

## 注 意

接线前、测试前，

被测线路的本端必须处于**接地**状态！

待准备工作完毕后，才能将本端接地解除！

**请务必保证安全操作！**

**被测线路一般有达数千伏感应电压，务必带绝缘手套！**

测试接线和拆线操作请按下述步骤进行：

1. 将被测试线路的引下线可靠接地；
2. 将仪器保护地用裸铜线可靠接入大地；
3. 将仪器测试线连接至被测试线路的引下线；
4. 开始测试前打开线路引下线的接地；
5. 所有测试完成后，将线路引下线可靠接地；
6. 拆除仪器测试线；
7. 拆除地线；
8. 恢复被测线路状态。

**任何不按操作程序的行为，都有可能造成设备损坏或操作人员的人身安全！**

一、概 述.....	2
二、技术指标.....	3
三、仪器特点.....	5
四、仪器原理.....	5
五、仪器主机.....	6
六、测试接线.....	8
6.1. 测试线与线路本端的连接.....	8
6.2 正序电容/零序电容测试接线.....	11
6.3 相间电容测试接线.....	12
6.4 线地电容测试接线.....	13
6.5 正序阻抗 / 零序阻抗测试接线.....	13
6.6 相间阻抗测试接线.....	13
6.7 线地阻抗测试接线.....	14
6.8 互感测试接线.....	15
6.9 耦合电容测试接线.....	16
七、软件操作说明.....	17
7.1 仪器开机界面.....	18
7.2 测量界面（以正序电容测量为例，介绍操作步骤）.....	18
7.3 查询界面.....	22
7.4 校时界面.....	23
7.5 测试数据说明.....	23
7.5.1 以下为虚部、实部的解释说明：.....	24
7.5.2 相量法说明：.....	24
八、仪器成套性.....	25

## 线路参数测试仪

### 一、概 述

新建高压输电线路在投入运行之前，除了检查线路绝缘情况、核对相位外，还应测量各种工频参数值，作为计算系统短路电流、继电保护整定、推算潮流分布和选择合理运行方式等工作的实际依据。一般应测的参数有直流电阻  $R$ 、正序阻抗  $Z_1$ 、零序阻抗  $Z_0$ 、正序电容  $C_1$  和零序电容  $C_0$ 、相间电容  $C_{12}$ 。

对于同杆架设的多回路或距离较近、平行段较长的线路、还需测量耦合电容  $C_m$  和互感阻抗  $Z_m$ 。

测量参数前，需要记录线路的有关设计资料如线路名称、电压等级、线路长度、杆塔型式、导线型号和截面等，并根据这些资料和现场情况作出测试方案。

在传统的输电线路工频参数测试中，采用三相自耦变和大容量隔离变压器提供测试电源，通过电力计量用的 CT 和 PT 作电信号变换，最后用指针式的高精度电压表、电流表、功率表测量各个电参数，最后计算得到输电线路工频参数测试结果。使整套试验设备体积大、重量大，需要吊车配合工作，十分不利于现场测量，而且由于测试电源为工频电源，极易与耦合的工频干扰信号混频，带来很大的测量误差，需要大幅度提高信噪比，这对电源的容量和体积又进一步提高。

本仪器能够准确测量各种高压输电线线路(架空、电缆、架空电缆混合、同杆多回架设的工频参数(正序电容、零序电容、正序阻抗、零序阻抗、互感和耦合电容、相间电容等)。

仪器满足《110 千伏及以上送变电基本建设工程启动验收规程》、DL/T559-94《220-500kV 电网继电保护装置运行整定规程》、《GB50150-2016》的规定要求。

仪器采用一体化结构，内置变频电源模块，可变频调压输出电源。采用数字滤波技术，避开了工频电场对测试的干扰，从根本上解决了强电场干扰下准确测量的

难题。

## 二、技术指标

准确测量各种高压输电线线路的

输入电源	三相 AC380V±10%，50Hz		
输出 最大电压	AC 200V 精度：1%		
输出 最大电流	5A		
输出信号频率	47.5Hz/52.5Hz；50Hz/50Hz		
测量范围	正序电容	正序阻抗	阻抗角
	零序电容	零序阻抗	
	耦合电容	互感电抗	
	0.1~50 μF	0.1~400 Ω	0~360°
测量分辨率	0.01 μF	0.01 Ω	0.01°
测量准确度	0.1 μF~1 μF 时	0.1 Ω~1 Ω 时 ±3%	±0.2° (电压>1.0V) ±0.3° (电压>0.2~1.0V)
	±3%±0.05 μF	±0.05 Ω	
	1 μF~50 μF 时 ±	1 Ω~400 Ω 时 ±3%	
	1.5%±0.03 μF	±0.03 Ω	
外形尺寸	620 mm×500 mm×600mm (含轮子)；重量：79kg		
抗干扰参数	干扰电压：接入仪器测试电源后的纵向感应电压<350V； 干扰电流：线路首末两端短接接地时<40A；		

	能在仪器输出信号与干扰信号比为 1:10 的条件下稳定准确完成测试。
使用环境	环境温度：- 15℃ ~ +40℃ 相对湿度：<90%

正序电容、零序电容、正序阻抗、零序阻抗、互感和耦合电容、相间电容等

仪器中的测量结果说明：

正序阻抗：已经折算成每相每千米的正序参数。

零序阻抗：已经折算成每相每千米的零序参数。

正序电容：已经折算成每相每千米线路对地的正序参数。

零序电容：已经折算成每相每千米的平均对地零序参数。

耦合电容：实际测量值，没有折算

互感阻抗：实际测量值，没有折算

相间电容：实际测量值，没有折算。

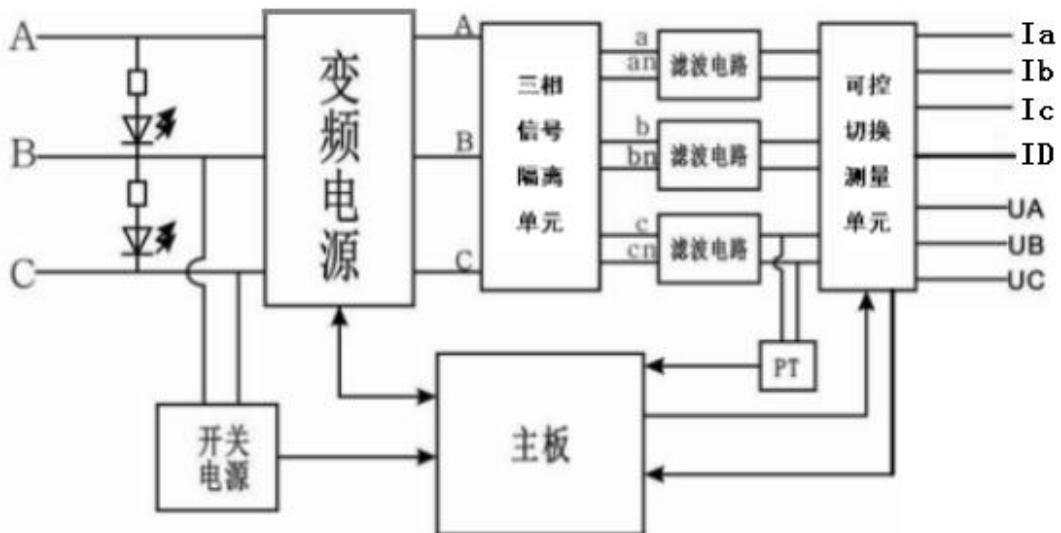
线地电容：实际测量值，没有折算。

线地阻抗：实际测量值，没有折算。

### 三、仪器特点

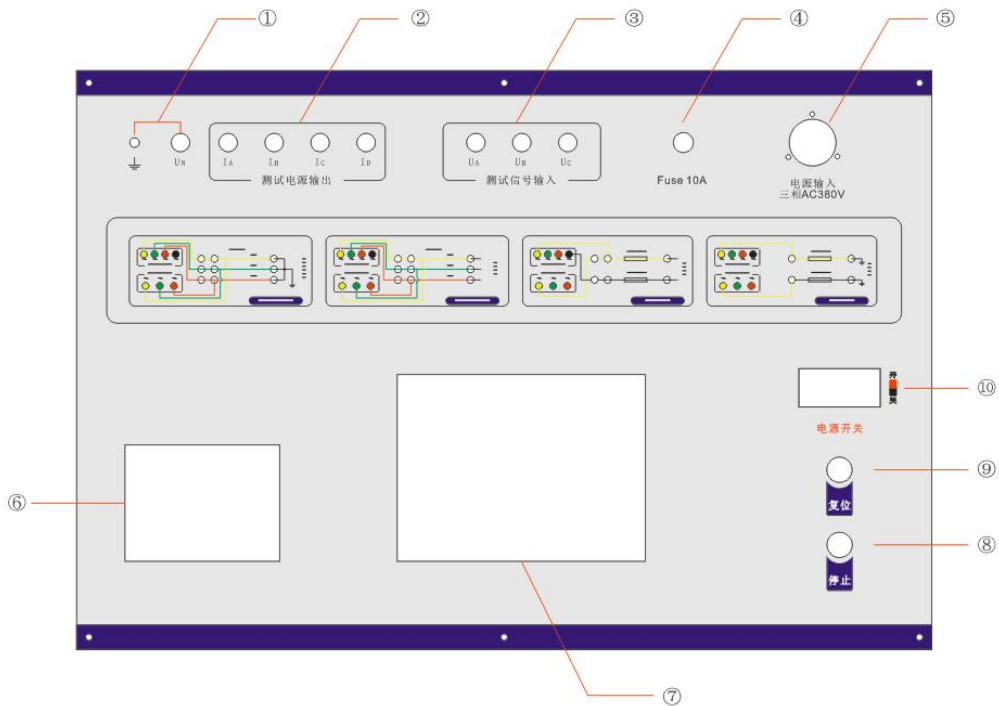
- 1、快速准确的完成线路的正序电容、零序电容、正序阻抗、零序阻抗等参数测量，同时还可以测量线路间的互感电抗、耦合电容、相间电容测量；
- 2、抗干扰能力强，能在异频信号与工频信号比为 1:10 的条件下准确测量；
- 3、外部接线简单，仅需一次接入被测线路的引线线就可以完成全部的线路参数测量；彻底解决现有测试手段存在的测试接线倒换繁琐、干扰、稳定度、精度等方面的问题。
- 4、仪器以高速单片机为内核，实现测试电源、仪表、计算模型一体化，将一卡车的设备浓缩为一台仪器。
- 5、仪器采用 8 寸彩色触摸屏显示，嵌入式汉字微型打印机打印结果；
- 6、仪器测试过程快捷，仪器自动完成测试，试验时间缩短，20 分钟内可完成传统方法 1 天的工作量；
- 7、测量精度高，轻松分离工频及杂波干扰，有效地实现小信号的高精度测量；

### 四、仪器原理



## 五、仪器主机





① 接地端：用于系统安全接地

接地端和  $U_n$  应分别接地，当测试相间阻抗、相间电容时， $U_n$  端不接地，保持悬空



- ② 测试电源输出：用于电流信号输出
- ③ 测试信号输入：用于电压信号输入
  
- ④ 保险管：用于保护设备
- ⑤ 电源输入：设备电源输入，三相 AC380V
- ⑥ 打印机：用于打印测试报告
- ⑦ 触摸屏：显示各项功能菜单，操作各项功能
- ⑧ 停止键：发生紧急情况的应急中断按键
- ⑨ 复位键：发生故障按此键使系统复位
- ⑩ 电源开关：负责设备电源供给

## 六、测试接线

开始接线或者测试前，被测线路的本端必须处于**接地**状态！

被测线路一般通过本端地刀接地或者接地引下线接地！

测试线接线完成后，才能将被测线路本端的接地解除，开始测量工作。

### 6.1. 测试线与线路本端的连接

A 通过接地棒接线步骤如下：

- (1) 拆掉接地棒上的地线，以便接上仪器测试线，需拆 3 根接地棒，如图 6-1；



图 6-1：拆掉接地棒地线



图 6-2：测试线通过绝缘棒引到被测线路

- (2) 将面板左上角的接地端子可靠接地；
- (3) 将黄色测试线较粗的接面板上的 IA 端子，较细接  $U_A$  端子，黄夹子夹在接地棒前端的金属上；
- (4) 将绿色测试线较粗的接面板上的 IB 端子，较细接  $U_B$  端子，绿夹子夹在接地棒前端的金属上；
- (5) 将红色测试线较粗的接面板上的 IC 端子，较细接  $U_C$  端子，红夹子夹在接地棒前端的金属上；
- (6) 将夹有黄、绿、红测试线的接地棒分别钩到被测线路的 A、B、C 相上，如图 6-3、图 6-4。

**B 通过接地引下线接线步骤如下：**

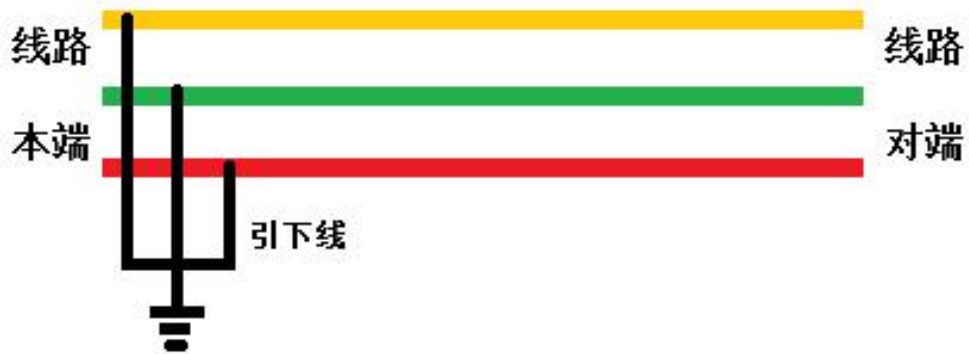


图 6-3 将被测线路本端引下线接地

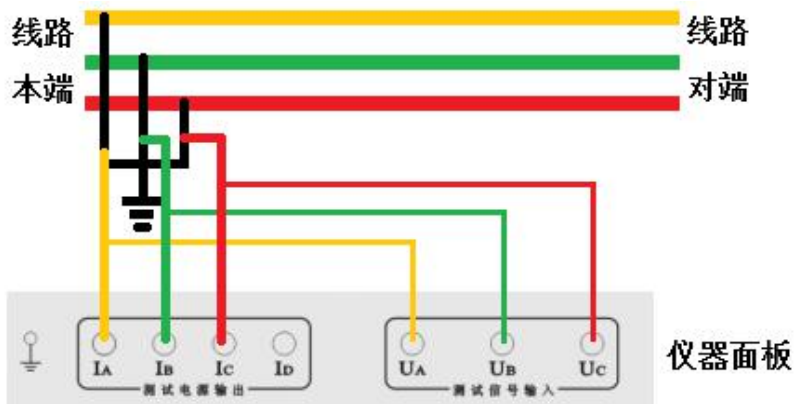


图 6-4 测试线通过接地引下线引到被测线路上

解除引下线的接地状态，如图 6-5。

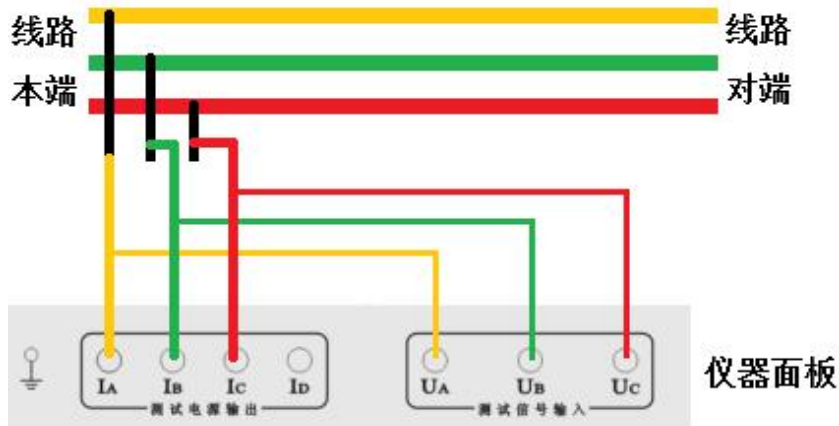


图 6-5 解除引下线的接地状态

## 6.2 正序电容/零序电容测试接线

正序电容测试接线，如图 6-7。

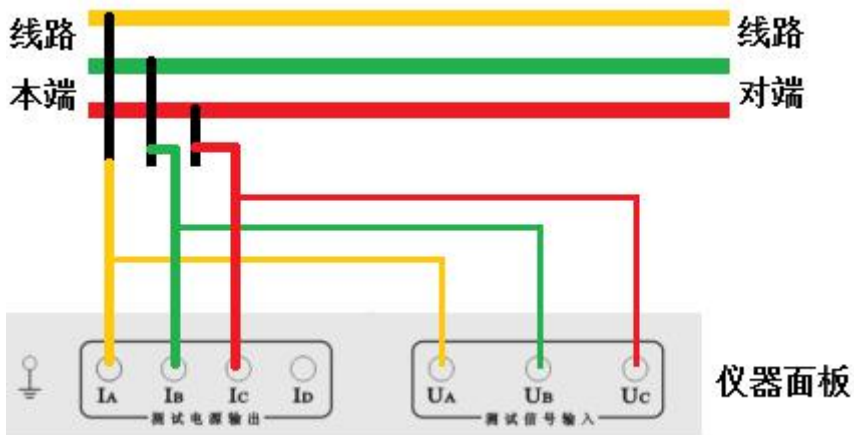


图 6-7 正序电容/零序电容测试接线图

在正序电容测试中，被测线路对端开路，将仪器电源输出至被测线路测量端外

侧电流引下线，电压测量输入端接至电压引下线，如图 6-7。

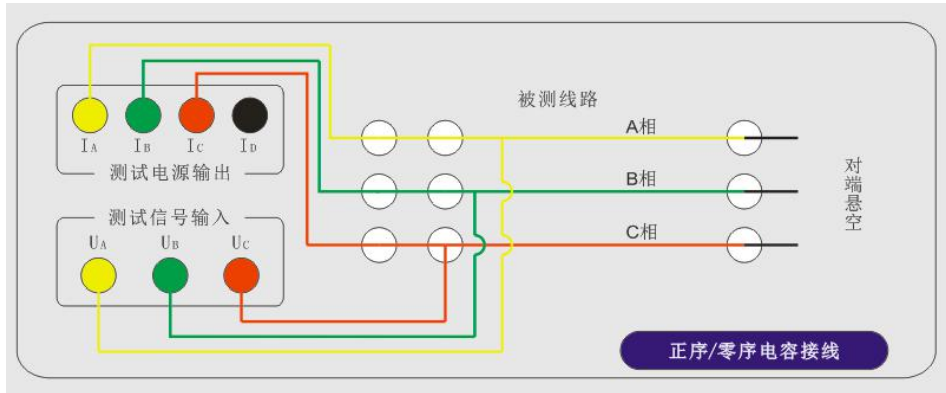


图 6-8 正序电容/零序测试接线

### 6.3 相间电容测试接线

当测试相间阻抗、相间电容时，UN 端不接地，保持悬空

相间电容测试时，例如测量线路 A 相和 B 相间的电容  $C_{AB}$ ：

线路对端开路，A 和  $U_A$  接 A 相线路，ID 接 B 相线路。如图 6-9。

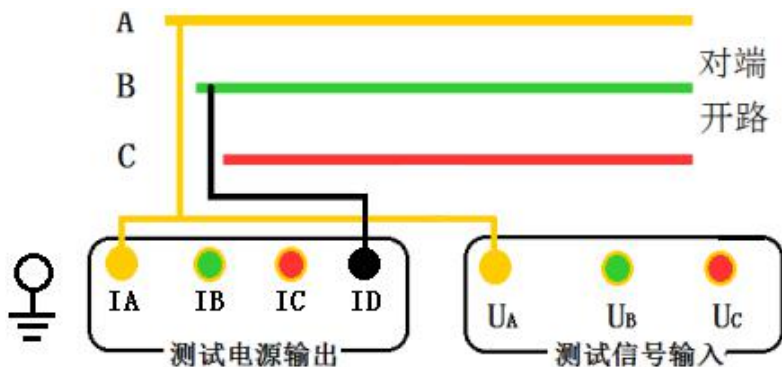


图 6-9 相间电容测试接线示意图

### 6.4 线地电容测试接线

线地电容测试时，例如测量线路 A 相对地的电容：

线路对端开路，A 和  $U_A$  接 A 相线路。如图 6-10。

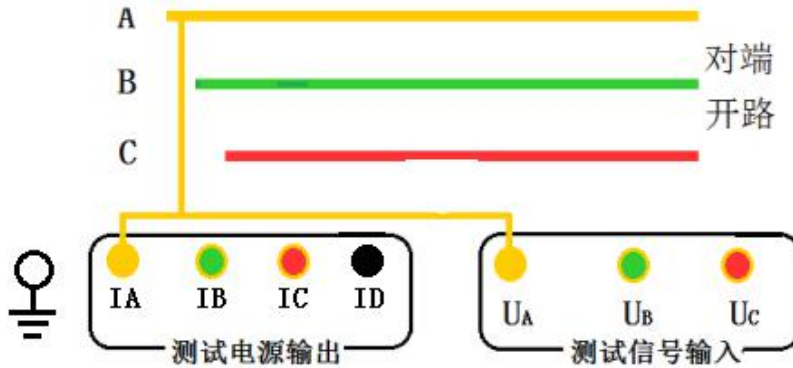


图 6-10 线地电容测试接线

### 6.5 正序阻抗 / 零序阻抗测试接线

进行正序阻抗测试时，将对端短接后接地，本端分接 A、B、C 三相，如图 6-11

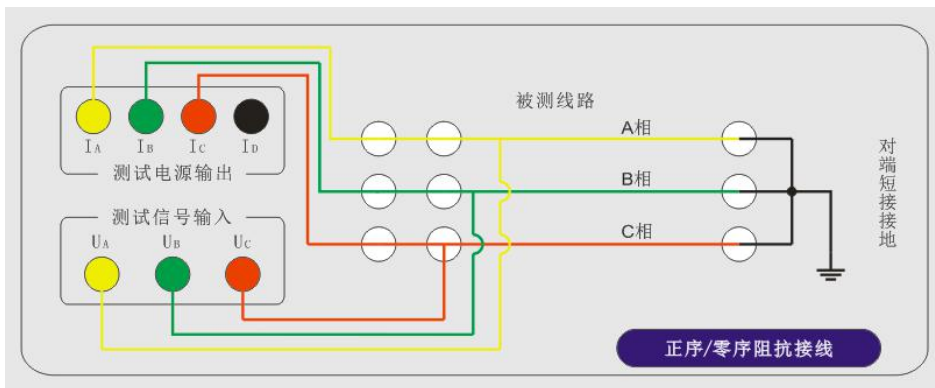


图 6-11 正序阻抗测试接线

### 6.6 相间阻抗测试接线

当测试相间阻抗、相间电容时，UN 端不接地，保持悬空

相间阻抗测试时，例如测量线路 A 相和 B 相间的阻抗：

将对端线路 B 接地，A 和  $U_A$  接 A 相线路， $I_D$  接 B 相线路。如图 6-12。

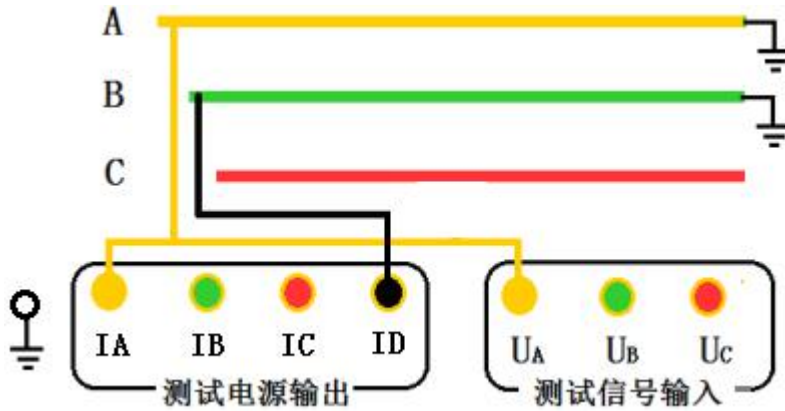


图 6-12 相间阻抗测试接线

## 6.7 线地阻抗测试接线

### 6.7.1 三相线路

线地阻抗测试时，例如测量线路 A 相对地间的阻抗：

将对端线路短接接地，A 和  $U_A$  接 A 相线路。如图 6-13。

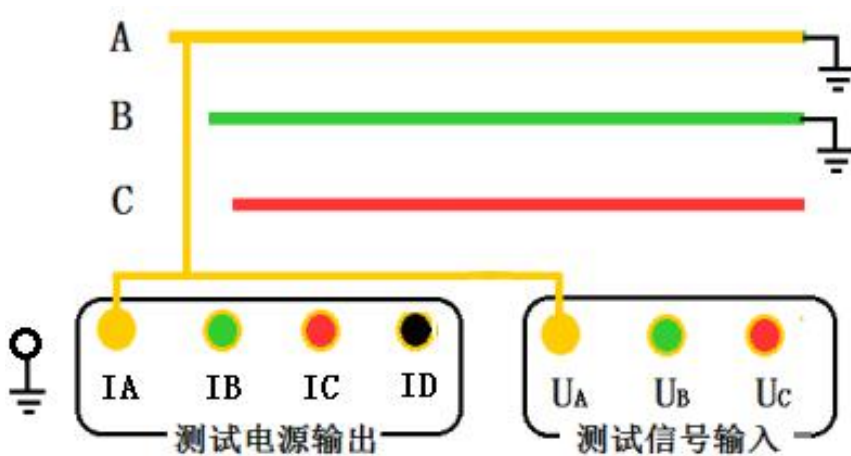


图 6-13 线地阻抗测试接线

### 6.7.2 接触网

线地阻抗测试时，例如测量接触线对铁轨的阻抗：

将对端线路短接接地，A 和 UA 接接触线。如图 6-14。

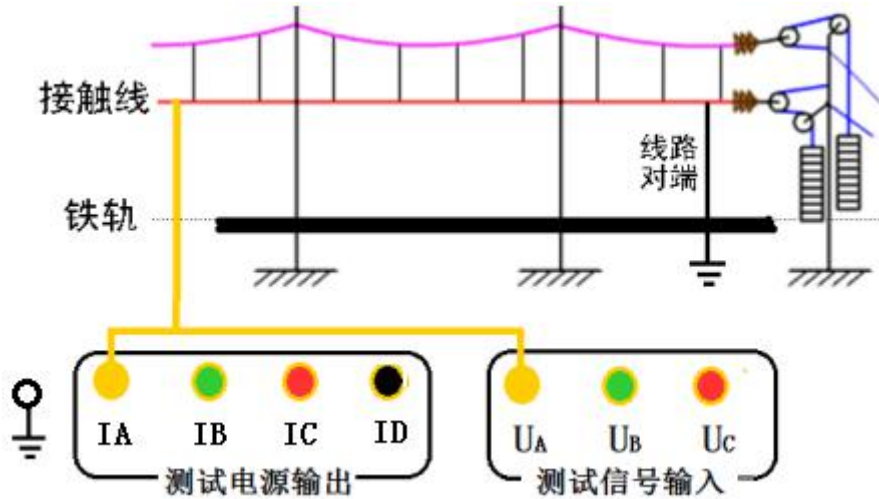


图 6-14 线地阻抗测试接线

### 6.8 互感测试接线

测试两条输电线路间的互感时，被测线路测量端和对端三相分别短接，对端接大地，将仪器输出 A 和电压测量端子  $U_A$  分别接入被测线路 1 和被测线路 2 的测试引下线，如图 6-15 和 6-16。

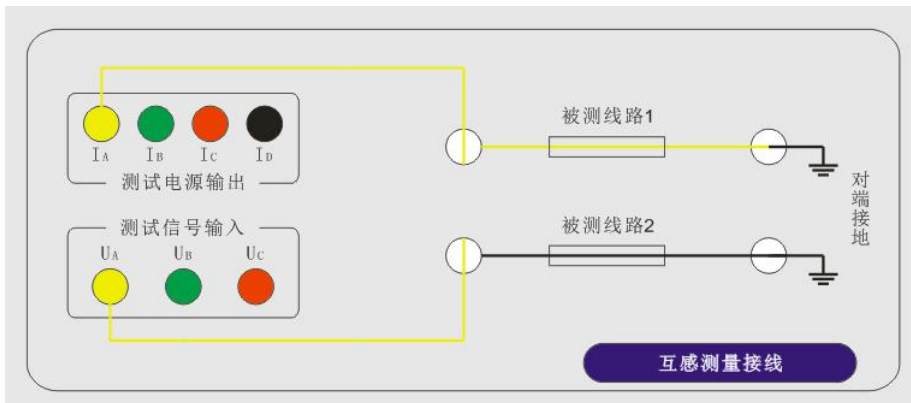




图 6-15 互感测试接线示意图

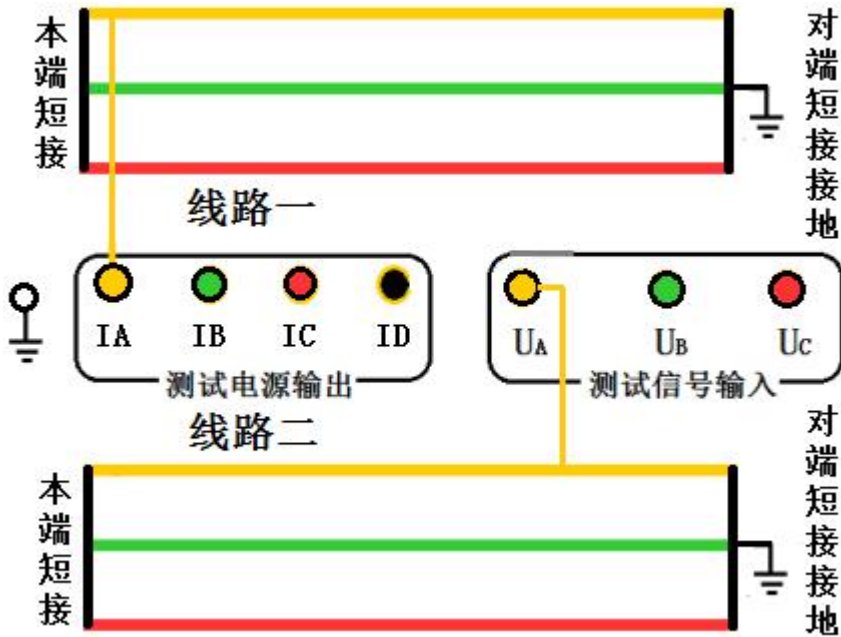


图 6-16 互感测试接线示意图

### 6.9 耦合电容测试接线

测试两条线路间的耦合电容时，被测线路 1、2 的测量端和对端三相分别短接，对端不接地，被测线路 1 的电流引下线 A 接至仪器输出端，电压引下线  $U_A$  接至电压测量端，被测线路 2 的首端接至 ID，如图 6-17 和 6-18。

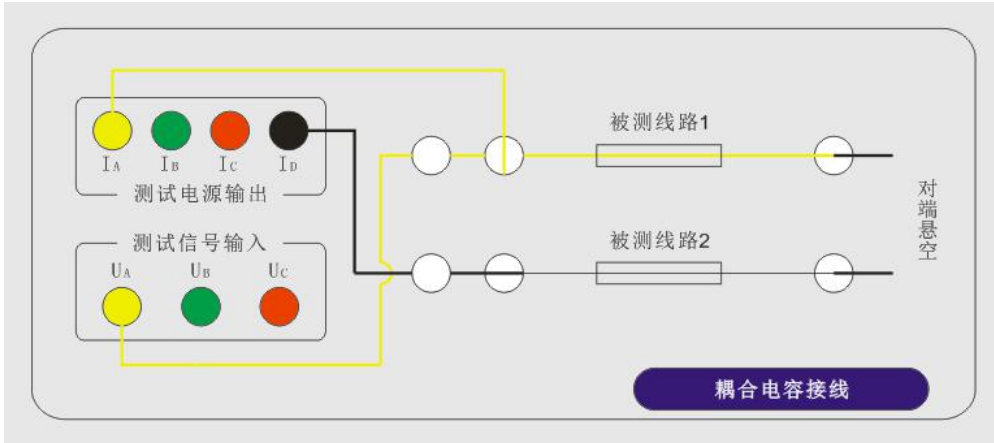


图 6-17 耦合电容测试接线示意图

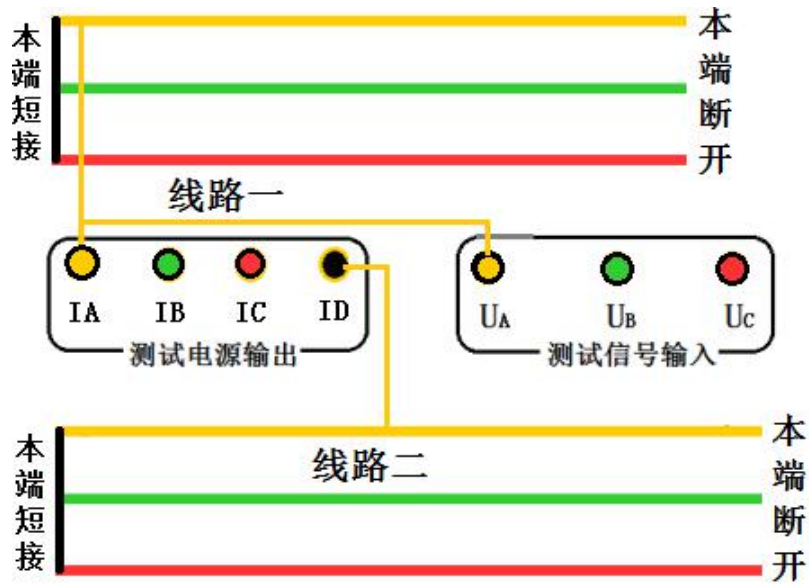


图 6-18 耦合电容测试接线示意图

## 七、软件操作说明

## 7.1 仪器开机界面



图 7-1 开机界面

## 7.2 测量界面 (以正序电容测量为例, 介绍操作步骤)

- 1) 开机界面点击**测量**菜单, 出现如图 7-3 界面。
- 2) 点击**正序电容**选项, 出现如图 7-4 接线说明界面。



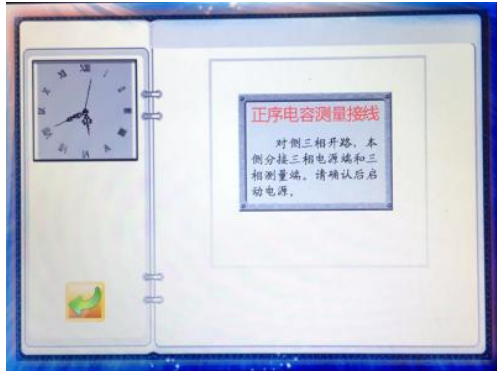


图 7-3 测量项目选择界面

图 7-4 接线说明界面

点击接线说明方框，仪器先测干扰电压，如图 7-5。

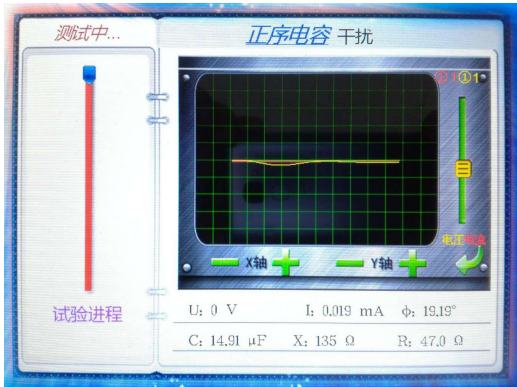


图 7-5 先测干扰电压

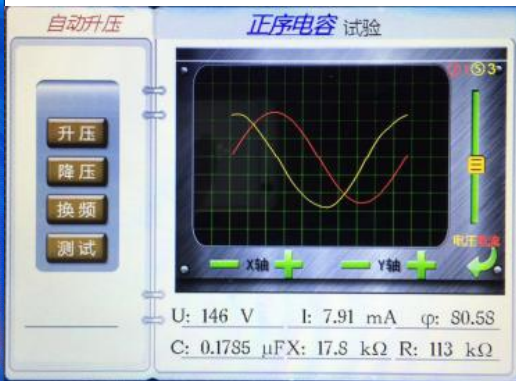


图 7-6 自动升压

3) 自动升压，当超过或低于设置电压，可点击升压和降压来手动调节。

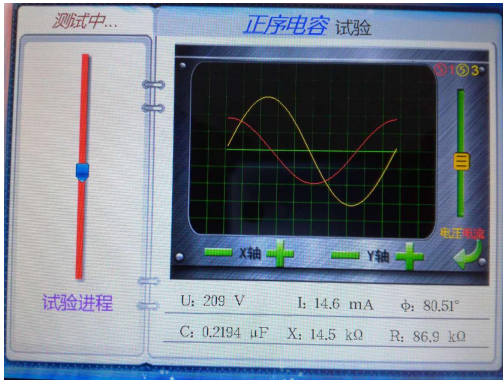


图 7-7 频率 1 自动测量

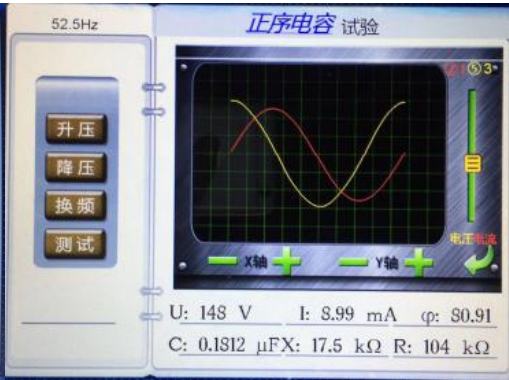


图 7-8 换频升压

仪器自动升到 200V 左右开始测量，如图 7-7。频率 1 下测量完毕，仪器自动换频升压，如图 7-8。换频升压完后，仪器自动测量。


频率 2 测量完成后，仪器自动降压，并显示测量结果，如图 7-9。



图 7-9 测量结果显示



图 7-10 测量结果表格显示

◆在图 7-9 界面下，点击  按钮，屏幕显示各项总值和公里值的表格，如图 7-10。



◆在图 7-10 界面下，点击  按钮，屏幕会返回到 7-9 界面。

◆在图 7-9 或 7-10 界面下，点击 **设置地点** 和 **试验人**，可输入中文，如图 7-11。

在 7-9 或 7-10 界面下，

点击 **退出**，退至开机界面；点击 **复测**，自动重复测量一次；

点击 **存入**，出现图 7-12 界面；点击 **打印**，自动打印界面显示内容。

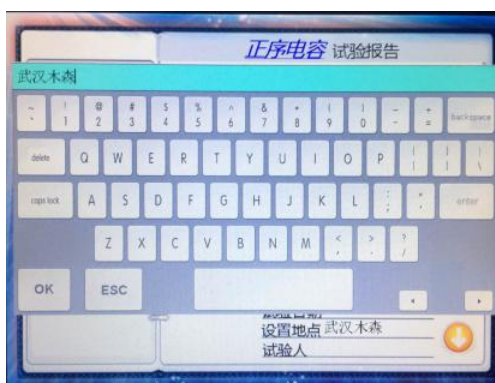
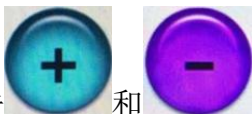


图 7-11 中文输入界面




图 7-12 保存界面



◆图 7-12 中，点击  和 ，即把数据存入想要存入的组里；

◆图 7-12 中，，表示存储数据的信息栏，即可通过它大概知道仪器剩余存储量；





◆图 7-12 中， 表示确认保存，点击后仪器自动将数据存入第 4 组；

◆图 7-12 中， 键同  。

### 7.3 查询界面

在开机界面下点击查询，出现图 7-13 界面（查询界面同保存界面）。

在查询界面，点击  键即进入第 4 组数据中查看，如图 7-13，点击  键即表示返回，即退至开机界面。

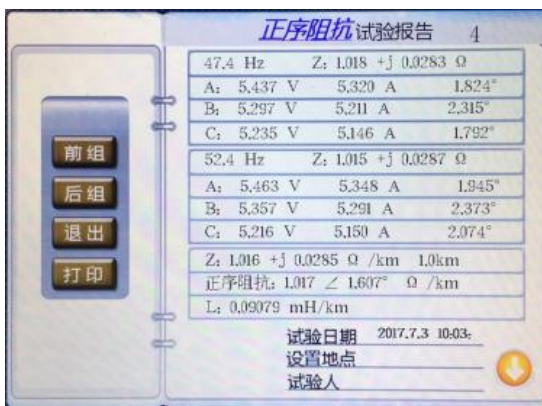


图 7-13 查询第 4 组数据界面



图 7-14 校时界面

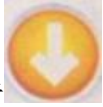
◆图 7-13 中，

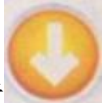
点击前组，屏幕显示第 3 组数据；

点击后组，屏幕显示第 5 组数据；

点击退出，仪器退至开机界面；

点击打印，仪器打印界面内容；



点击 ，屏幕显示总值和公里值的表格内容。

## 7.4 校时界面

如图 7-14，点击数字键即输入时间。

## 7.5 测试数据说明

图 7-15 为线路参数测试仪，正序阻抗测量结果的屏幕显示：

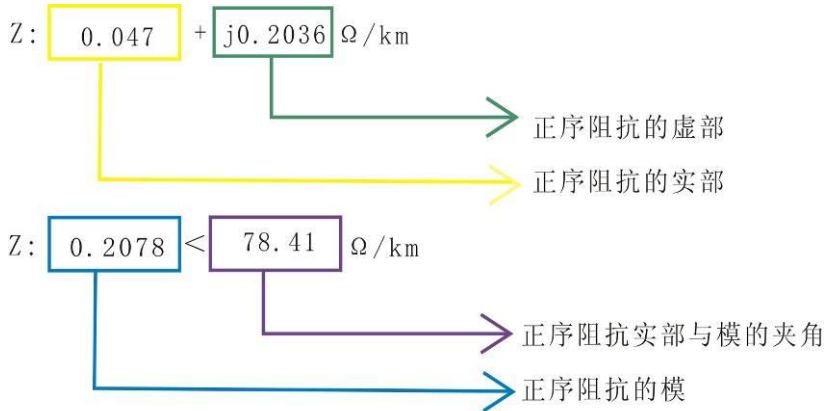
44.9HZ	Z:0.1606+j0.7121Ω		
A:	3.494V	5.380A	-79.28°
B:	4.043V	5.446A	-82.86°
C:	4.375V	5.446A	-70.36°
55.1HZ	Z:0.1650+j0.8786Ω		
A:	3.705V	4.788A	-81.64°
B:	4.430V	4.843A	-86.64°
C:	4.808V	4.846A	-70.72°
Z:0.0417+k0.2306Ω/km			
Z:0.2078<78.41° Ω/km			
正序阻抗: 0.6819mH/km 3.9km			

图 7-15：正序阻抗测试数据

注：零序参数与正序参数相同

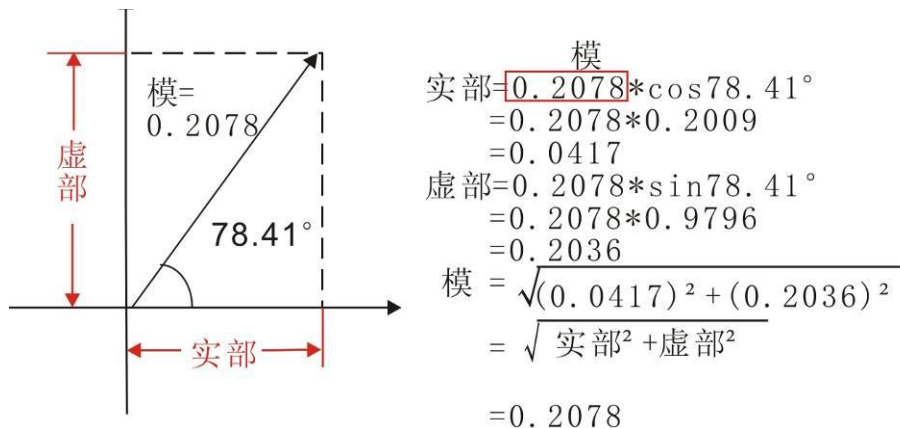


### 7.5.1 以下为虚部、实部的解释说明：



正序阻抗: 0.64819mH/km  
 将正序阻抗的虚部换算成电感值  
 计算公式及过程如下:  
 $L = Z/w = Z/2\pi f = 0.2036/2 * 3.14 * 50 = 0.648\text{mH}$

### 7.5.2 相量法说明：



## 八、仪器成套性

序号	名称	数量	单位
1	测试仪主机	1	台
2	双测试线（黄、绿、红）	各 1	根
3	单测试线（黑）	1	根
4	接地线	1	根
5	三相 AC380V 线盘	1	个
6	AC380V 电源线	1	根
7	除锈锉刀	1	把
8	热敏打印纸	2	卷
9	保险管 10A	5	个
10	产品合格证	1	枚
11	使用说明书	1	本
12	出厂检测报告	1	份