



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 75—2022

标准铂铑 10-铂热电偶

Standard Platinum-10%Rhodium/Platinum Thermocouples

2022-12-27 发布

2023-06-27 实施

国家市场监督管理总局 发布

标准铂铑 10-铂热电偶检定规程

Verification Regulation of Standard

Platinum-10%Rhodium/Platinum Thermocouples

JJG 75—2022
代替 JJG 75—1995

归口单位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：北京市计量检测科学研究院

湖北省计量测试技术研究院

新疆维吾尔自治区计量测试研究院

昆明大方自动控制科技有限公司

福禄克测试仪器（上海）有限公司

本规程委托全国温度计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

郑 玮（中国计量科学研究院）

参加起草人：

汤 磊（中国计量科学研究院）

张曦雯（北京市计量检测科学研究院）

罗小萍（湖北省计量测试技术研究院）

薛文艳（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

李福洪（昆明大方自动控制科技有限公司）

陈 宇 [福禄克测试仪器（上海）有限公司]

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(2)
4.1 热电特性	(2)
4.2 稳定性	(2)
5 通用技术要求	(2)
5.1 电极	(3)
5.2 标识	(3)
5.3 结构	(3)
6 计量器具控制	(3)
6.1 检定条件	(3)
6.2 检定项目	(5)
6.3 检定方法	(5)
6.4 检定结果的处理	(8)
6.5 检定周期	(9)
附录 A (0~1 085)℃温区标准铂铑 10-铂热电偶热电动势-温度计算方法	(10)
附录 B 铂铑 10-铂热电偶热电动势-温度参考函数	(11)
附录 C 检定记录格式	(14)
附录 D 检定证书/检定结果通知书内页格式	(17)
附录 E 固定套管式标准铂铑 10-铂热电偶检定的特殊要求	(18)
附录 F 检定结果计算示例	(19)
附录 G 标准铂铑 10-铂热电偶附加清洁方法	(20)
附录 H 测量不确定度评定示例	(21)

引 言

JJF 1002《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规程制修订的基础性系列规范。

与 JJG 75—1995 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 增加了引言部分；
- 将规程的适用范围下限延至 0℃；
- 增加对标准热电偶结构的描述；
- 对热电偶的热电动势的要求进行了调整；
- 删除了制作热电偶的操作部分；
- 调整了部分检定操作方法；
- 删除了微差法测量；
- 增加了固定套管结构标准铂铑 10-铂热电偶的内容。

JJG 75—1995 的历次版本发布情况为：

- JJG 75—1982；
- 规（G）热-5—1965。

标准铂铑 10-铂热电偶检定规程

1 范围

本规程适用于 $(0\sim1\,084.62)^{\circ}\text{C}$ 一等、二等标准铂铑 10-铂热电偶的首次检定和后续检定。

2 引用文件

JJF 1007—2007 温度计量名词术语及定义

GB/T 1598—2010 铂铑 10-铂热电偶丝、铂铑 13-铂热电偶丝、铂铑 30-铂铑 6 热电偶丝

GB/T 16839. 1 热电偶 第 1 部分：电动势规范和允差

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

3 概述

热电偶是利用赛贝克效应（Seebeck Effect）来进行温度测量的。铂铑 10-铂热电偶是热电偶系列中准确度较高，物理、化学性能良好的温度计。

铂铑 10-铂热电偶其正极（SP）为含铑 10% 的铂铑合金，负极（SN）为纯铂。标准铂铑 10-铂热电偶主要用于温度量值传递，也可在更宽的范围内用于精密测温。

标准铂铑 10-铂热电偶基本结构如图 1 所示。电极和双孔陶瓷管（氧化铝含量不低于 95%）构成标准铂铑 10-铂热电偶最基本结构。双孔陶瓷管外径为 ϕ (3~4) mm，孔径为 ϕ (0.8~1.0) mm，长度为 (500~550) mm，外观干净不允许断裂。通常会在标准铂铑 10-铂热电偶裸露的电极部分套上一段塑料绝缘管，使用中应该保持这种结构，以避免电极短路和受外界污染。

一部分标准铂铑 10-铂热电偶在基本结构的基础上加装了可拆卸的陶瓷外保护套管、封装了参考端以及引出了测量线，结构如图 2 所示。其主要用于廉金属热电偶及铠装热电偶的校准或直接温度测量。此类热电偶在检定前需拆除陶瓷外保护套管。其他特殊要求见附录 E。

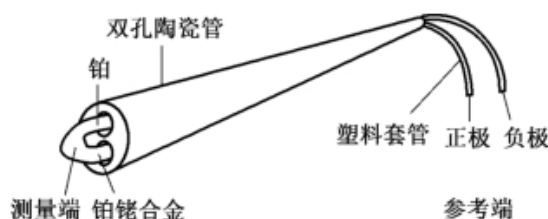


图 1 标准铂铑 10-铂热电偶基本结构示意图

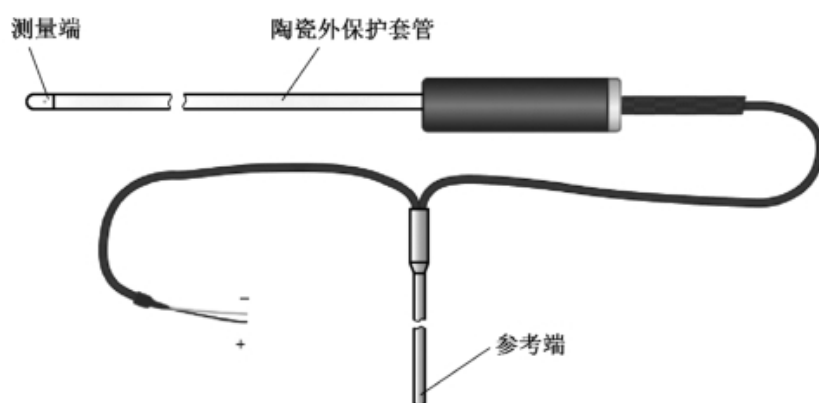


图2 固定套管式标准铂铑10-铂热电偶示意图

标准铂铑10-铂热电偶平时应在无污染、不受机械应力的条件下保存。

标准铂铑10-铂热电偶（以下简称热电偶）按照准确度等级从高到低依次为工作基准、一等、二等。其检定结果的测量结果的不确定度通常分别为 $U = (0.14 \sim 0.24) ^\circ\text{C}$ ， $U = (0.4 \sim 0.5) ^\circ\text{C}$ 和 $U = (0.6 \sim 0.7) ^\circ\text{C}$ ，扩展因子 k 均为2。

4 计量性能要求

4.1 热电特性

热电偶在铜点（1 084.62 °C）、铝点（660.323 °C）和锌点（419.527 °C）的热电势的测量值 $E(t_{\text{Cu}})$ 、 $E(t_{\text{Al}})$ 和 $E(t_{\text{Zn}})$ ，应满足下式要求：

$$|E(t_{\text{Cu}}) - 10.5748 \text{ mV}| \leq 0.0150 \text{ mV} \quad (1)$$

$$|E(t_{\text{Al}}) - 5.8601 \text{ mV} - 0.37 \times [E(t_{\text{Cu}}) - 10.5748 \text{ mV}]| \leq 0.0050 \text{ mV} \quad (2)$$

$$|E(t_{\text{Zn}}) - 3.4469 \text{ mV} - 0.11 \times [E(t_{\text{Cu}}) - 10.5748 \text{ mV}]| \leq 0.0040 \text{ mV} \quad (3)$$

4.2 稳定性

热电偶热电特性的保持能力，以其在铜点热电动势变化量来表示。

首次检定中，热电偶在1 100 °C进行炉内退火4 h，退火前后热电偶铜点热电动势值差值的绝对值，应不超过表1规定的数值。

后续检定中，热电偶本次测量结果铜点热电动势值与上一周期证书中铜点热电动势值的差值的绝对值，应不超过表1规定的数值。

表1 稳定性要求

原等级	首次检定 $\Delta E_{\text{铜}}/\mu\text{V}$	后续检定 $\Delta E_{\text{铜}}/\mu\text{V}$
一等	≤ 3.0	≤ 5.0
二等	≤ 5.0	≤ 10.0

5 通用技术要求

对热电偶的外观进行检查。

5.1 电极

首次检定中，热电偶电极的线径应均匀，表面平滑、光洁，测量端焊接点应圆滑、端正、光亮、呈球状。后续检定中热电偶允许电极稍有弯曲，表面略有暗色，电极上无焊点、裂痕及明显缩径。

首次检定热电偶的电极直径为 $0.5_{-0.015}$ mm，长度不小于 1 000 mm，测量端直径为 (1.1~1.3) mm。后续检定热电偶的正、负电极长度均不小于 900 mm。

5.2 标识

热电偶应带有编号的标签。

首次检定，热电偶应该有合格证或证书。

进行后续检定，热电偶应附带上一周期检定证书。

5.3 结构

热电偶结构应基本完整。

6 计量器具控制

6.1 检定条件

6.1.1 环境条件

电测设备所在环境应符合相应的技术要求。通常环境温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

实验室其他环境温度为 $(15 \sim 35)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 15%~85%。

热电偶清洗过程中应有良好的通风。

6.1.2 计量标准

热电偶检定通常使用具有更高准确度等级的热电偶作为标准器。表 2 给出根据被检热电偶等级应选取的标准器的准确度等级和数量。

表 2 标准器

被检热电偶 等级	标准器	
	等级	数量/支
一等	工作基准热电偶	3
二等	一等或工作基准热电偶	2

注：通常需要准备一支高一等级或同等级标准热电偶作为监督性校验使用。

经常使用的标准器，应根据使用情况进行必要的监督性校验。一般 6 个月至少进行一次。监督性校验以高一等级或不经常使用的同等级热电偶作为标准器。

6.1.3 配套设备

电测仪表及配套设备见表 3。

表3 电测仪表及配套设备

序号	仪器设备名称	技术要求	用途	备注
1	热电动势测量仪表	低电势直流电位差计的准确度等级不低于0.01级，步进值为 $0.1\ \mu\text{V}$ 。如使用直流数字电压表，其应具备100 mV或更低的量程；其分辨力不低于 $0.01\ \mu\text{V}$ ，在检定点附近示值误差不超过 $\pm 1.5\ \mu\text{V}$	测量热电动势	数字纳伏表在测量中具有更好的性能
2	转换开关	杂散热电动势 $\leq 0.4\ \mu\text{V}$	用于多通道低电势测量	——
3	检定炉	炉体长约600 mm，炉管内径约(16~20) mm。检定时， $\pm 20\ \text{mm}$ 长等温区位于炉中心，等温区内温度梯度 $\leq 0.4\ \text{℃/cm}$	在检定点温度产生等温环境，保证热电偶测量端等温	炉管内径大于20 mm的检定炉，可在炉内加装一支同轴清洁瓷管
4	退火炉	工作温度为 $1\ 100\ \text{℃}$ 。应具有温度为 $(1\ 100\pm 20)\ \text{℃}$ 的均匀温场，温场的长度不小于400 mm，温场的一端距炉口不大于100 mm	热电偶炉内退火	——
5	通电退火装置	热电极通电退火应在一个封闭环境中进行。配备的交流电流表范围为(0~20) A，其准确度等级不低于0.5级	热电偶电极通电退火	如交流电压波动超过 $\pm 5\%$ ，应配备精密交流稳压器
6	冰点恒温器	恒温器插孔深度相同且不低于150 mm，玻璃管内径不大于6 mm，所有热电偶的参考端和测量导线的接点间相互温差 $\leq 0.05\ \text{℃}$	保持热电偶参考端温度相等。恒温器温度为 $0\ \text{℃}$	通常使用杜瓦瓶内装入冰水混合物来制作。也可以使用符合要求的电子冰点恒温器
7	外径千分尺、金属直尺	量程分别为25 mm和1 000 mm，分度值分别为0.001 mm和1 mm	测量热电偶丝直径和长度以及热电偶装炉尺寸	——
8	专用工作台	一般长度不小于1.5 m，宽度不小于0.7 m。玻璃或易于清洁的工作台面	对热电偶进行操作，保持热电极清洁	足够的空间用于对热电偶进行操作，减少对热电偶电极的机械弯折

6.1.4 其他材料

直径为 ϕ (0.2~0.3) mm 细铂丝、双孔陶瓷管、蒸馏水、无水乙醇等。

6.2 检定项目

热电偶首次检定、后续检定的检定项目见表 4。

表 4 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定
外观	+	+
热电特性	+	+
稳定性	+	+

注：表中“+”表示需检定。

6.3 检定方法

检定按照 6.2 中表 4 规定的项目进行。

6.3.1 外观

对被检热电偶的热电极外观、标识和结构进行检查，各项应符合 5.1、5.2、5.3 的要求。

6.3.2 清洁和退火

清洁和退火工作按照表 5 中的内容顺序进行。

表 5 清洁和退火项目

顺序	工作内容	首次检定	后续检定
1	清洁	—	+
2	通电退火	—	+
3	炉内退火	+	+

注：表中“+”表示需检定，“—”表示不需检定。

6.3.2.1 清洁

进行清洁时，先对双孔陶瓷管按正、负极对孔进行标记，再去掉热电偶上的塑料管，然后将热电偶电极顺直后从双孔陶瓷管中全部抽出，用无水乙醇擦拭正、负电极进行清洁。

如热电偶双孔陶瓷管外观有明显的污染或热电偶电极变色均须采取附加方式清洁。附加方式请见附录 G。

6.3.2.2 通电退火

将清洁过的热电偶电极挂在通电退火装置中，通入 10.5 A 电流，使其在约 1 100 °C 下退火 1 h。退火时两电极夹角应尽量小。

退火后将热电偶电极按照正、负标记重新穿入双孔陶瓷管。

6.3.2.3 炉内退火

将热电偶插入退火炉中，使其从测量端起不小于 400 mm 长的一段处在 (1 100 ± 20) °C 的温场中退火 2 h。退火后，热电偶随炉冷却至 200 °C 以下取出。

6.3.3 捆扎和装炉

将标准器和被检热电偶用铂丝捆扎成一束。总数不超过 5 支。

用细铂丝把热电偶的测量端捆扎在一起，各测量端应处于同一平面且相互间接触良好。测量端之外的电极不应互相接触。

捆扎好的热电偶束同轴地置于检定炉内，测量端置于炉中心。

6.3.4 参考端和测量导线连接

热电偶的参考端连接测量导线后，一同插入冰点恒温器至玻璃管底部。

测量导线选用同轴上截取的单芯纯铜导线。测量导线应绞接或采取屏蔽措施以避免空间电磁场干扰。接线前应去除测量导线上的氧化层，以避免测量回路中杂散电势的影响。

接线图参照图 3 和图 4。

6.3.5 热电特性

在检定点温度下测量标准和被检热电偶的热电动势，计算后得到被检热电偶的热电特性。检定一等热电偶时同时使用两支工作基准热电偶作为标准器；检定二等热电偶时使用一支一等热电偶作为标准器。

热电动势测量方法可以使用双极法或同名极法。

6.3.5.1 检定点

检定在锌（419.527 °C）、铝（660.323 °C）和铜（1 084.62 °C）三个固定点温度附近进行。温度偏离固定点温度不超过 ± 5 °C。

测量过程从低温点向高温点逐点进行。

6.3.5.2 双极法

测量原理如图 3 所示。将炉温升到预定的检定点，恒温至热电偶的测量端达到热平衡，当观测到热电偶变化小于 0.1 °C/min 时，控制转换开关切换测量通道，按顺序分别记录标准器与被检热电偶的热电动势。记录内容参考附录 C。

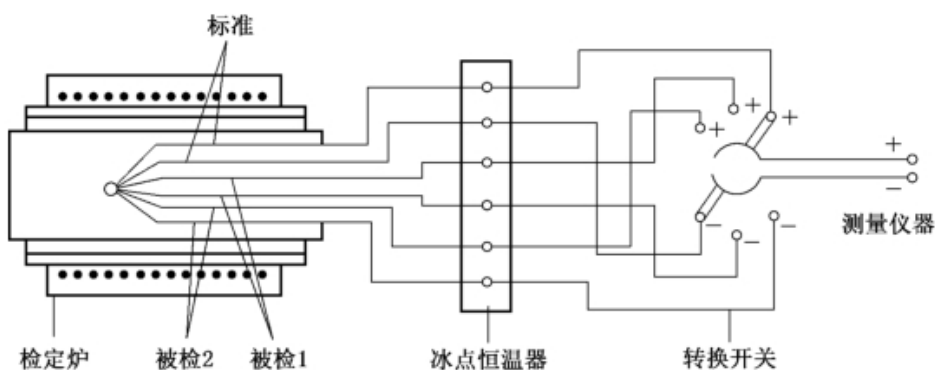


图 3 双极法测量原理图

测量一等热电偶时，读数顺序如下：

标准 1 → 被检 1 → 被检 2 → 被检 3 → 标准 2



标准 1 ← 被检 1 ← 被检 2 ← 被检 3 ← 标准 2

测量二等热电偶时，读数顺序如下：

标准→被检 1→被检 2→被检 3→被检 4



标准←被检 1←被检 2←被检 3←被检 4

每支热电偶的读数不少于 4 次。

6.3.5.3 同名极法

测量原理如图 4 所示。被检热电偶的电极接测量仪器的“+”端子，标准器的电极接测量仪器的“-”端子。当检定炉温度到达设定点后，即可开始对标准器与被检热电偶正电极和负电极的差值热电动势进行记录。在整个测量过程中，炉温变化不大于 5℃，测量每组电极的热电动势不少于两次。记录内容参考附录 C。

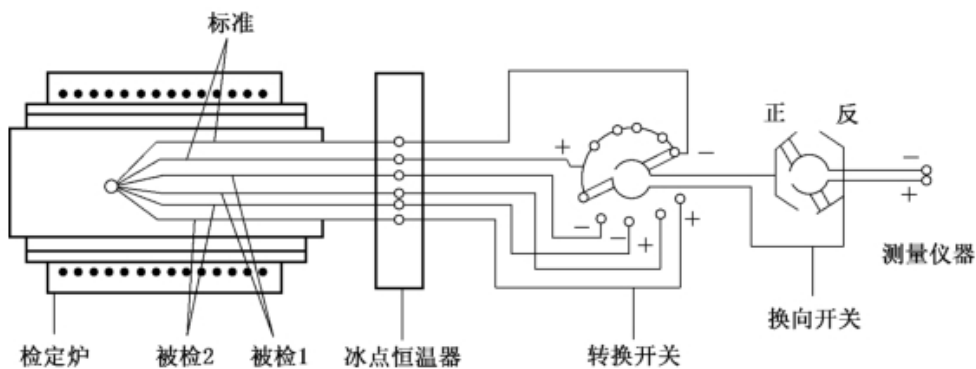


图 4 同名极法测量原理图

6.3.5.4 重复测量

每支被检热电偶至少测量两次。第一次测量后，将热电偶从炉内取出，解开捆扎，再按照 6.3.3 和 6.3.4 重新捆扎、装炉和连接测量线，进行第二次测量。

6.3.5.5 测量一致性要求

a) 单次测量一致性要求。仅针对一等热电偶检定。

被检热电偶用第一支标准器计算得到的热电动势为 $E_{\text{被}1}(t)$ ，用第二支标准器计算得到的热电动势为 $E_{\text{被}2}(t)$ ，当二者差值不大于 $3\ \mu\text{V}$ 时测量有效，取它们的平均值作为一次分度结果。

b) 两次测量一致性要求。

当一等和二等热电偶在各检定点上两次测量结果的差值满足表 6 的要求时，测量有效。取两次测量结果的平均值作为最终测量结果。

表 6 两次测量结果的最大允许差值

检定点	一等/ μV	二等/ μV
锌固定点	3.0	4.0
铝固定点		
铜固定点		

6.3.5.6 计算

被检热电偶在固定点 $t(^{\circ}\text{C})$ 上的热电动势 $E_{\text{被}}(t)$ 采用下式进行计算：

$$E_{\text{被}}(t) = E_{\text{标证}}(t) + \Delta e(t) \quad (4)$$

式中:

$E_{\text{标证}}(t)$ ——标准器证书给出的固定点上的热电动势, mV;

$\Delta e(t)$ ——检定点测得的被检热电偶与标准器热电动势的差值, mV。

双极法测量时:

$$\Delta e(t) = \overline{E}_{\text{被}}(t) - \overline{E}_{\text{标}}(t) \quad (5)$$

式中:

$\overline{E}_{\text{被}}(t)$ ——被检热电偶的热电动势的平均值, mV;

$\overline{E}_{\text{标}}(t)$ ——标准器的热电动势的平均值, mV。

同名极法测量时:

$$\Delta e(t) = [\overline{e}_{\text{P}}(t) - \overline{e}_{\text{N}}(t)]/1\,000 \quad (6)$$

式中:

$\overline{e}_{\text{P}}(t)$ ——被检热电偶正极与标准器正极所产生的热电动势的平均值, μV ;

$\overline{e}_{\text{N}}(t)$ ——被检热电偶负极与标准器负极所产生的热电动势的平均值, μV 。

计算过程热电动势数据保持精度到 $0.1\ \mu\text{V}$ 。

计算示例见附录 F。

将被检热电偶的热电特性测量结果带入式 (1)、式 (2) 和式 (3), 三个等式均应成立。

6.3.6 稳定性

对于首次检定的热电偶, 在完成炉内 $1\,100\ \text{°C}$ 4 h 首次退火后, 测量被检热电偶铜点热电动势 $E_1(t_{\text{Cu}})$ (mV)。再次在 $1\,100\ \text{°C}$ 进行炉内退火 4 h, 并测量被检热电偶热电动势 $E_2(t_{\text{Cu}})$ (mV), 根据下式计算得到被检热电偶的稳定性 $\Delta E_{\text{稳}}(\mu\text{V})$ 。

$$\Delta E_{\text{稳}} = |E_1(t_{\text{Cu}}) - E_2(t_{\text{Cu}})| \times 1\,000 \quad (7)$$

对于后续检定的热电偶, 本次测量结果铜点热电动势值 $E_{\text{被}}(t_{\text{Cu}})$ (mV) 与上一周期证书中铜点热电动势值 $E_{\text{被证}}(t_{\text{Cu}})$ (mV) 的差值的绝对值作为热电偶的稳定性。

$$\Delta E_{\text{稳}} = |E_{\text{被}}(t_{\text{Cu}}) - E_{\text{被证}}(t_{\text{Cu}})| \times 1\,000 \quad (8)$$

根据热电偶上周期证书和合格证等级, 按照表 1 对稳定性进行判定, 当稳定性 $\Delta E_{\text{稳}}$ 不大于表 1 规定时, 热电偶保持原等级。如一等热电偶稳定性不满足一等要求但满足二等要求, 降为二等热电偶使用。超过稳定性要求则判定此项不合格。

6.4 检定结果的处理

被检热电偶均满足表 4 中检定项目指标要求的可出具检定证书。任意一项不符合, 则判定热电偶不合格, 不能作为标准器具使用, 出具检定结果通知书, 并在证书上写明不符合项。

检定证书中, 给出热电偶的等级以及三个检定点的热电动势数据。一等热电偶检定证书中热电动势的有效数字保留到小数点后 4 位, 二等热电偶保留到小数点后 3 位。

检定证书格式参照附录 D。

客户如需进行检定点外其他温度点的热电动势计算，请参照附录 A 提供的计算方法。

6.5 检定周期

热电偶的检定周期不超过 1 年。

附录 A

(0~1 085)℃温区标准铂铑 10-铂热电偶热电动势-温度计算方法

标准热电偶用比较法在三个固定点检定后,借助铂铑 10-铂型热电偶参考函数表和一个差值函数,可以计算出(0~1 085)℃温区内标准热电偶的热电动势 $E(t)$ 和温度 t 之间的关系,见公式(A.1)。

$$E(t) = E_r(t) + \Delta E_r(t) \quad (\text{A. 1})$$

式中, $E_r(t)$ 是S型热电偶参考函数表中温度为 t 时的热电动势; $\Delta E_r(t)$ 是标准热电偶的热电动势 $E(t)$ 和铂铑 10-铂热电偶参考函数表中的热电动势 $E_r(t)$ 的差值。

为了计算方便先求出热电偶在三个固定点锌(419.527℃),铝(660.323℃)和铜(1 084.62℃)点的热电动势 $E(t_{\text{Zn}})$ 、 $E(t_{\text{Al}})$ 和 $E(t_{\text{Cu}})$ 与参考函数表的差值 $\Delta E_r(t_{\text{Zn}})$ 、 $\Delta E_r(t_{\text{Al}})$ 和 $\Delta E_r(t_{\text{Cu}})$

$$\Delta E_r(t_{\text{Zn}}) = E(t_{\text{Zn}}) - 3.446\ 8\ \text{mV} \quad (\text{A. 2})$$

$$\Delta E_r(t_{\text{Al}}) = E(t_{\text{Al}}) - 5.860\ 1\ \text{mV} \quad (\text{A. 3})$$

$$\Delta E_r(t_{\text{Cu}}) = E(t_{\text{Cu}}) - 10.574\ 8\ \text{mV} \quad (\text{A. 4})$$

上式中热电动势单位均为mV。

对于(0~419.527)℃范围内的计算

$$\Delta E_r(t) = t \times \Delta E_r(t_{\text{Zn}}) / 419.527 \quad (\text{A. 5})$$

对于(419.527~1 085)℃范围内的温度

$$\Delta E_r(t) = a + b \times t + c \times t^2 \quad (\text{A. 6})$$

上式系数 a 、 b 、 c 由公式(A.7)、公式(A.8)、公式(A.9)计算得到。

$$a = 4.472\ 01 \cdot \Delta E_r(t_{\text{Zn}}) - 4.453\ 67 \Delta E_r(t_{\text{Al}}) + 0.981\ 667 \cdot \Delta E_r(t_{\text{Cu}}) \quad (\text{A. 7})$$

$$b = -0.010\ 895\ 6 \cdot \Delta E_r(t_{\text{Zn}}) + 0.014\ 722\ 1 \cdot \Delta E_r(t_{\text{Al}}) - 0.003\ 826\ 58 \cdot \Delta E_r(t_{\text{Cu}}) \quad (\text{A. 8})$$

$$c = 6.244\ 08 \times 10^{-6} \cdot \Delta E_r(t_{\text{Zn}}) - 9.787\ 70 \times 10^{-6} \cdot \Delta E_r(t_{\text{Al}}) + 3.543\ 62 \times 10^{-6} \cdot \Delta E_r(t_{\text{Cu}}) \quad (\text{A. 9})$$

以上计算作为参考方法,其计算方法带来的最大误差估计值为 $\pm 2\ \mu\text{V}$ 。

附录 B

铂铑 10-铂热电偶热电动势-温度参考函数

温度-热电动势关系用分度函数表示，即参考端温度为 0 °C 时 E ，表示为温度 t_{90} 的函数。

热电偶的分度函数见公式 (B.1)，以多项式表示：

$$E = \sum_{i=0}^n a_i \cdot (t_{90})^i \quad (\text{B.1})$$

式中：

E ——热电动势，mV；

n ——多项式阶数；

a_i ——多项式第 i 项的系数；

t_{90} ——ITS-90 温度，°C。

铂铑 10-铂热电偶热电动势-温度参考函数系数见表 B.1。

表 B.1 铂铑 10-铂热电偶热电动势-温度参考函数系数表

多项式系数	温度范围		
	-50 °C ~ 1 064.18 °C ($n=8$)	1 064.18 °C ~ 1 664.5 °C ($n=4$)	1 664.5 °C ~ 1 768.1 °C ($n=4$)
a_0	0.000 000 000 00×10 ⁰	1.329 004 440 85×10 ⁰	1.466 282 326 36×10 ²
a_1	5.403 133 086 31×10 ⁻³	3.345 093 113 44×10 ⁻³	-2.584 305 167 52×10 ⁻¹
a_2	1.259 342 897 40×10 ⁻⁵	6.548 051 928 18×10 ⁻⁶	1.636 935 746 41×10 ⁻⁴
a_3	-2.324 779 686 89×10 ⁻⁸	-1.648 562 592 09×10 ⁻⁹	-3.304 390 469 87×10 ⁻⁸
a_4	3.220 288 230 36×10 ⁻¹¹	1.299 896 051 74×10 ⁻¹⁴	-9.432 236 906 12×10 ⁻¹⁵
a_5	-3.314 651 963 89×10 ⁻¹⁴	——	——
a_6	2.557 442 517 86×10 ⁻¹⁷	——	——
a_7	-1.250 688 713 93×10 ⁻²⁰	——	——
a_8	2.714 431 761 45×10 ⁻²⁴	——	——

铂铑 10-铂热电偶温度-热电动势参考函数见表 B.2。

表 B.2 铂铑 10-铂热电偶温度-热电动势参考函数表

$t_{90}/\text{°C}$	E/mV									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0.000	0.055	0.113	0.173	0.235	0.299	0.365	0.433	0.502	0.573
100	0.646	0.720	0.795	0.872	0.950	1.029	1.110	1.191	1.273	1.357
200	1.441	1.526	1.612	1.698	1.786	1.874	1.962	2.052	2.141	2.232

表 B.2 (续)

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	E/mV									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
300	2.323	2.415	2.507	2.599	2.692	2.786	2.880	2.974	3.069	3.164
400	3.259	3.355	3.451	3.548	3.645	3.742	3.840	3.938	4.036	4.134
500	4.233	4.332	4.432	4.532	4.632	4.732	4.833	4.934	5.035	5.137
600	5.239	5.341	5.443	5.546	5.649	5.753	5.857	5.961	6.065	6.170
700	6.275	6.381	6.486	6.593	6.699	6.806	6.913	7.020	7.128	7.236
800	7.345	7.454	7.563	7.673	7.783	7.893	8.003	8.114	8.226	8.337
900	8.449	8.562	8.674	8.787	8.900	9.014	9.128	9.242	9.357	9.472
1 000	9.587	9.703	9.819	9.935	10.051	10.168	10.285	10.403	10.520	10.638
1 100	10.757	10.875	10.994	11.113	11.232	11.351	11.471	11.590	11.710	11.830
1 200	11.951	12.071	12.191	12.312	12.433	12.554	12.675	12.796	12.917	13.038
1 300	13.159	13.280	13.402	13.523	13.644	13.766	13.887	14.009	14.130	14.251
1 400	14.373	14.494	14.615	14.736	14.857	14.978	15.099	15.220	15.341	15.461
1 500	15.582	15.702	15.822	15.942	16.062	16.182	16.301	16.420	16.539	16.658
1 600	16.777	16.895	17.013	17.131	17.249	17.366	17.483	17.600	17.717	17.832
1 700	17.947	18.061	18.174	18.285	18.395	18.503	18.609			

铂铑 10-铂热电偶温度-热电动势率见表 B.3。

表 B.3 铂铑 10-铂热电偶温度-热电动势率表

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	$S/(\mu\text{V}/^{\circ}\text{C})$									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	5.42	5.66	5.89	6.11	6.32	6.51	6.70	6.87	7.04	7.20
100	7.35	7.49	7.62	7.75	7.87	7.98	8.09	8.19	8.29	8.38
200	8.46	8.55	8.63	8.70	8.77	8.84	8.90	8.97	9.02	9.08
300	9.13	9.19	9.24	9.28	9.33	9.37	9.41	9.46	9.49	9.53
400	9.57	9.61	9.64	9.68	9.71	9.74	9.78	9.81	9.84	9.87
500	9.90	9.93	9.96	9.99	10.02	10.06	10.09	10.12	10.15	10.18
600	10.21	10.24	10.27	10.30	10.33	10.37	10.40	10.43	10.46	10.50
700	10.53	10.56	10.60	10.63	10.66	10.70	10.73	10.77	10.80	10.84
800	10.87	10.91	10.94	10.98	11.01	11.04	11.08	11.11	11.15	11.18
900	11.22	11.25	11.28	11.32	11.35	11.38	11.41	11.45	11.48	11.51

表 B.3 (续)

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	$S/(\mu\text{V}/^{\circ}\text{C})$									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 000	11.54	11.57	11.60	11.64	11.67	11.70	11.73	11.76	11.80	11.81
1 100	11.84	11.86	11.88	11.90	11.93	11.94	11.96	11.98	12.00	12.01
1 200	12.03	12.04	12.06	12.07	12.08	12.09	12.10	12.11	12.11	12.12
1 300	12.13	12.13	12.13	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.13
1 400	12.13	12.12	12.12	12.11	12.10	12.09	12.08	12.07	12.06	12.05
1 500	12.04	12.02	12.01	11.99	11.97	11.95	11.94	11.92	11.89	11.87
1 600	11.85	11.83	11.80	11.78	11.75	11.70	11.69	11.66	11.61	11.54
1 700	11.45	11.34	11.21	11.05	10.88	10.69	10.48			

附录 C

检定记录格式

C.1 检定结果整理表参考格式

原始记录编号：

技术依据：JJG 75—2022《标准铂铑 10-铂热电偶》													
计量标准装置名称：													
标准器及配套设备			仪器名称				规格型号			出厂编号			
标准器 1													
标准器 2													
热电动势测量仪表													
检定地点：						环境温度/℃：			环境相对湿度/%：				
单位名称													
型号规格													
出厂编号													
等 级													
生产厂													
外 观													
尺 寸													
$E_{\text{被证}}$ (t_{C_0}) /mV													
热电动势		锌	铝	铜	锌	铝	铜	锌	铝	铜	锌	铝	铜
第一次/mV													
第二次/mV													
两次差值/ μ V													
平均值/mV													
检定结果/mV													
热电特性													
稳定性													
等级判定													
证书编号													

检定员：

复核员：

日期：

第 页 共 页

C.2 双极法原始记录参考格式

原始记录编号：

项 目	标准 1	被检 1	被检 2	被检 3	被检 4	标准 2	备注：
单位名称							未注明单位：mV
编 号							环境温度/℃：
等 级							环境相对湿度/%：
419.527 ℃ (锌凝固点)	第一次						$E_{\text{标1证}}$ ：
	第二次						$E_{\text{标2证}}$ ：
	第三次						炉温偏差/℃：
	第四次						炉温变化/℃：
	平均值						$E_{\text{被1}} - E_{\text{被2}}/\mu\text{V}$ ：
	差 值						
	$E_{\text{被}}$	——					——
660.323 ℃ (铝凝固点)	第一次						$E_{\text{标1证}}$ ：
	第二次						$E_{\text{标2证}}$ ：
	第三次						炉温偏差/℃：
	第四次						炉温变化/℃：
	平均值						$E_{\text{被1}} - E_{\text{被2}}/\mu\text{V}$ ：
	差值						
	$E_{\text{被}}$	——					——
1 084.62 ℃ (铜凝固点)	第一次						$E_{\text{标1证}}$ ：
	第二次						$E_{\text{标2证}}$ ：
	第三次						炉温偏差/℃：
	第四次						炉温变化/℃：
	平均值						$E_{\text{被1}} - E_{\text{被2}}/\mu\text{V}$
	差值						
	$E_{\text{被}}$	——					——

检定员：

复核员：

日期：

第 页 共 页

C.3 同名极法原始记录参考格式

原始记录编号：

项 目		被 检 1				被 检 2				备 注：	
单位名称										未注明单位： μV	
编 号										环境温度/ $^{\circ}\text{C}$ ：	
等 级										环境相对湿度/ $\%$ ：	
检 定 点		e_{P1}	e_{N1}	e_{P2}	e_{N2}	e_{P1}	e_{N1}	e_{P2}	e_{N2}	——	
419.527 $^{\circ}\text{C}$ (锌凝固点)	第一次									标准 1 编号：	
	第二次									标准 2 编号：	
	第三次									$E_{\text{标1证}}/\text{mV}$ ：	
	第四次									$E_{\text{标2证}}/\text{mV}$ ：	
	平均值									炉温偏差/ $^{\circ}\text{C}$ ：	
	$\bar{e}_P - \bar{e}_N$									炉温变化/ $^{\circ}\text{C}$ ：	
	$E_{\text{被1}} - E_{\text{被2}}$									——	
	$E_{\text{被}}/\text{mV}$									——	
660.323 $^{\circ}\text{C}$ (铝凝固点)	第一次									$E_{\text{标1证}}/\text{mV}$ ：	
	第二次									$E_{\text{标2证}}/\text{mV}$ ：	
	第三次									炉温偏差/ $^{\circ}\text{C}$ ：	
	第四次									炉温变化/ $^{\circ}\text{C}$ ：	
	平均值									——	
	$\bar{e}_P - \bar{e}_N$									——	
	$E_{\text{被1}} - E_{\text{被2}}$									——	
	$E_{\text{被}}/\text{mV}$									——	
1 084.62 $^{\circ}\text{C}$ (铜凝固点)	第一次									$E_{\text{标1证}}/\text{mV}$ ：	
	第二次									$E_{\text{标2证}}/\text{mV}$ ：	
	第三次									炉温偏差/ $^{\circ}\text{C}$ ：	
	第四次									炉温变化/ $^{\circ}\text{C}$ ：	
	平均值									——	
	$\bar{e}_P - \bar{e}_N$									——	
	$E_{\text{被1}} - E_{\text{被2}}$									——	
	$E_{\text{被}}/\text{mV}$									——	

检定员：

复核员：

日期：

第 页 共 页

附录 D

检定证书/检定结果通知书内页格式

D.1 检定证书结果页实例

证书编号××××××-××××	
$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	E/mV
<hr/>	
419.527	
660.323	
1 084.62	
<p>热电偶参考端温度为 0 °C 下次检定时请携带此证书 以下空白</p>	
第×页 共×页	

D.2 检定结果通知书内页格式示例

证书编号××××××-××××	
$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	E/mV
<hr/>	
419.527	
660.323	
1 084.62	
<p>热电偶参考端温度为 0 °C 说明检定结果不符合项 以下空白</p>	
第×页 共×页	

附录 E

固定套管式标准铂铑 10-铂热电偶检定的特殊要求

固定套管式标准热电偶陶瓷保护套管外径（6~8）mm，长度不小于 510 mm。热电偶测量端距陶瓷管底部距离不大于 5 mm。如热电偶参考端密封，则其套管直径（4~6）mm，长度不小于 180 mm。

检定前将陶瓷保护套管拆去。参照上述基本结构的标准热电偶的检定方法和要求进行操作。

下面 4 点与基本结构的标准热电偶的要求和操作方法有所差异，其他步骤可按照本规程正文进行。

E.1 通用技术要求中，核查热电偶测量端与陶瓷保护管底部的距离，其尺寸不应超过 5 mm。

E.2 陶瓷双孔管的长度的上限可适当放宽。

E.3 在检定方法中，不进行 6.3.2.1 和 6.3.2.2 对热电偶进行清洁和通电退火。

E.4 在 6.3.4 热电偶参考端和导线连接中，如热电偶参考端带有密封套管，则将密封套管放入冰点恒温器玻璃管底部，热电偶测量线直接连接测量铜导线。

此类标准热电偶在使用时，分析测量不确定度中其外套管传热所带来的影响时应该作为热传导分量单独考虑。

附录 F

检定结果计算示例

例 1：用双极法一等标准检定二等热电偶时，在锌点附近测得标准器和被检热电偶的热电动势的平均值为 $\overline{E}_{\text{标}}(t_{\text{Zn}}) = 3.455\ 1\ \text{mV}$ ， $\overline{E}_{\text{被}}(t_{\text{Zn}}) = 3.453\ 6\ \text{mV}$ ，且标准器证书中得到锌点热电动势 $E_{\text{标证}}(t_{\text{Zn}}) = 3.444\ 0\ \text{mV}$ ，求被检热电偶在锌点的热电动势值。

因为 $\Delta e(t_{\text{Zn}}) = \overline{E}_{\text{标}}(t_{\text{Zn}}) - \overline{E}_{\text{被}}(t_{\text{Zn}}) = 3.455\ 1\ \text{mV} - 3.453\ 6\ \text{mV} = 0.001\ 5\ \text{mV}$ ，所以，此次测量被检热电偶在锌点的热电动势值

$$E_{\text{被}}(t_{\text{Zn}}) = E_{\text{标证}}(t_{\text{Zn}}) + \Delta e(t_{\text{Zn}}) = 3.444\ 0\ \text{mV} + 0.001\ 5\ \text{mV} = 3.445\ 5\ \text{mV} \approx 3.446\ \text{mV}$$

例 2：两支工作基准用同名极法检定一等热电偶时，在铜点附近测得热电动势的平均值为： $\overline{e}_{\text{P1}}(t_{\text{Cu}}) = 5.2\ \mu\text{V}$ ， $\overline{e}_{\text{N1}}(t_{\text{Cu}}) = -3.1\ \mu\text{V}$ ， $\overline{e}_{\text{P2}}(t_{\text{Cu}}) = 0.4\ \mu\text{V}$ ， $\overline{e}_{\text{N2}}(t_{\text{Cu}}) = -2.5\ \mu\text{V}$ ，且在这两支工作基准证书中分别查得： $E_{\text{标1证}}(t_{\text{Cu}}) = 10.570\ 2\ \text{mV}$ ， $E_{\text{标2证}}(t_{\text{Cu}}) = 10.574\ 1\ \text{mV}$ ，求被检热电偶在铜点热电动势值。

$$\Delta e_1(t_{\text{Cu}}) = [\overline{e}_{\text{P1}}(t_{\text{Cu}}) - \overline{e}_{\text{N1}}(t_{\text{Cu}})]/1\ 000 = [5.2\ \mu\text{V} - (-3.1\ \mu\text{V})]/1\ 000 = 0.008\ 3\ \text{mV}$$

$$\Delta e_2(t_{\text{Cu}}) = [\overline{e}_{\text{P2}}(t_{\text{Cu}}) - \overline{e}_{\text{N2}}(t_{\text{Cu}})]/1\ 000 = [0.4\ \mu\text{V} - (-2.5\ \mu\text{V})]/1\ 000 = 0.002\ 9\ \text{mV}$$

$$E_{\text{被1}}(t_{\text{Cu}}) = E_{\text{标1证}}(t_{\text{Cu}}) + \Delta e_1(t_{\text{Cu}}) = 10.570\ 2\ \text{mV} + 0.008\ 3\ \text{mV} = 10.578\ 5\ \text{mV}$$

$$E_{\text{被2}}(t_{\text{Cu}}) = E_{\text{标2证}}(t_{\text{Cu}}) + \Delta e_2(t_{\text{Cu}}) = 10.574\ 1\ \text{mV} + 0.002\ 9\ \text{mV} = 10.577\ 0\ \text{mV}$$

因 $|E_{\text{被1}}(t_{\text{Cu}}) - E_{\text{被2}}(t_{\text{Cu}})| = |10.578\ 5\ \text{mV} - 10.577\ 0\ \text{mV}| = 0.001\ 5\ \text{mV} < 3\ \mu\text{V}$

满足 6.3.5.5 的要求，则测量有效。此次测量被检热电偶在铜点热电动势值为

$$E_{\text{被}}(t_{\text{Cu}}) = \frac{E_{\text{被1}}(t_{\text{Cu}}) + E_{\text{被2}}(t_{\text{Cu}})}{2} = 10.577\ 8\ \text{mV}$$

附录 G

标准铂铑 10-铂热电偶附加清洁方法

在完成一般方式清洁后，对标准热电偶的附加清洁按照以下操作顺序完成。

G.1 酸洗

将热电偶电极卷成直径不小于 80 mm 的圆圈，浸入盛有约 30%（按容积）化学纯的盐酸或硝酸溶液的烧杯中，常温下浸渍 1 h 或煮沸 15 min，此后用蒸馏水冲洗数次除去酸性。

G.2 硼砂洗

把热电偶挂在通电退火装置中，通入 10.5 A 电流，使其灼热到约 1 100 °C，用化学纯硼砂小块接触电极上端，硼砂熔化后顺电极流下，清洗电极上的污垢，清洗(2~3)次后，关闭电源。待电极冷却后将其放在烧杯中用蒸馏水煮沸数次，以彻底除净电极上的硼砂。

附录 H

测量不确定度评定示例

用两支工作基准热电偶检定一支一等标准热电偶，检定过程按照本规程进行，其中热电动势的测量采用同名极法，测量设备使用一台 7 位半数字电压表。在铜检定点，取单次测量值的平均值作为测量结果，计算得到被检热电偶在检定点的热电动势。

H.1 测量模型

被检热电偶在温度 t 时，得到的测量值 $E_{\text{被}}(t)$ 可以按照下式计算：

$$E_{\text{被}}(t) = E_{\text{标证}}(t) + \Delta e(t) + \Delta t \cdot S$$

式中的 Δt 为标准热电偶与被检热电偶测量端以及参考端温差， S 为热电势率。在计算测量结果中，理想化认为 Δt 为零，故得到：

$$E_{\text{被}}(t) = E_{\text{标证}}(t) + \Delta e(t)$$

同名极法分度时热电动势差 $\Delta e(t)$ ：

$$\Delta e(t) = \bar{e}_{\text{P}}(t) - \bar{e}_{\text{N}}(t)$$

$$E_{\text{被}}(t) = E_{\text{标证}}(t) + \bar{e}_{\text{P}}(t) - \bar{e}_{\text{N}}(t)$$

在测量不确定度评估中， $\Delta t = 0$ ，但是其带来的测量不确定度分量 $u(\Delta t)$ 不能忽略。其对于输出量附加上个小热电动势 ΔV ，这部分来自标准器与被检测量端的温差以及热电偶冷端的温度的影响。

$$\Delta V = \Delta t_{\text{HJ}} \cdot S_t - \Delta t_{\text{CJ}} \cdot S_0$$

式中， Δt_{HJ} ， Δt_{CJ} 分别是标准和被检热电偶热端和冷端的温差， S_t 和 S_0 分别是热电偶在测量端温度为 t 和 0 °C 时的热电动势率。

被检测量结果的测量 $E_{\text{被}}$ 的标准测量不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{[c_1 u(E_{\text{被}})]^2 + [c_2 u(\Delta t_{\text{HJ}})]^2 + [c_3 u(\Delta t_{\text{CJ}})]^2}$$

上式推导过程中，三个量值引入测量不确定度均不相关，其中 $c_1 = 1$ ， $c_2 = S_t$ ， $c_3 = -S_0$ 。

主要不确定度来源：标准器不确定度、热电势测量、热电偶参考端温差、标准器和被检测量端温差、被检热电偶的热电不均匀性等。

H.2 各分量标准不确定度评定

H.2.1 标准器不确定度 u_1 。其应包含标准器检定证书给出的测量不确定度 u_{1c} 以及其使用中的漂移 u_{1dr} 。

H.2.1.1 根据标准器检定证书，工作基准热电偶在铜点 $U = 0.24$ °C ($k = 2$)，其灵敏度系数 S_t 为 $11.8 \mu\text{V}/\text{°C}$ ，故：

$$u_{1c} = 0.24 \text{ °C} \times 11.8 \mu\text{V}/\text{°C} / 2 = 1.42 \mu\text{V}$$

H.2.1.2 对于工作基准根据检定规程其在检定周期中铜点的最大变化量为 $3 \mu\text{V}$ ，根据研究其漂移的分布符合正态分布，故：

$$u_{1dr} = 3 \mu\text{V} / 3 = 1 \mu\text{V}$$

在测量中尽管使用了两支标准器，但是由于它们大小相同，且来源相同，因此只计算其中之一作为标准器的不确定度。

对于其他检定点其漂移量通常可以考虑成与其检定温度成比例。

H. 2. 2 热电动势测量 u_2 。其应包含热电动势测量的重复性 $u_{2\text{rep}}$ ，热电测量仪表的测量示值误差 $u_{2\text{err}}$ ，测量仪表的分辨力 $u_{2\text{res}}$ ，测量回路中转换开关带来的杂散电势 $u_{2\text{scn}}$ 。

H. 2. 2. 1 热电偶测量重复性引入的不确定度分量 $u_{2\text{rep}}$ 。理论计算中应该取 Δe 多次测量的测量重复性，在实际计算过程中如分别计算 \bar{e}_P 和 \bar{e}_N 而将两项直接加到标准不确定度中，将会引起重复计算。因此这里我们取这两项中大的数据作为热电动势的测量结果。使用了两支标准器在检定中进行 4 次读数，其最大差值小于 $3 \mu\text{V}$ 。标准测量不确定度按照极差方法给出，故：

$$u_{2\text{rep}} = 3 \mu\text{V} / 2.06 / 1.414 = 1.05 \mu\text{V}$$

H. 2. 2. 2 热电测量仪表的测量示值误差 $u_{2\text{err}}$ 。按照规程要求，使用的数字电压表在 100 mV 量程的准确度为 $3.7 \times 10^{-5} \times \text{reading} + 9 \times 10^{-6} \times \text{range}$ 。其标准不确定度按照均匀分布，故：

$$u_{2\text{err}} = 3.7 \times 10^{-5} \times 10.6 \text{ mV} + 9 \times 10^{-6} \times 100 \text{ mV} = 1.3\sqrt{3} \mu\text{V} = 0.75 \mu\text{V}$$

H. 2. 2. 3 测量仪表的分辨力 $u_{2\text{res}}$ 。测量仪表分辨力为 $0.01 \mu\text{V}$ 引入的不确定度小于测量重复性引入的不确定度，故可忽略不计。

H. 2. 2. 4 测量回路中转换开关带来的杂散电势 $u_{2\text{scn}}$ 。由杂散电势引入的不确定度分量按均匀分布处理。按规程规定，转换开关杂散电势不大于 $0.4 \mu\text{V}$ ，故：

$$u_{2\text{scn}} = 0.4 \mu\text{V} / \sqrt{3} = 0.24 \mu\text{V}$$

H. 2. 3 热电偶参考端温度差 Δt_{Cl} 。标准和被检热电偶参考端温度不一致，造成的影响为 u_3 。根据要求热电偶参考端，需要放入冰点恒温器内，其温度差小于 $\pm 0.05 \text{ }^\circ\text{C}$ ，其不确定度分布符合均匀分布，且其灵敏度系数 $S_0 = 5.8 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ，故：

$$u_3 = 0.05 \text{ }^\circ\text{C} \times 5.8 \mu\text{V}/^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.16 \mu\text{V}$$

H. 2. 4 标准和被检热电偶测量端所放置的等温环境不理想而造成的温差 Δt_{HJ} 引起的测量结果变化 u_4 。由检定炉温场不均引入的不确定度分量 u_4 按均匀分布处理。按规程要求，检定炉应有 $0.4 \text{ }^\circ\text{C}/\text{cm}$ 温场，标准和被检热电偶放在同一截面，通常测量端使用铂丝捆扎。但是在安装后和升降温过程中，依然会产生轴向及径向的位置差，造成标准器与被检测量端温度差，其最大的差值应该小于 $\pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ ，不确定度分布符合均匀分布， $S_1 = 11.8 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 故：

$$u_4 = 0.2 \text{ }^\circ\text{C} \times 11.8 \mu\text{V}/^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 1.36 \mu\text{V}$$

H. 2. 5 被检热电偶热电不均匀性，是热电偶温度测量中一个比较重要的不确定度因素。理想的热电偶其热电极上各处的热电特性相同，故热电动势输出简化为仅与测量端和参考端温度有关。但是实际应用中热电偶因各处的热电特性不同，并且随使用时间和环境会产生较大的热电特性差异，故应该对此项进行评估。目前对标准铂铑 10-铂热电偶其影响量估计在热电动势的 $0.01\% \sim 0.02\%$ 。不确定度分布认为是均匀分布，故对于铜点：

$$u_5 = 10\,575\ \mu\text{V} \times 0.000\ 2 / \sqrt{3} = 1.22\ \mu\text{V}$$

标准不确定度分量汇总见表 H.1。

表 H.1 标准不确定度分量汇总一览表

符号	来源	量值	评定方法	概率分布	灵敏系数	标准不确定度 μV
u_{1c}	标准器校准值	0.24 °C	B	正态	11.8 °C/ μV	1.42
u_{1dr}	标准器漂移	3 μV	B	正态	1	1.00
u_{2rep}	热电偶测量重复性	3 μV	A	正态	1	1.05
u_{2err}	热电测量仪表的测量示值误差	$\pm 1.3\ \mu\text{V}$	B	均匀	1	0.75
u_{2res}	测量仪表分辨力	忽略不计	B	——	——	——
u_{2scn}	转换开关带来的杂散电势	0.4 μV	B	均匀	1	0.24
u_3	热电偶参考端温差	$\pm 0.05\ \text{°C}$	B	均匀	-5.4 °C/ μV	0.16
u_4	测量端温度温差	$\pm 0.2\ \text{°C}$	B	均匀	11.8 °C/ μV	1.36
u_5	热电偶热电不均匀性	1.06 μV	B	均匀	1	1.22

H.3 合成标准不确定度

$$u_c(E_{\text{被}}) = \sqrt{u_{1c}^2 + u_{1dr}^2 + u_{2rep}^2 + u_{2err}^2 + u_{2res}^2 + u_{2scn}^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}$$

合成标准不确定度 $u_c = 2.63\ \mu\text{V}$ 。

H.4 测量结果的扩展不确定度

根据惯例取包含因子 $k = 2$

$$U(E_{\text{被}}) = k \cdot u_c = 5.3\ \mu\text{V}$$

在铜点换算成温度 $U(t_{\text{Cu}}) = 0.44\ \text{°C}$ ($k = 2$)。