

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1909—2021

压力式温度计校准规范

Calibration Specification for Filled System Thermometers

仅用于学习交流使用

2021-07-28 发布

2022-01-28 实施



国家市场监督管理总局 发布

中 华 人 民 共 和 国

国 家 计 量 技 术 规 范

压 力 式 温 度 计 校 准 规 范

JJF 1909—2021

国 家 市 场 监 督 管 理 总 局 发 布

*

中 国 标 准 出 版 社 出 版 发 行

北 京 市 朝 阳 区 和 平 里 西 街 甲 2 号 (100029)

北 京 市 西 城 区 三 里 河 北 街 16 号 (100045)

网 址 www.spc.net.cn

总 编 室 : (010)68533533 发 行 中 心 : (010)51780238

读 者 服 务 部 : (010)68523946

中 国 标 准 出 版 社 秦 皇 岛 印 刷 厂 印 刷

各 地 新 华 书 店 经 销

*

开 本 880×1230 1/16 印 张 1.25 字 数 28 千 字

2021 年 8 月 第 一 版 2021 年 8 月 第 一 次 印 刷

*

书 号 : 155066 • J-3940 定 价 21.00 元

如 有 印 装 差 错 由 本 社 发 行 中 心 调 换

版 权 专 有 侵 权 必 究

举 报 电 话 : (010)68510107

压力式温度计校准规范

Calibration Specification for

Filled System Thermometers

JJF 1909—2021

代替 JJG 310—2002

归口单位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：河北省计量检测技术中心

济南长峰致远仪表科技有限公司

泰安磐然测控科技有限公司

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：

余松林（天津市计量监督检测科学研究院）

蒋 静（天津市计量监督检测科学研究院）

王媛媛（北京市计量检测科学研究院）

参加起草人：

李强光（天津市计量监督检测科学研究院）

康志茹（河北省计量检测技术中心）

张 炯（济南长峰致远仪表科技有限公司）

何保军（泰安磐然测控科技有限公司）

仅用于学习参考使用

目 录

引言	(Ⅱ)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
4.1 压力式温度计工作原理	(1)
4.2 压力式温度计构造类型	(2)
5 计量特性	(3)
5.1 示值误差	(3)
5.2 设定点误差	(3)
5.3 切换差	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 标准器及配套设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 检查项目	(4)
7.2 校准项目	(4)
7.3 校准方法	(5)
7.4 数据处理	(5)
8 校准结果的表达	(6)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 校准记录参考格式	(8)
附录 B 校准证书内页参考格式	(9)
附录 C 示值误差测量不确定度评定示例	(10)
附录 D 设定点误差测量不确定度评定示例	(13)

引 言

JJF 1007—2007《温度计量名词术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范修订工作的基础性系列规范。

本规范代替 JJG 310—2002《压力式温度计》，与 JJG 310—2002 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 修改了适用范围；
- 删除了“重复性”及“示值回差”的校准要求；
- 修改了校准用标准器；
- 修改了恒温设备技术指标要求；
- 修改了蒸汽压力式温度计的允差计算；
- 简化了设定点误差的校准要求；
- 增加了设定点误差测量不确定度评定示例。

本规范历次版本发布情况为：

- JJG 310—2002；
- JJG 310—1983。

压力式温度计校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围在 $(-30\sim 200)$ ℃的圆形标度蒸汽压力式温度计、测量范围在 $(-80\sim 600)$ ℃的圆形标度气体压力式温度计、测量范围在 $(-40\sim 250)$ ℃的液体压力式温度计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JB/T 9259—1999 蒸汽和气体压力式温度计

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（包括所有的修改版）适用于本规范。

3 术语

JB/T 9259—1999 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

- 3.1 蒸汽压力式温度计 vapour filled system thermometer
测温系统部分充有蒸发液体（感温介质）的压力式温度计。
[来源：JB/T 9259—1999，3.1]
- 3.2 气体压力式温度计 gas filled system thermometer
测温系统中全部充有气体（感温介质）的压力式温度计。
[来源：JB/T 9259—1999，3.2]
- 3.3 液体压力式温度计 liquid filled system thermometer
测温系统中全部充有液体（感温介质）的压力式温度计。
- 3.4 电接点压力式温度计 electrical contacted filled system thermometer
带有微动开关或机械电接点装置的压力式温度计。
- 3.5 测量量程 measurement rangeability
测量范围的两个测量极限值之差的绝对值。
- 3.6 切换中值 switching mean value
电接点压力式温度计接点接通、断开时所对应的实际温度值的平均值。
- 3.7 设定点误差 set value error
电接点压力式温度计切换中值与设定值之差。
- 3.8 切换差 switching error
电接点压力式温度计接通、断开时对应的实际温度之差的绝对值。

4 概述

4.1 压力式温度计工作原理

压力式温度计是根据其测温系统内部感温介质的压力随温度变化的原理工作的，其

测温系统是由内部充有感温介质的温包、毛细管和弹性元件组成的封闭系统，如图 1 所示。测量温度时，将温包插入被测介质中，由于受介质温度的影响，温包内部填充的感温介质压力发生变化，该变化经毛细管传递给弹性元件（如弹簧管），导致弹性元件变形，自由端产生位移，由传动机构带动指针在标度盘上指示出温度值。

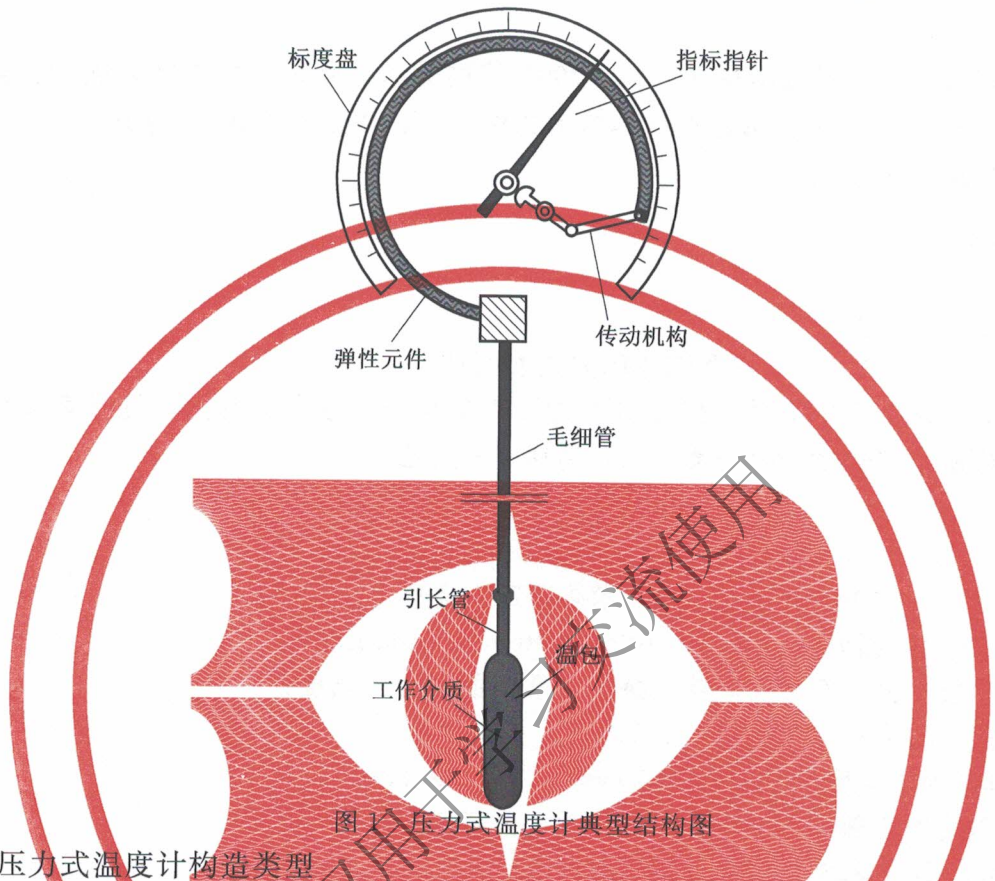


图 1 压力式温度计典型结构图

4.2 压力式温度计构造类型

根据其测温系统中感温介质的种类，可分为蒸汽压力式温度计、气体压力式温度计和液体压力式温度计。按功能可分为普通指示型压力式温度计和电接点压力式温度计两种类型，分别如图 2 和图 3 所示。气体压力式温度计、液体压力式温度计的标度范围与测量范围是一致的，而蒸汽压力式温度计标度范围的后 2/3 部分为测量范围，其标度范围及对应测量范围典型示意图如图 4 所示。



图 2 普通指示型压力式温度计

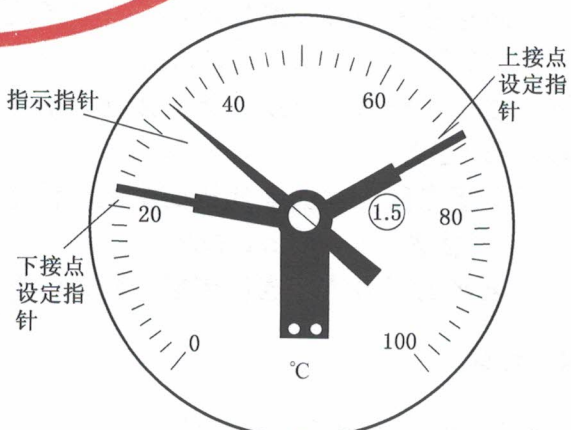


图 3 电接点压力式温度计

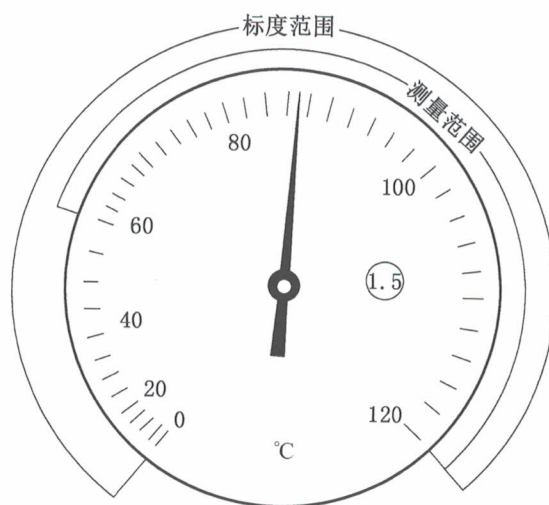


图4 蒸汽压力式温度计标度范围与测量范围示意图

5 计量特性

5.1 示值误差

压力式温度计示值的最大允许误差通常用测量量程的 $\pm a\%$ （其中 a 为准确度等级）表示。压力式温度计的准确度等级一般有1.0级、1.5级、2.0级、2.5级等。

5.2 设定点误差

电接点压力式温度计的设定点误差应不超过示值最大允许误差的1.5倍。

5.3 切换差

电接点压力式温度计的切换差应不大于示值最大允许误差绝对值的1.5倍。

注：以上所有指标不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度： $(15\sim 35)^\circ\text{C}$ ；相对湿度： $\leq 85\%$ 。

所用标准器和电测设备的工作环境应符合其规定的条件。

6.2 标准器及配套设备

标准器及配套设备的性能指标要求如表1所示。

表1 标准器及配套设备的性能指标

序号	设备名称	技术性能指标	备注
1	标准水银温度计	测量范围： $(-60\sim 300)^\circ\text{C}$	也可使用符合要求的其他标准器
2	标准铂电阻温度计及电测设备	二等，测量范围 $(-196\sim 660.323)^\circ\text{C}$ ； 电测设备的准确度等级不低于0.02级， 分辨力不低于1 m Ω	

表 1 (续)

序号	设备名称	技术性能指标				备注
3	恒温槽	温度范围 ℃	温度均匀性 ℃		温度波动性 ℃/10 min	也可使用符合要求的其他恒温源
			工作区域 水平温差	工作区域 最大温差		
		—80~0	0.15	0.30	0.10	
		0~95	0.05	0.10	0.10	
		95~300	0.10	0.20	0.10	
		300~600	0.20	0.40	0.50	
4	读数装置	放大倍数 5 倍以上, 水平可调				读取标准水银温度计示值
5	绝缘电阻表	额定电压为 100 V 或 500 V, 10 级				测量绝缘电阻

7 校准项目和校准方法

7.1 检查项目

7.1.1 外观检查

7.1.1.1 压力式温度计标度盘上的刻度、数字和其他标识应完整、准确、清晰可见。

7.1.1.2 压力式温度计各配件装配牢固, 不得松动, 不得有妨碍读数的缺陷和损伤。

7.1.1.3 压力式温度计外观或铭牌上应标有国际温标摄氏度符号“℃”、制造厂名(或厂标)、型号、出厂编号和准确度等级等标识。

7.1.1.4 电接点压力式温度计应在标度盘或外壳上标明接点额定功率、接点最高电压、最大工作电流(交流或直流)和接地端子标识“ $\perp$ ”。

7.1.2 绝缘电阻

在环境温度(15~35)℃, 相对湿度 45%~75%时, 电接点压力式温度计的输出端子之间及输出端子与接地端子之间的绝缘电阻不小于 20 MΩ。

7.2 校准项目

校准项目如表 2 所示。

表 2 校准项目列表

校准项目	普通指示型 压力式温度计	电接点 压力式温度计
示值误差	+	+
设定点误差	—	+
切换差	—	+
注:		
1 可根据被校压力式温度计的功能与客户要求选择相应校准项目。		
2 “+”表示应校准, “—”表示不校准。		

7.3 校准方法

7.3.1 示值误差

校准前压力式温度计标度盘应垂直安装,标度盘与温包之间的高度差应不大于 1 m。校准时压力式温度计的温包应全部浸没,引长管浸没深度不得小于管长的 1/3。

7.3.1.1 校准点的选择

压力式温度计的校准点一般不少于 3 个,应均匀分布在整個测量范围上,且包括测量范围的上、下限点。带有负温区的压力式温度计,校准点还应包括 0℃。

也可根据用户需要选择校准点。

7.3.1.2 校准方法

示值误差校准应在正、反两行程分别向上限或下限点方向进行。一般先按照下限点、中间点、上限点的顺序逐点进行,再进行反行程的校准。上、下限点只进行单行程校准。

电接点压力式温度计进行示值误差校准时,应将其上、下限设定指针分别置于上、下限刻度线以外的位置。

正行程误差 Δt_Z 校准时,将标准温度计和被校压力式温度计按规定浸没深度插入恒温槽内,待标准温度计和被校压力式温度计示值稳定后开始读数。读数时,恒温槽偏离校准点不得超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ (以标准温度计为准)。在读取被校压力式温度计示值时,视线应垂直于标度盘,并估读到分度值的 1/10。读数过程中,恒温槽温度变化应符合表 1 规定的温度波动性要求,分别记下标准温度计示值 t_{0Z} 和被校压力式温度计示值 t_Z 。

用同样的方法,进行反行程示值误差 Δt_F 的校准,分别记录反行程标准温度计示值 t_{0F} 和被校压力式温度计示值 t_F 。

7.3.2 设定点误差

电接点压力式温度计设定点误差 Δt_{SD} 的校准可在一个设定点上进行,该设定点应在测量范围的 50% 附近整刻线上 (长标度线),也可根据用户的需要进行选择。

将标准温度计和被校电接点压力式温度计插入恒温槽中,并将其接点端子与通断测量装置连接。将恒温槽控温至设定点 t_{SD} 附近,待标准温度计和被校电接点压力式温度计示值稳定后,以不大于 $1.0^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率改变恒温槽温度,使接点产生接通或断开的切换动作。在动作瞬间,记录标准温度计的示值,即为接点正行程的上切换值 t_S 或反行程的下切换值 t_X 。

7.3.3 切换差

温度计切换差的校准与设定点误差的校准同时进行。

7.4 数据处理

7.4.1 示值误差

a) 以标准水银温度计为标准器,则:

$$\Delta t_Z = t_Z - (t_{0Z} + A) \quad (1)$$

$$\Delta t_F = t_F - (t_{0F} + A) \quad (2)$$

式中:

Δt_Z 、 Δt_F ——正、反行程示值误差,℃;

t_Z 、 t_F ——正、反行程被校压力式温度计示值, °C;

t_{0Z} 、 t_{0F} ——正、反行程标准水银温度计示值, °C;

A ——标准水银温度计修正值, °C。

b) 以标准铂电阻温度计为标准器, 则:

$$\Delta t_Z = t_Z - t_{0Z} \quad (3)$$

$$\Delta t_F = t_F - t_{0F} \quad (4)$$

$$t_{0Z} = t_0 + \frac{W_{t_{0Z}} - W_{t_0}}{(dW_t/dt)_{t_0}} \quad (5)$$

$$t_{0F} = t_0 + \frac{W_{t_{0F}} - W_{t_0}}{(dW_t/dt)_{t_0}} \quad (6)$$

式中:

t_0 ——名义温度, °C;

$W_{t_{0Z}}$ 、 $W_{t_{0F}}$ —— t_{0Z} 、 t_{0F} 时标准铂电阻温度计的电阻比 $R_{t_{0Z}}/R_{t_p}$ 、 $R_{t_{0F}}/R_{t_p}$ ($R_{t_{0Z}}$ 、 $R_{t_{0F}}$ 为正、反行程时标准铂电阻温度计的电阻示值, Ω ; R_{t_p} 为标准铂电阻温度计水三相点的电阻值, Ω);

W_{t_0} —— t_0 时标准铂电阻温度计分度表给出的电阻比;

$(dW_t/dt)_{t_0}$ —— t_0 时标准铂电阻温度计分度表给出的电阻比变化率, °C⁻¹。

c) 取 Δt_Z 、 Δt_F 中的绝对值较大者即为示值误差。

7.4.2 设定点误差

$$\Delta t_{SD} = t_M - t_{SD} \quad (7)$$

$$t_M = \frac{1}{2}(t_S + t_X) \quad (8)$$

式中:

Δt_{SD} ——电接点压力式温度计的设定点误差, °C;

t_M ——电接点压力式温度计的切换中值, °C;

t_{SD} ——电接点压力式温度计的设定点温度, °C;

t_S ——电接点压力式温度计正行程的上切换值, °C;

t_X ——电接点压力式温度计反行程的下切换值, °C。

7.4.3 切换差

$$\Delta t_{QH} = |t_S - t_X| \quad (9)$$

式中:

Δt_{QH} ——电接点压力式温度计的切换差。

8 校准结果的表达

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) 校准地点 (如果与实验室的地址不同);

- d) 证书的唯一性标识（如编号），页码及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识，如型号、生产厂家和序列号等信息；
- g) 校准日期，如果与校准结果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，应包括环境温度、相对湿度等；
- 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，不得部分复制证书的声明。

其中，“本次校准所用的测量标准的溯源性及有效说明”中应包括标准器的名称、型号规格、测量范围及不确定度（或准确度等级、最大允许误差）、有效日期等说明。

“校准结果及其测量不确定度的说明”中应给出每个被校点温度对应的示值误差以及相应的扩展不确定度和包含因子，如各被校点的扩展不确定度相差不大，可以取最大的代替。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短由仪器的使用情况、使用者和仪器本身质量等诸多因素决定，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。

建议压力式温度计的复校时间间隔为1年。

附录 A

校准记录参考格式

1. 送校信息：

送校单位：		校准地点：	
生产单位：		规格型号：	
出厂编号：	测量范围：(~)℃	分度值：℃	准确度等级：

2. 校准信息：

校准证书编号：		校准依据：	
外观检查：	环境温度：℃	环境相对湿度：%	绝缘电阻：MΩ

3. 标准器信息：

标准器名称	型号规格	出厂编号	不确定度/ 准确度等级	证书编号	有效日期

4. 示值误差：

行程	校准点 ℃	标准读数 ℃/Ω	被测示值	示值误差 ℃	示值误差 扩展不确定度 $U(k=2)$ ℃
正行程					
反行程					
正行程					
反行程					
正行程					
反行程					

5. 设定点误差和切换差：

设定点温度 ℃	下接点测量值 ℃		切换中值 ℃	设定点误差 ℃	切换差 ℃	设定点误差 扩展不确定度 $U(k=2)$ ℃
	上切换值	下切换值				
设定点温度 ℃	上接点测量值 ℃		切换中值 ℃	设定点误差 ℃	切换差 ℃	设定点误差 扩展不确定度 $U(k=2)$ ℃
	上切换值	下切换值				

校准员：

核验员：

第 页/共 页

附录 B

校准证书内页参考格式

校准结果

校准温度点 ℃		示值误差 ℃		示值误差 扩展不确定度 $U(k=2)$ ℃		
电接点 类型	设定点温度 ℃	上切换值 ℃	下切换值 ℃	设定点误差 ℃	切换差 ℃	设定点误差 扩展不确定度 $U(k=2)$ ℃
下接点						
上接点						

以下空白

附录 C

示值误差测量不确定度评定示例

C.1 概述

依据本校准规范中示值误差的校准方法，将标准水银温度计和被校压力式温度计一起置于恒温槽中，采用比较法进行校准。选择一支测量范围为（0～300）℃、准确度等级为 1.5 级、分度值为 5.0 的压力式温度计，以 300℃校准点为例进行不确定度分析。

C.2 测量模型

$$\Delta t = t - (T + A) \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt —— 压力式温度计在 300℃ 的示值误差；

t —— 压力式温度计的示值；

T —— 标准水银温度计的示值；

A —— 标准水银温度计在 300℃ 的修正值。

C.3 灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta t / \partial t = 1 \quad (\text{C.2})$$

$$c_2 = \partial \Delta t / \partial T = -1 \quad (\text{C.3})$$

$$c_3 = \partial \Delta t / \partial A = -1 \quad (\text{C.4})$$

C.4 标准不确定度评定

C.4.1 输入量 t 的标准不确定度 $u(t)$ 的评定

输入量 t 的标准不确定度的主要来源：

a) 被校压力式温度计的示值估读引入的标准不确定度 $u_1(t)$ ，采用 B 类方法评定。

由于被校压力式温度计的示值估读到其分度值的 1/10，即为 0.5℃，区间半宽为 0.25℃，按均匀分布处理，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_1(t) = 0.25^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.15^\circ\text{C} \quad (\text{C.5})$$

b) 被校压力式温度计的示值重复性引入的标准不确定度 $u_2(t)$ ，采用 A 类方法评定。

对三支测量范围为（0～300）℃、分度值为 5.0℃ 的被校压力式温度计在 300℃ 温度点进行 10 次重复性测量（均在正行程上进行），得到三组示值误差数据，然后分别对每组计算实验标准偏差 s_i ，得到：

$$s_1 = 0.11^\circ\text{C}, s_2 = 0.11^\circ\text{C}, s_3 = 0.10^\circ\text{C}$$

合并样本标准偏差可以表示为：

$$u_2(t) = \sqrt{\frac{1}{3}(s_1^2 + s_2^2 + s_3^2)} = 0.11^\circ\text{C} \quad (\text{C.6})$$

因为 $u_1(t)$ 和 $u_2(t)$ 互不相关，所以

$$u(t) = \sqrt{u_1(t)^2 + u_2(t)^2} = 0.19^\circ\text{C} \quad (\text{C.7})$$

C.4.2 输入量 T 的标准不确定度 $u(T)$ 的评定

a) 标准水银温度计的示值估读引入的标准不确定度 $u_1(T)$ ，采用 B 类方法评定。

标准水银温度计的示值应估读到分度值的 $1/10$ ，即 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，所引入的误差为 $0.005\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_1(T)=0.005\text{ }^{\circ}\text{C}/\sqrt{3}=0.003\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.8})$$

因为数值很小，可以忽略不计。

b) 恒温槽温度波动引入的标准不确定度 $u_2(T)$ ，采用 B 类方法评定。

$300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温槽的波动性不超过 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ min.}$ ，区间半宽为 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_2(T)=0.05\text{ }^{\circ}\text{C}/\sqrt{3}=0.03\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.9})$$

c) 恒温槽温场不均匀引入的标准不确定度 $u_3(T)$ ，采用 B 类方法评定。

恒温槽在 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温场均匀性不超过 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，区间半宽为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_3(T)=0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/\sqrt{3}=0.06\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.10})$$

因为 $u_2(T)$ 和 $u_3(T)$ 互不相关，所以：

$$u(T)=\sqrt{u_2(T)^2+u_3(T)^2}=0.07\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.11})$$

C.4.3 输入量 A 的标准不确定度 $u(A)$ 的评定

a) 标准水银温度计修正值引入的标准不确定度 $u_1(A)$ ，采用 B 类方法评定。

由标准水银温度计的不确定度分析报告可知，在 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时示值修正值的扩展不确定度为 $0.06\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，包含因子为 $k=2$ ，则

$$u_1(A)=0.06\text{ }^{\circ}\text{C}/2=0.03\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.12})$$

b) 标准水银温度计在周期内不作零位修正引入的标准不确定度 $u_2(A)$ ，采用 B 类方法评定。

标准水银温度计在周期内不作零位修正所引入的误差不超过 $0.06\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_2(A)=0.06\text{ }^{\circ}\text{C}/\sqrt{3}=0.04\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.13})$$

因为 $u_1(A)$ 和 $u_2(A)$ 互不相关，所以：

$$u(A)=\sqrt{u_1(A)^2+u_2(A)^2}=0.05\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.14})$$

C.5 合成标准不确定度

表 C.1 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量		灵敏系数	不确定度来源	标准不确定度 $^{\circ}\text{C}$
$u(t)$	$u_1(t)$	1	被校压力式温度计示值估读	0.15
	$u_2(t)$		被校示值重复性	0.11

表 C.1 (续)

标准不确定度分量		灵敏系数	不确定度来源	标准不确定度
$u(T)$	$u_2(T)$	-1	恒温槽温度波动性	0.03
	$u_3(T)$		恒温槽温场不均匀	0.06
$u(A)$	$u_1(A)$	-1	标准水银温度计修正值	0.03
	$u_2(A)$		标准水银温度计不作零位修正	0.04

以上分析的各项标准不确定度分量互不相关，所以其合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{|c_1|^2 u^2(t) + |c_2|^2 u^2(T) + |c_3|^2 u^2(A)} = 0.21 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{C.15})$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 U 为：

$$U = k \times u_c = 0.5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{C.16})$$

附录 D

设定点误差测量不确定度评定示例

D.1 概述

依据本规范中设定点误差的校准方法,采用二等标准铂电阻温度计作为标准器对电接点压力式温度计的设定点误差进行校准。被校电接点压力式温度计的测量范围为(0~120)℃,分度值为2.0℃。以80℃为设定点为例进行分析。

D.2 测量模型

$$\Delta t_{SD} = t_M - t_{SD} \quad (D.1)$$

式中:

Δt_{SD} ——电接点压力式温度计的设定点误差,℃;

t_{SD} ——电接点压力式温度计的设定温度值,℃;

t_M ——电接点压力式温度计的切换中值,℃。

D.3 灵敏度系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_{SD}}{\partial t_M} = 1 \quad (D.2)$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta t_{SD}}{\partial t_{SD}} = -1 \quad (D.3)$$

D.4 标准不确定度评定

D.4.1 输入量 t_M 的标准不确定度 $u(t_M)$ 的评定D.4.1.1 由测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(t_M)$

在重复性条件下对设定点误差进行10次测量,计算切换中值(单位:℃)分别为:80.51、80.71、80.49、80.57、80.64、80.72、80.48、80.76、80.72、80.70,平均值为 $\bar{x}=80.63$ ℃,实验标准偏差为: $s=0.11$ ℃。因设定点误差只进行单次校准,则

$$u_1(t_M) = s = 0.11 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (D.4)$$

D.4.1.2 由二等标准铂电阻温度计的周期稳定性引入的标准不确定度 $u_2(t_M)$

二等标准铂电阻温度计在检定周期内的稳定性,80℃时不超过0.014℃,按均匀分布处理,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则

$$u_2(t_M) = 0.014 \text{ } ^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.01 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (D.5)$$

D.4.1.3 标准铂电阻温度计配套电测设备引入的标准不确定度 $u_3(t_M)$

标准铂电阻温度计配套电测设备准确度不低于0.02级,则引入的电阻测量误差为:

$$\Delta R = \pm (0.02\% \times W_t \times R_{tp}) \quad (D.6)$$

采用标称电阻为25Ω标准铂电阻温度计,则 $\Delta R = \pm 0.0071 \text{ } \Omega$,换算成温度为 ± 0.072 ℃,区间半宽为0.072℃,按均匀分布处理,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则

$$u_3(t_M) = 0.072 \text{ } ^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.04 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (D.7)$$

D.4.1.4 由恒温油槽温度均匀性引入的标准不确定度 $u_4(t_M)$

恒温油槽的温度均匀性不超过 0.20 ℃，区间半宽为 0.10 ℃，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_4(t_M)=0.10\text{ }^{\circ}\text{C}/\sqrt{3}=0.06\text{ }^{\circ}\text{C}\tag{D.8}$$

D.4.1.5 由升温速率对切换中值的影响引入的标准不确定度 $u_5(t_M)$

通过试验可知，恒温槽升温速率为 1.0 ℃/min 时对切换中值的影响为 0.26 ℃，按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_5(t_M)=0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/\sqrt{3}=0.16\text{ }^{\circ}\text{C}\tag{D.9}$$

D.4.2 输入量 t_{SD} 的标准不确定度 $u(t_{SD})$ 的评定

对被校电接点压力式温度计进行校准点的指针设定时，可以分辨到分度值的 1/10，即 0.2 ℃，区间半宽为 0.1 ℃。按均匀分布处理，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u(t_{SD})=0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/\sqrt{3}=0.06\text{ }^{\circ}\text{C}\tag{D.10}$$

D.5 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 D.1。

表 D.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量		灵敏系数	不确定度来源	标准不确定度 ℃
$u(t_M)$	$u_1(t_M)$	1	测量重复性	0.11
	$u_2(t_M)$		二等标准铂电阻温度计的周期稳定性	0.01
	$u_3(t_M)$		标准铂电阻温度计配套电测设备	0.04
	$u_4(t_M)$		恒温油槽温度均匀性	0.06
	$u_5(t_M)$		恒温油槽升温速率	0.16
$u(t_{SD})$		-1	接点设定指针的位置	0.06

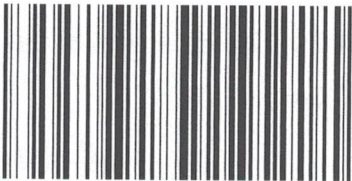
以上各项标准不确定度互不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c=\sqrt{c_1^2u^2(t_M)+c_2^2u^2(t_{SD})}=0.24\text{ }^{\circ}\text{C}\tag{D.11}$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U=k\times u_c=0.5\text{ }^{\circ}\text{C}\tag{D.12}$$



JJF 1909-2021

版权专有 侵权必究

*

书号:155066·J-3940

定价： 21.00 元