



中华人民共和国工业和信息化部
有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）xxx—xxxx

极端温度数字温度计校准规范

（征求意见稿）

Calibration specification for extreme temperature digital thermometers

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

JJF（有色金属）xxx-xxxx

极端温度数字温度计校准 规范

Calibration specification for extreme
temperature digital thermometers

JJF（有色金属）xxx—2023

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：国标（北京）检验认证有限公司

参加起草单位：

本规范委托有色金属行业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	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 示值误差	(1)
4.2 绝缘电阻	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准	(2)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准项目	(4)
6.2 校准方法	(4)
6.3 数据处理	(5)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 校准原始记录参考格式	(6)
附录 B 校准证书内页参考格式	(7)
附录 C 极端温度数字温度计示值误差的测量结果不确定度评定示例	(8)

引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范的制定参考了JJG 141《工作用贵金属热电偶》、JJF1637《廉金属热电偶校准规范》、JJG229《工业铂、铜热电阻》、JJF1664《温度显示器校准规范》。

本规范为首次发布。

极端温度数字温度计校准规范

1 范围

本规范适用测量范围为(-189~1500)℃的数字温度计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件

JJG 141-2013 工作用贵金属热电偶

JJG 229-2010 工业铂、铜热电阻

JJF 1366-2012 温度数据采集仪校准规范

JJF 1637-2017 廉金属热电偶校准规范

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

数字温度计一般由温度传感器部分和显示仪表部分组成，温度传感器部分主要有热电偶、热电阻、半导体感温元件、集成温度传感器等类型。随着被校准温度源温度发生变化时，传感器会输出相对应的电信号，经信号处理单元处理后显示其对应的温度。数字温度计可单路测量，也可多路测量，在极端温度下广泛应用于有色金属熔炼过程、低温性能测试过程，数字温度计原理框图见图（1）。

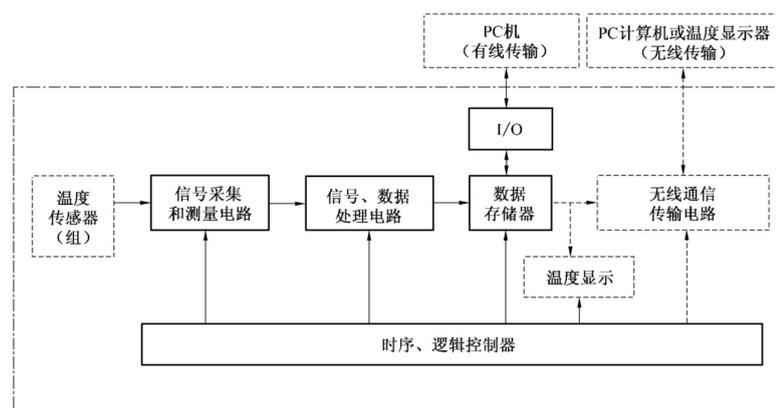


图1 数字温度计原理框图

4 计量特性

4.1 示值误差

以被测量值表示见公式(1):

$$\Delta = \pm k \quad (1)$$

式中;

k —允许的示值误差限, °C。

4.2 绝缘电阻

温度计的电源端子与外壳电源端子与温度传感器间的绝缘电阻应不小于 20M Ω 。

5 校准条件

5.1 环境条件

数字温度计应在 (25 \pm 5) °C, 相对湿度不大于 80%的条件下校准, 校准过程中温度波动不大于 2°C。

5.2 测量标准

校准所需的测量标准及配套设备可以从表 1、表 2 中参考选取。

表 1 测量标准及技术要求

设备名称	测量范围	技术要求	备注
高精密度温度计	(-189~420) °C	MPE: ± 0.02 °C	/
标准铂电阻温度计	(-189~660) °C	二等	校准精密数字温度计误差优于 0.025°C 时需使用二等标准。
标准铂铑 10-铂热 电偶	(300~1100) °C	一等	/
标准铂铑 30-铂铑 6 热电偶	(1100~1500) °C	一等	/
固定点装置	(-189.344 2~961.78) °C	一等	/

注: 也可使用不确定度满足要求的其他测量标准。

表 2 配套设备及技术要求

设备名称	测量范围	技术要求	备注
电测设备	(5~400) Ω	相对误差 $\leq 0.005\%$	配标准铂电阻
	(2~10) mV	准确度等级不低于 0.02 级	配热标准热电偶
液氮比较槽	(-189~0) °C	波动性: ≤ 0.005 °C/10min	提供稳定的均匀

		孔间温差: $\leq 0.002^{\circ}\text{C}$	温场根据被测数字温度计准确度及测量范围选用对应的温度源
恒温槽	$(-150\sim 300)^{\circ}\text{C}$	均匀性 $\leq 0.01^{\circ}\text{C}$ 波动度 $\leq 0.01^{\circ}\text{C}/10\text{min}$	
盐槽	$(300\sim 700)^{\circ}\text{C}$	均匀性 $\leq 0.01^{\circ}\text{C}$ 波动度 $\leq 0.015^{\circ}\text{C}/10\text{min}$	
热电偶检定炉	$(300\sim 1500)^{\circ}\text{C}$	有效工作区域轴向 30mm 内, 任意两点温差绝对值不大于 0.5°C ; 径向半径不小于 14mm 范围内, 同一截面任意两点的温差绝对值不大于 0.25°C	
干体温度校准器	$(-100\sim 1200)^{\circ}\text{C}$	均匀性 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ 波动度 $\leq 0.2^{\circ}\text{C}/10\text{min}$	
水三重点瓶	0°C	$U=1\text{mK}, k=2$	测量 R_p 值
零度恒温器	0°C	工作区域温度变化 $(0\pm 0.1)^{\circ}\text{C}$	/
补偿导线	$(0\sim 100)^{\circ}\text{C}$	MPE: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$	/
绝缘电阻表	500V	10 级	/

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

示值误差

6.2 校准方法

6.2.1 外观检测

目测检查, 温度计应符合以下要求:

a) 温度计应标有型号规格、制造厂名、出厂编号以及表示温度的符号。

b) 温度计数字显示应清晰、无缺笔画, 小数点和极性状态应正常; 数字显示器和温度传感器的连接极性应能准确识别, 机械连接部分应牢固可靠。

6.2.2 示值误差的校准

6.2.2.1 校准点的选择

校准点的选择:按量程均匀划分设定,不少于5个校准点,一般包括上限值下限值和 0℃ (如有 0℃点):当量程不超过50℃时,一般每量程不应少于3点也可根据用户要求选择校准点。

6.2.2.2 校准方法

(a)中低温区的校准方法:中低温区需使用恒温槽、盐槽、液氮比较仪等提供稳定均匀温场的设备,将标准温度计和被校数字温度计的传感器按照规定浸没深度插入恒温设备有效工作区域内(测量标准和被校温度计尽可能靠近),恒温槽恒定温度偏离校准点不得超过±0.2℃,以标准温度计为准,待恒温槽温度稳定后,按照标准→被校 1→被校 2→被校 n→标准的顺序读取数据,读取 2 次循环数据,取 4 次读数平均值计算温度计示值误差。

(b)高温区的校准方法:高温区需使用热电偶检定炉、干体温度校准器等提供稳定均匀温场的设备,校准时将标准热电偶套上保护管与被校准数字温度计的传感器用镍铬丝或铂铑丝捆扎成一束,捆扎时要将被校温度计测量端和标准温度计测量端对齐距离尽可能接近,捆扎好后置于热电偶检定炉有效区域轴线位置上,炉口处用绝缘耐火材料封堵。若数字温度计传感器长度不满足热电偶检定炉有效区域要求的,可以选用干体温度校准器或短型热电偶检定炉,将标准热电偶与被校温度计传感器置于均温块内,标准热电偶应连接对应分度号的补偿导线,补偿导线参考端应置于零度恒温器中。热电偶检定炉或干体式温度校准器偏离校准点温度在 2℃以内、温度变化每分钟不超过 0.2℃(以标准热电偶为准),待示值稳定后,按 6.2.2.2(a)相同的方法读数。使用标准铂电阻温度计作为标准器时,整个过程完成后应测量 R_{tp} 值。(R_{tp} 为标准铂电阻温度计在水三相点(0.01℃)的电阻值;)

6.3 数据处理

6.3.1 示值误差的计算

示值误差按照公式(2)计算

$$\Delta t = t - t_0 \quad (2)$$

式中:

Δt —被校温度计的示值误差,℃

t —被校温度计示值平均值,℃

t_0 —标准器实际温度平均值,℃

7 校准结果表达

经校准的数字温度计出具校准证书，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室的名称和地址；
- c) 实施校准活动的地点，包括客户设施、实验室固定设施以外的地点；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和联络信息；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准活动的日期，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和证书发布日期；
- h) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用的测量标准和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（给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值）；
- l) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- m) 校准人和核验人签名；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录A，校准证书参考格式见附录B。

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间，建议复校时间间隔为1年。

附录 A

校准记录参考格式

证书编号： 接收日期： 校准日期： 发布日期：
 委托单位： 校准依据：

被校设备信息							
器具名称				出厂编号			
型号/规格				设备编号			
制造厂				环境条件	°C	%RH	
校准地点							
测量标准信息							
名称	型号	证书编号	编号	准确度等级/ 最大允许误差 /不确定度	有效期		
校准结果							
1 示值误差 (°C)		测量顺序：标准→被校 1→被校 2→被校 2→被校 1→标准					
标准仪器		被校通道 1			被校通道 2		
温度值	平均值	温度值	平均值	示值误差	温度值	平均值	示值误差
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
绝缘电阻							
电源与外壳/MΩ					电源与传感器/MΩ		
扩展不确定度：							

附录 B

校准证书内页参考格式

证书编号:

校准结果

1 示值误差 (°C)

校准温度/°C	示值误差/°C

扩展不确定度:

备注:

附录 C

极端温度数字温度计

示值误差的测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 评定依据

本次评定是对极端温度数字温度计示值误差测量结果的不确定度评定，本评定方法遵循JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，评定所需的条件如下：

C.1.2 测量标准

标准铂电阻温度计：测量范围（-189~660）℃，准确度等级一等。

C.1.3 被测对象

极端温度数字温度计：型号：2635A，编号：1434912，测量范围（-189~300）℃。

C.1.4 测量方法

测量方法依据JJF(有色金属)XXX-XXXX《极端温度数字温度计校准规范》，用比较法进行测量。将一等标准铂电阻温度计与被校极端温度数字温度计配合使用的传感器同时插入100℃的恒温槽中待温度稳定后通过测量标准测得电阻值，转换成相应温度值，并读取被校极端温度数字温度计示值，以确定被校的示值误差。

评定结果的使用：在符合上述条件下的测量结果，一般可直接使用本评定结果，其他条件可应用本不确定度的评定方法。

C.2 测量模型

根据测量过程，其测量结果示值误差可从被测极端温度数字温度计和标准铂电阻温度计的示值差得到，因此测量模型见公式（C.1）

$$\Delta t_d = t_d - t_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt_d -----示值误差，℃；

t_d -----被检设备显示仪表显示温度值，℃；

t_0 -----校准装置测量所得温度值，℃。

灵敏系数为：

$$c_d = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial t_d} = 1 \quad c_0 = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial t_0} = -1 \quad (\text{C.2})$$

C.3 测量不确定度的来源

极端温度数字温度计示值误差测量结果的不确定度来源主要是：

- 1) 被校极端温度数字温度计的测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ;
- 2) 被校极端温度数字温度计的分辨力引入的不确定分量 u_2 ;
- 3) 标准铂电阻温度计稳定性所引入的不确定度分量 u_3 。

C.4 测量不确定度评定

C.4.1 被校极端温度数字温度计的测量重复性引入的不确定度分量 u_1

选择被测对象极端温度数字温度计，选取100℃作为测量点，连续测量10次，得到测量数据见表C.1。

表C.1 100℃点测量列

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (℃)	100.03	100.04	100.04	100.03	100.04	100.03	100.04	100.04	100.03	100.04

由表C.1计算得出：标准偏差： $s = 0.0052 \text{ } ^\circ\text{C}$ ；平均值： $\bar{t} = 100.04 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

设置格式[仲夏]: 缩进: 左侧: 0 毫米, 左 0 字符, 首行缩进: 2 字符

根据6.2.2得知，每次校准均对同一温度点进行4次测量，则

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{4}} = 0.003 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.4.2 被校极端温度数字温度计的分辨力引入的不确定分量 u_2

已知极端温度数字温度计分辨力为0.1℃，半宽度为0.1℃除以2，假设为均匀分布，则

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.1 \text{ } ^\circ\text{C}}{2\sqrt{3}} = 0.03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.4.3 标准铂电阻温度计稳定性所引入的不确定度分量 u_3

输入量 u_3 的不确定主要由标准铂电阻温度计复现性引入的标准不确定 u_3 ，根据标准铂电阻温度计检定规程可知，标准铂电阻温度计在水沸点稳定性要求为0.0036℃，采用B类不确定评定方法，假设为均匀分布，100℃校准点标准铂电阻温度计稳定性所引入的标准不确定度 u_3 为：

$$u_3 = 0.0036 / \sqrt{3} = 0.002 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.5 合成标准不确定度计算

以上两个分量 t 和 \bar{t} 相互独立, 相关系数为0, 所以:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} \quad (\text{C.3})$$

表C.2 测量不确定度来源汇总表

符号	不确定度来源	标准不确定度(°C)	灵敏系数
u_1	极端温度数字温度计 示值测量重复性	0.003	1
u_2	极端温度数字温度计 分辨力	0.03	1
u_3	标准铂电阻温度计 稳定性	0.002	-1
u_c	合成	0.030	-

C.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k = 2$, 扩展不确定度的表达式为:

$$U = k \cdot u_c \quad (k = 2)$$

$$U = 2 \times 0.30 = 0.6^\circ\text{C} \quad (k = 2) \quad (100^\circ\text{C}, 0.1^\circ\text{C} \text{分辨力})$$

删除[仲夏]: