



中华人民共和国国家标准

GB/T 16701.1—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

Standard test methods for thermocouple materials
Part 1: methods for measuring the thermoelectric force
of noble metal thermocouple wires

1996-12-19 发布

1997-12-01 实施

国家技术监督局 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 引用标准 1

3 术语 1

4 方法原理 1

5 检验温度点 2

6 允差 2

7 试验仪器、设备..... 3

8 试样及其制备 3

9 试验程序 4

10 数据处理..... 5

11 测量报告..... 5

附录 A(提示的附录) 热电动势率 6

附录 B(提示的附录) 测试数据记录表 7

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：沈维善、沈坤荣、朱成良、刘国雄。

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1部分:贵金属热电偶丝 热电动势测量方法

GB/T 16701.1—1996

Standard test methods for thermocouple materials
Part 1: methods for measuring the thermoelectric force
of noble metal thermocouple wires

1 范围

本标准规定了用比较法测量贵金属热电偶丝的热电动势的方法。

本标准适用于分度号为 S、R 和 B 的热电偶丝(以下简称 S 型、R 型和 B 型热电偶丝)在 300℃~1 700℃各段温度范围内的热电动势测量,对于其他类型的贵金属热电偶丝亦可参照采用。

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。所有标准都会被修订,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 1598—86 铂铑 13-铂热电偶丝及分度表

GB 2902—82 铂铑 30-铂铑 6 热电偶丝及分度表

GB 3772—83 铂铑 10-铂热电偶丝及分度表

JB/T 6819.2—93 仪表材料术语:测温材料

3 术语

3.1 JB/T 6819.2 规定的术语适用于本标准。

3.2 允差 tolerance

当热电偶的参考端温度为 0℃而测量端温度为设定温度时,所测得的实际热电动势-温度关系偏离分度表标称值的最大允许范围。

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

双极比较法的连接线路如图 1 所示:

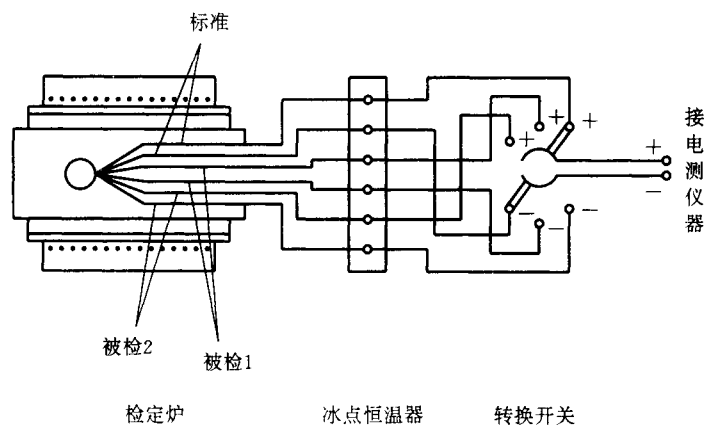


图 1 双极比较法

4.2 同名极比较法

同名极比较法的连接线路如图 2 所示：

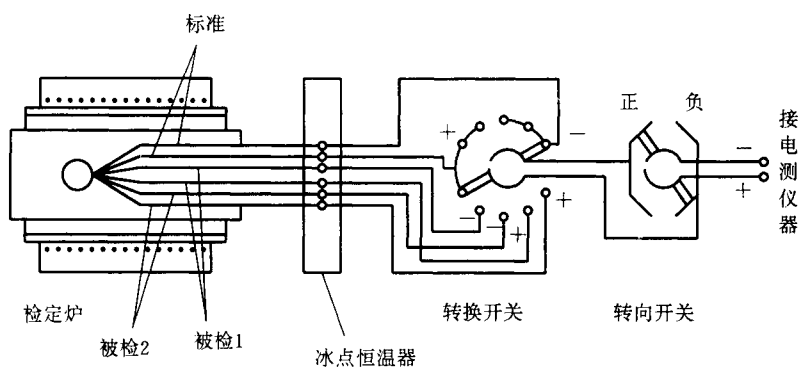


图 2 同名极比较法

4.3 用双极比较法和同名极比较法测量结果具有同等效力。

5 检验温度点

S、R 和 B 型的热电偶丝，其检验温度点如表 1 所示：

表 1

热电偶分度号	允差等级	检验温度点, °C
S	I、II	419.527 630.63 1 084.62
R	I、II	419.527 630.63 961.78 或(1 000) 1 084.62
B	II、III	1 100 或(1 084.64) 1 200 1 400 1 600 或(1 553.50)

注：括号内为推荐温度。

6 允差

由贵金属热电偶丝构成的热电偶，当参考端温度为 0°C 时，其允差应符合 GB 3772、GB 1598、

GB 2902的规定。

7 试验仪器、设备

试验仪器和设备应满足下列要求：

- a) 标准器：标准器的选择应不低于表 2 规定。

表 2

热电偶分度号	检验热电偶丝等级要求		
	I 级允差	II 级允差	III 级允差
S	一等标准铂铑 10-铂热电偶	二等标准铂铑 10-铂热电偶	—
R	一等标准铂铑 10-铂热电偶 或一等标准铂铑 13-铂热电偶	二等标准铂铑 10-铂热电偶 或二等标准铂铑 13-铂热电偶	—
B	—	一等标准铂铑 30-铂铑 6 热电偶	二等标准铂铑 30-铂铑 6 热电偶

b) 电测仪器：准确度不低于 0.02 级低电势直流电位差计及其相应的配套装置，或相当于同级准确度的其他电测仪器。

c) 多点转换开关：寄生电势应小于 $0.5 \mu\text{V}$ 。

d) 参考端恒温器：一般用冰点来实现， 0°C 恒温器深度应不短于 200 mm，工作区域温度变化不得大于 0.1°C 。

e) 检定炉

管形检定炉：炉长约 600 mm，常用最高温度为 $1\,100^\circ\text{C}$ ，温度最高区域偏离炉中心不得超过 20 mm，并有 20 mm 左右的均匀温场，其温度差不大于 1°C ；

高温管形检定炉：炉长约 500 mm，常用最高温度为 $1\,600^\circ\text{C}$ ，温度最高区域偏离炉中心不得超过 20 mm，并有 20 mm 左右的均匀温场，其温度差不大于 1°C 。

f) 退火炉：炉长约 1 000 mm，常用最高温度为 $1\,100^\circ\text{C}$ 时应有 $\pm 20^\circ\text{C}$ 的均匀温场，均匀温场的长度应大于 400 mm，均匀温场一端离炉口应小于 100 mm。

8 试样及其制备

8.1 试样要求：试样长度为 800 mm~1 200 mm。

8.2 清洗：将试样放入 30%~50%（按容积比）的盐酸或硝酸溶液中，煮沸 15 min 或浸 1 h，取出后用蒸馏水煮沸数次，直至清除试样上的酸液为止。

8.3 退火

8.3.1 通电退火：

将偶丝悬挂在退火架上通电退火，退火规范：铂铑 10 合金丝及铂铑 13 合金丝退火温度为 $1\,400^\circ\text{C}$ （直径为 0.5 mm 的偶丝通入电流为 11.5 A，亮度温度为 $1\,250^\circ\text{C}$ ），退火时间为 2 h。铂丝退火温度为 $1\,100^\circ\text{C}$ （直径为 0.5 mm 的偶丝通入电流为 10.5 A，亮度温度为 $1\,000^\circ\text{C}$ ），退火时间为 3 h。铂铑 30 合金丝退火温度为 $1\,450^\circ\text{C}$ （直径为 0.5 mm 的偶丝通入电流为 12 A，亮度温度为 $1\,250^\circ\text{C}$ ），退火时间为 1.5 h。铂铑 6 合金丝退火温度为 $1\,250^\circ\text{C}$ （直径为 0.5 mm 的偶丝，通入电流为 11 A，亮度温度为 $1\,170^\circ\text{C}$ ），退火时间为 1.5 h。

8.3.2 稳定度退火：S 型、R 型 I 级允差偶丝按第 8.4 条规定穿上清洁绝缘瓷管，焊接成热电偶后，放进退火炉中，试样从测量端起其 400 mm 长一段应处在 $1\,100^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 均匀温场内，退火时间为 4 h。

8.4 焊接

先将正、负极偶丝用清洁的双孔高温绝缘瓷管穿好,然后将一端的两极焊成球形的测量端,球形表面层光洁、牢固、无划痕,其直径约为偶丝的2~3倍。

8.5 捆扎

先将被检热电偶与标准热电偶用直径为0.3 mm~0.5 mm 铂铑合金丝或铂丝捆扎成束。捆扎时每束热电偶的总数(包括标准热电偶)不应超过5支。然后再用直径0.2 mm~0.3 mm 清洁铂铑丝或铂丝将其测量端捆扎在一起,捆扎时被检热电偶与标准热电偶的测量端应在同一垂直平面上。

9 试验程序

9.1 装炉

将捆扎好的热电偶束置于管形检定炉中,使测量端处于炉轴心最高温区,插入深度S型和R型热电偶约300 mm,B型热电偶约250 mm。

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0℃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

9.2.3.1 水银连接: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分别插入外径约7 mm 的玻璃管中,玻璃管内装有约10 mm 左右深的化学纯水银,使铜导线及热电偶参考端置于水银中,玻璃管埋入冰水混合物的深度约100 mm~120 mm。

9.2.3.2 在保证测量准确度的情况下,亦可采用其他方法连接。

9.3 测量

9.3.1 双极比较法

9.3.1.1 双极比较法测量系统线路按图1规定连接。

9.3.1.2 测量时炉温应控制在检验温度点的 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内,炉温变化每分钟不得超过 0.2°C ,整个测量过程炉温变化不得超过 0.5°C ,其测量顺序如下:

标→被1→被2→被3→被4

标←被1←被2←被3←被4

S型、R型热电偶的一级允差和B型热电偶的二级允差每支测量次数不少于四次,S型、R型热电偶的二级允差和B型热电偶的三级允差每支测量次数不少于二次。

9.3.2 同名极比较法

同名极比较法测量仅适用于标准热电偶与被检热电偶为同种材料的热电偶。

9.3.2.1 同名极比较法测量系统线路按图2规定连接。在线路中应使被检的热电极与电测仪器“+”端相接,当换向开关处在“正”位置时,测得的组合热电动势值为正,换向开关处在“负”位置时,测得的组合热电动势值为负。

9.3.2.2 测量时炉温应控制在检验温度点的 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内,测量每组热电极的组合热电动势值对于S型、R型热电偶的一级允差和B型热电偶的二级允差应不少于四次,S型、R型热电偶的二级允差和B型热电偶的三级允差应不少于二次。整个测量过程炉内温度变化不得超过 10°C 。

9.3.3 S型、R型热电偶的一级允差和B型热电偶的二级允差,按表1规定的检验温度点测量完成后,作为第一次测量数值,然后从炉内取出,再按第7.6条规定重新捆扎测量端,放进检定炉中,再按上述相同的测试方法进行第二次测量,测得的数值作为第二次测量数值。其两次测量之差,S、R、B型热电偶在各检验温度点上应分别小于 $5 \mu\text{V}$ 、 $6 \mu\text{V}$ 、 $8 \mu\text{V}$,并以两次测量的算术平均值作为检测数值。若两次测量

的差值大于上述规定,应重复再检测一次,作为第三次测量数值。在三组数值中选择两组不大于规定的数值的平均值作为检测数值。

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

10.1 双极比较法测量时被检热电偶在各检验温度点上的热电动势值由下式计算:

$$E_{t\text{被}} = E'_{t\text{被}} + \frac{E_{t\text{标}} - E'_{t\text{标}}}{S_{t\text{标}}} \cdot S_{t\text{被}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: $E_{t\text{被}}$ ——被检热电偶在检验温度点 $t^\circ\text{C}$ 时的热电动势值(mV);

$E'_{t\text{被}}$ 、 $E'_{t\text{标}}$ ——分别为被检和标准热电偶在检验温度点 $t^\circ\text{C}$ 附近测得热电动势值(mV);

$E_{t\text{标}}$ ——标准热电偶在检定证书上检定点 $t^\circ\text{C}$ 时的热电动势值(mV);

$S_{t\text{标}}$ 、 $S_{t\text{被}}$ ——分别为标准和被检热电偶在检验温度点 $t^\circ\text{C}$ 时的热电势率(塞贝克系数)($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)。

若 $S_{t\text{标}} = S_{t\text{被}}$ (同种型号热电偶)

$$\text{则 } E_{t\text{被}} = E'_{t\text{被}} + (E_{t\text{标}} - E'_{t\text{标}}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

例 1: 在 $1\,084.62^\circ\text{C}$ 检验温度点附近,二等标准铂铑 10-铂热电偶测得的热电动势算术平均值为 10.576 mV ,被检铂铑 13-铂热电偶测得的热电动势算术平均值为 11.650 mV ,求被检铂铑 13-铂热电偶在 $1\,084.62^\circ\text{C}$ 时的热电动势值。

测得 $E'_{1\,084.62\text{标}} = 10.576\text{ mV}$, $E'_{1\,084.62\text{被}} = 11.650\text{ mV}$

查二等标准铂铑 10-铂热电偶检定证书 $E_{1\,084.62\text{标}} = 10.570\text{ mV}$,查附录 A, $S_{1\,084.52\text{标}} = 11.83\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

$S_{1\,084.62\text{被}} = 13.57\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,代入计算公式(1)求得

$$E_{\text{被}} = 11.650 + \frac{10.570 - 10.576}{0.011\,83} \times 0.013\,57 = 11.643(\text{mV})$$

则被检铂铑 13-铂热电偶在 $1\,084.62^\circ\text{C}$ 时其热电动势为 11.643 mV 。

10.2 同名极比较法测量时,被检热电偶在各检定点上的热电动势值,由下式计算:

$$E_{t\text{被}} = E_{t\text{标}} + E_{t\text{P}} - E_{t\text{N}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: $E_{t\text{P}}$ ——被检热电偶正极与标准热电偶正极在检验温度点上 $t^\circ\text{C}$ 时进行比较所测得的热电动势;

$E_{t\text{N}}$ ——被检热电偶负极与标准热电偶负极在检验温度点上 $t^\circ\text{C}$ 时进行比较所测得的热电动势。

例 2: 用同名极比较法测量,铂铑 10-铂热电偶在 630.63°C 附近测得热电动势的算术平均值为:

$E_{630.63\text{P}} = 0.004\text{ mV}$ $E_{630.63\text{N}} = 0.008\text{ mV}$

求被检热电偶在 630.63°C 时的热电动势值:

查 $E_{630.63\text{标}} = 5.554$

则代入(3)式: $E_{630.63\text{被}} = 5.554 + (0.004 - 0.008) = 5.550(\text{mV})$

被检热电偶在 630.63°C 时 $E_{630.63} = 5.550\text{ mV}$ 。

11 测量报告

测量报告应包括下列内容:

- 产品名称、分度号及规格;
- 样品编号;
- 送检单位;
- 测量单位;
- 测量结果;
- 检测、复核及负责人签名;
- 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

温度, C	热电动势率, $\mu\text{V}/\text{C}$		
	铂铑 10-铂	铂铑 13-铂	铂铑 30-铂铑 6
419.527	9.64	10.48	4.26
630.63	10.30	11.48	6.23
961.78	11.40	13.05	8.85
1 084.62	11.79	13.57	9.67
1 100	11.83	13.63	9.76
1 200	12.02	13.91	10.35
1 300	12.12	14.07	10.86
1 400	12.12	14.12	11.27
1 500	12.03	14.06	11.55
1 553.5	11.94	13.97	11.65
1 600	11.85	13.88	11.69
1 700	11.49	13.50	11.66

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		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	
标准热电偶号										
试验单位				试验者						
试验日期 年 月 日										
检 验 点,℃	数据项目	标准热电偶	被 检 偶							
			No:	No:	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									

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
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
GB/T 16701.1—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 3/4 字数 16 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 · 1-14065 定价 10.00 元

*

标 目 317—52



GB/T 16701.1—1996