



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—20XX

(-196~0) °C 开口型低温恒温器校准规范

Calibration Specification of (-196~0) °C Open-type Cryostats

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

(-196~0)°C开口型低温恒温器校准规范

Calibration Specification of (-196~0)°C Open-type Cryostats

归口单位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：

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：

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语与计量单位.....	(1)
3.1 术语.....	(1)
3.2 计量单位.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 测量标准及其他设备.....	(3)
7 校准项目与校准方法.....	(3)
7.1 校准项目.....	(3)
7.2 校准前准备.....	(3)
7.3 校准方法.....	(3)
8 校准结果表达.....	(5)
9 复校时间间隔.....	(6)
附录 A 开口型低温恒温器校准记录参考格式.....	(7)
附录 B 开口型低温恒温器校准证书内页参考格式.....	(9)
附录 C 开口型低温恒温器孔间温差校准结果不确定度评定示例.....	(10)
附录 D 开口型低温恒温器温度波动性校准结果不确定度评定示例.....	(14)

引 言

本规范是以JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范为首次发布。

(-196~0) °C开口型低温恒温器校准规范

1 范围

本规范适用于温度范围(-196~0) °C的开口型低温恒温器的校准，其他类似设备也可参照本规范进行校准。

2 引用文件

JJG 160—2007 标准铂电阻温度计

JJF 1007—2007 温度计量名词术语及定义

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 术语与计量单位

3.1 术语

3.1.1 低温恒温器 Cryostat

具有均匀稳定温度场，用于低温温度计比对、校准的实验装置。常以液氮和液氦作为冷源，多用于-70 °C以下温区。常见的有低温比较槽、氮点比较槽等。

[JJF 1007—2007，接触测温 4.75]

3.1.2 开口型低温恒温器 open-type Cryostat

温度计孔与外界环境相通的低温恒温器。

3.1.3 孔间温差 temperature uniformity of the wells

开口型低温恒温器达到规定稳定时间后，不同温度计孔之间的最大温度差值。

3.1.4 温度波动性 temperature volatility

开口型低温恒温器达到规定稳定时间后，其温度计孔在一定时间间隔内，温度变化的最大幅度。

3.2 计量单位

温度计量单位为 °C，mK。

4 概述

开口型低温恒温器（以下简称恒温器）广泛应用于生物实验、医药、科学研究领域，是低温材料物性测试、低温医疗研究、低温传感器校准标定等过程中的重要设备。恒温器是采用液氮或低温制冷机为冷源，温度计孔与外界环境相通，构建准确、稳定的低温环境，

使样品或被校物品处在恒定的或可按需求变化的低温场，并对其进行物理量测量的装置。通常由冷源（液氮杜瓦）、恒温室、温度计孔、温度控制系统等组成，典型结构示意图如图 1 所示。

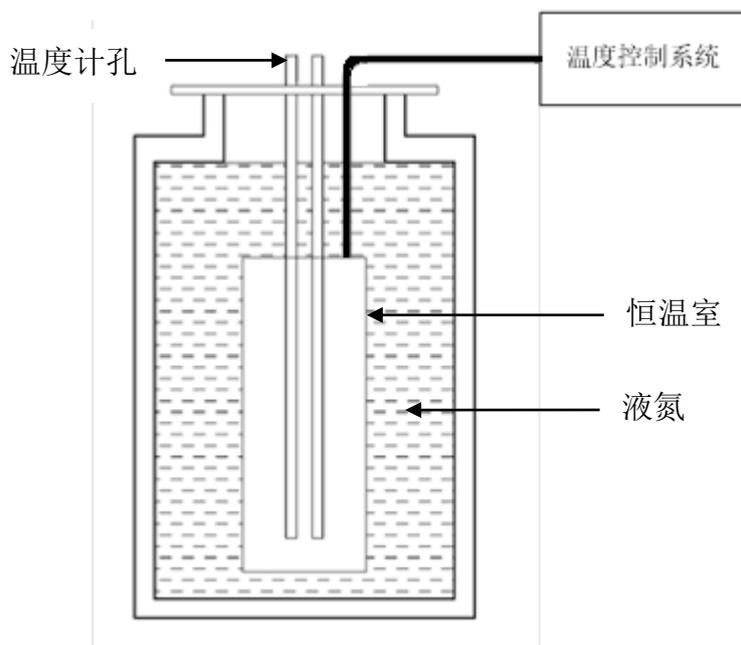


图 1 恒温器典型结构示意图

5 计量特性

(-196~0)℃恒温器的计量特性见表 1。

表 1 恒温器技术指标

计量特性	技术指标
孔间温差	(1~20)mK
温度波动性	(2.5~20)mK/10min
注：以上所有指标不用于合格性判定，仅供参考。	

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：15℃~30℃；

相对湿度：不大于 85%；

校准时，恒温器周围应避免其它冷、热源影响，保持测量环境通风换气，避免液氮蒸发造成惰性气体聚集。环境条件还应满足电测设备的正常工作要求。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备技术指标要求见表 2。

表 2 测量标准及其他设备技术指标

序号	名称	技术要求	用途	备注
1	标准铂电阻温度计	测量范围： (-196~0.01) °C 准确度等级：一等标准	标准器	应不少于两支
2	测温电桥	测量范围：(0.1~100) Ω 相对误差不大于 2×10^{-6} 分辨力：0.00001 Ω 或 0.0001 °C 具有电流保持、自动采集和存储功能，采集速率不大于 10s	电测设备	如需测量更高精度，可外接标准电阻

校准时可选用表 2 所列的测量标准，也可以选用符合要求的其他测量标准。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

孔间温差、温度波动性。

7.2 校准前准备

7.2.1 校准前应对恒温器液面进行检查，液面高度应满足恒温器使用说明书要求。

7.2.2 校准前应对电测设备进行预热，预热时间不少于 30min 或满足电测设备使用说明书要求。

7.3 校准方法

7.3.1 校准点

校准点应包括恒温器温度范围上限、下限温度点，也可根据用户要求选择校准的温度点。

7.3.2 孔间温差校准

7.3.2.1 校准过程

a) 将两支标准铂电阻温度计分别插入恒温器两个测量孔底部，温度计 A 作为固定温度计，固定在孔 1，温度计 B 作为移动温度计，插入孔 2，常见的四孔恒温器示意图如图 2。待恒温器达到设定温度后至少稳定 30min 或恒温器使用说明书要求的时间，才可以读数。开始读数时，恒温器实际温度（以固定温度计为准）与测试点温度偏离应不超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。按照固定温度计→移动温度计→移动温度计→固定温度计顺序，用测温电桥测量两支温度

计的值，测量两个循环，记录四次数据，分别记录为 t_{11} 、 t_{21} 、 t_{22} 、 t_{12} 、 t_{13} 、 t_{23} 、 t_{24} 、 t_{14} 。

固定温度计测量平均值： $\overline{t_{1A-2}} = (t_{11} + t_{12} + t_{13} + t_{14})/4$ 。

移动温度计测量平均值： $\overline{t_{2B}} = (t_{21} + t_{22} + t_{23} + t_{24})/4$ 。

则孔 1 与孔 2 的测量差值为： $\Delta t_{1A-2B} = (\overline{t_{1A-2}} - \overline{t_{2B}})$ 。

注：1. t_{11} 、 t_{21} 、……、 t_{14} 可取电桥测量平均值。

b) 保持温度计 A 固定在孔 1，将温度计 B 依次插入孔 3、孔 4，按照上述方法分别得到孔 1 与孔 3、孔 4 的测量差值 $\Delta t_{1A-3B} = (\overline{t_{1A-3}} - \overline{t_{3B}})$ 、 $\Delta t_{1A-4B} = (\overline{t_{1A-4}} - \overline{t_{4B}})$ 。

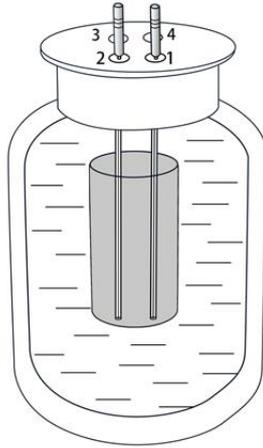


图 2 四孔恒温器示意图

c) 上述测量完成后，将温度计 B 固定在孔 4，移动温度计 A，将其分别插入孔 2、孔 3 中，稳定后，按照 a) 的测量方法，得到孔 4 与孔 2、孔 4 与孔 3 的测量差值 $\Delta t_{4B-2A} = (\overline{t_{4B-2}} - \overline{t_{2A}})$ 、 $\Delta t_{4B-3A} = (\overline{t_{4B-3}} - \overline{t_{3A}})$ 。

d) 上述测量完成后，将温度计 A 固定在 3 孔，温度计 B 插入孔 1 中，稳定后，按照 a) 的测量方法，得到孔 3 与孔 1 的测量差值 $\Delta t_{3A-1B} = (\overline{t_{3A-1}} - \overline{t_{1B}})$ 。

注：具有其他数量温度计孔的恒温器需参照上述方法进行孔间温差校准。

7.3.2.2 数据处理

根据 7.3.2.1 测量结果计算各孔之间的温度差值。

孔 2 与孔 3 的温度差值：

$$\Delta t_{2-3} = (\Delta t_{1A-3B} - \Delta t_{1A-2B}) \quad (1)$$

式中：

Δt_{2-3} —— 孔 2 与孔 3 之间的温差，mK；

Δt_{1A-3B} —— 温度计 A 固定在 1 孔测量得到的孔 1 与孔 3 的温度差值，mK；

Δt_{1A-2B} ——温度计 A 固定在 1 孔测量得到的孔 1 与孔 2 的温度差值，mK。

以此类推，得到孔 2 与孔 4、孔 3 与孔 4、孔 1 与孔 2、孔 1 与孔 3、孔 4 与孔 1 的温度差值：

$$\Delta t_{2-4} = (\Delta t_{1A-4B} - \Delta t_{1A-2B})、\Delta t_{3-4} = (\Delta t_{1A-4B} - \Delta t_{1A-3B})、\Delta t_{1-2} = (\Delta t_{1A-4B} + \Delta t_{4B-2A})、$$

$$\Delta t_{1-3} = (\Delta t_{1A-4B} + \Delta t_{4B-3A})、\Delta t_{4-1} = (\Delta t_{4B-3A} + \Delta t_{3A-1B})。$$

孔间温差：

$$\Delta t_u = \max(|\Delta t_{1-2}|, |\Delta t_{1-3}|, |\Delta t_{2-3}|, |\Delta t_{2-4}|, |\Delta t_{3-4}|, |\Delta t_{4-1}|) \quad (2)$$

式中：

Δt_u ——恒温器孔间温差，mK；

Δt_{1-2} 、 Δt_{1-3} 、 Δt_{2-3} 、 Δt_{2-4} 、 Δt_{3-4} 、 Δt_{4-1} ——分别为孔 1 与孔 2、孔 1 与孔 3、孔 2 与孔 3、孔 2 与孔 4、孔 3 与孔 4、孔 4 与孔 1 的温度差值，mK。

7.3.3 温度波动性校准

7.3.3.1 校准过程

将一支标准铂电阻温度计插入恒温器任一温度计孔底部，待恒温器达到设定温度后至少稳定 30min 或恒温器使用说明书要求的时间，才可以读数。开始读数时，恒温器实际温度（以标准铂电阻温度计为准）与测试点温度偏离应不超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。用测温电桥测量该标准铂电阻计 10min 内（采样频率不大于 10s）的温度值，至少记录 61 个数据，取其最大值和最小值之差为恒温器的温度波动性。

7.3.3.2 数据处理

$$\Delta t_f = t_{\max} - t_{\min} \quad (3)$$

式中：

Δt_f ——温度波动性，mK；

t_{\max} ——10min 内标准铂电阻温度计读数的最大温度值， $^\circ\text{C}$ ；

t_{\min} ——10min 内标准铂电阻温度计读数的最小温度值， $^\circ\text{C}$ 。

8 校准结果表达

经校准的恒温器出具校准证书，校准证书至少应包括以下信息：

- 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；
- 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) 校准人和核验人签名；
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校间隔时间的长短是恒温器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定，因此，用户可根据实际使用情况确定复校时间间隔。建议复校时间间隔最长不超过一年。

附录 A

开口型低温恒温器原始记录参考格式

委托单位				客户联络信息			
仪器名称				制造厂			
型号				出厂编号			
标准铂电阻温度计		型号		出厂编号		测量范围	
		准确度等级 /最大允许误差 /不确定度		证书编号		有效期至	
		型号		出厂编号		测量范围	
		准确度等级 /最大允许误差 /不确定度		证书编号		有效期至	
测温电桥		型号		出厂编号		测量范围	
		准确度等级 /最大允许误差 /不确定度		证书编号		有效期至	
校准依据							
校准日期		年	月	日	温度	湿度	
校准点/°C							
温度计孔		1	2	1	3		
读数/°C	1						
	2						
	3						
	4						
平均值/°C							
固定温度计与移动 温度计测量差值		$t_{1A-2B} =$			$t_{1A-3B} =$		
温度计孔		1	4	4	2		
读数/°C	1						
	2						
	3						
	4						
平均值/°C							
固定温度计与移动 温度计测量差值		$t_{1A-4B} =$			$t_{4B-2A} =$		
温度计孔		4	3	3	1		
读数/°C	1						
	2						
	3						
	4						
平均值/°C							
固定温度计与移动 温度计测量差值		$t_{4B-3A} =$			$t_{3A-1B} =$		
两孔间温度差值/mK		Δt_{2-3}	Δt_{2-4}	Δt_{3-4}	Δt_{1-2}	Δt_{1-3}	Δt_{4-1}
孔间温差/mK							
不确定度 $U (k=2)$ mK							

开口型低温恒温器原始记录参考格式（续）

温度计孔	次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	读数/°C															
	次数	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
	读数/°C															
	次数	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
	读数/°C															
	次数	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
	读数/°C															
	次数	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60			
	读数/°C															
	次数	61														
	读数/°C															
温度波动性/mK																
不确定度 $U(k=2)$ mK																
校准员							核验员						校准日期			

附录 B

开口型低温恒温器校准证书内页参考格式

开口型低温恒温器校准结果：

校准点 ℃	孔间温差 mK	温度波动性 mK/10min	孔间温差校准结果不 确定度 ($k=2$) mK	温度波动性校准结果 不确定度 ($k=2$) mK

以下空白

附录 C

开口型低温恒温器孔间温差校准结果不确定度评定示例

C.1 被校对象：

以测量范围（-196~0）℃采用液氮为冷源的开口型低温恒温器为被校对象。以校准-196℃的孔间温差为例进行校准结果不确定度的分析。

C.2 测量标准及其他设备：

标准铂电阻温度计：测量范围（-196~0）℃，准确度等级：一等标准。

测温电桥：测量范围：（0~100）Ω，相对误差： $\pm 2 \times 10^{-6}$ 。

C.3 测量方法：

将两支标准铂电阻温度计分别插入恒温器两个温度计孔中，温度计 A 作为固定温度计固定在孔 1，温度计 B 作为移动温度计分别插入在孔 2、3、4，稳定后，用测温电桥分别测量两支温度计的温度值，测量两个循环，共四次，取平均值，计算孔 1 与孔 2、3、4 的测量差值。

上述过程完成后，温度计 B 作为固定温度计，固定在孔 4，温度计 A 作为移动温度计，分别插入到孔 2、孔 3，得到孔 4 与孔 2、3 的测量差值。

上述过程完成后，温度计 A 作为固定温度计，固定在孔 3，温度计 B 作为移动温度计，插入到孔 1，得到孔 3 与孔 1 的测量差值。

依据 7.3.2.2 计算各孔之间的温度差值，取绝对值的最大值为恒温器孔间温差。

C.4 测量模型

$$\Delta t_u = \max(|\Delta t_{1-2}|, |\Delta t_{1-3}|, |\Delta t_{1-4}|, |\Delta t_{2-3}|, |\Delta t_{2-4}|, |\Delta t_{3-4}|) \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt_u ——恒温器孔间温差，mK；

Δt_{1-2} 、 Δt_{1-3} 、 Δt_{2-3} 、 Δt_{2-4} 、 Δt_{3-4} 、 Δt_{4-1} ——恒温器各孔的温度差值，mK。

假设 2 孔与 3 孔的差值为最大值，则：

$$\Delta t_u = |\Delta t_{2-3}| \quad (\text{C.2})$$

$$\Delta t_{2-3} = |(\Delta t_{1A-3B} - \Delta t_{1A-2B})| = |(\overline{t_{1A,3}} - \overline{t_{3B}}) - (\overline{t_{1A,2}} - \overline{t_{2B}})| \quad (\text{C.3})$$

式中：

$\overline{t_{1A,2}}$ ——移动温度计 B 在孔 2 时，固定温度计 A 在孔 1 的测量平均值，℃；

$\overline{t_{1A,3}}$ ——移动温度计 B 在孔 3 时，固定温度计 A 在孔 1 的测量平均值，℃；

$\overline{t_{2B}}$ ——移动温度计 B 在孔 2 的测量平均值，℃；

$\overline{t_{3B}}$ ——移动温度计 B 在孔 3 的测量平均值，℃。

则：

$$\Delta t_u = \left| (\overline{t_{1A,3}} - \overline{t_{3B}}) - (\overline{t_{1A,2}} - \overline{t_{2B}}) \right| = \left| (\overline{t_{1A,3}} - \overline{t_{1A,2}}) - (\overline{t_{3B}} - \overline{t_{2B}}) \right| \quad (\text{C.4})$$

C.5 标准不确定度的评定

不确定度主要来源有：测量重复性引入的不确定度 u_1 ，固定温度计引入的不确定度 u_2 ，移动温度计引入的不确定度 u_3 ，两温度计孔内温度变化不一致性引入的不确定度 u_4 ，测温电桥引入的不确定度 u_5 。

C.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

在-196℃温度校准点，对开口型低温恒温器孔间温差进行 10 次重复测量得到测量结果如表 C-1：

表 C-1 孔间温差测量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
孔间温差 mK	0.6	0.5	0.8	0.6	0.7	0.5	0.3	0.6	0.4	0.9

测量的实验标准差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \overline{\Delta t})^2}{n-1}} = 0.18\text{mK} \quad (\text{C.5})$$

$$u_1 = 0.18\text{mK}$$

C.5.2 固定温度计引入的标准不确定度 u_2

标准铂电阻温度计在短时间内稳定性变化不超过 $\pm 0.2\text{mK}$ ，区间半宽 a 为 0.2mK ，按均匀分布，固定温度计短期漂移引入的不确定度 $u_2 = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12\text{mK}$ 。

C.5.3 移动温度计引入的标准不确定度 u_3

标准铂电阻温度计在短时间内稳定性变化不超过 $\pm 0.2\text{mK}$ ，区间半宽 a 为 0.2mK ，按均匀分布，移动温度计短期漂移引入的不确定度 $u_3 = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12\text{mK}$ 。

C.5.4 两温度计孔内温度变化不一致性引入的标准不确定度 u_4

两支标准铂电阻温度计分别插在两个孔内，两个孔内温度变化存在不一致的可能，估计不超过 $\pm 0.5\text{mK}$ ，区间半宽 a 为 0.5mK ，按均匀分布， $u_4 = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29\text{mK}$ 。

C.5.5 测温电桥引入的不确定度 u_5

测温电桥引入的不确定度主要有：测温电桥相对误差引入的标准不确定度和测温电桥稳定性引入的标准不确定度。

根据测温电桥的技术指标，在 -196°C ($5\ \Omega$) 时相对误差为 $\pm 2 \times 10^{-6}$ ，区间半宽 a 为 2×10^{-6} ，测温电桥的不确定度转换为温度，计算如下：

$$\Delta(t) = \frac{R \times \delta}{R_p \times (dW/dt)_t} \quad (\text{C.6})$$

式中： $\Delta(t)$ 为测温电桥测量标准铂电阻的温度误差，单位为 $^\circ\text{C}$ ； R 、 R_p 分别为标准铂电阻温度计在 -196°C 和水三相点的电阻值，单位为 Ω ； δ 为测温电桥的相对误差； $(dW/dt)_t$ 为标准铂电阻温度计的电阻比值在各校准温度点随温度变化率，单位为 $^\circ\text{C}^{-1}$ 。按均匀分布，

$$\text{则： } u_5 = \frac{2 \times 10^{-6} \times 5}{25 \times 0.004 \times \sqrt{3}} \approx 0.06\text{mK}。$$

由于测温电桥短时间内稳定性变化不超过 0.1mK ，且同时测量两支标准铂电阻温度计示值，孔间温差最后计算出现同一支标准铂电阻温度计示值相减，可以抵消稳定性带来的影响，因此忽略不计。

C.6 标准不确定度分量汇总表见表 C-2

表 C-2 恒温器孔间温差标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	评定方法	分布	标准不确定度 u_i/mK
u_1	测量重复性	A	正态	0.18
u_2	固定温度计短期稳定性	B	均匀	0.12
u_3	移动温度计短期稳定性	B	均匀	0.12
u_4	两温度计孔内温度变化不一致性	B	均匀	0.29
u_5	测温电桥	B	均匀	0.06

C.7 合成标准不确定度

由于各输入量的不确定度间不相关，所以合成不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = \sqrt{0.18^2 + 0.12^2 + 0.12^2 + 0.29^2 + 0.06^2} \text{ mK} \approx 0.39 \text{ mK}$$

C.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，恒温器孔间温差校准结果的不确定度： $U = k \times u_c \approx 0.8 \text{ mK}$ ， $k=2$ 。

附录 D

开口型低温恒温器温度波动性校准结果不确定度评定示例

D.1 被校对象：

以测量范围（-196~0）℃采用液氮为冷源的开口型低温恒温器为被校对象。以校准-196℃的温度波动性为例进行校准结果不确定度的分析。

D.2 测量标准及其他设备：

标准铂电阻温度计：测量范围（-196~0）℃，准确度等级：一等标准。

测温电桥：测量范围：（0~100）Ω，相对误差： $\pm 2 \times 10^{-6}$ 。

D.3 校准方法：

将一支标准铂电阻温度计插入恒温器任一温度计孔中，稳定后，用测温电桥测量该标准铂电阻计 10min 内（采样频率为 10s）的温度值，取其最大值和最小值之差为恒温器的温度波动性。

D.4 测量模型

$$\Delta t_f = (t_{\max} - t_{\min}) \quad (\text{D.1})$$

式中：

Δt_f —— 温度波动性，mK；

t_{\max} —— 10min 内标准铂电阻温度计读数的最大温度值，℃；

t_{\min} —— 10min 内标准铂电阻温度计读数的最小温度值，℃。

D.5 各输入量的标准不确定度分量评定

不确定度来源：被校对象测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ，标准铂电阻温度计短期稳定性引入的不确定度分量 u_2 ，测温电桥短期稳定性引入的不确定度分量 u_3 。

D.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

在-196℃温度校准点，对恒温器温度波动性进行 10 次重复测量，得到测量结果如表 D-1：

表 D-1 温度波动性测量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
温度波动性 mK	1.4	1.2	1.5	1.7	1.3	1.5	1.9	1.6	1.6	1.5

测量的实验标准差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_f - \overline{\Delta t_f})^2}{n-1}} = 0.22 \quad (\text{D.4})$$

$$u_1 = 0.22 \text{mK}$$

D.5.2 标准铂电阻温度计短期稳定性引入的标准不确定度 u_2

标准铂电阻温度计的短期稳定性（如 10min）估计不超过 $\pm 0.2\text{mK}$ ，区间半宽 a 为 0.2mK ，按均匀分布，则

$$u_2 = 0.2 / \sqrt{3} = 0.12 \text{mK}$$

D.5.3 测温电桥短期稳定性引入的标准不确定度 u_3

测温电桥短期稳定性估计不超过 0.1mK ，且同时测量两支标准铂电阻温度计示值，孔间温差最后计算出现同一支标准铂电阻温度计示值相减，可以抵消稳定性带来的影响，因此忽略不计， $u_3 = 0$ 。

D.6 标准不确定度分量汇总表见表 D-2

表 D-2 恒温器温度波动性标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	评定方法	分布	标准不确定度 u_i / mK
u_1	测量重复性	A	正态	0.22
u_2	标准铂电阻温度计短期稳定性	B	均匀	0.12

D.7 合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \approx 0.25 \text{mK}$$

D.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，恒温器温度波动性校准结果的不确定度： $U = k \times u_c \approx 0.5 \text{mK}$ ， $k=2$ 。