



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. 将电源输出信号地 N 可靠接入大地；
4. 各接地端子应分别接地，不能在面板上将各端子短接后接地！
5. 将仪器测试线连接至被测试线路的引下线；
6. 开始测试前打开线路引下线的接地；
7. 所有测试完成后，将线路引下线可靠接地；
8. 拆除仪器测试线；
9. 拆除电源信号地 N 和裸铜地线；
10. 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！

**目 录**

一、概 述.....	2
二、技术指标.....	3
三、仪器特点.....	4
四、仪器原理.....	4
五、外观展示.....	5
六、测试接线.....	5
6.1. 测试线与线路本端的连接.....	5
6.2 感应电压测试接线.....	7
6.3 正序电容测试接线.....	7
6.4 零序电容测试接线.....	8
6.5 相间电容测试接线.....	9
6.6 线地电容测试接线.....	10
6.7 正序阻抗测试接线.....	10
6.8 零序阻抗测试接线.....	12
6.9 相间阻抗测试接线.....	12
6.11 互感测试接线.....	14
6.12 耦合电容测试接线.....	14
七、软件操作说明.....	15
7.1 仪器开机界面.....	15
7.2 设置界面.....	15
7.3 测量界面（以正序电容测量为例，介绍操作步骤）.....	15
7.4 查询界面.....	18
7.5 校时界面.....	19
7.6 测试数据说明.....	19
7.6.1 以下为虚部、实部的解释说明：.....	20
7.6.2 相量法说明：.....	20
八、设备清单.....	21

**MS-110B 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》、《GB50150-2006》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

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

输入	三相 AC380V±10%，50Hz		
输出	AC 200V 精度：1%		
输出	5A		
输出	42.5Hz/57.5Hz；45Hz/55Hz；47.5Hz/52.5Hz；50Hz/50Hz		
测量范围	正序电容	正序阻抗	阻抗角
	0.1~50 μF	0.5~400 Ω	0~360°
测量	0.01 μF	0.01 Ω	0.01°
测量	0.1 μF~1 μF 时 ±	0.5 Ω~1 Ω 时 ±3%±	±0.2° (电
外形	535 mm×435 mm×360mm (不含轮子)；重量：61kg		
抗干扰	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；		
使用	环境温度：-15℃~+40℃ 相对湿度：<90%		

本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。

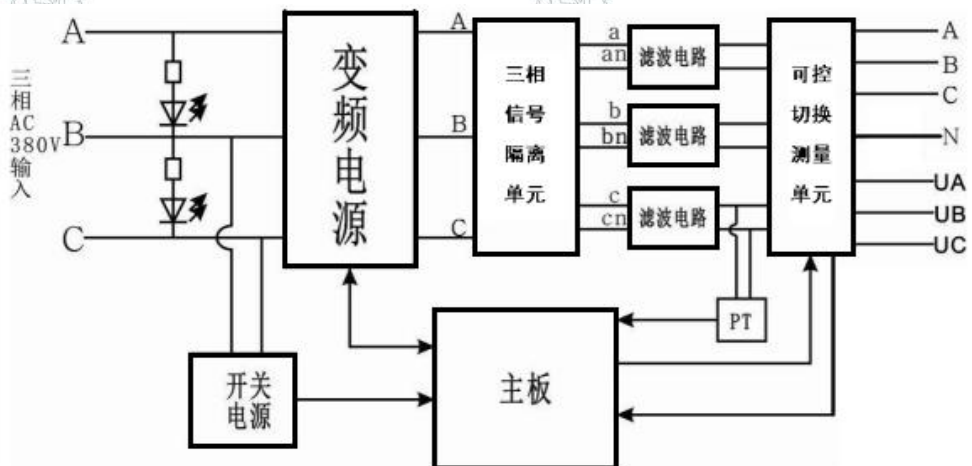


三、仪器特点

- 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 320*240 大屏幕点阵液晶显示，进口旋转鼠标操作，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，一分钟完成一个序参数的测量，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，三组异频电源 42.5Hz/57.5Hz 45Hz/55Hz 47.5Hz/52.5Hz 一组工频电源 50.0Hz/50.0Hz

可供选择，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、外观展示



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；





MS-110B 线路工频参数测试仪

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上

- (2) 将仪器面板左上角的接地端子、信号地 N 可靠接入大地;
- (3) 将黄色测试线较粗的接面板上的 A 端子, 较细接 U_A 端子, 黄色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 B 端子, 较细接 U_B 端子, 黄色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 C 端子, 较细接 U_C 端子, 黄色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 6-2。

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

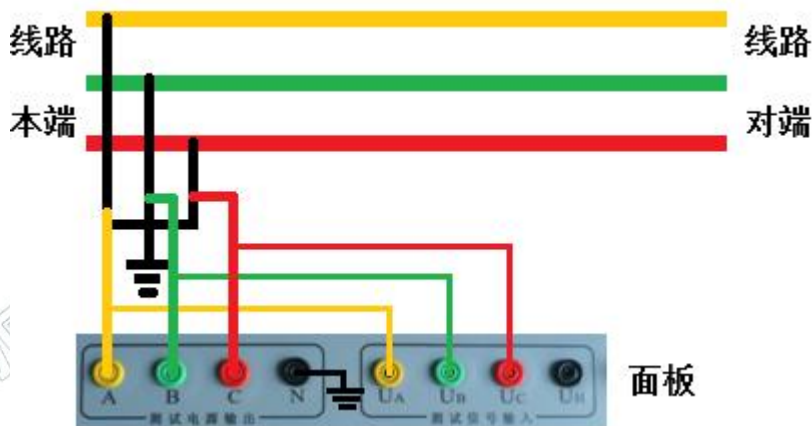


图 6-4 测试线通过接地引下线引到被测线路上

解除引下线的接地状态, 如图 6-5。

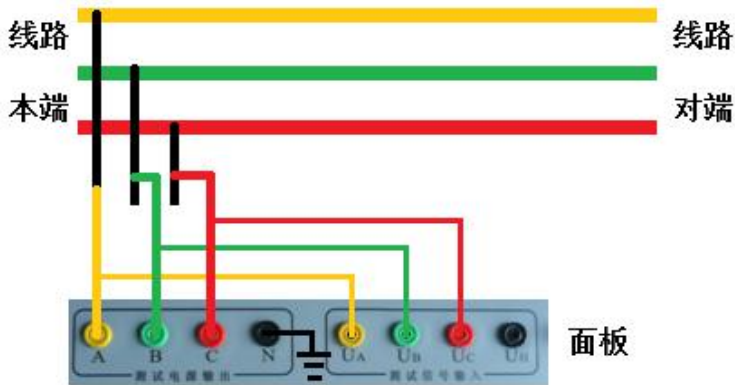


图 6-5 解除引下线的接地状态

6.2 感应电压测试接线

接线如图 6-5 所示

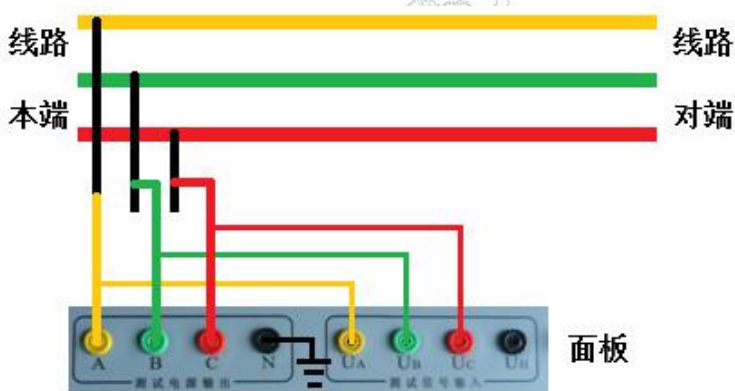


图 6-5 感应电压测量接线

在菜单中选中“感应电压”后，垂直接下鼠标，仪器自动测量三相感应电压。

6.3 正序电容测试接线

在进行正序电容测试前必须测量线路的感应电压. 如果三相线路上有任意一相感应电压超过 100V, 需将仪器所配的抗干扰器并在面板上的 U_A 、 U_B 、 U_C 和 N 之间, 如图 6-6。

感应电压的测量在 **测量** 选项的第一行, 选中后垂直接下鼠标, 仪器自动测量三相感应电压。

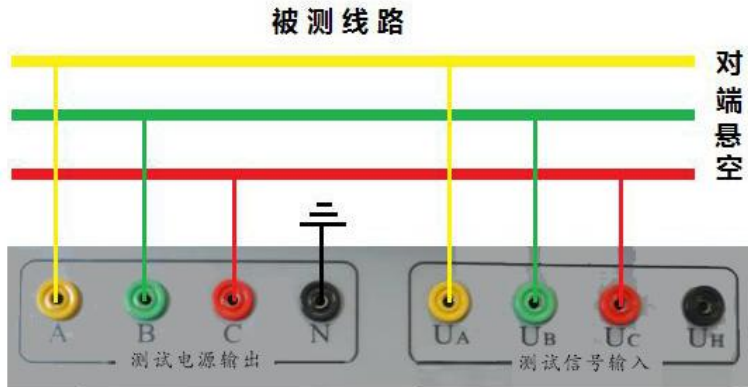


图 6-6 正序电容测试并上抗干扰器后的接线图

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。

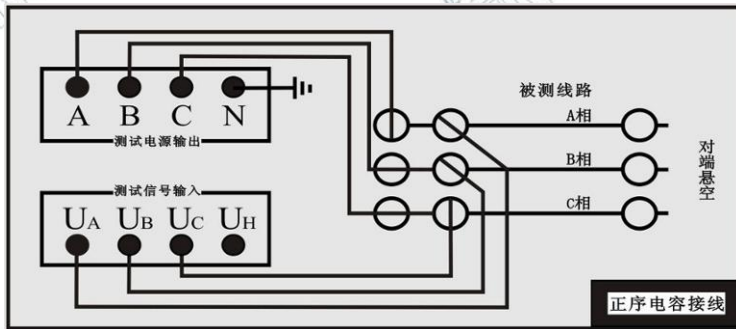


图 6-7 正序电容测试接线

6.4 零序电容测试接线

在进行零序电容测试前，必须测量线路的感应电压，如果三相线路上有任意一相感应电压超过 100V，需将仪器所配的抗干扰器并在面板上的 U_A 、 U_B 、 U_C 和 N 之间，如图 6-8。



MS-110B 线路工频参数测试仪
被测线路

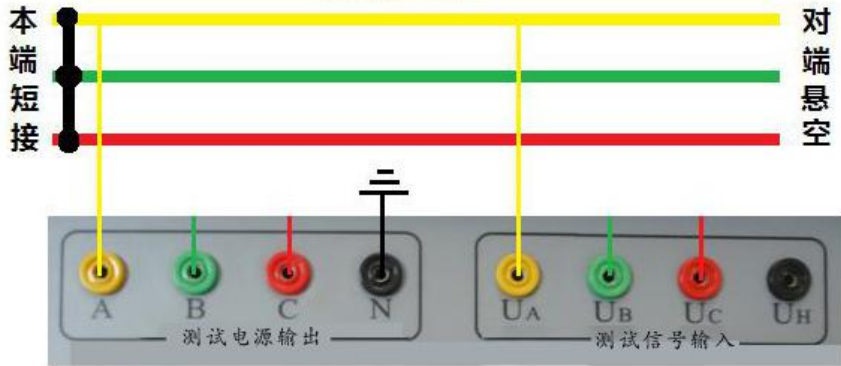


图 6-8 零序电容测试并上抗干扰器后的接线图

在零序电容（零序开路）测试中，仪器信号引线与正序阻抗测试接线一致，通过仪器内部的控制回路切换测试信号连接方式，实际的测试接线，如图 6-9。

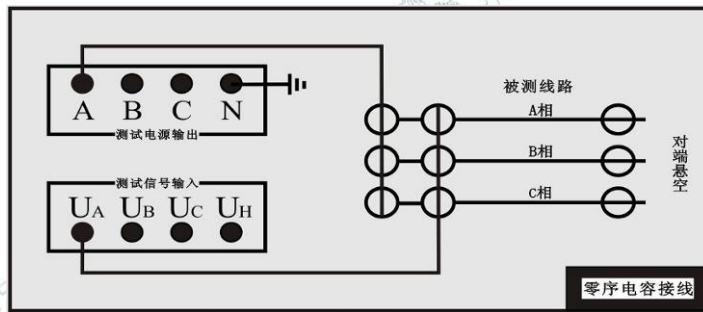


图 6-9 零序电容测试接线

6.5 相间电容测试接线

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， U_H 接 B 相线路，N 不接地。如图 6-10。

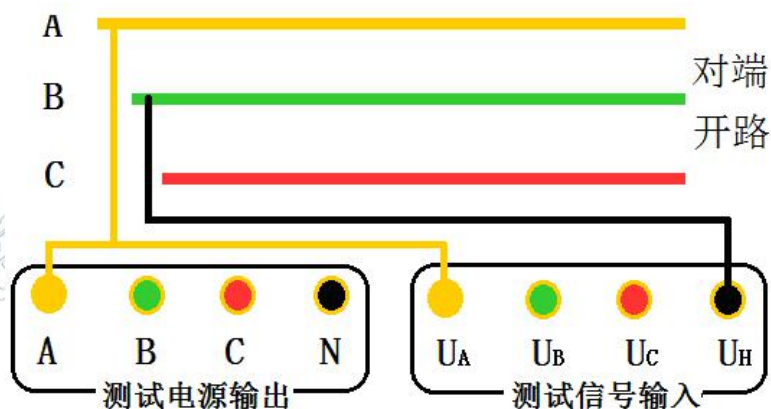


图 6-10 相间电容测试接线示意图

6.6 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 UA 接 A 相线路，N 接地。如图 6-11。

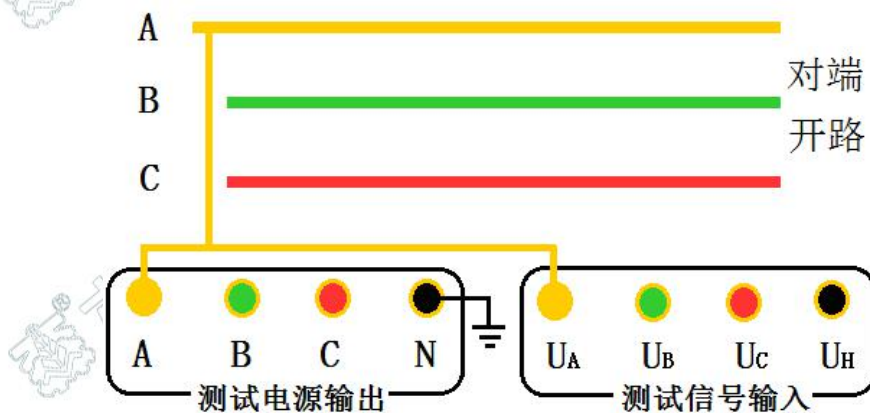


图 6-11 线地电容测试接线

6.7 正序阻抗测试接线

进行正序阻抗测试时，将对端短接后接地，如图 6-12。

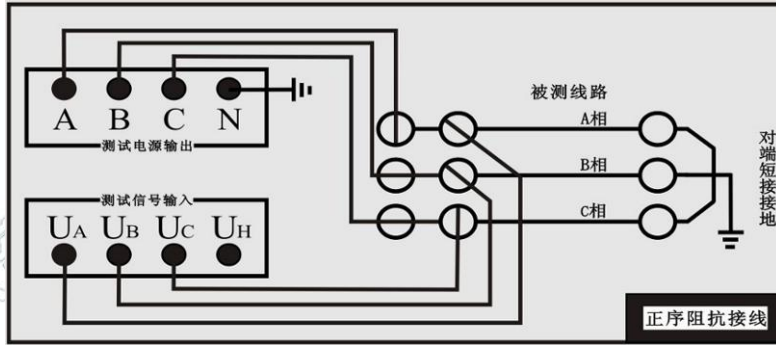


图 6-12 正序阻抗测试接线



6.8 零序阻抗测试接线

零序阻抗（零序短路）测试时，将对端线路短接，并可可靠接至大地，如图 6-13。

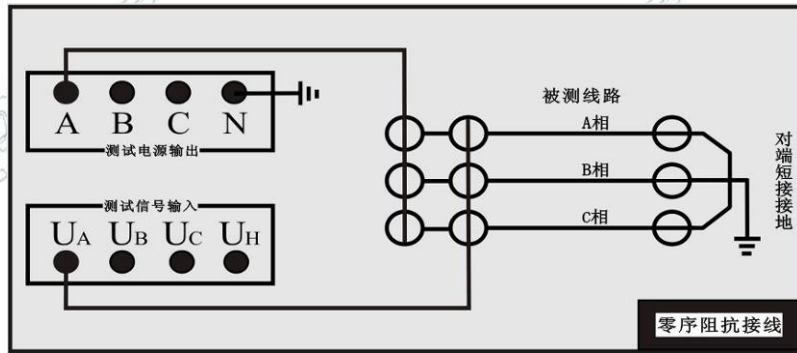


图 6-13 零序阻抗测试接线

6.9 相间阻抗测试接线

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 UA 接 A 相线路，UH 接 B 相线路，N 不接地。如图 6-14。

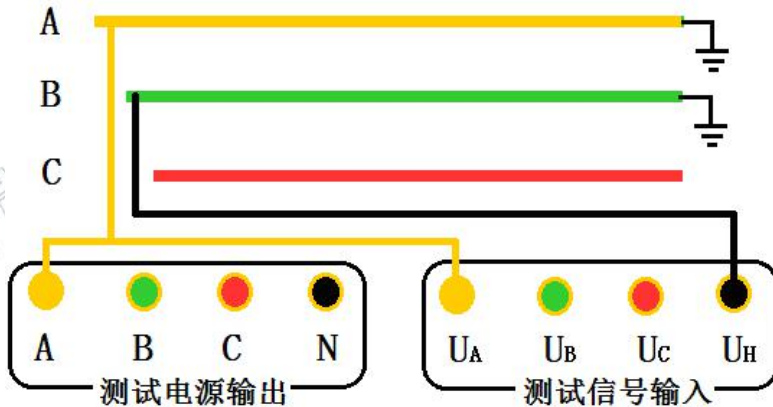


图 6-14 相间阻抗测试接线


6.10 线地阻抗测试接线
A 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，N 接地。如图 6-15。

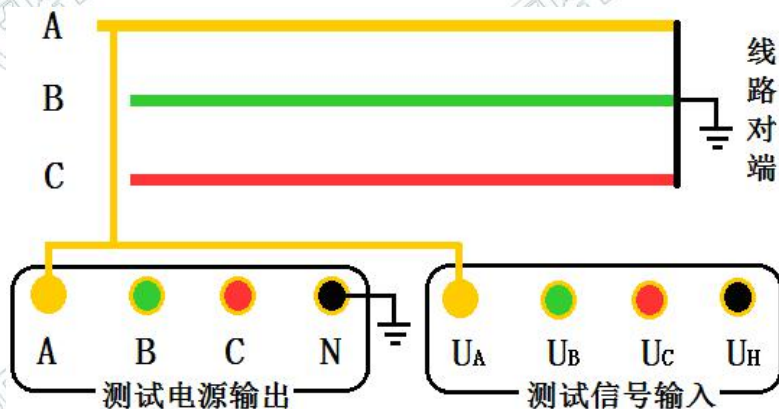


图 6-14a 线地阻抗测试接线

B 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 U_A 接接触线，N 接地。如图 6-15。

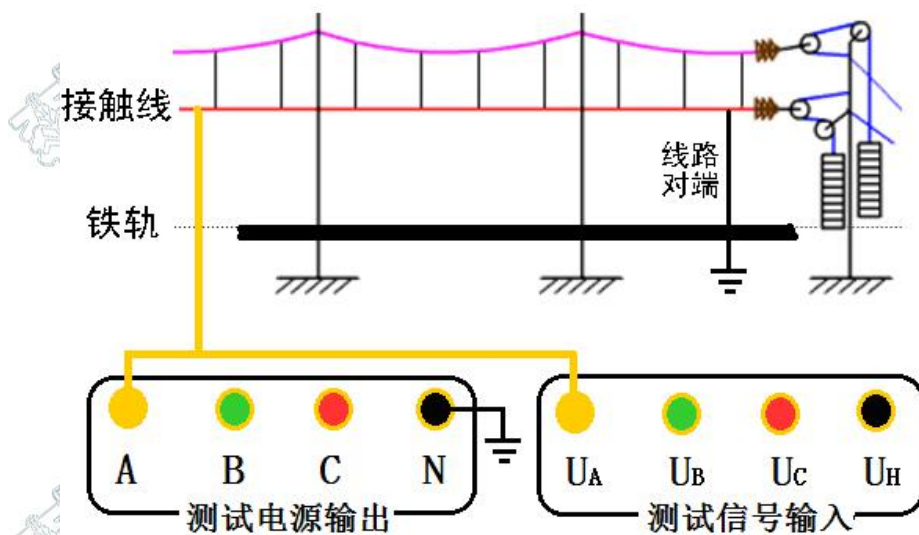


图 6-14b 线地阻抗测试接线



6.11 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 6-16。

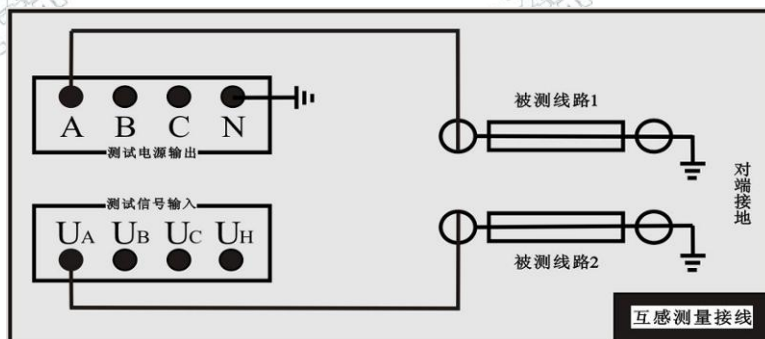


图 6-16 互感测试接线示意图

6.12 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 U_H ，N 端接大地，如图 6-17。

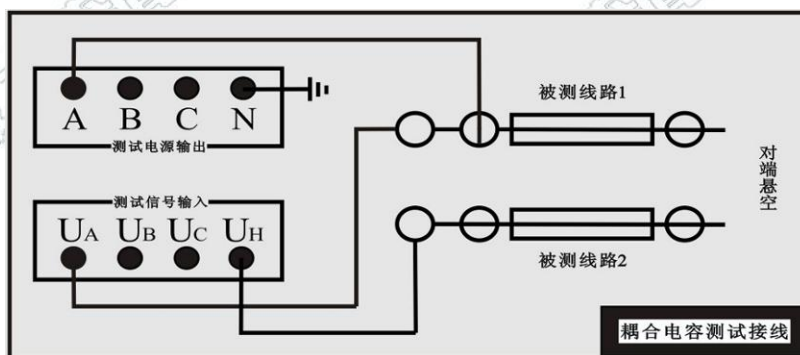


图 6-17 耦合电容测试接



七、软件操作说明

7.1 仪器开机界面



图 7-1 开机界面

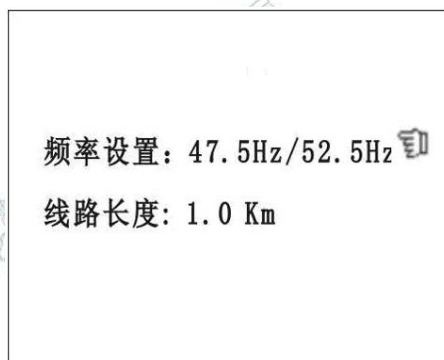


图 7-2 设置界面

7.2 设置界面

频率设置：三组异频 42.5Hz/57.5Hz、45Hz/55Hz、47.5Hz/52.5Hz、
一组工频 50Hz/50Hz

线路长度：0.1km ~999.9 km 内任意设置，线路长度设置好后，仪器自动计算出每公里的数值。

7.3 测量界面（以正序电容测量为例，介绍操作步骤）

- 1) 选中**测量**菜单，出现如图 7-3 界面。
- 2) 选中**正序电容**选项，出现如图 7-4 接线说明的界面。垂直按下鼠标确认，

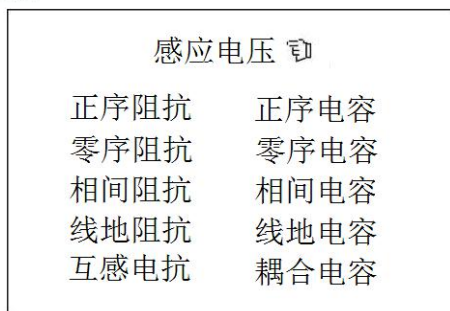


图 7-3 测量项目选择界面

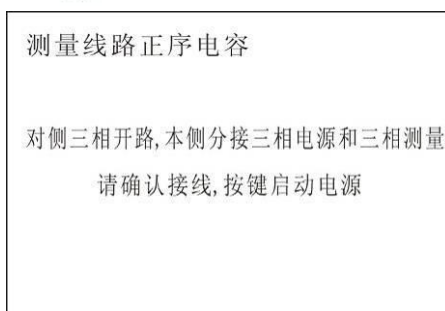


图 7-4 接线说明界面

- 3) 仪器内部电源自动升到设置实验电压附近，如图 7-5。

- 4) 如果自动升压，当超过或低于设置电压，可通过**升压**和**降压**来手动干预。



MS-110B 线路工频参数测试仪

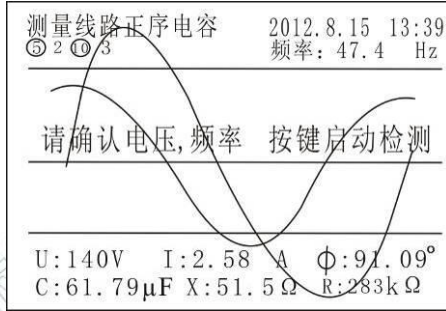


图 7-5 内部电源升压后的界面

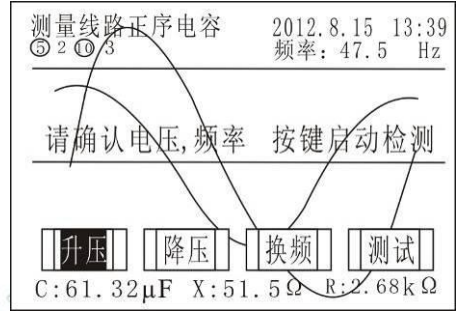


图 7-6 子菜单界面

此时左旋或右旋鼠标，出现如图 7-6 中的子菜单，**升压**和**降压**是调节内部电源的输出电压。如果此时不想使用设置菜单中的频率组合，可以选中**换频**菜单，挑选其它的频率组合，如图 7-7。



图 7-7 换频菜单界面

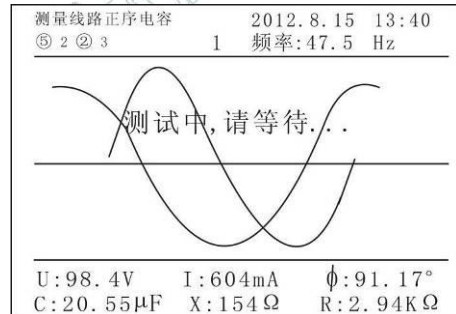


图 7-8 频率 1 测量界面

当所有参数都设置好后，仪器开始自动按设置好的频率 1（47.5Hz）测量，如图 7-8。

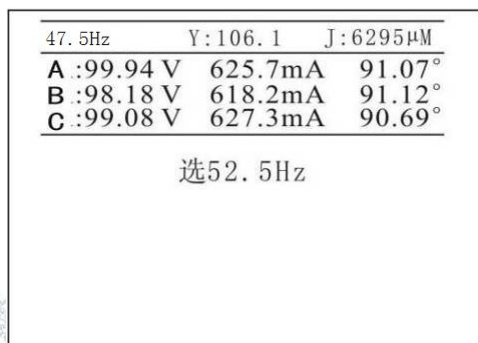


图 7-9 自动换频界面

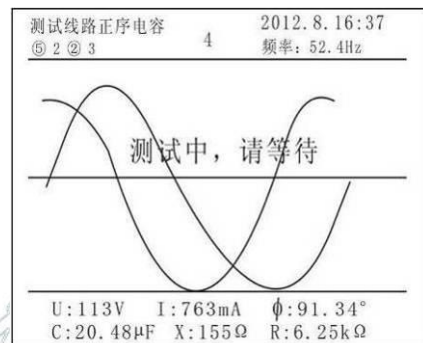


图 7-10 频率 2 测量界面

当频率 1 测量完成后，仪器显示频率 1 的测量结果如图 7-9，然后自动转向频



率 2 (52.5 Hz) 测量, 如图 7-10。

当频率 2 测量完成后, 仪器自动降压, 并显示综合测量结果, 如图 7-11。

47.5Hz	Y:121.7 + J 6134 μ M		
A:98.43V	604.4mA	91.17°	
B:96.90V	595.6mA	91.19°	
C:98.02V	599.9mA	91.04°	
52.4Hz	Y:162.9 + J 6701 μ M		
A:110.4V	725.6mA	91.46°	
B:106.5V	721.6mA	91.45°	
C:111.9V	721.0mA	91.26°	
Y:142.3 + j 6418 μ M/Km			
Y:60420 \angle -88.72 mM/Km			
正序电容: 20.43 μ F/Km 1.0Km			

47.5Hz	Y:121.7 + J 6134 μ M		
A:98.43V	604.4mA	91.17°	
B:96.90V	595.6mA	91.19°	
C:98.02V	599.9mA	91.04°	
52.4Hz	Y:162.9 + J 6701 μ M		
A:110.4V	725.6mA	91.46°	
B:106.5V	721.6mA	91.45°	
C:111.9V	721.0mA	91.26°	
Y:142.3 + j 6418 μ M/Km			
退出 重测 存入 打印			

图 7-11 测量完成后的界面

图 7-12 显示结果下子菜单界面

◆在图 7-11 界面下, 左旋或右旋鼠标, 出现图 7-12 下的四个子菜单。

◆在图 7-11 界面下, 垂直按鼠标, 出现图 7-13 界面, 7-13 界面以表格形式呈现测量结果。

正序电容测试数据		
线路长度: 1.0km		
	总值	每公里值
电导	8.967 μ M	8.967 μ M
电纳	642.8 μ M	642.8 μ M
导纳	642.9 μ M	642.9 μ M
电容	2.0462 μ F	2.0462 μ F
2017.2.23 16:05		

图 7-12 测量结果表格显示

◆在图 7-12 界面下,

选中 **退出**, 出现图 7-14 界面;

选中 **重测**, 则仪器在此界面下重新测量;

选中 **存入**, 则出现图 7-15 界面;

选中 **打印**, 仪器自动打印此界面内容。



图 7-14 退出界面



图 7-15 存入界面

◆在图 7-14 界面中，选中**确认**，则退回至开机界面；如选中**否认**，则停留在 7-11 界面。

◆在图 7-15 界面中，选中**退出**，则出现 7-14 的界面；**减1**和**加1**是通过加减数把此次测量数据存入想存得存储组里。如果仪器里已存了第一组数据，如果选中存入第一组记录，仪器自动将数据存入第二组，依此类推。仪器可存储 200 组数据。

7.4 查询界面

在开机界面下选中查询，出现如图 7-16 界面。



图 7-16 查询界面

1)		
45.0Hz	Z:10.25 + J 1.827Ω	
A:26.27V	2.470mA	-9.082°
B:27.61V	2.613mA	-9.481°
C:26.81V	2.499mA	-10.16°
55.0Hz	Z:10.54 + J 2.109μM	
A:24.85V	2.317mA	-10.81°
B:26.01V	1.426mA	-11.26°
C:25.39V	2.345mA	-12.09°
Z:10.53 + j 2.148Ω/Km		
Z:10.75 ∠ 11.52° Ω/Km		
正序阻抗: 6.839mH/Km 1.0Km		

图 7-17 第一组数据查询界面

选中**退出**，则退回至开机界面；**减1**和**加1**是通过加减数找到要查询的数据，图 7-17 的右上角显示有 1) 字样，表示查询此界面下的数据为第一组。在 7-17 界面下，左旋或右旋鼠标，出现如图 7-18 界面。



45.0Hz		Z: 10.25 + j 1.827 Ω	
A: 26.27V	2.470mA	-9.082°	
B: 27.61V	2.613mA	-9.481°	
C: 26.81V	2.499mA	-10.16°	
55.0Hz		Z: 10.54 + j 2.109 μM	
A: 24.85V	2.317mA	-10.81°	
B: 26.01V	1.426mA	-11.26°	
C: 25.39V	2.345mA	-12.09°	
Z: 10.53 + j 2.148 Ω / Km			
[下页]		[上页] [退出] [打印]	



图 7-18 查询界面下的子菜单

图 7-19 校时界面

如果仪器里存了 10 组数据，而 7-18 界面中的数据为第一组，选中 **[下页]**，则显示第二组数据；选中 **[末页]**，则显示第十组数据；选中 **[退出]**，则直接退至开机界面。

7.5 校时界面

如图 7-19 所示，左旋鼠标为减数值，右旋则为加，垂直按下鼠标则为换项。

7.6 测试数据说明

图 7-20 为线路参数测试仪，正序阻抗测量结果的屏幕显示：

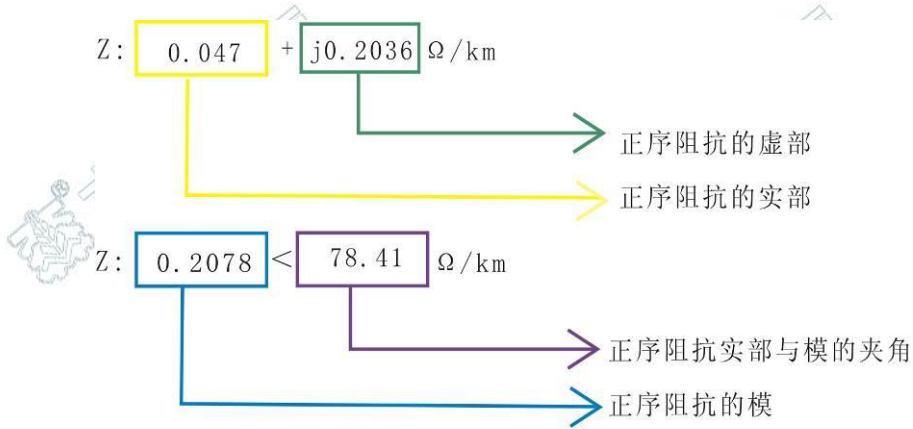
44.9HZ	Z: 0.1606 + j0.7121 Ω		
A: 3.494V	5.380A	-79.28°	
B: 4.043V	5.446A	-82.86°	
C: 4.375V	5.446A	-70.36°	
55.1HZ	Z: 0.1650 + j0.8786 Ω		
A: 3.705V	4.788A	-81.64°	
B: 4.430V	4.843A	-86.64°	
C: 4.808V	4.846A	-70.72°	
Z: 0.0417 + k0.2306 Ω / km			
Z: 0.2078 < 78.41° Ω / km			
正序阻抗: 0.6819mH/km 3.9km			

图 7-20: 正序阻抗测试数据



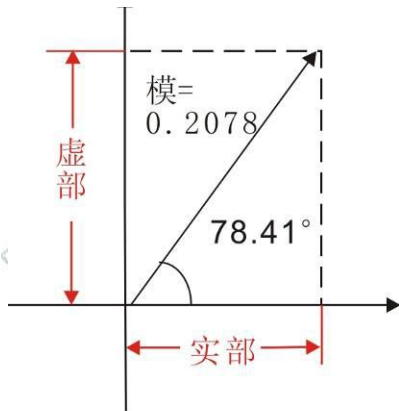
注：零序参数与正序参数相同

7.6.1 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:
 $L = Z/w = Z/2\pi f = 0.2036/2 * 3.14 * 50 = 0.648\text{mH}$

7.6.2 相量法说明：



$$\begin{aligned} \text{实部} &= \overset{\text{模}}{0.2078} * \cos 78.41^\circ \\ &= 0.2078 * 0.2009 \\ &= 0.0417 \\ \text{虚部} &= 0.2078 * \sin 78.41^\circ \\ &= 0.2078 * 0.9796 \\ &= 0.2036 \\ \text{模} &= \sqrt{(0.0417)^2 + (0.2036)^2} \\ &= \sqrt{\text{实部}^2 + \text{虚部}^2} \\ &= 0.2078 \end{aligned}$$

**八、设备清单**

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（黄）	1	根
4	单测试线（黑）	1	根
5	接地裸铜线	1	根
6	三相 AC380V 电源线	1	根
7	热敏打印纸	2	卷
8	产品合格证	1	枚
9	说明书	2	本
10	出厂检测报告	1	份