

双金属温度计示值误差不确定度评定

魏山林

秦皇岛市计量测试研究所

[摘要] 本文主要介绍了JJF 1908-2021《双金属温度计校准规范》发布后双金属温度计的不确定度评定。

[关键词] 双金属温度计; 不确定度评定

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.08.721

双金属温度计是一种适合中、低温测量的温度仪表，它用膨胀系数不同的两种纯金属片或合金片牢固结合在一起组成感温元件，一般绕制成螺旋形，其一端固定，另一端装有指针。当温度变化时，感温元件曲率发生变化，自由端旋转，带动指针在度盘上指示出温度数值。

双金属温度计的示值容易受多方面因素的影响，为了确保测量结果的准确可靠，本文依据JJF1908-2021《双金属温度计校准规范》对双金属温度计的测量结果进行不确定度分析。

1、概述

测量依据：JJF1908-2021《双金属温度计校准规范》

测量环境条件：温度(20±5)，湿度≤85%RH

测量标准：二等水银温度计组(-60~300)℃

被测对象：双金属温度计(-60~200)℃，准确度等级

1.5级，分度值为1.0℃

测量方法：将标准水银温度计和被校双金属温度计同置于恒温槽中，采用比较法进行校准，然后对校准结果进行不确定度分析。

2、测量模型

$$\Delta t = t - (t_s + A)$$

式中：

Δt ——双金属温度计在各被测点的示值误差，℃；

t ——双金属温度计的示值，℃

t_s ——标准水银温度计的示值，℃

A ——标准水银温度计在各被测点的修正值，℃

3、灵敏系数

$C_1=1$

$C_2=-1$

$C_3=-1$

4、标准不确定度评定

4.1 输入量 t 引入的标准不确定度

4.1.1 被校双金属温度计的示值估读引入的标准不确定度 $u_1(t)$

由于双金属温度计的示值孤独到其分度值的1/10，即为0.1℃，区间半宽为0.05℃，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_1(t) = 0.05^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

4.1.2 被校双金属温度计测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(t)$

重复性引起的不确定度分量 $u_2(t)$ 可采用A类方法进行评定，此次被检双金属温度计分别在-60℃、0℃、100℃、200℃点重复性条件下连续独立测量10次，得到如下数据组：

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|------|-----|
| $t/^\circ\text{C}$ | 0.1 | 0.0 | 0.1 | -0.1 | -0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | -0.1 | 0.2 |

可得在0℃，重复性引入的标准不确定度为：

$$u_2(t) = 0.07$$

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|
| $t/^\circ\text{C}$ | 100.2 | 100.1 | 100.1 | 99.9 | 99.9 | 100.2 | 100.2 | 100.0 | 99.9 | 100.2 |

在100℃，重复性引入的标准不确定度为：

$$u_2(t) = 0.13$$

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t/^\circ\text{C}$ | 200.1 | 200.0 | 200.1 | 199.9 | 199.9 | 200.2 | 200.2 | 200.1 | 199.9 | 200.0 |

在200℃，重复性引入的标准不确定度为：

$$u_2(t) = 0.12$$

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t/^\circ\text{C}$ | -60.1 | -60.0 | -60.1 | 59.9 | -60.2 | -60.0 | -60.0 | -60.1 | -59.8 | -60.0 |

在-60℃，重复性引入的标准不确定度为：

$$u_2(t) = 0.11$$

4.2 输入量 t_s 引入的标准不确定度

4.2.1 恒温槽温度波动性引入的标准不确定度 $u_1(t_s)$ ，用B类标注不去确定度评定。

-60℃时恒温槽的温度波动性不超过0.1℃/min，区间半宽为0.05℃，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_1(t_s) = 0.05^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

0℃时恒温槽的温度波动性不超过0.1℃/min, 区间半宽为0.05℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_1(t_s) = 0.05^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

100℃时恒温槽的温度波动性不超过0.1℃/min, 区间半宽为0.05℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_1(t_s) = 0.05^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

200℃时恒温槽的温度波动性不超过0.1℃/min, 区间半宽为0.05℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_1(t_s) = 0.05^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

4.2.2 恒温槽温度均匀性引入的标准不确定度 $u_2(t_s)$

-60℃时恒温槽的最大温差为0.30℃, 则不确定度区间半宽0.15℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_2(t_s) = 0.15^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.09^\circ\text{C}$$

0℃时恒温槽的最大温差为0.10℃, 则不确定度区间半宽0.05℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=$, 则

$$u_2(t_s) = 0.05^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

100℃时恒温槽的最大温差为0.20℃, 则不确定度区间半宽0.10℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_2(t_s) = 0.10^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.06^\circ\text{C}$$

200℃时恒温槽的最大温差为0.20℃, 则不确定度区间半宽0.10℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_2(t_s) = 0.10^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.06^\circ\text{C}$$

4.2.3 标准水银温度计示值估读引入的标准不确定度 $u_3(t_s)$

标准水银温度计示值估读到分度值的1/10, 即0.01℃, 区间半宽为0.005℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_3(t_s) = 0.005^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.003^\circ\text{C}$$

因为数值很小, $u_3(t_s)$ 可以忽略不计。

4.3 输入量A引入的标准不确定度

4.3.1 标准水银温度计修正值引入的标准不确定度 $u_1(A)$

标准水银温度计示值修正值的扩展不确定度为 $U=0.06^\circ\text{C}$ ($k=2$), 则

$$u_1(A) = 0.06^\circ\text{C}/2 = 0.03^\circ\text{C}$$

4.3.2 标准水银温度计在周期内不做零位修正引入的标准不确定度 $u_2(A)$

标准水银温度计在周期内不作零位修正所引入的误差不超过0.06℃, 按均匀分布处理, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_2(A) = 0.06^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.04^\circ\text{C}$$

5、合成标准不确定度评定

由于各项标准不确定度互不相关, 则合成标准不确定度为:

$$u_c =$$

6、扩展不确定度

由扩展不确定度 $U=k \times u_c$, 取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度见下表

| 测量点 | 合成标准不确定度 u_c | 包含因子 k | 扩展不确定度 U |
|------|----------------|----------|-------------|
| -60℃ | 0.16℃ | 2 | 0.32℃ $k=2$ |
| 0℃ | 0.10℃ | 2 | 0.20℃ $k=2$ |
| 100℃ | 0.16℃ | 2 | 0.32℃ $k=2$ |
| 200℃ | 0.16℃ | 2 | 0.32℃ $k=2$ |

7、测量不确定度报告

测量范围 扩展不确定度
 (-60~200)℃ $U = (0.20 \sim 0.32)^\circ\text{C} \quad k=2$

参考文献

- [1] 国家市场监督管理总局. 双金属温度计校准规范: JJF 1908-2021 [S].
- [2] 国家计量技术规范. 测量不确定度评定与表示.: JJF 1059.1-2012 [S].

合成标准不确定度汇总见下表

| 测量点 | 标准不确定度分量 u | | | | | | 合成标准不确定度 u_c |
|------|--------------|----------|------------|------------|----------|----------|----------------|
| | $u_1(t)$ | $u_2(t)$ | $u_1(t_s)$ | $u_2(t_s)$ | $u_1(A)$ | $u_2(A)$ | |
| -60℃ | 0.03℃ | 0.11 | 0.03℃ | 0.09℃ | 0.03℃ | 0.04℃ | 0.16℃ |
| 0℃ | 0.03℃ | 0.07 | 0.03℃ | 0.03℃ | 0.03℃ | 0.04℃ | 0.10℃ |
| 100℃ | 0.03℃ | 0.13 | 0.03℃ | 0.06℃ | 0.03℃ | 0.04℃ | 0.16℃ |
| 200℃ | 0.03℃ | 0.12 | 0.03℃ | 0.06℃ | 0.03℃ | 0.04℃ | 0.16℃ |