



湖南省地方计量技术规范

JJF（湘）127—2024

湿海绵针孔检漏仪校准规范

Calibration Specification for Wet Sponge Pinhole Leak Detector

2024-12-18 发布

2025-03-01 实施

湖南省市场监督管理局 发布

湿海绵针孔检漏仪 校准规范

Calibration Specification for
Wet Sponge Pinhole Leak Detector

JJF（湘）127—2024

归口单位：湖南省市场监督管理局

主要起草单位：广电计量检测（湖南）有限公司

主要起草单位：湖南省计量检测研究院

山东锐智科电检测仪器有限公司

本规范委托广电计量检测（湖南）有限公司负责解释

本规范主要起草人：

江贤志（广电计量检测（湖南）有限公司）

罗望春（广电计量检测（湖南）有限公司）

吴少聪（广电计量检测（湖南）有限公司）

张 蓉（湖南省计量检测研究院）

张 俐（山东锐智科电检测仪器有限公司）

参加起草人：

胡 坤（广电计量检测（湖南）有限公司）

文 斌（广电计量检测（湖南）有限公司）

张 彬（湖南省计量检测研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 阈值电阻	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 一般检查	(1)
5.2 输出端直流电压	(2)
5.3 阈值电阻	(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	(2)
6.3 其他条件	(2)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 一般检查	(2)
7.2 输出端直流电压校准	(2)
7.3 阈值电阻校准	(3)
8 校准结果表达	(4)
9 复校时间间隔	(4)
附录A 原始记录格式	(5)
附录B 校准证书内页格式	(6)
附录C 测量结果的不确定度评定示例	(8)

引 言

本规范依据国家计量技术规范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》的规定编写。

本规范为首次发布。

湿海绵针孔检漏仪校准规范

1 范围

本规范适用于湿海绵针孔检漏仪（以下简称针孔检漏仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG（军工）193—2019 直流标准电压源检定规程

JJF（电子）31502—2010 静电腕带 / 脚盘测试仪校准规范

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（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 阈值电阻 threshold resistance

通过针孔检漏仪输出端和地端回路之间，针孔检漏仪发出报警时的电阻值。

4 概述

针孔检漏仪是一种适用于以金属零件为基体，对金属零件表面防护涂层缺陷进行检测及判断的测量仪器，不同标称电压对应不同测试涂层厚度。其内部工作电路主要由电源、升压电路、检测电路以及声光报警电路组成，针孔检漏仪的工作原理基于电导性的原理（如图1所示）。当导电液体进入针洞或者裂缝时，产生回路电流，当回路电阻低于阈值电阻时，仪器发出报警声，此时可以判断涂层表面有针孔或裂缝的存在。

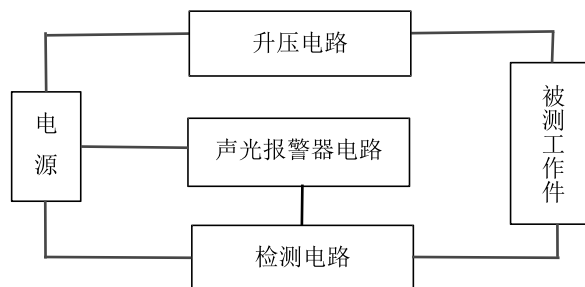


图1 针孔检漏仪工作原理图

5 计量特性

5.1 一般检查

5.1.1 外观要求

针孔检漏仪应具有型号、出厂编号、制造厂家等标识，各按键应灵活可靠。

5.1.2 工作正常性

通电后，针孔检漏仪输出端与接地端短接后应能够报警（报警指示灯亮并发出蜂鸣

声)。

5.2 输出端直流电压

标称电压最大允许误差： $\pm 10\%$ 。

5.3 阈值电阻

最大允许误差： $\pm 10\%$ 。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.1.3 其他：周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 直流标准电压表

测量范围： $(0.1 \sim 1000) \text{ V}$ ，分辨力不低于 0.1 V ，阻抗 $\geq 1 \text{ G}\Omega$ 。

6.2.2 可调标准电阻箱

标称电阻范围： $(100 \Omega \sim 100 \text{ M}\Omega)$ 或者更宽量程电阻箱。

注：测量标准的扩展不确定度应小于被校测量仪的最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

6.3 其他条件

校准针孔检漏仪时，应保证针孔检漏仪所用电池电量充足。

7 校准项目和校准方法

7.1 一般检查

应符合5.1的要求。

7.2 输出端直流电压校准

7.2.1 校准时将直流标准电压表输入端的高端 (U_H) 接至针孔检漏仪输出端 (U_H)，直流标准电压表的低端 (U_L) 接针孔检漏仪的地线端 (U_L)，接线如图2所示。

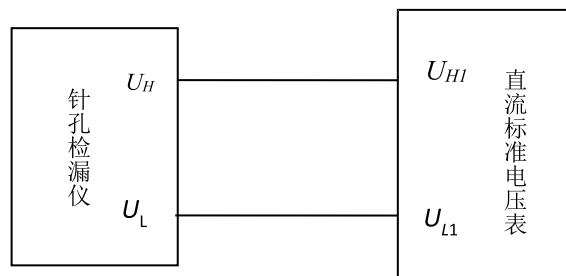


图2 直流电压校准接线图

7.2.2 选择针孔检漏仪的各个标称电压值，每个电压校准点至少进行3次测量，取平均值作为标称电压的测量结果，按公式 (1) 或 (2) 计算输出端直流电压示值误差。

$$\Delta U = U_x - U_s \quad (1)$$

$$\gamma_1 = \frac{\Delta U}{U_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

ΔU ——电压的示值绝对误差, V;

U_x ——针孔检漏仪的标称电压, V;

U_s ——直流标准电压表的电压示值, V;

γ_1 ——电压的示值相对误差, %;

7.3 阈值电阻校准

7.3.1 接线如图3所示, 校准时将可调标准电阻箱的高端接至针孔检漏仪海绵探头端 (U_H), 可调标准电阻箱低端接针孔检漏仪地线端 (U_L)。

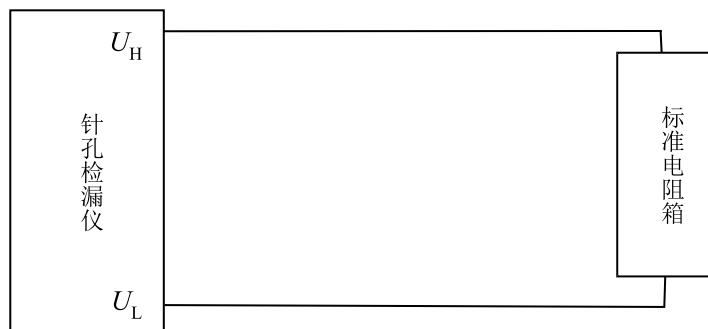


图3 阈值电阻校准接线示意图

7.3.2 连续调节标准电阻箱的阻值, 调节原则是电阻值由大向小依次粗调, 随着电阻值的降低, 电流值会逐渐增加, 当达到某一量值时, 针孔检漏仪会发出“滴滴滴”间歇报警声音, 此时应该细调精密电阻, 逐渐增加电阻, 直到报警声停止, 调整标准电阻箱最小分度盘, 逐渐减小电阻, 直至报警器重新报警, 记录电阻值, 以上操作重复三次, 取平均值作为测量结果。按公式 (3) 或 (4) 计算阈值电阻示值误差。

$$\Delta R = R_x - R_n \quad (3)$$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta R}{R_n} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

ΔR ——阈值电阻示值绝对误差, k Ω ;

R_x ——阈值电阻标称电阻, k Ω ;

R_n ——可调标准电阻箱电阻示值, k Ω ;

γ_2 ——阈值电阻的示值相对误差, %;

8 校准结果表达

校准结果应该在校准证书（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”或“校准报告”）；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- 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) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校准对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期；
- h) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及测量不确定度的说明；
- l) 校准证书（或校准报告）签发人的签名、职位或等效标识，以及签发日期；
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- n) 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

建议复校时间间隔一般为1年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录A

原始记录格式

第 页 共 页

委托单位：	证书编号：	
委托单位地址：	校准依据：	
仪器名称：	仪器型号：	
制造单位：	出厂编号（管理编号）：	
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	出厂编号	证书编号	有效期	不确定度 / 准确度等级 / 最大允许误差

A.1 外观及工作正常性检查

☐正常 ☐不正常：_____。

A.2 直流电压

标称值 (V)	实测值 (V)			平均值 (V)	相对误差 (%)	测量不确定度 U (k=2)
	第一次	第二次	第三次			

A.3 阈值电阻

标称值 (kΩ)	实测值 (kΩ)			平均值 (kΩ)	相对误差 (%)	测量不确定度 U (k=2)
	第一次	第二次	第三次			

校准员：_____ 核验员：_____ 校准日期：____年____月____日

附录B

校准证书内页格式

证书编号XXXXXX

校准机构授权说明					
校准环境条件及地点：					
环境温度		℃	地 点：		
相对湿度		%	其 它：		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：					
校准所使用的主要测量标准：					
名称	型号规格	出厂编号	证书编号	有效期	不确定度 / 准确度等级 / 最大允许误差

- 注：
- 1. × × × × × 仅对加盖 “× × × × × 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。

证书编号XXXXXX

校 准 结 果

B.1 外观及工作正常性检查

B.2 直流电压

标称值 (V)	实测值 (V)	误差 (V)	测量不确定度 (k=2)

B.3 阈值电阻

标称值 (k Ω)	实测值 (k Ω)	误差 (k Ω)	测量不确定度 (k=2)

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059. 1 的要求。

校准员：

核验员：

第×页 共×页

附录C

测量结果的不确定度评定示例

C.1 直流电压测量结果不确定度评定

C.1.1 测量模型

采用直接测量法,用直流标准电压表校准针孔检漏仪输出端直流电压示值误差详见 7.2.2,其示值误差校准测量模型可用式 (C.1) 表示:

$$\Delta U = U_x - U_s \quad (\text{C.1})$$

式中:

ΔU ——针孔检漏仪的直流电压示值误差, V;

U_x ——针孔检漏仪输出电压值, V;

U_s ——直流标准电压表的电压示值, V。

各输入量之间不相关,不确定传播可用公式 (C.2) 表

$$u_c(\Delta u) = \sqrt{c_1^2 u^2(U_x) + c_2^2 u^2(U_s)} \quad (\text{C.2})$$

式中:

$u_c(\Delta u)$ ——被检针孔检漏仪输出端直流电压示值误差的合成标准不确定度, V;

$u^2(U_x)$ ——被检针孔检漏仪引入的标准不确定, V;

$u^2(U_s)$ ——直流标准电压表引入的标准不确定, V。

C.1.2 不确定度来源

不确定度来源主要有:测量重复性,标准器引入的不确定度分量,环境条件(温度、湿度、电源、电磁场)影响引起的误差等,测量是在规程规定的环境条件下进行,环境条件影响引起的误差可忽略不计。

C.1.3 标准不确定度的评定

C.1.3.1 测量重复性引入的不确定度 $u(U_x)$

按上述方法,针孔检漏仪输出直流电压90V,对针孔检漏仪在短时间内重复测量10次,被校仪器的示值如下:

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
测量值 (V)	89.85	89.84	89.85	89.85	89.85	89.849
测量次数	6	7	8	9	10	
测量值 (V)	89.84	89.85	89.86	89.85	89.85	

根据贝塞尔公式得到单次测量标准偏差:

$$S_n(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 0.006\text{V}$$

实际测量是在选定条件下对同一电压重复测量3次，以3次测量的算术平均值作为单次测量结果，则由示值重复性引入的不确定度分量为：

$$u(U_x) = S_n(x) / \sqrt{3} = 0.006 \text{ V} / \sqrt{3} = 0.0035 \text{ V}$$

C.1.3.2 直流标准电压表引入的标准不确定度 $u(U_s)$

直流标准电压表经校准符合技术指标要求，该标准器在直流电压100 V时的最大允许误差为： $\pm (1\% \text{ reading} + 0.2\% \text{ of range})$ ，其最大允许误差为： $\pm 1.3 \text{ V}$ ，视其为均匀分布，置信因子 $k = \sqrt{3}$ ，因此：

$$u(U_s) = 1.3 \text{ V} / \sqrt{3} = 0.75 \text{ V}$$

C.1.4 合成标准不确定度

直流电压示值测量结果的不确定度分量如下表所示。

表1 标准不确定度分量一览表

输入量	标准不确定度来源	概率分布	灵敏度系数	不确定度分量
$u(U_n)$	测量重复性引入	正态分布	1	0.0035 V
$u(U_s)$	直流标准电压表引入	均匀分布	-1	0.75 V

则合成标准不确定为：

$$u_c(\Delta u) = \sqrt{c_1^2 u^2(U_n) + c_2^2 u^2(U_s)} = 0.76 \text{ V}$$

C.1.5 扩展不确定度的计算

取 $k=2$ ，则 $U = ku_c = 1.5 \text{ V}$ ，其相对不确定为： $U_{\text{rel}} = 1.7\%$ ， $k=2$ 。

C.2 阈值电阻测量结果不确定度评定

C.2.1 测量模型

采用直接测量法，用可调标准直流电阻箱校准针孔检漏仪阈值电阻示值误差详见7.3.2，其示值误差校准测量模型可用式（C.3）表示：

$$\Delta = R_x - R_n \quad (\text{C.3})$$

式中：

Δ ——示值的绝对误差， Ω ；

R_x ——针孔检漏仪阈值电阻， Ω ；

R_n ——可调标准电阻箱电阻， Ω ；

各输入量之间不相关，不确定传播可用公式（C.4）表示

$$u_c(\Delta u) = \sqrt{c_1^2 u^2(R_x) + c_2^2 u^2(R_n)} \quad (\text{C.4})$$

式中：

$u_c(\Delta u)$ ——被检针孔检漏仪阈值电阻示值误差的合成标准不确定度，V；

$u^2(R_x)$ ——被检针孔检漏仪引入的标准不确定，V；

$u^2(R_n)$ ——可调标准电阻箱引入的标准不确定，V。

C.2.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：测量重复性，标准器引入的不确定度分量，环境条件（温度、湿度、电源、电磁场）影响引起的误差等，测量是在规程规定的环境条件下进行，环境条件影响引起的误差可忽略不计。

C.2.3 标准不确定度分量的评定

不确定度来源主要为被测仪器针孔检漏仪的测量重复性，所用可调标准电阻箱的最大允许误差以及环境条件的影响等，测量是在规程规定的环境条件下进行，环境条件影响引起的误差可忽略不计。

C.2.3.1 被测仪器针孔检漏仪测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(R_x)$

按图3连接可调标准电阻箱至针孔检漏仪，对90 V标称电压下400 k Ω 阈值电阻进行10次测量，得到测量列如下：

测量次数	1	2	3	4	5
测量值 (k Ω)	398.7	398.6	398.9	398.5	398.4
测量次数	6	7	8	9	10
测量值 (k Ω)	398.3	398.5	398.6	398.6	398.8

$$\text{平均值: } \overline{(R_x)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_x)_i = 398.6 \text{ k}\Omega$$

根据贝塞尔公式得到单次测量标准偏差：

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((R_x)_i - \overline{(R_x)})^2}{n-1}} = 0.19 \text{ k}\Omega$$

实际测量是在选定条件下重复测量3次，以3次测量的算术平均值作为单次测量结果，则由示值重复性引入的不确定度分量为：

$$u(R_x) = S_n / \sqrt{3} = 0.19 \text{ k}\Omega / \sqrt{3} = 0.11 \text{ k}\Omega, \text{ 相对不确定 } u_c = 0.03\%$$

C.2.3.2 标准器误差引入的标准不确定度分量 $u(R_n)$ ：

已知可调标准电阻箱测量范围：100 Ω ~ 10M Ω ，最大允许误差： $\pm 0.2\%$ ，区间半宽度a为：0.2%，设在该区间内服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准器误差引入的相对标准不确定度分量为：

$$100\Omega \sim 10\text{M}\Omega: u(R_n) = \frac{a}{k} = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.12\%$$

C.2.4 合成标准不确定度的评定

阈值电阻测量结果的不确定度分量如下表所示。

表2 标准不确定度分量一览表

输入量	标准不确定度来源	概率分布	灵敏度系数	不确定度分量
$u(R_n)$	测量重复性引入	正态分布	1	0.03%
$u(R_s)$	直流标准电压表引入	均匀分布	-1	0.12%

通过以上分析得知，其不确定度分量有 $u(R_x)$ ， $u(R_n)$ 等项，且各项互不相关，其相对合成不确定度用如下公式：

$$u_c(\Delta u) = \sqrt{c_1^2 u^2(R_n) + c_2^2 u^2(R_x)} = 0.13\%$$

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则相对扩展不确定度为： $U_{\text{rel}} = ku_c = 0.26\%$