

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1409—2013

表面温度计校准规范

Calibration Specification for the Surface Thermometers



2013-05-13 发布

2013-11-13 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

表面温度计校准规范

Calibration Specification

for the Surface Thermometers

JJF 1409—2013

代替 JJG 364—1994

归口单位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：沈阳计量测试院

参加起草单位：中国计量科学研究院

大连市计量检定测试所

沈阳东大传感技术有限公司

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：

罗 涛（沈阳计量测试院）

周 正（沈阳计量测试院）

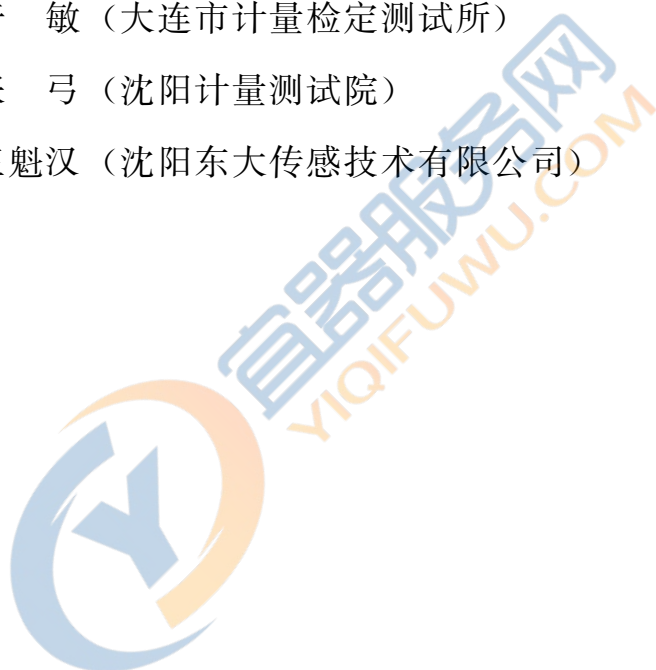
参加起草人：

邢 波（中国计量科学研究院）

于 敏（大连市计量检定测试所）

张 弓（沈阳计量测试院）

王魁汉（沈阳东大传感技术有限公司）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 外观	(1)
4.2 示值误差	(1)
5 校准条件	(1)
5.1 环境条件	(1)
5.2 测量标准及其他设备	(1)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 校准项目	(2)
6.2 校准方法	(2)
7 校准结果表达	(3)
8 复校时间间隔	(4)
附录 A 表面温度计校准记录参考格式	(5)
附录 B 校准证书内页参考格式	(6)
附录 C 表面温度计示值误差测量结果的不确定度评定示例	(7)
附录 D 表面温度源控温稳定性及温度均匀性测量方法	(11)

引 言

本规范依据 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》编写。

本规范代替 JJG 364—1994《表面温度计》。与 JJG 364—1994 相比，除编辑性修改外，本规范主要技术变化如下：

- 按照 JJF 1071—2010 的要求对规范格式进行了修改。
 - 删除了与指针式表面温度计相关的内容。
 - 在计量特性中删除倾斜影响和绝缘电阻的要求。
 - 删除了表面温度计允许误差的技术指标，改以示值误差的形式表示。
 - 修改了校准环境条件要求。
 - 修改了测量标准及其他设备的技术要求。规定对铂电阻温度计及其配套测量仪表整体校准，其扩展不确定度 U ($k=2$)，应小于被校表面温度计最大允差的 $1/10$ 。
 - 修改了温度源技术要求。
 - 删除按照新制造、使用中、修理后的情况选择不同的检定项目，只进行表面温度计示值误差的校准。
 - 修改了检定点的选择。校准温度点应选择整个测量范围内的整十或整百度点。在测量范围内不得少于 3 个点。
 - 修改了示值误差校准的操作方法。
 - 修改了示值误差的计算公式。
 - 增加了数据修约要求。
 - 在附录 A、B 中修改了表面温度计校准记录参考格式和校准证书内页参考格式。
 - 增加了附录 C 表面温度计示值误差测量结果的不确定度评定示例。
 - 增加了附录 D 表面温度源控温稳定性及温度均匀性的测量方法。
- JJG 364—1994 的历次版本发布情况为：
- JJG 364—1984《表面温度计》。

表面温度计校准规范

1 范围

本规范适用于以热电偶为感温元件的表面温度计在室温至 400 °C 温度范围的校准。其他类型表面温度计的校准可参照本规范。

2 引用文件

JJG 617—1996 数字温度指示调节仪

GB/T 13639 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 概述

表面温度计是用于测量固体表面温度的仪器，由温度传感器和数字式温度指示仪表组成。其测温原理是将表面温度计温度传感器的感温元件紧密压在被测物体的表面上，由指示仪表显示出被测物体的表面温度。感温元件为表面热电偶，指示仪表一般具有热电偶参考端温度自动补偿功能。

4 计量特性

4.1 外观

4.1.1 表面温度计的外形结构应完好，不应有影响测量准确度的缺陷。

4.1.2 温度传感器的插件极性应正确，接触应良好，插件的材质应与感温元件的材质相同。

4.1.3 接通表面温度计的电源，指示仪表应显示正常。

4.2 示值误差

表面温度计的示值与实际温度的差值为表面温度计的示值误差。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度： $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，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。

5.1.2 在校准过程中，环境温度波动不应超过 0.5°C 。校准实验室内不应有影响测量结果的环境因素。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 标准器

通常采用铂电阻温度计，其外径与温度源测温孔的内径的差最大为 0.5 mm。

对铂电阻温度计及其配套测量仪表整体校准，其扩展不确定度 $U(k=2)$ ，应小于被校表面温度计最大允差的 1/10。

5.2.2 表面温度源（以下简称温度源）

温度源的温度范围应满足校准温度范围。温度源由表面热板、控温装置、测温标准器和与其配套使用的测量仪表组成，提供温度可调节的稳定、均匀温度场。

温度源表面热板上符合温度均匀性要求的区域为工作区。在表面热板的底部具有外置标准器插孔，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。

热板表面应平整、光滑，无油垢等物质，不允许有影响测量准确度的表面氧化，保证表面温度计的感温元件与工作区的热板接触良好。热板材料应具有良好的导热性。工作区直径或边长与感温元件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热板。

温度源技术要求参见表 1。

表 1 温度源技术要求

技术指标 温度范围/℃	工作区温度均匀性/℃	稳定性/(℃/10 min)
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

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

外观、示值误差。

6.2 校准方法

6.2.1 外观

用目测的方法进行检查。应符合 4.1 的规定。

6.2.2 示值误差

6.2.2.1 表面温度计的感温元件在校准前应进行清洁处理，去掉影响测温准确度的污物。接通表面温度计的电源，将其在校准环境中放置不少于 10 min，使其参考端温度与环境温度充分达到热平衡。

6.2.2.2 校准温度点应选择整个测量范围内的整十或整百度点。在测量范围内不得少于 3 个点，其中 1 个点可在温度源的测量范围下限温度附近选择，另 1 个点可在表面温度计或温度源的上限温度（取小者）附近选择。也可根据用户要求选择校准温度点。

6.2.2.3 将标准器插入温度源外置插孔中，标准器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。

6.2.2.4 接通温度源的电源。

6.2.2.5 调节温度源设定温度，待温度源温度上升且稳定到所需要的校准温度，其偏离不得超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.2.6 将被校表面温度计的感温元件充分、紧密地压在温度源热板工作区的中心位置上。

6.2.2.7 待标准器的测量仪表及表面温度计示值稳定后，记录标准器测量仪表及表面温度计的读数。

6.2.2.8 用6.2.2.6~6.2.2.7的方法对表面温度计进行3次重复测量。

6.2.2.9 改变温度源设定温度，重复6.2.2.5~6.2.2.8的操作，直到所有的温度点均校准完毕。

6.2.2.10 校准过程中环境条件应符合5.1的规定。

6.2.3 数据处理

被校表面温度计的示值与实际温度的差值为表面温度计的示值误差。在校准过程中，对表面温度计进行3次重复测量，取3次测量平均值计算示值误差。

表面温度计示值误差按公式(1)计算：

$$\Delta t = \bar{t}_{\text{示}} - \bar{t}_{\text{标}} - \Delta t_{\text{修}} \quad (1)$$

式中：

Δt ——表面温度计的示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\bar{t}_{\text{示}}$ ——表面温度计的示值平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\bar{t}_{\text{标}}$ ——标准器测量仪表测量的温度平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\Delta t_{\text{修}}$ ——标准器与其测量仪表整体校准的温度修正值， $^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.4 数据修约

示值误差 Δt ，末位可修约至与被校表面温度计分辨力相一致。

7 校准结果表达

经校准的表面温度计出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书应包括以下信息：

- 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，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，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 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、职务或等效标识；
- 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，不得部分复制校准证书的声明。

8 复校时间间隔

表面温度计复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，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。建议复校时间间隔最长不超过 1 年，使用特别频繁时应适当缩短。



附录 A

表面温度计校准记录参考格式

委托单位：_____ 型号/规格：_____ 测量范围：_____

制造厂：_____ 出厂编号：_____ 分辨力：_____

标准器名称：_____ 型号/规格：_____ 测量范围：_____

出厂编号：_____ 准确度等级/不确定度：_____ 有效期：_____

配套设备名称：_____ 型号/规格：_____ 测量范围：_____

出厂编号：_____ 准确度等级/不确定度：_____ 有效期：_____

校准依据：_____ 校准地点：_____

环境温度：_____ °C；相对湿度：_____ % 证书编号：_____ 记录编号：_____

校准温度/°C	测量值/°C	标准器测量值/°C	表面温度计示值/°C
	1		
2			
3			
平均值			
修正值			/
实际温度			/
示值误差		/	
1			
2			
3			
平均值			
修正值			/
实际温度			/
示值误差		/	
1			
2			
3			
平均值			
修正值			/
实际温度			/
示值误差		/	
外观：			
示值误差的扩展不确定度：			

校准员：_____

核验员：_____

校准日期：_____

附录 B

校准证书内页参考格式

校准证书编号：		
校准依据（代号）：		
测量标准及其他设备的名称、型号、编号、证书编号及有效期、准确度等级或不确定度及测量范围：		
校准地点及环境条件：		
校准结果： 1. 外观 2. 示值误差		
校准温度/℃	示值误差/℃	扩展不确定度 U /℃ ($k=2$)
备注：		

附录 C

表面温度计示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.1 测量方法

校准装置用 3125 型表面温度源，标准器采用 A 级铂电阻，与其配套使用的测温仪表为 1502A 温度测量仪，分辨力为 0.01 °C。被校表面温度计型号为 SWK—2，测量范围：(0~300)°C，分辨力为 1 °C。标准器与测量仪表整体校准的扩展不确定度：100 °C 时为 0.04 °C ($k=2$)。

待温度源温度稳定到校准温度，将表面温度计的感温元件充分、紧密地压在温度源热板工作区的中心位置上。待标准器的测量仪表及表面温度计示值稳定后，记录读数。表面温度计的示值与实际温度的差值为表面温度计的示值误差。以 100 °C 为例，对表面温度计示值误差测量结果的不确定度进行评定。

C.2 测量模型

示值误差 Δt ：

$$\Delta t = \bar{t}_{\text{示}} - \bar{t}_{\text{标}} - \Delta t_{\text{修}} \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt ——表面温度计的示值误差，°C；

$\bar{t}_{\text{示}}$ ——表面温度计的示值平均值，°C；

$\bar{t}_{\text{标}}$ ——标准器测量仪表测得的温度平均值，°C；

$\Delta t_{\text{修}}$ ——标准器与其测量仪表整体校准的温度修正值，°C。

式 (C.1) 中各项相互独立，示值误差的不确定度 $u(\Delta t)$ ：

$$u^2(\Delta t) = c_1^2 u^2(\bar{t}_{\text{示}}) + c_2^2 u^2(\bar{t}_{\text{标}}) + c_3^2 u^2(\Delta t_{\text{修}}) \quad (\text{C.2})$$

C.3 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial \bar{t}_{\text{示}}} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial \bar{t}_{\text{标}}} = -1 \quad c_3 = \frac{\partial \Delta t}{\partial \Delta t_{\text{修}}} = -1$$

C.4 输入量的标准不确定度

C.4.1 输入量 $\bar{t}_{\text{示}}$ 的标准不确定度 $u(\bar{t}_{\text{示}})$ 的评定

输入量 $\bar{t}_{\text{示}}$ 的不确定度来源主要是表面温度计的测量重复性、表面温度计指示仪表分辨力和数据修约的影响。

C.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{\text{示}1})$

测量重复性包含了表面温度计自身的短期不稳定性和表面温度源稳定性的影响。采用 A 类方法进行评定。选 3 台足够稳定的表面温度计（编号为 1#，2#，3#）作为被测对象，在重复性条件下，在 100 °C 点重复测量，各得到 10 个观测值，见表 C.1。

表 C.1 重复测量得到的观测值

/°C

读数次数	100		
	1#	2#	3#
1	98	97	98
2	98	97	98
3	98	97	98
4	98	97	98
5	98	97	98
6	98	97	98
7	98	97	98
8	99	97	98
9	99	97	98
10	99	97	98
$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{9}}$	0.48	0.00	0.00

合并以上样本标准偏差得到：

$$s_p = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 s_k^2} = 0.28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

获得了各点的合并样本标准偏差 s_p 以后，所建立的校准装置在实际校准中对被测量进行 3 次重复测量，以 3 次测量的平均值作为测量结果，所以：

$$u(\bar{t}_{示1}) = 0.28/\sqrt{3} = 0.16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.4.1.2 表面温度计指示仪表分辨力引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{示2})$

表面温度计指示仪表分辨力为 1 °C，则区间半宽为 0.5 °C，按均匀分布处理，则：

$$u(\bar{t}_{示2}) = 0.5/\sqrt{3} = 0.29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.4.1.3 数据修约引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{示3})$

表面温度计指示仪表分辨力为 1 °C，由修约舍入的最大温度绝对值为 0.5 °C，按均匀分布处理，则：

$$u(\bar{t}_{示3}) = 0.5/\sqrt{3} = 0.29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.4.1.4 输入量 $\bar{t}_{示}$ 的标准不确定度 $u(\bar{t}_{示})$

由于测量重复性和表面温度计指示仪表分辨力引入的分量相互关联，故标准不确定度分量只取大者 $u(\bar{t}_{示2})$ 。

由于 $u(\bar{t}_{示2})$ 、 $u(\bar{t}_{示3})$ 彼此相互独立，因此：

$$u(\bar{t}_{示}) = \sqrt{u^2(\bar{t}_{示2}) + u^2(\bar{t}_{示3})} = 0.41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C. 4.2 输入量 $\bar{t}_{\text{标}}$ 的标准不确定度 $u(\bar{t}_{\text{标}})$ 评定

输入量 $\bar{t}_{\text{标}}$ 的不确定度来源于标准器的测量仪表分辨力的影响、标准器测温点与温度源工作区中心点温差的影响、温度源稳定性的影响和温度源热板工作区温场不均匀的影响。

C. 4.2.1 标准器测量仪表分辨力引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{\text{标}1})$

标准器测量仪表分辨力的影响因微小可忽略不计。

C. 4.2.2 标准器测温点与温度源热板工作区中心点的温差引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{\text{标}2})$

由实验得到：100 °C 时标准器测温点与温度源工作区中心点的温差不大于 0.5 °C，按正态分布处理，则：

$$u(\bar{t}_{\text{标}2}) = 0.5/3 = 0.17 \text{ °C}$$

C. 4.2.3 温度源的稳定性引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{\text{标}3})$

100 °C 时，温度源稳定性为 0.4 °C，则区间半宽为 0.2 °C，按均匀分布处理，则：

$$u(\bar{t}_{\text{标}3}) = 0.2/\sqrt{3} = 0.12 \text{ °C}$$

C. 4.2.4 温度源热板工作区温场不均匀引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{\text{标}4})$

100 °C 时，工作区温度均匀性不大于 0.5 °C，实际测量时不超过 0.25 °C，按正态分布处理，则：

$$u(\bar{t}_{\text{标}4}) = 0.25/3 = 0.08 \text{ °C}$$

C. 4.2.5 输入量 $\bar{t}_{\text{标}}$ 的标准不确定度 $u(\bar{t}_{\text{标}})$

由于输入量 $\bar{t}_{\text{标}}$ 各分量之间，彼此相互独立，因此：

$$u(\bar{t}_{\text{标}}) = \sqrt{u^2(\bar{t}_{\text{标}2}) + u^2(\bar{t}_{\text{标}3}) + u^2(\bar{t}_{\text{标}4})} = 0.22 \text{ °C}$$

C. 4.3 输入量 $\Delta t_{\text{修}}$ 的标准不确定度 $u(\Delta t_{\text{修}})$ 评定

对 A 级铂电阻及配套使用的测温仪表 1502A 整体校准，100 °C 时其修正值的扩展不确定度为 0.04 °C， $k=2$ ，则：

$$u(\Delta t_{\text{修}}) = 0.04/2 = 0.02 \text{ °C}$$

C. 4.4 标准不确定度分量汇总

输入量的标准不确定度汇总表见表 C. 2。

表 C. 2 标准不确定度汇总表

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度/°C	灵敏系数 c_i	$ c_i u(x_i)/\text{°C}$
$u(\bar{t}_{\text{示}})$		0.41	1	0.41
$u(\bar{t}_{\text{示}2})$	表面温度计指示仪表分辨力	0.29		
$u(\bar{t}_{\text{示}3})$		0.29		
$u(\bar{t}_{\text{标}})$		0.22	-1	0.22
$u(\bar{t}_{\text{标}1})$	标准器测量仪表分辨力 标准器测温点与工作区 中心点的温差	忽略不计		
$u(\bar{t}_{\text{标}2})$		0.17		
$u(\bar{t}_{\text{标}3})$		0.12		

表 C.2 (续)

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度/°C	灵敏系数 c_i	$ c_i u(x_i)/°C$
$u(\bar{t}_{\text{标4}})$	温度源工作区温场不均匀	0.08		
$u(\Delta t_{\text{修}})$	标准器与其测量仪表整体校准的修正值的不确定度	0.02	-1	0.02

C.5 合成标准不确定度 $u_c(\Delta t)$

由于输入量 $\bar{t}_{\text{示}}$ 、 $\bar{t}_{\text{标}}$ 、 $\Delta t_{\text{修}}$ 之间，彼此独立不相关，因此合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta t) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{t}_{\text{示}}) + c_2^2 u^2(\bar{t}_{\text{标}}) + c_3^2 u^2(\Delta t_{\text{修}})} \approx 0.47 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则 100 °C 时，表面温度计示值误差的扩展不确定度：

$$U = k \times u_c(\Delta t) = 2 \times 0.47 \approx 1.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

附录 D

表面温度源控温稳定性及温度均匀性测量方法

本附录提供测试表面温度源是否满足表 1 中的稳定性及工作区温度均匀性的测量方法。

D.1 表面温度源控温稳定性

D.1.1 测量仪器

自重式表面温度计，准确度为 0.75%（测量温度），分辨力不低于 0.1 °C。

D.1.2 测量位置

选取表面温度源热板中心点为测量位置。

D.1.3 测量温度点

一般选 50 °C、100 °C、200 °C、300 °C、400 °C 作为测量温度点。

D.1.4 测量方法

首先将表面温度源升温至 50 °C 稳定后，用自重式表面温度计在表面温度源的中心点进行测量，1 min 测量 1 次，10 min 内测量 11 次。然后将表面温度源升温至下一个温度点，重复上述操作过程，依次完成对 100 °C、200 °C、300 °C、400 °C 的表面温度源控温稳定性的测量。

注：自重式表面温度计须在表面温度源上预热 5 min 后，方可开始各温度点的测量。

D.1.5 测量结果的数据处理

计算出各温度点 10 min 测量结果的最大值与最小值之差，作为相应温度点表面温度源的控温稳定性。

D.2 表面温度源温度均匀性

D.2.1 测量仪器

同 D.1.1。

D.2.2 测量区域及测量位置的选择

选择表面温度源热板工作区为测量区域。在该区域内选 5 个测量位置，如图 D.1 所示（推荐选择的测量区域和位置）。

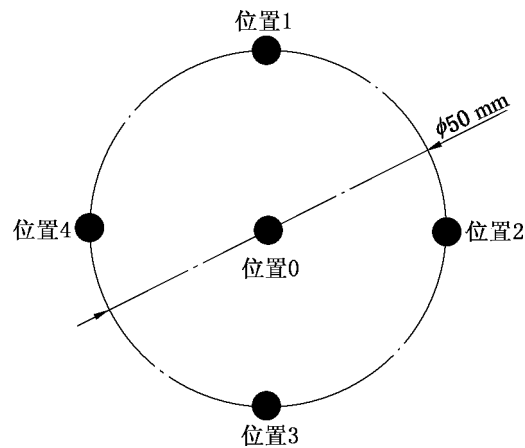


图 D.1 测量位置示意图

D.2.3 测量温度点

一般选 50 °C、100 °C、200 °C、300 °C、400 °C 作为测量温度点。

D.2.4 测量方法

首先将表面温度源升温至 50 °C 稳定后，使用自重式表面温度计分别在图 1 所示的五个测量位置，按照位置编号 0-1-0-2-0-3-0-4-0 的顺序，1 min 测量一个位置，读数后迅速将自重式表面温度计移至下一测量位置，共测一遍。然后将表面温度源升温至下一个温度点。重复上述操作过程，依次完成在 100 °C、200 °C、300 °C、400 °C 的表面温度源温度均匀性的测量。

注：自重式表面温度计须在表面温度源上预热 5 min 后，方可开始各温度点的测量。

D.2.5 测量结果的数据处理

分别计算各测量温度点位置 1、位置 2、位置 3、位置 4 测量结果与该测量前后相邻两次位置 0 测量结果平均值的差值，取这 4 个值绝对值的最大值为相应温度点表面温度源的温度均匀性。