

压力式温度计检定规程

**Verification Regulation of
Filled System Thermometers**

JJG 310—2002
代替 JJG 310—1983

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2002 年 11 月 04 日批准，并自 2003 年 05 月 04 日起施行。

归 口 单 位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：天津市计量技术研究所

本规程委托全国温度计量技术委员会负责解释

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量性能要求	(1)
3.1 示值误差	(1)
3.2 回差	(1)
3.3 重复性	(1)
3.4 设定点误差	(2)
3.5 切换差	(2)
3.6 报警设定点误差	(2)
4 通用技术要求	(2)
4.1 外观	(2)
4.2 绝缘电阻	(2)
5 计量器具控制	(3)
5.1 检定条件	(3)
5.2 环境条件	(3)
5.3 检定项目	(3)
5.4 检定方法	(4)
5.5 检定结果处理	(5)
5.6 检定周期	(5)
附录 A 压力式温度计检定记录格式	(6)
附录 B 测量结果不确定度评定实例	(7)

压力式温度计检定规程

1 范围

本规程适用于测量范围在 $-20^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$ 的圆形标度蒸汽压力式温度计和测量范围在 $-80^{\circ}\text{C} \sim +600^{\circ}\text{C}$ 的圆形标度气体压力式温度计及完全补偿式液体压力式温度计（以下简称温度计），附加机械电接点压力式温度计（以下简称电接点温度计）的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 概述

压力式温度计是依据封闭系统内部工作物质的体积或压力随温度变化的原理工作的，如图 1 所示。仪表封闭系统由温包、毛细管和弹性元件组成，温包内充工作介质，在测量温度时，将温包插入被测介质中，受介质温度影响，温包内部工作介质的体积或压力发生变化，经毛细管将此变化传递给弹性元件（如弹簧管），弹性元件变形，自由端产生位移，借助于传动机构，带动指针在度盘上指示出温度数值。

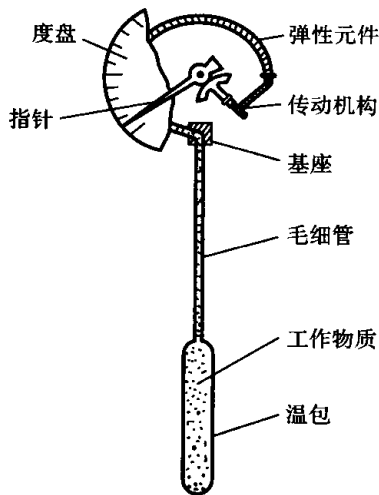


图 1 压力式温度计典型结构图

3 计量性能要求

3.1 示值误差

温度计示值的最大允许误差与准确度等级之间关系应符合表 1 的规定。

3.2 回差

温度计的回差应不大于示值最大允许误差的绝对值。

3.3 重复性

温度计的重复性应不大于示值最大允许误差绝对值的 $1/2$ 。

表 1 准确度等级和最大允许误差

准确度等级	最大允许误差（量程的%）
1.0	± 1.0
1.5	± 1.5
2.5	± 2.5
5.0	± 5.0

注：蒸汽压力式温度计的准确度等级是指测量范围后 2/3 部分。

3.4 设定点误差

电接点温度计其设定点误差应不超过示值最大允许误差的 1.5 倍。

3.5 切换差

电接点温度计其切换差应不大于示值最大允许误差绝对值的 1.5 倍。

3.6 报警设定点误差

完全补偿式液体电接点压力式温度计其报警设定点误差应不超过示值最大允许误差的 1.5 倍。

4 通用技术要求

4.1 外观

4.1.1 温度计表头用的保护玻璃或其他透明材料应透明，不得有妨碍正确读数的缺陷或损伤。

4.1.2 温度计的各部件应装配牢固，不得松动，不得有锈蚀，不得有显著腐蚀和防腐层脱落现象。

4.1.3 温度计度盘上的刻度、数字和其他标志应完整、清晰、准确。指针应伸入标尺最短分度线的 1/4 ~ 3/4 内，其指针尖端宽度不应超过标尺最短分度线宽度。

4.1.4 温度计的指针与度盘平面间的距离应在 (1 ~ 3) mm 的范围之内。

4.1.5 温度计度盘上应标有国际温标摄氏度的符号“℃”，制造厂名（或厂标），型号及出厂编号，准确度等级，制造年月以及计量器具制造许可证标志和编号。电接点温度计还应在度盘或外壳上标明：接点额定功率，接点最高电压，交流或直流最大工作电流，接地端子“≡”标志。

4.1.6 温度计应有加盖封印位置。

4.1.7 温度计在检定过程中指针应平稳移动，不得有显见跳动和停滞现象（蒸汽压力式温度计在跨越室温部分允许指针有轻微的跳动）。

4.2 绝缘电阻

在环境温度 (15 ~ 35)℃，相对湿度 45% ~ 75% 时，电接点温度计的输出端子之间及输出端子与接地端子之间的绝缘电阻不小于 20MΩ。

5 计量器具控制

5.1 检定条件

5.1.1 标准器：

检定温度计的标准器根据测量范围可分别选用二等标准水银温度计、标准汞基温度计或满足准确度要求的其他标准器。

5.1.2 配套设备：

5.1.2.1 恒温槽技术性能如表 2 所示。

表 2 恒温槽技术性能要求

恒温槽名称	使用温度范围/℃	工作区域水平温差/℃	工作区域最大温差/℃
酒精低温槽	- 80 ~ 室温	0.15	0.3
恒温槽	室温 ~ 95	0.05	0.1
	95 ~ 300	0.1	0.2
	300 ~ 600	0.2	0.4

5.1.2.2 冰点槽。

5.1.2.3 读数放大镜（5 ~ 10）倍。

5.1.2.4 读数系统。

5.1.2.5 500V 的绝缘电阻表。

5.2 环境条件

5.2.1 检定环境温度：15℃ ~ 35℃；

湿度：不大于 85%RH。

5.2.2 所用标准器和电测设备工作的环境条件应符合其相应规定的条件。

5.3 检定项目

温度计的检定项目见表 3。

表 3 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观	+	+	+
示值误差	+	+	+
回差	+	+	+
重复性	+	-	-
设定点误差	+	+	+
切换差	+	+	+
绝缘电阻	+	+	+

注：“+”表示应检定，“-”表示可不检定，亦可根据用户要求进行检定。

5.4 检定方法

5.4.1 外观检查：

用目力观察温度计应符合本规程 4.1 的规定。温度计在后续检定和使用中检验时允许有不影响使用和正确读数的缺陷。

5.4.2 绝缘电阻：

用额定直流电压为 500V 的绝缘电阻表分别测量电接点温度计输出端子之间、输出端子与接地端子之间的绝缘电阻，应符合本规程 4.2 的规定。

5.4.3 示值误差：

5.4.3.1 检定前温度计的表头应垂直安装。

5.4.3.2 检定时温度计的温包必须全部浸没，引长管浸没不得小于管长的 $1/3 \sim 2/3$ 。

5.4.3.3 表头和温包之高度差应不大于 1m。

5.4.3.4 首次检定的温度计，检定点应均匀分布在整個測量範圍上（必須包括測量上、下限），不得少于 4 个点。有 0℃ 点的温度计应包括 0℃ 点。

5.4.3.5 温度计在后续检定和使用中检验时，检定点应均匀分布在整個測量範圍上（必須包括測量上、下限），不得少于 3 个点。有 0℃ 点的温度计应包括 0℃ 点。

5.4.3.6 温度计的检定应在正、反两个行程上分别向上限或下限方向逐点进行，测量上、下限时只进行单行程检定。

5.4.3.7 在读取被检温度计示值时，视线应垂直于度盘，使用放大镜读数时，视线应通过放大镜中心。读数时应估计到分度值的 $1/10$ 。

5.4.3.8 0℃ 点检定时，将温度计的温包插入盛有冰、水混合物的冰点槽或恒温槽中，待示值稳定后即可读数。温度计示值的最大误差应符合本规程 3.1 的规定。

5.4.3.9 其他各点检定时，将被检温度计的温包与标准温度计插入恒温槽中，待示值稳定后进行读数。在读数时，槽温偏离检定点温度不得超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ （以标准温度计为准），分别记下标准温度计和被检温度计正、反行程的示值。在读数过程中，当槽温不超过 300°C 时，其槽温变化不应大于 0.1°C ，槽温超过 300°C 以上时，其槽温变化不应大于 0.5°C 。电接点温度计在进行示值检定时，应将其上、下限设定指针分别置于上、下限以外的位置上。温度计的示值的最大误差应符合本规程 3.1 的规定。

5.4.4 指针移动平稳性：

指针移动平稳性检查，与示值检定同时进行，温度上升或下降时指针移动应符合本规程 4.1.7 的规定。

5.4.5 回差：

温度计回差的检定与示值检定同时进行（测量上限和下限除外），在同一检定点上正、反行程误差之差的绝对值，即为温度计回差，应符合本规程 3.2 的规定。

5.4.6 重复性：

温度计在正或反行程示值检定中，在各检定点上分别重复进行多次（至少三次）示值检定，计算出各点同一行程示值之间最大差值的绝对值即为温度计的重复性，应符合本规程 3.3 的规定。

5.4.7 设定点误差、切换差和报警设定点误差：

5.4.7.1 首次检定的电接点温度计应在测量范围内（除测量上限和下限）至少3个设定点上进行，设定点应基本均布在长标度线上。

5.4.7.2 后续检定和使用中检验的电接点温度计在测量范围内（除测量上限和下限）允许只在一个设定点上进行，设定点应在长标度线上。

5.4.7.3 将被检电接点温度计温包与标准温度计插在恒温槽中，并将被检电接点温度计的端子接到信号电路中，如图2所示。然后缓慢均匀改变恒温槽温度（温度变化速度应不大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ），使接点产生闭合和断开的切换动作（信号电路接通或断开）。在动作瞬间，读取的标准温度计示值，即为接点正行程的上切换值或反行程的下切换值。

5.4.7.4 上切换值和下切换值的平均值为切换中值，切换中值与被检电接点温度计设定指针指示温度的差值，即为设定点误差，应符合本规程3.4的规定；上切换值与下切换值的差值的绝对值，即为切换差，应符合本规程3.5的规定。设定点误差和切换差在同一设定点上就接点闭合和断开各检定一次。

5.4.7.5 电接点完全补偿式液体压力式温度计可根据用户要求只进行报警设定点误差检定，即只进行接点正行程的上切换值或接点反行程的下切换值检定。其上切换值或下切换值与被检电接点温度计设定指针指示温度的差值，即为报警设定点误差，应符合本规程3.6的规定。

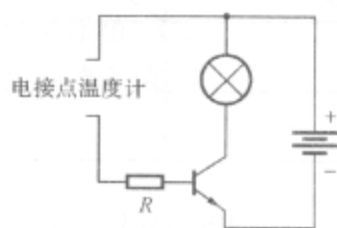


图2 信号电路

5.5 检定结果处理

5.5.1 当用二等标准水银温度计、标准汞基温度计作标准器时，被检温度计的示值误差按式(1)计算：

$$y = t - (t' + A) \quad (1)$$

式中： y ——被检温度计示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

t ——被检温度计示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t' ——标准器示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

A ——标准器修正值， $^{\circ}\text{C}$ 。

5.5.2 按本规程要求检定合格的温度计，出具检定证书；检定不合格的温度计，出具检定结果通知书，并注明不合格项目。

5.6 检定周期

温度计的检定周期，应根据具体使用情况确定，最长不超过1年。

附录 A

压力式温度计检定记录格式

送检单位：					
测量范围：℃		制造厂：		出厂编号：	
型号规格：		准确度等级：		分度值：℃	
标准器名称：		标准器编号：		标准器证书编号：	
示值检定	检定点名义温度/℃				
	标准器读数 / ℃				
	正行程读数 / ℃				
	标准器读数 / ℃				
	反行程读数 / ℃				
	正行程误差/℃				
	反行程误差/℃				
	回差/℃				
设定点误差及切换差检定	设定点温度/℃	上接点		下接点	
		上切换值/℃	下切换值/℃	上切换值/℃	下切换值/℃
	切换中值/℃				
	设定点误差/℃				
	切换差/℃				
外观检查：			绝缘电阻：MΩ		
检定依据：					
检定结论：			检定证书编号：		
环境温度：℃			湿度：%RH		
检定员：年 月 日			核验员：年 月 日		

附录 B

测量结果不确定度评定实例

B.1 概述

依据本规程检定方法，将二等标准水银温度计和被检压力式温度计一同置于恒温槽中进行，采用比较法进行检定。由于恒温槽内温场状况不同，通常情况下在 300℃ 时其温差较大。对一支测量范围为 0℃ ~ 300℃、准确度等级为 2.5 级、最小分度值为 5.0℃ 的压力式温度计在 300℃ 点进行检定，经计算可得到该支温度计在 300℃ 点的示值误差，并进行不确定度分析。

B.2 数学模型

$$y = t - (t' + A)$$

式中：y——压力式温度计在 300℃ 的示值误差，℃；

t——压力式温度计在测量时的示值，℃；

t'——二等标准水银温度计的示值，℃；

A——二等标准水银温度计的修正值，℃。

B.3 灵敏系数

$$c_1 = \partial y / \partial t = 1$$

$$c_2 = \partial y / \partial t' = -1$$

$$c_3 = \partial y / \partial A = -1$$

B.4 标准不确定度评定

B.4.1 输入量 t 的标准不确定度 $u(t)$ 的评定。

输入量 t 的标准不确定度的主要来源：

B.4.1.1 被检压力式温度计的示值估读引入的标准不确定度 $u(t_1)$ ，由于压力式温度计的示值估读到其最小分度值的 1/10，即 0.5℃，所引起的误差区间半宽为 $0.5/2 = 0.25℃$ ，其分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度为 $u(t_1) = 0.25/\sqrt{3} = 0.14℃$ ，其估算值不确定度的相对不确定度约为 10%，则自由度 $\nu(t_1) = (10\%)^{-2}/2 = 50$ 。

B.4.1.2 被检压力式温度计的示值重复性引入的标准不确定度 $u(t_2)$ ，用 A 类标准不确定度评定。

对三块测量范围为 0℃ ~ 300℃、准确度等级为 2.5 级、最小分度值为 5.0℃ 的压力式温度计分别在 0，100，200，300℃ 温度各进行 10 次重复性测量（均在正行程上进行），如此得到 12 组（共 120 个）数据，然后分别对每组计算实验标准差 s_i ，即： $s_1 =$

$$0.03^{\circ}\text{C} \quad s_2 = 0.03^{\circ}\text{C} \quad s_3 = 0.02^{\circ}\text{C} \quad s_4 = 0.07^{\circ}\text{C} \quad s_5 = 0.14^{\circ}\text{C} \quad s_6 = 0.03^{\circ}\text{C} \quad s_7 = 0.05^{\circ}\text{C} \\ s_8 = 0.04^{\circ}\text{C} \quad s_9 = 0.02^{\circ}\text{C} \quad s_{10} = 0.06^{\circ}\text{C} \quad s_{11} = 0.04^{\circ}\text{C} \quad s_{12} = 0.04^{\circ}\text{C}$$

所以:

$$u(t_2) = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{12} s_i^2\right) / 12} = 0.06^{\circ}\text{C}$$

自由度:

$$\nu(t_2) = 12 \times (10 - 1) = 108$$

因为, $u(t_1)$ 和 $u(t_2)$ 是互不相关的, 所以:

$$u(t) = \sqrt{u^2(t_1) + u^2(t_2)} = 0.15^{\circ}\text{C}$$

自由度:

$$\nu(t) = \frac{u^4(t)}{\frac{u^4(t_1)}{\nu(t_1)} + \frac{u^4(t_2)}{\nu(t_2)}} = 64$$

B.4.2 输入量 t' 的标准不确定度 $u(t'_1)$ 评定

B.4.2.1 二等标准水银温度计的示值估读引入的标准不确定度 $u(t'_1)$, 二等标准水银温度计的示值应估读到最小分度值的 1/10, 即 0.01°C , 所引起的误差区间半宽为 0.005°C , 因为数值相对很小, 可忽略不计。则 $u(t'_1) = 0$

B.4.2.2 恒温槽温度波动引入的标准不确定度 $u(t'_2)$, 用 B 类标准不确定度评定。恒温槽温度波动在读数过程中其变化最大不超过 0.1°C , 其分布为反正弦分布, 包含因子 $k = \sqrt{2}$, 其标准不确定度为 $u(t'_2) = \frac{(0.1/2)}{\sqrt{2}} = 0.04^{\circ}\text{C}$, 其估算值不确定度的相对不确定度约为 20%, 则自由度 $\nu(t'_2) = (20\%)^{-2}/2 = 12$ 。

B.4.2.3 恒温槽温场不均匀性引入的标准不确定度 $u(t'_3)$, 用 B 类标准不确定度评定。恒温槽在 300°C 其温场的最大温差不超过 0.2°C , 其分布为均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 其标准不确定度为:

$$u(t'_3) = \frac{(0.2/2)}{\sqrt{3}} = 0.06^{\circ}\text{C}$$

其估算值不确定度的相对不确定度约为 20%, 则自由度 $\nu(t'_3) = (20\%)^{-2}/2 = 12$ 。因为 $u(t'_2)$ 和 $u(t'_3)$ 是互不相关的, 所以:

$$u(t'_2) = \sqrt{u^2(t'_2) + u^2(t'_3)} = 0.07^{\circ}\text{C}$$

$$\nu(t') = \frac{u^4(t')}{\frac{u^4(t'_2)}{\nu(t'_2)} + \frac{u^4(t'_3)}{\nu(t'_3)}} = 19$$

B.4.3 输入量 A 的标准不确定度 $u(A)$ 评定

B.4.3.1 二等标准水银温度计修正值引入的标准不确定度, 用 B 类标准不确定度评定。从二等标准水银温度计检定规程中可知在 300°C 时的示值检定结果的扩展不确定度为 0.06°C , 置信概率为 99%, 包含因子 $k = 2.58$, 其标准不确定度 $u(A_1) = 0.06^{\circ}\text{C}/2.58 = 0.02^{\circ}\text{C}$ 自由度 $\nu \rightarrow \infty$ 。

B.4.3.2 二等标准水银温度计在使用中不作零点修正所引入的标准不确定度分量, 用

B类标准不确定度评定。二等标准水银温度计在周期内不作零位修正所引入的最大误差为 $\pm 0.06^\circ\text{C}$ ，属均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度分量为 $u(A_2) = 0.06/\sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$ 。

其估算值不确定度的相对不确定度约为 20%，则自由度 $\nu(A_2) = (20\%)^{-2}/2 = 12$ 。因为， $u(A_1)$ 和 $u(A_2)$ 是互不相关的，所以输入量 A 的标准不确定度：

$$u(A) = \sqrt{u^2(A_1) + u^2(A_2)} = 0.04^\circ\text{C}$$

自由度：

$$\nu(A) = \frac{u^4(A)}{\frac{u^4(A_1)}{\nu(A_1)} + \frac{u^4(A_2)}{\nu(A_2)}} = 38$$

B.5 合成标准不确定度

B.5.1 标准不确定度列表 F.1 如下：

表 F.1

i	x_i	a_i	k_i	$u(x_i)$	c_i	$u_i(y)$	ν_i
1	输入量 t			0.20°C	1	0.20°C	64
1.1	被检温度计的示值估读 t_1	0.25°C	$\sqrt{3}$	0.14°C			50
1.2	被检温度计的示值重复性 t_2	0.14°C		0.14°C			108
2	输入量 t'			0.07°C	-1	0.07°C	19
2.1	二等标准水银温度计的估读 t'_1	0.01°C		0°C			
2.2	恒温槽温度波动 t'_2	0.1°C	$\sqrt{2}$	0.04°C			12
2.3	恒温槽温场不均匀性 t'_3	0.2°C	$\sqrt{3}$	0.06°C			12
3	输入量 A			0.04°C	-1	0.04°C	38
3.1	二等标准水银温度计修正值 A_1	0.06°C	2.58	0.02°C			∞
3.2	二等标准水银温度计不作 零点修正值 A_2	0.06°C	$\sqrt{3}$	0.03°C			12

表中： i ——误差或不确定度来源的序号；

x_i ——第 i 个自变量或输入估计值；

a_i —— X_i 的误差分散区间半宽，极限误差或扩展不确定度；

k_i ——覆盖因子或置信因子；

$u(x_i) = a_i/k_i$ ——输入 B 类标准不确定度。若用统计方法获得时，称为 A 类标准不确定度；

c_i ——灵敏系数；

$u_i(y) = |c_i| u(x_i)$ ——输出标准不确定度分量；

ν_i ——自由度。

B.5.2 合成标准不确定度计算：

以上所分析的各项标准不确定度分量是互不相关的，所以其合成标准不确定度为：

$$u_c(y) = \sqrt{u^2(t) + u^2(t') + u^2(A)} = 0.17$$

有效自由度：

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(y)}{\frac{u^4(t)}{\nu(t)} + \frac{u^4(t')}{\nu(t')} + \frac{u^4(A)}{\nu(A)}} = 90$$

取 50。

B.6 扩展标准不确定度

按置信概率 99%，有效自由度为 50，查 t 分布表可得 $k = 2.68$ ，则：

$$U_{99} = k \times u_c(y) = 2.68 \times 0.17 = 0.5^\circ\text{C}$$

B.7 结论

被检压力式温度计的测量范围为 $0^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ ，准确度等级为 2.5 级，其最大允许误差为 $\pm 7.5^\circ\text{C}$ ，而在 300°C 其示值误差的扩展不确定度为 $U_{99} = 0.5^\circ\text{C}$ ，则：

$$E_n = \frac{0.5}{7.5} < \frac{1}{3}$$

因此，本规程规定的检定装置用于检定压力式温度计是能满足的，其检定方法是可行的。