



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF684 —20XX

表面铂电阻温度计校准规范

Calibration Specification for Surface Platinum Resistance Thermometers

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

表面铂电阻温度计校准规范
Calibration Specification for Surface
Platinum Resistance Thermometer

JJF684 - 20XX
代替 JJG 684 - 2003

归口单位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国温度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引言	.....	(III)
1 范围	.....	(1)
2 引用文件	.....	(1)
3 术语	.....	(1)
4 概述	.....	(1)
5 计量特性	.....	(2)
5.1 外观	.....	(2)
5.2 绝缘电阻	.....	(2)
5.3 示值允差	.....	(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)
7.3 数据处理	.....	(5)
8 校准结果表达	.....	(6)
9 复校时间间隔	.....	(6)
附录 A 表面测温杯的制作	.....	(7)
附录 B 表面铂电阻温度计校准记录参考格式	.....	(8)
附录 C 表面铂电阻温度计校准结果参考格式	.....	(8)
附录 D 表面铂电阻温度计校准结果不确定度分析示例	.....	(11)

引言

本规范依据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》规范进行编写。相关术语定义和技术内容。

本规范系修订，与JJG684-2003《表面铂电阻检定规程》相比，主要技术变化如下：

按照JJF1071-2010的要求对规范格式进行了修改。

名称更改为《表面铂电阻温度计校准规范》，规范实用性更强。

增加了表面铂电阻温度计术语定义，明确规范适用对象。

删除了表面铂电阻温度计 R_0 值的技术要求。

修改了测量标准及其他设备的技术要求。

删除了表面铂电阻温度计 R_0 值校准方法描述。

增加了表面铂电阻温度计接线方式描述。

规范中将 -60°C ~室温、室温~ 600°C 表面铂电阻温度计校准方法分别描述。

删除了采用二等标准水银温度计或二等标准汞基温度计作为标准器的数据处理方法。

修改了附录B、附录C表面铂电阻温度计校准记录参考格式和校准结果参考格式。

增加了附录D表面铂电阻温度计校准结果不确定度分析示例。

表面铂电阻温度计校准规范

1 范围

本规范适用于温度范围为 -60°C ~ 600°C 的接触式表面铂电阻温度计的校准。
其他类型的表面传感器可参考本规范进行校准。

2 引用文件

JJG229-2010《工业铂、铜热电阻检定规程》

JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》

JJF1007-2010《温度计量名词术语及定义》

JJF1409-2013《表面温度计校准规范》

JB/T8622-1997《工业铂热电阻技术条件及分度表》

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

表面铂电阻温度计 Surface Platinum Resistance Thermometer

感温元件为铂电阻，用于测量物体表面温度的传感器。

直接与固体表面接触以铂丝电阻值随温度变化的原理而测量固体表面温度的测温传感器。

4 概述

表面铂电阻温度计可以采用金属丝平绕、薄膜或厚膜技术及其他工艺制成。其典型结构图 1 所示。

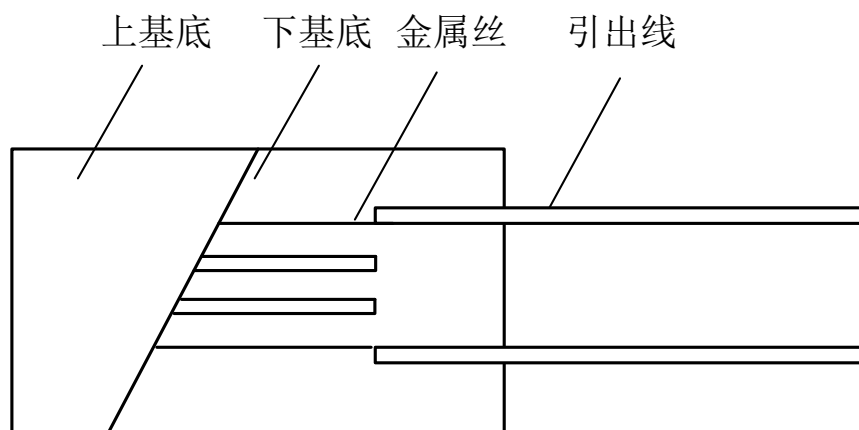


图1 表面铂电阻温度计典型结构示意图

5 计量特性

5.1 外观

- 5.1.1 各部分装配应正确、可靠、无缺损、无缺件、无折痕。
- 5.1.2 表面铂电阻温度计不应有断路或短路现象，引出线的安装不应松动。
- 5.1.3 表面铂电阻温度计应带有产品铭牌，铭牌上应有分度号、测量范围、出厂编号等。

5.2 绝缘电阻

表面铂电阻温度计的绝缘电阻应不小于 $20M\Omega$ 。

5.3 示值允差

表面铂电阻温度计示值允差见表1。

表1 表面铂电阻温度计示值允差

温度范围/ $^{\circ}C$	示值允差/ $^{\circ}C$
$-60 \leq t \leq 0$	± 6
$0 < t < 200$	± 4
$200 \leq t \leq 600$	± 12

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $15^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$

相对湿度：不大于 80%

环境条件还应满足所用标准器和其它配套设备正常使用的其它要求。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 标准器

通常采用铂电阻温度计，其扩展不确定度 $U(k=2)$ ，应小于被校表面铂电阻温度计最大允许误差的 $1/10$ 。

6.2.2 表面温度源

温度范围为 -60°C ~室温的表面温度源（以下简称低温表面温度源）由恒温槽、表面测温杯（见附录 A）组成。温度范围为室温~ 600°C 的表面温度源（以下简称高温表面温度源）由表面热板、控温装置组成。

高温表面温度源表面热板的底部具有外置标准器插孔，标准器外径与插孔内径差最大为 0.5mm ，标准器测量端与插孔内测温点处接触应良好，测温点应垂直位于表面热板工作区中心下方并尽量贴近测温表面。

表面温度源表面应平整、光滑、无油垢等物质，不允许有影响测量准确度的表面氧化，保证表面铂电阻温度计与工作区表面接触良好。表面测温杯/热板应具有良好的导热性。工作区直径或边长与表面铂电阻的接触面相应尺寸之比应不小于 1.4。可根据感温元件的形状选择相适应的表面测温杯/热板。

表面温度源技术要求参见表 2。

表 2 表面温度源技术要求

温度范围/ $^{\circ}\text{C}$	工作区温度均匀性/ $^{\circ}\text{C}$	波动性/ $(^{\circ}\text{C}/10\text{min})$
$-60 \leq t < \text{室温}$	≤ 0.4	0.4
$\text{室温} \leq t \leq 100$	≤ 0.5	0.4
$100 < t \leq 300$	≤ 1.0	0.6
$300 < t \leq 400$	≤ 1.5	1.0
$400 < t \leq 600$	≤ 2.0	1.0

注：符合温度均匀性要求的区域为工作区

6.2.3 其他设备

校准用其他设备见表 3。

表 3 校准用其他设备

序号	仪器设备名称	技术指标	用途
1	电测仪器	准确度等级不低于 0.02 级 分辨力不低于 $1\text{m}\Omega$	用于测量表面铂电阻温度计和标准铂电阻温度计阻值
2	转换开关	各路寄生电势及各路寄生电势之差 $\leq 1\mu\text{V}$	切换各路的阻值
3	绝缘电阻测试仪	准确度等级不低于 10 级	用于绝缘电阻的测量

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

外观、绝缘电阻、示值误差。

7.2 校准方法

7.2.1 外观检查

用目力观察表面铂电阻温度计的外观应符合本规范 5.1 的规定。用万用表检查表面铂

电阻温度计有无短路或断路。

7.2.2 绝缘电阻

采用绝缘电阻测试仪器测量表面铂电阻温度计的绝缘电阻。测量前将被测表面铂电阻温度计放在一金属板上，用硅橡胶或其他弹性材料压紧。测量时将表面铂电阻温度计引出线短路接至绝缘电阻测试仪器的一个接线端，绝缘电阻测试仪器另一接线端接至金属板，并施加 100V 试验电压，记录 1min 时的绝缘电阻示值。其绝缘电阻应符合本规范 5.2 的规定。

7.2.3 示值误差

7.2.3.1 校准温度点

在表面铂电阻温度计测量温度范围内，至少校准三个温度点，通常选取测量范围的上、下限和中间点，也可根据客户要求选择其他校准温度点。

7.2.3.2 表面铂电阻温度计的安装

表面铂电阻温度计安装前应检查表面温度源表面是否平整、光滑、无污物，并用酒精将表面擦拭干净。对于高温表面温度源表面，使用前用砂纸将其打磨光滑，并用酒精擦拭干净后方可使用。校准时将表面铂电阻温度计贴在表面温度源的工作区内，并用固定支架将表面铂电阻温度计压紧。表面铂电阻温度计和表面温度源表面应接触良好，不应有空气层存在。

7.2.3.3 表面铂电阻温度计的接线

表面铂电阻温度计接线方式可以分为二线制、三线制和四线制。当为二线制方式时，也应接成四线制方式。应考虑从感温元件连接点到表面铂电阻温度计端子间引线的电阻值，应在测量结果中减去测量导线的电阻值。当为三线制方式时，为消除引线电阻 r 的影响，可分别按照图 2 (a) 和图 2 (b) 的接线方式测量，图 2 (a) 测得的电阻值为 R_a ，图 2 (b) 测得的电阻值为 R_b ，则三线制表面铂电阻温度计的电阻值为 $2R_a - R_b$ 。

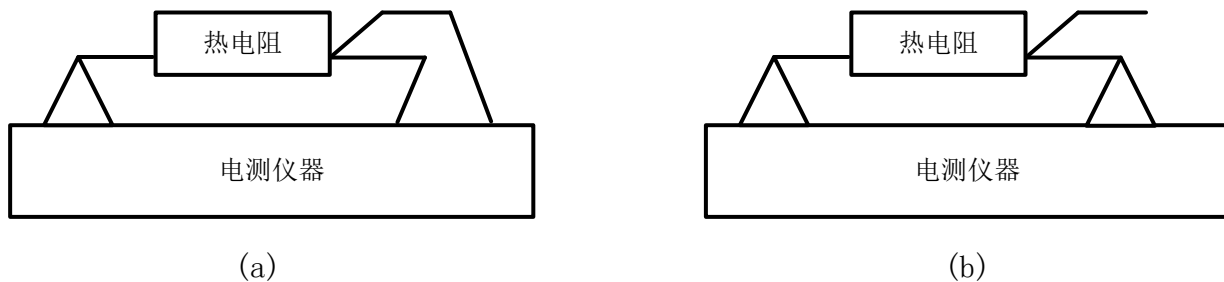


图 2 三线制表面铂电阻温度计接线方式

7.2.3.4 -60℃～室温表面铂电阻温度计的校准

采用比较法,将被校表面铂电阻温度计与铂电阻温度计进行比较。具体校准步骤如下:

- 1) 将表面测温杯放入恒温槽的上端取代原有的槽盖,测温介质应能浸没杯的外围;
- 2) 插入铂电阻温度计,插入深度应不小于 200mm;
- 3) 安装表面铂电阻温度计至测温杯表面;
- 4) 调节恒温槽设定温度,当标准器温度偏离校准温度点 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内,温度变化每分钟不超过 0.2°C 时,开始读数,读数顺序为:

标准 → 被校 1 → 被校 2 → … 被校 n



标准 ← 被校 1 ← 被校 2 ← … 被校 n

如此完成一个循环,每次读数不少于两个循环。

7.2.3.5 室温～600℃表面铂电阻温度计的校准

采用比较法,将被校表面铂电阻温度计与铂电阻温度计进行比较。具体校准步骤如下:

- 1) 将铂电阻温度计插入高温表面温度源外置插孔中,铂电阻温度计测量端与插孔内测温点处应接触良好,插孔出口缝隙用保温材料堵严;
- 2) 安装表面铂电阻温度计至热板表面;
- 3) 调节高温表面温度源设定温度,当标准器温度偏离校准温度点 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内,温度变化每分钟不超过 0.2°C 时,开始读数,读数顺序及读数次数与 7.2.3.3 相同。

7.3 数据处理

7.3.1 被校表面铂电阻温度计在各校准点示值误差计算公式:

$$\Delta t = t_b - t_a \quad (1)$$

$$t_a = t' + (R_t/R_p - W_t)/(dW_t/dt) \quad (2)$$

$$t_b = t' + (R_b - R_a)/(dR_b/dt) \quad (3)$$

式中: Δt —被校表面铂电阻温度计在校准温度点上的示值误差, $^{\circ}\text{C}$;

t_a —表面温度源实际温度值, $^{\circ}\text{C}$;

t_b —被校表面铂电阻温度计的温度示值, $^{\circ}\text{C}$;

t' —标称温度值, $^{\circ}\text{C}$;

R_t —铂电阻温度计在被校温度点测得的电阻值, Ω ;

R_{tp} —铂电阻温度计在水三相电测得的电阻值， Ω ；

W_t —铂电阻温度计在被校温度点分度表给出的电阻比；

dW_t/dt —铂电阻温度计在被校温度点分度表给出的电阻随温度的变化率， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ；

R_b —表面铂电阻温度计在被校温度点测得的电阻值， Ω ；

R_a —表面铂电阻温度计在被校温度点分度表给出的电阻值， Ω ；

dR_b/dt —表面铂电阻温度计在被校温度点分度表给出的电阻随温度的变化率， $\Omega/^{\circ}\text{C}$ 。

8 校准结果表达

经校准的热电偶出具校准证书，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（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准人和核验人签名；
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校间隔时间为一年，，使用特别频繁时应适当缩短。凡在使用过程中经过修理、更换重要器件等的一般需重新校准。

由于复校间隔时间的长短是由环境试验设备的使用情况、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确定复校时间间隔。

附录 A

表面测温杯的制作

用厚 0.5mm 的紫铜板做成一表面测温杯，如图 A1 所示。将表面测温杯放入制冷恒槽上取代原有的槽盖，杯底面即为低温表面温度源。

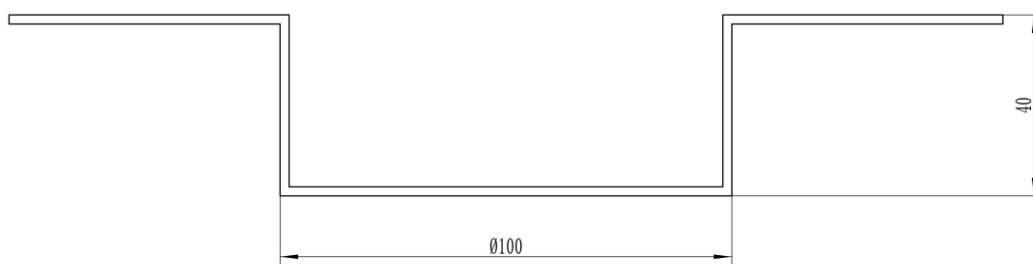


图 A1 表面测温杯

附录 B

表面铂电阻温度计校准记录参考格式

被校温度计名称			被校温度计型号	
被校温度计编号			制造商	
依据规范				
标准器名称			型号	
编号			有效期	
绝缘电阻/M Ω			标准器 R_{tp}/Ω	
标称温度/ $^{\circ}\text{C}$	标准器电阻比 W_i	标准器读数/ Ω	被校温度计读数/ Ω	示值误差/ $^{\circ}\text{C}$
	标准器 $dW_i/dt/^{\circ}\text{C}^{-1}$			
平均值/ Ω				
标称温度/ $^{\circ}\text{C}$	标准器电阻比 W_i	标准器读数/ Ω	被校温度计读数/ Ω	示值误差/ $^{\circ}\text{C}$
	标准器 $dW_i/dt/^{\circ}\text{C}^{-1}$			
平均值/ Ω				
标称温度/ $^{\circ}\text{C}$	标准器电阻比 W_i	标准器读数/ Ω	被校温度计读数/ Ω	示值误差/ $^{\circ}\text{C}$
	标准器 $dW_i/dt/^{\circ}\text{C}^{-1}$			
平均值/ Ω				
环境温度/ $^{\circ}\text{C}$			相对湿度/%	
校准人			核验人	
校准日期			校准地点	

附录 C

表面铂电阻温度计校准结果参考格式

校 准 结 果

1. 绝缘电阻:
2. 校准结果表达

校准温度点/°C	示值误差/°C	校准结果扩展不确定度 $U/°C$ ($k=2$)

附录 D

表面铂电阻温度计校准结果不确定度分析示例

D.1 校准方法

校准表面铂电阻温度计时，将被校表面铂电阻温度计放在表面温度源工作区中，采用比较法进行校准。

校准表面铂电阻温度计，读数顺序为标准→被检 1→被检 2→被检 3，然后再按相反的顺序回到标准，读数 4 次，分别计算算数平均值，得到铂电阻温度计和被校表面铂电阻温度计的实际电阻值，进而得到其示值误差。

D.2 数学模型

被校表面铂电阻温度计在各校准点示值误差计算公式：

$$\Delta t = t_b - t_a \quad \text{D.1}$$

式中： Δt —被校表面铂电阻温度计在校准温度点上的示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_a —表面温度源实际温度值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_b —被校表面铂电阻温度计的温度示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

D.3 不确定度传播率

$$\Delta t = (t_b + \delta t_{\text{被重}} + \delta t_{\text{被电}} + \delta t_{\text{被分}}) - (t_a + \delta t_{\text{标}} + \delta t_{\text{标电}} + \delta t_{\text{温差}} + \delta t_{\text{均匀性}} + \delta t_{\text{波动性}} + \delta t_{\text{标分}})$$

式中： $\delta t_{\text{被重}}$ —被校表面铂电阻温度计重复性引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\delta t_{\text{被电}}$ —被校表面铂电阻温度计电测设备引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\delta t_{\text{被分}}$ —被校表面铂电阻温度计读数误差引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\delta t_{\text{标}}$ —铂电阻温度计测量不确定度引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\delta t_{\text{标电}}$ —铂电阻温度计电测设备引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\delta t_{\text{温差}}$ —标准器测温点与表面温度源工作区温度不一致引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\delta t_{\text{均匀性}}$ —表面温度源温场不均匀引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\delta t_{\text{波动性}}$ —表面温度源温场的波动引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\delta t_{\text{标分}}$ —铂电阻温度计读数误差引入的影响量， $^{\circ}\text{C}$ 。

D.4 标准不确定度分量

以 Pt100 表面铂电阻温度计在 100℃ 下校准为例，对表面铂电阻温度计示值误差测量结果的不确定度进行评定，具体评定如下：

D.4.1 输入量 t_b 的标准不确定度评定D.4.1.1 被校表面铂电阻温度计重复性引入的不确定度分量 $\delta t_{\text{被重}}$

表 D.1 测量重复性数据如下

单位：(Ω)

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{100^\circ\text{C}}$	138.10	138.14	138.16	138.12	138.09	138.13	138.17	138.10	138.13	138.16
	11	21	33	26	21	17	19	25	31	37

计算其实验标准偏差：n=10，由于测量结果是四次读数的算数平均值，所以 m=4

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{m \times (n-1)}} = 14.1\text{m}\Omega \quad (\text{合 } 36\text{mK})$$

D.4.1.2 被校表面铂电阻温度计电测设备的影响 $\delta t_{\text{被电}}$

校准表面铂电阻温度计时，采用的数字电压表为 KEITHLEY2010,根据其使用说明书，以每年检定一次计算，1kΩ 档最大示值误差为 $\pm(50 \times 10^{-6} \times \text{测量值} + 2 \times 10^{-3}) \times 10^3 \text{m}\Omega$ ，按均匀分布可得：

$$u_{1.2} = \frac{50 \times 10^{-6} \times 139.083 + 2 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} \times 10^3 \text{m}\Omega = 5.2\text{m}\Omega \quad (\text{合 } 13.2\text{mK})$$

D.4.1.3 被校表面铂电阻温度计读数误差的影响 $\delta t_{\text{被分}}$

校准表面铂电阻温度计采用的数字电压表为 KEITHLEY2010,根据其使用说明书，读数分辨力为 0.01 mΩ，按均匀分布计算

$$u_{1.3} = \frac{U(\delta R_{\text{被分}})}{\sqrt{3}} = \frac{0.01\text{m}\Omega}{\sqrt{3}} = 0.006\text{m}\Omega \quad (\text{合 } 0.01\text{mK})$$

由于被校表面铂电阻温度计读数误差引入的不确定度小于其重复性引入的不确定度，所以忽略其读数误差引入的不确定度。

D.4.2 输入量 t_a 的标准不确定度评定D.4.2.1 铂电阻温度计测量不确定度的影响 $\delta t_{\text{标}}$

铂电阻温度计经检定合格，在有效期内，其扩展不确定度为：

$$100^\circ\text{C} : U=5\text{mK} \quad (k=2)$$

$$u_{2.1} = \frac{U(\delta t_{\text{标}})}{k} = \frac{10\text{mK}}{2} = 5\text{mK}$$

D.4.2.2 铂电阻温度计电测设备的影响 $\delta t_{\text{标电}}$

校准表面铂电阻温度计时，采用的数字电压表为 KEITHLEY2010,根据其使用说明书，以每年检定一次计算，100Ω 档最大示值误差为 $\pm(52 \times 10^{-6} \times \text{测量值} + 900 \times 10^{-6}) \times 10^3 \text{m}\Omega$ ，按均匀分布可得：

$$u_{2.2} = \frac{52 \times 10^{-6} \times 34.771 + 900 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} \times 10^3 \text{ m}\Omega = 1.6 \text{ m}\Omega \quad (\text{合 } 16.0 \text{ mK})$$

D.4.2.3 表面温度源测温点与工作区温差的影响 $\delta t_{\text{温差}}$

标准器测温点与表面温度源工作区温度不一致，两者存在差异。参照表面温度计校准规范，100℃时标准器测温点与表面温度源工作区中心点的温差不大于 0.5℃，按均匀分布可得：

$$u_{2.3} = \frac{U(\delta t_{\text{波动}})}{\sqrt{3}} = \frac{0.5^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.29^\circ\text{C}$$

D.4.2.4 表面温度源温场不均匀的影响 $\delta t_{\text{均匀性}}$

由于表面温度源表面温场存在不均匀性，根据规程要求，在表面温度源工作区域内，温度均匀性为 0.5℃，取半宽区间，按均匀分布可得：

$$u_{2.4} = \frac{U(\delta t_{\text{均匀性}})}{\sqrt{3}} = \left(\frac{0.25^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} \right) = 0.14^\circ\text{C}$$

D.4.2.5 表面温度源温度波动性的影响 $\delta t_{\text{波动性}}$

由于校准过程中标准器和被校表面铂电阻温度计测量不能同时进行，根据规程要求，在各分度点的测量过程中，温度变化应 $\leq 0.2^\circ\text{C}$ ，按均匀分布可得：

$$u_{2.5} = \frac{U(\delta t_{\text{波动性}})}{\sqrt{3}} = \frac{0.2^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.12^\circ\text{C}$$

D.5 合成标准不确定度的计算

D.5.1 标准不确定度分量汇总表见表 D.2

表 D.2 主要标准不确定度汇总表

不确定度来源 (x_i)	分布	$a_i/^\circ\text{C}$	k_i	标准不确定度/ $^\circ\text{C}$
重复性 $u_{1.1}$	正态	0.072	2	0.036
电测设备 $u_{1.2}$	均匀	0.0229	$\sqrt{3}$	0.0132
标准器 $u_{2.1}$	正态	0.0100	2	0.0050
电测设备 $u_{2.2}$	均匀	0.0277	$\sqrt{3}$	0.0160
表面温度源温差 $u_{2.3}$	均匀	0.5	$\sqrt{3}$	0.29
表面温度源均匀性 $u_{2.4}$	均匀	0.25	$\sqrt{3}$	0.14
表面温度源均匀性 $u_{2.5}$	均匀	0.2	$\sqrt{3}$	0.1

D.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是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u(\Delta t) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u^2(\Delta t)} = \sqrt{u_{1.1}^2 + u_{1.2}^2 + u_{2.1}^2 + u_{2.2}^2 + u_{2.3}^2 + u_{2.4}^2 + u_{2.5}^2}$$

可得： $u_{100^\circ\text{C}}(\Delta t) = 0.35^\circ\text{C}$

D.6 扩展不确定度定

扩展因子 k 取 2, 可得扩展不确定度：

$$U_{100^\circ\text{C}}(\Delta t) = u_{100^\circ\text{C}}(\Delta t) \times k = 0.34^\circ\text{C} \times 2 = 0.7^\circ\text{C}$$
