

天津市地方计量技术规范

JJF(津)XX-2025

(40~200) °C廉金属热电偶原位校准规范

Specification for In-situ Calibration of

(40-200) °C Base Metal Thermocouples

(报批稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

(40~200) °C廉金属热电偶
原位校准规范

Specification for In-situ Calibration of
(40-200) °C Base Metal Thermocouples



归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

王 喆（天津市计量监督检测科学研究院）

余松林（天津市计量监督检测科学研究院）

李强光（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

王慧泉（天津工业大学）

江正平（南京三迭纪医药科技有限公司）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 热电偶用补偿导线	(1)
3.2 柔性材料绝缘型热电偶	(1)
3.3 铠装热电偶	(1)
3.4 铜—铜镍热电偶	(2)
4 概述	(2)
4.1 被校热电偶	(2)
4.2 热电偶的原位校准	(3)
5 计量特性	(4)
5.1 温度示值误差	(4)
6 校准条件	(4)
6.1 环境条件	(4)
6.2 测量标准及配套设备	(4)
6.3 工具材料	(5)
7 校准项目和校准方法	(6)
7.1 检查项目	(6)
7.2 校准项目	(7)
7.3 校准方法	(7)
8 校准结果的表达	(10)
9 复校时间间隔	(10)
附录 A 补偿导线的准确度等级及允差	(11)
附录 B 铜—铜镍热电偶整十摄氏度点微分热电动势表	(12)
附录 C 原始记录参考格式	(13)
附录 D 校准证书内页参考格式	(14)
附录 E 加热管型热电偶校准前的布置方法	(15)
附录 F 廉金属热电偶温度示值误差测量不确定度评定示例	(16)
附录 G 热电偶原位校准方法的验证规则	(19)

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1007—2007《温度计量名词术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》的要求起草。

本规范为首次发布。

(40~200) °C廉金属热电偶原位校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围在(40~200) °C,分度号为:镍铬—镍硅(K型)、镍铬硅—镍铬镁(N型)、镍铬—铜镍(E型)、铁—铜镍(J型)的金属加热组件集成型廉金属热电偶的原位校准。

测量端位置不明确的热电偶不适用于本规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

- JJG 368-2000 工作用铜—铜镍热电偶
JJF 1262—2010 铠装热电偶校准规范
JJF 1664—2017 温度显示仪校准规范
JJF 1991—2022 短型廉金属热电偶校准规范
GB/T 4989—2013 热电偶用补偿导线

凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规范;凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 术语

3.1 热电偶用补偿导线 extension and compensating cables for thermocouples [JJF 1991—2022 3.1]

在一定温度范围内(包括常温)具有与所匹配的热电偶的热电动势的标称值相同的一对带有绝缘层的导线。用其连接热电偶与测量装置,以补偿热电偶与测量装置之间的温差所产生的误差,补偿导线分为延长性与补偿型两种。

3.2 柔性材料绝缘型热电偶 flexible material insulated thermocouples

除测量端外电极由柔性材料作为绝缘层和保护层的热电偶。

3.3 铠装热电偶 sheathed thermocouples [JJF 1262—2010 3]

铠装型热电偶是由廉金属热电偶丝用无机物绝缘的、金属套管封装的,适用于各种工

业过程温度测量的热电偶。按测量端结构形式分为绝缘型、露端型及接壳型。

3.4 铜—铜镍热电偶 copper/copper-nickel thermocouples [JJG 368—2000]

一种由正极为纯铜，负极为铜镍合金（康铜）材质制成的热电偶，分度号为 T 型，通常用于中低温测量。

4 概述

4.1 被校热电偶

金属加热组件集成型廉金属热电偶（以下简称被校热电偶）是指廉金属热电偶以铠装的形式通过焊接、挤压或打孔等机械加工方式集成在金属加热板中。加热板由导热性较好的黄铜等金属材料制成，内部均匀布置电加热丝。被校热电偶测量端一般位于加热板的相对几何中心处，测量的电信号传输至温度二次仪表对加热板控温。其典型结构图如图 1 所示，其中左侧为加热管集成型廉金属热电偶（以下简称加热管型热电偶），右侧为加热板集成型廉金属热电偶（以下简称加热板型热电偶）。

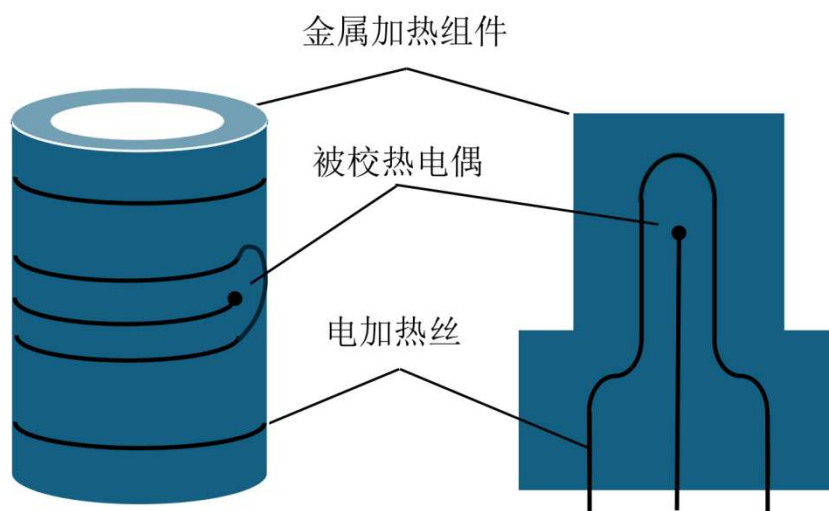


图 1 金属加热组件典型结构图

4.2 热电偶的原位校准

热电偶的原位校准是指现场被校设备近似实时工作状态，在线对热电偶及其配套温度二次仪表的测量控制系统进行整体示值误差的校准。即被校测量控制系统的热电偶保持相对工作原位不变，将参考热电偶的测量端放置在被校热电偶的测量端处，两者在温场中近似于同一位置，通过接触传热达到近似热平衡状态。利用现场被校设备提供的温场作为热源，通过双极比较法实施的校准。其测量原理如图 2 所示。

此方法与传统的实验室离线式的热电偶检定、校准方法不同，适用于以下状况：具有温度显示控制功能的设备并且其控温热电偶不便拆卸。

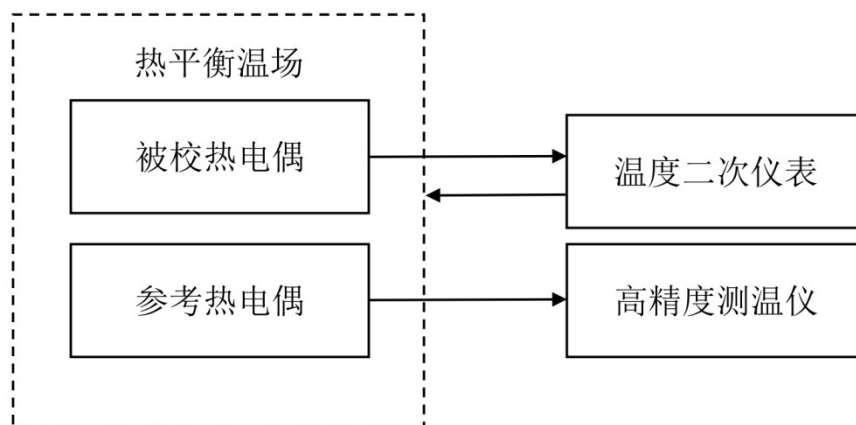


图 2 测量原理框图

5 计量特性

5.1 温度示值误差

温度示值误差的允差一般由两部分共同组成：热电偶的允差和温度二次仪表的允差。取两者绝对值之和，冠以“±”号，表征其温度示值误差的最大允许量。

热电偶的允差，见表 1。

表 1 热电偶的允差

名称	分度号	准确度等级及其允差	
		1 级	2 级
镍铬—镍硅热电偶	K	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
镍铬硅—镍硅热电偶	N	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
镍铬—铜镍热电偶	E	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
铁—铜镍热电偶	J	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
注：允差以等效温度值表示。			

温度二次仪表的允差，见表 2。

表 2 温度二次仪表的允差

仪表类型	准确度等级及其最大允差			
	0.1 级	0.2 级	0.5 级	1.0 级
数字仪表①	$\pm 0.1\%FS$ ②	$\pm 0.2\%FS$	$\pm 0.5\%FS$	$\pm 1.0\%FS$
注：① 数字式温度二次仪表的分辨力不低于 $0.1^{\circ}C$ 。 ② “FS”为仪表的量程，即测量范围上、下限之差 ($^{\circ}C$)。				

注：1. 热电偶使用补偿导线连接至温度二次仪表且补偿导线的示值偏差不可忽略的，则热电偶的温度示值误差的允差还应考虑到补偿导线，其允差表见附录 A。

2. 以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $15^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$ 。

环境湿度：不大于 85%RH。

被校热电偶和温度二次仪表周围应无影响校准的气流扰动，避免外电磁场的干扰，避免其他冷、热源影响。环境条件还应满足测量标准及配套设备的正常使用。

6.2 测量标准及配套设备

校准所需的测量标准及配套设备见表 3，也可选用不确定度符合要求的其他测量标准。根据不同类型的被校热电偶，可将测量标准、配套设备及工具材料组合成校准装置。

表 3 测量标准及配套设备的技术指标

序号	名称	技术要求	其他要求	用途
1	铜—铜镍热电偶①	测量范围：(40~200) °C	开展校准前需对测量标准进行示值偏差的校准③	测量标准
		允差： (40~125) °C范围内符合 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (125~200) °C范围内符合 $\pm 0.4\% \cdot t^{\circ}\text{C}$		
		扩展不确定度： $U \leq 0.2^{\circ}\text{C}$ ($k=2$)		
		电极直径不大于 0.3mm②		
		电极长度不小于 500mm		
2	高精度测温仪	准确度等级：不低于 0.01 级	测量的温度示值包含测量标准的修正值以及环境温度的补偿值④	显示测量标准的温度示值⑤
		分辨力：不低于 0.01°C		
		参考端环境温度补偿误差：符合 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$		
3	通用卡尺、钢直尺	量程分别为 150mm 和 500mm，分度值分别为 0.02mm 和 1mm	——	测量热电偶外径和长度

注：① 热电偶的型式可选择柔性材料绝缘型热电偶或露端型、接壳型铠装热电偶，测量端的位置明确。

② 测量标准为一只参考热电偶，在满足实际应用的前提下，参考热电偶的电极直径越小对温场的改变越小，漏热因素的影响越小，相应的其测量结果的不确定度越小。

③ 铜—铜镍热电偶作为测量标准在使用前需进行示值偏差的校准，所校准的温度点与将要开展的原位校准的温度点相同，校准方法依据 JJF1262—2010 6.2.2.3。示值偏差取负值即为修正值。

④ 高精度测温仪应具备铜—铜镍热电偶（T 型）分度表，能够显示热电偶输出热电势对应的温度示值；可以设置修正值，补偿其在某个温度点的温度示值；同时还应具备热电偶参考端的环境温度补偿功能。

⑤ 铜—铜镍热电偶的参考端和高精度测温仪输入端应使用标准化的插接口。

6.3 工具材料

6.3.1 导热材料

导热材料根据使用场景不同可以选择：导热硅脂等材料。其长期使用的温度范围覆盖

所有的校准温度点。

6.3.2 胶带

根据校准温度选择适用的耐高温胶带，如：聚酰亚胺胶带等。其长期使用的温度范围覆盖所有的校准温度点，推荐使用半透明材质的胶带。

6.3.3 隔热材料

根据加热组件的结构和尺寸选择适用的隔热材料，一般使用聚醚醚酮（PEEK）。其导热系数不高于 $0.3\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度不小于 5mm ，外形尺寸基本覆盖加热组件。也可根据现场情况选择符合要求的其它隔热材料。

6.3.4 夹具

根据加热组件的结构和尺寸选择适用的固定螺纹夹、弹簧夹或棘轮夹等夹具。

7 校准项目和校准方法

7.1 检查项目

7.1.1 外观检查

采用目测方法检查被校热电偶、温度二次仪表及加热组件的外观。

7.1.1.1 被校热电偶的金属套管及加热丝应平滑、完整，无裂痕、毛刺、凹陷、凸起，不应有严重的划痕，不应有显著的污染、腐蚀、锈蚀。

7.1.1.2 露端型热电偶的测量端应焊接牢固、圆滑、无气孔和夹灰等。

7.1.1.3 补偿导线及信号线、加热组件的电源线连接正确、牢靠，绝缘层无破损。

7.1.1.4 温度二次仪表各部件完整，端钮、面板、开关等不应有松动、破损，面板不应有影响读数的缺陷。

7.1.1.5 加热组件完整，表面平滑、无裂痕，无影响校准的形变或缺陷，不应有显著的污染、腐蚀、锈蚀。

7.1.2 功能检查

接通电源后，采用目测和手动操作的方法对被校热电偶、温度二次仪表及加热组件进行功能检查。

7.1.2.1 温度二次仪表显示功能正常，且不应有不亮、缺笔画等现象。

7.1.2.2 控制温度二次仪表升温，观察仪表显示被校热电偶的示值变动正常，无异常跳数等现象。

7.1.3 检查结果

外观及功能检查不符合要求的不予校准。

7.2 校准项目

7.2.1 温度示值误差

被校热电偶及温度二次仪表的温度示值对参考值的误差，参考值由测量标准的温度示值表征。

7.3 校准方法

7.3.1 校准温度点的选择

在被校热电偶的测量范围内，一般选择不少于三个校准温度点，通常在：50℃、100℃和 150℃附近进行，实际温度偏离校准温度点不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

也可根据现场设备控温范围或用户需要选择其他温度点。

测量过程从低温点向高温点逐点进行。

7.3.2 校准前的布置方法

高精度测温仪放置在校准环境中开机预热 15min 以上。

在加热板上放置测量标准，使标准的测量端与被校热电偶测量端相对于金属套管处紧密接触。标准的电极按被校热电偶金属套管的方向平行延伸，且电极不能与加热丝接触。

在被校热电偶测量端附近均匀涂抹导热材料后，使用耐高温胶带将标准黏合在加热板上，胶带绕加热板一圈以上。黏合牢固后，将胶带按压平整，确保内部无气泡。黏合后标准测量端的位置准确。导热材料和胶带按被校热电偶电极长度和外径比 10:1 的原则覆盖热电偶测量端处。如图 3 所示，若被校热电偶的金属套管直径为 1.5mm，则导热材料和胶带至少覆盖金属套管 15mm 以上。

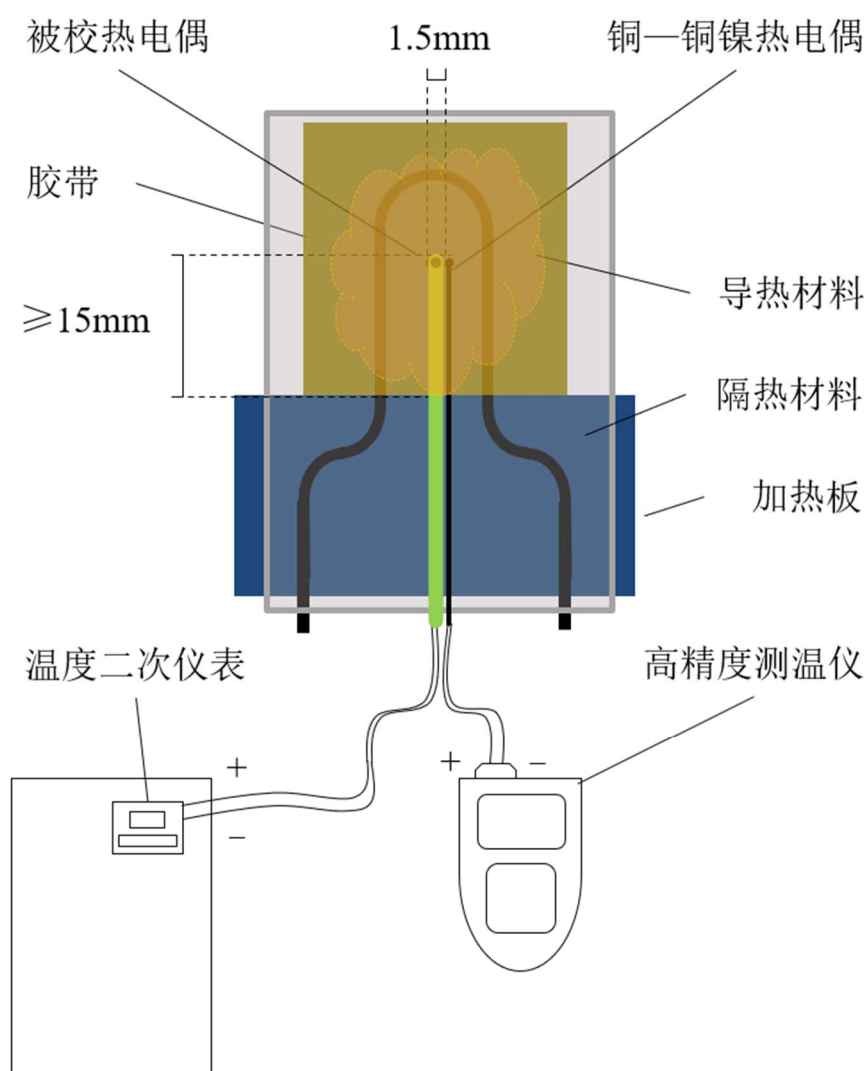


图3 布置方法俯视示意图

若被校热电偶测量端埋入加热板中，需根据加工制造信息掌握其测量端的具体位置。将标准测量端沿径向布置在加热板外侧距离被校热电偶测量端最近处，两者直线距离不超过 3mm，如图 4 所示，标准的测量端与加热板紧密接触，电极按被校热电偶金属套管的方向平行延伸。

黏合后，将加热板放置在隔热材料上，其上方再放置一层隔热材料，隔热材料上、下层基本覆盖整个加热板。使用夹具将上、下层隔热材料和加热板夹紧，确保整个校准过程各部件相对位置不发生位移。

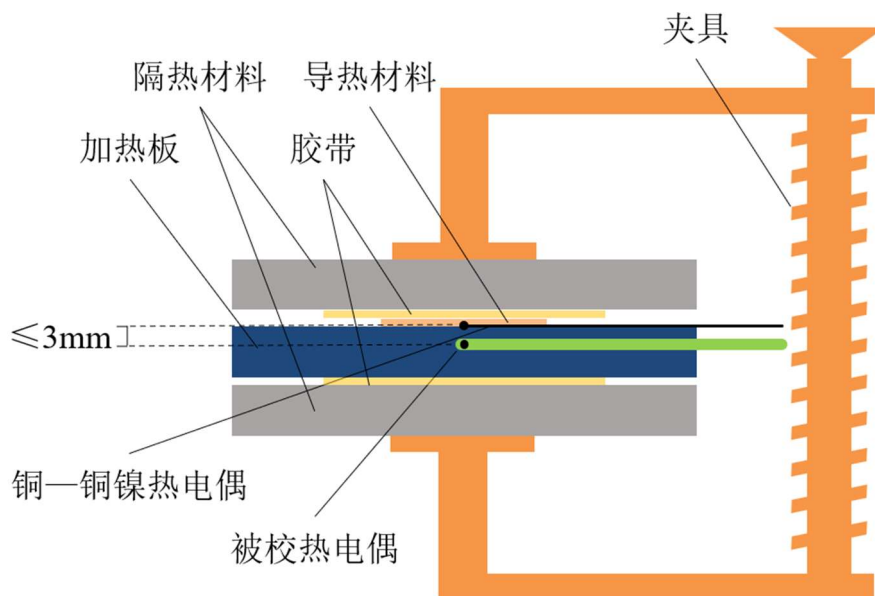


图 4 布置方法侧视示意图

注：加热管型热电偶校准前的布置方法参照附录 E。

7.3.3 校准程序

将温度二次仪表的设定温度调节为校准温度点。当温度达到设定温度附近后，观察测量标准的温度示值。当测量标准的温度偏离校准温度点不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，温度变化不超过 $0.3^\circ\text{C}/\text{min}$ 时，开始读数，读数顺序为：

标→被→被→标→标→被→被→标

测量标准和被校热电偶的读数不少于 4 次，在每一校准温度点的整个读数过程，温度的变化不超过 0.3°C 。

7.3.4 数据处理

7.3.4.1 温度示值误差

被校热电偶的温度示值误差由摄氏度“ $^\circ\text{C}$ ”表征，修约至少保留到小数点后 1 位，按式 (1) 计算：

$$\Delta t_{\text{被}} = \bar{t}_{\text{被}} - \bar{t}_{\text{标}} \quad (1)$$

式中：

$\Delta t_{\text{被}}$ —— 被校热电偶和温度二次仪表的温度示值误差， $^\circ\text{C}$ ；

$\bar{t}_{\text{被}}$ —— 被校热电偶示值的算数平均值， $^\circ\text{C}$ ；

$\bar{t}_{\text{标}}$ —— 测量标准示值的算数平均值（包括测量标准在该温度点的修正值）， $^\circ\text{C}$ 。

注：被校热电偶示值是指被校热电偶通过温度二次仪表的显示的温度值。

8 校准结果的表达

校准结果应在校准证书上反映。

校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

热电偶的复校时间间隔可根据具体的使用情况由送校单位自主决定，为确保其在规定的技术性能下使用，建议最长不超过 1 年，使用特别频繁时应适当缩短。

附录 A

补偿导线的准确度等级及允差

各型号相应准确度等级的补偿导线其允差见表 A1。

表 A1 补偿导线的准确度等级及允差

热电偶 分度号	补偿导线 型号	补偿导线 温度范围 /°C	使用 分类	允差/°C	
				精密级	普通级
K	KCA	0~100	G	±1.1	±2.2
		0~200	H	±1.1	±2.2
	KCB	0~100	G	±1.1	±2.2
	KX	-20~100	G	±1.1	±2.2
		-25~200	H	±1.1	±2.2
N	NC	0~100	G	±1.1	±2.2
		0~200	H	±1.1	±2.2
	NX	-20~100	G	±1.1	±2.2
		-25~200	H	±1.1	±2.2
E	EX	-20~100	G	±1.0	±1.7
		-25~200	H	±1.0	±1.7
J	JX	-20~100	G	±1.1	±2.2
		-25~200	H	±1.1	±2.2

附录 B

铜—铜镍热电偶整十摄氏度点微分热电动势表

铜—铜镍热电偶（T 型）在（40～200）℃范围内，整十摄氏度的热电动势值和微分热电动势见表 B1。

表 B1 T 型热电偶的热电势值和微分热电动势

测量端温度/℃	热电动势值/mV	微分热电动势 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
40	1.612	41.96
50	2.036	42.82
60	2.468	43.66
70	2.909	44.48
80	3.358	45.28
90	3.814	46.04
100	4.279	46.78
110	4.750	47.50
120	5.228	48.19
130	5.714	48.87
140	6.206	49.52
150	6.704	50.16
160	7.209	50.78
170	7.720	51.39
180	8.237	51.99
190	8.759	52.58
200	9.288	53.15

附录 C

原始记录参考格式

廉金属热电偶原位校准记录

证书编号：××××-××××

客户名称：客户地址：

器具名称：型号/规格：出厂编号：制造单位：

配套温度二次仪表信息：补偿导线：

校准地点：环境温度：℃相对湿度：%RH

校准依据：

标准器及配套设备：

1. 外观及功能检查结果：

2. 温度示值误差校准记录：

校准温度点：℃

单位：℃

读数顺序	测量标准示值	被校热电偶示值
1		
2		
3		
4		
平均值		
温度示值误差		
扩展不确定度（ $k=2$ ）		
备注：		

校准员：核验员：校准日期：年 月 日

以 下 空 白

共 × 页 第 × 页

附录 D

校准证书内页参考格式

证书编号：××××-××××

校 准 结 果

1. 外观及功能检查

2. 温度示值误差

校准温度点/℃	温度示值误差/℃	扩展不确定度/℃（ <i>k</i> =2）

备注：

以 下 空 白

共 × 页 第 × 页

附录 E

加热管型热电偶校准前的布置方法

E.1 一体化校准装置

校准加热管型热电偶时，需将铜—铜镍热电偶、隔热材料和夹具加工集成在一起，与高精度测温仪形成一体化校准装置（以下简称装置），方便现场操作。

E.2 校准前的布置方法

高精度测温仪放置在校准环境中开机预热 15min 以上。

将导热材料均匀涂抹在被校热电偶测量端处，被校热电偶测量端沿加热管轴线方向，延伸至管口处做位置标记。

如图 E1 所示，将装置夹在加热管外，围绕加热管轴心旋转装置，使装置的标记与加热管标记对齐，此时标准测量端和被校热电偶测量端沿轴向对齐。上、下移动装置，使两者径向对齐。调节棘轮夹紧加热管，确保整个校准过程各部件相对位置不发生位移。加热管内部插入隔热材料，最后将测量标准的参考端连接至高精度测温仪。

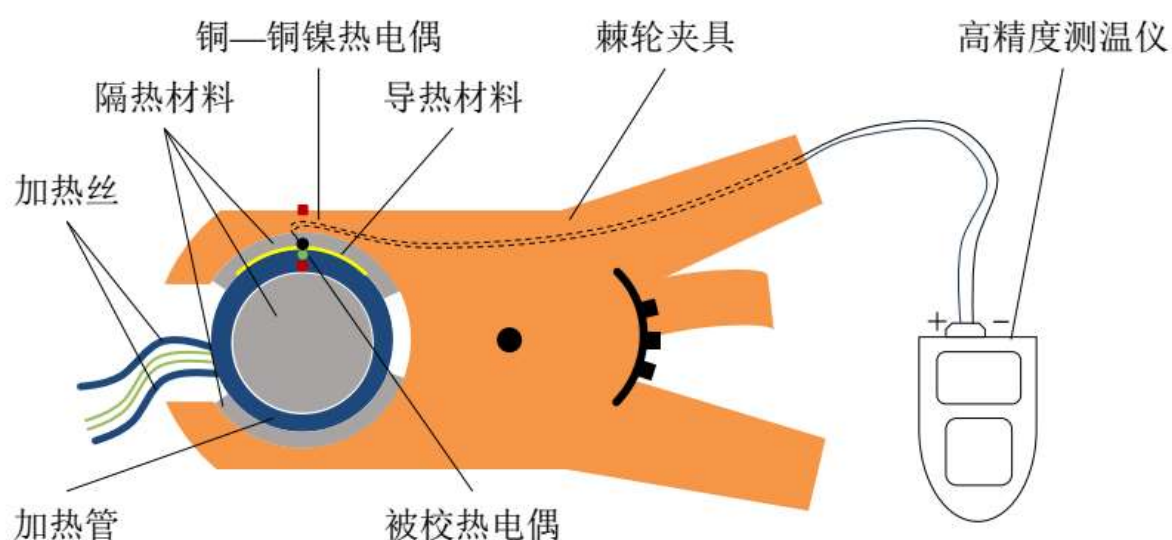


图 E1 加热管型热电偶布置俯视示意图

附录 F

廉金属热电偶温度示值误差测量不确定度评定示例

F.1 概述

F.1.1 被校对象

1 级镍铬-镍硅热电偶（K 型）；配套温度二次仪表 0.2 级，分辨力 0.1℃。

F.1.2 测量标准

铜-铜镍热电偶，型号/规格：T 型/ L = 750mm* φ 0.08mm；测量范围：（50～200）℃；其修正值的扩展不确定度：U = 0.16℃（k = 2）。

智能参考测温仪，型号：ConST 602，显示分辨力：0.001℃；准确度：±5ppmFS/℃，0℃内冷端补偿符合：±0.15℃（环境温度-10℃～50℃），具有修正值功能，测量时带修正值使用。

F.1.3 测量方法

校准温度点：50℃、100℃、150℃和 200℃。校准方法依据本规范执行，详情见 7.3。

不确定度的分析评定以校准温度点 200℃为例。

F.1.4 环境条件

环境温度：25.0℃；环境湿度：35%RH。

F.2 测量模型

F.2.1 温度示值误差公式

$$\Delta t_{\text{被}} = \bar{t}_{\text{被}} - \bar{t}_{\text{标}} \quad (\text{F.1})$$

式中：

$\Delta t_{\text{被}}$ —— 被校热电偶和温度二次仪表的温度示值误差，℃；

$\bar{t}_{\text{被}}$ —— 被校热电偶示值的算数平均值，℃；

$\bar{t}_{\text{标}}$ —— 测量标准示值的算数平均值（包括测量标准在该温度点的修正值），℃。

F.2.2 不确定度传播公式

温度示值误差的测量不确定度传播模型为：

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(\bar{t}_{\text{被}}) - c_2^2 u^2(\bar{t}_{\text{标}}) \quad (\text{F.2})$$

其中，灵敏系数：

$$c_1 = 1;$$

$$c_2 = -1。$$

F.3 标准不确定度评定

F.3.1 标准不确定度来源

根据测量模型可知，输入量包括： $\bar{t}_{\text{被}}$ 和 $\bar{t}_{\text{标}}$ 。经分析，两者的不确定度来源有：由被校对象测量重复性引入；由热电偶测量端温差引入；由读数时温度变化引入；由被校对象仪表示值误差引入；由测量标准修正值引入；由测量标准仪表示值误差引入；由测量标准仪表环境温度补偿引入。

F.3.2 标准不确定度分量

F.3.2.1 被校对象测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

采用 A 类方法进行评定。在 200℃校准温度点重复测量 10 次，每次测量由 4 次读数的计算得出，采用贝塞尔公式法进行计算实验标准偏差 s ：

$$u_1 = s/\sqrt{4} = 0.05^\circ\text{C}。$$

F.3.2.2 热电偶测量端温差引入的标准不确定度分量 u_2

采用 B 类方法进行评定。根据实验可知，被校热电偶和标准的测量端温差最大不超过 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，取区间半宽为 $a = 0.2^\circ\text{C}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准不确定度分量为：

$$u_2 = 0.2/\sqrt{3} = 0.12^\circ\text{C}。$$

F.3.2.3 读数时温度变化引入的标准不确定度分量 u_3

采用 B 类方法进行评定。由经验可知，读数时温度变化一般不会超过 $0.3^\circ\text{C}/\text{min}$ ，取区间半宽为 $a = 0.3^\circ\text{C}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准不确定度分量为：

$$u_3 = 0.3/\sqrt{3} = 0.17^\circ\text{C}。$$

F.3.2.4 被校对象仪表示值误差引入的标准不确定度分量 u_4

采用 B 类方法进行评定。已知被校的温度二次仪表为 0.2 级，其在 200℃的最大允许误差为 $\pm 0.4^\circ\text{C}$ 。取区间半宽为 $a = 0.4^\circ\text{C}$ ，按均匀分布考虑，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准不确定度分量为：

$$u_4 = 0.4/\sqrt{3} = 0.23^\circ\text{C}。$$

F.3.2.5 测量标准修正值引入的标准不确定度分量 u_5

采用 B 类方法进行评定。根据测量标准的证书可知，其修正值的扩展不确定度： $U =$

0.16°C ($k = 2$)。则标准不确定度分量为:

$$u_5 = U/k = 0.16/2 = 0.08^\circ\text{C}。$$

F.3.2.6 由测量标准仪表示值误差引入的标准不确定度分量 u_6

采用 B 类方法进行评定。根据 ConST 602 型智能参考测温仪的说明书可知, 其准确度: $\pm 5\text{ppmFS}/^\circ\text{C}$, 在 200°C 的示值误差符合: $\pm 0.002^\circ\text{C}$ 。取区间半宽为 $a = 0.002^\circ\text{C}$, 按均匀分布考虑, 包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准不确定度分量为:

$$u_6 = 0.002/\sqrt{3} = 0.001^\circ\text{C}。$$

F.3.2.7 由测量标准仪表环境温度补偿引入的标准不确定度分量 u_7

采用 B 类方法进行评定。根据 ConST 602 型智能参考测温仪的说明书可知, 其内冷端补偿符合: $\pm 0.15^\circ\text{C}$ (环境温度 $-10^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$)。取区间半宽为 $a = 0.15^\circ\text{C}$, 按均匀分布考虑, 包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则标准不确定度分量为:

$$u_7 = 0.15/\sqrt{3} = 0.09^\circ\text{C}。$$

F.4 合成标准不确定度计算

由于各输入量之间相互独立, 则合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2} = 0.34^\circ\text{C}。$$

F.5 扩展不确定度计算

$$\begin{aligned} U &= k \cdot u_c \\ &= 0.7^\circ\text{C}, \quad k = 2。 \end{aligned}$$

附录 G

热电偶原位校准方法的验证规则

G.1 概述

热电偶原位校准方法的校准对象型号规格各异，应对不同情况，需研究定制化的热电偶原位校准方法。采用传递比较法，验证热电偶原位校准方法及其使用的测量标准和配套设备在技术上的可靠性。实验室离线校准法作为参考，其使用的测量标准的准确度等级至少高于原位校准法一级。

G.2 验证方法

挑选一稳定的被校对象，被校对象包含被校热电偶和温度二次仪表。

使用原位校准法，校准其温度示值误差，作为实验值，记为 y_{exp} ；实验值的扩展不确定度，记为 U_{exp} 。

使用实验室离线校准法，校准其温度示值误差，作为参考值，记为 y_{ref} ；参考值的扩展不确定度，记为 U_{ref} 。

两种校准法的扩展不确定度为 U_{95} 或取 $k=2$ 时的 U ，两者的关系应满足式 G-1。

$$U_{\text{ref}} \leq U_{\text{exp}}/3 \quad (\text{G-1})$$

G.3 判定规则

根据式 G-2 判定原位校准法的可靠性。

$$|y_{\text{exp}} - y_{\text{ref}}| \leq U_{\text{exp}} \quad (\text{G-2})$$

满足式 G-2，说明使用被验证的原位校准法，应用在该型号规格的被校热电偶及温度二次仪表上可靠。

不满足式 G-2，则为不可靠。

