

ETCR GROUND TESTER

高端多功能钳形接地电阻仪

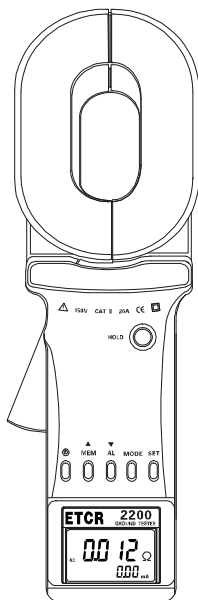
ETCR2200



粤制00000741

专利证号: ZL200620058986.9

执行标准: JJG 1054-2009



MANUAL

用户手册

广州市铨泰电子科技有限公司

目 录

注意.....	2
一. 简介.....	3
二. 规格.....	4
1. 量程及准确度.....	4
2. 技术规格.....	4
三. 钳表结构.....	6
四. 液晶显示.....	6
1. 液晶显示屏.....	6
2. 特殊符号说明.....	7
3. 显示示例.....	7
五. 操作方法.....	9
1. 开机.....	9
2. 关机.....	10
3. 模式选择.....	10
4. 测试.....	10
5. 数据锁定/解除/存储.....	11
6. 数据查阅与数据清除.....	12
7. 报警功能设定和时间设置.....	13
8. 数据上传电脑.....	14
9. 监控软件.....	14
六. 测量原理.....	15
1. 电阻测量原理.....	15
2. 电流测量原理.....	16
七. 接地电阻测量方法.....	16
1. 多点接地系统.....	16
2. 有限点接地系统.....	17
3. 单点接地系统.....	18
八. 现场应用.....	20
1. 电力系统的应用.....	20
2. 电信系统的应用.....	21
3. 建筑物防雷接地系统的应用.....	22
九. 测量接地电阻的注意事项.....	22
十. 装箱单.....	24

注意

感谢您购买了本公司的钳形接地电阻仪，为了更好地使用本产品，请一定：

——详细阅读本用户手册。

——遵守本手册所列出的操作注意事项。

- ◆ 任何情况下，使用本钳表应特别注意安全。
- ◆ 注意本钳表所规定的测量范围及使用环境，禁止钳测动力线。
- ◆ 注意本钳表面板及背板的标贴文字。
- ◆ 开机前，扣压扳机一两次，确保钳口闭合良好。
- ◆ 开机时，不要扣压扳机，不能钳任何导线。
- ◆ 正常开机，显示“OL Ω”符号后，才能钳测被测对象。
- ◆ 钳口接触平面必须保持清洁，不能用腐蚀剂和粗糙物擦拭。
- ◆ 避免本钳表受冲击，尤其是钳口接合面。
- ◆ **请注意防爆！危险场所严禁拆卸和更换电池。**
- ◆ 本钳表在测量电阻时钳头会发出间歇的轻微“噙—”声，这是正常的，注意区别报警的“嘟—嘟—嘟—”声。
- ◆ 测量导线电流不要超过本钳表的上量程。
- ◆ 测试电流越大，钳口吸合力越大。
- ◆ 长时间不用本钳表，请取出电池。
- ◆ 拆卸、校准、维修本钳表，必须由有授权资格的人员操作。
- ◆ 由于本钳表原因，继续使用会带来危险时，应立即停止使用，并马上封存，由有授权资格的机构处理。

一. 简介

ETCR2200 是我公司技术研发团队对技术品质的卓越追求，通过不断创新完善推出的又一款高端多功能钳形接地电阻仪，具有 USB 通讯接口，存储数据可以上传电脑，通过软件分析、报表、打印等。同时具有 40A 漏电流测试、增加实时时钟功能能显示当前时间，支持多参数同屏显示功能，能同时显示接地电阻和接地漏电流，更加实用、便捷、高效，主要性能体现在：

突破开机长时间自检等待，开机立即进入测试。

突破继电器自检方式，采用先进的算法及数字集成处理技术。

增加实时时钟功能，显示当前测试的实时时间。

全新外观设计，面板 6 键操作，性能直通。

增加声光报警功能，“嘟--嘟--嘟--”报警声。

增加干扰信号识别指示功能，“嘟--嘟--嘟--”声提示。

增加多种显示模式组合，可选择电阻+电流、电阻+时间、电流+时间同屏显示。

测量范围更大：0.01 Ω -1500 Ω 、0.00mA-40.0A。

存储数据 999 组，功耗更低，最大启动、工作电流小于 50mA。

采用镍氢充电电池，配有专用充电器用户使用更方便。

监控软件具有在线实时监控、历史查询、软件报警设置、历史数据读取、保存、报表等功能。历史数据可以选择保存为 Txt 文本或 Word 格式。

ETCR2200 钳形接地电阻仪广泛应用于电力、电信、气象、油田、建筑及工业电气设备等的接地电阻测量、回路电阻测量。在测量有回路的接地系统时，不需断开接地引下线，不需辅助电极，安全快速。能测量出用传统方法无法测量的接地故障，能应用于传统方法无法测量的场合，因为 ETCR2200 钳形接地电阻仪测量的是接地体电阻和接地引线电阻的综合值。

二. 规格

1. 量程及准确度

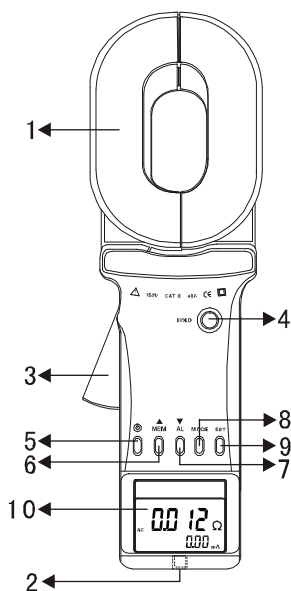
测量模式	测量范围	分辨力	准确度
电 阻	0.010 Ω -0.099 Ω	0.001 Ω	$\pm (1\%+0.01 \Omega)$
	0.10 Ω -0.99 Ω	0.01 Ω	$\pm (1\%+0.01 \Omega)$
	1.0 Ω -49.9 Ω	0.1 Ω	$\pm (1\%+0.1 \Omega)$
	50.0 Ω -99.5 Ω	0.5 Ω	$\pm (1.5\%+0.5 \Omega)$
	100 Ω -199 Ω	1 Ω	$\pm (2\%+1 \Omega)$
	200 Ω -395 Ω	5 Ω	$\pm (5\%+5 \Omega)$
	400-590 Ω	10 Ω	$\pm (10\%+10 \Omega)$
	600 Ω -880 Ω	20 Ω	$\pm (20\%+20 \Omega)$
	900 Ω -1500 Ω	30 Ω	$\pm (25\%+30 \Omega)$
电 流	0.00mA -9.95mA	0.05mA	$\pm (2.5\%+2mA)$
	10.0mA -99.0mA	0.1mA	$\pm (2.5\%+5mA)$
	100mA -300mA	1mA	$\pm (2.5\%+20mA)$
	0.30A-2.99A	0.01A	$\pm (2.5\%+0.1A)$
	3.0A-9.9A	0.1A	$\pm (2.5\%+0.3A)$
	10.0A-19.9A	0.1 A	$\pm (2.5\%+0.5A)$
	20.0A-40.0A	0.1 A	$\pm (3\%+1A)$

2. 技术规格

电阻量程	0.01 Ω -1500 Ω
电流量程	0.00mA-40.0A
电阻分辨力	0.001 Ω
电流分辨力	0.05mA
数据存储	999 组
接 口	USB 接口, 软件监控, 数据上传电脑, 动态显示
自检时间	$\leq 1s$, 开机快速进入测试模式

工作电流	≤50mA
操作按钮	6 个软键，性能直通
通讯线长	1.5m (USB 数据线)
时钟功能	显示时、分
声光报警	“嘟--嘟--嘟--”报警声，按 AL 键开、关；LCD 报警闪烁指示
报警临界值设定范围	电阻：1-1500 Ω； 电流：1-9999mA
电 源	6VDC (4 节 5 号镍氢电池)
自动关机	仪表无操作 5 分钟后闪烁 30S，然后自动关机
工作温湿度	-20℃-55℃；10%RH-90%RH
液晶显示器	长宽 47mm×28.5mm
钳口尺寸	长钳口 65mm×32mm
钳口张开尺寸	长钳口 28mm
钳表质量	1160g； (含电池)
钳表尺寸	长宽厚 285mm×85mm×56mm
电池盖板固定方式	螺钉旋结固定
保护等级	双重绝缘
结构特点	钳形 CT
换 档	全自动换档
外部磁场、电场	<40A/m； <1V/m
单次测量时间	0.5 秒
电阻测量频率	>1KHz
被测电流频率	50/60Hz 自动

三. 钳表结构

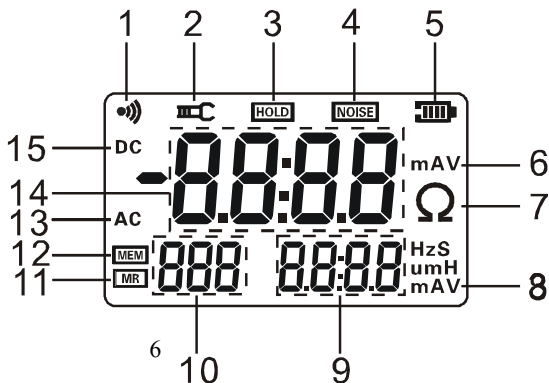


- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. 长钳头：65×32mm | 2. USB 接口 |
| 3. 扳机：控制钳口张合 | 4. HOLD 键：锁定/解除显示/存储 |
| 5. 电源键：开关机 | 6. MEM 键：数据查阅 /向上箭头 |
| 7. AL 键：报警开关/向下箭头 | 8. MODE 键：切换模式/退出查阅 |
| 9. SET 键：设置/数据删除选择 | 10. 液晶显示屏 |

四. 液晶显示









1. 液晶显示屏

1. 报警符号
2. 钳口张开符号
3. 数据锁定符号
4. 干扰符号
5. 电池电量符号
6. 电流、电压单位符号




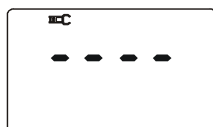
- | | |
|------------------|-----------------|
| 7. 电阻单位符号 | |
| 8. 电流电压单位符号 | 9. 4 位 LCD 数字显示 |
| 10. 3 位 LCD 数字显示 | 11. 数据查阅符号 |
| 12. 数据存储已满符号 | 13. 交流 AC 符号 |
| 14. 4 位 LCD 数字显示 | 15. 直流 DC 符号 |

2. 特殊符号说明

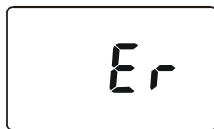
1.  钳口张开符号，钳口张开时，该符号显示。此时，可能人为扣压扳机；或钳口已严重污染，不能再继续测量。
2. “Er” 开机出错符号，可能开机时扣压扳机或钳口已张开。
3.  电池电量符号，此时有四格表示电量充足，当电池电压低于 4.8V，此符号显示 ，当电池电压低时不能保证测量的准确度并且有可能影响到仪器正常使用，应在电压电压低时及时更换电池。
4. “OL Ω ” 符号，表示被测电阻超出了钳表的上量程。
5. “L0.01 Ω ” 符号，表示被测电阻超出了钳表的下量程。
6. “OL A” 符号，表示被测电流超出了钳表的上量程。
7.  报警符号，开启报警功能时，该符号显示；当被测量值大于设定报警临界值时，该符号闪烁显示，同时仪表发出间歇“嘟--嘟--”声。
8.  存储数据已满符号，内存数据已满 999 组，不能再继续存储数据。
9.  查阅数据符号，在查阅数据时显示，同时显示所存数据的编号。
10.  数据锁定符号，数据锁定时，显示此符号，并存储数据。
11.  符号，当被测试接地回路有较大干扰电流时此符号闪烁显示，同时仪表发出“嘟--嘟--”提示声。此时不能保证测试的准确性。

3. 显示示例

- (1).  钳口处于张开状态，不能测量



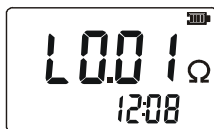
(2). —— 开机出错指示 Er(Error)



(3). —— 测试模式为模式 2：电阻+时间

—— 被测回路电阻小于 0.01Ω

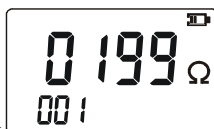
—— 当前时间为：12:08



(4). —— 设置模式为模式 1：电阻临界值设置

—— 电阻临界值为 199Ω

—— 电池电量剩两格，注意会有电量不足风险



(5). —— 测试模式为模式 1：电阻+电流

—— 被测量的电阻为： 0.58Ω

—— 被测量的电流为： 188mA

—— 锁定当前测量值： 0.58Ω

—— 锁定当前测量值： 188mA

—— 自动存储为第 001 组数据



(6). —— 测试模式为模式 2：电阻+时间

—— 被测回路电阻为： 688Ω

—— 当前时间为：08:18

—— 电池电量已严重不足，影响正常使用

—— 报警功能已开启，未设置报警临界值的

情况下，默认电阻报警临界值为 199Ω ，

此时已超过临界值，闪烁显示电阻值、报警符号



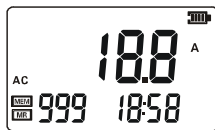
(7). ——测试模式为模式 3： 电流+时间

——查阅存储的第 999 组数据

——被测量的电流为：18.8A

——存储数据时的时间为：18： 58

——数据存储已满



(8). ——测试模式为模式 2： 电阻+时间

——被测量的电阻为：30.0Ω

——当前时间为：08： 46


——此数据是在有很大干扰信号时测得



五. 操作方法

1. 开机

注 意	开机时，不能扣压扳机，不能张开钳口，不能钳任何导线
	开机完成，显示“OLΩ”后，才能扣压扳机，打开钳口，钳被测导线
	开机前，扣压扳机一两次，确保钳口闭合良好
	开机时，要保持钳表的自然静止状态，不能翻转钳表，不能对钳口施加外力，否则不能保证测量的准确度

按  键开机，首先自动测试液晶显示器，其符号全部显示，见图 1，同时，仪表自动校准，开机完成后中间显示“OLΩ”，右下角显示“0.00mA”，自动进入电阻+电流测量模式，见图 2，若没有正常开机自校准，仪表会显示“Er”符号，表示开机出错，见图 3。

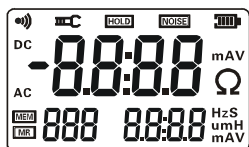


图1



图2

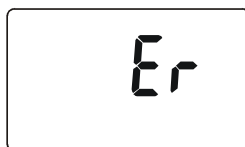


图3

开机出错可能是钳口平面脏污，或开机时给扳机施加了外力，或钳口闭合不好，

或开机时钳入了回路电阻等，请检查原因再重新开机。

如果开机自检后未出现“OL Ω”，而是显示一个较大的阻值，见图 4。但用测试环检测时，仍能给出正确的结果，这说明钳表仅在测大阻值时（如大于 100 欧）有较大误差，而在测小阻值时仍保持原有准确度，用户仍可放心使用。



图4

2. 关机

钳表在开机后，按 **☉** 键关机。钳表在无操作 5 分钟后，液晶显示屏进入闪烁状态，闪烁状态持续 30 秒后，报警声“嘟--”响一声提示并自动关机，以降低电池消耗。在闪烁状态按任何键可延时关机，钳表继续工作。

在 **HOLD** 状态下，需先按 **HOLD** 键退出 **HOLD** 状态，再按 **☉** 键关机，其它状态都可直接关机。

3. 模式选择

开机默认为显示模式 1，即电阻+电流同屏模式，中间显示电阻值，右下角显示电流值，见图 5；按 **MODE** 键可切换为显示模式 2，即电阻+时间同屏模式，中间显示电阻值，右下角显示时间，见图 6；再按 **MODE** 键可切换为显示模式 3，即电流+时间同屏模式，中间显示电流值，右下角显示时间，见图 7；再次按下 **MODE** 键返回模式 1。

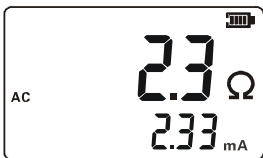


图5 模式1

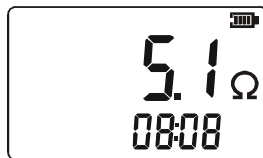


图6 模式2

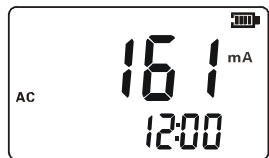


图7 模式3

4. 测试

开机自检完成后，默认为显示模式 1，同屏显示电阻+电流，中间显示“OL Ω”，右下角显示“0.00mA”即可进行测量。此时，扣压扳机，打开钳口，钳住待测回路，

读取电阻值以及读取漏电流值。用户可用随机配备的测试环检验一下，其显示值应与测试环上的标称值一致（ $1.0\ \Omega$ 或 $10.0\ \Omega$ ）。测试环上的标称值是在温度为 20°C 下的值。显示值与标称值相差一个字，是正常的。如：测试环的标称值为 $1.0\ \Omega$ 时，显示 $0.9\ \Omega \sim 1.1\ \Omega$ 都是正常的，测试环的标称值为 $10.0\ \Omega$ 时，显示 $9.9\ \Omega \sim 10.1\ \Omega$ 都是正常的。

可按 **MODE 键** 切换显示模式，当切换为显示模式 2 时，同屏显示电阻+时间，中间显示电阻值，右下角显示时间；当切换为显示模式 3 时，同屏显示电流+时间，中间显示电流值，右下角显示时间。

显示“OL Ω ”，表示被测电阻超出了钳表的上量程。

显示“OL A”，表示被测电流超出了钳表的上量程。

显示“LO.01 Ω ”，表示被测电阻超出了钳表的下量程。

闪烁显示 ∞ 符号，同时具有间歇报警声，表示被测值超出了报警临界值。

闪烁显示 Ω 符号，表示被测电阻值超过了电阻报警临界值。

闪烁显示 AC 符号，表示被测电流值超过了电流报警临界值。

在 **HOLD** 状态下，需先按 **HOLD 键** 退出 **HOLD** 状态，才能继续测量。

在 **MR** 状态下，需先按 **MODE 键** 退出 **MR** 状态，返回测量模式才能继续测量。

在设置状态下，需先长按 **SET 键** 3 秒退出设置状态，才能继续测量。

5. 数据锁定/解除/存储

在测试模式下，按 **HOLD 键** 锁定当前显示值，显示 **HOLD** 符号，同时，将此锁定值作为一组数据依次自动编号并存储，再按 **HOLD 键** 取消锁定，**HOLD** 符号消失，可继续测量。循环操作，能存储 999 组数据。若存储已满，显示 **MEM** 符号。

见图 8，锁定被测电阻 $5.8\ \Omega$ ，锁定被测电流 188mA ，并作为第 001 组数据存储。

见图 9，锁定被测电流 278mA ，锁定时间 12:52，并作为第 999 组数据存储，此时内存已满，**MEM** 符号显示。

在数据查阅模式下，按 **MODE 键** 退出数据查阅，才能进行数据锁定、存储操作。

在设置状态下，长按 **SET** 键 3 秒退出设置状态，才能进行数据锁定、存储操作。关机后再开机，不会丢失所存数据。

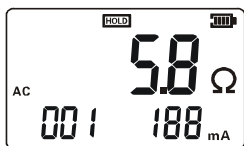


图8

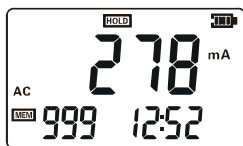


图9

6. 数据查阅与数据清除

按 **MEM** 键进入查阅存储数据模式，若无存储数据，则显示如图 10，当有存储数据时，默认显示所存的第 001 组数据，见图 11。

短按**向上箭头键**，向上步进 1 翻阅所存数据，长按**向上箭头键**，向上步进 10 翻阅所存数据，

短按**向下箭头键**，向下步进 1 翻阅所存数据。长按**向下箭头键**，向下步进 10 翻阅所存数据。

在数据查阅模式下，短按 **SET** 键，进入数据删除选择界面，按**向上箭头键**或**向下箭头键**选择“no”或“yES”。显示“no”，再短按 **SET** 键，则返回数据查阅状态，显示“yES”，再短按 **SET** 键，则清除所有存储数据。数据清除完毕后显示与无存储数据显示一致，如图 10。并且数据清除后不能再恢复。

按 **MODE** 键退出数据查阅模式，并返回测试模式，默认返回显示模式 1。

在设置状态下，需长按 **SET** 键 3 秒退出设置状态，再按 **MEM** 键进入查阅存储数据模式。

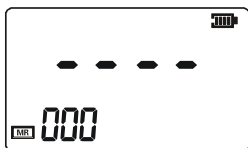


图10



图11

7. 报警功能设定和时间设置

在测试模式下，按 **AL** 键开启或关闭报警功能。开启报警功能时，报警符号持续显示，关闭报警功能时，报警符号消失，满足报警条件时，报警符号闪烁显示。

在测试模式下，长按 **SET** 键 3 秒后进入设置状态，进入设置状态后默认是电阻临界值设置状态，中间显示值为当前设置的电阻报警临界值，左下角显示 001 表示电阻临界值设置状态，如图 12 所示。按 **MODE** 键可以切换设置状态，左下角显示 002 代表电流临界值设置状态，此时中间显示值为当前设置的电流报警临界值，见图 13。左下角显示 003 代表时间设置状态，此时中间显示值为当前时间，见图 14。

在设置状态界面下，最高位数字先闪烁，先设置最高位。短按 **SET** 键切换高位到低位的数字，在当前位数字闪烁时按下**箭头键**改变“0、1、…9”的数字，设置完毕后，长按 **SET** 键 3 秒确认当前设置值，并自动回到测量模式（可以将电阻报警临界值，电流报警临界值，时间值都设置完成后再确认退出）。

确认设置后关机不丢失保存设置值，设置过程中关机丢失设置值。

关机不丢失时钟数据，拔出电池才需要重新设置时间。

若电阻值大于电阻报警临界值，则电阻值、报警符号、 Ω 符号一同闪烁，并同时发出间歇“嘟--嘟--嘟--”声。

若电阻值为 OL，则只有报警符号闪烁，并同时发出间歇“嘟--嘟--嘟--”声。

若电流值大于电流报警临界值，则电流值、报警符号、AC 符号一同闪烁，并同时发出间歇“嘟--嘟--嘟--”声。

若在电阻+电流同屏模式下，电阻值大于电阻报警临界值且电流值大于电流报警临界值，则电阻值、电流值、报警符号、 Ω 符号、AC 符号一同闪烁，并同时发出间歇“嘟--嘟--嘟--”声。

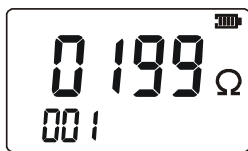


图12

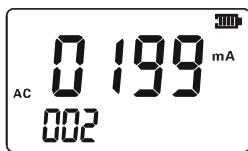


图13



图14

8. 数据上传电脑

打开主机进入测试状态，用随机配置的 USB 通讯线连接电脑与主机，运行电脑中已安装的监控软件，若通讯正常，电脑能实时监控在线电流。

监控软件具有在线实时监控、历史查询、软件报警设置、历史数据读取、查阅、保存、报表等功能。

历史数据可以选择保存为 Txt 文本或 Word 格式。

9. 监控软件

监控软件可以安装使用也可不安装直接使用。

点击 SETUP 图标按步骤安装；或进入 SUPPORT 文件夹，直接点击图标运行软件。

监控软件具有自动扫描串口号并连接的功能，无需手动设置串口号。

实时监控中可以暂停、停止、继续，切换当前模式。历史数据可以读取、保存。

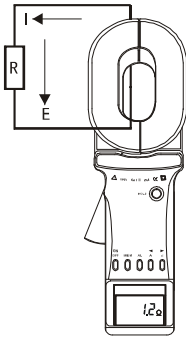
可以设置电阻或电流的报警临界值，勾选表示打开报警，若大于设定值，报警灯闪烁。若仪表离线或停止实时监控，则指示“STOP”。



六. 测量原理

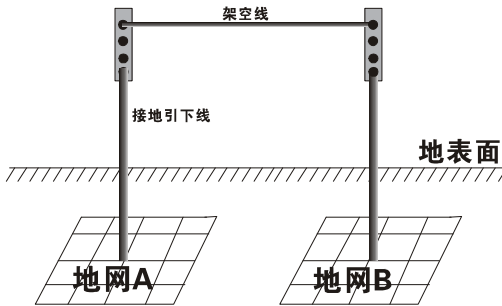
1. 电阻测量原理

ETCR2200 钳形接地电阻仪测量接地电阻的基本原理是测量回路电阻。见右图。钳表的钳口部分由电压线圈及电流线圈组成。电压线圈提供激励信号，并在被测回路上感应一个电势 E 。在电势 E 的作用下将在被测回路产生电流 I 。钳表对 E 及 I 进行测量，并通过公式 $R=E/I$ 即可得到被测电阻 R 。



(1). 回路电阻定义 (结合下图说明):

回路电阻包括 A 点对地的接地电阻值、接地引下线金属导体的阻值、金属架空线的阻值、接地引下线与金属架空线之间的连接电阻值 (接触电阻)、B 点对地的接地电阻值的综合值。



(2). 若仪表测试出的地网 A、地网 B 回路的综合值为 5 欧，即： $R_A+R_B+R_{\text{架空线}}+R_{\text{接地引下线}}=5.0\Omega$ ，那地网 A、地网 B 两个并联起来对地的实际接地电阻值一定小于等于 2.5Ω ，据此可以判断地网 A 并联了地网 B 后的实际接地电阻值是否合格。

(3). 金属回路的联结电阻检测:

地网 A、地网 B 为不同的地网，若地网 A、地网 B 在地下连接在一起，则仪表

测试出的是金属回路的电阻值，其值一般很小，零点几欧姆，不是接地电阻值，是金属回路的联结电阻值，即等电位联结电阻值，据此可以判断接地引下线与地网的联结（焊接）可靠性。

(4) . 单点接地系统:

上图中地网 A、地网 B 之间若没有架空线，则地网 A、地网 B 为独立的单点接地。仪表不能直接测试单点接地系统的接地电阻值，此时测试地网 A、地网 B 的接地电阻值会显示“OL”溢出符号，表示超出仪表的上量限。对于近距离内有 2 个或 2 个以上的单点接地系统，将就近的 2 个单点接地系统的接地引下线在地面上用测试线连接起来可以检测。

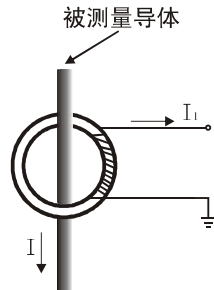
总之，对于单点接地系统，可以借助周围的其他接地极形成回路来检测，如消防栓、金属自来水管、建筑接地等等，也可以打两辅助地极，构成回路用 2 点法或 3 点法进行检测（详见后述 2 点法、3 点法）。

2. 电流测量原理

测量电流的基本原理与电流互感器的测量原理相同。见下图。被测量导线的交流电流 I ，通过钳口的电流磁环及电流线圈产生一个感应电流 I_1 ，钳表对 I_1 进行测量，通过下面的公式即可得到被测电流 I 。

$$I = n \cdot I_1$$

其中： n 为副边与原边线圈的变比系数。

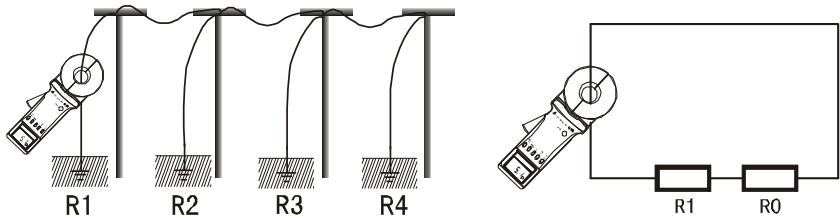


七. 接地电阻测量方法

1. 多点接地系统

对多点接地系统（例如输电系统杆塔接地、通信电缆接地系统、某些建筑物等），它们通过架空地线（通信电缆的屏蔽层）连接，组成了接地系统。见下图。当用钳

表测量时，其等效电路如下：



其中： R_1 为预测的接地电阻。

R_0 为所有其它杆塔的接地电阻并联后的等效电阻。

虽然，从严格的接地理论来说，由于有所谓的“互电阻”的存在， R_0 并不是通常的电工学意义上的并联值（它会比电工学意义上的并联值稍大），但是，由于每一个杆塔的接地半球比起杆塔之间的距离要小得多，而且毕竟接地点数量很大， R_0 要比 R_1 小得多。因此，可以从工程角度有理由地假设 $R_0=0$ 。这样，我们所测的电阻就应该是 R_1 了。多次不同环境、不同场合下与传统方法进行对比试验，证明上述假设是完全合理的。

2. 有限点接地系统

这种情况也较普遍。例如有些杆塔是 5 个杆塔通过架空地线彼此相连；再如某些建筑物的接地也不是一个独立的接地网，而是几个接地体通过导线彼此连接。

在这种情况下，如果将上图中的 R_0 视为 0 则会对测量结果带来较大误差。

出于与上述同样的理由，我们忽略互电阻的影响，将接地电阻的并联后的等效电阻按通常意义上的计算方法计算。这样，对于 N 个（ N 较小，但大于 2）接地体的接地系统，就可以列出 N 个方程：

$$R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = R_{1T}$$

$$R_2 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} = R_{2T}$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$R_N + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_{(N-1)}}} = R_{NT}$$

其中： R_1 、 R_2 、 \dots 、 R_N 是我们要求得的 N 个接地体的接地电阻。

R_{1T} 、 R_{2T} 、 \dots 、 R_{NT} 分别是用钳表在各接地支路所测得的电阻。

这是一个有 N 个未知数， N 个方程的非线性方程组。它是有确定解的，但是人工解它是十分困难的，当 N 较大时甚至是不可能的。

为此，请选购我公司的有限点接地系统解算程序软件，用户即可使用办公电脑或手提电脑进行机解。

从原理上来说，除了忽略互电阻以外，这种方法不存在忽略 R_0 所带来的测量误差。

但是，用户需要注意的是：您的接地系统中，有几个彼此相连接的接地体，就必须测量出同样个数的测试值供程序解算，不能或多或少。而程序也是输出同样个数的接地电阻值。

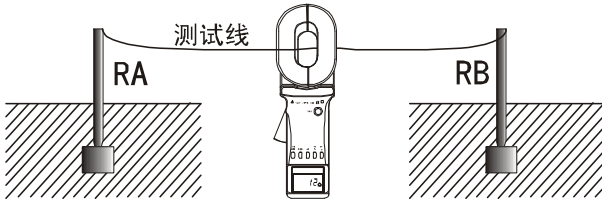
3. 单点接地系统

从测试原理来说，ETCR2200 钳表只能测量回路电阻，不能直接测试单点接地系统的接地电阻值。但是，用户完全可以利用一根测试线及接地系统附近的接地极，人为地制造一个回路进行测试。下面介绍二种用钳表测量单点接地的方法，此方法可应用于传统的电压-电流法无法测试的场合。

(1). 二点法

见下图，在被测接地体 RA 附近找一个独立的接地较好的接地体 RB （例如临近

的自来水管、建筑物等)。将 RA 和 RB 用一根测试线连接起来。



由于钳表所测的阻值是两个接地电阻和测试线阻值的串联值。

$$R_T = R_A + R_B + R_L$$

其中： R_T 为钳表所测的阻值。

R_L 为测试线的阻值。

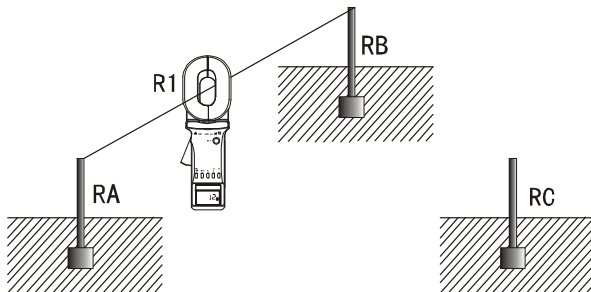
将测试线头尾相连即可用钳表测出其阻值 R_L 。

所以，如果钳表的测量值小于接地电阻的允许值，那么这两个接地体的接地电阻都是合格的。

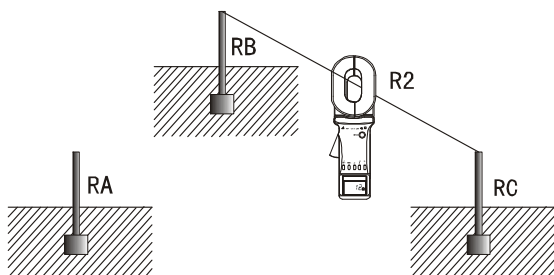
(2). 三点法

如下图，在被测接地体 RA 附近找二个独立的接地体 RB 和 RC。

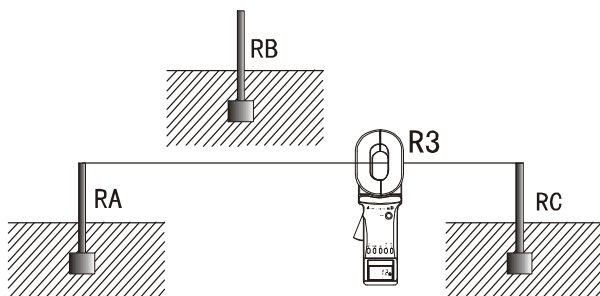
第一步，将 RA 和 RB 用一根测试线连接起来，见下图。用钳表读得第一个数据 R_1 。



第二步，将 RB 和 RC 连接起来，见下图。用钳表读得第二个数据 R_2 。



第三步，将 RC 和 RA 连接起来，见下图。用钳表读得第三个数据 R3。



上面三步中，每一步所测得的读数都是两个接地电阻的串联值。这样，就可以很容易地计算出每一个接地电阻值：

由于： $R_1 = R_A + R_B$ $R_2 = R_B + R_C$ $R_3 = R_C + R_A$

所以： $R_A = (R_1 + R_3 - R_2) \div 2$

这就是接地体 RA 的接地电阻值。为了便于记忆上述公式，可将三个接地体看作一个三角形，则被测电阻等于邻边电阻相加减对边电阻除以 2。

其它两个作为参照物的接地体的接地电阻值为：

$R_B = R_1 - R_A$ $R_C = R_3 - R_A$

八. 现场应用

1. 电力系统的应用

(1). 输电线路杆塔接地电阻的测量

通常输电线路杆塔接地构成多点接地系统，只需用 ETCR2200 钳表钳住接地引下线，即可测出该支路的接地电阻阻值。

(2). 变压器中性点接地电阻的测量

变压器中性点接地有二种情形：如有重复接地则构成多点接地系统；如无重复接地按单点接地测量。若变压器两旁有水泥杆塔拉线，可以借助 2 个拉线的埋地点作为辅助接地点，用三点法测试。若没有拉线接地点，可以用接地针或钢锹打到地下作为辅助接地点。

测量时，如钳表显示“**L 0.01Ω**”，可能同一个杆塔或变压器有两根以上接地引下线并在地下连接。此时应将其余的接地引下线解开，只保留一根接地引下线。

(3). 发电厂变电所的应用

ETCR2200 钳表可以测试回路的接触情况和连接情况。借助一根测试线，可以测量站内装置与地网的连接情况。接地电阻可按单点接地测量。

2. 电信系统的应用

(1). 楼层机房接地电阻的测量

电信系统的机房往往设在楼房的上层，使用摇表测量非常困难。而用 ETCR 系列钳表测试则非常方便，用一根测试线连接消防栓和被测接地极（机房内都设有消防栓），然后用钳表测量测试线。

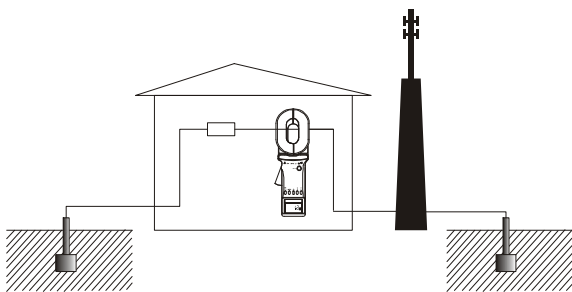
钳表阻值 = 机房接地电阻 + 测试线阻值 + 消防栓接地电阻

如果消防栓接地电阻很小，则：

机房接地电阻 \approx 钳表阻值 - 测试线阻值

(2). 机房、发射塔接地电阻的测量

机房、发射塔接地在野外一般是独立的，将两者用测试线连接起来，如下图，构成二点接地系统进行测试，若两者接地已连接在一起，则可直接钳测。实际三点法测试还可以借助发射塔周围的埋地拉线接地点作为辅助参考点。

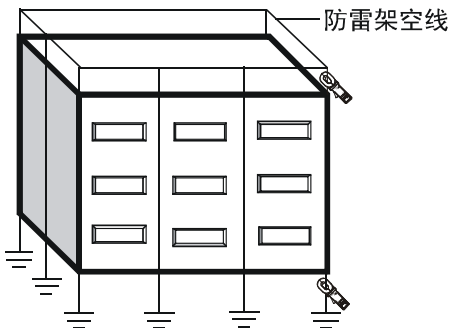


如果钳表的测量值小于接地电阻的允许值，那么机房、发射塔的接地电阻都是合格的。如果钳表的测量值大于允许值，请按单点接地进行测量。

3. 建筑物防雷接地系统的应用

建筑物的接地极如互相独立，在地下没有连接在一起，各接地极的接地电阻测量见下图。

若在地下连接在一起测试为金属回路联接电阻值，此时可以借助另一建筑接地或消防栓用 2 点法测试。



九. 测量接地电阻的注意事项

1. 用户有时会用 ETCR2200 和传统的电压电流法进行对比测试，并出现较大的差异，对此，我们敬请用户注意如下问题：

(1). 用传统的电压电流法测试时是否解扣了（即是否把被测接地体从接地系统中分离出来了）。如果未解扣，那么所测量的接地电阻值是所有接地体接地电阻的并联值。

测量所有接地体接地电阻的并联值大概是没有什么意义的。因为我们测量接地电阻的目的是将它与有关标准所规定的一个允许值进行比较，以判定接地电阻是否合格。

例如：在 GB50061-97 “66KV 及以下架空电力线路设计规范”中所规定的接地电阻允许值是针对所谓“每基杆塔”而规定的。在标准的条文解释中明确指出：“每基杆塔的接地电阻，是指接地体与地线断开电气连接所测得的电阻值。如果接地体未断开与地线的电气连接，则所测得的接地电阻将是多基杆塔并联接地电阻”。

这个规定是相当明确的。

前已述及，用 ETCR2200 钳表测量出的结果是每条支路的接地电阻，在接地线接触良好的情况下，它就是单个接地体的接地电阻。

十分明显，在这种情况下，用传统的电压电流法和 ETCR2200 钳表测试，它们的测量结果根本就没有可比性。被测对象既然不是同一的，测量结果的显著差异就是十分正常的了。

(2). 用 ETCR2200 钳表所测得的接地电阻值是该接地支路的综合电阻。它包括该支路到公共接地线的接触电阻、引线电阻以及接地体电阻。而用传统的电压电流法在解扣的条件下，所测得的值仅仅是接地体电阻。

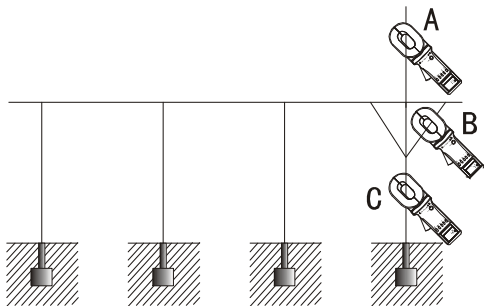
十分明显，前者的测量值要较后者大。差别的大小就反映了这条支路与公共接地线接触电阻的大小。

应该说明，国家标准中所规定的接地电阻是包括接地引线电阻的。在 DL/T621-1997 “交流电气装置的接地”中的名词术语中有如下规定：“接地极或自然接地极的对地电阻和接地线电阻的总和，称为接地装置的接地电阻”。

这种规定同样十分明确。这是因为引线电阻和接地体接地电阻在防雷安全上来说等效的。

2. 测量点的选择

在某些接地系统中，如下图所示，应选择一个正确的测量点进行测量，否则会得到不同的测量结果。



在 A 点测量时，所测的支路未形成回路，钳表显示“OL Ω ”，应更换测量点。

在 B 点测量时，所测的支路是金属导体形成的回路，钳表显示“L 0.01 Ω ”或金属回路的电阻值，应更换测量点。

在 C 点测量时，所测的是该支路下的接地电阻值。

十. 装箱单

仪表	1 台
测试环	1 件
监控软件（光盘）	1 份
USB 通讯线	1 条
5 号镍氢电池	4 个
专用充电器	1 个
仪表箱	1 个
用户手册、保修手册、合格证	1 套

本公司不负责由于使用时引起的其他损失。

本用户手册的内容不能作为将产品用做特殊用途的理由。

本公司保留对用户手册内容修改的权利。若有修改，将不再另行通知。

ETCR[®]

广州市铨泰电子科技有限公司

地 址：广州市白云区嘉禾彭上致富路4号F栋3楼

传 真：020-62199550

网 址：www.etcrc.com.cn

销售直线：020-62199551 62199552 62199553 62199554

外 贸 部：020-62199556

货单查询：020-62199557

技术支持：020-62199558