

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发布的电力行业新版 DL/T 475-2017《接地装置特性参数测量导则》、《DL/T 845.2 - 2020》标准进行设计，B类用途。适用于测量大型接地装置的接地电阻、接地阻抗、地表电位差等参数。

使用本系统之前，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。

在产品使用过程中如遇到问题，可随时与我们联系，我们将尽力提供完善的技术支持！



系统配置图

目 录

一. 系统用途及主要功能	4
二. 功能特点及技术指标	4
2.1 功能特点	4
2.2 主要技术指标	5
2.2.1 CT5200 大地网接地电阻测试仪	5
2.2.2 CT5202A 选频电压分流表	5
2.2.3 CT5202C 电流采集无线通讯仪	6
2.2.4 户外放线 GPS 定位 APP	6
2.3 系统配置	6
三. 使用功能说明	7
3.1 CT5200 大地网接地电阻测试仪	7
3.1.1 面板说明	7
3.1.2 面板功能说明	8
3.2 CT5202A 选频电压分流表	12
3.2.1 界面说明	12
3.2.2 界面功能说明	13
3.3 CT5202C 电流采集无线通讯仪	30
3.3.1 面板说明	30
3.3.2 界面功能说明	31
四. 测量原理及方法	34
4.1 测试回路的布置	34
4.2 接地阻抗的测试方法	35
4.2.1 电位降法	35
4.2.2 直线法	35
4.2.3 30° 夹角法	36
4.2.4 远离夹角法	36
4.2.5 反向法	37
4.3 分流测试方法	38
4.4 场区地表电位梯度分布测试方法	39
4.5 跨步电位差和接触电位差测试方法	40
4.6 土壤电阻率测试方法	40
五. 测量接线说明	42
5.1 阻抗测量接线说明	42
5.2 电压测量接线说明	43

5.3 分流向量测量接线说明	44
六. 注意事项	45
七. 注常见故障及排除	46

一. 系统用途及主要功能

本系统专用于测量大地网接地特性的综合参数，适用于各电压等级变电站、发电厂、水电站等大中型接地网的综合特性参数检测。系统功能主要包含地网接地阻抗、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、导通电阻、土壤电阻率等接地参数的测量。

系统采用新型变频交流电源，异频抗干扰技术32位ARM处理器控制和信号处理等，支持选频、双变频自动测量，主要用于指定频率下的电压、电流、电压电流相位差以及分流向量，兼容直接测量、柔性罗氏线圈和钳形电流互感器测量方式，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、地网实际散流向量及相关修正值，在变电站强干扰环境下仍能准确、稳定测量。

二. 功能特点及技术指标

2.1 功能特点

1. 适用于各电压等级变电站、发电厂、水电站等大中型接地网的分流向量检测。
2. 系统功能主要包含地网接地阻抗、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、导通电阻、土壤电阻率等接地参数的测量。
3. 基于工业级32位ARM处理平台，采用全数字信号处理技术，测量数据准确、可靠稳定。采用标准四极法测量，消除了导线引起的测量误差。
4. 支持单频、双频自动测量，整数频点步进，兼容直接测量、柔性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。
5. 支持北斗+GPS/无线两种同步精确测量方式切换，配置大功率八木定向天线，在地下室等GPS信号弱的场景下仍能无线传输可靠测量，传输距离大于1000米（空旷及无遮挡下可达2000米）。
6. 抗干扰能力强，测试数据稳定可靠，在变电站强干扰环境下仍能准确、稳定测量。
7. 大地网接地电阻测试仪，采用大屏液晶显示，内置大容量存储器，微型热敏打印机，RS232接口，USB接口，支持U盘使用，可存储100条测试数据，打印测试数据。
8. 配置手持式背带设计选频电压表、分流矢量测试仪，搭载4.1寸以上全彩液晶触摸屏，内置锂电池，可进行长时间户外测试，具有U盘和RS232接口，支持内部存储和数据转存，微型打印机连接。可选配阻抗、电压电流与分流向量测量功能一体集成的选频电压分流表。
9. 手持式电流采集无线通讯仪，组合后可搭配任意地网测试主机（需具备电流保持输出功能）进行分流向量测量，在传统地网主机基础上增加分流测量功能。
10. （可选配）配置手持式背带设计选频电压表、分流矢量测试仪，搭载4.1寸以上全彩液晶触摸屏，内置锂电池，可进行长时间户外测试，具有U盘和RS232接口，支持内部存储和数据转存，微型打印机连接。

11. 配备户外放线GPS定位APP（安卓），支持GPS自动定位、手动输入模式，可实时计算测量放线直线距离和角度，辅助测量放线定位用。

2.2 主要技术指标

2.2.1 CT5200 大地网接地电阻测试仪

1. 接地阻抗测量范围：0~2000Ω，分辨率：0.001mΩ
2. 测量准确度：±(读数×1%±0.01Ω)
3. 测量方式：标准四极法自动测量
4. 试验频率：单 频：40Hz, 45Hz, 47.5Hz, 50Hz, 52.5Hz, 55Hz, 60Hz, 65Hz
 双 频：45/55Hz, 55/65Hz, 47.5/52.5Hz, 40/60Hz
 精 度：±0.01Hz
5. 电流输出：1A/2A/3A/4A/5A/10A输出
6. 最大输出电压：200V/400V
7. 主要保护：接地保护、误接380V等保护、声光报警等功能
8. 测量线要求：电流线铜芯截面积≥1.5mm²；电压线铜芯截面积≥1.0mm²
9. 工作电源：180V~270VAC/10A，50Hz±1%
10. 数据存储：存储100组测量数据
11. 通讯接口：标准RS-232接口/USB接口
12. 工作环境：温度-10~50℃ 湿度<90%
13. 仪器重量：21kg(不含线缆)
14. 尺 寸：主机长290mm×宽230×高335mmmm

2.2.2 CT5202A 选频电压分流表

1. 彩色7英寸触摸液晶显示屏，全中文汉字菜单提示，操作方便
2. 兼容罗氏线圈和钳形电流卡钳连接，测试频率自动跟随识别
3. 可测量试验电流、分流电流、角度、测试频率等数据
4. 具有北斗+GPS/无线信号两种模式同步精确测量
5. 历史数据自由选取有效条目参与分流系数计算，无需人工计算
6. 电源供电：内置大容量锂电池供电，连续工作时间 $\geq 8\text{h}$ ，支持户外长时间测量
7. 测量功能：试验电压电流、分流向量及分流系数计算
8. 频率范围：40~70Hz（分流向量频率范围：45~65Hz），步进1Hz
9. 电流范围：AC 1~50A，准确度： $\pm 1.0\%$ 读数 $\pm 0.5\text{mA}$
10. 分流向量电流幅值：AC 10mA~20A，准确度：钳表： $\pm 2\% \times \text{读数} \pm 2\text{mA}$ ；
罗氏线圈： $\pm 10\% \times \text{读数} \pm 2\text{mA}$ ；
11. 角度范围： $180.0^\circ \sim -180.0^\circ$ ，准确度： 5° ，分辨率 1° （注意：罗氏线圈电流幅值稳定性受多种因素制约。分流电流测试尽量采用直接电流和钳形表模式。）

12. 测试模式：兼容罗氏线圈以及钳形电流钳方式自动识别。
13. 抗干扰能力：优于1000倍信号幅值
14. 数据计算：分流数据可自动计算，也可手动选取有效数据参与计算
15. 数据存储：U盘和内部存储（单台内部可存储100组测量数据）
16. 通讯接口：标准RS-232接口/USB接口
17. 打 印 机：热敏打印机
18. 充电电源：DC 16.8V，1A
19. 外形尺寸：ABS便携机箱365×269×169 mm
20. 仪器重量：≤3.5kg（不含测试线）

2.2.3 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≥8h
2. 频率范围：45~65Hz
3. 电流测量范围及准确度：测量范围1~50A
4. 准 确 度：±0.5%读数±0.5mA
5. 支持GPS+北斗/无线信号两种同步模式
6. 抗干扰能力：优于1000倍信号幅值

2.2.4 户外放线 GPS 定位 APP

1. 支持安卓系统，GPS自动定位、手持输入模式
2. 自动计算户外测试线直线距离及角度

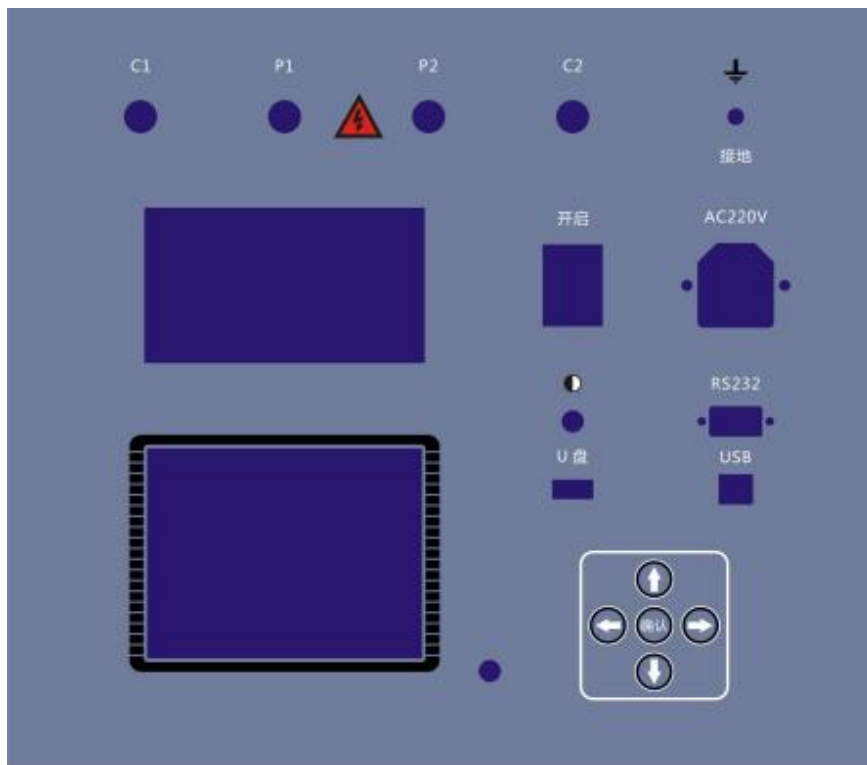
2.3 系统配置

序号	设备名称	单位	数量	功能
1	CT5200大地网接地电阻测试仪	台	1	台式，测试主机，内置变频源和隔离变，可测阻抗、接地电阻、导通、土壤电阻率等
2	CT5202A选频电压分流表	台	1	便携式，集阻抗、电压电流、分流测量一体，主测跨步电压、接触电势、场区电位梯度、分流电流、向量及分流系数计算
3	CT5202C电流采集无线通讯仪	台	1	手持式，主电流采集及同步信号发射一体
4	户外放线GPS定位APP（安卓）	套	1	GPS定位，放线直线距离角度计算
5	钳形电流互感器	把	1	电流采集用
6	柔性罗氏线圈	根	1	分流测量用
7	其他测试附配件	套	1	测试连接用

三. 使用功能说明

3.1 CT5200 大地网接地电阻测试仪

3.1.1 面板说明



大地网接地电阻测试仪正图

- ◆ C1/C2, 电流输出接线柱: C1连接电流桩, C2连接接地装置。测量土壤电阻率时, C1、C2没有极性要求。
- ◆ P1/P2, 电压输入接线柱: P1连接电压桩, P2连接接地装置。测量土壤电阻率时, P1靠近C1一侧, P2靠近C2一侧。
- ◆ 接地柱, 为安全起见, 要保证仪器良好接地。如果接地点有油漆或锈蚀应清除干净。
- ◆ 电源插座, AC220交流电源输入(内置备用15A保险丝侧面)。
- ◆ 电源开关, 交流电源通断, 紧急情况应立即关闭此开关。
- ◆ 打印机, 打印测试数据。
- ◆ 液晶屏, 显示菜单、测量结果或出错信息。应避免长时间阳光暴晒, 避免重压。
- ◆ 通讯, 串口/USB通讯, 串口通讯时波特率为9600。
- ◆ 对比度, 旋转孔内一字槽, 调整显示屏对比度。
- ◆ USB, 支持U盘存储。
- ◆ 指示灯, 测试过程报警, 错误提示。
- ◆ 按键, 左键(←)、右键(→)、上键(↑)、下键(↓)、确认键(确认):调整光标位置、修改数值、确认操作。

3.1.2 面板功能说明

1. 主菜单

打开电源开关，显示主菜单界面如图 1 所示。



图 1 主菜单界面

“测试模式”：选择测试项目、测试电流等。

“历史记录”：查看历史数据。

“系统设置”：设置系统时间等。

“帮助”：可查看接线图等。

2. “测试模式”菜单

在主菜单界面中，光标处于“测试模式”时，按确认键进入“测试模式”菜单如图 2 所示。

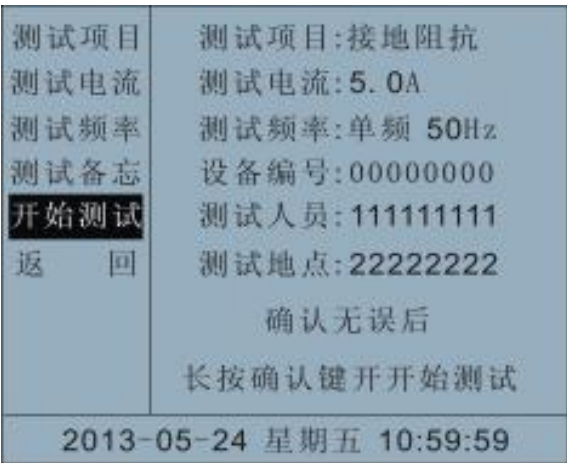


图 2 测试模式菜单界面

“测试项目”：可以选择“接地阻抗”、“电源模式”、“电压桩”、“电流桩”、“电阻率”。

接地阻抗：对地网接地电阻, 接地阻抗的测量。

电源模式：测量跨步电压时，仪器作为一个电源向接地装置注入试验电流。

电 压 桩：测量电压桩接地电阻，以判断打桩是否良好。

电 流 桩：测量电流桩接地电阻，以判断打桩是否良好。

电 阻 率：测试土壤电阻率. 设置接地桩的长度，默认为 20 米，最大 9999 米。

“测试电流”：可以选择 1.0A, 2.0A, 3.0A, 4.0A, 5.0A, 10A。

“测试频率”：可以选择双频：45/55Hz, 55/65Hz, 47.5/52.5Hz, 40/60Hz。

单频：40Hz, 45Hz, 47.5Hz, 50Hz, 52.5Hz, 55Hz, 60Hz, 65Hz。

“测试备忘”：可以设置“设备编号”、“测试人员”、“测试地点”。

“开始测试”：如果“测试项目”“测试电流”“测试频率”均为所需时，确认无误后，长按确认键(大约 5 秒)开始测试。如果不是，则可以到相应的菜单中进行修改。

“返 回”：返回上一级菜单。

测试启动之后，仪器首先对电源进行检测及等待电源升压到预设值和对接线及地网进行检测，然后进入测试界面如图 3 所示。



图 3 测试界面

在此界面中可实时显示测试电流、测试电压及试品阻抗，同时还显示测试的进度条及百分比。在测试过程中，长按确认键可以取消本次测试。

测试结束后，仪器直接显示测试结果，其界面如图 4 所示。

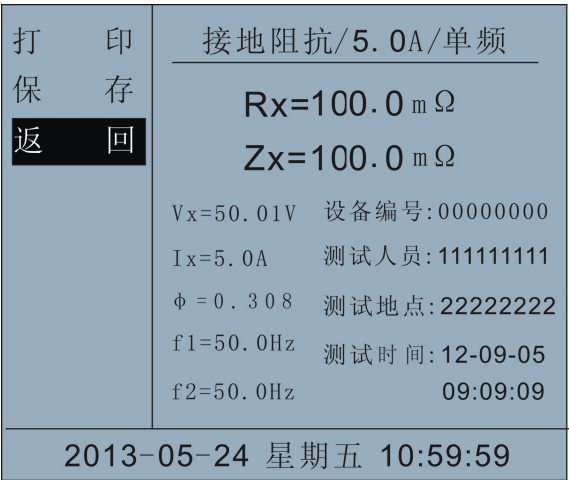


图 4 测试结果界面

“打印”：打印测试数据。

“保存”：保存测试数据。

“返回”：返回到上一级菜单。

显示数据如下(仪器自动选取单位)：

R_x—接地电阻值[1kΩ=1000Ω 1Ω=1000mΩ] V_x—电压桩电压[1kV=1000V 1V=1000mV]

Z_x—接地阻抗值[1kΩ=1000Ω 1Ω=1000mΩ] I_x—电流桩电流[1A=1000mA 1mA=1000μA]

f1—测试频率 1

f2—测试频率 2

3. “历史记录”菜单

在主菜单界面中，光标处于“历史记录”时，按确认键进入“历史记录”菜单如图 5 所示。

查看	清空	可存100条数据 已用003条	
U 盘		编号	测试时间
返回		001	2013-05-20 13:27:37
		002	2013-05-20 13:37:37
		003	2013-05-20 13:47:37
2013-05-24 星期五 10:59:59			

图 5 历史记录

“查看”：选择具体的历史记录。

“清空”：删除仪器所存的所有历史数据。

“U 盘”：保存所有历史数据到 U 盘。

“返回”：返回上一级菜单。

单条历史数据显示界面如图 6 所示

打印	保存	接地阻抗/5.0A/单频	
返回		R _x =100.0 mΩ	
		Z _x =100.0 mΩ	
		V _x =50.01V	设备编号:00000000
		I _x =5.0A	测试人员:11111111
		Φ=0.308	测试地点:22222222
		f1=50.0Hz	测试时间:12-09-05
		f2=50.0Hz	09:09:09
2013-05-24 星期五 10:59:59			

图 6 显示单条历史数据

- “打印”：打印当前历史数据。
- “删除”：删除当前历史数据。
- “返回”：返回上一级菜单。

4. “系统设置” 菜单

在主菜单界面中，光标处于“系统设置”时，按确认键进入“系统设置”菜单如图 7 所示。



图 7 系统设置

- “时间校准”：修改当前时间。
- “出厂设置”：仪器的相关参数在出厂时已设置好。
- “返回”：返回上一级菜单。

5. “帮 助” 菜单

在主菜单界面中，光标处于“帮助”时，按确认键进入“帮助”菜单如图 8 所示。

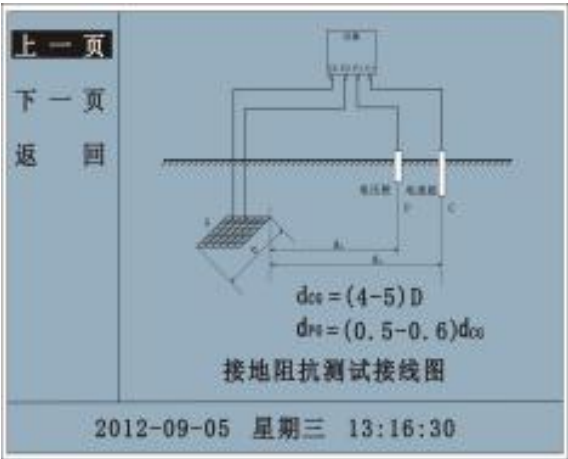


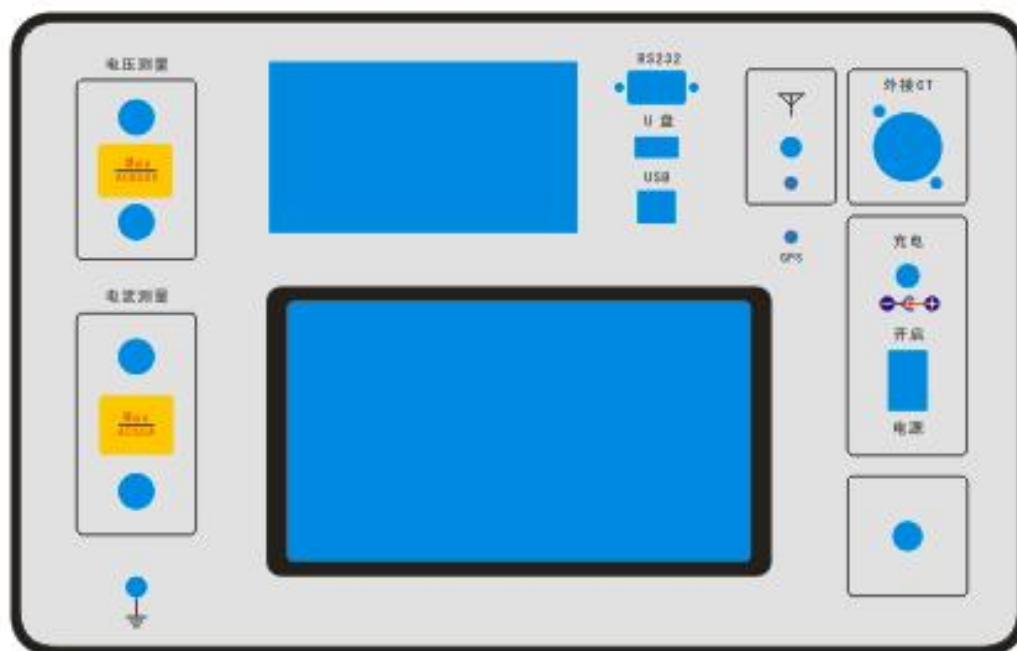
图 8 帮助菜单界面

- “上一页”：上一幅图。
- “下一页”：下一幅图。
- “返回”：返回上一级菜单。

帮助菜单内包括测试用到的四种接线图，接地阻抗，接触跨步电压，接触电压，土壤电阻率。

3.2 CT5202A 选频电压分流表

3.2.1 界面说明



选频电压分流表面板图

- ◆ 电压测量，电压测量输入端，电压测量范围为AC0~800V。
- ◆ 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。
- ◆ 接 地，测量接地。
- ◆ 打 印 机，热敏打印机。
- ◆ 液晶显示屏，1024×600点阵触摸屏。
- ◆ RS232，上位机RS232通讯接口，波特率为9600。
- ◆ 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。
- ◆ USB，USB通讯接口。
- ◆ 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。

1) 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。

2) 无线同步：不用GPS同步功能，直接用无线同步功能。

- ◆ 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。

- ◆ 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。
- ◆ 电源开关，工作电源开关。

◆ 飞梭，和触摸键一样也可以对仪器进行操作。

3.2.2 界面功能说明

1. 打开电源开关进入开机界面

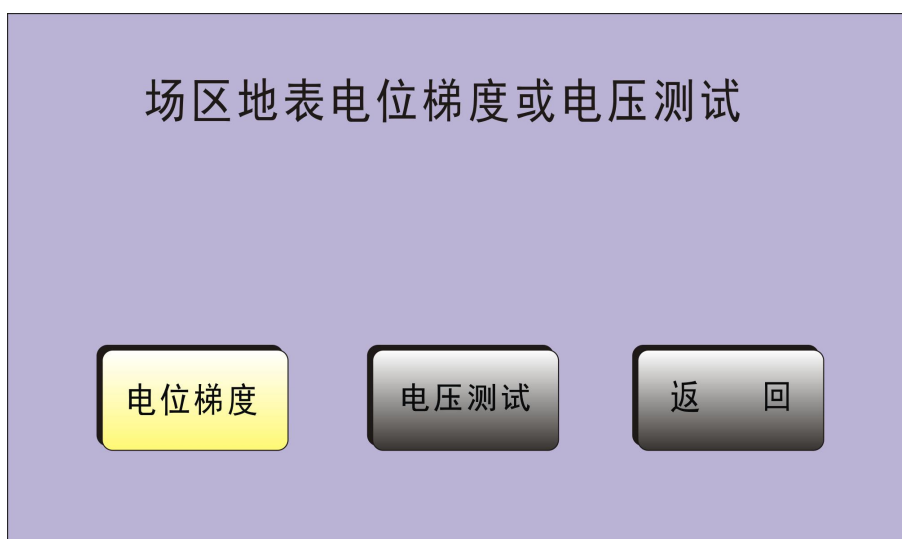


开机界面图

通过触摸按键或飞梭开关选择和操作各个功能菜单。

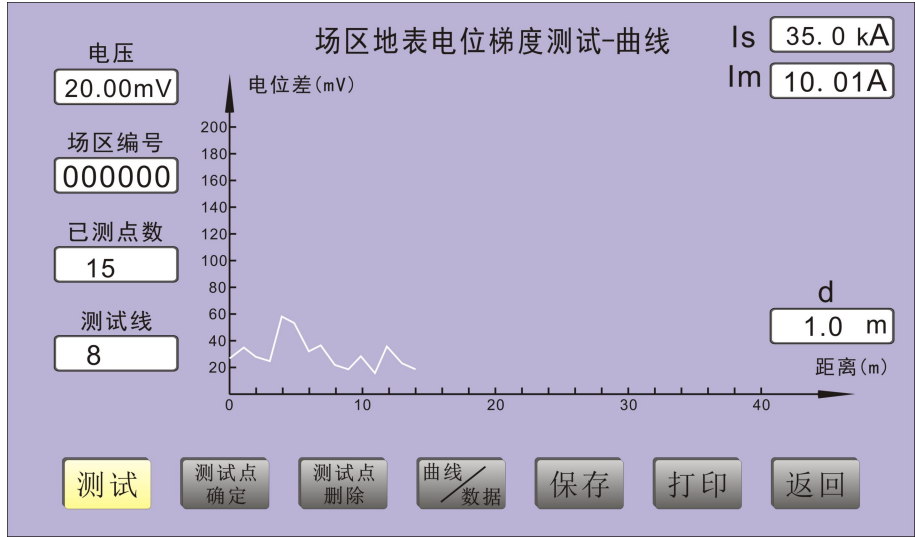
- 1) 电位梯度/电压、土壤电阻率/电流、阻抗测试和分流向量4个相互独立的测量模块。
- 2) 历史数据，保存4个测量模块的数据。每个模块最多保存200条。保存的数据要及时导出到U盘，避免数据丢失或被覆盖。
- 3) 设置，用户主要对设备编号、测试人员、测试地点和时间日期进行设置。出厂参数由厂方设置。

2. 进入场区地表电位梯度或电压测试选择界面



电位梯度/电压测试菜单图

3. 进入场区地表电位梯度测试界面



电位梯度曲线菜单图

电 压：为当前正在测试的电压值。

场区编号：为客户输入的 6 位数字编号，代表不同的场区。

已测点数：为暂存在缓冲中已测电压点数；关电消失。1 条测试线最多 35 点电压值。
用曲线或数据显示。

测 试 线：输入测试线，显示当前已测电压点数。每个场区最多 15 条测试线。输入
ALL，曲线显示已测试完成的全部测试线。

Is：输入单相最大接地故障电流。

Im：输入测试电流。不能为 0。

d：输入测试间距。

测 试 测试和停止状态间切换。测试状态：实时显示测试电压值。停止状态：
显示最后测试的那个电压值。

测试点确定 把当前的测试电压暂存到缓存区。关电消失。

测试点删除 把缓存区中最近1个电压测试电压删除。

曲线/数据 按此键曲线、数据1、数据2和数据3顺序切换。数据1为显示测试点电压(mV)。
数据2为相邻点电位差(mV)。数据3为相邻点电位差折算值(V/m)。其中，
数据1、数据2和数据3，只能显示是当前测试线。曲线可以显示1条或全部
15条。

保 存 保存全部测试线缓存区的电压值。保存的数据在历史数据中。

打 印 打印当前的测试线的数据。

返 回 返回到上1层界面。

4. 进入电压测试界面



电压测量菜单图

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

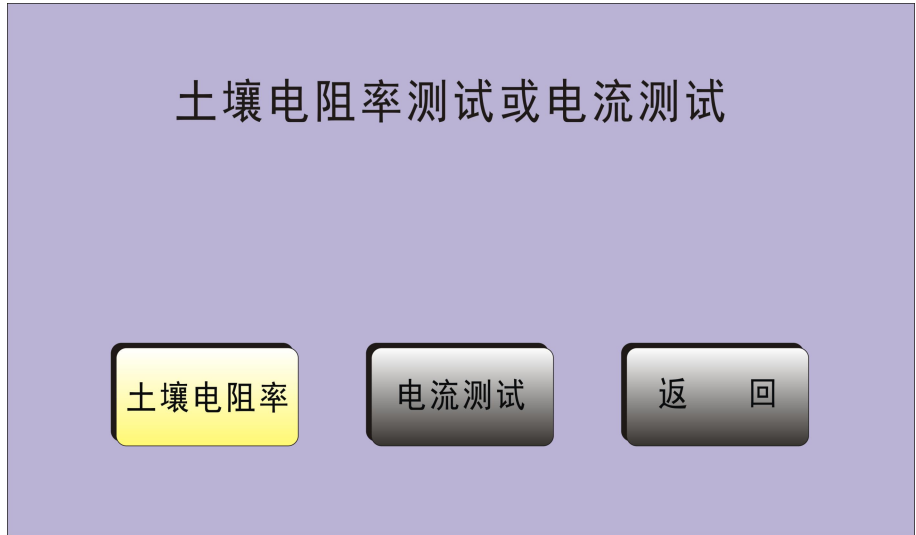
Rm: 控制人体模拟电阻(一般为1500欧)接入或断开，

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

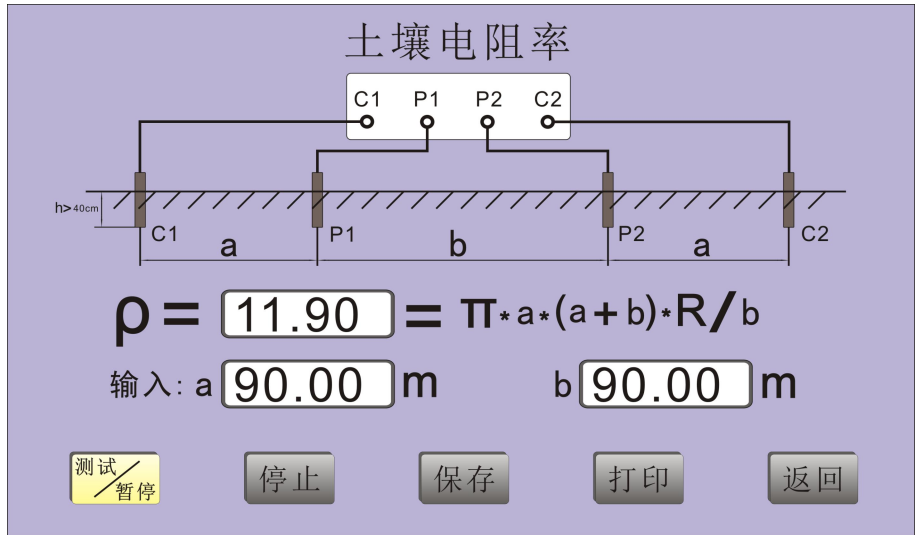
测试/暂停	测试和暂停状态间切换。测试状态：实际显示测试电压值。 暂停状态：显示按下暂停键时的那个电压值。
停止	停止测试电压。
平均/瞬时	平均或瞬时显示电压值。瞬时状态下，显示当前测到的电压值。 平均状态下，电压显示值是当前测到的电压值和以前测到的电压值的平均值。
保存	保存当前的电压值。保存的数据在历史数据中。
打印	打印当前的测试数据。
返回	返回到上1层界面。

5. 进入土壤电阻率测试或电流测试界面



土壤电阻率菜单图

6. 进入土壤电阻率测试界面



土壤电阻率测试界面图

a b 为电极间的距离，如图所示。**a,b** 相等时，四极等距法。**a,b** 不相等时，四极非等距法。点击 **a , b** 显示部位，通过触摸按键输入数字。距离数值必需有效。

测试/暂停 测试和暂停状态间切换。测试状态：实际计算并显示土壤电阻率 ρ 。
暂停状态：显示按下暂停键时的那个土壤电阻率 ρ 。

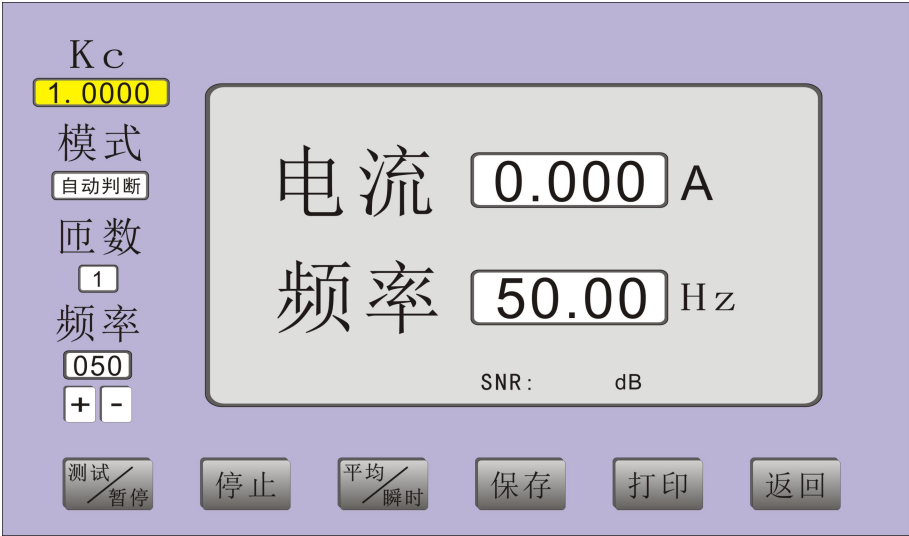
停止 停止测试土壤电阻率 ρ 。

保存 保存当前的土壤电阻率。保存的数据在历史数据中。

打印 打印当前的测试数据。

返回 返回到上1层界面。

7. 进入电流测试界面



电流测试界面图

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。

8. 进入阻抗测试界面（可配合其他源测阻抗）



The screenshot shows the 'Impedance Test Interface' (阻抗测试界面). On the left, there are settings for 'Mode' (模式) set to 'Automatic Judgment' (自动判断), 'Turns' (匝数) set to '1', 'Correction' (修正) set to '1.000', 'Frequency Method' (频率方式) set to 'Automatic Frequency Selection' (自动选频), and 'Frequency' (频率) set to '050'. Below these are '+' and '-' buttons. The main display area shows 'Test Value' (测试值) and 'Correction Value' (修正值) for 'Impedance' (阻抗), 'Reactance' (电抗), and 'Resistance' (电阻), all showing '0.000'. It also shows 'Frequency' (频率) as '50.00 Hz', 'SNR', and 'dB'. At the bottom of the display, it shows 'Voltage: 0.000V', 'Current: 0.000A', and 'Angle: 0.0000°'. At the bottom of the interface are buttons for 'Test/Stop' (测试/暂停), 'Stop' (停止), 'Average/Instant' (平均/瞬时), 'Save' (保存), 'Print' (打印), and 'Return' (返回).

阻抗测试界面图

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；

θ : 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。

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。
停止	停止测试阻抗。
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。
保存	保存当前的阻抗值。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。

9. 进入分流向量测试界面



分流测试界面图

试验电流 大功率变频信号源输出电流，通过大地网接地矢量测试装置用无线信号发出，选频电压分流表接收并显示。

分流电流 选频电压分流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。同步方式由大地网接地矢量测试装置决定。

测试界面左边方框内，[GPS同步]是选频电压分流表仪器GPS指示标记。~~GPS同步~~ 代表GPS没同步信号，~~✗~~ 消失后，显示 **GPS同步** GPS有同步信号。若是[无线同步] ~~无线同步~~ 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。

测试界面右边竖框内，[GPS同步]是大地网接地矢量测试装置 GPS 指示标记。~~GPS同步~~ 代表GPS没同步信号，~~✗~~ 消失后，显示 **GPS同步** GPS有同步信号。若是[无线同步] ~~无线同步~~ 代表

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。 是选频电压分流表和大地点接地矢量测试装置，无线连通标记。 表示通信断开； 表示通信正常。

测试界面右边竖框内，45Hz，显示变频电源发送电流的频率。要进行分流向量测试，选频电压分流表和大地点接地矢量测试装置都要有同步信号。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输入电流。选择 **罗氏线圈** 或 **自动判断**。

匝 数 可以设置为 1~9。匝数是罗氏线圈环绕在通电导线上的圈数。

注意事项 罗氏线圈电流幅度的稳定性受多种因素制约，注意如下：

1) 当测试电流小于3A 时，罗氏线圈围绕电流线多绕几匝，一般6匝以上，最多是9匝。测试电流越小，对应所绕的匝数越多。测试界面上匝数设置和实际绕的匝数必须一致。

2) 当测试电流大于3A 时，罗氏线圈用1匝测试。

3) 罗氏线圈测试电流时，电流线要从罗氏线圈中间穿过。

4) 小电流测试，一般要打开平均值键。

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。

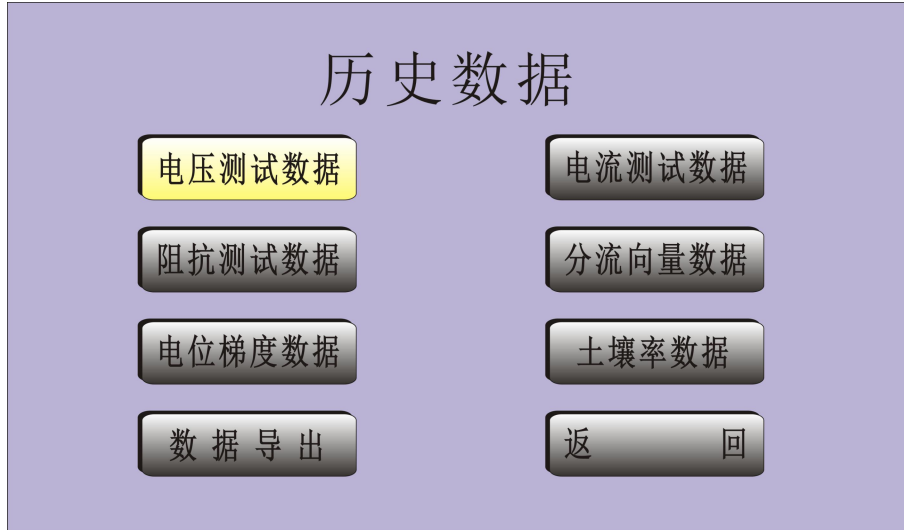
保 存 保存当前的分流向量值。保存的数据在历史数据中。

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！

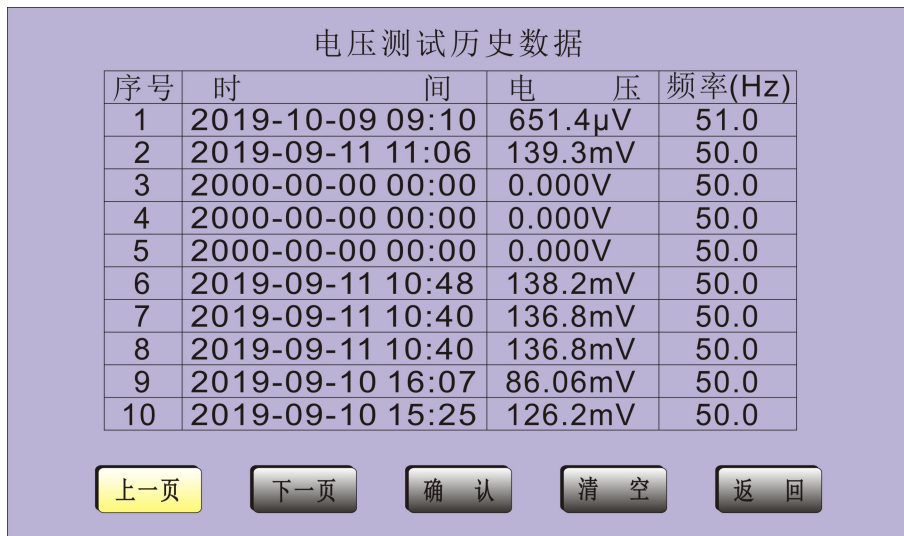
10. 进入历史数据界面



历史数据菜单图

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。

1) 进入电压历史数据界面



电压历史数据菜单图

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。

电压历史数据

6/19

电压：138.2mV 频率： 50.0Hz

设备编号：1908110

测试人员：gaodian001

测试地点：hangzhou

测试时间：2019-09-11 10:48

上一条
下一条
打 印
删 除
返 回

单条电压历史数据菜单图

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。

2) 进入电流历史数据界面

电流测试历史数据

序号	时 间	电 流	频率(Hz)
1	2019-09-10 15:26	377.2μA	50.0
2	2019-09-10 15:26	377.2μA	50.0
3	2019-09-10 15:26	793.6μA	50.0
4	2019-08-01 13:38	5.001A	50.0
5	2019-07-31 11:17	5.004A	50.0
6	2019-07-31 10:40	4.984A	45.0
7	2019-07-31 09:55	100.0mA	45.0
8	2019-07-30 13:01	5.005A	45.0
9	2019-07-30 13:00	5.004A	45.0
10			

上一页
下一页
确 认
清 空
返 回

电流历史数据菜单图

进入电流历史数据目录页。上一页 和 下一页 进行目录翻页。

清 空 是清除整个电流历史数据，**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 键返回到上一层界面。

电流历史数据 6/9

电流: 4.984A 频率: 45.0Hz
 设备编号: mnbvdxz333
 测试人员: kkiuyt99QW
 测试地点: hg5678qqUY
 测试时间: 2019-07-31 10:40

上一条
下一条
打 印
删 除
返 回

单条电压历史数据菜单图

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) 进入阻抗历史数据界面

阻抗测试历史数据

序号	时 间	阻 抗	频率(Hz)	选择
1	2019-09-10 15:26	19.86Ω	53.0	☒
2	2019-09-10 15:26	20.07Ω	55.0	☒
3	2019-09-10 15:26	19.88Ω	45.0	☐
4	2019-08-01 13:38	19.85Ω	50.0	☐
5	2019-07-31 11:17	19.86Ω	50.0	☐
6				
7				
8				
9				
10				

上一页
下一页
确 认
清 空
合并折算
返 回

阻抗历史数据菜单图

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。

按 合并折算 键，把选择的2个（一般是指2个不同频率下测试值）或多个数据。做平均处理，如下下图，**阻抗折算值界面**。

阻抗历史数据 7/17

测试阻抗: 499.6mΩ 修正阻抗: 499.6mΩ 电压: 2.501V
 测试电抗: -6.638mΩ 修正电抗: -6.638mΩ 电流: 5.006A
 测试电阻: 499.6mΩ 修正电阻: 499.6mΩ 角度: -0.761°
 测试时间: 2019-09-10 15:26 频率: 45.0Hz
 设备编号: mnbvdxz333 测试人员: kkiuyt99QW
 测试地点: hg5678qqUY 修正系数: 1.000

上一条
下一条
打 印
删 除
返 回

单条阻抗历史数据菜单图

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。

阻抗折算值

	测试值	修正值
阻抗	19.97 Ω	19.97 Ω
电抗	17.47 Ω	17.47 Ω
电阻	9.671 Ω	9.671 Ω
频率	54.00 Hz	系数 1.000
电压: 35.63V 电流: 1.780A 角度: 61.03°		

系数
打印
返回

阻抗折算界面图

系 数 设置接地电阻的修正系数; 打 印 打印阻抗折算值。

4) 进入分流向量数据界面

分流系数 K = 99.99 % ,分流向量和 5.3742/151.5° mA				
序号	时 间	试验电流	分流电流(mA)	参与计算
1	11-12 13:50	5.000A	0.5238/-117.9°	☒
2	11-12 13:48	5.000A	0.4266/143.2°	☒
3	11-12 13:47	5.000A	0.5267/133.6°	☒
4	11-12 13:45	5.000A	0.3549/31.98°	☒
5	11-12 13:44	5.000A	1.2938/57.23°	☒
6	11-12 13:43	5.000A	2.0234/91.26°	☒
7	11-12 13:41	5.000A	0.6208/-111.2°	☒
8	11-12 13:40	5.000A	0.4754/-164.4°	☒
9	11-12 13:39	5.000A	0.5646/-48.60°	☒
10	11-12 13:39	5.000A	0.5451/171.1°	☒

上一页
下一页
确 认
+180°
打 印
清 空
返 回

分流向量历史数据菜单图

进入分流向量数据目录页。上一页 和 下一页 进行目录翻页。

清 空是清除整个分流向量历史数据，**谨慎使用！**

打 印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。

按 返 回 键返回到上一层界面。

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

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

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

I_m 为地网试验电流，K为最终分流系数，

分流向量历史数据 7/13	
试验电流：4.992A	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

单条分流向量历史数据菜单图

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， +180° 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 确 认 键，如下图。

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。

5) 进入电位梯度数据界面

电位梯度历史数据			
序号	时 间	场区编号	测试线
1	2019-10-09 09:10	000000	3
2	2019-09-11 11:06	000000	3
3	2000-00-00 00:00	123456	1
4	2000-00-00 00:00	123456	2
5	2000-00-00 00:00	123456	3
6	2019-09-11 10:48	123456	2
7	2019-09-11 10:40	123456	1
8	2019-09-11 10:40	123456	1
9			
10			

上一頁下一頁确 认清 空返 回

电位梯度历史数据菜单图

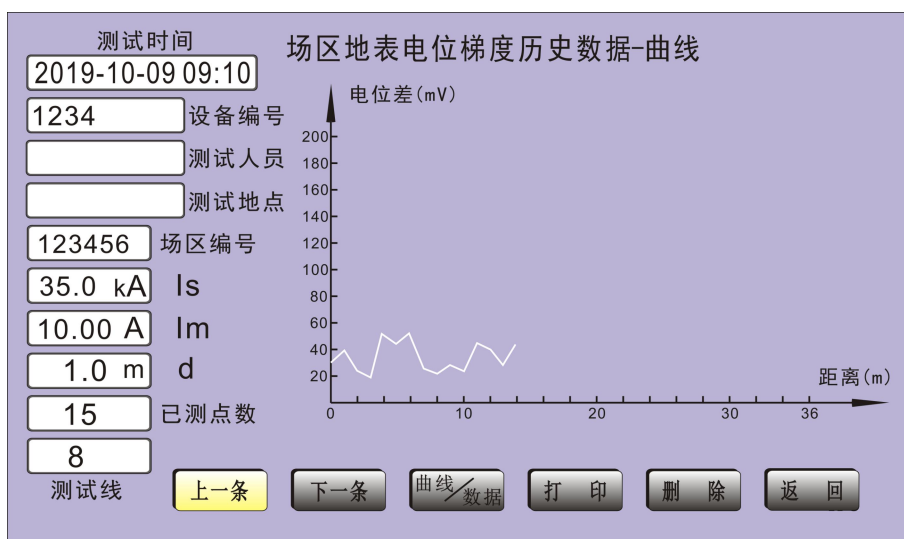
进入电位梯度历史数据目录页。

上一頁 和 下一頁 进行目录翻页。

清 空 是清除整个电位梯度历史数据，**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 键返回到上一层界面。



单条电位梯度历史数据菜单图

按 **测试线** 名字，选择输入测试线，显示当前已测电压点数。每个场区最多 15 条测试线。

输入 **ALL** 曲线显示已测试完成的全部测试线。

曲线/数据 选择显示曲线、数据 1、数据 2 和数据 3。数据 1 为显示测试点电压(mV)。

数据 2 为相邻点电位差(mV)。数据 3 为相邻点电位差折算值(V/m)。

其中，数据 1、数据 2 和数据 3，只能显示是当前测试线。

曲线可以显示 1 条或全部 15 条。

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。

6) 进入土壤电阻率数据界面

土壤电阻率历史数据			
序号	时 间	土壤电阻率	频率(Hz)
1	2019-10-09 09:10	11.90	51.0
2	2019-09-11 16:16	16.70	50.0
3	2019-09-11 16:02	12.60	50.0
4	2019-09-11 14:23	10.78	50.0
5	2019-09-11 13:56	9.367	50.0
6	2019-09-11 11:48	15.20	50.0
7	2019-09-11 10:40	14.65	50.0
8			
9			
10			

土壤电阻率历史数据菜单图

进入土壤电阻率历史数据目录页。 和 进行目录翻页。

是清除整个土壤电阻率历史数据，**谨慎使用！**

选择序号按 显示每条数据的具体数值。

如下图，按 键返回到回上一层界面。

土壤电阻率历史数据

土壤电阻率:11.90 距离 a: 90.0 m 距离 b: 90.0 m
电压: 211.0mV 电流: 10.03A 频率: 50.0Hz
设备编号: 1234
测试人员:
测试地点:
测试时间: 2019-10-09 09:10

上一条

下一条

打印

删除

返回

单条土壤电阻率历史数据菜单图

和 进行数据切换。

打印本条数据。

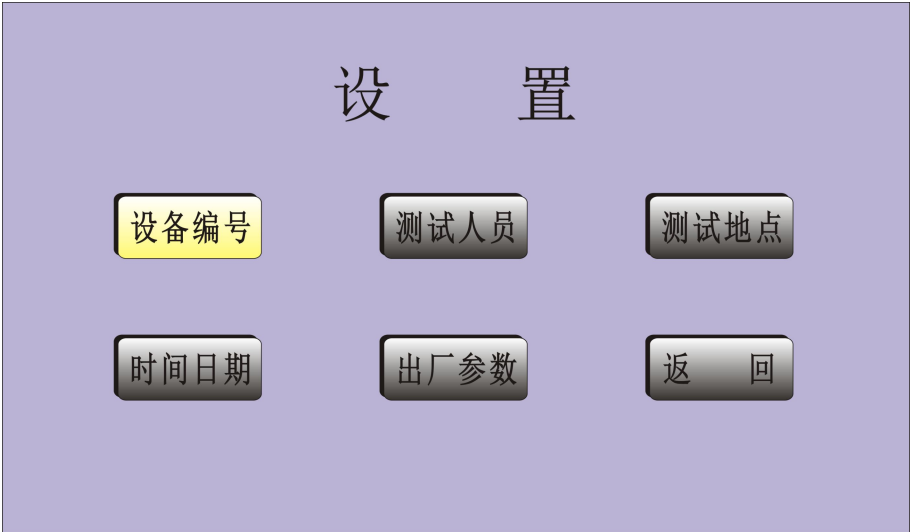
删除本条数据。

按 键返回到回上一层界面。

7) 数据导出到 U 盘

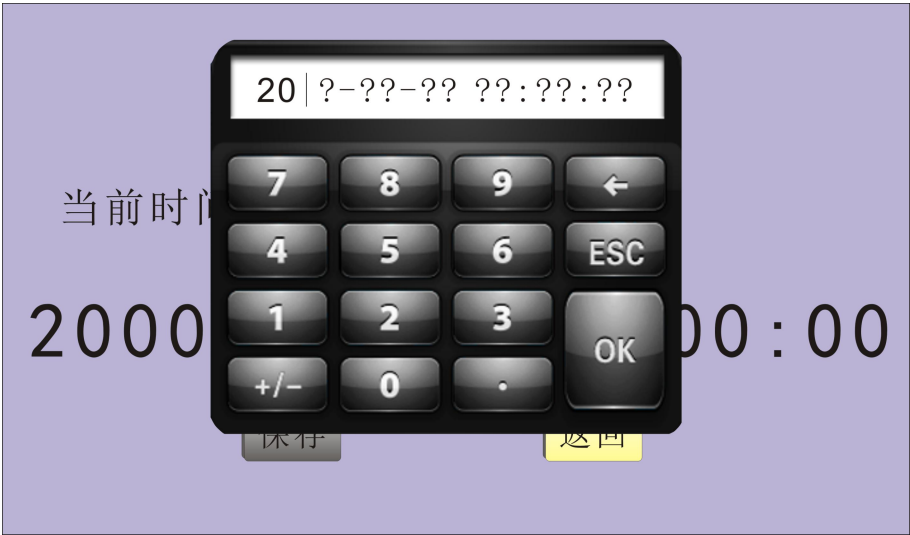
先插入U盘，再按 键。等待！出现“数据导出完成！”。仪器一次性把全部数据以 *.txt 格式保存到U盘。

11. 进入设置界面



设置菜单图

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。按 时间日期 键进入时间和日期设置界面。



日期时间设置界面图

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。

12. 出厂参数

出厂参数由厂方设置。

3.3 CT5202C 电流采集无线通讯仪

手持式电流采集无线通讯仪，一般配套分流矢量测试仪使用，可构成单个分流向量测试系统。其中，分流矢量测试仪可配置多台同时测试，每台手持机在测试完毕后可进行数据归并，可以大大加快现场工程测试进度。

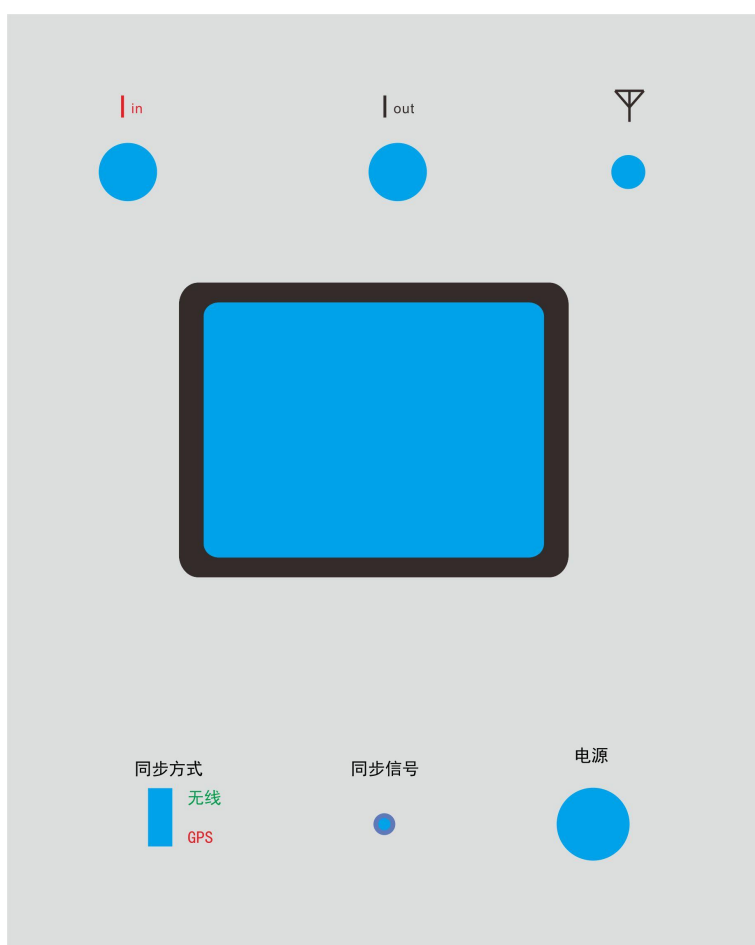
仪器液晶屏彩屏显示，体积小、分量轻和功能强等特点。设备采用锂电池供电，工作时间长，具有 GPS+北斗/无线信号同步精确测量分流电流功能，兼容直联或钳形电流表采样。

3.3.1 面板说明

如下图所示，仪器机型、包装不同，面板稍有不同。



手持式电流采集无线通讯仪上侧面图



手持式电流采集无线通讯仪正面图

◆ 分流信号输入接口，接钳形电流钳测试分流电流，或转接头连接罗氏线圈；

◆ RS232C接口，通讯预留接口；

◆ 充电座，用于给仪器供电和电池充电；

◆ 接地端子，测试接地用。

◆ 电流线接口，直联法电流线接口，可直接采样主电流，无需钳表。

◆ 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。

◆ 触摸液晶屏，控制及显示测试状态和测试数据。

◆ 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。

◆ 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。

◆ 无线，开机后指示灯有规律闪烁，表示无线模块工作正常。

◆ 电源开关，工作电源开关。

3.3.2 界面功能说明

1. 开机界面



开机主界面图

打开电源开关，开机后直接显示开机界面如图。如果电量用尽且没有及时充电，则系统时钟需在充电开机后重新设置。显示界面功能如下：

测 试：开始/停止测试。

无线发射：打开/关闭无线发射功能。

设 置：进入后台及时间日期设置。

1. 测试界面

开机后界面如图所示，左侧显示并可设置当前连接方式、选频方式及频率设置，右侧显示当前测试的电流、频率以及同步方式及传输状态，下方则是三个控制按钮。



主测试界面设置图

拨动机身上的同步控制开关，选择无线或 GPS 同步方式后，会在界面右侧测试频率下方显示无线同步、GPS 同步状态。



手动设置频率图

在测试分流向量时，首先设置左侧第一栏连接方式，根据测试接线采用直插的方式还是钳形表连接进行采样的方式，可选择钳形表或直接连接；

第二栏可设置自动选频或手动选频方式，选择自动选频，则测试过程中，频率自识别适应，选择手动选频，则需要点击第三栏频率设置，此时界面弹出输入键盘，如图，可手动输入频率，点击 OK 退出。



同步连接示意图

设置好左侧三栏，点击无线发射按钮，此时界面右上角图标从  变为 ，此时同时打开配套使用的分流矢量测试仪，等待电流采集无线通讯仪与分流矢量测试仪之间建立无线同步连接后，点击测试按钮开始测试。

2. 设置界面



设置界面图

点击设置进入设置界面，可进行后台参数和时间日期设置。

Password 是仪器后台参数调试，只有厂家调试时可输入密码进入。

点击时间日期按钮，可依次进行相应修改保存。

四. 测量原理及方法

测试方法参照 DL/T475-2017《DL/T475-2017 接地装置特性参数测量导则》。

试验电源宜采用异频电流法测试接地装置的工频特性参数。试验电流频率宜在 40Hz~60Hz 范围，标准正弦波波形，电流幅值通常不宜小于 3A。试验现场干扰大时可加大测试电流，同时需要特别注意试验安全。

如果采用工频电流测试接地装置的工频特性参数，应采用独立电源或经隔离变压器供电，并尽可能加大试验电流，试验电流不宜小于 50A，并应特别注意试验的安全问题，如电流极和试验回路的看护。

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。

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。

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。

3) 试验的安全

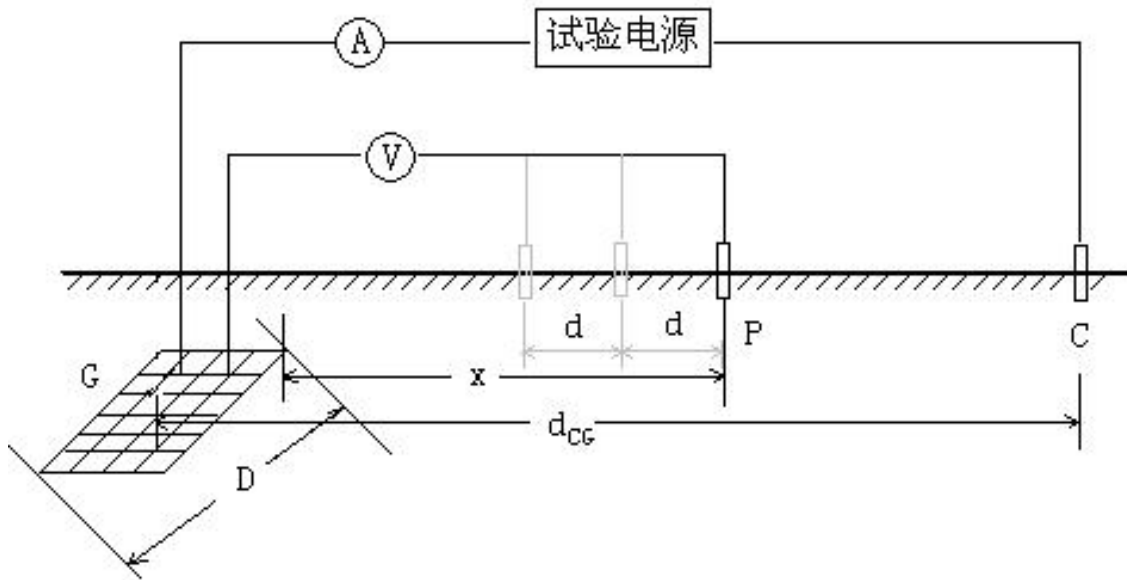
试验期间电流线严禁断开，电流线全程和电流极处要有专人看护。

4.2 接地阻抗的测试方法

接地阻抗的测试方法根据 DL/T 475-2006《接地装置特性参数测量导则》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;
dCG: 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° 左右，可以更大，但一般不宜小于 30° ，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差 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。

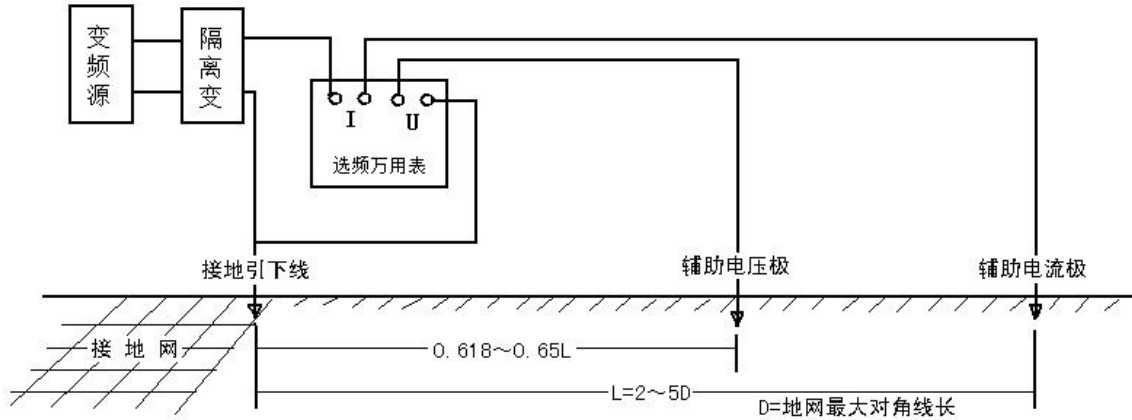
4.2.2 直线法

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。

电位极 P 应在被测接地装置 G 与电流极 C 连线方向移动 3 次，每次移动的距离约为 $5\%d_{CG}$ 左右，如 3 次测试的结果误差在 5% 以内即可。

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。



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;

dCG: 电流极与被试接地装置中心的距离; dPG: 电位极与被试接地装置边缘的距离。

图 4-2 直线法接线示意图

4.2.3 30° 夹角法

如果土壤电阻率均匀,可采用 dCG 和 dPG 相等的等腰三角形布线,此时使 θ 约为 30, $dCG=dPG \geq 2D$ 。

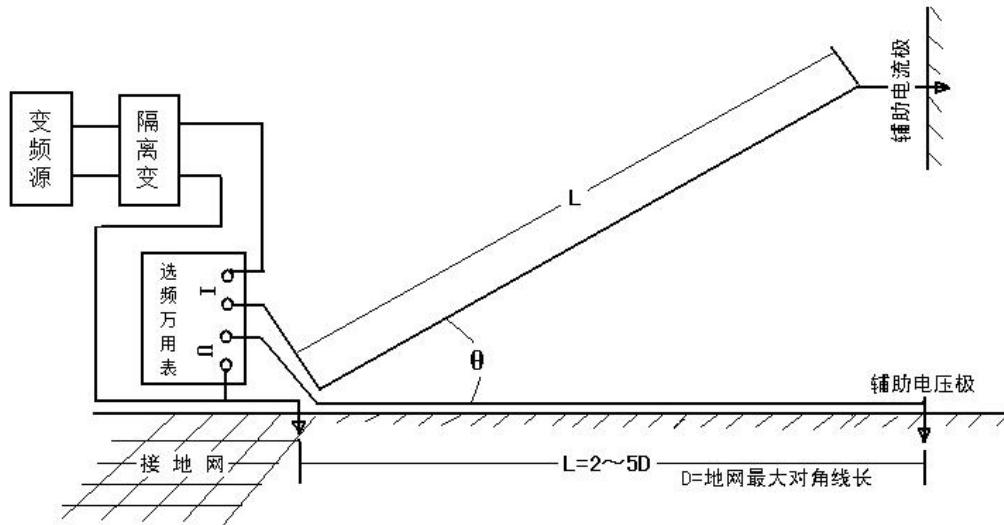


图 4-3 30° 夹角法和远离夹角法接线示意图

4.2.4 远离夹角法

通常情况下,接地装置接地阻抗的测试宜采用电流和电位线夹角布置的方式。 θ 通常为 45° 以上,一般不宜小于 30°, dPG 的长度与 dCG 相近。接地阻抗可用式修正。

只要条件允许,大型接地装置接地阻抗的测试都采用电流和电位线呈夹角布置的方式。通常 dCG 取 4~5D, dPG 略小于 dCG 但 $\geq 2D$, θ 通常为 30° ~45° 。

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

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; θ : 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 、 d_{PG} 、 d_{CG} 、 θ) 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测试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, 两者之间不能互相缠绕、线路不能交叉。

- ◆ 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, 必要时可采用浇水等会有明显降阻的措施。

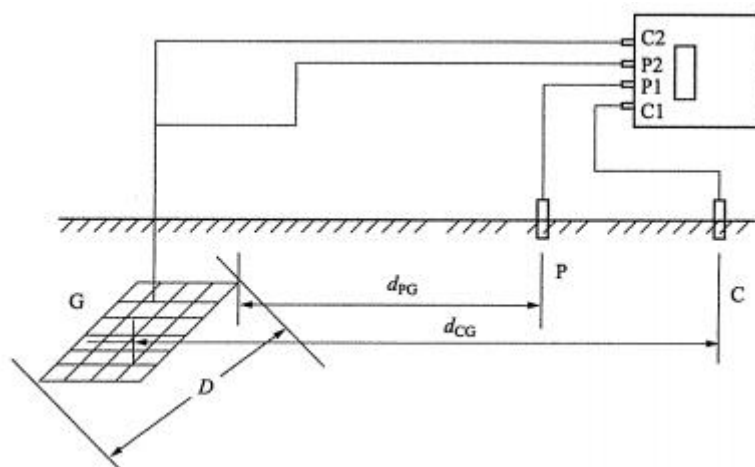
- ◆ 辅助电压极的敷设应尽量避免与输电线路平行, 以防感应过高的工频电压。

- ◆ 所有布线都应避免多圈盘绕, 以防附加电感影响测量结果。

4.2.5 反向法

反向法是远离夹角法的特殊形式, 即电位线和电流线之间的夹角约为 180° , 有利于尽可能地减小电位线与电流线之间的互感, 布线要求和修正公式与远离夹角法相同。

接地装置较小时, 可采用接地阻抗测试仪测接地阻抗, 接线见图 4-4。



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; d_{PG} : 电位极与被试接地装置边缘的距离。

图 4-4 接地阻抗测试仪接线示意图

图中的仪表是四端子式, 有些仪表是三端子式, 即 $C2$ 和 $P2$ 合并为一, 测试原理和方法均相同, 即电流-电压表三极法的简易组合式, 仪器通常由电池供电, 也可以是摇表形式, 布线的要求参照三极法。

4.3 分流测试方法

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，线路杆塔接地装置和远方地网对试验电流进行了分流，对接地装置接地阻抗的测试造成很大影响，因此应进行架空避雷线和电缆金属屏蔽的分流测试。变电站分流测试示意图见图 4-5。

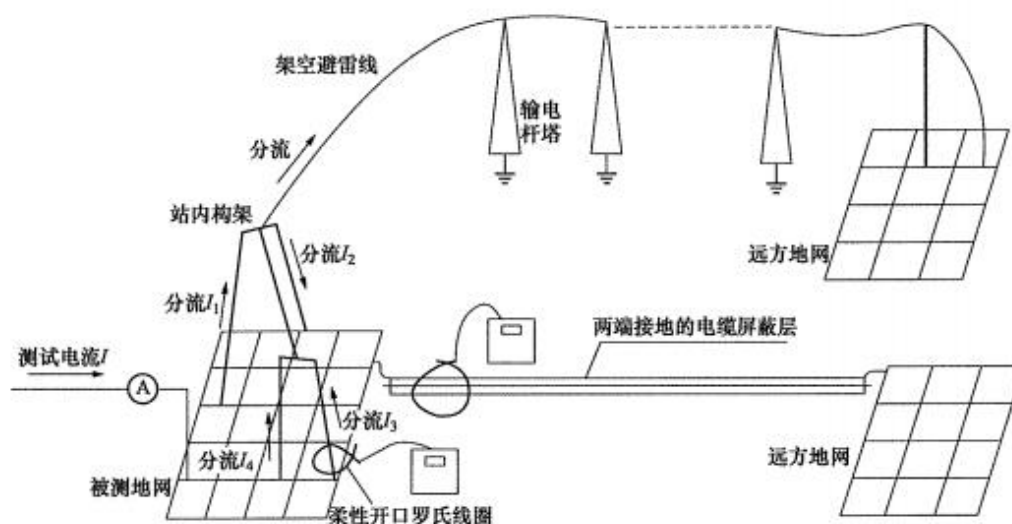


图 4-5 变电站分流测试示意图

分流测试应是相量测试，即测试分流的幅值和其相对于试验电流的相角，并将所有的分流进行相量运算，得到地网分流系数 K ，以修正接地阻抗。即分流的相量和 $I \angle \theta = I_1 \angle \theta_1 + I_2 \angle \theta_2 + \dots + I_n \angle \theta_n$ ，地网实际散流的相量 $I_G \angle \theta_G = I \angle 0^\circ + I \angle \theta$ ，地网分流系数 K 为：

$$K = \frac{I_G}{I} \times 100\%$$

一般采用具有相量测试功能的柔性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相量测试。

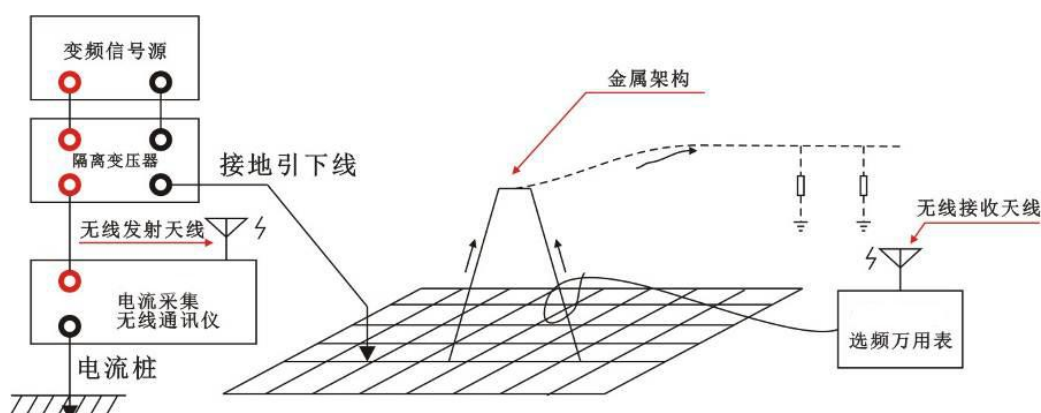


图 4-6 测试装置分流向量接线示意图

4.4 场区地表电位梯度分布测试方法

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。

2) 测试方法

接地装置如图 4-7 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 4-7。绘制各条 $U-x$ 曲线，即场区地表电位梯度分布曲线。

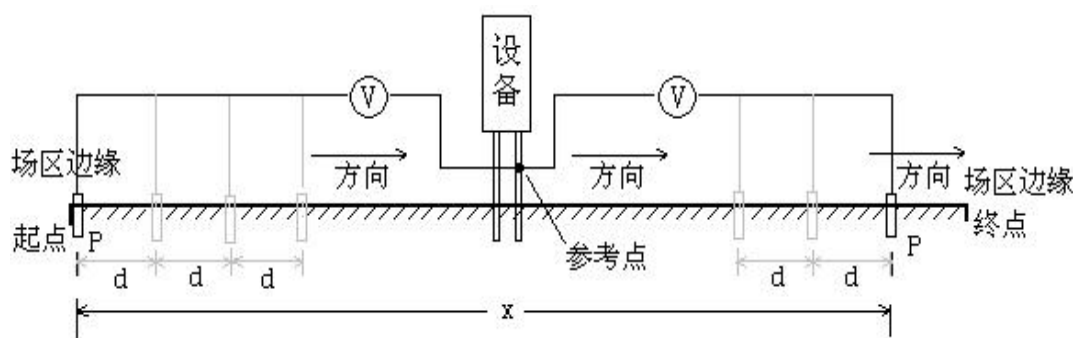


图 4-7 场区地表电位梯度分布测试示意图

P：电位极；d：测试间距。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 。

$$U_T = U'_T \frac{I_s}{I_m}$$

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。

3) 测试结果判定

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。

4.5 跨步电位差和接触电位差测试方法

接地装置如图 4-1 施加试验电流后, 根据图 4-8 在所关心的区域, 如场区边缘、重要通道处测试跨步电位差。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。可选择一个测量点, 并以该点为圆心, 在半径 1.0m 的圆弧上, 选取 3 个~4 个不同方向测试, 找出跨步电位差最大值, 按公式折算成最大入地电流下的实际值 U_s , 与 GB/T50065-2011 中 4.2 规定的安全界定值进行比较判断。

$$U_s = U'_s \frac{I_s}{I_m}$$

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。

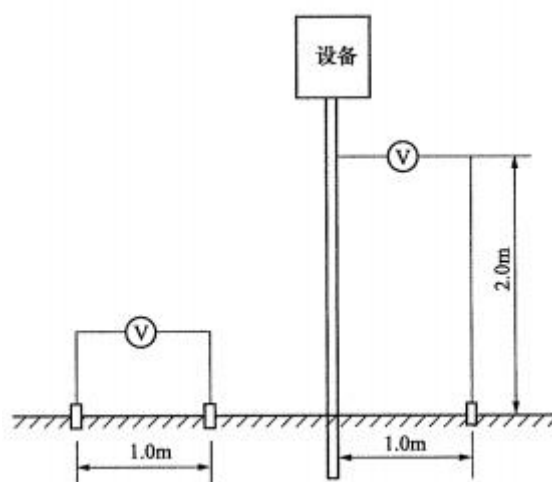


图 4-8 跨步电位差、跨步电压测试示意图

根据图 4-8 还可测试设备的接触电位差, 测试电极的处理与测跨步电位差相同, 重点是场区边缘和运行人员常接触的设备, 如隔离开关、构架等。可以待测设备为圆心, 在半径 1.0m 的圆弧上, 选取 3 个~4 个不同方向测试点, 找出接触电位差最大测试值, 参照公式折算成最大入地电流下的实际值, 与 GB/T50065-2011 中 4.2 规定的安全界定值进行比较判断。实际的接触电位差值也可参照公式折算。

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。

4.6 土壤电阻率测试方法

1) 一般要求

土壤电阻率测试的一般要求如下:

1) 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 3d 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。

2) 应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与地下管道之间的距离不小于极间距离。

3) 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。

4) 可选用输出电流为交流或直流电流的仪器测试土壤电阻率。对于大间距的土壤电阻率测试，宜采用交变直流法进行测试，即仪器输出的波形为正负交替变化的直流方波，方波宽度为 0.1s~8s，可有效避免交流法引起的互感误差和避免直流法土壤极化引起的误差。

2) 四极等距法或称温纳(Wenner)法

图 4-9 所示是四极等距法的原理接线图，两电极之间的距离 a 应不小于电极埋设深度 h 的 20 倍，即 $a \geq 20h$ 。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 ，通过公式得到被测场地的视在土壤电阻率 ρ 。

$$\rho = 2 \pi a R$$

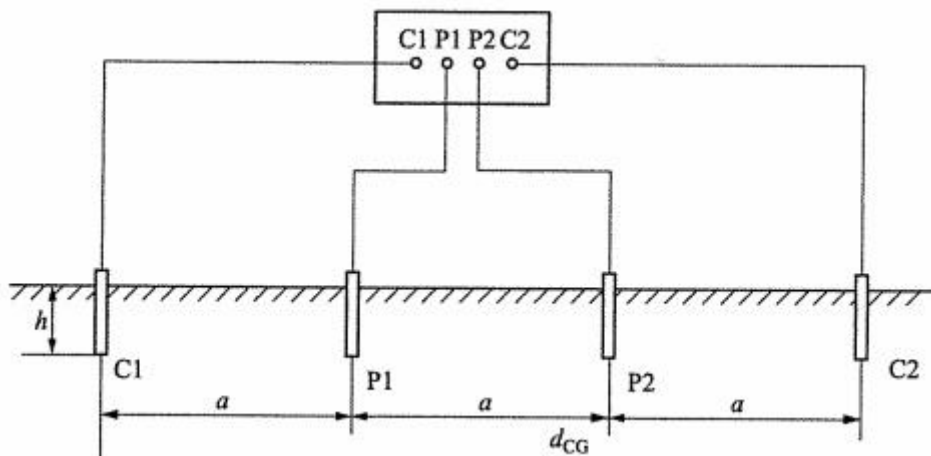


图 4-9 四极等距法测试示意图

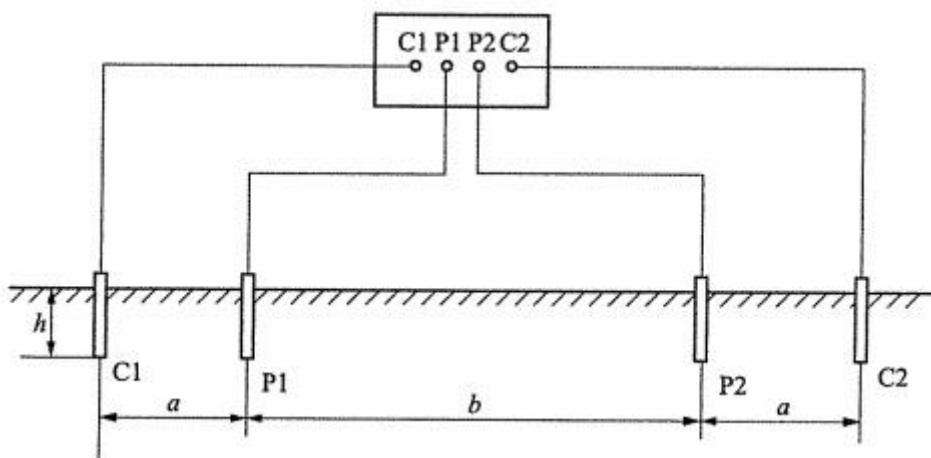


图 4-10 四极非等距法测试示意图

3) 四极非等距法或称施伦贝格-巴莫(Schlumberger-Palmer)法

当电极间距相当大时，四极等距法内侧两个电极的电位差迅速下降，通常仪器测不出或测不准如此低的电位差，此时可用图 4-10 所示的四极非等距法的电位极布置方式，电位极布置在相应的电流极附近，可升高所测的电位差值。如果电极的埋设深度 h 与其距离 a 和 b 相比较很小时，由公式得土壤电阻率 ρ 。

$$\rho = \pi a (a + b) R / b$$

a : 电流极与电位极间距; b : 电位极间距。

4) 测试要求及结果处理

测试电极宜用直径不小于 1.5cm 的圆钢或 25mmX25mmX4mm 的角钢，其长度均不小于 40cm。被测场地土壤中的电流场的深度，即被测土壤的深度，与极间距离 a 有密切关系。当被测场地的面积较大时，极间距离 a 也相应地增大。

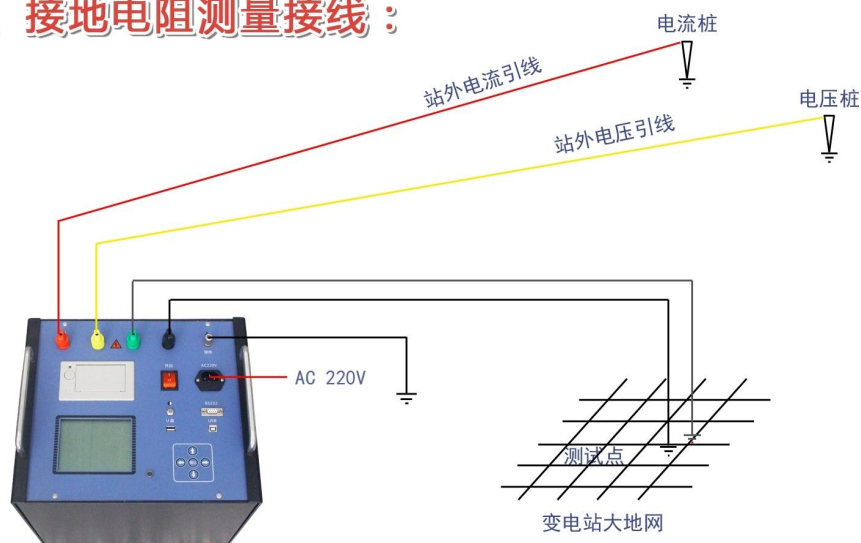
在各种电极间距时得出的一组数据即为各视在土壤电阻率，以该数据与间距的关系绘成曲线，即可判断该地区是否存在多种土壤层或是否有岩石层，还可判断其各自的电阻率和深度。

为了得到较合理的土壤电阻率的数据，宜改变极间距离 a ，求得视在土壤电阻率 ρ 与极间距离 a 之间的关系曲线 $\rho = f(a)$ ，极间距离的取值可为 5m、10m、15m、20m、30m、40m 等，最大的极间距离 $a_{\max}$ 一般不宜小于拟建接地装置最大对角线。当布线空间路径有限时，可酌情减少，但至少应达到最大对角线的 2/3。

五. 测量接线说明

5.1 阻抗测量接线说明

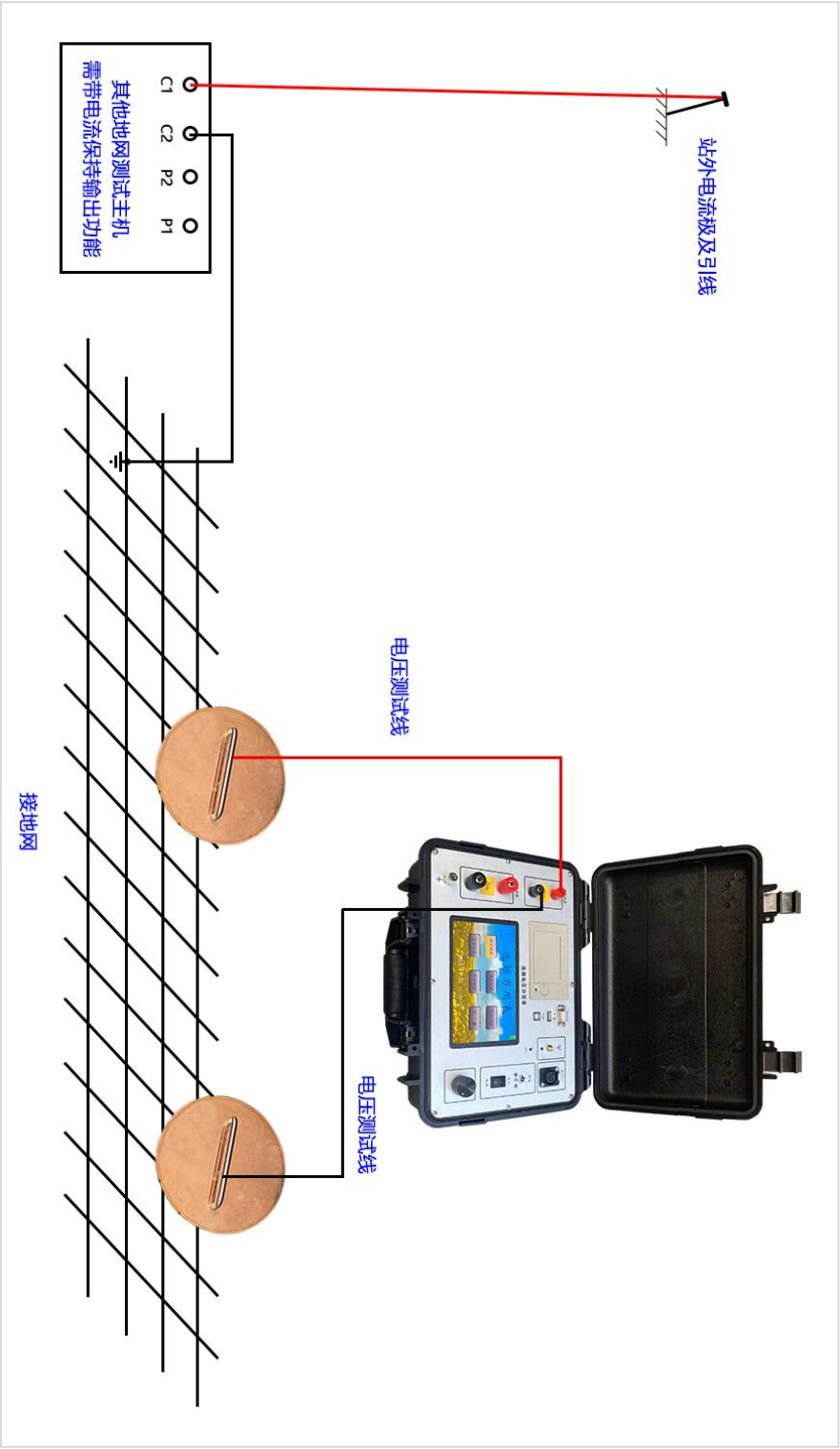
接地阻抗、接地电阻测量接线：



接地阻抗测量接线示意图

5.2 电压测量接线说明

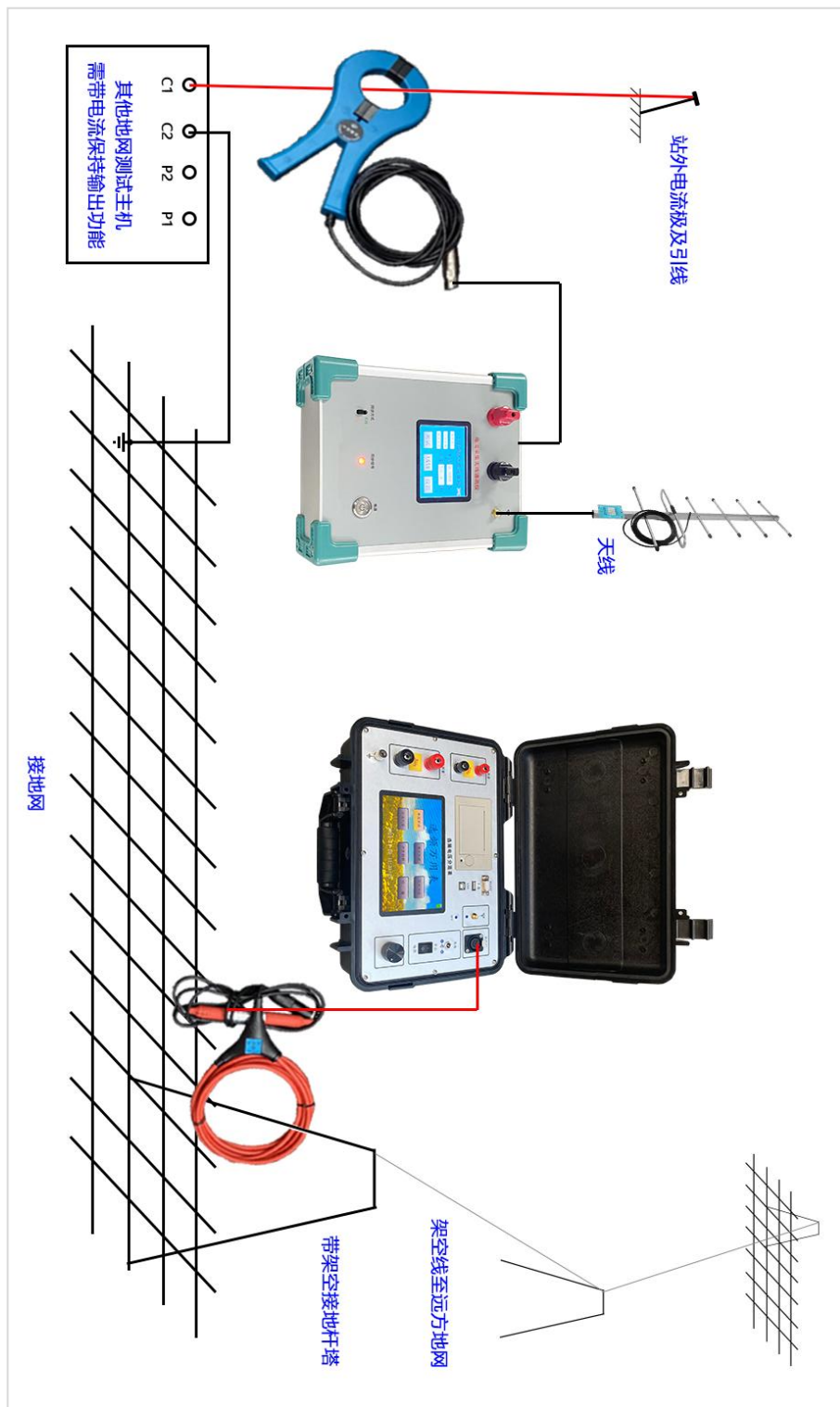
电压测量模式下可完成场区电位梯度分布、跨步电位差、跨步电压、接触电位差、接触电压等参数以及需要测量特定频率下电压的测量。



跨步电压、接触电势测量接线示意图

5.3 分流向量测量接线说明

分流测量模式下可完成对站内带有架空避雷线杆塔和金属屏蔽两端接地的电缆出线的分流向量测量，需要再主电流采集发射端和测量端都要有北斗+GPS或无线同步信号，且相互间的无线通信正常方可进行同步测试。



分流矢量测量接线示意图

六. 注意事项

大地网接地电阻测试仪：

1. C1/C2端输出的电压电流足以对人体造成伤害！应有专人负责监护并设立危险标志，在启动测量前和测量中要确保试验人员和其它人员远离电流引线和电流桩。

2. 测量时请尽量选用双频45/55Hz测量，用其它频率测量，可做为参考。

3. 应选择潮湿地面打桩并在电流桩上浇水降低电阻。

4. 电流线应尽量远离电压线，防止线间电磁耦合引起测量误差。

5. 尽量降低电压桩电阻。

6. 仪器需要12A以上的电源电流，必须保证足够的电源容量，否则会导致仪器输出容量降低。不要使用细长的电源加长线。

7. 本仪器若出现其它故障，请直接与本公司售后服务部联系，请不要私自拆检，内部有高压电非常危险。

分流测试：

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，主电流采集发射端和测量端都要有北斗+GPS或无线同步信号，且相互间的无线通信正常方可进行同步测试。

5. 大地网接地矢量测试装置或电流采集无线通讯仪天线由于功率较大，必须尽量远离分流矢量测试仪及罗氏线圈（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，可将大地网接地矢量测试装置或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。

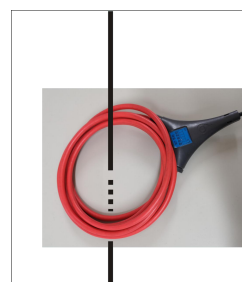
8. 罗氏线圈电流幅度的稳定性受多种因素制约，注意如下：

1) 当测试电流小于3A 时，罗氏线圈围绕电流线多绕几匝，一般6匝以上，最多是9匝。测试电流越小，对应所绕的匝数越多。测试界面上匝数设置和实际绕的匝数必须一致。

2) 当测试电流大于3A 时，罗氏线圈用1匝测试。

3) 罗氏线圈测试电流时，电流线要从罗氏线圈中间穿过。

4) 小电流测试，一般要打开平均值键。



七. 注常见故障及排除

序号	故障现象	原因分析	排除方法
1	无法开机	1. 保险丝管坏 2. 输入误加 380V	1. 更换同型保险丝管 2. 检查输入电源
2	光屏无显示	1. 对比度调乱	1. 调整对比度电位器
3	无输出	1. 试品、接线开路	1. 检查试品、接线是否接触不良
4	不能打印	1. 无打印纸 2. 热敏打印纸装反	1. 重新安放打印纸 2. 调转打印纸卷方向
5	电源板通信失败	1. 通信错乱 2. 仪器内部通信线脱落	1. 关机 1 分钟后重新启动 2. 找厂家技术人员处理
6	电源错误	1. 电源保护	1. 关机 1 分钟后重新启动 2. 找厂家技术人员处理
7	采样板通信失败	1. 通信错乱 2. 仪器内部通信线脱落	1. 关机 1 分钟后重新启动 2. 找厂家技术人员处理