



赫兹电力
HERTZ POWER

产品宗旨：技术领先，质量可靠，轻便易用

服务宗旨：快速响应，达到满意，超过期望

HZDW-FB

大型地网接地电阻测试仪

产
品
说
明
书

武汉赫兹电力设备有限公司

地址：武汉市东西湖区宏图路9号金银潭现代企业城

网址：www.whhezi.com

全国统一服务热线：027-83267669

邮箱：whhezi@163.com

尊敬的顾客：

感谢您购买本公司 HZDW-FB 大型地网接地电阻测试仪。在您初次使用该仪器前，请您详细地阅读本使用说明书，将可帮助您熟练地使用本仪器。

我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的仪器可能与使用说明书有少许的差别。如果有改动的话，我们会用附页方式告知，敬请谅解！您有不清楚之处，请与公司售后服务部联络，我们定会满足您的要求。

由于输入输出端子、测试柱等均有可能带电压，您在插拔测试线、电源插座时，会产生电火花，小心电击，避免触电危险，注意人身安全！

安全要求

请阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止本产品或与其相连接的任何其它产品受到损坏。为了避免可能发生的危险，本产品只可在规定的范围内使用。

为了防止火灾或人身伤害，只有合格的技术人员才可执行维修。

使用适当的电源线。只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

正确地连接和断开。当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

产品接地。本产品除通过电源线接地导线接地外，产品外壳的接地柱必须接地。为了防止电击，接地导体必须与地面相连。在与本产品输入或输出终端连接前，应确保本产品已正确接地。

注意所有终端的额定值。为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。在对本产品进行连接之前，请阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

请勿在无仪器盖板时操作。如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。

使用适当的保险丝。只可使用符合本产品规定类型和额定值的保险丝。

避免接触裸露电路和带电金属。产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。

在有可疑的故障时，请勿操作。如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员进行检查，切勿继续操作。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易爆环境中操作。

保持产品表面清洁和干燥。

——安全术语

警告：警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

小心：小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。



目 录

一、仪器概述.....	4
二、功能特点.....	4
三、技术指标.....	5
四、仪器原理.....	6
五、面板介绍.....	7
六、测量接线.....	8
七、操作步骤.....	8
八 外接电源使用.....	17
九、测量接地导通.....	18
十、测量土壤电阻率.....	18
十一、夹角法测量地网电阻.....	19
十二、测量地表电位梯度.....	20
十三、测量跨步电压和接触电压.....	20

一、仪器概述

目前在电力系统中，大地网的接地电阻的测试目前主要采用工频大电流三极法测量。为了防止电网运行时产生的工频干扰，提高测量结果的准确性，绝缘预防性试验规程规定：工频大电流法的试验电流不得小于 30A。由此，就出现了试验设备笨重，试验过程复杂，试验人员工作强度大，试验时间长等诸多问题。

大地网接地电阻测试仪，采用了新型变频交流电源，并采用了微机处理控制 HZDW-FB 大型地网接地电阻测试仪和信号处理等措施，很好的解决了测试过程中的抗干扰问题，简化了试验操作过程，提高了测试结果的精度和准确性，大大降低了试验人员的劳动强度和试验成本。

HZDW-FB 大型地网接地电阻测试仪是测量地网接地电阻和接地点之间的接地导通的专用仪器。仪器采用变频抗干扰技术，不需大电流测量，能在变电站强干扰环境下测得 50Hz 的准确数据，测量结果由大屏幕液晶显示，自带微型打印机可打印输出。仪器能同时测量接地阻抗和接地电阻，更能真实反映地网的实际特性

二、功能特点

1. 测量的工频等效性好。测试电流波形为正弦波，频率与工频相差最小 0.1Hz，最大为 10Hz。可用于 50Hz 或 60Hz 两种频率进行测量。
2. 抗干扰能力强。本仪器采用异频法测量，配合现代软硬件滤波技术，使得仪器具有很高的抗干扰性能，测试数据稳定可靠。
3. 测量精度高。基本误差仅 0.005 Ω ，可用来测量接地阻抗很小的大地网。
4. 功能强大。可测量电流桩，电压桩，地网阻抗、接地电阻，接地导通、土壤电阻率，跨步电压，接触电压，电位梯度等。
5. 全触摸液晶显示屏，超大全图形操作界面，每过程都非常清晰明了。操作人员不需要额外的专业培训就能使用。轻轻触摸就能完成整个过程的测试。
6. 内部配备有日历芯片和大容量存储器，能将结果随时保存。随时可以查看历史记录，并可以打印输出。当前时间和存储时间都能显示和打印。
7. 科学先进的数据管理：仪器数据可以通过 U 盘导出，可在任意一台 PC 机上通过专用软件，查看和管理数据。能够生成报表和试验报告
8. 安全可靠。仪器具有接地保护，限流和限压保护，声光报警等功能，以确保试验人员和设备的安全。
9. 具备矢量测试功能，能够测量地网阻抗和地网纯电阻。可以测量出阻抗角。



10. 布线劳动量小，无需大电流线。
11. 一体化机型，内附标准电阻和恒流源，便于现场测试，减少现场接线。
12. 仪器操作简便，测量过程由微处理器控制，只要选择好正确的测量方式，数据的测量就可在微处理器控制下自动完成。

三、技术指标

1、主机技术参数

- 1、测量范围：0~5000 Ω（含电流桩阻抗）
- 2、分辨率：0.001m Ω
- 3、测量误差：±（读数×2%+0.005 Ω）
4. 抗工频50Hz 电压干扰能力：10V
- 5、测试电流波形：正弦波
- 6、测试电流频率：单频：40~70Hz 分辨率0.1Hz 随意设置
双频：50±0.1Hz 到 50±10.0Hz 随意设置
60±0.1Hz 到 60±10.0Hz 随意设置
- 7、输出电流：5A 或 外接电源30A
- 8、输出电压：400V 或 外接电源1000V
- 9、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
- 10、测试电源：内置2kW变频电源或外接大功率变频电源。
- 11、供电电源：AC220V±10%，50Hz
- 12、外形尺寸：460×360×350mm 仪器重量：10kg

2、选频表技术参数

选频表只能配合大地网接地电阻仪，用于地表电位梯度、跨步电压和接触电位差的抗干扰测量。

测量时，大地网接地电阻仪向接地装置输出一个恒定的变频电流，选频表针对该频率进行检测，从而滤除工频干扰。具有电压测量功能，用于地表电位梯度测量。内置人体模拟电阻，用于跨步电压和接触电压测量。配有可充电电池。

2.1、主要功能特点

2.1.1、按照《DL/T475-2006 接地装置特性参数测量导则》的要求，为了减小地网工频电流干扰的影响，用工频电流测量时，测试电流应达到 50A 以上，这样的大电流电源和电缆十分笨重，给试验造成很大的不便。而变频测量的优点是，利用变频技术对工频干扰的抑制能力，使用较小的试验电流便可以达到或超过工频大电流的抗干扰效果。因此导则规定，用变频方式测试电流可以减小到 3A。使用选频电压表和我们生产的大地网接地电阻仪就可以满足导则规定的全部试验要求。仪器十分轻便，能大大减轻现场测量的工作强度。

2.1.2、实现抗干扰测量的关键是要抑制干扰信号。选频电压表采用的高精度自适应数字陷波技术，能够自动跟踪并抑制干扰频率。该算法的理论抑制能力接近百万分之一。与一些进口选频电压表几百分之一的抑制能力相比，选频电压表基本可以忽略干扰的存在。

2.2、主要技术指标

2.2.1、测量范围：0~100V 准确度： $\pm(\text{读数} \times 1\% + 0.1\text{mV})$

最大分辨率：0.001mV

2.2.2、输入阻抗： $>500\text{k}\Omega$ 人体模拟电阻： $1500\Omega \pm 5\%$

2.2.3、测量频率：与大地网接地电阻仪对应 干扰抑制比： $\geq 80\text{dB}$

2.2.4、电池工作时间：约8小时 充电时间：约3小时

充电电源：220V $\pm 10\%$ ，50Hz / 60Hz

2.2.5、重量：0.5kg

2.3、使用方法：选频表上的 P1、P2 使用连接线连接主机上的 P1、P2，开机测量即可。

四、仪器原理

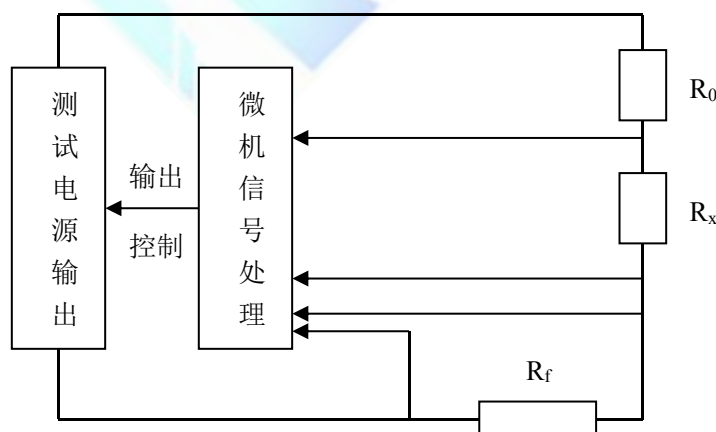


图 1 测量原理示意图



- 1、 R_0 回路电阻大约 $5\sim 200\ \Omega$
- 2、 R_x 测试电阻大约 $0\sim 200\ \Omega$
- 3、 R_f 标准电阻
- 4、测量电流线 D：长度为地网对角线长度的 $3\sim 5$ 倍；线径： $\geq 1.5\text{mm}^2$
- 5、测量电压线 1：长度为 $0.618D$ ；线径： $\geq 1.0\text{mm}^2$
- 6、测量电压线 2：接被测地网
- 7、测量接地线：接地网

五、面板介绍

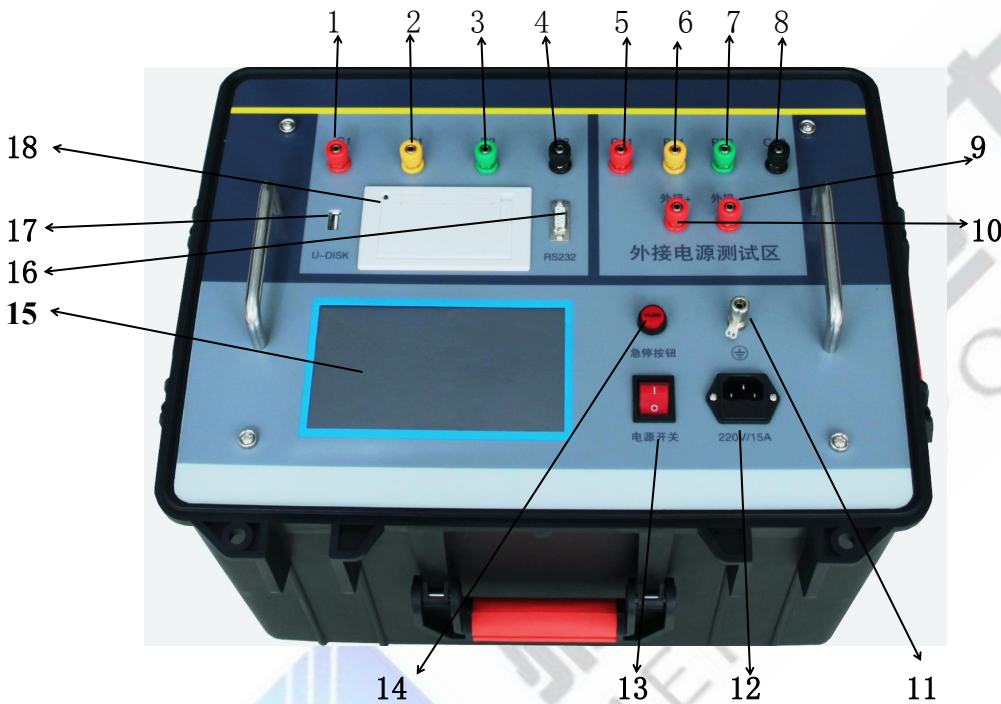


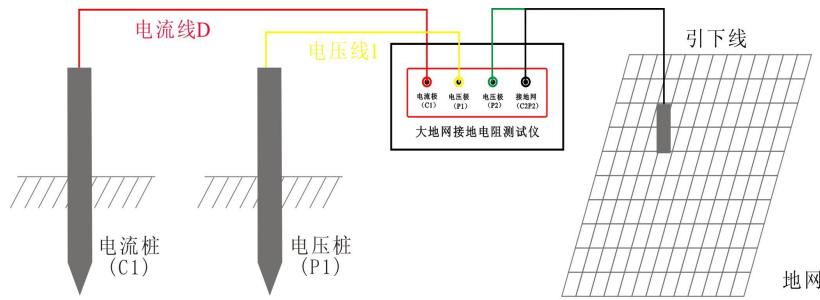
图 2 面板示意图

- | | | | |
|-------------|---------------|-------------|-------------|
| 1: 电流极(C1) | 2: 电压极(P1) | 3: 电压极(P2) | 4: 接地网(C2) |
| 5: 电流极(C11) | 6: 电压极(P11) | 7: 电压极(P22) | 8: 接地网(C22) |
| 9: 外接交流电源 | 10: 外接交流电源 | | |
| 11: 接地柱 | 12: 220V 电源插座 | 13: 电源开关 | 14: 急停按钮 |
| 15: 液晶屏 | 16: 232 串口 | 17: U 盘插口 | 18: 打印机 |

注意：5, 6, 7, 8, 9, 10 端子，仅在外接电源时候使用。

使用内部电源时候悬空即可。

六、测量接线



三极法测量接线图

图3 三极法测量接线图

- 1、测量电流线 D：线径 $\geq 1.5\text{mm}^2$ ，长度为地网对角线长度的 3 ~ 5 倍；
- 2、测量电压线 1：线径 $\geq 1.0\text{mm}^2$ ，长度为 0.618 倍的电流线；
- 3、测量电压线 2：接被测地网某一引下线。
- 4、测量接地线：接被测地网某一引下线。

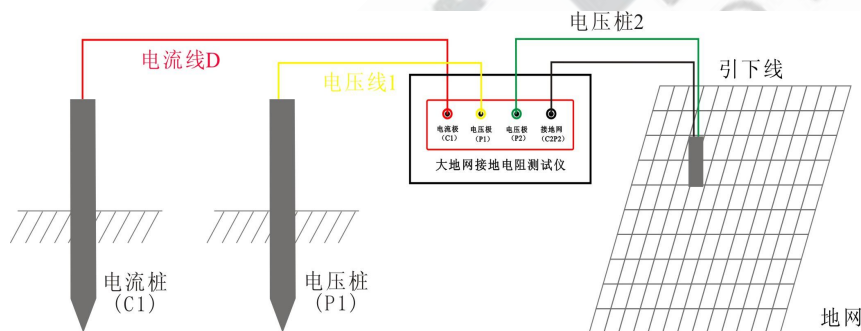


图4 四极法测量接线图

5、四极法测量时，从地网的地桩上引出二根连接线分别接到仪器的电压极 P2、接地网 C2 两接线柱，然后按测量操作步骤进行测试。

七、操作步骤

7.1、操作前准备工作

1、首先检查用于试验的电流线、电压线和地网线是否有断路现象（可以用万用表测量），地桩上的铁锈是否清除干净，其埋进深度是否合适（ >0.5 米），同时检查测试线与地桩的连接是否导通，如未导通，请处理后重新连接。

2、电流测试线与电压测试线的长度比为 1：0.618，电流测试线的长度应是地网对角线的 3~5 倍。

3、电流测试线和电压测试线按规定的长度将一端与仪器相接后平行放出。另一端分别接在两个地桩上（如图 3 或图 4 所示）。

4、将已放好的测试线检查一遍，将万用表一端接电流线或电压线，另一端接地网线如无阻值显示即为断路，确认完好再进行测试。

5、检查连线无误后，给仪器接 AC 220V/50Hz 电源，对仪器进行通电。

6、按测量键，开始测量。

7、仪器显示测试结束后，记录测试数据（本仪器可多次重复测量）。

8、关掉仪器电源后，拆除连线，测试过程结束。

7.2、操作说明：

1. 打开电源开关，计算机进行自检，几秒钟后，液晶屏显示中文主菜单如图 5 所示，表示自检成功。

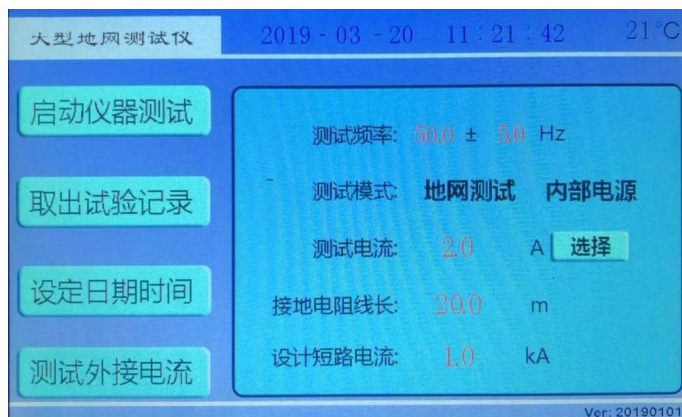


图 5 开机界面

2. 测试参数选择解释

1) 测试频率：50.0±5.0Hz 代表使用 45/55Hz 双变频测试。现场测试时候一般选择为 50±5Hz 或 60±5Hz。当然也可选择别的。如果想单频比如 50Hz 测试，就可以选择为 50.0±0.0Hz。此处频率数值在 40-70HZ 范围随意设置。

2) 测试模式：**地网测试**。此处为下拉菜单（参考图 6）

可以选择 **地网测试 接地电阻 跨步电压 恒流测试**

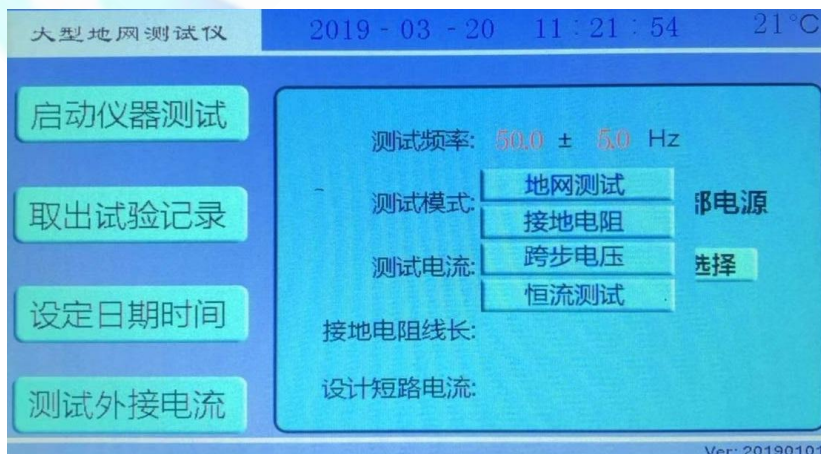




图 6 测试模式选择

3) 内部电源：此处为下拉菜单，可以选择 **内部电源**，**外接电源**。（图 7）

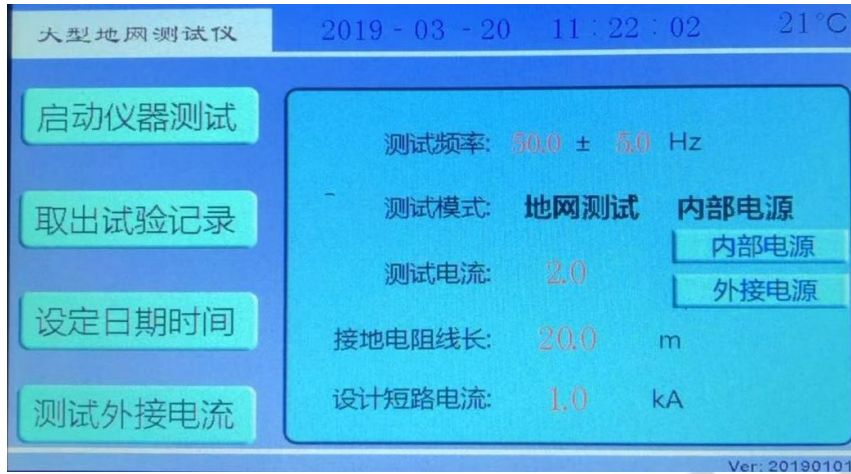


图 7 内外电源选择

4) 测试电流：2.0A 代表测试电流数值。此处电流值可以随意设置，比如 2.2A。

按下**选择**按钮，可以选择电流值。（图 8）

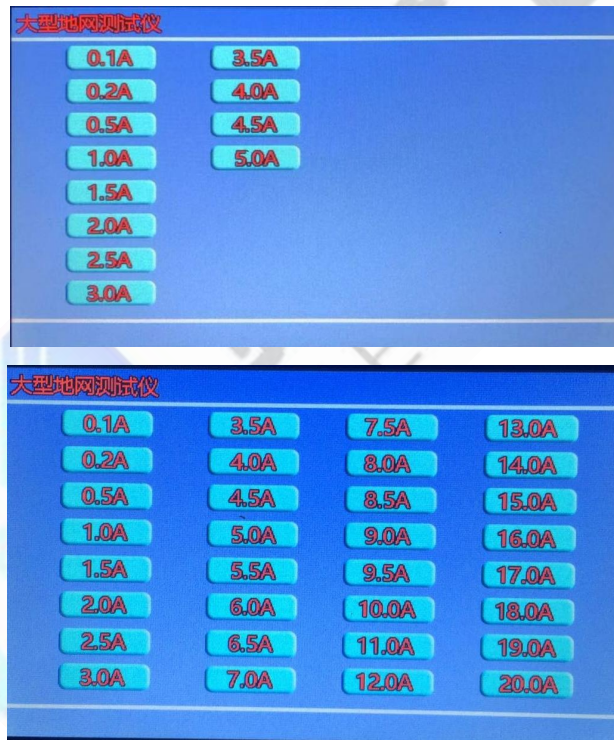


图 8 测试电流选择（常规仅到 5A，20A 的需要定制）

5) 接地电阻线长：测试接地电阻时候的线长，一般选择 20 米。

6) 设计短路电流：变电站设计时，发生单相短路时候的电流。一般 1kA。

7) 开机界面(图 5)下，红色数字的修改。如测试频率等项目，只需要使用触屏笔或手指点击，就可弹出数字键盘，然后修改即可。（图 9）

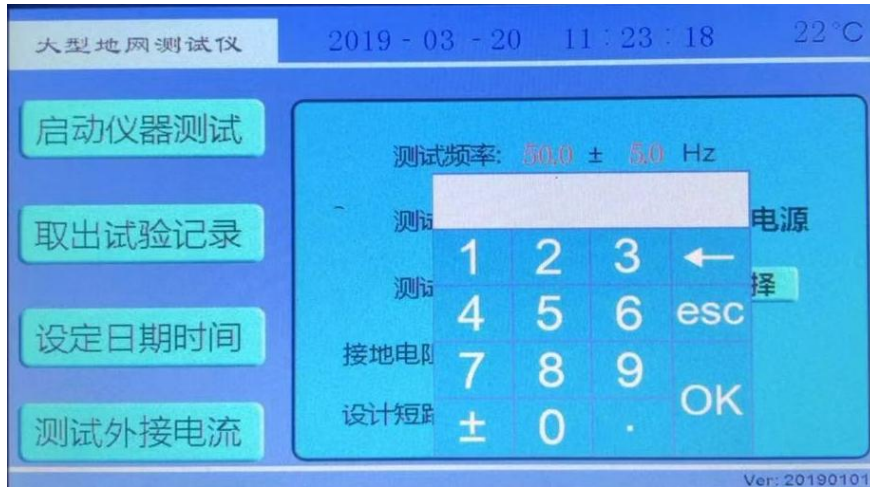


图9 红色数字参数修改界面

填写完数字，按下 OK 键，键盘消失，输入的数据反应在输入框内。

填写完数字，按下 esc 键，键盘消失，输入的数据无效。

7.3、地网电阻测试

在开机界面(图5)下，测试模式选择**地网测试**，使用触屏笔或手指点击**启动仪器测试**，出现测试确认界面（图10）：

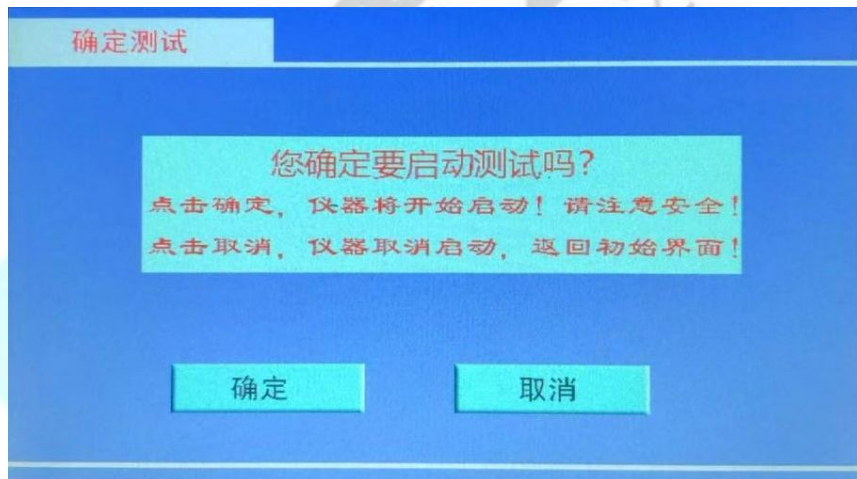


图10 测试确认界面

点击**确定**，将开始升流测试。**请确认已经接好测试线**。此时将出现**地网测试**界面(图11)。点击**取消**，仪器将返回开机界面(图5)。





I=2.000A 测试过程瞬时电流。

U=0.151V 测试过程瞬时电压。

R=0.075 Ω 测试过程瞬时阻抗。F=55.00Hz

恒流源频率(双变频 F1)

F=45.00Hz 恒流源频率(双变频 F2)

进度：84% 代表测试到 84%了，等到 100%测试完毕。



图 11 地网测试界面

测试完毕之后出现 地网测试结果界面（图 12）



图 12 地网测试结果界面

测量结果的意义如下：

$Z_x = 75.777\text{m}\Omega$:地网阻抗值

$R_x = 75.770\text{m}\Omega$:地网纯电阻

$\Phi = 0.769^\circ$:矢量角度值

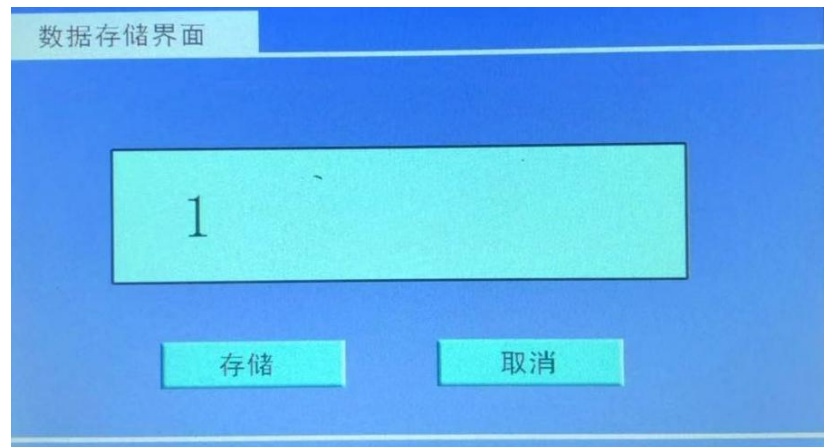
$X = 0.001\ \Omega$:地网感抗值

$L = 0.003\text{mH}$:地网电感值

此时按下**退出**，返回到开机界面(图 5)。按下**打印**，打印出结果。

按下**存储**按钮。出现数据存储界面（图 13）。

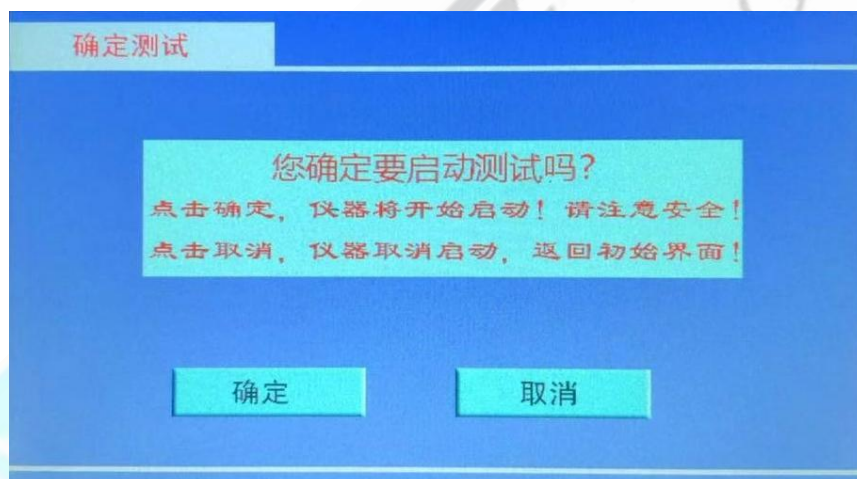
1. 点击数据框，出现小键盘，填入存储序号。
2. 按下**存储**按钮，数据存储完毕，自动返回。
3. 按下**取消**按钮，不存储，返回。



(图 13) 数据存储界面

7.4、接地电阻测试

在开机界面(图 5)下，测试模式选择**接地电阻**，（线长一般选择 20 米）使用触屏笔或手指点击**启动仪器测试**，出现测试确认界面（图 14）：



(图 14) 测试确认界面

点击**确定**，将开始升流测试。**请确认已经接好测试线**。此时将出现**接地电阻**测试界面(图 15)。点击**取消**，仪器将返回开机界面(图 5)。

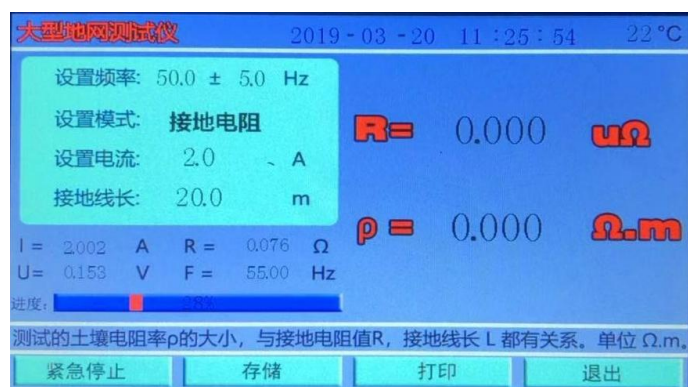
I=2.002A 测试过程瞬时电流。

U=0.153V 测试过程瞬时电压。

R=0.076 Ω 测试过程瞬时阻抗。F=55.00Hz

恒流源频率(双变频 F1)

F=45.00Hz 恒流源频率(双变频 F2)



进度：84% 代表测试到 84%了，等到 100%测试完毕。



(图 15) 接地电阻测试界面

测试完毕之后出现 接地电阻测试结果界面 (图 16)



(图 16) 接地电阻测试结果界面

测量结果的意义如下：

$R = 76.138\text{m}\Omega$:接地电阻数值

$\rho = 9.567\ \Omega \cdot \text{m}$:土壤电阻率数值

$I = 2.000\text{A}$:测试电流数值

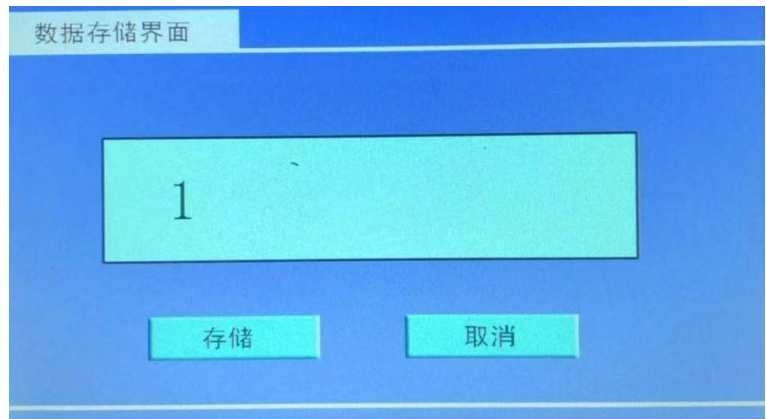
$U = 0.152\text{V}$:地电压数值

此时按下**退出**，返回到开机界面(图 5)。按下**打印**，打印出结果。

按下**存储**按钮。出现数据存储界面 (图 17)。



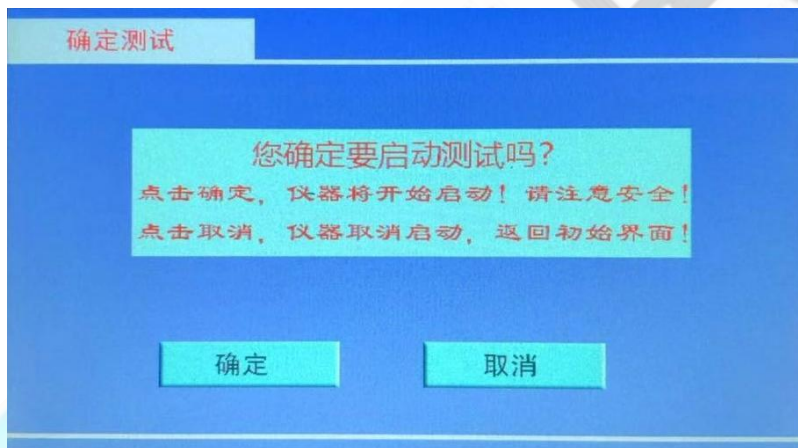
1. 点击数据框，出现小键盘，填入存储序号。
2. 按下**存储**按钮，数据存储完毕，自动返回。
3. 按下**取消**按钮，不存储，返回。



(图 17) 数据存储界面

7.5 恒流测试

在开机界面(图 5)下，测试模式选择**恒流测试**，（短路电流一般为 1kA）使用触屏笔或手指点击**启动仪器测试**，出现测试确认界面（图 18）：



(图 18) 测试确认界面

点击**确定**，将开始升流测试。**请确认已经接好测试线。**

此时将出现**恒流测试**界面(图 19)。点击**取消**，仪器将返回开机界面(图 5)。



(图 19) 恒流测试界面

I=1.999A 测试过程瞬时电流。

F=47.50Hz 恒流源频率。

T=0 m 14 s 代表恒流输出时间 14s（默认最长 5 分钟）

进度：4% 代表测试到 4%了，等到 100%测试完毕。

测试完毕之后出现 **恒流测试结果界面**（图 20）



(图 20) 恒流测试结果界面

测量结果的意义如下：

I=1.998A 测试过程瞬时电流。

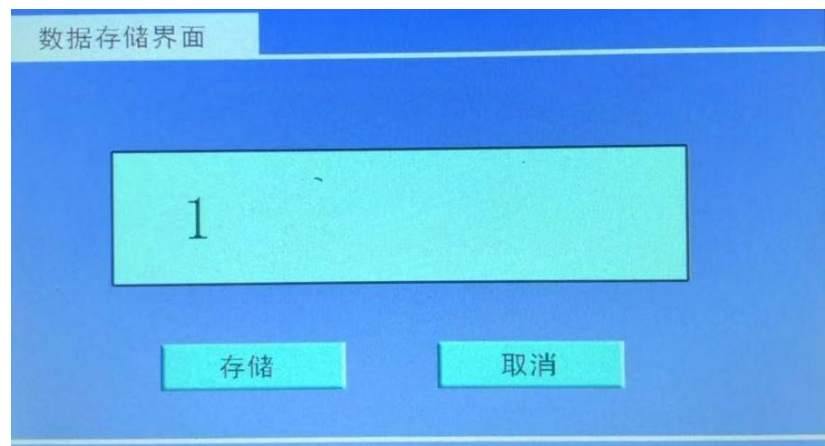
F=47.50Hz 恒流源频率。

T=0 m 37 s 代表恒流输出时间 37s（默认最长 5 分钟）

此时按下**退出**，返回到开机界面(图 5)。按下**打印**，打印出结果。

按下**存储**按钮。出现数据存储界面（图 21）。

1. 点击数据框，出现小键盘，填入存储序号。
2. 按下**存储**按钮，数据存储完毕，自动返回。
3. 按下**取消**按钮，不存储，返回。



(图 21) 数据存储界面

7.7、测试过程中仪器自诊说明

1 【请开机重启】时候，可能是仪器内部电源保护，关机重启。

2 【电源模块错误，请联系厂家】时候，如果继续无法测试，请联系厂家。

3 测试电流为 0.0A 时候，可能【电流线】连线与【电流极】地桩接触不良或地桩太少，需增加地桩，减少回路电阻。地桩深度不少于 0.5m。电流桩电阻应该小于 $80\ \Omega$ 。

4 若仪器显示的测量值极低 ($<0.01\ \Omega$) 则可能是电压线未连接上。

5 仪器检测时候，可以在 C1 输出端串接 20 欧以上的电阻，用来模拟现场电流桩电阻。

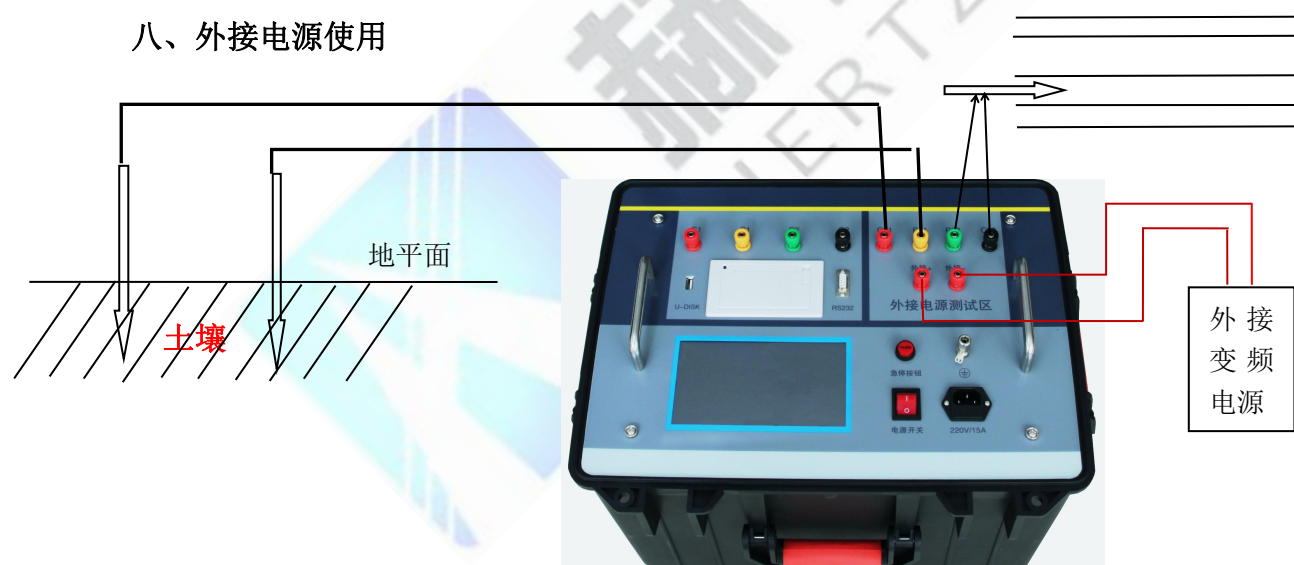
6 为使测试顺利进行，测试前请先用万用表检查测试导线与地桩的接触点是否完好，并测量已放好的线是否有断路现象。

7 四极法测量时仪器会自动消除接线误差。

8 仪器如出现其它故障，请直接与本公司售后服务部联系，不要私自拆机。

4、测量线根据地网的大小由使用者自配。

八、外接电源使用



1. 使用外接电源时候，只需要按照上图接线即可。

2. 开机，在初始界面上选择外接电源。

3. 设置频率，使频率等于外接电源的频率。

4. 点击**测试外接电源**按钮，此时屏幕显示外接电流的大小。根据此电流的大小调整外接变频电源，使电流符合试验的要求。返回初始界面。

5. 点击启动**仪器测试**按钮，启动测试。

6. 外接电源的所有测试方法，与内部电源测试完全一样。在此不再赘述。

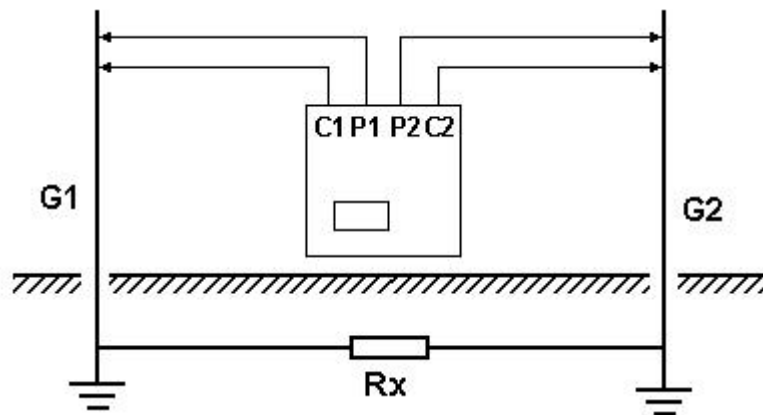
九、测量接地导通

C1/P1 接一个接地装置，C2/P2（测量接地端）接另外一个接地装置。

注意：

- 1、引线不要盘绕。
- 2、电压线尽量远离电流线。
- 3、接地夹两侧都应压紧待测地线，防止油漆锈蚀引起接触不良。
- 4、防止电流保护，要选择电流为 2A。

选择 地网 变频 2A



十、测量土壤电阻率

使用本仪器，可以采用单极法或者四极法来测量土壤电阻率。下面以四极法为例来说明。测量土壤电阻率的接线如图12所示。

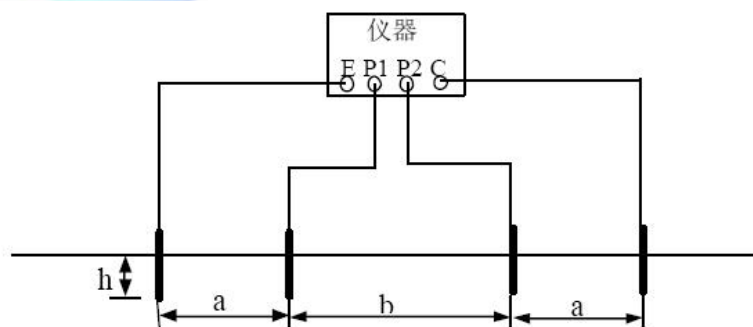


图12 四极法测量土壤电阻率接线图

图中， a 为电流极与电位极的间距， b 为两电位极的间距， h 为电极埋设深度。当 $a=b$ 时即



为温纳法。为了计算方便，请让电极间距a、b 远大于埋设深度h，一般应满足a、b>10h。

测试电极宜采用直径不小于1.5cm 的圆钢或25mm×25mm×4mm 的角钢，其长度均不小于40cm。

埋设好电极并接好线后即可开始测量。用上述测量接地阻抗的方法测出阻抗Z，则土壤电阻率 ρ 为

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

上式在a>>h, b>>h 时成立。

当a=b 时，上式简化为： $\rho = 2\pi aZ$

十一、夹角法测量地网电阻

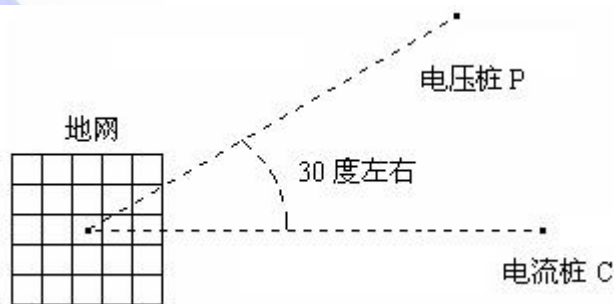
一般情况下，大型接地装置接地阻抗的测试都采用电流电压线夹角布置的方式。通常电流桩C与被试接地装置边缘的距离 dCG 应为地网对角线长度的4~5倍；dPG 的长度和 dCG 相近。接地阻抗公式可用下式修正。

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

式中： θ — 电流线和电压线的夹角；
Z' — 接地阻抗的测试值。

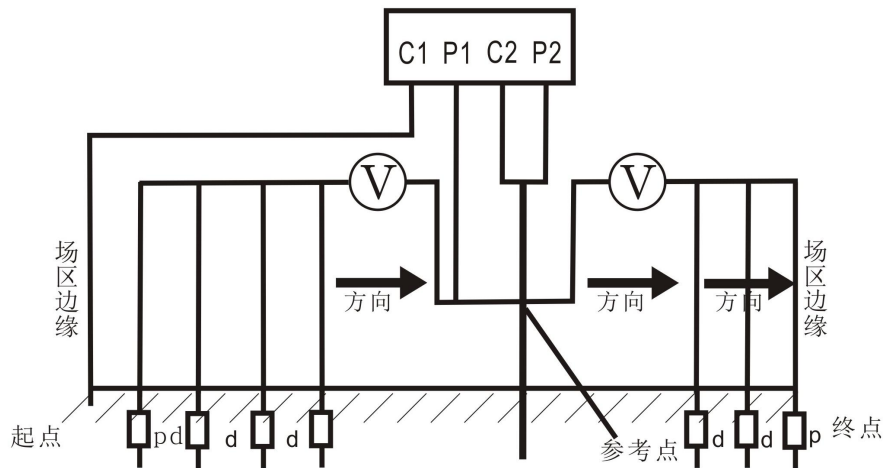
如果土壤电阻率均匀，可采用 dPG 和 dCG 相等的等腰三角形布线，此时 θ 约为 30°，dPG=dCG=2D 接地阻抗的修正计算公式仍为上式。

界面选择：地网 变频 2A





十二、测量地表电位梯度



十三、测量跨步电压和接触电压

用仪器的电源方式注入变频电流，用选频电压表检测接触电压或跨步电压。

选频电压表内部有人体模拟电阻 R_m ，可按需要切入。



售后服务和质量承诺书

为了更好的服务用户，做好及时的使用指导和售后服务，武汉赫兹电力设备有限公司以“技术领先、质量可靠、轻便易用”为产品宗旨和“快速响应、达到满意、超过期望”为服务宗旨，保证用户在购买、使用、维护产品的每一个过程中都有非常完美的客户体验。

一、产品质量承诺：

- 1、产品的制造和检测均符合国家标准及行业标准。
- 2、我公司所提供的产品在质保期内如果存在质量问题，我公司保证全力解决，达到用户满意。

二、产品的质保：

自整机收到货后壹个月内包退，叁个月内包换，并提供壹年免费维修，终身维护服务。在仪器的使用年限内，本公司将长期提供仪器的维护、使用培训、软件升级、配件供应等相关服务。

三、售后服务能力：

1. 在设备的设计使用寿命期内，我公司承诺保证设备的正常使用。壹年内出现故障免费保修，超过壹年或因用户使用不当造成损坏，仍免费提供技术服务，如需更换零部件，仅收取材料成本费。
2. 仪器在质保期内如出现故障，请及时与本公司联系，我们将根据情况采取下列措施之一为您服务：返厂维修 上门维修 更换新仪器 提供应急备品

四、服务管理制度及体系：

- 1、**售前服务：** 免费向用户提供技术资料，安排客户对我公司进行考察。
- 2、**售中服务：** 为防止用户选型不当而造成不必要的损失，我公司为用户提供专业的技术选型和指导。在发货前公司会拍摄专业的产品操作视频进行指导，确保正确使用该产品，同时也可以通过电话、视频进行技术交流，让用户用得安心。
- 3、**售后服务：** 我公司在 2 小时内响应维护服务，24 小时技术支持，可以通过电话、视频进行指导，为更好的做产品售后服务工作，及时接收用户反馈的问题，公司设有专门的售后服务电话：**027-83267669**，有专业人员接听并及时做好反馈记录，并提供解决问题的办法。如有需要到现场指导的，公司会根据客户实际情况（本省之内）24 小时内到达现场处理，外地（外省）48 小时到达现场处理，安排相关专业人员到指定地点进行及时指导。除此之外，我公司将定期回访客户的使用情况，提供专业的技术支持，做好回访记录。
- 4、**售后服务申明：** 本公司所提供的技术支持服务均为免费服务。



赫兹电力
HERTZ POWER

产品宗旨：技术领先，质量可靠，轻便易用

服务宗旨：快速响应，达到满意，超过期望

