

# 前 言

衷心感谢您选用本公司的产品，您因此将获得本公司全面的技术支持和服务。

本系统是我司根据国家能源局于 2017 年 8 月 2 日发布的电力行业新标准 DL/T 475-2017《接地装置特性参数测量导则》，并参照《DL/T 845.2 - 2020》标准（B 类用途）进行设计。适用于测量大型接地装置的接地电阻、接地阻抗以及分流向量、地表电位差等参数。

使用本仪器之前，请您详细地阅读使用说明书，为了让您尽快熟练地操作本仪器，我们随机配备了内容详细的使用说明书，这会有助于您更好的使用该产品。从中您可以获取有关产品介绍、使用方法、仪器性能以及安全注意事项等各方面的知识。

在编写本说明书时，我们非常小心和严谨，并认为说明书中所提供的信息是正确可靠的，然而难免会有错误和疏漏之处，请您多加包涵并热切欢迎您的指正。

我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，同时我们保留对仪器使用功能进行改进和升级的权力，如果您发现仪器在使用过程中其功能与说明书介绍的不完全一致，请以仪器的实际功能为准。在产品的使用过程中发现有什么问题，请与我们联系！我们将尽力提供完善的技术支持！

# 目 录

一、 用途及主要功能.....	4
二、 功能特点及主要技术指标.....	4
2.1 功能特点.....	4
2.2 系统组成.....	4
2.3 主要技术指标.....	5
2.3.1 选频电压分流表.....	5
2.3.2 电流采集无线通讯仪.....	5
2.3.3 GPC 接地测量户外放线 GPS 定位系统.....	5
三、 操作说明.....	6
3.1 面板布局.....	6
3.1.1 选频电压分流表.....	6
3.1.2 电流采集无线通讯仪.....	7
3.2 操作功能说明.....	8
3.2.1 打开电源开关进入开机界面.....	8
3.2.2 进入电压测试界面.....	8
3.2.3 进入电流测试界面.....	9
3.2.4 进入阻抗测试界面.....	10
3.2.5 进入分流向量测试界面.....	11
3.2.6 进入历史数据界面.....	13
3.2.7 进入设置界面.....	18
四、 测量接线.....	19
4.1 测试回路的布置.....	19
4.1.1 电流极和电位极.....	19
4.1.2 试验电流的注入.....	19
4.1.3 试验的安全.....	19
4.2 接地阻抗的测量.....	19
4.2.1 电位降法.....	19
4.2.2 直线法.....	20
4.2.3 夹角法（推荐）.....	21

4.3 场区地表电位梯度分布测量.....	22
4.3.1 测试范围.....	22
4.3.2 测试方法.....	22
4.3.3 测试结果的判定.....	22
4.4 跨步电位差和接触电位差的测量.....	23
4.5 杆塔分流向量测量.....	24
4.6 杆塔分流有效值测量.....	24
4.7 接地桩电阻的测量.....	25
4.7.1 电流桩电阻的测量.....	25
4.7.2 电压桩电阻的测量.....	25
4.8 土壤电阻率的测量.....	25
<b>五、 注意事项.....</b>	<b>26</b>

## 一、用途及主要功能

本系统可配接我司或其他符合条件的变频大电流交流信号源，主要由CT5202A选频电压分流表，配套罗氏线圈；CT5202C电流采集无线通讯仪（主电流采集），钳形电流表等组成。测量结果由大屏幕液晶显示，自带微型打印机及U盘存贮等功能。

CT5202A选频电压分流表是一款高精度多功能选频万用表，集选频电压与分流测试于一体的多功能测试仪表，与CT5202C电流采集无线通讯仪（主电流采集），主要用于测量指定频率下的电压、电流、电压电流相位差以及分流向量，可自动计算出接地阻抗、电阻分量、电抗分量、分流系数、分流向量和以及地网实际散流向量。根据设置的参数可自动计算并显示接地阻抗及电阻分量的修正值，并且实时显示工频干扰的大小和信噪比。所有电流测量（包括分流向量测量）均兼容直接测量、罗氏线圈(柔性电流钳)测量和钳形电流互感器测量方式，测量方式无需人为设置，系统自动识别判断。

## 二、功能特点及主要技术指标

### 2.1 功能特点

1. 包含阻抗、电压、电流以及分流向量相互独立的测量模块，可完成大型接地网接地阻抗、接地电阻、接地电抗、场区地表电位梯度、接触电位差、接触电压、跨步电位差、跨步电压、杆塔分流、杆塔分流向量、接地桩（电流极、电压极）电阻、土壤电阻率等接地参数的测量，并且适用于其他需要测量指定频率下的电压、电流、相位差及分流等参数的场合。

2. 支持40~70Hz整数频点步进变频，45/55Hz、47/53Hz、49/51Hz等多频率双变频测量。

3. 兼容直接测量、罗氏线圈和钳形电流表三种测量方式，无需设置系统自动识别判断。

4. 阻抗测量模式同时显示阻抗、电阻分量、电抗分量、角度等多参数的测量值和修正值。

5. CT5202A选频电压分流表采用阻抗、电压、电流与分流向量测量功能为一体的集成设计，具备接地阻抗、跨步电压、分流向量等测试功能，支持GPS+北斗/无线同步方式精确测量，测试频率自动跟踪识别。

6. CT5202A选频电压分流表配置热敏打印机，支持内部存储和U盘数据转存。

7. 搭载7寸全彩液晶触摸屏，内置锂电池，支持长时间户外测试。

8. 优于1000倍信号幅值抗干扰能力，实时显示干扰量大小以及相应信噪比。

9. 动计算分流系数、分流向量和、地网实际散流向量，可自由选取需要的有效数据参与阻抗、分流计算。

10. 可安装户外放线定位系统APP，GPS自动定位，实时计算放线距离和放线夹角。

### 2.2 系统组成

1、CT5202A 选频电压分流表	1 台
2、CT5202C 电流采集无线通讯仪	1 台
3、GPC 接地测量户外放线 GPS 定位系统	1 套

## 2.3 主要技术指标

### 2.3.1 CT5202A 选频电压分流表

- 1) 电源供电：内置大容量锂电池供电，连续工作时间 $\geq 8\text{h}$
- 2) 频率范围：40~70Hz（分流向量频率范围：45~65Hz）
- 3) 频率步进：1Hz
- 4) 测量范围与准确度：
  - 阻抗：0~200 $\Omega$ ，准确度： $\pm 1.0\%$ 读数，分辨率 1m $\Omega$
  - 电压：AC 0~800V，准确度： $\pm 1.0\%$ 读数 $\pm 0.5\text{mV}$
  - 电流：AC 1~50A/100A，准确度： $\pm 1.0\%$ 读数 $\pm 0.5\text{mA}$ ，  
分流向量：
    - 电流幅值：AC 10mA~20A，准确度：钳表： $\pm 2\% \times$ 读数 $\pm 2\text{mA}$ ；  
罗氏线圈： $\pm 10\% \times$ 读数 $\pm 2\text{mA}$ ；
    - 角度范围：180.0° ~ -180.0° 准确度：5°，分辨率 1°
- 5) 兼容直接测量、罗氏线圈以及钳形电流钳三种方式自动识别。
- 6) 抗干扰能力：优于 1000 倍信号幅值
- 7) 数据计算：内置阻抗修正公式，分流数据可自动计算，也可手动选取有效数据参与计算
- 8) 数据存储：U 盘和内部存储（内部可存储 100 组测量数据）
- 9) 通讯接口：标准 RS-232 接口/USB 接口
- 10) 显示屏：1024 $\times$ 600 点阵触摸屏
- 11) 打印机：热敏打印机
- 12) 工作环境：温度-10~50 $^{\circ}\text{C}$  相对湿度<90%
- 13) 尺寸:365 $\times$ 269 $\times$ 169 mm

### 2.3.2 CT5202C 电流采集无线通讯仪

- 1) 电源供电：内置大容量锂电池供电，连续工作时间 $\geq 8\text{h}$
- 2) 频率范围：45~65Hz
- 3) 电流测量范围及准确度：测量范围：1~50A/100A
- 4) 准确度： $\pm 0.5\%$ 读数 $\pm 0.5\text{mA}$
- 5) 抗干扰能力：优于1000倍信号幅值

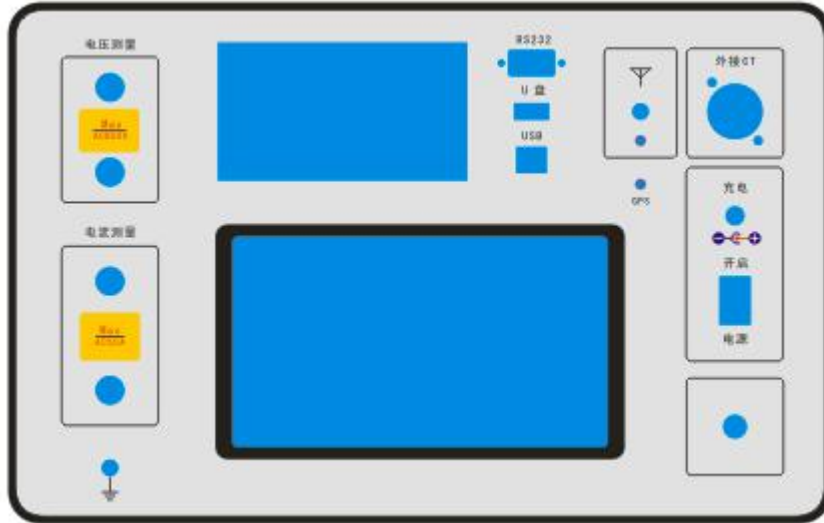
### 2.3.3 GPC 接地测量户外放线 GPS 定位系统

- 1、直接显示电压极电流极直线距离及夹角；
- 2、定位及计算数据存储，下载；

## 三、操作说明

### 3.1 面板布局

#### 3.1.1 CT5202A 选频电压分流表



1. 电压测量：电压测量输入端，电压测量范围为AC0~800V。
2. 电流测量：电流直接测量输入端(若“外接CT”插座有其它测量方式，直接测量端子将被屏蔽)，电流测量范围为 **1~50A/100A**。
3. 接地：测量接地。
4. 分流向量测试：GPS同步或无线同步的选择由电流采集无线通讯仪决定。选频万用表不能自己选择。
5. 天线接口：无线天线接口，正常时相应指示灯闪烁和长亮，无线功能仅用于无线分流向量测量使用，其他测量时可不安装天线，拆装天线须在关机后进行。
  - a) GPS：GPS同步指示灯，成功收到GPS信号后该指示灯有规律闪烁，GPS同步信息仅用于无线分流向量测量使用，无线分流向量测量必须保证无线通信和GPS定位均正常方可进行，**若测试在室内进行，室内GPS信号较弱导致无法定位，则必须使用GPS信号转发器增强信号。**
  - b) 无线同步：不用GPS同步功能，直接用无线同步功能。
6. 对比度：自动调整。
7. 打印机：热敏打印机。
8. 液晶显示屏：1024×600点阵触摸屏。
9. RS232：上位机RS232通讯接口，波特率为9600。
10. U盘：U盘存储接口，可以将数据导出至U盘，导出数据文件格式为TXT文件。
11. USB：USB通讯接口。
12. 外接CT：罗氏线圈（柔性电流钳）和钳形CT接口，该接口优先级高于直接测量输入端。电流测量方式仪器自动判断识别。

13. 电源开关：工作电源开关。
14. 充电接口：充电器接口，必须使用原厂配置的专用锂电池充电器。
15. 飞梭：和触摸键一样也可以对仪器进行操作。

### 3.1.2 CT5202C 电流采集无线通讯仪

电流采集无线通讯仪与选频万用表配合使用可完成分流向量的测量，其面板布局如图3-5所示。

1. 钳形CT接口：在正前方侧面放置有钳形CT接口，钳形CT电流测量范围：AC0~50A。
  2. 电池电量：发光管指示相应电池电量。
  3. GPS：GPS定位指示灯，定位成功后该指示灯有规律闪烁，**若测试在室内进行，室内GPS信号较弱导致无法定位，则必须使用GPS信号转发器增强信号。**
  4. 无线：开机后指示灯有规律闪烁，表示无线模块工作正常。
  5. 天线接口：无线通讯天线接口，通讯正常时相应指示灯有规律闪烁，**该天线功率较大，必须远离罗氏线圈（不小于5米），否则会影响罗氏线圈电磁场，造成测量数据不稳。若天线无法远离罗氏线圈，可将天线拆除（天线拆除后5米内可正常通讯）进行测量，拆装天线必须在关机后进行。**
  6. 同步控制开关：测试分流向量时，选择系统使用GPS同步或无线同步。
- 注：分流向量测试仪的同步方式，由电流采集无线通讯仪控制。**
7. 充电接口：充电器接口，必须使用原厂配置的专用锂电池充电器。
  8. 电源开关：工作电源开关，打开电源开关即进入测量模式。
  9. 接地：测量时接地。

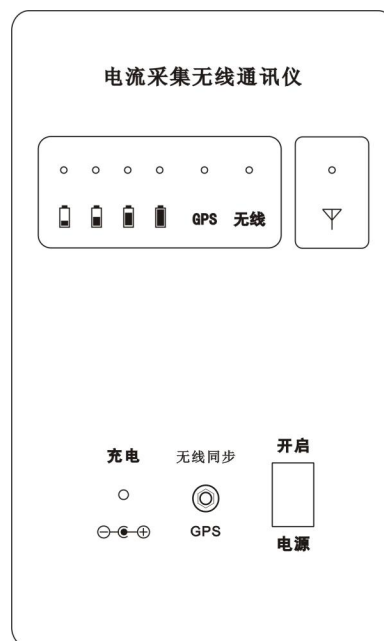


图3-2 面板图

## 3.2 CT5202A 操作功能说明

### 3.2.1 打开电源开关进入开机界面



通过触摸按键或飞梭开关选择和操作各个功能菜单。

1. **电压测试**、**电流测试**、**阻抗测试**和**分流向量**。4个相互独立的测量模块。
2. **历史数据**，保存4个测量模块的数据。每个模块最多保存200条。保存的数据要及时导出到U盘，避免数据丢失或被覆盖。
3. **设置**，用户主要对**设备编号**、**测试人员**、**测试地点**和**时间日期**进行设置。  
**出厂参数**由厂方设置。

### 3.2.2 进入电压测试界面



**Ku** 为外接电压互感器变比值，平时变比值为 1.0 。测试跨步电位差和接触电位差的

测量时， $U_s = U'_s \frac{I_s}{I_m}$  ， **Ku** =  $I_s/I_m$  。后面在<测量接线>章里有详细说明。

**Rm** 控制人体模拟电阻(一般为1500欧)接入或断开，

注意：一般只有在测跨步电压或接触电压时才需要并入人体模拟电阻，此时所测电压一般很小（mV级）。请勿在测量高于20V的电压时并入人体模拟电阻，以防止

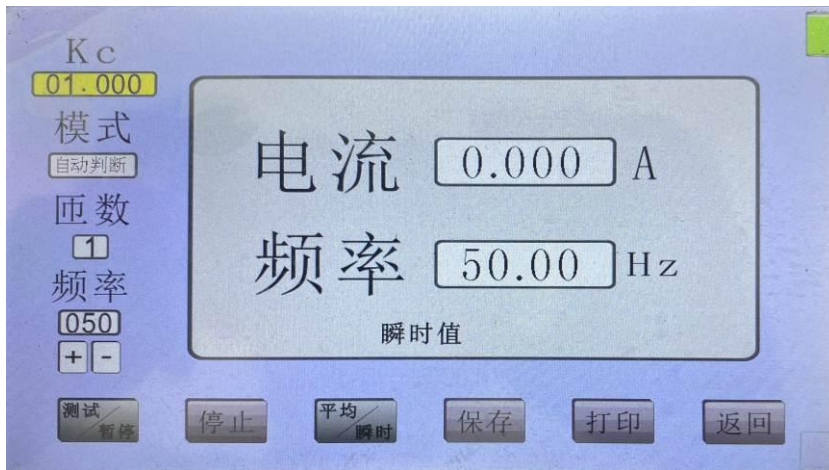


过热烧坏该电阻。

**频率** 要测试电压的频率设置，范围为: 45Hz~65Hz

测试/暂停	测试和暂停状态间切换。测试状态：实际显示测试电压值。暂停状态：显示按下暂停键时的那个电压值。
停止	停止测试电压。
平均/瞬时	平均或瞬时显示电压值。瞬时状态下，显示当前测到的电压值。平均状态下，电压显示值是当前测到的电压值和以前测到的电压值的平均值。
保存	保存当前的电压值。保存的数据在历史数据中。
打印	打印当前的测试数据。
返回	返回到开机界面。

### 3.2.3 进入电流测试界面



**Kc** 为外接电流互感器变比值，平时变比值为 1.0 。

**模式** 为电流采样接入模式切换。共有3中模式。**直接采样**是:电流从电流接线柱输入。**罗氏线圈**是: 电流通过罗氏线圈(柔性电流钳)从外接CT端子输入。**钳形表**是: 电流通过钳形电流互感器从外接CT端子输入。**自动判断**是:由仪器自动判断电流以那种模式接入。

**注意:** 电流接线柱和外接CT端子只能接1种电流输入。

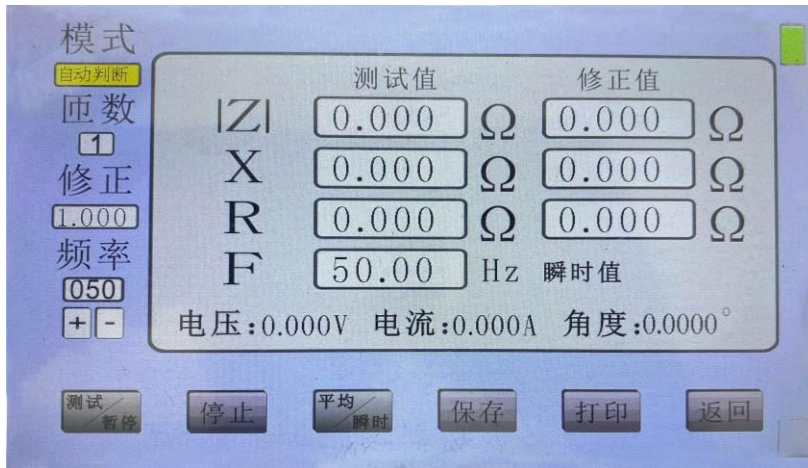
**匝数** 可以设置为 1~9 。主要对罗氏线圈输入模式 。匝数是罗氏线圈环绕在通电导线上的圈数。

**频率** 要测试电流的频率设置，范围为: 45Hz~65Hz

测试/暂停	测试和暂停状态间切换。测试状态：实际显示测试电流值。暂停状态：显示按下暂停键时的那个电流值。
停止	停止测试电流。

平均/瞬时	平均或瞬时显示电流值。瞬时状态下，显示当前测到的电流值。平均状态下，电流显示值是当前测到的电流值和以前测到的电流值的平均值。
保存	保存当前的电流值。保存的数据在历史数据中。
打印	打印当前的测试数据。
返回	返回到开机界面。

### 3.2.4 进入阻抗测试界面



**模式** 为电流采样接入模式切换。共有3中模式。**直接采样**是:电流从电流接线柱输入。**罗氏线圈**是: 电流通过罗氏线圈(柔性电流钳)从外接CT端子输入。**钳形表**是: 电流通过钳形电流互感器从外接CT端子输入。**自动判断**是:由仪器自动判断电流以那种模式接入。

**注意:** 电流接线柱和外接CT端子只能接1种电流输入。

**匝数** 可以设置为 1~9 。主要对罗氏线圈输入模式 。匝数是罗氏线圈环绕在通电导线上的圈数。

**修正** 主要设置接地电阻的修正系数，用远离夹角法测量接地阻抗时， $d_{PG}$  和  $d_{CG}$  的长度比较相近。接地阻抗可以用以下公式修正。K 为修正系数。

$Z = K * Z'$  ，当  $K = 1.0$  时，没有修正。

$$K = \frac{1}{1 - \frac{D}{2} \left[ \frac{1}{d_{PG}} + \frac{1}{d_{CG}} - \frac{1}{\sqrt{d_{PG}^2 + d_{CG}^2 - 2d_{PG}d_{CG} \cos \theta}} \right]}$$

$d_{PG}$ : 电位极与被试接地装置边缘的距离，单位: km，可设置范围: 0~60km;

$d_{CG}$ : 电流极与被试接地装置边缘的距离，单位: km，可设置范围: 0~60km;

$D$ : 被试接地装置最大对角线长度，单位: km，可设置范围: 0~30km;

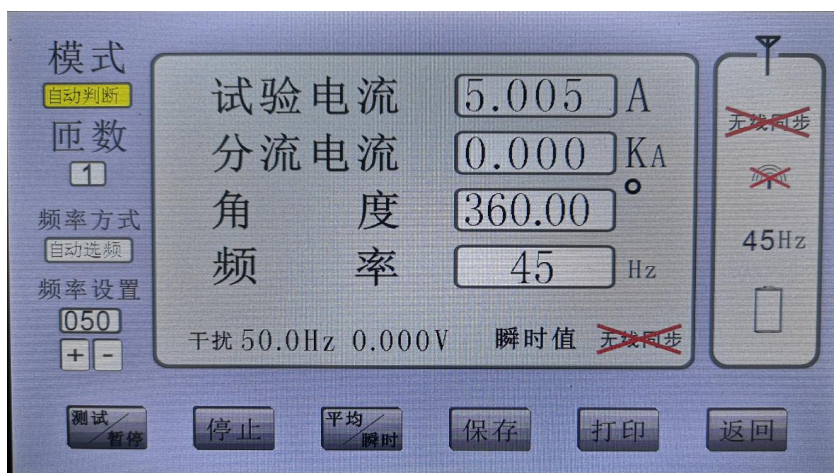
$\theta$  : 电流线和电位线夹角, 单位: 度, 可设置范围: 0~359.99° ;

**频率** 要测试电流的频率设置, 范围为: 45Hz~65Hz

**注意:** 在电压和电流测试界面上, **Ku** 和 **Kc** 的设置, 在阻抗测试界面上有同样的作用。

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 测试/暂停 | 测试和暂停状态间切换。测试状态: 实际显示测试阻抗值。暂停状态: 显示按下暂停键时的那个阻抗值。                 |
| <input type="checkbox"/> 停止    | 停止测试阻抗。  |
| <input type="checkbox"/> 平均/瞬时 | 平均或瞬时显示阻抗值。瞬时状态下, 显示当前测到的阻抗值。平均状态下, 阻抗显示值是当前测到的阻抗值和以前测到的阻抗值的平均值。 |
| <input type="checkbox"/> 保存    | 保存当前的阻抗值。保存的数据在历史数据中。  |
| <input type="checkbox"/> 打印    | 打印当前的测试数据。   |
| <input type="checkbox"/> 返回    | 返回到开机界面。   |

### 3.2.5 进入分流向量测试界面



分流向量测试界面中间方框内。

**试验电流:** 大功率变频信号源输出电流, 通过电流采集无线通讯仪用无线信号发出, 选频万用表接收并显示。



**分流电流:** 选频万用表自己测量的分流电流。



**角度:** 为试验电流和分流电流的相位差。

**分流向量测试:** 有GPS同步和无线同步。同步方式由采集无线通讯仪决定。



**GPS同步** 是选频万用表仪器GPS指示标记。 ~~GPS同步~~ 代表GPS没同步信号, ~~无线同步~~ 消失后, 显示 **GPS同步** GPS有同步信号。


分流向量测试界面右边竖状方框内。表示 电流采集无线通讯仪的状态。

GPS同步 是电流采集无线通讯仪GPS指示标记。代表GPS没同步信号，消失后，显示GPS同步 GPS有同步信号。

无线同步 是选频万用表仪器无线同步指示标记。代表无线没同步信号，消失后，显示无线同步 代表无线有同步信号。

分流向量测试界面右边竖状方框内。表示电流采集无线通讯仪 的状态。

无线同步 是电流采集无线通讯仪无线同步指示标记。代表无线没同步信号，消失后，显示无线同步 无线有同步信号。

 是选频万用表和电流采集无线通讯仪，无线连通标记。

 表示通信断开； 表示通信正常。

分流向量测试界面右边竖状方框内。

45Hz，显示 变频电源发送电流的频率。当 频率方式 选择自动选频时使用。

要进行分流向量测试，选频万用表和电流采集无线通讯仪都要有同步信号。相互间的无线通信正常。

模式 分流向量测试一般使用罗氏线圈(柔性电流钳)输入电流。选择罗氏线圈或自动判断。

匝数 可以设置为 1~9 。主要对罗氏线圈输入模式 。匝数是罗氏线圈环绕在通电导线上的圈数。

频率方式 选择自动选频或手动选频。自动选频，分流向量测试中变频电源发送电流的频率作为测试频率；手动选频，以设置的测试电流的频率作为测试频率。

频率 要测试电流的频率设置，范围为：45Hz~65Hz

测试/暂停 测试和暂停状态间切换。测试状态：实际显示测试分流向量值。暂停状态：显示按下暂停键时的那个分流向量值。

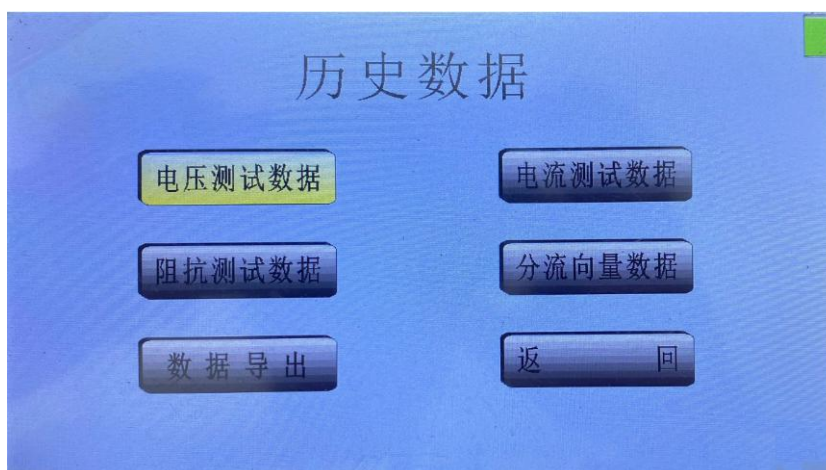
停止 停止测试分流向量。

平均/瞬时 平均或瞬时显示分流向量值。瞬时状态下，显示当前测到的分流向量值。平均状态下，分流向量显示值是当前测到的分流向量值和以前测到的分流向量值的平均值。

- 保 存 保存当前的分流向量值。保存的数据在历史数据中。
- 打 印 打印当前的测试数据。
- 返 回 返回到开机界面。

**注意：**本仪器一次最多可以保存分流向量数据200条。每次测试分流向量前，应先导出或打印前一次分流向量测试数据，再清空保存空间。谨慎操作，防止数据丢失！

### 3.2.6 进入历史数据界面



按 电压测试数据、电流测试数据、阻抗测试数据和分流向量数据图标对保存的数据进行操作。先插入U盘，再按 数据导出 可以把仪器所有数据导出到 U盘。按 返回 返回到开机界面。

#### 3.2.6.1. 进入电压历史数据界面

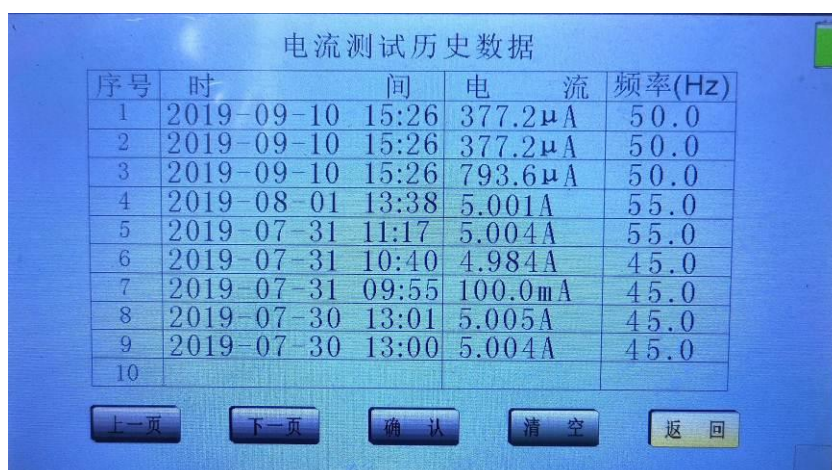
序号	时 间	电 压	频率(Hz)
1	2019-10-09 09:10	651.4 $\mu$ V	51.0
2	2019-09-11 11:06	139.3mV	50.0
3	2000-00-00 00:0	0.000V	50.0
4	2000-00-00 00:0	0.000V	50.0
5	2000-00-00 00:0	0.000V	50.0
6	2019-09-11 10:48	138.2mV	50.0
7	2019-09-11 10:40	136.8mV	50.0
8	2019-09-11 10:40	136.8mV	50.0
9	2019-09-10 16:07	86.06mV	50.0
10	2019-09-10 15:25	126.2mV	50.0

进入电压历史数据目录页。上一页 和 下一页 进行目录翻页。清空 是清除整个电压历史数据，**谨慎使用！** 选择序号按 确认 显示每条数据的具体数值。如下图，按 返回 键返回到回上一层界面。



和  进行数据切换。 打印本条数据。  
 删除本条数据。按  键返回到上一层界面。

### 3.2.6.2. 进入电流历史数据界面



进入电流历史数据目录页。 和  进行目录翻页。 是清除整个电流历史数据，**谨慎使用!** 选择序号按  显示每条数据的具体数值。如下图，按  键返回到上一层界面。

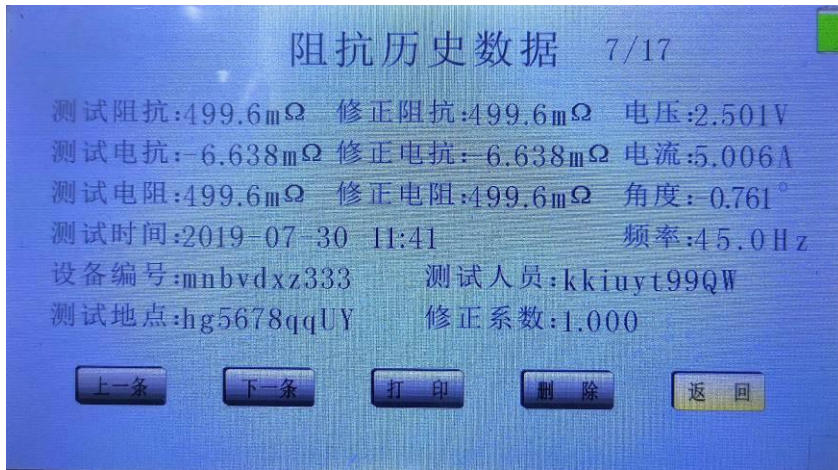


上一条 和 下一条 进行数据切换。打印 打印本条数据。  
删除 删除本条数据。按 返回 键返回到回上一层界面。

### 3.2.6.3. 进入阻抗历史数据界面

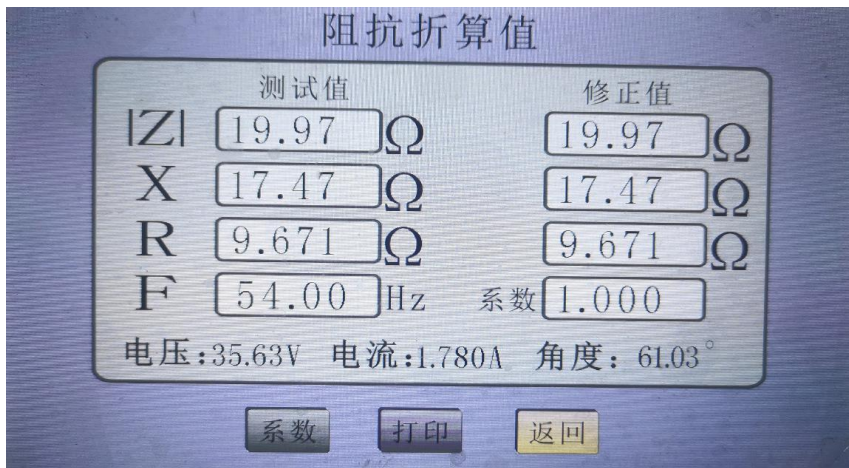


进入阻抗历史数据目录页。上一页 和 下一页 进行目录翻页。清空 是清除整个阻抗历史数据，**谨慎使用!** 选择序号按 确认 显示每条数据的具体数值。如下图，按 返回 键返回到回上一层界面。



和  进行数据切换。 打印本条数据。  
 删除本条数据。按  键返回到上一层界面。

#### 进入阻抗折算值界面



设置接地电阻的修正系数， 打印阻抗折算值。



### 3.2.6.4. 进入分流向量数据界面

分流系数 K = 99.90 % , 分流向量和 5.3742 / 151.5° mA

序号	时 间	分流电流(mA)	参与计算
1	11-12 13:50	0.5238 / 117.9°	<input checked="" type="checkbox"/>
2	11-12 13:48	0.4266 / 143.2°	<input checked="" type="checkbox"/>
3	11-12 13:47	0.5267 / 133.6°	<input checked="" type="checkbox"/>
4	11-12 13:45	0.3549 / 31.98°	<input checked="" type="checkbox"/>
5	11-12 13:44	1.2938 / 57.23°	<input checked="" type="checkbox"/>
6	11-12 13:43	2.0234 / 91.26°	<input checked="" type="checkbox"/>
7	11-12 13:41	0.6208 / 111.2°	<input checked="" type="checkbox"/>
8	11-12 13:40	0.4754 / 164.4°	<input checked="" type="checkbox"/>
9	11-12 13:39	0.5646 / 48.60°	<input checked="" type="checkbox"/>
10	11-12 13:39	0.5451 / 171.1°	<input checked="" type="checkbox"/>

上一页 下一页 确认 +180° 打印 清空 返回

进入分流向量数据目录页。 和  进行目录翻页。 是清除整个分流向量历史数据，**谨慎使用!** 打印整个目录的数据，包括分流系数，分流向量和、地网实际散流向量等。 是清除整个阻抗历史数据，谨慎使用！ 按  键返回到上一层界面。

$$\text{分流向量和: } \sum \dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dots + \dot{I}_n \quad \dot{I}_n \text{ 为第 } n \text{ 条分流向量数据} \quad \text{公式 (1)}$$

$$\text{地网实际散流向量: } \dot{I}_G = \dot{I}_m + \sum \dot{I} \quad \dot{I}_m = I_m \angle 0^\circ \quad \text{公式 (2)}$$

$$\text{分流系数: } K = \frac{I_G}{I_m} \times 100\% \quad \text{公式 (3)}$$

$I_m$  为地网试验电流，K为最终分流系数，

分流向量和、地网实际散流向量和分流系数都是自动计算，每次参与计算的数据最多200条，右边勾选的是确定参与计算的数据， 罗氏线圈相位反向计算。要观察单条数据的详细数值，选择序号按  键。如下图

分流向量历史数据 7/13

试验电流: 4.922A    分流电流: 620.7μA  
 角度: 111.2°        频率: 45.0Hz  
 设备编号: 1908110  
 测试人员: gaodian001  
 测试地点: hangzhou  
 测试时间: 2019-11-12 13:41

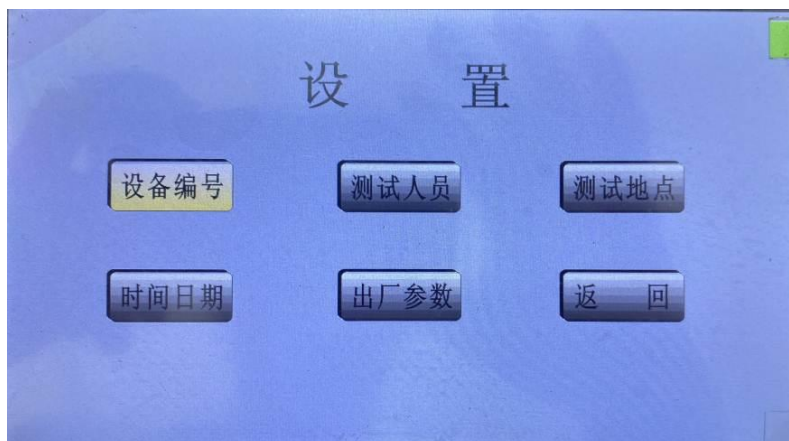
上一条 下一条 打印 删除 返回

**上一条** 和 **下一条** 进行数据切换。**打印** 打印本条数据。  
**删除** 删除本条数据。按 **返回** 键返回到上一层界面。

### 3.2.6.5. 把数据导出到U盘

先插入U盘，再按 **数据导出** 键。等待！出现“数据导出完成！”。  
仪器一次性把全部数据以 \*.txt 格式保存到U盘。

### 3.2.7 进入设置界面



#### 3.2.7.1

**设备编号**、**测试人员**和**测试地点**。根据用户需要设置，用数字和大小写字母进行编写。最多10位。

#### 3.2.7.2 时间和日期设置

按 **时间日期** 键进入时间和日期设置界面。



按 20年-月-日 时:分:秒；对应的 20??-??-?? ??:??:?? 输入。确认无误按 **OK**。不按**保存**键，直接按**返回**键，退出时间日期设置。

#### 3.2.7.3 出厂参数

**出厂参数**由厂方设置。

## 四、测量接线

使用选频万用表测量接地参数需要使用变频信号源和相匹配的隔离变压器配合测量。

### 4.1 测试回路的布置

测试接地装置工频特性参数的电流极应布置得尽量远，参见图 4-1，通常电流极与被试接地装置边缘的距离  $d_{CG}$  应为被试接地装置最大对角线长度  $D$  的 4~5 倍；对超大型的接地装置的布线应尽量远，可利用架空线路做电流线和电位线；当远距离放线有困难时，在土壤电阻率均匀地区  $d_{CG}$  可取  $2D$ ，在土壤电阻率不均匀地区可取  $3D$ 。

测试回路应尽量避免避开河流、湖泊、道路口；尽量远离地下金属管路和运行中的输电线路，避免与之长段并行，当与之交叉时垂直跨越；

无论哪种测试方法，都要求电流线和电位线之间保持最远距离，以尽量减小电流线与电位线之间互感的影响。

#### 4.1.1 电流极和电位极

◇ 电流极的接地电阻值应尽量小，以保证整个电流回路阻抗足够小，设备输出的试验电流足够大。

◇ 可采用人工接地极或利用高压输电线路的铁塔作为电流极。

◇ 如电流极电阻偏高，可采用多个电流极并联或向其周围泼水的方式降阻。

◇ 电位极应紧密而不松动地插入土壤中 20cm 以上。

◇ 试验过程中电流线和电位线均应保持良好绝缘，接头连接可靠，尽量避免裸露、浸水。

#### 4.1.2 试验电流的注入

试验电流是作为模拟的系统接地短路故障电流而注入接地装置的，以测试其分流、接地阻抗、场区地表电位梯度分布、接触电位差、跨步电位差等各项工频特性参数。试验电流的注入点宜选择单相接地短路电流大的场区里，电气导通测试中结果良好的设备接地引下线处，一般选择在变压器中性点附近或场区边缘。小型接地装置的测试可根据具体情况参照进行。

#### 4.1.3 试验的安全

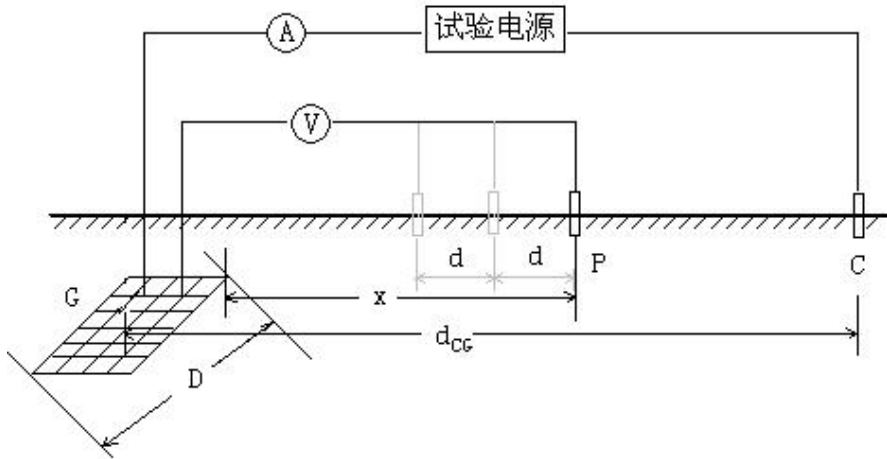
试验期间电流线严禁断开，电流线全程和电流极处要有专人看护。

## 4.2 接地阻抗的测量

接地阻抗的测试方法根据导则的规定，主要有电位降法、直线法和夹角法三种。

### 4.2.1 电位降法

电位降法测试接地阻抗，即是按图 4-1 布置测试回路。



G: 被试接地装置; C: 电流极; P: 电位极; D: 被试接地装置最大对角线长度;  
 $d_{CG}$ : 电流极与被试接地装置中心的距离; x: 电位极与被试接地装置边缘的距离;  
d: 测试距离间隔。

图 4-1 电位降法测试接地阻抗示意图

流过被试接地装置 G 和电流极 C 的电流 I 使地面电位变化，电位极 P 从 G 的边缘开始向外移动，电位线沿与电流线夹角通常在  $45^\circ$  左右，可以更大，但一般不宜小于  $30^\circ$ ，每间隔 d (50m 或 100m 或 200m) 测试一次 P 与 G 之间的电位差 U，绘出 U 与 x 的变化曲线。曲线平坦处即电位零点，与曲线起点间的电位差即为在试验电流下被试接地装置的电位升高  $U_m$ ，接地装置的接地阻抗 Z 为： $Z=U_m/I$ 。

如果电位降曲线的平坦点难以确定，则可能是受被试接地装置或电流极 C 的影响，考虑延长电流回路；或者是地下情况复杂，考虑以其它方法来测试和校验。

#### 4.2.2 直线法

电流线和电位线同方向（同路径）放设称为直线法，如图 4-2 所示。

一般在放线路径狭窄困难和土壤电阻率均匀的情况下，接地阻抗测试才采用直线法，应尤其注意使电流线和电位线保持尽量远的距离，以减小互感耦合对测试结果的影响。

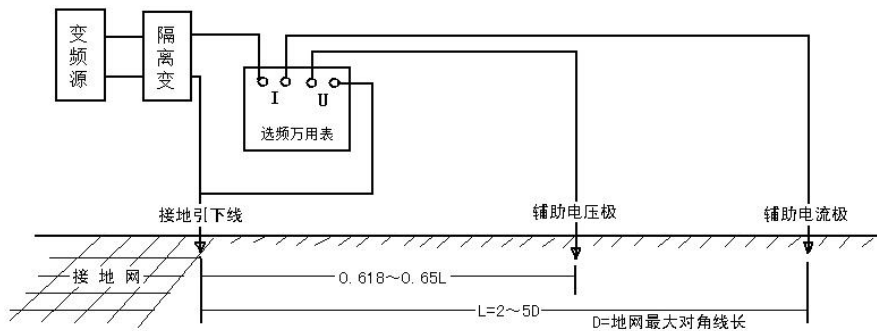


图 4-2 直线法接线示意图

说明：

- ◇ 辅助电流极和辅助电压极的布线应拉开 1 米以上的距离，以减小等效电容。
- ◇ 辅助电流极的敷设应尽量使接地阻抗小些，否则会使测试电流升不上去，必要时浇些水会

有明显的效果。

◇辅助电压极的敷设应尽量避免与输电线路平行，以防感应过高的工频电压。

◇所有布线都应避免多圈盘绕，以防附加电感影响测量结果。

#### 4.2.3 夹角法（推荐）

只要条件允许，大型接地装置接地阻抗的测试都采用电流—电位线夹角布置的方式。通常  $d_{CG}$  取  $4\sim 5D$ ， $d_{PG}$  略小于  $d_{CG}$ ， $\theta$  通常为  $30^\circ \sim 45^\circ$ 。接地阻抗可用公式（6）修正。

如果土壤电阻率均匀，可采用  $d_{CG}$  和  $d_{PG}$  相等的等腰三角形布线，此时使  $\theta$  约为  $30^\circ$ ， $d_{CG}=d_{PG}=2D$ ，接地阻抗的修正计算公式仍为公式（6）。

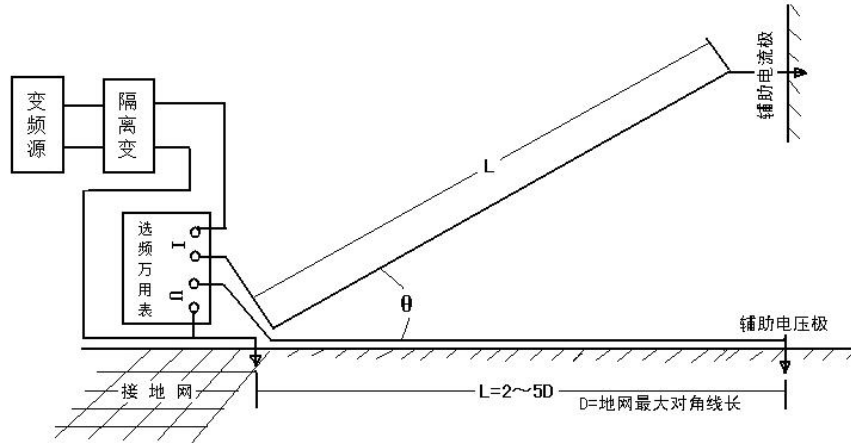


图 4-3 夹角法接线示意图

$$Z' = \frac{Z}{1 - \frac{D}{2} \left[ \frac{1}{d_{PG}} + \frac{1}{d_{CG}} - \frac{1}{\sqrt{d_{PG}^2 + d_{CG}^2 - 2d_{PG}d_{CG} \cos \theta}} \right]} \quad \text{公式 (6)}$$

式中：

$d_{PG}$ ：电位极与被试接地装置边缘的距离；

$d_{CG}$ ：电流极与被试接地装置边缘的距离；

$D$ ：被试接地装置最大对角线长度；

$\theta$ ：电流线和电位线夹角；

$Z$ ：接地阻抗的测试值。

仪器已将阻抗修正公式置入仪器内部，采用夹角法测试时只需将测量参数（ $d_{PG}$ 、 $d_{CG}$ 、 $D$ 、 $\theta$ ）设置好，仪器会自动求出修正系数，在测量结果中同时给出测量值和修正值。若不需要进行阻抗修正，可将参数全部设置为 0，此时修正系数  $K=1$ 。

说明：

●辅助电流极和辅助电压极到接地引下线的距离相近，长度可取接地网最大对角线的 2~5 倍。

●辅助电流极的敷设应尽量使接地阻抗小些，否则会使测试电流升不上去，必要时浇些

水会有明显的效果。

- 辅助电压极的敷设应尽量避免与输电线路平行，以防感应过高的工频电压。
- 所有布线都应避免多圈盘绕，以防附加电感影响测量结果。

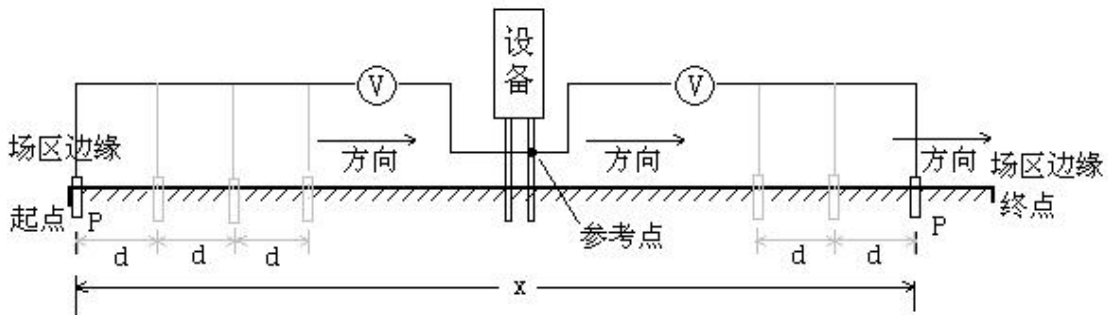
### 4.3 场区地表电位梯度分布测量

#### 4.3.1 测试范围

场区地表电位梯度分布是一个重要的表征接地装置状况的参数，大型接地装置的验收试验和状况评估应测试接地装置所在场区地表电位梯度分布曲线，中小型接地装置则应视具体情况尽量测试，某些重点关注的部分也可测试。

#### 4.3.2 测试方法

接地装置如图 4-1 施加试验电流后，将被试场区合理划分，场区地表电位梯度分布用若干条测试线来表述。测试线根据设备数量、重要性等因素布置，线的间距通常在 30m 左右。在测试线路径上中部选择一条与主网连接良好的设备接地引下线为参考点，从测试线的起点，等间距（间距  $d$  通常为 1m 或 2m）测试地表与参考点之间的电位梯度  $U$ ，直至终点，测试示意图见图 4-4。绘制各条  $U-x$  曲线，即场区地表电位梯度分布曲线。



P: 电位极; d: 测试间距

图 4-4 场区地表电位梯度分布测试示意图

当间距  $d$  为 1m 时，场区地表电位梯度分布曲线上相邻两点之间的电位差  $U'_T$  按公式 (7) 折算得到实际系统故障时的单位场区地表电位梯度  $U_T$ 。

$$U_T = U'_T \frac{I_s}{I_m} \quad \text{公式 (7)}$$

式中： $I_m$ ：注入地网中的测试电流；

$I_s$ ：被测接地装置内系统单相接地故障电流；

$Z$ ：阻抗测量值。

电位极 P 可采用铁钎，如果场区是水泥路面，可采用包裹湿抹布的直径 20cm 的金属圆盘，并压上重物。测试线较长时应注意电磁感应的干扰。

#### 4.3.3 测试结果的判定

状况良好的接地装置的场区地表电位梯度分布曲线表现比较平坦，通常曲线两端有些抬高；有剧烈起伏或突变通常说明接地装置状况不良；当该接地装置所在的变电站的有效接地系统的最

大单相接地短路电流不超过 35kA 时，折算后得到的单位场区地表电位梯度通常在 20V/m 以下，一般不超过 60V/m，如果接近或超过 80V/m 则应尽快查明原因予以处理解决。当该接地装置所在的变电站的有效接地系统的最大单相接地短路电流超过 35kA 时，折算后参照以上原则判断测试结果。

#### 4.4 跨步电位差和接触电位差的测量

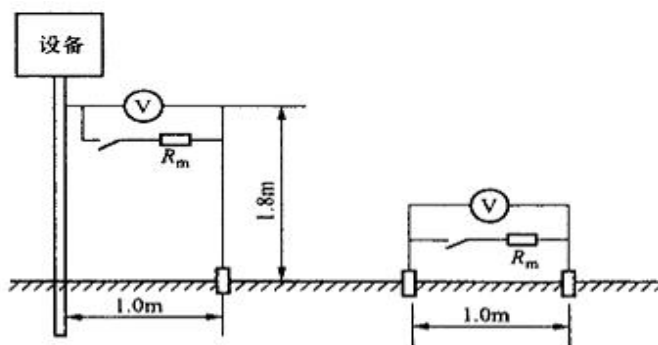


图 4-5 跨步电位差、跨步电压、接触电位、接触电压测试示意图

接地装置如图 4-1 施加试验电流后，根据图 4-5 在所关心的区域，如场区边缘、重要通道处测试跨步电位差。可选择 1 个测量点，并以该点为圆心，在半径 1.0m 的圆弧上，选取 3-4 个不同方向测试，找出跨步电位差最大值，并折算成最大入地电流下的实际值，与规程规定的安全界定值进行比较判断。

根据图 4-5 还可测试设备的接触电位差，重点是场区边缘的和运行人员常接触的设备，如刀闸、构架等。可以待测设备为圆心，在半径 1.0m 的圆弧上，选取 3~4 个不同方向测试点，找出接触电位差最大值，再折算成最大入地电流下的实际值，与规程规定的安全界定值进行比较判断。

测试电极可用铁钎紧密插入土壤中，如果场区是水泥路面，可采用包裹湿抹布的直径 20cm 的金属圆盘，并压上重物。

实际的跨步电位差值按公式（8）折算，式中  $U'_s$  为跨步电位差测试值。实际的接触电位差值也可参照公式（8）折算。

$$U_s = U'_s \frac{I_s}{I_m} \quad \text{公式（8）}$$

式中： $I_m$ ：注入地网中的测试电流；

$I_s$ ：被测接地装置内系统单相接地故障电流；

$Z$ ：阻抗测量值。

跨步电位差和接触电位差的安全界定值可参见 GB/T 50065-2011 中 4.2 节的有关要求。

**注：**测量时当电压表两端并上等效人体的电阻  $R_m$  时，所得的值即为跨步电压和接触电压。

#### 4.5 杆塔分流向量测量

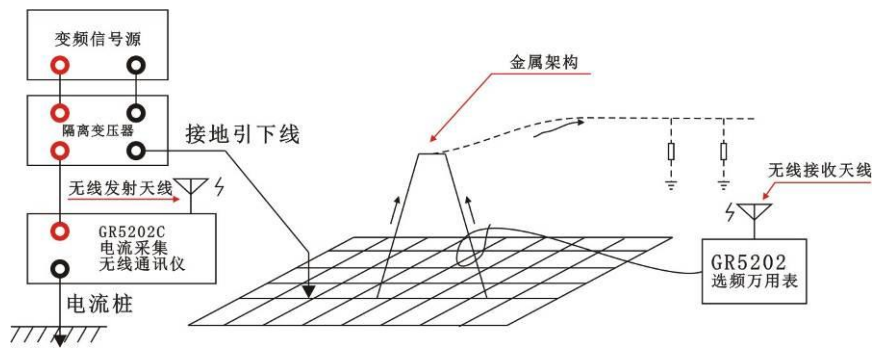


图 4-6 分流向量测试接线示意图

对于有架空避雷线和金属屏蔽两端接地的电缆出线的变电站，应进行架空避雷线和电缆金属屏蔽的分流测试。分流测试应是向量测试，即测试分流的幅值和其相对于试验电流  $I$  的相角，并将所有的分流进行向量运算，得到地网分流系数  $K$ ，以修正接地阻抗。即分流向量和  $I_{\Sigma} \angle \theta_{\Sigma} = I_1 \angle \theta_1 + I_2 \angle \theta_2 + \dots + I_n \angle \theta_n$ ，地网实际散流向量  $I_G \angle \theta_G = I \angle 0^\circ + I_{\Sigma} \angle \theta_{\Sigma}$ ，地网分流系数  $K$  为：

$$K = \frac{I_G}{I} \times 100\% \quad \text{公式 (9)}$$

一般采用具有向量测试功能的罗氏线圈对与避雷线相连的金属构架基脚以及出线电缆沟的电缆簇进行分流向量测试。

注：仪器已将分流向量和、地网实际散流向量和分流系数计算公式置入仪器内部，可直接读出相关测量数据。

#### 4.6 杆塔分流有效值测量

在一些实际应用场合为了检查地网测量布线的合理性，只考虑查看杆塔分流有效值大小以便修正布线，不需要使用分流系数来修正阻抗，此时为了快速高效测量可按照图 4-7 接线，测量项目选择“电流”即可，该测量结果只包含电流有效值和频率参数无相位信息。

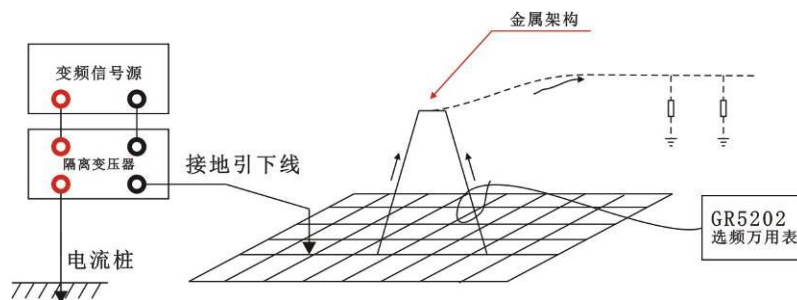


图 4-7 分流有效值测试接线示意图



## 4.7 接地桩电阻的测量

### 4.7.1 电流桩电阻的测量

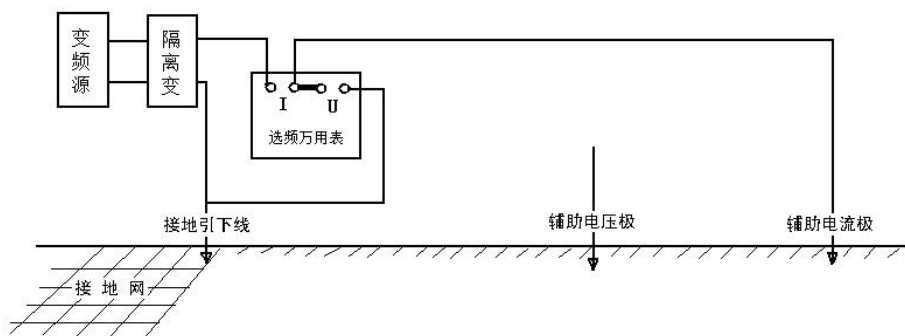


图 4-8 电流桩电阻测试示意图

测量电流桩电阻接线如图 4-8 所示，将电流注入电流桩，电压测量端接至电流桩即可。

### 4.7.2 电压桩电阻的测量

测量电压桩电阻接线如图 4-9 所示，将电流注入电压桩，电压测量端接至电压桩即可。

只需要将电压测量的一端接至电流桩即可。

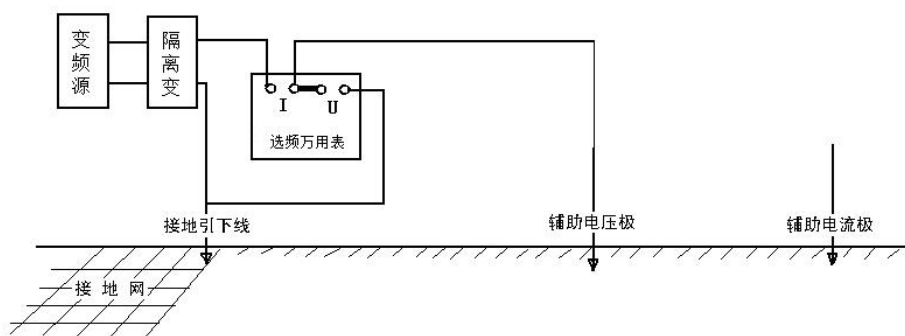


图 4-9 电压桩电阻测试示意图

## 4.8 土壤电阻率的测量

参照导则，土壤电阻率的测量一般采用四极等距法（温纳法），接线参考图 4-10。

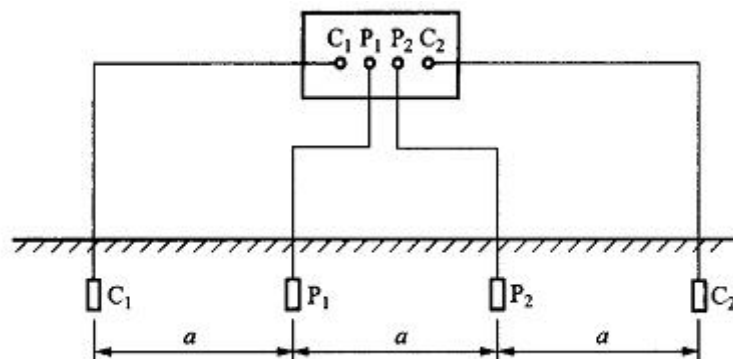


图 4-10 四极等距法测土壤电阻率参考接线图

两电极之间的距离  $a$  应不小于电极埋设深度  $h$  的 20 倍，即  $a > 20h$ 。试验电流流入外侧两个电极，接地阻抗测试仪通过测得试验电流和内侧两个电极间的电位差，得到  $R$ ，通过公式（10）得

到被测场地的视在土壤电阻率  $\rho$  :

$$\rho = 2\pi aR \quad \text{公式 (10)}$$

说明:

◆ 土壤电阻率测试应避免在雨后或雪后立即进行, 一般宜在连续天晴 3 天后或在干燥季节进行。在冻土区, 测试电极须打入冰冻线以下。

◆ 尽量减小地下金属管道的影响。在靠近居民区或工矿区, 地下可能有水管等具有一定金属部件的管道, 应把电极布置在与管道垂直的方向上, 并且要求最近的测试电极(电流极)与地下管道之间的距离不小于极间距离。

◆ 为尽量减小土壤结构不均匀性的影响, 测试电极不应在有明显的岩石、裂缝和边坡等不均匀土壤上布置; 为了得到较可信的结果, 可以把被测场地分片, 进行多处测试。

## 五、注意事项

- 1、仪器使用前请确保充满电, 充电必须使用专用的锂电池充电器。
- 2、测量超过20V电压请勿接入人体模拟电阻 $R_m$ , 以免过载损坏电阻。
- 3、若分流向量测试在室内进行, 室内GPS信号较弱导致无法定位, 则必须使用GPS信号转发器增强信号, 待GPS定位成功后方可进行测试。
- 4、测试分流向量前, 选频万用表和电流采集无线通讯仪的GPS都要有同步信号。相互间的无线通信正常。
- 5、电流采集无线通讯仪天线由于功率较大, 必须尽量远离罗氏线圈(至少大于5米), 否则会影响罗氏线圈电磁场, 造成数据不稳。若天线无法远离罗氏线圈, 可将电流采集无线通讯仪天线拆除(天线拆除后5米内可正常通讯)进行测试。
- 6、配合大功率变频信号源和隔离变压器使用时请确保变频信号源、隔离变压器的接地端子可靠接地, 通电之前请确保所有人员远离电流极及电流线, 并在试验全程注意电流线沿线及电流极看护, 勿让人畜靠近!
- 7、一般变频信号源的变频输出线严禁接地, 否则将造成永久性损坏。