

**温度测量控制技术及仪表
学术交流会议**

論 文 集

中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会

1987 年 7 月

前 言

温度测量仪表有着悠久的历史，传统的常规仪表在工业上至今仍被广泛应用着，但随着新工艺、新材料、新器件的产生，温度测量仪表及计量手段仍在不断地有所创新。我国通过“六五”计划的实现，温度仪表也有一定的发展，但与国际先进水平相比，还有相当大的差距，在创新和工艺改进工作上难度也较大，有些仪表在推广应用上也存在不少问题，这些都有待我们专业人员去艰苦奋斗，努力工作。

为在“七五”计划期间将我国温度测量仪表的水平提高一步，经中国仪器仪表学会批准，由本专业委员会筹备召开这次温度测量控制技术及仪表学术交流会，征得的论文经评审选编了三十九篇，印成这本学术会议论文集（其中一篇论文因篇幅较长，仅编印了摘要）。

本论文集除了三篇综述性文章外，涉及科研、新产品、计量技术、测试方法及测试设备等方面，我们希望通过这次学术交流会和本论文集能起到互通信息，交流经验的作用。

最后，希望我们从事温度专业工作的同志们能团结一致，共同奋斗，不断创新，为发展我国仪表事业作出贡献。

中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会
温度测量技术及仪表专业委员会

一九八七年六月

中国仪器仪表学会

过程检测控制仪表学会简介

过程检测控制仪表学会是中国仪器仪表学会所属全国性专业学会，由全国过程检测控制仪表界的科研、生产、使用、教育等部门推选的理事会和全体会员组成。

一 宗旨

中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会是党领导下全国过程检测控制仪表界的科学家和科技工作者的群众团体，它具有学术性、群众性、横向性、服务性的特点。在国外，学会要积极与国际过程检测控制仪表界的学术团体、厂商和科技工作者建立联系，开展国际间的学术交流活动；在国内，学会要团结和组织全国过程检测控制仪表界的科学家和科技工作者，通过国内外学术交流和人才培养等活动，提高科技工作者的学术水平，掌握国内外过程检测控制仪表科技发展动向，使他们在各自的工作岗位上更好地出成果、出人才，为发展我国过程检测控制仪表事业和加速“四化”建设进程作出积极贡献。

二、组织机构

过程检测控制仪表学会所属专业委员会（或专业学组）如下：

- 1、 过程检测控制仪表高校学组；
- 2、 温度测量技术及仪表专业委员会；
- 3、 压力测量技术及仪表专业委员会；
- 4、 流量测量技术及仪表专业委员会；
- 5、 称重测力技术及仪表专业委员会；
- 6、 传感器技术专业委员会；
- 7、 气动技术及仪表专业委员会；
- 8、 显示调节仪表与控制装置专业委员会；
- 9、 执行器专业委员会；
- 10、 仪表系统及应用专业委员会；
- 11、 水利量测仪器专业委员会；
- 12、 《自动化仪表》期刊编辑委员会。

三、任 务

- 1、 举办国内外各种过程检测控制仪表与应用的学术交流会、讨论会和展览会；
- 2、 举办各种过程检测控制仪表与应用的培训班、讲习班和进修班；

3、编辑、出版“学术论文集”、专题技术资料及有关刊物，组织编写“过程检测控制仪表丛书”和技术手册等；

4、开展技术咨询服务，承接翻译任务，提供技术信息和资料；

5、宣传、推广国内外过程检测控制仪表及应用的新产品，新科研成果、新技术、新材料、新元件；

6、发动会员对过程检测控制仪表事业的建设和科技政策提出合理化建议，并向有关部门反映科技工作者的意见和呼声

四、会 员

过程检测控制仪表学会吸收个人会员与团体会员。

个人会员需先加入各省、市、自治区的仪器仪表学会，然后再与本会办公室联系，团体会员请直接与本会办公室联系。

五、办事机构

过程检测控制仪表学会办公室设在机械工业部上海工业自动化仪表研究所内。本会竭诚希望与全国过程检测控制仪表界的有关单位和科技工作者建立联系。

地 址：上海市漕宝路103号

电 话：380791

电报挂号：9065

联 系 人：吴斌

目 录

1、高技术渗透·系列完整·面向应用——美国温度检测仪表现状···邓大任	(1)
2、我国辐射温度计述评·····张厚民	(25)
3、我国工业热电偶、热电阻采用国际标准的历史与现状·····张继培	(34)
4、标准铂电阻温度计的不确定度·····李诤谟	(44)
5、温度计的送检与就地校验·····朱其俊	(53)
6、氩三相点密封容器稳定性的考察·····张世鑫	(58)
7、同时检定多支温度计用的新型密封凝固点容器·····张世鑫	(65)
8、标准铂铑 ₁₃ —铂热电偶的分度试验·····苏 钧 敬文淑	(69)
9、氯化钠与铜、锌固定点内插方程探讨·····朱麟章	(79)
10、真空高温钨管炉研制中的技术关键问题·····吴子俊 吕正甫 朱 意	(85)
11、辐射温度计检定中的有关问题·····李吉林	(89)
12、热敏电阻测温探头的最优补偿原理及其应用·····朱章武 王士和	(94)
13、珠状热敏电阻的稳定性·····王焕鑫 刘素云	(102)
14、精密箔式铂电阻表面温度传感器·····樊鑫瑞 裴庆安 王新桥	(107)
15、提高镍铬—镍硅热电偶使用精度的方法·····黄成新	(113)
16、关于我国钨铼热电偶 (WRe3/25, WRe5/20) 在0~1200℃范围分度表的研究·····朱 意 吕正甫 吴子俊	(123)
17、钨铼热电偶材料制造技术及应用·····马政林	(141)
18、钨铼快速热电偶实用化·····李宝章 张勤芳 陆金荣 江国兴	(146)
19、我国 WRe3/25 快速热电偶的置信度的确定·····黄成新	(153)
20、CH—2 型抽气热电偶·····杨泽宽 王魁汉 冯贵杰 许国宏 崔传孟	(162)
21、采用再结晶碳化硅保护管的热电偶及其在测温中的应用····· ·····李文琳 刘 琨 梁德虎	(172)
22、热电偶、热敏电阻热响应时间的测试·····王荣华	(180)

23、携带式表面测温热电偶的测温误差·····	夏士智	(186)
24、新型半球形罩表面温度计·····	肖庆光 刘家群 漆瑜琳	(193)
25、智能化旋转体测温系统的研制·····	严隽道 唐鹤权	(198)
26、浮法玻璃生产线上玻璃带温度分布的测量·····	林应文	(207)
27、带微处理机的辐射热流计的研究···	詹宝珣 许玲玲 黄兆昌 李程生	(212)
28、连铸生产过程中铸坯表面温度计的选择·····	李正库	(226)
29、一种兼有控温功能的新颖集成温度传感器·····	金建民	(232)
30、多点智能温度巡检仪·····	陈农基 汪庭凯	(242)
31、振荡法温度检测的原理及方法·····	闵安东 杨微微 陈祥林	(247)
32、RC—I型巡温检测仪的研制·····	杨微微 闵安东 陈祥林	(253)
33、高温钨丝炉炉温测量与控制·····	张贤京 谭爱来	(260)
34、低温温度计的自动化检定·····	王珏林	(266)
35、一种连接数字I/O接口和BCD接口的接口电路·····	王珏林	(269)
36、工业上的远距温度测量·····	张长生	(274)
37、动圈仪表检定中的读数方法及其误差·····	李培国 徐淑兰	(278)
38、WSZ—2型功能模件式温湿度调节装置和 WSZT温湿度调节指示仪的研制·····	陈克敏 毕景江	(284)
39、调温器综合性能实验台·····	初学导 彭捍东	(288)

高技术渗透·系列完整·面向应用

—美国温度检测仪表现状

上海工业自动化仪表研究所 邓大任

(一) 前言

本文打算介绍美国温度检测仪表的现状。文中所引用的信息来自笔者及其同事们收集到的美国温度检测仪表生产、销售单位的样本，笔者与美国测温界同行的通信和讨论，以及某些公开发表的和未公开发表的文献。温度检测仪表种类繁多，本文只打算涉及热电阻、热电偶和红外辐射温度计三大类。选择这三大类作为研究对象的原因，是由于它们量大面广，最具有典型性。量大面广的温度检测仪表还有一种——玻璃液体温度计，但这种温度计多年来进展不甚显著（1982年在美国华盛顿举行的第六届“科学和工业中温度的测量和控制”讨论会上，竟然没有人宣读有关玻璃液体温度计的论文），而且不能远传，因而不能与现代化大生产所必需的计算机检测控制系统配用，因此，本文也就不把它作为分析对象。

(二) 热电阻和热电偶

我们收集到的美国出售热电阻、热电偶的公司的情况列于表1上。有一个问题必须首先说明：美国诚然有不少温度检测仪表生产厂（公司），但更多的是经营（销售）性公司。光从样本提供的信息，是无法了解某公司到底是生产性还是经营性的（有的公司是兼而有之）。就以在我国温度界享有盛名的Omega公司来说，它每年散发厚厚的一大册样本，出售琳琅满目的产品，很少人知道它仅仅是一个中间商。笔者曾在1982年到过这家公司访问。在会客室里，好客的主人端出了许多印有Ω商标的温度仪表，向我们介绍它们的优越性能。但是，当笔者提出要到他们的车间和实验室参观的时候，却遭到了婉言拒绝。主人向来自中华人民共和国的客人展示的，是他们的高性能计算机样本编辑系统！后来我们才从别的途径知道（见下文），Omega公司本身根本不生产温度检测仪表。它不让我们参观车间和实验室，“非不为也，实不能也”，并不是“保密”或者“不友好”。不过，美国的这种社会现象也值得我们研究。人们会问，既然有那么多真正的生产性公司，大家为什么不直接向它们订货，反而甘心情愿地让Omega公司这样的中间商赚去一大块呢？社会的需要是这种中间商存在的条件。象Omega公司，经营的温度检测仪表品种多，规格全，它和生产性公司订有协议，生产性公司以优惠价

表1 美国的主要热电阻、热电偶公司(1)

序号	公 司	地 址	主 要 产 品
1	Alnor Instrument Co.	7555 N.Linder Ave. Skokie Illinois 60077 U.S.A.	表面热电偶 装配式热电偶 针形热电偶 “刺刀式”热电偶
2	Armetec Industries, Inc. Edison Electronics	Manchester New Hampshire 103 U.S.A.	$\alpha = 0.00385$ 铂热电阻 $\alpha = 0.00391$ 铂热电阻 铜热电阻 镍热电阻
3	Bailey Instrument Co.	515 Victor Street Saddle Brook NJ 07662 U.S.A.	精密铂热电阻 生物医学用微形热电偶
4	Barber-Colman Co.	1700 Rock Street Rockford Illinois 61101 U.S.A.	装配式热电偶 铠装热电偶 专用热电偶 外插管 (thermowell) 铜热电阻 铂热电阻 热电偶丝材 热电偶补偿导线
5	Extech International Corporation	114 State Street Boston Mass.02109 U.S.A.	小型热电偶 专用热电偶 表面热电偶
6			铠装热电偶 装配式热电偶 表面热电偶 多点热电偶

续表 1

6	Claud S. Gordon Co.	5710 Kenosha Street P.O.Box 500 Richmond Illinois 60071	专用热电偶 便携式热电偶高温计 外插管 热电偶丝材 热电偶补偿导线 热电偶保护管 铂热电阻
7	Hy-Cal Engineering	9650 Telstar El Monte CA.91731	$\alpha = 0.00385$ 铂热电阻 $\alpha = 0.00392$ 铂热电阻 $\alpha = 0.003907$ 铂热电阻
8	Leeds & Northrup	Sumney Town Pike North Wales PA.19454 U.S.A.	铠装热电偶 装配式热电偶 专用热电偶 手枪式热电偶高温计 热电偶保护管 铜热电阻 镍热电阻 铂热电阻
9	Minco Products, Inc.	7300 Commerce Lane Minneapolis MN.55432 U.S.A.	$\alpha = 0.00385$ 铂热电阻 $\alpha = 0.00392$ 铂热电阻 专用热电阻 薄片型热电阻 外插管
10	Omega Engineering, Inc.	One Omega Drive P.O.Box 4047 Stamford CT.06907 U.S.A.	装配式热电偶 专用热电偶 表面热电偶 热电偶保护管 热电偶外插管

续表 1

			热电偶丝材 铂热电阻元件 薄膜式铂热电阻元件 铂热电阻整机
11	Rosemount, Inc.	P.O.Box 35129 Minneapolis MN.55435 U.S.A.	装配式热电偶 热电偶外插管及附件 铂热电阻
12	Tudor Technology, Inc.	424 Caredean Drive Horshman PA.19044 U.S.A.	铠装热电偶 装配式热电偶 专用热电偶 难熔金属热电偶
13	Wahl International, Inc.	5750 Hannum Ave. Culver City CA.90231 U.S.A.	专用热电偶 热电偶丝材 热电偶外插管 热电偶附件 铂热电阻元件 铂热电阻整机 薄膜铂热电阻元件
14	Yellow Springs Instrument Co., Inc.	Yellow Springs Ohio 45387 U.S.A.	装配式热电偶 专用热电偶 热电偶外插管 热电偶附件 $\alpha = 0.00385$ 铂热电阻元件 $\alpha = 0.00392$ 铂热电阻元件 铂热电阻整机

格批发, 并印上 Omega 商标, 为它保密 (绝不向社会公开, 这些产品其实不是 Omega 生产的)。这样, Omega 公司产品的售价并不比客户直接向生产性公司购买的价格高多少,

而客户向 Omega 公司订货却十分方便：你要热电阻吗？有！你要热电偶吗？有！你要双金属温度计吗？有！你要红外辐射温度计吗？也有！还有许许多多别的产品，成套供应，统一发货，客户用不着东奔西跑，一个电话，一份电传——O.K.，全有了！省却多少麻烦！

情况虽然是这样，但是，有关各公司内部经营管理方面的情报我们掌握得比较少，故表1中没有区分各公司到底是生产性还是销售性的。

1、热电阻

在热电阻产品中，占比例最大的是铂热电阻，然后是镍热电阻和铜热电阻。本文着重谈铂热电阻。

以正式实施的技术标准体系划分，当今世界上铂热电阻有四个“派别”，这四个“派别”除了在技术要求方面不一致以外，分度表也不相同。苏联和某些东欧国家自成体系，采用 $W(100^{\circ}\text{C}) = R(100^{\circ}\text{C}) / R(0^{\circ}\text{C}) = 1.3910$ 的分度表；日本也自成体系，采用 $W(100^{\circ}\text{C}) = 1.3916$ 的分度表；1983年国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, 简称 IEC) 正式颁布了一个铂热电阻技术标准 (即 IEC 第751号出版物) (2)，采用 $W(100^{\circ}\text{C}) = 1.3850$ 的分度表；美国也有自己的铂热电阻技术标准，它采用 $W(100^{\circ}\text{C}) = 1.3920$ 的分度表。应该说，IEC 751 标准比其余三个水平要高些。

但是，美国的技术标准并不是强制性的，而是推荐性的。实际上美国大部分铂热电阻生产公司并不是只生产符合美国技术标准的产品，而是既生产 $W(100^{\circ}\text{C}) = 1.3920$ 的产品，也生产 $W(100^{\circ}\text{C}) = 1.3850$ 的产品。从表1可以看到 Armetec Industries 公司 (序号2) 还生产 $W(100^{\circ}\text{C}) = 1.391$ 的铂热电阻；HY-Cal Engineering 公司 (序号7，这是著名的 Leeds & Northrup 公司的一家子公司) 竟然还生产 $W(100^{\circ}\text{C}) = 1.3907$ 的铂热电阻！这意味着客户需要什么就供应什么：customer-oriented！我国目前主要实行强制性技术标准政策，这是由于我国各方面的起点都比较低的现状决定的。相信，随着我国铂热电阻生产厂的技术水平、管理水平、经营水平逐步提高，对自己的产品的质量能够自觉地严格要求，终有一天我们也会采用推荐性的铂热电阻技术标准。

美国有一些铂热电阻公司对自己的产品提出的技术要求，甚至超过了国际电工委员会 (IEC) 的规定。表2列出了 IEC 751 (2) 与 Yellow Springs Instrument 公司 (简称 YSI) (1) 的主要技术要求的对比情况。

我们从表2可以看出，尽管 IEC 751 与 YSI 在试验方法上略有差异，但总的说来，YSI 对产品的质量要求超过了 IEC 751 的规定。如果 YSI 公司的产品真的能达到这样的水平，应该说质量是相当好的。但是，这只是 YSI 公司自己在样本中说的，实际情况到底如何？这一点，笔者手头上有一份材料可以作为印证。澳大利亚测试研究所的 McAllen (3) 曾对世界上6个铂热电阻生产厂家 (英、美、德各2家) 的产品进行了质量抽查试验，其中包括 YSI 公司的 138 AW 和 139 AP 两个品种共3支。除了在公司本身规定的温度 660°C 试验外，还进一步在 800°C 进行了试验。在 660°C 试验的结果是：138 AW 型相当于每小时变化不大于 0.001°C ，每循环一次变化 0.004°C ；139 AP 型

表2 IEC751 (2) 与 Yellow Springs Instrument (1)
主要技术指标对比

项 目 \ 技术要求	IEC751	YSI
允 差	A 级: $\pm(0.15+0.002 t)^{\circ}\text{C}$ B 级: $\pm(0.30+0.005 t)^{\circ}\text{C}$	P 级: $\pm(0.1+0.002 t)^{\circ}\text{C}$ W 级: $\pm(0.25+0.003 t)^{\circ}\text{C}$
温度范围	$-200 \sim 850^{\circ}\text{C}$ (部份或全部)	$-200 \sim 500^{\circ}\text{C}$ (全范围) $-200 \sim 660^{\circ}\text{C}$ (部份产品)
温度系数	$\alpha = 0.00385$	两种: $\alpha = 0.00392$ $\alpha = 0.00385$
温度循环	经受上下限温度循环10次前后 $R(0^{\circ}\text{C})$ 的变化相当于: A 级 0.15°C , B 级 0.30°C	经受 20°C 至上限温度之间 循环10次前后 $R(0^{\circ}\text{C})$ 的变化相当于 0.01°C
极限温度试验	在上下限温度各经受250小时, 试验前后 $R(0^{\circ}\text{C})$ 的变化相 当于 A 级 0.15°C , B 级 0.30°C	在上限温度经受250小时 前后 $R(0^{\circ}\text{C})$ 的变化相 当于 0.025°C
自热影响	在搅拌的 0°C 水中, 相当于 $33\text{mW}/^{\circ}\text{C}$	在氟利昂中 $70\text{mW}/^{\circ}\text{C}$ 在空气中 $17\text{mW}/^{\circ}\text{C}$

相当于每小时变化 0.002°C , 每循环1次变化不大于 0.001°C 。在 800°C 试验的结果是: 138 AW 型相当于每小时变化不大于 0.001°C , 每循环1次变化 0.005°C ; 139 AP 型相当于每小时变化小于 0.001°C , 每循环1次变化 0.008°C 。这样的水平, 应该说是不错的, 虽然比不上世界上某些更先进的产品 (例如德国 Degussa 公司的产品) (3)。

就感温元件来说, 美国流行的结构有4种(4):

(1) 陶瓷骨架绕丝式感温元件, 上限温度最高可达 850°C 。

(2) 玻璃骨架绕丝式感温元件 (也有心棒为陶瓷材料, 外层覆盖玻璃的, 如 Minco Products 公司的产品), 上限温度最高可达 600°C 。

(3) 在陶瓷基片上淀积一层铂薄膜, 再用激光刻出图样进行调值, 上限温度最高可达 500°C 。

(4) 无骨架卷绕结构, 主要用于强烈振动的场合, 上限温度最高为 250°C 。

这就是说, 我们掌握到的资料表明, 美国没有生产以云母为骨架的工业铂热电阻的

(却仍然生产以云母为骨架材料的标准铂电阻温度计)。我国的情况恰好相反——绝大部份厂家以生产云母骨架铂热电阻为主。当然,我们不能从美国的情况简单地推论:我国应该马上放弃云母骨架铂热电阻的生产。云母骨架铂热电阻有其自身的特点:工艺简单,成本低,成品率高;不过,它的缺点也是显然易见的:尺寸大,不能小型化,上限温度很难提高。笔者认为,对云母骨架的铂热电阻,虽然不宜采用行政性的限制,但要看到,在未来的产品竞争中,它是很可能敌不过陶瓷骨架铂热电阻的。

美国铂热电阻行业还有一个很值得注意的动向:他们为了适应核电站和其他核工厂以及高可靠性场合的需要,正在大力开发高可靠性铂热电阻。美国材料试验学会

(American Society for Testing and Materials, 简称ASTM)正在制订一份名为《用于核工厂和高可靠性场合的铂热电阻》的技术标准〔5〕〔6〕,目前已内部传阅草案。这个标准草案编号为E-20-D-30.4,估计会于1987年正式通过。该标准的指标相当高,代表了目前国际上最先进的水平。表3和表4列出了E-20-D-30.4〔6〕、IEC751〔2〕和我国新的专业标准ZB Y301-85〔7〕的比较。从表3、表4可以看出,E-20-D-30.4的确比其他两个标准高出一大截,它的试验项目多,要求严格,有的试验目前在我国无法进行。目前,美国国家标准局的B.W.Mangum〔5〕等正在对高可靠性铂热电阻进行性能试验。可以这样说:美国的高可靠性铂热电阻的研制、开发和生产,已经到了美国材料试验学会专门为之制订一个技术标准的阶段,这显然是高技术渗透材料、工艺和试验手段各个领域的结果。

表3 我国标准、IEC标准、E-20-D-30.4试验项目比较

序号	试验项目	ZB Y028-81	IEC751	ZB Y301-85	E-20-D-30.4
1	外观和装配质量	○	×	○	○
	其中:断路、短路	○	○	○	○
	涂层	×	×	○	×
	锈蚀、凹痕、划痕	×	×	○	×
	直度	×	×	×	○
	保护管壁厚	×	×	×	○
	感温元件位置	×	×	×	○
	保护管质量	×	×	×	○
2	允 差	○	○	○	○
3	单支分度	×	×	×	○
4	内引线输出端强度	×	×	×	○

续表 3

序号	试验项目	ZB Y028-81	IEC751	ZB Y301-85	E-20-D-30.4
5	抗压强度	o	×	×	o
6	振 动	×	o	o	o
7	机械冲击	×	o	o	o
8	热冲击	×	×	×	o
9	温度循环影响	×	o	o	o
10	最大激励电流	×	×	×	o
11	绝缘电阻	o	o	o	o
12	内引线电阻 (匹 配)	×	×	×	o
13	自 热	o	o	o	o
14	热响应时间	o	o	o	o
15	热电影响	×	o	o	o
16	极限温度	×	o	o	o
17	最小置入深度	×		o	o
18	电压击穿	×	×	×	o
19	引线端部密封	×	×	×	o
20	颤噪噪声	×	×	×	?
21	压力影响	×	o	o	×
22	运输基本环境条件	o	×	o	×
23	液体侵入的防护	o	×	o	×
24	隔 爆	×	×	o	×
25	超范围能力	o	×	×	×
26	W (100℃)	o	×	×	×

注：表中符号的意义—— o 有规定；× 无规定；? 商定。

表4 ZB Y301-85 与 E-20-D-30.4 典型指标比较

序号	项 目	ZB Y301-85	E-20-D-30.4
1	允 差	分 A、B 两个等级 A 级: $\pm(0.15+0.002 t)$ B 级: $\pm(0.30+0.005 t)$	$\pm(0.13+0.0017 t)$
	(允差) 出厂检验	A 级: 检验温度点不少于 2 个 B 级: 检验温度点不少于 1 个	检验温度点不少于 4 个 用户要求可单支分度
2	内引线材料	未 规 定	250℃以下用镀镍铜丝、 锰铜丝或康铜丝 250℃以上用铂或铂铑 合金丝
3	热冲击	未 规 定	250℃以上, 迅速插入 液态金属槽中, 槽温为 $t_m \pm 20^\circ\text{C}$ 250℃以下, 迅速插入 液氮槽中
4	温度循环	在上限温度和下限温度 之间循环 10 次, 试验前后 $R(0^\circ\text{C})$ 的变化 A 级: 相当于 $\leq 0.15^\circ\text{C}$ B 级: 相当于 $\leq 0.30^\circ\text{C}$	$\leq 10\% t_m \rightarrow \geq 90\% t_m$ 循环 1500 次, 试验前后 $R(0^\circ\text{C})$ 符合允差 (0.13°C), 绝缘电阻 符合规定
5	绝缘电阻	100~300℃ 10 MΩ 300~500℃ 2 MΩ 500~850℃ 0.5 MΩ	300±10℃ 10 MΩ 450±10℃ 5 MΩ 650±10℃ 1 MΩ
6	最大激励电流	未 规 定	在 t_m 温度通 30 mA 电流 1 小时, 再通 1 mA 电流测 t_m 温度的电阻值, 仍应符 合允差, 绝缘电阻仍应符 合规定
7			1、在分度试验期间的稳定性: $0^\circ\text{C} \rightarrow t_m \rightarrow \text{其他点} \rightarrow 0^\circ\text{C}$ 在中间温度点的电阻值不超过 允差。 2、定型试验: 至少对 1 支热

续表 4

序号	项 目	ZB Y301-85	E-20-D-30.4
7	稳定性(或极限温度试验影响)	在上、下限温度各经受250小时, 试验前后 $R(0^{\circ}\text{C})$ 变化 A级: 相当于 $\leq 0.15^{\circ}\text{C}$ B级: 相当于 $\leq 0.30^{\circ}\text{C}$	电阻进行试验, 在 t_m 经受8000小时, 试验前后 t_m 电阻值变化不大于 $0.03\% t_m$ (按开尔文温度算), $R(0^{\circ}\text{C})$ 变化不大于 0.03°C . 3、型式试验: 在 t_m 经受700小时
8	自 热	Pt100: 激励电流(或功率) $1\text{ mA} \rightarrow 10\text{ mA} \leq 0.30^{\circ}\text{C}$ (介质为搅拌冰水)	激励电流(或功率) $1\text{ mA} \rightarrow$ 相当于 $33\text{ mW} \leq 1^{\circ}\text{C}$ (试验温度为 $77 \pm 1^{\circ}\text{C}$)
9	热电影响	在水沸点器中进行, 改变置入深度时, 各输出端之间测得的电动势最大值不大于 $20\text{ }\mu\text{V}$	在 $77 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 搅拌水槽中进行. 改变置入深度, 进行激励电流或功率为 1 mA 及相当于 33 mW 的两次测量, 正反向测得值之差小于 0.20°C
10	输出引线强度	未 规 定	各引线分别承受5磅静止负荷15 min(沿纵轴方向), 不产生电气和机械故障
11	抗压强度	未 规 定	试验压力为 20.7 MPa , 试验前后 $R(0^{\circ}\text{C})$ 仍符合允差
12	机械冲击	自由跌落试验从250 mm落下10次, 不产生电气和机械故障	试验加速度为 $50g$, 半波正弦, 11 ms , 速度变化 11.3 英尺/秒 , 试验后 $R(0^{\circ}\text{C})$ 仍符合允差, 无机械、电气故障
13	密封试验	进行半圆形喷水管摇摆喷水试验或直接喷水试验	浸没在水槽中, 减压至 $4.0 \pm 0.5\text{ 磅/英寸}^2$, 历时15 min, 看有无气泡

2、热电偶

美国主要的热电偶公司已经列在表1上了。它们生产的热电偶有这样的特点：

(1) 装配式热电偶和铠装热电偶并行发展，但铠装热电偶有最终占领市场的趋势。不但廉金属热电偶（如K、E、T、J型）已经有了各种规格的铠装热电偶，而且连贵金属热电偶也向铠装化发展。据报道〔8〕，美国是到八十年代初期才解决贵金属热电偶材料铠装工艺问题的。开始试制的时候，只得到长度为10~20 cm的短段，连分度试验所要求的长度（1 m左右）也达不到。后来，有些厂家解决了贵金属铠装热电偶材料长段控制问题，不过单根长度也超不过4 m。应该说，能拉到4 m的长度，也是高技术应用的结果。

由于热电偶铠装化的明显优点，近年来美国一些主要研究机构（例如橡树岭国立研究所）花了很大力量研究铠装热电偶的性能，重点放在廉金属热电偶方面。道理是显而易见的：大量使用的仍然是廉金属热电偶。实际上，装配式廉金属热电偶价格并不“廉”，只有铠装化才能使金属材料大量节约，成本降低，并且带来热响应时间短、抗有害气体能力强的优点。

(2) 热电偶材料的品种多。美国国家标准学会（ANSI）公布的热电偶材料品种和代号和国际电工委员会（第584号出版物）确认的品种和代号是一致的，即共有7种：B型、S型、K型、E型、J型、T型、R型。但是，不少厂家还生产许多非标准热电偶（即无ANSI代号的热电偶）。在这些非标准热电偶中，有一些是很出色的。比如，Platinel II型热电偶（表1序号4 Barber—Colman公司就有这种产品），正极是55%钨31%铂14%金的合金，负极是65%金35%钨的合金，它的特点是分度曲线十分接近K型热电偶，但工作温度可达1260℃（指在惰性气体和氧化气体中）〔9〕。在有些应用场合，要求补偿导线的连接处温度较高（例如800℃），就得使用这种Platinel II型热电偶，补偿导线可用K型热电偶丝。涡轮发动机测温就属于这种场合。除了Platinel型热电偶外，非标准热电偶材料还有很多，例如钨—钨26%铼、钨5%铼—钨26%铼、钨3%铼—钨25%铼、铂20%铑—铂5%铑、铂40%铑—铂20%铑、铂13%铑—铂1%铑、铂15%铑—铂、铂5%铑—铂0.1%铑、铑40%铑—铑、83%钨14%铂3%金—65%金35%钨、55%钨31%铂14%金—65%金35%钨等。

最后，值得提出的是Microsil—Nisil热电偶，这种热电偶有可能纳入ANSI标准和IEC标准（草案已制订），代号为N型。这种热电偶材料原来是澳大利亚国防部材料研究所搞出来的，后来美国国家标准局介入了这项研究，与澳大利亚有关方面签订了合作合同，最后确定了最佳配方。这种热电偶具有很好的热电稳定性，使用温度也较高（-240~1230℃）。有的研究报告〔10〕甚至宣称：在这样的温度范围内，E、J、K、T等类型的廉金属热电偶已经过时了！这种观点诚然有一定的道理，但现实是不是真的朝这个方向发展呢？让我们拭目以待。

(3) 热电偶保护管材料品种多。美国的材料科学发达，许多热电偶保护管材料已经规格化，能大批生产，供应仪表生产公司和用户的需要。这个问题是十分重要的。我国在热电偶保护管材料方面的研究就十分欠缺，可供使用的品种不多。只解决热电偶丝