种波形相比较，从而判断疑难故障。

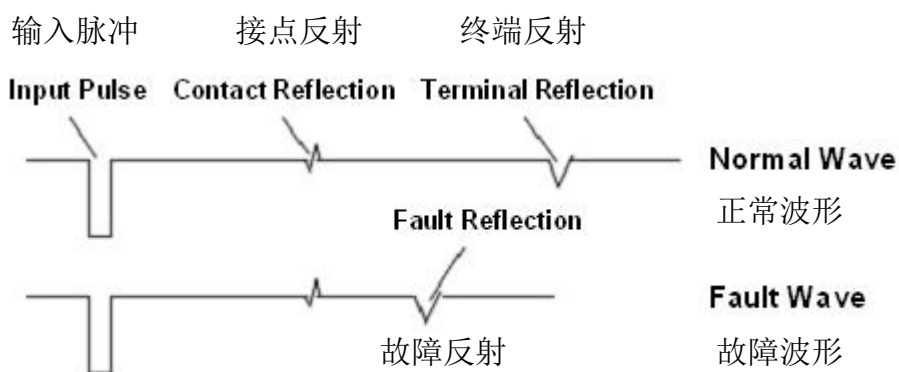


图6 正常电缆与故障电缆波形对比

6. 面板说明及操作方法



测量端口 充电指示 波幅调节 键盘
电源插座 电源开关 方式选择

图7 仪器外观

- 6.1. 测量端口：仪器输出线连接到被测电缆的测试端
- 6.2. 电源插座：仪器电量不足时，插入电源充电
- 6.3. 充电指示：插入电源充电时，指示灯亮
- 6.4. 电源开关：打开或关闭仪器电源
- 6.5. 波幅调节旋钮：根据电缆距离调节波形幅度

6.6. 方式选择开关：选择脉冲法或闪络法

6.7. 按键操作方法：

6.7.1. 调节液晶屏对比度

按 **+** 或 **-** 键可随时调节液晶屏显示对比度。

6.7.2. 输入日期

- 1) 按 **日期** 键激活日期值；
- 2) 按 **◀** 或 **▶** 键修改日期数值；
- 3) 再按 **日期** 键选择下一项目；
- 4) 重复 2)、3)步直至修改完毕。

6.7.3. 设置故障搜寻范围

仪器开机预设的范围为 198 米，每按 **范围** 键一次范围将增加一倍。

6.7.4. 输入波速值

仪器开机预设的波速为 200m/us，应根据电缆的实际类型输入对应的值，否则测距的结果将会不正确。附表 1 列出了一些通用电缆的波速值，可供参考，见“2.11 附录”。如果波速不能确定，应进行校准，见“7.2 波速校验”。

- 1) 按 **波速** 键激活波速值；
- 2) 按 **◀** 或 **▶** 键修改波速值；
- 3) 再按 **波速** 键认可。

6.7.5. 发送测试脉冲

当使用低压脉冲法时，按 **脉冲** 键发送测试脉冲，每按一次就发送一个脉冲。如果持续按下 3 秒，仪器将会自动连发，直到按下任意键为止。

6.7.6. 打印测试波形及数据

按 **打印** 键即可打印出测量波形及数据。

6.7.7. 菜单操作

进入菜单操作时，仪器下方会出现 **起点** **比例** **保存** **调出** 四个菜单项，菜单操作过程中，屏幕下方会显示操作提示。

6.7.7.1. 设置测距起点

开机时屏幕上有两个光标分别在屏幕最右端（起点）和中间位置。若需改变光标起点位置，操作步骤如下：

- 1) 按 **菜单** 键激活菜单；
- 2) 按 **◀** 或 **▶** 选中“起点”项；
- 3) 再按 **菜单** 键进入改变起点状态；
- 4) 再按 **◀** 或 **▶** 移动光标，选择起点位置；
- 5) 再按 **菜单** 键认可，然后距离值变为零。

6.7.7.2. 改变波形比例

波形比例用于扩展测量波形以便精确查找故障位置。改变波形比例步骤为：

- 1) 按 **菜单** 键激活菜单；
- 2) 按 **◀** 或 **▶** 选中“比例”项；
- 3) 再按 **菜单** 键激活比例值；
- 4) 再按 **◀** 或 **▶** 更改波形比例；
- 5) 再按 **菜单** 键认可。

6.7.7.3. 保存测量波形

保存测量波形的目的，以便调出用于波形比较分析，进一步精确判断故障，这对查找疑难故障特别有用。操作步骤如下：

- 1) 按 **菜单** 键激活菜单；
- 2) 按 **◀** 或 **▶** 选中“保存”项；
- 3) 再按 **菜单** 键保存当前波形。

6.7.7.4. 调出测量波形

- 1) 按 **菜单** 键激活菜单；
- 2) 按 **◀** 或 **▶** 选中“调出”项；
- 3) 再按 **菜单** 键调出保存的波形。

7. 测试前的准备

7.1. 故障类型判断

在测试电缆故障之前，首先应对故障类型进行判断，以便确定采用哪种测试方式。借助于万用表或兆欧表或其他工具以及现场经验，可以对故障类型进行预判。

如果故障类型是开路、短路、接触不良、或低阻抗接地，应使用低压脉冲法进行测量。如果是高阻故障，则应采用高压冲击法。如果故障类型不能确定，则可以使用波形比较法。

7.2. 波速校验

当被测电缆的波速不能确定时，必须对它进行校验，以确保故障测量的准确性。校验方法如下：

- 1) 准备一根与被测电缆相同类型的标准电缆；
- 2) 将标准电缆接到仪器的 **测量端口** 上；
- 3) 打开仪器电源开关；
- 4) 将 **方式选择开关** 拨到“脉冲”模式上，屏幕右上角显示“脉冲”；
- 5) 将测量范围调到大于等于标准电缆的长度，见“6.7.3 设置故障查找范围”；
- 6) 按 **脉冲** 键发送测试脉冲，屏幕上得到反射波；
- 7) 按 **▶** 键将光标移到反射波的起点。如果反射波不好辨别，应调节波幅旋钮改变波形幅度，然后再重新发送脉冲；
- 8) 修改波速值直到测得的距离等于标准电缆的长度为止，然后记下此值以备使用，见“6.7.4 输入波速值”。

8. 故障检测

8.1. 低压脉冲法

- 1) 将所有设备与被测电缆断开；
- 2) 将被测电缆连接到仪器的 **测量端口** 上。如果是接地故障，黑色鳄鱼夹必须接到被测电缆的地线上；
- 3) 打开仪器电源开关；
- 4) 将 **方式选择开关** 打到“脉冲”模式上，屏幕右上角显示“脉冲”；
- 5) 输入与被测电缆对应的波速值。见“6.7.4 输入波速值”；
- 6) 将 **波幅旋钮** 调到最大，然后按 **脉冲** 键发送测试脉冲，屏幕上得到反射

波；

- 7) 如果没有反射波，则应调整测量范围然后重发脉冲，如此反复试几次，直到观察到反射波为止。见“6.7.3 设置故障查找范围”；
- 8) 调整波幅并重发脉冲，使反射波的前沿最陡；
- 9) 按◀ 或 ▶ 键并持续 3 秒钟，测量光标将自动移动到反射波的前沿上，此时**屏幕左上角显示的长度值就是故障的距离**；
- 10) 为了提高测量精度，应调整波形比例将波形展开，见“6.7.7.2 改变波形比例”；
- 11) 故障类型可根据反射波的极性进行判断。

8.2. 高压闪络法和冲击闪络法

络法

用高压闪络法或冲击闪络法测量电缆故障时，应与本公司配套的冲击电压发生器配合使用。接线方法如图

8 所示。

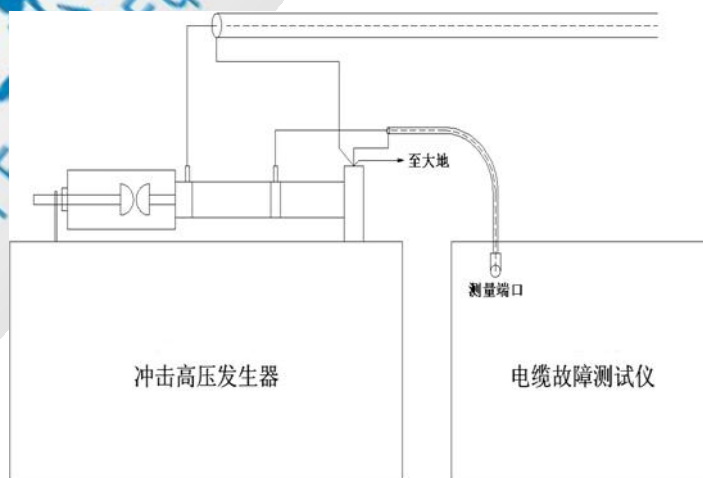




图 8 闪络法接线原理图

- 1) 将所有设备与被测电缆断开；
- 2) 按图 8 将被测电缆、故障测试仪、冲击电压发生器、以及大地相互连接好。注意接线一定要准确无误、牢固可靠；
- 3) 根据要采用的测量方法，调整的放电球隙间距。如果是高压闪络法，则应将球隙短路，即间距为零。若是冲击闪络法，间距应视实际情况而定，通常为 2mm 左右；
- 4) 打开电源开关；

- 5) 将 **方式选择开关** 打到“闪络”模式，屏幕右上角显示“闪络”；
- 6) 输入与被测电缆对应的波速值。见“6.7.4 输入波速值”；
- 7) 按一下 **脉冲** 键准备读取反射波；
- 8) 打开 1 电源开关，慢慢提升输出电压，直到故障点或球隙开始放电为止。
操作方法详见“冲击电压发生器使用说明书”；
- 9) 当屏幕上出现反射波时，停止高压输出；
- 10) 注意辨别反射波形，反射波类型与图 3 或图 5 相似，然后将入射波的起点设置为测量起点（见“6.7.7.1 设置测量起点”），然后按  或  键移动测量光标到反射波的起点，此时**屏幕左上角显示的长度值就是故障的距离**。
- 11) 为了提高测量精度，应调整波形比例将波形展开，见“6.7.7.2 改变波形比例”。

注意：直流高压闪络故障持续时间有长有短，短的仅闪络几次即消失。直闪法波形简单，容易判断，故障测量的准确度较高，因此应珍惜该过程的测试。若直闪法没有成功，或无法进行，应改为冲击闪络法。



警告：
高压危险，务必注意人身安全！

8.3. 波形比较法

- 1) 将所有设备与被测电缆断开，并确认被测电缆的类型；
- 2) 将与被测电缆同类型的正常电缆连接到的 **测量端口** 上；
- 3) 用低压脉冲法测得该正常电缆的标准波形并将它保存起来，参见“8.1 低压脉冲法”和“6.7.7.3 保存测量波形”。
- 4) 再将故障电缆接到上并测得它的反射波；
- 5) 调出刚才保存的波形，见“6.7.7.4 调出测量波形”；
- 6) 比较这两种波形的差异并查找故障点。

9. 充电

当机内电池能量不足时，仪器屏幕上方会有电池欠电指示，此时应给其充电。若电量严重不足时，仪器将会自动关机，以防过度放电损坏电池。如果设备长期不用，也要定期进行充电，以防电池损坏。

接通外部电源（AC220V）后，仪器将会自动给电池充电，充电时间大约为8小时。

10. 附录：

常用电缆线传播速度表（仅供参考）

电缆名称	规格型号	测试线对	传播速度 (m/μs)
高缆通讯电缆	HEQ 2527×4×1.2 +6×0.9	本对芯线间	232
		其它	240~244
低频通讯电缆	HEQ 2521×4×1.2 HDYFLE22-156	本对芯线间	248
		本对芯线间	224
		对其它芯线	230
		其它	248
油浸通讯纸绝缘 铅包电力电缆	ZUQ 6KV3×703×150	芯--芯	160
		芯--芯	178
聚氯乙烯绝缘 电力电缆	VLZ 3×120+1×35 1KV3×50+1×16	芯--芯	178
		芯--芯	178

聚氯乙烯绝缘 电力电缆	VKV20 1KV3×50	芯--芯	172
中型同轴电缆	4×2.6/9.4	芯--屏蔽	283
小型同轴电缆	4×1.2/4.4	芯--屏蔽	274
市话电缆	0.5×50	芯--芯	196
	0.4	芯--芯	190
	0.32	芯--芯	182
明线		芯--芯	288



武汉科迪电气设备有限公司
Wuhan Kedi Electric Equipment Co., Ltd.

专业电力试验设备检测仪器制造商

武汉科迪电气设备有限公司

地址：湖北省武汉市汉阳区燎原工业园 25 号

联系人：程勇强 电话：027-81332868 18071096761