

实施 1990 年国际温标中的若干问题

凌善康

(中国计量科学研究院,北京 100013)

新的《1990 年国际温标(ITS-90)》已经颁布。我国国务院通知 1991 年 7 月 1 日起执行。本文重点介绍新、旧温标的差别,新温标的主要内容,以及我国对新温标推行中的若干规定。

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,从 1990 年 1 月 1 日起在全世界实行《1990 年国际温标(ITS-90)》^[1],以此替代现行的《1968 年国际实用温标(IPTS-68)》和《1976 年 0.5—30K 暂行温标(EPT-76)》。这是国际科技界温标史上的一件大事。

这次温标的变更,非属一般性的改值,而是对温标的数值、内容一次重大的修改。

热力学温度是国际上公认的最基本的温度,一切温度测量最终都以它为准。热力学温度通常应该用完善的物理学方程,如理想气体方程、普朗克黑体辐射定律、聂奎斯脱噪声方程等,以及依此定律而设计的气体温度计、辐射温

度的问题(如大面积膜及多层膜技术)应优先考虑。

超导氧化物块材的应用研究目前还只限于磁屏蔽、超导天线、谐振腔及磁通变换器等,其初步实验结果还令人满意。采用高 T_c 薄膜制成的射频量子干涉放大仪已成功地用于地磁测量、磁性及电性能测量,预计它在微波技术中也会得到较多的应用。今后,随着研究工作的进展,高温超导氧化物材料在电子学器件及电力工程方面将会获得越来越广泛的应用。

本工作得到国家超导技术研究发展中心支持。作者感谢吴培享、熊光成、汪京荣、王克光、吴晓祖以及奚正平等同志所给与的帮助。

[1] J. G. Bednorz and K. A. Muller, *Z. Phys. B*, 64

度和噪声温度计来测定。但是,众所周知,用气体温度计等绝对仪器来测量热力学温度是十分困难的,费用也是昂贵的。为此,经国际协商终于在 1927 年采用了国际温标,旨在克服上述实验困难,统一当时存在的各国温标,使当时温度测量值的混乱局面得到了控制。

从 1927 年第一个国际温标《1927 年国际温标(ITS-27)》开始,以后每隔 20 年作一次重大修改,相继有《1948 年国际温标(ITS-48)》和《1968 年国际实用温标(IPTS-68)》。该温标于 1975 年修订,所以现行温标是《1968 年国际实用温标(1975 年修订版),IPTS-68(75')》。由于考虑到《1958 年 ^3He 蒸气压温标》和《1962 年 ^3He 蒸气压温标》,以及 IPTS-68 的低温端(27

(1986), 189.

[2] Zhao Zhongxian et al., *科学通报*, 32(1987), 660.

[3] Qi Zhiwei et al., *Cryogenics*, 30(1990), 855.

[4] X. P. Jiang et al., *Supercond. Sci. Tech.*, 1(1989), 102.

[5] Zhang Jincang et al., *Cryogenics*, 30(1990), 845.

[6] S. Jin et al., *Appl. Phys. Lett.*, 52(1988), 2074.

[7] Masato Murakami et al., *Jpn J of Appl. Phys.*, 28(1989), 1189.

[8] Liu Fengsheng et al., *Proceedings of the Beijing International Conference on High Temperature Superconductivity*, World. Scientific (1989), 14.

[9] Liu Fengsheng et al., *Cryogenics*, 30(1990), 832.

[10] Zhou Lian et al., *Supercond. Sci Technol.*, 3(1990), 490.

[11] Ren Hongtao et al., *Cryogenics*, 30(1990), 837.

[12] G. C. Xiong and S. Z. Wang, *Appl. Phys. Lett.*, 55(1989), 902.

[13] Wang Jingrong et al., *Proceedings ICMC' 89, Los Angeles, July 1989*, 24—28.

[14] He Aisheng et al., *Cryogenics*, 30(1990), 946.

[15] Chiao Weichuan et al., *id ref.* [8], 58.

[16] S. Q. Xue et al., *Cryogenics*, 30(1990), 925.

[17] Qiu Jingwu et al., *Cryogenics*, 30(1990), 920

K 以下)偏离热力学温度比较明显,所以温度咨询委员会(CCT)于1976年向国际计量委员会推荐颁布了《1976年0.5 K到30K暂行温标(EPT-76)》。

近20年来,在执行《IPTS-68(75')》中,发现该温标有如下一系列的缺陷^[1]:(1) IPTS-68当年选定的热力学温度值并非最佳值。按近年测定的 $T-T_{68}$ 来估计,在760°C处最大差值可达360mK,在630°C处, $d(T-T_{68})/dT$ 的不连续性达到0.018%;(2) IPTS-68的内插仪器——热电偶丝材的不均匀性。其不准确度可达到200mK,作为温标的内插仪器是不能允许的。这种内插仪器在1064°C处不如辐射温度计(准确度为10mK),在630°C处不如铂电阻温度计(准确度为2mK);(3)13.81K的低温下限不够低,尽管有EPT-76暂行温标作为补充,但是与IPTS-68在27K到13.81K的重叠部分不一致,给测量带来诸多麻烦;(4)温标内部非唯一性(non-uniqueness)可达到2~3 mK,用它说明设计偏差函数时,有一定问题存在。

一、ITS-90 的基本内容

ITS-90的基本内容可归纳为:0.65K到5.0K之间, T_{90} 由³He和⁴He蒸气压-温度的关系式来定义;3.0K到氦三相点(24.5561K)之间, T_{90} 用氦气体温度计来定义,它使用三个定义固定点并利用规定的内插方法来分度。这三个定义固定点是实验可复现的温度并具有给定的数值;在平衡氢三相点(13.8033K)和银凝固点(961.78°C)之间, T_{90} 用铂电阻温度计来定义,它利用规定的内插方法在一组规定的定义固定点上分度;银凝固点以上, T_{90} 借助于一个定义固定点和普朗克辐射定律来定义。

ITS-90的固定点列于表1中。从表中可以看出,除了非常低的温度仍保留沸点外,全部采用熔点、凝固点和三相点。

铂电阻温区是温标的一段重要组成部分。它在0°C到961.78°C和273.16K到13.8033K温区内有两张参考函数表,连同若干偏差函数

表1 ITS-90 定义固定点*

序号	温度		物质	状态	$W_i(T_{90})$		
	T_{90}/K	$t_{90}/^{\circ}C$					
1	3—5	-270.15—-268.15	He	V ₃			
2	13.8033	-259.3467	e-H ₂	T	0.001	190	07
3	13.8033-17	-259.3467--256.15	e-H ₂ (或 He)	V (或 G)			
4	13.8033-20.3	-259.3467--252.85	e-H ₂ (或 He)	V (或 G)			
5	24.5561	-248.5939	Ne	T	0.008	449	74
6	54.3584	-218.7916	O ₂	T	0.091	718	04
7	83.8058	-189.3442	Ar	T	0.215	859	75
8	234.3156	-38.8344	Hg	T	0.844	142	11
9	273.16	0.01	H ₂ O	T	1.000	000	00
10	302.9146	29.7646	Ca	M	1.118	138	89
11	429.7485	156.5985	In	F	1.609	801	85
12	505.078	231.928	Sn	F	1.892	797	68
13	692.677	419.527	Zn	F	2.568	917	30
14	933.473	660.323	Al	F	3.376	008	60
15	1234.93	961.78	Ag	F	4.286	420	53
16	1337.33	1064.18	Au	F			
17	1357.77	1084.62	Cu	F			

* V——蒸气压点; G——气体温度计点; M——熔化点; F——凝固点; T——三相点。

组成该温区测温计算的基础。它们的基本公式如下：

0℃到 961.78℃ 温区内的参考函数为

$$W_r = C_0 + \sum_{i=1}^9 C_i \{ [t_{90}/\text{℃} - 481] / 481 \}^i.$$

其逆函数在 0.13mK 之内相当于

$$t_{90}/\text{℃} = D_0 + \sum_{i=1}^9 D_i \{ [W_r - 2.64] / 1.64 \}^i.$$

13.8033 K 到 273.16 K 温区内的参考函数为

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

其逆函数在 0.1mK 内相当于

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

$$0.35 \}^i.$$

上述各式中的常数 $A_0, B_0, C_0, D_0, A_i, B_i, C_i$ 和 D_i 列于温标文本中。

二、温标传递中的若干规定

温标变更之后，将涉及相当多的技术工作，才能适应新温标的要求。最主要的、牵涉面最广泛的，是热电偶、热电阻的国际分度表的问题。这有待于国际电工委员会(IEC)根据温标修改值($T_{90} - T_{68}$)来重新拟合，或重新按 T_{90} 来测定新数据，然后制定出新的国际通用分度表；计量部门将逐步修订规程和传递系统表，更新检定设备；书刊及其它知识载体中凡涉及温标有关概念、定义和符号等均应以新温标为准，以适应现代化的要求¹⁾。

表 2

$(t_{90} - t_{68})/\text{℃}$

$t_{90}/\text{℃}$	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
$t_{90}/\text{℃}$	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	-0.125*	-0.08	-0.03	0.02	0.06	0.11	0.16
700	0.20	0.24	0.28	0.31	0.33	0.35	0.36	0.36	0.36	0.35
800	0.34	0.32	0.29	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.03
900	-0.01	-0.03	-0.06	-0.08	-0.10	-0.12	-0.14	-0.16	-0.17	-0.18
1 000	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.23	-0.24	-0.25	-0.25	-0.26	-0.26
$t_{90}/\text{℃}$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1 000		-0.26	-0.30	-0.35	-0.39	-0.44	-0.49	-0.54	-0.60	-0.66
2 000	-0.72	-0.79	-0.85	-0.93	-1.00	-1.07	-1.15	-1.24	-1.32	-1.41
3 000	-1.50	-1.59	-1.69	-1.78	-1.89	-1.99	-2.10	-2.21	-2.32	-2.43

* 在 $t_{90} = 630.6\text{℃}$ 处 $(t_{90} - t_{68})$ 一阶导数出现不连续，也就是 $(t_{90} - t_{68}) = -0.125\text{℃}$ 。

1) 凌善康编译,《1990 国际温标复现方法》,计量出版社,(1991)(待出版)。

国家技术监督局已发出通知^[1], 决定: 我国于 1991 年 7 月 1 日起施行“1990 年国际温标”, 执行积极、慎重、有计划、分阶段的方针, 并制订出具体的实施办法, 其主要内容归纳如下:

(1) 从 1991 年 7 月 1 日起, 温度计量仪器的生产、使用、量值传递, 均需按 ITS-90 实施办法实行。

(2) 从 1991 年 7 月 1 日到 1993 年 12 月 31 日止, 可采用直接复现, 传递 T_{90} 或按 $T_{90} - T_{68}$ 差值表给出 (见表 2)。

(3) 积极安排、制定新的有关检定规程和检定系统表。

(4) 工作基准温度灯、标准光学高温计、标准(精密)光电高温计和标准温度灯、标准铂电阻温度计、铑铁电阻温度计等均按 $T_{90} - T_{68}$ 差值表转换成 T_{90} (差值见表 3, 图 1)。

(5) 在铂铑 10-铂热电偶退出国家基准后, 其他各级标准热电偶仍保持现行检定系统

中的传递关系; 各种标准热电偶均按“手册”中的规定办法给出 t_{90} 。

(6) 标准玻璃液体温度计按 T_{90} 进行检定, 生产厂按 T_{90} 生产。

(7) 采用国际通用分度表的温度仪表, 需等待按 T_{90} 制定的国际通用分度表公布后 (估计在 1991 年底) 再安排全面采用 T_{90} 。有关临时措施详见“手册”规定, 这类仪表包括热电偶, 铂热电阻以及与之配套使用的显示、指示、控制仪表和温度变送器。

(8) 各种基本误差大于或等于 5 倍 $t_{90} - t_{68}$ 者属于自然过渡到 t_{90} 。

总之, 作为基本物理量之一的温度, 在科学研究和工业生产中占有十分重要的地位, 如何更好地在我国推行新温标也是各级计量部门、温度仪表制造厂和科研、教育、新闻出版单位十分关心的问题。由于国际计量委员会 (CIPM) 和国际计量局 (BIPM) 由确定采用新温标到开

表 3 ITS-90 与 IPTS-68 以及 ITS-90 与 EPT-76 的差值

$(T_{90} - T_{76})/mK$										
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		

$(T_{90} - T_{68})/K$										
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		

中子活化分析与地球灾变研究

毛雪瑛

(中国科学院高能物理研究所,北京 100080)

你知道 80 年代世界科学技术获得重大进展的十大新闻吗? 用本文介绍的中子活化分析法发现了距今 6500 万年前,白垩纪/第三纪(K/T)界线层中铀异常的富集,并由此提出地外物质撞击地球造成恐龙灭绝的灾变理论就是其中之一。

地球的起源和演化,自然界中生物的诞生、发展以至绝灭,始终是人类最关心的问题。人类生活在地球上,必须要了解地球的演化历史,只有研究清楚它的过去和现在,才能更好地预测它的将来。

地质学家和古生物学家发现在 35 亿年前就存在古老生物的遗迹,但是生物在地球上的发展进化并不是一帆风顺的,而是多灾多难的。在生物进化史上先后发生过 25 次大灾变。其中规模最大的古生物灭绝事件发生在寒武纪

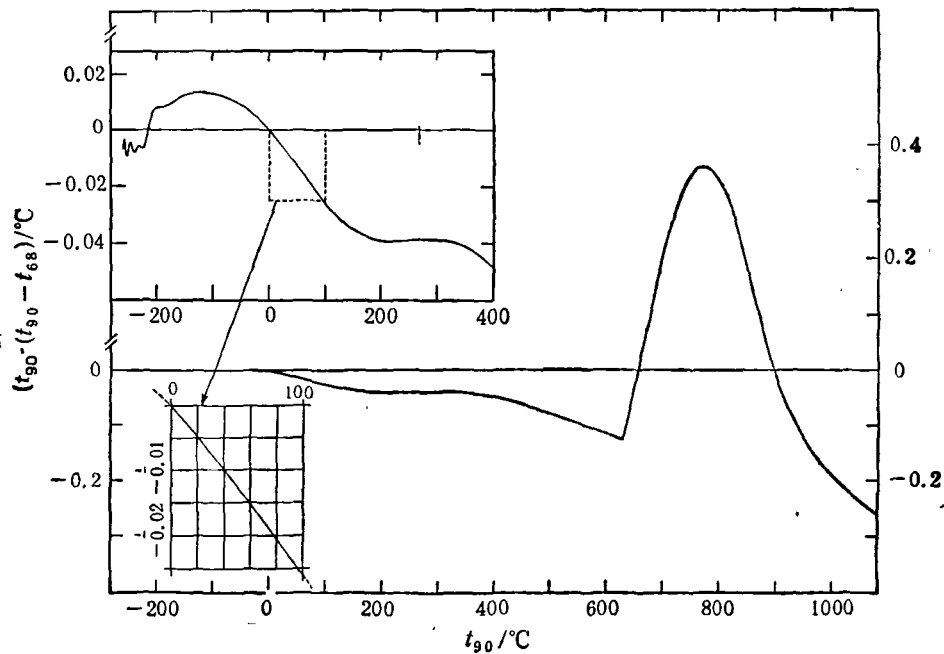


图 1 ITS-90 与 IPTS-68 的差值

始执行,中间只有两个月的时间,而温标本身的变化又很大,故从我国实际出发,采用逐步过渡的办法无疑是正确的。

[1] BIPM, The International Temperature Scale of

1990,(1989).

[2] 凌善康等编译,温度-温标及其复现方法,计量出版社,(1983).

[3] 国家技术监督局计量司编,1990 国际温标宣贯手册,计量出版社,(1990).