ICS 91.120.25
CCS P 15

DB

中华人民共和国地震行业标准

DB/T 91—2022

直流地电阻率仪检测规范

Test specification of DC meter for geoelectrical resistivity

2022-12-29 发布　　2023-05-01 实施

中国地震局　　发 布

目　　次

前言 ……
1　范围……
2　规范性引用文件……
3　术语和定义……
4　检测项目……
5　检测条件……
6　检测方法……
7　检测报告内容要求……
附录 A（资料性）　检测记录示例 ……
附录 B（资料性）　地电阻率测量误差检测方法 ……
附录 C（规范性）　直流地电阻率仪安全性检测 ……
附录 D（规范性）　直流地电阻率仪环境适应性检测 ……
参考文献 ……

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。

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专利的责任。

本文件由中国地震局提出。

本文件由地震监测预报标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国地震局地震预测研究所、中国地震台网中心、甘肃省地震局、中国地震局第一监测中心、江苏省地震局。

本文件主要起草人：王兰炜、胡哲、张宇、张兴国、张世中、周克昌、曾文浩、谭大诚、孟庆筱、卜玉菲。

直流地电阻率仪检测规范

1 范围

本文件规定了地震观测仪器中直流地电阻率仪的检测项目、检测条件、检测方法以及检测报告内容要求。

本文件适用于地震监测专用直流地电阻率仪的研制、生产、定型、入网、运行维护的检测和质量监督。其他同类设备可参考执行。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

测量误差 measurement error

直流地电阻率仪的显示示值与输入的参考量值之差。

3.2

电压测量分辨力 resolution of voltage measurement

在直流地电阻率仪电压测量量程范围内，引起相应电压显示示值产生可察觉变化的最小输入增量。

3.3

稳定性 stability

在所有其他条件相同时，仪器在一定的时间间隔内保持其性能特征不变的能力。

[来源：GB/T 11464—2013，2.23]

3.4

线性度 linearity

仪器给出的指示值仅与规定量而非影响量有线性关系的能力。

注：因缺乏不同种类的仪器对线性度的不同表示方式，每种都以一定的实例给出。

[来源：GB/T 11464—2013，2.17，有修改]

3.5

输入零电流 zero current

在输入信号为零时，仪器的输入电路中由于仪器内部引起的电流。

注：它等效于在输入电压和偏置电压为零时，使输出指示值减小到零所施加给两输入端之间的注入电流。

[来源：GB/T 13978—2008，3.2.10，有修改]

3.6

装置系数 configuration coefficient

地电阻率测量中，表示按照一定规则布设的电极的几何参数，仅与各电极的空间位置有关。

4 检测项目

4.1 直流地电阻率仪的检测项目包括外观和通电检查、技术指标检测和功能检测3类。

4.2 外观和通电检查项目

应按照表1中所列的项目进行外观和通电检查。

表1 外观和通电检查项目

序号	检查项目
1	外观及标识
2	外部接插件
3	通电检查

4.3 技术指标检测项目

应按照表2中所列的项目进行技术指标检测。

表2 技术指标检测项目

序号	检测项目	
1	性能指标	地电阻率测量误差
2		电压测量误差
3		电压测量线性度
4		电压测量分辨力
5		输入电阻
6		输入零电流
7		直流共模抑制比
8		工频共模抑制比
9		工频串模抑制比
10		电源适应性
11		稳定性
12	安全性指标	泄漏电流
		电气强度
13	环境适应性	温度范围
		湿度范围

4.4 功能检测项目

应按照表3中所列的项目进行功能检测。

表 3　功能检测项目

序号	检测项目		备注
1	工作参数	测量参数	必测项
		台站参数	必测项
		网络参数	必测项
2	控制功能	仪器时钟	必测项
		重启/复位	必测项
3	数据传输功能	观测数据传输	必测项
		仪器运行日志传输	必测项
		软件更新	可选项
4	显示功能		必测项
5	校准功能		可选项
6	报警功能		可选项

5　检测条件

5.1　检测环境

检测环境应符合下列要求：

a)　环境温度：18 ℃～23 ℃；

b)　相对湿度：不大于 80%；

c)　供电电源电压：220 V×(1±10%)，50 Hz±0.5 Hz；

d)　无强电磁干扰。

5.2　检测设备

检测设备应使用经质量监督检定机构检定/校准且在有效期内的设备。检测设备及主要技术参数应符合表 4 给出的要求。

表 4　检测设备及主要技术参数

设备名称	主要技术参数
标准电阻	阻值：0.01 Ω 准确度：优于 0.01 级 电流：不小于 2.5 A
高精度直流电压源	电压输出范围：应包含±(1 μV～100 V) 电压准确度：优于 0.01 级
高精度交流电压源	电压输出范围：应包含 0 V～220 V 输出频率：应包含 50 Hz

表 4　检测设备及主要技术参数（续）

设备名称	主要技术参数
调温调湿箱	温度范围：应包含－20 ℃～＋50 ℃ 温度波动度：优于±0.5 ℃ 温度均匀度：优于±1 ℃ 相对湿度范围：30％～90％
交流耐压检测仪	电压输出范围：应包含 0.05 kV～2.00 kV 分辨力：不小于 10 V
泄漏电流检测仪	电压输出范围：应包含 10 V～400 V 电流检测范围：应包含 0.0 mA～3.5 mA
直流稳流电源	输出电流：0.5 A～2.5 A 电流短期稳定度：优于 0.1％(1 min) 纹波因数：小于 0.5％
负载电阻	50 Ω/500 W

6　检测方法

6.1　外观和通电检查

应按照以下步骤进行检查：

a）　通过目测和接触，对被测仪器外观及标识进行检查，确定被测仪器外观是否破损，制造厂家、仪器编号等标识是否清晰；

b）　确定被测仪器外部接插件连接是否牢固，是否破损或缺失，各连接线及附件是否齐备、完好；

c）　通电检查被测仪器，各指示灯是否正常，显示是否正常。

附录 A 中表 A.1 给出了外观和通电检查记录示例。

6.2　性能指标检测

6.2.1　检测准备

被测仪器宜在检测环境中静置 24 h 以上，使被测仪器的温湿度与测试环境达到均衡状态。

6.2.2　地电阻率测量误差

根据附录 B 的地电阻率测量方法，将被测仪器与直流稳流电源组成地电阻率测量系统，与直流地电阻率检测装置连接，分别在不同的供电电流下，检测地电阻率测量误差。

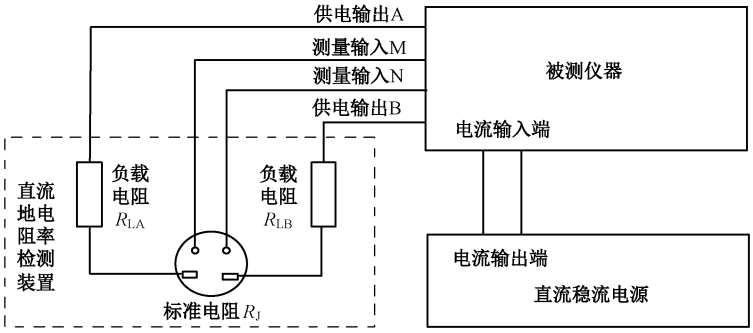


图 1　地电阻率测量误差检测设备连接图

检测线路应按照图 1 连接，并按照以下步骤进行检测。

a）　设置被测仪器为正常测量状态，装置系数 $K=2\ 000$ m。标准电阻 R_J 阻值为 0.01 Ω 时，地电阻率标准值 $\rho_s=20.00\ \Omega\cdot m$。

b）　设置稳流电源的输出电流值 $I=0.5$ A。

c）　启动被测仪器，进行 10 次测量，每次的地电阻率测量值为 ρ_i。

d）　按照公式(1)计算 10 个测量值的平均值 $\overline{\rho}$。

$$\overline{\rho}=\frac{\sum_{i=1}^{10}\rho_i}{10} \qquad \cdots\cdots(1)$$

e）　计算测量偏差 e：$e=\overline{\rho}-\rho_s$。

f）　按照公式(2)计算标准偏差 σ。

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(\rho_i-\overline{\rho})^2}{9}} \qquad \cdots\cdots(2)$$

g）　计算地电阻率测量误差 $\Delta\rho$：$\Delta\rho=|e\pm 2\sigma|$。

h）　依次调节稳流电源的输出值为 1.0 A、1.5 A、2.0 A 和 2.5 A，重复步骤 c)～g)。

i）　对有多个通道的被测仪器，应对每一个通道按照步骤 a)～h) 进行检测。

j）　选择以上各次测量误差最大值作为被测仪器的地电阻率测量误差 $\Delta\rho_{max}$。

附录 A 中表 A.2 给出了地电阻率测量误差检测记录示例。

6.2.3　电压测量误差

被测仪器测量多个不同标准电压值，以测量结果与标准值的偏差给出被测仪器的电压测量误差。

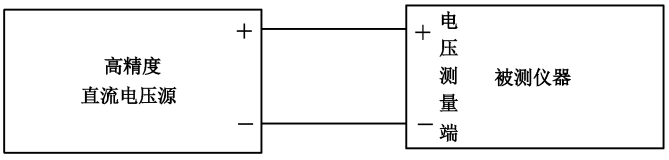


图 2　电压测量误差检测设备连接示意图

检测线路应按照图 2 连接，并按照以下步骤进行检测：

a）　设置被测仪器为测量电压状态；

b）　调节高精度直流电压源的输出为 1 000 000 μV，作为输入的标准电压值 V_{x1}；

c）　启动被测仪器，进行 10 次测量，每次的测量值为 V_j；

d）　按照公式(3)计算 V_j 的平均值作为测得值 V_{y1}；

$$V_{y1}=\frac{\sum_{j=1}^{10}V_j}{10} \qquad \cdots\cdots(3)$$

e） 计算电压测量偏差 e：$e=V_{y1}-V_{x1}$；

f） 按照公式(4)计算电压测量值的标准偏差 σ；

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10}(V_{x1}-V_{y1})^2}{9}} \quad \cdots\cdots(4)$$

g） 计算电压测量误差 ΔV：$\Delta V=|e\pm 2\sigma|$；

h） 依次调节高精度直流电压源的输出标准电压值 V_{xi} 分别为 500 000 μV、100 000 μV、50 000 μV、10 000 μV、5 000 μV、1 000 μV、500 μV、100 μV、0 μV、−100 μV、−500 μV、−1 000 μV、−5 000 μV、−10 000 μV、−50 000 μV、−100 000 μV、−500 000 μV、−1 000 000 μV，其对应的测得值分别为 V_{yi}，重复步骤 c)～g)；

i） 对有多个电压测量通道的被测仪器，每个通道均应按照步骤 b)～h)进行检测；

j） 选择以上各次电压测量误差最大值作为被测仪器的电压测量误差 ΔV_{max}。

附录 A 中表 A.3 给出了电压测量误差检测记录示例。

6.2.4 电压测量线性度

应采用 6.2.3 的检测结果，并按照以下步骤计算电压测量线性度。

a） 采用最小二乘法对输入标准电压值 V_{xi} 和对应的测得值 V_{yi} 进行线性拟合，按公式(5)～公式(7)计算拟合值 V_3。

$$a=\frac{n\sum_{i=1}^{n}V_{xi}V_{yi}-\sum_{i=1}^{n}V_{xi}\cdot\sum_{i=1}^{n}V_{yi}}{n\sum_{i=1}^{n}V_{xi}^2-(\sum_{i=1}^{n}V_{xi})^2} \quad \cdots\cdots(5)$$

$$b=\frac{\sum_{i=1}^{n}V_{xi}^2\cdot\sum_{i=1}^{n}V_{yi}-\sum_{i=1}^{n}V_{xi}\cdot\sum_{i=1}^{n}V_{xi}V_{yi}}{n\sum_{i=1}^{n}V_{xi}^2-(\sum_{i=1}^{n}V_{xi})^2} \quad \cdots\cdots(6)$$

$$V_3=a\cdot V_x+b \quad \cdots\cdots(7)$$

式中：

a ——斜率；

b ——截距；

V_{xi} ——第 i 个输入标准电压值；

V_{yi} ——第 i 个输入标准电压值的测得值；

n ——输入标准电压值的个数；

V_x ——输入标准电压值。

b） 计算各测得值 V_{yi} 与对应拟合值 V_3 差值的绝对值 e：$e=|V_{yi}-V_3|$；

c） 选取差值 e 的最大值 e_{max}，按公式(8)计算线性度 δ。

$$\delta=\frac{e_{max}}{V_{FS}}\times 100\% \quad \cdots\cdots(8)$$

式中：

V_{FS}——被测仪器的电压满度值。

d） 对有多个电压测量通道的被测仪器，每个通道均应按照步骤 a)～c)进行检测；

e） 选择各个通道中线性度 δ 的最大值作为被测仪器的电压测量线性度。

附录 A 中表 A.4 给出了电压测量线性度检测记录示例。

6.2.5 电压测量分辨力

检验被测仪器在不同输入电压时，其电压测量分辨力是否达到标称值 r。

检测线路应按照图 2 连接，并按照以下步骤进行检测：

a） 设置被测仪器为测量电压状态；

b) 调节高精度直流电压源的输出值为 90%V_{FS}(被测仪器的电压满度值),作为标准值 V_1;

c) 启动被测仪器,进行 10 次测量,按照公式(3)计算其平均值 $\overline{V}$;

d) 调节高精度直流电压源的输出值 V_1 分别增加 r,$2r$,$3r$,重复步骤 c);

e) 调节高精度直流电压源的输出值 V_1 分别为 50%V_{FS}和 10%V_{FS},重复步骤 c)~d);

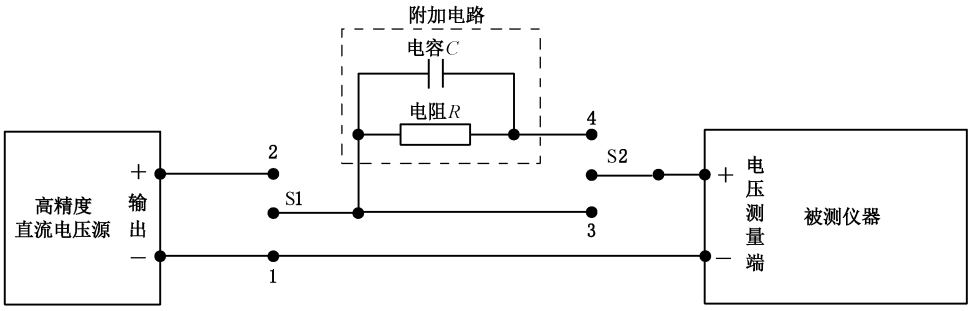
f) 当标准值增加 $n\times r(n=1,2,3)$,仪器的测量值也相应的增加 $n\times r(n=1,2,3)$,则可确定被测仪器的电压分辨力为 r;

g) 对有多个电压测量通道的被测仪器,每个通道均应按照步骤 a)~f)进行检测。

附录 A 中表 A.5 给出了电压测量分辨力检测记录示例。

6.2.6 输入电阻和输入零电流

检测被测仪器在电压测量回路不同状态下对输入电压的测量结果,计算出被测仪器的输入电阻和输入零电流。图 3 中电阻 R 的阻值宜为(10^5~10^7)Ω 之间,电容 C 应采用无感电容,电容量宜为 0.47 μF。



注:此图中 S1、S2 为单刀双掷开关。

图 3 输入电阻和输入零电流检测示意图

检测线路应按照图 3 连接,并按照以下步骤进行检测:

a) 设置被测仪器为测量电压状态;

b) 启动被测仪器,调节高精度直流电压源输出为 1 000 000 μV;

c) 将 S1 置于 1,S2 置于 3,待显示示值稳定后,进行 10 次测量,按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_{13};

d) 将 S1 置于 1,S2 置于 4,待显示示值稳定后,进行 10 次测量,按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_{14};

e) 将 S1 置于 2,S2 置于 3,待显示示值稳定后,进行 10 次测量,按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_{23};

f) 将 S1 置于 2,S2 置于 4,待显示示值稳定后,进行 10 次测量,按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_{24};

g) 按照公式(9)和公式(10)计算被测仪器的输入电阻 R_i 和输入零电流 I_0;

$$R_i=\frac{V_{24}-V_{14}}{(V_{23}-V_{24})-(V_{13}-V_{14})}R \qquad \cdots\cdots(9)$$

$$I_0=\frac{V_{14}-V_{13}}{R} \qquad \cdots\cdots(10)$$

h) 对有多个电压测量通道的被测仪器,每个通道均应按照步骤 a)~g)进行检测。

附录 A 中表 A.6 给出了输入电阻和输入零电流的检测记录示例。

6.2.7 直流共模抑制比

在被测仪器的电压测量端和接地端之间分别施加幅度为 0 V 和 100 V 直流电压,根据测量结果计

算直流共模抑制比。

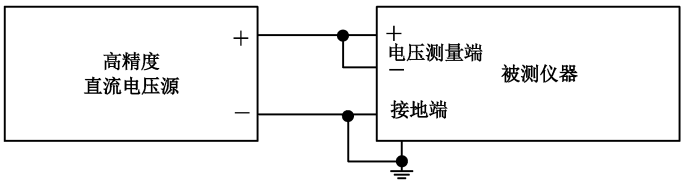


图 4　直流共模抑制比检测设备连接图

检测线路应按照图 4 连接，并按照以下步骤进行检测：

a)　设置被测仪器为测量电压状态；

b)　调节高精度直流电压源使其输出为零；

c)　启动被测仪器，进行 10 次测量，按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_0，单位为微伏(μV)；

d)　调节高精度直流电压源使其输出为 100 V；

e)　进行 10 次测量，按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_1，单位为微伏(μV)；

f)　按照公式(11)计算被测仪器的直流共模抑制比 r_{cd}；

$$r_{cd}=20\lg\frac{100\times10^6}{|V_1-V_0|} \qquad \cdots\cdots(11)$$

g)　对有多个电压测量通道的被测仪器，每个通道均应按照步骤 a)～f)进行检测。

附录 A 中表 A.7 给出了直流共模抑制比的检测记录示例。

6.2.8　工频共模抑制比

在被测仪器的电压测量端和接地端之间施加频率为 50 Hz、幅度分别为 0 V 和 220 V(有效值)交流电压，根据测量结果计算工频共模抑制比。

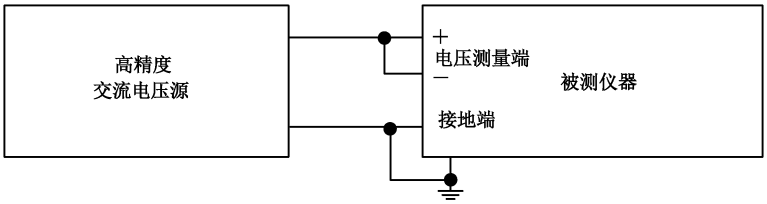


图 5　工频共模抑制比检测设备连接图

检测线路应按照图 5 连接，并按照以下步骤进行检测：

a)　设置被测仪器为测量电压状态；

b)　调节高精度交流电压源使其输出频率为 50 Hz，电压幅度为 0 V；

c)　启动被测仪器，进行 10 次测量，按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_0，单位为微伏(μV)；

d)　调节高精度交流电压源使其输出频率为 50 Hz，有效值为 220 V 的交流电压；

e)　进行 10 次测量，按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_1，单位为微伏(μV)；

f)　按照公式(12)计算被测仪器的工频共模抑制比 r_{ca}。

$$r_{ca}=20\lg\frac{\sqrt{2}\times220\times10^6}{|V_1-V_0|} \qquad \cdots\cdots(12)$$

g)　对有多个电压测量通道的被测仪器，每个通道均应按照步骤 a)～f)进行检测。

附录 A 中表 A.8 给出了工频共模抑制比的检测记录示例。

6.2.9　工频串模抑制比

在被测仪器的电压测量端施加频率为 50 Hz、幅度分别为 0 V 和仪器输入电压满度值的交流电压

(峰值),根据测量结果计算工频串模抑制比。

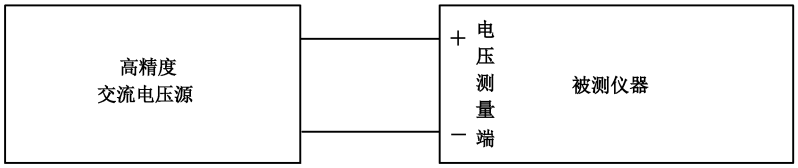


图 6　工频串模抑制比检测设备连接图

检测线路应按照图 6 连接,并按照以下步骤进行检测:

a)　设置被测仪器为测量电压状态;

b)　调节高精度交流电压源使其输出频率为 50 Hz,电压幅度为 0 V;

c)　启动被测仪器,进行 10 次测量,按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_0,单位为微伏(μV);

d)　调节高精度交流电压源使其输出为频率为 50 Hz,输出电压值为被测仪器输入电压满度值 V_{FS} 的交流电压(峰值),单位为微伏(μV);

e)　进行 10 次测量,按照公式(3)计算 10 次测量值的平均值 V_1,单位为微伏(μV);

f)　按照公式(13)计算被测仪器的工频串模抑制比 r_{sa}。

$$r_{sa}=20\lg\frac{V_{FS}}{|V_1-V_0|} \qquad \cdots\cdots(13)$$

g)　对有多个电压测量通道的被测仪器,每个通道均应按照步骤 a)~f)进行检测。

附录 A 中表 A.9 给出了工频串模抑制比的检测记录示例。

6.2.10　电源适应性

采用被测仪器在标称工作电压下限和上限时的地电阻率测量误差来检测其电源适应性。

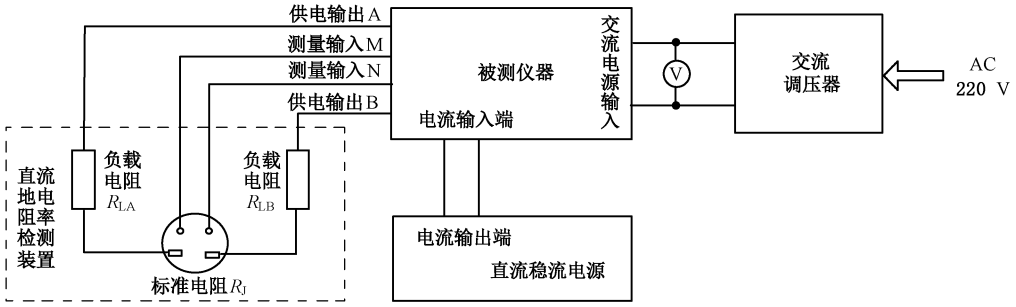


图 7　电源适应性检测设备连接图

检测线路应按照图 7 连接,并按照以下步骤进行检测:

a)　调节交流调压器输出电压为仪器工作电压范围下限 V_L,保持 15 min;

b)　设定稳流电源的电流输出值 $I=2.0$ A,设置被测仪器装置系数 K 为 2 000 m;

c)　按照 6.2.2 的规定,进行地电阻率测量误差检测;

d)　调节交流调压器输出电压为被测仪器工作电压范围上限 V_H,保持 15 min,重复步骤 c)。

附录 A 中表 A.10 给出了电源适应性检测记录示例。

6.2.11　稳定性

稳定性的检测期应不少于 6 个月,在检测期内,每周应至少检测一次,每次检测完成后被测仪器应断电贮存。检测线路应按照图 1 连接,每次检测应按照以下步骤进行:

a)　设置被测仪器为正常测量状态,装置系数 $K=2\ 000$ m。标准电阻 R_J 阻值为 0.01 Ω 时,地电

阻率标准值 ρ_s 为 20.00 Ω·m；

b) 设置稳流电源电流输出值 I=2.0 A；

c) 按照 6.2.2 c)～g)规定，检测被测仪器的地电阻率测量误差；

d) 对有多个测量通道的仪器，每个通道均应按照步骤 a)～c)进行检测；

e) 选择各个通道中测量误差 $\Delta\rho$ 的最大值的作为本次检测稳定性；

f) 在 6 个月检测期内，取各次检测结果中稳定性最差的作为被测仪器的稳定性。

附录 A 中表 A.11 给出了稳定性检测记录示例。

6.3 安全性指标检测

6.3.1 检测对象

正常工作条件下，当被测仪器供电电压值超过交流 30 V(有效值)或直流 60 V，应进行安全性检测。安全性检测应包括泄漏电流和电气强度检测。

6.3.2 泄漏电流

应按照附录 C 中 C.3.1 的方法进行泄漏电流检测。

附录 A 中表 A.12 给出了泄漏电流检测记录示例。

6.3.3 电气强度

应按照附录 C 中 C.3.2 的方法进行电气强度检测。

附录 A 中表 A.13 给出了电气强度检测记录示例。

6.4 环境适应性检测

6.4.1 温度范围检测

检测被测仪器在规定的温度范围内地电阻率测量误差能否达到技术指标要求。应按照附录 D 中 D.1 的方法检测。

附录 A 中表 A.14 给出了温度范围检测记录示例。

6.4.2 湿度范围检测

检测被测仪器在规定的湿度范围内地电阻率测量误差能否达到技术指标要求。应按照附录 D 中 D.2 的方法检测。

附录 A 中表 A.15 给出了湿度范围检测记录示例。

6.5 功能检测

6.5.1 检测准备

在对被测仪器进行功能检测时，应根据被测仪器的功能，按照表 3 要求的功能检测项进行检测。检测线路应按照图 8 连接，将被测仪器与计算机连接在一个计算机局域网中。

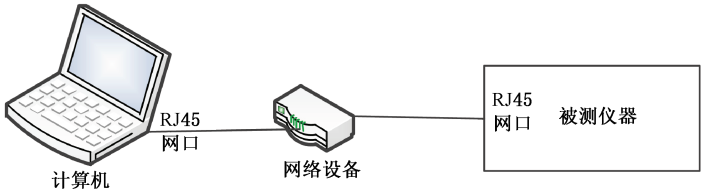


图 8 功能检测连接示意图

附录 A 中表 A.16 给出了功能检测记录示例。

6.5.2 工作参数

应通过被测仪器的操作界面或登录仪器的工作参数设置页面进行检测，步骤如下：

a) 打开被测仪器的工作参数设置功能，或登录仪器的工作参数设置页面；
b) 查看被测仪器的工作参数，包括但不限于测量通道数、各测量通道的装置系数、测量间隔时间、供电时间、供电方式等；
c) 设置步骤 b)中的各项参数为一事先确定的值；
d) 重启仪器，查看被测仪器的工作参数是否与事先确定的值一致。

6.5.3 控制功能

应通过被测仪器的操作界面或登录仪器的控制功能页面进行检测，步骤如下：

a) 打开被测仪器的操作界面，或登录仪器的控制功能页面；
b) 查看被测仪器的当前时间；
c) 将被测仪器当前时间修改为一事先确定的值；
d) 重启仪器，查看被测仪器当前时间是否与事先确定的值一致；
e) 对被测仪器进行重启和复位操作；
f) 查看仪器工作参数是否符合预定值以判定被测仪器是否正确执行了重启和复位。

6.5.4 数据传输功能

应通过网络通信方式进行检测，步骤如下：

a) 计算机上运行专用软件，被测仪器处于正常工作状态，建立计算机与被测仪器的网络通信连接；
b) 通过计算机分别发出传输当天、前 N 天($N=1,2,3,\cdots,15$)观测数据指令，查看被测仪器执行情况，是否能正确传送相应的数据；
c) 通过计算机分别发出传输当天、前 N 天($N=1,2,3,\cdots,15$)仪器运行日志指令，查看被测仪器执行情况，是否能正确传送相应的日志记录；
d) 如果被测仪器具备软件更新功能，通过计算机上传软件，查看是否具有软件更新能力。

6.5.5 显示功能

应设置被测仪器为正常工作方式，通过目测方法，检查被测仪器测量过程中能否显示测量读数。

6.5.6 校准功能

如果被测仪器具备此项功能，应按照以下步骤进行检测：

a) 零点校准：将仪器电压测量端短路，启动被测仪器零点校准功能，查看被测仪器是否能自动完成零点校准，且被测仪器读数应不超过给定的技术指标要求；
b) 满度校准：应按照图 2 连接，调节高精度直流电压源输出电压为被测仪器最大输入电压值，启动被测仪器满度校准功能，查看被测仪器是否能自动完成满度校准，且被测仪器读数与输入值之差应不超过给定的技术指标要求。

6.5.7 报警功能

如果被测仪器具备此项功能，应根据被测仪器的故障报警功能，人为设置相应故障，查看被测仪器能否报警。

7 检测报告内容要求

检测报告内页内容应包含以下信息：

a） 检测机构名称、地址和联系方式；

b） 被测仪器的描述，包括但不限于被测设备型号、出厂编号、生产厂家；

c） 检测环境描述，包括温度、湿度、电磁环境等；

d） 本次检测所使用的检测设备及溯源性与有效性说明，包括但不限于检测设备型号、出厂编号、校准证书编号和有效日期；

e） 检测所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

f） 各检测项目的检测结果；

g） 检测相关的人员信息，应包括但不限于批准人、核验员及检测员；

h） 检测的日期；

i） 检测结果仅对本次被测仪器有效的声明，例如“本检测报告仅对本次送检样品有效”。

附 录 A
（资料性）
检测记录示例

A.1 外观及通电检查记录示例

表 A.1 给出了外观和通电检查记录的示例。

表 A.1 外观和通电检查记录

序号	检查项目	检查结果
1	外观及标识	完好
2	外部接插件	完好
3	通电检查	正常

A.2 地电阻率测量误差检测记录示例

表 A.2 给出了地电阻率测量误差检测记录的示例。

表 A.2 地电阻率测量误差检测记录

测量次数	测量值 ρ_i/Ω·m				
	供电电流 0.5 A	供电电流 1.0 A	供电电流 1.5 A	供电电流 2.0 A	供电电流 2.5 A
1	19.99	20.01	19.99	19.99	20.00
2	19.98	19.98	20.01	19.99	19.99
3	20.02	19.99	20.01	19.99	19.99
4	19.99	19.99	19.99	20.01	20.01
5	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99
6	20.01	20.02	19.98	20.01	19.98
7	19.99	19.98	20.02	19.99	20.01
8	20.01	19.99	20.01	19.98	19.98
9	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99
10	19.98	19.99	20.01	20.00	19.99
平均值 $\overline{\rho}$/Ω·m	20.00	19.99	20.00	19.99	19.99
标准值 ρ_s/Ω·m	20.00				
偏差 e/Ω·m	0.00	−0.01	0.00	−0.01	−0.01
标准偏差 σ/Ω·m	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
测量误差 $\Delta\rho$/Ω·m	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
最大误差 $\Delta\rho_{max}$/Ω·m	0.03				

注：检测时，设置被测仪器的装置系数 $K=2\ 000$ m，按照公式(A.2)在 R_J 为 0.01 Ω 的情况下，地电阻率标准值 ρ_s 为 20.00 Ω·m。

本示例中，地电阻率在标准值为 20.00 Ω·m 时的地电阻率测量误差为 0.03 Ω·m。

A.3 电压测量误差检测记录示例

表 A.3 给出了电压测量误差检测记录的示例。

表 A.3　电压测量误差检测记录

单位为微伏

标准电压值 V_{xi}	测量值 V_j										测得值 V_{yi}	测量偏差 e	标准偏差 σ	测量误差 ΔV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 000 000	1 000 007	1 000 008	1 000 009	1 000 008	1 000 007	1 000 008	1 000 008	1 000 009	1 000 009	1 000 007	1 000 008	8	1	10
500 000	500 001	500 001	500 000	500 000	499 999	500 002	500 001	500 002	499 999	500 002	500 001	1	1	3
100 000	99 997	99 998	99 999	100 002	99 998	99 996	100 001	99 995	99 999	99 998	99 998	−2	2	6
50 000	50 002	50 001	50 002	50 002	50 002	50 001	50 002	50 003	50 002	50 001	50 002	2	1	4
10 000	9 996	9 995	9 996	9 995	9 995	9 996	9 997	9 996	9 995	9 995	9 996	−4	1	6
5 000	4 992	4 993	4 992	4 991	4 991	4 991	4 991	4 993	4 991	4 991	4 992	−8	1	10
1 000	991	992	992	993	991	991	992	992	992	990	992	−8	1	10
500	493	494	493	492	493	494	495	493	492	492	493	−7	1	9
100	91	92	92	92	93	92	92	91	93	92	92	−8	1	10
0	−5	−6	−4	−5	−6	−6	−5	−4	−6	−5	−5	−5	1	7
−100	−104	−106	−105	−104	−103	−105	−106	−105	−104	−106	−105	−5	1	7
−500	−506	−507	−506	−507	−507	−505	−506	−504	−506	−507	−506	−6	1	8
−1 000	−1 002	−1 003	−1 002	−1 002	−1 003	−1 002	−1 002	−1 003	−1 001	−1 002	−1 002	−2	1	4
−5 000	−5 003	−5 003	−5 004	−5 003	−5 004	−5 003	−5 002	−5 002	−5 004	−5 003	−5 003	−3	1	5
−10 000	−10 003	−10 002	−10 002	−10 004	−10 003	−10 005	−10 004	−10 004	−10 003	−10 002	−10 003	−3	1	5
−50 000	−50 005	−50 006	−50 007	−50 006	−50 007	−50 005	−50 006	−50 007	−50 006	−50 007	−50 006	−6	1	8
−100 000	−100 009	−100 008	−100 007	−100 008	−100 007	−100 009	−100 009	−100 008	−100 007	−100 008	−100 008	−8	1	10
−500 000	−500 004	−500 003	−500 004	−500 004	−500 002	−500 003	−500 004	−500 002	−500 003	−500 004	−500 003	−3	1	5
−1 000 000	−1 000 005	−1 000 004	−1 000 004	−1 000 005	−1 000 005	−1 000 003	−1 000 005	−1 000 004	−1 000 004	−1 000 005	−1 000 004	−4	1	6

本示例中，电压最大测量误差为 10μV。

A.4 电压测量线性度检测记录示例

表 A.4 给出了电压测量线性度检测记录的示例。

表 A.4 电压测量线性度检测记录

标准电压值 V_{xi} μV	测得值 V_{yi} μV	拟合值 V_3 μV	差值 e μV
1 000 000	1 000 008	1 000 002	6
500 000	500 001	499 999	2
100 000	99 998	99 997	1
50 000	50 002	49 997	5
10 000	9 996	9 996	0
5 000	4 992	4 996	4
1 000	992	996	4
500	493	496	3
100	92	96	4
0	−5	−4	1
−100	−105	−104	1
−500	−506	−504	2
−1 000	−1 002	−1 004	2
−5 000	−5 003	−5 004	1
−10 000	−10 003	−10 004	1
−50 000	−50 006	−50 004	2
−100 000	−100 008	−100 004	4
−500 000	−500 003	−500 007	4
−1 000 000	−1 000 004	−1 000 010	6
线性度 δ/%	0.000 6		
注：被测仪器的电压输入满度值 V_{FS} 为 1.0 V。			

A.5 电压测量分辨力检测记录示例

表 A.5 给出了电压分辨力检测记录的示例。

表 A.5　电压分辨力检测记录

单位为微伏

基准电压值 V_1	序号	测量值			
		V_1	V_1+r	$V_1+2\times r$	$V_1+3\times r$
900 000	1	900 002	900 015	900 025	900 034
	2	900 004	900 012	900 022	900 031
	3	900 005	900 014	900 023	900 032
	4	900 004	900 015	900 022	900 032
	5	900 003	900 016	900 024	900 033
	6	900 003	900 015	900 025	900 034
	7	900 002	900 014	900 024	900 035
	8	900 004	900 013	900 025	900 036
	9	900 002	900 014	900 024	900 033
	10	900 004	900 015	900 025	900 034
	平均值 V_2	900 003	900 014	900 024	900 033
500 000	1	49 992	500 001	500 012	500 024
	2	49 991	500 001	500 013	500 024
	3	49 993	500 000	500 011	500 023
	4	49 993	500 000	500 012	500 024
	5	49 992	499 999	500 011	500 021
	6	49 991	500 002	500 013	500 022
	7	49 993	500 001	500 012	500 021
	8	49 994	500 002	500 011	500 022
	9	49 992	499 999	500 011	500 022
	10	49 993	500 002	500 012	500 023
	平均值 V_2	49 992	500 001	500 012	500 022
100 000	1	99 997	100 008	100 019	100 028
	2	99 998	100 009	100 018	100 029
	3	99 999	100 009	100 020	100 029
	4	100 002	100 013	100 021	100 033
	5	99 998	100 010	100 022	100 030
	6	99 996	100 009	100 021	100 039
	7	100 001	100 012	100 021	100 032
	8	99 995	100 011	100 023	100 031
	9	99 999	100 010	100 022	100 030
	10	99 998	100 011	100 020	100 031
	平均值 V_2	99 998	100 010	100 021	100 031
注：被测仪器的电压输入满度值 V_{FS} 为 1.0 V。					

A.6 输入电阻和输入零电流检测记录示例

表 A.6 给出了输入电阻及输入零电流检测记录的示例。

表 A.6 输入电阻及输入零电流检测记录

测量次数	测量值			
	V_{13} μV	V_{14} μV	V_{23} μV	V_{24} μV
1	−8	20	1 000 004	1 000 006
2	−9	19	1 000 003	1 000 005
3	−9	20	1 000 003	1 000 005
4	−8	22	1 000 004	1 000 004
5	−10	18	1 000 002	1 000 006
6	−9	19	1 000 002	1 000 005
7	−8	20	1 000 004	1 000 005
8	−9	21	1 000 003	1 000 006
9	−11	19	1 000 004	1 000 006
10	−9	21	1 000 002	1 000 007
平均值/μV	−9	20	1 000 003	1 000 006
输入电阻 R_i/MΩ	38 461			
输入零电流 I_0/A	2.9×10^{-11}			

A.7 直流共模抑制比检测记录示例

表 A.7 给出了直流共模抑制比检测记录的示例。

表 A.7 直流共模抑制比检测记录表

序号	测量值/μV	
	输入为 0 V	输入为 100 V
1	−6	−11
2	−5	−10
3	−6	−12
4	−7	−11
5	−5	−10
6	−6	−10
7	−5	−11
8	−6	−12
9	−7	−12
10	−7	−12
平均值/μV	$V_0=-6$	$V_1=-11$
r_{cd}/dB	146	

A.8 工频共模抑制比检测记录示例

表 A.8 给出了工频共模抑制比检测记录的示例。

表 A.8 工频共模抑制比检测记录表

序号	测量值/μV	
	输入为 0 V	输入为 220 V
1	−7	−13
2	−6	−14
3	−8	−12
4	−7	−14
5	−6	−13
6	−7	−12
7	−7	−13
8	−6	−14
9	−7	−13
10	−7	−13
平均值/μV	$V_0=-7$	$V_1=-13$
r_{ca}/dB	154	

A.9 工频串模抑制比检测记录示例

表 A.9 给出了工频串模抑制比检测记录的示例。

表 A.9 工频串模抑制比检测记录

序号	测量值/μV	
	输入为 0 V	输入值为仪器电压满度 V_{FS}
1	−8	−15
2	−9	−14
3	−9	−13
4	−8	−15
5	−10	−13
6	−9	−13
7	−8	−12
8	−10	−14
9	−11	−14
10	−9	−13
平均值/μV	$V_0=-9$	$V_1=-14$
r_{sa}/dB	107	
注：被测仪器的电压输入满度值 V_{FS} 为 1.0 V。		

A.10 电源适应性检测记录示例

表 A.10 给出了电源适应性检测记录的示例。

表 A.10 电源适应性检测记录

检测项目	交流输入电压 V	地电阻率测量误差 $\Delta\rho$ Ω·m
电源适应性	V_L	0.02
	V_H	0.03

A.11 稳定性检测记录示例

表 A.11 给出了稳定性检测记录的示例。

表 A.11 稳定性检测记录

检测序号及时间	序号:01 时间:2020 年 5 月 9 日
环境条件	温度:22 ℃ 相对湿度:50%
测量次数	测量值 ρ_i Ω·m
1	19.99
2	19.99
3	19.99
4	20.01
5	19.99
6	20.01
7	19.99
8	19.98
9	19.99
10	20.00
测量值 $\overline{\rho}_i$/Ω·m	19.99
偏差 e/Ω·m	−0.01
标准偏差 σ/Ω·m	0.01
测量误差 $\Delta\rho$/Ω·m	0.03
稳定性/Ω·m	0.03
注:此表为一次检测结果的样表,最终取 6 个月 24 次稳定性检测最差的结果作为被测仪器的稳定性检测结果。	

A.12 泄漏电流检测记录示例

表 A.12 给出了泄漏电流监测记录的示例。

表 A.12　泄漏电流检测记录

单位为毫安

检测项	泄漏电流
相线与机壳	2.0
中线与机壳	1.5

A.13　电气强度检测记录示例

表 A.13 给出了电气强度记录的示例。

表 A.13　电气强度记录

检测项	检测结果
电气强度检测	无闪络、无击穿

A.14　温度范围检测记录示例

表 A.14 给出了温度适应性试验记录的示例。

表 A.14　温度适应性试验记录

检测项目	温度 ℃	检测内容	检测结果
基准工作温度检测	20	电阻率测量误差	0.02 Ω·m
下限温度检测	T_2	电阻率测量误差	0.03 Ω·m
基准工作温度检测	20	电阻率测量误差	0.02 Ω·m
上限温度检测	T_1	电阻率测量误差	0.03 Ω·m
基准工作温度检测	20	电阻率测量误差	0.03 Ω·m
目测检查	—	外观、控制机构、紧固部件、塑料件检测	正常
注 1：T_1、T_2 为仪器技术指标要求的工作范围上限温度、下限温度。 注 2：装置系数 K 设置为 2 000 m，地电阻率标准值为 20.00 Ω·m。			

A.15　湿度范围检测记录示例

表 A.15 给出了湿度适应性试验记录的示例。

表 A.15　湿度适应性试验记录

检测项目	温度 ℃	相对湿度 %	检测内容	检测结果
基准工作湿度检测	20	45～55	电阻率测量误差	0.02 Ω·m
上限湿度检测	T_1	R_1	电阻率测量误差	0.03 Ω·m
基准工作湿度检测	20	45～55	电阻率测量误差	0.02 Ω·m
目测检查	—	—	外观、控制机构、紧固部件、塑料件检测	正常
注：装置系数 K 设置为 2 000 m，地电阻率标准值为 20.00 Ω·m。				

A.16　功能检测记录示例

表 A.16 给出了功能检测记录的示例。

表 A.16　功能检测记录

序号	检测项目			检测结果
1	参数设置功能	测量参数	测量通道	正常
			各测道的装置系数	正常
			测量间隔时间	正常
			测量次数	正常
			供电时间	正常
			供电方式	正常
		台站参数	台站代码	正常
			测项代码	正常
			设备 ID	正常
		网络参数	IP 地址	正常
			网关	正常
			子网掩码	正常
2	控制功能	仪器时钟		正常
		重启/复位		正常
3	数据传输功能	观测数据传输		正常
		仪器运行日志传输		正常
		软件更新		正常
4	显示功能	测量数据		正常
		测量通道		正常
		测量电位差		正常
		供电电流		正常
		测量误差		正常
5	校准功能	零点校准		正常
		满度校准		正常
6	仪器报警功能	供电电流异常报警		正常
		缺测报警		正常

附 录 B
（资料性）
地电阻率测量误差检测方法

在对直流地电阻率仪的地电阻率测量误差进行检测时，实际上是通过对准确度符合检测要求的标准电阻的测量实现的，具体检测原理如下。

建立模拟地电阻率观测的检测装置，如图 B.1 所示。

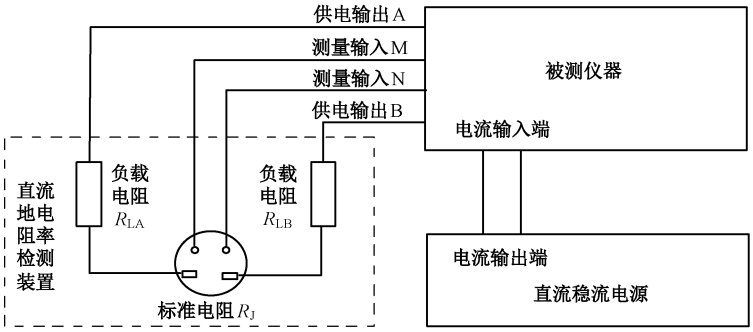


图 B.1 地电阻率检测装置原理图

负载电阻 R_{LA}、R_{LB}相当于实际地电阻率测量时供电电极 A、B 的接地电阻。检测过程中，直流电阻率仪控制直流稳流电源向 R_{LA}、R_{LB}和标准电阻构成的回路供出恒定电流，假设流经回路的电流强度为 I，根据欧姆定律，在标准电阻 R_J 上产生的电压 ΔV 按公式(B.1)计算为：

$$\Delta V = R_J \times I \qquad \cdots\cdots(B.1)$$

式中：

ΔV ——标准电阻上电压的数值，单位为伏特(V)；

R_J ——标准电阻的数值，单位为欧姆(Ω)；

I ——电流强度的数值，单位为安培(A)。

代入地电阻率计算公式(B.2)可得：

$$\rho_s = K \times \frac{\Delta V}{I} = K \times R_J \qquad \cdots\cdots(B.2)$$

式中：

ρ_s ——电阻率标准的数值，单位为欧姆米(Ω·m)；

K ——装置系数的数值，单位为米(m)。实验室检测时，K 值一般选取 1 000 m～4 000 m 之间。

可见，地电阻率标准值 ρ_s 就是标准电阻阻值 R_J 与装置系数 K 的乘积。地电阻率测量误差就是测得值与标准值 ρ_s 的偏差。

附 录 C
（规范性）
直流地电阻率仪安全性检测

C.1 检测内容

直流地电阻率仪的安全性检测内容包括泄漏电流检测和 1 750 V 电压下电气强度检测。

C.2 检测要求

检测要求如下：

a） 被测仪器应放置在绝缘垫片上；

b） 试验电压应施加在带电部位和易接触部件之间，如果易接触部件为非金属部件要用金属箔覆盖；

c） 试验人员应使用符合相关标准的绝缘手套，做好电压防护准备；

d） 操作人员必须确认能够完全自主地控制电源控制开关，必要时可立即关闭电源输出；

e） 泄漏电流检测需要利用隔离变压器对被测仪器进行供电，彻底断开检测电源与大地的联系；

f） 电气强度试验必须在泄漏电流检测合格后才能进行；

g） 试验装置应有完善的保护接零（或接地）措施，实验前后应注意放电。

C.3 检测方法

C.3.1 泄漏电流检测

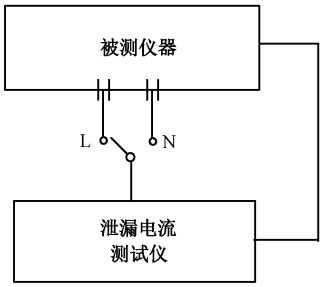
检测线路应按照图 C.1 连接，并应按照以下步骤进行检测：

a） 调节泄漏电流检测仪的输出电压值为被测仪器额定输入电压值的 1.06 倍；

b） 打开被测仪器电源开关，使其开始运行，并稳定；

c） 将开关置于 L 端，检测供电相线与机壳之间的泄漏电流。待泄漏电流检测仪示值稳定后，记录检测结果；

d） 将开关置于 N 端，检测供电中线与机壳之间的泄漏电流。待泄漏电流检测仪示值稳定后，记录检测结果。



注：图中 L 为供电相线，N 为供电中线。

图 C.1 泄漏电流检测示意图

C.3.2 电气强度检测

检测线路应按照图 C.2 连接，并应按照以下步骤进行检测。

a) 在工作温度下，打开被测仪器电源进行预热，在切断电源后立即进行检测。
b) 确认交流耐压检测仪的电源开关处于“关”的状态。
c) 打开仪器的电源开关。
d) 施加电压时，要注意施加顺序和施加速度。施加电压必须从低压开始，均衡速度逐步过渡到高压。注意观察交流耐压检测仪的数值，当施加电压超过 75％试验电压后，要对施加速度及施加量进行调节。
e) 调节试验电压到 1 750 V，并保持 1 min，观察仪器的部件有无闪络或击穿发生。
f) 试验结束时，应将试验电压逐渐下降，避免因瞬时电压突变而将部件误击穿。
g) 试验完成后，首先要关闭交流耐压检测仪电源再进行线路的拆除。

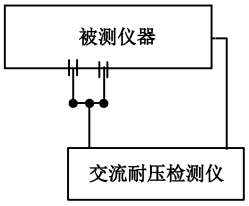


图 C.2 电气强度检测示意图

C.4 检测结果

对泄漏电流检测，被测仪器供电线与机壳间泄漏电流应不大于 3.5 mA。对电气强度检测，在 1 750 V 耐压检测时，各部件应无闪络或击穿现象。

附 录 D
（规范性）
直流地电阻率仪环境适应性检测

D.1 温度范围检测

D.1.1 检测要求

检测要求如下：

a） 检测时，各温度阶梯之间温度变化的速率应不小于 0.5 ℃/min。在每一温度阶梯上，应在仪器达到温度稳定状态后进行检测，温度稳定的时间至少应为 1 h；

b） 工作范围上限温度运行时间至少应为 4 h；

c） 进行温度试验实时，调温调湿箱内的温度应保持恒定均匀，温差不超过±2 ℃，容积至少应为仪器的 3 倍。必要时可采取不违背温度试验目的的措施，如对高低温箱密封及注入干燥空气等，以防止湿度的影响。

D.1.2 检测方法

应按照图 C.1 的温度循环检测时序图进行检测，具体步骤如下：

a） 基准工作温度检测：

1） 设置调温调湿箱内的温度为(20±2)℃，接通被测仪器电源，应按照 6.2.2 规定进行地电阻率测量误差检测；

2） 检测完成后断开电源。

b） 下限温度检测：

1） 断开被测仪器电源，设置调温调湿箱内温度降至温度循环检验时序图对应阶段的下限温度值；

2） 温度稳定后，被测仪器应至少放置 1 h，接通被测仪器电源，应按照 6.2.2 规定进行地电阻率测量误差检测；

3） 检测完成后断开电源。

c） 基准工作温度检测：设置使调温调湿箱内温度升到基准温度(20±2)℃，温度稳定后，接通被测仪器电源，应按照 6.2.2 规定进行地电阻率测量误差检测。为保证被测仪器不致凝水，可降低温度回升速率。

d） 上限温度检测：

1） 仪器处于通电状态，使调温调湿箱内温度升至温度循环检测时序图对应阶段的上限温度数值；

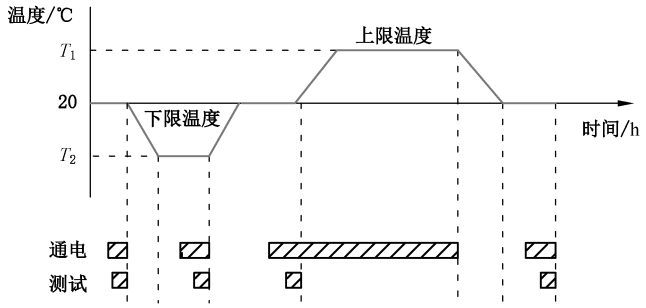
2） 在上限温度运行试验应至少进行 4 h，应按照 6.2.2 规定进行地电阻率测量误差检测；

3） 检测完成后断开电源。

e） 基准工作温度条件：

1） 设置调温调湿箱内的温度为(20±2)℃，接通被测仪器电源，应按照 6.2.2 规定进行地电阻率测量误差检测；

2） 检测完成后断开被测仪器电源。



标引序号说明：

T_1——仪器技术指标要求的上限温度；

T_2——仪器技术指标要求的下限温度。

图 D.1　温度循环检测时序图

D.1.3　检测结果

各温度条件下，被测仪器的地电阻率测量误差应符合技术指标要求。

D.2　湿度范围检测

D.2.1　检测要求

调温调湿箱中空气应能均匀的循环，容积至少为被测仪器的 3 倍，以保证在规定的时间内箱内温度变化为±2 ℃。湿度变化为±3%，并应防止凝露到被测仪器上。

被测仪器中如有对湿度影响特别敏感的部件时，允许取出或采用其他措施代替。

D.2.2　检测方法

应按照图 C.2 的湿度循环检测时序图进行检测，具体步骤如下。

a）　基准工作湿度检测：设置调温调湿箱内的温度为(20±2)℃，相对湿度为 45%～75%。待热、湿稳定后，接通被测仪器电源，应按照 6.2.2 规定进行地电阻率测量误差检测。

b）　上限湿度检测：

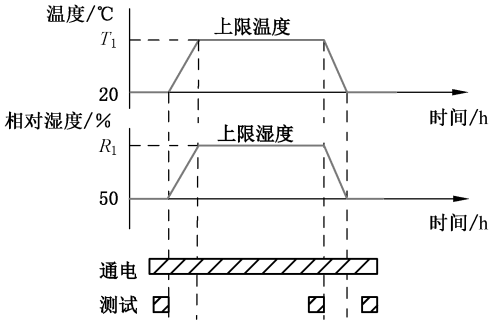
1）　被测仪器处于通电状态，使调温调湿箱内温、湿度分别升降至湿度循环检测时序图中对应阶梯中上限温度和上限湿度值；

2）　待热、湿稳定后，应按照 6.2.2 规定进行地电阻率测量误差检测。

c）　基准工作湿度检测：

1）　被测仪器处于通电状态，设置调温调湿箱内温、湿度分别升降至湿度循环检测时序图中对应阶梯数值；

2）　待热、湿稳定后，应按照 6.2.2 规定进行地电阻率测量误差检测。



标引序号说明：

T_1——仪器技术指标要求的上限温度；

R_1——仪器技术指标要求的上限湿度。

图 D.2　湿度循环检测时序图

D.2.3　检测结果

各湿度条件下，被测仪器的地电阻率测量误差应符合技术指标要求。

参 考 文 献

[1] GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求
[2] GB 4793.1—2007 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
[3] GB/T 6587—2012 电子测量仪器通用规范
[4] GB/T 11464—2013 电子测量仪器术语
[5] GB/T 13978—2008 数字多用表
[6] GB/T 18459—2001 传感器主要静态性能指标计算方法
[7] GB/T 20001.5—2017 标准编写规则 第5部分:规范标准
[8] DB/T 21—2007 地震观测仪器进网技术要求 常用技术参数表述与测试方法
[9] DB/T 27—2008 地震观测仪器质量检验规则
[10] DB/T 29.1—2008 地震观测仪器进网技术要求 地电观测仪 第1部分:直流地电阻率仪
[11] JJF 1001—2011 通用计量术语及定义
[12] JJF 1094—2002 测量仪器特性评定