



中华人民共和国地方计量技术规范

JJF(冀)3004-2019

数字温湿度计校准规范

Calibration Specification of Digital Temperature-hygrometers

2019-03-29 发布

2019-04-29 实施

河北省市场监督管理局 发布

数字温湿度计校准规范
Calibration Specification of Digital
Temperature- hygrometers

JJF(冀) 3004-2019

归口单位：河北省市场监督管理局

起草单位：河北省计量监督检测研究院

北京市计量检测科学研究院

天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托河北省计量监督检测研究院负责解释

本规范主要起草人：

耿荣勤（河北省计量监督检测研究院）

崔莉霞（北京市计量检测科学研究院）

魏桂华（天津市计量监督检测科学研究院）

索镛桢（河北省计量监督检测研究院）

参加起草人：

王艳丽（河北省计量监督检测研究院）

仇乐新（河北省计量监督检测研究院）

胡腾飞（河北省计量监督检测研究院）

qejc.cn, jcvba.cn 微信qejc21

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21

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)
6 外观检查、校准项目及校准方法	(2)
6.1 外观检查	(2)
6.2 校准设备安装	(2)
6.3 温湿度计的示值修正值	(2)
7 校准结果的表达	(3)
8 复校时间间隔	(4)
附录 A 数字温湿度计校准原始记录格式	(5)
附录 B 校准证书内页格式	(6)
附录 C 以分流式湿度发生器为温湿度场的不确定度评定示例	(8)
附录 D 以温湿度标准箱为温湿度场的不确定度评定示例	(14)

引 言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的要求进行编写。

本规范在北京市、天津市为首次发布，河北省为修订发布。

数字温湿度计校准规范

1 范围

本规范适用于电参数型数字式温湿度计、温湿度巡检仪、温湿度记录仪、温湿度存储器、温湿度传感器、温湿度变送器（以下简称温湿度计）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1001-2011 通用计量术语及定义

JJF1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF(冀)116-2013 数字温湿度计

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

温湿度计是指由测温元件、湿敏元件组成的、能直接显示温度和相对湿度量值的温湿度计, 或者是将温湿度量值存储在仪器内部的温湿度记录仪或存储器。温湿度计广泛应用于实验室、仓库、厂房等室内环境温湿度测量。

4 计量特性

4.1 外观检查

4.2 温湿度计的温度修正值

4.3 温湿度计的湿度修正值

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(15~30)℃；环境湿度：<85%RH。

5.1.2 校准时仪器设备周围应无强烈振动, 强电磁场或其它干扰。

5.2 标准器及配套设备

5.2.1 标准器及配套设备可从表 1 中参考选择。

表 1 标准器及配套设备

序号	测量标准或设备	技术要求	用途
1	精密露点仪	温度测量范围: (-50~+50) °C, 最大允许误差: ±0.10°C 露点测量范围: (-20~+50) °C, 最大允许误差: ±0.15°C	温湿度标准器
2	标准湿度发生器	温度范围: (+5~+50) °C, 最大允许误差: ±0.2°C 湿度范围: (5~95) %RH, 最大允许误差: ±2.0%RH	提供温湿度场
3	温湿度标准箱	温度范围: (-40~+50) °C, 湿度范围: (20~95) %RH 工作区域温度均匀度: 0.3°C, 温度波动度: ±0.2°C 工作区域湿度均匀度: 1.0%RH, 湿度波动度: ±0.8%RH	提供温湿度场

6 外观检查、校准项目及校准方法

校准项目可以根据被校仪器的预期用途选择使用。

6.1 外观检查

6.1.1 温湿度计的外形结构应完好, 型号和编号完整。表面不应有明显的凹痕、裂缝和变形等现象, 传感器应封装良好。

6.1.2 温湿度计通电后数字显示应清晰、无叠字、亮度均匀, 不应有不亮和缺笔画或无测量单位等现象, 状态显示应清晰正确。

6.1.3 具有记录打印功能的温湿度计, 在记录(打印)时不能有错记(打)、漏记(打)等现象。

6.2 校准设备安装

将被校准的温湿度计放入湿度发生器的测试室内或温湿度标准箱的有效工作区内。精密露点仪若采用投入式探头, 则在中心位置放入精密露点仪的温度计和露点传感器。

精密露点仪若采用内置探头, 则需采用引气法, 将引气管口置于湿度发生器或温湿度标准箱的有效区中心位置, 与精密露点仪温度计位置相近, 要求引气管采用内径不小于 4mm 的聚四氟乙烯或不锈钢管, 引气流量不超过 1L/min, 环境温度应比湿度发生器或温湿度标准箱内露点温度高 5°C 左右。

6.3 温湿度计的示值修正值

6.3.1 温度校准点为: 15°C、20°C、30°C。校准时, 当温度平衡 30 分钟后开始读数, 先读标准器, 后读被检仪器, 间隔 5 分钟后重复读数一次。然后做下一个校准点, 至所

有的校准点测试结束。

6.3.2 湿度校准依照从低湿到高湿的顺序进行,校准点依次为:20%RH、40%RH、60%RH、80%RH。校准时温度值设定为 20℃。当温度平衡后,每个湿度校准点在达到设定值稳定 30 分钟后开始读数,先读标准器,后读被检仪器,间隔 5 分钟后重复读数一次。然后做下一个校准点,至所有的校准点测试结束。

6.3.3 如果客户需要单独校准温湿度计的温度量值,则只需设定湿度发生器(温湿度标准箱)的温度值。当温度平衡后,记录标准器的温度值和被校准温湿度计的温度示值。先读标准器,后读被检仪器,间隔 5 分钟后重复读数一次。然后做下一个校准点,直至所有的校准点测试结束。

注:如果客户需要在其它的温度、湿度点校准温湿度计,可以参照上述步骤进行。

6.3.4 计算出每个校准点的标准器和被校温湿度计的温度和湿度的显示值的平均值 $T_{\text{标}}$ 、 $T_{\text{示}}$ 和 $H_{\text{标}}$ 、 $H_{\text{示}}$ 。

6.3.5 按式(1)和式(2)计算温湿度计在每个校准点下的温度修正值 ΔT 和湿度修正值 ΔH :

$$\Delta T = T_{\text{标}} + T' - T_{\text{示}} \quad (1)$$

$$\Delta H = H_{\text{标}} + H' - H_{\text{示}} \quad (2)$$

式中:

$T_{\text{标}}$ —— 标准器温度示值的平均值,℃;

T' —— 标准器温度修正值,℃;

$T_{\text{示}}$ —— 被检温湿度计温度示值的平均值,℃;

$H_{\text{标}}$ —— 标准器湿度示值的平均值,%RH;

H' —— 标准器湿度修正值,%RH;

$H_{\text{示}}$ —— 被检温湿度计湿度示值的平均值,%RH。

7 校准结果的表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应包括以下信息:

- a) 标题:“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;

- c) 进行校准的地点;
- d) 校准证书编号、页码及总页数的标识;
- e) 客户名称和地址;
- f) 被校仪器的制造单位、名称、型号及编号;
- g) 校准单位校准专用章;
- h) 校准日期;
- i) 校准所依据的技术规范名称及代号;
- j) 本次校准所用主要测量设备名称、型号、准确度等级或不确定度或最大允许误差、仪器编号、证书编号及有效期;
- k) 校准时的环境温度、湿度;
- l) 校准结果及其测量不确定度;
- m) 复校时间间隔的建议;
- n) “校准证书”的校准人、核验人、批准人签名及签发日期;
- o) 校准结果仅对被校仪器本次测量有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 部分复制证书或报告无效的声明。

8 复校时间间隔

建议数字温湿度计复校时间间隔为 1 年。送校单位也可以根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

数字温湿度计校准原始记录格式

计量标准名称:

标准器及配套设备:

不确定度:

校准依据:

校准地点:

环境温度: _____ °C 环境湿度: _____ %RH

委托单位名称: _____ 委托单位地址: _____

委托仪器名称: _____ 生产单位: _____

规格型号: _____ 生产编号: _____

标准值 (°C)					被校仪器示值 (°C)			示值 修正值 (°C)	不确定度 U (°C) ($k=2$)
1	2	平均值	标准器 修正值	实际值	1	2	平均值		
在 20°C 下测量湿度									
标准值 (%RH)					被校仪器示值 (%RH)			示值 修正值 (%RH)	不确定度 U (%RH) ($k=2$)
1	2	平均值	标准器 修正值	实际值	1	2	平均值		

校准员:

核验员:

校准日期: 年 月 日

附录 B

校准证书内页格式

B.1 校准证书第 2 页式样

证书编号: XXXX-XXXX				
校准机构授权说明				
溯源性说明				
校准环境条件及地点:				
温度: ℃		地点:		
湿度: %RH		其他:		
校准使用的主要标准器/主要仪器				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书编号	有效期至

第 X 页共 X 页

B.2 校准证书第 3 页式样

证书编号: XXXX-XXXX

校准结果

一. 校准条件

二. 校准结果

温湿度计修正值

温湿度计校准结果

序号	标准值		被校仪器示值		修正值		扩展不确定度($k=2$)	
	温度 ℃	湿度 %RH	温度 ℃	湿度 %RH	温度 ℃	湿度 %RH	温度 ℃	湿度 %RH

三. 备注

以下空白

第 X 页共 X 页

附录 C

以分流式湿度发生器为温湿度场的不确定度评定示例

C.1 概述

参照本规范对温湿度的计量特性要求和校准方法，以分流式湿度发生器作为温湿度场，用精密露点仪作湿度标准器；经过检定或校准的数字式温度计作为温度标准器。在 20℃ 下校准数字温湿度计，其温度、湿度分辨力分别为 0.1℃ 和 0.1%RH；当温度平衡后，湿度的校准遵循从低湿到高湿的顺序对 40%RH、60%RH、80%RH 进行校准。校准点在湿度达到设定值并稳定后开始读数，先读标准器，后读被校准仪器。依据规范中的有关公式计算被校准温湿度计的温度修正值和湿度修正值，并计算修正值的不确定度。

C.2 测量模型

C.2.1 被校准温湿度计温度修正值 ΔT 及湿度修正值 ΔH 计算公式为：

$$\Delta T = (T_{\text{标}} + T') - T_{\text{示}} \quad (\text{C.1})$$

$$\Delta H = (H_{\text{标}} + H') - H_{\text{示}} \quad (\text{C.2})$$

式中：

ΔT —— 被校准温湿度计温度修正值，℃；

$T_{\text{标}}$ —— 标准器温度示值的平均值，℃；

T' —— 标准器温度修正值，℃；

$T_{\text{示}}$ —— 被校准温湿度计温度示值的平均值，℃；

ΔH —— 被校准温湿度计湿度修正值，%RH；

$H_{\text{标}}$ —— 标准器湿度示值的平均值，%RH；

H' —— 标准器湿度修正值，%RH；

$H_{\text{示}}$ —— 被校准温湿度计湿度示值的平均值，%RH。

C.3 温度修正值的不确定度评定

C.3.1 不确定度计算公式

对式 (C.1) 各分量求偏导，各分量的灵敏度系数如下：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_{\text{标}}} = 1 ; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T'} = 1 \quad ; \quad c_3 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_{\text{示}}} = -1$$

所以温度修正值的合成标准不确定度 u_c 可由式 (C.3) 计算得出:

$$u_c = \sqrt{(c_1 \cdot u_1)^2 + (c_2 \cdot u_2)^2 + (c_3 \cdot u_3)^2} \quad (\text{C.3})$$

式中:

u_1 —— $T_{\text{标}}$ 引入的标准不确定度, $^{\circ}\text{C}$;

u_2 —— T' 引入的标准不确定度, $^{\circ}\text{C}$;

u_3 —— $T_{\text{示}}$ 引入的标准不确定度, $^{\circ}\text{C}$ 。

C.3.2 不确定度分量的评定

C.3.2.1 $T_{\text{标}}$ 引入的不确定度 u_1

u_1 是由精密露点仪的温度分辨力引入的不确定度分量, 温度分辨力 0.01°C , 不确定度区间半宽 0.005°C , 按均匀分布, 则

$$u_1 = 0.005^{\circ}\text{C} / \sqrt{3} = 0.003^{\circ}\text{C}$$

C.3.2.2 T' 引入的标准不确定度 u_2

C.3.2.2.1 精密露点仪的温度修正值引入的不确定度分量 u_{21}

根据标准器的证书得知 $U=0.05^{\circ}\text{C}$, $k=2$, 则

$$u_{21} = U/k = 0.025^{\circ}\text{C}$$

C.3.2.2.2 精密露点仪的温度稳定性引入的不确定度分量 u_{22}

精密露点仪的温度年稳定性不超过 0.10°C , 不确定度区间半宽为 0.05°C , 按均匀分布, 则

$$u_{22} = 0.05^{\circ}\text{C} / \sqrt{3} = 0.03^{\circ}\text{C}$$

C.3.2.3 $T_{\text{示}}$ 引入的不确定度分量 u_3

u_3 是由被检温湿度计温度测量重复性和分辨力引入的以及湿度发生器的温度均匀度和波动度引入的。

C.3.2.3.1 被检温湿度计重复性引入的不确定度分量 u_{31}

$$\text{设 } x_i = T_{\text{标}i} - T_{\text{示}i}, \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

被检温湿度计在温度校准点进行 10 次重复测量, 根据贝塞尔公式计算单次测量的标准偏差 s

$$s = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} = 0.03^\circ\text{C}$$

$$u_{31} = s = 0.03^\circ\text{C}$$

C.3.2.3.2 被检温湿度计温度分辨力引入的分量 u_{32}

被检温湿度计的温度分辨力 0.1°C , 不确定度区间半宽 0.05°C , 按均匀分布, 则

$$u_{32} = 0.05^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

C.3.2.3.3 湿度发生器的温度均匀度引入的不确定度分量 u_{33}

由于标准温度计与被检温湿度计位置十分接近, 因此认为湿度发生器的温度均匀度引入的不确定度可以忽略, 即 $u_{33} = 0^\circ\text{C}$ 。

C.3.2.3.4 湿度发生器的温度波动度引入的不确定度分量 u_{34}

湿度发生器的温度波动度为 $\pm 0.02^\circ\text{C}$, 不确定度区间半宽为 0.02°C , 按均匀分布, 则

$$u_{22} = 0.02^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.01^\circ\text{C}$$

C.3.3 温度修正值的合成标准不确定度 u_c

由式 (C.3) 计算出温度修正值的合成标准不确定度 $u_c = 0.06^\circ\text{C}$

C.3.4 温度修正值的扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则温度修正值的扩展不确定度由下式计算得出:

$$U(\Delta T) = k \cdot u_c = 0.12^\circ\text{C}$$

C.4 湿度修正值的不确定度评定

C.4.1 不确定度计算公式

对式 (C.2) 各分量求偏导, 各分量灵敏系数如下:

$$c_1' = \frac{\partial \Delta H}{\partial H_{\text{标}}} = 1 ; \quad c_2' = \frac{\partial \Delta H}{\partial H'} = 1 ; \quad c_3' = \frac{\partial \Delta H}{\partial H_{\text{示}}} = -1$$

所以湿度修正值的合成标准不确定度 u_c' 可由式 (C.4) 计算得出:

$$u_c' = \sqrt{(c_1' \cdot u_1')^2 + (c_2' \cdot u_2')^2 + (c_3' \cdot u_3')^2} \quad (\text{C.4})$$

式中:

u_1' —— $H_{\text{标}}$ 引入的标准不确定度, %RH;

u_2' —— H' 引入的标准不确定度, %RH;

u_3' —— $H_{\text{示}}$ 引入的标准不确定度, %RH。

C.4.2 不确定度分量的评定

C.4.2.1 $H_{\text{标}}$ 引入的不确定度 u_1'

u_1' 是由精密露点仪的湿度分辨力引入的不确定度分量, 湿度分辨力 0.1%RH, 不确定度区间半宽 0.05%RH, 按均匀分布, 则

$$u_1' = 0.05\%RH / \sqrt{3} = 0.03\%RH$$

C.4.2.2 H' 引入的标准不确定度 u_2'

C.4.2.2.1 精密露点仪的湿度修正值引入的不确定度分量 u_{21}'

根据标准器的溯源证书, 露点修正值的扩展不确定度为: $U = 0.16^\circ\text{C DP}$, $k = 2$; 温度修正值的扩展不确定度为: $U = 0.05^\circ\text{C}$, $k = 2$ 。换算成相对湿度不确定度见表 C.1。

C.4.2.2.2 精密露点仪的湿度稳定性引入的不确定度分量 u_{22}'

精密露点仪露点的年稳定性不超过 0.16°C , 不确定度区间半宽为 0.08°C , 按均匀分布, 结果见表 C.2。

C.4.2.3 $H_{\text{示}}$ 引入的不确定度分量 u_3'

u_3' 是由被检温湿度计温度测量重复性和分辨力引入的以及湿度发生器的湿度均匀度和波动度引入的。

C.4.2.3.1 被检温湿度计重复性引入的不确定度分量 u'_{31}

表 C.1 标准器湿度修正值引入的不确定度

校准点	20℃、40%RH	20℃、60%RH	20℃、80%RH
温度扩展不确定度 ($k=2$)	0.05℃	0.05℃	0.05℃
温度测量带来的湿度不确定度 $u(T_{\text{标}})$	0.12%RH	0.19%RH	0.25%RH
露点扩展不确定度 ($k=2$)	0.16℃DP	0.16℃DP	0.16℃DP
露点测量带来的湿度不确定度 $u(T_d)$	0.22%RH	0.32%RH	0.41%RH
$u'_{21} = \sqrt{u^2(T_{\text{标}}) + u^2(T_d)}$	0.25%RH	0.37%RH	0.48%RH

表 C.2 标准器湿度年稳定性引入的不确定度

校准点	20℃、40%RH	20℃、60%RH	20℃、80%RH
露点稳定性	0.08℃DP	0.08℃DP	0.08℃DP
露点稳定性带来的湿度不确定度 u'_{22}	0.13%RH	0.18%RH	0.24%RH

$$\text{设 } y_i = H_{\text{标}i} - H_{\text{示}i}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

被检温湿度计在湿度校准点进行 10 次重复测量，根据贝塞尔公式计算单次测量的

标准偏差 s'

$$s' = \sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(n-1)}} = 0.05\%RH$$

$$u'_{31} = s' = 0.05\%RH$$

C.4.2.3.2 被检温湿度计湿度分辨力引入的分量 u'_{32}

被检温湿度计的湿度分辨力 0.1%RH，不确定度区间半宽 0.05%RH，按均匀分布，则

$$u'_{32} = 0.05\%RH / \sqrt{3} = 0.03\%RH$$

C.4.2.3.3 湿度发生器的湿度均匀度引入的不确定度分量 u'_{33}

由于标准器与被检温湿度计位置十分接近，因此认为湿度发生器的湿度均匀度引入的不确定度可以忽略， $u_{33}'=0\%RH$ 。

C.4.2.3.4 湿度发生器的湿度波动度引入的不确定度分量 u_{34}'

湿度发生器的湿度波动度为 $\pm 0.05\%RH$ ，不确定度区间半宽为 $0.05\%RH$ ，按均匀分布，则

$$u_{34}'=0.05\%RH/\sqrt{3}=0.03\%RH$$

C.4.3 湿度修正值的合成标准不确定度 u_c'

由式 (C.4) 计算出湿度修正值的合成标准不确定度 u_c' ，结果见表 C.3

表 C.3 湿度合成标准不确定度 u_c'

校准点	20℃、40%RH	20℃、60%RH	20℃、80%RH
u_c' (%RH)	0.29	0.42	0.54

C.4.4 湿度修正值的扩展不确定度 $U(\Delta H)$

取包含因子 $k=2$ ，则湿度修正值的扩展不确定度由下式计算得出：

$$U(\Delta H) = k \cdot u_c'$$

结果见表 C.4

表 C.4 湿度扩展不确定度 $U(\Delta H)$

校准点	20℃、40%RH	20℃、60%RH	20℃、80%RH
$U(\Delta H)$ (%RH)	0.6	0.9	1.1

附录 D

以温湿度标准箱为温湿度场的不确定度评定示例

D.1 概述

参照本规范对温湿度计的计量特性要求和校准方法，以温湿度标准箱作为温湿度场，用精密露点仪作湿度标准器；经过检定或校准的数字式温度计作为温度标准器。在 20℃ 下校准数字温湿度计，其温度、湿度分辨力分别为 0.1℃ 和 0.1%RH；当温度平衡后，湿度的校准遵循从低湿到高湿的顺序对 40%RH、60%RH、80%RH 进行校准。校准点在湿度达到设定值并稳定后开始读数，先读标准器，后读被校准仪器。依据规范中的有关公式计算被校准温湿度计的温度修正值和湿度修正值，并计算修正值的不确定度。

D.2 测量模型

D.2.1 被校准温湿度计温度修正值 ΔT 及湿度修正值 ΔH 的计算公式为：

$$\Delta T = (T_{\text{标}} + T') - T_{\text{示}} \quad (\text{D.1})$$

$$\Delta H = (H_{\text{标}} + H') - H_{\text{示}} \quad (\text{D.2})$$

式中：

ΔT —— 被校准温湿度计温度修正值，℃；

$T_{\text{标}}$ —— 标准器温度示值的平均值，℃；

T' —— 标准器温度修正值，℃；

$T_{\text{示}}$ —— 被校准温湿度计温度示值的平均值，℃；

ΔH —— 被校准温湿度计湿度修正值，%RH；

$H_{\text{标}}$ —— 标准器湿度示值的平均值，%RH；

H' —— 标准器湿度修正值，%RH；

$H_{\text{示}}$ —— 被校准温湿度计湿度示值的平均值，%RH。

D.3 温度修正值的不确定度评定

D.3.1 不确定度计算公式

对式 (D.1) 各分量求偏导, 各分量的灵敏度系数如下:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_{\text{标}}} = 1 ; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T'} = 1 ; \quad c_3 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_{\text{示}}} = -1$$

所以温度修正值的合成标准不确定度 u_c 可由式 (D.3) 计算得出:

$$u_c = \sqrt{(c_1 \cdot u_1)^2 + (c_2 \cdot u_2)^2 + (c_3 \cdot u_3)^2} \quad (\text{D.3})$$

式中:

u_1 —— $T_{\text{标}}$ 引入的标准不确定度, $^{\circ}\text{C}$;

u_2 —— T' 引入的标准不确定度, $^{\circ}\text{C}$;

u_3 —— $T_{\text{示}}$ 引入的标准不确定度, $^{\circ}\text{C}$ 。

D.3.2 不确定度分量的评定

D.3.2.1 $T_{\text{标}}$ 引入的不确定度 u_1

u_1 是由精密露点仪的温度分辨力引入的不确定度分量, 温度分辨力 0.01°C , 不确定度区间半宽 0.005°C , 按均匀分布, 则

$$u_1 = 0.005^{\circ}\text{C} / \sqrt{3} = 0.003^{\circ}\text{C}$$

D.3.2.2 T' 引入的标准不确定度 u_2

D.3.2.2.1 精密露点仪的温度修正值引入的不确定度分量 u_{21}

根据标准器的证书得知 $U=0.05^{\circ}\text{C}$, $k=2$, 则

$$u_{21} = U / k = 0.025^{\circ}\text{C}$$

D.3.2.2.2 精密露点仪的温度稳定性引入的不确定度分量 u_{22}

精密露点仪的温度年稳定性不超过 0.10°C , 不确定度区间半宽为 0.05°C , 按均匀分布, 则:

$$u_{22} = 0.05^{\circ}\text{C} / \sqrt{3} = 0.03^{\circ}\text{C}$$

D.3.2.3 $T_{\text{示}}$ 引入的不确定度分量 u_3

u_3 是由被检温湿度计温度测量重复性和分辨力引入的以及温湿度标准箱的温度均

匀度和波动度引入的。

D.3.2.3.1 被检温湿度计重复性引入的不确定度分量 u_{31}

$$\text{设 } x_i = T_{\text{标}i} - T_{\text{示}i}, \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

被检温湿度计在温度校准点进行 10 次重复测量, 根据贝塞尔公式计算单次测量的标准偏差 s

$$s = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} = 0.05^\circ\text{C}$$

$$u_{31} = s = 0.05^\circ\text{C}$$

D.3.2.3.2 被检温湿度计温度分辨力引入的分量 u_{32}

被检温湿度计的温度分辨力 0.1°C , 不确定度区间半宽 0.05°C , 按均匀分布, 则

$$u_{32} = 0.05^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

D.3.2.3.3 温湿度标准箱的温度均匀度引入的不确定度分量 u_{33}

本规范规定温湿度标准箱的温度均匀度为 0.3°C , 因此不确定度区间半宽为 0.3°C , 按均匀分布, 则

$$u_{33} = 0.3^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.17^\circ\text{C}$$

D.3.2.3.4 温湿度标准箱的温度波动度引入的不确定度分量 u_{34}

本规范规定温湿度标准箱的温度波动度为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$, 由于波动度的影响在重复性测量中有体现, 因此将温湿度标准箱的温度波动度引入的不确定度区间的半宽按 0.1°C 考虑, 按均匀分布, 则

$$u_{34} = 0.1^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.06^\circ\text{C}$$

D.3.3 温度修正值的合成标准不确定度 u_c

由式 (D.3) 计算出温度修正值的合成标准不确定度 $u_c = 0.19^\circ\text{C}$

D.3.4 温度修正值的扩展不确定度 $U(\Delta T)$

取包含因子 $k=2$, 则温度修正值的扩展不确定度由下式计算得出:

$$U(\Delta T) = k \cdot u_c = 0.4^\circ\text{C}$$

D.4 湿度修正值的不确定度评定

D.4.1 不确定度计算公式

对式 (D.2) 各分量求偏导, 各分量灵敏系数如下:

$$c_1' = \frac{\partial \Delta H}{\partial H_{\text{标}}} = 1 ; \quad c_2' = \frac{\partial \Delta H}{\partial H'} = 1 ; \quad c_3' = \frac{\partial \Delta H}{\partial H_{\text{示}}} = -1$$

所以湿度修正值的合成标准不确定度 u_c' 可由式 (D.4) 计算得出:

$$u_c' = \sqrt{(c_1' \cdot u_1')^2 + (c_2' \cdot u_2')^2 + (c_3' \cdot u_3')^2} \quad (\text{D.4})$$

式中:

u_1' —— $H_{\text{标}}$ 引入的标准不确定度, %RH;

u_2' —— H' 引入的标准不确定度, %RH;

u_3' —— $H_{\text{示}}$ 引入的标准不确定度, %RH。

D.4.2 不确定度分量的评定

D.4.2.1 $H_{\text{标}}$ 引入的不确定度 u_1'

u_1' 是由精密露点仪的湿度分辨力引入的不确定度分量, 湿度分辨力 0.1%RH, 不确定度区间半宽 0.05%RH, 按均匀分布, 则

$$u_1' = 0.05\% \text{RH} / \sqrt{3} = 0.03\% \text{RH}$$

D.4.2.2 H' 引入的标准不确定度 u_2'

D.4.2.2.1 精密露点仪的湿度修正值引入的不确定度分量 u_{21}'

根据标准器的溯源证书, 露点修正值的扩展不确定度为: $U = 0.16^\circ\text{CDP}$, $k = 2$; 温度修正值的扩展不确定度为: $U = 0.05^\circ\text{C}$, $k = 2$ 。换算成相对湿度不确定度见表 D.1。

D.4.2.2.2 精密露点仪的湿度稳定性引入的不确定度分量 u_{22}'

精密露点仪露点的年稳定性不超过 0.16°C , 不确定度区间半宽为 0.08°C , 按均匀分布, 结果见表 D.2

D.4.2.3 $H_{\text{示}}$ 引入的不确定度分量 u_3'

表 D.1 标准器湿度修正值引入的不确定度 u'_{21}

校准点	20℃、40%RH	20℃、60%RH	20℃、80%RH
温度扩展不确定度 ($k=2$)	0.05℃	0.05℃	0.05℃
由温度测量带来的湿度不确定度 $u(T_{\text{标}})$	0.12%RH	0.19%RH	0.25%RH
露点扩展不确定度 ($k=2$)	0.16℃CDP	0.16℃CDP	0.16℃CDP
由露点测量带来的湿度不确定度 $u(T_d)$	0.22%RH	0.32%RH	0.41%RH
$u'_{21} = \sqrt{u^2(T_{\text{标}}) + u^2(T_d)}$	0.25%RH	0.37%RH	0.48%RH

表 D.2 标准器湿度年稳定性引入的不确定度 u'_{22}

校准点	20℃、40%RH	20℃、60%RH	20℃、80%RH
露点稳定性	0.08℃CDP	0.08℃CDP	0.08℃CDP
露点稳定性带来的湿度不确定度 u'_{22}	0.13%RH	0.18%RH	0.24%RH

u'_3 是由被检温湿度计湿度测量重复性和分辨力引入的以及温湿度标准箱的湿度均匀度和波动度引入的。

D.4.2.3.1 被检温湿度计重复性引入的不确定度分量 u'_{31}

$$\text{设 } y_i = H_{\text{标}i} - H_{\text{示}i}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

被检温湿度计进行 10 次重复测量, 根据贝塞尔公式计算湿度单次测量的标准偏差

$$s' = \sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(n-1)}} = 0.1\%RH$$

$$u'_{31} = s' = 0.1\%RH$$

D.4.2.3.2 被检温湿度计湿度分辨力引入的分量 u'_{32}

被检温湿度计的湿度分辨力 0.1%RH, 不确定度区间半宽 0.05%RH, 按均匀分布, 则

$$u'_{32}=0.05\%RH/\sqrt{3}=0.03\%RH$$

D.4.2.3.3 温湿度标准箱的湿度均匀度引入的不确定度分量 u'_{33}

本规范规定温湿度标准箱的湿度均匀度为 1.0%RH, 因此不确定度区间半宽为 1.0%RH, 按均匀分布, 则

$$u'_{33}=1.0\%RH/\sqrt{3}=0.58\%RH$$

D.4.2.3.4 温湿度标准箱的湿度波动度引入的不确定度分量 u'_{34}

本规范规定温湿度标准箱的湿度波动度为 $\pm 0.8\%RH$, 由于波动度的影响在重复性测量中有所体现, 因此不确定度区间半宽按 0.4%RH 考虑, 按均匀分布, 则

$$u'_{34}=0.4\%RH/\sqrt{3}=0.23\%RH$$

D.4.3 湿度修正值的合成标准不确定度 u'_c

由式 (D.4) 计算出湿度修正值的合成标准不确定度 u'_c , 结果见表 D.3

表 D.3 湿度修正值合成标准不确定度 u'_c

校准点	20℃、40%RH	20℃、60%RH	20℃、80%RH
u'_c (%RH)	0.69	0.76	0.83

D.4.4 湿度修正值的扩展不确定度 $U(\Delta H)$

取包含因子 $k=2$, 则湿度修正值的扩展不确定度由下式计算得出, 结果见表 D.4

$$U(\Delta H) = k \cdot u'_c$$

表 D.4 湿度修正值扩展不确定度 $U(\Delta H)$

校准点	20℃、40%RH	20℃、60%RH	20℃、80%RH
$U(\Delta H)$ (%RH)	1.4	1.6	1.7

qejc.cn, jcvba.cn, 微信qejc21