



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

无线温湿度记录仪校准规范

Calibration Specification for Wireless

Temperature and Humidity Recorders

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

无线温湿度记录仪校准规范

Calibration Specification for

Wireless Temperature and Humidity Recorders

JJF(京) XXXX-XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：北京康斯特仪表科技股份有限公司

北京市建设工程质量第一检测所有限责任公司

本规范委托 XXX 负责解释

目 录

引 言	IV
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语	1
4 概述	1
5 计量性能	1
5.1 温度示值误差	1
5.2 相对湿度示值误差	1
6 校准条件	2
6.1 环境条件	2
6.2 测量标准及其他设备	2
7 校准项目和校准方法	3
7.1 校准项目	3
7.2 校准时间同步	3
7.3 温度校准	3
7.3.1 温度校准点选择	3
7.3.2 温度校准准备工作	4
7.3.3 温度校准方法	4
7.3.4 温度数据处理	4
7.4 湿度校准	5
7.4.1 湿度校准点选择	5
7.4.2 湿度校准准备工作	6
7.4.3 湿度校准方法	6
7.4.4 湿度数据处理	6
7.4.4.1 相对湿度示值误差	6
8 校准结果表达	6

9 复校时间间隔	7
附录 A	8
附录 B	13
附录 C	19
附录 D	20
附录 E	21

引言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的规定而制定。

本规范为首次发布。

无线温湿度记录仪校准规范

1 范围

本规范适用于温度测量范围(-80~500)℃、(5~50)℃时相对湿度测量范围 5%~95%配置电参数型传感器的无线温度记录仪、无线温湿度记录仪(以下简称记录仪)的校准。

2 引用文件

JJF 1076 数字式温湿度计校准规范

JJF 1171 温湿度巡回检测仪校准规范

JJF 1366-2012 温度数据采集仪校准规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规范；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

3.1 校准时间同步 synchronize calibration time

将测量标准读取时间与被测读取时间调整一致（为同一时段）的工作。

3.2 校准开始时间 calibration start time

读取测量标准和被测记录仪测量数据开始的时间。

4 概述

记录仪由温度/湿度传感器模块、数据处理单元、存储单元、无线传输模块构成。温度/湿度传感器模块将集成温度和湿度感应元件随温度/湿度变化的电信号(电压、电阻、电流等)转换为数字信号，再经相应电路处理后，记录于存储单元。根据所配置传感器的不同，可分为温度记录仪、湿度记录仪和温湿度记录仪，可用于测量环境试验设备、房间等内部空间的温度/湿度参数。

5 计量性能

5.1 温度示值误差

温度示值最大允许误差为±0.1℃~±5.0℃。

5.2 相对湿度示值误差

相对湿度示值最大允许误差为 $\pm 2.0\%$ 。

注：以上所有指标不用做合格性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(15~35)℃。

6.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ 。

6.2 测量标准及其他设备

校准所需的测量标准及其他设备可以从表 1 中参考选择，也可使用满足要求的其他设备。

表 1 测量标准及其他设备

序号	设备名称	技术要求			用途
1	标准铂电阻温度计	二等；测量范围：(-80~500)℃			
2	数字温度计	测量范围：(-80~300)℃ 最大允许误差为 $\pm 0.05\text{ }^\circ\text{C}$			
3	精密露点仪	露点或霜点温度：(-20~40)℃，最大允许误差： $\pm 0.2\text{ }^\circ\text{C}$ 温度：最大允许误差： $\pm 0.10\text{ }^\circ\text{C}$ 相对湿度测量不确定度： $U=1.0\%$, $k=2$			测量标准器
4	电测设备	电阻相对最大允许误差： $\pm 5 \times 10^{-5}$ ，分辨力不低于 $0.1\text{m}\Omega$			与标准铂电阻温度计配套使用
5	恒温设备	恒温槽	测量范围：(-80~500)℃		温度源。恒温槽工作区域应具有足够深度，能够满足测量标准的正常使用要求
			工作区域温度均匀性	工作区域温度波动度	
			0.01 $^\circ\text{C}$	0.02 $^\circ\text{C}/10\text{min}$	

		恒温箱	(—40~80) °C; 有效工作区域内, 温度均匀度不超过0.05°C, 温度波动度不超过±0.02°C/10 min	
序号	设备名称	技术要求		用途
6	恒温恒湿设备	湿度发生器	(5~50) °C, 有效工作区域内, 温度均匀度≤0.1°C, 温度波动度不超过±0.1°C; 相对湿度(5%~95%), 有效工作区域内, 温度为20°C时, 相对湿度均匀度≤0.5%, 相对湿度波动度不超过±0.5%	湿度源
		温湿度标准箱	相对湿度范围为(10%~95%)均匀度不大于1.0%, 波动度不超过±1.0%; 温度范围为(5~50) °C, 均匀度不大于0.3°C, 波动度不超过±0.2°C。	
7	水三相点瓶	扩展不确定度优于0.001°C, $k=2$		测量标准铂电阻温度计 R_{tp} 值
8	秒表	1h 最大允许误差不超过±0.10s		同步校准时间
9	金属网兜	——		放置记录仪, 辅助记录仪达到浸没深度

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

记录仪校准项目为温度示值误差、湿度示值误差。

7.2 校准时间同步

对于无法实时显示的记录仪需要进行校准时间同步。设定记录仪采样时间间隔不大于2min。秒表在记录仪开始记录时进行计时。

7.3 温度校准

7.3.1 温度校准点选择

在其测量范围内均匀选择不少于3个校准点。原则上选取整度点, 应包括上限值和下限值, 测量范围包括负温区的记录仪, 校准点应包括0°C。

也可以根据用户需要选择校准点。

7.3.2 温度校准准备工作

根据记录仪的测温范围, 选择相应的测量标准和配套设备。对最大允许误差不大于 $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ 的记录仪, 校准时应使用标准铂电阻温度计作测量标准。校准前将标准铂电阻温度计放入冻制好的水三相点瓶中测量其 R_{tp} 值, 以此计算标准温度值。

a) 在恒温槽中校准时, 记录仪的温度传感器接线长度小于 200mm 的, 可将封装达到 IP58 等级的记录仪放置于金属网兜内直接放入恒温槽中。若记录仪不能直接接触槽内介质, 须将记录仪进行封装后放入。记录仪的温度传感器接线长度不小于 200mm 的, 封装达到 IP58 等级的温度传感器可直接插入恒温槽中。若温度传感器不能直接接触槽内介质, 可将其放置在内径与传感器直径相适应的玻璃试管中, 并在管内放入适当导热介质(可与恒温槽介质相同), 介质高度约为温度传感器探头长度的 2/3。为消除玻璃试管内的空气对流, 管口应用脱脂棉塞紧。记录仪插入深度应不小于 200mm, 测量标准与记录仪的测温端尽可能处于恒温槽工作区域内的同一水平面上。

b) 在恒温箱中校准时, 参照 JJF 1366-2012 中 7.3.7 的规定。

7.3.3 温度校准方法

在恒温槽或恒温箱中校准时, 室温以上校准点按照从低温到高温、室温以下校准点按照从高温到低温的顺序, 逐点进行校准。将恒温设备的温度恒定在各校准温度点上, 温度偏离校准点在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内(以测量标准示值为准), 恒温槽温度波动不超过 $0.02^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$ 或恒温箱温度恒定 40 min 以上时开始读数。

测量有实时显示的记录仪, 读取测量标准和被测记录仪显示值。按照“标准→被测 1→被测 2→…→被测 n→被测 n…→被测 2→被测 1→标准”的顺序读数, 上述为一个读数循环, 应进行两个循环的读数。

对于无实时显示的记录仪应记录读取标准值时的秒表时间值。并读取标准示值 4 次, 每次读数间隔 2min。以被测记录仪开始记录时间加上秒表记录时间作为校准开始时间, 读取校准开始时间后记录仪记录的连续 4 次数据作为被测记录仪读数。

7.3.4 温度数据处理

取被测记录仪读数的平均值与实际温度的差值计算该校准点的温度示值误差。

$$\Delta t = \bar{t} - t_0 \quad (1)$$

式中：

Δt —— 在某温度校准点上，记录仪的温度示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

\bar{t} —— 在某温度校准点上，记录仪 4 次读数的平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_0 —— 在某温度校准点上，标准实际值， $^{\circ}\text{C}$ 。

a) 若以数字温度计为标准器，则

$$t_0 = \bar{T} + A \quad (2)$$

式中：

\bar{T} —— 在某温度校准点上，标准器 4 次读数的平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

A —— 在某温度校准点上，数字温度计的修正值， $^{\circ}\text{C}$ 。

b) 若以标准铂电阻温度计为标准器，则

$$t_0 = t + \frac{W(t_0) - W(t)}{dW(t)/dt} \quad (3)$$

式中：

t —— 名义校准温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$W(t_0)$ —— 标准铂电阻温度计的电阻比 $\bar{R}(t_0) / R_{\text{tp}}$ ；

$\bar{R}(t_0)$ —— 在某温度校准点上，标准铂电阻温度计 4 次读数平均值， Ω ；

R_{tp} —— 标准铂电阻温度计水三相点的电阻值， Ω ；

$W(t)$ —— 温度 t 时标准铂电阻温度计分度表给出的电阻比；

$dW(t)/dt$ —— 温度 t 时标准铂电阻温度计分度表给出的在温度 t 时对应的电阻比的变
化率， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

7.4 湿度校准

7.4.1 湿度校准点选择

将湿度发生器的温度值设为 20°C ，在被测记录仪湿度测量范围内均匀选取不少于 3 个校准点，一般包括上限和下限点。也可根据用户需要选择校准点，包括在 20°C 条件下增加湿度校准点或者在其他的温度条件下进行湿度校准。通常由低湿到高湿选择校准顺序。

7.4.2 湿度校准准备工作

根据记录仪的湿度测量范围, 选择相应的测量标准和配套设备。对最大允许误差不大于 $\pm 1\%$ RH 的记录仪, 校准时应使用湿度发生器作配套设备。将记录仪的湿度传感器放入湿度发生器的有效工作区间内, 同时放入精密露点仪的温度传感器和露点传感器(或将测试室内的气体通过壁厚不小于 1mm 的聚四氟乙烯管引入到测试室外的露点传感器), 应将精密露点仪的露点传感器放在湿度发生器测试室循环风道的下风口处, 温度传感器放在露点传感器上风口(5~10) cm 处。

7.4.3 湿度校准方法

按照由低湿到高湿的顺序, 逐点进行校准。在温湿度达到设定值后稳定 30 min, 开始读数。每隔 2min 记录一组测量标准和被测记录仪的湿度示值, 共记录 4 组数据。然后校准下一个湿度点, 至所有的湿度点校准结束。

测量有实时显示的记录仪, 读数顺序如下:

标准→被测 1→被测 2→…→被测 n→被测 n…→被测 2→被测 1→标准

对于无实时显示的记录仪应记录读取标准值时的秒表时间值。并读取标准示值 4 次, 每次读数间隔 2min。以被测记录仪设定时间加上秒表记录时间作为校准开始时间, 读取校准开始时间后记录仪记录的连续 4 次数据作为被测记录仪读数。

7.4.4 湿度数据处理

7.4.4.1 相对湿度示值误差

取各通道 4 次读数的平均值与实际湿度的差值来确定该校准点的示值误差。

$$\Delta H = \bar{H} - \bar{H}_0 - H_A \quad (6)$$

式中:

ΔH ——在某相对湿度校准点上, 记录仪的相对湿度示值误差, %;

\bar{H} ——在某相对湿度校准点上, 记录仪 4 次读数平均值, %;

\bar{H}_0 ——在某相对湿度校准点上, 精密露点仪 4 次读数平均值, %;

H_A ——在某相对湿度校准点上, 精密露点仪的修正值, %。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的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；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识以及签发日期；
- 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，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过一年。复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素决定，送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果仪器经维修、更换重要部件或对仪器性能有怀疑时，应重新校准。

附录 A

无线温湿度记录仪温度示值误差测量不确定度评定示例一 (标准器为标准铂电阻温度计)

A.1 测量概述

A.1.1 被校对象

无线温湿度记录仪(温度传感器为铂电阻温度计),显示分辨力为0.01℃。

A.1.2 测量标准及其他设备

见表A.1。

表A.1 测量标准及其他设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	标准铂电阻温度	1. 标准铂电阻温度计: 二等; 测量范围(-189.3442~419.527)℃;	标准器
2	配套电测设备	2. 高精度测温电桥, 量程(0~400)Ω, 最大允许误差: $\pm(2.0 \times 10^{-6} \times \text{读数})$	标准器
3	水三相点瓶	扩展不确定度优于0.001℃, ($k=2$)	测量标准铂电阻 R_{tp} 值
4	恒温槽	1. 温度范围: (95~300)℃; 2. 工作区域水平温差 ≤ 0.01 ℃, 最大温差 ≤ 0.02 ℃, 温度波动度不超过0.02℃/10 min	温度源

A.1.3 校准方法

按照本规范规定方法进行操作,当测量标准示值偏离校准点 ± 0.2 ℃以内,恒温槽温度波动不超过0.02℃/10 min开始读数。测量标准铂电阻温度计的电阻值并读取记录仪显示值。

A.2 测量模型

$$\Delta t = \bar{t} - t_0 \quad (A.1)$$

式中：

Δt —— 在某温度校准点上，记录仪的温度示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

\bar{t} —— 在某温度校准点上，记录仪 4 次读数的平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_0 —— 在某温度校准点上，标准实际值， $^{\circ}\text{C}$ 。

$$t_0 = t + \frac{W(t_0) - W(t)}{dW(t)/dt} \quad (\text{A. 2})$$

式中：

t —— 名义校准温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$W(t_0)$ —— 标准铂电阻温度计的电阻比 $\bar{R}(t_0) / R_{\text{tp}}$ ；

$\bar{R}(t_0)$ —— 在某温度校准点上，标准铂电阻温度计 4 次读数平均值， Ω ；

R_{tp} —— 标准铂电阻温度计水三相点的电阻值， Ω ；

$W(t)$ —— 温度 t 时标准铂电阻温度计分度表给出的电阻比；

$dW(t)/dt$ —— 温度 t 时标准铂电阻温度计分度表给出的在温度 t 时对应的电阻比的变化率， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

A. 3 输入量标准不确定度评定

输入量 \bar{t} 标准不确定度来自记录仪。

记录仪引入的标准不确定度包括记录仪测量重复性引入的不确定度 u_1 和记录仪分辨力引入的不确定度 u_2 。

输入量 t_0 的标准不确定度来自标准铂电阻温度计、电测设备和恒温槽。

标准铂电阻温度计引入的标准不确定度包括其量值溯源引入的不确定度 u_3 、标准铂电阻温度计稳定性引入的不确定度 u_4 和水三相点电阻值变化引入的不确定度 u_5 。电测设备引入的标准不确定度为其测量误差引入的不确定度 u_6 。恒温槽引入的标准不确定度包括恒温槽均匀度引入的不确定度 u_7 和恒温槽波动度引入的不确定度 u_8 。

不确定度分量及来源见表 A.2。

表 A.2 标准不确定度分量及来源

输入量	标准不确定度分量	不确定度来源
\bar{t}	记录仪引入不确定度分量	记录仪测量重复性引入的不确定度 u_1
		记录仪分辨力引入的不确定度 u_2
t_0	标准器引入不确定度分量	标准铂电阻温度计量值溯源引入的不确定度 u_3
		标准铂电阻温度计稳定性引入的不确定度 u_4
		水三相点电阻值变化引入的不确定度 u_5
		电测设备测量误差引入的不确定度 u_6
	恒温槽引入的不确定度分量	恒温槽均匀度引入的不确定度 u_7
		恒温槽波动度引入的不确定度 u_8

A.3.1 记录仪测量重复性引入的不确定度 u_1

在同一实验条件下, 连续 10 次测量记录仪读数见表 A.3 (单位: $^{\circ}\text{C}$)。

表 A.3 重复测量得到被校数据

第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次
121.05	121.00	121.01	120.97	121.03	121.05	121.00	120.99	120.98	121.04

用贝塞尔公式计算出标准偏差:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta t_i - \bar{t})^2}{10 - 1}} = 0.029^{\circ}\text{C}$$

测量结果为 4 次读数的平均值, 所以

$$u_1 = s / \sqrt{4} = 0.015^{\circ}\text{C}$$

A.3.2 记录仪分辨力引入的不确定度 u_2

记录仪的分辨力为 0.01°C , 则半区间宽度为 0.005°C , 按均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 可得:

$$u_2 = 0.005^{\circ}\text{C} / \sqrt{3} = 0.0029^{\circ}\text{C}$$

A.3.3 标准铂电阻温度计量值溯源引入的不确定度 u_3

由证书知, 上级单位给出的测量不确定度 $U=0.003^{\circ}\text{C}$, $k=2$, 则 :

$$u_3 = 0.003^{\circ}\text{C} / 2 = 0.0015^{\circ}\text{C}$$

A.3.4 标准铂电阻温度计稳定性引入的不确定度 u_4

根据标准铂电阻温度计检定规程的要求，在检定周期内变化不应超过 $\pm 14\text{mK}$ ，按照均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = 0.014^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.0081^\circ\text{C}$$

A.3.5 水三相点电阻值变化引入的不确定度 u_5

由水三相点瓶中微量残余气体，水中杂质、水分子中氢和氧同位素成分的影响，静压修正不准等原因，都会引起实际的温度和理想的水三相点温度的偏离。水三相点的扩展不确定度为 $1\text{mK}(k=2)$ ，水三相点的不确定度对 121°C 测量值的影响可计算如下：

$$\begin{aligned} dt_{121} &= U_{0.01} \bullet dt_0 = U_{0.01} \bullet \left(W_{121} \times \frac{dW_{0.01} / dt \times 1000}{dW_{121} / dt \times 1000} \right) = 1 \times (0.001474 \times 3.988 / 3.842) \\ &= 0.00153^\circ\text{C} \end{aligned}$$

按照均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_5 = 0.00153^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.0009^\circ\text{C}$$

A.3.6 电测设备测量误差引入的不确定度 u_6

高精度测温电桥进行测量，量程($0\sim 400$) Ω ，最大允许误差： $\pm(2.0 \times 10^{-6} \times \text{读数})$ ，采用B类评定方法，标准铂电阻温度计在 121°C 时电测仪表平均读数为 147.75661Ω ，按均匀分布考虑， $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_6 = \left(\frac{2.0 \times 10^{-6} \times 147.75661}{0.1^\circ\text{C} / \Omega} \right) / \sqrt{3} = 0.0017^\circ\text{C}$$

A.3.7 恒温槽均匀度引入的不确定度 u_7

恒温槽的工作区域最大温差为 0.01°C ，按均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，可得：

$$u_7 = \frac{0.01^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.0058^\circ\text{C}$$

A.3.8 恒温槽波动度引入的不确定度 u_8

实际读取数据时间小于 10 min ，恒温槽波动度按 0.01°C 来考虑，按均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，可得：

$$u_8 = \frac{0.01^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.0058^\circ\text{C}$$

A. 4 合成标准不确定度

各输入量的标准不确定度汇总表见表 A.4。

表 A.4 各输入量的标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度 $u_i/^\circ\text{C}$
u_1	记录仪测量重复性引入的不确定度	0.015
u_2	记录仪分辨力引入的不确定度	0.0029
u_3	标准铂电阻温度计量值溯源引入的不确定度	0.0015
u_4	标准铂电阻温度计稳定性引入的不确定度	0.0081
u_5	水三相点电阻值变化引入的标准不确定度	0.0009
u_6	电测设备测量误差引入的不确定度	0.0017
u_7	恒温槽均匀度引入的不确定度	0.0058
u_8	恒温槽波动度引入的不确定度	0.0058

合成标准不确定度为 $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2} = 0.019^\circ\text{C}$

A. 5 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度为： $U=k \cdot u_c=0.04^\circ\text{C}$

附录 B

无线温湿度记录仪仪湿度示值误差测量不确定度评定示例二 (标准器为精密露点仪)

B. 1 测量概述

B.1.1 被校对象

配有湿度传感器的无线温湿度记录仪，相对湿度显示分辨力 0.1%。

B.1.2 测量主要标准器和配套设备

见表 B. 1。

表 B. 1 实验室的标准器和配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	精密露点仪	露点或霜点温度： 测量范围为(-20~+40) °C, 最大允许误差为±0.2°C； 温度： 测量范围为(-20~+100) °C, 最大允许误差为±0.1°C	标准器
2	分流式湿度发生器	1. 工作范围： 温度：(0~50) °C; 相对湿度：(5~95)% 2. 有效工作区间均匀度： 温度：≤0.3°C; 相对湿度：≤1.0% 3. 有效工作区间波动度： 温度：不超过±0.2°C; 相对湿度： 不超过±1.0%	温湿度源

B.1.3 校准方法

按照本规范规定方法进行操作，按照由低湿到高湿的顺序，逐点进行校准。在温湿度达到设定值后稳定 30min, 每隔 2min 记录测量标准和被校准记录仪的湿度示值，共记录 4 组数据。然后校准下一个湿度点，至所有的湿度点校准结束。

B. 2 测量模型

$$\Delta H = \bar{H} - \bar{H}_0 - H_A \quad (B. 1)$$

式中：

ΔH ——在某相对湿度校准点上，记录仪的相对湿度示值误差，%；

\bar{H} ——在某相对湿度校准点上，记录仪4次读数平均值，%；

\bar{H}_0 ——在某相对湿度校准点上，精密露点仪4次读数平均值，%；

H_A ——在某相对湿度校准点上，精密露点仪的修正值，%。

B.3 输入量标准不确定度评定

标准器引入的标准不确定度包括标准器重复性引入的不确定度分量 u_{11} 、标准器溯源引入的不确定度分量 u_{12} 。

被校准记录仪引入的标准不确定度包括记录仪重复性引入的不确定度分量 u_{21} 和巡检仪分辨力引入的不确定度分量 u_{22} 。

湿度源引入的标准不确定度为温湿度标准箱均匀度引入的不确定度分量 u_3 。

标准不确定度分量及来源见表 B.2。

表 B.2 标准不确定度分量及来源

标准不确定度分量	不确定度来源
标准器引入的不确定度分量	标准器重复性引入的不确定度分量 u_{11}
	标准器溯源引入的不确定度分量 u_{12}
被测记录仪引入的不确定度分量	记录仪重复性引入的不确定度分量 u_{21}
	记录仪分辨力引入的不确定度分量 u_{22}
湿度源引入的不确定度分量	温湿度标准箱均匀度引入的不确定度分量 u_3

B.3.1 标准器引入的不确定度分量

B.3.1.1 标准器重复性引入的不确定度分量 u_{11}

对相对湿度分辨力为 0.1%的记录仪某通道在相对湿度 90%点上进行分析。对标准器做 10 次测量，用贝塞尔公式计算出标准偏差(该不确定度分量包含了温湿度标准箱波动度的影响)。数据见表 B.3。

表 B.3 重复测量得到被校数据

次数	相对湿度90%	
	标准器	被检仪器
1	90.85	89.9
2	90.91	90.2
3	90.76	90.1
4	91.02	90.4
5	90.99	90.5
6	90.88	90.4
7	90.79	90.1
8	90.75	90.2
9	90.82	90.0
10	90.93	90.4

用贝塞尔公式计算出标准偏差:

$$s_{11} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta H_{0i} - \bar{\Delta H}_0)^2}{10 - 1}} = 0.093\%$$

实际测量取4次测量平均值作为测量结果, 所以:

$$u_{11} = s_1 / \sqrt{4} = 0.05\%$$

B.3.1.2 标准器溯源引入的不确定度分量 u_{12}

湿度的标准器为精密露点仪, 将空气视为理想气体, 增强因子的不确定度忽略不计。

精密露点仪湿度值按下式计算:

$$H = \frac{e(T_d)}{e(T_s)} \times 100\% \quad (B.2)$$

式中:

$e(T_a)$ ——露点温度下的饱和水蒸气压力, Pa;

$e(T_s)$ ——环境温度下的饱和水蒸气压力, Pa。

$$\text{可以求出: } \frac{\partial H}{\partial e(T_d)} = \frac{1}{e(T_s)}, \frac{\partial H}{\partial e(T_s)} = -\frac{e(T_d)}{e^2(T_s)} \circ$$

所以精密露点仪湿度值的标准不确定度 $u(U_{\text{标}})$ 为

$$\begin{aligned}
u(H) &= \sqrt{\left\{ \frac{1}{e(T_d)} \bullet u[e(T_d)] \right\}^2 + \left\{ \left[-\frac{e(T_d)}{e^2(T_s)} \right] \bullet u[e(T_s)] \right\}^2} \\
&= \frac{e(T_d)}{e(T_s)} \sqrt{\left\{ \frac{u[e(T_d)]}{e(T_d)} \right\}^2 + \left\{ \frac{u[e(T_s)]}{e(T_s)} \right\}^2} \\
&= H \sqrt{u_r^2[e(T_d)] + u_r^2[e(T_s)]}
\end{aligned} \tag{B. 3}$$

式中：

$u_r[e(T_d)]$ — 露点温度下的饱和水蒸气压力的相对标准不确定度；

$u_r[e(T_s)]$ — 环境温度下的饱和水蒸气压力的相对标准不确定度。

a) 露点测量引入的标准不确定度

规范中要求露点仪露点测量的最大允许误差为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，为均匀分布，应加修正值使用，经修正后精密露点仪的露点测量误差一般不超过 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ， $k=\sqrt{3}$ ，其引入的标准不确定度分量为：

$$\frac{0.1^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.06^\circ\text{C}.$$

若露点仪的环境温度测量的分辨力为 0.1°C ，则由分辨力引入的不确定度为：

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

所以，露点测量引入的不确定度 $\sqrt{(0.06^\circ\text{C})^2 + (0.029^\circ\text{C})^2} = 0.067^\circ\text{C}$ 。

b) 温度测量引入的标准不确定度

露点仪的环境温度测量的最大允许误差为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，为均匀分布，其引入的标准不确定度分量为：

$$\frac{0.1^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.06^\circ\text{C}.$$

若露点仪的环境温度测量的分辨力为 0.1°C ，则由分辨力引入的不确定度为：

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

所以，温度测量引入的不确定度 $\sqrt{(0.06^\circ\text{C})^2 + (0.029^\circ\text{C})^2} = 0.067^\circ\text{C}$ 。

已知露点和环境温度的测量标准不确定度，即可知水蒸气分压与饱和水蒸气压的标准不确定度。以环境温度 20℃为例，从相对湿度 10%到 90%，选取多点做相对湿度的不确定度评定。为了保证湿度量值传递的准确度，在评定相对湿度标准值的不确定度分量时，针对露点仪所直接测量得到的温度值和露点值，均考虑加修正值后再计算相对湿度，以便尽量减少由露点仪引入的标准不确定度分量。查表计算可以求得精密露点仪相对湿度值的不确定度，列于表 B. 4。

表 B. 4 精密露点仪相对湿度值的标准不确定度

序号	环境温度 ℃	露点温度 ℃	相对湿度 %	精密露点仪相对湿度值的标准不确定度 %
1	20.0	-10.25	10.90	0.07
2	20.0	-5.12	17.05	0.11
3	20.0	0.22	26.62	0.17
4	20.0	5.21	37.92	0.23
5	20.0	10.17	53.16	0.32
6	20.0	15.09	73.38	0.43
7	20.0	18.50	91.20	0.54

故标准器溯源引入的不确定度分量 u_{12} 取相对湿度最大值 0.54%。

B.3.2 记录仪引入的不确定度分量

B.3.2.1 记录仪重复性引入的不确定度分量 u_{21}

对显示相对湿度分辨力为 0.1%的记录仪的相对湿度参数在 90%点上进行分析。对记录仪作 10 次测量，用贝塞尔公式计算出标准偏差。实际测量取 4 次测量平均值作为测量结果，数据见表 B. 3，则：

$$s_{21} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (H_i - \bar{H}_i)^2}{10 - 1}} = 0.20\%$$

实际测量取 4 次测量平均值作为测量结果，故该项引入的相对湿度不确定度为

$$u_{21} = s_{21} / \sqrt{4} = 0.10\%$$

B.3.2.2 记录仪分辨力引入的不确定度分量 u_{22}

记录仪相对湿度分辨力为 0.1% , 按均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 相对湿度区间半宽为 0.005 % ,
则 :

$$u_{22} = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.029\%$$

B.3.3 分流式湿度发生器均匀度引入的不确定度分量 u_3

分流式湿度发生器引入的不确定度主要来源于其均匀度和波动度。在分析重复性引入的误差时已经将波动度考虑在内。校准时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湿度均匀度引入的不确定度可以忽略。

B.4 合成标准不确定度

各输入量的标准不确定度汇总表见表 B. 5。

表 B. 5 各输入量的标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度 $u; /%$
u_{11}	标准器重复性引入的不确定度分量	0.05
u_{12}	标准器溯源引入的不确定度分量	0.54
u_{21}	记录仪重复性引入的不确定度分量	0.10
u_{22}	记录仪分辨力引入的不确定度分量	0.03
u_3	湿度发生器均匀度引入的不确定度分量	可忽略

则: $u_c = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2 + u_{21}^2 + u_{22}^2 + u_3^2} = 0.55\%$

B.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为

$$U=k \cdot u_c = 0.55\% \times 2 = 1.1\%$$

附录 C

温湿度记录仪校准记录参考格式

温湿度记录仪校准记录参考格式(热电阻)

委托单位: 单位地址: 校准日期: 记录编号:
 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:
 标准器名称: 型号/规格: 标准器证书编号: 有效期至:
 测量范围: 准确度等级/最大允许误差/不确定度:

秒表 时间		时间示值	被测记录仪					/
			(编号)				
		开始记录时间						
校准点 /℃		标准器 示值/Ω	被测记录仪示值/℃					示值误差测量 不确定度/℃ $U, k=2$
测 量 次 数	1							
	2							
	3							
	4							
平均值/℃								
R_{tp}/Ω								
$W(t)$								
标准实际值/℃								
示值误差/℃		/						
备注								
校准员					核验员			

附录 D

温湿度记录仪校准记录参考格式(湿度)

委托单位: 单位地址: 校准日期: 记录编号:
 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:
 标准器名称: 型号/规格: 标准器证书编号: 有效期至:
 测量范围: 准确度等级/最大允许误差/不确定度:

秒表 时间		时间示值 (编号)	被测记录仪					/
							
		记录开始时间						
校准点 /%		标准器 示值/%	被测记录仪示值/%					示值误差测量 不确定度/% $U, k=2$
1								
2								
3								
4								
平均值/%								
标准器修正值/%								
标准器实际值/%								
设定温度值/°C								
示值误差/%	/							
备注								
校准员					核验员			

附录 E

温湿度巡回检测仪校准证书内页参考格式

校准结果

1. 温度：

单位： °C

校准温度	被测记录仪示值误差						示值误差测量不确定度 $U, k=2$

2. 相对湿度：

单位： %

校准 相对湿度	被测记录仪示值误差						示值误差测 量不确定度 $U, k=2$

注：上述数据为_____ °C下校准数据。

以下空白