

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 16701.2—1996

## 热电偶材料试验方法 第2部分：廉金属热电偶丝热 电动势测量方法

Standard test methods for thermocouple materials  
Part 2: methods for measuring the thermoelectric force  
of base metal thermocouple wires



C9714993

1996-12-19发布

1997-12-01实施

国家技术监督局 发布

中华人民共和国  
国家标准  
热电偶材料试验方法  
第2部分：廉金属热电偶丝热  
电动势测量方法

GB/T 16701.2—1996

\*

中国标准出版社出版  
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码：100045

电话：68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 18 千字

1997年9月第一版 1997年9月第一次印刷

印数 1—500

\*

书号：155066·1-14066 定价 10.00 元

\*

标目 317—53

## 前 言

本标准附录 A 和附录 B 都是提示的附录。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由机械工业部重庆仪表材料研究所归口。

本标准由重庆仪表材料研究所、上海合金厂、四川仪表一厂、沈阳合金厂等单位负责起草。

本标准主要起草人：沈坤荣、沈维善、朱炳银、王玉芝、徐敏。

本标准委托重庆仪表材料研究所负责解释。

## 中华人民共和国国家标准

## 热电偶材料试验方法

## 第2部分：廉金属热电偶丝热

GB/T 16701.2—1996

Standard methods for thermocouple materials  
Part 2: Methods for measuring the thermoelectric force  
of base metal thermocouple wires

## 1 范围

本标准规定了廉金属热电偶丝的热电动势的方法——双极比较法和单极比较法。  
本标准适用于廉金属K、N、E、J和T的热电偶丝(以下简称K、N、E、J、T型热电偶丝)在 $-196^{\circ}\text{C}$ ~ $1200^{\circ}\text{C}$ 各段温度的热电动势测量,其他类型的廉金属热电偶丝亦可参照采用。本标准不适用于铠装热电偶材料的热电动势测量。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准随着修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB 2614—85 镍铬-镍硅热电偶丝及分度表
- GB 2903—89 铜-铜镍(康铜)热电偶丝及分度表
- GB 4993—85 镍铬-铜镍(康铜)热电偶丝及分度表
- GB 4994—85 铁-铜镍(康铜)热电偶丝及分度表
- GB/T 16710.1—1996 热电偶材料试验方法 第1部分:贵金属热电偶丝热电动势测量方法
- ZB N05 004—88 镍铬硅-镍硅热电偶丝及分度表

## 3 术语

GB/T 16701.1中规定的术语适用于本标准。

## 4 方法原理

比较法:在恒定的温度内,用标准器的指示值与被检热电偶的指示值进行比较来确定被检热电偶的实际值。

## 4.1 双极比较法

将同分度号同种规格的正、负极偶丝焊接成热电偶,直接测量标准器与被检热电偶的热电动势,连接线路如图1、图2所示:

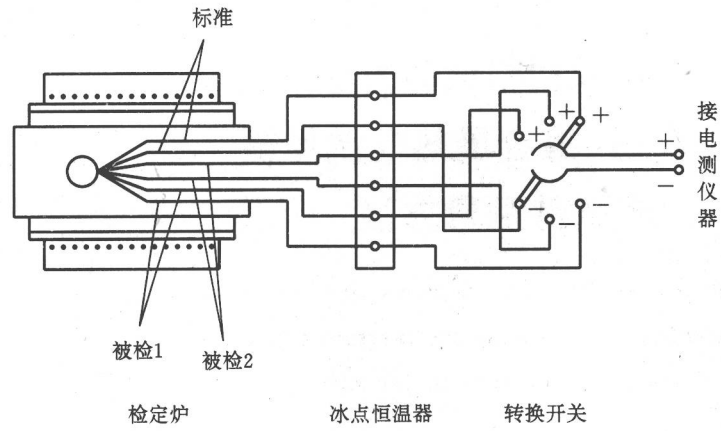
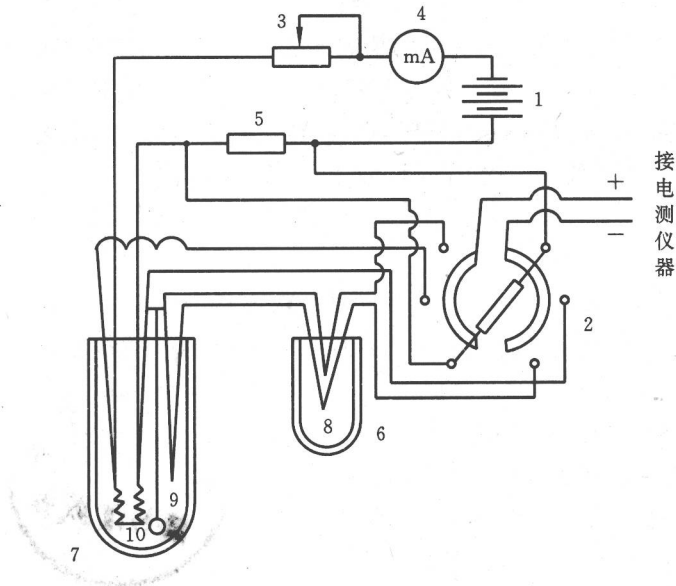


图 1



1—直流电源；2—多点转换开关；3—变阻器；4—毫安表；5—标准电阻；6—冰点器；  
7—酒精低温槽；8—热电偶参考端；9—热电偶测量端；10—标准电阻温度计

图 2

#### 4.2 单极比较法

将被检热电偶丝与参考铂丝焊在一起，与标准器进行比较，测量正极对铂与铂对负极的热电动势值。连接线路如图 3 所示：

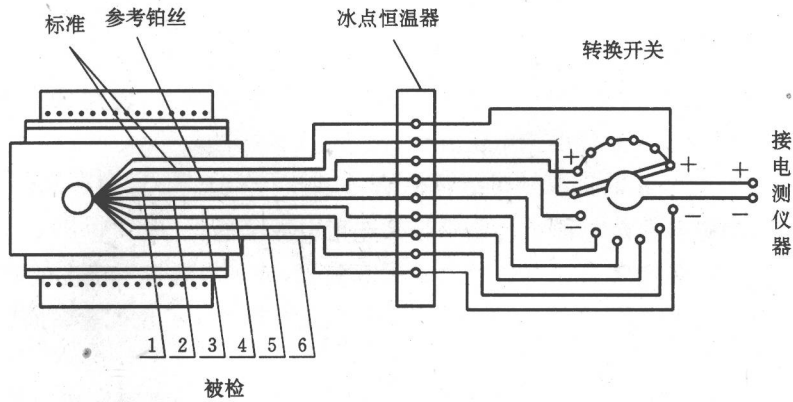


图 3

### 5 检验温度点

K、N、E、J 和 T 型的热电偶丝，一般检验温度点按表 1 规定。也可根据需要确定检验点。检验温度点的顺序由低温向高温逐点升温测量。

表 1

分度号	偶丝直径,mm	试验温度,℃			
K 或 N	0.3 0.5	-79	-196		
	0.3	400	600	700	
	0.5 0.8 1.0	400	600	800	
	1.2 1.6 2.0 2.5	400	600	800	1 000
	3.2	400	600	800	1 000(1 200)
E	0.3 0.5	-79	-196		
	0.3 0.5	100	200	250	
	0.8 1.0 1.2	100	300	400	
	1.6 2.0 2.5	(100)	300	400	600
	3.2	400	600	700	
J	0.3 0.5	100	200	250	
	0.8 1.0 1.2	100	200	400	
	1.6 2.0	(100)	300	400	500
	2.5 3.2	(100)	300	400	600
T	0.2 0.3 0.5	-79	-196		
	0.2 0.3 0.5 0.8	100	200		
	1.0 1.2 1.6 2.0	100	200	250	

注：括号内检验温度根据用户要求进行测量。

### 6 允差

由热电偶丝构成的热电偶，在规定的温度范围内，当参考端温度为 0℃ 时，其允差应符合 GB 2614、GB 4993、GB 4994、GB 2903、ZB N05 004 的规定。

### 7 试验仪器、设备

试验仪器和设备的精度应满足下列要求：

- a) 标准器:标准器的不确定度应不超过被检热电偶允差的三分之一:  
标准铂铑 10-铂热电偶;  
标准铜-铜镍(康铜)热电偶;  
标准水银温度计;  
也可选用其他标准温度计(如标准铂电阻温度计)。
- b) 参考铂丝:直径为 0.5 mm,其纯度应符合  $W_{100} \geq 99.9999$ 。
- c) 电测仪器:可根据被检热电偶丝允差等级选用电测仪器;  
准确度不低于 0.01 级低电势直流电位差计及配套装置,或具有同等准确度的其他电测仪器;  
准确度不低于 0.05 级低电势直流电位差计(最小步进值为  $1 \mu\text{V}$ )及配套装置,或具有同等准确度的其他电测仪器。
- d) 管形检定炉:其长度约 600 mm,常用最高温度为  $1200^\circ\text{C}$ ,最高温区偏离炉管中心位置不应超过 20 mm。
- e) 水槽、恒温油槽,在有效工作区域内温差小于  $0.1^\circ\text{C}$ 。
- f) 液氮槽、干冰槽或低温槽。
- g) 控温设备。
- h) 多点转换开关,寄生电势应小于  $0.5 \mu\text{V}$ 。
- i) 参考端恒温器,恒温器内温度为  $0^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$ 。
- j) 读数望远镜(测高仪)。

## 8 试样及其制备

### 8.1 试样要求

试样长度为 800 mm~1100 mm。

### 8.2 校直、清洗、穿绝缘瓷珠

将试样校直,用砂纸清除试样两端约 20 mm 左右的表面氧化层,再用清洁的双孔(或单孔)瓷珠穿约 500 mm 左右,测量端露出 40 mm 左右,尾部穿塑料套管并在端部露出 20 mm 左右,以连接参考端引线。

### 8.3 焊接

双极比较法测量:将同种规格的正、负极偶丝焊接成热电偶,焊点表面应光洁、牢固、无划痕。

单极比较法测量:将被检热电偶丝与参考铂丝焊在一起,焊接时直径为 3.2 mm 的偶丝其总数不应超过 7 根(包括参考铂丝),直径小于 2.5 mm(含 2.5 mm)的偶丝其总数不应超过 9 根(包括参考铂丝)。焊点表面应光洁、牢固、无划痕。

### 8.4 退火

对于一级允差和二级允差的偶丝应进行退火,(Ⅲ级允差不退火),将已焊接成热电偶或热电偶束放进热电偶退火炉或检定炉内退火 2 h。退火温度为被检热电偶最高检验点的温度。

### 8.5 捆扎

#### 8.5.1 300℃以上各点的检验

8.5.1.1 双极比较法:选择标准铂铑 10-铂热电偶后,将标准热电偶套上高铝保护管,与已退火的被检热电偶用细镍铬丝或偶丝捆扎成束,捆扎时,应将被检热电偶的测量端围绕标准热电偶的测量端均匀分布一周,并处于同一垂直平面上。捆扎成束的热电偶总数,包括标准在内不应超过 5 支。

8.5.1.2 单极比较法:选择标准铂铑 10-铂热电偶后,用细镍铬丝或偶丝将已退火的被检热电偶束与标准热电偶捆扎在一起,且测量端均处于同一垂直平面上。

8.5.2 300℃以下各点的检验:试样的捆扎按水槽、油槽及低温槽的结构确定。

## 9 试验程序

### 9.1 装炉

9.1.1 0℃以下各点的检验,在液氮槽、干冰槽或低温槽中与标准器进行比较,插入深度不应小于200 mm。

9.1.2 300℃以下各点的检验,在水槽或油槽中与标准器进行比较,插入深度不应小于200 mm。

9.1.3 300℃以上各点的检验,在管形检定炉中与标准铂铑10-铂热电偶进行比较,插入深度约300 mm。调整好插入方向,炉口处沿热电偶束周围用绝热材料封堵。

### 9.2 热电偶参考端连接导线要求及其连接

9.2.1 将被检热电偶与标准热电偶的参考端插入同一个冰点恒温器中,各参考端之间的温差不得超过0.1℃。

9.2.2 检验时参考端不准使用补偿导线连接,应直接用同一卷单股铜导线连接。铜导线在20℃时的电阻率应小于 $0.018 \mu\Omega \cdot m$ 。

### 9.2.3 参考端与导线连接方法

先将铜导线二端各剥去约20 mm绝缘层,一端连接转换开关,另一端与热电偶参考端连接,连接时接触要良好,然后将将被检热电偶和标准热电偶的参考端置于装有变压器油的玻璃试管中(或塑料管)再插入冰点恒温器内,插入深度应不小于200 mm。

### 9.3 测量

9.3.1 0℃以下各点的测量,按图2连接测试系统线路,测量时槽内温度应控制在检验点的 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内,待温度稳定后按下列顺序依次测量:

标→被1→被2→被3→被4→被5→被6

标←被1←被2←被3←被4←被5←被6

每个检验点的测量次数应不少于四次,整个测量过程槽内温度变化不大于 $0.1^\circ\text{C}$ 。

### 9.3.2 300℃以下各点的测量

9.3.2.1 双极比较法测量,按图2连接测试系统线路,直接测量标准与被检热电偶的热电动势值,测量时槽内温度控制在检验点 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内,测量顺序与9.3.1条相同。整个测量过程槽内温度变化不大于 $0.2^\circ\text{C}$ 。

9.3.2.2 单极比较法测量,按图3连接测试系统线路。一级允差偶丝每个检验点的测量次数不应少于4次,二级允差不应少于2次,测量顺序与9.3.1条相同。

### 9.3.3 300℃以上各点的测量

按图1或图3连接测试系统线路,测量时炉温控制在检验点 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内,操作方法与9.3.2条相同,测量时炉温变化每分钟不得超过 $0.2^\circ\text{C}$ ,整个测量过程中炉温变化不大于 $0.5^\circ\text{C}$ 。

9.3.4 原始测量数据应作详细记录,记录格式可采用附录B的表格。

## 10 数据处理

双极比较法和单极比较法测量,采用下式将热电偶的热电动势修正到各检验点的热电动势:

$$E_{t_{\text{被}}} = E'_{t_{\text{被}}} + \frac{E_{t_{\text{标}}} - E'_{t_{\text{标}}}}{S_{t_{\text{标}}}} \cdot S_{t_{\text{被}}}$$

式中:  $E_{t_{\text{被}}}$ ——修正到检验温度点 $t^\circ\text{C}$ 时的热电动势值(mV);

$E'_{t_{\text{被}}}$ ——被检热电偶在检验温度点 $t^\circ\text{C}$ 时测得的热电动势值(mV);

$E_{t_{\text{标}}}$ ——标准热电偶证书上检定温度点 $t^\circ\text{C}$ 时的热电动势值(mV);



$E'_{t_{\text{标}}}$ ——标准热电偶在检验温度点  $t^{\circ}\text{C}$  时测得的热电动势值 (mV)；

$S_{t_{\text{标}}}$ ——标准热电偶在检验温度点  $t^{\circ}\text{C}$  时的热电动势率 (塞贝克系数) ( $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ )；

$S_{t_{\text{被}}}$ ——被检热电偶在检验温度点  $t^{\circ}\text{C}$  时的热电动势率 (塞贝克系数) ( $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ )。

例：在  $1\,000^{\circ}\text{C}$  检验温度点附近测得二等标准铂铑 10-铂，被检镍铬-铂的热电动势算术平均值，分别是  $E'_{t_{\text{标}}}$  为  $9.571\text{ mV}$ ， $E'_{t_{\text{被}}}$  为  $32.421\text{ mV}$ ，参考端为  $0^{\circ}\text{C}$ ，标准热电偶证书中  $1\,000^{\circ}\text{C}$  的热电动势为  $9.587\text{ mV}$ ，求被检镍铬-铂在  $1\,000^{\circ}\text{C}$  时的热电动势值。

测得  $E'_{1\,000\text{标}} = 9.571\text{ mV}$ ， $E'_{1\,000\text{被}} = 32.421\text{ mV}$ ，查  $E_{1\,000\text{标}} = 9.587\text{ mV}$ ，查附录 A， $S_{1\,000\text{标}} = 0.011\,53\text{ mV}$ ， $S_{1\,000\text{被}} = 0.030\,75\text{ mV}$ 。

将上述代入计算公式即得

$$E_{t_{\text{被}}} = E'_{t_{\text{被}}} + \frac{E_{t_{\text{标}}} - E'_{t_{\text{标}}}}{S_{t_{\text{标}}}} \cdot S_{t_{\text{被}}}$$

$$\begin{aligned} E_{1\,000\text{被}} &= 32.421 + \frac{9.587 - 9.571}{0.011\,53} \times 0.030\,75 \\ &= 32.421 + 0.043 \\ &= 32.464\text{ mV} \end{aligned}$$

则镍铬-铂在  $1\,000^{\circ}\text{C}$  时的热电动势值为  $32.464\text{ mV}$ 。

## 11 测量报告

测量报告应包括下列内容：

- a) 产品名称、分度号及规格；
- b) 样品编号；
- c) 送检单位；
- d) 测量单位；
- e) 测量结果；
- f) 检测、复核及负责人签名；
- g) 测量日期。

附录 A  
(提示的附录)  
热电动势率

A1 热电偶的热电动势率(塞贝克系数)如表 A1 所示

表 A1

$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

温度 ℃	S	K			N			E			J			T		
	铂铑 10-铂	镍铬 -镍硅	镍铬 -铂	铂- 镍铬	镍铬硅 -镍硅	镍铬硅 -铂	铂- 镍硅	镍铬- 铜镍	镍铬- 铂	铂- 铜镍	铁- 铜镍	铁- 铂	铂- 铜镍	铜- 铜镍	铜- 铂	铜- 铜镍
-196		16.00	5.57	10.43	10.64	-1.00	11.46	26.13	5.57	20.56				16.30	-4.26	20.56
-100		30.49	18.00	12.49	20.92	8.47	12.45	45.18	18.00	27.18				28.39	1.21	27.18
-79		32.92	20.01	12.91	22.55	10.21	12.34	48.46	20.02	28.44				30.77	2.32	28.45
0		39.48	25.84	13.64	26.15	15.44	10.71	58.70	25.84	32.86	50.37	17.91	32.46	38.74	5.88	32.86
100	7.33	41.37	30.12	11.25	29.63	19.96	9.67	67.51	30.12	37.39	54.35	17.18	37.17	46.77	9.38	37.39
200	8.46	39.95	32.76	7.19	32.99	22.99	10.00	74.02	32.76	41.26	55.50	14.57	40.93	53.15	11.89	41.26
300	9.14	41.46	34.12	7.34	35.43	24.99	10.44	77.91	34.13	43.78	55.36	11.69	43.67	58.08	14.30	43.78
400	9.57	42.22	34.55	7.67	37.11	26.33	10.78	80.04	34.55	45.49	55.14	9.72	45.42	61.79	16.30	45.49
500	9.89	42.61	34.33	8.28	38.25	27.28	10.97	80.89	34.33	46.56	55.96	9.57	46.39			
600	10.19	42.53	33.73	8.80	38.97	28.02	10.95	80.68	33.73	46.95	58.50	11.67	46.83			
700	10.54	41.93	32.96	8.97	39.29	28.65	10.64	79.75	32.96	46.79	62.24	11.36	46.88			
800	11.87	41.00	32.16	8.84	39.26	29.22	10.04	78.43	32.16	46.27						
900	11.20	39.96	31.43	8.53	38.98	29.73	9.25	76.70	31.42	45.28						
1 000	11.53	38.93	30.75	8.18	38.55	30.17	8.38	74.93	30.75	44.18						
1 100	11.83	37.84	30.06	7.78	37.98	30.50	7.48									
1 200	12.02	36.50	29.18	7.32	37.17	30.71	6.46									
1 300	12.12	34.88	27.81	7.07	36.15	30.78	5.37									

附录 B  
(提示的附录)  
测试数据记录表

B1 推荐热电偶检测的原始记录表格如表 B1 所示

表 B1

室温	标准热电偶号	来样名称	标准热电偶						
			温度	热电势, mV	温度	热电势, mV	温度	热电势, mV	
试验单位		试验者							
试验日期		年月日							
检验点, °C	数据项目	标准热电偶	被检偶						
			No:	No:	No:	No:	No:	No:	
	1								
	2								
	3								
	4								
	平均								
	修正值								
	结果								
∴		∴							
	1								
	2								
	3								
	4								
	平均								
	修正值								