



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 1180—2021

大型接地网工频接地阻抗测试仪

Power Frequency Ground Impedance Testers for Large Grounding Grid

2021-10-18 发布

2022-04-18 实施

国家市场监督管理总局 发布

大型接地网工频接地阻抗测试仪

检定规程

Verification Regulation of Power

Frequency Ground Impedance Testers for

Large Grounding Grid

JJG 1180—2021

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：国家高电压计量站

山东省计量科学研究院

国网湖南省电力公司电力科学研究院

参加起草单位：广东电网公司电力科学研究院

武汉市康达电气有限公司

本规程委托全国电磁计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

王海燕（国家高电压计量站）

马雪峰（山东省计量科学研究院）

齐 飞（国网湖南省电力公司电力科学研究院）

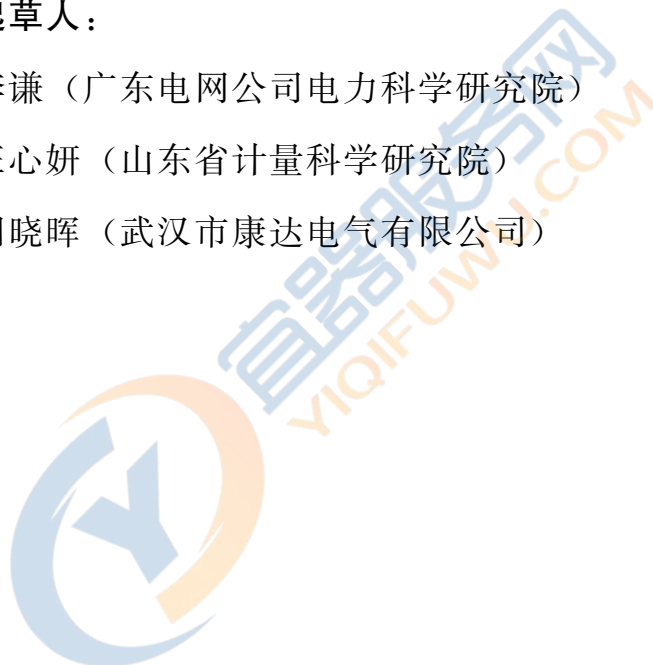
王斯琪（国家高电压计量站）

参加起草人：

李谦（广东电网公司电力科学研究院）

汪心妍（山东省计量科学研究院）

胡晓晖（武汉市康达电气有限公司）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 主要计量参数	(2)
5.2 最大允许误差与准确度等级	(2)
5.3 辅助电极接地电阻影响	(3)
5.4 工频地干扰电压抑制比	(3)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观	(3)
6.2 绝缘电阻	(4)
6.3 介电强度	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目和检定方法	(4)
7.3 检定结果的处理	(7)
7.4 检定周期	(7)
附录 A 检定原始记录格式	(8)
附录 B 检定证书/检定结果通知书内页格式 (第 2 页)	(11)
附录 C 检定证书/检定结果通知书检定结果页格式 (第 3 页)	(12)
附录 D 关于工程地干扰电压抑制比的说明、计算和试验方法	(14)

引 言

JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规程编制工作的基础性规范。

本规程为首次发布。



大型接地网工频接地阻抗测试仪检定规程

1 范围

本规程适用于工作频率为 45 Hz~55 Hz，工作电流不小于 1 A 的大型接地网接地阻抗测试仪或装置（以下简称测试仪）的首次检定、后续检定和使用中检查。

本规程不适用于电池供电、手摇发电机及模拟指示的接地电阻表。

2 引用文件

本规程引用了下列文件：

GB/T 13978—2008 数字多用表

GB 50169—2016 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语和计量单位

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参考点之间的阻抗。

[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 大型接地网（装置） large grounding grid (connection)

110 kV 及以上电压等级变电站、高压试验室的接地装置，或装机容量在 200 MW 以上的发电厂的接地装置，或者等效面积在 5 000 m² 以上的接地网（装置）。

3.4 额定电流 rated current

测量装置达到额定工作状态时的电流值。

3.5 辅助电极接地电阻 auxiliary electrode ground resistance

测量接地阻抗时，辅助电极与大地之间的电阻 R_C 和 R_P ，其中 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。

3.6 工频地干扰电压 interference earth 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。

3.7 工频地干扰电压抑制比 interference earth voltage rejection ratio

反映测试仪对工频地干扰电压的抑制能力的参数，其大小用工频地干扰电压抑制比 K_E 来量化表征。

4 概述

大型接地网工频接地阻抗测试仪（装置）广泛应用于测量大型接地网（装置）的工

频接地阻抗，测试仪通常由试验电流输出部分、电压测量部分、控制运算及显示部分组成，可以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，也可能是各功能部件集成的一体化测试仪。测试仪输出电流通常为交流电流，频率范围在 45 Hz～55 Hz 之间，电流范围在 1 A～50 A 之间。其测量原理框图如图 1 所示。

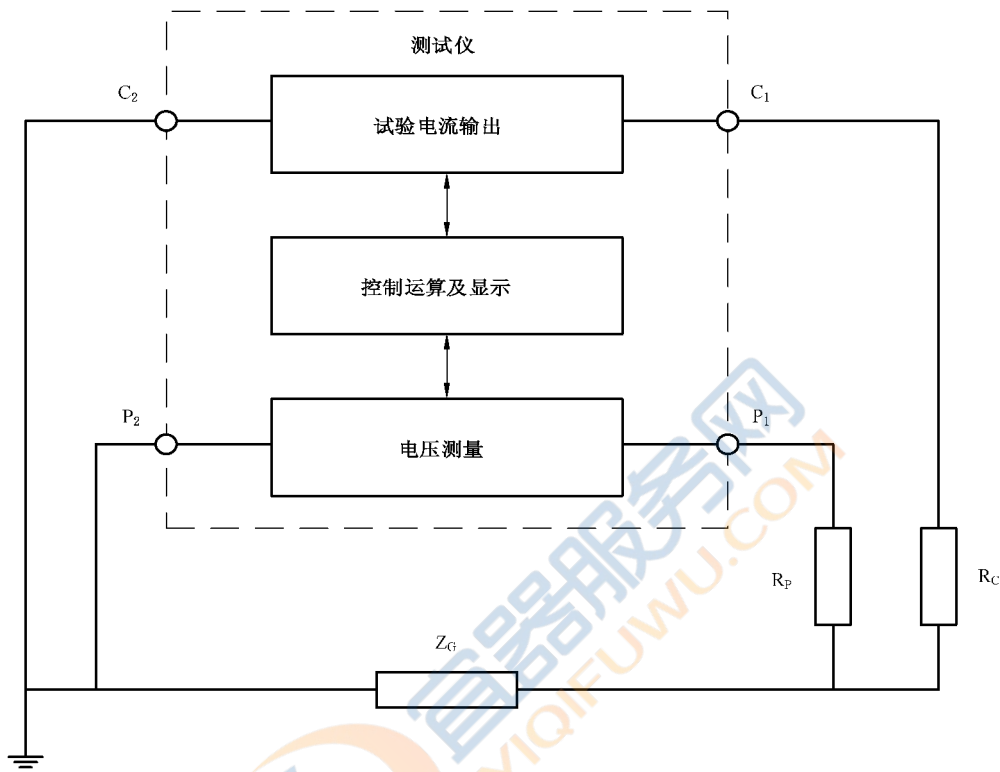


图 1 测试仪工作原理框图
R_C—电流极辅助接地电阻；R_P—电压极辅助接地电阻；Z_G—接地装置接地阻抗。

5 计量性能要求

5.1 主要计量参数

测试仪主要测量参数包括接地阻抗模值 $|Z_G|$ 和接地电阻分量 R_E 。各测量参数量程范围及对分辨力的要求见表 1。

表 1 各测量参数量程范围及分辨力要求

参数名称	基本量程范围及分辨力	非基本量程范围及分辨力
接地阻抗模值 $ Z_G $	基本量程应包括：50 mΩ～1 Ω； 示值分辨力应达到 1 mΩ	非基本量程范围：1 Ω～200 Ω； 示值分辨力应达到 0.1 Ω
接地电阻 R_E	基本量程应包括：50 mΩ～1 Ω； 示值分辨力应达到 1 mΩ	非基本量程范围：1 Ω～200 Ω； 示值分辨力应达到 0.1 Ω

5.2 最大允许误差与准确度等级

5.2.1 最大允许误差

5.2.1.1 测试仪接地电阻或接地阻抗模值示值最大允许误差（绝对形式）应按式（1）

计算。

$$\Delta = \pm (a \% Y_X + b \% Y_m) \quad (1)$$

式中：

Δ ——（接地电阻或接地阻抗模值）以绝对形式表示的最大允许误差，m Ω 或 Ω ；

Y_X ——测试仪（接地电阻或接地阻抗模值）的示值，m Ω 或 Ω ；

Y_m ——测试仪（接地电阻或接地阻抗模值）量程满度值，m Ω 或 Ω ；

a ——与测试仪示值相关的系数；

b ——与测试仪量程有关的系数。

5.2.1.2 测试仪接地电阻或接地阻抗模值示值最大允许误差（相对形式）应按式（2）计算。

$$\Gamma = \pm \left(a \% + b \% \frac{Y_m}{Y_X} \right) \quad (2)$$

式中：

Γ ——（接地电阻或接地阻抗模值）以相对形式表示的最大允许误差。

5.2.2 准确度等级

测试仪准确度等级分为 1、2、5 级，其中系数 a 和系数 b 应同时符合 $a \geq 4b$ 且 $a+b$ 之和不大于测试仪准确度等级指数的要求。

5.3 辅助电极接地电阻影响

测试仪辅助接地电阻 R_C 由 50 Ω 改变至表 2 的规定值时，示值误差的允许改变量不应超过表 2 中规定值。

表 2 辅助电极接地电阻影响的要求

辅助接地电阻/ Ω	100	200
允许改变量	1%	2%

5.4 工频地干扰电压抑制比

测试仪应具备一定工频地干扰电压抑制能力，测试仪工频地干扰电压抑制比 K_E 应不低于 20 dB。具体 K_E 值由制造厂给出。推荐的 K_E 值见附录 D。测试仪实际工频地干扰电压抑制化应不低于制造厂给出值，且工频地干扰电压引起的误差改变量应符合表 3 的规定。

表 3 工频地干扰电压引起的误差改变量允许值

等效工频地干扰电压	工频地干扰电压引起的误差改变量允许值
参考附录 D 表 D.1，不宜超过 20 V	4%

6 通用技术要求

6.1 外观

测试仪的铭牌或外壳上应具有以下主要标志：产品名称、型号、出厂编号、制造厂名称、准确度等级，接线端钮上应标有明显的 P_2 、 C_2 （被测接地电阻电极）、 P_1 （电位电极）、 C_1 （辅助电极）、保护接地等符号，各部件应完整，无松动，无裂缝，无明显

残缺或污损。

6.2 绝缘电阻

测试仪的测量端与外壳接地端、电源输入端与外壳接地端之间的绝缘电阻应不小于 20 M Ω 。

6.3 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 1.5 kV（或 2 kV），历时 1 min 的耐压试验，无击穿或飞弧现象。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

检定环境应符合以下要求：

- 环境温度：(20 $\pm$ 5) $^{\circ}$ C；
- 相对湿度：40%~75%；
- 工作电源：AC220 V (1 $\pm$ 10%) 或 380 V (1 $\pm$ 10%)；
- 应无影响测试仪正常工作的强电及强磁场。

7.1.2 检定用标准器和辅助设备

主标准器要求如下：

- 工作电流范围为 1 A~50 A；
- 阻抗模值 $|Z_G|$ 、电阻分量 R_E 范围应能覆盖被检测试仪全部量程范围；
- 检定环境条件下，由主标准器引入的扩展不确定度应不大于被检测试仪最大允许误差绝对值的 1/5。

辅助设备要求如下：

- 绝缘电阻测试仪：额定电压不低于 500 V，准确度等级不低于 5 级；
- 耐电压测试仪：额定电压不低于 2 kV，准确度等级不低于 5 级；
- 辅助接地电阻器：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 $\pm 5\%$ 。

7.2 检定项目和检定方法

7.2.1 检定项目

测试仪的检定项目见表 4。

表 4 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
外观及通电检查	+	+	+
绝缘电阻	+	+	—
介电强度	+	—	—

表 4（续）

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
示值误差	+	+	+
辅助电极接地电阻影响	+	—	—
工频地干扰电压抑制比	+	—	—
注：符号“+”为必须进行的检定项目，符号“—”为不作要求的检定项目。			

7.2.2 检定方法

7.2.2.1 外观及通电检查

采用目测法依次进行外观及通电检查，应符合 6.1 的要求。

7.2.2.2 绝缘电阻

使用额定电压 500 V 的绝缘电阻表测量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的绝缘电阻，试验结果应符合 6.2 的要求。

7.2.2.3 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 1.5 kV（或 2 kV）的正弦交流电压历时 1 min，试验结果应符合 6.3 的要求。

7.2.2.4 示值误差

测试仪的示值误差主要包括接地电阻分量 R_E 和接地阻抗模值 $|Z_G|$ 两部分；基本量程的检定点应包括基本量程的上下限及中间点。其他量程的检定点应包括量程的上下限。

a) 接地电阻分量 R_E

接地电阻分量 R_E 示值误差检定接线如图 2 所示，将标准器设定为检定点对应的值 R_S ，电流极辅助接地电阻 R_C 设定为 50 Ω ，电压极辅助接地电阻 R_P 设定为 100 Ω ，被检测测试仪工作电流设定为其额定电流，启动被检测测试仪进行测量。记录被检测测试仪示值 R_X ，按式（3）或式（4）计算示值误差，结果应符合 5.2 的要求。

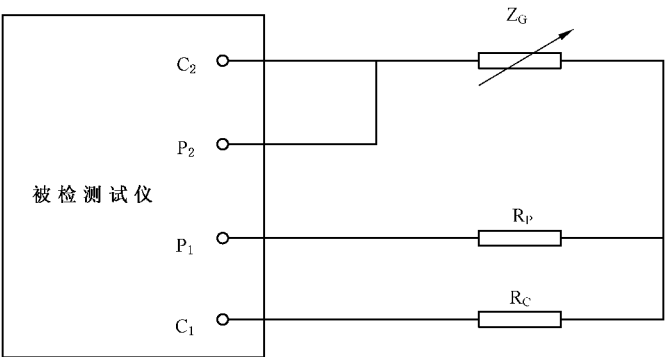


图 2 示值误差检定接线图

Z_G —工频阻抗标准器； R_P 、 R_C —辅助电极等效接地电阻

$$\delta_R = R_X - R_S \tag{3}$$

$$\gamma_R = \frac{R_X - R_S}{R_S} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

R_X ——被检测试仪显示值， $\text{m}\Omega$ 或 Ω ；

R_S ——标准器示值， $\text{m}\Omega$ 或 Ω ；

δ_R ——示值误差绝对形式， $\text{m}\Omega$ 或 Ω ；

γ_R ——示值误差相对形式。

b) 接地阻抗模值 $|Z_G|$

接地阻抗模值 $|Z_G|$ 示值误差检定接线如图 2 所示。将标准器设定为检定点对应的值 $|Z_S|$ ，电流极辅助接地电阻 R_C 设定为 $50\ \Omega$ ，电压极辅助接地电阻 R_P 设定为 $100\ \Omega$ ，被检测试仪工作电流设定为其额定电流，分别选取不同的阻抗值（推荐的阻抗模值和相角见附录 A），记录被检测试仪的阻抗模示值 $|Z_X|$ ，被检测试仪的示值误差按式（5）或式（6）计算，示值误差应符合 5.2 要求。

$$\delta_{|Z_X|} = |Z_X| - |Z_S| \quad (5)$$

$$\gamma_{|Z_X|} = \frac{|Z_X| - |Z_S|}{|Z_S|} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

Z_X ——被检测试仪的阻抗模示值， $\text{m}\Omega$ 或 Ω ；

Z_S ——阻抗标准器示值， $\text{m}\Omega$ 或 Ω ；

$\delta_{|Z_X|}$ ——阻抗模示值误差绝对形式， $\text{m}\Omega$ 或 Ω ；

$\gamma_{|Z_X|}$ ——阻抗模示值误差相对形式。

7.2.2.5 辅助电极接地电阻影响试验

辅助接地电阻影响试验接线如图 3 所示，将 R_E 设定为 $0.5\ \Omega$ ，电压极辅助接地电阻 R_P 设定为 $100\ \Omega$ 时，将电流极辅助接地电阻 R_C 分别置于 $100\ \Omega$ ， $200\ \Omega$ ，启动被检测试仪依次测量，测量结果与辅助接地电阻值为 $50\ \Omega$ 时的测量值之差应符合 5.3 的要求。

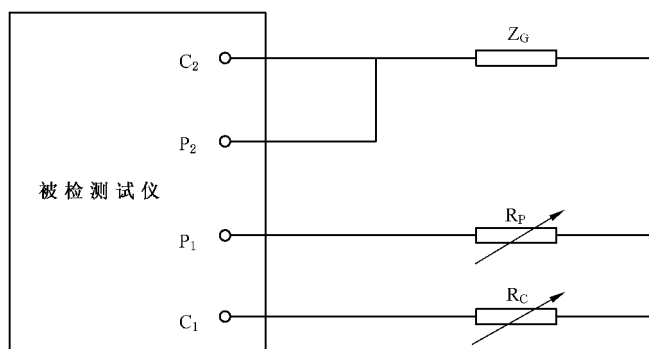


图 3 辅助电极接地电阻影响试验接线图

7.2.2.6 工频地干扰电压抑制比试验

工频地干扰电压抑制比试验接线如图 4 所示， R_C 设定为 $50\ \Omega$ ， R_P 设定为 $100\ \Omega$ 。依次将标准器设置为 $0.5\ \Omega$ 、 $0.2\ \Omega$ 、 $0.1\ \Omega$ ，在被检测试仪额定电流下进行测量，记录

示值 R_X 。通过 50 Hz 交流隔离可调恒压源在 C_2 、 P_2 之间施加模拟地干扰电压 V_d ；逐渐增大 V_d 的值，直至测试仪示值 R_X 的改变量达到表 3 规定值或 V_d 达到 20 V，记录对应的模拟地干扰电压值 V_X 、示值改变量 ϵ_{RX} 和测试仪实际输出电流 I_X 。按式 (7) 计算测试仪的各点地干扰电压抑制比 K_E 值。被检测试仪实际工频地干扰电压抑制比 K_E 及误差改变量应符合 5.4 的要求。

$$K_E = 20 \lg \left(\frac{V_X}{\epsilon_{RX} \cdot I_X} \right) \quad (7)$$

式中：

I_X ——被检测试仪的实际输出电流，A；

ϵ_{RX} ——示值改变量， Ω ；

V_X ——示值改变量对应的模拟地干扰电压值，V；

K_E ——工频地干扰电压抑制比。

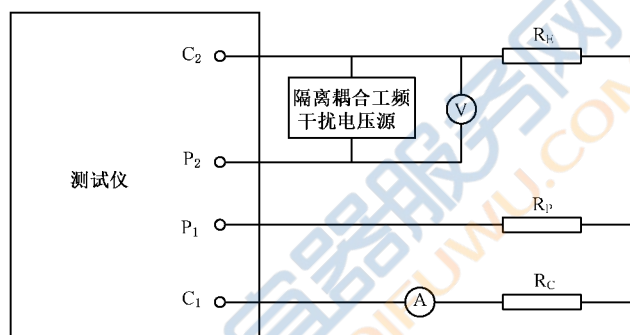


图 4 工频地干扰电压抑制比试验接线图

V—交流电压表；A—交流电流表； P_1 、 P_2 —电压（电位）极端子；

C_1 、 C_2 —电流极端子； R_E —标准电阻器； R_P 、 R_C —辅助电极等效接地电阻

7.3 检定结果的处理

7.3.1 检定数据按四舍五入及偶数法修约，由修约引入的不确定度应不超过被检测试仪允许误差的 1/10。判定被检测试仪检定结果是否合格应以修约后的数据为准。

7.3.2 表 4 规定的检定项目全部合格的测试仪，出具检定证书；检定不合格的出具检定结果通知书，并注明不合格项目。

7.3.3 检定原始记录格式见附录 A，检定证书和检定结果通知书内页格式见附录 B 和附录 C。

7.4 检定周期

测试仪检定周期为 1 年。

附录 A

检定原始记录格式

大型接地网工频接地阻抗测试仪检定原始记录

基本信息				
送检单位				
器具名称		型号规格		
制造单位		出厂编号		
准确度等级		证书编号		
...		...		
检定的依据：JJG 1180—2021《大型接地网工频接地阻抗测试仪》				
检定使用的计量标准器具				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量（基）标准证书编号	有效期至
检定环境条件				
环境条件	温度	℃	相对湿度	%
检定项目				
一、外观及通电检查	☐ 合格 ☐ 不合格			
二、绝缘电阻	☐ 合格 ☐ 不合格			
三、介电强度	☐ 合格 ☐ 不合格			
四、示值误差	☐ 合格 ☐ 不合格			
五、辅助电极接地电阻影响	☐ 合格 ☐ 不合格			
六、工频地干扰电压抑制比	☐ 合格 ☐ 不合格			
检定结论及说明				

第×页，共×页

示值误差						
接地电阻						
量程/ Ω	标准值/ Ω	被检表示值/ Ω	示值误差			
1	0.1					
	0.2					
	0.5					
	1					
其他						
接地阻抗模值						
量程/ Ω	标准值/ Ω	被检表示值/ Ω	示值误差			
1	$0.1\angle 30^{\circ}$					
	$0.1\angle 60^{\circ}$					
	$0.2\angle 30^{\circ}$					
	$0.2\angle 60^{\circ}$					
	$0.5\angle 30^{\circ}$					
	$0.5\angle 60^{\circ}$					
	$1.0\angle 30^{\circ}$					
	$1.0\angle 60^{\circ}$					
其他						
辅助电极接地电阻影响						
辅助电极地电阻/ Ω	50	100	200			
接地电阻标准值/ Ω	0.5					
被检表示值/ Ω						
工频地干扰电压抑制比						
模拟地干扰电压 V_x/V	试验电流 I_x/A	电阻标准值 R_s/Ω	无干扰电阻 示值 R_{x1}/Ω	有干扰电阻 示值 R_{x2}/Ω	电阻示例 值改变量 $\epsilon_{Rx}/m\Omega$	工频地干扰电 压抑制比 K_E/dB
5		0.100				
		0.100				
		0.100				
		0.200				
		0.500				

模拟地干扰电压 V_X/V	试验电流 I_X/A	电阻标准值 R_S/Ω	无干扰电阻 示值 R_{X1}/Ω	有干扰电阻 示值 R_{X2}/Ω	电阻示例 值改变量 $\varepsilon_{RX}/m\Omega$	工频地干扰电 压抑制比 K_E/dB
10		0.100				
		0.100				
		0.100				
		0.200				
		0.500				
20		0.100				
		0.100				
		0.200				
		0.500				

检定员：

核验员：

检定日期：

年

月

日

附录 B

检定证书/检定结果通知书内页格式(第 2 页)

证书编号 ××××××-××××

检定机构授权说明:				
检定环境条件及地点:				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其他		
检定使用的计量(基)标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量(基)标准证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	检定/校准证书编号	有效期至

第×页, 共×页

附录 C

检定证书/检定结果通知书检定结果页格式(第 3 页)

C.1 检定证书第 3 页

证书编号 ××××××-××××

检定结果

一、外观及通电检查：

二、绝缘电阻：

三、介电强度：

四、示值误差：

接地电阻			
量程/ Ω	标准值/ Ω	被检表示值/ Ω	示值误差
1	0.1		
	0.2		
	0.5		
	1		
其他			
接地阻抗模值			
量程/ Ω	标准值/ Ω	被检表示值/ Ω	示值误差
1	$0.1\angle 30^\circ$		
	$0.1\angle 60^\circ$		
	$0.2\angle 30^\circ$		
	$0.2\angle 60^\circ$		
	$0.5\angle 30^\circ$		
	$0.5\angle 60^\circ$		
	$1.0\angle 30^\circ$		
	$1.0\angle 60^\circ$		
其他			

五、辅助电极接地电阻影响：

六、工频地干扰电压抑制比：

检定结论：

以下空白

第×页，共×页

C.2 检定结果通知书第3页

证书编号 ××××××-××××

检定结果

一、外观及通电检查：

二、绝缘电阻：

三、介电强度：

四、示值误差：

接地电阻			
量程/ Ω	标准值/ Ω	被检表示值/ Ω	示值误差
1	0.1		
	0.2		
	0.5		
	1		
其他			
接地阻抗模值			
量程/ Ω	标准值/ Ω	被检表示值/ Ω	示值误差
1	$0.1\angle 30^\circ$		
	$0.1\angle 60^\circ$		
	$0.2\angle 30^\circ$		
	$0.2\angle 60^\circ$		
	$0.5\angle 30^\circ$		
	$0.5\angle 60^\circ$		
	$1.0\angle 30^\circ$		
	$1.0\angle 60^\circ$		
其他			

五、辅助电极接地电阻影响：

六、工频地干扰电压抑制比：

检定结果不合格项：

检定结果不合格项说明：

第×页，共×页

附录 D

关于工程地干扰电压抑制比的说明、计算和试验方法

D.1 工频干扰影响和抑制能力

在接地网工频接地电阻（阻抗）的测试中，工频地干扰电压是影响接地网工频接地阻抗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）应具备抑制工频地干扰电压的能力。

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：

$$k = \frac{Y}{\Delta} \quad (\text{D. 1})$$

则干扰抑制能力的分贝数 K 为：

$$K = 20 \times \lg \frac{Y}{\Delta} \quad (\text{D. 2})$$

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：

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

D.2 接地电阻测量对工频地干扰电压抑制比的要求

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_s 。测试仪在电压极测量到的实际电压为：

$$V_m = R_s \times I_m \quad (\text{D. 4})$$

测试仪在电压极测量到的干扰电压为：

$$V_d = R_s \times I_d \quad (\text{D. 5})$$

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：

$$\Delta V = \frac{V_d}{k} \quad (\text{D. 6})$$

在地干扰电流的影响下，测试仪测量的接地电阻 R_X 为：

$$R_X = \frac{V_m + \Delta V}{I_m} = R_s + \Delta R \quad (\text{D. 7})$$

其中由工频地干扰电压引起的电阻改变量为：

$$\Delta R = \frac{\Delta V}{I_m} \quad (\text{D. 8})$$

相对改变量为：

$$\delta = \frac{\Delta R}{R_s} \quad (\text{D. 9})$$

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 ，按公式 (D. 10) 计算得到测试仪工频地干扰电压抑制比 K_E ：

$$K_E = 20 \lg \frac{V_d}{\Delta R \times I_m} \quad (D.10)$$

实验室环境下工频地干扰电压抑制比试验中电阻允许改变范围及测试仪推荐的干扰抑制比 K_E 取值见表 D.1。

表 D.1 推荐的电阻改变量及工频地干扰电压抑制比 K_E 取值

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 $\Delta R/m\Omega$	干扰抑制比 K_E/dB
5	1	0.100	1	74
			2.5	66
			5	60
		0.200	10	54
		0.500	25	46
10	2	0.100	1	74
			2.5	66
			5	60
		0.200	10	54
		0.500	25	46
20	5	0.100	2	66
			4	60
		0.200	8	54
		0.500	20	46