



团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

电力电子式直流接地极测量装置 技术规范

Technical specification of power electronic DC earth electrode
measuring device

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 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 术语和定义.....	1
3.1.....	1
3.2.....	1
3.3.....	1
3.4.....	1
3.5.....	1
4 一般要求.....	2
5 技术要求.....	2
5.1 外观.....	2
5.2 安全性能.....	2
5.3 操作与显示要求.....	2
5.4 装置功率源性能要求.....	2
5.5 直流电压表性能要求.....	3
5.6 直流电流表性能要求.....	3
5.7 不极化参比电极的性能要求.....	3
5.8 精度要求.....	3
5.9 抗干扰性能.....	4
6 试验方法.....	4
6.1 试验条件.....	4
6.2 外观检查.....	4
6.3 电气安全试验.....	4
6.4 性能检查.....	4
6.5 示值误差试验.....	5
6.6 功率源试验.....	5
6.7 抗干扰试验.....	6
7 试验项目.....	7
8 标志.包装.运输和贮存.....	8

前 言

本标准依据 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》给出的规定起草。

为提高电力电子式直流接地极测量装置的准确性及安全性，中国电工技术学会组织国网新疆电力有限公司电力科学研究院开展了《电力电子式直流接地极测量装置技术规范》的编制工作，根据电力电子式直流接地极测量装置的测量原理和影响测量准确性的各个因素制定本标准。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电工技术学会提出。

本标准起草单位：国网新疆电力有限公司电力科学研究院、上海大帆准测技术有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、国网上海市电力公司、国网山西省电力公司、国网浙江省电力公司、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网上海市电力公司电力科学研究院、上海电力大学、中国电力科学研究院、国网河南省电力公司检修公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院、国网安徽省电力科学研究院、内蒙古电力科学研究院、国网安徽省电力公司检修公司、广西电网公司钦州供电局、国网电力科学研究院武汉南瑞有限公司、国网湖北省电力公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：陈文涛、邵建康、李谦、魏本刚、张海、徐华、李志忠、司文荣、杨秀、童雪芳、王敏、李欣、刘静、杨文良、沈国堂、蒋再新、汤亮亮、束龙。

本标准首次发布。

电力电子式直流接地极测量装置技术规范

1 范围

本技术规范规定了电力电子式直流接地极特性参数测量装置的技术要求和检测方法。
本技术规范适用于电力电子式直流接地极测量装置的生产和检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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）适用于本标准。

JJG 366	接地电阻检定规程
GB 4793.1	测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求
GB/T 6587.7	电子测量仪器基本安全试验
GB/T 7676.9	直接作用模拟指示电测量仪表及其附件 第9部分：推荐的试验方法
GB/T 13978	数字多用表
DLT 253	直流接地极接地电阻、地电位分布、跨步电压和分流的测量方法
DL/T 475	接地装置特性参数测量导则
DL/T 845	电阻测量装置通用技术条件

3 术语和定义

3.1

直流接地极测量装置 DC earth electrode measuring device

用于测量直流接地极接地特性的测量装置。

3.2

电力电子式直流接地极测量装置 power electronic DC earth electrode measuring device

基于电力电子技术的直流接地极测量装置，而非传统的基于调压器、隔离变压器、整流桥、电容滤波器的直流整流滤波的测量装置。

一般包括电力电子式大功率直流电源、直流电压表、直流电流表等组成。

3.3

工频干扰地电压 interference voltage at power frequency on grounding conductor
接地导体上的由非试验电流产生的工频干扰电压。

3.4

不极化参比电极 non-polarizing electrode

一种特制的测量电位差用的接地电极，一般采用紫铜棒放在盛有饱和硫酸铜溶液的绝缘管中，铜棒是通过渗透的硫酸铜溶液的离子来导电的。这样的接地条件，可使电极的极化电位差减小到1mV以内，也减小了测量电极本身的极化电位差，故称为不极化电极。

3.5

抗干扰能力 anti-interference ability

用于表征直流接地特性测试装置、直流电压表和电流表测试能力强弱的指标，一般用抗干扰倍数来

T/CES XXX-XXXX

表示,指直流电压表和电流表在直流信号测量值偏差不大于规定要求的条件下,其所能承受的最大交流干扰信号与测试信号的幅值之比。

4 一般要求

4.1 功能要求

电力电子式直流接地极测量装置,主要用于测量直流接地极的各项接地特性参数,主要包括接地电阻,地电位分布,跨步电压和馈电电缆分流的设备。

4.2 系统组成

电力电子式直流接地极测量装置一般由大功率电力电子式直流电源,直流电压表,直流电流表,钳形电流表等部件组成。

4.3 装置使用条件

- a) 环境温度: $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$;
- b) 环境湿度: 不大于 80%RH。
- c) 特殊环境,特殊温度,海拔

5 技术要求

5.1 外观

电力电子式直流接地特性测量装置的外观与结构应满足以下要求:

- a) 铭牌上应有以下主要标志和符号:产品的名称及型号、制造厂名称、制造日期、出厂编号、输出功率。
- b) 外表应整洁美观,不应有变形、裂纹、划痕、剥落、锈蚀、变色等缺陷。所有的标志应清晰明显,接线端子有明确标记。

5.2 安全性能

5.2.1 绝缘强度

5.2.1.1 采用交流供电的测试仪,电源输入端对机壳及地的绝缘电阻不小于 $20\text{M}\Omega$ 。

5.2.1.2 采用交流供电的测试仪,测量端与机壳、电源输入端与机壳及地之间,应能承受工频正弦交流电压有效值 2kV ,历时 1min 的耐压,无击穿或飞弧现象。

5.2.2 装置保护功能

- 5.2.2.1 具有输入保护功能,如过压、欠压、缺相等保护;
- 5.2.2.2 具有输出保护功能,如过压、过流、过热等保护。

5.3 操作与显示要求

- a) 设备通电开机后显示器应正常显示;
- b) 操作开关、按钮、旋钮应灵活可靠,数字式测量仪显示笔划应完整;
- c) 应能明显指示工作状态;
- d) 对于采用电池供电的测试仪,应具备电量指示或低电量报警功能;
- e) 应具备测量和显示电压、电流等测量参数的功能;

5.4 装置功率源性能要求

5.4.1 输出电压

接地特性测量装置输出应为直流电压，稳压精度 $\leq\pm 0.5\%$ ，负载稳定率 $\leq 0.5\%$ ，纹波系数 $\leq 0.5\%$ 。

5.4.2 输出功率

系统最大输出功率不宜小于 30kW，最大输出电流不宜小于 100A，最大输出电压不宜小于 300V。

5.4.3 持续负载能力

系统按期额定功率输出，连续工作时间不宜低于 4 小时，设备不应损坏，测量误差不应超过其最大允许值。

5.5 直流电压表性能要求

对于独立的直流电压表，其内阻应不低于 $1M\Omega$ 。测量范围至少包含 $1mV\sim 200V$ ，其精度不低于 $\pm(0.5\% \text{读数} + 0.1mV)$ 。

对于具有跨步电压测量功能的直流电压表，应配置有 1500Ω 的并联人体模拟电阻。

5.6 直流电流表性能要求

用于测量接地电阻的直流电流表，精度不宜低于 $\pm(1\% \text{读数} + 0.1A)$ 。

用于测量馈电电缆分流的钳形电流表，其钳口内径不宜小于 50mm，测量精度不低于 $\pm(3\% \text{读数} + 0.1A)$ 。

5.7 不极化参比电极的性能要求

测量跨步电压时，一对不极化参比电极的电位差不大于 1mV。

5.8 精度要求

5.8.1 示值最大允许误差

接地特性测量装置的示值误差不应超过其标称的最大允许误差，最大允许误差可用绝对误差 ΔR 或相对误差 r 来表示，最大允许相对误差 r 不超过 5%。

5.8.2 电流电压极引起的误差

测试仪的辅助接地电阻引起的误差改变量应符合表 1 的规定。

表 1 辅助接地电阻引起的误差改变量

参比条件	试验条件		辅助接地电阻引起的误差改变量
	电流极辅助接地电阻 R_C (Ω)	电压极辅助接地电阻 R_P (Ω)	
$R_E=0.5\Omega$ $R_C=50\Omega$ $R_P=50\Omega$	100	100	$\leq r$
	200	100	$\leq 2r$

注： R_E 是标准电阻器（等效接地电阻）， r 为测试仪的示值最大允许误差。

5.8.3 直流电压表的误差

对于接地特性直流电压表、直流电流表分体测量装置，电压表内阻应不低于 $1M\Omega$ 。对于配置有直流电压表的接地特性测量装置，各电压量程下的示值误差都不得超过其标称的最大允许误差。其精度不低于 $\pm(0.5\% + 2mV)$ 。

对于具有跨步电压测量功能的接地特性测量装置，现场测试时与测试电流成良好线性，跨步电位差

T/CES XXX-XXXX

的测量范围应涵盖 0.5mV-400mV 范围，测量精度不低于 $\pm(0.5\%+2\text{mV})$ 。

5.8.4 直流电流表的误差

对于配置有直流电流表的接地特性测量装置，各电流量程下的示值误差都不得超过其标称的最大允许误差。其精度不低于 $\pm(2\%+2\text{mA})$ 。

5.8.5 钳形电流表的误差

对于配置有钳形电流表的接地特性测量装置，各电流量程下的示值误差都不得超过其标称的最大允许误差。其精度不低于 $\pm(2\%+2\text{mA})$ 。

5.9 抗干扰性能

5.9.1 接地电阻测量抗干扰性能

装置应标明在干扰前后测量误差 $\leq 5\%$ 条件下的最大抗干扰倍数，其抗工频地电压干扰性能不宜低于 100 倍。

5.9.2 跨步电位差测量抗工频地电压干扰性能

具有场区地表电位梯度分布、跨步电位差、接触电位差测试功能的仪器，应标明能保证干扰前后测量误差 $\leq 5\%$ 的跨步电位差测试最小抗干扰倍数。

跨步电压测量表，其抗工频电压干扰性能宜不低于 100 倍。

5.9.3 供电电源的影响

- a) 对采用交流电源供电的测量装置，其电源电压在额定电压的 $\pm 10\%$ 之间变化时，其功能不受影响，测量误差不应超过其最大允许误差。
- b) 对采用电池供电的测量装置，交流电源在额定电压的 $\pm 10\%$ 之间变化时电池可正常充电，电池电源电压在额定电压的 $\pm 20\%$ 之间变化时，其功能不受影响，测量误差不应超过其最大允许误差。

6 试验方法

6.1 试验条件

试验条件应符合 4.3 的要求。

6.2 外观检查

目测检查被检设备的外观与结构应满足 5.1 要求。

6.3 电气安全试验

6.3.1 绝缘电阻

使用 DC2000V 绝缘电阻表测量被检测试仪的电源输入端对机壳及地之间的绝缘电阻值，结果应符合 5.2.1.1 的要求。

6.3.2 介电强度

使用耐电压测试仪在被检测试仪的信号测量端对机壳、电源输入端对机壳及地之间施加 2kV 工频电压，历时 1min，结果应符合 5.2.1.2 的要求。

6.4 性能检查

在测试仪处于开机工作条件下，依次对测试仪基本功能进行检查，结果应符合 5.2 的要求。

6.5 示值误差试验

6.5.1 辅助电极电阻影响误差试验

按照图 1 的接线，首先将等标准电阻器 R_e 、辅助电流极接地电阻 R_c 和辅助电压极接地电阻 R_p 置于表 1 的参比条件中的规定值进行测量得到 R_x ，然后保持 R_e 不变，根据表 1 的试验条件分别设置 R_c 、 R_p ，测量得到 R'_x ，按照公式（1）计算示值误差应满足表 1 的规定。

$$r_x = \frac{R'_x - R_x}{R_x} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R_x ——参比条件下被检测试的示值，单位 Ω ；

R'_x ——试验条件下被检测试的示值，单位 Ω ；

r_x ——示值改变相对误差，单位 Ω 。

6.5.2 直流电压表示值误差试验

配置有直流电压表的仪器，在每个量程均匀地选取不少于 5 个检测点，进行直流电压表的示值误差试验，示值误差不超过 5.8.3 的要求。

具有跨步电位测量功能的直流电压表，应进行跨步电压测量功能测试。设置直流功率源的输出电压，使得施加在分压装置中的标准电阻器上产生的模拟地表电位差在 0.5mV~500mV 范围内，用被检测直流电压表测量标准电阻器两端的电压，按公式（2）计算其测量误差应满足 5.8.3 的要求。

$$\Delta U_x = U'_x - U_x \dots\dots\dots (2)$$

式中：

U_x ——标准电阻器的电压，单位 mV；

U'_x ——被检测跨步电压测量装置的示值，单位 mV；

ΔU_x ——示值改变量，单位 mV。

6.5.3 直流电流表示值误差试验

对于配置有直流电流表的仪器，在每个量程均匀地选取不少于 5 个检测点，进行直流电流表的示值误差试验，示值误差不超过 5.5.4 的要求。

6.5.4 钳形电流表示值误差试验

对于配置有钳形电流表的仪器，在每个量程均匀地选取不少于 5 个检测点，进行钳形电流表的示值误差试验，示值误差不超过 5.8.5 的要求。

6.6 功率源试验

6.6.1 功率源输出波形和频率试验

对于被检设备，在带上负载的情况下，使用示波器读取其输出波形，其输出波形应满足 5.4.1 的要求。当负载发生变化时，其输出波形仍能满足 5.4.1 的要求。

6.6.2 功率源输出功率试验

使用合适的大功率负载电阻，使得被检功率源能够以额定电压、额定电流输出满功率。应满足 5.4.2 的要求。

6.6.3 持续负载能力

使系统按期额定功率输出，连续工作时间不宜低于 4 小时，设备不应损坏。应满足 5.4.3 的要求。

6.7 抗干扰试验

6.7.1 接地电阻抗工频地电压干扰试验

现场的工频干扰会对仪器测试结果带来误差，其误差按图 1 测试。首先直流电源输出调到合适大小，在工频干扰变压器未通电的情况下，直流电压表上测得 R_e 上的直流电压 U_{z1} 。

然后给工频干扰变压器接通 220V, 50Hz 电源，在直流电压表两端加上工频电压 U_g ，此时直流电压表选可测得直流电压 U_{z2} ；其与 U_{z2} 、 U_{z1} 的误差应 $\leq 5\%$ 。 $U_{z1} : U_g$ ，即直流信号电压与工频干扰电压之比（信噪比），是衡量仪器抗干扰性能的指标。

同理，对于四端子的接地阻抗测试仪，按图 2 比较工频干扰变压器未通电和通电情况下的测试结果。

直流接地极测量装置应标明能保证测试误差 $\leq 5\%$ 的接地电阻测试最小信噪比。每次测量加干扰前后两次的误差应满足 5.9.1 的要求。

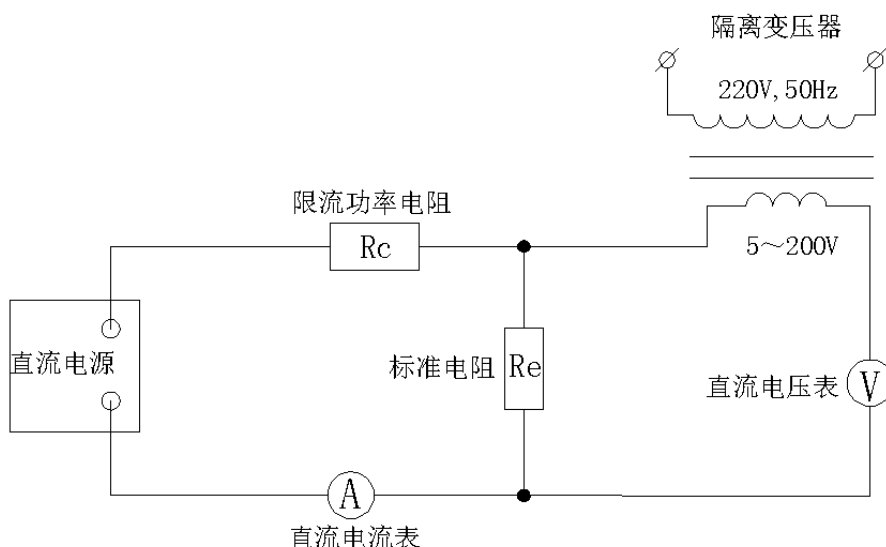


图1 直流接地极测量装置抗工频地电压干扰影响试验接线图

RE——标准电阻器（等效接地电阻）

RC——标准电阻器（等效辅助电流极接地电阻）

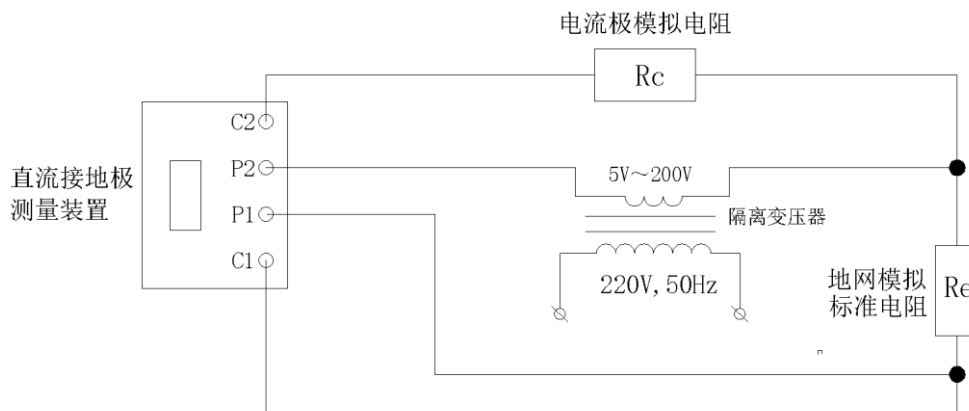


图2 四端子直流接地极测量装置 抗地电压干扰试验接线图

6.7.2 跨步电位差抗工频地电压干扰试验

对于具有跨步电位差、接触电位差、场区地表电位梯度测量功能的直直接地极测量装置，按照图 3 直流电压源输出电压，当工频电压信号发生装置未通电时，记录电压值 U_1 。工频电压信号发生装置通电后，通过调节，产生不同的工频干扰电压，再用直流电压表读取电压 U_2 。按照公式 3 计算电压测量误差，结果满足 5.9.2 的要求。

$$\Delta U_y = U_1 - U_2 \dots\dots\dots (3)$$



图 3 跨步电位差弱电压测量抗工频干扰试验

- 对采用交流电源供电的设备测量时，将设备电源接至交流调压器输出端，将调压器输出电压依次调到额定电压的 90% 和 110%，设备功能应无异常；
- 对电池电源供电的设备，将调压器输出电压依次调到额定电压的 90% 和 110%，电池可正常充电；再将电池取下后外接直流电源，分别将电压调节到额定电压的 80% 和 120%，各电压下的测量误差应满足 5.9.3 的要求。

7 试验项目

电力电子式直直接地极测量装置的试验项目由表 2 给出。电力电子式直直接地极测量装置试验周期不宜超过 2 年，维修后的仪器经试验合格后才能投入使用。

表 2 检测项目一览表

序号	试验项目		本标准条款		型式试验	出厂试验	定期校验试验
			技术要求	试验方法			
1	外观检查		5.2	6.2	●	●	
2	电气安全试验	绝缘电阻	5.3.1	6.3.1	●	●	
3		绝缘强度	5.3.2	6.3.2	●	●	
4	性能检查		5.4	6.4	●	●	
5	示值误差试验	接地电阻示值误差	5.5.1	6.5.1	●	●	○
6		辅助电流电压极影响示值误差	5.5.2	6.5.2	●	●	
7		直流电压表示值误差	5.5.3	6.5.3	●	●	●
8		直流电流表示值误差	5.5.4	6.5.4			●
9		钳形电流表示值误差	5.5.5	6.5.5	●	●	●
10	功率源试验	输出波形和频率	5.6.1	6.6.1	●	●	
11		输出功率	5.6.2	6.6.2	●	●	
12		持续负载能力	5.6.3	6.6.3	●	●	
13	抗干扰试验	接地电阻抗工频地电压干扰	5.7.1	6.7.1	●	○	
14		跨步电位差抗工频地电压干扰	5.7.2	6.7.2	●	○	
15	供电电源试验	供电电源影响	5.8	6.8	●	○	

注：“●”为必须开展的试验项目，“○”为可选择开展的试验项目。

8 标志. 包装. 运输和贮存

8.1 标志

每台仪表应具有铭牌或起铭牌作用的标志，内容包括：

- a) 制造厂厂名或商标；
- b) 仪表的型号、名称；

8.2 包装

8.2.1 包装时应遵守下列要求：

- a) 仪表应包好，四周用防震材料垫好，放于包装盒内；
- b) 盒内按本技术条件及包装技术条件规定的附件应置放齐全，盒盖要封牢；
- c) 盒上应标志产品型号；
- d) 内包装好的仪表应置于干燥、牢固的外包装箱内，箱内必须有防潮及减震的措施，并具有抗机械振动及冲击能力，保证运输过程中能防护仪表免遭损坏，还能防止雨、雪的侵袭。

8.2.2 外包装箱上应以不易退色的涂料标明：

- a) 发货厂名、产品名称、型号；
- b) 收货单位名称、地址、到站、发货日期；
- c) 包装箱外型尺寸、（长×宽×高）及毛重；
- d) 包装箱外面书写“防潮”、“向上”、“小心轻放”等字样。

8.2.3 产品包装前的检查

- a) 产品合格证书和装箱清单中各项内容齐全；
- b) 产品外观无损伤；
- c) 产品表面无灰尘。

8.3 运输

包装后的产品应能以任何交通工具运往任何地点。在长途运输时，不允许经受雨、雪或液体物质的淋袭和机械损伤。

8.4 贮存

包装好的仪表应保存在相对湿度不大于 80%，周围空气中不含有酸、碱或其它腐蚀性、爆炸性气体的防雨、雪的室内贮存。