

# 机械式温湿度计检测结果的不确定度评定

肖燕萍

广东省广州市从化质量技术监督检测所 广州市从化区 510925

**摘要:** 温湿度精确控制的是科研工作, 实验室、GMP 医药厂房、食品企业、血库、孵房、温室、冷库、冷藏储运等诸多领域。量大面广的温湿度计是实验室及生产过程控制中重要的监视测量仪器, 影响着产品的质量, 甚至关系着企业的成败。其中, 机械式温湿度计示值误差不确定度评定对检测结果有重要的影响。

**关键词:** 机械式温湿度计; 不确定度; 扩展不确定度; 评定

## Evaluation of the uncertainty of the test result of the mechanical thermometer and hygrometer

Yanping Xiao

Conghua Institute of Quality and Technology Supervision and testing, Conghua District District, Guangzhou 510925, China

**Abstract:** the accurate control of temperature and humidity is scientific research, laboratories, GMP pharmaceutical factories, Food Enterprises, blood banks, hatcheries, greenhouses, refrigerators, refrigerated storage and transportation, and many other fields. A wide range of temperature and humidity meter is an important monitoring and measuring instrument in the laboratory and production process control, affecting the quality of products, and even related to the success or failure of enterprises. Among them, the evaluation of uncertainty of indication error of mechanical thermometer has an important impact on the detection results.

**Keywords:** Mechanical hygrograph; Uncertainty; Extended uncertainty; assess

本文将把被检湿度计与标准湿度计放在恒湿箱内, 比较测量被检仪器的示值误差。

### 1 检定或校准结果的测量不确定度评定

机械式温湿度计的检定或校准结果的测量不确定度评定是非常重要的, 它可以帮助用户确定测量结果的可靠程度, 并对测量结果的误差进行合理的估计。下面是评定机械式温湿度计检定或校准结果的测量不确定度的一般步骤:

#### 1.1 不确定度的来源

确定测量不确定度的来源: 测量不确定度来源可以是各种误差, 包括仪器的分辨率、灵敏度、稳定性、重复性等。在机械式温湿度计的校准中, 通常还需要考虑到环境温度、气压等因素的影响。

##### 1.1.1 标准器的不确定度

由于标准器的制造精度、使用寿命以及环境因素的影响, 标准器的测量不确定度会受到影响。因此, 对于标准器进行的检定或校准结果, 其测量不确定度需要通过标准器的不确定度来计算。

##### 1.1.2 检定或校准设备的不确定度

检定或校准设备的测量不确定度是由设备本身的误差和使用环境等因素引起的。比如仪器的分辨率、灵敏度、稳

定性、重复性等, 在机械式温湿度计的校准中, 通常还需要考虑到环境温度、气压等因素的影响。因此, 需要对检定或校准设备进行定期的检定和维护, 以确保其精度和可靠性。

#### 1.1.3 操作人员的技能水平

操作人员的技能水平和经验对检定或校准结果的影响也很大。如果操作人员的技能水平较低, 可能会导致检定或校准结果的误差增大。

## 2 不确定度的评定方法

在机械式温湿度计的检定或校准过程中, 需要对其测量不确定度进行评定。测量不确定度是指测量结果与真实值之间存在的 uncertainty, 这种 uncertainty 可能来自于多种因素, 例如仪器本身的误差、环境条件的变化、操作者的技能水平等。因此, 在评定机械式温湿度计的测量不确定度时, 需要考虑多种因素。计算不确定度的大小: 针对每个不确定度来源, 可以采用不同的方法计算不确定度的大小。对于机械式温湿度计的本身误差, 可以采用直接测量法或者比较法。

#### 2.1 不确定度的评定步骤

为了评定机械式温湿度计的测量不确定度, 一般需要采用以下步骤:

##### 2.2.1 确定影响测量不确定度的因素: 在评定机械式温

湿度计的测量不确定度时,需要首先确定影响测量不确定度的因素。这些因素可能包括环境条件(例如温度、湿度等)、操作者的技能水平、测量设备的精度等。

2.2.2 确定各因素的不确定度:在确定影响测量不确定度的因素之后,需要对这些因素进行不确定度的评估。这包括确定每个因素的标准偏差、标准误差或不确定度等。

2.2.3 计算合成不确定度:在确定了各个因素的不确定度之后,需要将它们进行合成,得到最终的测量不确定度。合成不确定度的方法有多种,其中最常用的方法是通过求平方根来合成标准偏差或标准误差。

2.2.4 评估不确定度的可接受度:最后,需要评估机械式温湿度计的测量不确定度是否满足一定的可接受度要求。在一些国家或地区,可能有特定的标准或规定来指导测量不确定度的评估。

2.2.5 评估每个误差来源的影响:对于每个误差来源,需要评估其对测量结果的影响。这可以通过实验来进行,例如改变环境温度、湿度等条件,并记录测量结果。然后可以使用统计方法,如方差等

需要注意的是,机械式温湿度计的测量不确定度评定需要专业的技术人员进行,需要依据相关的标准和规范进行操作。

### 3 检定或校准结果的测量不确定度评定的实验设计

#### 3.1 相对湿度示值误差的不确定度评定

以湿度分度值 1%RH 的机械式温湿度计为例评定

##### 3.1.1 测量方法

根据 JJG 205-2005《机械式温湿度计检定规程》检定,在相对稳定且均匀的检定箱内,放入标准湿度计与被检湿度计,通过比较测量示值误差。

##### 3.1.2 测量模型

$$e = H_d - H_0$$

式中:  $e$  ——示值误差

$H_d$  ——被检仪表读数;

$H_0$  ——标准湿度的读数。

##### 3.1.3 测量不确定度输入量分析

根据检定方法,勿略环境湿度影响,估计不确定度来源主要有:

- (1) 标准湿度计的标准值引入的不确定度  $u_0$

- (2) 湿度检定箱的波动性及不均匀引入的不确定度  $u_1$

- (3) 被测湿度计读数(分辨力)引入的不确定度  $u_2$

- (4) 测量重复性影响  $u_3$

其中重复性不确定度包含了湿度计读数(分辨力)引入的不确定度,所以,重复性不确定度各分辨力不确定度分量取二者中较大者。

#### 3.1.4 测量函数

$$f(e) = f(H_d) - f(H_0)$$

$$u_C^2 = u^2(e) = u^2(H_d) + u^2(H_0) = u_0^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_3^2$$

#### 3.1.5 测量模型中输入量一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定输入量	标准不确定度值 $u(x_i)$	$C_i$	$ C_i  \times u(x_i)$
$u_0$	标准湿度计标准值不确定度	0.58%RH	1	0.58%RH
$u_1$	被检仪表检定读数分辨力	小于重复不确定不计算	1	0
$u_2$	检定箱湿度波动、均匀度引入的不确定度	0.74%RH	1	0.74%RH
$u_3$	测量重复性	0.34%	1	0.34%
$u_C = 0.99\%RH$				

#### 3.1.6 各输入量标准不确定度计算

- (1) 标准湿度计的湿度读数不确定度  $u_0$

露点仪湿度最大允许误差:  $\pm 1.0\%RH$ , 取半宽  $U=1.0\%RH$ , 估计为均匀分布

$$\text{所以 } u_0 = 1.0\%RH / \sqrt{3} = 0.58\%RH$$

- (2) 被检温湿度计的读数引起的不确定度分量  $u_1$

被检定湿度计分度值为 1%,根据检定箱内读数清晰度,只可估读到 0.5%RH,估计呈均匀分布,故:

$$u_1 = 0.5\%RH / \sqrt{3} = 0.29\%RH.$$

- (3) 检定箱湿度波动及湿度均匀性引入的不确定度

$u_2$

检定箱湿度波动引入的不确定度  $u_{21}$

检定箱湿度波动度为 0.8%RH,按均匀分布, 故:

$$u_{21}=0.8\%RH/\sqrt{3}=0.46\%RH。$$

检定箱湿度均匀性引入的不确定度  $u_{22}$

根据校准结果,检定箱湿度均匀度 $<1.0\%RH$ , 估计呈均匀分布,

$$\text{故: } u_{22}=1.0\%RH/\sqrt{3}=0.58\%RH。$$

以上二项合成得:

$$u_2^2 = u_{21}^2 + u_{22}^2 = 0.548$$

$$u_2 = 0.74\%RH$$

测量重复性引起的不确定度分量  $u_3$ 。

实验测得湿度计样本标准偏差  $S(x) = 0.5\%H$ , 实际检定时测量 2 次取平均值,

$$\text{故 } u_3 = S(x_k) / \sqrt{2} = 0.5\%H / \sqrt{2} = 0.35\%H。$$

### 3.1.7 合成标准不确定度

$$u_c^2 = u_0^2 + u_2^2 + u_3^2 = 0.9996 (\%RH)^2$$

$$u_c = 0.99 \%RH$$

### 3.1.8 扩展不确定度

取  $k=2$ , 保留到一位小数, 则:

$$U = 0.99\%RH \times 2 = 2.0 \%RH$$

## 4 温度示值误差的测量不确定度评定

以温度分度值  $1^\circ\text{C}$  的机械式温湿度计为例评定。

### 4.1 测量方法

根据 JJG 205-2005《机械式温湿度计检定规程》检定, 在相对恒定且均匀的检定箱内, 放入标准温度计与被检温湿度计, 通过比较测量示值误差。

### 4.2 测量模型

$$e = R_d - R_0$$

式中:  $e$  ——示值误差;

$R_d$  ——被检仪表读数;

$R_0$  ——标准温度的读数。

### 4.3 测量不确定度输入量分析

根据检定方法, 勿略环境温度影响, 估计不确定度来源主要有:

(1) 标准温度计的温度标准值引入的不确定度  $u_0$

(2) 温湿度检定箱的温度波动性及不均匀引入的不确定度  $u_1$

(3) 被测温度计分辨力(分度值)引入的不确定

度  $u_2$

(4) 测量重复性  $u_3$

## 4.4 测量函数

$$f(e) = f(R_d) - f(R_0)$$

$$u_c^2 = u^2(e) = u^2(R_d) + u^2(R_0) = u_0^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_3^2$$

## 4.5 测量模型中输入量一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定输入量	标准不确定度值 $u(x_i)$	$C_i =$	$ C_i  \times u(x_i)$
$u_0$	标准温度计不确定度	$0.058^\circ\text{C}$	1	$0.058^\circ\text{C}$
$u_1$	被检仪表的读数	$0.29^\circ\text{C}$	1	$0.29^\circ\text{C}$
$u_2$	检定箱温度均匀度引入的不确定度	$0.173^\circ\text{C}$	1	$0.173^\circ\text{C}$
$u_3$	测量重复性	小于分辨力分量不计算	1	$0.0^\circ\text{C}$
$u_c = 0.34^\circ\text{C}$				

## 5 各输入量标准不确定度计算

### 5.1 标准温度计的温度读数不确定度 $u_0$

标准器的温度最大允许误差:  $\pm 0.10^\circ\text{C}$ , 估计为均匀分布

$$\text{所以 } u_0 = 0.10^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.058^\circ\text{C}$$

### 5.2 被检温度计的检定读数(分辨力)引起的不确定度分量 $u_1$

分度值为  $1^\circ\text{C}$ , 根据检定箱内读数清晰度, 只可估读到  $0.5^\circ\text{C}$ , 估计呈均匀分布,

$$\text{故: } u_1 = 0.5^\circ\text{C} = 0.29^\circ\text{C}。$$

### 5.3 检定箱温度波动及均匀性引入的不确定度 $u_2$

检定箱温度波动度为  $0.2^\circ\text{C}$ , 考虑标准温度计与被检定仪同时波动, 且读数在 5min 内完成, 可以抵消, 波动性可以忽略不计。

根据出厂说明书及校准结果, 检定箱温度均匀度  $MPE: <0.3^\circ\text{C}$ , 估计呈均匀分布,

故:  $u_2=0.3^{\circ}\text{C}/\sqrt{3}=0.173^{\circ}\text{C}$ 。

#### 5.4 测量重复性引起的不确定度分量 $u_3$

实验测得温度计样本标准偏差  $S(x_k)=0.32^{\circ}\text{C}$ ，实际检定时测量 2 次，

故  $u_3=0.32^{\circ}\text{C}/\sqrt{2}=0.23^{\circ}\text{C}$ 。

因为重复性包含了分辨力不确定度，二者取其中较大者， $u_3$  小于  $u_1$ ，所以不计算  $u_1$

#### 5.5 合成标准不确定度

$$u_0^2+u_1^2+u_2^2=0.116 \quad (^{\circ}\text{C})^2$$

$$uc=0.34 \quad ^{\circ}\text{C}$$

#### 5.6 扩展不确定度

取  $k=2$ ，保留到一位小数则：

$$U=0.34 \quad ^{\circ}\text{C} \times 2=0.68 \quad ^{\circ}\text{C}$$

#### 5.7 测量不确定度结果报告

保留到一位小数，则： $U=0.7 \quad ^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$

## 结论

总的来说，该文分析了以湿度分度值 1%RH 的机械式温湿度计为例的相对湿度示值误差的不确定度评定。通过比较测量示值误差来进行检定，并对输入量进行分析，得出了不确定度来源主要有：标准湿度计的标准值引入的不确定度、湿度检定箱的波动性及不均匀引入的不确定度、被测湿度计读数（分辨力）引入的不确定度和测量重复性影响。

## 参考文献：

- [1]JJG205-2005.中华人民共和国国家计量检定规程[S].机械式温湿度计.
- [2]JJF1059.1-2012.中华人民共和国国家计量技术规范[S].测量不确定度评定与表示.
- [3]江淑美.机械式温湿度计测量结果不确定度评定[J].计测技术.2014,34.
- [4]耿荣勤,李淑香.机械式温湿度计示值误差的测量不确定度评定实例[J].第五届全国温度测量与控制技术学术会议论文集.