

工业用热电偶丝检验方法

Testing methods for industrial thermocouple wires

本标准适用于工业用国产分度特性 E U 镍铬—镍硅、E A 镍铬—考铜热电偶及热电极的检验。

1 基本要求

1.1 热电势(当冷端温度为0℃时)对分度表的允许偏差按表1的规定。

表 1 ℃

热电偶名称	允 许 偏 差			
	I 级		II 级	
	工作端温度	允许偏差	工作端温度	允许偏差
镍铬—镍硅	<400	+1.6 -0	<400	+3 -0
	>400	+0.4% -0	>400	+0.75% <i>t</i> -0
镍铬—考铜	—	—	<300	±4
	—	—	>300	±1% <i>t</i>

注: *t* 为热电偶工作端温度。

1.2 被检热电偶及偶丝的表面应均匀、平直、光洁,无油污、折迭、腐蚀、裂纹、毛刺、夹层及脆弱等缺陷。

1.3 热接点应焊接牢固,表面光滑无气孔。

2 仪器和设备

2.1 仪器

2.1.1 低阻、高阻直流电位差计和配套用的检流计(根据要求选定所需精度)。

2.1.2 二等标准电池,转换开关或其它同等测量精度的仪器。

2.1.3 二等(三等)铂铑标准热电偶和二等标准水银温度计。

2.2 设备

2.2.1 管形电炉:电炉高温工作区根据热电偶的长度、实际生产需要的温度而定。炉中应装有镍块或高温合金块,使其炉内温场稳定。

2.2.2 油和水恒温槽:在工作区域的温场应均匀,相隔 300mm 的任意二点间的垂直温差不大于 0.2℃。

2.2.3 焊接装置一套。

3 检验方法

3.1 检验点

3.1.1 一般检验点按表 2 的规定。亦可根据实际需要确定检验点。

表 2

热 电 偶 名 称	检 验 点 , °C			
镍铬—镍硅	400	600	800	1000
镍铬—考铜	300	400	600	800

3.1.2 300°C 以下各点的检验, 在油和水槽中与标准水银温度计进行比较, 插入玻璃试管中的热电偶与标准水银温度计浸入深度应相等, 管口用棉花塞紧, 温度恒定后开始读数。

3.1.3 300°C 以上各点的检验, 在管形电炉中与标准热电偶进行比较。

3.2 热电偶丝不均匀热电势的检验

3.2.1 将每盘热电偶丝首尾两端各取一段, 配成热电偶形式, 在相应温度下测其同名极热电势, 其值即为该热电偶材料的不均匀热电势, 并满足热电偶丝的标准要求。

3.2.2 操作方法: 将炉温升到所需温度 $\pm 50^\circ\text{C}$, 将焊好的热电偶丝工作端插入炉内 (恒温区), 冷端插入冰点槽中, 稳定后即可读数。

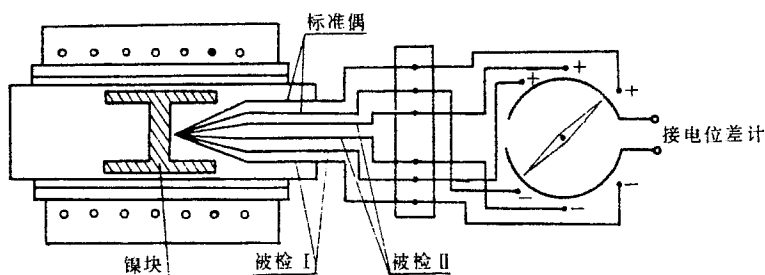
3.3 热电偶单极热电势的检验

将热电偶丝与标准铂丝配对进行测量。根据不同线材直径选择测试温度和测试点 (按热电偶丝标准要求)。其铂极纯度要求 $R_{100}/R_0 \geq 1.392$ 以上。全长不应有二个以上接点。用双极法检验。

注: 也可用同名极法测试。

3.4 双极法 (比较法)

线路如图所示。



3.4.1 将被检热电偶捆扎在标准铂铑—铂热电偶周围, 使工作端处于同一平面上, 然后插入炉壁最高温度处, 炉口用石棉绳塞紧; 冷端处于同一平面上并插入冰点槽内, 若不用冰点槽, 须使各冷端点温度保持稳定。用水银温度计测出冷端温度, 并按下式进行修正:

$$E_{t, t_0} = E_{t, t_0} + E_{t_0, t_0} \dots \dots \dots (1)$$

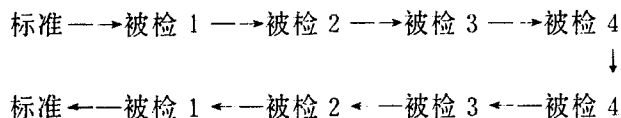
式中: E —— 热电偶热电势值;

t —— 热电偶工作端温度, 为实际温度;

t_0 —— 热电偶冷端温度, 为 0°C ;

t' ——热电偶冷端温度，为实际温度。

3.4.2 热电偶热电势的测量可在标准热电偶证书上所给定的各检验点温度 $\pm 10^\circ\text{C}$ 范围内进行。读数时，从标准热电偶开始依次读取各热电偶的热电势，再按相反顺序进行，每支读数不少于 2 次：



3.4.3 偏差计算

3.4.3.1 按 (1) 式求出热电偶当冷端温度为 0°C ，工作端温度为实际温度时，标准及被检热电偶应有的热电势。

3.4.3.2 根据标准热电偶计算标准和被检热电偶工作端温度。

3.4.3.3 根据被检热电偶工作端温度，计算出被检热电偶的偏差：

$$\Delta e = e' - e \dots\dots\dots (2)$$

式中： e' ——被检热电偶在相应检验温度点的热电势值（查表得）；

e ——被检热电偶工作端温度为实际温度的相应热电势值（查表得），则被检热电偶实际热电势值为 $E + \Delta e$ 。

热电偶热电势检验举例见附录 D。

4 结果处理

4.1 经检验符合本标准表 1 规定者发给合格证，必要时给出修正值。

4.2 经检验达不到标准要求，但能满足生产需要的热电偶，由检验和使用部门研究决定。

4.3 使用中的热电偶的检验周期，可根据使用条件和时间确定。

4.4 单极热电势可选用同名极法测定。

4.5 热电偶检验也可以选用微差法测定（详见附录 A）。用微差法时，标准热电偶应按附录 B 要求。

5 热电偶补偿导线的检验

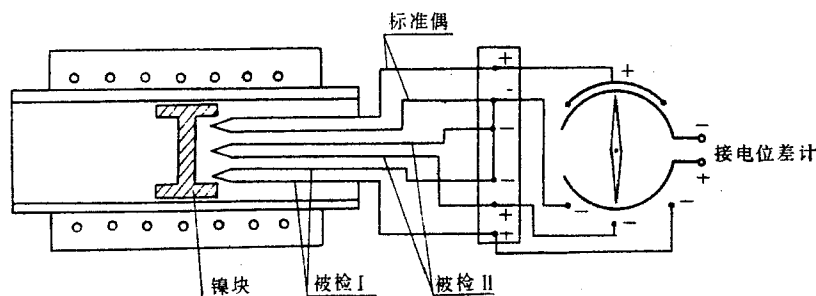
见附录 C。

附录 A

微 差 法

(补充件)

A.1 将同型号的标准热电偶与被检热电偶反串，直接测量热电势差值。线路如图所示。



A.2 将捆好的热电偶束（各热电偶工作端互不接触，并位于同一平面上），插入炉内镍块（或耐热合金块）孔中，而不与镍块接触（如镍块孔底内填有绝缘材料，可直接插到底），然后按图连线，冷端温度不用修正，只要保持在同一温度下即可。待炉温恒定在检验点温度 $\pm 10^\circ\text{C}$ 时，即可进行测量。先测量标准热电偶热电势值 E' （此值只作确定炉温是否在检验点温度 $\pm 10^\circ\text{C}$ 的依据），再依次顺序读取每一反串组的热电势差值 Δe ，每组读数不少于 2 次。

$$\begin{array}{ccccccc} \text{即：} & E' & \longrightarrow & \Delta e_1 & \longrightarrow & \Delta e_2 & \longrightarrow & \Delta e_3 & \longrightarrow & \Delta e_4 & \longrightarrow & \Delta e_5 \\ & & & & & & & & & & & \downarrow \\ & E' & \longleftarrow & \Delta e_1 & \longleftarrow & \Delta e_2 & \longleftarrow & \Delta e_3 & \longleftarrow & \Delta e_4 & \longleftarrow & \Delta e_5 \end{array}$$

A.3 数据处理：

被检热电偶的热电势值 $E_{i, \text{被}}$ （当被检热电偶的正或负极与电位差计“正”端相接时）：

$$E_{i, \text{被}} = E_{i, \text{标}} + \Delta e_i$$

式中： $E_{i, \text{标}}$ ——标准热电偶证书中记载的各检验点上的热电势值；

Δe_i ——各检验点上测得的标准热电偶与被检热电偶反串时的读数平均热电势值。

A.4 举例：

在 1000°C 附近 $\pm 10^\circ\text{C}$ 范围内测得的标准镍铬—镍硅热电偶与被检镍铬—镍硅热电偶反串时的读数平均热电势差值为： $\Delta e_{1000^\circ\text{C}} = -0.04$ 毫伏。

由标准镍铬—镍硅热电偶证书上查得当冷端温度为 0°C 、工作端温度为 1000°C 时的热电势值为：

$$E_{1000^\circ\text{C标}} = 41.39 \text{ 毫伏。}$$

则被检镍铬—镍硅热电偶（冷端为 0°C ）的热电势值为：

$$E_{1000^\circ\text{C被}} = E_{1000^\circ\text{C标}} + \Delta e_{1000^\circ\text{C}} = 41.39 + (-0.04) = 41.35 \text{ 毫伏。}$$

附录 B
标准镍铬—镍硅热电偶技术要求
(补充件)

- B.1** 标准镍铬—镍硅热电偶应在 1000℃ 下退火 10 小时,在退火 6 小时后测量一次热电势,满 10 小时后再测量一次,两次电势差不应超过 30 微伏,否则要继续退火。
- B.2** 标准镍铬—镍硅热电偶用二等标准铂铑—铂热电偶检验,两次检验差不大于 40 微伏。
- B.3** 标准热电偶的检验周期一般为 300 小时(按使用时间计算),根据使用情况和具体条件,随时可进行监督性试验,试验结果与检验证书相应点热电势比较,不大于 ± 80 微伏者可继续使用,否则应进行检验。
- B.4** 标准镍铬—镍硅热电偶重复误差为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。
- B.5** 外观检查与检验点与本标准正文 1.2、1.3、3.1 条相同。

附 录 C
热电偶补偿导线的检验
(补充件)

C.1 补偿导线的特性应符合表 C1 的要求。

表 C 1

配合的热电偶名称	工作端温度为1000℃, 冷端温度为0℃的热电势 毫伏	允许偏差 毫伏
镍铬—镍硅	4.10	±0.15
镍铬—考铜	6.90	±0.30

C.2 补偿导线与铜线配成热电偶产生的热电势应符合表 C2 的要求。

表 C 2

补 偿 导 线 名 称	工作端温度为1000℃, 冷端温度为0℃的热电势 毫伏
10镍铬	1.99~2.29
0.6白铜	-0.61~0.67
43—0.5锰白铜	-4.61~4.91
40—1.5锰白铜	-3.95~4.25

C.3 符合表中规定的补偿导线, 如使用单位要求, 可在其它检验点上分度。

C.4 补偿导线检验前应将两端绝缘物清除干净约15毫米, 使一端绞接或焊接成一支热电偶, 然后参考本标准进行检验。

附录 D
热电偶热电势检验举例
(补充件)

在 1000℃ 温度点附近, 检验镍铬—镍硅热电偶, 得热电势读数的算术平均值为 40.50 毫伏, 标准铂铑—铂热电偶热电势读数的算术平均值为 9.421 毫伏, 水银温度计指出冷端温度为 20℃, 求当冷端温度为 0℃, 工作端温度为 1000℃ 时, 被检镍铬—镍硅热电偶的热电势值。

从标准铂铑—铂热电偶分度表查得:

$$E_{(t', t_0)_{\text{标}}} = E_{(20, 0)_{\text{标}}} = 0.113 \text{ 毫伏}$$

按标准正文 3.4.1 款 (1) 式得:

$$E_{(t, t_0)_{\text{标}}} = E_{(t, t')_{\text{标}}} + E_{(t', t_0)_{\text{标}}} = 9.421 + 0.113 = 9.534 \text{ 毫伏}$$

从镍铬—镍硅热电偶分度表查得:

$$E_{(t', t_0)_{\text{被}}} = E_{(20, 0)_{\text{被}}} = 0.80 \text{ 毫伏}$$

按标准正文 3.4.1 款 (1) 式得:

$$E_{(t, t_0)_{\text{被}}} = E_{(t, t')_{\text{被}}} + E_{(t', t_0)_{\text{被}}} = 40.50 + 0.80 = 41.30 \text{ 毫伏}$$

$E_{(t, t_0)_{\text{标}}}$ 和 $E_{(t, t_0)_{\text{被}}}$ 为标准和被检热电偶在冷端温度为 0℃, 热端温度为实际温度应有的热电势。

从标准铂铑—铂热电偶分度表查得, 当冷端温度为 0℃, 工作端温度为 1000℃ 时的热电势值: $E' = 9.569$ 毫伏。

从标准铂铑—铂热电偶证书中查得, 当冷端温度为 0℃, 工作端温度为 1000℃ 时的热电势值: $E = 9.580$ 毫伏。该标准热电偶在 1000℃ 的修正值: $K = E' - E = 9.569 - 9.580 = -0.011$ 毫伏, 故修正后的热电势值为:

$$E_{(t, t_0)_{\text{标}}} + K = 9.534 + (-0.011) = 9.523 \text{ 毫伏}$$

从铂铑—铂热电偶分度表查得 9.523 毫伏相当于 996℃, 此即标准和被检热电偶工作端温度。

从被检镍铬—镍硅热电偶分度表查得, 当冷端温度为 0℃, 工作端温度为 996℃, 相应热电势值 $e = 41.16$ 毫伏; 工作端温度为 1000℃ 相应热电势值 $e' = 41.32$ 毫伏。

按标准正文 3.4.3.3 项 (2) 式该热电偶的偏差为:

$$\Delta e = e' - e = 41.32 - 41.16 = 0.16 \text{ 毫伏}$$

则被检热电偶的实际热电势为:

$$E + \Delta e = 41.30 + 0.16 = 41.46 \text{ 毫伏。}$$

附加说明:

本标准由中华人民共和国冶金工业部提出。

本标准由沈阳有色金属加工厂负责起草。

自本标准实施之日起, 原冶金工业部部标准 YB 760—71《工业用热电偶丝检验方法》作废。