



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF2214—2025

---

## 机动车检测用气象单元校准规范

Calibration Specification for Meteorological Devices  
of Motor Vehicle Test

2025-03-27发布

2025-09-27实施

---

国家市场监督管理总局 发布

机动车检测用气象单元  
校准规范

Calibration Specification for Meteorological  
Devices of Motor Vehicle Test

JJF2214—2025

---

归口单位：全国法制计量管理计量技术委员会  
机动车检验检测分技术委员会

主要起草单位：吉林省计量科学研究院  
长春理工大学

浙江省质量科学研究院

参加起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

河北省计量监督检测研究院

浙江浙大鸣泉科技有限公司

广东康士柏科技股份有限公司

本规范委托全国法制计量管理计量技术委员会机动车检验检测分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

房法成（吉林省计量科学研究院）

王 兰（长春理工大学）

叶振洲（浙江省质量科学研究院）

参加起草人：

刘娜娜（黑龙江省计量检定测试研究院）

刘 兰（河北省计量监督检测研究院）

康 野（浙江浙大鸣泉科技有限公司）

郭颖斯（广东康士柏科技股份有限公司）

## 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语和计量单位 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 1 )
5 计量特性 .....	( 2 )
6 校准条件 .....	( 2 )
7 校准项目和校准方法 .....	( 2 )
8 校准结果的表达 .....	( 6 )
9 复校时间间隔 .....	( 6 )
附录 A 推荐的原始记录格式 .....	( 7 )
附录 B 推荐的校准证书内页格式 .....	( 9 )
附录 C 机动车检测用气象单元示值误差测量不确定度评定示例 .....	( 10 )

## 引 言

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》、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。

本规范根据 GB 3847—2018《柴油车污染物排放限值及测量方法（自由加速法及加载减速法）》、GB 18285—2018《汽油车污染物排放限值及测量方法（双怠速法及简易工况法）》对温度、相对湿度、大气压力等环境参数的规定提出了计量性能要求。本规范主要参考了 JJG 875—2019《数字压力计检定规程》、JJG 1084—2013《数字式气压计检定规程》、JJF1076—2020《数字式温湿度计校准规范》和 JJF1564—2016《温湿度标准箱校准规范》编制而成。

本规范为首次发布。

## 机动车检测用气象单元校准规范

### 1 范围

本规范适用于机动车检测用气象单元（又称气象站或环境参数测试仪等）的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1007 温度计量名词术语及定义

JJF 1008 压力计量名词术语及定义

JJF 1012 湿度与水分计量名词术语及定义

JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则

GB 3847 柴油车污染物排放限值及测量方法（自由加速法及加载减速法）

GB 18285 汽油车污染物排放限值及测量方法（双怠速法及简易工况法）

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 术语和计量单位

#### 3.1 术语

JJF 1007、JJF 1008、JJF 1012、GB 3847和 GB 18285 中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

##### 3.1.1 机动车检测用气象单元 meteorological device for motorvehicle test

对机动车检测时环境的温度、相对湿度、大气压力等环境参数进行测量的装置。

##### 3.1.2 温度传感器 temperature transducer

能感受温度并将其转换成电信号的器件。

##### 3.1.3 湿度传感器 humidity transducer

能感受湿度并将其转换成电信号的器件。

##### 3.1.4 大气压力传感器 atmospheric pressure transducer

能感受大气压力并将其转换成电信号的器件。

#### 3.2 计量单位

—温度的法定计量单位为摄氏度（℃）；

—相对湿度的法定计量单位为%；

—大气压力的法定计量单位为帕斯卡（简称帕，Pa）。在机动车检测中一般常用百帕（hPa）或千帕（kPa）。

### 4 概述

机动车检测用气象单元（以下简称气象单元）是对机动车检测的环境参数进行测量

的装置，环境参数通常包括环境温度、相对湿度和大气压力等。气象单元一般由温度传感器、湿度传感器、大气压力传感器、信号处理系统、传输系统和显示系统等组成。气象单元通常具备通信功能，可按机动车检测程序要求实时传输数据。

## 5 计量特性

### 5.1 温度

5.1.1 示值误差：温度示值误差一般不超过  $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 重复性：温度的示值重复性一般不大于其最大允许误差绝对值的  $1/2$ 。

### 5.2 相对湿度

5.2.1 示值误差：相对湿度示值误差一般不超过  $\pm 3.0\%$  ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时)。

5.2.2 重复性：相对湿度的示值重复性一般不大于其最大允许误差绝对值的  $1/2$ 。

### 5.3 大气压力

5.3.1 示值误差：大气压力示值误差一般不超过  $\pm 1\text{ kPa}$ 。

5.3.2 重复性：大气压力的示值重复性一般不大于其最大允许误差绝对值的  $1/2$ 。

注：以上技术要求不用于合格判定，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 温度： $(-5\sim 45)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度：不大于  $85\%$ 。

6.1.3 环境大气压力： $(70\sim 106)\text{ kPa}$ 。

6.1.4 校准应在周围的污染、振动、电磁干扰对校准结果无影响的环境下进行。

### 6.2 测量标准器及其他设备

机动车检测用气象单元校准装置：

a) 温度参数：测量范围为  $(-20\sim 50)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度传感器最大允许误差为  $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，校准腔温度变化率不超过  $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

b) 相对湿度参数：测量范围为  $10\%\sim 90\%$ ，相对湿度传感器最大允许误差为  $\pm 0.8\%$ ，校准腔相对湿度变化率不超过  $0.8\%/\text{min}$ 。

c) 大气压力参数：测量范围为  $(50\sim 120)\text{ kPa}$ ，压力传感器准确度等级为  $0.2$ 级。系统密封性造成的最大压力差不超过  $0.1\text{ kPa}$ 。

也可使用满足要求的精密露点仪、精密数字温度计、温湿度检定箱、湿度发生器、数字气压计以及具有绝压校准功能的压力校准装置等作为测量标准器。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准前准备

按照仪器使用说明书进行系统预热后，将被校气象单元传感器放置在校准装置校准腔中心位置，使被校气象单元传感器与大气压力控制模块压力传感器在同一水平面，关闭校准腔盖。气象单元校准示意图如图 1所示。

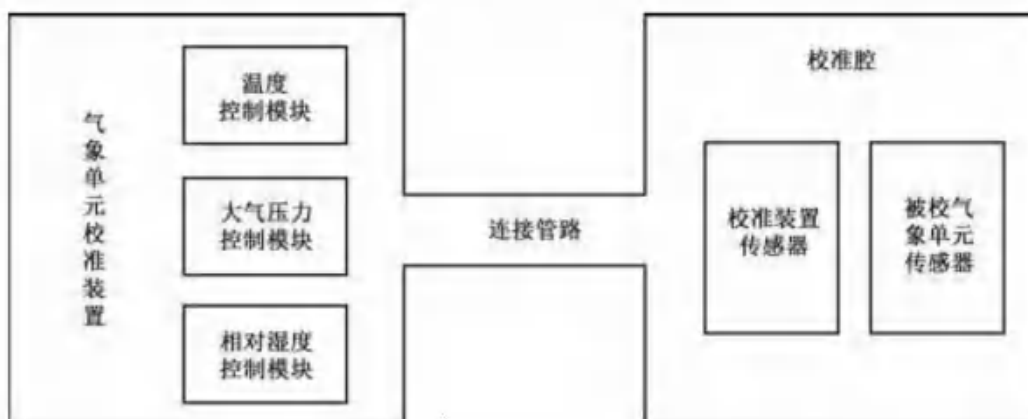


图 1 气象单元校准示意图

## 7.2 温度

### 7.2.1 温度示值误差

7.2.1.1 使用温度控制装置对校准腔进行升温或者降温，以模拟环境空气的温度。一般包括以下 5 个校准点（-10℃、0℃、20℃、30℃、40℃），校准顺序一般为由低温向高温进行，先校准负温点，然后逐步升温。为了防止校准过程中出现结霜现象，在进行温度校准时建议校准腔内相对湿度小于 20%。

7.2.1.2 每个校准点在温度达到设定值且平衡后，每隔 1 min 左右记录校准装置温度值和被校气象单元温度示值，共记录 3 组数据。

7.2.1.3 重复 7.2.1.2，完成每个校准点的校准。

7.2.1.4 按公式 (1) 计算每个校准点的温度示值误差，按公式 (2) 计算该校准点 3 次示值误差的平均值作为该校准点温度示值误差校准值。

$$\Delta T_{ij} = T_{ij} - T_{Sij} \quad (1)$$

$$\bar{\Delta T}_i = \frac{\sum_{j=1}^3 \Delta T_{ij}}{3} \quad (2)$$

式中：

$\Delta T_{ij}$ —第  $i$  校准点第  $j$  次测量温度示值误差 ( $i=1, 2, \dots, 5, j=1, 2, 3$ ), °C;

$T_{ij}$ —第  $i$  校准点第  $j$  次测量被校气象单元温度示值 ( $i=1, 2, \dots, 5, j=1, 2, 3$ ), °C;

$T_{Sij}$ —第  $i$  校准点第  $j$  次测量校准装置温度值 ( $i=1, 2, \dots, 5, j=1, 2, 3$ ), °C;

$\bar{\Delta T}_i$ —第  $i$  校准点温度示值误差平均值 ( $i=1, 2, \dots, 5$ ), °C。

### 7.2.2 温度重复性

温度重复性的校准在进行 7.2.1 温度示值误差校准的同时进行，将各校准点 3 次示值误差采用极差法按公式 (3) 计算温度重复性。

$$R_T = \frac{\Delta T_{i\max} - \Delta T_{i\min}}{C} \quad (3)$$

式中：

$R_T$  —— 温度重复性，℃；

$\Delta T_{i\max}$  —— 第  $i$  校准点被校气象单元 3 次温度示值误差最大值 ( $i=1, 2, 3$ )，℃；

$\Delta T_{i\min}$  —— 第  $i$  校准点被校气象单元 3 次温度示值误差最小值 ( $i=1, 2, 3$ )，℃；

$C$  —— 极差系数  $C=1.69$ 。

### 7.3 相对湿度

#### 7.3.1 相对湿度示值误差

7.3.1.1 相对湿度校准时，将校准腔温度控制到 20℃。当温度达到恒温且平衡后，设定校准装置相对湿度校准点，校准点一般包含 30%、50% 和 80%，校准顺序一般为由低到高。

7.3.1.2 每个校准点在相对湿度达到设定值并稳定后，每隔 1 min 左右记录校准装置相对湿度值和被校气象单元相对湿度示值，共记录 3 组数据。

7.3.1.3 重复 7.3.1.2，完成每个校准点的校准。

7.3.1.4 按公式 (4) 计算每个校准点的相对湿度示值误差，按公式 (5) 计算该校准点 3 次示值误差的平均值作为该校准点相对湿度示值误差校准值。

$$\Delta H_{ij} = H_{ij} - HS_{ij} \quad (4)$$

$$\bar{\Delta H}_i = \frac{\sum_{j=1}^3 \Delta H_{ij}}{3} \quad (5)$$

式中：

$\Delta H_{ij}$  —— 第  $i$  校准点第  $j$  次测量相对湿度示值误差 ( $i=1, 2, 3, j=1, 2, 3$ )，%；

$H_{ij}$  —— 第  $i$  校准点第  $j$  次测量被校气象单元相对湿度示值 ( $i=1, 2, 3, j=1, 2, 3$ )，%；

$HS_{ij}$  —— 第  $i$  校准点第  $j$  次测量校准装置相对湿度值 ( $i=1, 2, 3, j=1, 2, 3$ )，%；

$\bar{\Delta H}_i$  —— 第  $i$  校准点相对湿度示值误差平均值 ( $i=1, 2, 3$ )，%。

#### 7.3.2 相对湿度重复性

相对湿度重复性的校准在进行 7.3.1 相对湿度示值误差校准的同时进行，将各校准点 3 次示值误差采用极差法按公式 (6) 计算相对湿度重复性。

$$R_H = \frac{\Delta H_{i\max} - \Delta H_{i\min}}{C} \quad (6)$$

式中：

$R_H$  —— 相对湿度重复性，%；

$\Delta H_{i\max}$  —— 第  $i$  校准点被校气象单元相对湿度示值误差最大值 ( $i=1, 2, 3$ )，%；

$\Delta H_{imn}$ —第*i*校准点被校气象单元相对湿度示值误差最小值 ( $i=1, 2, 3$ ), %;

$C$  —极差系数,  $C=1.69$ 。

## 7.4 大气压力

### 7.4.1 大气压力示值误差

7.4.1.1 校准前应先对校准腔进行至少 1 次的升 (降) 压试验, 同时检查系统密封性, 这是由于漏气造成的最大压力差不得超过被校气象单元最大允许误差的十分之一 (即不超过 0.1 kPa)。

7.4.1.2 大气压力校准时, 将校准腔温度控制到 20℃。一般选取 3 个校准点, 包括当地常规大气压力、当地大气压力上限和当地大气压力下限。

7.4.1.3 校准点为当地常规大气压力的校准, 校准装置校准腔压力达到平衡后, 每隔 1 min 左右记录校准装置大气压力值和被校气象单元大气压力示值, 共记录 3 组数据。

7.4.1.4 校准点为当地大气压力下限的校准, 打开校准装置的负压发生装置, 待校准装置校准腔压力达到设定压力并达到平衡后, 每隔 1 min 左右记录校准装置大气压力值和被校气象单元大气压力示值, 共记录 3 组数据。

7.4.1.5 校准点为当地大气压力上限的校准, 打开校准装置的正压发生装置, 待校准装置校准腔压力达到设定压力并平衡后, 每隔 1 min 左右记录校准装置大气压力值和被校气象单元大气压力示值, 共记录 3 组数据。

7.4.1.6 按公式 (7) 计算每个校准点的大气压力示值误差, 按公式 (8) 计算该校准点 3 次示值误差的平均值作为该校准点大气压力示值误差校准值。

$$\Delta p_{ij} = p_{ij} - p_{Sij} \quad (7)$$

$$\bar{\Delta p}_i = \frac{\sum_{j=1}^3 \Delta p_{ij}}{3} \quad (8)$$

式中:

$\Delta p_{ij}$ —第*i*校准点第*j*次测量大气压力示值误差 ( $i=1, 2, 3, j=1, 2, 3$ ), kPa;

$p_{ij}$  —第*i*校准点第*j*次测量被校气象单元大气压力示值 ( $i=1, 2, 3, j=1, 2, 3$ ), kPa;

$p_{Sij}$  —第*i*校准点第*j*次测量校准装置大气压力值, ( $i=1, 2, 3, j=1, 2, 3$ ) kPa;

$\bar{\Delta p}_i$  —第*i*校准点大气压力示值误差平均值 ( $i=1, 2, 3$ ), kPa。

### 7.4.2 大气压力重复性

大气压力重复性的校准在进行 7.4.1 大气压力示值误差校准的同时进行, 将各校准点 3 次示值误差采用极差法按公式 (9) 计算大气压力重复性。

$$R_p = \frac{\Delta p_{i\max} - \Delta p_{i\min}}{C} \quad (9)$$

式中：

$R_p$  — 大气压力重复性，kPa；

$\Delta p_{i\max}$  — 第  $i$  校准点被校气象单元大气压力示值误差最大值 ( $i=1, 2, 3$ )，kPa；

$\Delta p_{i\min}$  — 第  $i$  校准点被校气象单元大气压力示值误差最小值 ( $i=1, 2, 3$ )，kPa；

$C$  — 极差系数， $C=1.69$ 。

## 8 校准结果的表达

推荐的原始记录格式可参考附录 A。

机动车检测用气象单元经校准后出具校准证书，校准证书信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求，校准证书内页格式可参考附录 B。

机动车检测用气象单元示值误差测量不确定度按 JJF 1059.1 评定，其不确定度评定示例见附录 C。

## 9 复校时间间隔

机动车检测用气象单元复校时间间隔建议一般不超过 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 推荐的原始记录格式

推荐的原始记录格式见表 A.1。

表 A.1 推荐的原始记录格式

委托单位										
被校准 计量器具		名称				制造单位				
		型号/规格				出厂编号				
使用的 主要计量 标准器具		名称	型号 规格	出厂 编号	测量范围		不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差		溯源单位/ 证书号	有效期至
校准依据					校准地点					
环境条件		温度/℃			相对湿度/%			大气压力/kPa		
委托日期						校准日期				
校准员						核 验 员				
1. 温度示值误差/℃										
第 1 次			第 2 次			第 3 次			示值误 差平 均值	重复性
标准值	示值	示值 误差	标准值	示值	示值 误差	标准值	示值	示值 误差		
温度示值误差测量不确定度：U=           ， k= 2										
2. 相对湿度示值误差/%										
第 1 次			第 2 次			第 3 次			示值误 差平 均值	重复性
标准值	示值	示值 误差	标准值	示值	示值 误差	标准值	示值	示值 误差		
相对湿度示值误差测量不确定度：U=           ， k= 2										

表 A.1 (续)

3. 大气压力示值误差/kPa										
第 1 次			第 2 次			第 3 次			示值误差平均值	重复性
标准值	示值	示值误差	标准值	示值	示值误差	标准值	示值	示值误差		

大气压力示值误差测量不确定度：U=      ， k=2

## 附录 B

## 推荐的校准证书内页格式

推荐的校准证书内页格式见表 B.1。

表 B.1 推荐的校准证书内页格式

1. 温度示值误差/°C			
标准值	被校示值	示值误差	重复性
温度示值误差扩展不确定度：U=      ， k=2			
2. 相对湿度示值误差/%			
标准值	被校示值	示值误差	重复性
相对湿度示值误差扩展不确定度：U=      ， k=2			
3. 大气压力示值误差/kPa			
标准值	被校示值	示值误差	重复性
大气压力示值误差扩展不确定度：U=      ， k=2			

## 附录 C

## 机动车检测用气象单元示值误差测量不确定度评定示例

## C.1 温度示值误差测量不确定度评定

## C.1.1 测量方法

将被校准气象单元传感器放入校准装置的校准腔，根据校准点设定温度控制装置，当校准腔内温度达到校准点时（以 30℃为例），读取校准装置温度值和被校气象单元温度示值，按公式（C.1）计算其示值误差。

## C.1.2 测量模型

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

式中：

$\Delta T$  — 温度示值误差，℃；

$T$  — 被校气象单元温度示值，℃；

$T_s$  — 校准装置温度值，℃。

## C.1.3 灵敏系数

各输入量的不确定度互不相关时，由公式（C.1）得合成标准不确定度计算公式：

$$u_c^2(\Delta T) = c_1^2 u^2(T) + c_2^2 u^2(T_s)$$

$$\text{灵敏系数：} \quad c_1 = \frac{\partial(\Delta T)}{\partial(T)} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta T)}{\partial(T_s)} = -1$$

式中：

$u_c(\Delta T)$  — 被校气象单元温度示值误差的合成标准不确定度，℃；

$u(T)$  — 被校气象单元引入的温度参数的标准不确定度，℃；

$u(T_s)$  — 校准装置温度控制模块引入的标准不确定度，℃。

被校气象单元引入的温度参数的不确定度分量：

$$u_1(\Delta T) = |c_1| \cdot u(T)$$

校准装置温度控制模块引入的不确定度分量：

$$u_2(\Delta T) = |c_2| \cdot u(T_s)$$

## C.1.4 标准不确定度评定

## C.1.4.1 被校气象单元引入的温度参数的标准不确定度

## 1) 被校气象单元温度示值测量重复性引入的标准不确定度

测量结果重复性引入的不确定度可以通过连续重复测量得到的测量列采用 A 类评定方法评定。

在校准装置的温度控制装置及被校气象单元正常工作条件下，等精度重复测量 10 次，将校准装置温度值归一化为 30℃后，被校气象单元温度重复性测量数据如表 C.1 所示。

表 C.1 温度重复性测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T/°C	30.3	30.2	30.0	30.4	30.1	30.3	30.2	30.3	30.4	30.3

$\bar{T} = 30.3\text{ °C}$ 。

被校气象单元 单次测量实验标准差为

$$s(T) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} \approx 0.13\text{ °C}$$

实际测量时，在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次测量示值误差的算术平均值作为测量结果，则可得气象单元温度测量结果重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(T) = \frac{s(T)}{\sqrt{3}} \approx 0.07\text{ °C}$$

2) 被校气象单元温度数显分辨力引入的标准不确定度

气象单元温度的分辨力为  $0.1\text{ °C}$ ，其量化误差以等概率分布落在半宽度为  $0.05\text{ °C}$  的区间内，其引入的标准不确定度为

$$u_2(T) = \frac{0.05\text{ °C}}{\sqrt{3}} \approx 0.029\text{ °C}$$

3) 由于气象单元温度测量重复性引入的标准不确定度大于数显仪器的分辨力引入的标准不确定度，此时重复性引入的标准不确定度中已经包含分辨力的影响，因此被校气象单元引入的温度参数的标准不确定度取二者的较大者。则

$$u(T) = 0.07\text{ °C}$$

C.1.4.2 校准装置的温度控制模块引入的标准不确定度

1) 校准装置的温度传感器引入的标准不确定度

根据校准装置的温度控制模块对温度传感器要求，其最大允许误差为  $\pm 0.1\text{ °C}$ ，其分布区间半宽度为  $0.1\text{ °C}$ ，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为

$$u_1(T_s) = \frac{0.1\text{ °C}}{\sqrt{3}} \approx 0.057\text{ °C}$$

2) 校准装置的校准腔温度变化引入的标准不确定度

根据气象单元的测量原理和校准腔控制要求，校准腔的温度变化率不超过  $0.2\text{ °C}$ 。其区间半宽度为  $0.1\text{ °C}$ ，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为

$$u_2(T_s) = \frac{0.1\text{ °C}}{\sqrt{3}} \approx 0.057\text{ °C}$$

3) 校准装置的温度分辨力引入的标准不确定度

校准装置的温度分辨力为  $0.1\text{ °C}$ ，其半宽度为  $0.05\text{ °C}$ ，按均匀分布考虑。由此引入的标准不确定度为

$$u_3(T_s) = \frac{0.05\text{ °C}}{\sqrt{3}} \approx 0.029\text{ °C}$$

不考虑上述各分量相关性，则

$$u(T_S) = u_1^2(T_S) + u_2^2(T_S) + u_3^2(T_S) = 0.057^2 + 0.057^2 + 0.029^2 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 0.09 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.1.5 合成标准不确定度

不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 不确定度分量汇总表

不确定度分量 $u_i(\Delta T)$	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i$	$c_i u(T_i)$
$u_1(\Delta T)$	被校气象单元引入的温度参数的标准不确定度	0.07 $^\circ\text{C}$	1	0.07 $^\circ\text{C}$
$u_2(\Delta T)$	校准装置的温度控制模块引入的标准不确定度	0.09 $^\circ\text{C}$	-1	0.09 $^\circ\text{C}$

合成标准不确定度为

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{c_1^2 u^2(T) + c_2^2 u^2(T_S)} = \sqrt{0.07^2 + 0.09^2} \text{ } ^\circ\text{C} \approx 0.11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.1.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则

$$U = k \cdot u_c(\Delta T) = 2 \times 0.11 \text{ } ^\circ\text{C} = 0.22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## C.2 相对湿度示值误差测量不确定度评定

### C.2.1 测量方法

将被校准气象单元传感器放入校准装置的校准腔，根据校准点设定相对湿度控制装置，当校准腔内相对湿度达到校准点时（以 50% 为例），读取校准装置相对湿度值和被校气象单元相对湿度示值，按公式 (C.2) 计算其示值误差。

### C.2.2 测量模型

$$\Delta H = H - H_S \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\Delta H$  — 相对湿度示值误差，%；

$H$  — 被校气象单元相对湿度示值，%；

$H_S$  — 校准装置相对湿度值，%。

### C.2.3 灵敏系数

各输入量的不确定度互不相关时，由公式 (C.2) 得合成标准不确定度计算公式：

$$u_c^2(\Delta H) = c_1^2 u^2(H) + c_2^2 u^2(H_S)$$

$$\text{灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial(\Delta H)}{\partial(H)} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta H)}{\partial(H_S)} = -1$$

式中：

$u_c(\Delta H)$  — 被校气象单元相对湿度示值误差的合成标准不确定度，%；

$u(H)$  — 被校气象单元引入的相对湿度参数的标准不确定度，%；

$u(H_S)$  — 校准装置相对湿度控制模块引入的标准不确定度，%。

被校气象单元引入的相对湿度参数的不确定度分量：

$$u_1(\Delta H) = |c_1| \cdot u(H)$$

校准装置相对湿度控制模块引入的不确定度分量：

$$u_2(\Delta H) = |c_2| \cdot u(H_S)$$

#### C.2.4 标准不确定度评定

##### C.2.4.1 被校气象单元引入的相对湿度参数的标准不确定度

###### 1) 被校气象单元相对湿度测量重复性引入的标准不确定度

测量结果重复性引入的标准不确定度可以通过连续重复测量得到的测量列，采用 A 类评定方法评定。

在校准装置的相对湿度控制装置及被校气象单元正常工作条件下，等精度重复测量 10 次，将校准装置相对湿度值归一化为 50% 后，被校气象单元相对湿度重复性测量数据列于表 C.3。

表 C.3 相对湿度重复性测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H/%	50.3	50.5	50.1	50.6	50.4	50.9	50.2	50.4	50.3	50.5

$H = 50.4\%$ 。

被校气象单元单次测量实验标准差为

$$s(H) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (H_i - \bar{H})^2}{n-1}} = 0.23\%$$

实际测量时，在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次测量示值误差的算术平均值作为测量结果，则可得气象单元相对湿度测量结果重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(H) = \frac{s(H)}{\sqrt{3}} \approx 0.13\%$$

###### 2) 被校气象单元相对湿度数显分辨力引入的标准不确定度

气象单元相对湿度分辨力为 0.1%，其量化误差以等概率分布落在宽度为 0.05% 的区间内，其引入的标准不确定度为

$$u_1(H) = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} \approx 0.029\%$$

3) 由于气象单元相对湿度测量重复性引入的标准不确定度大于数显仪器的分辨力引入的标准不确定度，此时重复性引入的标准不确定度中已经包含分辨力的影响，因此被校气象单元引入的相对湿度参数的标准不确定度取二者的较大者。则

$$u(H) = 0.13\%$$

##### C.2.4.2 校准装置的相对湿度控制模块引入的标准不确定度

###### 1) 校准装置的相对湿度传感器引入的标准不确定度

根据校准装置的相对湿度控制模块对相对湿度传感器要求，其最大允许误差为  $\pm 0.8\%$ ，其区间半宽度为 0.8%，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为

$$u_1(H_s) = \frac{0.8\%}{\sqrt{3}} \approx 0.46\%$$

2) 校准装置的校准腔相对湿度变化率引入的标准不确定度

根据气象单元的测量原理和校准腔控制要求，校准腔的相对湿度变化率不超过 0.8%。其区间半宽度为 0.4%，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为

$$u_2(H_s) = \frac{0.4\%}{\sqrt{3}} \approx 0.23\%$$

3) 校准装置的相对湿度分辨力引入的标准不确定度

校准装置的相对湿度分辨力为 0.1%，其半宽度为 0.05%，按均匀分布考虑。由此引入的标准不确定度为

$$u_3(H_s) = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} \approx 0.029\%$$

不考虑上述各分量相关性，则

$$u(H_s) = \sqrt{u_1^2(H_s) + u_2^2(H_s) + u_3^2(H_s)} = \sqrt{0.46^2 + 0.23^2 + 0.029^2} \% \approx 0.52\%$$

#### C.2.5 合成标准不确定度

不确定度分量汇总见表 C.4。

表 C.4 不确定度分量汇总表

不确定度分量 $u_i(\Delta H)$	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i$	$c_i \cdot u(H_i)$
$u_1(\Delta H)$	被校气象单元引入的相对湿度参数的标准不确定度	0.13%	1	0.13%
$u_2(\Delta H)$	校准装置的相对湿度控制模块引入的标准不确定度	0.52%	-1	0.52%

合成标准不确定度为

$$u_c(\Delta H) = \sqrt{c_1^2 u^2(H) + c_2^2 u^2(H_s)} = \sqrt{0.13^2 + 0.52^2} \% = 0.54\%$$

#### C.2.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则

$$U = k \cdot u_c(\Delta H) = 2 \times 0.54 = 1.1\%$$

### C.3 大气压力示值误差测量不确定度评定

#### C.3.1 测量方法

将被校准气象单元传感器放入校准装置的校准腔，根据校准点设定大气压力控制装置，当校准腔内大气压力达到校准点时（以 100 kPa 为例），读取校准装置大气压力值和被校气象单元大气压力示值，按公式 (C.3) 计算其示值误差。

#### C.3.2 测量模型

$$\Delta p = p - p_S \quad (C.3)$$

式中：

$\Delta p$  — 大气压力示值误差，kPa；

$p$  —— 被校气象单元大气压力示值, kPa;

$p_s$  —— 校准装置大气压力值, kPa。

### C.3.3 灵敏系数

各输入量的不确定度互不相关时, 由公式 (C.3) 得合成标准不确定度计算公式:

$$u_c^2(\Delta p) = c_1^2 u^2(p) + c_2^2 u^2(p_s)$$

$$\text{灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial(\Delta p)}{\partial(p)} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta p)}{\partial(p_s)} = -1$$

式中:

$u_c(\Delta p)$  —— 被校气象单元大气压力示值误差的合成标准不确定度, kPa;

$u(p)$  —— 被校气象单元引入的大气压力参数的标准不确定度, kPa;

$u(p_s)$  —— 校准装置大气压力控制模块引入的标准不确定度, kPa。

被校气象单元引入的大气压力参数的不确定度分量:

$$u_1(\Delta p) = |c_1| \cdot u(p)$$

校准装置大气压力控制模块引入的不确定度分量:

$$u_2(\Delta p) = |c_2| \cdot u(p_s)$$

### C.3.4 标准不确定度评定

#### C.3.4.1 被校气象单元引入的大气压力参数的标准不确定度

##### 1) 被校气象单元大气压力测量重复性引入的标准不确定度

测量结果重复性引入的标准不确定度可以通过连续重复测量得到的测量列, 采用 A类评定方法评定。

在校准装置的大气压力控制单元及被校气象单元正常工作条件下, 等精度重复测量 10 次, 将校准装置大气压力值归一化为 100 kPa 后, 被校气象单元大气压力重复性测量数据列于表 C.5。

表 C.5 大气压力重复性测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$p/\text{kPa}$	100.3	100.4	100.5	100.7	100.3	100.5	100.1	100.8	100.4	100.8

$$\bar{p} = 100.5 \text{ kPa}。$$

被校气象单元单次测量实验标准差为

$$s(p) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (p_i - \bar{p})^2}{n-1}} \approx 0.23 \text{ kPa}$$

实际测量时, 在重复性条件下连续测量 3 次, 以 3 次测量示值误差的算术平均值作为测量结果, 则可得气象单元大气压力测量结果重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(p) = \frac{s(p)}{\sqrt{3}} \approx 0.13 \text{ kPa}$$

##### 2) 被校气象单元大气压力数显分辨力引入的标准不确定度

气象单元大气压力的分辨力为 0.1 kPa, 其量化误差以等概率分布落在宽度为

0.05 kPa的区间内，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为

$$u_2(p) = \frac{0.05 \text{ kPa}}{\sqrt{3}} \approx 0.029 \text{ kPa}$$

3) 由于气象单元大气压力测量重复性引入的标准不确定度大于数显仪器的分辨力引入的标准不确定度，此时重复性引入的标准不确定度中已经包含分辨力的影响，因此被校气象单元引入的大气压力参数的标准不确定度取二者的较大者。则

$$u(p) = 0.13 \text{ kPa}$$

#### C.3.4.2 校准装置的大气压力控制模块的标准不确定度

##### 1) 校准装置的压力传感器引入的标准不确定度

根据校准装置的大气压力控制模块对压力传感器的要求，其准确度等级为 0.2 级，最大允许误差为  $\pm 0.24 \text{ kPa}$ ，其区间半宽度为  $0.24 \text{ kPa}$ ，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为

$$u_1(p_s) = \frac{0.24 \text{ kPa}}{\sqrt{3}} \approx 0.14 \text{ kPa}$$

##### 2) 校准装置的校准腔密封性引入的标准不确定度

根据气象单元的测量原理和校准腔控制要求，由系统密封性造成的最大压力差不超过  $0.1 \text{ kPa}$ ，其区间半宽度为  $0.05 \text{ kPa}$ ，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为

$$u_2(p_s) = \frac{0.05 \text{ kPa}}{\sqrt{3}} \approx 0.029 \text{ kPa}$$

##### 3) 校准装置的大气压力分辨力引入的标准不确定度

校准装置的大气压力分辨力为  $0.1 \text{ kPa}$ ，其半宽度为  $0.05 \text{ kPa}$ ，按均匀分布考虑。由此引入的标准不确定度为

$$u_3(p_s) = \frac{0.05 \text{ kPa}}{\sqrt{3}} \approx 0.029 \text{ kPa}$$

不考虑上述各分量相关性，则

$$u(p_s) = \sqrt{u_1^2(p_s) + u_2^2(p_s) + u_3^2(p_s)} = \sqrt{0.14^2 + 0.029^2 + 0.029^2} \text{ kPa} \approx 0.15 \text{ kPa}$$

#### C.3.5 合成标准不确定度

不确定度分量汇总见表 C.6。

表 C.6 不确定度分量汇总表

不确定度分量 $u_i(\Delta p)$	不确定度来源	标准不确定度值	$c_i$	$c_i u_i(p_i)$
$u_1(\Delta p)$	被校气象单元引入的大气压力参数的标准不确定度	0.13 kPa	1	0.13 kPa
$u_2(\Delta p)$	校准装置的大气压力控制模块引入的标准不确定度	0.15 kPa	-1	0.15 kPa

合成标准不确定度为

$$u_c(\Delta p) = \sqrt{c_1^2 u^2(p) + c_2^2 u^2(p_s)} = \sqrt{0.13^2 + 0.15^2} \text{ kPa} \approx 0.2 \text{ kPa}$$

#### C.3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则

$$U = k \cdot u_c(\Delta p) = 2 \times 0.2 = 0.4 \text{ kPa}$$

---