

JJF (闽) 1160—2025



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1160—2025

表面温度源校准规范

Calibration Specification for the Surface Temperature Sources

2025 – 08 – 11 发布

2025 – 11 – 11 实施

福建省市场监督管理局 发布

表面温度源校准规范

Calibration Specification
for the Surface Temperature Sources

JJF (闽) 1160—2025

归口单位：福建省市场监督管理局
主要起草单位：福建省计量科学研究院

本规范委托福建省计量规范技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

吕 丹（福建省计量科学研究院）

林 军（福建省计量科学研究院）

刘 萍（福建省计量科学研究院）

福建省计量规范技术委员会

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 温度示值误差	(1)
3.2 温度稳定性	(1)
3.3 温度均匀性	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 温度示值误差	(1)
5.2 温度性能技术要求	(1)
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)
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	(5)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 表面温度源校准记录参考格式	(7)
附录 B 表面温度源校准证书内页参考格式	(9)
附录 C 表面温度源温度示值误差、温度示值稳定性和温度示值均匀性校准结果 不确定度评定(示例)	(10)

引 言

本规范是以 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》为基础性系列规范进行编写。

本规范参考 JJG684-2003《表面铂热电阻检定规程》、JJF1409-2013《表面温度计校准规范》、GB/T 13639-2008《工业过程测量和控制系统用模拟输入数字式指示仪》编制而成。

本规范为首次制定。

福建省计量规范技术委员会

表面温度源校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围为（室温 ~ 400）℃的表面温度源的校准，其他类似通过表面加热提供热源的设备可参照本规范进行校准

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1409 表面温度计校准规范

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 温度示值误差 temperature deviation

在稳定状态下，表面温度源有效工作区域内中心点温度示值与标准值的差值。

3.2 温度稳定性 temperature stability

在稳定状态下，表面温度源有效工作区域内在 10min 内中心点温度变化的最大值。

3.3 温度均匀性 temperature uniformity

在稳定状态下，表面温度源有效工作区域内各点与中心点温度之间的最大差值。

4 概述

表面温度源可用于校准以热电偶或热电阻为感温元件的表面温度计，一般采用电加热方式加热表面热板，将表面热板温度控制在设定温度，提供稳定、均匀的温度场。表面温度源一般由表面热板、控温装置、测温传感器和与其配套使用的测量仪表组成。

5 计量特性

5.1 温度示值误差

表面温度源的温度示值误差一般不超过最大允许误差，最大允许误差可根据该表面温度源的说明书或相关技术文件确定。

5.2 温度性能技术要求

表面温度源的温度性能技术要求见表 1。

表 1 表面温度源温度性能技术要求

技术指标 温度范围 /℃	工作区温度均匀性 /℃	工作区温度稳定性 / (℃ /10min)	工作区温度示值最大 允许误差 /℃
室温 $\leq t \leq 100$	≤ 0.5	0.4	± 1.0
$100 < t \leq 300$	≤ 1.0	0.6	± 2.0
$300 < t \leq 400$	≤ 1.5	1.0	± 2.5

注：表 1 中的技术要求只作为参考，不作为评定依据。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(23 ± 5) °C，相对湿度：不大于 85%。或符合校准用仪器设备所规定的环境条件。

6.1.2 校准时实验室内状态应稳定，无强对流空气影响，环境温度波动不应超过 0.5°C。

6.2 测量标准及其他设备

校准所需的测量标准及其他设备可从表 2 中参考选择。选用原则为：校准时由测量标准及其他设备引入的扩展不确定度应不大于被校准表面温度源工作区温度示值最大允许误差绝对值的三分之一。

表 2 测量标准及其他设备技术指标

序号	设备名称	技 术 要 求		备 注
1	标准铂电阻温度计	(−189.3442 ~ 419.427) °C， 二等标准		标准器，也可使用扩展不确定度满足要求的其他计量标准器
2	电测设备	准确度等级：0.01 级及以上；测量范围应与标准铂电阻温度计相适应，分辨力不低于 1mK		测量标准铂电阻温度计的电阻值
3	恒温设备及表面测温杯	恒温液槽	(室温 ~ 300) °C， 工作区域温度均匀性 ≤ 0.02 °C， 温度波动度 ≤ 0.04 °C /10min	提供恒定的均匀温场
		恒温铝粉 / 盐槽等	(300 ~ 400) °C， 工作区域温度均匀性 ≤ 0.05 °C， 温度波动度 ≤ 0.05 °C /10min	
		表面测温杯	厚度不大于 3mm	
4	精密自重式表面温度计	(0 ~ 500) °C，MPE： $\pm 0.4\%t$ 或 0.2°C 取大者		比较测量用

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

温度示值误差、温度均匀性、温度稳定性。

7.2 校准方法

7.2.1 校准点选择

校准温度点一般选择 50℃、100℃、200℃、300℃、400℃作为校准温度点，也可根据用户要求选择校准温度点。

7.2.2 温度示值误差

7.2.2.1 接通表面温度源的电源，待温度上升且稳定到校准点。将表面测温杯置于标准恒温槽内，设定标准恒温槽的温度为校准点温度，恒温槽实际温度与校准点温度偏离不超过 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，以标准铂电阻温度计测量值为准。

7.2.2.2 比较表面测温杯上表面温度和被检表面温度源温度，如图 1 所示。

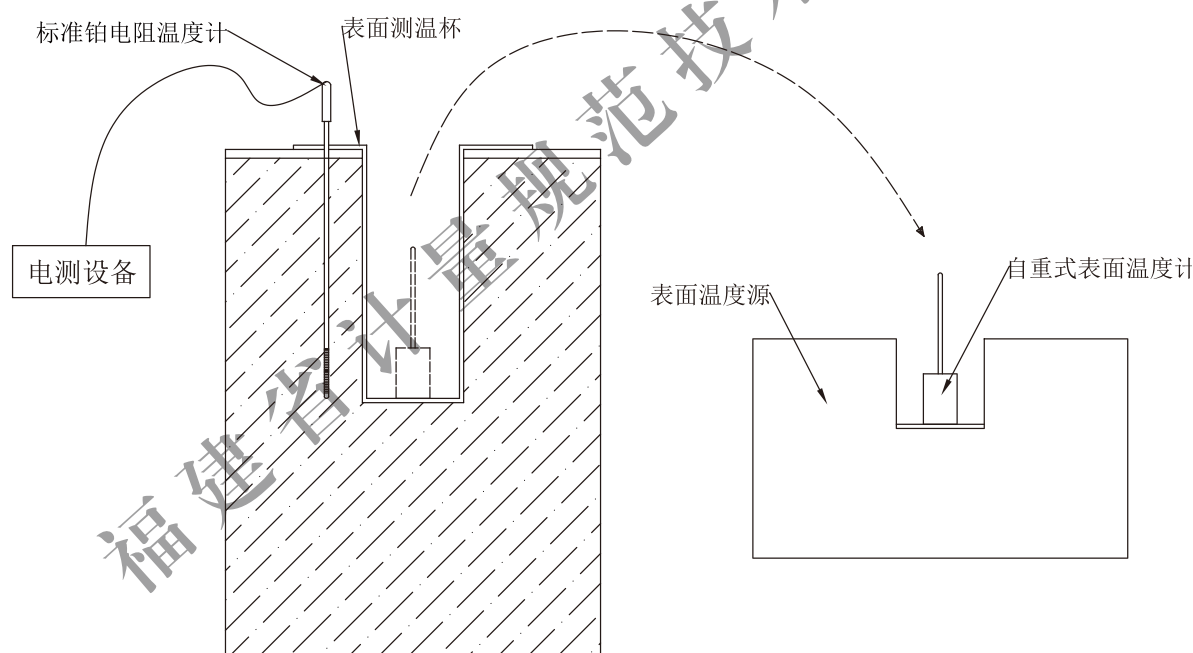


图 1 校准示意图

7.2.2.3 将精密自重式表面温度计放置在表面测温杯的上表面，20s 内测得精密自重式表面温度计在该设定温度点的温度修正值。

7.2.2.4 将精密自重式表面温度计放置在被检表面温度源的中心位置上，每 30s 读一次数据测量三次。

7.2.2.5 改变表面温度源和标准恒温槽的设定温度，重复 7.2.2.1 ~ 7.2.2.4 的操作，直到所有温度点校准完毕。

7.2.2.6 数据处理

温度示值误差由式 (1)、(2) 计算:

$$\Delta T_c = \overline{T_c} - T_0 + \Delta T_r \quad (1)$$

$$\Delta T_r = T_s - T_r \quad (2)$$

式 (1) 和 (2) 中:

ΔT_c — 被校表面温度源的示值误差, $^{\circ}\text{C}$;

$\overline{T_c}$ — 精密自重式表面温度计在被校表面温度源上温度示值多次测量的平均值, $^{\circ}\text{C}$;

T_0 — 被校表面温度源的设定温度, $^{\circ}\text{C}$;

ΔT_r — 精密自重式表面温度计在设定温度点的修正值, $^{\circ}\text{C}$;

T_s — 标准器标准铂电阻温度计的示值, $^{\circ}\text{C}$;

T_r — 精密自重式表面温度计在表面测温杯上表面的温度示值, $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.3 温度稳定性

7.2.3.1 接通表面温度源的电源, 待温度上升且稳定到校准点。

7.2.3.2 将精密自重式表面温度计放置在被检表面温度源中心位置上, 1min 测量 1 次, 10min 内测量 11 次。

7.2.3.3 改变表面温度源的设定温度, 重复 7.2.3.1 ~ 7.2.3.2 的操作, 直到所有温度点校准完毕。

7.2.3.4 数据处理

温度稳定性由式 (3) 计算:

$$\Delta T_w = T_{\max} - T_{\min} \quad (3)$$

式中:

ΔT_w — 表面温度源的温度稳定性, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\max}$ — 表面温度源中心位置多次测量结果的最大值, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\min}$ — 表面温度源中心位置多次测量结果的最小值, $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.4 温度均匀性

7.2.4.1 测量点位置

在被校表面温度源热板工作区选 5 个测量点, 如图 2 所示 (推荐选择的区域和位置)。

7.2.4.2 接通表面温度源的电源, 待温度上升且稳定到校准点。

7.2.4.3 将精密自重式表面温度计放置在被检表面温度源图 2 测量位置上, 按照位置编号 0-1-0-2-0-3-0-4-0 的顺序, 按顺序测量 3 轮, 读数后迅速将精密自重式表面温度计移至下一个测量位置。

7.2.4.4 改变表面温度源的设定温度, 重复 7.2.4.2 ~ 7.2.4.3 的操作, 直到所有温度点校准完毕。

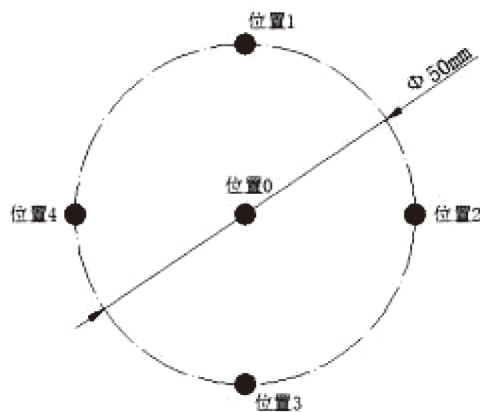


图 2 测量点位置

7.2.4.5 数据处理

温度均匀性由式（4）计算：

$$\Delta T_j = \max (|T_i - \overline{T_{i0}}|) \tag{4}$$

式中：

- ΔT_j — 表面温度源的温度均匀性，℃；
- T_i — 精密自重力式表面温度计在位置*i*（*i*=1,2,3,4）的温度示值，℃；
- $\overline{T_{i0}}$ — 在位置*i*前后两次精密自重力式表面温度计测量位置 0 的温度平均值，℃。

8 校准结果表达

经校准的表面温度源出具校准证书，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书的唯一性标识（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，包括名称和代号；
- 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) 校准证书签发人的签名或等效标识, 以及签发日期;
- 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。

9 复校时间间隔

由于复校间隔时间的长短是由表面温度源的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定, 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。

为确保被校表面温度源在规定的技术性能下使用, 建议复校时间间隔一般不超过1年。

附录 A

表面温度源校准记录参考格式

样品	委托单位		仪器名称		记录编号	
	制造厂		型号规格		出厂编号	
标准器	标准器名称		型号 / 规格		准确度等级 / 最大允许误差 / 不确定度	
	证书编号		有效期至			
校准地点:			环境温度:	℃	环境湿度:	%RH
1. 温度示值误差						单位: ℃
设定值	表面温度计在表面测温杯上测得值	标准器示值	表面温度计修正值	被检表面温度源测量值	示值误差	不确定度 $U(k=2)$
50						
100						
200						
300						
400						
2. 温度稳定性						单位: ℃
设定值	被检表面温度源测量值				稳定性	不确定度 $U(k=2)$
50						
				/		
100						
				/		

(共 2 页, 第 1 页)

200						
				/		
300						
				/		
400						
				/		
3. 温度均匀性						
单位：℃						
设定值	被检表面温度源各测量点测量值				均匀性	不确定度 $U(k=2)$
50	位置 0	位置 1	位置 0	位置 2		
	位置 0	位置 3	位置 0	位置 4		
	位置 0	/	/	/		
100		/	/	/		
	位置 0	位置 1	位置 0	位置 2		
	位置 0	位置 3	位置 0	位置 4		
200	位置 0	/	/	/		
		/	/	/		
	位置 0	位置 1	位置 0	位置 2		
	位置 0	位置 3	位置 0	位置 4		
300						
	位置 0	/	/	/		
		/	/	/		
	位置 0	位置 1	位置 0	位置 2		
400	位置 0	位置 3	位置 0	位置 4		
	位置 0	/	/	/		
		/	/	/		
	位置 0	位置 1	位置 0	位置 2		

附录 B

表面温度源校准证书内页参考格式

1. 温度示值误差

单位: $^{\circ}\text{C}$

校准点温度	示值误差	扩展不确定度 $U(k=2)$
50		
100		
200		
300		
400		

2. 温度稳定性

单位: $^{\circ}\text{C}$

校准点温度	稳定性	扩展不确定度 $U(k=2)$
50		
100		
200		
300		
400		

3. 温度均匀性

单位: $^{\circ}\text{C}$

校准点温度	均匀性	扩展不确定度 $U(k=2)$
50		
100		
200		
300		
400		

附录 C

表面温度源温度校准结果不确定度评定 (示例)

C.1 表面温度源温度示值误差校准结果不确定度评定

C.1.1 测量方法

标准器采用二等及以上标准铂电阻温度计, 配套表面测温杯、精密自重式表面温度计、电测设备和精密恒温液槽。精密自重式表面温度计分辨力为 0.1°C 。精密恒温液槽均匀性为 0.02°C , 波动度为 0.02°C 。被校表面温度源为 3125 型, 测量范围 ($50 \sim 400$) $^{\circ}\text{C}$, 分辨力 0.1°C 。

将表面测温杯置于标准恒温槽内, 设定标准恒温槽的温度跟表面温度源相同, 待温度上升且稳定到设定温度, 其偏离不超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。用标准铂电阻温度计测量标准恒温槽温度。将精密自重式表面温度计充分、紧密地压在表面测温杯的上表面, 测得精密自重式表面温度计在该设定温度点的温度修正值; 再将精密自重式表面温度计充分、紧密地压在被检表面温度源的中心位置上, 进行三次重复测量。选择测试温度为 100°C 。

C.1.2 测量模型

$$\Delta T_c = \overline{T_c} - T_0 + \Delta T_r$$

其中:

$$\Delta T_r = T_s - T_r$$

式中:

ΔT_c —— 被校表面温度源的示值误差, $^{\circ}\text{C}$;

$\overline{T_c}$ —— 精密自重式表面温度计在被校表面温度源上温度示值多次测量的平均值, $^{\circ}\text{C}$;

T_0 —— 被校表面温度源的设定温度, $^{\circ}\text{C}$;

ΔT_r —— 精密自重式表面温度计在设定温度点的修正值, $^{\circ}\text{C}$;

T_s —— 标准器标准铂电阻温度计的示值, $^{\circ}\text{C}$;

T_r —— 精密自重式表面温度计在表面测温杯上表面的温度示值, $^{\circ}\text{C}$ 。

C.1.3 标准不确定度分量来源

标准不确定度分量来源: 被校表面温度源的测量重复性、被校表面温度源的的测量示值分辨力、精密自重式表面温度计与被校表面温度源的测量位置、标准器传递不确定度、标准器周期稳定性、电测仪表的测量不确定度、恒温液槽的温场均匀性、恒温液槽的控温稳定性、精密自重式表面温度计与表面测温杯的测量位置、环境温度对表面温度的影响。

C.1.4 标准不确定度分量的评定

C.1.4.1 被校表面温度源的测量重复性引入的标准不确定度 u_1

表面温度源设定 100℃ 稳定后, 在中心位置 0 进行 10 次独立重复测量, 得到测量结果 (℃): 99.3、99.4、99.5、99.5、99.3、99.5、99.5、99.4、99.5、99.3。则单次测量实验标准差为:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.09^\circ\text{C}$$

所以测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1 = 0.09^\circ\text{C}$$

C.1.4.2 被校表面温度源的的测量示值分辨力引入的标准不确定度 u_2

被校表面温度源的的测量示值分辨力为 0.01℃, 取半宽, 按均匀分布处理, 则:

$$u_2 = 0.01^\circ\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.003^\circ\text{C}$$

为避免重复计算, u_1 和 u_2 取大者, 所以不考虑 u_2 。

C.1.4.3 精密自重式表面温度计与被校表面温度源的测量位置引入的标准不确定度 u_3

测量时, 精密自重式表面温度计与被校表面温度源热板平面不完全重合, 估计该项影响量为 0.05℃, 按均匀分布处理, 则:

$$u_3 = 0.05^\circ\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.014^\circ\text{C}$$

C.1.4.4 标准器传递不确定度引入的标准不确定度 u_4

标准铂电阻温度计在 100℃ 的 $U_{99}=3\text{mK}$, 按正态分布:

$$u_4 = 0.003^\circ\text{C} / 2.58 = 0.001^\circ\text{C}$$

C.1.4.5 标准器周期稳定性引入的不确定度分量 u_5

按规程要求, 标准铂电阻温度计 100℃ 的周期稳定性为 0.010℃, 按均匀分布, 则有:

$$u_5 = 0.010^\circ\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.003^\circ\text{C}$$

C.1.4.6 电测仪表的测量不确定度引入的不确定度分量 u_6

电测设备使用高精度温度指示仪, 其测量不确定度 $U=3\text{mK}$, $k=2$, 则有:

$$u_6 = 0.003^\circ\text{C} / 2 = 0.0015^\circ\text{C}$$

C.1.4.7 恒温液槽的温场均匀性引入的标准不确定度分量 u_7

恒温槽温场最大温差为 0.02℃, 按均匀分布, 则有:

$$u_7 = 0.02^\circ\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.006^\circ\text{C}$$

C.1.4.8 恒温液槽的控温稳定性引入的标准不确定度分量 u_8

恒温槽温场稳定性为 0.02℃, 按均匀分布, 则有:

$$u_8 = 0.02^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.012^\circ\text{C}$$

C.1.4.9 精密自重式表面温度计与表面测温杯的测量位置的测量位置引入的标准不确定度 u_9

测量时, 精密自重式表面温度计与表面测温杯的测量位置热板平面不完全重合, 估计该项影响量为 0.05°C , 按均匀分布处理, 则:

$$u_9 = 0.05^\circ\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.014^\circ\text{C}$$

C.1.4.9 环境温度对表面温度的影响引入的标准不确定度分量 u_{10}

测量时, 环境温度对表面温度的影响, 估计该项影响量为 0.1°C , 按均匀分布处理, 则:

$$u_{10} = 0.1^\circ\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.028^\circ\text{C}$$

C.1.5 合成不确定度

序号	标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度 / $^\circ\text{C}$	灵敏系数 c_i
1	u_1	被校表面温度源的测量重复性	0.09	1
2	u_2	被校表面温度源的示值分辨力	不考虑	1
3	u_3	精密自重式表面温度计与被校表面温度源的测量位置	0.014	1
4	u_4	标准器不确定度	0.001	1
5	u_5	标准器周期稳定性	0.003	1
6	u_6	电测仪表的测量不确定度	0.0015	1
7	u_7	恒温液槽的温场均匀性	0.006	-1
8	u_8	恒温液槽的控温稳定性	0.012	-1
9	u_9	精密自重式表面温度计与表面测温杯的测量位置	0.014	-1
10	u_{10}	环境温度对表面温度的影响	0.028	-1

由于输入量之间彼此独立不相关, 因此合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2 + u_9^2 + u_{10}^2} = 0.10^\circ\text{C}$$

C.1.6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$, 则表面温度源温度示值误差测量结果的扩展不确定度:

$$U = 2 \times 0.1^\circ\text{C} = 0.2^\circ\text{C}$$

C.1.7 校准结果及其表示

被校表面温度源在 100°C 时的示值误差为 -0.5°C , 则其测量结果为

$$T_c = -0.5^\circ\text{C}, U = 0.2^\circ\text{C}, k=2。$$

C.2 表面温度源温度示值稳定性校准结果不确定度评定

C.2.1 测量方法

以精密自重式表面温度计为测量标准,分辨力为 0.1°C 。被校表面温度源为 3125 型, 测量范围 $(50 \sim 400)^{\circ}\text{C}$, 分辨力 0.1°C 。

待被校表面温度源温度稳定后, 使用精密自重式表面温度计测量表面温度源中心位置温度, 计算 10min 内多次测量结果的最大值与最小值的差值, 可得到示值稳定性结果。选择测试温度为 100°C 。

C.2.2 测量模型

$$\Delta T_w = T_{\max} - T_{\min}$$

式中:

ΔT_w —— 表面温度源的温度稳定性, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\max}$ —— 表面温度源中心位置多次测量结果的最大值, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\min}$ —— 表面温度源中心位置多次测量结果的最小值, $^{\circ}\text{C}$ 。

C.2.3 标准不确定度分量来源

标准不确定度分量来源: 被校表面温度源的测量重复性、标准器的分辨力、标准器的短期稳定性和标准器的测量位置。

C.2.4 标准不确定度分量的评定

C.2.4.1 被校表面温度源的测量重复性引入的标准不确定度 u_1

表面温度源的稳定性可由多次测量的 $(T_{\max} - T_{\min})$ 的实验标准偏差来表征。设定 100°C 稳定后, 在中心位置 6 次独立重复测量, 得到测量数据见表 C.1。

表 C.1 测量数据

单位: $^{\circ}\text{C}$

序号	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
1	99.3	99.4	99.5	99.5	99.5	99.5
2	99.4	99.2	99.3	99.4	99.3	99.5
3	99.5	99.4	99.5	99.5	99.4	99.4
4	99.5	99.3	99.3	99.5	99.4	99.2
5	99.3	99.5	99.4	99.5	99.3	99.3
6	99.5	99.3	99.4	99.5	99.4	99.4
7	99.5	99.2	99.4	99.5	99.4	99.3
8	99.4	99.4	99.3	99.4	99.3	99.4
9	99.5	99.3	99.5	99.4	99.3	99.3
10	99.3	99.4	99.3	99.4	99.5	99.4
11	99.4	99.3	99.3	99.5	99.3	99.4
$T_{\max} - T_{\min}$	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3

则测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1 = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n - 1}} = 0.07^{\circ}\text{C}$$

C.2.4.2 标准器的分辨力引入的标准不确定度 u_2

使用的精密自重式表面温度计分辨力为 0.1°C ，取半宽，按均匀分布处理，则：

$$u_2 = 0.1^\circ\text{C}/(2 \times \sqrt{3}) = 0.03^\circ\text{C}$$

为避免重复计算， u_1 和 u_2 取大者，所以不考虑 u_2 。

C.2.4.3 标准器的短期稳定性引入的标准不确定度 u_3

使用的精密自重式表面温度计短期稳定性为 0.1°C ，取半宽，按均匀分布处理，则：

$$u_3 = 0.1^\circ\text{C}/(2 \times \sqrt{3}) = 0.03^\circ\text{C}$$

C.2.4.5 标准器的测量位置引入的标准不确定度 u_4

测量时，标准器的测量表面与表面温度源热板平面不重合，估计该项影响量为 0.05°C ，按均匀分布处理，则：

$$u_4 = 0.05^\circ\text{C}/(2 \times \sqrt{3}) = 0.01^\circ\text{C}$$

C.2.5 合成标准不确定度 u_c

由于输入量之间彼此独立不相关，因此合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.08^\circ\text{C}$$

C.2.6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$ ，则表面温度源温度均匀性测量结果的扩展不确定度：

$$U = 2 \times 0.08^\circ\text{C} = 0.2^\circ\text{C}$$

C.2.7 校准结果及其表示

被校表面温度源在 100°C 时的示值稳定性为 0.2°C ，则其测量结果为

$$\Delta T_w = 0.2^\circ\text{C}, U = 0.2^\circ\text{C}, k = 2。$$

C.3 表面温度源温度示值均匀性校准结果不确定度评定

C.3.1 测量方法

以精密自重式表面温度计为测量标准，分辨力为 0.1°C 。被校表面温度源为 3125 型，测量范围（ $50 \sim 400$ ） $^\circ\text{C}$ ，分辨力 0.1°C 。

待被校表面温度源温度稳定后，使用精密自重式表面温度计测量表面温度源位置 1、位置 2、位置 3 和位置 4 的温度，中心位置 0 作为参考位置，通过“参考位置”法得到位置 1 和中心位置 0 之间的温度差，其他位置以此类推。选择测试温度为 100°C 。

C.3.2 测量模型

$$\Delta T_j = \max(|T_i - \overline{T_{i0}}|)$$

式中：

ΔT_j —— 表面温度源的温度均匀性， $^\circ\text{C}$ ；

T_i —— 精密自重式表面温度计在位置 i 的温度示值， $^\circ\text{C}$ ；

$\overline{T_{i0}}$ ——在位置 i 前后两次精密自重式表面温度计测量位置 0 的平均温度值, $^{\circ}\text{C}$ 。

C.3.3 标准不确定度分量来源

不确定度分量主要来源是: 被校表面温度源的测量重复性、标准器的分辨力、标准器的短期稳定性和标准器的测量位置。

C.3.4 标准不确定度分量的评定

C.3.4.1 被校表面温度源的测量重复性引入的标准不确定度 u_1

表面温度源设定 100°C 稳定后, 任一位置与位置 0 的温度差结果 ($^{\circ}\text{C}$): 0.1、0.2、0.1、0.2、0.2、0.3、0.2、0.2、0.1、0.1。则单次测量实验标准差为:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.07^{\circ}\text{C}$$

所以测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1 = 0.07^{\circ}\text{C}$$

C.3.4.2 标准器的分辨力引入的标准不确定度 u_2

使用的精密自重式表面温度计分辨力为 0.1°C , 取半宽, 按均匀分布处理, 则:

$$u_2 = 0.1^{\circ}\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.03^{\circ}\text{C}$$

为避免重复计算, u_1 和 u_2 取大者, 所以不考虑 u_2 。

C.3.4.3 标准器的短期稳定性引入的标准不确定度 u_3

使用的精密自重式表面温度计短期稳定性为 0.1°C , 取半宽, 按均匀分布处理, 则:

$$u_3 = 0.1^{\circ}\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.03^{\circ}\text{C}$$

C.3.4.4 标准器的测量位置引入的标准不确定度 u_4

测量时, 标准器的测量表面与表面温度源热板平面不重合, 估计该项影响量为 0.05°C , 按均匀分布处理, 则:

$$u_4 = 0.05^{\circ}\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.01^{\circ}\text{C}$$

C.3.4.5 表面温度源热板不一致性引入的标准不确定度 u_5

估计表面温度源热板不一致性影响量为 0.05°C , 按均匀分布处理, 则:

$$u_5 = 0.05^{\circ}\text{C} / (2 \times \sqrt{3}) = 0.01^{\circ}\text{C}$$

C.3.5 合成标准不确定度 u_c

由于输入量之间彼此独立不相关, 因此合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.08^{\circ}\text{C}$$

C.3.6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$, 则表面温度源温度均匀性测量结果的扩展不确定度:

$$U = 2 \times 0.08^{\circ}\text{C} = 0.2^{\circ}\text{C}$$

C.3.7 校准结果及其表示

被校表面温度源在 100°C 时的示值均匀性为 0.3°C , 则其测量结果为

$$\Delta T_j = 0.3^{\circ}\text{C} , U = 0.2^{\circ}\text{C} , k = 2。$$

福建省计量规范技术委员会