

内部资料
注意保存

冶金检测和自动控制

新金属材料编辑部

1974.1·北京



在毛主席革命路线的指引下,我国钢铁工业近几年有了迅速发展,冶金检测和自动控制技术也有了很大进步,去年底冶金部召开了电子技术应用的交流会议,总结交流了这方面的经验,同时也提出了今后加强交流的愿望。

为了更好地向兄弟单位学习,并交流我们近几年来在工作中的体会,因此编辑了本资料。

内容主要是介绍我室近几年来关于冶金检测和自动控制方面的部份工作成果,同时本着“洋为中用”的精神,也翻译和摘译一些国外有关的文章,此外也刊登有关会议活动情况等。

由于缺乏经验和水平有限,错误和不足之处请同志们及时指出,并希望兄弟单位交流这方面的资料和刊物。

冶金部钢铁研究院十二室

1973. 11.

目 录

1968年国际温标简介	(1)
用热电偶测温的几个问题	(13)
80点巡回报警装置	(16)
磁性调压器	(22)

● 经验交流 ●

JT-2型精密温度调节器	(12)
简单而可靠的可控硅触发线路	(32)

● 译 文 ●

调节器的整定	(34)
实用温度测量	(41)

● 文 摘 ●

顶吹转炉炼钢自动化	(50)
电化学法快速测定 LD 转炉中钢液含氧量	(51)
退火工段计算机控制系统	(51)
日本川崎钢铁公司水岛厂的中心化学试验室	(52)
试验室自动化	(54)

● 会议简讯 ●

多道X-射线分析仪预鉴汇报会	(55)
冶金系统贯彻新温标座谈会	(55)

● 名词浅释 ●

本质安全防爆电路	(56)
----------------	------

1968 年国际温标简介

吳 惠 来

一、前 言

温度是一个重要的物理量、无论在日常生活、工农业生产或科学实验中都是很重要的参数之一。随着科学技术的发展,各个国家首先建立了国家温度标准。直到1927年才产生了第一个国际性的温度标准。建国以来我国国家计量局、计量科学研究院根据《1948年国际实用温标》中的规定,陆续建立了各项温度的标准和各级温标传递机构。并开展了从 -183°C ~ 3200°C 范围内的温标传递工作,对各种温度计进行了周期检定,从而保证了我国温度量值的统一和准确。

随着人们对自然界认识的发展,对建立在热力学基础上的温标的认识也日益精确。因此就越来越感到《1948年国际实用温标》已不能满足要求。1968年国际权度委员会决定修改温标,将新温标命名为《1968年国际实用温标》简称 IPTS-68。新温标和旧温标相比具有量限宽、准确度高、更科学更先进的优点。新温标自1969年一月一日起已在国际上生效、各国已陆续采用。为了使我国的温度标准适应经济建设、国防建设和科学技术发展的需要,并使我国的温度量值与国际上取得一致,以便于同国外进行科学技术和贸易往来,在我国采用新温标也是必要的。我国国家计量局、计量科学研究院对采用国际新温标一事,作了大量调查研究和技术上的准备工作,并召开了多次座谈会、讨论会举办了各级推广新温标学习班。现经上级机关批准后,已决定自1973年一月一日起在我国正式采用新温标。

采用新温标是温度计量中一项重要工

作。关于采用新温标的通知〔(72)科字第314号〕已发至各省、市、自治区革命委员会和国务院各部委等单位。这次温度量值的变动影响面很广,必须加强宣传解释和各项具体工作,否则会引起温度量值的混乱与造成测温误差。这次温标的修改对高温范围影响较大,因此对冶金工业更具有现实意义。冶金部已委托钢铁研究院于1972年底在北京召开了部分厂矿,学校,科研和出版等单位参加的座谈会。为了更好贯彻新温标,还应更广泛的作好宣传解释工作和有关的经验交流,以利新温标的推广。

二、温度标准的简单历史

1. 温度的概念和温标

冷和热的现象是人所共知的。热学是物理学的重要组成部分,但在热学里第一个遇到的问题就是要给冷热程度一个科学的测量。人们给冷热程度一个数值表示叫温度。也就是说温度是表示冷热程度的一个物理量,这是对温度的通俗直观理解。更确切一点、从宏观来讲,温度是热力学系统的一个性质。所谓性质就是表征热力学系统的变数。另外对一个热力学系统而言,热能引入则分子运动加速,温度就升高;热能移去则分子运动减慢、温度就降低,因此从微观来讲,也可以说温度是表征物质运动状态的一个物理量,热学的实验技术可分为温度的测量技术与热量的测量技术,前者则表现为热能的强度因素;后者则表现为热能的容量因素,但温度的测量是热学实验技术的基本。由于温度是物质存在的重要状态参数之一,因此,对生产斗争和科学实验都有极重要的

意义，特别对冶金领域的科研和生产更具有密切关系。

温标是温度的数值表示方法，各种各样的温度计，其数值都是由温标来决定的。所以，可以说温标就是温度的标准尺。但温度的标尺不能象长度的标尺一样，可用绝对的测量单位来表示，而只能通过观察一些物质的物理状态和它们的某些物理性质随温度变化的特性来确定。如某些物质的相平衡态和某些物质受热时所引起的电阻、体积、热电动势变化等，都可用来建立温标和作为温度测量的基础。根据温标的定义可以看出，对同样一个热状态来讲，由于所选取表示温度数值的方法不同则温度的数值也不同。历史上曾经出现过几种不同的温标，但目前国际上已统一采用热力学温标，和建立在热力学温标基础上的国际实用温标。

2. 华氏温标与摄氏温标

当根据物质膨胀的原理制造出温度计以后，为了使温度测量有一个共同的标准，在十七世纪首先采用了华氏温标。它是把标准大气压下冰和水的混合物定为32度而把水的沸点定为212度，用装有液体的玻璃温度计指示温度，并把冰点和沸点之间等分为180格，每格叫华氏温标一度。后来摄氏为了使温标定得更准确，选用了另一温标，他把标准大气压下冰和水的混合物定为零度，水的沸点定为100度，仍用装有液体的玻璃膨胀温度计指示温度，并把冰点和沸点之间等分为100格，每格就叫摄氏温标一度。这就是温度测量中通用的摄氏温标。后来发现规定了冰点和沸点的温度之后，其他温度的数值由于所选作为温度计用的物质的性质不同，和作为温度标志的物理量的不同，所定的温标，除在冰点和沸点相同外，在其它温度往往有微小差别。为了避免这些差别，提高温度测量的准确度，后来又选用了理想气体温标（低压下的实际气体接近理想气体）。一切其它温度计必须用它校正才能得到可靠的

温度数值。气体温度计有两种：一是定压气体温度计、一是定容气体温度计。定压气体温度计是把一定量的气体保持其压强不变，而用气体体积随温度的变化作为温度的标志。而定容气体温度计，是把一定量的气体保持其容积不变，利用它的压力随温度的变化作为温度的标志，这两种温度计也是在水的冰点和沸点分度、其间定为100度，这样定的温标有时也叫百度热力学温标。可以证明：定压气体温度计和定容气体温度计所决定的温度数值是完全相等的。之所以常常选用定容气体温度计来决定温度，是因为精确测量压力比精确测量容积来得方便。

3. 热力学温标

热力学温标是直接从热力学第二定律引出的。十八世纪人们在研究热机的工作效率时，发现热机效率的提高是有限止的。1824年卡诺发表了定理：所有工作于两个一定温度之间的热机，以可逆热机的效率最大。这就是热力学第二定律的出发点如图1所示，现设有一高温热源I，其温度为 T_1 和一低温热源II，其温度为 T_2 ，并假设热机的工作物质经历了一个由绝热膨胀、等温压缩、绝热压缩和等温膨胀构成的可逆循环过

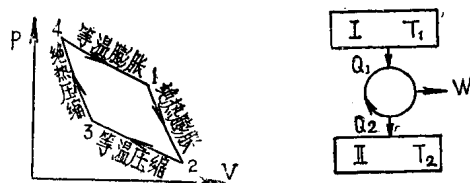


图 1

程，使热机从高温热源吸收热量 Q_1 ，并向低温热源放出热量 Q_2 ，在循环过程终了时工作物质恢复原状，而对外界做功 W ，热机的效率若以 η 表示，

$$\text{则 } \eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (1)$$

可以证明上述的可逆循环过程以及式(1)

所表达的热机效率是最大的。而且还可以证明, Q_2 对 Q_1 的比值与两个热源的温度有下列关系。

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2)$$

显然根据热力学等式 (2) 可以引出一个新的温标。因为, 可以设想无论采用什么单位, Q_1 和 Q_2 总是可以测量的, 其比值也是确定的, 设以 $K_{2,1}$ 表示,

$$\text{则} \quad k_{2,1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (3)$$

根据式 (3) 如再加上一个条件, 即规定出两个热源的温度差值, 或选定其中一个热源温度的绝对数值, 则另一任意热源的温度就可以完全确定。曾经规定过水的冰点和沸点之间的温度差为 100 度建立过温标, 这种方法所建立的温标实际上就是前面已提到过的百度热力学温标。另外开尔文早就指出, 只需选定某一固定点温度的绝对数值

(这意味着理论上绝对零度的存在) 则任意其他热源的温度就可以完全确定了。现在国际权度委员会已选定了不易受外界影响, 而且在实际测量中准确度和复现性最高的水三相点温度, 作为建立热力学温标的固定点。为了和通用的摄氏温度相一致, 水三相点的热力学温度数值定为 273.16K, 它可以长期维持在万分之一度不变。水三相点的热力学温度选定以后, 若以 T_3 表示水三相点的热力学温度, 而其它任意热源的热力学温度用 T_x 表示, 根据式 (3) 则 T_x 可以完全确定

$$\frac{T_x}{T_3} = k_{x,3},$$

$$T_x = 273.16 k_{x,3} \text{K} \quad (4)$$

《1968年国际实用温标》规定; 热力学温度是基本温度, 符号是 T, 单位是开尔文, 符号是 K。开尔文一度等于水三相点热力学温度的 1/273.16。确定了热力学温标以后, 为了使用上的方便, 摄氏温度仍然采用, 但已失去原来的定义。摄氏温度以符号 t 表

示, 其定义为:

$$t = T - T_0$$

式中 $T_0 = 273.15\text{K}$, t 的单位叫摄氏度, 其符号是 $^{\circ}\text{C}$ 。

热力学温标是纯理论性的。但从热力学第二定律的基本方程式出发可以证明热力学温标和用气体温度计确定的温标是相等的。因此热力学温标实际上是用气体温度计来复现的。因此到目前为止气体温度计是最基本的温度计。水的三相点是热力学温标的唯一固定点。

4. 国际实用温标及其演变

上面已经提到, 对同样一个热状态, 由于选取的温标不同就会有不同的温度数值。为了温度的量值统一, 必须建立科学的统一温标。人们总结了多年来对温度测量的经验, 认为建立在热力学第二定律基础上的温标是最科学的。因此, 热力学温标现已被国际权度大会所采纳, 作为最基本的温标, 而热力学温度作为最基本的温度。前面也已提到热力学温标是要通过气体温度计来复现的, 但气体温度计存在很多缺点, 装置比较庞大复杂, 虽然准确但在使用上极不方便, 在大多数情况下实际上无法使用, 更不能向高温无限延伸。为了满足科研和生产中实际测温的需要, 以及统一各国家温标, 在1927年第七届国际权度大会上决定采用统一的温标, 这是第一个国际温标, 叫《1927年国际温标》简称 ITS-27。

《1927年国际温标》要求满足三个条件

(1) 尽可能符合热力学温标, 这是最基本的要求; (2) 复现精度高, 各国都能以很高的准确度复现同样的温标, 以保证温度量值的统一。(3) 规定的温度计用起来方便。《1927年国际温标》是根据六个纯物质的相平衡温度 (氧的沸点、水的冰点、水的沸点、硫的沸点、银的凝固点和金的凝固点) 为固定点; 三种测温仪器 (铂电阻温度计、铂铱10%—铂热电偶、和光学高温计) 为基础

的。上述固定点的平衡温度是用气体温度计或用经过气体温度计分度的铂金电阻温度计测出来的。因此能够符合热力学温标。至于各固定点之间的温度则是用上述三种仪器以及与之相应的插补公式计算出来的。根据上述所规定的测量仪器和插补公式，从低温到高温共分为四个插补范围，如表 1 所示：

表 1 1927年国际温标 (ITS-27)
的插补范围划分

范围 I	-190°C~0°C, 由标准铂电阻温度计的电阻和适用于氧沸点, 水凝固点, 水沸点, 硫沸点之间温度的 Kallendar-Van Dusen 公式来定义。
范围 II	0°C~660°C, 由标准铂电阻温度计的电阻和适用于水凝固点, 水沸点, 硫沸点之间的 Kallenar 公式来定义。
范围 III	660°C~1063°C, 由铂铑 10%——铂热电偶的热电动势和通过铈, 银和金三个凝固点决定的抛物线公式来定义。
范围 IV	金的凝固点以上, 由光学高温计的亮度和维恩公式来定义。

从1927年起, 40多年来国际温标曾作过几次修改, 但都是数值上的变更, 实现国际温标的原则和方法一直保持未变。国际温标在1948年曾作过一次较大的修改, 主要是对温标定义的三处: 银凝固点的温度值从 960.5°C 变为 960.8°C, 对于第二辐射常数 C_2 采用了 $0.01438\text{m} \cdot \text{K}$ 代替 $0.01432\text{m} \cdot \text{K}$, 和在金点以上用普朗克辐射公式代替维恩公式计算温度。这样就引起了 630°C 以上全部温度数值的变化。至于1960年第十一届国际权度大会对温标的修改, 除了确定开尔文的新定义 (它是由水三相点的热力学温度精确定为 273.16K 给出的) 外将《1948年国际温标》(ITS-48) 的名称中加上“实用”二字只是为了符合温标的现状。除此之外没有重要的变化。

三、《1968 年国际实用温标》的组成及对温度量值的影响

1. 这次修改温标的原因

根据1967年第十三届国际权度大会的决议, 国际权度委员会于1968年10月决定修改温标。以《1968年国际实用温标》(IPTS-68) 代替《1948年国际实用温标》(IPTS-48)。这是因为二十多年来, 生产和科学技术获得了迅速的发展, 旧温标无论在测量精度还是测量范围方面都不能适应新的要求。这次修改温标概括起来有下面几个原因:

(1) 使国际实用温标更符合于热力学温标: 前面已经提到, 国际实用温标必须尽可能符合热力学温标, 这是对建立国际实用温标最基本的要求。但是近年来气体温度计的水平有了很大提高, 新的气体温度计测量的结果表明: 旧温标中所定义的固定点温度数值不够准确, 必须加以修正才能符合热力学温标。例如旧温标中定义的金凝固点温度为 1063°C, 而近年来各国用气体温度计测定的结果, 其平均值为 1064.43°C, 竟差 1.43°C。对于基准来说 1.43°C 已相当可观。因此, 必须加以修正。除水的三相点外, 新温标对其它各固定点所定义的温度几乎都有变化, 均用新值来代替。

(2) 延伸低温标准的范围: 旧温标的低温范围较窄, 它的下限只到氧的沸点 (-182.962°C 或 90.188K), 近年来低温技术发展很快, 应用也日益广泛, 使用的温度也越来越低。如液氮的使用已相当普遍, 而液氮的沸点温度为 -195.802°C, 就比旧温标的下限为低。在很多科学实验和国防工业中液氢的使用也相当普遍。液氢温度范围的温度测量已远远低于旧温标的下限。由于低温物理和超导技术的应用, 液氮温度范围的温度测量要求更低的温度标准。因此迫切要求温标向

低温延伸。新温标就把温标的下限由过去的氧沸点延伸到氢的三相点 (-259.34°C 或 13.81K)。

(3) 近代科学技术的发展为温度计量的发展提供了条件：首先是由于金属提纯技术的发展，目前六个9以上的超纯金属已经可以获得。以高纯金属的凝固相变平衡态代替旧温标中某些物质的沸点来建立温标，可以大大提高温度基准的精度。如硫的沸点和锌的凝固点同为四百多度，而硫沸点受外界压力影响较大，其精度只能达千分之几。而锌凝固点可达万分之一。新温标中就规定用锌的凝固点代替硫的沸点。同时还提出了用锡的凝固点代替水的沸点，这样就提高了温度基准的精度。铂金提纯技术的提高也为提高铂金电阻温度计在极低温度下的测温灵敏度创造了条件，这都是冶金技术发展的结果。另外近年来计算技术的发展，给数学运算提供了方便，使有条件采用更完善更准确的

的计算方法。如气体温度计和铂金电阻温度计在新温标中都采用了更准确的计算公式。这也提高了准确度。但同时也给计算增加了一些麻烦。总之新温标总结了二十多年来科学技术的新成就，不但扩大了温标范围，而且提高了准确度使之更符合热力学温标，新温标较之旧温标更科学更先进。

2. 《1968年国际实用温标》的原则以及对各固定点和不同温度范围的定义

《1968年国际实用温标》仍是以一些可复现的平衡态 (定义的固定点) 温度的给定值及在这些温度上分度的标准仪器作为基础的。固定点之间的温度根据特定的公式插补，这些公式建立了标准仪器示值和国际实用温标值间的关系。所定义的固定点是利用纯物质各相间可复现的平衡状态所建立起来的温度点。表2是这些平衡态和对它们给定的国际实用温度值。

用于 $13.81\text{K} \sim 630.74^{\circ}\text{C}$ 的标准仪器是

表 2 IPTS-68定义的固定点^(a)

平 衡 状 态	国际实用温度指定值	
	$T_{\text{fs}}(\text{K})$	$t_{\text{fs}}(^{\circ}\text{C})$
平衡氢固态, 液态, 气态间的平衡 (平衡氢三相点)	13.81	- 259.34
平衡氢液态、汽态在 33330.6N/m^2 (25/76标准大气压) 压力下的平衡	17.042	- 256.108
平衡氢液态和气态间的平衡 (平衡氢沸点)	20.28	- 252.87
氦液态和气态间平衡 (氦沸点)	27.102	- 246.048
氧固态、液态和气态间的平衡 (氧三相点)	54.361	- 218.789
氧液态和气态间的平衡 (氧沸点)	90.188	- 182.962
水固态、液态和气态间的平衡 (水三相点) ^(c)	273.16	0.01
水液态和气态间的平衡 (水沸点) ^{(b)(c)}	373.15	100
锌固态和液态间的平衡 (锌凝固点)	692.73	419.58
银固态和液态间的平衡 (银凝固点)	1235.08	961.93
金固态和液态间的平衡 (金凝固点)	1337.58	1064.43

注：a、除各三相点和一个平衡氢 (17.042K) 外，温度的给定值都是指在 $P_0 = 1$ 标准大气压 (101325N/m^2) 下的平衡态。在复现固定点时，由于温度计插入深度的差异，或不能精确的得到所需的压力，将会发生对于给定温度有小的偏差。若对这些小温差规定了允差，它们将不会影响温标复现的准确度。这些小温差的大小在 (三) 节里给出。

b、锡固态和液态的平衡温度 (锡凝固点) 被给定为 $t_{\text{fs}} = 231.9681^{\circ}\text{C}$ 它可用来代替水沸点。

c、所用的水应有海水的同位素成分。

铂电阻温度计。温度计电阻器必须是无应变，退火后的纯铂丝。电阻比 $W(T_{68})$ 定义为：

$$W(T_{68}) = R(T_{68}) / R(273.15K)$$

式中 R 是电阻。在 $T_{68} = 373.15K$ 时不应小于1.39250。在 $0^\circ C$ 以下温度计的电阻温度关系是从一参考函数和特定的偏差函数找出。从 $0^\circ C \sim 630.74^\circ C$ 的电阻-温度关系可由两个多项式提供。

用于 $630.74^\circ C \sim 1064.43^\circ C$ 的标准仪器是铂铑(10%铑)~铂热电偶、它的电动势-温度关系式是用一个二次方程式表示。在 $1064.43^\circ C(1337.58K)$ 以上《1968年国际实用温标》是由普朗克辐射定律下定义，以 $1337.58K$ 作为参考温度，而第二辐射常数 C_2 采用新值 $0.014388m \cdot K$ 。《1968年国际实用温标》的温度范围划分、要求、方法和各范围的内插公式列于表3。

表 3 《1968年国际实用温标》(IPTS-68)的组成

温度范围	所指定的复现方法，仪器和要求	计算标准温度 T_{68} 、 t_{68} 的插补公式
1064.43°C 以上	测量黑体辐射波长为 λ 的光谱密度 L	$\frac{L_{\lambda}(T_{68})}{L_{\lambda}(T_{68}(Au))} = \frac{\exp\left[\frac{C_2}{\lambda T_{68}(Au)}\right] - 1}{\exp\left[\frac{C_2}{\lambda T_{68}}\right] - 1} \quad (11)$ $C_2 = 0.014388m \cdot K \quad T_{Au} = 1337.58K$
1064.43°C } 630.74°C	铂铑(10%铑)——铂热电偶 对热电偶的要求： $E_{Au} = 10300\mu V \pm 50\mu V$ $E_{Au} - E_{Ag} = 1183\mu V + 0.158$ $(E_{Au} - 10300\mu V) \pm 4\mu V$ $E_{Au} - E_{(630.74^\circ C)} = 4766\mu V$ $+ 0.631(E_{Au} - 10300\mu V)$ $\pm 8\mu V$	自由端温度为 $0^\circ C$ 时的热电动势为： $E(t_{68}) = a + bt_{68} + ct_{68}^2 \quad (10)$ 式中的常数 a, b, c 为在铟凝固点($630.74^\circ C \pm 0.2^\circ C$)，银的凝固点($961.93^\circ C$)和金的凝固点($1064.43^\circ C$)所测得的 E 值确定。
630.74°C } 0°C	铂电阻温度计 对铂电阻温度计的要求： $W(100^\circ C) > 1.39250$ $W(T_{68}) = R(T_{68}) / R(0^\circ C)$	$t_{68} = t' + 0.045 \left(\frac{t'}{100^\circ C} \right) \left(\frac{t'}{100^\circ C} - 1 \right) \left(\frac{t'}{419.58^\circ C} - 1 \right) \left(\frac{t'}{630.74^\circ C} - 1 \right)^\circ C \quad (8)$ $t' = \frac{1}{\alpha} [W(t') - 1] + \delta \left(\frac{t'}{100^\circ C} \right) \left(\frac{t'}{100^\circ C} - 1 \right) \quad (9)$ $W(t') = R(t') / R(0^\circ C)$ ，常数 $R(0^\circ C)$ ， α 和 δ 是由水三相点，水沸点和铟凝固点上的电阻比 $W(t')$ 来确定。
273.15K } 90.188K	$W(T_{68}) = W_{CCT-68}(T_{68}) + \Delta W(T_{68}) \quad (5)$ $\Delta W = \sum_{i=0}^n a_i T_{68}^i \quad (n \leq 4) \quad (7)$ $T_{68} = \sum_{i=0}^n \left\{ A_i \left[\ln W_{CCT-68}(T_{68}) \right]^i \right\} K \quad (6)$	$\Delta W = A_4 t_{68} + B_4 t_{68}^3 (t_{68} - 100^\circ C)$ 式中 $t_{68} = T_{68} - 273.15K$ 系数 A_4, B_4 是根据氧沸点和水沸点的 W 测量值与表4的 W 值的差值 ΔW 来确定

温度范围	所指定的复现方法, 仪器和要求	计算标准温度 T_{68} 、 t_{68} 的插补公式																																											
90.188 K } 54.361 K	式中 A_i 的数值为	$\Delta W = A_3 + B_3 T_{68} + C_3 T_{68}^2$ 系数 A_3, B_3, C_3 是根据氧沸点和氧三相点的 ΔW 值以及从式 (11) 得出的在氧沸点上偏差函数的导数 $d(\Delta W)/dT_{68}$ 应和 (12) 式的导数相等的条件来确定。																																											
	<table><tr><th>i</th><th>A_i</th></tr><tr><td>0</td><td>0.27315×10^3</td></tr><tr><td>1</td><td>$0.2508462096788033 \times 10^3$</td></tr><tr><td>2</td><td>$0.1350998699649997 \times 10^3$</td></tr><tr><td>3</td><td>$0.5278567590085172 \times 10^2$</td></tr><tr><td>4</td><td>$0.2767685488541052 \times 10^2$</td></tr><tr><td>5</td><td>$0.3910532053766837 \times 10^2$</td></tr><tr><td>6</td><td>$0.6556132305780693 \times 10^2$</td></tr><tr><td>7</td><td>$0.8080358685598667 \times 10^2$</td></tr><tr><td>8</td><td>$0.7052421182340520 \times 10^2$</td></tr><tr><td>9</td><td>$0.4478475896389657 \times 10^2$</td></tr><tr><td>10</td><td>$0.2125256535560578 \times 10^2$</td></tr><tr><td>11</td><td>$0.7676763581708458 \times 10$</td></tr><tr><td>12</td><td>$0.2136894593828500 \times 10$</td></tr><tr><td>13</td><td>0.4598433489280693</td></tr><tr><td>14</td><td>$0.7636146292316480 \times 10^{-1}$</td></tr><tr><td>15</td><td>$0.9693286203731213 \times 10^{-2}$</td></tr><tr><td>16</td><td>$0.9230691540070075 \times 10^{-3}$</td></tr><tr><td>17</td><td>$0.6381165909526538 \times 10^{-4}$</td></tr><tr><td>18</td><td>$0.3022932378746192 \times 10^{-5}$</td></tr><tr><td>19</td><td>$0.8775513913037602 \times 10^{-7}$</td></tr><tr><td>20</td><td>$0.1177026131254774 \times 10^{-8}$</td></tr></table>	i	A_i	0	0.27315×10^3	1	$0.2508462096788033 \times 10^3$	2	$0.1350998699649997 \times 10^3$	3	$0.5278567590085172 \times 10^2$	4	$0.2767685488541052 \times 10^2$	5	$0.3910532053766837 \times 10^2$	6	$0.6556132305780693 \times 10^2$	7	$0.8080358685598667 \times 10^2$	8	$0.7052421182340520 \times 10^2$	9	$0.4478475896389657 \times 10^2$	10	$0.2125256535560578 \times 10^2$	11	$0.7676763581708458 \times 10$	12	$0.2136894593828500 \times 10$	13	0.4598433489280693	14	$0.7636146292316480 \times 10^{-1}$	15	$0.9693286203731213 \times 10^{-2}$	16	$0.9230691540070075 \times 10^{-3}$	17	$0.6381165909526538 \times 10^{-4}$	18	$0.3022932378746192 \times 10^{-5}$	19	$0.8775513913037602 \times 10^{-7}$	20	$0.1177026131254774 \times 10^{-8}$
i	A_i																																												
0	0.27315×10^3																																												
1	$0.2508462096788033 \times 10^3$																																												
2	$0.1350998699649997 \times 10^3$																																												
3	$0.5278567590085172 \times 10^2$																																												
4	$0.2767685488541052 \times 10^2$																																												
5	$0.3910532053766837 \times 10^2$																																												
6	$0.6556132305780693 \times 10^2$																																												
7	$0.8080358685598667 \times 10^2$																																												
8	$0.7052421182340520 \times 10^2$																																												
9	$0.4478475896389657 \times 10^2$																																												
10	$0.2125256535560578 \times 10^2$																																												
11	$0.7676763581708458 \times 10$																																												
12	$0.2136894593828500 \times 10$																																												
13	0.4598433489280693																																												
14	$0.7636146292316480 \times 10^{-1}$																																												
15	$0.9693286203731213 \times 10^{-2}$																																												
16	$0.9230691540070075 \times 10^{-3}$																																												
17	$0.6381165909526538 \times 10^{-4}$																																												
18	$0.3022932378746192 \times 10^{-5}$																																												
19	$0.8775513913037602 \times 10^{-7}$																																												
20	$0.1177026131254774 \times 10^{-8}$																																												
54.361 K } 20.28 K																																													
20.28 K } 13.81 K		$\Delta W = A_1 + B_1 T_{68} + C_1 T_{68}^2 + D_1 T_{68}^3$ 系数 A_1, B_1, C_1, D_1 是根据在平衡氢三相点, 温度为 17.042 K 和平衡氢沸点三个已知温度点上的 ΔW 值, 以及从公式 (13) 得出的平衡氢沸点上的偏差函数的导数 $d(\Delta W)/dT_{68}$ 与从 (14) 式求出的导数相等的条件来确定																																											

3. 新温标对温度量值的影响

前面已经提到, 这次修改温标, 引起了整个温度量值的变化。下面根据温标所划分的四段略加说明:

(1) 0°C 以下新温标引起的变化: 在 0°C 以下新温标废弃了旧温标中用卡伦达尔-范杜森公式计算温度的方法。而采取用一参考函数来计算温度。在 13.81 K ~ 273.15 K 之间新温标规定, 温度 T 由下式决定:

$$W(T_{68}) = W_{\text{CCT}}(T_{68}) + \Delta W(T_{68}) \quad (5)$$

式中 $W(T_{68})$ 是铂电阻温度计的电阻比即:

$$W(T_{68}) = \frac{R(T_{68})}{R(273.15)}$$

$W_{\text{CCT}}(T_{68})$ 为标准参考函数, 它是国际权度委员会, 温度谘询委员会提供的某一特定铂 (实际上是设想具有平均特性的铂) 的 W - T 函数关系。它是由下式所决定的电阻

比:

$$T_{68} = \left\{ A_0 + \sum_{i=1}^{20} A_i [\ln W_{\text{CCT}}(T_{68})]^i \right\} \text{K} \quad (6)$$

其中 A 和 i 的数值见表 3 内的小附表。

$\Delta W(T)$ 表示一偏差函数, 它是所测定的铂电阻温度计在某一温度下的 $W(T)$ 值与上述特定铂电阻温度计在同一温度下的 $W_{\text{CCT}}(T)$ 值间的差值。此偏差函数在不同的温度范围有不同的形式, 在 0°C 以下共分为四段表示即:

$$\Delta W(T_{68}) = \sum_{i=0}^n a_i T^i \quad (n \leq 4) \quad (7)$$

其具体形式见表 3 所示。其中的系数 $A_1, A_2, A_3, A_4; B_1, B_2, B_3; C_1, C_2, C_3, C_4$ 和 D_1, D_2 等是由表 4 给出的定点数值再加上各段连接点处函数连续的条件所决定的。由测得的 $W(T)$ 求温度 T 时, 将 (5) (6) (7) 联立即可求得温度 T 。为了计

表 4

固 定 点	$T_{68}(\text{K})$	$t_{68}(^{\circ}\text{C})$	$W_{\text{CCT}-68}$
平衡氢三相点	13.81	-259.34	0.00141206
平衡氢17.042点	17.042	-256.108	0.00253444
平衡氢沸点	20.28	-252.87	0.00448517
氮沸点	27.102	-246.048	0.01221272
氧三相点	54.361	-218.789	0.09197252
氧沸点	90.188	-182.962	0.24379909
	273.15	0	1
水沸点	373.15	100	1.39259668
锡凝固点	505.1181	2319681	1.89257086

算方便也可采用近似算法或列表算法计算温度,可详见《1968年国际实用温标和温度计算方法一书》。

(2) $0^{\circ}\text{C}\sim 630.74^{\circ}\text{C}$ 范围,新温标引起的变化:在这一温度范围内,新温标采用修正的卡伦达尔公式,引进了一个改正项来计算温度,这样更符合热力学温标。根据新温标的规定,在这一温度范围内用铂电阻温度计计算温度时,温度由下式决定:

$$t_{68} = t' + 0.045 \left(\frac{t'}{100^{\circ}\text{C}} \right) \left(\frac{t'}{100^{\circ}\text{C}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{t'}{419.58^{\circ}\text{C}} - 1 \right) \left(\frac{t'}{630.74^{\circ}\text{C}} - 1 \right) \quad (8)$$

$$\text{而 } t' = \frac{1}{\alpha} [W(t') - 1] + \delta \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{t'}{100^{\circ}\text{C}} \right) \left(\frac{t'}{100^{\circ}\text{C}} - 1 \right) \quad (9)$$

式中 $W(t')$ 是电阻温度计在 $t^{\circ}\text{C}$ 时的电阻 $R(t)$ 和 0°C 时的电阻 $R(0^{\circ}\text{C})$ 的比值。 $W(t') = R(t')/R(0^{\circ}\text{C})$, t' 是为了计算方便引进的一个中间变量。 α 、 δ 是两个温度计常数。它们是由电阻温度计在水三相点:水沸点(可用锡点代替)和锌点三个固定点决定。由于对制造铂电阻温度计的铂丝纯度提高了要求,和锌点温度的变化以及采用新的计算公式的结果,也引起了这一温度范围温度数值的变化。

(3) $630.74^{\circ}\text{C}\sim 1064.43^{\circ}\text{C}$ 范围内新温标引起的变化:《1968年国际实用温标规定,用于 $630.74^{\circ}\text{C}\sim 1064.43^{\circ}\text{C}$ 之间的标准仪器是铂铑(10% 铑)一铂热电偶。它的热电势与温度之间的关系是由一个二次方程式表达:

$$E(t_{68}) = a + bt_{68} + Ct_{68}^2 \quad (10)$$

式中 $E(t_{68})$ 是铂铑-铂热电偶的一端温度为 $t_{68}=0^{\circ}\text{C}$, 而另一端温度为 t_{68} 时的热电动势。常数 a 、 b 、 c 是根据铂电阻温度计在 $630.74^{\circ}\text{C}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以及银和金的凝固点上测得的 E 值计算出来的。在这一温度范围内新旧温标所用的仪器、方法和插补公式完全一样。差别只是在确定 a 、 b 、 c , 三个常数时所用的三个固定点(金、银、铑)的温度值有了变化,因此影响了这一范围的温度数值。

(4) 1064.43°C (1337.58K) 以上新温标引起的变化:《1968年国际实用温标》规定,在金的凝固点(1064.43°C)以上,是测定黑体辐射的光谱密度,并按照下列公式计算温度:

$$\frac{L[T_{68}]}{L[T_{68}(A_u)]} = \frac{\exp\left[\frac{C_2}{\lambda T_{68}(A_u)}\right] - 1}{\exp\left[\frac{C_2}{\lambda T_{68}}\right] - 1} \quad (11)$$

式中 $L[T_{68}]$ 和 $L[T_{68}(A_u)]$ 是在温度 T_{68} 和金凝固点 T_{Au} 时,黑体辐射波长为 λ 的光谱密度。当 λT 的数值很小时,普朗克公式可用更简单的维恩公式 $L(T) = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}}$ 表示。因此,绝对黑体在两个绝对温度 T_{Au} 和 T 的单色辐射能量比与 T 之间的关系可用下式表示:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_{Au}} + \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{L[T_{Au}]}{L(T)} \quad (12)$$

从式(12)可以求出新旧温标的近似差值,新温标之所以引起金凝固点以上全部温度数值的变化,是因为第二辐射常数 C_2 采

用了新值 $0.014388\text{m}\cdot\text{K}$ 代替了 $0.01438\text{m}\cdot\text{K}$ 和金凝固点数值采用了 1064.43°C 代替 1063°C 的结果。将公式(12)分别对 C_2 和 T_{Au} 求导数,即可近似求得由于金凝固点温度 T_{Au} 和第二辐射常数 C_2 变化,所引起的亮度温度 T 的变化量 ΔT_1 和 ΔT_2 。

$$\Delta T_1 = \left(\frac{T}{T_{Au}} \right)^2 \cdot \Delta T_{Au}, \quad \Delta T_{Au} = 1.43\text{K}$$

$$\Delta T_2 = \frac{T(T_{Au} - T)}{T_{Au}} \cdot \frac{\Delta C_2}{C_2},$$

$$\Delta C_2 = 0.000008\text{m}\cdot\text{K}$$

综合上述,表(5)给出了《1968年国际实用温标》(IPTS-68)和《1948年国际实用温标》(IPTS-48)温度数值间的近似差值 $(t_{68} - t_{48}) \cdot \text{K}$

表 5 IPTS—68和IPTS—48给出的温度值间的近似差值 $(t_{68} - t_{48}) \cdot \text{K}$

$t_{68}/^\circ\text{C}$	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-100	0.022	0.013	0.003	-0.006	-0.013	-0.013	-0.005	0.007	0.012		
-0	0.000	0.006	0.012	0.018	0.024	0.029	0.032	0.034	0.033	0.029	0.022
$t_{68}/^\circ\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0.000	-0.004	-0.007	-0.009	-0.010	-0.010	-0.010	-0.008	-0.006	-0.003	0.000
100	0.000	0.004	0.007	0.012	0.016	0.020	0.025	0.029	0.034	0.038	0.043
200	0.043	0.047	0.051	0.054	0.058	0.061	0.064	0.067	0.069	0.071	0.073
300	0.073	0.074	0.075	0.076	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.076	0.076
400	0.076	0.075	0.075	0.075	0.074	0.074	0.074	0.075	0.076	0.077	0.079
500	0.079	0.082	0.085	0.089	0.094	0.100	0.108	0.116	0.126	0.137	0.150
600	0.150	0.165	0.182	0.200	0.23	0.25	0.28	0.31	0.34	0.36	0.39
700	0.39	0.42	0.45	0.47	0.50	0.53	0.56	0.58	0.61	0.64	0.67
800	0.67	0.70	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.89	0.92	0.95
900	0.95	0.98	1.01	1.04	1.07	1.10	1.12	1.15	1.18	1.21	1.24
1000	1.24	1.27	1.30	1.33	1.36	1.39	1.42	1.44			
$t_{68}/^\circ\text{C}$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1000		1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
2000	3.2	3.5	3.7	4.0	4.2	4.5	4.8	5.0	5.3	5.6	5.9
3000	5.9	6.2	6.5	6.9	7.2	7.5	7.9	8.2	8.6	9.0	9.3

4. 采用新温标后涉及到的问题及措施

在新温标中由于所定义的固定点温度、某些常数以及插补公式有了变化,故引起了温度量值的变化。因此,温标的修改对温度标准的传递单位,一二次测温仪表的生产部门以及使用测温仪表的各部门都带来了不同程度的影响。从原则上讲影响所有与温度量值有关的问题。

(1) 对测温仪表生产部门的影响:采用新温标后,自国家规定贯彻新温标之日

起,新生产出厂的一二次测温仪表,原则上都应符合新温标的刻度要求。几种常用热电偶的新分度表已修改,见表6,同时与其配套使用的二次测温显示仪表应按新分度表修改仪表刻度和记录纸。对于用标准仪器直接刻度的测温仪表,如玻璃液体温度计、光学高温计、光电高温计、比色高温计等,只要把用来刻度它们的标准仪器换成新温标即可。对于各单位目前使用中的二次测温仪表,在采用新温标后可根据仪表本身所允许

表 6 几种常用热电偶的新分度表 (自由端温度为0°C)

工作端温度 °C	热 电 动 势 (毫 伏)			
	铂铑 ₃₀ /铂铑 ₆ (分度号: LL)	铂铑 ₁₀ /铂 (分度号: LB-3)	镍铬/镍硅 (镍铬/镍铝) (分度号: Eu-2)	镍铬/铐铜 (分度号: EA-2)
0	0.000	0.000	0.00	0.00
10	-0.001	0.056	0.40	0.65
20	-0.002	0.113	0.80	1.31
30	-0.002	0.173	1.20	1.98
40	0.000	0.235	1.61	2.66
50	0.003	0.299	2.02	3.35
60	0.007	0.364	2.43	4.05
70	0.012	0.431	2.85	4.76
80	0.018	0.500	3.26	5.48
90	0.025	0.571	3.68	6.21
100	0.034	0.643	4.10	6.95
200	0.178	1.436	8.13	14.66
300	0.431	2.315	12.21	22.90
400	0.787	3.250	16.40	31.48
500	1.242	4.220	20.65	40.15
600	1.791	5.222	24.90	49.01
700	2.429	6.256	29.13	66.36
800	3.152	7.322	33.29	
900	3.955	8.421	37.33	
1000	4.832	9.556	41.27	
1100	5.780	10.723	45.10	
1200	6.792	11.915	48.81	
1300	7.858	13.116	52.37	
1400	8.967	14.313		
1500	10.108	15.504		
1600	11.268	16.688		
1700	12.431			
1800	13.582			

的误差范围分别情况处理,有些可照旧使用,有些则要采取相应措施。如与热电偶配套使用的0.5级电子电位差计就需要按照新温标予以重新调整。

(2) 对计量检定单位的影响:自贯彻新温标之日起,原则上都应按照新温标的要求,采用所规定的标准温度复现方法、固定点平衡温度数值、常数、插补公式和计算表格复现和传递温度量值。国家计量部门已有专门资料介绍,可参看《1968年国际实用温

标和温度计算方法一书》。

(3) 对广大工艺生产和其他有关部门的影响:采用新温标后会影响到各个领域的工作。许多工农业生产和科学实验都要求在一定的温度条件下进行。因为温度作为一个工艺参数和产品质量有着密切的关系。采用新温标后,凡涉及到温度参数的地方。原则上都应作适当修正。如各种产品的国家标准、部颁标准、技术工艺条件、科学技术资料中的温度参数等,都应以新温标为准。但

表 7 按《 IPTS—68 》修正后的金属元素熔点数据

化 学 元 素		熔 点		化 学 元 素		熔 点	
名 称	符 号	t_{48}	t_{68}	名 称	符 号	t_{48}	t_{68}
铝	Al	660.1	660.37	钼	Mo	2625	2630
镁	Mg	650	650.3	锝	Tc	2130	2134
钙	Ca	850	850.8	钌	Ru	2500	2504
钪	Sc	1539	1541	铑	Rh	1960	1963
钛	Ti	1677	1680	钯	Pd	1552	1554
钒	V	1910	1913	银	Ag	960.8	961.93
铬	Cr	1903	1906	镉	Cd	321.03	321.108
锰	Mn	1245	1247	铟	In	156.61	156.634
铁	Fe	1539	1541	锡	Sn	231.91	231.968
钴	Co	1492	1494	锑	Sb	630.5	630.74
镍	Ni	1453	1455	铪	Hf	2225	2229
铜	Cu	1083	1084.5	钽	Ta	3000	3006
锌	Zn	419.505	419.58	钨	W	3380	3387
镓	Ga	29.8	29.8	铼	Re	3180	3186
锗	Ge	958	959.1	锇	Os	2997	3003
铷	Rb	39	39	铱	Ir	2443	2447
锶	Sr	770	770.6	铂	Pt	1769	1772
钇	Y	1490	1492	金	Au	1063	1064.43
锆	Zr	1852	1855	铅	Pb	327.3	327.5
铌	Nb	2468	2472	铋	Bi	271.2	271.4
钋	Po	254	254.1	钷	Pu	639.85	640.07
镭	Ra	700	700.4	铊	Tl	300	300.1
锕	Ac	1050	1051	镥	Lu	1650	1652
钍	Th	1750	1753	铪	Yb	824	825
镤	Pa	1230	1232	铥	Tm	1545	1547
铀	u	1132	1133.6	钠	Na	97.8	97.8
镎	Np	138.85	139.1	钾	K	63	63
铯	Cs	28.7	28.7	镧	La	920	921
锂	Li	180	180				
铈	Ce	804	805				

注：以上熔点数据部分是《 IPTS—68 》给定的，其余为按《 IPTS—68 》修正的，修正后的数据一般取与《 IPTS—48 》相同的位数。

对大多数工农业生产和科学实验中的温度测量来说，由于其允许误差远比新旧温标所引起的差值为大，实际上可以忽略新旧温标的影响。因此，这些技术文件中的温度数据无需一一换算。部分对温度测量准确度要求高的工作，应根据具体情况加以处理。以免在

计量部门传递新温标以后，造成温度量值的混乱，甚至引起产品质量和造成事故。

(4) 对于冶金部门的影响也是显而易见的。首先由于温度量值的变化引起了所有金属元素相变温度的数值。表 7 给出了根据新温标修正后的金属熔点数据，严格来讲所

有相图的温度坐标都有移动，在冶炼、加工，热处理等工艺过程中的温度在新温标采用后都有变化，因此，均需根据具体情况具体处理。另外冶金工厂使用中的大量测温仪

表，在计量部门开始传递新温标以后，均应根据具体情况加以调整，否则就会带来更大的误差。

JT-2 型精密温度调节器

科研及生产单位实验室中，各种电加热炉的温度，往往要求恒温控制。其特点是要求控制精度高，应用温度范围大，抗干扰能力强，长期运转可靠，结构简单等。为满足上述要求，我室研制了一种基地式P.I.D温度调节器。

为适应高低温范围应用，采用热电偶做为检测元件。由热电偶所产生的热电势，与调节器内定值单元的设定值相比较，其差值输入偏差单元进行放大。定值单元的设定电势由交流电源经过整流后，由标准稳压管稳压。由带温度补偿的桥路用分压电阻取出。此电势分粗调和细调二档，用波段开关和十圈电位器可连续调节。考虑应用的温度范围不同，为提高控制精度，定值单元做成配铬铝电偶及铂铑电偶二种规格。

偏差放大器为调制型直流放大器。采用结型场效应管式400周/秒调制器。由变压器耦合输入，使放大器本身与输入信号隔离，以提高抗干扰能力。交流放大器采用组级联式直接耦合放大和一级输出级，各级之间采用阻容耦合。第一级采用场效应晶体管，其它各级均采用N型硅管，提高了输入阻抗和放大器的稳定性。采用半导体二极管相敏整流式鉴调器，工作稳定可靠。放大器的输出由偏差指示表指示。其满刻度值相应输入偏差为 ± 100 微伏及 ± 500 微伏二档。输出信号为 ± 1 伏。

触发调节单元由差分放大器、单结晶体管式脉冲发生器、小可控硅触发放大器和P.I.D反馈网路构成。同时，进行P.I.D运算和形成触发脉冲。线路结构简单可靠。差分放大器输入级采用结型场效应管及恒流控

制电路，提高放大器输入阻抗及稳定性。小可控硅的触发脉冲经过变压器耦合产生输出脉冲和反馈信号。输出脉冲的幅度和宽度较大，以保证可靠地触发主回路双向并联可控硅。可控硅的容量在100安培以下都可以可靠的工作。因此，调节器可直接用于单相220V20KW以下电炉。

仪器的主要技术指标如下：

1. 控制精度： $1000^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
2. 定值给定范围： $0 \sim 50\text{mV}$ (NiCr—Ni电偶)； $0 \sim 20\text{mV}$ (P—Pt电偶)。
3. 定值器及放大器长期漂移：小于 $10\mu\text{V}/24$ 小时。
4. P.I.D参数可调范围：
P： $10 \sim 300\%$ 连续可调；
I： $0 \sim 600$ 秒 连续可调；
D： $0 \sim 3$ 分钟 连续可调。
5. 输出脉冲信号：
空载脉冲幅值不于15伏。
6. 使用环境：
单相交流 $220\text{V} \pm 1\%$ 电源；
环境温度为 $0 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 。

本调节器经过试制—实验—改进—试制的过程，边使用边改进。在此期间，先后在我院材料试验室电炉和热电偶检定管式电炉长期使用。实践证明，它能够满足一般实验室电炉恒温控制的需要。操作简单，工作可靠，用户较为满意。现在正在总结资料及绘图纸，准备移交工厂小批生产，以满足实验室不断发展的需要。

(冶金部钢铁研究院十二室通讯)

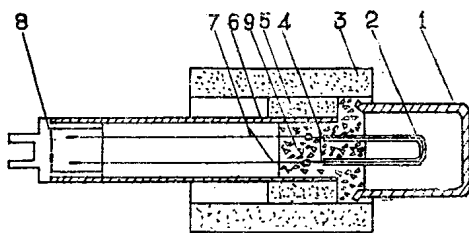
用热电偶测温的几个问题

卜 禾

冶金工业是高温作业，所以如何测准温度是很重要的，目前钢铁生产中所常用的热电偶有铂铑-铂和镍铬-镍锰（镍硅）二种，钢水测温用的铂铑-铂热电偶，由于节省材料和要反应速度快，目前多采用快速微型热电偶，这几种热电偶均能准确地反应被测对象的温度，但如使用不当就可能产生很大的误差，今将使用中的几个问题商讨如下：

一、快速微型电偶

测量钢水温度的快速微型电偶和普通插入式电偶相似，由热电偶和补偿导线组成，其结构如图一所示，金属罩（1）是用来保护“U”型石英管和热电偶的，以免通过渣层和钢水时被撞坏，插入钢水后罩即熔化，钢水接触“U”型石英管，一般在4~6秒钟内即可反应出钢水温度，纸管5和快干高温水泥（9）是保护热电偶冷端，保证在测量时冷端不超过补偿导线的使用温度。目前这种热电偶用量较大，有下列几个问题是需要注意的。



- 1—保护罩； 2—U形石英管； 3—纸管；
4—微型热电偶； 5—外径30毫米纸管；
6—小纸管； 7—补偿导线； 8—塑料插头；
9—冷固高温水泥

图1 微型热电偶结构图

1. 目前生产的微型热电偶有二种，一

种保护罩是用铝制，另一种是钢制，钢制的只适用于测量钢水温度。

2. 测量时间的长短也有很大关系，如测量时间太短，热电偶还没有来得及反应真实温度，测量时间太长则纸管烧损太多，冷端温度升高，超出补偿导线的允许温度使用范围，因而引起较大的误差。一般插入钢水后4~6秒冷端温升不超过70°C，故测量时最好不要超过6秒，在仪表内可配一时间继电器，超过6秒发出警报，将热电偶取出。

3. 微型热电偶头和保护测温枪用的纸管是否干燥，如含水量太多，插入钢水后沸腾太利害也会引起过大的误差，特别是在我国南方，因空气湿度较大，在这种情况下应该采取烘烤措施，或放在炉旁干燥处。

4. 测温枪插座的接触和两极之间的绝缘是否良好，枪内是否太潮湿，使补偿导线漏电，因而引起较大的误差，最好使用绝缘好而防潮的补偿导线。

5. 测温时的插入深度和测量点是否有代表性，也是测量准确与否的关键问题，应结合工艺要求，根据炉前的经验来确定。

目前快速微型热电偶头成品检验尚不够完善，测温头制作是否合乎要求也能影响测温的准确，在使用前应加以检查，如“U”型石英管是否在中间位置，石英管在水泥面上应不小于11mm，最好应抽查其分度准确性如何，以防由于热电偶头的质量问题而引起较大的误差。

快速微型热电偶用过，塑料插头和补偿导线还可以制作测温头，铂和铂铑丝可以回收提纯后，重新制作热电偶，所以用过的头子应按照毛主席“要节约闹革命”的指示

予以回收，不要乱扔。

二、铂铑-铂热电偶

铂铑-铂热电偶是目前冶金工业中用得较多的高温热电偶，其稳定性和使用寿命均较好，误差也较小。下列几个问题是使用中应该注意的问题。

1. 由于铂铑-铂热电偶以往由几个国家进口一部分，所以分度表也不大一致，最早的分度表LB-1，大体和苏联60年以前的分度表一致，LB-2是根据我国材料编制的分度表，和国际上通用的分度表大体一致，LB-3是LB-2按 IPTS-68 新温标编制的，目前各厂的铂铑热电偶来源不一致，老的铂铑热电偶数量也不少，其分度值符合LB-1，但目前我国符合LB-1分度的仪表已不生产，故使用时应经过检定，按检定数据在仪表上加以修正，否则误差将较大。

2. 铂铑-铂热电偶仅适合于氧化性气氛中使用，使用时应该注意气氛，特别是高温情况下，如炉内有时燃烧不完全，热电偶保护管气密性不好，很容易损坏，应选用气密性好的保护管。

3. 有时由于绝缘磁珠耐温不够，由于磁珠软化而使测温不准；在电加热炉上测温时则由于磁管在高温时漏电，干扰信号从热电偶上引入仪表，引起较大的误差。

4. 热电偶的安装位置也有很大关系，如由于火焰的辐射等往往引起较大的误差，故安装位置，插入深度，冷端的温度等均应仔细的考虑，否则所测的温度不是所需测的某物体的温度而是综合性的温度。

5. 铂铑热电偶一般上限使用温度为1300°C，但由于冶金工厂超过此温度的甚多，所以在使用中超过此温度的，最好使用双铂铑热电偶，如一时无条件，则应缩短检定周期，当误差增大时，即应停止使用。

三、镍铬-镍硅或镍铬-镍锰 (镍铝) 热电偶

这种热电偶是冶金工业中用得最广泛的热电偶，偶丝直径3.2mm的使用上限可达1100°C，我国目前镍铬-镍硅和镍铬-镍锰均有生产，这种热电偶可在氧化性，中性气氛和真空中使用，在还原性气氛中使用则不太好。

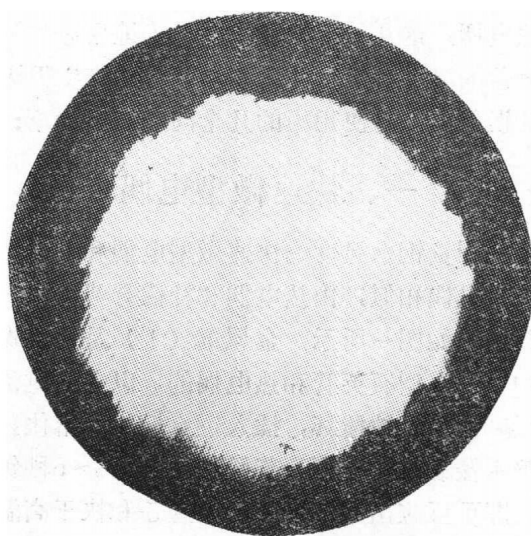


图2 镍铬极1200°C使用100小时后的氧化情况，×20，未腐蚀

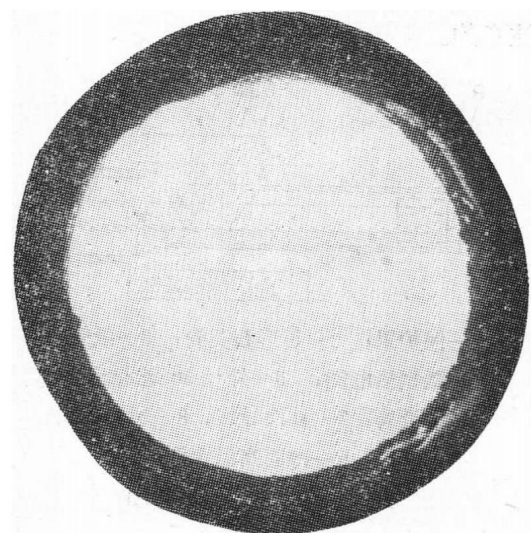


图3 同前，镍硅极