

JJF(闽)1131-2023

JJF

福建省地方计量技术规范

JJF(闽)1131-2023

试验设备温度测量标准校准规范

Calibration Specification for the Temperature measurement
standard of Testing Equipment

2023-07-26 发布

2023-10-26 实施

福建省市场监督管理局 发布

试验设备温度测量标准校准规范

Calibration Specification for the
Temperature measurement standard of
Testing Equipment

JJF (闽) 1131-2023

归口单位：福建省市场监督管理局
起草单位：福建省计量科学研究院
参加起草单位：厦门市计量检定测试院

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：

刘 萍（福建省计量科学研究院）

陈丹英（福建省计量科学研究院）

林 军（福建省计量科学研究院）

参加起草人：

纪金龙（厦门市计量检定测试院）

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 短期漂移	(1)
3.2 环境温度影响量引起的变差	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 示值误差	(1)
5.2 短期漂移	(2)
5.3 环境温度影响量引起的变差	(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)
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	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录A 试验设备温度测量标准校准记录(式样)	(7)
附录B 试验设备温度测量标准校准证书内页(式样)	(9)
附录C 试验设备温度测量标准示值误差校准结果不确定度评定(示例)	(10)

引 言

本规范是以 JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1071-2010 《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 JJF 1101-2019 《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》、JJF 1171-2007 《温度巡回检测仪校准规范》、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

试验设备温度测量标准校准规范

1 范围

本规范适用于以热电阻、热电偶为温度传感器，测量范围为 $(-100\sim+1500)$ ℃的试验设备温度测量标准的校准，其他类似的设备也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：

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

JJF 1171-2007 温度巡回检测仪校准规范

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

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 短期漂移 short-term drift

试验设备温度测量标准预热后输入 90%量程在 1h 内的示值变化量。

3.2 环境温度影响量引起的变差 variation due to the influence quantity of ambient temperature

试验设备温度测量标准工作环境温度变化 10℃引起的示值变化量。

4 概述

试验设备温度测量标准是由传感器和多通道温度显示仪表或多路温度测量装置组成，传感器选用四线制铂电阻温度计、廉金属热电偶、贵金属热电偶，传感器为铂电阻温度计时通道数量不少于 9 个，传感器为热电偶时通道数量不少于 5 个，用于校准环境试验设备、液体恒温试验设备、恒温金属浴、箱式电阻炉等设备温度性能的标准器。

5 计量特性

5.1 示值误差

试验设备温度测量标准的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试验设备温度测量标准的说明书或相关技术文件确定。

5.2 短期漂移

1h 短期漂移应不大于最大允许误差绝对值的 1/4。

5.3 环境温度影响量引起的变差

环境温度影响量引起的变差应不大于最大允许误差绝对值的 1/2。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：(23±5) °C；

相对湿度：≤85%；

其他条件：应满足相应设备的使用要求。

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 1 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试验设备温度测量标准最大允许误差绝对值的三分之一。

表 1 测量标准及其他设备技术指标

序号	设备名称	测量范围	技术要求	备注
1	标准铂电阻温度计	(-189.3442~+419.527) °C	二等标准	也可使用扩展不确定度满足要求的其他计量标准器
2	标准铂铑 10-铂热电偶	300 °C 以上	一等标准	
3	标准铂铑 30-铂铑 6 热电偶	(1100~1500) °C	二等标准	
4	电测设备	(0~400) Ω	0.01 级	测量标准铂电阻温度计的电阻值
		(0~100) mV	0.01 级, 分辨力 0.1 μV	测量标准热电偶的热电动势
5	标准电阻	50 Ω、100 Ω、200 Ω、300 Ω	年变化不大于 6×10 ⁻⁶	可根据需要增加满足要求的定值电阻或定值电阻箱
6	直流电阻箱	(0.1~400) Ω	0.01 级	模拟热电阻输出和模拟热电偶输出, 作为校准多通道温度显示仪表的标准信号源
7	过程仪表校验仪	(-200~+1800) °C	0.01 级	

表 1 (续)

序号	设备名称	测量范围	技术要求	备注
8	恒温槽	(-80~+300) °C	工作区域内均匀性不超过 0.02 °C,波动性不超过 0.04 °C/10 min	提供恒定的均匀温场
9	低温校准器	(-100~0) °C	均匀性不超过 0.05 °C,波动性不超过 0.05 °C/10 min	
10	管式检定炉	(300~1500) °C	管式炉应配置均温块,有效工作区域轴向 30 mm 内,任意两点温差绝对值不大于 0.5 °C; 径向半径不小于 14 mm 范围内,同一截面任意两点的温差绝对值不大于 0.25 °C	
11	专用补偿导线	(0~50) °C	补偿导线应与校准时的热电偶分度号相配,并具有校准时所处环境温度的修正值	校准具有热电偶参考端温度自动补偿仪表时用的专用连线
12	高低温试验箱	(0~40) °C	温度偏差不超过±1.0 °C,温度均匀性不超过 2.0 °C,温度波动性不超过±0.5 °C	提供环境温度影响量条件的试验温度
13	冰点器或零度恒温器	0 °C	MPE:±0.1 °C	为标准热电偶参考端提供 0 °C的恒温场

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

示值误差、短期漂移、环境温度影响量引起的变差

7.2 校准方法

7.2.1 示值误差的校准

试验设备温度测量标准示值误差的校准包括含传感器和不含传感器的校准。

7.2.1.1 校准前的准备

校准前,被校准试验设备温度测量标准应通电预热不少于 30 min。

7.2.1.2 校准温度点的选择

校准温度点一般不少于 5 个,包括上限、下限在内,按测量范围均匀分布的整十度或整百度点。也可根据用户要求选择校准温度点。

7.2.1.3 含传感器的校准

300 °C 以下温区的校准:先校准 0 °C 点,再分别向上限值或下限值逐点进行校准。将标准铂电阻温度计和被校准的传感器置于恒温槽或低温校准器中,测量端应放置在恒温槽或低温校准器有效工作区域的同一水平位置。恒温槽或低温校准器温度偏离校

准温度点不超过 0.2 °C (以标准器为准), 示值稳定后读数。

标准铂电阻温度计的插入深度应不小于 250 mm。

300 °C 以上温区的校准: 试验设备温度测量标准的传感器为热电偶的, 校准时, 将标准热电偶套上保护管, 与被校准的传感器用细镍铬丝捆扎, 测量端应对齐并处于同一截面上, 插入管式炉内, 标准热电偶在管式炉轴线位置上, 测量端面处于管式炉内最高均匀温区, 炉口处用绝缘耐火材料封堵。校准由低温向高温逐点升温进行, 当炉温偏离校准温度点 ± 5 °C 内, 温度变化小于 0.2 °C/min, 以标准热电偶为准, 示值稳定后读数。

标准热电偶的参考端与铜导线的一端连接后, 置入装有酒精的玻璃试管内, 插入冰点器或零度恒温器内, 插入深度不小于 150 mm, 铜导线的另一端与电测设备连接。

读数顺序为: 标准 → 通道 1 → 通道 2 → 通道 3 → … → 通道 n → 标准

标准 → 通道 1 → 通道 2 → 通道 3 → … → 通道 n → 标准

被校准试验设备温度测量标准的每个通道显示值不少于两次, 取各通道两次读数的平均值与测量标准测得的实际温度来计算示值误差。

试验设备温度测量标准含传感器的示值误差按式 (1) 计算

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

式中:

Δt_i —— 被校准试验设备温度测量标准某一通道的示值误差, °C;

\bar{t}_i —— 被校准试验设备温度测量标准某一通道的测量平均值, °C;

t_s —— 标准器测得的实际温度, °C。

标准器为标准铂电阻温度计时, 则:

$$t_s = t_n + \frac{(W_t - W_{t_n})}{(dW/dt)_{t_n}} \quad (2)$$

式中:

t_n —— 校准点名义温度值, °C;

W_t —— 标准铂电阻温度计在温度 t 时的电阻比, $W_t = \bar{R}_t / R_{tp}$;

\bar{R}_t —— 标准铂电阻温度计在温度 t 时测得电阻的平均值, Ω ;

R_{tp} —— 标准铂电阻温度计在水三相点的电阻值, Ω ;

W_{t_n} , $(dW/dt)_{t_n}$ —— 标准铂电阻温度计分度表给出的温度 t_n 对应的电阻比和电阻比随温度的变化率。

标准器为标准热电偶时, 则:

$$t_s = t_n + \frac{e_{\text{标}} - e_{\text{标证}}}{S_{\text{标}}} \quad (3)$$

式中:

- $\overline{e}_{\text{标}}$ ——标准热电偶在温度 t 时测得的热电动势平均值, mV;
 $e_{\text{标证}}$ ——标准热电偶证书上在校准温度点 t_n 时的热电动势值, mV;
 $S_{\text{标}}$ ——标准热电偶在校准温度点 t_n 的微分热电动势, mV/°C。

7.2.1.4 不含传感器的校准

热电阻通道：在试验设备温度测量标准多通道温度显示仪表按通道逐一进行校准，校准时输入温度对应的标称电阻值，读取显示仪的温度示值，从下限开始增大直至上限；然后减小输入信号，读取显示仪的温度示值，直至下限。当通道间的信号转换完全是通过扫描开关完成的，可以将输入同名端分别短接后进行校准，否则不能短接。

热电偶通道：在试验设备温度测量标准多通道温度显示仪表按通道逐一进行校准，如果热电偶输入具有参考端温度自动补偿，应设置在有补偿状态，选择匹配的补偿导线；校准时输入对应的温度值，读取显示仪的温度示值，从下限开始增大直至上限；然后减小输入信号，读取显示仪的温度示值，直至下限。

试验设备温度测量标准不含传感器的示值误差按式 (4) 计算

$$\Delta t_i = \overline{t_d} - t_s \quad (4)$$

式中：

- Δt_i ——被校准试验设备温度测量标准显示仪某一通道的示值误差, °C;
 $\overline{t_d}$ ——被校准试验设备温度测量标准显示仪某一通道的测量平均值, °C;
 t_s ——标准器的实测值, °C。

7.2.2 短期漂移的校准

在 23 °C 参考环境温度下，选择多通道温度显示仪表热电阻通道和热电偶通道同名端分别短接后，输入 90% 量程所对应的电量值，读取试验设备温度测量标准此时的示值 y_0 ，以后每隔 10 min 读取一次试验设备温度测量标准的示值 y_i ，历时 1 h，取 y_i 与 y_0 之差绝对值的最大值，作为试验设备温度测量标准的短期漂移。

试验设备温度测量标准的短期漂移按式 (5) 计算

$$\Delta t_y = \max (|y_i - y_0|) \quad (5)$$

式中：

- Δt_y ——被校准试验设备温度测量标准的短期漂移, °C;
 y_0 ——被校准试验设备温度测量标准输入 90% 量程所对应的电量值后初始示值, °C;
 y_i ——被校准试验设备温度测量标准每隔 10 min 的示值, °C。

7.2.3 环境温度影响量引起的变差的校准

试验设备温度测量标准多通道温度显示仪表预热后，热电阻通道和热电偶通道同名端分别短接后，输入 90% 量程所对应的电量值，将多通道温度显示仪表放入高低温试验箱中，高低温试验箱依次设定 10 °C、20 °C、30 °C、40 °C 四个温度。待高低温试验箱达到设定温度稳定 30 min 后读取试验设备温度测量标准多通道温度显示仪表的示

值。取相邻两次试验温度下的示值之差绝对值的最大值，作为试验设备温度测量标准的环境温度影响量引起的变差。

试验设备温度测量标准的环境温度影响量引起的变差按式 (6) 计算

$$\Delta t_a = \max (|a_{i+1} - a_i|) \quad (6)$$

式中：

Δt_a —— 被校准试验设备温度测量标准的环境温度影响量引起的变差，℃；

a_i, a_{i+1} —— 试验设备温度测量标准在相邻两次试验温度下的示值，℃。

8 校准结果表达

经校准的试验设备温度测量标准出具校准证书。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；
- 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

由于复校时间间隔的长短是由试验设备温度测量标准的使用情况、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。

为确保被校试验设备温度测量标准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

试验设备温度测量标准校准记录 (式样)

送校单位						
样 品	名 称			型号规格		
	生产厂家			出厂编号		
标 准 器	名称/型号	编 号	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	溯源机构/ 证书编号	有效期至
环境温度		℃	相对湿度	%	校准地点	
技术依据						
1、示值误差(含传感器)						
示值误差 (°C)	校准温 度点 (°C)	传感器(通道)				
校准结果不确定度 $U(^{\circ}\text{C})(k=2)$						

2、示值误差(不含传感器)									
示值误差 (°C)	校准温 度点 (°C)	通道							
校准结果不确定度 $U(^{\circ}\text{C})(k=2)$									
3、短期漂移									
被校准仪器 示值(°C)	时间 间隔	输入值()	y_0	y_{10}	y_{20}	y_{30}	y_{40}	y_{50}	y_{60}
$\Delta t_y = \max (y_i - y_0) (^{\circ}\text{C})$									
4、环境温度影响量引起的变差									
校准仪器 示值(°C)	影响量 条件 (°C)	输入值()	10	20	30	40			
$\Delta t_a = \max (a_{i+1} - a_i) (^{\circ}\text{C})$									
记录编号			证书编号						
校准人	校准日期	核验人	核验日期						

附录 B

试验设备温度测量标准校准证书内页 (式样)

1、示值误差(含传感器)					
被校仪器 示值误差 (°C) 传感器(通道)	校准温 度点 (°C)				
校准结果不确定度 $U(^{\circ}\text{C})(k=2)$					
2、示值误差(不含传感器)					
被校仪器 示值误差 (°C) 通道	校准温 度点 (°C)				
校准结果不确定度 $U(^{\circ}\text{C})(k=2)$					
3、短期漂移(°C)					
4、环境温度影响量引起的变差(°C)					

附录 C

试验设备温度测量标准示值误差校准结果不确定度评定 (示例)

C.1 试验设备温度测量标准含传感器的评定分析

C.1.1 被校对象

试验设备温度测量标准, 分辨力: 0.01 °C, 校准温度点: 100 °C。

C.1.2 测量标准

标准铂电阻温度计, 测量范围 (-189.3442~419.427) °C, 二等标准。

C.1.3 测量模型

$$\Delta t_i = \bar{t}_i - t_s \quad (\text{C.1.1})$$

式中:

Δt_i —— 被校准试验设备温度测量标准某一通道的示值误差, °C;

\bar{t}_i —— 被校准试验设备温度测量标准某一通道的测量平均值, °C;

t_s —— 标准器测得的实际温度, °C。

C.1.4 标准不确定度分量来源与评定

不确定度来源: 被校对象的测量重复性、显示仪的读数分辨力、恒温槽温场不均匀、恒温槽温场不稳定, 标准铂电阻温度计传递不确定度、标准铂电阻温度计年稳定性、标准铂电阻温度计的自热效应、标准铂电阻内插公式计算误差、电测设备。

C.1.4.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

将标准铂电阻温度计和被校准试验设备温度测量标准传感器同时放入恒定温度为 100°C 的恒温槽中, 待示值稳定后, 进行 10 次重复测量。01 号传感器 (01 通道) 所测数据如下: 100.01、100.02、100.06、100.04、100.08、100.06、100.10、100.01、100.02、100.00。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.04^\circ\text{C}$$

实际测量时, 测量次数为 2 次, 以测得值的平均值为测量结果, 则测量重复性引入的标准不确定度分量:

$$u_1 = s / \sqrt{2} = 0.029^\circ\text{C}$$

C.1.4.2 显示仪的读数分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

被校准试验设备温度测量标准显示仪表的读数分辨力为 0.01 °C, 则不确定度区间

半宽为 0.005 °C，按均匀分布，则有：

$$u_2 = 0.005 / \sqrt{3} = 0.003 \text{ °C}$$

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 恒温槽温场不均匀引入的标准不确定度分量 u_3

恒温槽温场最大温差为 0.02 °C，按均匀分布，则有：

$$u_3 = 0.02 / 2\sqrt{3} = 0.006 \text{ °C}$$

C.1.4.4 恒温槽温场不稳定引入的标准不确定度分量 u_4

恒温槽温场稳定性为 0.02 °C，按均匀分布，则有：

$$u_4 = 0.02 / \sqrt{3} = 0.012 \text{ °C}$$

C.1.4.5 标准铂电阻温度计传递不确定度引入的标准不确定度分量 u_5

使用的标准铂电阻温度计在 100 °C 的不确定度为 $U=0.004 \text{ °C}$ ， $k=2$ ，则有：

$$u_5 = 0.004 / 2 = 0.002 \text{ °C}$$

C.1.4.6 标准铂电阻温度计年稳定性引入的标准不确定度分量 u_6

按规程要求，标准铂电阻温度计 100 °C 的周期稳定性为 0.014 °C 按均匀分布，则有：

$$u_6 = 0.014 / 2\sqrt{3} = 0.004 \text{ °C}$$

C.1.4.7 标准铂电阻温度计的自热效应引入的标准不确定度分量 u_7

估计标准铂电阻温度计的自热效应换算成温度不超过 0.002 °C，按均匀分布，则有：

$$u_7 = 0.002 / \sqrt{3} = 0.002 \text{ °C}$$

C.1.4.8 标准铂电阻内插公式计算误差引入的标准不确定度分量 u_8

估计标准铂电阻内插公式计算误差影响量不超过 0.001 °C，按均匀分布，则有：

$$u_8 = 0.001 / \sqrt{3} = 0.001 \text{ °C}$$

C.1.4.9 电测设备引入的标准不确定度分量 u_9

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：

$$u_9 = 0.003 / 2 = 0.002 \text{ °C}$$

C.1.5 合成标准不确定度计算

C.1.5.1 合成方差和灵敏系数

$$u_c^2 = c_1^2 (u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2) + c_2^2 (u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2 + u_9^2)$$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_i}{\partial t_i} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_i}{\partial t_s} = -1$$

C.1.5.2 标准不确定度分量汇总表见表 C.1.1

表 C.1.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 ($^{\circ}\text{C}$)
u_1	被校对象的测量重复性	0.029
u_3	恒温槽温场不均匀	0.006
u_4	恒温槽温场不稳定	0.012
u_5	标准铂电阻温度计传递不确定度	0.002
u_6	标准铂电阻温度计年稳定性	0.004
u_7	标准铂电阻温度计的自热效应	0.002
u_8	标准铂电阻内插公式计算误差	0.001
u_9	电测设备	0.002

C.1.5.3 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{c_1^2 (u_1^2 + u_3^2 + u_4^2) + c_2^2 (u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2 + u_9^2)} = 0.04 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

C.1.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 0.08 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

C.1.7 校准结果及其表示

被校试验设备温度测量标准 01 号传感器（01 通道）在 $100 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 时的示值误差为 $+0.04 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ ，则其测量结果为

$$\Delta t_1 = +0.04 \text{ } ^{\circ}\text{C}, U = 0.08 \text{ } ^{\circ}\text{C}, k = 2。$$

C.2 试验设备温度测量标准不含传感器的评定分析

C.2.1 被校对象

试验设备温度测量标准显示器，分辨力： $0.01 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ ，校准温度点： $200 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 。

C.2.2 测量标准

过程仪表校验仪，模拟热电阻 Pt100 输出， $(100\sim 300) \text{ } ^{\circ}\text{C}$ ，MPE： $\pm 0.03 \text{ } ^{\circ}\text{C}$

C.2.3 测量模型

$$\Delta t_i = \bar{t}_d - t_s \quad (\text{C.2.1})$$

式中：

Δt_i —— 被校准试验设备温度测量标准显示器某一通道的示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

\bar{t}_d —— 被校准试验设备温度测量标准显示器某一通道的测量平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_s —— 标准器的实测值， $^{\circ}\text{C}$ 。

C.2.4 标准不确定度分量来源与评定

不确定度来源：被校对象的测量重复性、显示仪的读数分辨力，标准器的输出误差。

C.2.4.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

被校试验设备温度测量标准显示仪表在 200 °C 处进行 10 次重复测量。01 通道（不含传感器）测得数据如下：200.01、200.02、200.00、200.03、200.03、200.01、200.01、200.01、200.02、200.01。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.010^{\circ}\text{C}$$

实际测量时，测量次数为 2 次，以测得值的平均值为测量结果，则测量重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_1 = s / \sqrt{2} = 0.008^{\circ}\text{C}$$

C.2.4.2 显示仪的读数分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

数字温度计显示仪表的读数分辨力为 0.01 °C，则不确定度区间半宽为 0.005 °C，按均匀分布，则有：

$$u_2 = 0.005 / \sqrt{3} = 0.003^{\circ}\text{C}$$

为避免重复计算， u_1 和 u_2 取大者，所以不考虑 u_2 。

C.2.4.3 标准器的输出误差引入的标准不确定度分量 u_3

查说明书，标准器模拟热电阻 Pt100 输出，在（100~300）°C 范围最大允许误差为 $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布，则有：

$$u_3 = 0.03 / \sqrt{3} = 0.017^{\circ}\text{C}$$

C.2.5 合成标准不确定度计算

C.2.5.1 合成方差和灵敏系数

$$u_c^2 = c_1^2 (u_1^2 + u_2^2) + c_2^2 u_3^2$$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_i}{\partial t_d} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_i}{\partial t_s} = -1$$

C.2.5.2 标准不确定度分量汇总表见表 C.2.1

表 C.2.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度 (°C)
u_1	被校对象的测量重复性	0.008
u_3	标准器的输出误差	0.017

C.2.5.3 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_3^2} = 0.02^{\circ}\text{C}$$

C.2.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.2.7 校准结果及其表示

被校试验设备温度测量标准显示仪表（不含传感器）01 通道在 $200 \text{ } ^\circ\text{C}$ 时的示值误差为 $+0.02 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，则其测量结果为

$$\Delta t_1 = +0.02 \text{ } ^\circ\text{C}, U = 0.04 \text{ } ^\circ\text{C}, k = 2。$$

福建省计量规范技术委员会