



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) XXXX—2024

温度测量系统校准规范

Calibration Specification of temperature measurement systems

(送审稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 温度测量系统校准规范

Calibration Specification of temperature  
measurement systems

JJF（有色金属）XXXX—2024

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西安汉唐分析检测有限公司

陕西有色榆林新材料集团有限责任公司

中国石油集团工程材料研究院有限公司

湖南湘投金天钛业科技股份有限公司

西安建筑科技大学

国标(北京)检验认证有限公司

西南铝业(集团)有限责任公司

中国船舶集团有限公司第七二五研究所

东北轻合金有限公司

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：

# 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)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 测量标准及其他测量设备.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(4)
6.1 校准项目.....	(4)
6.2 校准方法.....	(4)
7 校准结果表达.....	(5)
8 复校时间间隔 .....	(6)
附录 A 校准原始记录参考格式.....	(7)
附录 B 校准证书内页参考格式.....	(8)
附录 C 温度测量系统测量误差不确定度评定示例.....	(9)

# 引 言

本规范是以 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》为基础性系列规范进行编写。

本规范主要参考标准 JJF 1366-2012《温度数据采集仪校准规范》。

本规范为首次发布。

# 温度测量系统校准规范

## 1 范围

本规范适用以热电偶、热电阻等为温度传感器（以下简称传感器），测量范围为  $(-80\sim+1500)^{\circ}\text{C}$  的温度测量系统校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1171-2007 《温度巡回检测仪校准规范》

JJG 141-2013 《工作用贵金属热电偶检定规程》

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

温度测量系统主要应用于有色金属行业生产工艺过程的温度监视和温度验证，由温度传感器（热电阻、热电偶等）、温度测试仪表构成，其结构简图如图 1 所示。

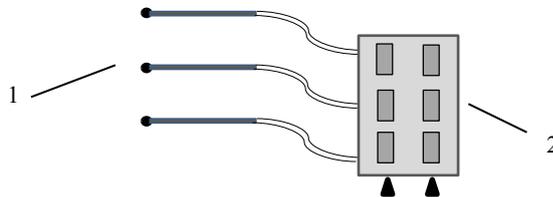


图 1 温度测量系统简图

1-温度传感器；2-温度测试仪表

## 4 计量特性

### 4.1 测量误差

温度测量系统各通道的示值与实际温度的差值为温度测量系统误差。用下列两种形式之一表示。

#### 4.1.1 以与被测量值有关的量程和量化单位表示：

$$\Delta_{\max} = \pm(a\%FS + bd) \quad (1)$$

式中：

$\Delta_{\max}$ —最大允许测量误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$a$ —温度测试仪表准确度等级；

FS—温度测试仪表的两成，℃；

$b$ —在数字化过程中产生的量化误差，一般为 1；

$d$ —输出信息末位 1 个字所表示的值，℃。

4.1.2 直接以被测量值表示：

$$\Delta_{\max} = \pm K \quad (2)$$

式中：

$K$ —允许的测量误差限，℃。

4.2 安全性能

4.2.1 绝缘电阻

在环境温度为（10~35）℃，湿度为 45%~75%RH 的条件下，温度测试仪表电源端子-外壳、传感器-电源端子之间的绝缘电阻应不小于 20MΩ。

4.2.2 绝缘强度

在环境温度为（10~35）℃，湿度为 45%~75%RH 的条件下，温度测试仪表电源端子-外壳、传感器-电源之间施加表1所规定的频率为50Hz的试验电压，历时1min，应无击穿、电晕和火花，温度测试仪表应能正常工作。

表1 试验电压

试验部位	试验电压/V
电源端子-外壳	1500
传感器-电源端子	1000

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：（23±5）℃；

湿度：≤85%RH；

其他条件应满足所用仪器设备的正常使用要求。

5.2 测量标准及其他测量设备

测量标准及其他测量设备技术指标见表2。

表2 测量标准及其他测量设备技术指标

序号	名称	技术要求	用途	备注
1	标准铂电阻温度计	二等	(-196~419.527)°C 温度范围标准器	也可使用满足要求的其他标准
2	标准铂铑 10-铂热电偶	一等	> 300°C~1100°C 温度范围标准器	
3	标准铂铑-30-铂铑 6 热电偶	二等及以上	(1100~1500)°C 温度范围标准器	
4	电测仪器	准确度等级不低于 0.01 级, 分辨力不低于 0.1 微伏	测量标准铂电阻温度计阻值和标准铂热电偶热电动势	
5	管式炉	炉长约 600 mm, 炉管内径约 20 mm, 常用温度为 1100 °C, 炉内温度最高点偏离炉子几何中心不大于 20 mm, 温度最高点±20 mm 内有温度变化梯度 ≤0.4 °C/10 mm 的均匀温场	(300~1100) °C 范围温度源	炉管内径大于 20mm 的管式炉, 可在炉内加装一支同轴清洁瓷管
6	高温管式炉	炉长约 600 mm, 炉管内径约 20mm, 常用温度为 1500°C, 炉内温度最高点偏离炉子几何中心不大于 20 mm, 温度最高点±20mm 内有温度变化梯度≤0.5°C/10mm 的均匀温场	(1100~1500)°C 范围温度源	
7	恒温槽	温度均匀性不超过 0.01 °C 温度波动性不超过 0.02 °C/10 min	(-80~300) °C 范围温度源	也可使用满足校准要求的其他恒温设备。
8	水三相点瓶	$U = 1 \text{ mK}, k = 2$		
9	耐电压试验仪	输出电压大于 1500 V, 功率不低于 0.25 kW	测量绝缘强度	
10	兆欧表	额定电压 500 V, 10.0 级	测量绝缘电阻	

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准检查项目

校准检查项目见表3。

表3 校准检查项目表

序号	校准检查项目
1	绝缘电阻、绝缘强度
2	测量误差

### 6.2 校准方法

### 6.2.1 外观及通用要求的检查

接通温度测试仪表电源，检查各部位开关，按键操作应灵活、可靠，在规定的状态下应具有相应的功能。

### 6.2.2 安全性能检查

#### 6.2.2.1 绝缘电阻检查

温度测试仪表的绝缘电阻用额定电压 500V 的兆欧表检查。检查时，切断外部电源，并将温度测试仪表电源开关置于接通位置，然后按 4.2.1 规定进行测量。

#### 6.2.2.2 绝缘强度检查

进行绝缘强度检查时，应将温度测试仪表与外部电源切断，并将温度测试仪表电源开关置于接通位置，按表 1 规定进行测量。测量时耐电压试验仪试验电压由零逐步平稳地上升到规定值，并保持 1min，最后使试验电压平稳地下降为零。

### 6.2.3 测量误差校准

#### 6.2.3.1 预热、预调

接通测试仪表电源，预热 30min，具有零点（或下限值）、量程可调的测试仪表，在校准前按说明书要求调整各通道的零点（或下限值）及量程。在校准过程中，不得进行调整。

#### 6.2.3.2 校准点的选择

温度测量系统测量误差的校准点应均匀地分布在整个测量范围的整度点上，包括零点和上、下限值在内，不得少于 5 个，也可根据用户要求选择校准点,选择实际的常用温度进行校准。

#### 6.2.3.3 校准顺序

先校准零点，再分别向上限值或下限值逐点进行校准。

#### 6.2.3.4 零点的校准

零点示值的校准应在恒温槽或水三相点瓶进行，将温度测量系统的传感器插入恒温槽中，待温度测试仪表示值稳定后按“标准→被校 1→被校 2→……→被校  $n$ →标准”的顺序分别读取测量标准和温度测量系统的实时显示值。上述顺序为一个读数循环，应进行两个循环的读数。

#### 6.2.3.5 其他温度点的校准

6.2.3.5.1 对于温度范围为（-80 ~ 300）℃ 的温度测量系统校准均在恒温槽中进行，将恒温槽温度恒定在被校准点上，温度偏离校准点不得超过 $\pm 0.2$ ℃(以标准器示值为准)，校准方法

应符合 JJF 1171-2007 中 6.6.5 的相关要求。

6.2.3.5.2 对于温度范围为 (300 ~ 1500) °C 的温度测量系统校准均在管式炉中进行。若温度测量系统传感器是工作用贵金属热电偶, 将管式炉温度恒定在被校准点上, 炉温偏离校准点温度不得超过 ±5°C, 炉温变化小于 0.1°C/min (S 型、R 型热电偶) 或 0.2°C/min (B 型热电偶), 校准方法应符合 JJG 141-2013 中 7.3.3、7.3.4、7.3.6 的相关要求; 若温度测量系统传感器是廉金属热电偶, 将管式炉温度恒定在被校准点上, 测量标准温度偏离校准温度点不得超过 ±5°C, 温度变化每分钟不超过 0.2°C, 校准方法应符合 JJF 1637-2017 中 7.3.4 的相关要求。

注: 若温度测量系统传感器是热电偶, 参考端应选择室温补偿方式。

#### 6.2.4 测量误差的计算

按公式 (3) 计算标准温度测量系统在校准点的实际温度。

$$t_f = \bar{t}_0 + x$$

式中:

$t_f$ —实际温度, °C;

$\bar{t}_0$ —标准器读数的平均值, °C;

$x$ —标准器在校准温度点的修正值, °C。

按公式 (4) 计算温度测量系统在某一通道的示值误差。

$$\Delta t = \bar{t} - t_f \quad (4)$$

式中:

$\Delta t$ —被校温度测量系统某一通道的测量误差, °C;

$\bar{t}$ —被校温度测量系统某一通道的测量平均值, °C。

### 7 校准结果表达

校准原始记录参考格式见附录A, 校准证书内页参考格式见附录B。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) 进行校准的地点 (如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) 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) 校准结果及测量不确定度的说明；

l) 对校准规范的偏离的说明；

m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识以及签发日期；

n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

## 8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。温度测量系统使用频繁时应适当缩短周期，在使用过程中经过修理、更换传感器或温度测试仪表重要部件时应重新校准。

## 附录 A

## 校准原始记录参考格式

原始记录编号		证书编号	
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	
外观/安全性能 检查		制造厂	
准确度等级			
校准地点		环境条件	°C          %RH
测量标准信息			
测量标准名称	标准器型号	编号	不 确 定 度 / 准确度等级/ 最大允许误差
			证书编号
			有效期至

## 校准结果

通道号:

校准温度点 /°C	读数时刻	测量标准示 值/°C	测量标准示 值修正值/°C	实际温度/°C	温度测量系 统示值/°C	测量误差/°C
平均值						
平均值						
平均值						
绝缘电阻			绝缘强度			

## 附录 B

## 校准证书内页参考格式

绝缘电阻		绝缘强度	
测量误差			
通道号：			
校准温度点/°C	测量误差/°C	扩展不确定度 $U/°C$ , $k=2$	

## 附录 C

### 温度测量系统测量误差不确定度评定示例

#### C.1 概述

##### C.1.1 测量方法

温度测量系统的测量为直接测量，温度测量装置由温度传感器和电测设备两部分组成，取多次测量值的平均值作为测量结果。本附录以温度测量系统测量误差为例，对其进行测量不确定度评定。其他校准项目可参照本附录作类似评定。

##### C.1.2 测量依据

依据本规范 6.2。

##### C.1.3 被测对象

采用 I 级工作用铂铑 10-铂热电偶和温湿度场巡检仪作为被校温度测量系统，温湿度场巡检仪准确度不低于 0.02 级，设定温度为 800℃。

##### C.1.4 测量方法及主要设备

一等标准铂铑 10-铂热电偶和 0.01 级的电测设备作为标准温度测量系统。

#### C.2 测量模型及不确定度来源分析

##### C.2.1 测量模型

被校温度测量系统的测量模型为：

$$\Delta t = \bar{t} - t_f \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta t$ —被校温度测量系统某一通道的测量误差，℃；

$\bar{t}$ —被校温度测量系统某一通道的测量平均值，℃；

$t_f$ —实际温度，℃。

##### C.2.2 测量结果不确定度的主要来源分析

被校温度测量系统测量误差不确定度的主要来源有：

- (1) 输入量 $\bar{t}$ 引入的标准不确定度分量  $u(\bar{t})$ ；
- (2) 输入量 $t_f$ 引入的标准不确定度分量  $u(t_f)$ 。

#### C.3 温度测量系统测量误差不确定度的评定

##### C.3.1 输入量 $\bar{t}$ 引入的标准不确定度分量 $u(\bar{t})$ 的评定

(1) 输入量 $\bar{t}$ 重复测量引入的标准不确定度分量  $u(\bar{t}_1)$ 

当温度测量系统测试温度为 800℃时, 待炉温稳定后, 进行 10 次测量, 分别为  $t_{p1}, t_{p2}, t_{p3}, \dots, t_{p10}$ , 其平均值记为 $\bar{t}_p$ 。测量值及计算结果见表 C.1, 属 A 类不确定度分量。

表 C.1 测量结果及计算结果

℃

组数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	801.32	801.76	801.59	801.95	802.89	801.82	802.1	802.12	802.26	802.32
平均值	$\bar{t}_p=802.01$									
标准偏差	$s(\bar{t}_p)=0.41$									

重复性引入的标准不确定度为:

$$u(\bar{t}_1) = s(\bar{t}_p) = 0.41^\circ\text{C}$$

(2) 工作用贵金属热电偶不确定度引入的标准不确定度分量  $u(\bar{t}_2)$ 

由校准证书可知, 工作用贵金属热电偶的扩展不确定度为  $0.6^\circ\text{C}(k=2)$ , 标准不确定度为:

$$u(\bar{t}_2) = 0.3^\circ\text{C}$$

输入量 $\bar{t}$ 引入的标准不确定度分量  $u(\bar{t})$ 为:

$$u(\bar{t}) = \sqrt{u^2(\bar{t}_1) + u^2(\bar{t}_2)} = 0.51^\circ\text{C}$$

C.3.2 输入量 $\bar{t}_f$ 引入的标准不确定度分量  $u(\bar{t}_f)$ (1) 输入量 $\bar{t}_f$ 重复测量引入的标准不确定度分量  $u(\bar{t}_{f1})$ 

当温度测量系统检测温度为 800℃时, 测温仪器在得到最低平均值的测温点读取温度值, 共计 10 次, 分别为  $t'_{pm1}, t'_{pm2}, t'_{pm3}, \dots, t'_{pm10}$ , 其平均值记为 $\bar{t}'_{pm}$ 。测量值及计算结果见表 C.2, 属 A 类不确定度分量。

表 C.2 测量结果及计算结果

℃

组数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	798.21	798.32	798.86	798.35	798.66	799.11	799.23	799.36	798.43	798.52
平均值	$\bar{t}'_p=798.71$									

标准偏差	$s(\bar{t}_p)=0.39$
------	---------------------

则重复性引入的标准不确定度为:

$$u(\bar{t}_{f1}) = s(\bar{t}_p) = 0.39^\circ\text{C}$$

(2) 一等标准铂铑 10-铂热电偶不确定度引入的标准不确定度分量  $u(\bar{t}_{f2})$

一等标准铂铑 10-铂热电偶的扩展不确定度为  $0.4^\circ\text{C}(k=2)$ , 标准不确定度为:

$$u(\bar{t}_{f2}) = 0.2^\circ\text{C}$$

输入量  $\bar{t}_f$  引入的标准不确定度分量  $u(\bar{t}_f)$  为:

$$u(\bar{t}_f) = \sqrt{u^2(\bar{t}_{f1}) + u^2(\bar{t}_{f2})} = 0.44^\circ\text{C}$$

#### C.4 合成标准不确定度

合成标准不确定度:

$$u(\Delta t) = \sqrt{u^2(\bar{t}) + u^2(\bar{t}_f)} = 0.67^\circ\text{C}$$

#### C.5 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则测量结果的扩展不确定度为:

$$U(\Delta t) = k \cdot u_c = 2 \times 0.67 \approx 1.4^\circ\text{C}$$