

TM 93-45C₂

76179

溫度測量仪器及其檢定

苏联全苏計量科学研究所編著

国家計量局 译

中国工业出版社

15-96-4562
1M93-4562

76179

温度测量仪器及其检定

苏联全苏计量科学研究院编著

国家计量局译

中国工业出版社

內 容 簡 介

本書內容包括蘇聯量具計器總局批准的溫度測量儀器檢定規程、這些儀器的描述以及這些儀器和檢定裝置的使用說明。

原書是供蘇聯部長會議標準和量具計器委員會系統的国家檢定員及工業企業和其他機構對溫度測量儀器進行機關監督的工作人員應用的。

本書內容詳細，是溫度計量工作方面很好的參考資料。

蘇聯 ВНИИМ имени Д.И. Менделеева 編 'Приборы для измерения температуры и их поверка' (Стандартгиз 1957年第一版)

* * *

溫度測量儀器及其檢定

國家計量局譯

(根據機械工業出版社紙型重印)

機械工業圖書編輯部編輯 (北京阜成門外百萬莊)

中國工業出版社出版 (北京佟麟閣路丙10號)

(北京市書刊出版事業許可證出字第110號)

中國工業出版社第四印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*
開本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印張 $14^{15/16}$ ·插頁1·字數384,000

1960年1月北京第一版

1962年3月北京新一版·1963年5月北京第二次印刷

印數2,571—3,863·定價(10-7)2.30元

*
統一書號: 15165·1562(一機-298)

目 次

序言	7
----------	---

第一部分 儀器的結構及作用原理

第一章 溫標	9
--------------	---

定義	9
----------	---

國際溫標第一類固定點	10
------------------	----

國際溫標的內插範圍	10
-----------------	----

第二類固定點	11
--------------	----

溫標傳遞系統	12
--------------	----

第二章 電阻溫度計	16
-----------------	----

電阻溫度計的結構及作用原理	16
---------------------	----

用于電阻溫度計的測量設備和儀器	30
-----------------------	----

誤差的基本來源	43
---------------	----

第三章 液體溫度計	54
-----------------	----

結構及作用原理	54
---------------	----

液體溫度計的基本類型	58
------------------	----

工業用液體溫度計	60
----------------	----

實驗室用液體溫度計	66
-----------------	----

標準溫度計	68
-------------	----

誤差的基本來源	69
---------------	----

液體溫度計使用規則	75
-----------------	----

第四章 壓力溫度計	77
-----------------	----

結構及作用原理	77
---------------	----

誤差的基本來源	83
---------------	----

壓力溫度計使用規則	85
-----------------	----

第五章 熱電偶	87
---------------	----

作用原理	87
------------	----

最常用的熱電偶	91
---------------	----

热电偶的结构形状	96
补偿导线	98
第六章 高温毫伏计与热电高温计	100
高温毫伏计结构及作用原理	100
高温毫伏计的主要类型	103
热电高温计(成套的)的误差	106
第七章 自动电位计	109
作用原理、基本特性及电路	109
CII型电位计的随从系统	112
电子电位计的随从系统	113
辅助装备	115
第八章 光学高温计	118
辐射定律	118
亮度温度	121
《有效》波长的概念	123
颜色高温测定法	124
单色光学高温计的结构及作用原理	126
光学高温计使用规则	133
第九章 温度灯	135
结构和作用原理	135
温度灯使用规则	139
第十章 辐射高温计	140
结构和作用原理	140
辐射高温计使用规则	146
第十一章 检定设备	147
恒温装置	147
恒温槽的试验	164
检定工业光学高温计的设备	166
电位计	173

第二部分 检定规程

标准铂电阻温度计检定规程GB156-54	187
----------------------------	-----

工业用铂和铜电阻温度计检定规程№157-54	194
配合电阻温度计使用的测量仪器及设备检定规程№158-54	200
液体温度计检定规程№159-54	215
压力计式温度计检定规程№160-54	267
高温范围内使用的标准铂铑-铂热电偶检定规程№161-54	275
2等标准铜-康铜热电偶检定规程№162-54	284
工作热电偶检定规程№163-54	290
高温毫伏计检定规程№164-54	296
热电高温计(成套)检定规程№165-54	311
自动电位计检定规程№166-54	316
工业用灼热消丝式光学高温计检定规程№167-54	330
2等标准温度灯与实验室用温度灯检定规程№168-54	342
工业用辐射高温计检定规程№169-54	347
附录	359
附录1 第二类固定点(温度以 $^{\circ}\text{C}$ 计)	359
附录2 铜温度计分度表	360
附录3 标准铂电阻温度计分度表	361
附录4 非标准铂电阻温度计分度表	369
附录5 铂铑-铂热电偶分度表	372
附录6 镍铬-镍铝镁热电偶分度表	376
附录7 镍铬-镍铜热电偶分度表	379
附录8 HK-CA 热电偶分度表	381
附录9 ГОСТ 6616-53 没有规定的热电偶分度表	382
附录10 从0到 -100°C 温度间隔内铜-康铜热电偶的热电势	383
附录11 铜-康铜热电偶、铁-康铜热电偶分度表	385
附录12 配合 PII 型辐射高温计的 1.0 级 МИ-38 型毫伏计标尺 的分度数据	387
附录13 配合 PII 型辐射高温计的 1.5 级 МИБ-46、СТ、ЭРМ-47 型毫伏计标尺的分度数据	388
附录14 配合 PII 型辐射高温计的自动电位计标尺的分度数据	389
附录15 PII 型辐射高温计望远镜的分度数据	390

附录16	在 0 到 660℃ 間隔內由鉑溫度改为国际溫标溫度的換算表.....	391
附录17	从 0 到 -190℃ 間隔內由鉑溫度改为国际溫标溫度的換算表.....	400
附录18	帶黃銅标尺的气压計示值換算为 0℃ 时数值修正表.....	404
附录19	換算成标准重力下气压計压力的修正表.....	405
附录20	水柱毫米改为水銀柱毫米換算表.....	406
附录21	有关气压的水沸騰溫度.....	406
附录22	根据檢定結果計算 R_{100} 的修正值 (ΔR_t) 表	407
附录23	比率計、平衡电桥与不平衡电桥的允許偏差 (以欧計)	408
附录24	按固定点分度的鉑銻-鉑热电偶热电动势計算輔助表	409
附录25	$\frac{1}{T} = \frac{1}{t + 273}$ 数值表.....	430
附录26	苏联生产的电阻溫度計的主要技术数据.....	440
附录27	液体溫度計刻綫長度和标尺板寬度的比例.....	441
附录28	ТИРТ型溫度計平均分度值表	441
附录29	压力計式溫度計測量范围, °C.....	442
附录30	法定溫度測量仪器一覽表.....	443
附录31	測定受热器迟滯常数的方法.....	451
附录32	溫度計烙印須知.....	453
附录33~59	各种仪器檢定記錄的格式.....	455

序 言

本書是檢定溫度測量的工作儀器和標準儀器的指導材料。無論蘇聯部長會議標準和量具計器委員會的檢查機關進行儀器的國家檢定，或為實現機關監督而進行的檢定，都必須以這些材料為指南。

本書分兩部分。第一部分敘述最廣泛應用的儀器，並對這些儀器的使用作了說明。這部分主要是供各工業部門監督機構的工作人員閱讀，使他們可以實施監督計量儀器的正確使用。

第二部分包括各種儀器的檢定規程。各種儀器進行檢定所必需的輔助表以及檢定記錄的格式，則收集在附錄中。

本書的初稿是全蘇計量科學研究院（ВНИИМ）與莫斯科國家量具計器研究院（МГИМИП）的工作人員物理-數學副博士 А. Н. 果爾多夫（全蘇計量科學研究院）和工程師 С. М. 若爾可夫斯基與 А. Г. 索司諾夫斯基（莫斯科國家量具計器研究院）所編寫。

本書的最後校閱與準備付印，是根據蘇聯量具計器總局的指示，由全蘇計量科學研究院（門德烈也夫研究院）負責的。

在最後校閱與準備出版工作中，吸收了全蘇計量科學研究院的下列工作人員參加，對本書內容作了部分加工和補充：

第一章——А. Н. 果爾多夫。

第二章與檢定規程 1、2 和 3——Ф. З. 阿里耶娃與 Б. И. 彼里勃楚克。

第三章與檢定規程 4——Ф. З. 阿里耶娃、Н. З. 多爾慈、Н. Н. 門德沃捷夫、Б. И. 彼里勃楚克與 Ю. Ф. 華里伯爾格。

第四章與檢定規程 5——Ф. З. 阿里耶娃與 Б. И. 彼里勃楚克。

第五章与檢定規程 6、7 和 8 —— Б. И. 彼里勃楚克 与 Н. Н. 埃尔加而得。

第六章与檢定規程 9 和 10 —— А. С. 阿尔夏諾夫。

第七章与檢定規程 11 —— И. И. 克冷可夫。

第八、九、十章与檢定規程 12、13 和 14 —— А. Н. 果尔多夫、И. И. 克冷可夫 与 Э. А. 拉彼那。

第十一章——上面所列举的全部全苏計量科学 研 究 院 工 作 人 員。

第一部分

仪器的结构及作用原理

第一章 温标

定 义

为了統一溫度計量起見，在苏联采用了国际温标，規定于1934年10月1日起实施的全苏标准（OCT BKC 6954）中。国际温标是建立在一系列固定的和复制的平衡溫度（第一类固定点）以及几个專用公式上。这些平衡溫度都具有确定的数值，这些專用公式用以确定溫度和基准仪器（系在固定点間进行分度的）示值之間的关系。

固定的平衡溫度的数值是在压力为1013250达因/厘米²的情况下确定的。这压力相当于标准大气压，亦即相当于水銀柱高度为760毫米的压力。这个水銀柱是指在單位容积重量为13.5951克/厘米³和自由落体的标准加速度为980.665厘米/秒²的情况下而言。

国际温标实际上是以热力学百度温标来实现的。在这温标中，在标准大气压力下，冰融点的溫度及水沸点的溫度分別以0°及100°来标记。

按照国际温标，从0°C开始讀数的溫度以 $t^{\circ}\text{C}$ 来标记，而从绝对零度开始讀数的溫度，以字母 $T^{\circ}\text{K}$ 来标记。 T 与 t 之間的关系用下式表示：

$$T = t + 273.16。$$

国际温标第一类固定点

属于第一类固定点的有:

a) 在标准大气压力下, 液态和气态氧间的平衡温度:
-182.97°C;

б) 冰和饱和了空气的水间的平衡温度(冰融点——主要基准点) 0.000°C;

в) 在标准大气压力下, 液态水和它的蒸汽间的平衡温度(水的沸点——主要基准点) 100.000°C;

г) 在标准大气压力下, 液态硫和它的蒸汽间的平衡温度(硫沸点) 444.60°C;

д) 固态和液态银间的平衡温度(银的凝固点) 960.8°C;

е) 固态和液态金间的平衡温度(金的凝固点) 1063.0°C。

国际温标的内插范围

从冰融点至 630°C 范围内的温度 t , 按照基准铂电阻温度计的电阻与温度间的关系式来决定:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) \quad (1)$$

式中 R_t ——在温度 t 时, 基准铂电阻温度计敏感元件的电阻;

R_0 ——这元件在 0°C 时的电阻。

为了确定常数 A 和 B , 可在水沸点和硫沸点上测定 R_t 。

从 -183°C 至冰融点内的温度 t , 按下式决定

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3] \quad (2)$$

式中 R_t , R_0 , A 和 B 如上节的办法决定, 但增加常数 C 是在氧沸点温度下, 用测定电阻 R_t 的方法决定。

基准铂温度计的铂应当退火, 它的纯度应经常保持下列比例:

$$\frac{R_{100}}{R_0} \geq 1.391$$

$$4.2165 < \frac{R_s - R_0}{R_{100} - R_0} < 4.2180$$

$$6.143 < \frac{R_s - R_{02}}{R_{106} - R_0} < 6.144$$

式中 R_s 及 R_{02} ——在硫沸点及氧沸点溫度下，鉑电阻溫度計的敏感元件的电阻。

从 630°C 至金的凝固点範圍內的溫度 t ，按照基准热电偶的热电动势和溫度間的关系式来决定：

$$e_t = a + bt + ct^2 \quad (3)$$

式中 e_t ——基准鉑鎢-鉑热电偶在工作端为 $t^\circ\text{C}$ ，而自由端为 0°C 时的热电动势。

常数 a 、 b 和 c 应当按照在鎢、銀和金的凝固点上的 e_t 值計算出来。

热电偶分度时所采用的标准鎢的凝固溫度，用基准鉑电阻溫度計来决定。

高于金凝固点的溫度 t ，由波長 λ 在溫度为 t 时的黑体單色亮度 $E_{\lambda, t_{\text{Au}}}$ 与同一波長在金凝固溫度时的黑体單色亮度 $E_{\lambda, t_{\text{Au}}}$ 的比值来决定。

溫度 t 在 3000°C 以內的單色亮度 $E_{\lambda, t}$ 及 $E_{\lambda, t_{\text{Au}}}$ 的比值，由下式决定：

$$\ln \frac{E_{\lambda, t}}{E_{\lambda, t_{\text{Au}}}} = \frac{C_2}{\lambda} \left(\frac{1}{1336.16} - \frac{1}{t + 273.16} \right) \quad (4)$$

式中 C_2 —— 1.438 厘米·度。

高于 3000°C 的溫度，單色亮度 $E_{\lambda, t}$ 及 $E_{\lambda, t_{\text{Au}}}$ 的比值，由下式决定

$$\frac{E_{\lambda, t}}{E_{\lambda, t_{\text{Au}}}} = \frac{\frac{C_2}{e^{\lambda 1336.16} - 1}}{\frac{C_2}{e^{\lambda (t + 273.16)} - 1}} \quad (5)$$

第二类固定点

除了第一类固定点以外，为了各种目的而采用第二类固定点。这类中的某些点已列于附录 1 中。

溫標傳遞系統

按照計量單位傳遞系統的位置和所規定的精度，溫度計量儀器可分為：a) 基準的；б) 標準的（1等及2等）；B) 工作的（實驗室用的及工業用的）。

用為基準的儀器和它們的應用範圍，列於表1。

表 1

儀 器	使用的溫度範圍，°C	
	起	止
鉑電阻溫度計	-183	630
鉑銻-鉑熱電偶	630	1063
在純金凝固溫度時的全輻射	1063	
基準溫度燈（基準-复制物）	1063	2000
基準光學高溫計及基準溫度燈（工作用基準）	1063	4000

按照全蘇標準 OCT/BKC 6954 規定，基準儀器是根據溫標的固定點來分度。同時，溫度計量儀器的檢定和分度方法，與其他儀器的分度方法有特殊的區別。區別是在於儀器分度時所利用的幾個第一類固定點（特別是冰的融點 0°C 和水的沸點 100°C）也用於標準的和工作的儀器的分度和檢定，這是由於設備要求不複雜及在使用上方便的緣故。

實驗證明，在四個第一類固定點上复制國際溫標時其誤差不超過下列數值（當應用 10 歐姆基準鉑電阻溫度計，以及在標準電阻綫圈上測量電壓的誤差不超過 ± 0.0002 毫伏）：

溫度，°C	-182.97	0	100	444.6
复制誤差，°C	± 0.01	± 0.01	± 0.01	± 0.02

基準鉑銻-鉑熱電偶在 630 至 1063°C 間隔內分度，在各固定點上的誤差不超過 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。這樣的熱電偶，也可以按照鋅、銻和銅的凝固溫度分度。在這情況下，鋅和銻的凝固溫度，則以基準鉑電阻溫度計來校驗。

由-200至4000℃范围内测温仪器国家检定的检验系统

复制温标的基准方法所根据的第一类点:

- 1) 氧沸点(-182.97℃)
- 2) 冰熔点(0℃)
- 3) 水沸点(100℃)
- 4) 硫沸点(444.600℃)
- 5) 铜凝固点(960.8℃)
- 6) 金凝固点(1063.0℃)

基准铂电阻温度计
(工作基准)

基准铂铱-铂热电偶
(工作基准)

基准温度灯
1063℃

-900到2300℃, $\lambda = 0.65$ MK
温度灯组(工作基准)

900到4000℃
光学高温计(工作基准)

-200到630.5℃
1等铂电阻温度计
 $\delta_{sp} = 0.01 \sim 0.07^\circ\text{C}$

-30到300℃
1等水银温度计
 $\delta_{sp} = 0.01 \sim 0.07^\circ\text{C}$

-20到120℃
1等可变填充物的水银温度计
 $\delta_{sp} = 0.01 \sim 0.07^\circ\text{C}$

300到1300℃
300到1063℃
1等铂铱-铂热电偶
 $\delta_{sp} = 0.1 \sim 0.4^\circ\text{C}$

800到2500℃
1等光学高温计
 $\delta_{sp} = 2 \sim 7^\circ\text{C}$

800到2300℃
 $\lambda = 0.65$ MK
1等温度灯
 $\delta_{sp} = 2 \sim 6^\circ\text{C}$

1000到2500℃
 $\lambda = 0.48 \sim 0.69$ MK
1等光谱高温计
 $\delta_{sp} = 2 \sim 7^\circ\text{C}$

-200到600℃
2等铂电阻温度计

-100到20℃
2等铜-康铜热电偶
 $\delta_{sp} = 0.1 \sim 0.2^\circ\text{C}$

-70到0℃
2等气象用温度计
 $\delta_{sp} = 0.1 \sim 0.2^\circ\text{C}$

-30到300℃
2等水银温度计
 $\delta_{sp} = 0.05 \sim 0.5^\circ\text{C}$

300到1300℃
300到1063℃
2等铂铱-铂热电偶
 $\delta_{sp} = 0.7 \sim 1.0^\circ\text{C}$

700到1800℃
2等辐射高温计
 $\delta_{sp} = 10 \sim 20^\circ\text{C}$

800到2000℃
 $\lambda = 0.65$ MK
2等温度灯
 $\delta_{sp} = 3 \sim 8^\circ\text{C}$

800到2500℃
 $\lambda = 0.65$ MK
2等光学高温计
 $\delta_{sp} = 3 \sim 9^\circ\text{C}$

$\lambda = 0.48 \sim 0.69$ MK
2等温度灯
 $\delta_{sp} = 3 \sim 8^\circ\text{C}$

700到1800℃
3等辐射高温计
 $\delta_{sp} = 15 \sim 30^\circ\text{C}$

-200到450℃的铂电阻温度计一起使用的
 $\delta_{sp} = 0.1 \sim 2^\circ\text{C}$

-400到630℃和铂电阻温度计一起使用的
 $\delta_{sp} = 0.05 \sim 0.5^\circ\text{C}$

-200到450℃的铂电阻温度计一起使用的
 $\delta_{sp} = 0.5 \sim 5^\circ\text{C}$

-200到500℃和铂电阻温度计一起使用的
 $\delta_{sp} = 0.5 \sim 5^\circ\text{C}$

-60到500℃压力温度计, 1.5; 2.5, 4级

-180到600℃液体温度计(包括水银的)
 $\delta_{sp} = 0.1 \sim 10^\circ\text{C}$

-200℃水银温度计(包括温度的)
 $\delta_{sp} = 0.02 \sim 0.2^\circ\text{C}$

-20到120℃可测液体的水银温度计
 $\delta_{sp} = 0.02 \sim 0.2^\circ\text{C}$

300℃以上的工作热电偶
 $\delta_{sp} = 1.5 \sim 10^\circ\text{C}$

300℃以上的热电偶
温度计
 $\delta_{sp} = 2 \sim 25^\circ\text{C}$

辐射高温计
 $\delta_{sp} = 20 \sim 55^\circ\text{C}$

光电高温计

光学高温计
1.0; 1.1; 1.5级

实验室用温度灯
 $\delta_{sp} = 4 \sim 1.5^\circ\text{C}$

颜色高温计

基
准

一
等
标
准
仪
器

二
等
标
准
仪
器

三
等
标
准
仪
器

工
作
仪
器



当复制 1063°C 以上的温标时, 第一基准是在純金凝固溫度下的輻射体, 其輻射率近似于絕對黑体; 基准的复制体是一組基准溫度灯; 工作基准是經由基准复制体校驗过的消絲式單色光学高溫計。

金的凝固溫度复制的誤差不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。温标复制的誤差下列規定的数字:

溫度, $^{\circ}\text{C}$	1500	2000	3000	4000
复制誤差, $^{\circ}\text{C}$	± 2	± 4	± 6	± 11

在苏联, 温标的复制是以 Д. И. 門德列耶夫命名的全苏計量科学研究院 (ВНИИМ) 担任。

为了保証溫度計量系統在苏联得到統一, 全苏計量科学研究院 (ВНИИМ) 把温标的工作基准傳遞給本国各計器和量具研究院。

1 等标准仪器的檢定和分度, 是在国家量具和計器研究院中, 用与工作基准比較的方法进行。

用作 1 等和 2 等的标准仪器及其应用范围, 列于表 2。

表 2

仪 器	应用溫度范围, $^{\circ}\text{C}$	
	起	止
鉑电阻溫度計	-183	400
玻璃水銀溫度計	-30	300
銅-康銅热电偶	-100	-30
鉑銻-鉑热电偶	300	1300
輻射高溫計	700	1800
光学高溫計	900	3000
溫度灯	900	2500

标准鉑电阻溫度計檢定的誤差, 为下列規定的数据:

溫度, $^{\circ}\text{C}$	-182.97	0	100	300
复制誤差, $^{\circ}\text{C}$	± 0.02	± 0.01	± 0.01	± 0.03

在鋅、銻和銅的凝固点上 1 等标准热电偶分度的誤差, 通常不大于 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 。

1 等标准溫度灯和 1 等标准光学高溫計分度的誤差，大概采取：在 1500°C 时为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，在 2000°C 时为 $\pm 6^{\circ}\text{C}$ 。

2 等标准仪器的檢定是采用与 1 等标准仪器比較的方法，亦可按照 0°C 和 100°C 两固定点来檢定。这项檢定工作，是在国家量具和計器研究院和苏联部長會議所屬的标准和量具計器委员会系統中 1 等管理机构中进行。

高精度的實驗室仪器，可以直接与 1 等标准仪器互相比較进行檢定。在某些情况下，許多工作仪器，允許直接在 0°C 及 100°C 两固定点进行檢定。

把溫度数值从基准傳遞到工作仪器，可在前面所介紹的系統（見附頁）中选择檢定某一工作仪器的标准仪器。

第二章 电阻溫度計

电阻溫度計的結構及作用原理

作用原理

为了測量从 -200 到 $+500^{\circ}\text{C}$ 範圍內的溫度，广泛地采用电阻溫度計，它的作用原理是基于金屬在溫度增加时电阻增大的特性。电阻溫度計的受热部分或敏感元件，乃是繞在絕緣材料制的牢固骨架上的細金屬絲。电阻溫度計敏感元件的長度，通常是几厘米，因此当介質中有溫度梯度存在时，电阻溫度計仅測出敏感元件所在的範圍內的介質層中的某平均溫度。

电阻溫度計是与用来确定溫度計电阻变化的电測仪表配合工作的。

制造电阻溫度計所采用的材料

制造电阻溫度計敏感元件的金屬須滿足下列要求：