

ICS 29.240.01
CCS N20

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/ T 845. 2—2020

代替 DL/T 845. 2—2004

电阻测量装置通用技术条件 第 2 部分：工频接地电阻测试仪

General specifications for measuring resistance equipment—

Part 2: Power frequency ground resistance testers

2020-10-23 发布

2021-02-01 实施

国家能源局 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
4 概述	2
5 技术要求	4
6 试验方法	8
7 检验规则	17
8 标识和随行文件	18
9 包装、运输和贮存	19
附录 A（资料性附录） 测试仪（B类）测量参数、方法及其工作模式.....	20
附录 B（规范性附录） 关于抗干扰能力的说明、计算和试验方法.....	20
附录 C（资料性附录） 测试仪电磁兼容要求说明	26
附录 D（资料性附录） 推荐试验点及其选取方法	27

前 言

本部分按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。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。

DL/T 845《电阻测量装置通用技术条件》分为4个部分：

- 第1部分：电子式绝缘电阻表；
- 第2部分：工频接地电阻测试仪；
- 第3部分：直流电阻测试仪；
- 第4部分：回路电阻测试仪。

本部分为DL/T 845的第2部分。

本部分代替 DL/T 845.2—2004《工频接地电阻测试仪》，与 DL/T 845.2—2004 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 修订了术语和定义，使之与DL/T 845 系列标准协调一致；
- b) 修改了原第4章“分类”，增加了工频接地电阻测试仪的工作原理的描述，见4概述；
- c) 修改和调整了第5章技术要求相关内容：
 - 1) 修改了工作条件相关内容，见5.1；
 - 2) 增加了测试仪性能要求，见5.4；
 - 3) 增加了接地阻抗模值计量性能的要求，见5.5.1.5；
 - 4) 增加了分流向量计量性能的要求，见5.5.1.8；
 - 5) 增加了地表电位差计量性能的要求，见5.5.1.9；
 - 6) 增加了测试仪功率源部分性能要求，见5.5.3；
 - 7) 增加了电磁兼容的要求，见5.7；
 - 8) 增加了外壳防护的要求，见5.8；
- d) 第6章中增加了电磁兼容性和外壳防护的试验方法，见第6章；
- e) 增加了B类测试仪测量参数、方法及其工作模式的描述，见附录A；
- f) 增加了关于抗干扰能力的计算和试验方法，见附录B；
- g) 增加了测试仪电磁兼容要求说明，见附录C；
- h) 增加了推荐点选取方法，见附录D。

本部分由中国电力企业联合会提出。

本部分由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会高电压试验技术分技术委员会（SAC/TC163/SC1）归口。

本部分主要起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、宜昌市计量检定测试所、国网冀北电力有限公司电力科学研究院、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、武汉市康达电气有限公司、广西电网有限责任公司电力科学研究院、江苏方天电力技术有限公司、国网天津市电力公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、广东电网有限责任公司广州供电局、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、云南电网有限责任公司电力科学研究院。

本部分主要起草人：王斯琪、贺家慧、陈玉、郭子娟、彭珑、李伟、郑雄伟、胡晓晖、田树军、包玉树、孙哲、刘静、田研、徐波、周仿荣、齐聪。

本部分为首次修订，DL/T 845的历次版本发布情况为：DL/T 845.2—2004。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。



电阻测量装置通用技术条件 第2部分：工频接地电阻测试仪

1 范围

本部分规定了电子式工频接地电阻测试仪（以下简称“测试仪”）的技术要求、试验方法、检验规则、标识和随行文件及包装、运输和贮存的要求。

本部分适用于测试仪的生产和检验。

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，仅所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。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范

GB/T 17626.2—2006 电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016 电磁兼容试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4—2008 电磁兼容试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5—2008 电磁兼容试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6—2008 电磁兼容试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

GB/T 17626.8—2006 电磁兼容试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11—2008 电磁兼容试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 18268.1—2010 测量、控制和实验室用的电设备电磁兼容性要求 第1部分：通用要求

GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

GB 50169—2016 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范

DL/T 475—2017 接地装置特性参数测量导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 接地阻抗 ground impedance

在给定频率下，接地系统、装置或设备的给定点与零电位参考点之间的阻抗。

[改写GB 50169—2016，定义2.0.7]

3.2 接地电阻 ground resistance

接地阻抗的实部，工频时为工频接地电阻。

[GB 50169—2016，定义2.0.8]

3.3 接地装置 grounding connection

接地极和接地线的总和。

[GB 50169—2016, 定义2.0.5]

3.4 大型接地装置 large grounding connection

110kV及以上电压等级变电站、高压实验室的接地装置，或装机容量在200MW以上的发电厂的接地装置，或等效面积在5000m²以上的接地装置。

[改写DL/T 475—2017 定义3.4]

3.5 额定输出电流 I_R rated output current

由制造厂给出的测试仪符合额定工作状态时输出的电流值。

3.6 辅助电极接地电阻 R_C 、 R_P auxiliary electrode ground resistance

辅助电极与大地之间的电阻， R_C 为辅助电流极与大地之间的电阻， R_P 为辅助电压极与大地之间的电阻。

3.7 工频地干扰电压 V_d interference voltage at power frequency

未施加试验电流时，测试仪的辅助电压极与被测接地装置之间的工频电压。

3.8 标称干扰抑制比 K nominal interference rejection ratio

测试仪标称的干扰抑制能力参数，其大小用干扰抑制比 K 来具体表征。测量分流向量的工频电压。

3.9 分流向量 current split vector

接地装置分流支路上的电流向量，包括电流幅值和相对参考电流的相位差。

3.10 地表电位差 surface potential difference

试验电流流过接地装置时，在接地装置地面上两测量点间的电位差。

4 概述

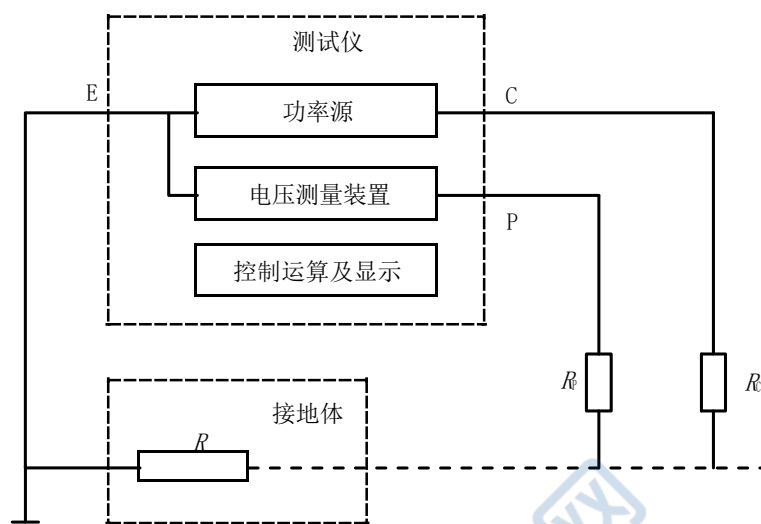
4.1 测试仪工作原理

测试仪根据测量方法差异，可分为三端子法、四端子法和钳表法。

三端子法、四端子法测试仪主要由功率源、电压测量装置、控制运算及显示等部分组成。三端子法测试仪工作原理如图 1 所示，四端子法测试仪工作原理如图 2 所示。

钳表法测试仪通常由电压测量装置及电压激励线圈、电流测量装置及电流测量线圈、控制运算及显

示部分组成，工作原理如图 3 所示。电压激励线圈和电流激励线圈可安置在一个钳口，也可为两个独立的钳口。



说明：

- C —— 电流极；
- P —— 电压极；
- E —— 电压、电流公共极；
- R —— （被测接地体）的等效接地电阻；
- R_C —— 电流极等效辅助接地电阻；
- R_P —— 电压极等效辅助接地电阻。

图1 三端子法测试仪工作原理图

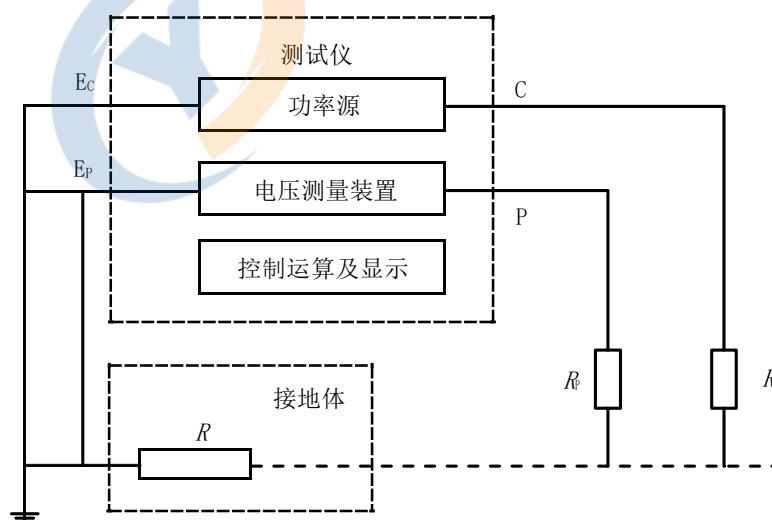
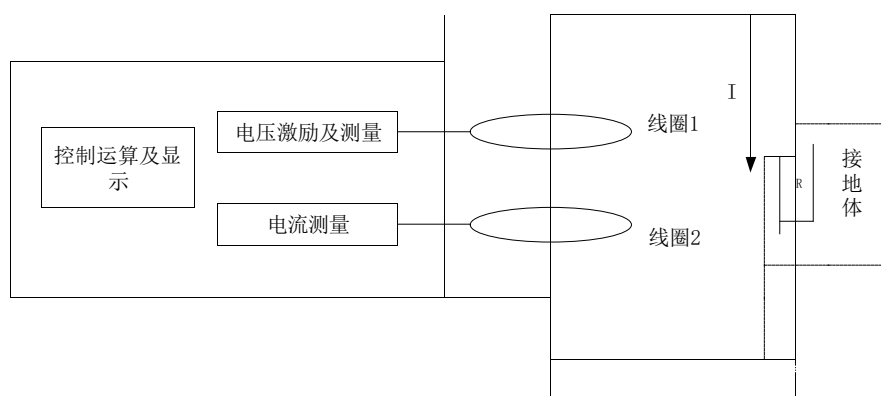


图2 四端法测试仪工作原理图

说明：

- E_c —— 电流极；
- E_p —— 电压极；



说明:

- I ——试验电流;
- 线圈 1——电压激励线圈;
- 线圈 2——电流测量线圈。

图3 采用钳表法的测试仪工作原理图

4.2 用途分类

根据用途和功能特点,测试仪可分为 A、B 两类:

——A 类:适用于测量一般接地装置的接地电阻,通常为便携式电池供电型表计或小型测试仪。输出试验电流一般为不大于 1A 的交流电流,频率范围一般为 50Hz~3kHz。

——B 类:适用于测量大型接地装置的接地电阻、接地阻抗以及分流向量、地表电位差等参数,既可是多个具备独立功能单元的部件组合而成的分体式测试装置,也可由各功能部件集成的一体化测试仪。输出试验电流一般为交流电流,频率范围在 45Hz~55Hz 之间,工作电流范围在 1A~50A 之间。B 类测试仪测量参数、方法及其工作模式参见附录 A。

5 技术要求

5.1 工作条件

5.1.1 环境条件

测试仪工作环境条件要求如下:

- a) 环境温度: $-10^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$;
- b) 环境湿度: 不大于 90%RH。

注:特殊工作条件由用户与制造厂协商。

5.1.2 供电电源

测试仪的供电电源应符合以下要求:

- a) 电源电压: 交流 220 ($1\pm 10\%$) V 或 380 ($1\pm 10\%$) V;
- b) 电源频率: (50 ± 0.5) Hz;
- c) 电源电压波形畸变率: 不大于 5%;
- d) 采用电池供电的测试仪,其连续工作时间应不小于 4h。

5.2 外观(结构)

外观要求包括：

- 铭牌标志、饰件文字、数字、符号标志正确、易辨、清晰；
- 壳体外贴装饰件不缺少、错装、倒装，与主体平贴粘紧；
- 主体及各种配件的壳体无明显的划伤、凹陷、变形、脱漆，表面应清洁无污迹；
- 应具备可靠的接地端子（不适用 A 类测试仪）。

5.3 电气安全要求

5.3.1 绝缘电阻

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20MΩ。

5.3.2 介电强度

采用交流220 V（或380 V）供电的测试仪，测量端与外壳接地端、电源输入端与外壳接地端之间，应能承受工频正弦交流电压有效值1.5kV（或2kV），历时1min的耐压试验，无击穿或飞弧现象。

5.4 功能要求

5.4.1 基本功能要求

测试仪基本功能要求如下：

- 应能显示接地电阻测量结果；
- 应能显示测量工作状态；
- 对于采用电池供电的测试仪，应能显示剩余电量；
- B类测试仪应具备测量和显示接地电阻、接地阻抗模值、电压、电流、频率等测量参数的功能；
- B类测试仪应具备抑制工频地干扰电压的能力；
- 具备分流向量测量功能的测试仪应具备抑制工频干扰电流的能力；
- 具备地表电位差测量功能的测试仪应具备抑制工频干扰电压的能力。

注1：接地电阻工频地干扰电压抑制比 K 值、分流向量工频干扰电流抑制比 K 值、地表电位差工频干扰电压抑制比 K 值由制造厂给出。

注2：关于抗干扰能力的说明、计算和试验方法参加见附录B。

5.4.2 扩展功能要求

测试仪扩展功能要求如下：

- 宜具备显示接地阻抗相角、实部、虚部等测量参数；
- 宜具备显示测量状态信息；
- 宜具备有线/无线通讯功能，支持数据通讯协议；
- 宜具备试品信息录入和检索功能，测试数据操作功能，通讯接口；
- 宜具备历史数据分析功能，能通过随机软件对历史测量数据进行对比和分析；
- 宜具备扩展数据存储功能，支持大容量数据存储。

5.5 性能要求

5.5.1 计量性能要求

5.5.1.1 准确度等级

测试仪按准确度等级可分为：1级，2级，5级，10级。

5.5.1.2 示值最大允许误差

5.5.1.2.1 采用模拟式显示的测试仪的接地电阻示值最大允许误差按公式（1）计算。

$$\Delta = \pm(A \times U_m) \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

式中：

Δ ——示值最大允许误差（绝对误差），单位 Ω ；

A ——测试仪的准确度等级；

U_m ——测试仪的量程上限，单位 Ω 。

5.5.1.2.2 采用数字式显示的测试仪，示值最大允许误差（绝对形式）按公式（2）计算，示值最大允许误差（相对形式）按公式（3）计算。

$$\Delta = \pm(a\%Y_x + b\%Y_m) \quad \dots\dots\dots \text{②}$$

$$Y = \pm\left(a\% + b\%\frac{Y_x}{Y_m}\right) \quad \dots\dots\dots \text{③}$$

式中：

Δ ——示值最大允许误差（绝对形式），单位 $m\Omega$ 或 Ω ， mA 或 A ， mV 或 V ， $^\circ$ ；

Y ——示值最大允许误差（相对形式）；

Y_x ——测试仪所测的示值，单位 $m\Omega$ 或 Ω ， mA 或 A ， mV 或 V ， $^\circ$ ；

Y_m ——测试仪所测量程满度值，单位 $m\Omega$ 或 Ω ， mA 或 A ， mV 或 V ， $^\circ$ ；

a ——与测试仪示值相关的系数；

b ——与测试仪量程有关的系数；

5.5.1.3 准确度等级与示值最大允许误差的关系

测试仪示值最大允许误差公式中的系数 a 、 b 应同时符合 $a \geq 4b$ 且 $a+4b$ 之和不大于测试仪准确度等级指数的要求。本部分推荐采用的准确度等级及系数 a 、 b 取值范围见表1。

表1 测试仪准确度等级与示值最大允许误差的关系

准确度等级	0.5	1	2	5	10
数字式显示位数	不低于 $4\frac{1}{2}$ 位	不低于 $3\frac{1}{2}$ 位			
a 取值	0.4	0.8	1.6	4.0	8.0
b 取值	0.1	0.2	0.4	1.0	2.0

5.5.1.4 接地电阻测量范围

A类测试仪接地电阻测量范围为 $500m\Omega \sim 2000\Omega$ ，最小示值分辨力应不低于 $10m\Omega$ 。

B类测试仪接地电阻测量范围为 $50m\Omega \sim 200\Omega$ ，最小示值分辨力应不低于 $1m\Omega$ 。

对于有特殊要求的测试仪，具体测量范围要求由制造厂给出。

5.5.1.5 接地阻抗模值测量范围

B类测试仪接地阻抗模值测量范围为 $50m\Omega \sim 5\Omega$ ，最小示值分辨力应不低于 $1m\Omega$ 。

5.5.1.6 辅助电极接地电阻引起的误差改变量

测试仪的辅助电极接地电阻引起的误差改变量应符合表2的规定。

表2 辅助电极接地电阻引起的误差改变量

测试仪类别	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)	
A类测试仪	$R_E=50\Omega$ $R_C=500\Omega$ $R_P=500\Omega$	0	0	$\leq \Delta$
		1000	1000	
		2000	2000	
		5000	5000	$\leq 2\Delta$
B类测试仪	$R_E=0.5\Omega$ $R_C=50\Omega$ $R_P=100\Omega$	100	100	$\leq 1\%$
		200	100	$\leq 2\%$

注： Δ 为测试仪的示值最大允许误差。

5.5.1.7 地电压引起的误差改变量

A类测试仪的测量端子施加规定的等效工频地电压而引起的误差改变量应符合表3的规定。

表3 等效工频地电压而引起的误差改变量允许值

测试仪类别	等效工频地电压 (V)	地电压引起的误差改变量允许值
A类测试仪	2	$\leq \Delta$
	5	$\leq 2\Delta$

注： Δ 为测试仪的示值最大允许误差。

5.5.1.8 分流向量

具备分流向量测量功能的测试仪，电流幅值测量范围为10mA~20A，示值最大允许误差应不超过 $\pm(10\% \text{读数} + 2\text{mA})$ ，示值分辨力应不低于1mA，相位差示值最大允许误差应不超过 $\pm 5^\circ$ ，示值分辨力应不低于 1° 。

5.5.1.9 地表电位差

具备地表电位差测量功能的测试仪，地表电位差测量范围为1mV~100mV，示值最大允许误差应不超过 $\pm(5\% \text{读数} + 0.2\text{mV})$ ，示值分辨力应不低于0.1mV，工频输入阻抗应不低于1M Ω 。

5.5.2 工频干扰抑制能力要求

5.5.2.1 工频地干扰电压抑制能力

B类测试仪应具备工频地干扰电压抑制能力，工频地干扰电压抑制比 K_E 由制造厂给出。推荐的工频地干扰电压抑制比见附录B 表B.1。工频地干扰地电压引起的误差改变量应符合表4的规定。

表4 工频地干扰地电压引起的误差改变量允许值

测试仪类别	等效工频地干扰地电压 (V)	工频地干扰地电压引起的误差改变量允许值
-------	----------------	---------------------

B类测试仪	参考附录B表B-1，不宜超过20V	≤4%
-------	-------------------	-----

5.5.2.2 工频干扰电流抑制能力

具备分流向量测量功能的测试仪，工频干扰电流引起的误差改变量应不超过测试仪分流向量的示值最大允许误差。推荐的工频干扰电流抑制比 K_c 的试验方法见附录A，计算见附录B.2。

5.5.2.3 地表电位差干扰电压抑制能力

对于具有地表电位差测量功能的测试仪，由工频干扰电压引起的误差改变量应不超过测试仪地表电位差的示值最大允许误差。推荐的工频干扰电压抑制比 K_p 的计算见附录B.1。

5.5.3 测试仪功率源性能要求

B类测试仪配套的功率源，性能要求如下：

- 应具备短路和开路保护功能，在试验回路故障排除后能恢复正常工作状态；
- 输出频率应包括45Hz~55Hz；
- 额定电流输出时，输出功率（阻性）与额定功率标称值的偏差应不超过±10%；
- 在输出额定电流下连续工作时间应不少于30min；
- 负载调整率不超过±5%。

5.6 环境适应性

环境适应性包含电源适应性、温度、湿度、振动、冲击和包装运输等六个方面，除应符合GB/T 6587—2012环境组别为III组的相关规定要求外，还应符合GB/T 6587—2012中流通条件等级为2级的规定要求。

5.7 电磁兼容性

电磁兼容性能包括静电放电抗扰度、射频电磁场辐射抗扰度、电快速瞬变脉冲群抗扰度、浪涌（冲击）抗扰度、射频场感应的传导骚扰抗扰度、工频磁场抗扰度、电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度，应符合GB/T 18268.1—2010中6.2关于工业场所设备抗扰度的要求，各要求项目的合格判据见附录C表C.1测试仪电磁兼容要求说明。

5.8 外壳防护等级

测试仪外壳的防护等级应符合GB/T 4208中的防固体异物、防尘、防水的相关要求，其中仪表外壳（无开孔）应符合IP54等级要求，开孔的仪表外壳应符合IP31等级要求，内表壳应符合IP40等级要求。

6 试验方法

6.1 试验条件

试验条件应符合如下要求：

- a) 环境温度：20℃±5℃；
- b) 环境湿度：不大于80%RH；
- c) 电源电压：交流220（1±10%）V或380（1±10%）V；
- d) 电源频率：（50±5）Hz；
- e) 电源电压波形畸变率：不大于5%。

6.2 主要试验设备

主要试验设备技术性能应符合表5的要求。

表5 主要试验设备及技术参数

序号	设备名称	技术性能要求
1	接地电阻仪检定装置 (适用于A类测试仪或钳阻仪)	检定装置的输出应覆盖被检测试仪的量程,其允许电流应大于被检测试仪的工作电流,其调节细度应不低于被检测试仪示值最大允许误差的1/10。
2	标准电阻器 (适用于A类测试仪或钳阻仪)	标准电阻器的阻值范围应覆盖被检测试仪的量程,其允许电流应大于被检测试仪的工作电流,其调节细度应不低于被检测试仪示值最大允许误差的1/10。
3	接地阻抗标准装置 (适用于B类测试仪)	阻值/阻抗(含等效模拟阻值/阻抗)范围应包括50mΩ~200Ω; 工作电流范围1 A~50 A; 阻值/阻抗(含等效模拟阻值/阻抗)的扩展不确定度(k=2)应不大于被检测试仪示值最大允许误差的1/5。
4	标准功率源	输出频率范围:20 Hz~1kHz,示值最大允许误差不超过±0.05%读数; 电压范围:1mV~500V,示值最大允许误差不超过±0.2%读数; 电流范围:1mA~20A,示值最大允许误差不超过±0.2%读数。
5	标准分压器	准确度等级:0.1级。
6	标准电流互感器	电流范围:1A~100A;准确度等级:0.05S级。
7	绝缘电阻表	准确度等级不低于5级,额定电压为500V。
8	耐压测试仪	准确度等级不低于5级,输出电压不小于2kV。
9	数字多用表	电压范围:100mV~500V,示值最大允许误差不超过±0.2%读数; 电流范围:1mA~1A,示值最大允许误差不超过±0.2%读数。
10	LCR测试仪	阻抗范围:1kΩ~10MΩ,电容范围:1pF~100nF; 示值最大允许误差不超过±1%读数。
11	功率分析仪	交流电压范围:100mV~500V,示值最大允许误差不超过±0.1%读数; 电流范围:1mA~50A;最大示值最大允许误差不超过±0.1%读数。 相位角范围:0.01°~359.99°,最大示值最大允许误差不超过±0.05°。
12	辅助功率电阻	额定电流不低于被检测试仪最大工作电流,电阻值偏差应不超过±5%。
注:表中仅列出标准装置。		

6.3 外观检查

用目测方法检查,结果应符合5.2的要求。

6.4 电气安全试验

6.4.1 绝缘电阻

使用500V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5.3.1的要求。

6.4.2 介电强度

使用耐电压测试仪在测试仪测量端与外壳接地端、电源输入端与外壳接地端之间，施加工频有效值1.5kV（对于采用交流220 V供电的测试仪）或2 kV（对于采用交流380 V供电的测试仪）的正弦交流电压历时1min，结果应符合5.3.2的要求。

6.5 性能试验

6.5.1 功能检查

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5.4.1的要求。

对于B类测试仪，还应进行扩展功能检查，检查结果应符合5.4.2的要求。

6.5.2 计量性能试验

6.5.2.1 接地电阻示值误差

对于 A 类测试仪，钳表法测试仪示值误差试验接线如图 4 所示，三端子法测试仪示值误差试验接线如图 5 所示，四端子法测试仪示值误差试验接线如图 6 所示， R_C 、 R_P 均设定为 100Ω 。从测量范围的上、下限及中间均匀选取 5 个测量点，推荐的试验点选取方法见附录 D。将标准电阻器设定为测量点对应的值 R_O ，启动被检测试仪进行测量。记录被检测试仪示值 R_X ，按公式（4）计算，结果应不超过表 1 规定的示值最大允许误差。

$$\Delta_R = R_X - R_O \quad \dots\dots\dots ④$$

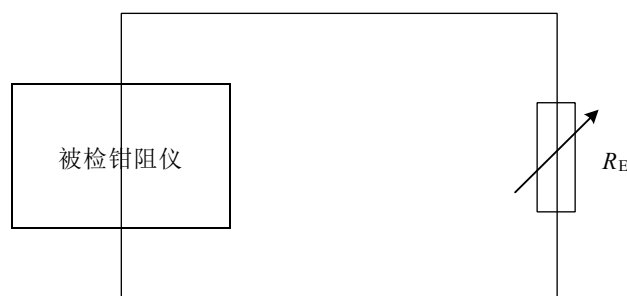
式中：

R_O ——电阻标准值，单位 Ω ；

R_X ——被检测试仪电阻示值，单位 Ω ；

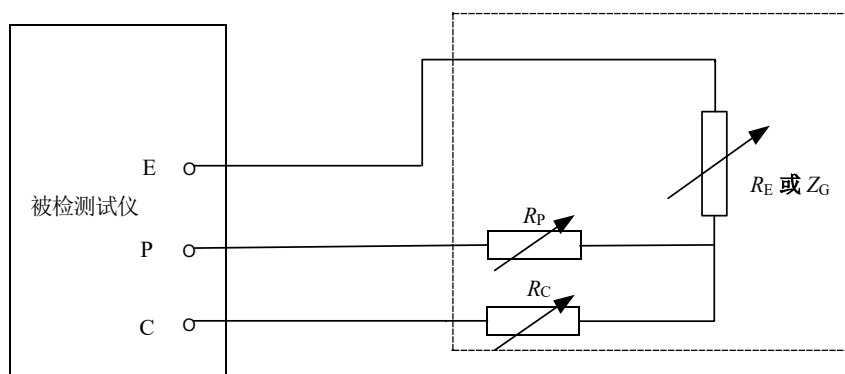
Δ_R ——电阻示值误差，单位 Ω 。

对于 B 类测试仪，示值误差试验接线如图 6 所示， R_C 设定为 50Ω ， R_P 设定为 100Ω 。测量点应包括 0.1Ω ， 0.2Ω ， 0.5Ω 以及测量范围的上限、下限、中点附近的值。推荐的试验点选取方法见附录 D。将标准电阻器设定为测量点对应的值 R_O ，启动被检测试仪，在被检测试仪额定电流下进行测量。记录被检测试仪示值 R_X ，示值误差按公式（4）计算，结果应不超过表 1 规定的示值最大允许误差。



图中： R_E ——标准电阻器

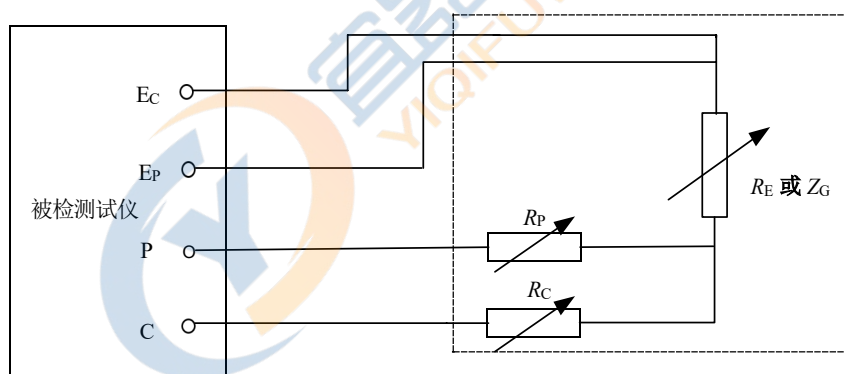
图4 钳表法测试仪示值误差试验接线图



图中:

- P——电压（电位）极端子；
- C——电流极端子；
- E——电压、电流公共极端子；
- Z_G ——工频阻抗标准器；
- R_p ——电压极等效辅助接地电阻；
- R_c ——电流极等效辅助接地电阻。

图5 三端子法测试仪器示值误差试验接线图



图中:

- E_p ——电压（电位）极端子；
- E_c ——电流极端子。

图6 四端子法测试仪器示值误差试验接线图

6.5.2.2 接地阻抗模示值误差

对 B 类测试仪，应进行接地阻抗模式的示值误差试验。试验接线如图 6 所示， R_c 设定为 50Ω ， R_p 设定为 100Ω 。测量点应包括 0.1Ω ， 0.2Ω ， 0.5Ω 以及测量范围的上限、下限、中点附近的值。推荐的试验点选取方法见附录 D。将标准器设定为测量点对应的值 Z_0 ，启动被检测试仪，在被检测试仪额定电流下进行测量。记录被检测试仪示值 Z_x ，示值误差按公式（5）计算，结果应不超过表 1 规定的示值最大允许误差。

$$\Delta_z = Z_x - Z_0 \quad \dots\dots\dots 5$$

式中:

Z_0 ——阻抗标准值, 单位 Ω ;

Z_X ——被检测测试仪器阻抗示值, 单位 Ω ;

Δ_Z ——阻抗模值示值误差, 单位 Ω 。

6.5.2.3 辅助电极接地电阻引起的误差改变量

辅助接地电阻引起的误差改变量试验按图 5 (适用于三端子法测试仪) 或图 6 (适用于四端子法测试仪) 接线。A 类仪表按表 2 设置试验回路参比条件, R_E 设定为 50Ω , R_C 、 R_P 均设定为 500Ω , 记录被检测测试仪器的示值 R_X ; 然后按表 2 规定分别将 R_C 、 R_P 均设定为 1000Ω 、 2000Ω 、 5000Ω , 记录被检测测试仪器的示值 R_X' 。B 类仪表按表 2 设置试验回路参比条件, R_E 设定为 0.5Ω , R_C 设定为 50Ω , R_P 设定为 100Ω , 记录被检测测试仪器的示值 R_X ; 然后按表 2 规定将 R_C 分别设定为 100Ω 、 200Ω , R_P 设定为 100Ω , 记录被检测测试仪器的示值 R_X' , 示值改变量按公式 (6) 计算, 结果应符合表 2 的要求。

注: 钳表法测试仪不进行此项试验。

$$\Delta_{R_X} = R_X' - R_X \quad \dots\dots\dots 6$$

式中:

R_X ——参比条件下被检测测试仪器的示值, 单位 Ω ;

R_X' ——试验条件下被检测测试仪器的示值, 单位 Ω ;

Δ_{R_X} ——示值改变量, 单位 Ω 。

6.5.2.4 地电压引起的误差改变量

采用四端子法的 A 类测试仪, 进行地电压引起的误差改变量试验, 接线如图 6 所示, R_C 、 R_P 均设定为 500Ω 。按表 3 中的规定, 在 E_C 、 E_P 之间施加等效工频地电压。在测试仪测量范围的上限、下限和中点附近处进行测量, 结果应符合表 3 的要求。

6.5.2.5 分流向量示值误差

具备分流向量测量功能的测试仪, 应进行本项试验。按表 6 设定 I_1 、 I_2 的幅值; 以 I_1 为基准相位, 设定 I_2 的相位角 θ_{2-1} 。 I_3 设定为 0。分别记录被检测测试仪器的分流电流示值 I_X 和相位角示值 θ_X , 与分流向量测量装置的分流电流标准值 I_S 和相位角标准值 θ_S 。电流示值误差按公式 (7) 计算, 相角示值误差按公式 (8) 计算, 结果应符合 5.5.1.8 的要求。

$$\Delta_I = I_X - I_S \quad \dots\dots\dots 7$$

$$\Delta_\theta = \theta_X - \theta_S \quad \dots\dots\dots 8$$

式中:

I_X ——分流向量测量装置电流示值, 单位 mA 或 A;

I_S ——分流向量电流标准值, 单位 mA 或 A;

Δ_I ——分流向量测量装置的电流示值误差, 单位 A。

θ_X ——分流向量测量装置相角示值, 单位 $^\circ$;

θ_S ——分流向量相角标准值, 单位 $^\circ$;

Δ_θ ——分流向量测量装置的相角值误差, 单位 $^\circ$ 。

表6 分流向量测量误差和抗干扰试验时标准输出电流的设定值

相位角 $\theta_{I_2-I_1}$ 设定值 (°)	0	90	180	270
输出电流 I_1 设定值 (A)	0.5, 1, 2, 5, 10			
输出电流 I_2 设定值 (A)	0.2, 0.5, 1, 2, 5			
输出电流 I_3 设定值 (A)	1, 2, 5, 10, 20			

6.5.2.6 地表电位差示值误差

具备地表电位差测量功能的测试仪，应进行本项试验。按图7接线，此时，工频干扰源的输出电压设定为0V。

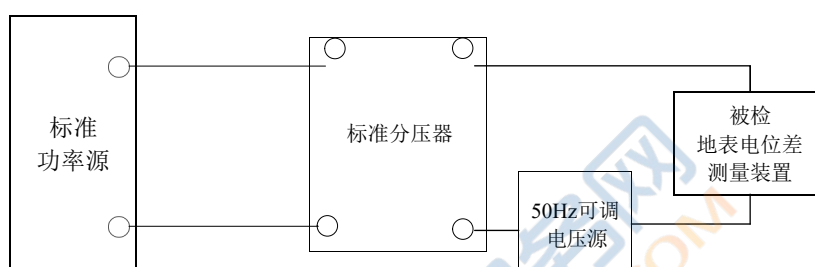


图7 地表电位差测量误差和抗干扰试验接线图

设置标准功率源直接输出或通过标准分压器输出电压 U_S ，输出电压的范围在 1mV~100mV 范围内。用被检测试的地表电位差测量装置测量标准功率源或标准分压器两端的电压，读取其示值 U_X 。地表电位差示值误差按公式(9)计算，结果应符合 5.5.1.9 的要求。

$$\Delta_U = U_X - U_S \quad \dots\dots\dots 9$$

式中：

- U_X ——地表电位差测量装置示值，单位mV；
- U_S ——标准电压表示值，单位mV；
- Δ_U ——地表电位差测量装置的示值误差，单位mV。

6.5.2.7 地表电位差测试仪内阻测量

具备地表电位差测量功能的测试仪，应进行本项试验。用LCR测试仪直接测量地表电位差测试仪电位测量端子之间的电阻值，结果应符合5.5.1.9的要求。

6.5.3 工频干扰抑制能力试验

6.5.3.1 地干扰电压抑制比

进行地干扰电压抑制比试验的B类测试仪，接线如图8所示， R_C 设定为 50 Ω 、 R_P 设定为 100 Ω 。将 R_E 分别设置为 0.5 Ω 、0.2 Ω 、0.1 Ω ，在被检测试仪额定电流下进行测量，记录示值 R_X 。通过 50Hz 交流隔离可调恒压源在 E_C 、 E_P 之间施加模拟干扰地电压 V_d ；逐渐增大 V_d 的值，直至测试仪示值 R_X 的改变量符合 $R_E \times 5\%$ ，记录对应的模拟干扰电压值 V_X 、示值改变量 ΔR_X 、测试仪实际输出电流 I_X 。测试仪的地干扰电压抑制比 K_E 按式(10)计算，结果应符合 5.5.2.1 的要求。

$$K_E = 20 \lg \left(V_X / (\Delta R_X \times I_X) \right) \quad \dots\dots\dots 10$$

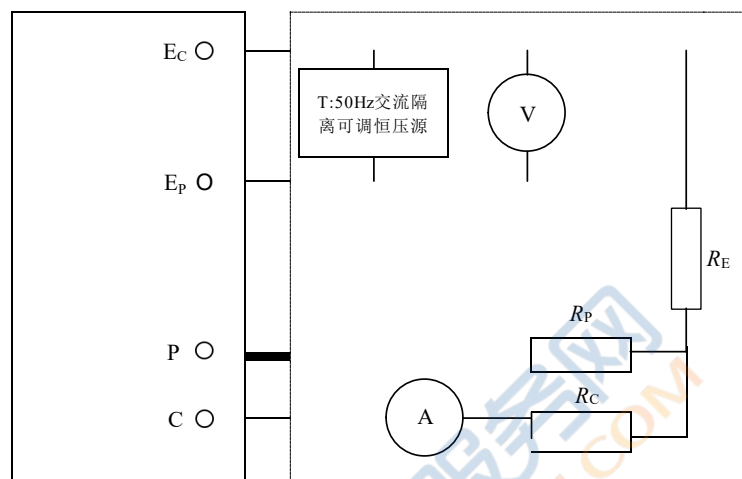
式中:

I_X ——被检测试仪器的实际输出电流, 单位 A;

Δ_{R_X} ——示值改变量, 单位 Ω ;

V_X ——示值改变量对应的工频干扰电压值, 单位 V;

K_E ——地干扰电压抑制比, 单位 dB。



图中:

V——交流电压表;

A——交流电流表;

T——50Hz 交流隔离可调恒压源。

图8 地干扰电压引起的示值误差改变量和抑制比试验接线图

6.5.3.2 分流向量干扰电流抑制比

具备分流向量测量功能的测试仪, 应进行本项试验。在 6.5.2.5 试验的基础上, 于表 6 中选择合适的 I_3 值, 记录被检分流向量测量装置的电流示值改变量 ΔI_X ; 干扰电流抑制比 K_C 按公式 (11) 计算, 结果应符合 5.5.2.2 的要求。

$$K_C = 20 \lg \left(I_3 / \Delta_{I_X} \right) \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

式中:

I_3 ——干扰电流, 单位 A;

Δ_{I_X} ——干扰电流引起的改变量, 单位 A;

K_C ——干扰电流抑制比, dB。

6.5.3.3 地表电位差干扰电压抑制比

具备地表电位差测量功能的测试仪, 应进行本项试验。在 6.5.2.6 试验的基础上, 于表 7 中选择合适的模拟工频干扰电压值, 记录被检地表电位差测量装置的电位差示值改变量; 干扰电压抑制比 K_P 按公式 (12) 计算, 结果应符合 5.5.2.3 的要求。

$$K_P = 20 \lg \left(U / \Delta_{U_X} \right) \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

式中:

U ——干扰电压, 单位 V;

ΔU_x ——干扰电压引起的改变量, 单位 V;

K_p ——干扰电压抑制比, 单位 dB。

表7 地表电位差测量误差和抗干扰试验设定值

模拟地表电位差 (mV)	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100
模拟工频干扰电压值 (mV)	10, 20, 50, 100

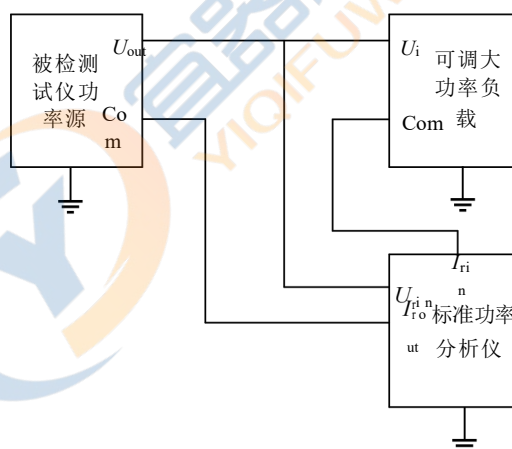
6.5.4 功率源性能试验

6.5.4.1 短路和开路保护

被检测试仪功率源输出端分别短路及开路或不接入任何负载, 调节被检测试仪功率源输出, 其保护功能应能正常动作, 结果应符合5.5.3要求。

6.5.4.2 输出频率

按图9接线, 分别将被检测试仪功率源输出电流频率设定为45Hz、50Hz、55Hz, 调节被检测试仪功率源, 应能正常输出。结果应符合5.5.3要求。



图中:

U_{out} ——被检测试仪功率源输出端;

U_{in} ——可调大功率负载输入端;

U_{rin} ——标准功率分析仪电压测量输入端;

I_{rin} ——标准功率分析仪电流测量输入端;

I_{rou} ——标准功率分析仪电流测量输出端;

Com——公共端。

图9 功率源性能试验原理图

6.5.4.3 输出功率偏差

按图9接线, 将大功率可调负载的等效电阻设定为被检测试仪功率源输出额定功率(额定电流)时所需的电阻值, 被检功率源应能正常输出, 结果应符合5.5.3要求。

6.5.4.4 连续工作时间

按图9接线，将大功率可调负载的等效电阻设定为被检测试仪功率源输出额定功率（额定电流）时所需的电阻值，被检功率源应能正常输出，结果应符合5.5.3要求。

6.5.4.5 负载调整率

按图9接线，按被检测试仪额定输出功率标称值配置阻性负载，调整被检测试仪功率源输出至额定值，此时测量负载输出电流值 I_{x0} ；然后调节大功率可调负载的等效电阻，使其输出降低至0.95倍设定值，读取标准功率分析仪的电流测量值 I_{x0} ；结果应符合5.5.3要求。

6.6 环境适应性试验

6.6.1 电源适应性试验

电源适应性试验按GB/T 6587—2012中5.12.2条规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.5的要求。

6.6.2 温度试验

温度试验按GB/T 6587—2012中5.9.1.3条规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.5的要求。

6.6.3 湿度试验

湿度试验按GB/T 6587—2012中5.9.2.3条规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.5的要求。

6.6.4 振动试验

振动试验按GB/T 6587—2012中5.9.3.3条规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.5的要求。

6.6.5 冲击试验

冲击试验按GB/T 6587—2012中5.9.4.3条规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.5的要求。

6.6.6 运输试验

运输试验按GB/T 6587—2012中5.10.2条规定的试验要求和试验方法进行，结果应符合5.5的要求。

6.7 电磁兼容试验

6.7.1 静电放电抗扰度试验

静电放电抗扰度试验按GB/T 17626.2—2006第8章的规定和方法进行；试验等级2级；试验对象为测试仪人体可触及的部位；结果应符合5.6的要求。

6.7.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

射频电磁场辐射抗扰度试验按GB/T 17626.3—2016第8章的规定和方法进行；试验等级3级；试验对象为测试仪；结果应符合5.6的要求。

6.7.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

电快速瞬变脉冲群抗扰度试验按GB/T 17626.4—2008第8章的规定和方法进行；试验等级2级；试验对象为测试仪的电源端口及数据端口；结果应符合5.6的要求。

6.7.4浪涌（冲击）抗扰度试验

浪涌（冲击）抗扰度试验按GB/T 17626.5—2008第8章的规定和方法进行；试验等级2级；试验对象为测试仪的电源；结果应符合5.6的要求。

6.7.5射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

射频场感应的传导骚扰抗扰度试验按GB/T 17626.6—2008第8章的规定和方法进行；试验等级2级；试验对象为测试仪；结果应符合5.6的要求。

6.7.6工频磁场抗扰度试验

工频磁场抗扰度试验按GB/T 17626.8—2006第8章的规定和方法进行；试验等级4级；试验对象为测试仪；结果应符合5.6的要求。

6.7.7 电压暂降和短时中断抗扰度试验

电压暂降和短时中断抗扰度试验按GB/T 17626.11—2008第8章的规定和方法进行；试验等级60% U_T ，持续时间10个周波；试验对象为测试仪的电源；结果应符合5.6的要求。

6.8 外壳防护试验

外壳防护试验按GB/T 4208—2017中13.4及14.1规定的方法进行，结果应符合5.7的要求。

7 检验规则

7.1 一般要求

测试仪的检验分为型式试验和出厂试验，型式试验和出厂试验的试验项目见表8。

表8 试验项目

序号	试验项目		本标准条款		型式试验	出厂试验
			技术要求	试验方法		
1	外观检查		5.2	6.3	●	●
2	电气安全试验	绝缘电阻	5.3.1	6.4.1	●	●
3		绝缘强度	5.3.2	6.4.2	●	●
4	功能检查	基本功能	5.4.1	6.5.1	●	●
5		扩展功能	5.4.2	6.5.1	●	●
6	性能试验	接地电阻示值误差	5.5.1.3	6.5.2.1	●	●
7		接地电阻抗模值示值误差	5.5.1.3	6.5.2.2	●	●
8		辅助电极接地电阻引起的误差 改变量	5.5.1.6	6.5.2.3	●	○
9		地电压引起的误差改变量	5.5.1.7	6.5.2.4	●	○
10		分流向量示值误差	5.5.1.8	6.5.2.5	●	○
11		地表电位差示值误差	5.5.1.9	6.5.2.6	●	○
12		地表电位差测试仪内阻测量	5.5.1.9	6.5.2.7	●	○
13		工频地干扰电压抑制能力	5.5.2.1	6.5.3.1	●	○

14		分流向量地干扰电流抑制能力	5.5.2.2	6.5.3.2	●	○
15		地表电位差干扰电压抑制能力	5.5.2.3	6.5.3.3	●	○
16		功率源特性	5.5.3	6.5.4	●	○
17	环境适应性试验	电源适应性	5.6	6.6.1	●	○
17		温度试验	5.6	6.6.2	●	○
18		湿度试验	5.6	6.6.3	●	○
18		振动试验	5.6	6.6.4	●	○
19		冲击试验	5.6	6.6.5	●	○
20		运输试验	5.6	6.6.6	●	○
21	电磁兼容性试验	静电放电抗扰度	5.7	6.7.1	●	○
22		射频电磁场辐射抗扰度	5.7	6.7.2	●	○
23		电快速瞬变脉冲群抗扰度	5.7	6.7.3	●	○
24		浪涌（冲击）抗扰度	5.7	6.7.4	●	○
25		射频场感应的传导骚扰抗扰度	5.7	6.7.5	●	○
26		工频磁场抗扰度	5.7	6.7.6	●	○
27		电压暂降和短时中断抗扰度	5.7	6.7.7	●	○
28	外壳防护等级		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。

7.2 型式试验

下列情况之一的，测试仪应进行型式试验：

- a) 新产品鉴定投产前；
- b) 在生产中当设计、材料、工艺或结构等改变，且其改变可能影响产品的性能时，亦应进行型式试验，此时的型式试验可以只进行与各项改变有关的试验项目；
- c) 国家质量监督机构要求进行质量一致性检验时。

7.3 出厂试验

由生产商对生产的每一台产品进行检验。

8 标识和随行文件

8.1 标识

铭牌应标识以下信息：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 出厂编号；
- d) 出厂年月；
- e) 制造厂名；
- f) 测量范围；
- g) 准确度等级（或最大示值最大允许误差）；
- h) 产品生产标准号。

8.2 随行文件

应提供随行文件，主要包括：

- a) 产品检验合格证；
- b) 产品说明书；
- c) 装箱单；
- d) 随机备附件清单；
- e) 安装图
- f) 试验报告；
- g) 搬运说明；
- h) 其他有关资料。

9 包装、运输和贮存

9.1 包装

包装应符合GB/T 191的有关标志的规定，并标明“小心轻放”、“向上”、“防雨”等标志。

9.2 运输

测试仪应适于陆运、空运、水运（海运），运输装卸按包装箱上的标志进行操作。

9.3 贮存

包装完好的测试仪应符合GB/T 25480中规定的贮存运输要求，长期不用的测试仪应保留原包装，在相对湿度不大于80%的库房内贮存，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和灰尘以及雨、雪的伤害。

附录 A (资料性附录)

测试仪 (B 类) 测量参数、方法及其工作模式

A.1 B 类测试仪的测量参数和方法

B 类工频接地电阻测试仪适用于测量大型接地装置的工频接地电阻、接地阻抗模值、地网分流系数、地表电位差等参数。测试仪的输出试验电流可为工频电流或异频电流, 频率宜在 45Hz~55Hz 范围。基于工频电流的试验方法分为工频大电流法、倒相法和倒相增量法。工频大电流法和倒相法试验电流不宜小于 50A; 工频倒相法增量法试验电流宜不小于 1A。异频法试验电流宜不小于 3A。

A.2 分流向量测量及其工作模式

测量接地阻抗时, 与接地装置相连的架空避雷线和电缆接地金属屏蔽层对试验电流产生了分流, 导致接地阻抗测量过程产生误差。因此, 应测量架空避雷线和电缆金属屏蔽的分流系数, 对接地阻抗测量值进行修正。

分流系数的测量, 首先要对每个分流支路进行分流向量测量, 再通过矢量和运算得到分流总向量。试验总电流减去分流总向量可得到地网散流向量, 其占试验总电流的比例即为地网分流系数。

分流向量测量包括分流电流的幅值测量和分流电流相对总电流的相差测量, 而相差是通过测量分流电流过零点与总电流过零点的时差计算得到的, 需要测试仪的功率源与电流测量装置配合工作。测试仪分流向量测量模式主要有主从模式和非主从模式。

测试仪的主从模式的工作原理如图 A.1 所示。测量系统包括功率源, 总电流测量装置和分流向量测量装置。其中, 总电流测量装置与分流向量测量装置分别为主机和从机, 需要通过无线通讯交换数据或指令进行工作, 而且还需要通过卫星授时信号或者无线信号作为时间同步信号。功率源输出总电流为 I_m , 形成两个分流支路 I_1 和 I_2 。总电流测量装置测量总电流 I_m 的幅值及其过零点相对同步信号的时差, 分流向量测量装置测量 I_2 电流的幅值及其过零点相对同步信号的时差。主机与从机通过无线通讯将分流支路的电流幅值和相对时差返回至主机, 通过计算获得分流向量的幅值和相位, 完成分流向量的测量。

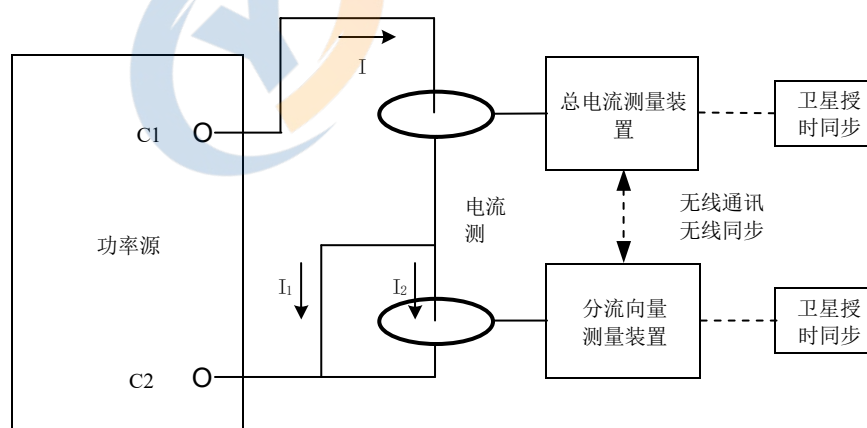


图 A.1 主从模式工作原理

测试仪的非主从模式的工作原理如图 A.2 所示。测量系统包括功率源和分流向量测量装置。其中, 功率源连接卫星授时模块, 可以控制总试验电流 I_m 的过零点与卫星授时信号同步, 分流向量测量装置也连接卫星授时模块, 并通过电流测量线圈测量分流电流 I_2 的幅值和相对卫星授时信号的过零点, 并计算分流向量的相位, 完成分流向量的测量。

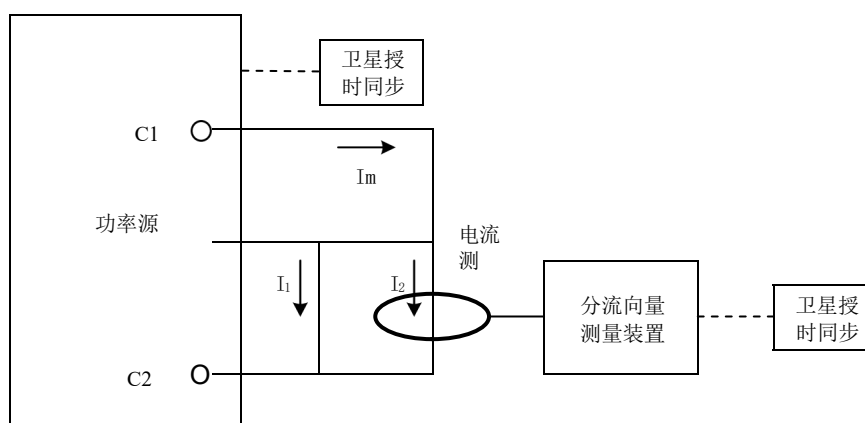


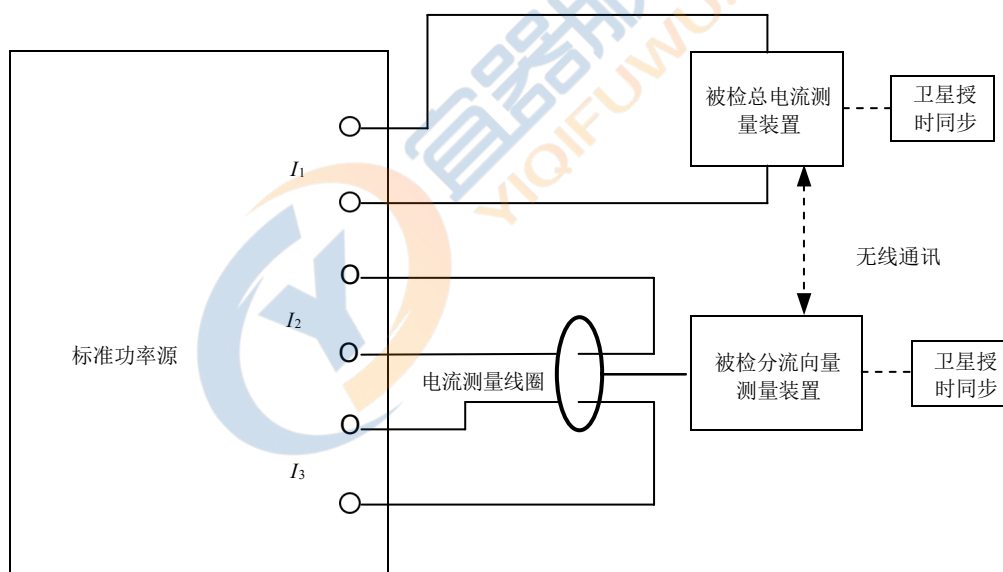
图 A.2 非主从模式工作原理

A.3 分流向量测量误差试验

具备分流向量测量功能的测试仪，进行本项试验前，确认被检仪器的工作模式，再按照工作模式进行分类接线。

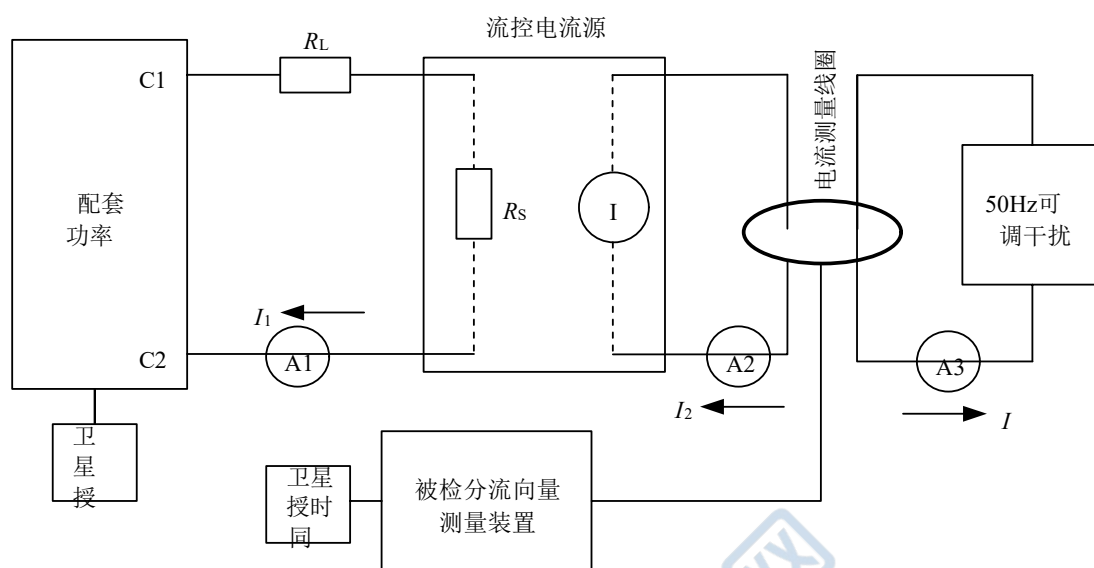
采用主从模式的被检测试仪，试验线路如图 A.3 所示；

非主从模式的被检测试仪，试验线路如图 A.4 所示。



图中： I_1 ——模拟总电流， I_2 ——模拟分流向量电流， I_3 ——模拟工频干扰电流。

图 A.3 分流向量测量误差和抗干扰试验接线图（主从模式）



图中：

A1、A2、A3——标准电流表；

I_1 ——总电流，

I_2 ——分流向量电流，

I_3 ——模拟工频干扰电流，

R_L ——功率源负载电阻。

图 A.4 分流向量测量误差和抗干扰试验接线图（非主从模式）

附录 B
(规范性附录)

关于抗干扰能力的说明、计算和试验方法

B.1 工频干扰影响和抑制能力

在地网工频接地电阻（阻抗）、分流向量、地表电位差的测试中，电网工频干扰电压、干扰电流是影响地网工频参数测试结果的重要因素。因此为提高测量结果的准确性和可信性，测试仪器（设备）应具备抑制相应工频干扰的能力。

假设被测参数的真实值为 X ，工频干扰为 Y ，工频干扰引起的测试值改变量为 Δ ，测试值相对改变量为 δ 。

定义干扰抑制能力 k 为干扰信号 Y 与其引起的测量值改变量 Δ 之比：

$$k = \frac{Y}{\Delta} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

定义干扰抑制能力的分贝数 K 为：

$$K = 20 \times \log k = 20 \times 10 \log \frac{Y}{\Delta} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

在参数的工程试验中，干扰引起的改变量不超过真实值的5%~10%是可以接受的，则有：

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \frac{Y}{k \times X} \leq 5\% \sim 10\% \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

因此，测试仪的干扰抑制能力 k 必须满足：

$$k \geq \frac{Y}{\delta \times X} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

为确定测试仪抗干扰能力，本部分提出参数工频干扰抑制能力 k 或其分贝数 K 。通过在实验室环境下改变施加的干扰和干扰引起的改变量，用公式（B.1）或（B.2）计算得到测试仪实际的干扰抑制能力 k 或其分贝数 K 。

B.2 接地电阻测量对工频地干扰电压抑制能力的要求

测量工频接地电阻时，如果大地中存在地干扰电流 I_d ，将与试验电流 I_m 产生叠加，流过被测电阻 R_x 。测试仪在电压极测量到的实际电压为：

$$V_m = I_m R_x + I_d R_s \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

测试仪在电压极测量到的干扰电压为：

$$V_d = I_d R_s \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

测试仪对干扰电压抑制能力为 k ，那么被衰减后的干扰电压为：

$$\Delta V = \frac{V_d}{k} \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

在地干扰电流的影响下，测试仪测量的接地电阻 R_x 为：

$$R_x = \frac{V_m + \Delta V}{I_m} = R_x + \Delta R \quad \dots\dots\dots (B.8)$$

其中由工频地干扰电压引起的电阻改变量为：

$$\Delta R = \frac{\Delta V}{I_m} = \frac{R_s \times I_d}{k \times I_m} \quad \dots\dots\dots (B.9)$$

相对改变量为：

$$\delta = \frac{\Delta R}{R_s} = \frac{I_d}{k \times I_m} \quad \dots\dots\dots \text{B10}$$

从式 (B.10) 可见, 测试仪干扰抑制能力 k 越强, 试验电流 I_m 越大, 干扰引起的误差越小。

接地电阻测量原理不同, 试验现场的工况 (电流极辅助极接地电阻) 不同, 测试仪输出的试验电流也不尽相同。通过施加模拟干扰电压 V_d 、测试仪的实际输出电流 I_m 和干扰引起的电阻改变量 ΔR , 用公式 (B.11) 计算得到测试仪标称干扰抑制比 k_E :

$$k_E = \frac{V_d}{\Delta R \times I_m} = \frac{I_d}{\delta \times I_m} \quad \dots\dots\dots \text{B11}$$

此式表达了在接地电阻测量值改变量满足工程要求时 (比如符合 5%), 归一化为每单位安培试验电流可抑制地干扰电流的能力。

测试仪标称干扰抑制比的分贝数 K_E :

$$K_E = 20 \times \log k_E \quad \dots\dots\dots \text{B12}$$

测试仪在现场实际可符合的干扰抑制能力为标称干扰抑制能力与实际输出试验电流的乘积。

测试仪推荐的标称干扰抑制能力和分贝数, 在实验室环境下进行抗干扰能力试验是选择施加的干扰量, 以及电阻允许改变范围详见表 B.1。制造厂可提出满足现场测试要求的干扰抑制能力或分贝数, 并通过实验室试验对实际能力进行评估计算。

表 B.1 推荐的电阻测量标称干扰抑制能力、分贝数取值及电阻改变量

干扰电压 V_d (V)	试验电流 I_m (A)	电阻值 R_s (Ω)	电阻改变量 ΔR (m 阻)	干扰抑制能力	
				k_E (倍数)	分贝数 K_E (dB)
5	1	0.100	1	5000	74
			2.5	2000	66
			5	1000	60
		0.200	10	500	54
		0.500	25	200	46
10	2	0.100	1	5000	74
			2.5	2000	66
			5	1000	60
		0.200	10	500	54
		0.500	25	200	46
20	5	0.100	2	2000	66
			4	1000	60
		0.200	8	500	54
		0.500	20	200	46

B.3 分流向量测量对工频干扰电流抑制能力的要求

测量分流向量 I_n 时, 被测电流线圈中存在的工频干扰电流 I_0 对分流向量测量造成影响。测试仪的工频电流抑制能力为 k_C , 那么被衰减后的干扰电流为:

$$\Delta = \frac{I_0}{k_C} \quad \dots\dots\dots \text{B13}$$

通过施加模拟干扰电流 I_d 、干扰引起的分流向量幅值改变量 ΔI ，用公式 (B.14)、(B.15) 计算得到测试仪工频电流抑制能力 k_c 和分贝数 K_c 。

$$k_c = \frac{I_0}{\Delta I} \quad \dots\dots\dots \text{B.14}$$

$$K_c = 20 \times \log k_c \quad \dots\dots\dots \text{B.15}$$

表 B.2 推荐的工频电流抑制能力倍数、分贝数取值及电流幅值改变量

工频干扰电流 I_d (A)	干扰抑制能力倍数 k_c	干扰抑制能力 分贝数 K_c (dB)	电流改变量 ΔI (A)
5	100	40	0.050
	500	54	0.010
	1000	60	0.005
	2000	66	0.0025
10	100	40	0.100
	500	54	0.020
	1000	60	0.010
	2000	66	0.005

B.4 地表电位差测量对工频干扰电压抑制比的要求

测量地表电位差 V_n 时，被现场存在的工频干扰电压 V_d 对地表电位差测量造成影响。测试仪的工频电压抑制能力为 k_p ，那么被衰减后的干扰电压为：

$$\Delta V = \frac{V_d}{k_p} \quad \dots\dots\dots \text{B.16}$$

通过施加模拟干扰电压 V_d 测量由于干扰引起的电压改变量 ΔV ，用公式 (B.17)、(B.18) 计算得到测试仪名义工频电压抑制能力 k_p 和分贝数 K_p 。

$$k_p = \frac{V_d}{\Delta V} \quad \dots\dots\dots \text{B.17}$$

$$K_p = 20 \times \log k_p \quad \dots\dots\dots \text{B.18}$$

表 B.3 推荐的工频电压抑制能力、分贝数取值及电压幅值改变量

工频干扰电压 V_d (mV)	干扰抑制能力倍数 k_p	干扰抑制能力 分贝数 K_p (dB)	电压改变量 ΔU (mV)
10	100	40	0.1
	1000	60	0.01
20	100	40	0.2
	1000	60	0.02
50	100	40	0.5
	1000	60	0.05
100	100	40	1.00
	1000	60	0.1

附录 C
(资料性附录)
测试仪电磁兼容要求说明

C.1 测试仪电磁兼容要求

根据 GB/T 18268.1—2010 测量、控制和实验室用的电设备电磁兼容性要求 第 1 部分：通用要求中对工业场所用设备提出的抗扰度试验要求，测试仪各端口的抗扰度要求见表 C-1。

表 C.1 测试仪各端口的抗扰度项目要求及性能判据

端口	试验项目	性能判据
外壳	静电放电 (ESD) 抗扰度	B 以上 (含 B)
	射频电磁场辐射抗扰度	B
	额定工频磁场抗扰度	A
交流电源	电压暂降抗扰度	B
	短时中断抗扰度	C
	脉冲群抗扰度	B
	浪涌抗扰度	B
	射频场感应的传导骚扰抗扰度	A
I/O 信号/控制 (包括功能接地端口的连接线)	脉冲群抗扰度	B
	浪涌抗扰度	B
	射频场感应的传导骚扰抗扰度	A
直接与电源相连的 I/O 信号/控制	脉冲群抗扰度	B
	浪涌抗扰度	B
	射频场感应的传导骚扰抗扰度	A

C.2 性能判据

C.2.1 性能判据 A

试验时，测试仪在规范限值内性能正常。

C.2.2 性能判据 B

试验时，测试仪功能或性能暂时降低或丧失，但能自行恢复。

C.2.3 性能判据 C

试验时，测试仪功能或性能暂时降低或丧失，但需要操作者干预或系统复位。

C.2.4 性能判据 D

试验时，测试仪因硬件或软件损坏及数据丢失而造成不能自行恢复至正常状态的功能降低或丧失。

附录 D
(规范性附录)
推荐试验点及其选取方法

推荐的试验点选取方法如表D.1所示。

表 D.1 推荐的试验点选取方法

测试仪类别	测量范围及量程	试验选点方法
A	/	所有带有数字的刻度线。
B	0.05 Ω ~ 200 Ω	0.05 Ω ~ 2 Ω, 均匀选取 10 个点;
		2 Ω ~ 20 Ω, 均匀选取 3 个点;
		20 Ω ~ 200 Ω, 均匀选取 3 个点。