



山东省计量技术规范

JJF(鲁)90-2011

工作用数字温度计校准规范

Calibration Specification Of The Working Digital Thermometer

2011-10-14 发布

2012-01-01 实施

山东省质量技术监督局 发布

工作用数字温度计 校准规范

Calibration Specification Of
The Working Digital Thermometer

JJF(鲁)90-2011

本规范经山东省质量技术监督局 2011 年 10 月 14 日批准, 并自 2012 年 1 月 1 日起实施。

归口单位: 山东省质量技术监督局

主要起草单位: 山东省计量科学研究院

参加起草单位: 荣成市计量测试所

本规范由归口单位负责解释



本规范主要起草人：

徐兴业（山东省计量科学研究院）

张 炯（山东省计量科学研究院）

参加起草人：

梁兴忠（山东省计量科学研究院）

张华文（山东省计量科学研究院）

鞠 光（荣成市计量测试所）

目 录

1 范围	1
2 引用文献	1
3 概述	1
4 计量特性	1
4.1 准确度等级和最大允许误差	1
4.2 重复性	1
4.3 稳定性	1
4.4 通用技术要求	1
5 校准条件	2
5.1 标准器与配套设备	2
5.2 环境条件	3
6 校准项目和校准方法	3
6.1 校准项目	3
6.2 校准方法	3
7 校准结果表达	4
附录 A 不确定度分析	5
附录 B 原始记录	13

工作用数字温度计校准规范

1 范围

本规范适用于测温范围在 $(-120\sim 1300)^{\circ}\text{C}$ 的各种量程的工作用数字温度计(以下简称数字温度计)的校准。

2 引用文献

JJG160-2007《标准铂电阻温度计》

JJG351-1996《工作用廉金属热电偶》

JJF1183-2007《温度变送器校准规范》

注：使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

数字温度计一般由传感器和显示部分组成。传感器通常为热敏电阻、热电阻或热电偶；显示部分以数字方式直接将测量对象的温度值通过数码管或液晶方式显示出来，可以是台式、手持式或与传感器一体化等形式。

4 计量特性

4.1 准确度等级和最大允许误差

数字温度计最大允许示值误差见表1。

表1 数字温度计准确度等级与最大允许误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	5.0
最大允许误差(以量程的百分数表示)	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 2.0	± 5.0

未注明准确度等级的数字温度计最大允许误差(允许误差限)应符合其铭牌或说明书标注的要求。

4.2 重复性

数字温度计的重复性应不大于最大允许误差绝对值的 $1/2$ 。

4.3 稳定性

数字温度计的示值误差周期变化量不得大于最大示值允许误差的绝对值。

4.4 通用技术要求

4.4.1 外观

数字温度计铭牌上应注明型号规格、传感器类型、测量范围、制造厂名（或商标）、出厂编号、生产日期和准确度等级（或最大允许误差）。

数字温度计不应有引起测量粗大误差和使内部零件易受损害的缺陷。

显示屏不得有断线、模糊等影响读数的缺陷。

配热电偶传感器的数字温度计必须有冷端自动补偿功能。

传感器与数显部分的连接应牢固可靠。热电偶传感器应使用插接端子与数显部分连接，其连接线必须符合补导线的要求。

4.4.2 绝缘电阻

需外接交流电源的数字温度计，用额定直流电压 500V 的兆欧表测量其电源端子短接对地的绝缘电阻应不小于 50M Ω 。

5 校准条件

5.1 标准器与配套设备

标准器与配套设备见表 2。

表 2 标准器与配套设备

用 途	设 备 名 称	技 术 性 能
标准器	标准铂电阻温度计	测温范围 (-189~420) °C 二等
	标准热电偶	测温范围 (300~1300) °C 二等
配 套 设 备	低温槽	-120°C~室温 最大温差 0.20°C 水平温差 0.10°C
	恒温水槽	室温~95°C 最大温差 0.10°C 水平温差 0.05°C
	恒温油槽	95°C~300°C 最大温差 0.20°C 水平温差 0.10°C
	恒温盐浴	300°C~600°C 最大温差 0.40°C 水平温差 0.20°C
	管式炉	>600°C 最高均匀温场中心与管式炉几何中心沿轴线上偏离不大于 10mm，在均匀温场长度不小于 60mm，半径为 14mm 范围内，任意两点间温差不大于 1°C。
	冰点槽	工作区域最大温差 0.01°C
	电测仪表	误差 $\leq 1 \times 10^{-4}\%$
	绝缘电阻表	500V 10 级
	转换开关	寄生热电势不大于 0.4 μ V

选用的标准器及配套设备构成的校准装置引入的扩展不确定度 U_0 应不大于被校准数

字温度计最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

可以选用技术性能指标不低于上述要求的其它仪器设备。

5.2 环境条件

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

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

数字温度计的校准项目为外观、绝缘电阻、示值误差、重复性和稳定性。

6.2 校准方法

6.2.1 通用技术要求

用目力观察数字温度计的外观。

绝缘电阻的测量方法为: 断开电源, 使数字温度计的电源开关置于接通状态, 用绝缘电阻表测量电源端子与机壳之间的绝缘电阻。

6.2.2 示值误差

6.2.2.1 数字温度计的校准点

数字温度计的校准点应尽可能均匀分布在整個测量范围上, 包括测量上、下限。原则上选取整十或整百摄氏度点, 一般情况下不得少于 5 个温度点。特殊情况下, 也可根据用户要求进行校准或测试。

6.2.2.3 各温度点的校准

在各温度点应在恒温装置中进行校准。将标准器按规定的浸没方式垂直插入恒温装置中。恒温装置恒定温度偏离校准点不超过 0.5°C (以标准温度计为准), 数字温度计在恒定的恒温装置中要稳定 15min 后方可读数, 顺序同前, 分别计算平均值, 得到标准温度计和被检数字温度计的示值。

6.2.3 重复性

数字温度计在各校准点上分别进行多次(至少两次)示值校准检定, 计算出各点示值之间的最大差值即为数字温度计的重复性。

6.2.4 稳定性

稳定性仅对准确度等级高于 0.2 级 (含 0.2 级) 的数字温度计进行考核。取数字温度计在相同校准温度点上, 上一周期校准示值误差 (由证书给出) 与本次校准结果的示值误差的最大差值。

7 校准结果表达

按公式(1)计算被检温度计的修正值:

$$\Delta t = t^* - \bar{t} \quad (1)$$

其中: Δt — 被检温度计示值修正值;

t^* — 由标准器示值经计算得到的实际温度值;

$\bar{t}$ — 被检温度计读数平均值。

用二等标准铂电阻温度计作为标准器时, 按公式(2)计算 t^* :

$$t^* = \frac{\frac{\bar{R}}{R_{tp}} - W_t}{dW/dt} + t \quad (2)$$

其中: $\bar{R}$ — 二等标准铂电阻温度计读数平均值;

R_{tp} — 二等标准铂电阻温度计的水三相点值;

W_t — 二等标准铂电阻温度计在温度为 t 时的电阻比;

dW/dt — 二等标准铂电阻温度计在温度为 t 时的电阻比对温度的变化值;

t — 校准温度标值。

用二等标准热电偶作为标准器时, 按公式(3)计算 t^* :

$$t^* = \frac{\bar{e} - e^*}{S} + t \quad (3)$$

其中: $\bar{e}$ — 二等标准热电偶读数平均值;

e^* — 二等标准热电偶在温度为 t 时的标称电势值;

S — 二等标准热电偶在温度为 t 时的塞贝克系数;

t — 校准温度标值。

附录 A

二等标准热电偶校准工作用数字温度计示值修正值的 不确定度分析

1. 测量过程的简单描述

本方法适用于二等标准热电偶检工作用数字温度计结果的不确定度分析。

测量依据：《工作用数字温度计校准规范》

测量范围：300℃～1300℃；

测量标准：二等标准热电偶；

被测对象：数字温度计（分辨力 1℃）；

配套设备：干井炉——工作区最大温差：0.2℃；

KEITHLEY2000 数字多用表——0.01 级；

冰点恒温器——工作区最大温差：0.01℃；

转换开关——寄生热电势不大于 0.4 μV；

环境条件：温度 21.5℃，湿度 34%RH。

测量过程：用比较法将标准器与被检温度计同置于干井炉中，待示值稳定后，按标准→被检→被检→标准的次序依次读取温度计示值（这样读数作为一个往返），共读数 2 次，分别求得标准和被检的示值平均值，然后通过公式计算得出示值修正值。

2. 建立数学模型

$$\Delta t = \frac{\bar{e} - e^*}{s} + t - \bar{t}$$

式中：Δt—被检温度计的示值修正值；

$\bar{e}$ —二等标准热电偶读数平均值；

e^* —二等标准热电偶在温度为 t 时的标称电势值；

s—二等标准热电偶在温度为 t 时的塞贝克系数；

t—校准温度标值；

$\bar{t}$ —被检温度计的 2 次读数平均值。

3. 根据数学模型列出各个不确定度分量的来源

选取 600℃ 点作为典型温度点进行分析, 在 600℃ 时, $S=0.01 \text{ mV/}^\circ\text{C}$, 不确定度来源见表 1。

表 1 不确定度来源

标准不确定度 $u(i)$	评定分类	不确定度来源	c_i
$u(1)$	A	被测量重复性	-1
$u(2)$	B	数字多用表示值	100
$u(3)$	B	转换开关寄生热电势	100
$u(4)$	B	干井炉温场	1
$u(5)$	B	冰点恒温器温场	1
$u(6)$	B	标准热电偶分度值	1
$u(7)$	B	被检数字温度计分辨力	1

4. 标准不确定度评定

4.1 标准不确定度分量 $u(1)$ 的评定

选三支足够稳定的被检温度计做为被测对象, 在 600℃ 点各得到 10 个数值, 见表 2。

表 2 重复测量得到的被测量数据

单位: $^\circ\text{C}$

$n \backslash k$	1	2	3
1	601	601	601
2	601	602	601
3	602	601	601
4	601	601	601
5	601	602	601
6	602	601	602
7	602	601	601
8	601	601	601
9	601	602	601
10	601	601	602

$s_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	0.5	0.5	0.4
---	-----	-----	-----

合并以上样本偏差得到:

$$s_p = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 s_k^2} = 0.5^\circ\text{C}$$

获得了各点的合并样本偏差 s_p 以后, 所建立的标准装置在实际测量中对被测量进行正反 2 次重复测量, 以 2 次测量的平均值作为测量结果, 所以

$$u(1) = s_p / \sqrt{2} = 0.4^\circ\text{C}$$

4.2 标准不确定度分量 $u(2)$ 的评定

S 型热电偶 600°C 时的标称电势值为 5.237 mV, 数字多用表在该电势值处最大允差为 $\pm 0.0038\text{mV}$, 按均匀分布考虑, $u(2) = 0.0038 / \sqrt{3} = 0.0022\text{mV}$ 。

4.3 标准不确定度分量 $u(3)$ 的评定

转换开关寄生热电势最大值为 $0.4\mu\text{V}$, 按均匀分布考虑 $u(3) = 0.4 / \sqrt{3} = 0.23\mu\text{V}$, 即 0.00023mV 。

4.4 标准不确定度分量 $u(4)$ 的评定

干井炉工作区域最大温差为 0.2°C , 按均匀分布考虑, $u(4) = 0.2 / \sqrt{3} = 0.12^\circ\text{C}$

4.5 标准不确定度分量 $u(5)$ 的评定

冰点恒温器工作区域最大温差为 0.01°C ，按均匀分布考虑， $u(5) = 0.01 / \sqrt{3} = 0.006^{\circ}\text{C}$

4.6 标准不确定度分量 $u(6)$ 的评定

标准热电偶分度值的扩展不确定度 $U=0.6^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ 。换算成标准不确定度

$$u(6) = 0.6 / 2 = 0.3^{\circ}\text{C}$$

4.7 标准不确定度分量 $u(7)$ 的评定

被检数字温度计的分辨力为 1°C ，按均匀分布考虑， $u(7) = 1 / (2\sqrt{3}) = 0.29^{\circ}\text{C}$ 。

5. 标准不确定度分布一览表，见表 3。

表 3 标准不确定度分布一览表

标准不确定度 $u(i)$	评定分类	不确定度来源	c_i	$u(i)$	$ c_i \times u(i)$
$u(1)$	A	被测量重复性	-1	0.5°C	0.5°C
$u(2)$	B	数字多用表示值	100	0.0022 mV	0.22°C
$u(3)$	B	转换开关寄生热电势	100	0.0023 mV	0.023°C
$u(4)$	B	干井炉温场	1	0.12°C	0.12°C
$u(5)$	B	冰点恒温器温场	1	0.006°C	0.006°C
$u(6)$	B	标准热电偶分度值	1	0.3°C	0.3°C
$u(7)$	B	被检数字温度计分辨力	1	0.29°C	0.29°C

6. 计算合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u(1)^2 + c_1^2 u(2)^2 + c_1^2 u(3)^2 + c_1^2 u(4)^2 + c_1^2 u(5)^2 + c_1^2 u(6)^2 + c_1^2 u(7)^2} = 0.70^{\circ}\text{C}$$

7. 计算扩展不确定度 U

$$U = k \times u_c = 1.4^{\circ}\text{C} \quad k=2$$

二等标准热电阻校准工作用数字温度计示值修正值的 不确定度分析

1. 测量过程的简单描述

本方法适用于二等标准热电阻检工作用数字温度计结果的不确定度分析。

测量依据：《工作用数字温度计校准规范》

测量范围：0℃～300℃；

测量标准：二等标准热电阻；

被测对象：数字温度计（分辨力 0.1℃）；

配套设备：恒温槽——工作区最大温差：0.02℃；

KEITHLEY2000 数字多用表——0.01 级；

转换开关——寄生热电势不大于 0.4 μV；

环境条件：温度 21.5℃，湿度 34%RH。

测量过程：用比较法将标准器与被检温度计同置于恒温槽中，待示值稳定后，按标准→被检→被检→标准的次序依次读取温度计示值（这样读数作为一个往返），共读数 2 次，分别求得标准和被检的示值平均值，然后通过公式计算得出示值修正值。

2. 建立数学模型

$$\Delta t = \frac{\bar{R} - w_t}{\frac{dW}{dt}} + t - \bar{t}$$

式中：Δt —被检温度计的示值修正值；

$\bar{R}$ —二等标准铂电阻温度计读数平均值；

R_{tp} —二等标准铂电阻温度计的水三相点值；

w_t —二等标准铂电阻温度计在温度为 t 时的电阻比；

$\frac{dW}{dt}$ —二等标准铂电阻温度计在温度为 t 时的电阻比对温度的变化值；

t —校准温度标值；

$\bar{t}$ —被检温度计的 2 次读数平均值。

3. 根据数学模型列出各个不确定度分量的来源

选取 300℃ 点作为典型温度点进行分析, 该标准器的 R_{tp} 值为 25.5634 Ω , 在 300℃ 时,

$dW/dt=0.003633112$ 。不确定度来源见表 1。

表 1 不确定度来源

标准不确定度 $u(i)$	评定分类	不确定度来源	c_i
$u(1)$	A	被测量重复性	-1
$u(2)$	B	数字多用表示值	10.767
$u(3)$	B	恒温槽温场	1
$u(4)$	B	标准热电阻分度值	1
$u(5)$	B	被检数字温度计分辨力	1

4. 标准不确定度评定

4.1 标准不确定度分量 $u(1)$ 的评定

选三支足够稳定的被检温度计做为被测对象, 在 300℃ 点各得到 10 个数值, 见表 2。

表 2 重复测量得到的被测量数据

单位: °C

$n \backslash k$	1	2	3
1	300.2	300.1	299.8
2	300.2	300.2	299.7
3	300.1	300.1	299.7
4	300.1	300.2	299.9
5	300.2	300.0	299.8
6	300.1	300.1	299.8
7	300.1	300.1	299.8
8	300.2	300.0	299.8
9	300.3	300.1	299.7
10	300.2	300.2	299.7

$S_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$	0.07	0.07	0.07
---	------	------	------

合并以上样本偏差得到:

$$S_p = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 S_k^2} = 0.07^\circ\text{C}$$

获得了各点的合并样本偏差 S_p 以后, 所建立的标准装置在实际测量中对被测量进行正反 2 次重复测量, 以 2 次测量的平均值作为测量结果, 所以

$$u(1) = \frac{S_p}{\sqrt{2}} = 0.05^\circ\text{C}$$

4.2 标准不确定度分量 $u(2)$ 的评定

标准铂电阻温度计在 300°C 时的电阻值为 $54.7736\ \Omega$, 数字多用表在该电阻值处最大允差为 $\pm 0.0095\ \Omega$, 按均匀分布考虑, $u(2) = \frac{0.0095}{\sqrt{3}} = 0.0055\ \Omega$ 。

4.4 标准不确定度分量 $u(3)$ 的评定

恒温槽工作区域最大温差为 0.02°C , 按均匀分布考虑, $u(4) = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012^\circ\text{C}$

4.6 标准不确定度分量 $u(4)$ 的评定

标准热电阻分度值的扩展不确定度 $U=0.006^\circ\text{C}$, $k=2$ 。换算成标准不确定度

$$u(6) = \frac{0.006}{2} = 0.003^\circ\text{C}$$

4.7 标准不确定度分量 $u(5)$ 的评定

被检数字温度计的分辨力为 0.1°C ，按均匀分布考虑， $u(7) = \frac{0.1}{(2\sqrt{3})} = 0.029^{\circ}\text{C}$ 。

5. 标准不确定度分布一览表，见表 3。

表 3 标准不确定度分布一览表

标准不确定度 $u(i)$	评定分类	不确定度来源	c_i	$u(i)$	$ c_i \times u(i)$
$u(1)$	A	被测量重复性	-1	0.07°C	0.07°C
$u(2)$	B	数字多用表示值	10.767	$0.0055\ \Omega$	0.059°C
$u(3)$	B	恒温槽温场	1	0.012°C	0.012°C
$u(4)$	B	标准热电阻分度值	1	0.003°C	0.003°C
$u(5)$	B	被检数字温度计分辨力	1	0.029°C	0.029°C

6. 计算合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u(1)^2 + c_2^2 u(2)^2 + c_3^2 u(3)^2 + c_4^2 u(4)^2 + c_5^2 u(5)^2 + c_6^2 u(6)^2 + c_7^2 u(7)^2} = 0.1^{\circ}\text{C}$$

7. 计算扩展不确定度 U

$$U = k \times u_c = 0.2^{\circ}\text{C} \quad k=2$$

附录 B

工作用数字温度计校准原始记录

客户名称:

地址:

仪 器 名 称					证书编号		
制 造 厂		型 号			出厂编号		
标准器名称		标准器证书号			有效期止		
测量范围			不 确 定 度 (或 准 确 度 等 级)				
校准依据					温 度	℃	%RH
校准日期	年 月 日		建议有效期				
校准温度(℃)	标 准	被 检	校准温度(℃)	标 准	被 检		
平均值(℃)			平均值(℃)				
修正值(℃)			修正值(℃)				
校准温度(℃)	标 准	被 检	校准温度(℃)	标 准	被 检		
平均值(℃)			平均值(℃)				
修正值(℃)			修正值(℃)				
校准温度(℃)	标 准	被 检	校准温度(℃)	标 准	被 检		
平均值(℃)			平均值(℃)				
修正值(℃)			修正值(℃)				
外 观			绝 缘 电 阻				
结 论			校准员			核验员	

U = °C, k=2