

团 体 标 准

T/CES XXX-202×

电磁兼容与天线试验场地
绝缘电阻和接地电阻测试

Electromagnetic compatibility and antenna test site

Measurement method of insulation resistance and grounding resistance

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国电工技术学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 定义	1
4 一般要求	4
5 测试方法	4
5.1 绝缘电阻.....	4
5.2 接地电阻.....	6
6 试验报告	9

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会电磁兼容与天线（专业）工作组归口。

本文件起草单位：上海电器科学研究所(集团)有限公司、上海电器科学研究院、上海电器设备检测所有限公司、上海电科智能装备科技有限公司、深圳市磁迅科技有限公司、湖北省计量测试技术研究院、微创投资控股有限公司、上海添唯检测认证技术有限公司。

本文件主要起草人：荀黎、彭培机、杨林桦、陈绪、张磊、高昇、汪婕、曹旻、谢延萍。

电磁兼容与天线试验场地 绝缘电阻和接地电阻测试

1 范围

本文件适用于电磁兼容与天线测试试验场地，例如屏蔽室、电波暗室、微波暗室等场地。对测试场地进行绝缘电阻、接地电阻的测试，以确保测试场地用电的安全性、准确性以及人员的安全保障。

本文件旨在对接地电阻和绝缘电阻测试给出统一的要求，规定了检测方法、测试条件和结果的处理。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件，凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

CNAS-CL01-A008:2023 检测和校准实验室能力认可准则在电磁兼容检测领域的应用说明
Guidance on the Application of Testing and Calibration Laboratories Competence Accreditation Criteria in the Field of Electromagnetic Compatibility Testing

GB/T 2900.1-2008 电工术语 基本术语

GB/T 2900.73-2008 电工术语 接地与电击防护

GB/T 17949.1-2000 接地系统的土壤电阻率、接地阻抗和地面电位测量导则 第1部分：常规测量

GJBz 20219-94 军用电磁屏蔽室通用技术要求和检验方法

GB/T 16895.23-2020 低压电气装置 第6部分：检验

GB/T 6113.104-2021 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-4部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辐射骚扰测量用天线和试验场地

GB/T 12190-2021 电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法

GB/T 17626.20-2014 电磁兼容 试验和测量技术 横电磁波(TEM)波导中的发射和抗扰度试验

GB/T 17626.21-2014 电磁兼容 试验和测量技术 混波室试验方法

3 定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.73 和 GB/T 17949.1-2000 界定的以及下列术语和定义适用本文件。

3.1

参考地 reference earth; reference ground(US)

不受任何接地配置影响的、视为导电的大地的部分，其电位约定为零。

注：“大地”是指地球及其所有自然物质。

[GB/T 2900.73-2008 术语和定义 195-01-01]

3.2

接地，动词 earth(verb); ground(verb)(US)

在系统、装置或设备的给定点与局部地之间作点连接。

注：与局部地之间的连接可以是：

——有意的，或

——无意的或以外的

也可以是永久性的活临时性的。

[GB/T 2900.73-2008 术语和定义 195-01-08]

3.3

接地极 earth electrode; ground electrode (US)

介入土壤或特定的导电介质（如混凝土或焦炭）中，与大地有电接触的可导电部分。

[GB/T 2900.73-2008 术语和定义 195-02-01]

3.4

接地导体 earth conductor; earthing conductor; grounding conductor(US);earth conductor (deprecated)

在系统、装置或设备的给定点与接地极或接地网之间提供导电通路或部分导电通路的导体。

[GB/T 2900.73-2008 术语和定义 195-02-03]

3.5

接地网 earth electrode network; ground-electrode network(US)

接地配置的组成部分，进包括接地极及其相互连接部分。

[GB/T 2900.73-2008 术语和定义 195-02-21]

3.6

电磁屏蔽体 electromagnetic screen

由导电材料制成的，用以减弱时变的电磁场透入给定区域的屏蔽体。

[GB/T 2900.73-2008 术语和定义 195-02-40]

3.7

电阻 resistance

R

对于端子为 A 和 B 的电阻性二端元件或二端电路，端子间电压 u_{AB} 除以元件或电路中电流 i 的商：

$$R = u_{AB} / i$$

式中，如果电流 i 的方向从 A 到 B，则电流 i 前取正好，否则冠以负号。

注：电阻不可为负。

[GB/T 2900.1-2008 术语和定义 3.2.26]

3.8

接地电阻 ground (earth) resistance

接地极与电位为零的远方接地极之间的欧姆律电阻。

注：所谓远方是指一段距离，在此距离下，两个接地极的互阻为零。

[GB/T 17949.4-2000 术语和定义 4.11]

3.9

绝缘体 insulation(1)

使器件的导电元件绝缘的所有材料或零件。

[GB/T 2900.1-2008 术语和定义 3.3.158]

3.10

绝缘[性能] insulation(2)

表征一个绝缘体实现其功能的能力的各种性质。

[GB/T 2900.1-2008 术语和定义 3.3.159]

3.11

绝缘电阻 insulation resistance

在规定条件下，用绝缘材料隔开的两个导电元件之间的电阻。

[GB/T 2900.1-2008 术语和定义 3.3.160]

3.12

电弧 electric arc

一种自持气体导电，其大多数载流子为一次电子发射所产生的电子。

[GB/T 2900.1-2008 术语和定义 3.1.77]

3.13

电击穿 electric breakdown

绝缘介质的全部或部分突然变成导电介质而导致的放电。

[GB/T 2900.1-2008 术语和定义 3.1.78]

3.14

电火花 electric spark

短暂的亮度小的电弧。

[GB/T 2900.1-2008 术语和定义 3.1.79]

3.15

屏蔽室 Shielding enclosure

使内部不受外界电场、磁场的影响或使外部不受其内部电场、磁场影响的一种结构。

注：它通常由金属材料建成，在金属板接缝和门等处采取一定的措施以保证连续的电连接。高性能的屏蔽室在不同频率可以将电场、磁场抑制一到七个数量级。

[GB/T 12190-2021 术语和定义 3.6]

3.16

全电波暗室 fully-anechoic room;FAR

六个内表面装有射频吸波材料（即射频吸收体）的屏蔽室，该吸波材料能够吸收所关注频率范围内的电磁能量。

[GB/T 6113.104-2021 术语和定义 3.1.11]

3.17

理想开阔试验场地 ideal open-area test site

具有理想平坦的无限大的理想导电接地平板，且除了接地平板外无其他反射物体的开阔试验场地。

[GB/T 6113.104-2021 术语和定义 3.1.13]

3.18

半电波暗室 semi-anechoic chamber;SAC

6个内表面中的5面安装有能够吸收所关注频率范围内的电磁能量的吸波材料（即射频吸收体）、底部的水平面铺设OATS试验布置中所使用的导电接地平板的屏蔽室。

[GB/T 6113.104-2021 术语和定义 3.1.23]

3.19

横电磁波室 TEM cell

封闭的TEM波导,通常是一个矩形同轴线。电磁波在其中以TEM模传输以产生满足试验需要的特定场,外导体完全包围内导体。

[GB/T 17626.20-2014 术语和定义 3.1.3]

3.20

混波室 reverberation chamber

专门设计的具有相当长混波时间的小室。

专门设计成具有较长混波时间,以便让场尽量扩散的(混波室)小室。

[GB/T 17626.21-2014 术语和定义 3.1.6]

4 一般要求

只要合理可行,应在安装期间、完工后、使用前进行检测。

检测前,应与所有方和/或相关方制定试验计划、检测时,应按照试验计划进行。测试计划应包括检测部位、测试要求和适用的设备清单。

任何能影响检测数值的检测设备都应经过校准,应提供可溯源到国家校准的最新校准日期。

检测设备需要满足以下要求:

- a) 测量范围至少应包括 $0.1 \Omega \sim 4 \Omega$ 之间的值,在此范围内标度尺的分度应至少为 $0.5 \text{ mm}/0.1 \Omega$,数字设备的分辨率至少为 0.1Ω ;
- b) 在最小量程范围内的测量电流应不小于 0.2 A 。

检测应由有经验的检测人员操作。

在产品和技术要求没有明确规定试验条件时,推荐检测应在以下条件进行:

- a) 温度: $-30^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$
- b) 相对湿度: $25\% \sim 80\%$
- c) 大气压力: $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$

检测前准备按以下步骤进行:

- a) 切断系统设备与外部供电电路连接;
- b) 拆除系统设备与保护接地的功能连接;

5 测试方法

5.1 绝缘电阻

带电部件与可触及的主动导电部件之间适当的绝缘电阻是保护人体避免与电源电压直接或间接接触的基本安全参数。能防止短路或泄漏电流的带电部件之间的绝缘电阻也很重要也是为了保证电气设备和用具的安全,需要测试不同对象的绝缘电阻。

根据 CNAS-CL01-A008:2023 检测和校准实验室能力认可准则在电磁兼容检测领域的应用说明,绝

缘电阻测试结果需 $>2M\Omega$ 。

5.1.1 测试原理

使用 U-I（电压 - 电流）方法，试验原理图见图 1。

计算公式： $R_i=U_t/I$

U_t —由电压表测试的直流测试电压

I —由直流发电机通过绝缘电阻 R_i 所激励的测试电流，该电流通过电流表测得

R_i —绝缘电阻

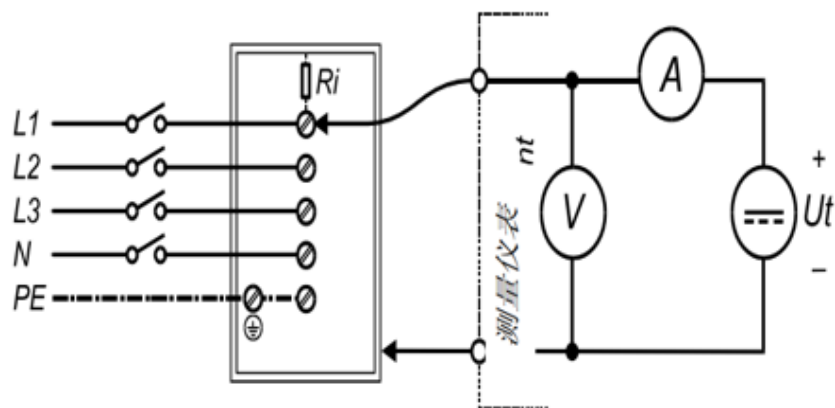


图1 绝缘电阻原理图

5.1.2 测试方法

测试时试验场地所有电源线断开。仪器可选择连接在试验场地配电箱的空气开关上线端、空气开关下线端及滤波器下线端，见图 2。连接仪器，施加电压后，待阻值稳定后开始测试。

测试需要在如下所有导体间进行，试验电压见表 1：

- 1) 分别在三相线 L1、L2 和 L3 中每一条与中线 N 之间；
- 2) 分别在三相线 L1、L2 和 L3 中每一条与保护导体 PE 之间；
- 3) 在相线 L1 分别与相线 L2 和 L3 之间；
- 4) 相线 L2 与 L3 之间；
- 5) 中线与保护导体 PE 之间。

表1 绝缘电阻试验电压

回路标称电压 V	直流测试电压 V
500V及下	500
500V以上	1000
开放等级	---

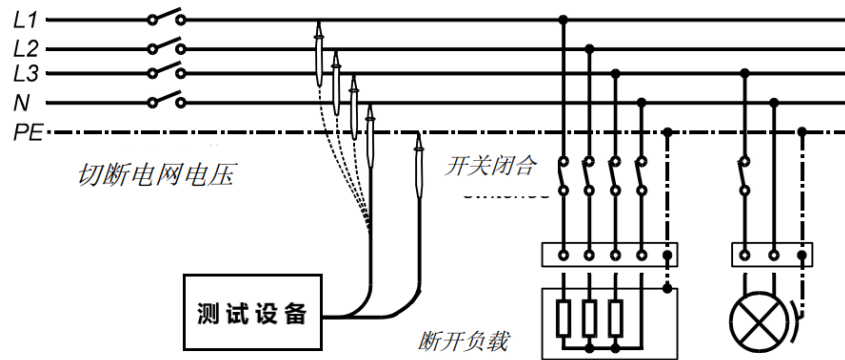


图2 绝缘电阻测试连接图

5.1.3 注意事项：

- 1) 在开始测试之前关闭电源电压；
- 2) 在测试过程中所有开关都必须关闭；
- 3) 在测试过程中所有负载都必须断开, 确保测试结果不受任何负载的影响；
- 4) 测试时禁止触摸测试对象, 以避免电击危险。
- 5) 测试设备应放置于绝缘垫上。

5.1.4 影响因素

- (1) 环境温度湿度, 一般材料的绝缘电阻值随环境温湿度的升高而减小；
- (2) 电缆自身因素, 当电缆受热和受潮时, 绝缘材料便老化。其绝缘电阻便降低。

5.2 接地电阻

接地电阻测试的主要目的是保证试验场地接地的可靠性。

根据CNAS-CL01-A008:2023检测和校准实验室能力认可准则在电磁兼容检测领域的应用说明, 接地电阻测试结果需 $<4\Omega$ 。

5.2.1 测试原理

接地电阻使用电位降法, 即四导线测试法。测试仪器应有四根测试棒, 分别为电位棒 (P1、P2) 和电流棒 (C1、C2)。如图3所示, 将测试棒分别连接在受试电极 (P1、C1) 和大地 (P2、C2), 在受试电极电流棒C1和电流棒C2之间通过电流, 测量受试电极电位棒P1和电位棒P2之间电位电极的电压降 (电位电极定位于两电流电极之间); 电压降与电流的比值就能得出接地电阻的阻值。

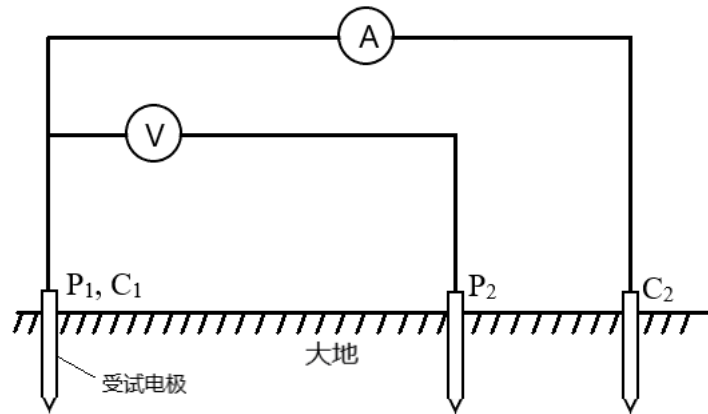


图3 电位降法测试原理图

5.2.2 测试方法

5.2.2.1 接地极的接地电阻测量

试验场地的接地电极系统普遍分为接地桩和接地带两种电极系统，试验前需先勘察确认接地系统的方式。

1) 确认接地电极系统的位置。

若接地电极系统为接地桩，确认接地桩的最大深度 d ，如图4所示的P1、C1连接到相应位置；若接地电极系统为接地带，确认接地带的最大长度 d ，如图5所示的P1、C1连接到相应位置；

2) 测试棒需全部插入到土壤里，接地极插入位置位于接地桩同侧位置，如图所示，C2接地极距离接地桩位置至少为 $5d$ ，C2与P2的距离至少为 $2.5d$ ；

3) 将仪器连接到所选位置（P2、C2），读取仪器电阻值 R 。

注：仪器内部计算公式为： $R=U/I$

U —由内部电压表在P1与P2测试端子之间所测得电压。

I —在C1与C2测试端子之间被驱到被测环路的测试电流。

典型接地桩/带(d)最大深度/长度为1.5m-2m。

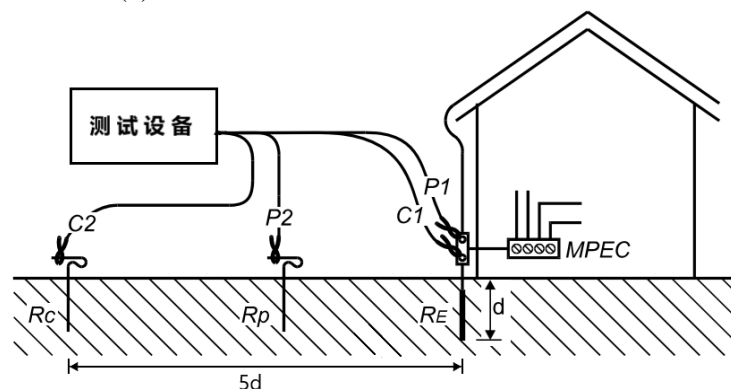


图4 接地桩接地电阻测量

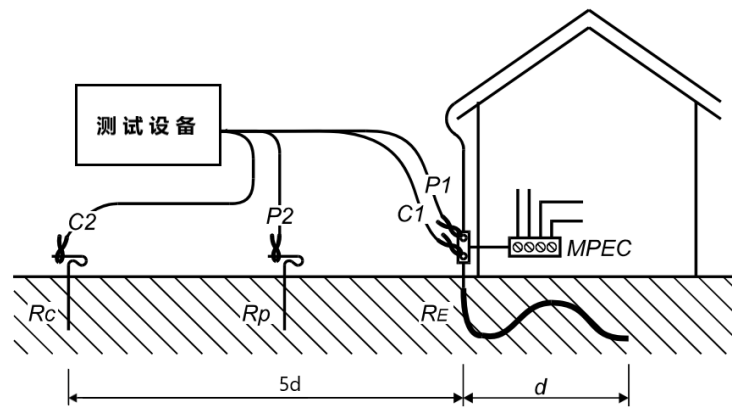


图5 接地带接地电阻测量

注：因接地电极可以视为尖端极，并且没有与其它电极相连接，被测接地电极与测试棒之间的距离取决于被测接地电极的深度，测试棒通常被引向大地，并与被测接地电极成一条直线，或成等边三角形。

5.2.2.2 试验场地壳体的接地电阻测量

- 1) 确认试验场地壳体接地点位置，P1、C1连接在距离壳体接地点最远端，离地安全高度至少1.5m。如图6所示；
- 2) 测试棒需全部插入到土壤里，接地极插入位置位于接地桩同侧位置，如图所示，C2接地极距离接地桩位置至少为5d，C2与P2的距离至少为2.5d；
- 3) 将仪器连接到所选位置（P2、C2），读取仪器电阻值R。

注：仪器内部计算公式为： $R=U/I$

U—由内部电压表在P1与P2测试端子之间所测得电压。

I—在C1与C2测试端子之间被驱到被测环路的测试电流。

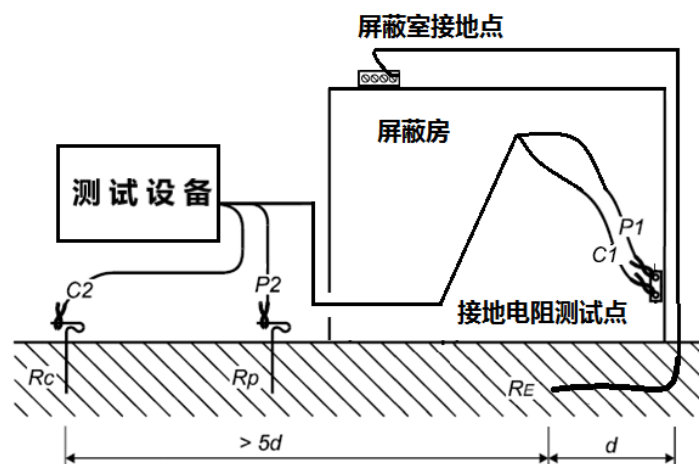


图6 试验场地壳体的接地电阻测量

5.2.2.3 高楼层的接地电阻测量

若试验场地位于比较高的楼层，受试电极到测试棒的距离超过5倍的最大深度/长度d，可以增

加引线长度进行测试，或者采用分段测试方法。

若采用分段测试方法，先测出电极的地阻阻值，再测出各楼层连接接地带的阻值，最后测出接地带到受试电极的阻值，总接地电阻为测得的各阻值相加。

注：报告中注明具体测试方法及实施步骤。

5.2.3 检测影响因素

在测接地电阻时，有些因素造成接地电阻不准确：

1) 地网周边土壤构成不一致，地质不一，紧密、干湿程度不一样，具有分散性，地表面杂散电流、特别是架空地线、地下水管、电缆外皮等等，对测试影响特别大。解决的方法：取不同的点进行检测，取平均值。

2) 辅助接地极电阻过大。解决的方法：在地桩处泼水或使用降阻剂降低电流极的接地电阻。

3) 测试仪器受干扰影响。解决的方法：调整放线方向，尽量避开干扰大的方向，使仪表读数减少跳动。

4) 仪表使用问题。仪器电量问题或仪表精确度下降。解决的方法：充电并校准。

5.2.4 注意事项：

如果测试场地在 5d 时为水泥地面或者地表面层导电率很差的情况下，可以采用延长测试距离方法来使得测试接地电极位于接地桩或接地网同一侧位置。

测试接地电极与被测电极位于同一侧一条直线上。

禁止在下雨天进行测试，需保持土地不湿润。

接地电阻的测试值的准确性，是判断接地是否良好的重要因素之一。测试值一旦不准确，要不浪费人力物力（测值偏大），要不就会给接地设备带来安全隐患（测值偏小）。

6 试验报告

在完成检测之后，应提供一份测试报告，报告应包括：

- 场地产品型号，名称，序列号，场地尺寸；
- 检测的试验等级；
- 检测的试验回路；
- 使用的检测设备类型；
- 检测设备的标识，包括商标名称，产品型号，序列号，校准有效期；
- 合格/不合格判定的依据（基于标准或制造商与卖方之间的共识）。
- 报告应由能胜任监测工作的专业人员编写、签署或批准。