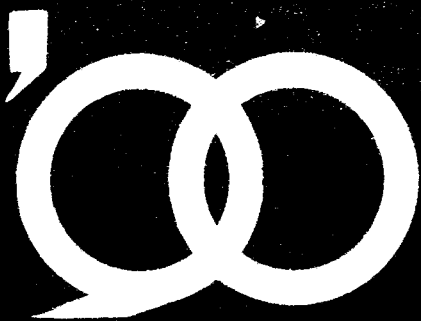
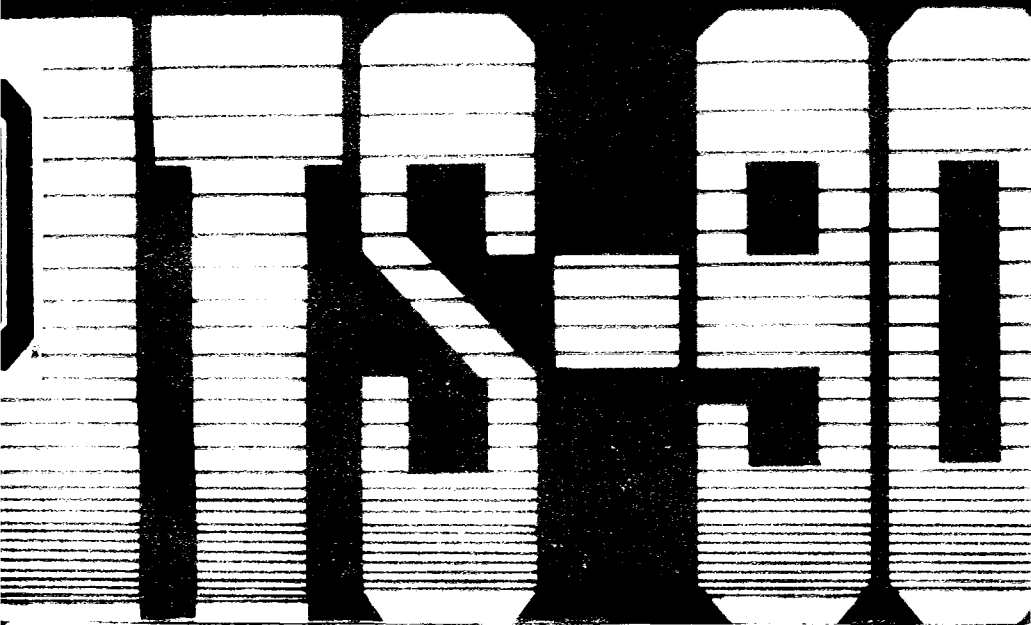




国际温标

国际纯粹与应用物理联合会

国家技术监督局计量司 组编



79.8514073

7.12.1

'90 国际温标 通用热电偶分度表手册

国家技术监督局计量司 组编

凌善康 原遵东 编写

31.05.10

中国计量出版社

新登(京)字 024 号

内 容 提 要

本手册在简要地介绍了国际新温标(ITS-90)以及科研和生产中广泛使用的热电偶(S,R,B,K,N,E,J,T 型)的性能、特点、用途等的基础上,列出了以国际新温标为基础的热电偶分度公式、系数以及适用于实际工作的详细分度表[$E(t)$, $t(E)$ 和 $S(t)$ 分度表]。

本手册可供从事测温技术研究、温度测量仪表的生产和使用、温度计量检测及有关技术管理人员在工作中查阅使用。

'90 国际温标

通用热电偶分度表手册

国家技术监督局计量司 组编

凌善康 原遵东 编写

责任编辑 陈小林

*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

河北省永清县第一胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 850×1168/32 印张 14 625 字数 384 千字

1994 年 2 月第 1 版 1994 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—10,000

ISBN 7-5026-0676-9/TB·437

定价 15.00 元

前 言

根据国家技术监督局 1990 年 553 号文件“关于在我国统一施行‘1990 年国际温标’的通知”的要求,从 1991 年 7 月 1 日起在全国范围内“积极、慎重、有计划、分阶段”地施行 1990 年国际温标 (ITS-90)。三年多过去了,在各行各业从事温度计量器具生产、使用、计量测试技术人员和管理人员的大力支持和积极努力下,我国施行“1990 年国际温标”的工作取得了很大进展,顺利完成了第一阶段组织宣贯“ITS-90”、第二阶段由 T_{88} 向 T_{90} 过渡的任务,基本建立了“ITS-90”所需基、标准和完成了有关国家计量检定规程、计量检定系统的制定、修订工作,多数生产厂家已按“ITS-90”的要求进行温度计量器具的生产。按文件的要求,自 1994 年 1 月 1 日起,全国将全面施行“1990 年国际温标”,即所有温度计量仪器的生产、使用、量值传递均须按照“ITS-90”的要求进行。

对于工业中常用的 S, R, B, K, N, E, J, T 等 8 种热电偶的分度标准,我国是和国际电工委员会 (IEC) 保持一致的。与“1968 年国际实用温标 (IPTS-68)”相比,“1990 年国际温标”无论是从定义固定点还是从分度公式、内插仪器上都做了较大的变动,因而热电偶的分度标准也有较大的变化。因此,旧的分度表已不再适用,必须使用基于“ITS-90”制定的新分度表。

中国计量科学研究院凌善康研究员、原遵东副研究员按“ITS-90”的要求,应用最近美国标准与技术研究所 (NIST)、美国试验与材料学会 (ASTM) 给出的有关公式和系数,进行了计算,并编制了这 8 种热电偶的分度表。经校核,它们与国际电工委员会最近给出的这 8 种热电偶的分度表完全一致。现特编写成手册出版。

该手册的出版发行,是我国施行“1990 年国际温标”的一件大事。它为在我国全面施行“1990 年国际温标”提供了必要的条件,是从事测温技术研究、温度测量仪表的生产和使用、温度计量检测

工作人员及有关技术管理人员的必备工具书。

本书的编写和出版,由国家技术监督局计量司陆志方、何开茂、郭建明负责组织;中国计量出版社房景富、倪伟清、陈小林给予了大力的支持,在此谨致谢意。

国家技术监督局计量司

1993年12月

编 者 的 话

1990 年国际温标(ITS-90)在国际上生效以后,在贯彻执行新温标中,剩下的一个与之相关的主要问题,就是急需修订涉及面相当广泛的国际通用热电偶分度表(Reference Tables, IEC584-1),即把 $t_{68} \sim E$ 的分度表修改成 $t_{90} \sim E$ 的分度表。这项任务是由国际电工委员会(IEC)与国际计量委员会(CIPM)[通过国际温度咨询委员会(CCT)]合作安排的。

国际电工委员会深知工业界、科技界对新的分度表的迫切需要,曾不断促使其温度分委员会(IEC/TC)加快修改进程。1993 年 4 月以后,修订工作明显加快,最近,基本研究工作已经结束,并由国际电工委员会给出了新的分度表。这无疑是国际测温界的一件大事。

为配合我国全面实施 ITS-90,满足我国广大测温工作者今后实际工作的需要,我们编写了此手册。

在本手册的第二章中,对国际温标的基本内容作了扼要的阐述。这是制订新分度表的基础。

在第三章中,对 8 种型号的通用热电偶的基本特性作概要的叙述,列出了热电偶以 ITS-90 为基础的参考函数(分度公式)及其系数。这里值得特别一提的是所列温区内各固定点的标准热电势值。这些准确的数值无疑对计量检定时,求算热电势偏差函数是不可缺少的。

第四章是本手册的主要部分,这里列出了我们按国际上正式发表的权威系数[美国标准与技术研究所(NIST)载于 175 专著(1993)],经过反复计算、核对,编制成的正规参考表(分度表)。这些表值与国际电工委员会最近给出的完全一致,且编表的形式适合于实际应用。

1993 年 10 月,国际计量局(BIPM)局长奎恩博士(Dr. T. J.

Quinn)访华期间,我们与奎恩博士曾对温标的推行及热电偶分度表修订问题进行了讨论,并征询了其意见。承蒙奎恩博士的热情指导和对本书出版的支持,编者在此表示由衷的感谢。

编者要特别感谢国家技术监督局计量司的领导陆志方、何开茂同志以及郭建明同志在编写中给予的指导和帮助。须知,我国ITS-90的宣贯工作始终是在计量司的直接领导下进行的。中国计量出版社房景富、倪伟清、陈小林和杨庚生同志对本书的出版给予了大力支持和帮助,谨此表示感谢。

编 者

1993年12月

一、 引 言

1990 年国际温标 (ITS-90) 根据第 18 届国际计量大会 (CGPM) 及第 77 届国际计量委员会 (CIPM) 的决议于 1989 年 9 月在法国巴黎色佛尔国际计量局 (BIPM) 通过。并于 1990 年 1 月 1 日开始生效, 并在国际上正式采用, 以此代替采用了 21 年之久的“1968 年国际实用温标 (IPTS-68)”和执行了 13 年的“1976 年 0.5K-30K 暂行温标 (EPT-76)”。

新温标的颁布, 无疑是国际范围温度界的一件大事。因为它涉及面广, 牵涉到各类 (包括标准用和工业用) 温度仪表, 例如, 热电阻、热电偶、液体温度计、蒸汽压温度计、压力式温度计、双金属温度计以及辐射测温中的隐丝式目测光学高温计、光电高温计、光电比较仪、辐射感温器和各种单波段、双波段及多波段红外辐射温度计等。当然, 还包括与这些仪表配套使用的温度显示、记录、控制仪表以及温度变送器等工业仪表。我国科研、工业和计量部门将按照 ITS-90 的要求, 制造、建立或改建温度仪器或装置。许多与之有关检定规程、检定传递系统表、检定操作程序以及测温计算方法都将重新修订; 相关的计算机软件都要修改; 各种工程热力学的参量, 诸如, 蒸气、甲烷、乙烯、乙烷、氮、氧、氨及其它稀有气体等以及海洋学的盐标必须按照新温标的规定和要求重新计算; 各种传播媒体、知识载体如教科书、科技杂志、工程手册等出版物也应及时更新。总之, 温标的修正, 其影响面是十分广泛的, 这正是因为温度不仅是一个基本物理量, 而且是一个与其它物理量有着十分密切关系的量。

我国对 ITS-90 的宣贯工作是在国家技术监督局的指导下进行的, 已取得了明显的成效。然而, 到目前为止, 尚有许多工作亟需继续完成。我们知道, 温标的修改, 受到冲击面最大的是热电偶系列, 而热电偶恰恰是工业中最广泛应用的一种测温仪器。在国家技

术监督局贯彻新温标的实施办法中曾明确地规定：“采用国际通用分度表(IEC 表)的温度仪表,需等待按 ITS-90 制定的国际通用分度表公布后,再全面采用 ITS-90”^[1]。

前国际通用热电偶分度表(Standard Reference Tables)是基于“1968 年国际实用温标(1975 年修订版)(IPTS-68(75’))”的,也就是说,分度表和分度公式中的温度值是 t_{68} 值。ITS-90 从 1990 年 1 月 1 日生效后,自然地替代了 IPTS-68。理应将热电偶国际标准(IEC584)根据 ITS-90 的要求尽快作出修订,确定新的分度公式,编制新的 $E(t_{90})$ 分度表。由于种种原因,这项十分重要的工作已拖了较长一段时间。

最近,这项受国际电工委员会(IEC)委托的任务,已由美国标准与技术研究所(NIST)完成^[2]。新的分度公式(参考函数)和系数,已由美国标准与技术研究所和美国试验与材料学会(ASTM)给出^[3]。

根据我国新温标实施办法的精神,现在全面采用 ITS-90 的时机已经到来。随着这 8 种最普遍使用的国际通用热电偶标准分度表的全面采用,我国在热电偶领域将迅速与国际标准保持一致,并使热电测温技术在我国工农业、科学研究以及国际合作开发中,发挥更有效的作用。

二、 1990 年国际温标(ITS-90)概述

“1990 年国际温标(ITS-90)”于 1989 年 9 月由国际计量委员会(CIPM)通过,并于 1990 年 1 月 1 日生效,代替“1968 年国际实用温标(1975 年修订版)IPTS-68(75’)”和“1976 年 0.5K 到 30K 暂行温标(EPT-76)”。

新温标由表 2-1 中所列的定义固定点来复现。温标的下限为 0.65K,向上到用单色辐射的普朗克辐射定律实际可测得的最高温度。

与 IPTS-68 和 EPT-76 相比, ITS-90 的优点是与热力学温度值更加接近了。表 2-2 列出了国际温度咨询委员会(CCT)1993 年修订后的 ITS-90 与 EPT-76 间的温度差值($T_{90}-T_{76}$), 以及 ITS-90 与 IPTS-68 间的温度差值($T_{90}-T_{68}$)。

请读者注意, 1993 年国际温度咨询委员会对原来正式颁布的 ITS-90 文本中的差值表作了修订, 修订温区为 630℃到 1064℃之内。在此范围内, 与原来的差值表相比, ($t_{90}-t_{68}$) 的降低最大约达 85%。读者在引用温标差值时应以表 2-2 为准。

由于 IPTS-68 的内插仪器——S 型热电偶的不均匀性, 可使不准确度(inaccuracy)达到 200mK, 所以在 ITS-90 中取消了热电偶在 630.755℃到 1064.43℃温区内作为内插仪器, 代之以铂电阻温度计和光电高温计, 前者由 0℃延伸到 961.78℃, 后者由 1064.43℃下延到 961.78℃, 在银凝固点处衔接。

新温标的非唯一性和复现性, 特别在 $t_{68}=630.755℃$ 到 1064.43℃这一段, 有显著的改善。IPTS-68 在 630℃处有十分突出的不连续性:

$$\frac{d(t_{90}-t_{68})}{dt} = -0.018\%$$

在 ITS-90 中, 蒸气压温标已不再是推荐温标, 蒸气压温度计已成为定义仪器之一。 ^3He 蒸气压温度计覆盖 0.65K 到 3.2K; $^4\text{He I}$ 蒸气压温度计覆盖 1.25K 到 2.18K, 而 $^4\text{He II}$ 蒸气压温度计覆盖 2.18K 到 5K。

ITS-90 通过各温区和分温区来定义 T_{90} 。某些温区或分温区是重叠的。重叠区的 T_{90} 定义有差异。但是, 这些定义是等效的。例如, 一支铂电阻温度计如果需要在 13.8K 到 273.16K 的整个低温温区中使用时, 则要用此温区内的全部 8 个分度点, 即 13.8033K, $\sim 17\text{K}$, $\sim 20.3\text{K}$, 24.5561K, 54.3584K, 83.8058K, 234.3156K 和 273.16K; 如果只须在从氦三相点($\sim 84\text{K}$)到水三相点的温区内使用, 则只须用这温区内的 3 个分度点, 即 83.8058K, 234.3156K 和

273.16K。同样,在0℃以上的温区中,一支只在0℃到30℃温区内使用的温度计,它只须使用水三相点和镓熔点(29.7646℃)两个点分度。这样,可以以最简便的方法来获得室温温区的最高测温准确度;这就不必化更多的投资去建立温区以外的分度点了。除此以外,一支保存0℃~30℃的温度计,就不需要经受过高温度的操作,使温度计能处于更安全、更可靠的状态下。这就是ITS-90有别于IPTS-68的另一优点。

ITS-90中铂电阻温度计分度和测温的数学计算是比较简单的,不必要使用迭代算法。

表 2-1 ITS-90 定义固定点

物 质	T_{90}/K	$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
1. 氦蒸气压,He(vp)	3~5	-270.15~-268.15
2. 平衡氢三相点,e-H ₂ (tp)	13.8033	-259.3467
3. 平衡氢蒸气压,e-H ₂ (vp)	~17	~256.15
4. 平衡氢蒸气压,e-H ₂ (vp)	~20.3	~252.85
5. 氖三相点,Ne(tp)	24.5561	-248.5939
6. 氧三相点,O ₂ (tp)	54.3584	-218.7916
7. 氩三相点,Ar(tp)	83.8058	-189.3442
8. 汞三相点,Hg(tp)	234.3156	-38.8344
9. 水三相点,H ₂ O(tp)	273.16	0.01
10. 镓熔点,Ga(mp)	302.9146	29.7646
11. 铟凝固点,In(fp)	429.7485	156.5985
12. 锡凝固点,Sn(fp)	505.078	231.928
13. 锌凝固点,Zn(fp)	692.677	419.527
14. 铝凝固点,Al(fp)	933.473	660.323
15. 银凝固点,Ag(fp)	1234.93	961.78
16. 金凝固点,Au(fp)	1337.33	1064.18
17. 铜凝固点,Cu(fp)	1357.77	1084.62

表 2-2 ITS-90 与 EPT-76, ITS-90 与 IPTS-68 之间的温度差值*

$(T_{90}-T_{76})/\text{mK}$										
T_{90}/K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0						-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5
10	-0.6	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.3	-1.4	-1.6	-1.8	-2.0
20	-2.2	-2.5	-2.7	-3.0	-3.2	-3.5	-3.8	-4.1		

$(T_{90}-T_{68})/\text{K}$										
T_{90}/K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10					-0.006	-0.003	-0.004	-0.006	-0.008	-0.009
20	-0.009	-0.008	-0.007	-0.007	-0.006	-0.005	-0.004	-0.004	-0.005	-0.006
30	-0.006	-0.007	-0.008	-0.008	-0.008	-0.007	-0.007	-0.007	-0.006	-0.006
40	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.007	-0.007	-0.007	-0.006	-0.006
50	-0.006	-0.005	-0.005	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.002
60	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007
70	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
80	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
90	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009

T_{90}/K	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	0.009	0.011	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.013	0.012	0.012
200	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.005	0.003	0.001		

$(t_{90}-t_{68})/^{\circ}\text{C}$										
$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-100	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.013	0.012	0.010	0.008	0.008
0	0.000	0.002	0.004	0.006	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.012
$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0.000	-0.002	-0.005	-0.007	-0.010	-0.013	-0.016	-0.018	-0.021	-0.024
100	-0.026	-0.028	-0.030	-0.032	-0.034	-0.036	-0.037	-0.038	-0.039	-0.039
200	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.040	-0.039	-0.039	-0.039
300	-0.039	-0.039	-0.039	-0.040	-0.040	-0.041	-0.042	-0.043	-0.045	-0.046
400	-0.048	-0.051	-0.053	-0.056	-0.059	-0.062	-0.065	-0.068	-0.072	-0.075
500	-0.079	-0.083	-0.087	-0.090	-0.094	-0.098	-0.101	-0.105	-0.108	-0.112
600	-0.115	-0.118	-0.122	-0.125①	-0.11	-0.10	-0.09	-0.07	-0.05	-0.04
700	-0.02	-0.01	0.00	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
800	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.02	-0.03
900	-0.05	-0.06	-0.08	-0.10	-0.11	-0.13	-0.15	-0.16	-0.18	-0.19
1000	-0.20	-0.22	-0.23	-0.23	-0.24	-0.25	-0.25	-0.25	-0.26	-0.26

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1000		-0.26	-0.30	-0.35	-0.39	-0.44	-0.49	-0.54	-0.60	-0.66
2000	-0.72	-0.79	-0.85	-0.93	-1.00	-1.07	-1.15	-1.24	-1.32	-1.41
3000	-1.50	-1.59	-1.69	-1.78	-1.89	-1.99	-2.10	-2.21	-2.32	-2.43

* 本表引自 CCT(1993)

① 在 $t_{90} = 630.615^{\circ}\text{C}$ 时, $(t_{90}-t_{68})$ 的一阶导数出现不连续, 即在这里 $(t_{90}-t_{68}) = -0.125^{\circ}\text{C}$

与 IPTS-68 不同, ITS-90 中给出的电阻比 W 与 T_{90} 或 t_{90} 的关系式为

$$W(T_{90}) = R(T_{90})/R(273.16\text{K})$$

或

$$W(t_{90}) = R(t_{90})/R(0.01^{\circ}\text{C})$$

注意, 式中的分母为参考电阻, 即温度计在参考温度下的电阻值。它是在水三相点下的电阻, 而不是冰点值。

分度一支温度计, 是把它的电阻比对温度 ($W \sim T_{90}$) 的关系通过两支参考温度计的 $W-T_{90}$ 关系式的偏差来表示的。一支覆盖 13.8033K 到 273.16K 温区 (低温温区), 另一支由 0°C 到 961.78°C 。它们的 $W-T$ 关系式由两个 $W_r(T_{90})$ 对 T_{90} 的参考函数来定义。13.8033K 到 273.16K 温区的参考函数为

$$\ln[W_r(T_{90})] = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \left[\frac{\ln(T_{90}/273.16\text{K}) + 1.5}{1.5} \right]^i \quad (2-1)$$

和

$$T_{90}/273.16\text{K} = B_0 + \sum_{i=1}^{15} B_i \left[\frac{W_r(T_{90})^{1/6} - 0.65}{0.35} \right]^i \quad (2-2)$$

0°C 到 961.78°C 温区的参考函数为

$$W_r(T_{90}) = C_0 + \sum_{i=1}^9 C_i \left[\frac{T_{90}/\text{K} - 754.15}{481} \right]^i \quad (2-3)$$

和逆函数为

$$T_{90}/K-273.15 = D_0 + \sum_{i=1}^9 D_i \left\{ \frac{W_r(T_{90})-2.64}{1.64} \right\}^i \quad (2-4)$$

式(2-1)~(2-4)的系数列表于 2-3 中。各温区的偏差函数列于表 2-4 中。表 2-4 中所用的分度点可在表 2-1 中查到。根据偏差函数和参考函数,即可求出 T_{90} 或 t_{90} 。

表 2-3 参考函数及逆函数的系数

A_0 -2.13534729	B_0 0.183324722	D_0 439.932854
A_1 3.18324720	B_1 0.240975303	D_1 472.418020
A_2 -1.80143597	B_2 0.209108771	D_2 37.684494
A_3 0.71727204	B_3 0.190439972	D_3 7.472018
A_4 0.50344027	B_4 0.142648498	D_4 2.920828
A_5 -0.61899395	B_5 0.077993465	D_5 0.005184
A_6 -0.05332322	B_6 0.012475611	D_6 -0.963864
A_7 0.28021362	B_7 -0.032267127	D_7 -0.188732
A_8 0.10715224	B_8 -0.075291522	D_8 0.191203
A_9 -0.29302865	B_9 -0.056470670	D_9 0.049025
A_{10} 0.04459872	B_{10} 0.076201285	
A_{11} 0.11868632	B_{11} 0.123893204	
A_{12} -0.05248134	B_{12} -0.029201193	
C_0 2.78157254	B_{13} -0.091173542	
C_1 1.64650916	B_{14} 0.001317696	
C_2 -0.13714390	B_{15} 0.026025526	
C_3 -0.00649767		
C_4 -0.00234444		
C_5 0.00511868		
C_6 0.00187982		
C_7 -0.00204472		
C_8 -0.00046122		
C_9 0.00045724		

表 2-4 定义 T_{90} 各温区内铂电阻温度计的偏差函数

(a) 上限温度为 273.16K 的各温区		
下限温度	偏差函数	分度点 (见表 2-1)
① 13.8033K	$a[W(T_{90})-1]+b[W(T_{90})-1]^2$ $+\sum_{i=1}^5 c_i [\ln W(T_{90})]^{i+n}, n=2$	2~9
② 24.5561K	公式同①, 但 $c_4=c_5=n=0$	2, 5~9
③ 54.3584K	公式同①, 但 $c_2=c_3=c_4=c_5=0, n=1$	6~9
④ 83.8058K	$a[W(T_{90})-1]+b[W(T_{90})-1]\ln W(T_{90})$	7~9
(b) 下限温度为 0℃ 的各温区		
上限温度	偏差函数	分度点
⑤* 961.78℃	$a[W(T_{90})-1]+b[W(T_{90})-1]^2$ $+c[W(T_{90})-1]^3+d[W(T_{90})$ $-W(660.323)^\circ\text{C}]^2$	9, 12~15
⑥ 660.323℃	公式同⑤, 但 $d=0$	9, 12~14
⑦ 419.527℃	公式同⑤, 但 $c=d=0$	9, 12, 13
⑧ 231.928℃	公式同⑤, 但 $c=d=0$	9, 11, 12
⑨ 156.5985℃	公式同⑤, 但 $b=c=d=0$	9, 11
⑩ 29.7646℃	公式同⑤, 但 $b=c=d=0$	9, 10
(c) 234.3156(-38.8344℃) 到 29.7646℃		
⑪	公式同⑤, 但 $c=d=0$	8~10

* 当 $t_{90} \leq 660.323^\circ\text{C}$ 时, 分度点为 9, 12~14, $d=0$, 所得系数 a, b, c 也用于 $t_{90} > 660.323^\circ\text{C}$ 的温区, d 值则由分度点 15 上的结果来求得。

三、 8 种国际通用热电偶的性能和参数

热电偶测温的使用范围非常广泛, 这是众所周知的。从 1821 年德国物理学家 Thomas Johann Seebeck 从铋铜-铋锑合金二根金属丝组成的回路中发现了热电效应以来, 已经有 170 多年的历

史了。热电偶确实实现了理想温度计的诸多要求:结构简单、质量和热容量小、时间常数小等。如果选择的材料合适的话,它的测温范围是很宽的,由 4K (-269℃) 到 3000K (2726℃)。可测量达 0.001℃ 的小温差。如果精心选择材料,纯度、均匀性、各向异性都能保证,以及丝材的物理-化学稳定性等都符合要求的话,热电偶的热电势-温度特性的复现性是十分良好的。

由于美国标准局(NBS)、英国国家物理所(NPL)和加拿大国家研究院(NRC)等的共同努力,从 60 年代开始,在热电偶方面已制订出若干标准。这些标准后来陆续发展成为国际标准,即目前的国际电工委员会(IEC)的热电偶标准。IEC 标准中包括它们的分度表、分度公式和热电势对分度表的允许偏差。

目前,国际上已有 8 种标准化热电偶,国际上称之为字母标志热电偶(letter designed thermocouples)这些字母标志最初由美国仪器学会(Instrument Society of America)。所引入,但是现在已为全世界所广泛采用。这些字母标志已作为各类型热电偶的一种很方便的缩写形式。如表 3-1 中所列的 8 种国际协议热电偶。表中 P 表示正极,N 表示负极。按惯例,正极成分写在前面,例如铂 10% 铑-铂热电偶,铂铑 10* 为正极,铂为负极。表 3-2 中列出这些常用热电偶的名义化学成份。

经验证明,在实践中采用一批非常纯的铂丝的热电特性作为标准是非常合理的。这有利于热电测量的标准化。不同的纯金属和合金组合的热电势都可以与标准铂相比较来确定。Pt-67 是 1967 年制成的纯铂,这是一种权威性的标准样品(见 SRM-1967-Pt67,NBS^[2])。

国际上用同一英文字母标志的热电偶,有时包含了几种不同来源的材料组合的热电偶。例如,目前国内外不同厂家生产的 K 型热电偶,其材料的配方各略有不同,对标准分度表的偏差也各不

* 根据我国检定规程,铂铑 10 表示铂 10% 铑,以此类推

相同。因此,还必须对热电势特性的允许偏差也作出规定,在表 3-3 中列出了我国标准化热电偶的等级及其允差规定。

下面分别对 8 种国际通用热电偶(S,R,B,K,N,E,J,T)作一概要的介绍,给出以 ITS-90 为基础的参考函数(分度公式)及其系数。由于覆盖的温区比较宽,为保证拟合准确度,通常采用分温区拟合。参考函数是制订标准分度表的基础。其表达式中的温度值以 t_{90} 表示, t_{90} 与热力学温度具有更好的一致性。

表 3-1 标准化热电偶的组分和字母标志的说明

型号 标志	材 料	温度范围(℃)
S	铂铑 10-铂	-50~1768
R	铂铑 13-铂	-50~1768
B	铂铑 30-铂铑 6	0~1820
K	镍铬-镍硅	-270~1372
N	镍铬硅-镍硅	-270~1300
E	镍铬-铜镍合金(康铜)	-270~1000
J	铁-铜镍合金(康铜)	-210~1200
T	铜-铜镍合金(康铜)	-270~400
...N	某类型热电偶的负电极	
...P	某类型热电偶的正电极	
BN	B 型热电偶的负极,即铂 6% 铑电极	
BP	B 型热电偶的正极,即铂 30% 铑电极	
SP	S 型热电偶的正极,即铂 10% 铑	
NN	N 型热电偶的负极,即镍硅电极,由镍-硅-镁合金组成,镍标称值为 95%,硅为 $4\frac{1}{2}\%$,镁 1/10%。	
NP	N 型热电偶的正极,即镍铬硅电极,由镍-铬-硅合金组成,镍的标称值为 84%,铬 14%,硅 $1\frac{1}{2}\%$ 。	