内蒙古自治区地方计量技术规范

JJF（蒙）5001—2024

气象五参数监测仪校准规范

Calibration Specification of Meteorological Five Parameters Monitor

2024-05-16 发布　　2024-07-01 实施

内蒙古自治区市场监督管理局 发布

气象五参数监测仪
校准规范

Calibration Specification of

Meteorological Five Parameters Monitor

JJF(蒙)5001—2024

归 口 单 位：内蒙古自治区市场监督管理局

主要起草单位：鄂尔多斯市检验检测中心

扎兰屯市食品药品检验所

包头市检验检测中心

内蒙古市场监管审评查验中心

参加起草单位：北京市计量检测科学研究院

本规范委托鄂尔多斯市检验检测中心负责解释

主要起草人：

薛彦伦（鄂尔多斯市检验检测中心）

于 晶（扎兰屯市食品药品检验所）

崔晓宇（包头市检验检测中心）

侯 婧（内蒙古市场监管审评查验中心）

参加起草人：

沈上圯（北京市计量检测科学研究院）

林秀娟（鄂尔多斯市检验检测中心）

张永兵（鄂尔多斯市检验检测中心）

目 录

1 范围 ……（1）
2 概述 ……（1）
3 计量特性 ……（1）
4 校准条件 ……（1）
4.1 环境条件 ……（1）
4.2 校准装置及其他设备 ……（2）
5 校准项目和校准方法 ……（2）
5.1 示值误差 ……（2）
5.2 重复性 ……（4）
6 校准结果表达 ……（4）
7 复校时间间隔 ……（5）
附录 A 校准原始记录格式 ……（6）
附录 B 校准证书（内页）参考格式 ……（9）
附录 C 示值误差的不确定度评定示例 ……（9）

引 言

本规范依据 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》编写。主要技术指标参考了 JJF 1076-2020《数字式温湿度计校准规范》、JJG 613-1989《电接风向风速仪检定规程》、JJG 272-2007《空盒气压表和空盒气压计检定规程》、JJG 158-2013 《补偿式微压计检定规程》的有关规定。

本规范为首次发布。

气象五参数监测仪

1 范围

本规范适用于生态环境用气象五参数监测仪的校准，其他领域用监测仪可参照执行。

2 概述

气象五参数监测仪（以下简称监测仪）是能够同时测量大气温度、湿度、大气压力、风速、风向五个气象参数的仪器，为生态环境监测提供气象信息。监测仪一般由采集传感器、气象监控主机、通讯模块等部分组成。

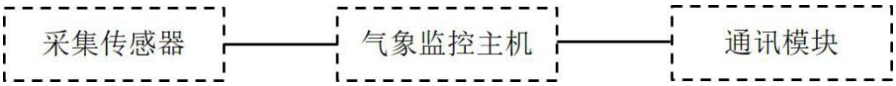

图1 气象五参数监测仪结构图

3 计量特性

表1 气象五参数监测仪计量性能指标

参数	示值误差	重复性
风速	±（0.5+0.05v）m/s（v为标准风速）	≤1%
风向	±11°15′	≤2%
大气压	±2.5hPa	≤1%
温度	±0.5℃	≤1%
湿度	±4%RH（湿度＜80%RH）； ±8%RH（湿度≥80%RH）	≤1%
注：以上指标不适用于合格性判定，仅供参考。		

4 校准条件

4.1 环境条件

4.1.1 环境温度

（5～35）℃。

4.1.2 环境湿度

≤85%RH。

4.1.3　大气压力

（860～1060）hPa。

4.1.4　供电电源

AC（220±22）V，频率（50±1）Hz。

4.2　校准装置及其他设备

4.2.1　风速风向校准装置

4.2.1.1　风洞：调速范围（0.4～40）m/s，均匀性偏差≤1%，稳定性偏差≤1%。

4.2.1.2　微压差计：准确度等级不低于二等。

4.2.1.3　皮托管：L 型标准皮托管，校准系数为（0.998～1.004）；

4.2.1.4　角度盘：范围（0～360）°；最大允许误差±2°。

4.2.2　大气压校准装置

测量范围（500～1100）hPa，最大允许误差 ± 0.4hPa。

4.2.3　温度、湿度校准装置

4.2.3.1　高低温交变试验箱

温度测量范围（-30~70）℃，波动度±0.5℃；

湿度测量范围（10~95）%RH；波动度 ± 1.0%RH。

4.2.3.2　精密温度计

测量范围（-30~70）℃；最大允许误差±0.05℃。

4.2.3.3　精密露点仪

测量范围（-20~40）℃；最大允许误差±0.3℃。

5　校准项目和校准方法

5.1 示值误差

5.1.1　风速

将监测仪的风速传感器安装在风洞工作段内，启动风机，分别调整风速使其达到 2m/s、3m/s、5m/s、10m/s、20m/s 和 30m/s 左右，每个校准点调好后稳定（1～2）min，分别记录标准风速值和监测仪的风速示值，每个校准点连续测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为监测仪各校准点的示值，按式（1）计算监测仪各风速值的示值误差Δv：

$$\Delta v = \overline{v} - v_s \tag{1}$$

式中：

$\overline{v}$——3 次风速示值的算术平均值，m/s；

v_s——标准风速值，m/s。

5.1.2　风向

将监测仪的风向传感器安装在角度盘上，放置在风洞工作段内，启动风机，调整风洞使其达到 5m/s，转动角度盘，使风向传感器与风洞气流方向的夹角分别为 90°、180°和 270°左右，待数值稳定后，分别记录标准风向值和监测仪的风向示值，每个校准点连续测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为监测仪各校准点的示值，按式（2）计算监测仪各风向值的示值误差Δd：

$$\Delta d = \overline{d} - d_s \tag{2}$$

式中：

$\overline{d}$——3 次风向示值的算术平均值，°；

d_s——标准风速值，°。

5.1.3　大气压

将监测仪大气压传感器放入大气压校准装置中，调整压力分别为 1050 hPa、1010 hPa 和 960 hPa 左右。待压力稳定后分别读取并记录标准压力值和监测仪的压力示值，每个校准点连续测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为监测仪各校准点的示值，按式（3）计算监测仪各压力值的示值误差Δp：

$$\Delta p = \overline{p} - p_s \tag{3}$$

式中：

$\overline{p}$——3 次压力示值的算术平均值，hPa；

p_s——标准压力值，hPa。

5.1.4 温度

将监测仪的温度传感器放入高低温交变试验箱中，调节温度分别为-20℃、0℃、20℃和 50℃左右，待温度稳定后分别读取并记录精密温度计和监测仪的温度示值，每个校准点连续测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为监测仪各校准点的示值，按式（4）计算监测仪各温度点的示值误差ΔT：

$$\Delta T = \overline{T} - T_s \tag{4}$$

式中：

$\overline{T}$——3 次温度示值的算术平均值，℃；

T_s——标准温度值，℃。

5.1.5　湿度

将监测仪的湿度传感器放入高低温交变湿热试验箱中，设置温度为 20℃，调节湿度分别为 30% RH 、60% RH 和 90% RH，待湿度稳定后分别读取并记录精密露点仪标准湿度

值和监测仪的湿度示值，每个校准点连续测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为监测仪各校准点的示值，按式（5）计算监测仪各校准点的示值误差ΔH：

$$\Delta H = \overline{H} - H_s \tag{5}$$

式中：

$\overline{H}$——3 次湿度示值的算术平均值，%RH；

H_s——标准湿度值，%RH。

5.2 重复性

对不同的气象参数，选择对应的校准点（风速 5m/s；风向 180°；大气压 1010hPa；温度 20℃；湿度 60%RH）进行测试，待示值稳定后，连续测量 6 次，按式（6）计算各参数的重复性s_r。

$$s_r = \frac{1}{\overline{M}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(M_i-\overline{M})^2}{n-1}} \times 100\% \tag{6}$$

式中：

n——测量次数（n=6）；

M_i——监测仪第i次测量的示值，m/s（或°，或 hPa，或℃，或%RH）；

$\overline{M}$——监测仪示值的算术平均值，m/s（或°，或 hPa，或℃，或%RH）。

6 校准结果表达

校准结果应反映在校准证书或校准报告上，校准证书或报告至少包括以下信息：

a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
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) 送校单位的名称和地址；
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受日期；
h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及编号；
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) 校准证书或校准报告签发人的签名、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。

7 复校时间间隔

建议监测仪复校时间间隔为 1 年。使用单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准原始记录格式

委托单号_____ 证书编号_____

送检单位_____ 校准地点_____

仪器名称_____ 仪器型号_____

制造厂商_____ 仪器编号_____

1. 环境条件：

温度_____℃ 湿度_____%RH 大气压_____hPa 其他_____

2. 校准使用的主要计量器具

标准器名称	编号	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书编号/溯源单位	有效期至

3. 风速示值误差

标准值 m/s	仪器示值（m/s）				示值误差 m/s
	1	2	3	平均值	

4. 风向示值误差

标准值	仪器示值				示值误差
	1	2	3	平均值	

5. 大气压示值误差

标准值 hPa	实测值（hPa）				示值误差 hPa
	1	2	3	平均值	

6. 温度示值误差

标准值 ℃	仪器示值（℃）				示值误差 ℃
	1	2	3	平均值	

7. 湿度示值误差

标准值 %RH	仪器示值（℃）				示值误差 ℃
	1	2	3	平均值	

8. 重复性

参数	标准值	仪器示值						重复性 %
		1	2	3	4	5	6	
风速（m/s）								
风向（° ）								
大气压（hPa）								
温度（℃）								
湿度（%RH）								

风速测量结果的扩展不确定度为_____

风向测量结果的扩展不确定度为_____

大气压测量结果的扩展不确定度为_____

温度测量结果的扩展不确定度为_____

湿度测量结果的扩展不确定度为_____

校准员_____　　核验员_____　　校准日期：____年____月____日

附录 B

校准证书（内页）参考格式

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">校准项目</td><td colspan="3">校准结果</td></tr>
<tr><td>标准值</td><td>显示值</td><td>示值误差</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="6">风速示值误差
（m/s）</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="5">风向示值误差
（°）</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="5">大气压
示值误差
（hPa）</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">温度示值误差
（℃）</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">湿度示值误差
（%RH）</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">重复性</td><td>风速</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>风向</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>大气压</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>温度</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>湿度</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

附录 C

示值误差的不确定度评定示例

C.1 风速测量结果的不确定度分析

C.1.1 风洞引入的不确定度分量u_1

C.1.1.1 皮托管-微压计风速测量装置不确定度$u(v_1)$

依据 JJG 613-1989 检定规程，对于皮托管-微压计风速测量装置：

$$v_{标} = 1.278\sqrt{P_v} \qquad (C.1)$$

其中$v_{标}$为标况（大气压 101.325kPa，温度 15℃）下的风速值，P_v为微压计测量得到的压差，考虑到温度、大气压等因素影响，实际风速标准值v：

$$v = K \bullet v_{标} = 1.278\sqrt{\frac{101.325}{P-0.378\omega \bullet R} \bullet \frac{T}{288.15} \bullet \xi \bullet K_c \bullet P_v} \qquad (C.2)$$

其中 K为总修正系数，T为温度（单位 K），P为大气压力（单位 kPa），R为湿度（单位%RH），ω为该温度下的饱和水蒸气压（单位 kPa），ξ为皮托管系数；Kc 为微压计系数影响，可认为已经包含在数字微压计的仪器误差内，不再考虑。

令 $k_1 = 1.278\sqrt{\frac{101.325}{288.15}}$，$k_2 = 0.378\omega$，则公式（C.2）简化为：

$$v = k_1\sqrt{\frac{T \cdot \xi \cdot Pv}{P - k_2 \cdot R}} \qquad (C.3)$$

根据不确定度传播率：

$$u_1^2(v) = k_1^2[C^2(T)u^2(T) + C^2(P)u^2(P) + C^2(R)u^2(R) + C^2(Pv)u^2(Pv) + C^2(\xi)u^2(\xi)] \qquad (C.4)$$

其中 C（T）和 u（T）分别为温度 T的系数和不确定度，C（P_v）和 u（P_v）分别为压差 P_v的系数和不确定度，C（P_v）和 u（P_v）分别为压差 P_v的系数和不确定度，C（P）和 u（P）分别为大气压 P的系数和不确定度，C（R）和 u（R）分别为湿度 R的系数和不确定度，C（ξ）和 u（ξ）分别为皮托管系数的系数和不确定度。根据公式（C.3）：

$$C^2(T)u^2(T) = \frac{v^2}{4k_1^2}\frac{u^2(T)}{T^2} = \frac{v^2}{4k_1^2}u_{rel}^2(T) \qquad (C.5)$$

$$C^2(Pv)u^2(Pv) = \frac{v^2}{4k_1^2}u_{rel}^2(Pv) \quad (C.6)$$

$$C^2(\xi)u^2(\xi) = \frac{v^2}{4k_1^2}u_{rel}^2(\xi) \quad (C.7)$$

$$C^2(P)u^2(P) = \frac{v^2}{4k_1^2}(\frac{1}{P-k_2\cdot R})^2u^2(P) \quad (C.8)$$

由于15℃时，水的饱和蒸气压1.71kPa，$P>>k_2\cdot R$，所以公式（C.8）可简化为：

$$C^2(P)u^2(P) = \frac{v^2}{4k_1^2}u_{rel}^2(P) \quad (C.9)$$

$$C^2(R)u^2(R) = \frac{v^2}{4k_1^2}\frac{1}{(P/k_2-R)^2}u^2(R) = \frac{v^2}{4k_1^2}\frac{k_2^2}{P^2}u^2(R) \quad (C.10)$$

$$u_{\mathrm{rel}}(v_1) = \sqrt{\frac{1}{4}\left[u_{\mathrm{rel}}^2(T)+u_{\mathrm{rel}}^2(P)+\frac{k_2^2}{P^2}u^2(R)+u_{\mathrm{rel}}^2(\xi)+u_{\mathrm{rel}}^2(P_v)\right]} \quad (C.11)$$

公式（C.11）表明，基于皮托管-微压计原理的风速测量装置的不确定度与温度、压力、湿度、皮托管系数、微压计的不确定度有关。

根据溯源证书，ΔT =0.2℃，假设为矩形分布，室温15℃，$u_{\mathrm{rel}}(T) = \frac{\Delta T}{\sqrt{3}\cdot T}$ =0.04%。

根据溯源证书，$\Delta P=\pm 1\mathrm{hPa}$（符合规程ΔP<2hPa的要求），假设为矩形分布，室内大气压101.325kPa，$u_{\mathrm{rel}}(\mathrm{P}) = \frac{\Delta P}{\sqrt{3}\cdot P}$ =0.06%。

根据溯源证书，$\Delta R=\pm 3\%\mathrm{RH}$（符合规程ΔR<10%RH的要求），假设为矩形分布，假设室温15℃，水的饱和蒸气压1.71kPa，$\frac{k_2}{P}u(\mathrm{R}) = \frac{0.378\times 1.71}{101.325}\times\frac{\Delta R}{\sqrt{3}} = 0.01\%$

由于皮托管溯源证书只给出系数值，未给出不确定度或误差信息，根据JJG 518-1998皮托管检定规程，标准皮托管系数应在0.997～1.003之间，即最大允许误差±0.3%，假设为矩形分布，则 $u_{\mathrm{rel}}(\xi)$ = 0.17%。

根据溯源证书，所用微压计符合二等微压计要求，根据JJG 158-2013补偿式微压计检定规程，其MPE：±0.8Pa，假设为矩形分布，则 $u(P_v)$=0.46Pa。

由于温度、湿度和大气压引入的不确定度数值小于皮托管系数和微压计引入的不确定

度三分之一，可忽略不计，因此公式（C.11）可进一步简化为：

$$u_{\mathrm{rel}}(v_1)=\sqrt{\frac{1}{4}\left[u_{\mathrm{rel}}^2(\xi)+u_{\mathrm{rel}}^2(P_v)\right]} \tag{C.12}$$

根据公式（C.1）和（C.16），得到：

$$u_{\mathrm{rel}}(v_1)=\sqrt{\frac{1}{4}u_{\mathrm{rel}}^2(\xi)+\frac{0.67u^2(P_v)}{v^4}} \tag{C.13}$$

C.1.1.2 风洞气流不均匀性引入的不确定度$u(Q_1)$

根据溯源证书，风洞工作段气流均匀性 Q_1=0.7%,假设为均匀分布，则：

$$u_{\mathrm{rel}}(\mathrm{Q}_1)=\frac{\mathrm{Q}_1}{\sqrt{3}}=0.40\%$$

C.1.1.3 风洞气流稳定性引入的不确定度$u(Q_1)$

根据溯源证书，风洞工作段气流稳定性 Q_1=0.3%,假设为均匀分布，则：

$$u_{\mathrm{rel}}(\mathrm{Q}_1)=\frac{\mathrm{Q}_1}{\sqrt{3}}=0.17\%$$

C.1.1.4 合成不确定度u_1

$$u_{\mathrm{rel}}1=\sqrt{u_{\mathrm{rel}}^2(v_1)+u_{\mathrm{rel}}^2(\mathrm{Q}_1)++u_{\mathrm{rel}}^2(\mathrm{Q}_2)}=\sqrt{\frac{0.14}{v^4}+0.002\%} \tag{C.14}$$

$$u_1=\sqrt{\frac{0.14}{v^2}+0.002\%v^2} \tag{C.15}$$

C.1.2 被测仪器分辨力引入的不确定度分量u_2

风速仪的读数分辨力为 0.1m/s，则不确定度区间半宽为 0.05 m/s，假设为均匀分布：

$$u_2=\frac{0.05}{\sqrt{3}}=0.03(\mathrm{m/s})$$

C.1.3 被测仪器示值不重复性引入的标准不确定度u_3

以检测 10.0m/s 为例，待示值稳定后，重复测量 6 次，测量值为(m/s)：10.1、10.1、10.0、10.0、10.1、10.1。6 次修正值测量结果的标准偏差为 0.05m/s 则：

$$u_3=\frac{0.05}{\sqrt{6}}=0.08(\mathrm{m/s})$$

C.1.4 风速测量结果的不确定度

$$u_v=\sqrt{u_1^2+u_2^2+u_3^2}=\sqrt{\frac{0.14}{v^2}+0.002\%v^2+0.0073} \tag{C.16}$$

式中，v为标准风速值(m/s)，对风速仪 7 个测量点进行检测，其测量不确定度见下

表(单位：m/s)：

v_2	2	5	10	15	20	30
$u(v_2)$	0.20	0.11	0.10	0.11	0.13	0.16
$U(v_2)$	0.40	0.22	0.20	0.22	0.26	0.32

C.2.风向测量结果的不确定度分析

C.2.1 被测仪器分辨力（估读）引入的标准不确定度u_1

风速仪的读数分辨力为 1°，则不确定度区间半宽为 0.5°，假设为均匀分布：

$$u_1 = \frac{0.5°}{\sqrt{3}} = 0.29°$$

C.2.2 风向仪示值不重复性引入的标准不确定度u_2

以角度 150°为例，待风向感应标稳定后重复测量 6 次，测量值为：147°、147°、144°、150°、156°、153°，分别计算修正值。6 次修正值测量结果的标准偏差为 4.22°，则

$$u_2 = \frac{1}{\sqrt{6}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(C_i-\overline{C})^2}{n-1}} = 1.80°$$

C.2.3 标准方位角度盘示值误差引入的不确定度 u3

标准方位角度盘校准结果显示，测量范围 0° ~360°时，最大允许误差±2°，假设为均匀分布，

$$u_1 = \frac{2°}{\sqrt{3}} = 1.15°$$

C.2.4 风向测量结果的不确定度

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = (\sqrt{0.29^2 + 1.80^2 + 1.15^2})° = 2.2°$$

P=95%时，可取包含因子 k=2，则：

$$U = u \bullet k = 4.4°$$

C.3.大气压测量结果的不确定度分析

C.3.1 由大气压标准装置引入的不确定度u_1

C.3.1.1 由标准气压仪本身误差引入的不确定度分量u_{11}

标准气压仪的最大允许误差为±0.15 hPa，假设服从均匀分布，故

$$u_{11} = 0.15\ \text{hPa}/\sqrt{3} = 0.09\text{hPa}$$

C.3.1.2 由标准气压仪的分辨力引入的不确定度分量u_{12}

标准气压仪分辨力为 0.01 hPa，假设服从均匀分布，故

$$u_{12}= 0.005\ \text{hPa}/\sqrt{3} = 0.0029\ \text{hPa}$$

C.3.1.3 标准气压校准箱内气压变化引入的不确定度分量u_{13}

根据规程规定，气压的变化量为±0.26 hPa，假设服从均匀分布，故

$$u_{13}= 0.26\ \text{hPa}/\sqrt{3} = 0.15\ \text{hPa}$$

C.3.1.4 由标准气压校准箱内气密性引入的不确定度分量u_{14}

根据规程规定，校准箱内 10 min 的气压变化不大于 0.3 hPa，假设服从均匀分布，故

$$u_{14} = 0.3\ \text{hPa}/\sqrt{3} = 0.17\ \text{hPa}$$

由各不确定度分量合成得到由标准气压仪示值引入的不确定度

$$u_1 = \sqrt{0.09^2 + 0.029^2 + 0.15^2 + 0.17^2} = 0.20\text{hPa}$$

C.3.2 由数字压力计的重复性引起的不确定度u_2

对被测仪器在 1010 hPa 点上进行 6 次重复测量，结果分别为 1010.3 hPa、1010.0 hPa、1010.4 hPa、1010.1 hPa、1010.2 hPa、1010.2 hPa。

$$u_2 = \frac{1}{\sqrt{6}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(C_i-\overline{C})^2}{n-1}} = 0.06\text{hPa}$$

C.3.3 数字压力计的分辨力引起的不确定度u_3

数字压力计的分辨力为 0.1 hPa，则不确定度区间半宽 0.05 hPa，假设为均匀分布，故

$$u_3 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03\text{hPa}$$

C.3.4 大气压测量结果的不确定度u

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.2^2 + 0.06^2 + 0.03^2} = 0.21\text{hPa}$$

P=95%时，可取包含因子 k=2，则：

$$U = u \bullet k = 0.42\text{hPa}$$

C.4. 温度测量结果的不确定度

C.4.1 高低温试验箱波动度引入的不确定度分量u_1

根据溯源证书，高低温试验箱湿度波动度为±0.4℃，假设为均匀分布，则；

$$u_1 = \frac{0.4℃}{\sqrt{3}} = 0.23℃$$

C.4.2 高精度温度计引入的不确定度 u2

根据高精度温度计的证书可知，高精度温度计的最大允许误差为：±0.07℃，假设服从均匀分分布，则由数字温度计引入的不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.07}{\sqrt{3}} = 0.04℃$$

C.4.3 测量不重复性引入的不确定度u_3

在 20℃条件下，把被测件放入高低温箱，重复测量 6 次，得到 20.5℃、20.8℃、20.7℃、20.4℃、20.3℃、20.4℃，通过计算得到由仪器重复性引入的不确定度为：

$$u_3 = \frac{1}{\sqrt{6}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(C_i-\overline{C})^2}{n-1}} = 0.08℃$$

C.4.4 合成标准不确定度

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.23^2 + 0.04^2 + 0.08^2}℃ = 0.25℃$$

P= 95％时，可取包含因子 k= 2，则：

$$U = u \bullet k = 0.5℃$$

C.5 湿度测量结果的不确定度

C.5.1 高低温试验箱波动度引入的不确定度分量u_1

根据溯源证书，高低温试验箱湿度波动度为±1.0%RH，假设为均匀分布，则；

$$u_1 = \frac{1.0\%RH}{\sqrt{3}} = 0.58\%RH$$

C.5.2 露点仪引入的不确定度分量u_2

根据溯源证书，精密露点仪在 20℃下，湿度的示值误差为±0.4%RH，假设为均匀分布，则；

$$u_2 = \frac{0.4\%RH}{\sqrt{3}} = 0.23\%RH$$

C.5.3 仪器重复性引入的不确定度分量u_3

被测件放入高低温箱在 20℃、60%RH 条件下，重复测量 6 次，得到 60.5℃、60.8℃、60.7℃、60.2℃、60.8℃、60.1℃，通过计算得到由仪器重复性引入的不确定度为：

$$u_3 = \frac{1}{\sqrt{6}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(C_i-\overline{C})^2}{n-1}} = 0.13\%\mathrm{RH}$$

C.5.4 合成标准不确定度

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.58^2 + 0.23^2 + 0.13^2}\%\mathrm{RH} = 0.64\%\mathrm{RH}$$

P=95%时，可取包含因子 k=2，则：

$$U = u \bullet k = 1.3\%\mathrm{RH}$$