

中华人民共和国工业和信息化部 有色金属计量技术规范

JJF(有色金属) XXXX—2024

冲击试验低温槽校准规范

(送审稿)

Calibration Specification of Cryogenic Baths for Impact Tests

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

冲击试验低温槽校准规范

Calibration Specification of Cryogenic Baths for
Impact Tests

JJF（有色金属）XXXX—2024

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西安汉唐分析检测有限公司

中国石油集团工程材料研究院有限公司

西安摩尔石油工程实验室股份有限公司

广东省阳江市质量计量监督检测所

西南铝业（集团）有限责任公司

中国船舶集团有限公司第七二五研究院

青海大学

本规范委托有色金属行业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 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 测量标准及其他测量设备.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
6.1 校准项目.....	(2)
6.2 校准方法.....	(3)
7 校准结果表达.....	(5)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 校准原始记录参考格式.....	(7)
附录 B 校准证书内页参考格式.....	(9)
附录 C 冲击试验低温槽温度偏差测量结果不确定度评定示例.....	(10)

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。

本规范主要参考标准 GB/T 229-2020《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》、JJF1030-2010《恒温槽技术性能测试规范》。

本规范为首次发布。

冲击试验低温槽校准规范

1 范围

本规范适用于温度范围为（-80℃~+30℃）冲击试验低温槽的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 2019-2022 液体恒温试验设备温度性能测试规范

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 概述

冲击试验低温槽（以下简称低温槽）是以电为能源，以乙醇和防冻液为制冷介质，在某一规定的时间内，通过压缩机制冷。低温槽主要由槽体、制冷装置和温度控制系统组成，结构示意图如图 1 所示。

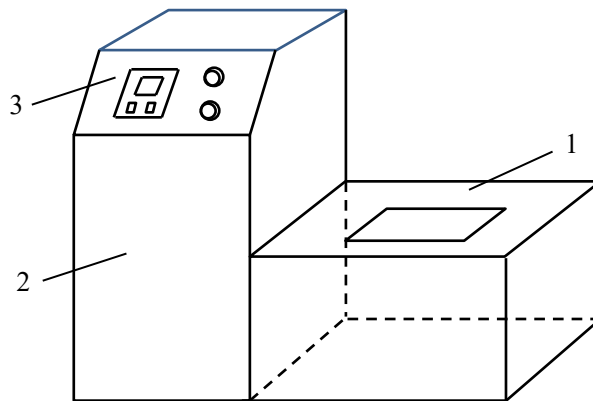


图 1 低温槽结构示意图

1-槽体；2-制冷装置；3-温度控制系统

4 计量特性

计量特性包括温度偏差、温度均匀度和温度波动度，见表 1。

表1 计量特性

试验温度 T	温度偏差	温度均匀度	温度波动度
-80℃~+30℃	±1.0℃	1.0℃	0.5℃

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：（10~35）℃；

湿度： $\leq 80\%RH$ ；

其他条件应满足所用仪器设备的正常使用要求。

5.2 测量标准及其他测量设备

测量标准及其他测量设备技术指标见表2。

表2 测量标准及其他测量设备技术指标

序号	名称	测量范围	技术要求
1	温度传感器	$(-80\sim 300)^\circ\text{C}$	MPE: $\pm (0.15^\circ\text{C} + 0.002 t)$
2	测温仪器	$(-200\sim 800)^\circ\text{C}$	分辨力: 不低于 0.01°C , 不低于 0.02 级

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表3。

表3 校准项目表

序号	校准项目
1	温度偏差
2	温度均匀性
3	温度波动度

6.2 校准方法

6.2.1 校准前的检查

低温槽的外形结构应完好，所配温控器的外形结构应完好，说明功能的文字符号、数字和物理量代号等应符合相应的标准，控温系统应工作正常。

6.2.2 校准点的选择

选择低温槽的最低工作温度、中间工作温度和最高工作温度，也可根据客户要求选择实际的常用温度。

6.2.3 工作空间的确定

设备的工作空间按制造商提供的产品说明书确定。若产品说明书未规定工作空间，则应根据表 4 确定工作空间，但工作空间上表面距离液面不应小于 30 mm。如果加热(制冷)装置位于槽体的底部或侧面，则工作空间的计算应从加热(制冷)装置靠近工作空间的表面开始计算。如槽体具有挡板、隔板等隔离设施，则从挡板、隔板开始计算。

表4 工作空间要求

槽体内尺寸	距底面、液面 (或隔板)	距槽壁 (或挡板、加热器、冷却器)
长方体槽体 ($W \times L \times H$)	$\geq 0.15 H$	$\geq 0.15 W$ 或 $0.15 L$
圆柱体槽体 $D \times H$	$\geq 0.15 H$	$\geq 0.15 D$

注:以操作者正常操作为基点, W 表示槽体左右方向尺寸, L 表示槽体前后方向尺寸, H 表示液体介质液位的高度, D 表示槽体的直径。

6.2.4 测量点的位置

温度传感器布放位置为设备温度性能测试时的测量点位置。当工作空间为长方体时, 温度传感器应布放在工作空间内的角点及几何中心点。当工作空间为圆柱体时, 温度传感器应布放在工作空间平面的象限点及工作空间几何中心点。

当设备工作空间内有置物装置时, 可按实际情况将温度传感器布放在相应位置并用图示说明。温度传感器测量点序号用 1, 2, 3, ……数字表示。

6.2.4.1 当工作空间深度小于 15 cm 时, 温度测量点数量为 5 个, 温度传感器应布放在工作空间 1/2 深度水平面上, 见图 2 所示。

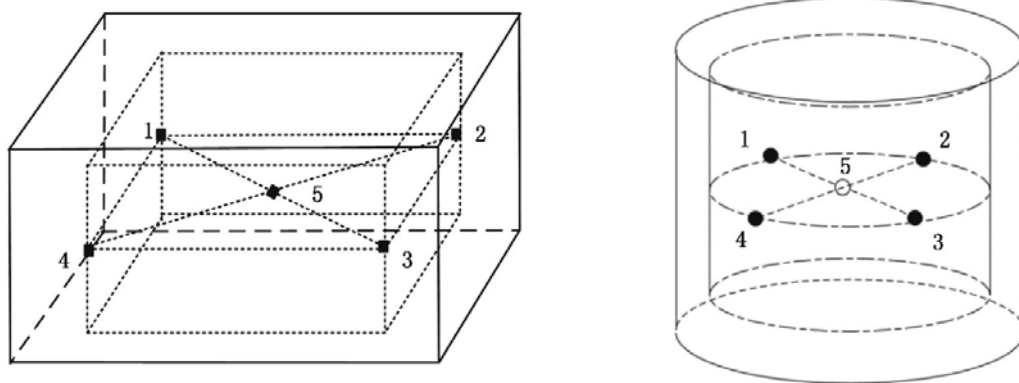


图2 工作空间深度小于 15 cm 时的温度测量点布放示意图

6.2.4.2 当工作空间深度大于 15 cm 时, 温度测量点数量为 9 个, 温度传感器应布放在工作空间上、下水平面及空间几何中心点, 见图 3 所示。

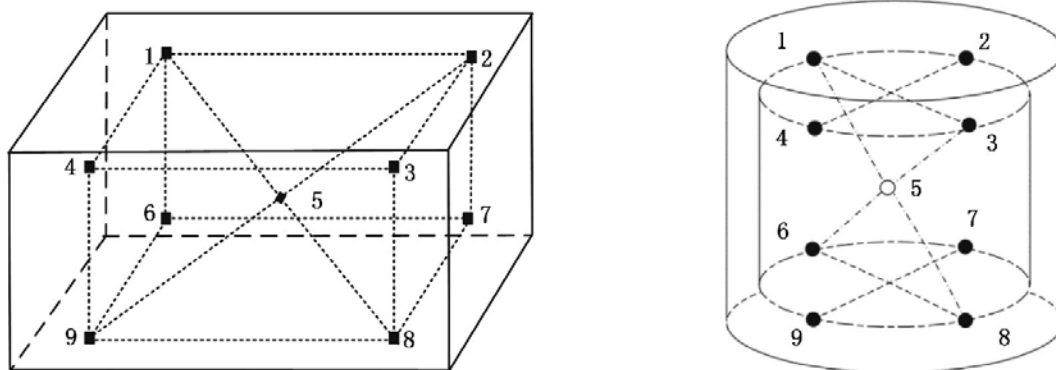


图3 工作空间深度大于 15 cm 时的温度测量点布放示意图

6.2.4.3 当工作空间过小或过大时，可按用户需要或实际情况确定测量点的数量和位置，并用图示说明。

6.2.5 温度的校准

在设备空载条件下进行测试。在确认设备液位正常后，将设备控制温度设定到测试温度，并开启运行设备，待其达到设定温度并处于稳定状态后开始记录各测量点温度。应每 2 min 测量一次，测量过程应包括一个以上的完整温度变化周期，测量时间应在 30 min 以上。

6.2.6 数据处理

6.2.6.1 温度偏差

按公式（1）和公式（2）计算设备的温度上偏差和温度下偏差：

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (1)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (2)$$

式中：

$\Delta t_{\max}$ —设备的温度上偏差，℃；

$\Delta t_{\min}$ —设备的温度下偏差，℃；

$t_{\max}$ —修正后各测量点在规定时间内测得的最高温度，℃；

$t_{\min}$ —修正后各测量点在规定时间内测得的最低温度，℃；

t_s —设备的设定温度，℃。

7.4.2 温度均匀度

按公式（3）计算设备的温度均匀度：

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i \max} - t_{i \min}) / n \quad (3)$$

式中:

Δt_u —设备的温度均匀度, °C ;

$t_{i \max}$ —修正后各测量点在第 i 次测量时测得的最高温度, °C ;

$t_{i \min}$ —修正后各测量点在第 i 次测量时测得的最低温度, °C ;

n —测量次数。

7.4.3 温度波动度

按公式 (4) 计算设备的温度波动度:

$$\Delta t_f = \max(t_{j \max} - t_{j \min}) \quad (4)$$

式中:

Δt_f —设备的温度波动度, °C;

$t_{j \max}$ —修正后测量点 j 在 n 次测量中测得的最高温度, °C;

$t_{j \min}$ —修正后测量点 j 在 n 次测量中测得的最低温度, °C;

j —测量点序号。

7 校准结果表达

校准原始记录参考格式见附录A, 校准证书内页参考格式见附录B。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) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识以及签发日期；
- 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。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。低温槽使用频繁时应适当缩短周期，在使用过程中低温槽经过修理、更换重要部件时应重新校准。

附录 A

校准原始记录参考格式

原始记录编号		证书编号			
委托单位		校准依据			
被校设备信息					
器具名称		出厂编号			
型号/规格		设备编号			
外观检查		制造厂			
准确度等级					
校准地点		环境条件	℃ %RH		
测量标准信息					
标准器名称	标准器型号	编号	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	证书编号	有效期至

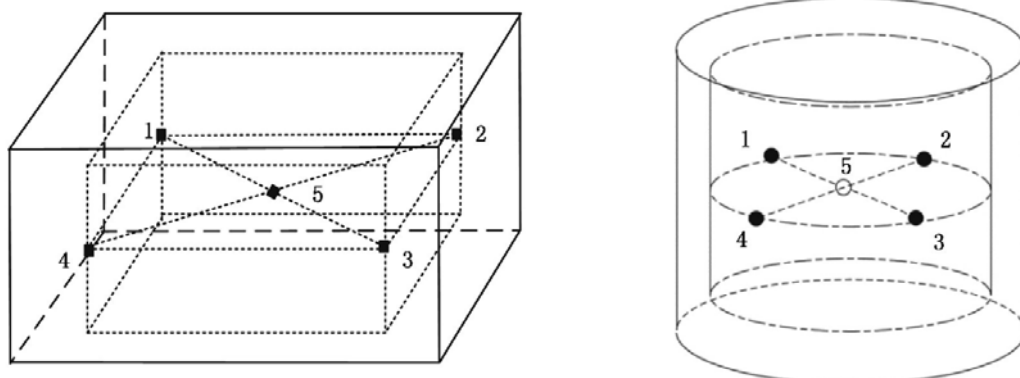
校准结果

1. 温度性能校准记录

单位：℃

校准点 次数 /℃	实测温度值									各测量点之间的最大差值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
每一测量点中的最大差值										
温度上偏差						不确定度/U, k=2				
温度下偏差						不确定度/U, k=2				
温度均匀度						不确定度/U, k=2				
温度波动度						不确定度/U, k=2				

2.温度测试点布设位置示意图



附录 B

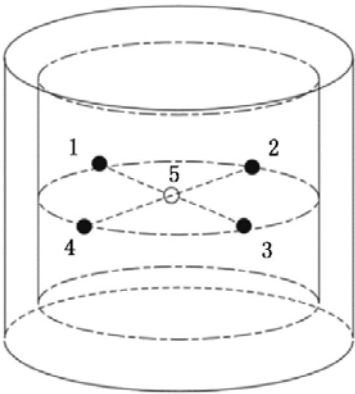
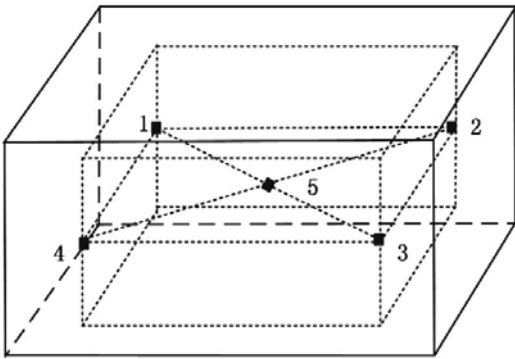
校准证书内页参考格式

校准证书编号：××××

1. 温度性能测试结果

校准数据/结果			
外观检查			
校准温度/℃	校准项目	测量值/℃	测量结果扩展不确定度 $U/^\circ\text{C}$, $k=2$
	上偏差		
	上偏差		
	温度均匀度		
	温度波动度		

2. 温度测试点布设位置示意图



附录 C

冲击试验低温槽温度偏差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量方法

冲击低试验温槽温均匀性测量为直接测量，温度测量装置由温度传感器（热电阻、热电偶）和多通道数据采集仪两部分组成，取多次测量值的平均值作为测量结果。本附录以低温槽温度偏差为例评定温度偏差测量结果不确定度。其他校准项目可参照本附录作类似评定。

C.1.2 测量依据

依据本规范 6.2。

C.1.3 被测对象

选用冲击低试验温槽为被测对象。

C.1.4 测量方法及主要设备

表 C.1 主要设备

校准点	主要设备	允许误差
-50℃	铂电阻	MPE: $\pm (0.15^{\circ}\text{C} + 0.002 t)$
	多通道数据采集器	$\pm (0.01\%\text{RD} + 0.005\%\text{FS})$

C.2 测量模型及不确定度来源分析

C.2.1 测量模型

温度偏差的测量模型为：

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (\text{C.1})$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\Delta t_{\max}$ —设备的温度上偏差，℃；

$\Delta t_{\min}$ —设备的温度下偏差，℃；

$t_{\max}$ —修正后各测量点在规定时间内测得的最高温度，℃；

$t_{\min}$ —修正后各测量点在规定时间内测得的最低温度，℃；

t_s —设备的设定温度，℃。

合成方差和灵敏系数为：

$$u_c^2 = [c_1 u(t_{\max})]^2 + [c_2 u(t_s)]^2 \quad (\text{C.3})$$

$$u_c^2 = [c_1 u(t_{\min})]^2 + [c_2 u(t_s)]^2 \quad (\text{C.4})$$

在式(1)、式(2) 中 t_{pmax} 、 t_b 、 t_{pmin} 彼此独立不相关，因而得：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial t_{\max}} = \frac{\partial \Delta t_{\min}}{\partial t_{\min}} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial t_s} = \frac{\partial \Delta t_{\min}}{\partial t_s} = 0$$

故：

$$u_c^2 = u^2(t_{\max}) \quad (\text{C.5})$$

$$u_c^2 = u^2(t_{\min}) \quad (\text{C.6})$$

C.2.2 测量结果不确定度的主要来源分析

低温槽温度偏差测量结果不确定度的主要来源有：

- (1) 重复测量引入的标准不确定度分量 $u_1(t_{\max})$ 、 $u_1(t_{\min})$ ；
- (2) 传感器最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_2(t)$ ；
- (3) 多通道数据采集器最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_3(t)$ ；
- (4) 多通道数据采集器稳定性引入的标准不确定度分量 $u_4(t)$ 。

C.3 低温槽温度偏差测量结果不确定度的评定

C.3.1 重复测量引入的标准不确定度分量 $u_1(t_{\max})$ 、 $u_1(t_{\min})$

当低温槽测量温度为-50.0℃时，巡检仪重复测量 10 次，计算每次测量的温度上偏差和温度下偏差。测量值及计算结果见表 C.2，属 A 类不确定度分量。

表 C.2 测量结果及计算结果

℃

组数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
上偏差 测量值	0.35	0.29	0.19	0.18	0.41	0.37	0.18	0.12	0.24	0.21
下偏差 测量值	0.09	0.13	-0.12	0.04	0.13	0.19	-0.05	0.09	0.03	0.12

重复性引入的标准不确定度为：

$$u_1(t_{\max}) = s_1(t_{\max}) = 0.10^\circ\text{C}$$

$$u_1(t_{\min}) = s_1(t_{\min}) = 0.08^\circ\text{C}$$

C.3.2 传感器最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_2(t)$

由证书可知，校准点为 -50.0°C 时，最大允许误差： $\pm(0.15^{\circ}\text{C}+0.002|t|)$ ，即 $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ ，区间半宽为 0.25°C ，服从均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_2(t) = \frac{a}{k} = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0.14^{\circ}\text{C}$$

C.3.3 多通道数据采集器最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_3(t)$

校准点为 -50.0°C 时，多通道采集器最大允许误差为 $\pm(0.01\%\text{RD}+0.005\%\text{FS})$ ，即 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ ，区间半宽为 0.05°C ，服从均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$u_3(t) = \frac{a}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03^{\circ}\text{C}$$

C.3.4 多通道数据采集器稳定性引入的标准不确定度分量 $u_4(t)$

多通道数据采集器年稳定性为 0.10°C ，按均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则由其引入的标准不确定度为

$$u_4(t) = \frac{a}{k} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058^{\circ}\text{C}$$

C.3.5 不确定度分量一览表

不确定度分量如表 C.3 所示。

表 C.3 不确定度分量一览表

校准点	不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度/ $^{\circ}\text{C}$
-50.0°C	$u_1(t_{\max})$ $u_1(t_{\min})$	重复测量引入	0.10
	$u_2(t)$	传感器最大允许误差	0.14
	$u_3(t)$	多通道数据采集器最大允许误差	0.03
	$u_4(t)$	多通道数据采集器年稳定性	0.058

C.4 合成标准不确定度

合成标准不确定度按式 (C.5)、(C.6) 计算：

$$u_c = u(t_{\max}) = \sqrt{u_1^2(t_{\max}) + u_2^2(t) + u_3^2(t) + u_4^2(t)} = 0.18^{\circ}\text{C}$$

$$u_c = u(t_{\min}) = \sqrt{u_1^2(t_{\min}) + u_2^2(t) + u_3^2(t) + u_4^2(t)} = 0.17^{\circ}\text{C}$$

C.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则温度偏差的测量结果的扩展不确定度为：

$$U(t_{\max}) = k \cdot u_c(t_{\max}) = 2 \times 0.18 \approx 0.4^{\circ}\text{C}, \quad k=2$$

$$U(t_{\min}) = k \cdot u_c(t_{\min}) = 2 \times 0.17 \approx 0.4^{\circ}\text{C}, \quad k=2$$
