



雷电防护装置检测知识培训（三）

（合肥中盈信息工程有限公司）

目 录

CONTENTS

1

上期培训知识回顾

2

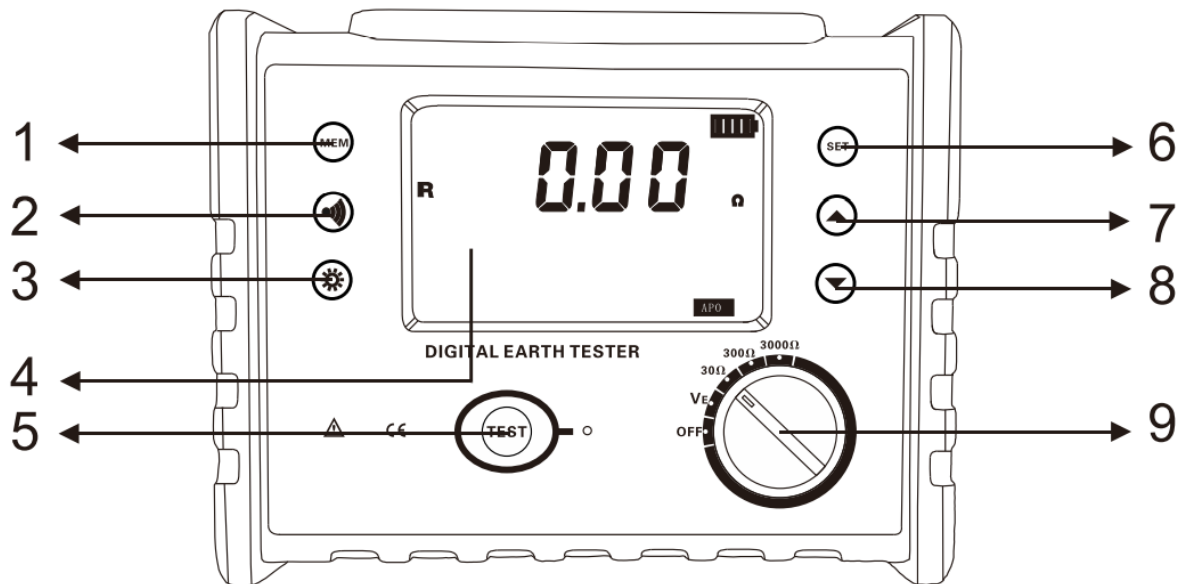
等电位连接

3

雷击电磁脉冲屏蔽

一、上期培训知识回顾

三极法测量接地电阻值



- | | | |
|----------|----------|----------|
| 1. MEM 键 | 2. 报警开关键 | 3. 背光键 |
| 4. LCD | 5. 测试键 | 6. SET 键 |
| 7. 上键 | 8. 下键 | 9. 档位选择键 |

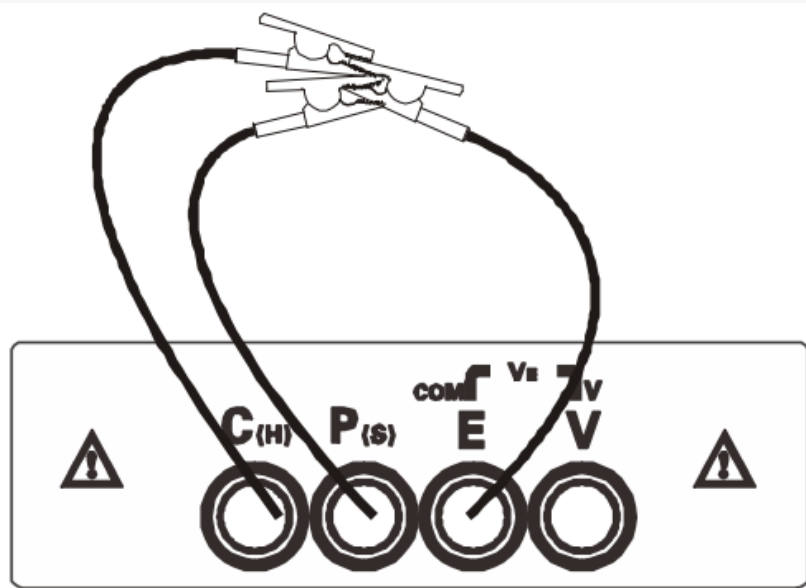
SG3010 数字式接地电阻测试仪

测试前线阻校验：

为了提高现场测量接地电阻的精密性、稳定性，避免因测试线长时间使用线阻变化引起的误差、未完全插入仪表接口或接触不良引起的误差和因用户更换或加长测试线引起的误差等，特设计了线阻校验功能，对于低值电阻测量更加精确。

连接好测试线与仪表后，将所有测试线的另一端短接，如上图，按功能键 R 按钮切换至对应的接地电阻测量档位，按“▲”键开始校验，校验中 LED 指示灯闪烁，LCD 倒计数显示，校验完毕 LCD 显示线阻值并将该值存储，在本次开机接地电阻测量中会自动扣除校验的线电阻值。

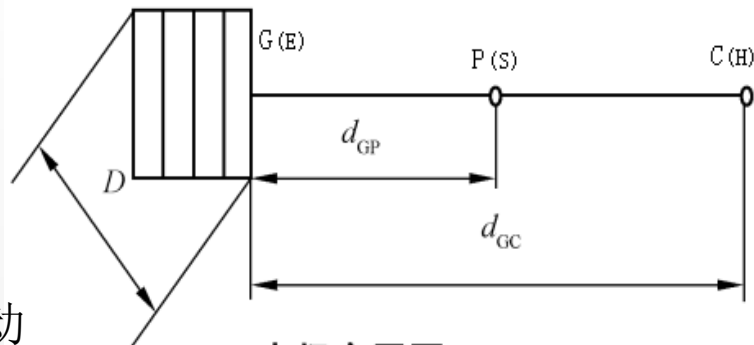
关机不保存校验线阻值，下次开机，需要重新校验。



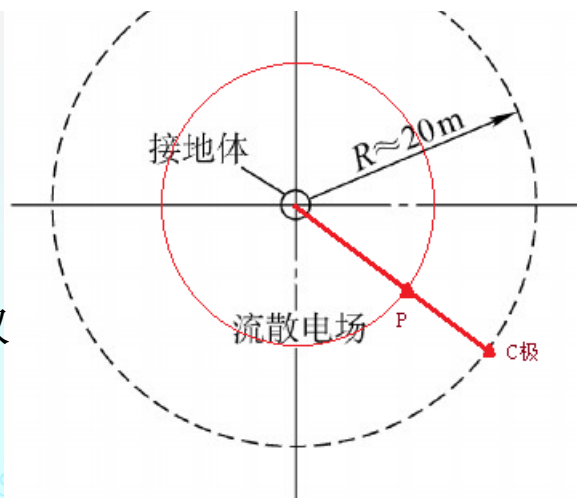
三极法测量接地电阻值

被测接地装置G，测量用的电压极P和电流极C。

- ◆ 三极应布置在一条直线上且垂直于地网。
- ◆ 距离 $d_{gc} = (4 \sim 5)D$ 和 $d_{gp} = (0.5 \sim 0.6) d_{gc}$ 。
- ◆ 电压极沿C极与E极接线方向移动三次，每次移动的距离约为的 d_{gc} 5%，找实际零电位区。
- ◆ 土壤电阻不均匀时，采取措施（宜将电流极离被测接地装置的距离增大，同时GP距离也增大）。
- ◆ 测量工频接地电阻时，如果 d_{gc} 取 $(4 \sim 5)D$ 值有困难，当接地装置周围的土壤电阻率较均匀时， d_{gc} 可以取 $2D$ 值， d_{gp} 取 D 值。



电极布置图



右图R取 ≈ 20 米

接好线后按“TEST”键开始测试，测试中 LED 指示灯闪烁，LCD 倒数显示，测试完毕 LCD 显示线阻值并将该值存储。

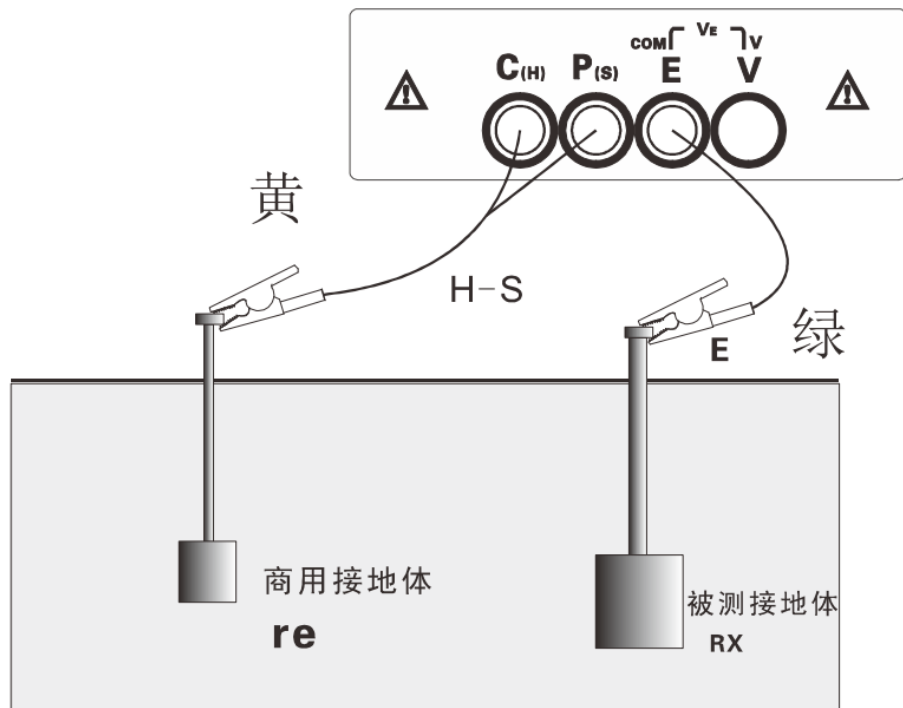
简易法测量接地电阻：

仪表读数为被测接地体的接地电阻值与商用接地体的接地电阻值之和，即： $RE = RX + re$

其中： RE 为仪表读数值；

RX 为被测接地体的接地电阻值；
 re 为共同接地体的接地电阻值。

那么，被测接地体的接地电阻值为： $RX = RE - re$ 。



填写雷电防护装置检测表

数据中心雷电防护装置检测表

第 4 页 共 5 页

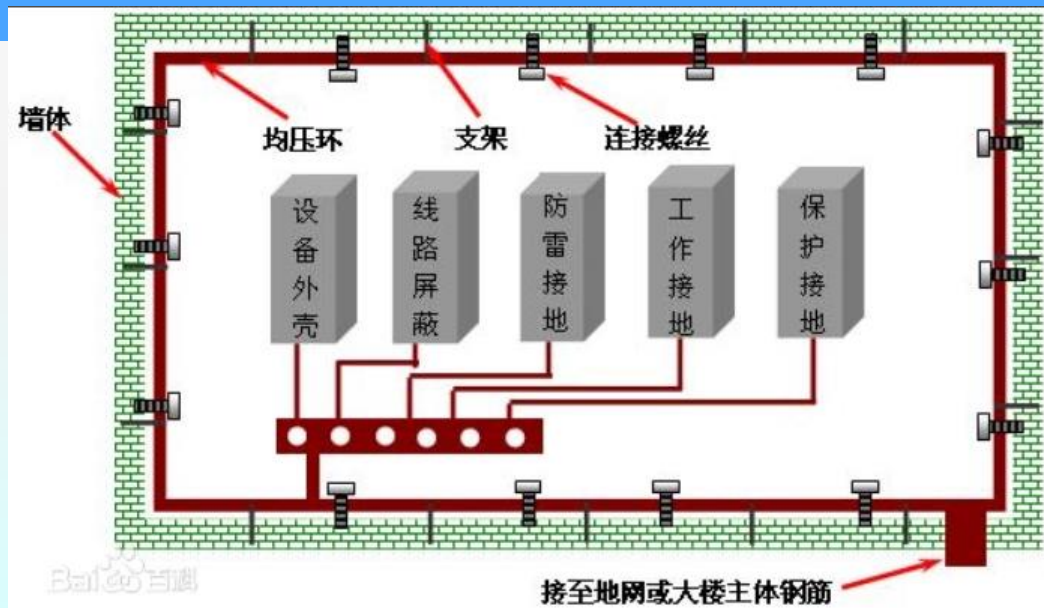
项目名称	××××机房		
项目地址	××××		
联系人	××××	联系电话	1395655000×
检测日期	2022 年 月 日	天气	晴
基本信息			
检测项目		基本状况	
1	建筑物总层数/长宽高/防雷类别	7/--/第三类	
2	建筑物结构/数据中心楼层/面积	钢混结构/1/ 70 m	
3	数据中心名称/雷电防护等级	招商银行股份有限公司安庆分行机房/C级	
4	数据中心温度/湿度	23℃/68%	
5	设备距外墙、柱、窗距离(m)	>1.0 米	
直击雷和侧击雷防护措施			
检测项目		规范标准/要点	检测结果
1	建筑物接闪器形式	杆塔网线	/

二、等 电 位 连 接

1、等电位连接

A、定义： GB500343-2012 直接用连接导体或通过浪涌保护器将分离的金属部件、外来导电物、电力线路、通信线路及其他电缆连接起来以减小雷电流在它们之间电位差的措施。

等电位连接可以消除高电位与处于低电位的被保护建筑物或与有联系的金属物之间的电位差，起到电位均衡的作用，避免发生雷电反击，是有效的防雷方法，被广泛应用。



B、等电位连接保护作用

1. 雷击保护IEC标准中指出，等电位连接是内部防雷措施的一部分。可**防止直击雷、感应雷、或其他形式的雷**，避免火灾、爆炸、生命危险和设备损坏。
2. 等电位联结可以将静电电荷收集并传送到接地网，从而**消除和防止静电危害**。
3. 等电位连接保证所有屏蔽和设备外壳之间实现良好的电气连接，**减小了电位差，外部电流不能侵入系统**，有效防护了电磁干扰。
4. **触电保护**；等电位联结使电气设备外壳与楼板墙壁电位相等，避免电击的伤害。其原理类似于站在高压线上的鸟，因身体部位间没有电位差而不会被电击。
5. **接地故障保护**若相线发生完全接地短路，PE线上会产生出的故障电压。有等电位联结后，与PE线连接的设备外壳及周围环境的电位都处于这个故障电压，因而不会产生电位差引起的电击危险。。

C. 等电位连接带导体的要求

在LPZ0_A 或LPZ0_B 区与 LPZ1 区交界处应设置总等电位接地端子板，总等电位接地端子板与接地装置的连接不应少于两处；每层楼宜设置楼层等电位接地端子板；电子信息系统设备机房应设置局部等电位接地端子板。

名 称	材 料	最小截面积 (mm ²)
总等电位接地端子板	铜带	150
楼层等电位接地端子板	铜带	100
机房局部等电位接地端子板（排）	铜带	50

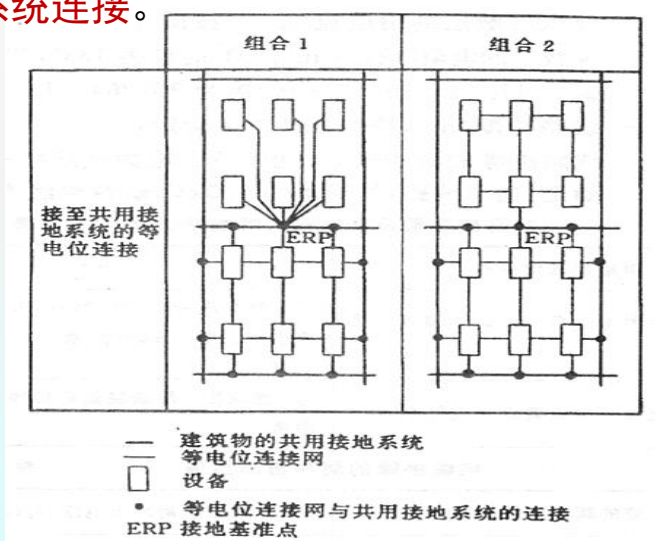
等电位接地端子板最小截面积

名 称	材 料	最小截面积 (mm ²)
垂直接地干线	多股铜芯导线或铜带	50
楼层端子板与机房局部端子板之间的连接导体	多股铜芯导线或铜带	25
机房局部端子板之间的连接导体	多股铜芯导线	16
设备与机房等电位连接网络之间的连接导体	多股铜芯导线	6
机房网格	铜箔或多股铜芯导体	25

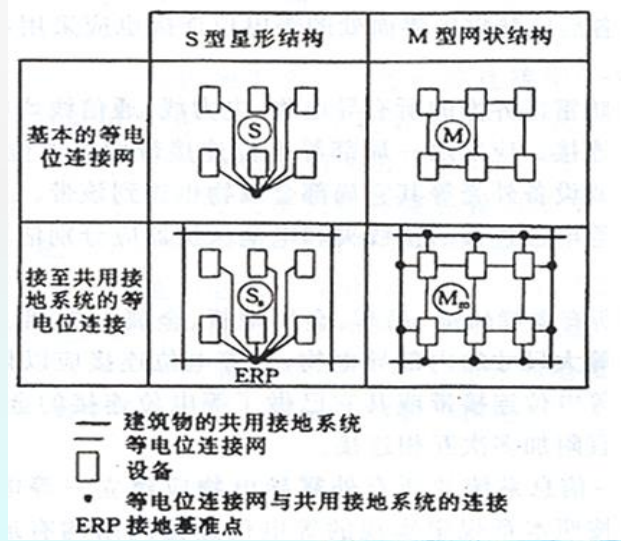
等电位连接导体最小截面

D. 电子信息设备等电位连接

等电位连接的结构形式应采用**S型**、**M型**或**它们的组合**。电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管道（槽）、屏蔽线缆外层、电子信息设备防静电接地、安全保护接地、功能性接、浪涌保护器接地端均应**以最短的距离**与S型结构的接地基准点或M型结构的网格连接。**机房等电位连接网络应与共用接地系统连接。**



信息系统等电位连接的组合

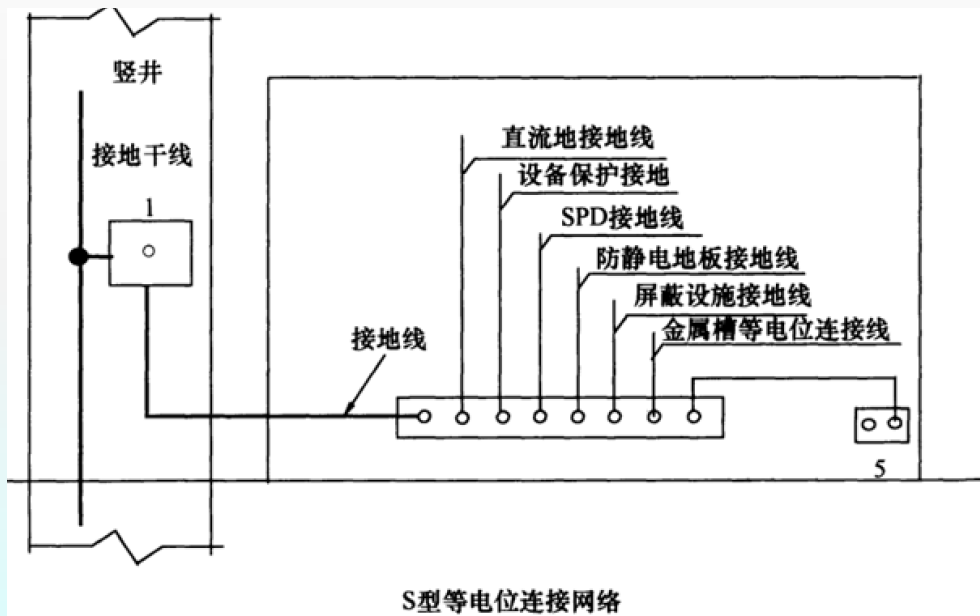


信息系统等电位连接的基本方法

(1) **S型结构**一般宜用于电子信息设备相对较少（面积 100m^2 以下）的机房或局部的系统中。**电子设备所有的金属导体应与共用接地系统独立**，仅通过作为接地参考点（ERP）的唯一等电位连接母排与共用接地系统连接，形成Ss型单点等电位连接的星型结构。**单个设备的所有连线应与等电位连接导体平行**，避免形成感应回路。

S型星形适用于 1MHz 以下低频率电子信息系统的功能性接地。

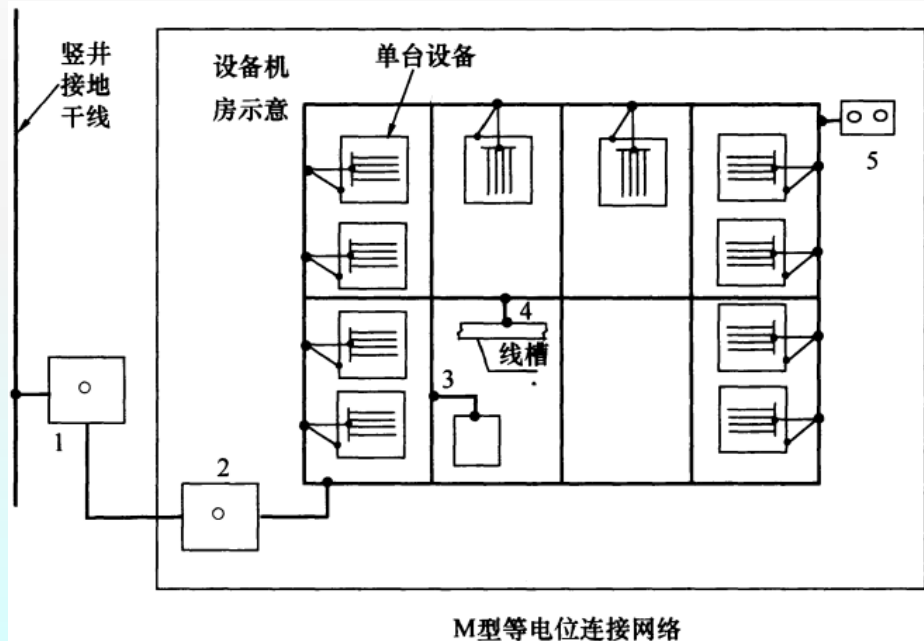
采用S型等电位连接时，电子系统的所有金属组件应与接地系统的各组件绝缘。



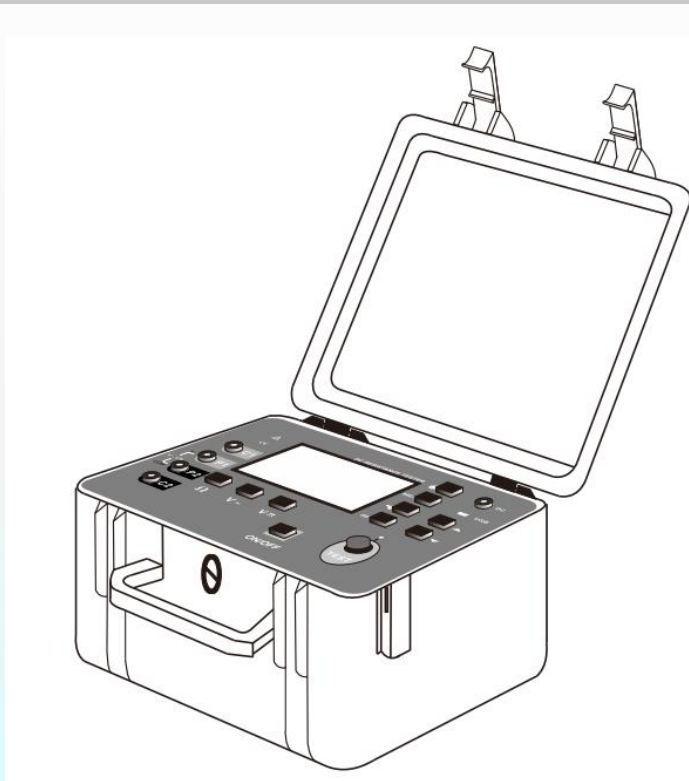
(2) 采用M型网格形结构时，机房内电气、电子信息设备等所有的金属导体，如机柜、机箱和机架**不应与接地系统独立**，应**通过多个等电位连接点与接地系统连接**，形成Mm型网状等电位连接的网格形结构。（电子信息系統分布于较大区域、设备之间有许多线路、通过多点进入系统）

M型网格形结构等电位连接结构**适用于频率达1MHz以上电子信息系统的功能性接地**。每台设备的等电位连接线的长度不宜大于**0.5m**，并宜设**两根等电位连接线安装于设备的对角处**，其长度相差宜为20%。

(3) 在一个复杂系统中，可以结合两种结构（星形和网格形）的优点，（见上一页图）构成组合1型（ S_s 结合 M_m ）和组合2型（ M_s 结合 M_m ）



2、测量仪器



等电位测试仪 (SG3050)

接地回路电阻钳表

C.A 6416

C.A 6417



法国 CA 公司

2.1 等电位测试仪（SG3050）

又名微欧计、欧姆计、直流接地电阻测试仪。

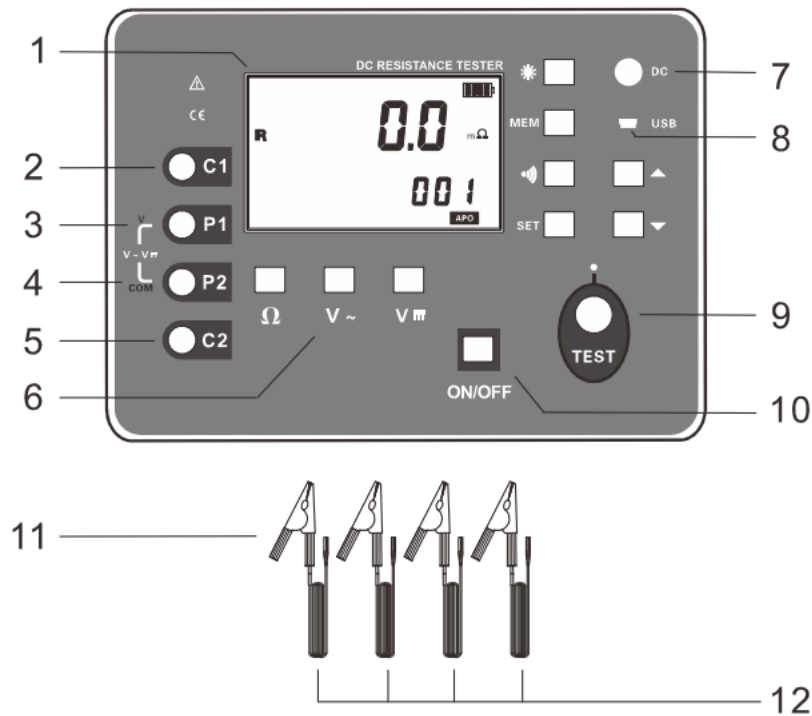
功能：金属构件之间等电位联结电阻测试，低值电阻测试，地网地极间连接导体的电阻测试，接触电阻测试等。

还具备测量直流电压和交流电压功能（为了安全起见，不建议使用这种功能）。

电阻测量范围：0.0001 Ω ~ 30K Ω

电阻分辨率：0.0001 Ω

电阻检测方法： 四线法测试



1. LCD

4. P2 接口：电压极负

7. DC 充电座

10. 开关机键

2. C1 接口：电流极正

5. C2 接口：电流极负

8. USB 接口

11. 安全鳄鱼夹

3. P1 接口：电压极正

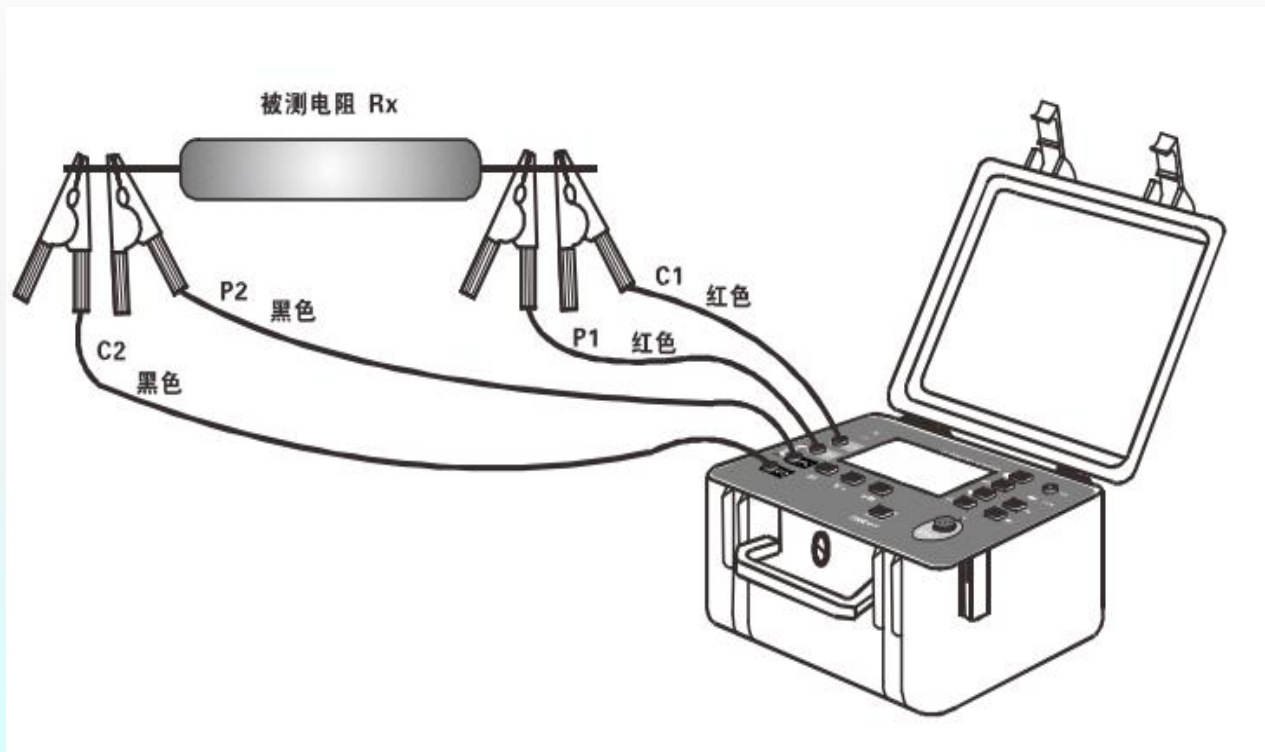
6. 功能按键

9. 测试按键

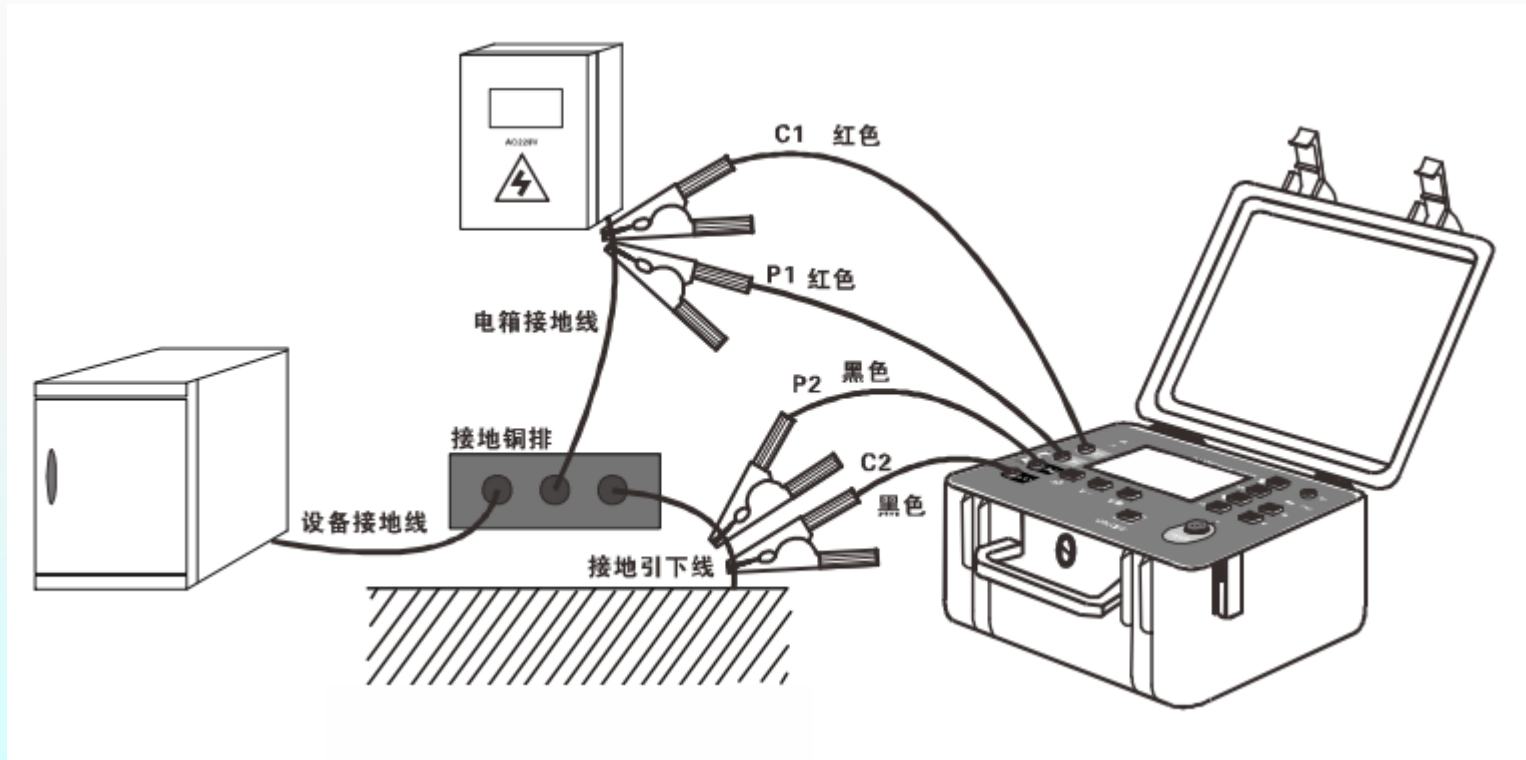
12. 测试线（红黑各2条）

A、等电位电阻精密测试

开机后，按一下“ Ω ”键（屏上显示“R”符号）
切换到等电位电阻测试状态，将测试线连接好被测对象，如图所示，按“TEST”键开始测试，倒计时完成后显示被测电阻值。



B、电表箱与接地与引下线之间的等电位电阻值



等电位连接

2.2 接地回路电阻钳表 (C. A6416)

用于测量形成特定导电回路接地系统的电阻，其适用于：

- 当导电回路是一个由导电体连接而形成的导电系统。

- 多点扩展接地系统，例如，利用电力传输或电信通讯行业的保护地线。

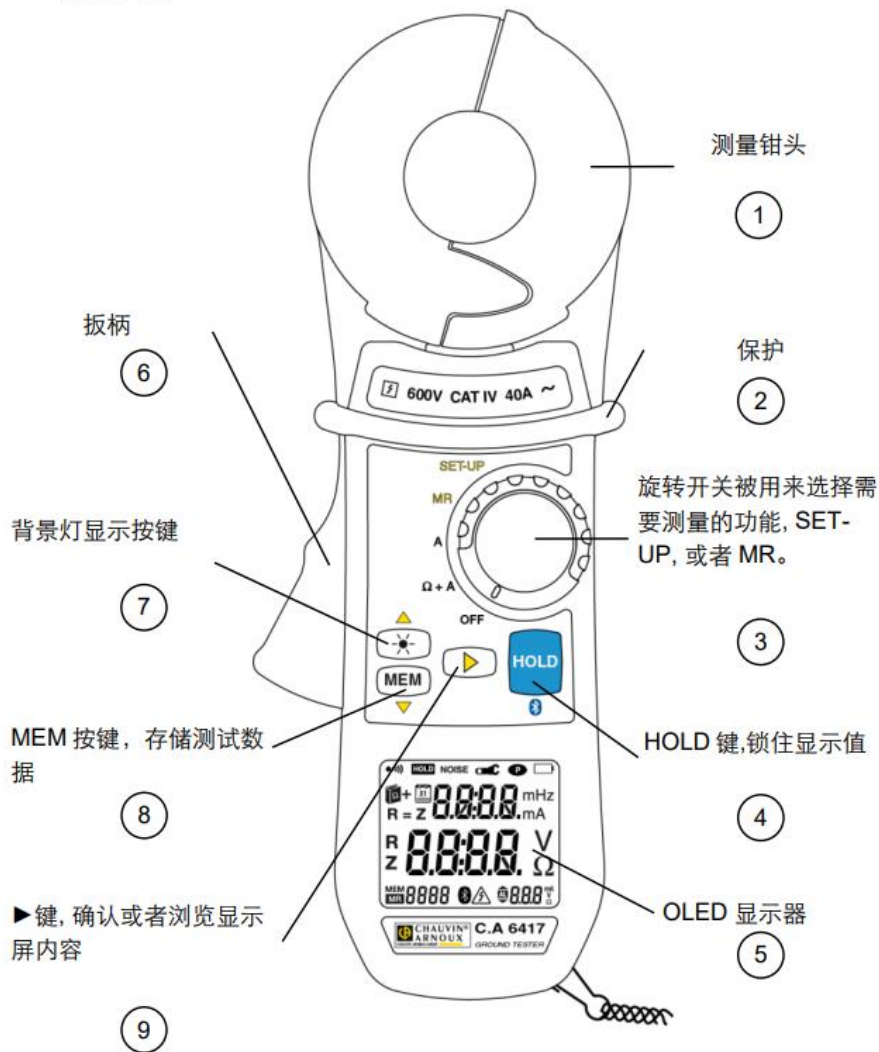
- 在同一地面上分布的接地地线。

- 通过2个辅助杆可测得一个平行接地网的环路阻抗。

环路电阻测量范围：0.01 Ω ~ 1500 Ω

电流测量值：0.2mA 至 40A。

接触电压：接触电压的估算是被测物体通过漏电流对于环路阻抗的计算。



A、测量原理：

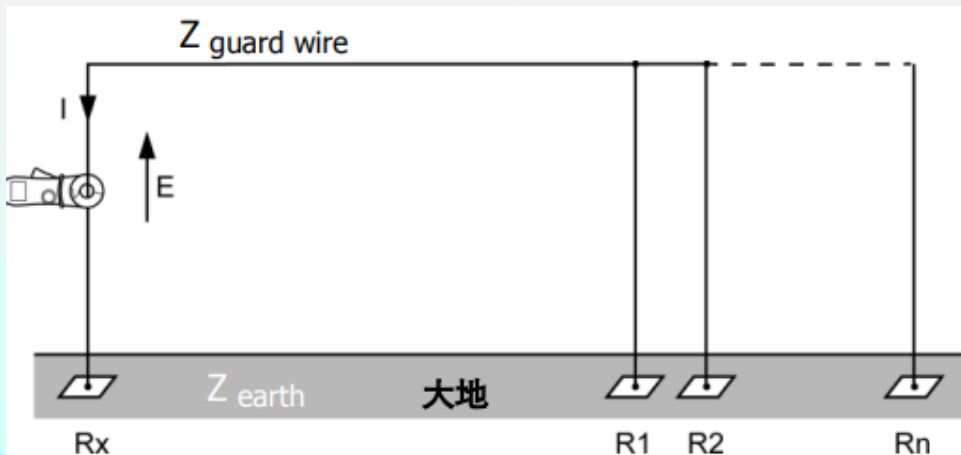
钳表的测量钳头内，包含了两个磁芯部分：

- 仪器的信号发生磁芯线圈，发出交流电压信号 E ， E 是一个已知定量
 - 仪器的信号接受磁芯线圈（电流测量）即可感测到一个电流值 $I = E / Z_{loop}$
- 当已知电压 E 和测得回路电流 I 后，仪器即可计算出 Z_{loop} 值并显示出来。

$$Z_{loop} = R_x + Z_{earth} + (R_1 // R_2 \dots // R_n) + Z_{guard\ wire}$$

下图，是使用本仪器进行接地回路电阻测量的典型情况，图中的被测回路由以下几个部分组成：

- ▲ 被测接地极的接地电阻 R_x ；
- ▲ 大地；
- ▲ 其他多点接地极的接地电阻 R_i ， $i = 1、2、3 \dots n$ ；
- ▲ 把所有地线连在一起的保护线，引入感应元件。



B、使用方法：

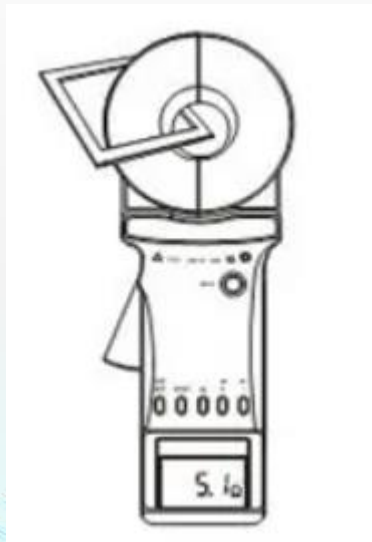
(1) 开机和校检

开机前，扣压扳机一两次，确保钳口闭合良好。

按POWER键开机，首先自动测试液晶显示器，其符号全部显示，同时，仪表自动校准，开机完成后显示“**0L Ω** ”，自动进入电阻测量模式，若没有正常开机自校准，仪表会显示“Er”符号，表示开机出错。

用户认为有必要，可以如图所示**用随机的测试环检验**一下。其显示值应该与测试环上的标称值一致

(**5.1 Ω**)。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**5.1 Ω** 时，显示**5.0 Ω** 或**5.2 Ω** 都是正常的。



(2) Ω +A（阻抗+电流测量）功能：

开机自检完成后显示“0L Ω ”后，扣压扳机，打开钳口，钳住待测回路，读取电阻值。

5.1.4 测量结果

当被测值稳定之后，显示屏上会显示：

- 漏电流。
- 在 2083Hz 频率下的回路阻抗。

只有当漏电流小于 10A，阻抗才会被测量。漏电流在 10A ~ 40A 范围内，NOISE 符号闪烁阻抗值为“-”。



注意：

如果测量阻抗小于 1 Ω ，屏幕交替显示测量值和 LOOP 字样，这是为了引起用户注意到这是环路值而不是接地值。

在标准模式下，只有一个测量屏幕。钳表是需要有固有频率 2083Hz 下测得回路阻抗(Ω)和漏电流。

(3) A (电流测量) 功能:

在此功能档位下，本钳表只能测量电流，独立于任何接地回路测量功能。

开机自检完成，钳表自动进入电阻测量模式，显示“OL Ω ”后，按A键，钳表进入电流测量模式，显示“AC 0.00mA”

被测物体放入钳口环后闭合钳表。

按下 HOLD 键可以保持锁定测量值。

按 MEM 键可以存储测量值。

测量结果

当电流值测量稳定下来，屏幕即会显示被测电流值及其单位。

测量电阻值说明:

用钳型接地电阻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。

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”。



3、 等电位连接检测

(1) 大尺寸金属物的连接检测，检查设备、管道、构架、均压环、钢骨架、钢窗、放散管、金属地板、电梯轨道、栏杆等大尺寸金属物与共用接地装置的连接情况。架空金属管道，在进入建筑物前，在距离建筑物100m内的管道，应每隔25m接地一次。

大尺寸金属物连接	序号	连接物名称	外观检查	连接导体的材料和尺寸	连接过渡电阻值/ Ω
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

（2）平行敷设长金属物的检测，检查平行或交叉敷设的管道、构架和电缆金属外皮等，其净距和金属线跨接情况（平行敷设的管道、构架和电缆金属外皮等长金属物，其净距小于100mm 时，应采用金属线跨接，跨接点的间距不应大于30m；交叉净距小于 100 mm 时，其交叉处也应跨接。）

平行 敷 设 长 金 属 物 连 接	序号	长金属物名称 和净距	跨接状况	跨接导体的材 料和尺寸	跨接过渡电阻值/ Ω
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

(3) 长金属物的弯头、阀门、法兰盘等连接处的过渡电阻大于 0.03Ω 时，连接处应用金属线跨接。对有不少于**5根螺栓**连接的法兰盘，在非腐蚀环境下，可不跨接。

在屋面敷设的各类电源线、天馈线、信号线的金属外护层应两端均接地，且**每间隔5m**与接地预留（件）或防雷装置就近等电位连接一次。

长金属物的弯头等连接	序号	检查对象名称及位置	螺栓根数	跨接导体的材料和尺寸	跨接过渡电阻值/ Ω
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

(4) 在LPZ0A 或LPZ0B 区与 LPZ1 区交界处应设置总等电位接地端子板，**总等电位接地端子板与接地装置的连接不应少于两处**；每层楼宜设置楼层等电位接地端子板；电子信息设备机房应设置局部等电位接地端子板。**环形接地体和内部环形导体应连到钢筋或金属立面等其它屏蔽构件上，宜每隔5m连接一次。**

LPZ0 与 LPZ1 连接	序号	连接物名称及位置	外观检测	连接导体的材料和尺寸	连接过渡电阻值/ Ω
	1				
	2				
	3				
LPZ1 与 LPZ2 连接	1				
	2				
	3				
	4				

(5) 电子设备等电位连接与建筑物共用接地系统连接。采用S型等电位连接时，宜使用不小于 $25\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的铜排作为单点连接的等电位接地基准点；采用M型等电位连接时，宜使用截面积不小于 25mm^2 的铜箔或多股铜芯导体在防静电活动地板下做成等电位接地网格。

检查连接基本形式；

测量电气连接情况：

等电位连接的过渡电阻
一般不应大于 0.2Ω 。

- ✓ 配电柜（盘）内部的PE排及外露金属导体；
- ✓ UPS及电池柜金属外壳；
- ✓ 电子设备的金属外壳；
- ✓ 设备机架、金属操作台；
- ✓ 机房内消防设施、其他配套设施金属外壳；
- ✓ 线缆的金属屏蔽层；
- ✓ 光缆屏蔽层和金属加强筋；
- ✓ 金属线槽；
- ✓ 防静电地板支架；
- ✓ 金属门、窗、隔断等。

（6）其他

- ① 等电位连接网络的连接宜采用焊接、熔接或压接。连接导体与等电位接地端子板之间应采用螺栓连接，连接处应进行热搪锡处理。
- ② 等电位连接导线应使用具有黄绿相间色标的铜质绝缘导线
- ③ 对于暗敷的等电位连接线及其连接处，应做隐蔽工程记录，并在竣工图上注明其实际部位、走向。
- ④ 等电位连接带表面应无毛刺、明显伤痕、残余焊渣，安装平整、连接牢固，绝缘导线的绝缘层无老化龟裂现象。

三、雷击电磁脉冲屏蔽

雷电电磁脉冲屏蔽

定义：雷击电磁脉冲 lightning electromagnetic impulse (LEMP) 雷电流经电阻、电感、电容耦合产生的电磁效应，包含闪电电涌和辐射电磁场。

电磁屏蔽 electromagnetic shielding
用导电材料减少交变电磁场向指定区域穿透的措施。

等电位连接是防雷击装置，作用是**防止雷电的电磁脉冲**以各种耦合方式感应到金属管线或地线产生浪涌致损设备用的。

雷电电磁脉冲的防护措施：

- 1 等电位连接和接地；
- 2 电磁屏蔽；
- 3 合理布线；
- 4 能量配合的浪涌保护器防护。

检测：用毫欧表检查屏蔽网格、金属管（槽）、防静电地板支撑金属网格、大尺寸金属件、房间屋顶金属龙骨、屋顶金属表面、金属门窗、金属栅格和电缆屏蔽层的电气连接，过渡电阻不宜大于 0.2Ω 。首次检测时，用游标卡尺测量屏蔽材料规格尺寸是否符合规定。

注意事项：

1. 屏蔽、接地和等电位连接的要求宜联合采取措施（大尺寸金属物、线缆、建筑物之间、大空间屏蔽）
2. 防雷区和防雷击电磁脉冲
3. 为减小雷电电磁脉冲在电子信息系统内产生的浪涌，宜采用**建筑物屏蔽、机房屏蔽、设备屏蔽、线缆屏蔽和线缆合理布设措施**，这些措施在检测时要注意分类。