



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1101—2003

环境试验设备温度、湿度校准规范

Calibration Specification for the Equipment of the
Environmental Testing for Temperature and Humidity

2003 - 05 - 12 发布

2003 - 09 - 12 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

本规范主要起草人：

康志茹 （河北省计量科学研究院）

耿荣勤 （河北省计量科学研究院）

魏晓克 （河北省计量科学研究院）

参加起草人：

郭增军 （河北省计量科学研究院）

李淑香 （河南省计量测试研究所）

王素霞 （河北省气象局）

齐晓强 （河北省计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
3.1 温度偏差	(1)
3.2 相对湿度偏差	(1)
3.3 标称值	(1)
4 计量特性	(1)
5 校准条件	(1)
5.1 环境条件	(1)
5.2 标准器及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 校准项目	(2)
6.2 校准方法	(3)
6.3 数据处理	(4)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 环境试验设备校准记录参考格式	(7)
附录 B 环境试验设备校准结果参考格式	(8)
附录 C 干、湿球法测量相对湿度的方法	(9)
附录 D 环境试验设备温度偏差校准结果不确定度分析	(10)
附录 E 环境试验设备相对湿度偏差校准结果不确定度分析	(13)

环境试验设备 温度、湿度校准规范

Calibration Specification for the
Equipment of the Environmental
Testing for Temperature and Humidity

JJF 1101—2003

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2003 年 05 月 12 日批准，并自 2003 年 09 月 12 日起施行。

归 口 单 位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：河北省计量科学研究院

本规范委托归口单位负责解释

环境试验设备温度、湿度校准规范

1 范围

本规范适用于环境试验设备温度、湿度（以下简称环境试验设备）计量性能的校准。

其他类似设备也可参照本规范进行校准。

2 引用文献

GB/T 2423.4—1993《电工电子产品基本环境试验规程》试验 Db：交变湿热试验方法

GB 6999—1986《环境试验用相对湿度查算表》

JJF 1071—2000《国家计量校准规范编写规则》

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 术语

3.1 温度偏差

环境试验设备在稳定状态下，显示温度平均值与工作空间中心点实测温度平均值的差值。

3.2 相对湿度偏差

环境试验设备在稳定状态下，显示相对湿度平均值与工作空间中心点实测相对湿度平均值的差值。

3.3 标称值

当校准环境试验设备温度、湿度时，按试验方法要求所规定的参数值或按需要预先确定的参数值。

4 计量特性

环境试验设备的温度偏差、温度均匀度、温度波动度，相对湿度偏差、相对湿度均匀度、相对湿度波动度技术要求见表 1。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度：(15~35)℃

湿度：(30~85)%RH

气压：(86~106)kPa

5.1.2 负载条件

一般在空载条件下校准，根据用户需要可以在负载条件下进行校准，但应说明负载的情况。

表 1

设备名称		温度试验设备			湿热试验设备		交变湿热设备
温度和湿度范围		(0 ~ 100) ℃	(-60 ~ 0)℃ (100 ~ 200)℃	(200 ~ 300) ℃	(10 ~ 60)℃ (20 ~ 100) %RH	(10 ~ 60)℃ (20 ~ 100) %RH	(20 ~ 60)℃ (80 ~ 100) %RH
温度偏差		±1.0℃	±2℃	±3℃	±2℃	±2℃	±2℃
湿度偏差		—	—	—	+2 -3 %RH	±5%RH	+2 -3 %RH
均匀度	温度	1.0℃	2℃	3℃	1℃	2℃	2℃
	湿度	—	—	—	3%RH	5%RH	3%RH
波动度	温度	±0.5℃	±0.5℃	±2℃	±0.5℃	±1℃	±1℃
	湿度	—	—	—	±2%RH	±3%RH	±3%RH
注：1. 交变湿热设备应检查其交变能力。 2. 对于计量特性另有要求的温度、湿热试验设备，按有关技术文件规定的要求进行校准。							

5.1.3 其他条件：设备周围应无强烈振动及腐蚀性气体存在，应避免其他冷、热源影响。

5.2 标准器及其他设备

5.2.1 温度测量标准

温度测量由温度传感器（通常用四线制铂热电阻）和显示仪表组成，时间常数应小于 15s。

5.2.2 湿度测量标准

湿度测量可使用下列仪器：

数字通风干湿表和气压表（通风速度应大于 2.5m/s）

数字湿度计（仅在湿度场不发生交变的情况下使用）

干、湿球温度计^①（在风速均匀情况下，适用于相对湿度均匀度的测量）

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表 2。

注：①干、湿球温度计制作方法应符合附录 C 的要求。

表 2

项 目 \ 设 备	温度设备	湿热设备	交变湿热设备
温度偏差	+	+	+
湿度偏差	-	+	+
温度均匀度	+	+	+
湿度均匀度	-	+	+
温度波动度	+	+	+
湿度波动度	-	+	+
注：1. “+”表示校准，“-”表示不校准。 2. 交变湿热设备应检查交变能力。			

6.2 校准方法

6.2.1 校准温、湿度点的选择

校准温、湿度点一般应选择设备使用范围的下限、上限及中间点，也可根据用户需要选择实际常用的温、湿度点。

6.2.2 测试点的位置

测试点的位置应布放在设备工作室内的三个校准面上，简称上、中、下三层，中层为通过工作室几何中心的平行于底面的校准工作面，测试点与工作室内壁的距离不小于各边长的 1/10，遇风道时，此距离可加大，但不能大于 500mm。如果设备带有样品架或样品车时，下层测试点可布放在样品架或样品车上方 10mm 处。

6.2.3 测试点的数量

温度测试点用 A, B, C…字母表示，湿度测试点用甲、乙、丙……文字表示。

a) 当设备容积小于 2m^3 时，温度测试点为 9 个，湿度测试点为 3 个，O 点位于中层几何中心，如图 1 所示。

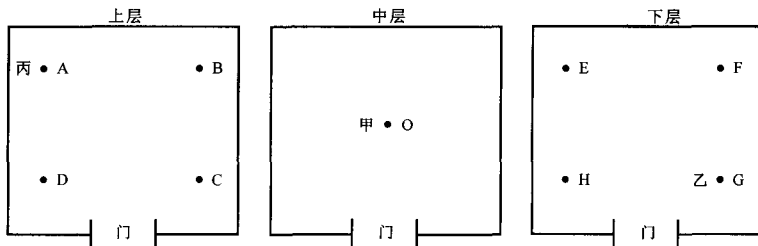


图 1

b) 当容积大于 2m^3 时, 温度测试点为 15 个, 湿度测试点为 4 个, E, O, N 分别位于上、中、下层的几何中心, 如图 2 所示。

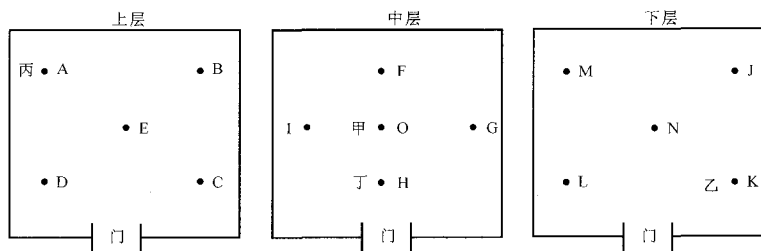


图 2

c) 当工作容积大于 50m^3 时, 测试点可适当增加。

6.2.4 温度的校准

按 6.2.2, 6.2.3 条规定摆放温度传感器, 将试验设备的温度控制器设定到所要求的标称温度, 使设备正常工作。稳定后开始读数, 每 2min 记录所有测试点的温度一次, 在 30min 内共测试 15 次。

6.2.5 温、湿度的校准

按 6.2.2, 6.2.3 条规定摆放温、湿度传感器, 将试验设备的温、湿度控制器设定到所要求的标称温、湿度, 使设备正常工作。稳定后开始读数, 每 2min 记录所有测试点的温、湿度一次, 在 30min 内共测试 15 次。

6.2.6 交变能力检查

交变能力的检查按 GB/T 2423.4—1993 中 5.2.2, 5.2.3 方法进行。

6.3 数据处理

6.3.1 温度偏差计算

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

式中: Δt_d ——温度偏差, $^{\circ}\text{C}$;

t_o ——中心点 n 次测量的平均值, $^{\circ}\text{C}$;

t_d ——设备显示温度平均值, $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.2 温度均匀度计算

环境试验设备在稳定状态下, 在 30min 内 (每 2min 测试一次) 每次测试中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min}) / n \quad (2)$$

式中: Δt_u ——温度均匀度, $^{\circ}\text{C}$;

n ——测量次数;

$t_{i\max}$ ——各校准点在第 i 次测得的最高温度,℃;

$t_{i\min}$ ——各校准点在第 i 次测得的最低温度,℃。

6.3.3 温度波动度计算

环境试验设备在稳定状态下,工作空间中心点温度随时间的变化量,即中心点在 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。

$$\Delta t_f = \pm (t_{\max} - t_{\min}) / 2 \quad (3)$$

式中: Δt_f ——温度波动度,℃;

t_{\max} ——中心点 n 次测量中的最高温度,℃;

t_{\min} ——中心点 n 次测量中的最低温度,℃。

6.3.4 相对湿度偏差计算

$$\Delta h_d = h_d - h_o \quad (4)$$

式中: Δh_d ——湿度的偏差,%RH;

h_o ——中心点 n 次测量的平均值,%RH;

h_d ——设备显示湿度平均值,%RH。

6.3.5 相对湿度均匀度计算

环境试验设备在稳定状态下,在 30min 内(每 2min 测试一次)每次测试中实测最高相对湿度与最低相对湿度之差的算术平均值。用干、湿球法校准相对湿度均匀度时,按 GB 6999—1986 查相对湿度表。具体方法见附录 C。

$$\Delta h_u = \sum_{i=1}^n (h_{i\max} - h_{i\min}) / n \quad (5)$$

式中: Δh_u ——湿度的均匀度,%RH;

$h_{i\max}$ ——各校准点在第 i 次中测量的最高湿度,%RH;

$h_{i\min}$ ——各校准点在第 i 次中测量的最低湿度,%RH;

n ——测量次数。

6.3.6 相对湿度波动度计算

环境试验设备在稳定状态下,工作空间中心点相对湿度随时间的变化量,即中心点在 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。

$$\Delta h_f = \pm (h_{\max} - h_{\min}) / 2 \quad (6)$$

式中: Δh_f ——湿度的波动度,%RH;

h_{\max} ——中心点 n 次测量中湿度的最高值,%RH;

h_{\min} ——中心点 n 次测量中湿度的最低值,%RH。

7 校准结果表达

经校准的环境试验设备出具校准证书。校准证书应给出:温、湿度的偏差、均匀度、波动度及校准结果不确定度。

8 复校时间间隔

环境试验设备的复校间隔自定，建议最长不超过 2 年。

附录 A

环境试验设备校准记录参考格式

委托单位： 仪器名称： 制造厂： 型号规格： 出厂编号：
 校准地点： 环境温度： ℃ 环境湿度： %RH

温、湿度记录表

标称温度： ℃ 标称湿度： %RH

时间	次数	仪表示值		温度/℃										第 i 次		湿度		
		℃	%RH	A	B	C	D	O	E	F	G	H	最大	最小		甲	乙	丙
	1																	
	2																	
	3																	
	14																	
	15																	
第 n 点	修正值																	
	最大值																	
	最小值																	

温度偏差： ℃ 温度均匀度： ℃ 温度波动度： ℃
 湿度偏差： %RH 湿度均匀度： %RH 湿度波动度： %RH

校准 年 月 日 复核 年 月 日

附录 B

环境试验设备校准结果参考格式

第 页 共 页

校 准 结 果

1 测试点分布示意图 (图 B1)

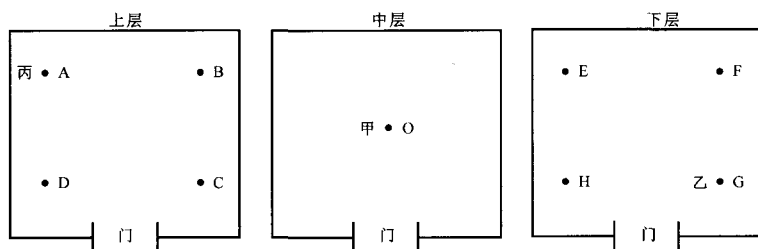


图 B1

2 测试点与壁距离 (mm)

前	后	左	右	上	下

3 校准结果的表达

温度偏差:	℃	湿度偏差:	%RH
温度波动度:	℃	湿度波动度:	%RH
温度均匀度:	℃	湿度均匀度:	%RH

4 校准结果不确定度

附录 C

干、湿球法测量相对湿度的方法

C.1 选用两支型号相同、特性基本一致的温度计，两支温度计传感器的轴心线应平行，温度计之间的距离应不小于湿球传感器总直径（包括湿球纱布套的厚度在内）的 3 倍。

C.2 湿球纱布采用 120 号气象纱布或专用纱布，长约 100mm。湿球用水是蒸馏水或去离子水。

C.3 水杯最好带盖并盛满蒸馏水，水杯中水面到湿球底部的距离约为 30mm。

C.4 包扎湿球纱布时，应把手洗净，再用清洁水将湿球洗净，然后用纱布上的线把纱布服贴无皱折地包围在湿球上，重叠部分不应超过圆周长的 1/4，不要扎得过紧，以免影响吸水，并剪掉多余的纱线。

C.5 湿球应保持清洁、柔软和湿润。

C.6 分别读出干、湿球温度计的示值，算出干、湿球温度差值。根据 GB 6999—1986 查出该温度下的相对湿度值。

例 1：用柱状干、湿球温度计（风速 0.5m/s）测得干球温度 $t = 55.00^{\circ}\text{C}$ ，湿球温度 $t_w = 53.40^{\circ}\text{C}$ ，大气压力 $p = 101\text{kPa}$ ，查相对湿度 h 。

在 GB 6999—1986 第 2.1 条表中，根据风速查出 $A = 0.815 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 。按 $A = 0.815 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ， $p = 100\text{kPa}$ （个位数四舍五入）， $t - t_w = 1.60^{\circ}\text{C}$ ，在 GB 6999—1986 中查表 2a₂ 得 $h = 91.8\%$ 。

例 2：用柱状干、湿球温度计（风速 2.4m/s）测得干球温度 $t = 40.60^{\circ}\text{C}$ ，湿球温度 $t_w = 38.40^{\circ}\text{C}$ ，大气压力 $p = 98\text{kPa}$ ，查 h 。

在 GB 6999—1986 第 2.1 条表中，查出 $A = 0.662 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 。按 $A = 0.662 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ， $p = 100\text{kPa}$ （个位数四舍五入）， $t - t_w = 2.20^{\circ}\text{C}$ ，在 GB 6999—1986 中查表 2c 得 $h = 87.1\%$ 。

附录 D

环境试验设备温度偏差
校准结果不确定度分析

D.1 概述

温度测量设备由温度传感器和数字温度显示仪组成, 该套设备具有温度修正值。温度偏差是指设备温度显示仪表示值与中心点实际温度之差。

D.2 数学模型

$$\Delta t_d = t_d - t_o - \Delta t_o \quad (D1)$$

式中: Δt_d ——温度偏差, $^{\circ}\text{C}$;

t_d ——被检设备温度显示仪表显示温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_o ——数字温度显示仪读数, $^{\circ}\text{C}$;

Δt_o ——温度测量装置的修正值 (指整体检定), $^{\circ}\text{C}$ 。

D.3 方差与灵敏系数

式 (D1) 中 t_o , t_d , Δt_o 互为独立, 因而得

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial t_d} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial t_o} = -1, \quad c_3 = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial \Delta t_o} = -1$$

故

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

D.4 不确定度来源及分析

D.4.1 由 t_d 引入的不确定度

对环境试验设备作 15 次独立重复测量, 从设备显示仪上读取 15 次显示值, 记为 t_{d1} , t_{d2} , ..., t_{d15} , 平均值记为 \bar{t}_d , 其测量列如表 D1 所示。

表 D1

i (次数)	$t_{di}/^{\circ}\text{C}$	i (次数)	$t_{di}/^{\circ}\text{C}$	i (次数)	$t_{di}/^{\circ}\text{C}$
1	59.9	6	59.9	11	60.0
2	60.0	7	59.9	12	59.9
3	60.0	8	59.9	13	60.0
4	60.0	9	60.0	14	60.0
5	60.0	10	60.0	15	60.0

根据公式

$$s(\bar{t}_d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{di} - \bar{t}_d)^2}{n(n-1)}}$$

计算得算术平均值 \bar{t}_d 的实验标准差 $s(\bar{t}_d) = 0.01^\circ\text{C}$ 。则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定度分量 $u_1 = s(\bar{t}_d) = 0.01^\circ\text{C}$ ，自由度 $\nu_1 = 14$ 。

D.4.2 由 t_o 引入的不确定度

对环境试验设备作 15 次独立重复测量，从数字温度显示仪上读取 15 次显示值，记为 $t_{o1}, t_{o2}, \dots, t_{o15}$ ，平均值记为 \bar{t}_o ，其测量列如表 D2 所示。

表 D2

i (次数)	$t_{oi}/^\circ\text{C}$	i (次数)	$t_{oi}/^\circ\text{C}$	i (次数)	$t_{oi}/^\circ\text{C}$
1	58.93	6	59.08	11	59.13
2	59.04	7	59.24	12	59.23
3	59.06	8	59.13	13	59.18
4	59.05	9	59.15	14	59.24
5	59.16	10	59.20	15	59.31

根据公式

$$s(\bar{t}_o) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{oi} - \bar{t}_o)^2}{n(n-1)}}$$

计算得算术平均值 \bar{t}_o 的实验标准差 $s(\bar{t}_o) = 0.03^\circ\text{C}$ 。则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定度分量 $u_2 = s(\bar{t}_o) = 0.03^\circ\text{C}$ ，自由度 $\nu_2 = 14$ 。

D.4.3 由 Δt_o 引入的不确定度

从检定证书知：温度测量装置修正值 Δt_o 的扩展不确定度 $U_{95} = 0.06^\circ\text{C}$ ，以正态分布估计， $k_{95} = 1.960$ ， $u_3 = u(\Delta t_o) = 0.06^\circ\text{C}/1.960 = 0.03^\circ\text{C}$ ， $\nu_3 = \infty$ 。

D.5 不确定度分量一览表

不确定度分量如表 D3 所示。

表 D3

序号	来源	符号	u_i	自由度
1	被测设备仪表读数重复性	u_1	0.01°C	14
2	温度测量装置读数重复性	u_2	0.03°C	14
3	温度测量装置误差	u_3	0.03°C	∞

D.6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.04^\circ\text{C}$$

D.7 有效自由度

根据公式

$$\nu_{\text{eff}} = u_c^4 / (\sum u_i^4 / \nu_i)$$

计算得

$$\nu_{\text{eff}} = 56.7$$

D.8 扩展不确定度

3个不确定度分量大小接近，且相互独立，其合成仍接近正态分布，取置信水平 $p = 0.95$ ，查 t 分布表得扩展因子 $k_{95} = 2.01$ ，故得

$$U_{95} = k u_c = 0.08^\circ\text{C}$$

附录 E

环境试验设备相对湿度偏差
校准结果不确定度分析

E.1 概述

湿度测量标准用标准温湿度仪，相对湿度偏差是指被校准设备湿度显示仪表示值与设备实际湿度之差。

E.2 数学模型

$$\Delta h_d = h_d - h_o + \Delta h_o \quad (E1)$$

式中： Δh_d ——湿度偏差，%RH；

h_d ——被测设备显示仪表显示湿度，%RH；

h_o ——标准温湿度仪读数，%RH；

Δh_o ——标准温湿度仪误差对测量结果的影响，%RH。

E.3 方差与灵敏系数

式(E1)中 h_d ， h_o ， Δh_o 互为独立，因而得

$$c_1 = \frac{\partial \Delta h_d}{\partial h_d} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta h_d}{\partial h_o} = -1, \quad c_3 = \frac{\partial \Delta h_d}{\partial \Delta h_o} = 1$$

从而得出

$$u_c^2 = u^2(h_d) + u^2(h_o) + u^2(\Delta h_o)$$

E.4 不确定度来源及分析

E.4.1 由 h_d 引入的不确定度

在温度为 60℃、湿度为 70%RH 测量湿热箱工作空间中心点湿度，同时从设备湿度显示仪上读取 15 次显示值，记为 h_{d1} ， h_{d2} ， \dots ， h_{d15} ，平均值为 $\overline{h_d}$ ，其测量列如表 E1 所示。

表 E1

i (次数)	h_{di} / (%RH)	i (次数)	h_{di} / (%RH)	i (次数)	h_{di} / (%RH)
1	70	6	70	11	70
2	69	7	69	12	69
3	69	8	70	13	70
4	70	9	70	14	69
5	70	10	70	15	70

根据公式

$$s(\overline{h_d}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_{di} - \overline{h_d})^2}{n(n-1)}}$$

计算得出算术平均值 \bar{h}_d 的实验标准差 $s(\bar{h}_d) = 0.13\% \text{ RH}$ 。则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定度分量 $u_1 = s(\bar{h}_d) = 0.13\% \text{ RH}$ ，自由度 $\nu_1 = 14$ 。

E.4.2 由 h_o 引入的不确定度

在温度为 60°C ，湿度 $70\% \text{ RH}$ ，对湿热箱湿度作 15 次独立重复测量，从标准温、湿度仪上读取 15 次显示值，记为 $h_{o1}, h_{o2}, \dots, h_{o15}$ ，平均值记为 \bar{h}_o 。其测量列如表 E2 所示。

表 E2

i (次数)	$h_{oi}/(\% \text{ RH})$	i (次数)	$h_{oi}/(\% \text{ RH})$	i (次数)	$h_{oi}/(\% \text{ RH})$
1	68.89	6	68.43	11	68.31
2	68.96	7	68.60	12	68.21
3	68.75	8	68.43	13	68.21
4	68.34	9	68.29	14	68.33
5	68.60	10	68.39	15	68.58

根据公式

$$s(\bar{h}_o) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_{oi} - \bar{h}_o)^2}{n(n-1)}}$$

计算得出算术平均值 \bar{h}_o 的实验标准差 $s(\bar{h}_o) = 0.01\% \text{ RH}$ ，则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定度分量 $u_2 = s(\bar{h}_o) = 0.01\% \text{ RH}$ ，自由度 $\nu_2 = 14$ 。

E.4.3 由标准数字温湿度仪误差引入的不确定度

根据标准数字温湿度仪检定证书知：其扩展不确定度为 $1.5\% \text{ RH}$ ，包含因子 $k=2$ ，则 $u_3 = 1.5/2 = 0.75\% \text{ RH}$ ，因证书未告知何种分布，故以正态分布估计， $\nu_3 = \infty$ 。

E.5 不确定度分量一览表

不确定度分量如表 E3 所示。

表 E3

序号	来源	符号	u_i	自由度
1	被测设备仪表读数重复性	u_1	$0.13\% \text{ RH}$	14
2	标准温湿度仪读数重复性	u_2	$0.01\% \text{ RH}$	14
3	标准温湿度仪误差	u_3	$0.75\% \text{ RH}$	∞

E.6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.76\% \text{ RH}$$

E.7 扩展不确定度

由于 u_3 在各不确定度分量中占比例较大，并且服从正态分布，因此其合成仍接近正态分布，故取 $k_{95} = 1.960$ ，得

$$U_{95} = k u_c = 1.5\% \text{ RH}$$
