



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 160—2007

标准铂电阻温度计

Standard Platinum Resistance Thermometer

2007—06—14 发布

2007—12—14 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

标准铂电阻温度计 检定规程

Verification Regulation of
Standard Platinum Resistance Thermometer

JJG 160—2007
代替 JJG 160—1992
JJG 716—1991
JJG 859—1994

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2007 年 6 月 14 日批准，并自 2007 年 12 月 14 日起实施。

归口单位：全国温度计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

美国福禄克公司

北京康斯特科技发展有限公司

昆明大方自动控制科技有限责任公司

北京国电迪扬电气设备有限公司

本规程由全国温度计量技术委员会解释

本规程起草人：

王玉兰（中国计量科学研究院）

武荷莲（中国计量科学研究院）

邱 萍（中国计量科学研究院）

张 哲（中国计量科学研究院）

冯玉玲（中国计量科学研究院）

本规范参加起草人：

李大中（美国福禄克公司）

姜维利（北京康斯特科技发展有限公司）

李福洪（昆明大方自动控制科技有限责任公司）

肖拥军（北京国电迪扬电气设备有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
2.1 温度值的定义及内插方法	(1)
2.2 符号说明	(2)
3 计量性能要求	(2)
3.1 电阻特性	(2)
3.2 技术条件	(2)
4 通用技术要求	(4)
4.1 外观尺寸	(4)
4.2 结构	(4)
5 计量器具控制	(4)
5.1 检定条件	(4)
5.2 检定项目	(5)
5.3 检定方法	(5)
5.4 计算公式	(11)
5.5 检定结果的处理	(13)
5.6 检定周期	(13)
附录 A 检定证书(背面)格式	(14)
附录 B 检定结果通知书(背面)格式	(15)
附录 C 参考函数 $W_r(t)$ 的系数数值表	(16)
附录 D 计算 $W(100^{\circ}\text{C})$ 公式中系数 K 的数值表	(17)
附录 E $(-189.344\ 2\sim 0.01)^{\circ}\text{C}$ 温区内参考函数表	(19)
附录 F $(0\sim 660.323)^{\circ}\text{C}$ 温区内参考函数表	(22)

标准铂电阻温度计检定规程

1 范围

本规程适用于 $-189.344\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $660.323\text{ }^{\circ}\text{C}$ (或各分温区)工作基准、一等和二等标准铂电阻温度计的首次检定和后续检定。

2 概述

标准铂电阻温度计是根据金属铂丝的电阻随温度单值变化的特性来测温的一种标准仪器。

标准铂电阻温度计的用途为：国家基准铂电阻温度计为工作基准铂电阻温度计检定装置的标准器；工作基准铂电阻温度计为一等标准铂电阻温度计检定装置的标准器；一等标准铂电阻温度计为二等标准铂电阻温度计检定装置的标准器；标准铂电阻温度计可直接用于测量，还可作为各种比较测量的标准器。

2.1 温度值的定义及内插方法

1990年国际温标(ITS—90)规定在 $-189.344\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $660.323\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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、氙三相点及水三相点装置，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。

温度值由下式确定：

$$W(t) = R(t)/R(0.01^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

式中， $W(t)$ 为标准铂电阻温度计在温度 t 的电阻值与水三相点温度(0.01°C)的电阻值的比值。

在 0°C ~ 660.323°C 温区的参考函数定义为

$$W_r(t) = C_0 + \sum_{i=1}^9 C_i [(t/^{\circ}\text{C} - 481)/481]^i \quad (2)$$

式(3)为式(2)的逆函数，它在 0.13 mK 之内与式(2)相一致：

$$t/^{\circ}\text{C} = D_0 + \sum_{i=1}^9 D_i \{ [W_r(t) - 2.64]/1.64 \}^i \quad (3)$$

式中， t 为温度值； $W_r(t)$ 为参考函数，在 0°C ~ 660.323°C 温区内参考函数 $W_r(t)$ 的数值表见附录F；常数 C_0 ， C_i ， D_0 ， D_i 在附录C列出。

在 0°C ~ 660.323°C 温区的偏差函数为

$$\Delta W(t) = W(t) - W_r(t) = a[W(t) - 1] + b[W(t) - 1]^2 + c[W(t) - 1]^3 \quad (4)$$

式中， a ， b ， c 为系数，系数 a ， b ， c 是由标准铂电阻温度计在水三相点、锡凝固点、锌凝固点和铝凝固点温度的测量求得的 W 值与对应的参考函数的偏差求得。

在 83.805 8K~273.16K(−189.344 2℃~0.01℃)温区的参考函数为

$$\ln[W_r(T_{90})] = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \{[\ln(T_{90}/273.16\text{K}) + 1.5]/1.5\}^i \quad (5)$$

式(6)为式(5)的逆函数,它在 0.13mK 之内与式(5)相一致:

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

在 83.805 8K~273.16K(−189.344 2℃~0.01℃)温区的偏差函数为

$$\Delta W(t) = W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]\ln W(T_{90}) \quad (7)$$

式中,系数 a , b 由温度计在水三相点、汞三相点和汞三相点上的测量值求得。在 −200℃~0℃ 温区内偏差函数为附录 E, 参考函数的系数表见附录 C。

2.2 符号说明

R_{tp} 为标准铂电阻温度计在水三相点(0.01℃)的电阻值;

W_{Al} 为标准铂电阻温度计在铝凝固点(660.323℃)的电阻值 R_{Al} 与 R_{tp} 的比值;

W_{Zn} 为标准铂电阻温度计在锌凝固点(419.527℃)的电阻值 R_{Zn} 与 R_{tp} 的比值;

W_{Sn} 为标准铂电阻温度计在锡凝固点(231.928℃)的电阻值 R_{Sn} 与 R_{tp} 的比值;

W_{In} 为标准铂电阻温度计在铟凝固点(156.598 5℃)的电阻值 R_{In} 与 R_{tp} 的比值;

W_{Ga} 为标准铂电阻温度计在镓熔点(29.764 6℃)的电阻值 R_{Ga} 与 R_{tp} 的比值;

W_{Hg} 为标准铂电阻温度计在汞三相点(−38.834 4℃)的电阻值 R_{Hg} 与 R_{tp} 的比值;

W_{Ar} 为标准铂电阻温度计在氩三相点(−189.344 2℃)的电阻值 R_{Ar} 与 R_{tp} 的比值。

3 计量性能要求

标准铂电阻温度计(以下简称温度计)。

3.1 电阻特性

温度计在水三相点温度(0.01℃)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,其他名义值的温度计可参照执行。

3.2 技术条件

3.2.1 感温元件

温度计的感温元件必须满足下列两个条件之一:

$$W_{Ga} \geq 1.118\ 07 \quad (8)$$

$$W_{Hg} \leq 0.844\ 235 \quad (9)$$

3.2.2 稳定性

3.2.2.1 首次检定的温度计应先在不同温区要求的上限温度退火,一般使用在 600℃ 以上的温度计在 660℃ 退火 4h,而使用在 600℃ 以下的温度计在 600℃ 退火 4h 后,测量 R_{tp} 及上限固定点的 R_t ,再求出 W_t ,然后在 660℃ 或 600℃ 退火 100h 后,再测量 R_{tp} 及 W_t ,退火前后测量值之差的绝对值换算为温度差值应不超过表 1 规定的数值。稳定性

考核完以后，进行分温区检定。

表 1 首次检定温度计的稳定性要求

mK

项 目	首次检定温度计的稳定性要求		
	工作基准	一等标准	二等标准
R_{tp}	3.0	4.0	8.0
W_{Al}	5.0	10.0	20.0
W_{Zn}	4.0	8.0	16.0

3.2.2.2 温度计在各固定点多次分度及相邻周期检定结果的稳定性要求。

不同使用范围及不同结构的温度计在所要求的上限温度退火 2h 后，在各个固定点温度上连续复现两次，两次复现结果之差的绝对值换算成温度值应不超过表 2 规定的数值。在检定过程中多次测量的 R_{tp} 之间的最大差值的绝对值，换算成温度值应不超过表 2 规定的数值。

表 2 使用中温度计的稳定性要求

mK

项 目	各固定点分度多次的差值			两相邻周期检定结果的差值		
	工作基准	一等	二等	工作基准	一等	二等
R_{tp}	2.0	2.5	5.0	3.0	5.0	10
W_{Al}	2.0	4.0	6.0	6.0	12	24
W_{Zn}	1.5	2.0	4.0	4.5	9.0	18
W_{Sn}	1.2	1.8	3.6	3.5	7.0	14
W_{In}	1.2	1.8	3.6	3.5	7.0	14
W_{Ga}	1.0	1.5	3.0	2.0	4.0	8.0
W_{Hg}	1.2	1.8	3.0	2.0	5.0	10
W_{Ar}	1.5	3.0	6.0	4.0	8.0	16

温度计在各个固定点的检定结果与上一周期的检定结果之差的绝对值，换算成温度值应不超过表 2 规定的数值。

3.2.3 热电性能

3.2.3.1 自热效应：在水三相点温度测量的自热效应换算成温度值应不超过表 3 的规定。

表 3 自热效应及热电势

项 目	工作基准	一等标准	二等标准
自热效应/mK	2.0	3.0	4.0
热电势/ μV	0.6	0.8	1.5

3.2.3.2 热电势：温度计在上限凝固点时温度计任意两引线间的热电势应不超过表 3 的规定。

3.2.3.3 绝缘电阻：温度计在环境温度下手柄的金属外壳和引线之间的电阻不应小于200M Ω 。

4 通用技术要求

4.1 外观尺寸

4.1.1 温度计应标有制造厂的铭牌标志、出厂编号。温度计及其感温元件的支撑骨架应完整无裂痕，保护管内不应有任何碎片，各部件之间应固定牢固。

4.1.2 使用在600℃以上的温度计其外护管的长度为510mm $\pm$ 10mm，使用在600℃以下的温度计其外护管的长度为470mm $\pm$ 10mm，其外径均小于6mm~7.5mm，管的外壁需进行以抑制热辐射的处理。感温元件应位于保护管顶端起60mm范围内(特殊要求的温度允许直径与长度有所改变)。

4.1.3 温度计外套应干净，无油污或其他附着物。

4.2 结构

4.2.1 温度计感温元件应采用无应力结构，温度变化时感温元件的铂丝应能自由地膨胀和收缩。

4.2.2 温度计为四端电阻器，即从感温元件两端各引出两根引线，外引线末端应焊接紫铜接线片。

4.2.3 温度计的外护管应密封，管内应充含有氧气的干燥空气。外护管不得有破损、划痕及析晶。

5 计量器具控制

计量器具控制包括对温度计的首次检定和后续检定。

5.1 检定条件

5.1.1 环境条件

环境温度(20 $\pm$ 5)℃，相对湿度15%~80%。

室内要有冷却水通道及接地电阻小于0.5 Ω 的屏蔽地线。

5.1.2 计量标准

检定工作基准铂电阻温度计的标准器为温度基准装置。基准装置包括定义固定点装置和国家基准铂电阻温度计。

检定一等标准铂电阻温度计的标准器为工作基准装置。工作基准装置包括定义固定点装置、液体比较槽和工作基准温度计三支。

检定二等标准铂电阻温度计的标准器为一等标准装置。一等标准装置包括定义固定点装置、液体比较槽和一等标准温度计三支。

5.1.3 检定设备

5.1.3.1 固定点装置

固定点装置有铝、锌、锡、铟凝固点装置，镓熔点装置，汞、氦、水三相点装置，共八个。

5.1.3.2 比较检定装置

比较检定装置有水沸点及液氮比较装置。

5.1.4 配套设备

5.1.4.1 电阻测量仪器。测量温度计的电测设备为测温电桥，检定工作基准的测温电桥要求在引用修正值后测量电阻值的相对误差不大于 8×10^{-7} ，检定一等标准的测温电桥的相对误差要求不大于 2×10^{-6} 。检定二等标准的测温电桥的相对误差要求不大于 1×10^{-5} 。如需配用标准电阻，其标准电阻的环境温度应满足准确度要求。允许使用技术指标不低于此要求的其他电测设备。

5.1.4.2 退火炉装置。退火炉的使用范围为 $200^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ 。炉温稳定时对名义设定点的偏离及波动应在 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 以内。在放置感温元件处的 60mm 范围内，垂直温场最大温差应不超过 1°C 。

5.1.4.3 四端转换开关，其杂散热电势不应大于 $0.4 \mu\text{V}$ 。

5.1.4.4 可测量 $0.1 \mu\text{V}$ 的低电势直流电位差计或数字电压表。

5.1.4.5 500V 的绝缘电阻表。

5.2 检定项目

检定项目见表 4。

表 4 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	备注
外观检查	+	+	
首次检定稳定性	+	—	
检定前退火	+	+	
R_{tp}	+	+	1. 按送检的温区范围 选择固定点进行检定 2. 二等标准温度计允 许使用水沸点 3. 一、二等标准温度 计允许使用氮沸点比较 法代替氩三相点
W_{Al}	+	+	
W_{Zn}	+	+	
$W_{\text{Sn}}, W(100)$	+	+	
W_{In}	+	+	
W_{Ga}	+	+	
W_{Hg}	+	+	
W_{Ar} (液氮比较法)	+	+	
自热效应	+	+	
热电势	+	—	
绝缘电阻	+	—	
注：1 “+” 表示应检项目；“—” 表示可不检项目。			
2 温度计无相邻周期数据按首次检定要求进行检定。			

5.3 检定方法

5.3.1 外观检查

检查温度计的外观，应符合本规程 4.1 及 4.2 的规定。

5.3.2 工作电流

温度计工作电流为 1mA。

5.3.3 绝缘电阻测量

环境温度在 15℃~30℃ 之间，相对湿度不应超过 80% 时，用兆欧表测量温度计手柄的金属外壳和引线之间的电阻，其值不应小于 200MΩ。

5.3.4 温度计的清洗

经外观检查合格的温度计，在退火前及铝凝固点检定前应用无水乙醇将温度计保护管擦洗干净，擦洗过的温度计不应用手或其他物品触及其保护管表面，以防止在高温下析晶。

5.3.5 首次检定温度计的稳定性检查

首次检定温度计必须先进行稳定性检查。在 660℃ 或 600℃ 退火 4h 后随炉温降至 420℃ 以下，取出温度计测量 R_{tp} 和上限 W_t ，然后在 660℃ 或 600℃ 退火 100h 后随炉温降至 420℃ 以下取出，测量 R_{tp} ，再在 660℃ 或 600℃ 退火 100h 测量 R_{tp} ，温度计在 660℃ 或 600℃ 进行 100h 退火前后的 R_{tp} 最大差值换算成温度应不超过表 1 规定的数值，如果超过表 1 规定的数值，则须再重复退火过程和测量 R_{tp} ，但总退火时间应不超过 350h。 R_{tp} 合格后再测量 W_t ，两次测量的 W_t 的差值的绝对值换算成温度差值应不超过表 1 规定的数值后，温度计进行固定点分度。

5.3.6 后续检定中的温度计应根据其不同的使用上限及不同的结构在上限退火 2h，如使用在 600℃ 以上要求在 660℃ 退火，使用在 400℃ 以上要求在 600℃ 退火，使用在 400℃ 以下要求在 450℃ 退火，使用在室温以下的无需退火。另外，不同外护管根据不同情况退火。

5.3.7 温度计在各固定点分度多次及相邻周期检定结果的稳定性检查

后续检定温度计顺序为首先在 660℃ 或 600℃ 退火 4h，然后按分温度区进行从高温到低温度检定，依次为 R_{tp} ， R_{Al} 、 R_{tp} ， R_{Zn} 、 R_{tp} ， R_{Sn} 或 $R(100)$ 、 R_{tp} ， R_{In} 、 R_{tp} ， R_{Ga} 、 R_{tp} ， R_{Hg} 、 R_{tp} ， R_{Ar} 、 R_{tp} 。每支温度计在铝、锌、锡、铟凝固点，镓熔点，汞、氩三相点应在不同的温坪上分度两次（氩三相点可分度一次）。

5.3.8 测量 R_{tp}

水三相点瓶冻制后应保持 24h 再使用，每次使用应检查冰套是否能自由转动，温度计应在预冷管内预冷后再插入水三相点瓶中。当温度计达到热平衡后开始测量，由在检定过程中数次测量经过修正（修正项与修正方法见 5.3.22）的 R_{tp} 平均值作为检定结果。数次测量的 R_{tp} 之间的最大差值换算成温度值应不超过表 2 规定的数值。

5.3.9 自热效应的测量

对于工作电流调节开关带有 $\times\sqrt{2}$ 挡的测温电桥先测量工作电流为 1mA 下的温度计的电阻值，再测量工作电流的 $\sqrt{2}$ 倍时的电阻值，后者与前者之差为 ΔR ，经式(10)计算可得由工作电流引起的自热效应 Δt ，应不超过表 3 的要求。

$$\Delta t = (\Delta R / R_{tp}) / [dW(t)/dt] \quad (10)$$

式中， $dW(t)/dt$ 为在温度 t 时的 W 值相对温度的变化率，为简化计算，可用参考

函数的 $dW_r(t)/dt$ 代替。水三相点的自热效应也可用 ΔR_{tp} 直接估算。

可采用其他方法测量自热效应。

5.3.10 热电势测量

根据温度计上限的要求在铝凝固点或锌凝固点测量温度计的热电势，当温度计达到热平衡后，用可测量 $0.1\mu V$ 低电势直流电位差计或分辨力不大于 $0.2\mu V$ 的数字电压表，直接测量任意两根引线之间的杂散热电势。其值应不超过表 3 的要求。

5.3.11 固定点的测量

温度计在各个固定点上分度，不同等级的温度计要求不同。工作基准温度计要求在各个固定点均测量自热效应，而一、二等标准温度计仅在水三相点上测自热效应，在其他固定点上均不必测量。在计算中也不进行此项修正。

另外，各个等级的温度计在铝凝固点测量后计算 W_{Al} 时其 R_{tp} 要求为测量 R_{Al} 前后两次 R_{tp} 的平均值。

工作基准铂电阻温度计均采用固定点前后的 R_{tp} 计算 W 值。

在 $420^\circ C$ 以下，各固定点上一、二等温度计则仅用定点后的 R_{tp} 计算 W 值。

5.3.12 测量 W_{Al}

测量 W_{Al} 可采用如下方法：当固定点容器内的金属熔化后，将炉温控制在比凝固点高 $1.5^\circ C \sim 3^\circ C$ 的范围内。观察监视用的铂电阻温度计在固定点容器中温度变化，若在 10min 内温度波动小于 $0.1^\circ C$ ，即可以 $0.10^\circ C/min \sim 0.15^\circ C/min$ 的速率降温，当监视铂电阻温度计数值停止下降并开始回升时，立即取出温度计，插入一支用无水乙醇清洗好常温的石英管诱导 1min 后取出。然后将清洗好待分度的温度计插入固定点炉中，同时将凝固点炉温控制在比凝固点约低 $1^\circ C$ 的温度上。温度计达到热平衡后，开始读数。工作基准温度计首先读取在规定测量电流的数值，然后测量自热效应，再读取温度计在规定测量电流的数值，前后读数的差值应不大于 $0.4mK$ ，则取其平均值 $\bar{R}_{Al}$ 经修正后（修正项及修正方法见 5.3.22）作为温度计在铝凝固点的电阻值 R_{Al} 。一、二等标准铂电阻温度计测量的数个读数的差值应不大于 $0.6mK$ 。

一次温坪可分度 2 支 $\sim$ 3 支温度计，但第二、第三支被分度的温度计在插入铝凝固点炉前须在 $650^\circ C$ 进行预热。分度完后的温度计要马上插入 $650^\circ C$ 的退火炉中进行 1.5h 的退火处理，退火后的温度计在退火炉中随炉温降到 $420^\circ C$ 以下方可取出。

R_{Al} 测量完毕并退火后的温度计，应按 5.3.8 条的方法测量 R_{tp} 值， W_{Al} 由式(11)计算得到：

$$W_{Al} = R_{Al} / \bar{R}_{tp1} \quad (11)$$

式中： $\bar{R}_{tp1}$ ——测量 R_{Al} 前后两次的 R_{tp} 的平均值。

由不在同一次温坪得出的两次 W_{Al} 之间的差值的绝对值换算为温度值不应超过表 2 规定的数值，则取其平均值作为最后检定结果。

5.3.13 测量 W_{Zn} 、 W_{In}

测量 W_{Zn} 、 W_{In} 可采用如下方法：当固定点容器内的金属样品完全熔化后，将定点炉的炉温控制并保持在比凝固点高 $1.5^\circ C \sim 3^\circ C$ 的范围内。用一支作监视的铂电阻温度

计插入固定点容器中观察其温度变化,若在 10min 内温度波动小于 0.1°C ,即可以 $0.10^{\circ}\text{C}/\text{min}\sim 0.15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率降温,当监视铂电阻温度计的温度数值停止下降并开始回升时,立即取出监视温度计,插入一支常温的石英管诱导 1min 后取出。然后将用无水乙醇清洗好待分度的温度计插入凝固点炉中,同时将固定点炉的炉温控制并保持在比凝固点低约 1°C 的温度上。温度计达到热平衡后,开始读数。工作基准温度计首先读取通过规定电流的数值,然后测量自热效应,再读取温度计通过规定的电流的数值,前后读数的差值换算为温度值应不大于 0.3mK ,则取其平均值 $\bar{R}_{\text{Zn}}$ 、 $\bar{R}_{\text{In}}$ 经修正后(修正项及修正方法见 5.3.22)作为在锌凝固点、铟凝固点的电阻值 R_{Zn} 、 R_{In} 。一、二等标准铂电阻温度计测量的数个读数的差值应不大于 0.5mK 。 R_{Zn} 、 R_{In} 测量完毕后,应立即按第 5.3.8 条的方法测定 R_{tp} 。 W_{Zn} 、 W_{In} 分别由式(12)、式(13)计算得到:

$$W_{\text{Zn}} = R_{\text{Zn}} / \bar{R}_{\text{tp2}} \quad (12)$$

$$W_{\text{In}} = R_{\text{In}} / \bar{R}_{\text{tp3}} \quad (13)$$

式中: $\bar{R}_{\text{tp2}}$ 、 $\bar{R}_{\text{tp3}}$ ——测量 R_{Zn} 、 R_{In} 前后两次的 R_{tp} 的平均值。

由不在同一次温坪得出的两次 W_{Zn} 、 W_{In} 各自间的差值的绝对值换算为温度值应不超过表 2 规定的数值。则取其平均值作为最后检定结果。

5.3.14 测量 W_{Sn}

测量 W_{Sn} 采用如下方法:当固定点容器内的金属锡完全熔化后,将定点炉的温度控制并保持在比凝固点高 $1.5^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 范围内,用一支监视用的铂电阻温度计插入固定点容器中观察其温度变化,若在 10min 内温度波动小于 0.1°C 时,即可使熔锡以 $0.10^{\circ}\text{C}/\text{min}\sim 0.15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率降温。当监视的温度计其数值低于锡凝固点数值时,可取出温度计,将不锈钢棒插入容器,停留 $1.5\text{min}\sim 2\text{min}$ 后取出,并同时接通容器均热块的通气管,吹入惰性气体或干燥空气(压缩空气)使锡迅速冷却。取出不锈钢棒后再插入监视用的铂电阻温度计,如其电阻值已上升至接近温坪数值,取出温度计,将待分度的温度计插入锡凝固点炉中,同时快速将固定点炉的炉温控制并保持在比凝固点低约 1°C 的温度上。温度计达到热平衡后,开始读数。工作基准温度计首先读取在规定测量电流的数值,然后测量自热效应,再读取温度计在规定测量电流的数值,前后读数的差值应不大于 0.3mK ,则取其平均值 $\bar{R}_{\text{Sn}}$ 经修正后(修正项及修正方法见 5.3.22)作为温度计在锡凝固点的电阻值 R_{Sn} 。一、二等标准铂电阻温度计测量的数个读数的差值应不大于 0.4mK 。

R_{Sn} 测量完毕后,应立即按第 5.3.8 条的方法测定 R_{tp} , W_{Sn} 由式(14)计算得到:

$$W_{\text{Sn}} = R_{\text{Sn}} / \bar{R}_{\text{tp4}} \quad (14)$$

式中: $\bar{R}_{\text{tp4}}$ ——测量 R_{Sn} 前后两次的 R_{tp} 的平均值。

由不在同一次温坪得出的两次 W_{Sn} 之间的差值的绝对值换算为温度值应不超过表 2 规定的数值。则取其平均值作为 W_{Sn} 的最后检定结果。

5.3.15 测量 100°C (仅限于检定二等标准温度计)

金属沸点装置的各孔间差不应大于 1mK 。金属水沸点炉达到稳定的沸腾状态后,将被检温度计和标准温度计分别插入水沸点炉中(为了改善热交换条件,插管中应注入

少许甘油或变压器油),待温度计达到热平衡后,先测量标准温度计,再依次测量各被检温度计,然后以相反的顺序进行测量,最后测量标准温度计。由这样两个循环的测量,计算每支温度计 R_t 的平均值,测量完毕后,应立即按第 5.3.8 条的方法测定 R_{tp} , W_t 由式(15)计算得到:

$$W_t = R_t / \bar{R}_{tp} \quad (15)$$

为了计算到 100°C 时的 $W(100^\circ\text{C})$,可按式(16)计算:

$$W(100^\circ\text{C}) = W_t + K[W(100^\circ\text{C})^* - W_t^*] \quad (16)$$

式中: $W(100^\circ\text{C})$ ——标准温度计检定证书上的 $W(100^\circ\text{C})$;

W_t^* ——标准温度计在检定温度时的电阻比;

K ——系数,可由附录 D 查得。

由不在同一天测得的两次 $W(100^\circ\text{C})$ 的平均值,作为 $W(100^\circ\text{C})$ 的最后测定结果。两次 $W(100^\circ\text{C})$ 之间的偏差,应不超过表 2 的规定。

5.3.16 测量 W_{Ga}

镓熔点容器内的金属在使用前应处于固态,使用时将容器放入可控温的复现装置(可以是干体炉或液体槽)中,将其温度控制并保持在比融化点温度高 $1.5^\circ\text{C} \sim 3^\circ\text{C}$ 范围内,待分度的温度计插入其中,温度计达到热平衡后,即开始测量其电阻。工作基准温度计首先读取在规定测量电流的数值,然后测量自热效应,再读取温度计在规定测量电流的数值,如果工作基准自热测量前后的数个读数的最大差值换算为温度差值不大于 0.2mK ,则取数个读数的平均值 $\bar{R}_{Ga}$ 经修正后(修正项及修正方法见 5.3.22)作为温度计在镓熔点的电阻值 R_{Ga} 。

R_{Ga} 测量完毕后,应立即按第 5.3.8 条的方法测定 R_{tp} , W_{Ga} 由式(17)计算得到:

$$W_{Ga} = R_{Ga} / \bar{R}_{tp5} \quad (17)$$

式中, $\bar{R}_{tp5}$ 为测量 R_{Ga} 前后两次的 R_{tp} 的平均值。一、二等标准铂电阻温度计测量的数个读数的差值不大于 0.3mK 。

由不在同一次温坪得出的两次 W_{Ga} 之间的差值的绝对值换算为温度值应不超过表 2 规定的数值。则取其平均值作为 W_{Ga} 的最后检定结果。

5.3.17 W_{Ga} 值也可以由温度计在其他固定点检定完后通过计算得到。

5.3.18 测量 W_{Hg}

把汞三相点容器放入低温槽内,插入被检定温度计。降低温槽内温度至 -46°C ,使容器中的汞自然冷却。当确认汞完全凝固并出现过冷后,将恒温槽的温度回升至 -37°C ,并控制在此温度附近,使汞缓慢熔化。监测温度计电阻变化,当温坪出现后,即开始测量其电阻。工作基准温度计首先读取在规定测量电流的数值,然后测量自热效应,再读取温度计在规定测量电流的数值,前后读数的最大差值换算为温度值应不大于 0.2mK ,则取数个读数的平均值 $\bar{R}_{Hg}$ 经修正后(修正项及修正方法见 5.3.22)作为温度计在汞三相点的电阻值 R_{Hg} 。

R_{Hg} 测量完毕后,应立即按第 5.3.8 条的方法测定 R_{tp} , W_{Hg} 由式(18)计算得到:

$$W_{\text{Hg}} = R_{\text{Hg}} / \bar{R}_{\text{tp6}} \quad (18)$$

式中, $\bar{R}_{\text{tp6}}$ 为测量 R_{Hg} 前后两次的 R_{tp} 的平均值。一、二等标准铂电阻温度计测量的数个读数的差值不大于 0.3mK。

由不在同一次温坪得出的两次 W_{Hg} 的平均值作为 W_{Hg} 的最后检定结果。两次 W_{Hg} 之间的差值的绝对值换算为温度差值应不超过表 2 规定的数值。

5.3.19 测量 W_{Ar}

将液氮注入杜瓦瓶中, 使氩三相点容器全部逐渐浸泡在液氮中, 以保证氩全部冷凝。插入被检温度计, 观测温度计的电阻变化, 当确认氩全部凝固后, 将杜瓦瓶注满液氮。增加液氮的蒸汽压(或用脉冲加热法), 将温度控制在高于氩三相点温度(0.3~0.5)K 范围内, 使固态氩逐渐融化, 当温坪出现后(10min 内温度变化小于 0.2mK)即开始测量其电阻。工作基准温度计首先读取在规定测量电流的数值, 然后测量自热效应, 再读取温度计在规定测量电流的数值, 前后读数的最大差值换算为温度值应不大于 0.2mK, 则取其平均值 $\bar{R}_{\text{Ar}}$ 经修正后(修正项及修正方法见 5.3.22)作为温度计在氩三相点的电阻值 R_{Ar} 。

R_{Ar} 测量完毕后, 应立即按第 5.3.8 条的方法测定 R_{tp} , W_{Ar} 由式(19)计算得到:

$$W_{\text{Ar}} = R_{\text{Ar}} / \bar{R}_{\text{tp7}} \quad (19)$$

式中, $\bar{R}_{\text{tp7}}$ 为测量 R_{Ar} 前后两次的 R_{tp} 的平均值。一、二等标准铂电阻温度计测量的数个读数的差值不大于 0.3mK。

由不在同一次温坪得出的两次 W_{Ar} 之间的差值的绝对值换算为温度值应不超过表 2 规定的数值。两次 W_{Ar} 的平均值作为 W_{Ar} 的最后检定结果。

5.3.20 氮沸点的比较法测量(一、二等标准铂电阻温度计允许使用比较法)

用比较法检定时, 需要有一 $-190^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 范围的低温恒温槽或液氮比较槽。低温恒温槽的稳定度为: 检定一等标准优于 2.5mK/10min; 检定二等标准优于 5mK/10min。等温铜块温度计插孔间的温差为: 检定一等标准小于 1mK; 检定二等标准小于 2mK。如果用液氮比较槽检定, 槽中要注满液氮, 标准温度计和被检温度计要插入到铜块底部。如果用低温恒温槽检定, 则将温度控制在 -189.344°C 附近, 待槽温稳定度达到上述要求后将被检温度计和标准温度计分别插入液氮比较装置中。待温度计达到热平衡后先测量标准温度计, 再依次测量各被检温度计, 然后以相反顺序进行测量, 最后测量标准温度计。要进行两次循环四组数据, 分别计算标准温度计和被检温度计的测量平均值 $R_1(t)$ 和 $R_2(t)$ 。

$R_1(t)$ 和 $R_2(t)$ 测定后, 测量温度计的 R_{tp} , 按式(1)计算出它们各自的 $W_1(t)$ 和 $W_2(t)$ 。根据标准温度计的 $W_1(t)$ 及它的分度表, 确定检定时的温度。

5.3.21 允许采用其他满足 3.2 要求的方法实现各凝固点温坪、熔化温坪及三相点温坪。

5.3.22 数据处理

5.3.22.1 工作基准铂电阻温度计在水三相点、汞三相点、氩三相点、各凝固点温度以及镓熔点的测量值应进行静压修正、电桥所配标准电阻的温度修正, 如果固定点容器在

凝固点温度充入的氩气压力与标准大气压差值的绝对值小于 2.0kPa, 对凝固点温度的影响可忽略不计, 可不作气压修正, 否则需要进行气压修正。

一、二等标准铂电阻温度计除水三相点、汞三相点、氩三相点进行静压修正外其余固定点仅进行电桥所配标准电阻的温度修正。

5.3.22.2 R_{tp} , R_{Al} , R_{Zn} , R_{Sn} , R_{In} , R_{Ga} , R_{Hg} , R_{Ar} 静压修正后的电阻值:

$$R_{tp} = \bar{R}_{tp} \times (1 + 2.92 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1} \times l_{tp}) \quad (20)$$

$$R_{Al} = \bar{R}_{Al} - \bar{R}_{tp} \times 5.13 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1} \times l_{Al} \quad (21)$$

$$R_{Zn} = \bar{R}_{Zn} - \bar{R}_{tp} \times 9.44 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1} \times l_{Zn} \quad (22)$$

$$R_{Sn} = \bar{R}_{Sn} - \bar{R}_{tp} \times 8.17 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1} \times l_{Sn} \quad (23)$$

$$R_{In} = \bar{R}_{In} - \bar{R}_{tp} \times 1.25 \times 10^{-7} \text{cm}^{-1} \times l_{In} \quad (24)$$

$$R_{Ga} = \bar{R}_{Ga} + \bar{R}_{tp} \times 3.63 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1} \times l_{Ga} \quad (25)$$

$$R_{Hg} = \bar{R}_{Hg} - \bar{R}_{tp} \times 2.84 \times 10^{-7} \text{cm}^{-1} \times l_{Hg} \quad (26)$$

$$R_{Ar} = \bar{R}_{Ar} - \bar{R}_{tp} \times 1.33 \times 10^{-7} \text{cm}^{-1} \times l_{Ar} \quad (27)$$

式(20)~式(27)中的 R_{**} 为温度计在各固定点经过静压修正后的电阻值; l_{**} 为各固定点内样品液面至温度计感温元件的中部距离, 单位为厘米(cm)。

5.4 计算公式

温度计在各凝固点温度的电阻值及水三相点上的电阻值经以上各项修正后求出其各 W 值, 然后按以下公式计算偏差函数 $\Delta W(t)$ 并求出其系数。

5.4.1 $0^\circ\text{C} \sim 660.323^\circ\text{C}$ 温区内, 偏差函数用 $\Delta W_7(t)$ 表示:

$$\Delta W_7(t) = a_7[W(t) - 1] + b_7[W(t) - 1]^2 + c_7[W(t) - 1]^3 \quad (28)$$

式中, 系数 a_7 、 b_7 、 c_7 由温度计分别在锡、锌、铝凝固点测得的 $W(t)$ 按式(29)计算 $\Delta W_7(t)$ 计算求出。

$$\Delta W_7(t) = W(t) - W_r(t) \quad (29)$$

$$\begin{aligned} a_7 = \{ & \Delta W_{Sn}[(W_{Zn} - 1)^2(W_{Al} - 1)^3 - (W_{Zn} - 1)^3(W_{Al} - 1)^2] \\ & + \Delta W_{Zn}[(W_{Sn} - 1)^3(W_{Al} - 1)^2 - (W_{Sn} - 1)^2(W_{Al} - 1)^3] \\ & + \Delta W_{Al}[(W_{Sn} - 1)^2(W_{Zn} - 1)^3 - (W_{Sn} - 1)^3(W_{Zn} - 1)^2] \} / DA \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} b_7 = \{ & \Delta W_{Sn}[(W_{Zn} - 1)^3(W_{Al} - 1) - (W_{Zn} - 1)(W_{Al} - 1)^3] \\ & + \Delta W_{Zn}[(W_{Sn} - 1)(W_{Al} - 1)^3 - (W_{Sn} - 1)^3(W_{Al} - 1)] \\ & + \Delta W_{Al}[(W_{Sn} - 1)^3(W_{Zn} - 1) - (W_{Sn} - 1)(W_{Zn} - 1)^3] \} / DA \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} c_7 = \{ & \Delta W_{Sn}[(W_{Zn} - 1)(W_{Al} - 1)^2 - (W_{Zn} - 1)^2(W_{Al} - 1)] \\ & + \Delta W_{Zn}[(W_{Sn} - 1)^2(W_{Al} - 1) - (W_{Sn} - 1)(W_{Al} - 1)^2] \\ & + \Delta W_{Al}[(W_{Sn} - 1)(W_{Zn} - 1)^2 - (W_{Sn} - 1)^2(W_{Zn} - 1)] \} / DA \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} DA = & (W_{Sn} - 1)(W_{Zn} - 1)^2(W_{Al} - 1)^3 + (W_{Sn} - 1)^2(W_{Zn} - 1)^3(W_{Al} - 1) \\ & + (W_{Sn} - 1)^3(W_{Zn} - 1)(W_{Al} - 1)^2 - (W_{Sn} - 1)(W_{Zn} - 1)^3(W_{Al} - 1)^2 \\ & - (W_{Sn} - 1)^2(W_{Zn} - 1)(W_{Al} - 1)^3 - (W_{Sn} - 1)^3(W_{Zn} - 1)^2(W_{Al} - 1) \end{aligned} \quad (33)$$

5.4.2 0℃~419.527℃温区内, 偏差函数为 $\Delta W_8(t)$:

$$\Delta W_8(t) = a_8[W(t) - 1] + b_8[W(t) - 1]^2 \quad (34)$$

$$a_8 = [(W_{Zn} - 1)^2 \Delta W_{Sn} - (W_{Sn} - 1)^2 \Delta W_{Zn}] / DZ \quad (35)$$

$$b_8 = [(W_{Sn} - 1) \Delta W_{Zn} - (W_{Zn} - 1) \Delta W_{Sn}] / DZ \quad (36)$$

$$DZ = (W_{Sn} - 1)(W_{Zn} - 1)^2 - (W_{Zn} - 1)^2(W_{Sn} - 1) \quad (37)$$

式中, a_8 、 b_8 由温度计分别在锡、锌凝固点测得的 $\Delta W_8(t)$ 计算求出。

5.4.3 0℃~231.928℃温区内, 偏差函数用 $\Delta W_9(t)$ 表示:

$$\Delta W_9(t) = a_9[W(t) - 1] + b_9[W(t) - 1]^2 \quad (38)$$

式中, a_9 、 b_9 由温度计分别在锡、钢凝固点测得的 $\Delta W_9(t)$ 计算求出。 a_9 、 b_9 与 a_8 、 b_8 求法相同。

5.4.4 0℃~156.598 5℃温区内, 偏差函数用 $\Delta W_{10}(t)$ 表示:

$$\Delta W_{10}(t) = a_{10}[W(t) - 1] \quad (39)$$

式中, a_{10} 由温度计在钢凝固点测得的 $\Delta W_{10}(t) = W(t) - W_r(t)$ 计算求出。

5.4.5 0℃~29.764 6℃温区内, 偏差函数用 $\Delta W_{11}(t)$ 表示:

$$\Delta W_{11}(t) = a_{11}[W(t) - 1] \quad (40)$$

式中, a_{11} 由温度计在镓熔点测得的 $\Delta W_{11}(t) = W(t) - W_r(t)$ 计算求出。

5.4.6 -38.834 4℃~29.764 6℃温区内, 偏差函数用 $\Delta W_5(t)$ 表示:

$$\Delta W_5(t) = a_5[W(t) - 1] + b_5[W(t) - 1]^2 \quad (41)$$

式中, a_5 、 b_5 由温度计在镓熔点及汞三相点测得的 $\Delta W_5(t) = W(t) - W_r(t)$ 计算求出。其 a_5 、 b_5 与 a_8 、 b_8 求法相同。这里要特别注意, 0℃以上到镓熔点的参考函数 W_r 用公式(2)计算, 0℃以下到汞三相点的参考函数 W_r 用公式(5)计算, $W_r(\text{Hg}) = 0.844\ 142\ 11$ 。

5.4.7 0℃~-189.834 4℃温区内, 偏差函数用 $\Delta W_4(t)$ 表示:

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a_4[W(T_{90}) - 1] + b_4[W(T_{90}) - 1] \ln W(T_{90}) \quad (42)$$

式中, a_4 、 b_4 由温度计在氩三相点及汞三相点测得的 $W(T_{90})$ 计算求出。

定点法解出系数 a_4 、 b_4 为

$$a_4 = \frac{[W(\text{Hg}) - W_r(\text{Hg})][W(\text{Ar}) - 1] \ln W(\text{Ar}) - [W(\text{Ar}) - W_r(\text{Ar})][W(\text{Hg}) - 1] \ln W(\text{Hg})}{[W(\text{Hg}) - 1][W(\text{Ar}) - 1][\ln W(\text{Ar}) - \ln W(\text{Hg})]} \quad (43)$$

$$b_4 = \frac{[W(\text{Ar}) - W_r(\text{Ar})][W(\text{Hg}) - 1] - [W(\text{Hg}) - W_r(\text{Hg})][W(\text{Ar}) - 1]}{[W(\text{Hg}) - 1][W(\text{Ar}) - 1][\ln W(\text{Ar}) - \ln W(\text{Hg})]} \quad (44)$$

比较法解出系数 a_4 、 b_4 为

$$a_4 = \frac{[W(t_1) - W_r(t_1)][W(t_2) - 1] \ln W(t_2) - [W(t_2) - W_r(t_2)][W(t_1) - 1] \ln W(t_1)}{[W(t_1) - 1][W(t_2) - 1][\ln W(t_2) - \ln W(t_1)]} \quad (45)$$

$$b_4 = \frac{[W(t_2) - W_r(t_2)][W(t_2) - 1] - [W(t_1) - W_r(t_1)][W(t_2) - 1]}{[W(t_1) - 1][W(t_2) - 1][\ln W(t_2) - \ln W(t_1)]} \quad (46)$$

5.5 检定结果的处理

5.5.1 温度计等级

经检定符合上述等级各项要求的温度计，发给检定证书。检定证书应写明温度计的等级。对于不符合等级要求的温度计，检定证书上应写明不符合项，给予降等或出具检定结果通知书。

5.5.2 证书数据

检定证书上根据不同的温区给出数据，如 R_{tp} 、 W_{Al} 、 W_{Zn} 、 W_{Sn} 、 W_{In} 、 W_{Ga} 、 W_{Hg} 、 W_{Ar} 以及在水三相点测量的自热效应及系数 a 、 b 、 c (各温区不同系数下标不同)。对首次检定的温度计除给出以上数据外，还应给出稳定性试验前后的 W_t 及 R_{tp} 。在证书中应对其修正项作相关说明。

5.5.3 证书数据有效位数

检定证书上给出的数据位数见表 5。

表 5 检定证书上给出的数据位数

检 定 项 目	工作基准位数	一等标准位数	二等标准位数
R_{tp}/Ω	小数点后五位	小数点后四位	小数点后四位
W_{Ar}	小数点后七位	小数点后六位	小数点后五位
W_{Hg}	小数点后七位	小数点后六位	小数点后五位
W_{Ga}	小数点后七位	小数点后六位	小数点后五位
$W(100^\circ\text{C})$	小数点后七位	小数点后六位	小数点后五位
W_{In}	小数点后七位	小数点后六位	小数点后五位
W_{Sn}	小数点后七位	小数点后六位	小数点后五位
W_{Zn}	小数点后七位	小数点后六位	小数点后五位
W_{Al}	小数点后七位	小数点后六位	小数点后五位

检定证书上给出的系数 a 、 b 、 c 数据位数见表 6。

表 6 检定证书上给出的系数 a 、 b 、 c 数据位数

检 定 项 目	工作基准位数	一等标准位数	二等标准位数
a	小数点后八位	小数点后七位	小数点后六位
b	小数点后八位	小数点后七位	小数点后六位
c	小数点后八位	小数点后七位	小数点后六位

自热效应以毫开(mK)为单位，给到小数点后第一位。

5.6 检定周期

温度计检定周期一般不超过 2 年，如发现温度计在使用中 R_{tp} 的变化换算为温度差值超过表 1 的规定，应提前送检。

附录 A

检定证书(背面)格式

项 目	数 据
R_{tp}/Ω	
W_{Ar}	
W_{Hg}	
W_{Ga}	
W_{In}	
$W_{Sn}(W_{100})$	
W_{Zn}	
W_{Al}	
a	
b	
c	
自热效应/mK	

1. 温度计按 1990 年国际温标分度；
2. R_{tp} 为温度计在水三相点的电阻值； $W(t)=R(t)/R(0.01^{\circ}\text{C})$ ；
3. 分度时通过温度计的电流为 1mA；
4. 说明按规程作的各项修正；
5. 自热效应是水三相点时的测量值；
6. 下次送检请带此证书(或复印件)。

(以下空白)

附录 B

检定结果通知书(背面)格式

项 目	数 据	说 明
R_{tp}/Ω		
W_{Ar}		
W_{Hg}		
W_{Ga}		
W_{In}		
$W_{Sn}(W_{100})$		
W_{Zn}		
W_{Al}		
a		
b		
c		
自热效应/mK		

1. 温度计按 1990 年国际温标分度；
 2. R_{tp} 为温度计在水三相点的电阻值； $W(t)=R(t)/R(0.01^{\circ}\text{C})$ ；
 3. 分度时通过温度计的电流为 1mA；
 4. 说明按规程作的各项修正；
 5. 自热效应是水三相点时的测量值。
- (以下空白)

附录 C

参考函数 $W_r(t)$ 的系数数值表

i	A_i	B_i	C_i	D_i
0	-2.135 347 29	0.183 324 722	2.781 572 54	439.932 854
1	3.183 247 20	0.240 975 303	1.646 509 16	472.418 020
2	-1.801 435 97	0.209 108 771	-0.137 143 90	37.684 494
3	0.717 272 04	0.190 439 972	-0.006 497 67	7.472 018
4	0.503 440 27	0.142 648 498	-0.002 344 44	2.920 828
5	-0.618 993 95	0.077 993 465	0.005 118 68	0.005 184
6	-0.053 323 22	0.012 475 611	0.001 879 82	-0.963 864
7	0.280 213 62	-0.032 267 127	-0.002 044 72	-0.188 732
8	0.107 152 24	-0.075 291 522	-0.000 461 22	0.191 203
9	-0.293 028 65	-0.056 470 670	0.000 457 24	0.049 025
10	0.044 598 72	0.076 201 285		
11	0.118 686 32	0.123 893 204		
12	-0.052 481 34	-0.029 201 193		
13		-0.091 173 542		
14		0.001 317 696		
15		0.026 025 526		

附录 D

计算 $W(100^{\circ}\text{C})$ 公式中系数 K 的数值表 $\Delta W(100^{\circ}\text{C}) < 0$ 时适用

$\Delta W(100^{\circ}\text{C})$	-0.000 00	-0.000 01	-0.000 02	-0.000 03	-0.000 04	-0.000 05	-0.000 06	-0.000 07	-0.000 08	-0.000 09
0.000 0	1.000 00	0.999 97	0.999 95	0.999 92	0.999 90	0.999 87	0.999 84	0.999 82	0.999 79	0.999 77
-0.000 1	0.999 74	0.999 72	0.999 69	0.999 66	0.999 64	0.999 61	0.999 59	0.999 56	0.999 53	0.999 51
-0.000 2	0.999 48	0.999 46	0.999 43	0.999 41	0.999 38	0.999 35	0.999 33	0.999 30	0.999 28	0.999 25
-0.000 3	0.999 22	0.999 20	0.999 17	0.999 15	0.999 12	0.999 09	0.999 07	0.999 04	0.999 02	0.998 99
-0.000 4	0.998 97	0.998 94	0.998 91	0.998 89	0.998 86	0.998 84	0.998 81	0.998 78	0.998 76	0.998 73
-0.000 5	0.998 71	0.998 68	0.998 66	0.998 63	0.998 60	0.998 58	0.998 56	0.998 53	0.998 50	0.998 47
-0.000 6	0.998 45	0.998 42	0.998 40	0.998 37	0.998 35	0.998 32	0.998 29	0.998 27	0.998 24	0.998 22
-0.000 7	0.998 19	0.998 16	0.998 14	0.998 11	0.998 09	0.998 06	0.998 03	0.998 00	0.997 98	0.997 96
-0.000 8	0.997 93	0.997 91	0.997 88	0.997 88	0.997 83	0.997 80	0.997 78	0.997 75	0.997 72	0.997 70
-0.000 9	0.997 67	0.997 65	0.997 62	0.997 60	0.997 57	0.997 54	0.997 52	0.997 49	0.997 47	0.997 44
-0.001 0	0.997 41	0.997 39	0.997 36	0.997 34	0.997 31	0.997 28	0.997 26	0.997 23	0.997 21	0.997 18
-0.001 1	0.997 16	0.997 13	0.997 10	0.997 08	0.997 05	0.997 03	0.997 00	0.996 97	0.996 96	0.996 92
-0.001 2	0.996 90	0.996 87	0.996 85	0.996 82	0.996 79	0.996 77	0.996 74	0.996 72	0.996 69	0.996 66
-0.001 3	0.996 64	0.996 61	0.996 50	0.996 56	0.996 53	0.996 51	0.996 48	0.996 46	0.996 43	0.996 41
-0.001 4	0.996 38	0.996 35	0.996 33	0.996 30	0.996 28	0.996 25	0.996 22	0.996 20	0.996 17	0.996 15
-0.001 5	0.996 12	0.996 10	0.996 07	0.996 04	0.996 02	0.995 99	0.995 97	0.995 94	0.995 91	0.995 89
-0.001 6	0.995 86	0.995 84	0.995 81	0.995 79	0.995 76	0.995 73	0.995 71	0.995 68	0.995 66	0.995 63
-0.001 7	0.995 60	0.995 58	0.995 55	0.995 53	0.995 50	0.995 47	0.995 45	0.995 42	0.995 40	0.995 37
-0.001 8	0.995 35	0.995 32	0.995 29	0.995 27	0.995 24	0.995 22	0.995 19	0.995 16	0.995 14	0.995 11
-0.001 9	0.995 09	0.995 06	0.995 04	0.995 01	0.994 98	0.994 96	0.994 98	0.994 91	0.994 88	0.994 85
-0.002 0	0.994 83	0.994 80	0.994 78	0.994 75	0.994 72	0.994 70	0.994 67	0.994 65	0.994 62	0.994 60

 $\Delta W(100^{\circ}\text{C}) \geq 0$ 时适用

$\Delta W(100^{\circ}\text{C})$	0.000 00	0.000 01	0.000 02	0.000 03	0.000 04	0.000 05	0.000 06	0.000 07	0.000 08	0.000 09
0.000 0	1.000 00	1.000 03	1.000 05	1.000 08	1.000 10	1.000 13	1.000 16	1.000 18	1.000 21	1.000 23
0.000 1	1.000 26	1.000 28	1.000 31	1.000 34	1.000 36	1.000 39	1.000 41	1.000 44	1.000 47	1.000 49
0.000 2	1.000 52	1.000 54	1.000 57	1.000 59	1.000 62	1.000 65	1.000 67	1.000 67	1.000 70	1.000 76

此表给出计算 $W(100^{\circ}\text{C})$ 公式中系数 K 的数值。 K 是 $\Delta W(100^{\circ}\text{C}) = W(100^{\circ}\text{C}) - W^*(100^{\circ}\text{C})$ 的函数。 $\Delta W(100^{\circ}\text{C})$ 的前两位数列在横行的头部。尾数列在纵行的头

部，查表时可用在 100°C 附近的 $\Delta W_t = W_t - W_t^*$ 代替 $\Delta W(100^{\circ}\text{C})$ ，由此引起的误差可以忽略。

例 在一次水沸点检定中，测得标准温度计的 $W_t^* = 1.392\ 640$ ，被检温度计的 $W_t = 1.392\ 521$ ，而标准温度计上的 $W^*(100^{\circ}\text{C}) = 1.392\ 69$ 。

$$\Delta W(100^{\circ}\text{C}) \approx \Delta W_t = W_t - W_t^* = 1.392\ 521 - 1.392\ 640 = -0.000\ 119 = -0.001\ 2$$

查表得 $K = 0.999\ 69$ 。按下列公式 $W(100^{\circ}\text{C}) = W_t + K [W^*(100^{\circ}\text{C}) - W_t^*]$ 计算：

由于 $W(100^{\circ}\text{C}) = W_t + K [W^*(100^{\circ}\text{C}) - W_t^*]$

$$\text{则 } W(100^{\circ}\text{C}) = 1.392\ 521 + 0.999\ 69 \times 0.000\ 05 = 1.392\ 571$$



附录 E

(−189.344 2~0.01)℃温区内参考函数表

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt \times 1\,000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt \times 1\,000$
−190	0.213 012 75	4.340 903 75	−154	0.368 269 45	4.262 455 79
−189	0.217 354 18	4.341 881 19	−153	0.372 530 36	4.259 354 25
−188	0.221 696 38	4.342 458 34	−152	0.376 788 17	4.256 268 64
−187	0.226 038 97	4.342 666 52	−151	0.381 042 90	4.253 200 71
−186	0.230 381 60	4.342 535 03	−150	0.385 294 57	4.250 152 01
−185	0.234 723 94	4.342 091 27	−149	0.389 543 21	4.247 123 93
−184	0.239 065 69	4.341 360 81	−148	0.393 788 83	4.244 117 73
−183	0.243 406 57	4.340 367 55	−147	0.398 031 45	4.241 134 49
−182	0.247 746 34	4.339 133 77	−146	0.402 271 11	4.238 175 18
−181	0.252 084 77	4.337 680 25	−145	0.406 507 81	4.235 240 63
−180	0.256 421 64	4.336 026 35	−144	0.410 741 60	4.232 331 59
−179	0.260 756 76	4.334 190 11	−143	0.414 972 48	4.229 448 67
−178	0.265 089 96	4.332 188 33	−142	0.419 200 50	4.226 592 39
−177	0.269 421 09	4.330 036 62	−141	0.423 425 68	4.223 763 19
−176	0.273 749 99	4.327 749 51	−140	0.427 648 04	4.220 961 42
−175	0.278 076 54	4.325 340 51	−139	0.431 867 61	4.218 187 36
−174	0.282 400 63	4.322 822 13	−138	0.436 084 42	4.215 441 22
−173	0.286 722 16	4.320 206 02	−137	0.440 298 50	4.212 723 14
−172	0.291 041 02	4.317 502 98	−136	0.444 509 88	4.210 033 20
−171	0.295 357 14	4.314 722 99	−135	0.448 718 58	4.207 371 42
−170	0.299 670 44	4.311 875 34	−134	0.452 924 63	4.204 737 78
−169	0.303 980 87	4.308 968 58	−133	0.457 128 06	4.202 132 23
−168	0.308 288 36	4.306 010 66	−132	0.461 328 90	4.199 554 63
−167	0.312 592 87	4.303 008 91	−131	0.465 527 18	4.197 004 86
−166	0.316 894 37	4.299 970 08	−130	0.469 722 92	4.194 482 72
−165	0.321 192 80	4.296 900 43	−129	0.473 916 16	4.191 988 00
−164	0.325 488 16	4.293 805 71	−128	0.478 106 91	4.189 520 46
−163	0.329 780 41	4.290 691 22	−127	0.482 295 21	4.187 079 83
−162	0.334 069 54	4.287 561 83	−126	0.486 481 08	4.184 665 83
−161	0.338 355 53	4.284 422 02	−125	0.490 664 55	4.182 278 13
−160	0.342 638 38	4.281 275 89	−124	0.494 845 64	4.179 916 42
−159	0.346 918 08	4.278 127 20	−123	0.499 024 39	4.177 580 34
−158	0.351 194 63	4.274 979 39	−122	0.503 200 81	4.175 269 54
−157	0.355 468 04	4.271 835 61	−121	0.507 374 93	4.172 983 64
−156	0.359 738 31	4.268 698 72	−120	0.511 546 79	4.170 722 27
−155	0.364 005 44	4.265 571 32	−119	0.515 716 39	4.168 485 02

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$
-118	0.519 883 76	4.166 271 50	-78	0.684 978 82	4.092 626 49
-117	0.524 048 94	4.164 081 31	-77	0.689 070 66	4.091 057 71
-116	0.528 211 93	4.161 914 04	-76	0.693 160 93	4.089 498 33
-115	0.532 372 77	4.159 769 26	-75	0.697 249 66	4.087 948 15
-114	0.536 531 48	4.157 646 57	-74	0.701 336 83	4.086 406 98
-113	0.540 688 07	4.155 545 54	-73	0.705 422 47	4.084 874 62
-112	0.544 842 58	4.153 465 75	-72	0.709 506 59	4.083 350 90
-111	0.548 995 01	4.151 406 79	-71	0.713 589 18	4.081 835 64
-110	0.553 145 40	4.149 368 23	-70	0.717 670 26	4.080 328 67
-109	0.557 293 76	4.147 349 66	-69	0.721 749 84	4.078 829 83
-108	0.561 440 10	4.145 350 66	-68	0.725 827 92	4.077 338 96
-107	0.565 584 46	4.143 370 82	-67	0.729 904 52	4.075 855 91
-106	0.569 726 85	4.141 409 72	-66	0.733 979 64	4.074 380 53
-105	0.573 867 29	4.139 466 98	-65	0.738 053 28	4.072 912 67
-104	0.578 005 79	4.137 542 17	-64	0.742 125 46	4.071 452 21
-103	0.582 142 38	4.135 634 92	-63	0.746 196 19	4.069 999 00
-102	0.586 277 07	4.133 744 82	-62	0.750 265 47	4.068 552 93
-101	0.590 409 87	4.131 871 48	-61	0.754 333 30	4.067 113 86
-100	0.594 540 82	4.130 014 54	-60	0.758 399 70	4.065 681 68
-99	0.598 669 91	4.128 173 62	-59	0.762 464 66	4.064 256 27
-98	0.602 797 17	4.126 348 35	-58	0.766 528 21	4.062 837 52
-97	0.606 922 61	4.124 538 36	-57	0.770 590 34	4.061 425 32
-96	0.611 046 25	4.122 743 31	-56	0.774 651 06	4.060 019 56
-95	0.615 168 10	4.120 962 85	-55	0.778 710 38	4.058 620 15
-94	0.619 288 18	4.119 196 64	-54	0.782 768 31	4.057 226 98
-93	0.623 406 50	4.117 444 34	-53	0.786 824 84	4.055 839 96
-92	0.627 523 07	4.115 705 64	-52	0.790 879 99	4.054 458 99
-91	0.631 637 92	4.113 980 21	-51	0.794 933 76	4.053 083 99
-90	0.635 751 04	4.112 267 74	-50	0.798 986 16	4.051 714 85
-89	0.639 862 46	4.110 567 93	-49	0.803 037 19	4.050 351 49
-88	0.643 972 18	4.108 880 48	-48	0.807 086 86	4.048 993 83
-87	0.648 080 22	4.107 205 11	-47	0.811 135 18	4.047 641 77
-86	0.652 186 59	4.105 541 54	-46	0.815 182 15	4.046 295 24
-85	0.656 291 31	4.103 889 49	-45	0.819 227 77	4.044 954 14
-84	0.660 394 38	4.102 248 70	-44	0.823 272 06	4.043 618 39
-83	0.664 495 81	4.100 618 91	-43	0.827 315 01	4.042 287 92
-82	0.668 595 62	4.098 999 88	-42	0.831 356 63	4.040 962 63
-81	0.672 693 81	4.097 391 35	-41	0.835 396 94	4.039 642 44
-80	0.676 790 40	4.095 793 09	-40	0.839 435 92	4.038 327 27
-79	0.680 885 40	4.094 204 88	-39	0.843 473 59	4.037 017 03

表(续)

$t/^{\circ}\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$	$t/^{\circ}\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$
—38	0.847 509 96	4.035 711 63	—19	0.923 958 20	4.011 699 55
—37	0.851 545 02	4.034 410 99	—18	0.927 969 28	4.010 469 29
—36	0.855 578 78	4.033 115 02	—17	0.931 979 14	4.009 241 40
—35	0.859 611 25	4.031 823 63	—16	0.935 987 77	4.008 015 72
—34	0.863 642 43	4.030 536 72	—15	0.939 995 17	4.006 792 07
—33	0.867 672 32	4.029 254 20	—14	0.944 001 35	4.005 570 28
—32	0.871 700 94	4.027 975 98	—13	0.948 006 31	4.004 350 16
—31	0.875 728 28	4.026 701 95	—12	0.952 010 05	4.003 131 50
—30	0.879 754 34	4.025 432 00	—11	0.956 012 58	4.001 914 11
—29	0.883 779 14	4.024 166 05	—10	0.960 013 88	4.000 697 77
—28	0.887 802 68	4.022 903 96	—9	0.964 013 97	3.999 482 27
—27	0.891 824 95	4.021 645 64	—8	0.968 012 85	3.998 267 37
—26	0.895 845 97	4.020 390 97	—7	0.972 010 51	3.997 052 85
—25	0.899 865 74	4.019 139 82	—6	0.976 006 95	3.995 838 47
—24	0.903 884 25	4.017 892 06	—5	0.980 002 18	3.994 623 95
—23	0.907 901 52	4.016 647 58	—4	0.983 996 20	3.993 409 06
—22	0.911 917 55	4.015 406 23	—3	0.987 989 00	3.992 193 51
—21	0.915 932 33	4.014 167 87	—2	0.991 980 59	3.990 977 03
—20	0.919 945 88	4.012 932 36	—1	0.995 970 95	3.989 759 33
			0	0.999 960 10	3.988 540 11

附录 F

(0~660.323)℃温区内参考函数表

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt \times 1\,000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt \times 1\,000$
0	0.999 960 11	3.988 540 69	36	1.142 760 28	3.944 883 39
1	1.003 948 04	3.987 320 82	37	1.146 704 57	3.943 677 03
2	1.007 934 75	3.986 101 45	38	1.150 647 64	3.942 470 96
3	1.011 920 24	3.984 882 54	39	1.154 589 51	3.941 265 16
4	1.015 904 52	3.983 664 11	40	1.158 530 17	3.940 059 65
5	1.019 887 57	3.982 446 14	41	1.162 469 63	3.938 854 42
6	1.023 869 41	3.981 228 63	42	1.166 407 88	3.937 649 46
7	1.027 850 03	3.980 011 56	43	1.170 344 93	3.936 444 76
8	1.031 829 43	3.978 794 93	44	1.174 280 77	3.935 240 34
9	1.035 807 62	3.977 578 73	45	1.178 215 41	3.934 036 18
10	1.039 784 59	3.976 362 96	46	1.182 148 84	3.932 832 28
11	1.043 760 35	3.975 147 61	47	1.186 081 07	3.931 628 64
12	1.047 734 89	3.973 932 68	48	1.190 012 10	3.930 425 26
13	1.051 708 21	3.972 718 15	49	1.193 941 92	3.929 222 13
14	1.055 680 32	3.971 504 02	50	1.197 870 54	3.928 019 26
15	1.059 651 22	3.970 290 28	51	1.201 797 96	3.926 816 63
16	1.063 620 90	3.969 076 93	52	1.205 724 18	3.925 614 25
17	1.067 589 37	3.967 863 97	53	1.209 649 19	3.924 412 11
18	1.071 556 63	3.966 651 38	54	1.213 573 00	3.923 210 22
19	1.075 522 68	3.965 439 16	55	1.217 495 61	3.922 008 57
20	1.079 487 51	3.964 227 31	56	1.221 417 02	3.920 807 15
21	1.083 451 13	3.963 015 82	57	1.225 337 22	3.919 605 97
22	1.087 413 54	3.961 804 68	58	1.229 256 23	3.918 405 03
23	1.091 374 74	3.960 593 90	59	1.233 174 03	3.917 204 31
24	1.095 334 73	3.959 383 45	60	1.237 090 64	3.916 003 83
25	1.099 293 51	3.958 173 35	61	1.241 006 04	3.914 803 58
26	1.103 251 08	3.956 963 59	62	1.244 920 25	3.913 603 56
27	1.107 207 43	3.955 754 15	63	1.248 833 25	3.912 403 76
28	1.111 162 58	3.954 545 04	64	1.252 745 05	3.911 204 18
29	1.115 116 52	3.953 336 25	65	1.256 655 66	3.910 004 83
30	1.119 069 26	3.952 127 78	66	1.260 565 06	3.908 805 70
31	1.123 020 78	3.950 919 62	67	1.264 473 27	3.907 606 79
32	1.126 971 10	3.949 711 78	68	1.268 380 28	3.906 408 10
33	1.130 920 20	3.948 504 23	69	1.272 286 08	3.905 209 63
34	1.134 868 10	3.947 296 99	70	1.276 190 70	3.904 011 37
35	1.138 814 80	3.946 090 04	71	1.280 094 11	3.902 813 33

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$
72	1.283 996 32	3.901 615 51	112	1.439 104 97	3.853 871 22
73	1.287 897 34	3.900 417 89	113	1.442 958 25	3.852 681 76
74	1.291 797 16	3.899 220 49	114	1.446 810 34	3.851 492 50
75	1.295 695 78	3.898 023 30	115	1.450 661 23	3.850 303 44
76	1.299 593 20	3.896 826 32	116	1.454 510 94	3.849 114 59
77	1.303 489 43	3.895 629 56	117	1.458 359 46	3.847 925 94
78	1.307 384 46	3.894 433 00	118	1.462 206 80	3.846 737 49
79	1.311 278 30	3.893 236 65	119	1.466 052 94	3.845 549 25
80	1.315 170 94	3.892 040 50	120	1.469 897 89	3.844 361 21
81	1.319 062 38	3.890 844 57	121	1.473 741 66	3.843 173 38
82	1.322 952 63	3.889 648 84	122	1.477 584 24	3.841 985 75
83	1.326 841 68	3.888 453 31	123	1.481 425 63	3.840 798 32
84	1.330 729 53	3.887 257 99	124	1.485 265 84	3.839 611 10
85	1.334 616 19	3.886 062 88	125	1.489 104 86	3.838 424 08
86	1.338 501 66	3.884 867 97	126	1.492 942 69	3.837 237 27
87	1.342 385 93	3.883 673 26	127	1.496 779 33	3.836 050 67
88	1.346 269 01	3.882 478 76	128	1.500 614 79	3.834 864 27
89	1.350 150 89	3.881 284 46	129	1.504 449 06	3.833 678 08
90	1.354 031 57	3.880 090 36	130	1.508 282 14	3.832 492 10
91	1.357 911 07	3.878 896 47	131	1.512 114 04	3.831 306 32
92	1.361 789 37	3.877 702 78	132	1.515 944 76	3.830 120 75
93	1.365 666 47	3.876 509 28	133	1.519 774 28	3.828 935 39
94	1.369 542 39	3.875 316 00	134	1.523 602 63	3.827 750 24
95	1.373 417 11	3.874 122 91	135	1.527 429 79	3.826 565 29
96	1.377 290 63	3.872 930 02	136	1.531 255 76	3.825 380 56
97	1.381 162 97	3.871 737 34	137	1.535 080 55	3.824 196 03
98	1.385 034 11	3.870 544 86	138	1.538 904 15	3.823 011 71
99	1.388 904 06	3.869 352 57	139	1.542 726 57	3.821 827 61
100	1.392 772 81	3.868 160 49	140	1.546 547 81	3.820 643 71
101	1.396 640 38	3.866 968 61	141	1.550 367 86	3.819 460 02
102	1.400 506 75	3.865 776 94	142	1.554 186 73	3.818 276 55
103	1.404 371 93	3.864 585 46	143	1.558 004 41	3.817 093 29
104	1.408 235 92	3.863 394 18	144	1.561 820 91	3.815 910 23
105	1.412 098 72	3.862 203 11	145	1.565 636 23	3.814 727 39
106	1.415 960 33	3.861 012 23	146	1.569 450 37	3.813 544 76
107	1.419 820 74	3.859 821 56	147	1.573 263 32	3.812 362 35
108	1.423 679 97	3.858 631 09	148	1.577 075 09	3.811 180 14
109	1.427 538 01	3.857 440 82	149	1.580 885 68	3.809 998 15
110	1.431 394 85	3.856 250 75	150	1.584 695 09	3.808 816 38
111	1.435 250 51	3.855 060 89	151	1.588 503 31	3.807 634 81

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt \times 1\ 000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt \times 1\ 000$
152	1.592 310 36	3.806 453 46	192	1.743 625 80	3.759 376 36
153	1.596 116 22	3.805 272 33	193	1.747 384 59	3.758 203 86
154	1.599 920 90	3.804 091 40	194	1.751 142 21	3.757 031 57
155	1.603 724 40	3.802 910 70	195	1.754 898 65	3.755 859 49
156	1.607 526 72	3.801 730 20	196	1.758 653 93	3.754 687 62
157	1.611 327 86	3.800 549 92	197	1.762 408 03	3.753 515 97
158	1.615 127 82	3.799 369 86	198	1.766 160 96	3.752 344 52
159	1.618 926 60	3.798 190 01	199	1.769 912 72	3.751 173 29
160	1.622 724 20	3.797 010 38	200	1.773 663 31	3.750 002 27
161	1.626 520 62	3.795 830 97	201	1.777 412 72	3.748 831 46
162	1.630 315 87	3.794 651 76	202	1.781 160 97	3.747 660 87
163	1.634 109 93	3.793 472 78	203	1.784 908 05	3.746 490 48
164	1.637 902 81	3.792 294 01	204	1.788 653 95	3.745 320 29
165	1.641 694 52	3.791 115 46	205	1.792 398 69	3.744 150 32
166	1.645 485 04	3.789 937 12	206	1.796 142 25	3.742 980 56
167	1.649 274 39	3.788 759 00	207	1.799 884 65	3.741 811 00
168	1.653 062 56	3.787 581 10	208	1.803 625 87	3.740 641 65
169	1.656 849 55	3.786 403 41	209	1.807 365 93	3.739 472 50
170	1.660 635 37	3.785 225 95	210	1.811 104 82	3.738 303 56
171	1.664 420 00	3.784 048 69	211	1.814 842 54	3.737 134 83
172	1.668 203 47	3.782 871 66	212	1.818 579 09	3.735 966 29
173	1.671 985 75	3.781 694 84	213	1.822 314 47	3.734 797 96
174	1.675 766 85	3.780 518 23	214	1.826 048 68	3.733 629 84
175	1.679 546 78	3.779 341 85	215	1.829 781 73	3.732 461 91
176	1.683 325 54	3.778 165 68	216	1.833 513 61	3.731 294 19
177	1.687 103 12	3.776 989 73	217	1.837 244 32	3.730 126 67
178	1.690 879 52	3.775 813 99	218	1.840 973 86	3.728 959 34
179	1.694 654 74	3.774 638 47	219	1.844 702 24	3.727 792 22
180	1.698 428 80	3.773 463 17	220	1.848 429 45	3.726 625 29
181	1.702 201 67	3.772 288 08	221	1.852 155 49	3.725 458 55
182	1.705 973 37	3.771 113 21	222	1.855 880 36	3.724 292 02
183	1.709 743 90	3.769 938 56	223	1.859 604 07	3.723 125 68
184	1.713 513 25	3.768 764 12	224	1.863 326 61	3.721 959 53
185	1.717 281 43	3.767 589 90	225	1.867 047 99	3.720 793 57
186	1.721 048 43	3.766 415 89	226	1.870 768 20	3.719 627 81
187	1.724 814 26	3.765 242 10	227	1.874 487 25	3.718 462 24
188	1.728 578 91	3.764 068 52	228	1.878 205 13	3.717 296 86
189	1.732 342 39	3.762 895 16	229	1.881 921 84	3.716 131 66
190	1.736 104 70	3.761 722 01	230	1.885 637 39	3.714 966 66
191	1.739 865 84	3.760 549 08	231	1.889 351 77	3.713 801 84

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$
232	1.893 064 99	3.712 637 20	272	2.040 640 67	3.666 188 49
233	1.896 777 05	3.711 472 75	273	2.044 306 28	3.665 030 24
234	1.900 487 94	3.710 308 49	274	2.047 970 73	3.663 872 12
235	1.904 197 67	3.709 144 40	275	2.051 634 03	3.662 714 11
236	1.907 906 23	3.707 980 50	276	2.055 296 16	3.661 556 21
237	1.911 613 63	3.706 816 77	277	2.058 957 14	3.660 398 43
238	1.915 319 86	3.705 653 23	278	2.062 616 96	3.659 240 76
239	1.919 024 93	3.704 489 86	279	2.066 275 62	3.658 083 21
240	1.922 728 84	3.703 326 66	280	2.069 933 13	3.656 925 76
241	1.926 431 59	3.702 163 64	281	2.073 589 47	3.655 768 42
242	1.930 133 17	3.701 000 80	282	2.077 244 66	3.654 611 18
243	1.933 833 59	3.699 838 12	283	2.080 898 70	3.653 454 04
244	1.937 532 85	3.698 675 62	284	2.084 551 57	3.652 297 00
245	1.941 230 94	3.697 513 29	285	2.088 203 29	3.651 140 06
246	1.944 927 87	3.696 351 12	286	2.091 853 85	3.649 983 22
247	1.948 623 64	3.695 189 12	287	2.095 503 26	3.648 826 47
248	1.952 318 25	3.694 027 28	288	2.099 151 50	3.647 669 81
249	1.956 011 70	3.692 865 61	289	2.102 798 60	3.646 513 24
250	1.959 703 98	3.691 704 10	290	2.106 444 53	3.645 356 75
251	1.963 395 10	3.690 542 75	291	2.110 089 31	3.644 200 35
252	1.967 085 07	3.689 381 55	292	2.113 732 93	3.643 044 04
253	1.970 773 87	3.688 220 52	293	2.117 375 40	3.641 887 80
254	1.974 461 51	3.687 059 64	294	2.121 016 71	3.640 731 64
255	1.978 147 99	3.685 898 91	295	2.124 656 86	3.639 575 56
256	1.981 833 31	3.684 738 34	296	2.128 295 86	3.638 419 55
257	1.985 517 46	3.683 577 92	297	2.131 933 70	3.637 263 61
258	1.989 200 46	3.682 417 64	298	2.135 570 39	3.636 107 74
259	1.992 882 30	3.681 257 52	299	2.139 205 92	3.634 951 94
260	1.996 562 98	3.680 097 53	300	2.142 840 29	3.633 796 20
261	2.000 242 49	3.678 937 70	301	2.146 473 51	3.632 640 52
262	2.003 920 85	3.677 778 00	302	2.150 105 57	3.631 484 90
263	2.007 598 05	3.676 618 45	303	2.153 736 48	3.630 329 34
264	2.011 274 09	3.675 459 03	304	2.157 366 23	3.629 173 83
265	2.014 948 97	3.674 299 76	305	2.160 994 82	3.628 018 38
266	2.018 622 69	3.673 140 61	306	2.164 622 27	3.626 862 97
267	2.022 295 25	3.671 981 60	307	2.168 248 55	3.625 707 62
268	2.025 966 65	3.670 822 73	308	2.171 873 68	3.624 552 31
269	2.029 636 90	3.669 663 98	309	2.175 497 66	3.623 397 04
270	2.033 305 98	3.668 505 36	310	2.179 120 47	3.622 241 81
271	2.036 973 91	3.667 346 86	311	2.182 742 14	3.621 086 61

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$
312	2.186 362 65	3.619 931 46	352	2.330 235 87	3.573 724 52
313	2.189 982 00	3.618 776 33	353	2.333 809 02	3.572 568 57
314	2.193 600 20	3.617 621 24	354	2.337 381 01	3.571 412 55
315	2.197 217 24	3.616 466 17	355	2.340 951 84	3.570 256 45
316	2.200 833 13	3.615 311 13	356	2.344 521 52	3.569 100 27
317	2.204 447 87	3.614 156 11	357	2.348 090 04	3.567 944 01
318	2.208 061 45	3.613 001 11	358	2.351 657 41	3.566 787 66
319	2.211 673 87	3.611 846 13	359	2.355 223 62	3.565 631 22
320	2.215 285 14	3.610 691 16	360	2.358 788 67	3.564 474 69
321	2.218 895 25	3.609 536 21	361	2.362 352 57	3.563 318 06
322	2.222 504 21	3.608 381 27	362	2.365 915 31	3.562 161 34
323	2.226 112 01	3.607 226 33	363	2.369 476 89	3.561 004 52
324	2.229 718 66	3.606 071 40	364	2.373 037 32	3.559 847 60
325	2.233 324 16	3.604 916 47	365	2.376 596 58	3.558 690 57
326	2.236 928 50	3.603 761 54	366	2.380 154 70	3.557 533 43
327	2.240 531 68	3.602 606 60	367	2.383 711 65	3.556 376 19
328	2.244 133 71	3.601 451 66	368	2.387 267 45	3.555 218 82
329	2.247 734 58	3.600 296 72	369	2.390 822 09	3.554 061 35
330	2.251 334 30	3.599 141 76	370	2.394 375 57	3.552 903 75
331	2.254 932 87	3.597 986 79	371	2.397 927 90	3.551 746 04
332	2.258 530 28	3.596 831 80	372	2.401 479 06	3.550 588 20
333	2.262 126 53	3.595 676 79	373	2.405 029 07	3.549 430 23
334	2.265 721 63	3.594 521 76	374	2.408 577 92	3.548 272 13
335	2.269 315 57	3.593 366 71	375	2.412 125 62	3.547 113 90
336	2.272 908 36	3.592 211 63	376	2.415 672 15	3.545 955 54
337	2.276 500 00	3.591 056 52	377	2.419 217 53	3.544 797 04
338	2.280 090 48	3.589 901 38	378	2.422 761 75	3.543 638 40
339	2.283 679 80	3.588 746 20	379	2.426 304 80	3.542 479 62
340	2.287 267 97	3.587 590 99	380	2.429 846 70	3.541 320 69
341	2.290 854 98	3.586 435 74	381	2.433 387 45	3.540 161 61
342	2.294 440 84	3.585 280 44	382	2.436 927 03	3.539 002 38
343	2.298 025 54	3.584 125 10	383	2.440 465 45	3.537 843 00
344	2.301 609 09	3.582 969 71	384	2.444 002 71	3.536 683 47
345	2.305 191 48	3.581 814 26	385	2.447 538 82	3.535 523 77
346	2.308 772 72	3.580 658 77	386	2.451 073 76	3.534 363 92
347	2.312 352 80	3.579 503 22	387	2.454 607 55	3.533 203 90
348	2.315 931 72	3.578 347 61	388	2.458 140 17	3.532 043 71
349	2.319 509 49	3.577 191 94	389	2.461 671 63	3.530 883 36
350	2.323 086 11	3.576 036 20	390	2.465 201 94	3.529 722 83
351	2.326 661 57	3.574 880 39	391	2.468 731 08	3.528 562 13

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$
392	2.472 259 06	3.527 401 25	432	2.612 424 16	3.480 792 93
393	2.475 785 88	3.526 240 19	433	2.615 904 37	3.479 622 72
394	2.479 311 54	3.525 078 96	434	2.619 383 40	3.478 452 23
395	2.482 836 04	3.523 917 53	435	2.622 861 27	3.477 281 47
396	2.486 359 38	3.522 755 92	436	2.626 337 97	3.476 110 43
397	2.489 881 55	3.521 594 12	437	2.629 813 49	3.474 939 11
398	2.493 402 56	3.520 432 13	438	2.633 287 85	3.473 767 50
399	2.496 922 41	3.519 269 95	439	2.636 761 03	3.472 595 61
400	2.500 441 10	3.518 107 56	440	2.640 233 04	3.471 423 44
401	2.503 958 63	3.516 944 98	441	2.643 703 87	3.470 250 97
402	2.507 474 99	3.515 782 20	442	2.647 173 54	3.469 078 22
403	2.510 990 19	3.514 619 21	443	2.650 642 03	3.467 905 17
404	2.514 504 23	3.513 456 01	444	2.654 109 35	3.466 731 83
405	2.518 017 11	3.512 292 61	445	2.657 575 49	3.465 558 19
406	2.521 528 82	3.511 128 99	446	2.661 040 47	3.464 384 25
407	2.525 039 36	3.509 965 16	447	2.664 504 26	3.463 210 02
408	2.528 548 75	3.508 801 11	448	2.667 966 89	3.462 035 48
409	2.532 056 97	3.507 636 85	449	2.671 428 33	3.460 860 64
410	2.535 564 02	3.506 472 36	450	2.674 888 61	3.459 685 49
411	2.539 069 91	3.505 307 65	451	2.678 347 70	3.458 510 04
412	2.542 574 64	3.504 142 71	452	2.681 805 63	3.457 334 28
413	2.546 078 20	3.502 977 54	453	2.685 262 37	3.456 158 21
414	2.549 580 59	3.501 812 15	454	2.688 717 94	3.454 981 82
415	2.553 081 82	3.500 646 52	455	2.692 172 34	3.453 805 13
416	2.556 581 88	3.499 480 65	456	2.695 625 55	3.452 628 11
417	2.560 080 78	3.498 314 55	457	2.699 077 59	3.451 450 78
418	2.563 578 51	3.497 148 20	458	2.702 528 45	3.450 273 14
419	2.567 075 08	3.495 981 62	459	2.705 978 14	3.449 095 17
420	2.570 570 48	3.494 814 78	460	2.709 426 64	3.447 916 88
421	2.574 064 71	3.493 647 71	461	2.712 873 97	3.446 738 27
422	2.577 557 77	3.492 480 38	462	2.716 320 12	3.445 559 33
423	2.581 049 67	3.491 312 80	463	2.719 765 09	3.444 380 06
424	2.584 540 40	3.490 144 97	464	2.723 208 88	3.443 200 47
425	2.588 029 96	3.488 976 88	465	2.726 651 49	3.442 020 55
426	2.591 518 35	3.487 808 54	466	2.730 092 92	3.440 840 30
427	2.595 005 57	3.486 639 93	467	2.733 533 17	3.439 659 72
428	2.598 491 63	3.485 471 06	468	2.736 972 24	3.438 478 80
429	2.601 976 52	3.484 301 93	469	2.740 410 13	3.437 297 55
430	2.605 460 23	3.483 132 53	470	2.743 846 84	3.436 115 96
431	2.608 942 78	3.481 962 87	471	2.747 282 36	3.434 934 04

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$
472	2.750 716 70	3.433 751 78	512	2.887 117 09	3.386 171 61
473	2.754 149 86	3.432 569 17	513	2.890 502 66	3.384 974 64
474	2.757 581 84	3.431 386 23	514	2.893 887 04	3.383 777 30
475	2.761 012 64	3.430 202 94	515	2.897 270 22	3.382 579 59
476	2.764 442 25	3.429 019 31	516	2.900 652 20	3.381 381 50
477	2.767 870 68	3.427 835 34	517	2.904 032 98	3.380 183 05
478	2.771 297 92	3.426 651 02	518	2.907 412 56	3.378 984 22
479	2.774 723 98	3.425 466 35	519	2.910 790 95	3.377 785 02
480	2.778 148 85	3.424 281 33	520	2.914 168 13	3.376 585 45
481	2.781 572 54	3.423 095 97	521	2.917 544 12	3.375 385 51
482	2.784 995 04	3.421 910 25	522	2.920 918 90	3.374 185 19
483	2.788 416 36	3.420 724 18	523	2.924 292 49	3.372 984 50
484	2.791 836 49	3.419 537 76	524	2.927 664 87	3.371 783 44
485	2.795 255 44	3.418 350 99	525	2.931 036 06	3.370 582 01
486	2.798 673 19	3.417 163 86	526	2.934 406 04	3.369 380 20
487	2.802 089 76	3.415 976 38	527	2.937 774 82	3.368 178 03
488	2.805 505 15	3.414 788 54	528	2.941 142 39	3.366 975 48
489	2.808 919 34	3.413 600 35	529	2.944 508 77	3.365 772 56
490	2.812 332 35	3.412 411 79	530	2.947 873 94	3.364 569 26
491	2.815 744 16	3.411 222 88	531	2.951 237 90	3.363 365 60
492	2.819 154 79	3.410 033 61	532	2.954 600 67	3.362 161 56
493	2.822 564 23	3.408 843 98	533	2.957 962 23	3.360 957 16
494	2.825 972 48	3.407 653 98	534	2.961 322 58	3.359 752 38
495	2.829 379 54	3.406 463 63	535	2.964 681 73	3.358 547 23
496	2.832 785 41	3.405 272 91	536	2.968 039 68	3.357 341 72
497	2.836 190 08	3.404 081 83	537	2.971 396 42	3.356 135 83
498	2.839 593 57	3.402 890 38	538	2.974 751 95	3.354 929 57
499	2.842 995 87	3.401 698 57	539	2.978 106 27	3.353 722 95
500	2.846 396 97	3.400 506 40	540	2.981 459 39	3.352 515 95
501	2.849 796 88	3.399 313 85	541	2.984 811 31	3.351 308 59
502	2.853 195 60	3.398 120 95	542	2.988 162 01	3.350 100 86
503	2.856 593 12	3.396 927 67	543	2.991 511 51	3.348 892 77
504	2.859 989 45	3.395 734 03	544	2.994 859 80	3.347 684 30
505	2.863 384 59	3.394 540 02	545	2.998 206 88	3.346 475 47
506	2.866 778 53	3.393 345 64	546	3.001 552 75	3.345 266 28
507	2.870 171 28	3.392 150 89	547	3.004 897 41	3.344 056 72
508	2.873 562 83	3.390 955 78	548	3.008 240 86	3.342 846 80
509	2.876 953 19	3.389 760 29	549	3.011 583 10	3.341 636 51
510	2.880 342 35	3.388 564 43	550	3.014 924 13	3.340 425 87
511	2.883 730 32	3.387 368 20	551	3.018 263 95	3.339 214 86

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt * 1\ 000$
552	3.021 602 56	3.338 003 48	592	3.154 149 73	3.289 264 75
553	3.024 939 96	3.336 791 75	593	3.157 438 38	3.288 039 57
554	3.028 276 15	3.335 579 66	594	3.160 725 81	3.286 814 09
555	3.031 611 12	3.334 367 21	595	3.164 012 01	3.285 588 30
556	3.034 944 88	3.333 154 41	596	3.167 296 98	3.284 362 21
557	3.038 277 43	3.331 941 24	597	3.170 580 73	3.283 135 82
558	3.041 608 76	3.330 727 72	598	3.173 863 26	3.281 909 13
559	3.044 938 88	3.329 513 85	599	3.177 144 55	3.280 682 15
560	3.048 267 79	3.328 299 62	600	3.180 424 62	3.279 454 88
561	3.051 595 48	3.327 085 04	601	3.183 703 46	3.278 227 31
562	3.054 921 96	3.325 870 11	602	3.186 981 07	3.276 999 46
563	3.058 247 22	3.324 654 83	603	3.190 257 46	3.275 771 32
564	3.061 571 27	3.323 439 19	604	3.193 532 62	3.274 542 89
565	3.064 894 10	3.322 223 21	605	3.196 806 55	3.273 314 18
566	3.068 215 72	3.321 006 88	606	3.200 079 25	3.272 085 19
567	3.071 536 12	3.319 790 21	607	3.203 350 72	3.270 855 93
568	3.074 855 30	3.318 573 19	608	3.206 620 96	3.269 626 38
569	3.078 173 26	3.317 355 82	609	3.209 889 97	3.268 396 57
570	3.081 490 01	3.316 138 11	610	3.213 157 75	3.267 166 48
571	3.084 805 54	3.314 920 07	611	3.216 424 30	3.265 936 12
572	3.088 119 85	3.313 701 68	612	3.219 689 62	3.264 705 49
573	3.091 432 94	3.312 482 95	613	3.222 953 71	3.263 474 60
574	3.094 744 81	3.311 263 89	614	3.226 216 57	3.262 243 45
575	3.098 055 47	3.310 044 49	615	3.229 478 20	3.261 012 03
576	3.101 364 90	3.308 824 75	616	3.232 738 60	3.259 780 36
577	3.104 673 12	3.307 604 68	617	3.235 997 76	3.258 548 44
578	3.107 980 11	3.306 384 29	618	3.239 255 69	3.257 316 26
579	3.111 285 89	3.305 163 56	619	3.242 512 39	3.256 083 83
580	3.114 590 44	3.303 942 50	620	3.245 767 86	3.254 851 15
581	3.117 893 77	3.302 721 11	621	3.249 022 09	3.253 618 22
582	3.121 195 88	3.301 499 40	622	3.252 275 10	3.252 385 06
583	3.124 496 77	3.300 277 37	623	3.255 526 86	3.251 151 65
584	3.127 796 44	3.299 055 01	624	3.258 777 40	3.249 918 00
585	3.131 094 88	3.297 832 33	625	3.262 026 70	3.248 684 12
586	3.134 392 10	3.296 609 34	626	3.265 274 77	3.247 450 01
587	3.137 688 10	3.295 386 02	627	3.268 521 60	3.246 215 67
588	3.140 982 87	3.294 162 39	628	3.271 767 20	3.244 981 10
589	3.144 276 42	3.292 938 45	629	3.275 011 56	3.243 746 30
590	3.147 568 75	3.291 714 19	630	3.278 254 69	3.242 511 28
591	3.150 859 85	3.290 489 63	631	3.281 496 59	3.241 276 04

表(续)

$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt \times 1\,000$	$t/^\circ\text{C}$	$W_r(t)$	$dW_r/dt \times 1\,000$
632	3.284 737 24	3.240 040 59	647	3.333 198 74	3.221 484 65
633	3.287 976 67	3.238 804 92	648	3.336 419 60	3.220 246 11
634	3.291 214 85	3.237 569 04	649	3.339 639 23	3.219 007 40
635	3.294 451 80	3.236 332 95	650	3.342 857 62	3.217 768 53
636	3.297 687 52	3.235 096 66	651	3.346 074 77	3.216 529 50
637	3.300 922 00	3.233 860 16	652	3.349 290 68	3.215 290 31
638	3.304 155 24	3.232 623 46	653	3.352 505 35	3.214 050 96
639	3.307 387 24	3.231 386 57	654	3.355 718 78	3.212 811 46
640	3.310 618 01	3.230 149 48	655	3.358 930 97	3.211 571 81
641	3.313 847 54	3.228 912 20	656	3.362 141 92	3.210 332 01
642	3.317 075 84	3.227 674 73	657	3.365 351 63	3.209 092 07
643	3.320 302 89	3.226 437 07	658	3.368 560 11	3.207 851 99
644	3.323 528 71	3.225 199 23	659	3.371 767 34	3.206 611 78
645	3.326 753 29	3.223 961 21	660	3.374 973 33	3.205 371 43
646	3.329 976 63	3.222 723 02	661	3.378 178 08	3.204 130 95