JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1184—2024

热电偶检定炉温度场测试技术规范

Testing Specification for Temperature Uniformity in Thermocouple Calibration Furnaces

2024-02-07 发布　　2024-08-07 实施

国家市场监督管理总局 发布

热电偶检定炉温度场测试技术规范

Testing Specification for Temperature Uniformity in Thermocouple Calibration Furnaces

JJF 1184—2024
代替 JJF 1184—2007

归 口 单 位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

辽宁省计量科学研究院

参加起草单位：北京康斯特仪表科技股份有限公司

泰安磐然测控科技有限公司

辽阳市计量热工实验厂

本规范委托全国温度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

李洪卫（湖北省计量测试技术研究院）

侯素兰（辽宁省计量科学研究院）

邓爱虎（湖北省计量测试技术研究院）

王　浩（辽宁省计量科学研究院）

参加起草人：

高洪军（北京康斯特仪表科技股份有限公司）

何保军（泰安磐然测控科技有限公司）

国建军（辽阳市计量热工实验厂）

目　　录

引言 ……（Ⅱ）
1　范围……（1）
2　引用文件……（1）
3　术语……（1）
4　概述……（1）
5　测试条件……（2）
5.1　环境条件……（2）
5.2　测试标准器及配套设备……（2）
5.3　定位装置……（3）
6　测试项目……（3）
7　测试方法……（4）
7.1　测试前的准备工作……（4）
7.2　测试温度点……（6）
7.3　恒温等待时间……（7）
7.4　温度场的测试……（7）
8　数据处理……（9）
8.1　轴向温度梯度……（9）
8.2　轴向温差……（9）
8.3　径向温差……（9）
9　测试结果的表达……（10）
10　复测时间间隔 ……（10）
附录 A　检定炉温度分布特性 ……（11）
附录 B　测试记录格式 ……（13）
附录 C　测试报告内页参考格式 ……（20）
附录 D　热电偶检定炉温度场测量不确定度评定示例 ……（22）

引　　言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成制定本规范的基础性系列规范，编写格式参照了JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》。

本次修订参考了JJG 75—2022《标准铂铑10-铂热电偶》、JJG 141—2013《工作用贵金属热电偶》、JJG 167—1995《标准铂铑30-铂铑6热电偶》、JJG 668—1997《工作用铂铑10-铂、铂铑13-铂短型热电偶》、JJF 1007—2007《温度计量名词术语及定义》、JJF 1262—2010《铠装热电偶校准规范》、JJF 1637—2017《廉金属热电偶校准规范》和JJF 1991—2022《短型廉金属热电偶校准规范》，对JJF 1184—2007进行修订。本规范代替JJF 1184—2007，与JJF 1184—2007相比，除编辑性修改外，主要变化如下：

——增加了引言部分；

——增加了引用文件；

——修改了术语移动偶、固定偶的定义；

——调整了部分配套设备的技术指标要求；

——增加了不同类型热电偶检定炉的定位安装示意图；

——增加了测试温度点；

——调整了原测试方法，删除了微差法，增加了配杯式、配孔式均温块廉金属偶检定炉、多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉温度场的测试方法；

——调整了热电偶检定炉温度场的计算公式；

——调整了附录中的记录表格；

——增加了径向温度场测量不确定度评定示例。

本规范的历次版本发布情况为：

——JJF 1184—2007。

热电偶检定炉温度场测试技术规范

1 范围

本规范适用于300 ℃～1 500 ℃内卧式热电偶检定炉温度场的测试。对于其他用于热电偶检定/校准提供均匀温度场的电控加热设备，可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 75—2022 标准铂铑10-铂热电偶

JJG 141—2013 工作用贵金属热电偶

JJG 167—1995 标准铂铑30-铂铑6热电偶

JJG 668—1997 工作用铂铑10-铂、铂铑13-铂短型热电偶

JJF 1262—2010 铠装热电偶校准规范

JJF 1637—2017 廉金属热电偶校准规范

JJF 1991—2022 短型廉金属热电偶校准规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适应于本规范；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 轴向温度场 axial temperature distribution

检定炉炉膛中心轴的温度分布。轴向温度场用轴向温度梯度或轴向温差来表示。

3.2 径向温度场 radial temperature distribution

检定炉炉膛规定轴向位置垂直截面的温度径向分布，用检定炉径向规定直径圆周上的最大温差来衡量。径向温度场用径向温差来表示。

3.3 固定偶 fixed thermocouple

在规定位置固定不动，用于测量检定炉温度变化的标准热电偶。

3.4 移动偶 movable thermocouple

在规定位置间移动，用于测量检定炉温度分布的标准热电偶。

4 概述

热电偶检定炉（以下简称检定炉）是一种为热电偶检定/校准提供均匀、稳定温度场的电控加热设备，它的基本结构由耐高温陶瓷炉管、加热元件、耐火保温层、外壳等组成；有些检定炉还配有控温偶、温度控制系统等。其典型结构示意图见图1。检定炉类型及对应温度分布特性见附录A。

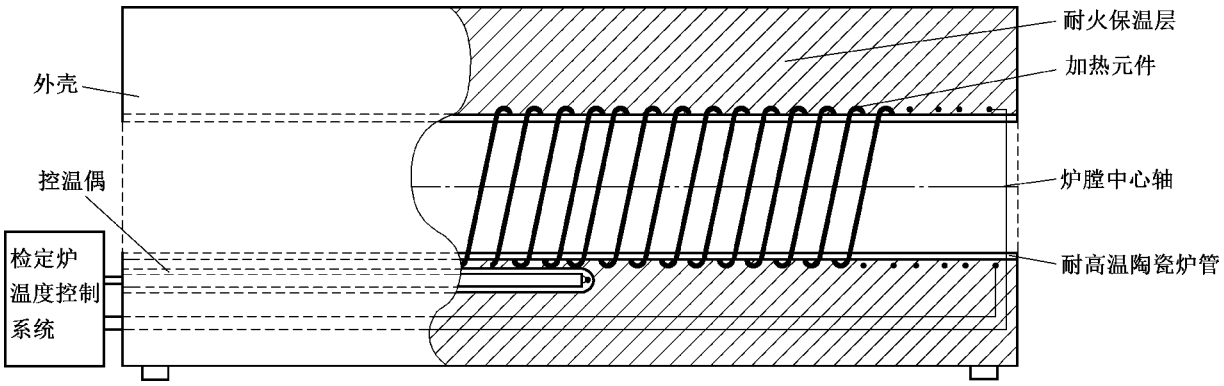


图 1　检定炉典型结构示意图

温度场是同一瞬间温度的空间分布，检定炉温度场分为轴向温度场和径向温度场，轴向温度场通常用轴向温度梯度或轴向温差来表示，径向温度场通常用径向温差来表示。轴向温度梯度或轴向温差是通过沿检定炉炉膛轴向移动热电偶测量端来测量检定炉轴向的温度分布，轴向温度梯度为检定炉某坐标范围内间隔 10 mm 距离两相邻测试点的最大温差，轴向温差为检定炉某坐标点位置相对 0 位置的最大温差；径向温差是通过沿圆周移动热电偶测量端来测量检定炉径向规定直径圆周上的温度分布，径向温差为检定炉径向规定直径圆周上的最大温差。

5　测试条件

5.1　环境条件

环境温度：(23±5)℃；

相对湿度：≤80％。

电测设备工作的环境温度和相对湿度应符合其相应规定的要求，无影响测量的气流扰动和外电磁场的干扰。

5.2　测试标准器及配套设备

测试标准器见表 1，配套设备见表 2。

表 1　测试标准器

被测检定炉	测试标准器		
名称	名称	等级	数量
S 型偶炉	标准铂铑 10-铂热电偶	二等及以上	2 支
廉金属偶炉			
B 型偶炉	标准铂铑 30-铂铑 6 热电偶	二等及以上	2 支

表 2　配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途	备注
1	电测仪器	电压测量使用量程准确度等级不低于 0.01 级，分辨力不低于 0.1 μV	测量热电偶热电动势值或差值	可用满足技术要求的其他设备
2	多路转换开关	寄生热电动势≤0.4 μV	切换通道便于测量各路的热电动势值或差值	
3	参考端恒温器	恒温器插孔深度相同且不低于 150 mm，玻璃管内径约 7 mm，工作区域温度为（0±0.05)℃	为参考端提供 0 ℃的恒温环境	可用满足技术要求的电子冰点恒温器
4	兆欧表	电压 500 V，测量范围 0 MΩ～100 MΩ	测量检定炉的绝缘电阻	——
5	直尺或卷尺	量程不小于 1 m，分度值为 1 mm	测量检定炉的长度及移动偶的移动距离	——
6	秒表	测量范围为 1 s～3 600 s，分辨力为 1 s	测量检定炉恒温时间和测量时间间隔	可用满足技术要求的其他计时仪

5.3　定位装置

定位装置由测试定位管、定位块和定位支架组成。

测试定位管（以下简称定位管）有敞口和一端封口两种。配杯式均温块和配孔式均温块廉金属偶检定炉，选用一端封口的定位管，其他类型的检定炉选用敞口的定位管；B 型偶检定炉的定位管用刚玉管，其他类型检定炉的定位管用石英管或刚玉管；定位管长度应略大于检定炉的长度，露出检定炉两端口的长度应相等，且每端不大于 20 mm；定位管管壁厚度约 1 mm，外径 5 mm～8 mm，使热电偶放入定位管后的间隙不大于 1 mm；配杯式均温块廉金属偶检定炉的定位管，外径约 5 mm。

定位块根据测试需要有半圆形，圆形等不同规格。定位块与定位管、检定炉应配合良好；廉金属偶检定炉定位块中心孔与径向孔的中心间距为 14 mm。

定位管、定位块和定位支架等应保持清洁无污染；在廉金属偶检定炉中使用过的定位管、定位块和定位支架，不应在贵金属偶检定炉中使用。

6　测试项目

测试项目包括轴向温度梯度或轴向温差和径向温差。贵金属偶检定炉测量轴向温度梯度，廉金属偶检定炉测量轴向温差和径向温差。

7 测试方法

7.1 测试前的准备工作

7.1.1 外观检查

测试前应采用目测法，检查检定炉炉膛内管，不应有裂缝和明显变形。

7.1.2 烘炉处理

对新购置或长期放置未使用的检定炉，必要时应提前进行烘炉处理，处理程序按生产厂家使用说明书进行。

7.1.3 绝缘电阻

用兆欧表测量检定炉电源输入端对炉外壳的绝缘电阻，应不小于 20 MΩ。

7.1.4 坐标标记

用直尺或卷尺测量检定炉两端口的距离，计算检定炉中心点，将测试偶绝缘管上从热电偶测量端起测量出检定炉中心点，用陶瓷铅笔标记为“0”点，从此点分别向测试偶测量端和参考端每隔 10 mm 做一记号，标出－5～＋5 坐标位置，如图 2 所示。

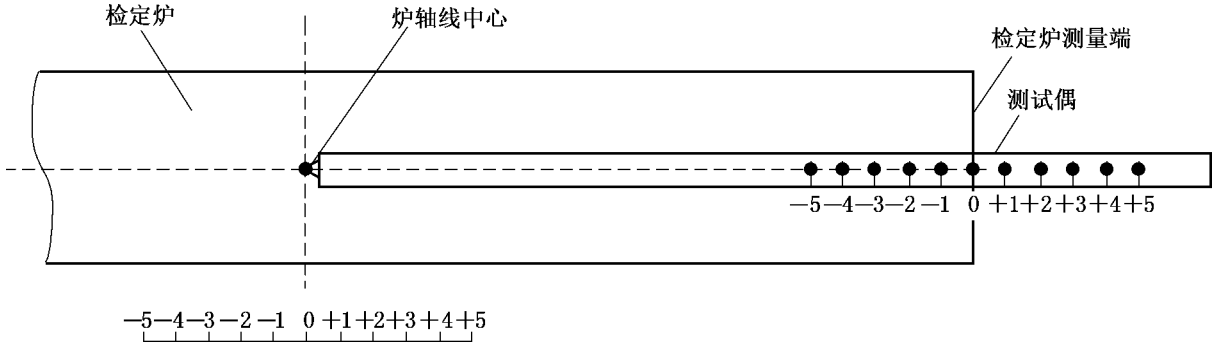


图 2 坐标示意图

7.1.5 检定炉定位装置的安装

7.1.5.1 贵金属偶检定炉

规定检定炉的轴向几何中心点位置为 0 点位置，从 0 点位置起靠近检定炉测量端方向为正方向，远离测量端方向为负方向，坐标从－5 至＋5，相邻两坐标点间隔为 10 mm，此坐标为检定炉的轴向坐标，如图 3 所示。

将半圆形定位块放在两端炉口处，使其紧贴炉端面，两支定位管分别插入炉内，两端放在定位块凹槽里。固定偶插入一支定位管中，其测量端处于检定炉轴向坐标 0 点位置，移动偶插入另一支定位管中，使其测量端处于检定炉轴向坐标－5 点位置，如图 3 所示。

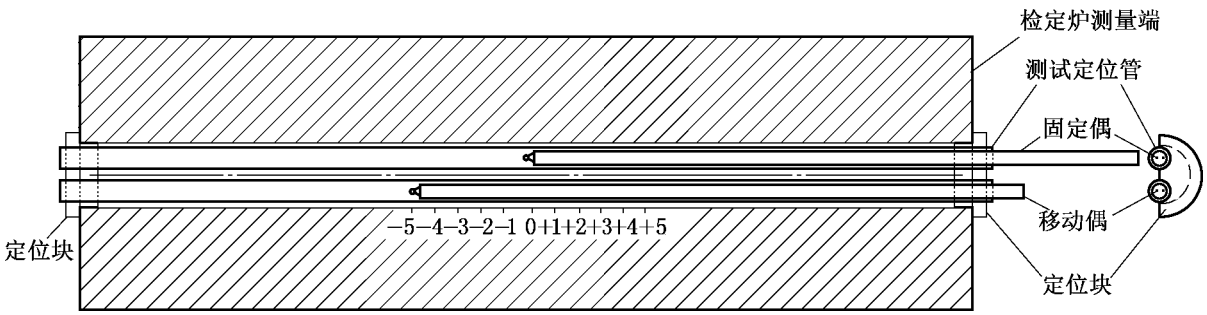


图 3　贵金属偶检定炉安装示意图

7.1.5.2　廉金属偶检定炉

对于放均温块的廉金属偶检定炉，规定均温块底部为 0 点位置，从 0 点位置起靠近检定炉测量端方向为正方向，坐标从 0 至＋6，相邻两坐标点间隔为 10 mm，此坐标为均温块的轴向坐标，如图 4 所示。

a）配杯式均温块廉金属偶检定炉

将杯式均温块置于生产厂家说明书规定的位置，非测量端炉口应封堵严实，具体封堵方式按生产厂家出厂说明书的要求执行。将定位块放在检定炉端口，使其紧贴炉端面，将一端封口的定位管分别插至均温块底部。固定偶插入径向位置的定位管中，移动偶插入中心位置的定位管中，均置于均温块底部（均温块坐标 0 点位置），如图 4 所示。

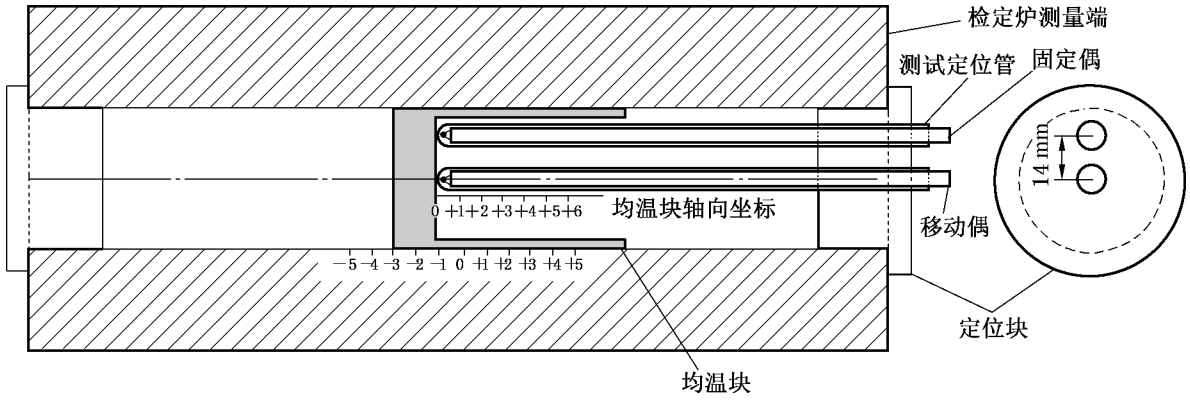


图 4　配杯式均温块廉金属偶检定炉安装示意图

b）配孔式均温块廉金属偶检定炉

孔式均温块的放置和炉口的封堵与 7.1.5.2 a）相同。将固定偶插入径向孔的定位管中，移动偶插入中心孔的定位管中，均置于均温块底部（均温块坐标 0 点位置），如图 5 所示。

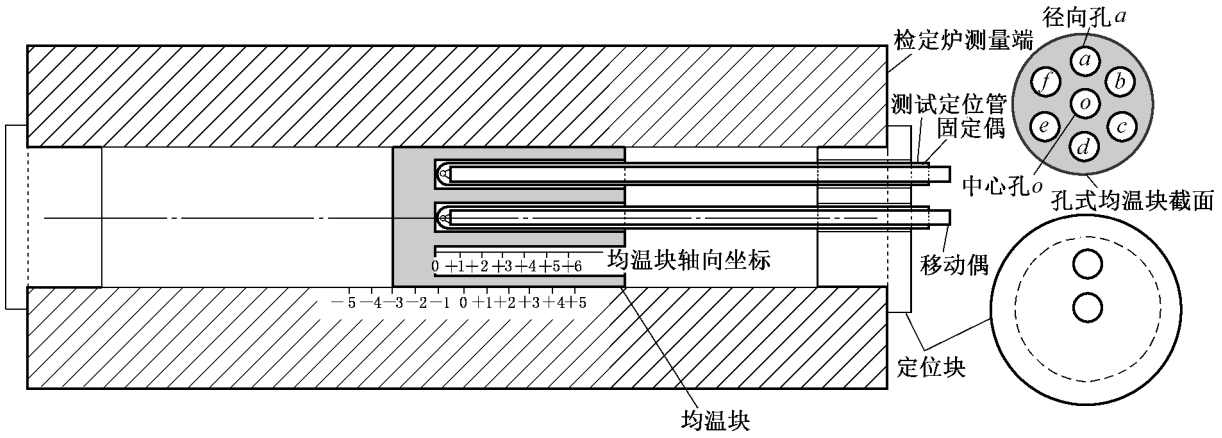


图 5　配孔式均温块廉金属偶检定炉安装示意图

c）多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉

将定位块放在检定炉两端，使其紧贴炉端面，将定位管插入炉内，如图 6 所示。固定偶测量端插入径向位置的定位管中，使其测量端处于检定炉轴向坐标 0 点位置；移动偶插入中心位置的定位管中，使其测量端处于检定炉轴向坐标－5 点位置；定位管敞口一端应用软质耐火材料封堵。

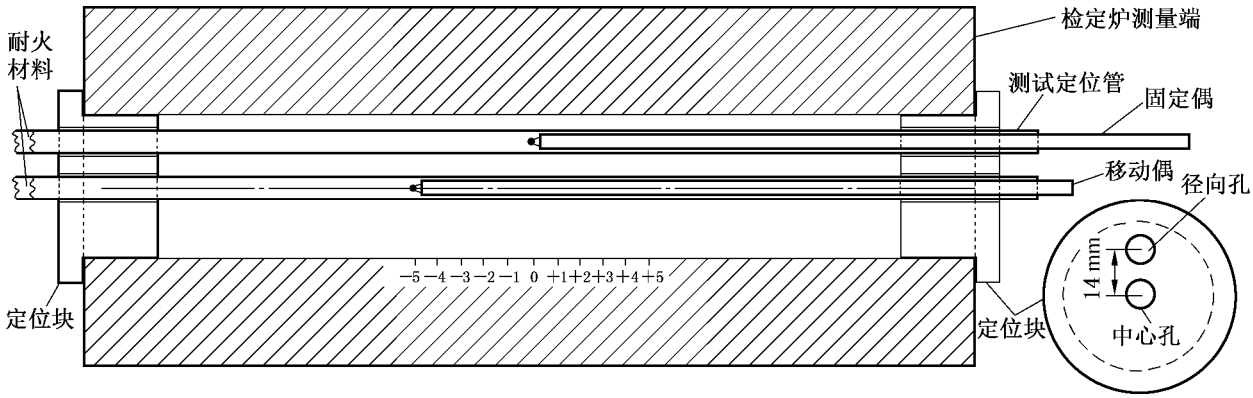


图 6　多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉安装示意图

7.1.6　参考端的处理

标准铂铑 10-铂热电偶的参考端应插入同一参考端恒温器的玻璃试管中，试管中放入不低于 20 mm 深酒精，并用脱脂棉堵紧玻璃试管口，插入深度应保持一致且不小于 150 mm；标准铂铑 30-铂铑 6 热电偶参考端可置于室温的同一恒温器内。

7.2　测试温度点

在检定炉的实际使用范围内，首次测试通常选取上限和下限温度点，使用中的检定炉，B 型偶炉测试 1 300 ℃，S 型偶炉和廉金属偶炉测试 1 000 ℃，测试温度点见表 3。也可根据客户的实际使用要求，选取检定炉的测试温度点。

表 3　测试温度点

检定炉类型	首次测试温度点/℃		使用中测试温度点/℃
S 型偶炉	420	1 085	1 000
B 型偶炉	1 100	1 500	1 300
廉金属偶炉	400	1 000	1 000

7.3　恒温等待时间

将炉温控制在测试温度点±5 ℃以内，一般情况下贵金属偶检定炉的稳定等待时间应不小于 30 min，廉金属偶检定炉的稳定等待时间应不小于 60 min。稳定等待时间最长应不超过 120 min。当炉温变化不超过 0.2 ℃/min 的稳定性要求后，开始测量。测量中，移动偶从一个位置移到另一个位置的等待时间应不小于 2 min。

7.4　温度场的测试

温度场测试接线图如图 7 所示。温度场的测试分为轴向温度场测试和径向温度场测试；轴向温度场测试分为轴向温度梯度测试或轴向温差测试；径向温度场测试为径向温差测试。测试通常在空载状态下进行。

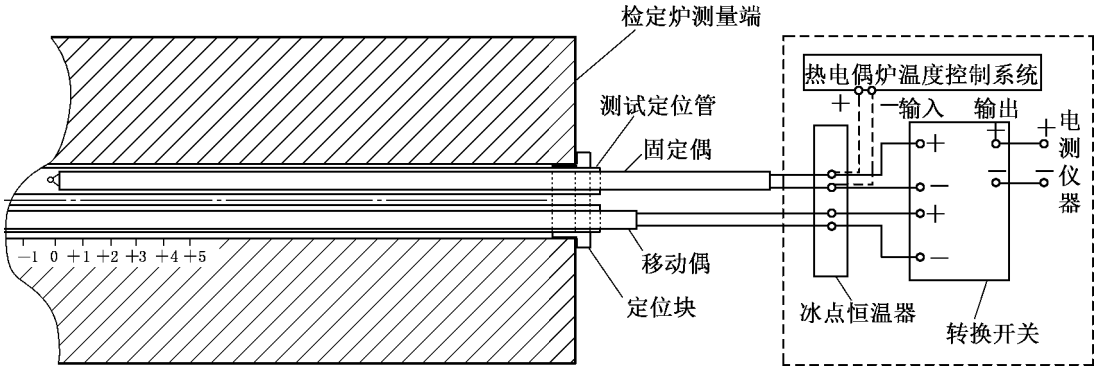


图 7　温度场测试接线示意图

7.4.1　轴向温度梯度或轴向温差

轴向温度梯度或轴向温差是通过轴向温度的测量计算所得。

a）贵金属偶检定炉、多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉的轴向温度

按图 3、图 6 安装好定位装置。测量时先读取固定偶在 0 位置和移动偶在－5 位置的热电动势值，然后将移动偶由－5 位置向＋5 位置移动，每次移动 10 mm，共测量 11 个点（i＝0，1，2，3，…，10），分别读取固定偶和移动偶的热电动势值，当各个位置依次测量 1 次后，再将移动偶从＋5 位置向－5 位置移动，循环一次，每个位置共测量 2 次，取对应位置上两次读数的平均值。把数据记录在原始记录表中（记录格式参见附录 B.1 或附录 B.4），计算见公式（1）或公式（2）。

b）配杯式均温块、配孔式均温块廉金属偶检定炉的轴向温度

按图 4、图 5 安装好定位装置。测量时，先读取固定偶和移动偶在 0 位置的热电动势值，然后将移动偶由均温块轴向坐标 0 位置向＋6 位置移动，每次移动 10 mm，共测量 7 个点（i＝0，1，2，3，…，6），分别读取固定偶和移动偶的热电动势值，当各个

位置依次测量 1 次后，再将移动偶从均温块轴向坐标＋6 位置向 0 位置移动，循环一次，每个位置共测量 2 次，取对应位置上两次读数平均值。把数据记录在原始记录表中（记录格式参见附录 B.2 或附录 B.3），计算见公式（2）。

7.4.2　径向温差

径向温差是通过径向规定直径圆周上温度的测量计算所得。如图 8 所示，径向温差测试时中心位置为固定偶，径向位置为移动偶。

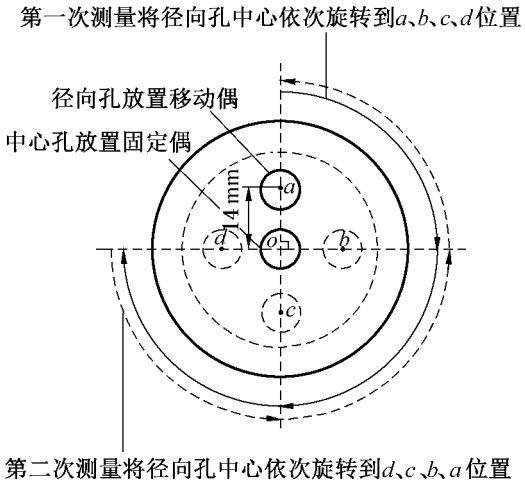


图 8　径向温度场测试示意图

a）配杯式均温块廉金属偶检定炉、多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉的周向温度

配杯式均温块检定炉周向温度的测量，通常选择在均温块轴向坐标 0 位置（均温块底部）进行；多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉径向温度的测量，通常应选择在检定炉轴向坐标 0 位置（检定炉轴向几何中心）进行。测量时，以 a 点为起始位置，分别读取固定偶和移动偶的热电动势值，然后顺时针旋转定位块 90°，将径向位置的定位管，依次旋转到 b 点、c 点、d 点位置，分别读取对应位置上固定偶和移动偶的热电动势值；每个位置测量一次后，再以 d 点位置为起始位置，分别读取固定偶和移动偶的热电动势值，然后逆时针旋转定位块 90°，将径向位置的定位管依次旋转到 c 点、b 点、a 点位置，读取对应位置上固定偶和移动偶的热电动势值；每个位置共计测量 2 次，取对应位置上两次读数平均值。把数据记录在原始记录表中（记录格式参见附录 B.2 或附录 B.4），计算见公式（3）。

b）配孔式均温块廉金属偶检定炉的周向温度

配孔式均温块廉金属偶检定炉周向温度的测量，通常应选择在均温块轴向坐标 0 位置（均温块底部）进行。以 7 孔均温块为例，如图 5 所示。规定中心孔为 o 孔，径向孔在中心孔上方的为 a 孔，从 a 孔顺时针方向依次为 b 孔、c 孔、d 孔、e 孔、f 孔。固定偶和移动偶套上一端封口的测试定位管后，分别插入 o 孔和 a 孔至底部，当炉温满足 7.3 要求时，开始测量。测量时以 a 孔为起始位置，分别读取固定偶和移动偶的热电动势值，然后将移动偶抽出 a 孔，依次插入 b 孔、c 孔、d 孔、e 孔、f 孔，分别读取对应位置上固定偶和移动偶的热电动势值，每个位置测量一次后，以 f 孔位置为起始位

置，分别读取固定偶和移动偶的热电动势值，然后将移动偶抽出 f 孔依次插入 e 孔、d 孔、c 孔、b 孔、a 孔；分别读取对应位置上固定偶和移动偶的热电动势值；每个位置共计测量 2 次，取对应位置上两次读数平均值。把数据记录在原始记录表中（记录格式参见附录 B.3）。对于配其他数量孔均温块检定炉的测试参照此方法进行，计算见公式（3）。

8 数据处理

8.1 轴向温度梯度

温度梯度计算如下：

$$\delta t_i = \left| \frac{(\bar{e}_{mi} - \bar{e}_{fi}) - (\bar{e}_{m(i-1)} - \bar{e}_{f(i-1)})}{S(t)} \right| \quad (i = 1, 2, \cdots, 10) \tag{1}$$

式中：

δt_i ——检定炉轴向间隔 10 mm 距离两相邻测试点的温差，℃；

$\bar{e}_{mi}$ ——移动偶在轴向第 i 位置实测值平均值，mV；

$\bar{e}_{m(i-1)}$ ——移动偶在轴向第（$i-1$）位置实测值平均值，mV；

$\bar{e}_{fi}$ ——固定偶对应移动偶在轴向第 i 位置时刻实测值平均值，mV；

$\bar{e}_{f(i-1)}$ ——固定偶对应移动偶在第（$i-1$）位置时刻实测值平均值，mV；

$S(t)$ ——标准偶在测试点的微分热电动势值，mV/℃。

8.2 轴向温差

$$\Delta t_i = \left| \frac{(\bar{e}_{mi} - \bar{e}_{fi}) - (\bar{e}_{m0} - \bar{e}_{f0})}{S(t)} \right| \tag{2}$$

式中：

i ——当检定炉不配均温块时（$i = 1$，2，…，10），配均温块时（$i = 1$，2，…，6）；

Δt_i ——检定炉均温块轴向第 i 位置和 0 位置的温差，℃；

$\bar{e}_{mi}$ ——移动偶在轴向第 i 位置实测值平均值，mV；

$\bar{e}_{m0}$ ——移动偶在轴向 0 位置实测值平均值，mV；

$\bar{e}_{fi}$ ——固定偶对应移动偶在第 i 位置时刻的实测值平均值，mV；

$\bar{e}_{f0}$ ——固定偶对应移动偶在 0 位置时刻的实测值平均值，mV；

$S(t)$ ——标准偶在测试点的微分热电动势值，mV/℃。

8.3 径向温差

$$\Delta t_{max\text{-}min} = \frac{\max(\bar{e}_{mi} - \bar{e}_{fi}) - \min(\bar{e}_{mj} - \bar{e}_{fj})}{S(t)} \quad (i, j = a, b, c, d, \cdots) \tag{3}$$

式中：

$\Delta t_{max\text{-}min}$ ——径向温差，℃；

$\bar{e}_{mi}$，$\bar{e}_{mj}$ ——移动偶在周向第 i、第 j 位置实测值平均值，mV；

$\bar{e}_{fi}$，$\bar{e}_{fj}$ ——固定偶对应移动偶在第 i、第 j 位置时刻的实测值平均值，mV；

$\max(\bar{e}_{mi}-\bar{e}_{fi})$——移动偶在径向 i 位置与固定偶在对应 i 位置时刻实测值差的最大值，mV；

$\max(\bar{e}_{mj}-\bar{e}_{fj})$——移动偶在径向 j 位置与固定偶在对应 j 位置时刻实测值差的最小值，mV；

$S(t)$——标准偶在测试点的微分热电动势值，mV/℃。

9 测试结果的表达

测试报告按检定炉的温度分布特性给出某坐标范围内的轴向温度梯度或轴向温差和径向温差，对应的测试结果测量不确定度、恒温时间及均温块底部在检定炉轴向坐标位置，并在检定炉上标记测量端。测试报告参考格式参见附录 C。

10 复测时间间隔

检定炉的复测时间间隔应根据实际使用情况确定，一般应不超过 1 年。

附录 A

检定炉温度分布特性

检定炉温度分布特性见表 A.1。

表 A.1　检定炉温度分布特性

名称	贵金属偶检定炉					廉金属偶检定炉	
	S 型 标准偶炉	B 型 标准偶炉	S 型 工作偶炉	B 型 工作偶炉	S 型 工作偶短炉	配杯式 均温块廉 金属偶炉	廉金属 偶短炉
轴向温度场	炉体长余约 600 mm，炉管内径约(16～20)mm。检定时，±20 mm 长等温区位于炉中心，等温区内温度梯度≤0.4 ℃/cm	炉内温度最高点偏离炉中心不得超过 20 mm，在炉温最高点 ± 20 mm 内，温度梯度≤0.5 ℃/cm	炉内温度最高点偏离炉子几何中心不大于 20 mm，温度最高点 ±20 mm 内有温度变化梯度≤0.4 ℃/10 mm 的均匀温度场	炉内温度最高点偏离炉子几何中心不大于 20 mm，温度最高点 ±20 mm 内有温度变化梯度≤0.5 ℃/10 mm 的均匀温度场	最高温度应出现在检定炉轴向几何中心处，偏离应不超过 10 mm，在检定炉炉膛中偏离轴向几何中心 20 mm 范围内，轴向温度梯度应不超过 0.4 ℃/10 mm	恒温设备为管式炉时，应配置均温块，有效工作区域轴向 30 mm 内，任意两点温差绝对值不大于 0.5 ℃	配置均温块(包括热管)的恒温设备，热电偶插入均温块的深度与孔径之比大于 10∶1，从孔底算起轴向 30 mm 内温差不大于 0.5 ℃
径向温度场	——	——	——	——	——	径向半径不小于 14 mm 范围内，同一截面任意两点的温差绝对值不大于 0.25 ℃	孔底同一截面任意两点的温差绝对值不大于 0.5 ℃

表 A.1　检定炉温度分布特性（续）

名称	贵金属偶检定炉					廉金属偶检定炉	
	S 型 标准偶炉	B 型 标准偶炉	S 型 工作偶炉	B 型 工作偶炉	S 型 工作偶短炉	配杯式 均温块廉 金属偶炉	廉金属 偶短炉
依据技术文件	JJG 75—2022，表 3 电测仪表及配套设置	JJG 167—1995，三检定仪器、设备和条件	JJG 141—2013，表 6 电测仪器及配套设备	JJG 141—2013，表 6 电测仪器及配套设备	JJG 668—1997，三检定条件	JJF 1637—2017，表 3 其他设备	JJF 1991—2022，表 3 配套设备

注：

1　S 型偶为铂铑 10-铂热电偶的简称。

2　B 型偶为铂铑 30-铂铑 6 热电偶的简称。

3　廉金属偶为镍铬-镍硅（K 型）、镍铬硅-镍硅（N 型）、镍铬-铜镍（E 型）、铁-铜镍（J 型）、铜-铜镍（T 型）热电偶的统称。

4　检定炉的温度分布特性以相应热电偶的规程、规范最新发布版本中的要求为准。

5　多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉可参照以上温度分布特性。

附录 B

测试记录格式

B.1　贵金属偶检定炉轴向温度梯度测试记录

<table>
<tr><td colspan="3">委托方</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">标准器名称</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">设备名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">型号及编号</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">型号</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">电测仪器</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">编号</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">型号及编号</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">制造厂</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">标准器证书及有效期</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">测试依据</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">温度/相对湿度</td><td colspan="5">℃；　　%</td></tr>
<tr><td colspan="3">测试温度</td><td>℃</td><td>恒温时间</td><td>min</td><td colspan="2">测试地点</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="12">轴向</td></tr>
<tr><td colspan="3">移动偶在检定炉轴向坐标位置</td><td>−5</td><td>−4</td><td>−3</td><td>−2</td><td>-1</td><td>0</td><td>+1</td><td>+2</td><td>+3</td><td>+4</td><td>+5</td></tr>
<tr><td rowspan="7">实测值 mV</td><td rowspan="2">固定偶（e_{fi}）读数</td><td>第一次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>第二次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">平均值（$\overline{e}_{fi}$）</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">移动偶（e_{mi}）读数</td><td>第一次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>第二次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">平均值（$\overline{e}_{mi}$）</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">温度梯度（δt_i）℃/10 mm</td><td>——</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>——</td></tr>
<tr><td colspan="3">备注</td><td colspan="10"></td></tr>
</table>

测试员：　　核验员：　　测试日期：　　年　月　日　建议再测日期：　年　月　日

共　页　第　页

B.2　配杯式均温块廉金属偶检定炉轴向/径向温差测试记录

<table>
<tr><td colspan="3">委托方</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">标准器名称</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">设备名称</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">型号及编号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">型号</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">电测仪器</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">编号</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">型号及编号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">制造厂</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">标准器证书及有效期</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">测试依据</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">温度/相对湿度</td><td colspan="3">℃；　　%</td></tr>
<tr><td colspan="3">测试温度</td><td>℃</td><td>恒温等待时间</td><td>min</td><td>测试地点</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="10">轴向</td></tr>
<tr><td colspan="10">均温块底部在检定炉轴向坐标的位置：</td></tr>
<tr><td colspan="3">移动偶在均温块轴向坐标位置</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr>
<tr><td rowspan="6">实测值 mV</td><td rowspan="2">固定偶（e_{fi}）读数</td><td>第一次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>第二次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">平均值（$\overline{e}_{fi}$）</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">移动偶（e_{mi}）读数</td><td>第一次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>第二次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">平均值（$\overline{e}_{mi}$）</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">轴向温差（Δt_i）/℃</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

测试员：　　核验员：　　测试日期：　　年　月　日　建议再测日期：　　年　月　日

续表

<table>
<tr><td colspan="5">径向</td></tr>
<tr><td colspan="3">移动偶在均温块底部径向
同一截面上的位置</td><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td></tr>
<tr><td rowspan="6">实测值
mV</td><td rowspan="2">固定偶
（e_{fi}）读数</td><td>第一次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>第二次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">平均值（$\overline{e}_{fi}$）</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">移动偶
（e_{mi}）读数</td><td>第一次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>第二次测量</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">平均值（$\overline{e}_{mi}$）</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">径向温差（$\Delta t_{max-min}$）/℃</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">备注</td><td colspan="4">固定偶在 o 点固定不动，移动偶在 a 点至 d 点之间移动</td></tr>
</table>

测试员：　　核验员：　　测试日期：　　年　月　日　建议再测日期：　　年　月　日

共　页　第　页

B.3　配孔式均温块廉金属偶检定炉轴向/径向温差测试记录

委托方				标准器名称				
设备名称				型号及编号				
型号				电测仪器				
编号				型号及编号				
制造厂				标准器证书及有效期				
测试依据				温度/相对湿度			℃　　%	
测试温度	℃	恒温时间	min	测试地点				
轴向								
均温块底部在检定炉轴向坐标的位置：								
移动偶在均温块轴向坐标位置		0	1	2	3	4	5	6
实测值mV	固定偶（e_{fi}）读数	第一次测量						
		第二次测量						
	平均值（$\overline{e}_{fi}$）							
	移动偶（e_{mi}）读数	第一次测量						
		第二次测量						
	平均值（$\overline{e}_{mi}$）							
轴向温差（Δt_i）/℃								

测试员：　　核验员：　　测试日期：　　年　月　日　建议再测日期：　　年　月　日

共　页　第　页

续表

径向								
移动偶在均温块孔中位置			*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
实测值 mV	固定偶（e_{fi}）读数	第一次测量						
		第二次测量						
	平均值（$\overline{e}_{fi}$）							
	移动偶（e_{mi}）读数	第一次测量						
		第二次测量						
	平均值（$\overline{e}_{mi}$）							
径向温差（$\Delta t_{max-min}$）/℃								
备注			固定偶在中心孔固定不动，移动偶在 *a* 至 *f* 孔之间移动					

测试员：　　核验员：　　测试日期：　　年　月　日　建议再测日期：　　年　月　日

共　页　第　页

B.4　多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉轴向/径向温差测试记录

委托方				标准器名称						
设备名称				型号及编号						
型号				电测仪器						
编号				型号及编号						
制造厂				标准器证书及有效期						
测试依据				温度/相对湿度						
测试温度	℃	恒温时间	min	测试地点						
轴向										
移动偶在检定炉轴向坐标位置	−5	−4	−3	−2	−1	0	+1	+2	+3	+4	+5
实测值 mV	固定偶（e_{fi}）读数	第一次测量										
		第二次测量										
	平均值（$\overline{e}_{fi}$）											
	移动偶（e_{mi}）读数	第一次测量										
		第二次测量										
	平均值（$\overline{e}_{mi}$）											
轴向温差（Δt_i）/℃											

测试员：　　核验员：　　测试日期：　　年　月　日　建议再测日期：　　年　月　日

续表

径向						
移动偶在径向同一截面上的位置			*a*	*b*	*c*	*d*
实测值 mV	固定偶（e_{fi}）读数	第一次测量				
		第二次测量				
	平均值（$\overline{e}_{fi}$）					
	移动偶（e_{mi}）读数	第一次测量				
		第二次测量				
	平均值（$\overline{e}_{mi}$）					
径向温差（$\Delta t_{max-min}$）/℃						
备注			固定偶在 *o* 点固定不动，移动偶在 *a* 点至 *d* 点之间移动			

测试员：　　核验员：　　测试日期：　　年　月　日　建议再测日期：　　年　月　日

共　页　第　页

附录 C

测试报告内页参考格式

C.1　热电偶检定炉轴向温度梯度测试报告内页参考格式 1

测试结果

贵金属偶检定炉在_____℃时的轴向温度梯度									
位置 （10 mm）	−4	−3	−2	−1	0	+1	+2	+3	+4
相邻两点 温差/℃	——								——
在检定炉轴向坐标　　～　　范围内，轴向温度梯度为：　　℃/10 mm； 扩展不确定度 U=　　℃ ，k=2									

说明：

1　0 位置为检定炉轴向几何中心；

2　测试前恒温等待时间_____ min。

C.2　热电偶检定炉轴向/径向温差测试报告内页参考格式 2

测试结果

1. 配均温块廉金属偶检定炉在_____℃时各位置和 0 位置的温差：						
位置 （10 mm）	1	2	3	4	5	6
温差/℃						
在检定炉均温块底部至　　mm 范围内，轴向温差为：　　℃； 扩展不确定度 U=　　℃ ，k=2。						
2. 检定炉在_____℃时的径向温差为：　　℃； 扩展不确定度 U=　　℃，k=2。						

说明：

1　0 位置为均温块底部；

2　均温块底部在检定炉轴向坐标位置：_____；

3　测试前恒温等待时间_____ min。

C.3　热电偶检定炉轴向/径向温差测试报告内页参考格式3

测试结果

<table>
<tr><td colspan="11">1. 多段控温检定炉和不配均温块廉金属偶检定炉在_____℃时轴向各位置和0位置温差</td></tr>
<tr><td>位置
（10 mm）</td><td>−5</td><td>−4</td><td>−3</td><td>−2</td><td>−1</td><td>+1</td><td>+2</td><td>+3</td><td>+4</td><td>+5</td></tr>
<tr><td>温差
℃</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="11">在检定炉轴向坐标　　～　　范围内，轴向温差为：　　℃；
扩展不确定度U=　　℃，k=2。</td></tr>
<tr><td colspan="11">2. 检定炉在_____℃时的径向温差为：　　℃；
扩展不确定度U=　　℃，k=2。</td></tr>
</table>

说明：

1　0位置为检定炉轴向几何中心；

2　测试前恒温等待时间_____ min 。

附录 D

热电偶检定炉温度场测量不确定度评定示例

D.1　热电偶检定炉轴向温度梯度测量不确定度评定示例

D.1.1　测量方法

用两支一等标准铂铑 10-铂热电偶，其中一支作为移动偶，在检定炉轴向规定位置间移动；另一支作为固定偶，固定于轴向规定位置。在 1 000 ℃时，分别测量两测试偶相应位置点的热电动势值。通过公式计算检定炉轴向间隔 10 mm 距离两相邻测试点的温差来表示温度梯度。

D.1.2　测量模型

用检定炉轴向间隔 10 mm 距离两相邻测试点的温差来表示温度梯度。

$$\delta t_i=\frac{(\overline{e}_{mi}-\overline{e}_{fi})-[\overline{e}_{m(i-1)}-\overline{e}_{f(i-1)}]}{S(t)}\quad(i=1,2,\cdots,10)\tag{D.1}$$

由公式（D.1）可转化为

$$\delta t_i=\frac{[\overline{e}_{mi}-\overline{e}_{m(i-1)}]-[\overline{e}_{fi}-\overline{e}_{f(i-1)}]}{S(t)}\quad(i=1,2,3,\cdots,10)\tag{D.2}$$

式中：

δt_i ——检定炉轴向间隔 10 mm 距离两相邻测试点的温差，℃；

$\overline{e}_{mi}$ ——移动偶在轴向第 i 位置实测值平均值，mV；

$\overline{e}_{m(i-1)}$ ——移动偶在轴向第（$i-1$）位置实测值平均值，mV；

$\overline{e}_{fi}$ ——固定偶对应移动偶在轴向第 i 位置时刻实测值平均值，mV；

$\overline{e}_{f(i-1)}$ ——固定偶对应移动偶在第（$i-1$）位置时刻实测值平均值，mV；

$S(t)$ ——标准偶在测量点的微分热电动势值（标准铂铑 10-铂热电偶在 1 000 ℃时的微分电动势 0.011 54 mV/℃。

将电势值转化成温度值，式（D.2）可写为：

$$\delta t_i=\Delta t_{mi(i-1)}-\Delta t_{fi(i-1)}\quad(i=1,2,3,\cdots,10)\tag{D.3}$$

式中：

$\Delta t_{mi(i-1)}$——移动偶在轴向间隔 10 mm 距离两相邻测试点的温差，℃；

$\Delta t_{fi(i-1)}$ ——固定偶对应移动偶在轴向间隔 10 mm 距离两相邻测试点的温差，℃。

D.1.3　合成标准不确定度计算公式

由式（D.3），得

$$\text{灵敏系数 } C_1=\frac{\partial\delta t_i}{\partial\Delta t_{mi(i-1)}}=1$$

$$\text{灵敏系数 } C_2=\frac{\partial\delta t_i}{\partial\Delta t_{fi(i-1)}}=-1$$

则合成标准不确定度为

$$u_c=\sqrt{u_1^2+u_2^2}\tag{D.4}$$

D.1.4　输入量标准不确定度的评定

D.1.4.1　输入量 $\Delta t_{mi(i-1)}$（移动偶温差）的标准不确定度 u_1

a）移动偶测量重复性引入的标准不确定度 $u_{1.1}$

测量时，由于移动偶的不稳定性、炉温波动、测量方法引起的测量结果具有分散性，移动偶在 1 000 ℃重复测量 10 次，用下式计算实验标准偏差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2}{n-1}}$$

得到：$s=0.079$ ℃，测量时，测量结果取两次测量的平均值，则：

$$u_{1.1}=0.079\ ℃/\sqrt{2}\approx 0.056\ ℃$$

b）电测设备测量移动偶引入的标准不确定度 $u_{1.2}$

由于用数字电压表测量移动偶的热电动势值，在极短的时间内，其主要影响来自于数字电压表的短期稳定性。本规范选用分辨力为 0.1 μV 的 2182 型数字电压表，其短期稳定性影响估计值为 0.3μV，按均匀分布处理，则：

$$u_{1.2}=0.3\ \mu V/(11.54\ \mu V/℃\times\sqrt{3})\approx 0.015\ ℃$$

c）测量移动偶转换开关寄生电势引入的标准不确定度 $u_{1.3}$

测量时，转换开关寄生电势≤0.4 μV，按均匀分布处理，则：

$$u_{1.3}=0.4\ \mu V/(11.54\ \mu V/℃\times\sqrt{3})\approx 0.020\ ℃$$

d）两次测量位置的定位准确性引入的标准不确定度 $u_{1.4}$

移动偶来回移动测量，第 1 次和第 2 次测量时位置的不一致会引起两次测量结果有差异，最大差值估计值不大于 1 μV，按均匀分布处理，则：

$$u_{1.4}=1\ \mu V/(11.54\ \mu V/℃\times\sqrt{3})\approx 0.050\ ℃$$

e）移动偶电极不均匀性引入的标准不确定度 $u_{1.5}$

由于移动偶测量时处于有温度梯度的温度场中，电极不均匀会产生一个很小的影响电势，其值估计为±1 μV，按均匀分布处理，则：

$$u_{1.5}=1\ \mu V/(11.54\ \mu V/℃\times\sqrt{3})\approx 0.050\ ℃$$

D.1.4.2　固定偶温差 $\Delta t_{fi(i-1)}$ 的标准不确定度 u_2

a）固定偶测量重复性引入的标准不确定度 $u_{2.1}$

测量时，由于固定偶的不稳定性、炉温波动、测量方法引起的测量结果具有分散性，在 1 000 ℃等精度测量 10 次，用下式计算实验标准偏差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2}{n-1}}$$

得到：$s=0.038$ ℃，测量时，测量结果取两次测量的平均值，则：

$$u_{2.1}=0.038\ ℃/\sqrt{2}\approx 0.027\ ℃$$

b）电测设备测量固定偶引入的标准不确定度 $u_{2.2}$

电测设备测量固定偶的影响与 D.1.4.1.b）情况相同，则：

$$u_{2.2}=u_{1.2}=0.015\ ℃$$

c）测量固定偶转换开关寄生电势引入的标准不确定度 $u_{2.3}$

转换开关寄生电势影响与 D.1.4.1.c）的情况相同，则：

$$u_{2.3}=u_{1.3}=0.020\ ℃$$

D.1.5　标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 D.1。

表 D.1　标准不确定度分量一览表

序号	标准不确定度符号	来源	分布	标准不确定度值/℃
1	$u_{1.1}$	移动偶测量重复性	——	0.056
2	$u_{1.2}$	电测设备影响	均匀	0.015
3	$u_{1.3}$	转换开关影响	均匀	0.020
4	$u_{1.4}$	测量位置影响	均匀	0.050
5	$u_{1.5}$	移动偶不均匀性	均匀	0.050
6	$u_{2.1}$	固定偶测量重复性	——	0.027
7	$u_{2.2}$	电测设备影响	均匀	0.015
8	$u_{2.3}$	转换开关影响	均匀	0.020

D.1.6　合成标准不确定度

假设输入量 $\Delta t_{\mathrm{m}i(i-1)}$、$\Delta t_{\mathrm{f}i(i-1)}$ 的不确定度互不相关、彼此独立，则：

$$u_{\mathrm{c}}=\sqrt{u_{1.1}^2+u_{1.2}^2+u_{1.3}^2+u_{1.4}^2+u_{1.5}^2+u_{2.1}^2+u_{2.2}^2+u_{2.3}^2}=0.101\ ℃$$

D.1.7　扩展不确定度

取包含因子 $k=2$，则：

$$U=ku_{\mathrm{c}}=2\times0.101\ ℃\approx0.21\ ℃。$$

D.2　热电偶检定炉径向温差测量不确定度评定示例

D.2.1　测试方法

选用两支一等标准铂铑 10-铂热电偶，其中一支作为移动偶，在热电偶检定炉径向规定位置移动；另一支作为固定偶，固定于径向规定位置不动。在 1 000 ℃时，分别测量两测试偶相应位置点的热电动势值。通过公式计算检定炉径向温差。

D.2.2　测量模型

$$\Delta t_{\mathrm{max\text{-}min}}=\frac{\max(\overline{e}_{\mathrm{m}i}-\overline{e}_{\mathrm{f}i})-\min(\overline{e}_{\mathrm{m}j}-\overline{e}_{\mathrm{f}j})}{S(t)}\quad(i,j=a,b,c,d,\cdots)\qquad(\mathrm{D.5})$$

式中：

$\Delta t_{\mathrm{max\text{-}min}}$——径向温差，℃；

$\overline{e}_{\mathrm{m}i}$，$\overline{e}_{\mathrm{m}j}$——移动偶在周向第 i、第 j 位置实测值平均值，mV；

$\overline{e}_{\mathrm{f}i}$，$\overline{e}_{\mathrm{f}j}$——固定偶对应移动偶在第 i、第 j 位置时刻的实测值平均值，mV；

$S(t)$　——标准偶在测试点的微分热电动势值，mV/℃。

将电势值转化成温度值，公式（D.6）可写为

$$\Delta t_{\text{max-min}} = \Delta t_{i\max} - \Delta t_{j\min} \tag{D.6}$$

式中：

$\Delta t_{i\max}$——移动偶在径向 i 位置与固定偶在对应 i 位置时刻温差的最大值，℃；

$\Delta t_{j\min}$——移动偶在径向 j 位置与固定偶在对应 j 位置时刻温差的最小值，℃。

D.2.3　合成标准不确定度计算公式

由式（D.6），得

$$\text{灵敏系数 } C_1 = \frac{\partial \Delta t_{\text{max-min}}}{\partial \Delta t_{i\max}} = 1,$$

$$\text{灵敏系数 } C_2 = \frac{\partial \Delta t_{\text{max-min}}}{\partial \Delta t_{j\min}} = -1 \tag{D.7}$$

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \tag{D.8}$$

D.2.4　输入量标准不确定度的评定

D.2.4.1　输入量 $\Delta t_{i\max}$（移动偶和固定偶温差最大值）的标准不确定度 u_1

a）移动偶和固定偶温差最大值测量重复性引入的标准不确定度 $u_{1.1}$

测量移动偶和固定偶温差最大值时，由于移动偶、固定偶的不稳定性、炉温波动、参考端、测量方法引起的测量结果具有分散性，在 1 000 ℃时重复测量 10 次，计算每次的差值 x_i，用下式计算实验标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

得到：s=0.078 ℃测量时，测量结果取两次测量的平均值，故 m=2，则：

$$u_{1.1} = 0.078\ ℃/\sqrt{2} \approx 0.055\ ℃$$

b）电测设备测量移动偶和固定偶温差最大值引入的标准不确定度 $u_{1.2}$

由于用数字电压表测量移动偶和固定偶测量移动偶和固定偶温差最大值，在极短的时间内，其主要影响来自于数字电压表的短期稳定性。本规范选用分辨力为 0.1 μV 的 2182 型数字电压表，其短期稳定性影响估计值为 0.3 μV，按均匀分布处理，则：

$$u_{1.2} = 0.3\ \mu V/(11.54\ \mu V/℃ \times \sqrt{3}) \approx 0.015\ ℃$$

c）测量移动偶和固定偶温差最大值时转换开关寄生电势引入的标准不确定度 $u_{1.3}$

测量时，转换开关寄生电势 0.4 μV，按均匀分布处理，则：

$$u_{1.3} = 0.4\ \mu V/(11.54\ \mu V/℃ \times \sqrt{3}) \approx 0.020\ ℃$$

D.2.4.2　输入量 $\Delta t_{j\min}$（移动偶和固定偶温差最小值）的标准不确定度 u_2

a）移动偶和固定偶温差最小值测量重复性引入的标准不确定度 $u_{2.1}$

测量移动偶和固定偶温差最小值时，由于移动偶、固定偶的不稳定性、炉温波动、参考端、测量方法引起的测量结果具有分散性，在 1 000 ℃时重复测量 10 次，计算每次的差值 x_i，用下式计算实验标准偏差：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2}{n-1}}$$

得到：$s=0.054$ ℃，测量时，测量结果取两次测量的平均值，故 $m=2$，则：

$$u_{2.1}=0.054\ ℃/\sqrt{2}\approx 0.038\ ℃$$

b）电测设备测量移动偶和固定偶温差最小值引入的标准不确定度 $u_{2.2}$

电测设备测量移动偶和固定偶温差最小值的影响与 D.2.4.1.b）情况相同，则：

$$u_{2.2}=u_{1.2}=0.015\ ℃$$

c）测量移动偶和固定偶温差最小值转换开关寄生电势引入的标准不确定度 $u_{2.3}$

测量移动偶和固定偶温差最小值转换开关寄生电势影响与 D.2.4.1.c）的情况相同，则：

$$u_{2.3}=u_{1.3}=0.020\ ℃$$

D.2.5　标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 D.2。

表 D.2　标准不确定度分量一览表

序号	标准不确定度符号	来源	分布	标准不确定度值/℃
1	$u_{1.1}$	两测试偶温差最大值测量重复性	——	0.055
2	$u_{1.2}$	电测设备影响	均匀	0.015
3	$u_{1.3}$	转换开关影响	均匀	0.020
5	$u_{2.1}$	两测试偶温差最小值测量重复性	——	0.038
6	$u_{2.2}$	电测设备影响	均匀	0.015
7	$u_{2.3}$	转换开关影响	均匀	0.020

D.2.6　合成标准不确定度

假设输入量 $\Delta t_{i\max}$、$\Delta t_{j\min}$的不确定度互不相关、彼此独立，则：

$$u_c=\sqrt{u_{1.1}^2+u_{1.2}^2+u_{1.3}^2+u_{2.1}^2+u_{2.2}^2+u_{2.3}^2}=0.076\ ℃$$

D.2.7　扩展不确定度

取包含因子 $k=2$，则：

$$U=ku_c=2\times 0.076\ ℃\approx 0.16\ ℃$$