

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 9238—1999

工业热电偶技术条件

Specification for industrial thermocouple assemblies

1999 - 08 - 06 发布

2000 - 01 - 01 实施

国家机械工业局 发布

前 言

本标准是对 ZB N 11 002—87《工业热电偶技术条件》的修订。

本标准与 ZB N 11 002—87 在主要技术内容上有以下差异：

1. 本标准增加了 R 型和 N 型热电偶技术条件的内容；
2. 本标准规定的热电偶允差采用了 GB/T 16839.2—1997 的表达方式,但实际效果与原标准相同；
3. 本标准对试验方法中规定的检验温度点和测量结果的换算均采用了 1990 年国际温标(ITS—90)。

本标准自实施之日起,代替 ZB N 11 002—87。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B 是提示的附录。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会提出并归口。

本标准主要起草单位:上海工业自动化仪表研究所。

本标准主要起草人:范铠。

中华人民共和国机械行业标准

工业热电偶 技术条件

JB/T 9238 —1999

代替 ZB N11 002—87

Specification for industrial thermocouple assemblies

1 范围

本标准规定了工业热电偶技术要求、试验方法、检验规则、包装和标志。

本标准适用于分度表和允差符合 GB/T 16839.1 和 GB/T 16839.2 的可拆卸的工业热电偶。对于其他形式的工业热电偶,可参照采用本标准的全部或部分条文。

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为本标准的条文。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/T 2423.3—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca:恒定湿热试验方法

GB/T 2829 —1987 周期检查计数抽样程序及抽样表(适用于生产过程稳定性的检查)

GB 3836.2—1983 爆炸性环境用防爆电气设备 隔爆型电气设备“d”

GB/T 4451—1984 工业自动化仪表振动(正弦)试验方法

GB/T 15464—1995 仪器仪表包装通用技术条件

GB/T 16839.1—1997 热电偶 第1部分:分度表

GB/T 16839.2—1997 热电偶 第2部分:允差

JB/T 9329 —1999 仪器仪表运输、运输贮存基本环境条件及试验方法

3 定义

本标准除采用 GB/T 16839.1 和 GB/T 16839.2 定义外,还采用下列定义。

3.1 可拆卸的工业热电偶 industrial thermocouple assembly

热电极组件可以从保护管中取出的工业热电偶(以下简称“热电偶”)。

3.1.1 热电极组件 thermocouple element

由一对或多对热电极与绝缘物组成的组件。

3.1.2 绝缘物 insulation material

用来防止热电极之间和(或)热电极与保护管之间短路的零件或材料。

3.1.3 保护管 protective tube

用来保护热电极组件免受环境有害影响的管状物。

3.2 补偿导线 extension or compensating cables

一对与热电偶配用的导线。若与所配用的热电偶正确连接,就把该热电偶的参比端移至这对导线的输出端。

3.3 检验温度点 temperature points for verification

为了检验热电偶是否符合允差要求而选择的试验温度。

国家机械工业局 1999 - 08 - 06 批准

2000 - 01 - 01 实施

3.4 极限温度 limiting temperature

热电偶的最高适用温度和最低适用温度。其中最高适用温度称为上限温度,最低适用温度称为下限温度。

3.5 绝缘电阻 insulation resistance

对于具有一对热电极的热电偶,指热电极与保护管之间的电阻值;对于具有多对热电极的热电偶,还指各对热电极之间的电阻值。

3.6 热响应时间 thermal response time

在温度出现阶跃变化时,热电偶的输出变化至相当于该阶跃变化的某个规定百分数所需的时间,通常以 τ 表示。

4 技术要求

4.1 外观

热电偶的外观应符合下列要求:

- 热电极测量端的焊接应光滑、牢固、无气孔和夹灰等缺陷,无残留助焊剂等污物;
- 各部分的装配正确,连接可靠,零件无缺损;
- 无断路、短路;
- 保护管内无残留污物及金属废屑;
- 在恰当部位正确地标明极性;
- 外表涂层均匀、牢固;
- 无显著锈蚀和凹痕、划痕。

4.2 允差

热电偶的允差应符合 GB/T 16839.2 的规定。

注

- 允差等级为 1 级的 S 型和 T 型热电偶,其热电极参比端温度应为 0℃。
- 对于带有不可拆卸的补偿导线的热电偶,其热电极—补偿导线组件应符合本规定。

4.3 绝缘电阻

4.3.1 常温绝缘电阻

热电偶的常温绝缘电阻应符合以下规定:

- 对于长度超过 1m 的热电偶,它的常温绝缘电阻值与其长度的乘积应不小于 $100\text{M}\Omega \cdot \text{m}$,即:

$$R_t \cdot L \geq 100\text{M}\Omega \cdot \text{m} \dots\dots\dots(1)$$

式中: R_t ——热电偶的常温绝缘电阻值, $\text{M}\Omega$;

L ——热电偶的长度, m。

- 对于长度等于或不足 1m 的热电偶,它的常温绝缘电阻值应不小于 $100\text{M}\Omega$ 。

4.3.2 上限温度绝缘电阻

热电偶的上限温度绝缘电阻值应不小于表 1 规定。

表 1

上限温度 t_m ℃	试验温度 t ℃	电阻值 $\text{M}\Omega$
$100 \leq t_m < 300$	$t = t_m$	10
$300 \leq t_m < 500$	$t = t_m$	2
$500 \leq t_m < 850$	$t = t_m$	0.5
$850 \leq t_m < 1000$	$t = t_m$	0.08
$1000 \leq t_m < 1300$	$t = t_m$	0.02
$t_m \geq 1300$	$t = 1300$	0.02

4.4 热电动势稳定性

热电偶(允差等级为3级的T, E, K, N型除外)应置于制造厂规定的上限温度维持250h, 试验前后最高检验温度点热电动势的变化量(换算成温度的变化量)应不超过表2规定。

表2

热电偶类型	温度的变化量允许值		
	允 差 等 级		
	1	2	3
S, R	1℃或 $[1 + 0.003(t_{\max} - 1100)]$ ℃	1.5℃或 $0.0025t_{\max}$	—
B	—	1.5℃或 $0.0025t_{\max}$	4℃或 $0.005t_{\max}$
T	0.5℃或 $0.004t_{\max}$	1℃或 $0.0075t_{\max}$	—
J, E, K, N	1.5℃或 $0.004t_{\max}$	2.5℃或 $0.0075t_{\max}$	—

注: t_{\max} ——最高检验温度点, ℃。在同栏给出的两个允许值中取其中较大值。

4.5 运输基本环境条件

热电偶应能经受 JB/T 9329 规定的碰撞和自由跌落试验。

4.6 热响应时间

热电偶的热响应时间应符合制造厂在使用说明书上提供的数值。

5 试验方法

5.1 外观

外观的检查用目检法和适当的仪表、设备进行。

5.2 允差

5.2.1 检验温度点

应按表3规定选取检验温度点, 必要时可以补充其他合适的检验温度点。

表3

热电偶类型	代 号	允差等级	检 验 温 度 点
铂铑10%/铂	S	1	419.527℃, 630.63℃, 1084.62℃
铂铑13%/铂	R	2	630.63℃, 1084.62℃
铂铑30%/铂铑6%	B	2	630.63℃, 1084.62℃, 1200℃, 1400℃, 1600℃
		3	630.63℃, 1200℃
铜/铜镍(康铜)	J	1, 2	在适用温度范围内每200℃(含上限温度)
铜/铜镍(康铜)	T	1, 2	在适用温度范围内每100℃(含上限温度)
		3	-195.799℃, -78.464℃
镍铬/铜镍(康铜)	E	1	在适用温度范围内每200℃(含上限温度)
镍铬硅/镍硅	N	2	在适用温度范围内每300℃(含上限温度)
镍铬/镍铝(硅)	K	3	-195.799℃, -78.464℃

注

- 实际的检验温度值允许偏离范围为 ± 10 ℃。
- 检验温度应在热电偶的适用范围内。

5.2.2 检验设备

5.2.2.1 标准温度计

标准温度计的不确定度应不超过被检验热电偶允差的 1/3。

推荐使用下述标准温度计：

- a) 标准铂电阻温度计, 使用温度范围 $-196^{\circ}\text{C} \sim +961.78^{\circ}\text{C}$;
- b) 标准铂铑 10%/铂热电偶, 使用温度范围 $300^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$;
- c) 标准铂铑 30%/铂铑 6% 热电偶, 使用温度范围 $1200^{\circ}\text{C} \sim 1600^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.2.2 恒温装置

用比较法进行允差检验时, 使用的恒温装置为：

- a) 精密恒温装置: 沿插管方向 100mm 工作区域内各插管任意两点的温度差不超过 0.1°C 。
 - b) 管形炉: 炉长不小于 600mm, 在炉中心附近不短于 60mm 的工作区域内温度差不超过 1°C 。
- 管形炉只与标准热电偶配合使用。

精密恒温装置的温度在指定时间内的变化不超过 0.1°C ；管形炉的温度在指定时间内的变化应不超过 1°C 。

指定时间取下列三种时间中最大值：

- 标准温度计的热响应时间 $\tau_{0.5}$ 的 5 倍；
- 被试热电极组件(或热电偶)的热响应时间 $\tau_{0.5}$ 的 5 倍；
- 在一个检验温度点测试所需的时间。

5.2.2.3 0°C 恒温器

0°C 恒温器插管的长度应不短于 160mm, 工作区域的温度为 $-0.1^{\circ}\text{C} \sim +0.1^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.3 检验方法和要求

允差检验一般对热电极组件进行。

检验时, 一般采用比较法; 在 -195.799°C , -78.464°C , 100°C , 419.527°C , 630.63°C , 1084.62°C 等温度点的检验也可以采用定点法。

对电测仪表和参比端温度补偿的要求见表 4。

表 4

允 差 等 级		1	2	3
S,R	电测仪表类别	A	B	—
	参比端温度补偿	采用 0°C 恒温器	采用 0°C 恒温器或其他参比端温度补偿方式	—
B	电测仪表类别	—	A	B
	参比端温度补偿	—	环境温度在 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内可以不补偿	
J	电测仪表类别	A	B	—
	参比端温度补偿	采用 0°C 恒温器	采用 0°C 恒温器或其他参比端温度补偿方式	—
T	电测仪表类别	A	B	
	参比端温度补偿	采用 0°C 恒温器		
E,N,K	电测仪表类别	A	B	
	参比端温度补偿	采用 0°C 恒温器	采用 0°C 恒温器或其他参比端温度补偿方式	

注

- 1 A类电测仪表的精确度等级不低于0.01级, 分辨能力不劣于 $0.1\mu\text{V}$ 。
- 2 B类电测仪表的精确度等级不低于0.05级, 分辨能力不劣于 $1\mu\text{V}$ 。
- 3 若采用其他参比端温度补偿方式, 其补偿误差应不超过被检验热电偶在参比端温度允差的1/3。

5.3 绝缘电阻

5.3.1 检验要求

- a) 热电偶应按出厂时原有的装配方式进行绝缘电阻试验;
- b) 测量绝缘电阻所用仪表的精确度不低于 $\pm 20\%$;
- c) 施加试验电压的时间到达 60s, 记录绝缘电阻值;
- d) 应变换所加试验电压的方向, 并分别记录测量结果, 取其中较小值为被试热电偶的绝缘电阻值。

5.3.2 常温绝缘电阻

常温绝缘电阻的试验电压为直流 $500V \pm 50V$ 。

测量常温绝缘电阻的大气条件为: 温度 $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $45\% \sim 75\%$ 和大气压力 $86\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$ 。测试前被试热电偶应在这样的大气条件放置至少 2h。

5.3.3 上限温度绝缘电阻

上限温度绝缘电阻的试验电压为直流 $10V \pm 1V$ 。被试热电偶在试验温度停留的时间应不短于其热响应时间 $\tau_{0.5}$ 的 5 倍。试验温度对于上限温度的偏离范围为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。热电偶被加热的长度为 300mm 或其总长度的 50% (选其中较小值, 并允许偏离 10%)。加热区域的温度不均匀性应在 10°C 以内。

对采用瓷保护管的热电偶, 用金属丝在热电偶瓷保护管被加热部位均匀绕 15 匝 ~ 20 匝作为上限温度绝缘电阻测试的一极。使用的金属丝应对热电偶无害。

5.4 热电动势稳定性

5.4.1 检验要求

热电偶的热电动势稳定性试验应带保护管进行。试验温度对于上限温度的偏离范围为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。热电偶被加热的长度为 300mm 或其总长度的 50% (选其中较小值, 并允许偏离 10%)。加热区域的温度不均匀性应在 10°C 以内。

对于具有密封型接线盒的热电偶, 试验时应将接线盒妥善密封。

5.4.2 检验方法

a) 按 5.2 规定的方法测量被试热电偶在最高检验温度点附近的热电动势, 并把测量结果换算成相应于最高检验温度点的热电动势值 [换算方法见附录 B (提示的附录)]。

b) 将被试热电偶置入试验炉内, 然后将试验炉升至 5.4.1 规定的温度, 维持 250h。

c) 自然冷却后重复步骤 a)。

d) 按式(2)计算热电动势变化量 ΔE

$$\Delta E = |E_c - E_a| \dots\dots\dots(2)$$

式中: E_c, E_a ——分别为步骤 c) 和步骤 a) 测得的结果。

5.5 运输基本环境条件

按 JB/T 9329 的规定进行碰撞和自由跌落试验。对一般热电偶, 自由跌落高度为 250mm; 对易碎、易损热电偶, 自由跌落高度为 50mm。

5.6 热响应时间

5.6.1 检验要求

应记录热电偶的输出变化至相当于温度阶跃变化 50% 的时间 $\tau_{0.5}$, 必要时可以另外记录变化 10% 的热响应时间 $\tau_{0.1}$ 和变化 90% 的热响应时间 $\tau_{0.9}$ 。

所记录的热响应时间应是同一试验至少三次测试结果的平均值, 每次测试结果对于平均值的偏离应在 $\pm 10\%$ 以内。

形成温度阶跃变化所需的时间不应超过被试热电偶的 $\tau_{0.5}$ 的 $1/10$ 。

记录仪器或仪表的响应时间不应超过被试热电偶的 $\tau_{0.5}$ 的 $1/5$ 。

5.6.2 检验方法

在试验流道的可用横截面内, 水流速应保持 $0.4\text{m/s} \pm 0.05\text{m/s}$, 初始温度在 $5^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 的范围内。温

度阶跃值为 $40^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。在试验过程中,水的温度变化应不大于温度阶跃值的 $\pm 1\%$ 。被试热电偶的置入深度为 150mm 或设计置入深度(选其中较小值,并在试验报告中注明)。

B 型热电偶的热响应时间推荐用下述方法检验:用同规格的 S 型热电偶的热电极组件替换其自身的热电极组件,然后进行试验。

注:可以由制造厂与用户商定采用其他试验方法,但所给数据必须注明试验条件。

6 检验规则

6.1 总则

每支热电偶出厂前必须通过出厂检验;各种结构和温度范围的热电偶产品均应定期抽样进行型式检验。凡是结构特殊的以及拟用于严酷环境的热电偶,应进行附加型式检验[见附录 A(标准的附录)],附加型式检验的项目及周期由制造厂与用户商定。

6.2 抽样规则

按 GB/T 2829 进行抽样,并规定:

- a) 检查周期不超过二年;
- b) 判别水平推荐采用 I 级;
- c) 不合格质量水平不大于 5;
- d) 采用一次抽样方案,判定数组为 $A_0 = 0, R_0 = 1$ 。

6.3 出厂检验

6.3.1 项目和顺序

- a) 允差;
- b) 外观;
- c) 常温绝缘电阻。

6.3.2 检验温度点

a) 对于允差等级为 1,2 级的 S 型、R 型、J 型、T 型、E 型、K 型和 N 型热电偶,应在不低于 100°C 的一个检验温度点进行允差检验;

b) 对于允差等级为 3 级的 T 型、E 型、K 型和 N 型热电偶,应在低于 -100°C 的一个检验温度点进行允差检验;

c) 对于允差等级为 2,3 级的 B 型热电偶,应在不低于 600°C 的一个检验温度点进行允差检验。

6.4 型式检验

6.4.1 项目

- a) 运输基本环境条件;
- b) 外观;
- c) 常温绝缘电阻;
- d) 热响应时间;
- e) 上限温度绝缘电阻;
- f) 允差;
- g) 热电动势稳定性。

6.4.2 顺序

按下述优先次序确定型式检验顺序:

- a) 不改变原有包装方式的试验;
- b) 先短期后长期;
- c) 不改变原有装配方式的试验;
- d) 先低温后高温(不包括进行允差检验时各检验温度点的次序)。

6.5 允差检验判别规则

使用制造厂的测量系统进行允差检验时,若制造厂的测量系统的误差为 $\pm n^{\circ}\text{C}$,则测试结果应不超过 $\pm(\Delta - n)^{\circ}\text{C}$ (Δ 为4.2规定的允差值);使用验收单位的测量系统进行允差检验时,若验收单位的测量系统的误差为 $\pm m^{\circ}\text{C}$,则测试结果应不超过 $\pm(\Delta + m)^{\circ}\text{C}$ 。

7 包装及热电偶制造厂应向用户提供的信息

7.1 包装

- a) 热电偶一般采用 GB/T 15464 规定的包装。
- b) 具有瓷保护管的热电偶及其他易碎、易损热电偶,应采用 GB/T 15464 规定的防震包装。

7.2 铭牌或出厂合格证明书上应注明的信息

- a) 型号;
- b) 规格;
- c) 代号(分度号);
- d) 适用温度范围;
- e) 允差等级;
- f) 保护管材料;
- g) 商标或制造厂名;
- h) 出厂日期。

7.3 使用说明书中应提供的信息

- a) 分度表;
- b) 热响应时间;
- c) 适用环境;
- d) 一般使用方法;
- e) 特殊的技术条件。

附录 A
(标准的附录)
附加型式检验

A1 技术要求**A1.1 在湿热条件下的绝缘电阻**

热电偶在恒定湿热条件试验结束时,其绝缘电阻值应不小于 $10M\Omega$ 。

A1.2 无包装自由跌落

热电偶在无包装自由跌落试验结束时,应无机械损坏,无断路或短路,常温绝缘电阻应符合 4.3.1 的规定。

A1.3 振动

热电偶在振动试验结束时,应无机械损坏,无断路或短路,常温绝缘电阻应符合 4.3.1 的规定。

A1.4 压力

热电偶在经受试验压力的过程中,应无泄漏,无机械损坏,无断路或短路,常温绝缘电阻应符合 4.3.1 的规定。

A1.5 液体侵入的防护

热电偶在液体侵入的防护试验结束时,应无机械损坏,无断路或短路,接线盒内无目视可见的水痕,常温绝缘电阻应符合 4.3.1 的规定。

A1.6 隔爆

热电偶应由国家指定的机构进行隔爆试验,并按国家规定由该机构发给证书。

A2 试验方法**A2.1 在湿热条件下的绝缘电阻**

按 GB/T 2423.3 进行试验。

试验持续时间为 2 天。

试验结束,立即按 5.3.2 测量被试热电偶的常温绝缘电阻值。

A2.2 无包装自由跌落

自由跌落试验前,被试热电偶应结构完整。

试验装置为铺放在刚性地面上的一块厚度为 6mm 的钢板。试验时,被试热电偶的纵轴与钢板表面基本上保持平行,两者的距离约 250mm。然后让被试热电偶从这个高度自由跌落至钢板上。这样的过程应重复十次。

试验结束,立即检查被试热电偶有无机械损坏,有无断路或短路,并按 5.3.2 测量常温绝缘电阻值。

A2.3 振动

按 GB/T 4451 进行试验。振动等级可根据实际情况选用 2B 或 3C。

试验结束,立即检查被试热电偶有无机械损坏,有无断路或短路,并按 5.3.2 测量常温绝缘电阻值。

A2.4 压力

被试热电偶置于充液的压力试验管中,压力逐渐增加至最高使用压力的 1.5 倍,保持 60s。

试验结束,立即检查被试热电偶有无泄漏,有无机械损坏,有无断路或短路,并按 5.3.2 测量常温绝缘电阻值。

A2.5 液体侵入的防护

根据实际情况,可从 A2.5.1, A2.5.2 和 A2.5.3 所述的三个等级(其严酷程度是递增的)选取一个进行试验。

试验结束,立即检查被试热电偶有无机械损坏,有无断路或短路,接线盒内有无目视可见的水痕,并按 5.3.2 测量常温绝缘电阻值。

A2.5.1 试验装置的原理见图 A1。此装置应具有可做往复摆动的半圆形喷水管,半圆的半径既要尽可能小,又要满足实际需要。

喷水管相对于垂直方向摆动角度 α 为 $\pm 60^\circ$, 扇形喷水面的半角 β 为 $\pm 60^\circ$, 扫过 α 角所需的时间约 1s, 试验压力为 0.1MPa, 被试热电偶的纵轴基本上与地面垂直, 其接线盒大致处于半圆形喷水管的圆心部位。

喷水试验时,被试热电偶每 300s 绕其轴转动 180° , 喷水试验时间至少 10min。

A2.5.2 试验装置的原理和试验方法同 A2.5.1。但 α 约为 $\pm 180^\circ$, β 约为 $\pm 90^\circ$, 扫过 α 角所需时间约 0.5s。

A2.5.3 试验装置为内径 12.5mm 的喷水嘴, 试验压力为 0.1MPa, 喷水嘴至被试热电偶接线盒的距离为 3m。

试验时,喷水嘴应从各个方向向被试热电偶喷水。喷水试验时间至少 15min。

A2.6 隔爆试验

按 GB 3836.2 的有关规定进行试验。

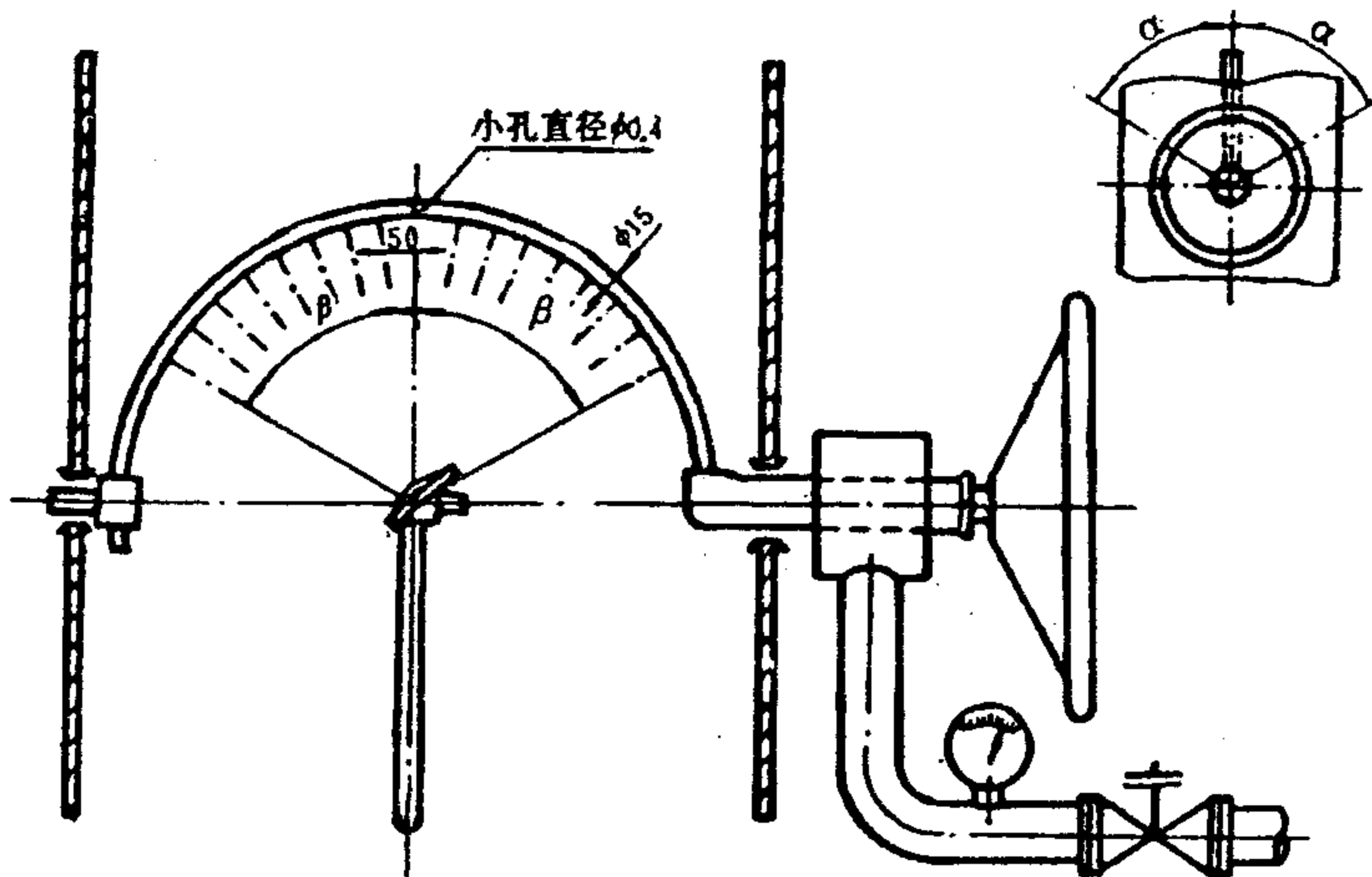


图 A1

附录 B
(提示的附录)
补充说明

B1 换算方法

如果实际检验温度对检验温度点的偏离较小,可以按下述方法将热电动势测量结果换算成相应于检验温度点的热电动势值。

$$E(t) = E(t') + \frac{dE(t)}{dt}(t-t') \dots\dots\dots(3)$$

式中: t —— 检验温度点, $^{\circ}\text{C}$;

t' —— 由标准温度计测得的实际检验温度, $^{\circ}\text{C}$;

$E(t)$ —— 温度为 t 时热电偶的热电动势, μV ;

$E(t')$ —— 温度为 t' 时热电偶的热电动势, μV ;

$\frac{dE(t)}{dt}$ —— 温度为 t 时热电偶的灵敏度或塞贝克系数, $\mu\text{V} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

$\frac{dE(t)}{dt}$ 可以按 GB/T 16839.1 附录给出的公式算出,也可以由下式求得:

$$\frac{dE(t)}{dt} = \frac{E^*(t+10) - E^*(t-10)}{20} \dots\dots\dots(4)$$

式中: $E^*(t)$ —— 温度为 t 时热电偶分度表给出的热电动势, μV 。

例: 某支 K 型热电偶测得的热电动势为 41.400mV, 检验温度点为 1000 $^{\circ}\text{C}$, 用标准温度计测得的实际检验温度为 1005.5 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\frac{dE(1000^{\circ}\text{C})}{dt} = \frac{41.665 - 40.885}{20} = 0.039 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$$

$$E(1000^{\circ}\text{C}) = 41.400 + 0.039 \times (1000 - 1005.5) \\ = 41.186 \text{ mV}$$

这支热电偶 1000 $^{\circ}\text{C}$ 时热电动势为 41.186mV。

B2 与本标准有关的其他主要标准**B2.1 补偿导线**

GB/T 4989—1994《热电偶用补偿导线》。

B2.2 瓷保护管和绝缘管

JC/T 508—1994《热电偶瓷套管》。