中华人民共和国地方计量技术规范

JJF(冀)3022—2022

等电位测试仪校准规范

Calibration Specification for Equipotential Testers

2022-03-29 发布　　2022-04-29 实施

河北省市场监督管理局发布

等电位测试仪校准规范

Calibration Specification for

Equipotential Testers

JJF(冀) 3022—2022

归 口 单 位： 河北省市场监督管理局

起 草 单 位： 河北省计量监督检测研究院

天津市计量监督检测科学研究院

北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：河北省药品医疗器械检验研究院

本规范委托河北省计量监督检测研究院负责解释

本规范主要起草人：

李德亨（河北省计量监督检测研究院）

李凌云（河北省计量监督检测研究院）

赵新明（天津市计量监督检测科学研究院）

张　磊（北京市计量检测科学研究院）

参加起草人：

高新艳（河北省计量监督检测研究院）

李　磊（河北省计量监督检测研究院）

王　盼（河北省计量监督检测研究院）

李弼廷（河北省药品医疗器械检验研究院）

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　计量特性 2
5.1　连接电阻最大允许误差公式 2
5.2　准确度等级 2
6　校准条件 2
6.1　环境条件 2
6.2　测量标准及其他设备 3
7　校准项目和校准方法 3
7.1　校准项目 3
7.2　校准方法 3
8　校准结果表达 4
9　复校时间间隔 5
附录A　测量结果不确定度评定示例 6
附录B　校准原始记录格式 10
附录C　校准证书内页格式 11

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

等电位测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于电阻测量上限为 3kΩ的等电位测试仪(等电位连接电阻测试仪)的校准。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJG 837—2003 直流低电阻表

JJF 1587—2016 数字多用表校准规范

GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范

GB 50054—2011 低压配电设计规范

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

3 术语和计量单位

下列术语和定义适应于本规范。

3.1 等电位 equipotential

等电位也称为等电势。在一个带电线路中选定的两个测试点之间没有电压就认定这两个测试点是等电势的。

3.2 等电位连接 equipotential connection

将分开的装置、诸导电物体用等电位连接导体或电涌保护器连接起来以减小雷电流在它们之间产生的电位差。

3.3 等电位连接电阻 equipotential connection resistance

等电位连接电阻（简称连接电阻）是指将诸导电物体用等电位连接导体连接而在其两端形成的过渡电阻。

4 概述

等电位测试仪(测试仪)是用于测量中金属构件之间的等电位连接电阻，各种电气设备与地网地极间的连接导体的电阻。基本原理是其内部有一个恒流源，通过输出一个直流电流，施加于被测导体的两个端钮之间，并测量电流流过被测导体所产生的压降，然后通过电压和电流之比得出被测导体的直流电阻值。等电位测试仪主要有由恒

流源、电压采样处理单元、A/D 转换器、显示器等部分组成。

5 计量特性

5.1 连接电阻最大允许误差公式

用绝对误差的形式表示：

$$\Delta = \pm(a\%R_{\mathrm{x}} + b\%R_{\mathrm{m}}) \tag{1}$$

$$\Delta = \pm(a\%R_{\mathrm{x}} + n) \tag{2}$$

用相对误差的形式表示：

$$r = \pm\left(a\% + b\%\frac{R_{\mathrm{m}}}{R_{\mathrm{x}}}\right) \tag{3}$$

式中：Δ——用绝对误差形式表示的最大允许误差，Ω；

R_{x}——测试仪连接电阻示值，Ω；

R_{m}——测试仪所测量程的满量程值，Ω；

a——与测试仪连接电阻示值有关的误差系数；

b——与测试仪满量程值有关的误差系数；

r——用相对误差形式表示的最大允许误差。

n——以数字表示的绝对误差项，$n = b\%R_{\mathrm{m}}$。

5.2 准确度等级

测试仪准确度等级依据与测试仪连接电阻示值有关的误差系数 a 的大小来确定，系数 a 和系数 b 应符合 $a/b \geqslant 4$ 的要求。

测试仪的准确度等级分为 1.0 级、2.0 级、5.0 级、10.0 级。未标明等级的，校准时以生产厂家仪器说明书为准。

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：20℃±2 ℃；

相对湿度：≤75%；

交流供电：电压 220 V（1±10%），频率 50 Hz(1±5%)；

直流供电：制造厂规定和标称使用的电压范围，当欠电压时，应有欠压符号显示；

周围无影响测试仪正常工作的微波辐射或强电磁场。

6.2　测量标准及其他设备

6.2.1　校准时所需的标准器及配套设备

标准电阻器、标准电阻箱或其他标准器。

6.2.2　标准器的基本要求

校准时由标准器、辅助设备及环境条件所引起的扩展不确定度应不大于被校准测试仪最大允许误差绝对值的 1/3（包含因子 k 取 2）。

校准装置的输出量应能覆盖被校测试仪的量程。

校准时的标准器的允许电流应不低于被校测试仪的工作电流。

7　校准项目和校准方法

7.1　校准项目

连接电阻示值误差（校准方法见条款 7.2.3）。

7.2　校准方法

7.2.1 外观及通电检查

a）被校测试仪外形结构完好，外露件等不应损坏或脱落，机壳、端钮等不应有影响正常工作的机械碰伤，按键无卡死或接触不良的现象；

b）被校测试仪产品名称、制造厂家、仪器型号和编号等均应有明确标记；

c）供电电压和频率标志应正确无误；

d）通电检查被校测试仪各功能、量程切换应正常，小数点位置应正确，显示字符段应完整；

e）测试仪置于校准环境条件下不少于2h，以消除温度梯度的影响。

f）按照被校测试仪使用说明书的要求和规定进行预热。

7.2.2 校准点的选取原则

测试仪连接电阻校准点应在量程的10%～100%之间均匀选取。基本量程校准点不少于5个，非基本量程校准点不少于3个。

同时应参考被校测试仪使用说明书中对校准点的建议，并可根据实际情况或送校单位的要求选取校准点。

7.2.3　连接电阻示值误差的校准

测试仪的测量端子直接与标准器相接，调节标准器至校准点，接通测试仪连接电阻测量开关，当被校测试仪的工作电流或电压稳定后，读取被校准测试仪连接电阻测量值。

测试仪连接电阻示值的绝对误差按式(4)式计算：

$$\Delta R = R_x - R_0 \tag{4}$$

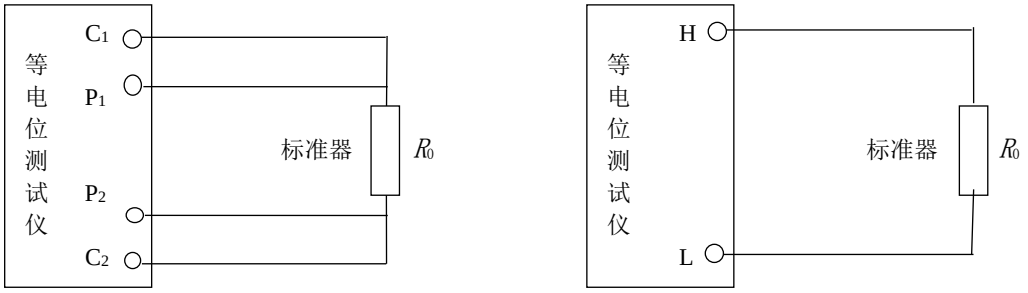
式中：ΔR——测试仪连接电阻示值的绝对误差，Ω；

R_0——标准器电阻实际值，Ω。

被校测试仪连接电阻示值的相对误差按式(5)计算：

$$r_R = \left(\frac{R_x - R_0}{R_0}\right) \times 100\% \tag{5}$$

式中：r_R——测试仪连接电阻示值的相对误差。



(a) 四线连接法　　(b) 两线连接法

图1　校准等电位测试仪连接图

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反映，校准证书（报告）应至少包括以下信息：

a) 标题，如“校准证书”；

b) 实验室名称和地址；

c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同)；

d) 证书或报告的唯一性标识(如编号)，每页及总页数的标识；

e) 客户的名称和地址；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k) 校准环境的描述；

l) 校准结果及其测量不确定度的说明；

m）对校准规范的偏离的说明；

n）校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

o）校准结果仅对被校对象有效的声明；

p）未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

测量结果不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 测量依据：JJF JJF(冀)300X-22XX 等电位测试仪校准规范

A.1.2 测量标准： ZY2508 直流低电阻表校准仪，测量范围 1 μΩ～20 kΩ，准确度等级 0.01 级。

表 1 ZY2508 直流低电阻表校准仪不同测量范围的允许误差

测量范围	允许误差
1μΩ～20 μΩ	±1%
10μΩ～200 μΩ	±0.5%
100μΩ～2 mΩ	±0.1%
1mΩ～20 mΩ	±0.05%
10mΩ～2 kΩ	±0.01%

A.1.3 环境条件：温度 20℃±2℃；相对湿度 40%～75%。

A.1.4 被测对象：等电位测试仪，允许误差±1%。

A.1.5 测量过程：采用直接测量法，用等电位测试仪直接测量直流低电阻表校准仪。调节直流低电阻表校准仪测量盘，读取被校等电位测试仪的显示值。此时，被校测试仪上的显示值与校准仪上的电阻值之差即为被校等电位测试仪的示值误差。下面以 1 Ω、10 Ω两点为例进行示测量结果的不确定评定。

A.2 测量模型

$$\Delta R = R_x - R_0$$

式中：ΔR——测试仪连接电阻示值的绝对误差，Ω；

R_x —— 被检等电位测试仪显示值，Ω；

R_0——标准器直流低电阻表校准仪的读数，Ω。

A.3 方差和传播系数

传播系数：

$$c(R_x) = \partial \Delta R / \partial R_x = 1$$
$$c(R_0) = \partial \Delta R / \partial R_0 = -1$$

方差:

$$u^2(\Delta R)=c^2(R_x)u^2(R_x)+c^2(R_0)u^2(R_0)$$
$$=u^2(R_x)+u^2(R_0)$$

A.4 标准不确定度评定

A.4.1 由被校等电位测试仪引入的标准不确定分量$u(R_x)$

A.4.1.1 由等电位测试仪测量重复性引入的标准不确定度分量$u(R_{x1})$

用等电位测试仪对所选 1 Ω、10 Ω点分别在相同环境条件下进行 10 次重复测量，测量数据见表 2。

表 2 重复性测量数据

测量点 / 测量次数	R_i	
	1 Ω	10 Ω
1	1.001	10.02
2	1.001	10.02
3	1.002	10.03
4	1.001	10.02
5	1.002	10.03
6	1.001	10.02
7	1.001	10.03
8	1.002	10.02
9	1.001	10.02
10	1.001	10.03
$\bar{x}$	1.0013	10.024
$s=\sqrt{\sum(x_i-\bar{x})^2/(n-1)}$	4.9×10^{-4} Ω	5.2×10^{-3} Ω
$u(R_{x1})=s$	4.9×10^{-4} Ω	5.2×10^{-3} Ω

A.4.1.2 由等电位测试仪的分辨力引入的标准不确定度分量$u(R_{x2})$

等电位测试仪在 1 Ω、10 Ω的分辨力分别是 0.001 Ω、0.01 Ω，设读数变化区间的半宽α为分辨力的一半，其概率分布为均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$，则其标准不确定度分量：$u(R_{x2})=\alpha/k$ 。

计算结果见表 3。

表 3　等电位测试仪的分辨力引入的不确定度分量$u(R_{x2})$

测量点	1 Ω	10 Ω
分辨力	0.001 Ω	0.01 Ω
半宽α	0.0005 Ω	0.005 Ω
$u(R_{x2})$	2.9×10^{-4} Ω	2.9×10^{-3} Ω

由于被校等电位测试仪读数的重复性和分辨力存在重复，在合成标准不确定度时将二者中校小值舍去，即舍去由等电位测试仪的分辨力引入的标准不确定度分量$u(R_{x2})$。

A.4.2　由直流低电阻表校准仪引入的标准不确定度分量$u(R_0)$

校准仪量值传递合格，在 1 Ω、10 Ω点最大允许误差±0.01%。校准仪引入的标准不确定度分量$u(R_0)$，采用 B 类方法进行评定。服从均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$，则：$u(R_0)=\alpha/k$，计算结果见表 4。

表 4　直流低电阻表校准仪引入的标准不确定度分量

测量点	最大允许误差	α	$u(R_0)=\alpha/k$
1 Ω	±0.01%	1×10^{-4} Ω	5.8×10^{-5} Ω
10 Ω	±0.01%	1×10^{-3} Ω	5.8×10^{-4} Ω

A.5　不确定度分量的汇总表（见表 5）

表 5　不确定度分量的汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度$u(x_i)$	
		1 Ω	10 Ω
$u(R_x)$	被检等电位测试仪测量重复性	4.9×10^{-4} Ω	5.2×10^{-3} Ω
	被检等电位测试仪分辨力	2.9×10^{-4} Ω（舍去）	2.9×10^{-3} Ω（舍去）
$u(R_0)$	直流低电阻表校准仪的最大允许误差	5.8×10^{-5} Ω	5.8×10^{-4} Ω

A.6　合成标准不确定度

$$u^2(\Delta R)=u^2(R_x)+u^2(R_0)$$

$$u(\Delta R)=\sqrt{u^2(R_x)+u^2(R_0)}$$

合成标准不确定度见表 5。

表 5　合成标准不确定度

测量点	$u(R_x)$	$u(R_0)$	$u(\Delta R)$
1 Ω	4.9×10^{-4} Ω	5.8×10^{-5} Ω	5.0×10^{-4} Ω
10 Ω	5.2×10^{-3} Ω	5.8×10^{-4} Ω	5.3×10^{-3} Ω

A.7　扩展不确定度

$U=k\times u(\Delta R)$ ，取 k=2，由此得到 1 Ω、10 Ω两点校准结果的扩展不确定度，见表 6。

表 6　扩展不确定度

测量点	$u(\Delta R)$	U
1 Ω	5.0×10^{-4} Ω	1.0×10^{-3} Ω
10 Ω	5.3×10^{-3} Ω	1.1×10^{-2} Ω

A.8　测量不确定度的报告表示

等电位测试仪被测 1 Ω、10 Ω两点测量结果的扩展不确定度见表 7。

表 7　测量不确定度的报告表示

测量点	U	U_{rel}	k
1 Ω	1.0×10^{-3} Ω	0.10%	2
10 Ω	1.1×10^{-2} Ω	0.11%	2

附录 B

校准原始记录格式

等电位测试仪校准原始记录

第　　页　共　　页

委托单位：	校准证书编号：	
委托单位地址：	校准依据：	
仪器名称：	型号规格：	出厂编号：
制造单位：	仪器状况：	
校准地点：	环境温度：　　℃	相对湿度：　　%

校准用主要计量标准器具

名称	型号规格	不确定度/准确度等级/最大允许误差	出厂编号	证书编号	有效期

连接电阻示值误差

量程	标准值	显示值	示值误差	测量结果的不确定度（k=2）

校准人员：_____核验人员：_____ 校准日期：　　年　　月　　日

附录 C

校准证书内页格式

证书编号：XXXXXX-XXXX

<table>
<tr><td colspan="5">校准机构授权说明</td></tr>
<tr><td colspan="5">校准环境条件及地点：</td></tr>
<tr><td>温　　度</td><td></td><td>地　　点</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>相对湿度</td><td></td><td>其　　他</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">校准所依据的技术文件（代号、名称）：</td></tr>
<tr><td colspan="5">校准所使用的主要测量标准：</td></tr>
<tr><td>名称</td><td>测量范围</td><td>不确定度/准确度等级/最大允许误差</td><td>检定/校准证书编号</td><td>证书有效期至</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
</table>

注：

1. XXXXX 仅对加盖“XXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

第 X 页　共 X 页

证书编号：XXXXXX-XXXX

校 准 结 果

连接电阻示值误差

量程	标准值	显示值	示值误差	测量结果的不确定度（k=2）

校准结果不确定度的评估和表达均符合 JJF 1059.1 的要求。

校准员：　　核验员：

第 X 页　共 X 页