

可穿戴体温计不确定度评定报告

1 被测对象

以分辨力为 0.01 °C 的可穿戴体温计为例，采用标准铂电阻温度计作为标准器进行校准，评定在校准点 37 °C 时示值误差的不确定度。

2 测量模型

体温计示值误差的测量模型为

$$\Delta t = \bar{t}_i - \bar{t}_b \quad (1)$$

式中：

Δt ——被校体温计的示值误差，°C；

\bar{t}_i ——被校体温计显示值的平均值，°C；

\bar{t}_b ——标准铂电阻温度计测得值的平均值，°C。

3 标准不确定度来源

3.1 输入量 \bar{t}_i 引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_i)$ 由以下 2 个分量构成：

(a) 被校体温计测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{t}_i)$ ；

(b) 被校体温计示值分辨力引入的标准不确定度 $u_2(\bar{t}_i)$ ；

3.2 输入量 \bar{t}_b 引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_b)$ 由以下 4 个分量构成：

(a) 标准铂电阻温度计量值溯源引入的标准不确定度 $u_1(\bar{t}_b)$ ；

(b) 电测设备测量误差引入的标准不确定度 $u_2(\bar{t}_b)$ ；

(c) 标准铂电阻水三相点电阻值变化引入的标准不确定度 $u_3(\bar{t}_b)$ ；

(d) 恒温槽温度场不均匀引入的标准不确定度 $u_4(\bar{t}_b)$ 。

4 标准不确定度的评定

4.1 $u(\bar{t}_i)$ 的评定

4.1.1 $u_1(\bar{t}_i)$ 的评定

恒温槽的温度波动、被校体温计的短期不稳定性等均会导致被校体温计示值

的不重复，采用A类评定方法。对被校体温计在重复性条件下做10次测量，获得测量值分别为37.03 °C、37.02 °C、37.03 °C、37.02 °C、37.04 °C、37.02 °C、37.03 °C、37.02 °C、37.03 °C、37.03 °C，则单次测量的实验标准偏差为

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (t_{ij} - \bar{t}_i)^2}{10-1}} = 0.0067 \text{ °C}$$

实际测量中以4次测量值的平均值作为测量结果，则

$$u_1(\bar{t}_i) = s / \sqrt{4} = 0.003 \text{ °C}$$

4.1.2 $u_2(\bar{t}_i)$ 的评定

被校体温计分辨力为0.01 °C，采用B类评定方法，则区间半宽 $a=0.005 \text{ °C}$ ，该分布服从均匀分布，则

$$u_2(\bar{t}_i) = 0.005 \text{ °C} / \sqrt{3} = 0.003 \text{ °C}$$

4.2 $u(\bar{t}_b)$ 的评定

4.2.1 $u_1(\bar{t}_b)$ 的评定

$u_1(\bar{t}_b)$ 由标准铂电阻温度计的量值溯源引入，37 °C时二等标准铂电阻温度计的不确定度为 $l=0.0048 \text{ °C}$ ($k=2$)，则

$$u_1(\bar{t}_b) = 0.0048 \text{ °C} / 2 = 0.002 \text{ °C}$$

4.2.2 $u_2(\bar{t}_b)$ 的评定

用1529测温仪测量二等标准铂电阻温度计，其测温精度为 $\pm 2.5 \times 10^{-5}$ ，服从均匀分布，采用B类评定方法，则标准不确定度为

$$u_2(\bar{t}_b) = \left(\frac{2.5 \times 10^{-5} \times 28.7 \text{ } \Omega}{0.1 \text{ } \Omega / \text{ } ^\circ\text{C}} \right) / \sqrt{3} = 0.004 \text{ °C}$$

4.2.3 $u_3(\bar{t}_b)$ 的评定

规范要求最高温度点校准结束后立即测定标准铂电阻温度计的水三相点电阻值，并使用新测值计算，水三相点测得值的不确定度为2 mK ($k=2$)，则

$$u_3(\bar{t}_b) = 0.002 \text{ °C} / 2 = 0.001 \text{ °C}$$

4.2.4 $u_4(\bar{t}_b)$ 的评定

按规范要求，恒温槽的均匀性应满足 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，采用B类评定方法，按均匀分布，则标准不确定度为

$$u_4(\bar{t}_b)=0.01^{\circ}\text{C}/2\sqrt{3}=0.003\text{ }^{\circ}\text{C}$$

5 合成标准不确定度

5.1 标准不确定度分量一览表见表 1。

表 1 标准不确定度分量一览表

| 序号 | 不确定度来源 | 标准不确定度 / $^{\circ}\text{C}$ | 灵敏系数 |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------|------|
| $u(\bar{t}_i)$ | 被校体温计重复性 $u_1(\bar{t}_i)$ | 0.003 | 1 |
| | 被校体温计分辨力 $u_2(\bar{t}_i)$ | 0.003 | |
| $u(\bar{t}_b)$ | 标准铂电阻量值溯源引入 $u_1(\bar{t}_b)$ | 0.002 | -1 |
| | 电测设备测量误差 $u_2(\bar{t}_b)$ | 0.004 | |
| | 标准铂电阻水三相点电阻值变化 $u_3(\bar{t}_b)$ | 0.001 | |
| | 恒温槽温度场不均匀性 $u_4(\bar{t}_b)$ | 0.003 | |

5.2 合成标准不确定度的计算

以上各项标准不确定度分量互不相关，所以合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta t)=\sqrt{c_1^2u^2(\bar{t}_i)+c_2^2u^2(\bar{t}_b)}=0.007\text{ }^{\circ}\text{C}$$

6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U=k\times u_c(\Delta t)=0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$$

7 测量不确定度的报告

体温计在 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 校准点上示值误差的不确定度为：

$$U=0.02\text{ }^{\circ}\text{C},\text{ }k=2$$
