



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2176—2024

便携式湿度发生器校准规范

Calibration Specification
for Portable Humidity Generators

2024-10-19 发布

2025-04-19 实施

国家市场监督管理总局 发布

便携式湿度发生器校准规范

Calibration Specification for
Portable Humidity Generators

JJF 2176—2024

归口单位：全国物理化学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

参加起草单位：航空工业北京长城计量测试技术研究所

中国测试技术研究院

北京市国瑞智新技术有限公司

本规范委托全国物理化学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

李占元（中国计量科学研究院）
杨 菊（中国计量科学研究院）
崔体运（上海市计量测试技术研究院）

参加起草人：

任长青（中国计量科学研究院）
吕国义（航空工业北京长城计量测试技术研究所）
张 雯（中国测试技术研究院）
成睿彬（北京市国瑞智新技术有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 湿度误差	(1)
5.2 湿度波动度	(1)
5.3 温度误差	(1)
5.4 温度波动度	(1)
6 校准条件	(1)
6.1 环境条件	(1)
6.2 测量标准及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 准备工作	(2)
7.2 湿度误差	(2)
7.3 温度误差	(3)
7.4 湿度波动度	(3)
7.5 温度波动度	(3)
8 校准结果表达	(4)
9 复校时间间隔	(4)
附录 A 校准原始记录参考格式	(5)
附录 B 校准证书内页参考格式	(7)
附录 C 便携式湿度发生器温度误差和湿度误差的不确定度评定示例	(8)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成制定本规范的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

便携式湿度发生器校准规范

1 范围

本规范适用于相对湿度测量范围 5%~95%，温度范围 5℃~50℃，测量原理为干燥气体和高湿气体混合方法的便携式湿度发生器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1012—2007 湿度与水分计量名词术语及定义

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 术语

JJF 1012—2007 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 湿度发生器 humidity generator

在一定条件下，能发生水蒸气含量恒定且可知的气流或气氛的装置的统称。

3.2 便携式湿度发生器 portable humidity generator

一种能够产生稳定温度和湿度环境的小型温湿度源，用于校准数字式温湿度计、温湿度传感器（变送器）、温湿度存储器或露点仪等。

4 概述

便携式湿度发生器（以下简称为湿度发生器）的工作原理一般是在恒定的温度下，采用干燥气体和高湿气体混合的方法产生所需要的温湿度环境。干燥器用于吸收气体中的水蒸气，产生一股干燥的气流，加湿器产生高湿的气流。湿度发生器的制冷和加热一般采用帕尔帖（Peltier）元件，控制测试腔的温度。

5 计量特性

5.1 湿度误差

5.2 湿度波动度

5.3 温度误差

5.4 温度波动度

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：(18~28)℃，相对湿度：≤80%。

6.1.2 温度波动应不超过±3℃/h。

6.1.3 环境条件还应满足所用标准器和其他配套设备正常使用的其他要求。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 测量标准

6.2.1.1 冷镜式精密露点仪

露点测量范围： $(-20\sim 50)^\circ\text{C}$ ；

露点最大允许误差： $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ；

露点重复性： $\leq 0.1^\circ\text{C}$ 。

冷镜式精密露点仪（以下简称为精密露点仪）可以配置投入式传感器或吸气式传感器。必要时露点仪应该具有管路加热保温功能。

6.2.1.2 数字温湿度计

测量范围：温度为 $(0\sim 50)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $5\%\sim 95\%$ ；

最大允许误差：温度为 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $\pm 2.0\%$ 。

注：数字温湿度计用来测量湿度发生器测试腔的湿度。

6.2.1.3 数字温度计

温度测量范围： $(0\sim 60)^\circ\text{C}$ ；

温度最大允许误差： $\pm 0.05^\circ\text{C}$ 。

注：数字温度计用来测量湿度发生器测试腔的温度。

6.2.2 其他设备

6.2.2.1 抽气泵

抽气流量： $(0\sim 2)\text{ L/min}$ （空气）。

6.2.2.2 浮子流量计

测量范围： $(0\sim 2)\text{ L/min}$ （空气），不低于4级。

7 校准项目和校准方法

7.1 准备工作

7.1.1 在关机状态向湿度发生器加湿水槽注入适量的蒸馏水。

7.1.2 精密露点仪配置投入式传感器。将精密露点仪的露点传感器和数字温度计的温度传感器放置于湿度发生器测试腔的中心位置附近，露点传感器和温度传感器相距5 cm左右。注意保持测试腔密封良好。

7.1.3 精密露点仪配置抽气式传感器。将精密露点仪的气体管路和数字温度计的传感器放置于湿度发生器测试腔的中心位置附近，用抽气泵将气体从测试腔抽出，注意保持测试腔密封良好。

对于有气路外循环系统的湿度发生器，将精密露点仪的传感器直接串联到气路中即可。

7.2 湿度误差

对于具有显示值的湿度发生器，湿度误差为湿度发生器的显示值与标准器的测量值之差；对于没有显示值的湿度发生器，湿度误差为湿度发生器的设定值与标准器的测量值之差。

7.2.1 湿度校准点

在湿度发生器设定温度为 20℃ 时，相对湿度常规校准点为 10%、30%、50%、70%、90%。也可以根据用户要求选择其他校准点，包括在 20℃ 条件下增加其他的湿度校准点或者在其他的温度条件下进行湿度校准。

7.2.2 湿度校准步骤

设定湿度发生器的温度值为 20℃。当温度稳定时，设定相对湿度校准点 10%。当湿度发生器和精密露点仪达到稳定状态后，记录湿度发生器的温度、湿度值，记录精密露点仪的湿度值和数字温度计的温度值。每隔 2 min 左右记录一次，记录 3 次，取平均值。

按湿度由低至高的顺序依次设定各校准点，直至所有的校准点结束。

按公式（1）计算湿度发生器在每个湿度校准点下湿度误差 ΔU 。

$$\Delta U = U - U_s \quad (1)$$

式中：

U ——湿度发生器相对湿度值，%；

U_s ——精密露点仪测量平均值，%。

7.3 温度误差

对于具有显示值的湿度发生器，温度误差为湿度发生器的显示值与标准器的测量值之差；对于没有显示值的湿度发生器，温度误差为湿度发生器的设定值与标准器的测量值之差。

湿度发生器可以单独进行温度校准。

设定湿度发生器的温度值 20℃，也可以根据客户要求选择其他温度点。当温度达到稳定状态后每隔 2 min 左右记录一次，记录 3 次，取平均值。按公式（2）计算温度误差 ΔT 。

$$\Delta T = T - T_s \quad (2)$$

式中：

T ——湿度发生器温度值，℃；

T_s ——数字温度计温度测量平均值，℃。

7.4 湿度波动度

将数字温湿度计的传感器放置于湿度发生器测试腔的中央位置。设定湿度发生器的温度值为 20℃，也可以根据客户要求进行发生器其他湿度点的波动度校准。当温度稳定后，设定相对湿度为 10%。在发生器温度和湿度都达到稳定状态后，记录温湿度计的湿度值，每隔 1 min 左右记录一次，记录 5 次，取极差值。

按湿度由低至高的顺序依次校准 50% 和 90% 的相对湿度点，3 个校准点结束后，取最大的极差值作为湿度发生器的湿度波动度。

7.5 温度波动度

将数字温度计的传感器放置于发生器测试腔的中央位置。设定湿度发生器的温度值为 20℃，也可以根据客户要求进行发生器其他温度点的波动度校准。当温度稳定后记录温度计值，每隔 2 min 左右记录一次，记录 5 次，取极差值作为湿度发生器的温度波

动度。

8 校准结果表达

湿度发生器的校准结果应在校准证书中反映。校准证书中至少应包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 校准地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的惟一性标识（如编号），页码及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识，如型号、生产厂家和序列号等信息；
- g) 校准日期，如果与校准结果有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述，应包括环境温度、相对湿度等；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校间隔时间为1年，凡在使用过程中经过修理的一般需重新校准。由于复校间隔时间的长短是由设备的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定，送校单位可根据实际使用情况自行决定复校时间间隔。

附录 A

校准原始记录参考格式

日期：原始记录编号：证书编号：

仪器名称：型号：

生产厂：出厂编号：

设备编号：送校单位：

温度：湿度：

测量标准及其他设备：

名称	型号规格	编号	测量范围	最大允许误差或其他技术指标	溯源证书编号及有效期限

A.1 湿度发生器的湿度误差和温度误差

时 间	湿度发生器参数				温湿度测量值		温湿度测量值 平均值		温度 误差 ℃	相对 湿度 误差 %
	设定值		显示值							
	温度 ℃	相对湿度 %	温度 ℃	相对湿度 %	温度 ℃	相对湿度 %	温度 ℃	相对湿度 %		
	20.0	10.0								
		30.0								
		50.0								
		70.0								
	90.0									

A.2 湿度发生器的湿度波动度和温度波动度

A.2.1 湿度发生器湿度波动度

时 间	湿度发生器湿度参数			相对湿度 测量值	极差值	波动度
	设定值		相对湿度显示值			
	温度/℃	相对湿度/%	相对湿度/%	相对湿度/%	相对湿度/%	相对湿度/%
	20.0	10.0				
		50.0				
		90.0				

A.2.2 湿度发生器温度波动度

时 间	湿度发生器温度参数		温度测量值	极差值	波动度
	设定值/℃	温度显示值/℃	温度/℃	温度/℃	温度/℃
	20.0				

校准员：

核验员：

附录 B

校准证书内页参考格式

证书编号：××××-××××

校准结果

一、校准条件

二、校准结果

1. 湿度发生器湿度误差和温度误差

表 1 湿度发生器湿度误差和温度误差的校准结果

序号	湿度发生器 参数		精密露点仪 测量值		温度 误差 ℃	相对湿 度误差 %	测量误差的 扩展不确定度 ($k=2$)	
	温度 ℃	相对湿度 %	温度 ℃	相对湿度 %			温度 ℃	相对湿度 %

2. 湿度发生器的湿度波动度

3. 湿度发生器的温度波动度

三、备注

以下空白

附录 C

便携式湿度发生器温度误差和湿度误差的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 评定依据：JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》。

C.1.2 测量环境条件：温度 20℃～25℃，相对湿度≤75%。

C.1.3 测量标准：精密露点仪：检定合格，分辨力为 0.01℃；温度计：测量范围为 (0～60)℃，最大允许误差为±0.05℃，分辨力为 0.01℃。

C.1.4 被测对象：以湿度发生器只有设定值、没有显示值为例，对湿度发生器的温度误差和湿度误差进行不确定度评定。

C.2 温度误差的不确定度评定

C.2.1 测量模型

温度误差根据公式 (C.1) 计算：

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

式中：

ΔT ——温度设定值为 T 时的示值误差，℃；

T ——温度设定值，℃；

T_s ——3 组测量数据的算术平均值，℃。

C.2.2 不确定度计算公式

根据不确定度传播率，由公式 (C.1) 可得到不确定度计算公式：

$$u(\Delta T) = \sqrt{[c_1 u(T)]^2 + [c_2 u(T_s)]^2} \quad (\text{C.2})$$

式中：

$u(\Delta T)$ ——温度误差的合成标准不确定度；

$u(T)$ ——温度设定值引入的标准不确定度；

$u(T_s)$ ——温度测量引入的标准不确定度；

c_1 、 c_2 ——灵敏系数， $c_1 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T} = 1$ ， $c_2 = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_s} = -1$ 。

C.2.3 标准不确定度的评定

C.2.3.1 温度设定值引入的标准不确定度 $u(T)$

$u(T)$ 主要是由于温度设定值分辨力引入的标准不确定度，一般湿度发生器的温度设定值分辨力为 0.1℃，区间半宽为 0.05℃，按均匀分布处理，由此引入的标准不确定度为 $u(T) = \frac{0.05^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}$ 。

C.2.3.2 温度测量引入的标准不确定度 $u(T_s)$

数字温度计引入的标准不确定度主要来源于数字温度计的计量特性引入的不确定度，其最大允许误差为±0.05℃，假设服从均匀分布，则由其引入的不确定度为

$$\frac{0.05\text{ }^{\circ}\text{C}}{\sqrt{3}}=0.029\text{ }^{\circ}\text{C}。$$

湿度发生器测量腔内的温度不均匀会给测量结果带来误差，本次校准所用湿度发生器的测量腔内的均匀度为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，假设服从均匀分布，由此引入的标准不确定度为

$$\frac{0.1\text{ }^{\circ}\text{C}}{2\times\sqrt{3}}=0.029\text{ }^{\circ}\text{C}。$$

湿度发生器测量腔内温度波动度也会影响测量结果，本次校准所用湿度发生器的测量腔内的波动度为 $\pm 0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，假设服从均匀分布，由此引入的标准不确定度为 $\frac{0.05\text{ }^{\circ}\text{C}}{\sqrt{3}}=0.029\text{ }^{\circ}\text{C}。$

因此，温度测量引入的标准不确定度 $u(T_s)=\sqrt{(0.029\text{ }^{\circ}\text{C})^2+(0.029\text{ }^{\circ}\text{C})^2+(0.029\text{ }^{\circ}\text{C})^2}=0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$

C.2.4 合成标准不确定度

按公式 (C.2) 计算合成标准不确定度，则 $u(\Delta T)=\sqrt{(0.029\text{ }^{\circ}\text{C})^2+(0.05\text{ }^{\circ}\text{C})^2}=0.06\text{ }^{\circ}\text{C}。$

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，温度设定分辨力为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的发生器，其温度误差的扩展不确定度为 $U(\Delta T)=ku(\Delta T)=2\times 0.06\text{ }^{\circ}\text{C}=0.12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $k=2。$

C.3 湿度误差的不确定度评定

C.3.1 测量模型

湿度误差根据公式 (C.3) 计算：

$$\Delta U=U-U_s \quad (\text{C.3})$$

式中：

ΔU ——相对湿度设定值为 U 时的示值误差，%；

U ——相对湿度设定值，%；

U_s ——3 组测量数据的算术平均值，%。

C.3.2 不确定度计算公式

根据不确定度传播率，由公式 (C.3) 可得不确定度计算公式：

$$u(\Delta U)=\sqrt{[c_3 u(U)]^2+[c_4 u(U_s)]^2} \quad (\text{C.4})$$

式中：

$u(\Delta U)$ ——湿度误差的合成标准不确定度；

$u(U)$ ——湿度设定值引入的标准不确定度；

$u(U_s)$ ——湿度测量值引入的标准不确定度；

c_3 、 c_4 ——灵敏系数， $c_3=\frac{\partial \Delta U}{\partial U}=1$ ， $c_4=\frac{\partial \Delta U}{\partial U_s}=-1。$

C.3.3 标准不确定度的评定

C.3.3.1 湿度设定值引入的标准不确定度 $u(U)$

$u(U)$ 主要是由于湿度设定值分辨力引入的标准不确定度，一般湿度发生器的相对湿度设定值分辨力为 0.1%，区间半宽为 0.05%，按均匀分布处理，由此引入的标准不确定度为 $u(U) = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.029\%$ 。

C.3.3.2 湿度测量值引入的标准不确定度 $u(U_s)$

$u(U_s)$ 为湿度测量值引入的标准不确定度，主要来自于精密露点仪湿度测量值、湿度发生器测量腔内的湿度均匀度、波动度。其引入的标准不确定度分别记为 $u_1(U_s)$ 、 $u_2(U_s)$ 、 $u_3(U_s)$ 。

a) 精密露点仪湿度测量引入的标准不确定度 $u_1(U_s)$

本规范要求使用检定合格的精密露点仪，其露点温度最大允许误差为 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度最大允许误差为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。露点温度加修正值使用，修正值的不确定度不大于 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($k=2$)。由精密露点仪露点温度和温度的标准不确定度，即可知水蒸气分压与饱和水蒸气压的标准不确定度。

以便携式湿度发生器设定温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为例，从相对湿度 10% 到 90%，选取 7 个点做相对湿度的不确定度评定，可以求得精密露点仪湿度值的不确定度 $u_1(U_s)$ ，列于表 C.1。其他相对湿度点的不确定度按表 C.1 采用内插法估算，计算结果列于表 C.2。

表 C.1 精密露点仪相对湿度值的标准不确定度 $u_1(U_s)$

序号	温度 $^{\circ}\text{C}$	露点温度 $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 %	精密露点仪相对湿度 值的标准不确定度 %
1	20.0	-10.0	11.1	0.07
2	20.0	-5.0	17.2	0.10
3	20.0	0.0	26.1	0.13
4	20.0	5.0	37.3	0.18
5	20.0	10.0	52.5	0.25
6	20.0	15.0	72.9	0.33
7	20.0	18.5	91.1	0.41

b) 湿度发生器测量腔内湿度均匀度引入的标准不确定度 $u_2(U_s)$

湿度发生器测量腔内湿度场不均匀会给测量结果带来误差，本次校准所用湿度发生器的测量腔内的均匀度为 0.5%，假设服从均匀分布，由此引入的标准不确定度为

$$u_2(U_s) = \frac{0.5\%}{2 \times \sqrt{3}} = 0.15\% \text{ RH}。$$

c) 湿度发生器测量腔内湿度波动度引入的标准不确定度 $u_3(U_s)$

湿度发生器测量腔内湿度波动度会给测量结果带来误差，本次校准所用湿度发生器

的测量腔内的波动度为 $\pm 0.2\%$ ，假设服从均匀分布，由此引入的标准不确定度为 $u_3(U_s) = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.12\% \text{RH}$ 。

以发生器设定温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 90% 为例，综合 a)、b)、c)，湿度测量值引入的标准不确定度 $u(U_s)$ 为 $u(U_s) = \sqrt{(0.41\%)^2 + (0.15\%)^2 + (0.12\%)^2} = 0.46\%$ 。

同理，发生器设定温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，其他校准点湿度测量引入的标准不确定度计算结果列于表 C.2。

C.3.4 合成标准不确定度

根据公式 (C.4) 计算合成标准不确定度，计算结果列于表 C.2。

C.3.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U(\Delta U) = ku(\Delta U) = 2u(\Delta U)$ 。发生器设定温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，从相对湿度 10% 到 90% ，9个校准点湿度误差的扩展不确定度计算结果列于表 C.2。

表 C.2 不同校准点湿度误差的不确定度分量、合成标准不确定度、扩展不确定度汇总表

单位：%

相对湿度 设定值 (在 20 ℃时)	标准不确定度				合成标准 不确定度 $u(\Delta U)$	扩展不确定度 $U(\Delta U)$ ($k=2$)
	$u(U)$	$u(U_s)$				
		$u_1(U_s)$	$u_2(U_s)$	$u_3(U_s)$		
10.0	0.029	0.07	0.15	0.12	0.21	0.42
20.0	0.029	0.11	0.15	0.12	0.23	0.46
30.0	0.029	0.15	0.15	0.12	0.25	0.50
40.0	0.029	0.20	0.15	0.12	0.28	0.56
50.0	0.029	0.23	0.15	0.12	0.32	0.64
60.0	0.029	0.29	0.15	0.12	0.35	0.70
70.0	0.029	0.32	0.15	0.12	0.38	0.76
80.0	0.029	0.37	0.15	0.12	0.42	0.84
90.0	0.029	0.41	0.15	0.12	0.46	0.92