



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 288—2005

颠倒温度表

Deep Sea Reversing Thermometers

2005 - 03 - 03 发布

2005 - 09 - 03 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

颠倒温度表检定规程

**Verification Regulation of
Deep Sea Reversing Thermometers**

JJG 288—2005
代替 JJG 288—1982

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2005 年 3 月 3 日批准，并自 2005 年 9 月 3 日起施行。

归 口 单 位：全国温度计量技术委员会

起 草 单 位：国家海洋计量站

本规程委托全国温度计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

秦嗣仁 （国家海洋计量站）

叶盛林 （国家海洋计量站）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
2.1 用途	(1)
2.2 原理与结构	(1)
2.3 主要技术规格	(1)
3 计量性能要求	(1)
3.1 示值误差	(1)
3.2 压力系数	(1)
4 通用技术要求	(2)
4.1 外观	(2)
4.2 V_0 值和圆环	(4)
4.3 闭端颠倒温度表滞后系数	(4)
4.4 示值稳定性	(4)
4.5 闭端颠倒温度表耐压性能	(4)
4.6 操作适应性	(5)
5 计量器具控制	(5)
5.1 检定项目	(5)
5.2 检定条件	(5)
5.3 检定方法	(7)
5.4 检定结果的处理	(12)
5.5 检定周期	(12)
附录 A 按 ITS—90 计算温度方法	(13)
附录 B 颠倒温度表示值检定记录格式	(15)
附录 C 开端颠倒温度表压力系数检定记录格式	(16)
附录 D 检定证书(背面)格式	(17)
附录 E 检定不合格通知书(背面)格式	(18)

颠倒温度表检定规程

1 范围

本规程适用于开端、闭端颠倒温度表的定型鉴定、样机试验、首次检定、后续检定和使用中检验。

2 概述

2.1 用途

颠倒温度表是用于测量海洋（湖泊）深处某点的温度或深度的特殊玻璃水银温度表。

颠倒温度表分为：测量水温的闭端颠倒温度表和测量水深的开端颠倒温度表。

2.2 原理与结构

2.2.1 原理

闭端颠倒温度表的主、副温度表被封入一个密封的外套管中，它的主温度表的示值仅决定于颠倒时的温度。而开端颠倒温度表的外套管是一端开口的，所以，其主温度表的示值不仅决定于颠倒时的温度，还决定于颠倒时水的静压力。这样，闭端、开端颠倒温度表一起配合使用时，即可测出颠倒处当时的温度和深度。

由于读数时环境温度与被测温度不同，使主温度表的示值发生变化，所以，备有副温度表，测量读数时外套管内的温度以做还原修正用。

注：颠倒温度表主温度表储蓄泡向下的垂直状态为正立状态（又称感温状态）；储蓄泡向上的垂直状态为颠倒状态（读数状态）。自正立状态转向颠倒状态为颠倒；自颠倒状态转向正立状态为复正。

2.2.2 结构

颠倒温度表由主、副温度表组成。主温度表是由储蓄泡、盲枝、圆环、毛细管和接收泡等构成。其结构如图 1 所示。

盲枝的作用：在颠倒温度表颠倒时，主温度表中的水银总在其基部的断点处断开。

圆环的作用：容纳因颠倒后温度升高而由储蓄泡中膨胀出来的水银。

2.3 主要技术规格

颠倒温度表主、副温度表的主要技术规格见表 1。

3 计量性能要求

3.1 示值误差

主温度表的示值误差、相邻两检定点示值误差的变量、同一检定点上读数之差（即断点误差）、副温度表的示值误差、相邻两检定点示值误差的变量均不得超过表 2 的规定。

3.2 压力系数

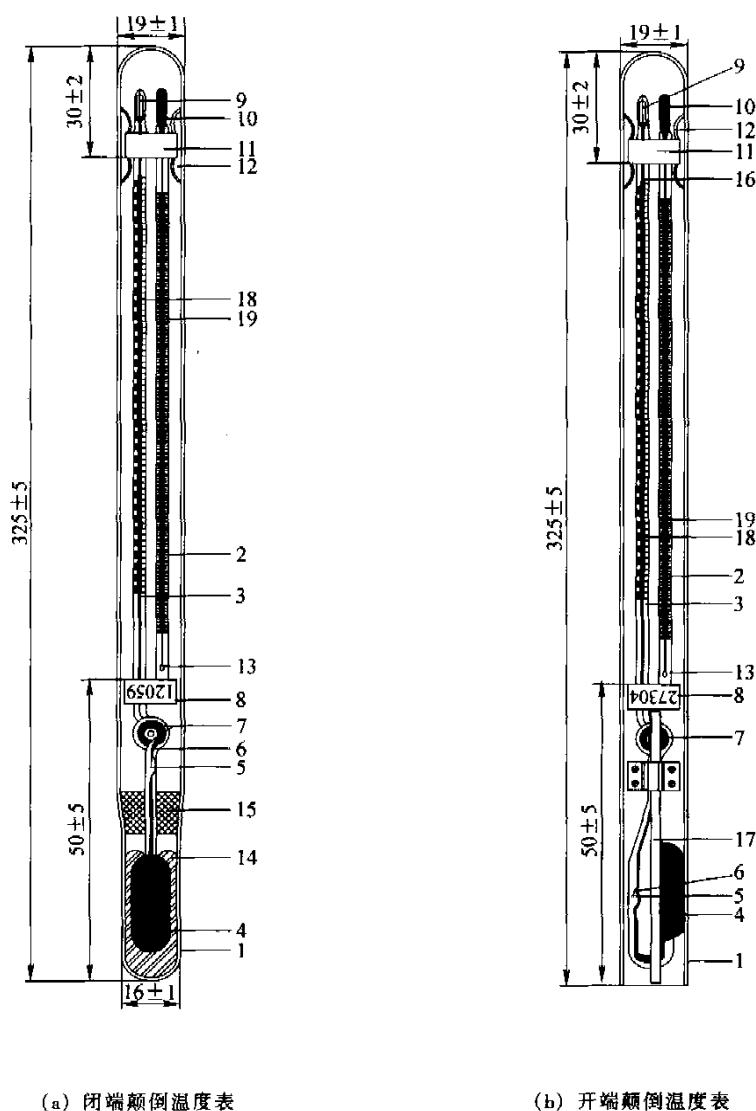


图 1 颠倒温度表

- 1—外套管；2—副温度表；3—主温度表；4—主温度表储蓄泡；5—盲枝；6—断点；7—圆环；
 8—出厂编号及卡箍；9—主温度表接受泡；10—副温度表接受泡；11—卡箍；12—弹簧键；
 13—副温度表安全泡；14—水银槽；15—软木塞；16—主温度表中间泡；
 17—开端颠倒温度表的椭圆形弹簧键；18—主温度表毛细管；19—副温度表毛细管

示值范围为 $-2^{\circ}\text{C} \sim +32^{\circ}\text{C}$ 的开端颠倒温度表的压力系数为 $0.80^{\circ}\text{C}/\text{MPa} \sim 1.20^{\circ}\text{C}/\text{MPa}$ ；其他开端颠倒温度表压力系数为 $0.60^{\circ}\text{C}/\text{MPa} \sim 1.00^{\circ}\text{C}/\text{MPa}$ 。

4 通用技术要求

4.1 外观

4.1.1 外套管应洁净、无裂痕、结节、砂粒，正面应透明、无气线、气泡、波纹、棱

道、厚薄不均匀、明显的应力等影响读数的缺陷。

表 1 颠倒温度表主要技术规格

型式	主温度表/℃		副温度表/℃		最大使用深度 /m
	示值范围	分度值	示值范围	分度值	
闭端颠倒 温度表	-2 ~ +32	0.1	-2 ~ +50	0.5	2 500
	-2 ~ +15	0.05			6 000
	0 ~ +6	0.02			10 000
	+15 ~ +40	0.1			1 000
开端颠倒 温度表	-2 ~ +32	0.1	-20 ~ +50	0.5	
	-2 ~ +60	0.2			
	+30 ~ +60	0.1			
	+30 ~ +80	0.2			

表 2 颠倒温度表示值要求

分度值/℃	示值误差/℃		相邻两检定点示值误差的变量/℃		同一检定点上读 数差/℃
	首次检定	后续检定	首次检定	后续检定	
0.2	±0.15	±0.20	0.10	0.15	0.06
0.1	±0.08	±0.10	0.05	0.07	0.03
0.05	±0.080	±0.100	0.040	0.050	0.020
0.02	±0.040	±0.050	0.020	0.030	0.010
副温度表	±0.40	±0.50	0.30	0.30	

闭端颠倒温度表的外套管内应干净，无碎屑状杂物或油、水、汞等液滴。

开端颠倒温度表的外套管上，应在与主温度表储蓄泡上下端对齐的位置上，各开一对供流水用的小孔，连同固定主、副温度表用的小孔及开口端，均应烧制圆滑、平整。

4.1.2 主、副温度表应完整无损。其刻度面应洁净、无斑点、划痕，刻线、标字应清晰准确，涂色应牢固。自正面看去，刻线应垂直于毛细管，毛细管处于刻线的中央，左右偏离不超过最短刻线的四分之一。

主温度表的刻线宽度不超过 0.08mm，其主标尺上 300 条刻线间的距离为 $135\text{mm} \pm 10\text{mm}$ ；副温度表的刻线宽度不超过 0.1mm，其 -20℃ 刻线到 +50℃ 刻线间的距离为 $140\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。

4.1.3 主、副温度表用两个金属卡箍牢固地固定在一起，它们的刻度面应在同一平面上。主温度表的接收泡和副温度表的储蓄泡的中心部位要对齐。金属卡箍要用粘合剂与主、副温度表粘结牢固，不得松动。金属卡箍与弹簧键均应完整无损，新制造颠倒温度表的这些部分的镀层不应有剥落现象。

4.1.4 主、副温度表应固定在外套管的正中。轻轻晃动时，闭端颠倒温度表应无声响，开端颠倒温度表可略有声响，但绕轴可转动时，主、副温度表不应有移动现象。

4.1.5 闭端颠倒温度表的盲枝应清晰可见，在正立状态下，水银槽中的水银恰好淹没主温度表的储蓄泡并在软木塞下留有一定的空间。

4.1.6 开端颠倒温度表椭圆形弹簧键上的销钉应牢固地嵌入外套管上的小孔中，并能容易地按下，从而取出主、副温度表，销钉和弹簧均不得伸出外套管。

4.1.7 颠倒温度表颠倒时，当转到接收泡朝下，倾斜 45° 时，主温度表水银柱开始在盲枝断开，随着倾角增大，断开的水银滑向接收泡，盲枝内无残留的水银。复正时，当接收泡朝上倾角为 45° 时，主温度表断开的水银开始滑向储蓄泡。

4.1.8 在颠倒状态下，承受从 $(6 \sim 8)$ cm 的高度上自由落至于 10mm 厚的橡皮上的冲击 2~3 次后，不得出现通流现象。闭端颠倒温度表水银槽中的水银不得渗出软木塞。

注：颠倒状态下，主温度表断点以上的水银穿过断点进入圆环，与断开的水银连成一体，这种现象为通流。

4.1.9 在 0°C 和 0°C 以上第一个检定点的温度下，不能自动回流者，可借助相当于自 $(5 \sim 6)$ cm 的高度自由下落到手掌中的冲击力回流。若在此帮助下仍不回流或高于上述温度的条件下不能自动回流者为不合格。

注：复正时，主温度表中断开的水银流回储蓄泡一端，并与储蓄泡内的水银连成一体称为回流。

4.1.10 主温度表在检定过程中不得出现水银柱中断和通流现象。副温度表不得出现水银柱中断和粘附管壁的现象，安全泡内不得出现液滴或杂物。闭端颠倒温度表外套管内不得出现雾障。

4.1.11 标记应满足以下要求。

a. 温度表按国际实用温标分度，并在主温度表标尺上方标有摄氏度标志“ $^\circ\text{C}$ ”。

b. 刻度板的背面应标有名称、型号、制造厂名、制造计量器具许可证标志、生产日期、分度值和水银对玻璃的视膨胀系数 (γ) 值。另在主温度表标尺上方的卡箍上刻有出厂编号。

c. 标线、字码应清晰完整、准确，着色牢固。

4.2 V_0 值和圆环

4.2.1 V_0 值应为 $75^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$ 。

注：在 0°C 温度下，主温度表 0°C 标线到接收泡底的容积以一度毛细管的容积表示的形式为 V_0 值。单位为摄氏度，以“ $^\circ\text{C}$ ”表示。

4.2.2 圆环可容纳相当于 30°C 以上毛细管容纳的水银。

4.3 闭端颠倒温度表滞后系数

闭端颠倒温度表感温 6min 时，测得的滞后系数不大于 70s。

4.4 示值稳定性

颠倒温度表应能承受 50°C 温差的骤然变化。温度表的示值稳定性应符合表 3 的规定 (0.2°C 分度的不做该项试验)。

4.5 闭端颠倒温度表耐压性能

闭端颠倒温度表耐压性能应满足表 4 的规定。

表3 颠倒温度表示值稳定性

温度/℃	项 目	指标/℃
100	零位上升值	≤ 0.04
100	零位低降值	≤ 0.05

表4 闭端颠倒温度表耐压性能

示值范围/℃	+2 ~ +32	0 ~ +15	0 ~ +6	+15 ~ +40
压力/MPa	25	60	100	10

4.6 操作适应性

4.6.1 闭端、开端颠倒温度表适于岸边海上平台以及船上测量，与绞车、颠倒表架或南森采水器配套使用，在流速较大的地方，还应加挂铅鱼。

4.6.2 闭端颠倒温度表适用于温度、深度未超出表1规定示值和深度范围的海域。

4.6.3 开端颠倒温度表必须与闭端表配套使用，保证预定测深相对不确定度。开端颠倒温度表最小适用深度见表5。

表5 开端表最小适用深度

m

开端表分度值		0.1℃			0.2℃		
测量不确定度 ($k=3$)		2%	5%	10%	2%	5%	10%
闭端表分度值	0.02℃	100	40	20	200	100	50
	0.05℃	150	60	30	300	150	80
	0.1℃	200	80	40	500	400	100

5 计量器具控制

计量器具控制包括：定型鉴定、样机试验、首次检定、后续检定和使用中检验。

定型鉴定、样机试验应按 JJF 1015—2002 及 JJF 1016—2002 要求执行，检定项目、检定条件和检定方法见 5.1~5.3 条。

5.1 检定项目

颠倒温度表检定项目见表6。

5.2 检定条件

5.2.1 检定环境条件

温度：(20±5)℃

相对湿度：80%以下

5.2.2 计量标准器

a. 一等标准水银温度计（检定 0.2℃、0.1℃分度的颠倒温度表的示值）。

表 6 检定项目

控制类型		定型鉴定或样机试验	首次检定	后续检定	使用中检验
检定 项目	外观	+	+	+	-
	示值误差	+	+	+	+ 仅做 0℃ 和室温
	V_0 值检定和圆环检查	+	+	-	-
	压力系数检定	+	+	+	-
	示值稳定性	+	-	-	-
	闭端表滞后系数	+	-	-	-
	闭端表耐压	+	-	-	-
注：1. “+”表示应做；“-”表示可不做。 2. 后续检定包括修理后的检定，若对计量性能有重大影响时，按首次检定进行。					

b. 二等标准铂电阻温度计（检定 0.05℃、0.02℃分度的颠倒温度表的示值）。

c. 计量标准器除按规定送检外，至少每季度在水三相点瓶中测定一次零位，并将结果记入专门的记录中。

5.2.3 检定设备

5.2.3.1 示值检定设备

5.2.3.1.1 颠倒温度表示值检定设备计量性能

颠倒温度表示值检定设备计量性能应满足表 7 中的规定。

表 7 示值检定设备计量性能

温度范围	/℃	- 2 ~ + 60	+ 60 ~ + 80
控制温度与名义温度的差异	/℃	≤0.05	≤0.05
工作区域内，任意两点间的最大温差	/℃	≤0.005	≤0.01
半小时内温场波动及控温漂移的综合效应	/℃	≤0.005	≤0.01

5.2.3.1.2 颠倒温度表示值检定设备其他要求

a. 具有能在恒温水槽外边操作，控制颠倒温度表在恒温水槽内翻转的表架及其升降机构。

b. 具有加热与致冷的自动控温装置。

c. 具有放大倍数五倍以上，且能清晰准确地读取恒温水槽内一等标准水银温度计和颠倒温度表示值的读数装置。

d. 连续工作时间不少于 10h。

5.2.3.2 压力系数检定设备

压力系数检定设备的计量性能应满足表 8 的规定。

表 8 压力系数检定设备的计量性能

测压标准 仪器	压力损耗 ^②	压力范围 /MPa	测温仪器/℃ ^①				恒温槽的温场/℃		
			示值 范围	准确度	分辨率	重复性	水平 温差	最大 温差	温场波 动度
二等标准活 塞压力计	≤0.1%	5 ~ 10	0 ~ +6	±0.05	0.01	0.02	≤0.005	≤0.010	≤0.02

注：①测温仪器是测定压力容器内部温度的仪器，可用闭端颠倒温度表，也可用电测的温度仪器。
②压力损耗是指压力容器和压力标准间的压力损耗。

5.2.3.3 检定工具和辅助设备

- 放大镜（5 倍以上）
- 水三相点瓶
- 读数显微镜
- 偏光镜
- 钢尺、装颠倒温度表用的柜子（保持颠倒表倾斜 30℃左右放置）

5.3 检定方法

5.3.1 外观

- 目视检查（借助放大镜、钢尺、读数显微镜、偏光镜等）。满足 4.1 各条的规定。
- 对未经检定而发现主温度表水银液柱中断者，可在室温条件下予以修复并投入检定。
- 检查完毕后，将符合要求的按一定顺序储蓄泡向下地放入表柜中。

5.3.2 示值误差

5.3.2.1 主、副温度表检定点的确定方法

- 主温度表检定点的确定方法是自 0℃开始，往上每隔 50 倍分度值一个检定点。有中间泡的略去标尺中未包括的部分。
- 副温度表的检定点是自 0℃点开始，往上每 10℃一个检定点，与主温度表相同的检定点可与主温度表一起检定，其余则单独进行。

5.3.2.2 一等标准水银温度计测量温度的计算

一等标准水银温度计测量温度的计算公式为

$$t_{\text{实}} = t_1 + x_1 - \alpha_1 \quad (1)$$

式中： $t_{\text{实}}$ ——实际温度，℃；

t_1 ——一等标准水银温度计的读数；

x_1 ——一等标准水银温度计检定证书上给出的修正值，℃；

α_1 ——一等标准水银温度计在三个月内于水三相点瓶中测得的零位，℃。

5.3.2.3 二等标准铂电阻温度计的测温方法

二等标准铂电阻温度计的测温方法如附录 A 所示。

为了将示值检定设备中水温准确地调到预定的温度值，可根据铂电阻温度计检定证书和新测得的 R_{tp} 值按上述相反的顺序逆算出各检定点温度下的电桥示值，根据电桥示值与此值的差求得实际水温。

5.3.2.4 操作方法和要求

a. 按示值检定设备和一等标准水银温度计的使用方法将其恒温水槽的水温调节到预定的温度。

b. 按顺序将颠倒温度表以颠倒状态装到表架上，浸入水中后复正。待水温返回到正常控制温度时开始计算感温时间，12min 后开始读数。

c. 先读取标准仪器的示值。

d. 读完标准仪器的示值后，立即使颠倒温度表颠倒，读取颠倒温度表示值。

e. 第一遍读数完毕后，即复正颠倒温度表，对 0°C 点和 0°C 以上第一个检定点要逐支检查回流情况。发现不回流者按第 4.1.9 条处理。以标准铂电阻温度计为标准时，由另一人读取标准仪器的示值。

f. 感温时间自复正颠倒温度表后算起，3min 后使颠倒温度表颠倒，由原来的读者与记录者交换，按第 5.3.2.4 d 项要求读第二遍数。同支颠倒温度表两遍读数之差不应超过分度值的十分之二，超过者要经记录者复核后方可填入记录中，并对这些颠倒温度表读第三遍数。

g. 读数完毕后，即可升起表架，取下颠倒温度表，复正后放回表柜中原来的位置，并使之回流。

h. 按上述要求做下一组颠倒温度表，直到全部完成该点的检定后方更换下一个检定点。

5.3.2.5 示值误差和示值修正值确定方法

同一检定点上，主温度表（或副温度表）的读数的算术平均值减去标准仪器测温结果算术平均值之差，为此主温度表（或副温度表）在此检定点上的示值误差。示值误差的相反数是此检定点的示值修正值。

5.3.3 V_0 值的检定和圆环检查

新制造的颠倒温度表要进行 V_0 值检定和圆环体积检查。对于无中间泡的，这些工作接在 0°C 点检定后进行；有中间泡的，则于 0°C 以上第一个检定点的检定后进行。 V_0 值通过测量 V_{0I} 和 V_{0II} 后取平均值求得。

5.3.3.1 V_{0I} 的检定

a. 对于有中间泡的，在完成上述检定点的示值检定后，不要复正颠倒温度表，对其最后的颠倒状态由两人交换再读一遍主温度表的示值。升起表架，小心地取下颠倒温度表，保持着原颠倒状态，储蓄泡向上地放回表柜中。对开端颠倒温度表，放回表柜前小心地将它放至水平，倒掉外套管中的水，再恢复到颠倒状态。

b. 将示值检定设备的水温调节到比第 5.3.3.1 a 项规定的温度高 30°C 的温度。按顺序取经过第 5.3.3.1 a 项规定的过程的颠倒温度表保持着原颠倒状态装到表架上，浸入

水中,不要复正。待水温返回到正常控制温度时开始计算感温时间,12min 后开始读数。

c. 读数前核对标准仪器的示值,若偏离要求温度不超过 0.05°C 即可读取主温度表的示值。读数时一人读、一人记,要求估读到分度值的十分之一。读完后两人交换再读一遍,两遍读数之差不超过十分之二个分度值。

d. 读数完毕后,对于标尺上未包括此温度值的颠倒温度表,可复正后放回表柜,并使之回流。

对包括了此温度值的颠倒温度表,即可复正,感温 3min。同时检查其回流状态,发现不回流者按第 4.1.9 条处理。然后,按示值检定的要求进行该点的检定。检定完毕后,按第 5.3.3.1 a 项处理。

e. $V_{0\text{I}}$ 按式 (2) 计算。

$$V_{0\text{I}} = \frac{T_b - T_a}{30} \cdot \frac{1}{\gamma} + \frac{t_a T_b - t_b T_a}{30} \quad (2)$$

式中: $V_{0\text{I}}$ ——在较低的温度下颠倒,于较高的温度下读数测得的 V_0 值,即通过膨胀的办法测得的 V_0 值;

t_a ——第 5.3.3.1 a 项规定的水温,即标准温度计的测温结果, $^{\circ}\text{C}$;

t_b ——第 5.3.3.1 b 项规定的水温,即标准温度计的测温结果, $^{\circ}\text{C}$;

T_a ——主温度表在 t_a 温度检定时,对其最后颠倒状态的两次(包括示值检定的一次)读数结果的算术平均值, $^{\circ}\text{C}$;

T_b ——按第 5.3.3.1 c 项规定所得的主温度表两次读数的算术平均值, $^{\circ}\text{C}$;

γ ——水银对玻璃的视膨胀系数。

5.3.3.2 $V_{0\text{II}}$ 的检定

a. 最高刻度低于 30°C 和主标尺示值范围窄于 30°C 的颠倒温度表,免于做 $V_{0\text{II}}$ 的检定。

b. 将示值检定设备的水温调到第 5.3.3.1 a 项规定的温度,把经过第 5.3.3.1 b 项规定的温度点的示值检定的颠倒温度表保持原颠倒状态装到表架上,浸入水中,不要复正。待水温返回到正常控制温度时,开始计算感温时间,12min 后按第 5.3.3.1 c 项要求读取主温度表的示值。读完后可取下颠倒温度表,复正后放回表柜,使之回流。

c. $V_{0\text{II}}$ 按式 (3) 计算。

$$V_{0\text{II}} = \frac{T_c - T_d}{30} \cdot \frac{1}{\gamma} + \frac{t_a T_c - t_b T_d}{30} \quad (3)$$

式中: $V_{0\text{II}}$ ——在较高的温度下颠倒,于较低的温度下读数测得的 V_0 值,即通过收缩的办法测得的 V_0 值;

T_c ——主温度表在 t_b 温度示值检定时,对其最后颠倒状态的两次(包括示值检定的一次)读数算术平均值, $^{\circ}\text{C}$;

T_d ——由第 5.3.3.2 b 项所得的两次读数的算术平均值, $^{\circ}\text{C}$ 。

d. 对免于 $V_{0\text{II}}$ 检定的颠倒温度表其容积 (V_0) 值等于 $V_{0\text{I}}$, 其他按式 (4) 计算。

$$V_0 = \frac{V_{0I} + V_{0II}}{2} \quad (4)$$

5.3.3.3 圆环检查

在检定 V_{0I} 的过程中按第 5.3.3.1 c 项要求读数时, 发现主温度表通流时认定其圆环体积未达到要求。

5.3.4 开端颠倒温度表压力系数的检定

5.3.4.1 压力系数检定点

压力系数的检定在 0℃ (或 5℃) 的条件下, 按表 9 规定的一组压力, 自低而高地检定。

表 9 压力系数检定点

示值范围/℃	压力点/MPa				
-2 ~ +32	6	12	18	24	
-2 ~ +60	6	18	30	42	54
+30 ~ +60	36	42	48	54	
+30 ~ +80	36	48	60	72	84

5.3.4.2 检定方法

- a. 将压力系数检定设备压力容器内的水温调节到 0~5℃。
- b. 把经过预冷的开端颠倒温度表和指示压力容器内温度的温度计按顺序装入压力容器, 封闭压力容器, 使颠倒温度表处于正立状态。然后, 加压到预定的压力。
- c. 在砝码盘静止的条件下, 根据砝码盘下降的情况, 适时地补充压力, 以维持在预定的压力上, 这样使颠倒温度表感温受压 25min 以上。
- d. 顺时针拨动砝码盘, 使其保持以 30r/min 的转速转动。稳压 5min 以上, 在维持砝码盘自行匀速旋转的条件下, 迅速地使颠倒温度表颠倒。
- e. 关闭活塞压力计上通砝码盘的闭门, 缓慢地泄掉压力, 打开压力容器, 取出颠倒温度表。
- f. 在恒温槽中读取颠倒温度表示值, 读数应在与颠倒时压力容器内水温相差不大于 0.2℃、温场均匀性与温场波动不超过 0.2℃ 的恒温水槽内进行。读数时一人读、一人记, 只读主温度表的示值, 要求读到分度值的十分之一。读完后两个交换, 按反顺序再读一遍, 两次读数之差不得大于十分之二分度值。
- 若无这种恒温水槽, 要求室温在 30℃ 以下, 指示压力容器内水温的温度计必须是颠倒温度表, 且一次检定的开端颠倒温度表不超过 5 支。自压力容器内取出后立即用放大镜读数。要求迅速准确、间隔均匀, 两个读数速度尽量一致, 限定在 2min 内完成两遍读数, 两遍读数之差不得超过十分之三个分度值。
- g. 在以闭端颠倒温度表为测量压力容器内水温的温度计时, 其示值可以与开端颠倒温度表一起读。利用电测温度仪表时, 则在颠倒前 2min 内读 5 次数, 取它们的算术平均值经示值修正后得出颠倒时压力容器内的水温。

5.3.4.3 压力系数的计算方法

a. 按式 (5) 求出各压力点下测得的压力系数。

$$Q_i = \frac{T_i - T_{0i}}{p_i} \quad (5)$$

式中: Q_i ——在压力点 p_i 下测得的压力系数, $^{\circ}\text{C}/\text{MPa}$;

T_i ——压力点 p_i 下, 开端颠倒温度表测量结果, $^{\circ}\text{C}$;

T_{0i} ——压力点 p_i 下, 压力容器在颠倒时的水温, $^{\circ}\text{C}$;

p_i ——压力值, MPa 。

b. 按式 (6) 求出平均压力系数, 即开端颠倒温度表的压力系数。

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (6)$$

式中: n ——对该开端颠倒温度表所做的压力点的个数。

5.3.4.4 不合格判定

各压力点下测得的压力系数与平均压力系数之差不得超过 $0.01Q$ 。若有一个点超过, 该压力点重做, 并以新测得的结果重新计算平均压力系数。如果重测后的结果仍不满足要求, 则该颠倒温度表不合格。若两个以上压力点超过 $0.01Q$, 则作不合格处理。

5.3.4.5 后续检定时压力系数值的确定

后续检定时, 可先于第二个压力点下测得压力系数。如果此值较原证书上给出的压力系数值相差不超过 $0.01Q$, 则新证书上可引用原证书上的压力系数值。否则按上述要求重新检定。

5.3.5 示值稳定性试验

a. 将新制成的样品立即测定出初始 0°C 示值; 放入沸水中处理 8h 后关闭热源, 连同处理用的恒温水槽一起缓冷到室温, 取出后测出第二 0°C 示值, 再将样品放回沸水中处理半小时, 取出后于室温下冷却到 50°C , 测出第三 0°C 示值。

b. 0°C 示值测定方法与示值检定相同。

c. 第二零位减初始 0°C 示值的差为零位上升值, 第三零位减第二 0°C 示值的差为零位低降值。它们不应超过第 4.4 条的规定。

5.3.6 闭端颠倒温度表的滞后系数的测定方法

a. 在室温较高的夏季, 将示值检定设备的水温调到 0°C ; 在室温较低的冬季, 将示值检定设备的水温调到 30°C 。总之, 要使水温包括在主温度表的示值范围之内, 且与室温有约 20°C 温差。

b. 升起表架, 在水面放一隔板。将颠倒温度表以正立状态装到表架上, 3min 后使颠倒温度表颠倒, 用放大镜读取主温度表的示值, 要求值读到分度值的一半。如果室温超出了主温度表的示值范围, 则读副温度表的示值。要求读到 0.1°C 。

c. 立即复正颠倒温度表, 抽掉隔板, 将颠倒温度表沉入水中。自储蓄泡接触水面起开始计算感温时间, 6min 后立即使颠倒温度表颠倒。读取主温度表的示值, 要求读到十分之一分度值。

d. 按式 (7) 计算出滞后系数。

$$\tau = \frac{-360}{\ln \frac{T - T_N}{T_0 - T_N}} = \frac{-156.348}{\lg \frac{T - T_N}{T_0 - T_N}} \quad (7)$$

式中: τ ——闭端颠倒温度表的滞后系数, s;

T_N ——示值检定设备的水温, 即标准温度计的测温结果, $^{\circ}\text{C}$;

T_0 ——浸入水中前, 主 (或副) 温度表的示值加修正值后的结果, $^{\circ}\text{C}$;

T ——修正后的浸入水中 6min 时主温度表的示值, $^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.7 闭端颠倒温度表耐压试验方法

将颠倒温度表置于压力容器, 加压到表 10 所示的压力。30min 后泄去压力, 打开压力容器, 检查颠倒温度表, 不得出现破损。

表 10 耐压试验压力点

示值范围/ $^{\circ}\text{C}$	-2 ~ +32	0 ~ +15	0 ~ +6	+15 ~ +40
压力/MPa	25	60	100	25

5.4 检定结果的处理

5.4.1 修约规则

主、副温度表的示值修正值修约到分度值的十分之一, 开端颠倒温度表压力系数修约到 $1 \times 10^{-4} ^{\circ}\text{C}/\text{MPa}$ 。

5.4.2 检定结果的处理

经检定符合本规程的颠倒温度表, 发给检定证书; 不符合本规程的颠倒温度表, 发给检定不合格通知书, 并指出不合格项目。

5.4.3 后续检定的检定证书上的压力系数按第 5.3.4.5 条规定的结果填写。

5.5 检定周期

新制造的颠倒温度表出厂 6 个月后即须进行第一次检定, 以后的后续检定周期一般不超过 1 年。在检定周期中, 如果使用者对颠倒温度表的性能或准确度发生怀疑时, 亦可提前送检。

附录 A

按 ITS—90 计算温度方法

1 计算步骤

1.1 计算 $W(t)$

$$W(t) = R(t)/R(t_p) \quad (1)$$

式中： $W(t)$ ——铂电阻温度计被测温度 t 下的电阻比；

$R(t)$ ——铂电阻温度计被测温度 t 下的电阻值， Ω ；

$R(t_p)$ ——铂电阻温度计在水三相点温度下的电阻值， Ω 。

注： $R(t_p)$ 应为测温用同一电测装置，两个月内测得的水三相点温度下的电阻值，不可用检定证书上出具的 $R(t_p)$ 值。

1.2 计算 $\Delta W(t)$

$$\Delta W(t) = a_9 [W(t) - 1] + b_9 [W(t) - 1]^2 \quad (2)$$

式中： $\Delta W(t)$ ——铂电阻温度计被测温度 t 下的电阻比偏差值；

a_9, b_9 ——铂电阻温度计分度系数，自检定证书中查出。

1.3 计算 $W_r(t)$

$$W_r(t) = W(t) - \Delta W(t) \quad (3)$$

式中： $W_r(t)$ ——被测温度 t 下参考函数值。

1.4 自表中查算被测温度 t

$$t = t_r + 1000 [W_r(t) - W_r(t_r)] / [dW_r(t_r)/dt] \quad (4)$$

2 实例

例如：国家海洋计量站 232768 号铂电阻温度计，检定证书上给出的分度结果为 $R_{tp} = 15.0968\Omega$ ， $W_{sn} = 1.892685$ ， $W_{ln} = 1.609726$ ， $a_9 = -1.205 \times 10^{-4}$ ， $b_9 = -6.5 \times 10^{-6}$ 。

现在温度 t 下测得的电阻值 $R(t) = 26.2843$ ，而在水三相点下测得的电阻值 $R(t_p)$ 为 25.0971Ω ，求被测温度 t 。

计算： $W(t) = R(t)/R(t_p)$

$$= 26.2843 \div 25.0971$$

$$= 1.04730427$$

$$\Delta W(t) = a_9 [W(t) - 1] + b_9 [W(t) - 1]^2$$

$$= -1.205 \times 10^{-4} \times 0.04730427 - 6.5 \times 10^{-6} \times 0.04730427^2$$

$$= -0.05700165 \times 10^{-4} - 0.00014545 \times 10^{-4}$$

$$= -0.000005715$$

$$W_r(t) = W(t) - \Delta W(t)$$

$$= 1.04730427 - (-0.000005715)$$

$$= 1.04730999$$

查表：与 $W_r(t)$ 最接近的 $W_r(t_r)$ 为 1.04773489，对应的温度值 $t_r = 12.0000^\circ\text{C}$ ， $1000dW_r(t_r)/dt$ 为 3.9739327。

$$\begin{aligned} t &= t_r + 1000[W_r(t) - W_r(t_r)]/[dW_r(t_r)/dt_r] \\ &= 12.0000 + (1.04730999 - 1.04773489) \times 1000 \div 3.9739327 \\ &= 12.0000 - 0.1069 \\ &= 11.8931^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3 $0^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 温区内参考函数

$0^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 温区内参考函数见下表。

$0^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 温区内参考函数表

$t_r/^\circ\text{C}$	$W_r(t_r)$	$dW_r(t_r)/dt_r \times 1000$
0	0.99996011	3.9885407
1	1.00394804	3.9873208
2	1.00793475	3.9861014
3	1.01192024	3.9848825
4	1.01590452	3.9836641
5	1.01988757	3.9824461
6	1.02386941	3.9812286
7	1.02785003	3.9800116
8	1.03182943	3.9787949
9	1.03580762	3.9775787
10	1.03978459	3.9763630
11	1.04376035	3.9751476
12	1.04773489	3.9739327
13	1.05170821	3.9727181
14	1.05568032	3.9715040
15	1.05965122	3.9702903
16	1.06362090	3.9690769
17	1.06758937	3.9678640
18	1.07155663	3.9666514
19	1.07552268	3.9654392
20	1.07948750	3.9642273
21	1.08345113	3.9630158
22	1.08741354	3.9618047
23	1.09137474	3.9605939
24	1.09533473	3.9593835
25	1.09929351	3.9581734
26	1.10325108	3.9569636
27	1.10720743	3.9557542
28	1.11116258	3.9545450
29	1.11511652	3.9533363
30	1.11906926	3.9521278

附录 B

颠倒温度表示值检定记录格式

检定点 /℃	标准仪 器示值	颠倒温度 表编号								
		主 温	示 值							
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							
			主 温	示 值						
		副 温	示 值							

检定员：核验员：检定日期：年 月 日

标准器号码：检定证书号：有效期：

计量标准证书号：计量标准证书有效期：

附录 C

开端颠倒温度表压力系数检定记录格式

压强/MPa	温度表号	示值		平均值	修正后的 结果/℃	$T_i - T_{0i}$ /℃	Q_i / (℃/MPa)
		I	II				
	标 准						
	标 准						
	标 准						
	标 准						
	标 准						
	标 准						

检定员：

核验员：

检定日期：

年 月 日

标准器号码：

检定证书号：

有效期：

计量标准证书号：

计量标准证书有效期：

附录 D

检定证书（背面）格式

主温度表示值范围：_____℃
分度值：_____℃

检 定 结 果

主温度表		副温度表	
示值/℃	修正值/℃	示值/℃	修正值/℃

主温度表检定结果不确定度 $U(T)$ ：_____℃， $k(T)$ ：_____

水银对玻璃的视膨胀系数（ γ ）值：_____

V_0 值：_____℃， $U(V_0)$ ：_____℃， $k(V_0)$ ：_____

压力系数（ Q ）值：_____℃/MPa， $U(Q)$ ：_____℃， $k(Q)$ ：_____

计量标准证书号：

注：下次检定请携带此证

附录 E

检定不合格通知书（背面）格式

主温度表示值范围：_____℃
分度值：_____℃

检 定 结 果

主温度表		副温度表	
示值/℃	修正值/℃	示值/℃	修正值/℃

水银对玻璃的视膨胀系数（ γ ）值：_____
 V_0 值：_____
开端颠倒温度表压力系数（ Q ）值：_____
