

环境试验设备温度校准值的不确定度评定

温素容

广州市从化质量技术监督检测所 广州 从化 510925

摘要：环境试验设备已广泛应用于实验室，设备的准确度和正确使用是实验室正常工作的基础。本文依据JJF1059.1-2012《测量结果不确定度评定与表示》和JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》，对环境试验设备温度、湿度参数的校准采用标准温湿度仪器、校准方法根据该规范要求。按上述校准结果和使用情况给予测量结果的不确定度评定。

关键词：环境试验设备；温度；湿度；校准；不确定度

环境试验设备包括干燥箱，气候老化条、培养箱、霉菌试验箱、高低温试验箱等以空气为介质的环境试验设备，随着市场经济的不断深入和我国国民经济的飞速发展，环境试验设备在医疗器械、航天航空、生物化工等各个领域都有大量的应用，为使这些设备运行良好，在校准过程中对测量结果不确定度分析是重要的一个环节。

1 温度偏差测量结果的不确定度评定

1.1 概述

温度偏差考量的是整个工作空间的温度偏差，以标准装置在所有测量点、所有次测量瞬间测得的最高温度与最低温度对设定温度的偏差表征整个工作空间的温度偏差。校准时，根据JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》，或者根据客户实际需求在被校设备的温度范围内进行校准，选择合适的温度校准点。校准之前先将温度传感器安装在指定的位置，将温度调整

到合适的数值。从低温开始测试，温度逐渐升高，使装置先降温再升温，当设备达到稳定状态半小时后，每隔一分钟记录一次温度数值，当温度控制设备的显示数值达到预定偏差时，可将其看为达到了控温状态，再进行温度偏差的校准。

(1) 校准依据：JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》。

(2) 校准用标准器：多通道高精度温度、湿度采集记录分析系统。温度：MPE：< 0℃：±0.4℃，(0~100)℃：±0.2℃，(100~200)℃：±0.4℃；湿度MPE：±2%RH。

(3) 环境条件：在温度21℃，湿度60%RH的实验室内进行。

(4) 被检器具：该次校准分析用一台培养箱，其分辨率为0.1℃，校准点温度设定37.0℃。



1.2 数学模型

$$\Delta t_d = t_d - t_0 - \Delta t_0 \quad (1)$$

式中： Δt_d —温度偏差，℃；

t_d —被检设备温度显示仪表显示温度（中心点15次测

量的平均值），℃；

t_0 —为测量标准仪器指示值（中心点15次测量值的平均值），℃；

Δt_0 —为测量标准仪器的修正值，℃。

1.3 方差和灵敏系数

对(1)式各分量求偏导得:

$$C_1 = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial t} = 1, C_2 = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial t_0} = -1, C_3 = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial \Delta t_0} = -1$$

$$u_c^2 = u^2(t_d) + u^2(t_0) + u^2(\Delta t_0)$$

1.4 测量不确定度来源及分析

1.4.1 由被检仪器读数 t_d 引入的不确定度 u_1

采用A类方法进行评定,对一台培养箱进行测量,设备设定温度为37.0°C,作10次独立重复测量,结果如下:

i (次数)	1	2	3	4	5
温度偏差	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4
i (次数)	6	7	8	9	10
温度偏差	0.2	0.4	0.5	0.2	0.3

根据贝赛尔公式 $s(t_d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{di} - \bar{t}_d)^2}{n(n-1)}}$

$s(t_d) = 0.12^\circ\text{C}$, 因此 $u_1 = 0.12^\circ\text{C}$

1.4.2 由标准仪器 t_0 引入的不确定度 u_2

以上10次独立重复测量中,从多通道高精度温度、湿度采集记录分析系统温度上读取10次显示值,测量结果如下:

i (次数)	1	2	3	4	5
温度偏差	0.12	0.18	0.16	0.25	0.14
i (次数)	6	7	8	9	10
温度偏差	0.26	0.28	0.25	0.12	0.08

以上10个数据求次实验标准偏差为:

$S(\bar{t}_d) = 0.07^\circ\text{C}$, 因此 $u_2 = 0.07^\circ\text{C}$

1.4.3 标准仪器修正值 Δt_0 引入的不确定度 u_3

查校准证书, 温度 MPE: $< 0^\circ\text{C}: \pm 0.4^\circ\text{C}$, $(0 \sim 100)^\circ\text{C}: \pm 0.2^\circ\text{C}$, $(100 \sim 200)^\circ\text{C}: \pm 0.4^\circ\text{C}$;

本次检测设定温度 37°C , MPE: $\pm 0.2^\circ\text{C}$, 则 $U = 0.2^\circ\text{C}$, $k = 2$, 所以: $u_3 = 0.2^\circ\text{C}/2 = 0.1^\circ\text{C}$

1.4.4 不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	符号 u_i	标准不确定度 u_i
1	被测设备读数	u_1	0.12°C
2	温度标准测量系统读数	u_2	0.07°C
3	标准温度测量系统修正值	u_3	0.1°C

1.4.5 合成标准不确定度

$$u_c^2 = u^2(t_d) + u^2(t_0) + u^2(\Delta t_0) = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 = 0.029$$

$$u_c = 0.17^\circ\text{C}$$

1.4.6 扩展不确定度及结果报告

日常校准中, 取 $k = 2$, 则:

温度偏差的测量不确定: $U = 0.17 \times 2 = 0.34$ 保留到一

位小数则:

$$U = 0.4^\circ\text{C} (k = 2)$$

2 测量方法

按照本规范对温度、相对湿度偏差的校准要求, 将标准器——温湿度场巡检仪温度按规范测试点要求布置。干燥箱设定值: 50°C , 60%RH开启运行。试验设备达到设定值并稳定后开始设备的温度、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。

计算各温度测试点30min内测量的最高湿度与设定湿度的差值, 即为湿度上偏差; 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。

3 相对湿度偏差测量结果的不确定度评定

3.1 概述

3.1.1 校准依据: JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》。

3.1.2 校准用标准器: 多通道高精度温度、湿度采集记录分析系统温度, 湿度: $(10 \sim 100)\%RH$; MPE: $\pm 2.0\%RH$ 。

3.1.3 环境条件: 在温度 21°C , 湿度60%RH的实验室内进行。

3.1.4 被检仪器: 该次校准分析用一台恒温恒湿箱, 温度指示分辨率是 0.1°C , 湿度指示分辨率是 $0.1\%RH$, 校准点温度设定 20.0°C , 湿度设定80%RH。

3.2 数学模型

$$\Delta H = H_d - H_0 - \Delta H_0 \quad (2)$$

式中: ΔH —湿度偏差, %RH;

H_d —被检设备湿度显示仪表显示湿度值, %RH;

H_0 —检测用湿度标准仪器的湿度读数, RH%;

ΔH_0 —检测用湿度标准仪器的湿度修正值, %RH。

3.3 方差和灵敏系数

(2)式 H_d 、 H_0 、 ΔH_0 相互独立, 各分量求偏导, 得分量的灵敏系数:

$$C_1 = \frac{\partial \Delta H_d}{\partial H_d} = 1, C_2 = \frac{\partial \Delta H_d}{\partial H_0} = -1, C_3 = \frac{\partial \Delta H_d}{\partial \Delta H_0} = -1$$

所以: $u_c^2 = u^2(H_d) + u^2(H_0) + u^2(\Delta H_0)$

3.4 测量不确定度分量评定

3.4.1 由被检仪器湿度读数 H_d 引入的不确定度 u_1

采用A类方法进行评定, 对恒湿箱进行测量, 设备设

定湿度为80%RH，作10次独立重复测量80%RH检测点湿度偏差（单位：%RH）

i (次数)	1	2	3	4	5
湿度偏差	2.2	1.8	2.4	2.2	1.6
i (次数)	6	7	8	9	10
湿度偏差	1.8	1.4	1.6	2.2	1.3

求实验标准偏差为： $s = 0.38\%RH$

因此 $u_1 = 0.37\%RH$

3.4.2 由标准检测仪温度引 H_0 入的不确定度 u_2

以上10次独立重复测量中，从检测用标准仪上读取10次偏差如下

i (次数)	1	2	3	4	5
湿度偏差	1.4	1.9	2.5	1.3	1.4
i (次数)	6	7	8	9	10
湿度偏差	1.8	2.6	2.4	2.6	1.6

以上15个数求次实验标准偏差为：

$s = 0.7\%RH$ ，因此 $u_2 = 0.53\%RH$

3.4.3 标准仪器修正值 ΔH_0 引入的不确定度 u_3

查校准证书，测量标准仪表MPE： $\pm 2.0\%RH$ ，则 $U = 2.0\%RH$ ， $k = 2$ 。

则 $u_3 = 2.0\%RH / 2 = 1.0\%RH$

3.4.4 不确定度分量一览表（设定湿度80%RH）

序号	不确定度来源	符号 u_i	标准不确定度 u_i
1	被测设备读数重复性	u_1	0.38 %RH
2	温度标准设备读数重复性	u_2	0.53 %RH
3	标准温度测量设备误差	u_3	1.0 %RH

3.4.5 合成标准不确定度

$$u_c^2 = u^2(H_d) + u^2(H_0) + u^2(\Delta H_0) = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 = 1.425$$

$$u_c = 1.2\%RH$$

3.4.6 扩展不确定度及结果报告

日常校准中，取 $k = 2$ ，保留到一位小数则：

$$U = 2.4\%RH, k = 2$$

4 环境试验设备的检测标准分析

从目前来看，环境试验设备温度参数检测工作和不确定度分析工作对技术操作要求较高，必须要打造出一套完整的温度检测系统，确保检测精度和误差在允许范围内，还需要定期展开检测分析，从而明确设备本身的情况，让设备的整体性能得到真正提高。在一套完整的环境试验设备温度参数的计量校准与不确定度评定分析过程中，需要对具体的内容进行分析，实现定期校验。从实际应用效果来看，环境试验设备在实际应用过程中，可能会受到多方面因素的影响，温度检测系统、传感器检测系统都可能会出现问題，严重情况下，还需要展开具体的分析，根据具体的数据情况对设备进行更换和维修，避免环境试验结果出现问題。从目前市场上的环境试验设备应用情况来看，很多温度巡检设备都需要定期展开温度参数检测和不确定度分析。但从不确定度分析情况来看，需不断稳定时间，减少外界因素对检测不确定度影响，尤其是在现阶段的检测工作中，还需要对检测温度点进行分析，从而科学评价设备的整体性能^[2]。

总结：综上所述，环境试验设备温度参数的计量校准与不确定度评定分析工作开展的核心，在于确保设备本身满足检测需求，但从目前来看，计量校准工作还需要对整体性能进行分析，明确具体可行的计量校准方式，确保检测设备稳定运行，更好满足实际需要。

参考文献

- [1]JJF1059.1-2012《测量结果不确定度评定与表示》
- [2]JJF1001-2018《通用计量术语及定义技术规范》
- [3]JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》