JJF

# 天津市地方计量技术规范

JJF(津)3031—2024

# 高精度数字温度计校准规范

Calibration Specification of High precision digital thermometer

2024－05－16 发布　　2024－07－01 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

# 高精度数字温度计校准规范

Calibration Specification
of High precision digital thermometer

JJF(津) 3031-2024

归　口 单 位：天津市市场监督管理委员会

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

河北省计量监督检测研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

**本规范主要起草人：**

沈文杰 （天津市计量监督检测科学研究院）

李强光 （天津市计量监督检测科学研究院）

桑素丽 （北京市计量检测科学研究院）

邢寒雪 （河北省计量监督检测研究院）

**参加起草人：**

蒋　静 （天津市计量监督检测科学研究院）

王晓丹 （天津市计量监督检测科学研究院）

崔尧尧 （天津市计量监督检测科学研究院）

余松林 （天津市计量监督检测科学研究院）

王　喆 （天津市计量监督检测科学研究院）

# 目　录

引　言 …… II
1　范围 …… 1
2　引用文件 …… 1
3　术语 …… 1
3.1　精密铂电阻温度计 …… 1
3.2　一体式温度计 …… 1
3.3　分体式温度计 …… 1
4　概述 …… 1
4.1　原理及组成 …… 2
4.2　分类 …… 2
4.3　传感器温度特性 …… 3
5　计量特性 …… 5
5.1　示值误差 …… 5
5.2　稳定性 …… 5
5.3　绝缘电阻 …… 5
6　校准条件 …… 5
6.1　环境条件 …… 5
6.2　标准器及配套设备 …… 5
7　校准项目和校准方法 …… 6
7.1　检查、校准项目 …… 6
7.2　校准方法 …… 7
7.3　数据处理 …… 10
8　校准结果表达 …… 11
9　复校时间间隔 …… 11
附录 A …… 12
附录 B …… 14
附录 C …… 18

# 引 言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的要求进行首次编写。

本规范作为京津冀共建规范，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为（-196～660.323）℃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（以下简称温度计）整体校准。

## 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

JJG 617-1996 数字温度指示调节仪

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1178-2007 用于标准铂电阻温度计的固定点装置校准规范

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 精密铂电阻温度计 Precision platinum resistance thermometer

测量准确度介于二等标准铂电阻温度计和 AA 级工业铂电阻温度计之间的一种铂电阻温度计。

### 3.2 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（以下简称一体式温度计）。

### 3.3 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（以下简称分体式温度计）。

## 4 概述

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、精密铂电阻温度计和 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℃。

## 4.1 原理及组成

温度计工作原理是通过接触式温度传感器将温度值转化为电信号，再通过放大、补偿、A/D 转换和量值转换等信号处理，最后由 LCD、LED 等显示单元显示温度量值。工作原理如图 1 所示。

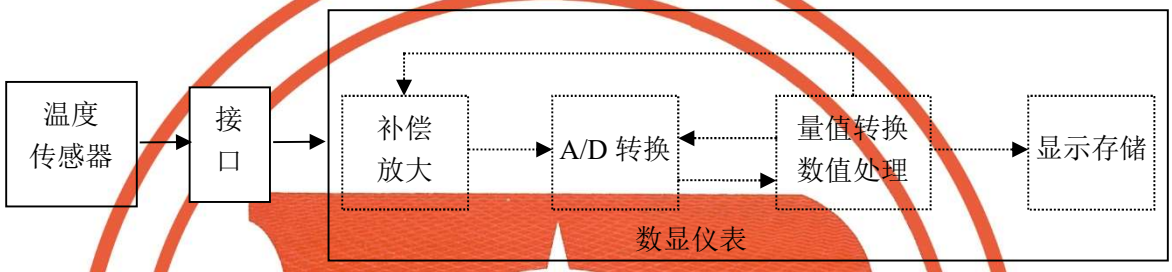


图 1 工作原理图

## 4.2 分类

### 4.2.1 按温度传感器分类

按温度传感器分类主要分为：

a）标准铂电阻温度计配数显仪表；

b）精密铂电阻温度计配数显仪表；

c）工业铂电阻温度计配数显仪表；

d）其他类型的温度传感器配数显仪表。

### 4.2.2 按数显仪表分类

按数显仪表分类主要分为：

a）各类温度传感器配数字显示的仪器；

b）各类温度传感器配上位机软件；

c）各类温度传感器配温度变送器。

### 4.2.3 按结构形式分类

按结构形式分类主要分为：

a）一体式温度计；

b）分体式温度计。

4.3 传感器温度特性

4.3.1 标准铂电阻温度计和精密铂电阻温度计（电阻温度系数为 0.003925 和 0.00391）

在（-189.3442～660.323）℃温区内的温度值由在一组规定的定义固定点分度的标准铂电阻温度计确定，定义固定点包括铝凝固点、锌凝固点、锡凝固点、铟凝固点、镓熔点、汞三相点、氩三相点及水三相点，并使用规定的参考函数和偏差函数内插计算定义固定点之间的温度值。

标准铂电阻温度计的电阻比由公式（1）确定。

$$W_t = R_t / R_{\mathrm{tp}} \tag{1}$$

式中：$W_t$——标准铂电阻温度计在温度$t$时的电阻比；

$R_t$——标准铂电阻温度计在温度$t$时的电阻值，Ω；

$R_{\mathrm{tp}}$——标准铂电阻温度计在水三相点的电阻值，Ω。

不同分温区的参考函数和偏差函数由公式（2）、（4）、（5）、（7）确定。

在（0～660.323）℃温区的参考函数定义为：

$$W_{\mathrm{r}}(t) = C_0 + \sum_{i=1}^{9} C_i \left[(t-481)/481\right]^i \tag{2}$$

下式给出了（2）式的逆函数，它在 0.13mK 之内与（2）式相一致：

$$t/℃ = D_0 + \sum_{i=1}^{9} D_i \left\{\left[W_r(t) - 2.64\right]/1.64\right\}^i \tag{3}$$

式中：$t$——温度值，℃；

$W_r(t)$—— 参考函数；

$C_0$、$C_i$、$D_0$、$D_i$——常数，数值见 JJG160-2007 附录 C。

在（0～660.323）℃温区的偏差函数定义为：

$$\Delta W(t) = W_t - W_{\mathrm{r}}(t) = a[W_t - 1] + b[W_t - 1]^2 + c[W_t - 1]^3 \tag{4}$$

式中：$\Delta W(t)$——偏差函数；

$a$、$b$、$c$——系数，由标准铂电阻温度计在水三相点、镓熔点、铟凝固点、锡凝固点、锌凝固点和铝凝固点温度测量求得的$W_t$值与对应的参考函数的偏差求得。

对于不同分温区，式（4）的形式不同，系数$a$、$b$、$c$的数值也彼此不同，为便于区分，系数标以不同下标。

在（-189.3442～0.01）℃温区的参考函数定义为：

$$\ln[W_r(T)] = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \{[\ln(T) + 1.5]/1.5\}^i \qquad (5)$$

下式给出了（5）式的逆函数，它在 0.13mK 之内与（5）式相一致：

$$T_{90} / 273.16K = B_0 + \sum_{i=1}^{15} B_i \left[ \frac{W_r(T)^{1/6} - 0.65}{0.35} \right]^i \qquad (6)$$

式中：$T$—— 温度值，K；

$W_r(t)$—— 参考函数；

$A_0$、$A_i$、$B_0$、$B_i$——常数，数值见 JJG160-2007 附录 C。

在（-189.3442～0.01）℃温区的偏差函数定义为：

$$\Delta W(t) = W_t - W_r(T) = a[W_t - 1] + b[W_t - 1]\ln W_t \qquad (7)$$

式中：$a$、$b$—— 系数，由温度计在水三相点、氩三相点和汞三相点温度测量求得的$W_t$值与对应的参考函数的偏差求得。

温度传感器在水三相点时的标称电阻值$R_{tp}$应为 25Ω 或 100Ω，$R_{tp}$分别满足 25Ω ±1Ω、100Ω ±2Ω 的要求。

4.3.2　工业铂电阻温度计（电阻温度系数为 0.003851）

工业铂电阻温度计电阻值与温度之间的函数关系为

（-200～0）℃：

$$W_t^I = R_t/R_0 = 1 + At + Bt^2 + C(t-100)t^3 \qquad (8)$$

$$dW_t^I/dt = A + 2Bt - 300Ct^2 + 4Ct^3 \qquad (9)$$

（0～850）℃：

$$W_t^I = R_t/R_0 = 1 + At + Bt^2 \quad (10)$$

$$dW_t^I/dt = A + 2Bt \quad (11)$$

$$(dW_t^I/dt)_{t=0} = 0.0039083$$

$$(dW_t^I/dt)_{t=10} = 0.0037928$$

式中：$A = 3.908\,3 \times 10^{-3}$ ℃$^{-1}$

$B = -5.775\,0 \times 10^{-7}$ ℃$^{-2}$

$C = -4.183\,0 \times 10^{-12}$ ℃$^{-4}$

温度传感器在 0℃和 100℃时的电阻值$R_0$和$R_{100}$，分别满足 100Ω ±0.059Ω 和 138.506Ω ±0.133Ω 的要求。

4.3.3　其他特殊要求的温度传感器可参照执行。

## 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。

### 5.2　稳定性

温度计在进行整体校准时，首、末两次测得的零摄氏度的示值误差的差值。

### 5.3　绝缘电阻

数显仪表满足其电源端子、外壳、传感器相互之间的绝缘电阻应不小于 20MΩ。传感器按照所属类型分别参考相应规程、规范或标准等。

## 6　校准条件

### 6.1　环境条件

6.1.1　环境温度为（20±5）℃，相对湿度为不大于 85%。

6.1.2　环境温度、湿度还应符合被校温度计以及标准器及配套设备规定的要求。

6.1.3　校准时仪器设备周围应无强烈振动，强电磁场或干扰。

### 6.2　标准器及配套设备

标准器及配套设备从表 1 中参考选择。

**表 1**

| 序号 | 标准器及配套设备 | 技术要求 | 用途 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 标准铂电阻温度计 | （-196～660.323）℃ | 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 | 铝凝固点装置<br>锌凝固点装置<br>锡凝固点装置<br>铟凝固点装置<br>镓熔点装置<br>水三相点装置<br>汞三相点装置<br>氩三相点装置（液氮比较装置） | 符合 JJF1178-2007 校准二等标准铂电阻温度计的技术指标 | 提供稳定的固定点 | 按照不同温度传感器的插入深度，选择相匹配的大型（小型）固定点装置 |
| 3 | 恒温槽、冰点恒温器 | 工作区域水平温差≤0.01℃<br>工作区域最大温差≤0.02℃<br>波动性不超过 0.02℃/10min | 提供稳定的温度源 | 测量范围（-180～300）℃ |
| 4 | 盐浴恒温槽、热管炉 | 工作区域水平温差≤0.01℃<br>工作区域最大温差≤0.02℃<br>波动性不超过 0.04℃/10min | 提供稳定的温度源 | 测量范围（300～600）℃ |
| 5 | 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比低于 0.001℃ | 标准器配套电测设备 | 使用技术指标满足与被测传感器要求的的电测设备 |
| 6 | 标准电阻 | 一等标准 | 内部标准电阻调校的标准器 | 允许使用准确度等级不低于此要求的标准器 |
| 7 | 标准电阻恒温槽<br>（空气或油浴） | 20℃时，<br>工作区域最大温差≤0.05℃<br>波动性不超过 0.05℃/10min | 放置标准电阻 | 使标准电阻处于 20℃恒温中 |
| 8 | 转换开关 | 寄生电势≤1.0μV | 测量多支温度传感器转换器 | / |
| 9 | 兆欧表 | 额定电压 500V、100V<br>10 级 | 测量绝缘电阻 | / |
| 10 | 直流稳压源 | （12～48）V<br>最大允许误差±1% | 温度变送器供电电源 | / |

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 检查、校准项目

#### 7.1.1 检查项目

##### 7.1.1.1 外观检查

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，温度计通电后显示正常。

7.1.1.2　绝缘电阻检查

将温度计电源开关置于接通状态，交流供电的和直流供电的温度计，分别用额定电压为 500V 和 100V 的兆欧表测量短接后的电源端子与仪表外壳之间、电源端子与传感器之间、传感器与仪表外壳之间的绝缘电阻应满足 5.3 的要求。

7.1.2　校准项目

校准项目见表 2。

**表 2**

| 校准对象描述 | | 校准项目 | 备注 |
|---|---|---|---|
| 温度传感器 | 标准铂电阻温度计<br>或精密铂电阻温度计<br>（电阻温度系数 0.003925<br>或 0.00391） | $R_{tp}$ | 按照温度传感器温区范围选择相应固定点进行校准，计算系数 a、b、c。 |
| | | $W_t$ | |
| | 工业铂电阻温度计<br>（电阻温度系数 0.003851） | $R_0$ | 按照温度传感器温区范围选择相应温度点进行校准，计算系数 A、B、C。 |
| | | $R_t$ | |
| 温度计整体 | | 示值误差 | / |
| | | 零位漂移 | |
| 注：一体式温度计或温度传感器有检定（校准）数据的温度计，不做温度传感器校准部分。 | | | |

7.2　校准方法

7.2.1　温度传感器校准

分体式温度计应按照所配传感器的类型，先单独对温度传感器进行校准，再进行温度计整体校准。

一体式温度计、温度传感器有检定（校准）数据的温度计及其他不可输入传感器参数的温度计，不做温度传感器校准，直接进行温度计整体校准。

7.2.1.1　标准铂电阻温度计和精密铂电阻温度计校准

参照 JJG160-2007 标准铂电阻温度计国家计量检定规程的方法进行校准，计算各分温区的温度系数a、b、c及$R_{tp}$。

7.2.1.2　工业铂电阻温度计校准

参照 JJG229-2010 工业铂、铜热电阻国家计量检定规程的方法进行校准，计算温度系数 A、B、C 及$R_0$。

7.2.2　温度计整体校准

7.2.2.1　校准前准备

a）温度计应在校准的环境条件下放置 30min 以上，对使用交流电供电的温度计应进行通电预热，按照说明书检查各操作键和显示功能是否正常。

b）温度计调校

具有内部标准电阻调校功能的温度计应在校准前进行调校。

根据温度计量程范围选择相应调校点进行调校，一般为 10Ω、25Ω、100Ω、300Ω、1000Ω，也可根据需要选择其他调校点。调校方法按照温度计说明书或厂家指定的方法进行，一般步骤如下：

① 将温度计工作模式设置为调校模式。

② 将恒温 20℃的标准电阻与温度计连接，温度计数值稳定后，分别读取各调校点温度计显示的电阻值。

③ 将标准电阻证书中各调校点的标准值，分别输入至温度计数显仪表或上位机软件中，并保存数据。

④ 将温度计工作模式设置为测量模式。

c）传感器温度系数输入

具有传感器温度系数输入功能的温度计应在整体校准前进行系数输入，温度系数输入方法一般根据温度传感器量程范围，按照温度计说明书或厂家指定的方法，将 7.2.1 测得的传感器温度系数输入至温度计数显仪表或上位机软件中，并保存数据。

7.2.2.2　示值误差

根据被校温度计的分辨力和用户的要求，选择比较法或固定点法进行校准。

7.2.2.2.1　比较法

a）校准点选择

校准点应均匀分布在温度计测量范围上，且必须包含零摄氏度。

校准点应根据温度计的测量范围进行选择，一般不少于 3 个。可以选择整数温度点进行校准，也可根据用户的要求进行选择。

b）校准顺序

先校准零摄氏度，再分别向上限或下限方向逐点进行校准。

c）校准方法

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点不超过±0.2℃（以标准器为准），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，从顺序 1 和顺序 2 中选择使用：

顺序 1：标准→被校→被校→标准。

顺序 2：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采样时间间隔，整个读数过程中，温度源的温度变化应满足表 1 相应温度波动性的要求。

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少于（200～300）mm。

7.2.2.2.2　固定点法

a）校准点选择

校准点应均匀分布在温度计测量范围上，且必须包含水三相点。应根据温度计测量范围，选择相应固定点进行校准。

b）校准顺序

先校准水三相点，再分别向上限或下限方向逐点进行校准。

c）校准方法

将温度计的传感器按照测量温区分别插入对应固定点装置中，待温度计示值稳定后，开始读数。

温度计在铝凝固点、锌凝固点、锡凝固点、铟凝固点、镓熔点、水三相点、汞三相点和氩三相点的温坪上测量，每个温度点读取 4 个数据，取温度计显示值的平均值与固定点装置温度值的差值作为示值误差的校准结果。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/617064121166006141