



黑龙江省地方计量技术规范

JJF(黑) ××-2025

高精度数字温度计校准规范

Calibration Specification for High Precision Digital Thermometer

(审定稿)

2025-××-××发布

2025-××-××实施

黑龙江省市场监督管理局发布

高精度数字温度计

校准规范

Calibration Specification for High

Precision Digital Thermometer

JJF(黑) ××-2025

归口单位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

齐齐哈尔市检验检测中心

哈尔滨市计量检定测试院

黑龙江省质量监督检测研究院

本规范委托黑龙江省计量检定测试研究院负责解释

本规范主要起草人：

单 青 (黑龙江省计量检定测试研究院)
吴彩红 (黑龙江省计量检定测试研究院)
何 昊 (齐齐哈尔市检验检测中心)
聂 爽 (黑龙江省计量检定测试研究院)
田 刚 (黑龙江省计量检定测试研究院)
李晓新 (哈尔滨市计量检定测试院)
于文丽 (黑龙江省质量监督检测研究院)

参加起草人：

张 蕊 (黑龙江省计量检定测试研究院)
赵 鹏 (黑龙江省计量检定测试研究院)
王 洋 (黑龙江省计量检定测试研究院)

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 一体式温度计	(1)
3.2 分体式温度计	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 示值误差	(1)
5.2 绝缘电阻	(1)
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 外观	(3)
7.2 绝缘电阻	(3)
7.3 示值误差	(3)
7.4 数据处理	(4)
8 校准结果表达	(4)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A 校准证书内页格式(推荐性)	(6)
附录 B 温度计示值误差测量结果不确定度评定示例	(7)

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》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制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

高精度数字温度计校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围（-80~600）℃且分辨力等于或优于 0.01℃的接触式测温的高精度数字温度计校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 160—2007 标准铂电阻温度计

JJG 229—2010 工业铂、铜热电阻

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 一体式温度计 integrated thermometer

温度传感器与数显仪表不能分离的温度计。

3.2 分体式温度计 separate thermometer

温度传感器与数显仪表可以分离的温度计。

4 概述

高精度数字温度计（以下简称温度计）基于接触式测温原理，以数字形式显示温度量值，由温度传感器和数显仪表两部分组成。温度传感器主要包括标准铂电阻温度计、A 级及以上工业铂电阻温度计或其他满足要求的传感器。数显仪表显示分辨力等于或优于 0.01℃。

5 计量特性

5.1 示值误差

温度计的示值误差为温度计的示值与实际温度的差值。温度计分度值等于或优于 0.01℃，最大允许误差不大于 0.05℃。

注：以上技术指标不用于合格性判定，仅供参考。

5.2 绝缘电阻

数显仪表电源端子、接地端、传感器相互之间的绝缘电阻应不小于 20MΩ。该项目仅限于电源供电的温度计。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$

相对湿度: $\leq 85\%$

校准时仪器设备周围应无强烈振动, 无强电磁场或其他干扰。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备从表 1 中参考选择。

表 1 测量标准及其他设备

序号	测量标准及其他设备	技术要求				用途	备注		
1	标准铂电阻温度计	测量范围: $(-80 \sim 600) ^\circ\text{C}$				标准器	根据被校温度计选择相应标准器, 其准确度等级应满足校准要求。		
2	电测设备	测量范围应与标准器、被测传感器的电阻值范围相适应, 保证标准器与被测传感器的分辨力换算成温度后不低于 $0.001 ^\circ\text{C}$				标准器配套电测设备	技术指标满足被测传感器要求的电测设备。		
3	恒温槽	测量范围/ $^\circ\text{C}$	温度均匀性/ $^\circ\text{C}$	温度波动性/ $^\circ\text{C} \cdot (10\text{min})^{-1}$		热源	/		
		工作区域	工作区域						
		水平温差	最大温差						
		-80~ -30	0.05	0.10	0.10				
		> -30~ 100	0.02	0.04	0.04				
4	水三相点装置	符合 JJF1178-2007 校准二等标准铂电阻温度计的技术指标				核查标准铂电阻温度计	/		
5	兆欧表	额定电压: 500V 准确度等级: 10 级				测量绝缘电阻	/		
6	直流稳压源	测量范围: $(12 \sim 48) \text{ V}$ 最大允许误差: $\pm 1\%$				仪器供电	需要时选配		

7 校准项目和校准方法

7.1 外观

温度计组成部分完整；数显仪表外表无凹陷、裂痕和变形；温度传感器表面无损伤。数显仪表和温度传感器连接处接口无锈蚀和损伤，温度计通电后数字显示完整。

7.2 绝缘电阻

将温度计电源开关置于接通状态，用额定电压为 500V 的兆欧表测量短接后的电源端子与仪表外壳（接地端）之间、电源端子与传感器之间、传感器与仪表外壳（接地端）之间的绝缘电阻，应满足5.2的要求。

7.3 示值误差

选择比较法进行校准。

7.3.1 校准点选择

校准点应均匀分布在温度计测量范围内，且必须包含0℃，一般不少于3个点。也可根据用户的要求进行选择。

7.3.2 校准顺序

先校准0℃，再分别向上限或下限方向逐点进行校准。

7.3.3 校准过程

将标准器与被校温度计插入温度源中，标准和被校的传感器感温部分尽量处于同一水平面。温度源实际温度偏离校准温度（-80~300）℃时不超过±1.0℃，（300~600）℃时不超过±2.0℃。待温度计示值稳定后，开始读数。读数的顺序可以按照温度计所配传感器的数量：

标准→被校 1→被校 2→-----被校 n→被校 n-----被校 2→被校 1→标准。

标准和被校分别读取 4 组数据，取温度计显示值的平均值与实际温度的平均值的差值作为示值误差的校准结果。

读数的时间间隔要均匀，且应大于标准和被校温度计的集数时间间隔，整个读数过程中，温度源的温度变化应满足表 1 温度波动性的要求。

校准时，温度计的传感器应有足够的插入深度，尽可能减少热损失。当传感器密封不佳或不能直接接触液体介质时，应将传感器放入内径与之相适应的保护管内，塞紧管口后插入温度源中，并保证保护管的插入深度不小于150 mm。

7.4 数据处理

7.4.1 标准铂电阻温度计实际温度按式(1)计算:

$$t_{\text{标}} = \frac{W_t - W_{t_n}}{\left(\frac{dW_t}{dt} \right)_{t_n}} + t_n \quad (1)$$

式中: $t_{\text{标}}$ ——实际温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_n ——校准点名义温度, $^{\circ}\text{C}$;

W_t ——温度 t 时的电阻比, $W_t = \bar{R}_t / R_{tp}$;

W_{t_n} ——由标准铂电阻温度计分度表给出的温度对应的电阻比;

$\left(\frac{dW_t}{dt} \right)_{t_n}$ ——由标准铂电阻温度计分度表给出的温度 对应的电阻

比变化率, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

\bar{R}_t ——标准铂电阻温度计在温度 t 时的实测电阻平均值, Ω 。

7.4.2 温度计示值误差 $\Delta t_{\text{示}}$ 按式(2)计算:

$$\Delta t_{\text{示}} = \overline{t}_{\text{示}} - \overline{t}_{\text{标}} \quad (2)$$

式中: $\Delta t_{\text{示}}$ ——温度计的示值误差, $^{\circ}\text{C}$;

$\overline{t}_{\text{示}}$ ——温度计显示值的平均值, $^{\circ}\text{C}$;

$\overline{t}_{\text{标}}$ ——实际温度的平均值, $^{\circ}\text{C}$ 。

8 校准结果表达

8.1 校准证书

校准证书推荐格式参见附录A。

8.2 校准结果的处理

校准应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息:

- 标题: “校准证书”;
- 实验室名称和地址;
- 进行校准的地点(如果与实验室地点不同);

-
- 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) 被校仪器的描述和明确标识（如型号、产品编号等）；
 - g) 进行校准的日期；
 - h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
 - 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说明；
 - l) 校准员及核验员的签名；
 - 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。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为12个月。

由于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。

附录A

高精度数字温度计校准证书内页格式（推荐性）

校准结果

一、外观

二、示值误差

示值误差				
校准点/°C	实际温度/°C	显示值/°C	示值误差/°C	扩展不确定度 $U/°C, k=2$

以下空白

附录B

高精度数字温度计示值误差测量结果不确定度评定示例

B. 1 概述

- B. 1. 1 被校仪器: 高精度数字温度计(以下简称温度计)。
- B. 1. 2 测量标准: 二等标准铂电阻温度计, 测量范围: (-80~600) °C, 分辨力: 0.001°C, 校准温度点为0°C。
- B. 1. 3 环境条件: 环境温度: (15~25) °C; 相对湿度: 不大于 85%。
- B. 1. 4 测量方法: 依据本规范中的规定。

B. 2 测量模型

$$\Delta t_{\text{示}} = \overline{t}_{\text{示}} - \overline{t}_{\text{标}} \quad (\text{B.1})$$

式中: $\Delta t_{\text{示}}$ ——温度计的示值误差, °C;

$\overline{t}_{\text{示}}$ ——温度计显示值的平均值, °C;

$\overline{t}_{\text{标}}$ ——实际温度的平均值, °C。

B. 3 输入量的标准不确定度评定

- B. 3. 1 $\overline{t}_{\text{示}}$ 引入的标准不确定度分量 u_1

- B. 3. 1. 1 被校温度计分辨力引入的分量 u_{11}

对于分辨力为 0.01°C 的温度计, 其引入的误差区间半宽为分辨力的1/2, 服从均匀分布。

$$u_{11} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029^\circ\text{C}$$

- B. 3. 1. 2 被校温度计重复性引入的分量 u_{12}

选取稳定性好的分辨力为 0.01 的温度计, 将温度传感器放在稳定的温源内, 在短时间内重复测量多次, 得到的数据如表 B.1 所示。

表 B.1 测量重复性数据

测量次数	测量结果/°C
1	0.02
2	0.03
3	0.02
4	0.02
5	0.01
6	0.03
7	0.02
8	0.01
9	0.02
10	0.03
试验标准偏差 s	0.0074

按照贝塞尔公式计算得到:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0074 \text{ °C}$$

由于在实际工作中取 4 次测得值平均值作为最终结果, 因此:

$$u_{12} = \frac{0.0074}{\sqrt{4}} = 0.0037 \text{ °C}$$

由于 u_{11} 和 u_{12} 属于相关量, 因此 $\bar{t}_{\text{示}}$ 引入的标准不确定度分量 u_1 取其中的较大者, 因此取:

$$u_1 = 0.0037 \text{ °C}$$

B. 3. 2 $\bar{t}_{\text{示}}$ 引入的不确定度分量 u_2

B. 3. 2. 1 标准铂电阻温度计引入的不确定度分量 u_{21}

使用二等标准铂电阻温度计的不确定度均为 $U=0.0048 \text{ °C}$, $k=2$, 则:

$$u_{21} = \frac{0.0048}{2} = 0.0024 \text{ °C}$$

B. 3. 2. 2 电测仪表引入的不确定度分量 u_{22}

校准时用 FLUKE1594 测温仪作为电测装置, 其电阻测量相对误差为 $\pm 1 \times$

10^{-5} ，校准0°C时，测量电阻值引入的最大误差均为 $\pm 0.36 \text{ m}\Omega$ ，换算为温度 $\pm 3.6 \text{ mK}$ ，为按均匀分布，则：

$$u_{22} = \frac{0.0036}{\sqrt{3}} = 0.0021 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

B. 3. 2. 3 恒温槽均匀性引入的分量 u_{23}

恒温槽工作区域最大温差为(10~15) mK，服从均匀分布，则：

$$0 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ 时: } u_{23} = \frac{0.010}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

B. 3. 2. 4 恒温槽波动性引入的分量 u_{24}

恒温槽波动性为(7~9) mK，服从均匀分布，则：

$$0 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ 时: } u_{24} = \frac{0.007}{2\sqrt{3}} = 0.002 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

B. 4 标准不确定度计算

按公式 $u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2}$ 合成不确定度：
 $U = 0.006 \text{ }^{\circ}\text{C}$

B. 5 校准结果的扩展不确定度

扩展不确定度取包含因子 $k=2$ ，则示值误差校准结果的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.006 = 0.02 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

