

天津市地方计量技术规范

JJF(津)11—2020

气敏传感器测试仪校准规范

Calibration Specification for Gas Sensor Tester

2020—09—28 发布

2020—10—20 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

气敏传感器测试仪校准规范

Calibration Specification for Gas Sensor Tester

JJF(津)11-2020

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

参加起草单位：北京中聚高科科技有限公司

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

王志鹏 (天津市计量监督检测科学研究院)

郭知明 (天津市计量监督检测科学研究院)

姚 尧 (天津市计量监督检测科学研究院)

参加起草人：

孙银合 (天津市计量监督检测科学研究院)

白玉洁 (天津市计量监督检测科学研究院)

徐冬梅 (北京中聚高科科技有限公司)

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 概述.....	(1)
3 计量特性.....	(1)
3.1 电流输出误差.....	(1)
3.2 电压输出误差.....	(1)
3.3 电阻测量误差.....	(1)
4 校准条件.....	(1)
4.1 环境条件.....	(1)
4.2 测量标准.....	(1)
5 校准项目和校准方法.....	(1)
5.1 校准点的选择.....	(1)
5.2 电流输出误差或电压输出.....	(1)
5.3 电阻测量误差.....	(2)
6 校准结果表达.....	(2)
7 复校时间间隔.....	(3)
附录 A 气敏传感器测试仪校准记录（推荐）.....	(4)
附录 B 校准证书内页格式（推荐）.....	(5)
附录 C 电流输出误差测量不确定度评定.....	(6)
附录 D 电压输出误差测量不确定度评定.....	(8)
附录 E 电阻测量误差测量不确定度评定.....	(10)

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。

本规范的制定参考了 GB/T 15653-1995《金属氧化物半导体气敏元件测试方法》、JB/T 11623-2013《平面厚膜半导体气敏元件》等技术标准。

本校准规范为首次发布。

气敏传感器测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于电阻型半导体气敏传感器测试仪的校准。

2 概述

气敏传感器测试仪(以下简称“仪器”)主要用于测试半导体气敏传感器的性能,如进行灵敏度分析、选择性分析等。仪器主要由气室、测量系统、数据采集与传输系统等组成。

3 计量特性

3.1 电流输出误差

不超过 $\pm 2\text{mA}$ 。

3.2 电压输出误差

不超过 $\pm 0.05\text{V}$ 。

3.3 电阻测量误差

不超过读数的 $\pm 0.5\%$ 。

注:以上指标不用于合格性判别,仅作参考。

4 校准条件

4.1 环境条件

4.1.1 环境温度:($15\sim 35$) $^{\circ}\text{C}$,校准过程中温度变化不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.2 相对湿度: $\leq 75\%$ 。

4.1.3 供电电源:交流(220 ± 22) V , (50 ± 0.5) Hz 。

4.1.4 无明显机械振动,无电磁干扰,避免阳光直射被校准仪器。

4.2 测量标准

4.2.1 数字多用表

最小分辨力:电流 $\leq 0.001\text{mA}$,电压 $\leq 0.001\text{mV}$ 。

最大允许误差:电流 $\pm 0.01\text{mA}$,电压 $\pm 0.01\text{mV}$ 。

4.2.2 电阻箱:0.05级。

5 校准项目和校准方法

5.1 校准点的选择

一般根据用户的需要选择校准点。如无特殊要求,则在量程范围内均匀选择6个校准点。

5.2 电流输出误差或电压输出误差

仪器按使用说明书的要求通电预热稳定后,按图 1 连接数字多用表与仪器。根据校准点调节仪器的输出值,记录数字多用表的示值,重复测量 3 次,按式 (1) 计算电流输出误差或电压输出误差。

$$\Delta A = A_x - \bar{A} \quad (1)$$

式中:

ΔA ——电流输出误差或电压输出误差, mA 或 V;

A_x ——仪器的电流或电压输出值, mA 或 V;

\bar{A} ——数字多用表 3 次测量结果的算术平均值, mA 或 V。

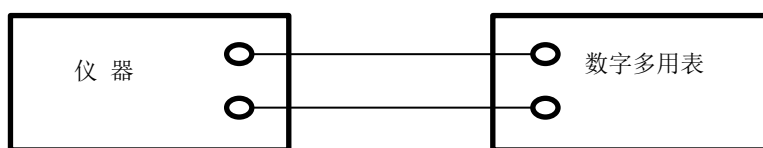


图 1 仪器电流输出误差校准连接图

5.3 电阻测量误差

仪器按使用说明书的要求通电预热稳定后,按图 2 连接电阻箱与仪器。根据校准点调节电阻箱的输出电阻值,记录仪器的测量值,重复测量 3 次,取算术平均值作为仪器的示值,按式 (2) 计算电阻示值误差。

$$\Delta R = \frac{R_x - R_0}{R_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

ΔR ——电阻测量误差;

R_0 ——电阻箱的输出电阻值, k Ω ;

R_x ——仪器的示值, k Ω 。

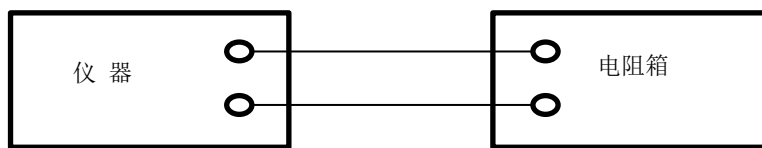


图 2 仪器电阻测量误差校准连接图

6 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息:

- a) 标题: “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) 证书的唯一性标识(如编号), 页码及总页数的标识;

- e) 客户名称和地址;
- 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, 不得部分复制证书的声明。

7 复校时间间隔

复校时间间隔的长短由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定, 送校单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔, 建议不超过 1 年。如果对仪器的测量数据有怀疑, 或仪器更换主要部件及维修后, 应对仪器重新校准。

附录 A

气敏传感器测试仪校准记录 (推荐)

委托单位: _____ 证书编号: _____

仪器名称: _____ 仪器型号: _____

生产厂家: _____ 出厂编号: _____

校准日期: _____ 校准地点: _____

校准环境温度: _____ 相对湿度: _____

校准依据: _____ 校准设备: _____

A.1 电流输出误差或电压输出误差

测量范围 _____

仪器输出值	数字多用表测量值		平均值	示值误差	校准结果的不确定度

A.2 电阻测量误差

测量范围 _____

电阻箱输出 值 (k Ω)	仪器测量值 (k Ω)		平均值 (k Ω)	示值误差 (%)	校准结果的不确定度

校准员: _____

核验员: _____

附录 B

校准证书内页格式 (推荐)

证书编号××××—××××

校准结果

1. 电流输出误差或电压输出误差

测量范围	仪器输出值	数字多用表测量值	示值误差	校准结果的不确定度

2. 电阻测量误差

测量范围 (kΩ)	电阻箱输出值 (kΩ)	仪器测量值 (kΩ)	示值误差 (%)	校准结果的不确定度

以下空白

第×页共×页

附录 C

电流输出误差测量不确定度评定

C.1 概述

测量标准：数字多用表。

被测对象：气敏传感器测试仪。

测量过程：仪器按使用说明书的要求通电预热稳定后，连接数字多用表与仪器，对 20mA 校准点进行测量。

C.2 测量模型

$$\Delta A = A_x - \bar{A}$$

式中：

ΔA ——电流输出误差，mA；

A_x ——仪器的电流输出值，mA；

\bar{A} ——数字多用表 3 次测量结果的算术平均值，mA。

根据测量模型，合成标准不确定度的计算公式为： $u_c(\Delta A) = \sqrt{c_1^2 u_x^2 + c_2^2 u_0^2}$

灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial \Delta A}{\partial A_x} = 1$ $c_2 = \frac{\partial \Delta A}{\partial A} = -1$

C.3 标准不确定度

C.3.1 输入量 A_x 的标准不确定度 u_x 的评定C.3.1.1 由仪器分辨力引入的标准不确定度分量 u_{x1}

仪器电流输出分辨力 1mA，设读数变化区间的半宽为分辨力的一半，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 $u_{x1} = \frac{1}{2 \times \sqrt{3}} \text{mA} = 0.289 \text{mA}$ 。

C.3.1.2 由测量重复性引入的标准不确定度分量 u_{x2}

在重复性条件下测量其输出电流 20mA 校准点，测量结果见表 C.1。

表 C.1 测量结果

单位：mA

输出值	测量值									
20	19.897	19.899	19.897	19.897	19.897	19.898	19.899	19.898	19.899	19.899

由贝塞尔公式计算其标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.000943 \text{mA}$ 。

在实际测量中，取 3 次测量结果的算术平均值作为最终测量结果，故标准不确定度

分量 $u_{x2} = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.000545\text{mA}$ 。由重复性引入的不确定度分量包含了分辨力的影响, 为了避免重复, 输入量 A_x 的标准不确定度取 u_{x1} 与 u_{x2} 的较大者。因此, $u_x = 0.289\text{mA}$ 。

C.3.2 输入量 \bar{A} 的标准不确定度 u_0 的评定

在测量输出电流时, 根据校准证书, 数字多用表在 20mA 校准点的误差为 $2 \times 10^{-3}\text{mA}$, 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 $u_0 = 1.15 \times 10^{-3}\text{mA}$ 。

C.4 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta A) = \sqrt{c_1^2 u_x^2 + c_2^2 u_0^2} = 0.289\text{mA}$$

C.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$, 则扩展不确定度为: $U = 0.6\text{mA}$, $k = 2$ 。

附录 D

电压输出误差测量不确定度评定

D.1 概述

测量标准：数字多用表。

被测对象：气敏传感器测试仪。

测量过程：仪器按使用说明书的要求通电预热稳定后，连接数字多用表与仪器，对 5V 校准点进行测量。

D.2 测量模型

$$\Delta A = A_x - \bar{A}$$

式中：

ΔA —— 电压输出误差，V；

A_x —— 仪器的电压输出值，V；

\bar{A} —— 数字多用表 3 次测量结果的算术平均值，V。

根据测量模型，合成标准不确定度的计算公式为： $u_c(\Delta A) = \sqrt{c_1^2 u_x^2 + c_2^2 u_0^2}$

灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial \Delta A}{\partial A_x} = 1$ $c_2 = \frac{\partial \Delta A}{\partial \bar{A}} = -1$

D.3 标准不确定度

D.3.1 输入量 A_x 的标准不确定度 u_x 的评定D.3.1.1 由仪器分辨力引入的标准不确定度分量 u_{x1}

仪器电压输出分辨力 0.01V，设读数变化区间的半宽为分辨力的一半，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 $u_{x1} = \frac{0.01}{2 \times \sqrt{3}} \text{V} = 0.00289 \text{V}$ 。

D.3.1.2 由测量重复性引入的标准不确定度分量 u_{x2}

在重复性条件下测量其输出电压 5V 校准点，测量结果见表 D.1。

表 D.1 测量结果

单位：V

输出值	测量值									
5	4.998	4.998	4.997	4.998	4.998	4.998	4.998	4.997	4.998	4.998

由贝塞尔公式计算其标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 4.22 \times 10^{-4} \text{V}$ 。

在实际测量中，取 3 次测量结果的算术平均数值作为最终测量结果，故标准不确定度分量 $u_{x2} = \frac{s}{\sqrt{3}} = 2.44 \times 10^{-4} \text{V}$ 。由重复性引入的不确定度分量包含了分辨力的影响，为

为了避免重复, 输入量 A_x 的标准不确定度取 u_{x1} 与 u_{x2} 的较大者。因此, $u_x = 0.00289\text{V}$ 。

D.3.2 输入量 \bar{A} 的标准不确定度 u_0 的评定

在测量输出电压时, 根据校准证书, 数字多用表在 5V 校准点的误差为 $1 \times 10^{-3}\text{V}$ 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 $u_0 = 5.8 \times 10^{-4}\text{V}$ 。

D.4 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta A) = \sqrt{c_1^2 u_x^2 + c_2^2 u_0^2} = 0.0029\text{V}$$

D.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$, 则扩展不确定度为: $U = 0.006\text{V}$, $k = 2$ 。

附录 E

电阻测量误差测量不确定度评定

E.1 概述

测量标准：电阻箱。

被测对象：气敏传感器测试仪。

测量过程：仪器按使用说明书的要求通电预热稳定后，连接电阻箱与仪器，对 10kΩ 校准点进行测量。

E.2 测量模型

$$\Delta R = \frac{R_x - R_0}{R_0} \times 100\%$$

式中：

ΔR ——电阻测量误差；

R_0 ——电阻箱的输出电阻值，kΩ；

R_x ——仪器的示值，kΩ。

根据测量模型，合成标准不确定度的计算公式为： $u_c(\Delta R) = \sqrt{c_1^2 u^2(R_x) + c_2^2 u^2(R_0)}$

灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial(\Delta R)}{\partial R_x} = \frac{1}{R_0}$ $c_2 = \frac{\partial(\Delta R)}{\partial R_0} = -\frac{R_x}{R_0^2}$

E.3 标准不确定度

E.3.1 输入量 R_x 的标准不确定度 $u(R_x)$ 的评定E.3.1.1 由仪器分辨力引入的标准不确定度分量 u_{x1}

仪器电流输出分辨力 1Ω，设读数变化区间的半宽为分辨力的一半，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 $u_{x1} = \frac{1}{2 \times \sqrt{3}} = 0.289 \Omega$ 。

E.3.1.2 由测量重复性引入的标准不确定度分量 u_{x2}

在重复性条件下测量电阻箱 10kΩ 的输出值，测量结果见表 E.1。

表 E.1 测量结果

单位：Ω

电阻箱输出值	测量值				
10000	9987	9984	9988	9987	9987
	9986	9987	9988	9987	9986

由贝塞尔公式计算其标准差 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 1.16 \Omega$ 。

在实际测量中，取 3 次测量结果的算术平均值作为最终测量结果，故标准不确定度分量 $u_{x2} = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.67\Omega$ 。由重复性引入的不确定度分量包含了分辨力的影响，为了避免重复，输入量 R_x 的标准不确定度取 u_{x1} 与 u_{x2} 的较大者。因此， $u(R_x) = 0.67\Omega$ 。

E.3.2 输入量 R_0 的标准不确定度 $u(R_0)$ 的评定

在测量输出电流时，根据校准证书，电阻箱在 $10k\Omega$ 校准点的误差为 3Ω ，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 $u(R_0) = 1.73\Omega$ 。

E.4 合成标准不确定度

$$\text{灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial(\Delta R)}{\partial R_x} = \frac{1}{R_0} = 1.0 \times 10^{-4} \Omega^{-1} \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta R)}{\partial R_0} = -\frac{R_x}{R_0^2} = -0.999 \times 10^{-4} \Omega^{-1}$$

$$u_c(\Delta R) = \sqrt{c_1^2 u^2(R_x) + c_2^2 u^2(R_0)} = 0.019\%$$

E.5 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，则扩展不确定度为 $U = 0.04\%$ ， $k = 2$ 。

