

JJF (皖)

# 安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 194—2024

干体、液槽两用温度校准器

温度参数校准规范

Calibration Specification for Temperature Parameters of the Combined  
Dry-block and Liquid-bath Temperature Calibrators

2024-08-20 发布

2024-10-01 实施

安徽省市场监督管理局 发布



干体、液槽两用温度校准器  
温度参数校准规范

Calibration Specification for Temperature  
Parameters of the Combined Dry-block  
and Liquid-bath Temperature Calibrators

JJF (皖) 194-2024

归口单位：安徽省热工计量技术委员会

主要起草单位：合肥市计量测试中心

安徽省计量科学研究院

参加起草单位：余姚市佳银仪表有限公司

本规范委托安徽省热工计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

谢春江（合肥市计量测试中心）

褚旭烨（安徽省计量科学研究院）

韦 越（合肥市计量测试中心）

刘媛媛（合肥市计量测试中心）

刘泰丰（安徽省计量科学研究院）

**参加起草人：**

王 珂（合肥市计量测试中心）

徐亚迪（合肥市计量测试中心）

黄银娟（余姚市佳银仪表有限公司）

# 目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(3)
5.1 计量性能	(3)
5.2 安全性能	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 负载条件	(3)
6.3 测量标准及其他设备	(3)
6.4 配合衬套和介质	(4)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目	(4)
7.2 校准方法	(5)
8 校准结果的表达	(9)
9 复校时间间隔	(9)
附录 A 干体、液槽两用温度校准器温度参数校准证书内页参考格式	(10)
附录 B 温度示值误差测量不确定度评定示例	(11)
附录 C 温度波动性测量不确定度评定示例	(14)

# 引 言

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》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范主要参考 JJF 1030-2023《温度校准用恒温槽技术性能测试规范》、JJF 1257-2010《干体式温度校准器校准方法》的部分内容，并结合国内外目前在用的干体、液槽两用温度校准器生产和使用情况，对其具体技术指标和校准方法进行了规定和解释。

本规范为首次发布。

# 干体、液槽两用温度校准器温度参数校准规范

## 1 范围

本规范适用于温度范围在(-50~250)℃、同时具备干体和液槽两种模式的干体、液槽两用温度校准器(以下简称校准器)的温度参数的校准。腔体容积不超过1.0 L、深度不超过200 mm的微型恒温槽的温度参数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 1007 温度计量名词术语及定义

JJF 1030-2023 温度校准用恒温槽技术性能测试规范

JJF 1257-2010 干体式温度校准器校准方法

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 干体模式 dry-block mode

校准器在腔体内放入均温块后,利用其均温作用来保证插入均温块的被校准温度计与标准温度计保持一致的模式。

### 3.2 液槽模式 liquid-bath mode

校准器在腔体内加入液体介质后,通过温度控制系统以及搅拌装置的作用,保证插入工作区域的被校准温度计与标准温度计保持一致的模式。

### 3.3 工作区域 working space

能保证校准器计量性能的区域。

### 3.4 温度示值误差 temperature indication error

校准器显示温度与测量区实际温度之差。

### 3.5 温度波动性 temperature volatility

校准器在稳定状态下,工作区域在一定时间间隔内,温度变化的最大幅度。

### 3.6 温度均匀性 temperature uniformity

校准器在稳定状态下,工作区域内最高温度与最低温度的差值。

### 3.7 工作区域上水平面 top horizontal plane of working space

液槽模式下工作区域最高处的水平面。

### 3.8 工作区域下水平面 bottom horizontal plane of working space

液槽模式下工作区域最低处的水平面。

### 3.9 固定温度计 fixed thermometer

液槽模式下在工作区域内固定，用于测量介质温度的温度计。

### 3.10 移动温度计 moved thermometer

液槽模式下在工作区域内多个预定位置上放置，用于测量介质温度的温度计。

### 3.11 外置参考温度计 external reference thermometer

用于测量工作区域温度，并连接主机实现控温功能的温度计。

### 3.12 配合衬套 adapter bushing

干体模式下在测温孔与温度计之间放置的金属衬套，其目的是为了使得温度计与测温孔间有良好的热传导。

### 3.13 孔间温差 temperature difference between holes

干体模式下均温块不同测温孔之间的最大温度差。

## 4 概述

校准器具备干体和液槽两种模式，其工作原理是利用温度控制系统使工作区域具有均匀、稳定的温场。校准器使用干体模式时必须配备合适的均温块，使用液槽模式时必须选用合适的介质，并将搅拌系统设定适当的转速。校准器典型结构示意图如图 1 所示。

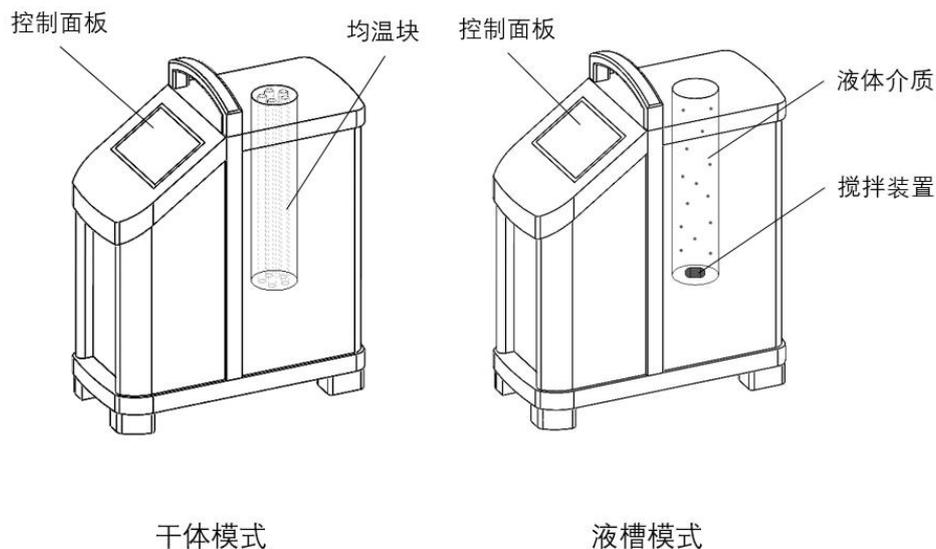


图 1 校准器典型结构示意图

校准器具备灵活多样、便于携带、快速升降温、清洁卫生等特点，能为现场校准各型号、尺寸的铂电阻、热电偶、热敏电阻、双金属温度计等温度传感器提供参考温度，广泛应用于生物医药、食品、环保等领域。

## 5 计量特性

### 5.1 计量性能

校准器的技术要求包括干体模式温度示值误差、温度波动性、孔间温差和液槽模式温度示值误差、温度波动性、温度均匀性。典型设备的技术要求见表 1。

表 1 校准器技术要求

序号	工作模式	项目	技术要求
1	干体模式	温度示值误差	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$
2		温度波动性	$0.2^{\circ}\text{C}$ (10min 内)
3		孔间温差	$0.05^{\circ}\text{C}$
4	液槽模式	温度示值误差	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$
5		温度波动性	$0.2^{\circ}\text{C}$ (10min 内)
6		温度均匀性	$0.10^{\circ}\text{C}$

注：以上指标要求不用于合格性判断，仅供参考。

### 5.2 安全性能

常温下，校准器的金属外壳或接地端子与电源端子之间的绝缘电阻应不小于  $20\text{M}\Omega$ 。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境温度： $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 或满足产品使用说明书中的要求。

环境相对湿度： $35\%\sim 85\%$ 或满足产品使用说明书中的要求。

环境条件还应满足测量标准的使用要求。

### 6.2 负载条件

一般在空载条件下校准，根据用户需要可在负载条件下进行校准，但应说明负载的情况。

### 6.3 测量标准及其他设备

技术要求见表 2。

表 2 测量标准及其他设备

序号	设备名称	测量范围	技术要求	数量
1	标准温度计	(-50~250) °C	分辨力: 不低于 0.001 °C MPE: $\pm (0.100^\circ\text{C} + 0.0017  t )$	不少于 2 支
2	绝缘电阻表	(0~500) MΩ 额定直流电压: 500 V	10 级	1 台

注 1: 干体模式下校准所用的温度计 (含外保护套管) 的外径不应大于 7 mm, 插入深度至少为其外径的 15 倍; 液槽模式下校准所用的温度计应采用软线四线制铂电阻作为传感器, 其外径不大于 3 mm, 铠装长度不大于 20mm。

注 2: 标准温度计技术要求为包含传感器和温度显示 (记录) 仪的整体要求。

注 3: 测量结果应含修正值。

注 4: 应定期或不定期对标准温度计进行性能核查。

注 5: 校准时可选用此表所列的测量标准, 也可以选用不确定度符合要求的其他测量标准。

#### 6.4 配合衬套和介质

校准器在干体模式时, 标准温度计的外径与测温孔或是配合衬套的内径的差最大为 0.5mm。如果使用配合衬套, 应使用生产厂家规定的材料进行制造, 如有一个或多个孔使用配合衬套, 应符合生产厂家的技术要求。

校准器在液槽模式时, 应按使用说明书的要求加入适量的介质。介质应具备符合校准器使用温度范围的粘度, 以保证通过升降温和搅拌, 达到其液槽模式的设定温度并处于正常工作状态。不同的温度点, 应加入不同量的介质, 保证工作区域的液面处于规定的位置, 防止因升温体积膨胀导致液体溢出。

### 7 校准项目和校准方法

#### 7.1 校准项目

校准项目见表 3。

表 3 校准项目

校准项目	工作模式	
	干体模式	液槽模式
温度示值误差	+	+
温度波动性	+	+
孔间温差	+	—
温度均匀性	—	+

注: “+”表示应校准, “—”表示不校准。

## 7.2 校准方法

### 7.2.1 校准前的准备

校准前必须先开启电测设备电源进行预热, 预热时间至少 20min 或满足电测设备使用说明书的相应要求。

根据校准器配置和用户要求选择采用内置或外置参考温度计控温, 如采用外置参考温度计, 则应按照使用说明书要求置于工作区域规定位置并正确连接主机。

在液槽模式下, 校准器时应按照使用说明书要求开启搅拌装置并设置搅拌速率。搅拌装置和工作区域应有相应部件分隔开。

### 7.2.2 校准点的选择

校准的温度点一般选择校准器实际工作温度范围的上限、下限和室温附近, 也可根据用户需求选择其他温度点。

### 7.2.3 干体模式下的校准

#### 7.2.3.1 温度示值误差

将标准温度计插入测温孔底部, 测温孔应该选中心孔或者特别指定的孔。设定校准点温度, 待温度达到热平衡后, 分别记录校准器的显示值和标准温度计的测量值, 记录时间不少于 10 min, 记录间隔为每分钟一次。

在常规温度点校准时进行两次测量, 在设定温度上升时测量一次、下降时测量一次, 取校准器显示值与标准温度计测量值的差值的平均值作为测量结果; 在生产厂家给定的温度最高和最低点校准时只要求进行一次测量, 取校准器显示值与标准温度计测量值的差值作为测量结果。

注: 热平衡应按照厂家说明书要求判定, 未特别规定的条件下, 以达到设定温度点后一个半波动周期或至少 15min 为平衡判定。

每次测量温度示值误差按式 (1) 计算:

$$\Delta t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{ci} - t_{si}) \quad (1)$$

式中:

$\Delta t$  ——在此校准温度点的温度示值误差, °C;

$t_{ci}$  ——在第  $i$  次测量时, 校准器显示的温度值, °C;

$t_{si}$  ——第  $i$  次测量时, 标准温度计的测量值, °C;

$n$  ——测量记录次数。

将校准点在上升测量值 $\Delta t_1$ 和下降测量值 $\Delta t_2$ 的平均值作为此校准点的测量结果 $\Delta t_x$ 时,按式(2)计算:

$$\Delta t_x = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} \quad (2)$$

### 7.2.3.2 温度波动性

将标准温度计插入测温孔底部,测温孔应该选中心孔或者特别指定的孔。当校准器温度达到热平衡时,才可以读数。开始读数时校准器实际温度(以标准温度计为准)与校准点温度偏离应不超过 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。记录下温度计示值 $t_1$ ,以10s间隔读取一次示值,共计记录61个数据,取其中最高温度与最低温度的差值作为温度波动性,按式(3)计算:

$$w_t = \max(t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_{60}, t_{61}) - \min(t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_{60}, t_{61}) \quad (3)$$

式中:

$w_t$ ——在此校准温度点的温度波动性,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_i$ ——第 $i$ 次测量时,标准温度计的测量值,  $^\circ\text{C}$ 。

注:温度波动性和温度示值误差的校准可以同时进行。

### 7.2.3.3 孔间温差

选择均温块中相对距离最远的两个孔进行孔间温差的测量。将两支温度计A、B分别插入均温块的两个测量孔a、b中。当校准器温度达到热平衡时,才可以读数。开始读数时校准器实际温度(以标准温度计为准)与校准点温度偏离应不超过 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。第一次分别读取两支温度计的示值 $t_{Aa1}$ 和 $t_{Bb1}$ 。将温度计交换测量孔,即温度计A插入b孔,温度计B插入a孔。温度再次稳定后,第二次分别读取两支温度计的示值 $t_{Ab2}$ 和 $t_{Ba2}$ 。重复上述测量,共测量4次。分别得到 $t_{Aa1}$ 、 $t_{Bb1}$ ,  $t_{Ab2}$ 、 $t_{Ba2}$ ,  $t_{Aa3}$ 、 $t_{Bb3}$ ,  $t_{Ab4}$ 、 $t_{Ba4}$ 。

孔间温差 $\Delta t_{ab}$ 按式(4)计算:

$$\Delta t_{ab} = [(t_{Aa1} + t_{Ba2} + t_{Aa3} + t_{Ba4}) - (t_{Bb1} + t_{Ab2} + t_{Bb3} + t_{Ab4})] / 4 \quad (4)$$

## 7.2.4 液槽模式下的校准

### 7.2.4.1 温度示值误差

将标准温度计插入工作区域内1/2深度位置。按照7.2.3.1要求,校准液槽模式下校准器的温度示值误差。

### 7.2.4.2 温度波动性

将标准温度计插入工作区域内1/2深度位置。按照7.2.3.2要求,校准液槽模式下校准器的温度波动性。

## 7.2.4.3 温度均匀性

a) 设定校准器温度，将固定温度计插入工作区域 1/2 深度，其感温端固定在参考位置 o；另一支移动温度计插入工作区域上水平面，深度不小于 30mm，其感温端固定在上水平面位置 a，如图 2 所示。待温度达到热平衡后开始读数。开始读数时校准器实际温度（以标准温度计为准）与校准点温度偏离应不超过  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。按固定温度计→移动温度计→移动温度计→固定温度计→固定温度计→移动温度计→移动温度计→固定温度计的测量顺序，依次得到示值  $t_{a1}^{\circ}$ 、 $t_{a1}$ 、 $t_{a2}$ 、 $t_{a2}^{\circ}$ 、 $t_{a3}^{\circ}$ 、 $t_{a3}$ 、 $t_{a4}$ 、 $t_{a4}^{\circ}$ 。

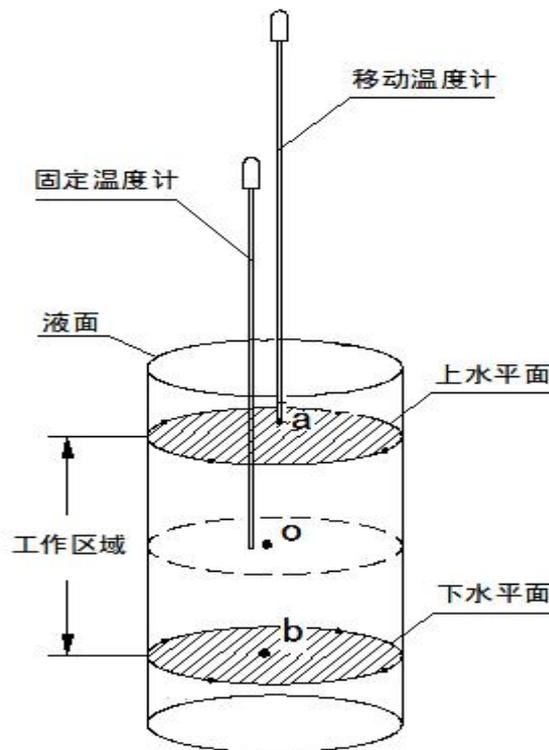


图2 上水平面 a 点和参考位置 o 点示意图

则此时 a 点相对于 o 点的温差按式 (5) 计算：

$$\Delta t_{a-o} = \overline{t_a} - \overline{t_a^{\circ}} \quad (5)$$

式中：

$\Delta t_{a-o}$ ——a 点相对于 o 点的温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\overline{t_a}$  ——固定温度计示值平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\overline{t_a^{\circ}}$  ——移动温度计示值平均值， $^{\circ}\text{C}$ 。

b) 保持固定温度计位置不动，缓慢移动移动温度计，使其感温端固定在下水平面位置 b，如图 3 所示。稳定 5min 后才可以读数。开始读数时校准器实际温度（以标准

温度计为准)与校准点温度偏离应不超过 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。按固定温度计→移动温度计→移动温度计→固定温度计→固定温度计→移动温度计→移动温度计→固定温度计的测量顺序,依次得到示值 $t_{b1}^{\circ}$ 、 $t_{b1}$ 、 $t_{b2}$ 、 $t_{b2}^{\circ}$ 、 $t_{b3}^{\circ}$ 、 $t_{b3}$ 、 $t_{a4}$ 、 $t_{b4}^{\circ}$ 。

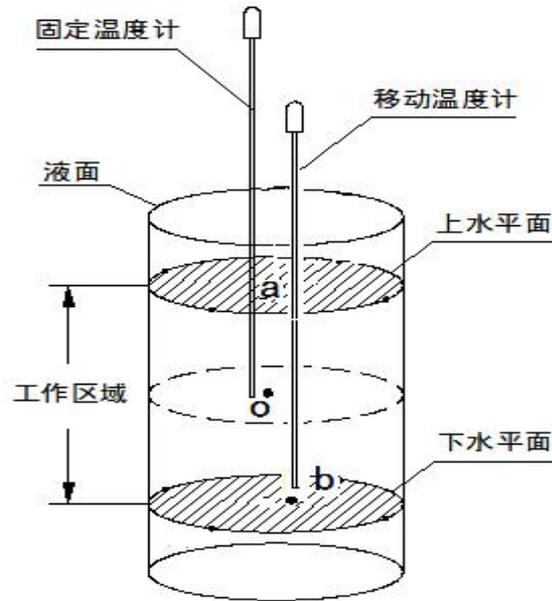


图3 下水平面 b 点和参考位置 o 点示意图

则此时 b 点相对于 o 点的温差按式 (6) 计算:

$$\Delta t_{b-o} = \bar{t}_b - \bar{t}_b^{\circ} \quad (6)$$

式中:

$\Delta t_{b-o}$ ——b 点相对于 o 点的温差,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\bar{t}_b$  ——固定温度计示值平均值,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\bar{t}_b^{\circ}$  ——移动温度计示值平均值,  $^{\circ}\text{C}$ 。

c) 在此校准温度点的温度均匀性  $\delta t$  按式 (7) 计算:

$$\delta t = \max(\Delta t_{a-o}, \Delta t_{b-o}) - \min(\Delta t_{a-o}, \Delta t_{b-o}) \quad (7)$$

## 8 校准结果的表达

经校准的校准器出具校准证书, 校准证书应符合 JJF 1071-2010 中 5.12 的要求, 并给出各校准项目名称和测量结果以及扩展不确定度。校准证书格式见附录 A。

校准器各项温度参数校准的测量不确定度按照 JJF 1059.1-2012 的要求评定。温度示值误差的测量不确定度评定示例见附录 B, 温度波动性的测量不确定度评定示例见附录 C, 温度均匀性的测量不确定度评定示例参见 JJF 1030-2023 附录 C。

## 9 复校时间间隔

建议复校间隔时间为1年。送校单位可根据校准器工作温度范围、使用频繁程度、导热介质物理性能等实际情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 干体、液槽两用温度校准器温度参数校准证书内页参考格式

## A.1 校准结果

工作模式	校准温度/°C	校准项目	校准结果/°C	不确定度 $U(k=2)$ /°C
干体模式		温度示值误差		
		温度波动性		
		孔间温差		
液槽模式		温度示值误差		
		温度波动性		
		温度均匀性		

以下空白

## 附录 B

## 温度示值误差测量不确定度评定示例

## B.1 概述

## B.1.1 测量标准

AA 级铂电阻温度计配 0.005 级电测设备, 满足 MPE:  $\pm (0.100^\circ\text{C} + 0.0017 |t|)$ , 整体修正值的不确定度  $U=0.03^\circ\text{C}$  ( $k=2$ )。

## B.1.2 被测对象

干体、液槽两用温度校准器温度示值误差, 以液槽模式下  $100^\circ\text{C}$  温度点为例进行评定, 干体模式下也可参照此评定。

## B.1.3 测量方法

将标准温度计插入工作区域内 1/2 深度位置。设定校准点温度, 待温度达到热平衡后, 分别记录校准器的显示值和标准温度计的测量值, 记录时间为 10min, 记录间隔为每分钟一次, 共记录十次。

$100^\circ\text{C}$  为常规温度点, 校准时进行两次测量, 在设定温度上升时测量一次、下降时测量一次, 取校准器显示值与标准温度计测量值差值的平均值作为测量结果。

## B.2 测量模型

每次测量温度示值误差按式 (B.1) 计算:

$$\Delta t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{ci} - t_{si}) \quad (\text{B.1})$$

式中:

$\Delta t$  ——在此校准温度点的温度示值误差,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{ci}$  ——在第  $i$  次测量时, 校准器显示的温度值,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{si}$  ——第  $i$  次测量时, 标准温度计的测量值,  $^\circ\text{C}$ ;

$n$  ——测量记录次数。

公式 (B.1) 可变换为公式 (B.2):

$$\Delta t = \bar{t}_c - \bar{t}_s \quad (\text{B.2})$$

式中:

$\bar{t}_c$  ——校准器显示温度值的平均值,  $^\circ\text{C}$ ;

$\bar{t}_s$  ——标准温度计的测量值的平均值,  $^\circ\text{C}$ ;

灵敏系数  $c_1=1$ 、 $c_2=-1$ 。

### B.3 标准不确定度评定

标准不确定度来源：输入量  $\bar{t}_c$  引入包括温度示值误差的测量重复性、被校校准器的分辨力；输入量  $\bar{t}_s$  引入包括标准温度计的修正值、标准温度计的稳定性。

#### B.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1$

在 100℃ 温度点下对校准器温度示值误差重复测量十次，其中在设定温度上升时测量五次、下降时测量五次，得到一组测量列（见表 C.1）。

表 B.1 重复性测量数据

测量次数 $i$	示值误差/℃	测量次数 $i$	示值误差/℃
1	0.19	6	0.20
2	0.19	7	0.17
3	0.19	8	0.19
4	0.20	9	0.21
5	0.18	10	0.23

实验标准差：

$$s(\Delta t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \bar{\Delta t})^2}{n-1}} = 0.017 \text{ } ^\circ\text{C}$$

实际以温度上升、下降时两次测量的平均值作为测量结果，则：

$$u_1 = \frac{s(\Delta t)}{\sqrt{2}} = 0.012 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### B.3.2 被校校准器分辨力引入的标准不确定度 $u_2$

校准器分辨力为 0.01℃，区间半宽 0.005℃，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度为：

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

测量重复性引入的标准不确定度大于被校校准器分辨力引入的标准不确定度，取其中较大者，则  $u_2$  不计入。

#### B.3.3 标准温度计修正值引入的标准不确定度 $u_3$

标准温度计整体溯源时，修正值的不确定度  $U=0.03^\circ\text{C}$  ( $k=2$ )，则：

$$u_3 = \frac{0.03}{2} = 0.015 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### B.3.4 标准温度计稳定性引入的标准不确定度 $u_4$

定期对标准温度计进行性能核查，相邻两次核查温度修正值最大变化  $0.05\text{ }^\circ\text{C}$ ，按均匀分布，由此引入的标准不确定度为：

$$u_4 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029\text{ }^\circ\text{C}$$

### B.4 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总表见表 B.2。

表 B.2 标准不确定度汇总表

不确定度符号		不确定度来源	不确定度值/ $^\circ\text{C}$
$u_{t_c}$	$u_1$	测量重复性引入	0.012
$u_{t_s}$	$u_3$	标准温度计修正值引入	0.015
	$u_4$	标准温度计稳定性引入	0.029

### B.5 合成标准不确定度的计算

由于  $u_1$ 、 $u_3$ 、 $u_4$  互不相关，则合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.035\text{ }^\circ\text{C}$$

### B.6 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ ，则温度示值误差校准的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.07\text{ }^\circ\text{C}$$

## 附录 C

## 温度波动性测量不确定度评定示例

## C.1 概述

## C.1.1 测量标准

AA 级铂电阻温度计配 0.005 级电测设备。

## C.1.2 被测对象

干体、液槽两用温度校准器温度波动性参数测量，以液槽模式下 50℃ 温度点为例进行评定，干体模式下也可参照此评定。

## C.1.3 测量方法

将标准温度计插入工作区域内 1/2 深度位置。当校准器温度达到热平衡时记录下温度计示值  $t_1$ ，以 10s 间隔读取一次示值，共计记录 61 个数据，取其中最高温度与最低温度的差值作为温度波动性。

## C.2 测量模型

$$w_t = \max(t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_{60}, t_{61}) - \min(t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_{60}, t_{61}) \quad (\text{C.1})$$

式中：

$w_t$  ——在此校准温度点的温度波动性，℃；

$t_i$  ——第  $i$  次测量时，标准温度计的测量值，℃。

公式 (C.1) 可变换为公式 (C.2)：

$$w_t = \Delta t \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\Delta t$  ——标准温度计 61 次读数中的最大差值，℃。

则：

$$u(w_t) = u(\Delta t) \quad (\text{C.3})$$

灵敏系数  $c=1$ 。

## C.3 标准不确定度评定

标准不确定度来源包括温度波动性的测量重复性、标准器的分辨力、标准器的短期稳定性。

C.3.1 测量重复性引入的标准不确定度  $u_1$

在 50℃ 温度点下对校准器重复测量十次，计算每次测量的最大差值即温度波动性，得到一组测量列（见表 C.1）。

表 C.1 重复性测量数据

测量次数 $i$	最大差值/℃	测量次数 $i$	最大差值/℃
1	0.012	6	0.012
2	0.013	7	0.011
3	0.011	8	0.013
4	0.012	9	0.010
5	0.014	10	0.012

实验标准差：

$$s(\Delta t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \bar{\Delta t})^2}{n-1}} = 0.0012 \text{ } ^\circ\text{C}$$

实际以单次测得值作为测量结果，则：

$$u_1 = s(\Delta t) = 0.0012 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.3.2 标准器分辨力引入的标准不确定度 $u_2$

标准器分辨力为 0.001℃，区间半宽 0.0005℃，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} = 0.0003 \text{ } ^\circ\text{C}$$

测量重复性引入的标准不确定度大于标准器分辨力引入的标准不确定度，取其中较大者，则  $u_2$  不计入。

### C.3.3 标准器短期稳定性引入的标准不确定度 $u_3$

AA 级铂电阻温度计短时间内稳定性变化不超过 1mK，按均匀分布处理，则其引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.001}{\sqrt{3}} = 0.0006 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## C.4 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度汇总表

不确定度符号	不确定度来源	不确定度值/℃
$u(\Delta t)$	$u_1$	测量重复性引入
	$u_3$	标准器短期稳定性引入

### C.5 合成标准不确定度的计算

由于  $u_1$ 、 $u_3$  互不相关，则合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = 0.002 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.6 扩展不确定度

取包含因子  $k = 2$ ，则温度波动性测量的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.004 \text{ } ^\circ\text{C}$$

---

