



# 中华人民共和国地方计量技术规范

JJF (京) 35—2004

---

## 机械指针式温湿度表校准规范

Calibration Specification of Mechanical Thermo - hygrometers

2005 - 01 - 17 发布

2005 - 03 - 01 实施

---

北京市质量技术监督局 发布

# 机械指针式温湿度表校准规范

Calibration Specification  
of Mechanical Thermo-hygrometers

JJF (京) 35—2004

---

本规范经北京市质量技术监督局于 2005 年 1 月 17 日批准，并自 2005 年 3 月 1 日起实施。

归口单位：北京市质量技术监督局

起草单位：北京市计量检测科学研究院

本规范由起草单位负责解释

**本规范起草人：**

单凯锋 （北京市计量检测科学研究院）

聂建平 （北京市计量检测科学研究院）

范建武 （北京市计量检测科学研究院）

## 目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 外观	(1)
4.2 湿度最大允许误差	(1)
4.3 温度最大允许误差	(1)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 标准器及其配套设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 外观	(2)
6.2 湿度校准	(2)
6.3 温度校准	(2)
7 校准结果的处理	(3)
8 复校时间间隔	(3)
附录 A 校准证书	(4)
附录 B 湿度测量不确定度评定	(5)
附录 C 温度测量不确定度评定	(10)

## 机械指针式温湿度表校准规范

### 1 范围

本规范适用于机械指针式温湿度表的校准。

### 2 引用文献

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

JJG 226—2001 双金属温度计

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

### 3 概述

机械指针式温湿度表（以下简称温湿度表）是由感温元件和感湿元件分别组成各自系统，指示出即时的温度值和相对湿度值。

感温元件是由温度膨胀系数不同的两种金属（或合金）片牢固结合在一起并绕制成盘丝状，其一端固定，另一端（自由端）装有指针。当温度变化时，感温元件曲率发生变化，自由端旋转，带动指针在度盘上指示出温度数值。

感湿元件由表面涂覆感湿膜的金属带或毛发、尼龙、肠膜和聚酰亚胺等高分子制成。当湿度变化时，感湿元件的几何尺寸会随着相对湿度而发生变化，并通过机械放大装置将几何量变化用指针指示出来或用记录笔记录下来，从而直接指示相对湿度值。

### 4 计量特性

#### 4.1 外观

4.1.1 标度盘表面应平整、光洁，刻线清晰。指针应平直，指示清楚。玻璃平整透明，不得有妨碍读数的缺陷。外表不得有划伤、锈蚀等缺陷。

4.1.2 温湿度表上应标有产品名称、制造厂名、型号、出厂编号。

#### 4.2 湿度最大允许误差

温湿度表在（20~25）℃的环境温度条件下，其湿度示值误差不超过表1的规定。

表 1

测量范围	(20~40)%RH	(40~70)%RH	(70~90)%RH
最大允许误差	±7%RH	±5%RH	±7%RH

#### 4.3 温度最大允许误差

温湿度表在（-10~40）℃范围内，其温度示值误差不超过±2℃。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

温度要求：(16~28)℃

湿度要求：< 85% RH

### 5.2 标准器及其配套设备

标准器：标准湿度计，最大允许误差不超过  $\pm 2\%$  RH；

标准温度计，最大允许误差不超过  $\pm 0.2$  °C。

配套设备：湿度箱

波动度： $\pm 0.5\%$  RH，

均匀度：2.0% RH，

湿度调节范围至少在 (30~90)% RH。

温度箱：

波动度： $\pm 0.2$  °C，

均匀度：0.6 °C，

温度调节范围至少在 (-10~40) °C。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 外观

用目力及手感检查温湿度表的外观。

### 6.2 湿度校准

将标准湿度计置于湿度箱几何中心位置，被检温湿度表置于标准湿度计的附近。在 (20~25)°C 情况下，选高、中、低湿度区内有代表性的三个校准湿度点 (如 30% RH, 50% RH, 80% RH)。调节湿度箱的湿度。一般由低湿到高温进行调节，每个校准点在湿度箱湿度达到设定值后稳定 30 min，每隔 2 min 左右分别记录标准湿度计的相对湿度值和被检温湿度表的相对湿度值，各记录三个数据，取三个数据的平均值分别作为该校准点的标准相对湿度示值和被检温湿度表的相对湿度示值。然后按同样步骤做下一个校准点，直至所有的校准点测试完毕。按式 (1) 计算，给出各校准点的相对湿度示值误差。

$$\Delta U_i = U_{ib} - U_{is} \quad (1)$$

式中： $\Delta U_i$ ——第  $i$  校准点相对湿度示值误差；

$U_{ib}$ ——第  $i$  校准点被检温湿度表的相对湿度示值；

$U_{is}$ ——第  $i$  校准点标准湿度计的相对湿度示值。

### 6.3 温度校准

将标准温度计置于温度箱几何中心位置，被检温湿度表置于标准温度计的附近。选其温度测量范围的上限、下限及中间点 (也可根据用户需要选择三个或三个以上温度点)。调节温度箱的温度，一般由低温到高温进行调节，每个校准点在温度箱温度达到设定值后稳定 30 min，每隔 2 min 左右分别记录标准温度计的温度值和被检温湿度表的温度值，各记录三个数据，取三个数据的平均值分别作为该校准点的标准温度示值和被

检温湿度表的温度示值。然后按同样步骤做下一个校准点，直至所有的校准点测试完毕。按式(2)计算，给出各温度点的示值误差。

$$\Delta T_i = T_{ib} - T_{is} \quad (2)$$

式中： $\Delta T_i$ ——第  $i$  校准点温度示值误差；

$T_{ib}$ ——第  $i$  校准点被检温湿度表的温度示值；

$T_{is}$ ——第  $i$  校准点标准温度计的温度示值。

## 7 校准结果的处理

校准结果应在校准证书或校准报告上反映，内容见附录 A。

## 8 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 1 年。

## 附录 A

### 校准证书

校准证书或校准报告应至少包括以下信息：

- 1) 标题：校准证书；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 校准证书的惟一性标识（如系列号）和每一页上的标识，以确保能够识别该页是属于校准证书结束的清晰标识；
- 4) 客户的名称和地址；
- 5) 使用本规范作为校准依据的说明；
- 6) 校准物品的描述、状态和明确标识；
- 7) 校准日期；
- 8) 校准结果，带有测量单位；
- 9) 校准人、校核人、批准人的签字；
- 10) 环境条件；
- 11) 测量不确定度和（或）校准结果符合本规范推荐值的说明；
- 12) 测量可溯源的证据。



## 附录 B

## 湿度测量不确定度评定

## B.1 数学模型

被检温湿度表湿度示值误差的计算公式:

$$\Delta U = U_b - U_s - \Delta U_1 \quad (\text{B.1})$$

式中:  $\Delta U$ ——被检温湿度表的湿度示值误差, %RH;

$U_b$ ——被检温湿度表的湿度示值, %RH;

$U_s$ ——标准湿度计的示值, %RH;

$\Delta U_1$ ——标准湿度计的修正值, %RH。

## B.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta U}{\partial U_b} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta U}{\partial U_s} = -1$$

$$c_3 = \frac{\partial \Delta U}{\partial \Delta U_1} = -1$$

## B.3 标准不确定度评定

B.3.1 标准不确定度  $u(U_b)$  的评定

a) 被检温湿度表示值引入的标准不确定度  $u(U_{b1})$

被检温湿度表的湿度分度值为 2%RH, 其示值分辨力为 1%RH, 所引起的极限误差为 0.5%RH, 其分布为均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 所以其引入的标准不确定度  $u(U_{b1}) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29$  (%RH)。属 B 类标准不确定度。

其估算值的可靠性约为 10%, 则其自由度  $\nu(U_{b1}) = \frac{(10\%)^{-2}}{2} = 50$ 。

b) 被检温湿度表示值重复性引入的标准不确定度  $u(U_{b2})$

选一支温湿度表作为被检温湿度表, 放入恒温恒湿箱 (作为湿度箱, 下同) 内, 在符合校准条件的情况下, 调节恒温恒湿箱产生一个温度为 20℃, 相对湿度为 80% 的环境, 稳定后读取标准湿度计的相对湿度显示值 (此值为相对湿度的标准值) 和被检温湿度表的相对湿度显示值。

测量结果如表 B.1 所示。

表 B.1

序号	标准值 $U_s$ /%RH	被检表显示值 $U_b$ /%RH	修正值 $\Delta U$ /%RH
1	79.2	79	0.2
2	79.2	79	0.2
3	78.9	79	-0.1

表 B.1 (续)

序号	标准值 $U_s/\%RH$	被检表显示值 $U_b/\%RH$	修正值 $\Delta U/\%RH$
4	79.1	79	0.1
5	78.8	79	-0.2
6	78.9	79	-0.1
7	78.9	79	-0.1
8	78.9	79	-0.1
9	78.7	79	-0.3
10	79.0	80	-1.0
平均值	79.0	79.1	-0.1
试验标准差	$s(U_{b2}) = 0.32$		

$u(U_{b2}) = 0.32$  (%RH)。属 A 类标准不确定度。其自由度  $\nu(U_{b2}) = 10 - 1 = 9$ 。

$u(U_{b1})$  和  $u(U_{b2})$  是互不相干的, 所以

$$u(U_b) = \sqrt{u^2(U_{b1}) + u^2(U_{b2})} = 0.43$$
 (%RH)

自由度

$$\nu(U_b) = \frac{u^4(U_b)}{\frac{u^4(U_{b1})}{\nu(U_{b1})} + \frac{u^4(U_{b2})}{\nu(U_{b2})}} = 26$$

### B.3.2 标准不确定度 $u(U_s)$ 的评定

a) 标准湿度计示值引入的标准不确定度  $u(U_{s1})$

标准温湿度表的示值分辨力为 0.1%RH, 所引起的极限误差为 0.05%RH, 其分布为均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 所以其引入的标准不确定度  $u(U_{s1}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03$  (%RH)。属 B 类标准不确定度。

b) 恒温恒湿箱湿度波动引入的标准不确定度  $u(U_{s2})$

恒温恒湿箱湿度波动在读数过程中其变化最大不超过 0.5%RH, 其分布为反正弦分布, 包含因子  $k = \sqrt{2}$ , 所以其引入的标准不确定度  $u(U_{s2}) = \frac{0.5}{\sqrt{2}} = 0.35$  (%RH)。属 B 类标准不确定度。

其估算值的可靠性约为 20%, 则其自由度  $\nu(U_{s2}) = \frac{(20\%)^{-2}}{2} = 12$ 。

c) 恒温恒湿箱湿度场不均匀引入的标准不确定度  $u(U_{s3})$

因被检温湿度表置于标准湿度计的附近, 恒温恒湿箱湿度场的不均匀性带来的标准不确定度很小, 故  $u(U_{s3})$  可忽略不计。

因为  $u(U_{s1})$  和  $u(U_{s2})$  是互不相干的, 所以

$$u(U_s) = \sqrt{u^2(U_{s1}) + u^2(U_{s2})} = 0.35(\% \text{RH})$$

自由度

$$\nu(U_s) = \frac{u^4(U_{s1})}{u^4(U_{s2})} \nu(U_{s2}) = 12$$

### B.3.3 标准不确定度 $u(\Delta U_1)$ 的评定

标准湿度计修正值引入的标准不确定度  $u(\Delta U_1)$ ，用 B 类标准不确定度评定。标准湿度表在周期内不做修正所引入的误差为 2% RH，该误差分布为均匀分布，包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度  $u(\Delta U_1) = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.15(\% \text{RH})$ 。

其估算值的可靠性约为 20%，则其自由度  $\nu(\Delta U_1) = \frac{(20\%)^{-2}}{2} = 12$ 。

## B.4 合成标准不确定度

### B.4.1 标准不确定度汇总

表 B.2

$i$	$X_i$	$a_i$	$k_i$	$u(X_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$	$\nu_i$
1	$U_b$ 引入的误差				1	0.43% RH	26
1.1	被检温湿度表的示值估读 $U_{b1}$	0.5% RH	$\sqrt{3}$	0.29% RH			50
1.2	被检温湿度表的示值重复性 $U_{b2}$			0.32% RH			9
2	$U_s$ 引入的误差			0.35% RH	1	0.35% RH	12
2.1	标准湿度计的估读 $U_{s1}$	0.05% RH	$\sqrt{3}$	0.03% RH			
2.2	恒湿恒温箱湿度波动 $U_{s2}$	0.5% RH	$\sqrt{2}$	0.35% RH			12
3	$\Delta U_1$ 引入的误差				1	1.15% RH	12
3.1	标准湿度表修正值 $\Delta U_1$	2.0% RH	$\sqrt{3}$	1.15% RH			12

注：  
 $i$ ——误差或不确定度来源的序号；  
 $X_i$ ——第  $i$  个自变量或输入估计值；  
 $a_i$ —— $X_i$  的误差分散区间半宽、极限误差或扩展不确定度；  
 $k_i$ ——覆盖因子或置信因子；  
 $u(X_i) = a_i/k_i$ ——输入 B 类标准不确定度；若用统计方法获得时，称为 A 类标准不确定度；  
 $|c_i|$ ——灵敏系数；  
 $u_i(y) = |c_i| u(X_i)$ ——输出标准不确定度分量；  
 $\nu_i$ ——自由度。

### B.4.2 合成标准不确定度计算

上述所分析的各项标准不确定度分量均为不相量，所以其合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta U) = \sqrt{u^2(U_a) + u^2(U_b) + u^2(\Delta U_1)} = 1.28 (\% \text{RH})$$

有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(\Delta U)}{\frac{u^4(U_a)}{\nu(U_a)} + \frac{u^4(U_b)}{\nu(U_b)} + \frac{u^4(\Delta U_1)}{\nu(\Delta U_1)}} = 18$$

## B.5 扩展不确定度

按置信水平  $p=0.95$ , 有效自由度为 18, 查  $t$  分布表可得  $k=2.10$ 。因此扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c(\Delta U) = 2.10 \times 1.28 = 2.69 (\% \text{RH})$$

根据以上测量不确定度的评定, 允许误差为  $\pm 5\% \text{RH} - \pm 7\% \text{RH}$  的机械指针式温湿表湿度示值误差的扩展不确定度为  $2.69\% \text{RH}$ , 取其数为  $2.7\% \text{RH}$ 。

注: 为充分利用恒温恒湿箱的容积, 可在其有效容积内置入更多的被检温湿表, 这样就要考虑恒温恒湿箱湿度场的不均匀性带来的标准不确定度  $u(U_d)$ , 并标准湿度计要使用精密露点仪。现将标准不确定度评定补充如下:

1) 恒温恒湿箱湿度场的不均匀性带来的标准不确定度  $u(U_d)$ , 用 B 类标准不确定度评定。恒温恒湿箱在  $(20 \sim 25)^\circ\text{C}$  时其湿度场的最大湿度差不超过  $2.0\% \text{RH}$ , 其分布为均匀分布, 包含因子  $k =$

$$\sqrt{3}, \text{ 其标准不确定度 } u(U_d) = \frac{1.0}{\sqrt{3}} = 0.58 (\% \text{RH}).$$

其估算值的可靠性约为 20%, 则其自由度  $\nu(U_d) = \frac{(20\%)^{-2}}{2} = 12$ 。

因为  $u(U_a)$ ,  $u(U_d)$  和  $u(U_g)$  是互不相干的, 所以

$$u(U_s) = \sqrt{u^2(U_a) + u^2(U_d) + u^2(U_g)} = 0.68 (\% \text{RH})$$

自由度

$$\nu(U_s) = \frac{u^4(U_s)}{\frac{u^4(U_a)}{\nu(U_a)} + \frac{u^4(U_d)}{\nu(U_d)}} = 20$$

2) 标准不确定度  $u(\Delta U_1)$  的评定

标准湿度计修正值引入的标准不确定度  $u(\Delta U_1)$ , 用 B 类标准不确定度评定。标准湿度表在周期内不做修正所引入的误差为  $1\% \text{RH}$ , 该误差分布为均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 其标准不确定度  $u(\Delta U_1) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58 (\% \text{RH})$ 。

其估算值的可靠性约为 20%, 则其自由度  $\nu(\Delta U_1) = \frac{(20\%)^{-2}}{2} = 12$ 。

3) 合成标准不确定度

其他的标准不确定度分量没有变化。故

$$u_c(\Delta U) = \sqrt{u^2(U_s) + u^2(U_b) + u^2(\Delta U_1)} = 1.23 (\% \text{RH})$$

有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(\Delta U)}{\frac{u^4(U_s)}{\nu(U_s)} + \frac{u^4(U_b)}{\nu(U_b)} + \frac{u^4(\Delta U_1)}{\nu(\Delta U_1)}} = 106$$

## 4) 扩展不确定度

按置信水平  $p=0.95$ ，有效自由度为 106，查  $t$  分布表可得  $k=1.96$ 。因此扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\Delta U) = 1.96 \times 1.23 = 2.41 \text{ (\%RH)}$$

根据以上测量不确定度的评定，允许误差为  $\pm 5\% \text{RH} \sim \pm 7\% \text{RH}$  的机械指针式温湿度表湿度示值误差的扩展不确定度为 2.41%RH，取其数为 2.5%RH。

## 附录 C

## 温度测量不确定度评定

## C.1 数学模型

被检温湿度表温度示值误差的计算公式:

$$\Delta T = T_b - T_s - \Delta T_1 \quad (\text{C.1})$$

式中:  $\Delta T$ ——被检温湿度表的温度示值误差,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_b$ ——被检温湿度表的温度示值,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_s$ ——标准温度计的示值,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta T_1$ ——标准温度计的修正值,  $^{\circ}\text{C}$ 。

## C.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_b} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_s} = -1$$

$$c_3 = \frac{\partial \Delta T}{\partial \Delta T_1} = -1$$

## C.3 标准不确定度评定

C.3.1 标准不确定度  $u(T_b)$  的评定

a) 被检温湿度表示值引入的标准不确定度  $u(T_{b1})$

被检温湿度表的温度分度值为  $1^{\circ}\text{C}$ , 其示值分辨力为  $0.5^{\circ}\text{C}$ , 所引起的极限误差为  $0.25^{\circ}\text{C}$ , 其分布为均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 所以其引入的标准不确定度  $u(T_{b1}) = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0.14 (^{\circ}\text{C})$ 。属 B 类标准不确定度。

其估算值的可靠性约为 10%, 则其自由度  $\nu(\Delta T_{b1}) = \frac{(10\%)^{-2}}{2} = 50$ 。

b) 被检温湿度表示值重复性引入的标准不确定度  $u(T_{b2})$

选一支温湿度表作为被检温湿度表, 放入恒温恒湿箱 (作为温度箱, 下同) 内, 在符合校准条件的情况下, 调节恒温恒湿箱产生一个温度为  $20^{\circ}\text{C}$  的环境, 稳定后读取标准温度计的温度显示值 (此值为温度的标准值) 和被检温湿度表的温度显示值。

测量结果如表 C.1 所示。

表 C.1

序号	标准值 $T_s/^{\circ}\text{C}$	被检表显示值 $T_b/^{\circ}\text{C}$	修正值 $\Delta T/^{\circ}\text{C}$
1	20.0	20	0.0
2	20.0	20	0.0
3	20.0	20	0.0

表 C.1 (续)

序号	标准值 $T_s/^\circ\text{C}$	被检表显示值 $T_b/^\circ\text{C}$	修正值 $\Delta T/^\circ\text{C}$
4	20.0	20	0.0
5	20.0	20	0.0
6	20.0	20	0.0
7	20.0	20	0.0
8	20.0	20	0.0
9	20.0	20	0.0
10	20.0	20	0.0
平均值	20.0	20	0.0
试验标准差	$s(T_{b2}) = 0.0$		

$u(T_{b2}) = 0.0$  ( $^\circ\text{C}$ )。属 A 类标准不确定度。其自由度  $\nu(T_{b2}) = 10 - 1 = 9$ 。

$u(T_{b1})$  和  $u(T_{b2})$  是互不相干的, 所以

$$u(T_b) = \sqrt{u^2(T_{b1}) + u^2(T_{b2})} = 0.14$$
 ( $^\circ\text{C}$ )

自由度

$$\nu(T_b) = \frac{u^4(T_b)}{\frac{u^4(T_{b1})}{\nu(T_{b1})} + \frac{u^4(T_{b2})}{\nu(T_{b2})}} = 50$$

### C.3.2 标准不确定度 $u(T_s)$ 的评定

a) 标准温度计示值引入的标准不确定度  $u(T_{s1})$

标准温度计的示值分辨力为  $0.1$   $^\circ\text{C}$ , 所引起的极限误差为  $0.05$   $^\circ\text{C}$ , 其分布为均匀分布, 包含因子  $k = \sqrt{3}$ , 所以其引入的标准不确定度  $u(T_{s1}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03$  ( $^\circ\text{C}$ )。属 B 类标准不确定度。

b) 恒温恒湿箱温度波动引入的标准不确定度  $u(T_{s2})$

恒温恒湿箱温度波动在读数过程中其变化最大不超过  $0.2$   $^\circ\text{C}$ , 其分布为反正弦分布, 包含因子  $k = \sqrt{2}$ , 其引入的标准不确定度  $u(T_{s2}) = \frac{0.2}{\sqrt{2}} = 0.14$  ( $^\circ\text{C}$ )。属 B 类标准不确定度。

其估算值的可靠性约为  $20\%$ , 则其自由度  $\nu(T_{s2}) = \frac{(20\%)^{-2}}{2} = 12$ 。

c) 恒温恒湿箱温度场不均匀引入的标准不确定度  $u(T_{s3})$

因被检温度计置于标准温度计的附近, 恒温恒湿箱温度场的不均匀性带来的标准不确定度很小, 故  $u(T_{s3})$  可忽略不计。

因为  $u(T_{s1})$  和  $u(T_{s2})$  是互不相干的, 所以

$$u(T_s) = \sqrt{u^2(T_{s1}) + u^2(T_{s2})} = 0.14(^\circ\text{C})$$

自由度

$$\nu(U_s) = \frac{u^4(T_s)}{\frac{u^4(T_{s2})}{\nu(T_{s2})}} = 12$$

### C.3.3 标准不确定度 $u(\Delta T_1)$ 的评定

标准温度计修正值引入的标准不确定度  $u(\Delta T_1)$ ，用 B 类标准不确定度评定。标准温度计在周期内不做修正所引入的误差为  $0.2^\circ\text{C}$ ，该误差分布为均匀分布，包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度  $u(\Delta T_1) = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12(^\circ\text{C})$ 。

其估算值的可靠性约为 20%，则其自由度  $\nu(\Delta T_1) = \frac{(20\%)^{-2}}{2} = 12$ 。

## C.4 合成标准不确定度

### C.4.1 标准不确定度汇总

表 C.2

$i$	$X_i$	$a_i$	$k_i$	$u(X_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$	$\nu_i$
1	$T_b$ 引入的误差				1	$0.14^\circ\text{C}$	50
1.1	被检温湿度表的示值估读 $T_{b1}$	$0.25^\circ\text{C}$	$\sqrt{3}$	$0.14^\circ\text{C}$			50
1.2	被检温湿度表的示值重复性 $T_{b2}$	$0.0^\circ\text{C}$		$0.0^\circ\text{C}$			9
2	$T_s$ 引入的误差			$0.14^\circ\text{C}$	1	$0.14^\circ\text{C}$	12
2.1	标准温度计的估读 $T_{s1}$	$0.05^\circ\text{C}$	$\sqrt{3}$	$0.03^\circ\text{C}$			
2.2	恒湿恒温箱温度波动 $T_{s2}$	$0.2^\circ\text{C}$	$\sqrt{2}$	$0.14^\circ\text{C}$			12
3	$\Delta T_1$ 引入的误差				1	$0.12^\circ\text{C}$	12
3.1	标准温度计修正值 $\Delta T_1$	$0.2^\circ\text{C}$	$\sqrt{3}$	$0.12^\circ\text{C}$			12

注：  
 $i$ ——误差或不确定度来源的序号；  
 $X_i$ ——第  $i$  个自变量或输入估计值；  
 $a_i$ —— $X_i$  的误差分散区间半宽、极限误差或扩展不确定度；  
 $k_i$ ——覆盖因子或置信因子；  
 $u(X_i) = a_i/k_i$ ——输入 B 类标准不确定度；若用统计方法获得时，称为 A 类标准不确定度；  
 $|c_i|$ ——灵敏系数；  
 $u_i(y) = |c_i|u(X_i)$ ——输出标准不确定度分量；  
 $\nu_i$ ——自由度。

### C.4.2 合成标准不确定度计算

上述所分析的各项标准不确定度分量均为不相关量，所以其合成标准不确定度为：



$$u_c(\Delta T) = \sqrt{u^2(T_a) + u^2(T_b) + u^2(\Delta T_1)} = 0.23(^\circ\text{C})$$

有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(\Delta T)}{\frac{u^4(T_a)}{\nu(T_a)} + \frac{u^4(T_b)}{\nu(T_b)} + \frac{u^4(\Delta T_1)}{\nu(\Delta T_1)}} = 49$$

### C.5 扩展不确定度

按置信水平  $p = 0.95$ , 有效自由度为 49, 查  $t$  分布表可得  $k = 2.01$ 。因此扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c(\Delta T) = 2.01 \times 0.23 = 0.46(^\circ\text{C})$$

根据以上测量不确定度的评定, 允许误差为  $\pm 2^\circ\text{C}$  的机械指针式温湿度表温度示值误差的扩展不确定度为  $0.46^\circ\text{C}$ , 取其数为  $0.5^\circ\text{C}$ 。

注: 为充分利用恒温恒湿箱的有效容积, 可在其内置入更多的被检温湿度表, 这样就要考虑恒温恒湿箱温度场的不均匀性带来的标准不确定度  $u(T_{\text{a}})$ 。现将标准不确定度评定补充如下:

1) 恒温恒湿箱温度场的不均匀性带来的标准不确定度  $u(T_{\text{a}})$ , 用 B 类标准不确定度评定。恒温恒湿箱在  $(-10 \sim 40)^\circ\text{C}$  时其温度场的最大温度差不超过  $0.6^\circ\text{C}$ , 其分布为均匀分布, 包含因子  $k =$

$$\sqrt{3}, \text{ 其标准不确定度 } u(T_{\text{a}}) = \frac{0.6}{\sqrt{3}} = 0.17 (\% \text{RH}).$$

其估算值的可靠性约为 20%, 则其自由度  $\nu(T_{\text{a}}) = \frac{(20\%)^{-2}}{2} = 12$ 。

因为  $u(T_{\text{a}})$ ,  $u(T_{\text{b}})$  和  $u(T_{\text{c}})$  是互不相干的, 所以

$$u(T_s) = \sqrt{u^2(T_{\text{a}}) + u^2(T_{\text{b}}) + u^2(T_{\text{c}})} = 0.22(^\circ\text{C})$$

自由度

$$\nu(T_s) = \frac{u^4(T_s)}{\frac{u^4(T_{\text{a}})}{\nu(T_{\text{a}})} + \frac{u^4(T_{\text{b}})}{\nu(T_{\text{b}})} + \frac{u^4(T_{\text{c}})}{\nu(T_{\text{c}})}} = 23$$

#### 2) 合成标准不确定度

其他的标准不确定度分量没有变化。故

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{u^2(T_s) + u^2(T_b) + u^2(\Delta T_1)} = 0.29(^\circ\text{C})$$

有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(\Delta T)}{\frac{u^4(T_s)}{\nu(T_s)} + \frac{u^4(T_b)}{\nu(T_b)} + \frac{u^4(\Delta T_1)}{\nu(\Delta T_1)}} = 55$$

#### 3) 扩展不确定度

按置信水平  $p = 0.95$ , 有效自由度为 55, 查  $t$  分布表可得  $k = 2.01$ 。因此扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c(\Delta T) = 2.01 \times 0.29 = 0.58(^\circ\text{C})$$

根据以上测量不确定度的评定, 允许误差为  $\pm 2^\circ\text{C}$  的机械指针式温湿度表温度示值误差的扩展不确定度为  $0.58^\circ\text{C}$ , 取其数为  $0.6^\circ\text{C}$ 。