TB

山 西 省 仪 器 仪 表 学 会 团 体 标 准

T/SXICS XXXX-XXXX

恒温恒湿称重系统校准规范

Calibration Specification for Constant Temperature

and Humidity Weighting Systems

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2023 年 10 月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布　　XXXX-XX-XX 实施

山 西 省 仪 器 仪 表 学 会 发 布

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……（1）
5.1　环境条件……（1）
5.2　测量标准及其他设备……（2）
6　校准项目和校准方法……（2）
6.1　温度、湿度校准点的选择……（2）
6.2　温度的校准……（3）
6.3　温湿度的校准……（3）
6.4　称重校准……（3）
6.5　数据处理……（3）
7　校准结果表达……（5）
8　复校时间间隔……（6）
附录A　不确定度评定示例……（7）
附录B　恒温恒湿称重系统校准原始记录……（12）
附录C　校准证书内页格式……（15）

引言

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》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

恒温恒湿称重系统校准规范

1 范围

本规范适用于恒温恒湿称重系统的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 1036-2022 电子天平

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

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

恒温恒湿自动称重系统是在高精度恒温恒湿箱体内，自动完成样品的取放、样品识别、去静电、称量的自动化智能系统。该系统完全克服了称量过程中的温湿度变化、四角偏差、人为误差、等产生的称量误差。可自动称量滤膜、滤筒、低浓度头等多种样品。称量数据可以自动计算、存储、查询和导出、实现称量数据的表格化自动化程度高、数据准确。恒温恒湿称重系统系统分为全自动称重系统以及半自动称重系统。

4 计量特性

4.1 温度偏差：±1 ℃

4.2 温度波动度：±0.5 ℃

4.3 湿度偏差：±5%RH

4.4 湿度波动度：±1.0 ℃

4.5 称重示值误差：±0.05mg

4.6 称重重复性：≤0.05mg

注：上述计量特性仅供参考，不作为合格性判定依据。

5 校准条件

5.1　环境条件

环境温度一般控制在 10℃~30℃，相对湿度不大于 85%。

恒温恒湿称重系统周围应无强烈振动及腐蚀性气体存在，应避免其他的冷、热源影响。实际工作中，环境条件还应满足测量标准器正常使用的要求。

5.2　测量标准及其他设备

5.2.1 温度测量标准

温度测量标准一般应选用多通道温度显示仪表或多路温度测量装置，传感器宜选用四线制铂电阻温度计，通道传感器数量不少于 5 个，并能满足校准工作需求。

5.2.2 湿度测量标准

湿度测量标准一般应选用多通道温湿度显示仪表或多路温湿度测量装置，通道传感器数量不少于 3 个，并能满足校准工作需求。

5.2.3 砝码

应配备一组满足 JJG99 要求的标准砝码。在检定过程中如果使用砝码的实际质量值，则砝码的扩展不确定度不得超过相应载荷最大允许误差绝对值的 1/3 如果检定过程中使用砝码的标称值，则砝码的最大允许误差不得超过相应载荷最大允许误差的 1/3。

6　校准项目和校准方法

6.1 温度、湿度校准点的选择

温度、湿度校准点一般根据用户需要选择常用的温度、湿度点进行，建议选择温度 20℃和湿度 50%RH（20℃）。

6.1.1 测量点位置

传感器布放位置为设备校准时的测量点，应布置在设备工作空间的中间层，各布点位置与设备内壁的距离为各边长的 1/10。

传感器测量点布放位置也可以根据用户实际工作需求进行布置。

6.1.2 测量点数量

温度传感器测量点用 1、2、3…数字表示，湿度传感器测量点用 A、B…字母表示，见图 1。

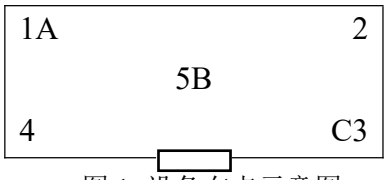

图 1　设备布点示意图

6.2 温度的校准

按照 6.1 规定布放温度传感器，将试验设备设定到校准温度，开启运行。试验设备达到稳定状态后开始记录各测量点温度，记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 16 组数据，或根据设备运行状态和用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数，并在原始记录和校准证书中进行说明。

温度稳定时间以说明书为依据，说明书中没有给出的，一般按一下原则执行：温度达到设定值，30min 后可以记录数据，如箱内温度扔未稳定，可按实际情况至多延长 30min，温度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60min。

如果在规定的稳定时间之前能够确定箱内温度已经达到稳定，也可以提前记录。稳定时间须以设备达到稳定状态为主要判断标准，应在设备达到稳定状态后才开始进行校准，按公式（1）、（2）、（3）计算。

6.3 温湿度的校准

按照 6.1 规定布放温湿度传感器，将试验设备设定到校准温度、湿度，开启运行。设备达到稳定状态后开始记录各测量点温度、湿度，记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 16 组数据，或根据设备运行状况和用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数，并在原始记录和校准证书中进行说明。

温湿度稳定时间以说明书为依据，说明书中没有给出的，一般按以下原则执行：温湿度达到设定值，30min 后可以开始记录数据，如箱内温湿度仍未稳定，可按实际情况至多延长 30min，温湿度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60min。

如果在规定的稳定时间之前能够确定箱内温湿度已经达到稳定，也可以提前记录按公式（4）、（5）、（6）计算。

6.4 称重校准

6.4.1 称重示值误差

选取 10g、15g、20g 三个校准点（可依据客户要求选取），选取同载荷的砝码，重复称重 3 次取算术平均值，称重示值误差按公式（7）、（8）计算。

6.4.2 称重重复性

多次称量之间的零点有偏差时，天平应重新置零。选取 15g 为校准点，测量次数不少于 6 次，按公式（9）计算。

6.5 数据处理

6.5.1 温度数据处理

6.5.1.1 温度偏差

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

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

式中：$\Delta t_{\max}$ – 温度上偏差，℃

$\Delta t_{\min}$ – 温度下偏差，℃

$t_{\max}$ – 各测量点规定时间内测量的最高温度，℃

$t_{m\min}$ – 各测量点规定时间内测量的最低温度，℃

t_s – 设备设定温度，℃

6.5.1.2 温度波动度

设备在稳定状态下，工作空间各测量点 30min 内（每 2min 测试一次）实测最高温度与最低温度之差的一半，冠以“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果。

$$\Delta t_f = \pm \max\left[\left(t_{j\max} - t_{j\min}\right)/2\right] \qquad (3)$$

式中：Δt_f – 温度波动度，℃

$t_{j\max}$ – 测量点j在n次测量中的最高温度，℃

$t_{jm\min}$ – 测量点j在n次测量中的最低温度，℃

6.5.2 相对湿度数据处理

6.5.2.1 相对湿度偏差

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \qquad (4)$$

$$\Delta h_{\min} = h_{\min} - h_s \qquad (5)$$

式中：$\Delta h_{\max}$ – 湿度上偏差,%RH

$\Delta h_{\min}$ – 湿度下偏差,%RH

$h_{\max}$ – 各测量点规定时间内测量的最高湿度,%RH

$h_{\min}$ – 各测量点规定时间内测量的最低湿度,%RH

h_s – 设备设定湿度,%RH

6.5.2.2 相对湿度波动度

设备在稳定状态下，工作空间各测量点 30min 内（每 2min 测试一次）实测最高相对湿度与最低相对湿度之差的一半，冠以“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为湿度波动度校准结果。

$$\Delta h_f = \pm \max\left[\left(h_{j\max} - h_{j\min}\right)/2\right] \qquad (6)$$

式中：Δt_f – 湿度波动度,%RH

$h_{j\max}$ – 测量点j在n次测量中的最高湿度,%RH

$h_{j\min}$ – 测量点j在n次测量中的最低湿度,%RH

6.5.3 称重数据处理

6.5.3.1 称重示值误

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \qquad (7)$$

$$E = \bar{I} - L \qquad (8)$$

式中：E – 示值误差，g

I – 称重示值，g

$\bar{I}$ – 3次称量的平均值，g

L – 载荷的质量值，g

6.5.3.2 称重重复性

$$E_{\text{rep}} = E_{\max} - E_{\min} \qquad (9)$$

式中：E_{rep} – 重复性误差，g

E_{max} – 加载时示值误差的最大值，g

E_{min} – 加载时示值误差的最小值，g

7 校准结果表达

经校准后的恒温恒湿称重系统，应填发校准证书，校准证书应符合 JJF 1071-2010 中 5.12 的要求，并应给出各校准项目的校准结果及示值误差的测量不确定度。

8 复校时间间隔

根据被校设备的使用情况自行确定复校时间间隔，建议一般为 1 年。

附录 A

恒温恒湿称重系统温度、相对湿度偏差测量结果的不确定度评定示例

1 概述

1.1测量依据：本规范

JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》

1.2环境条件：环境温度 21.3℃　　环境湿度 37%RH

1.3测量标准：温湿度场巡检仪，温度不确定度U=（0.010～0.014）℃，k=2；相对湿度不确定度U=（0.5～0.8）%RH，k=2。

1.4被测对象：恒温恒湿称重系统，温度分辨力：0.01℃，相对湿度分辨力：0.1%RH。

1.5测量过程：将温湿度场巡检仪温度、湿度传感器按要求布置测试点。开启运行恒温恒湿称重系统，设备达到设定值并稳定后开始记录设备的温度、相对湿度示值及各布点温度、相对湿度，记录时间间隔为2min，30min内共记录16组数据。

计算各温度测试点30min内测量的最高温度与设定温度的差值，即为温度上偏差；各测试点30min内测量的最低温度与设定温度的差值，即为温度下偏差。

计算各湿度测试点30min内测量的最高湿度值与设定湿度的差值，即为相对湿度上偏差；各湿度测试点30min内测量的最低湿度值与设定湿度的差值，即为相对湿度下偏差。

2 数学模型

2.1 温度上偏差公式

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_{\mathrm{s}}$$

式中：

$\Delta t_{\max}$—温度上偏差；℃

$t_{\max}$—各测量点规定时间内测量的最高温度；℃

t_{s}—设备设定温度；℃

2.2 相对湿度上偏差公式

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_{\mathrm{s}}$$

式中：

$\Delta h_{\max}$—相对湿度上偏差；%RH

$h_{\max}$—各测量点规定时间内测量的最高相对湿度；%RH

h_s—设备设定相对湿度；%RH

3 不确定来源

(1)恒温恒湿称重系统测量重复性引入的标准不确定度

(2)恒温恒湿称重系统分辨力引入标准不确定度

(3)标准器引入的标准不确定度

4 标准不确定度分量的计算

4.1 恒温恒湿称重系统测量重复性引入的标准不确定度分量

在 30℃校准点重复测量 10 次，测量结果如下表：

表 1 恒温恒湿称重系统温度偏差测量结果及其计算　　单位：℃

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	20.432	20.412	20.403	20.340	20.310	20.273	20.281	20.263	20.266	20.272
平均值	20.325									

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})}{n-1}}=0.067℃$$

测量结果取单次读数平均值，则恒温恒湿称重系统温度重复性引入的标准不确定度为：$u_A=s=0.067℃$。

在相对湿度为 50%校准点重复测量 10 次，测量结果如下表：

表 2 恒温恒湿称重系统湿度偏差测量结果及其计算　　单位：%RH

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	51.80	51.69	51.54	51.66	51.17	51.80	51.34	51.52	51.72	51.40
平均值	51.56									

$$s'=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})}{n-1}}=0.21\%\mathrm{RH}$$

测量结果取单次读数平均值，则恒温恒湿称重系统湿度重复性引入的标准不确定度为：$u'_A=s'=0.21\%\mathrm{RH}$。

4.2 恒温恒湿称重系统分辨力引入的标准不确定度分量

恒温恒湿称重系统温度分辨力为 0.01℃，不确定度区间半宽 0.005℃，服从均匀分布，则温度分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_{\mathrm{B1}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003℃$$

恒温恒湿称重系统相对湿度分辨力为 0.1%RH，区间半宽为 0.05%RH，服从均匀分布，则湿度分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u'_{\mathrm{B1}} = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.03\%\mathrm{RH}$$

根据不确定度评定要求，分辨力和重复性引入的标准不确定度取其中较大值，所以在计算合成标准不确定度过程中舍去分辨力引入的不确定度。

4.3 标准器引入的标准不确定度分量

4.3.1 标准器修正值引入的标准不确定度分量

标准器温度的不确定度 U=0.01℃，k=2，则标准器温度修正值引入的标准不确定度分量：

$$u_{\mathrm{B21}} = \frac{U}{k} = \frac{0.01}{2} = 0.005℃$$

标准器相对湿度的不确定度 $U' = 0.5\%\mathrm{RH}$，k=2，则标准器湿度修正值引入的标准不确定度分量：

$$u'_{\mathrm{B21}} = \frac{U'}{k} = \frac{0.5}{2} = 0.25\%\mathrm{RH}$$

4.3.2 标准器稳定性引入的标准不确定度分量

标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 0.10℃，按均匀分布，由此标准器温度稳定性引入的标准不确定度分量：

$$u_{\mathrm{B22}} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.06℃$$

标准器相邻两次校准湿度修正值最大变化 0.8%RH，按均匀分布，由此标准器湿度稳定性引入的标准不确定度分量：

$$u'_{\mathrm{B22}} = \frac{0.8}{\sqrt{3}} = 0.46\%\mathrm{RH}$$

由于 u_{B21}、u_{B22} 彼此独立不相关，则标准器温度引入的标准不确定度分量为：

$$u_{B2}=\sqrt{u_{B21}^2+u_{B22}^2}=0.060℃$$

由于u'_{B21}、u'_{B22}彼此独立不相关，则标准器湿度引入的标准不确定度分量为：

$$u'_{B2}=\sqrt{u'^2_{B21}+u'^2_{B22}}=0.52\%RH$$

5 标准不确定度汇总表

5.1 不确定度分量汇总表

表 3 温度上偏差校准标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度	k
温度测量重复性	0.067℃	1
标准器修正值及稳定性	0.060℃	$\sqrt{3}$

表 4 相对湿度上偏差校准标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度	k
湿度测量重复性	0.21%RH	1
标准器修正值及稳定性	0.52%RH	$\sqrt{3}$

5.2 合成标准不确定度

5.2.1 温度上偏差合成标准不确定度 u_c 计算。

由于各分量相互独立，则合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c=\sqrt{u_A^2+u_{B2}^2}=0.09℃$$

5.2.2 相对湿度上偏差合成标准不确定度 u_c' 计算。

由于各分量相互独立，则合成标准不确定度 u_c' 为：

$$u'_c=\sqrt{u'^2_A+u'^2_{B2}}=0.56\%RH$$

6 扩展不确定度计算

取包含因子 k =2，则温度上偏差扩展不确定度为：

$$U=k\times u_c=2\times 0.09℃=0.18℃$$

取包含因子 k =2，则相对湿度上偏差扩展不确定度为

$$U' = k \times u'_c = 2 \times 0.56\%\mathrm{RH} = 1.2\%\mathrm{RH}$$

6　测量不确定度报告

综上所诉，恒温恒湿称重系统温度偏差测量结果的不确定度为 0.18℃，相对湿度偏差测量结果的不确定度为 1.2%RH。

附录 B

恒温恒湿称重系统校准原始记录

文件受控编号：　　证书编号：

客户名称			
样品名称		出厂编号	
型号规格		测量范围	
制造单位		不确定度/最大允许误差/准确度等级	
使用位置		管理编号	
校准时间		校准周期	

本次校准所用的依据、环境条件：

校准依据					
温度	℃	湿度	%RH	其他	
校准地点					

本次校准使用的主要标准器：

名称	型号规格	编号	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	证书号/有效期	溯源机构

校准员：　　**核验员：**

1.温度的校准

温度设定值 t_S：_____℃

单位：℃

次数	测量点实测温度值/℃				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
最大值 t_{max}/℃					
最小值 t_{min}/℃					

温度上偏差($\Delta t_{max}=t_{max}-t_S$)/℃		温度下偏差($\Delta t_{min}=t_{min}-t_S$)/℃	
温度波动度 $\Delta t_f = \pm \max\left[\left(t_{j\max} - t_{j\min}\right)/2\right]$			

温度偏差测量结果的扩展不确定度 U=_____℃ (k=2)

2.湿度的校准

湿度设定值：_____%RH　　单位：%RH

次数	测量点实测湿度值/%RH								
	O	A	B	C	D	E	F	G	H
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
最大值 h_{max}									
最小值 h_{min}									
湿度上偏差$\Delta h_{max}=h_{max}-h_S$					湿度下偏差$\Delta h_{min}=h_{min}-h_S$				
湿度波动度 $\Delta h_f = \pm \max\left[\left(h_{j\max} - h_{j\min}\right)/2\right]$									

相对湿度偏差测量结果的扩展不确定度 U=_____%RH (k=2)

3.称重示值误差

校准点	1	2	3	平均值	示值误差
10g					
15g					
20g					

4.称重重复性

校准点	15g					
	1	2	3	4	5	6
示值						
重复性						

校准结果：☐ 所校准项目、校准点依据客户要求选取。

附录 C

校准证书内页格式

校准结果

温度：　　℃　　相对湿度：　　%

序号	校准项目	校准结果	U（k=2）
1	温度偏差		
2	温度波动度		
3	湿度偏差		
4	湿度波动度		
5	称重示值误差		
6	称重重复性		