JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF××××－20××

机动车检测用气象单元校准规范

Calibration Specification for Meteorological Units for
Motor Vehicle Detection

（征求意见稿）

20××－××－××发布　　20××－××－××实施

国 家 质 量 监 督 检 验 检 疫 总 局　发布

机动车检测用气象单元校准规范

JJF ×××－××××

Calibration Specification for Meteorological Units for Motor Vehicle Detection

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
浙江省计量科学研究院
长春理工大学

参加起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

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

本规程主要起草人：

房法成（吉林省计量科学研究院）

叶振洲（浙江省计量科学研究院）

王　兰（长春理工大学　）

参与起草人：

刘娜娜（黑龙江省计量检定测试研究院）

目 录

引　言.....5
1　范围.....1
2　引用文件.....1
3　术语和计量单位.....1
4　概述.....2
5　计量特性.....2
6　校准条件.....2
7　校准项目和校准方法.....3
8　校准结果的表达.....6
9　复校时间间隔.....6
附录 A　校准证书内页内容.....7
附录 B　机动车检测用气象单元示值误差测量结果的不确定度评定实例.....8

引　言

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》、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。

根据国家标准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、湿度、气压环境参数的检测提出了相关要求，本规范主要参考了JJF 1076-2020《数字式温湿度计校准规范》、JJG 1084-2013《数字式气压计》检定规程编制而成。

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（有时也称气象站）的校准（以下简称气象单元）。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

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）

JJF 1076 数字式温湿度计校准规范

JJG 1084-2013《数字式气压计》检定规程

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 1001、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 unit for motor vehicle detection

对机动车检测的环境温度、相对湿度、大气压力等环境参数进行测量的设备。

3.1.2 温度传感器 temperature transducer

能感受温度并转换成可用输出信号的组件。

3.1.3 湿度传感器 humidity sensor

由湿敏元件和其他元器件组成，可输出电信号（或非电量）的装置。

3.1.4 大气压力传感器 atmospheric pressure sensor

将大气压力转换成输出电信号的器件。

3.2 计量单位

----温度的单位为开尔文，K。在机动车检测中一般常用摄氏度，℃；

----相对湿度的单位为%；

----大气压力单位为千帕，kPa。

4 概述

机动车检测用气象单元是对机动车检测环境参数进行测量的设备，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、大气压力传感器及显示和传输装置等组成。气象单元通常具备通信功能，可按机动车检测程序要求向控制计算机实时传输数据。

5 计量特性

5.1 相对湿度

5.1.1 示值误差：相对湿度示值误差一般不超过±3.0%。

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

5.2 温度

5.2.1 示值误差：温度示值误差一般不超过±0.5℃。

5.2.2 重复性：温度的示值重复性一般不大于其对应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：大气压力绝对示值误差一般不超过±1kPa 或相对示值误差一般不超过±3%。

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

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：（-5～45）℃。

6.1.2 相对湿度：不大于 85%。

6.1.3 环境大气压：(80~106)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

6.2.1 机动车检测用气象单元校准装置

a) 相对湿度参数：测量范围：5%~95%，不确定度 U=1.2% k=2。

b) 温度参数：测量范围：-20℃~50℃，不确定度 U=0.1℃ k=2。

c) 大气压力参数：测量范围：50 kPa~120 kPa，不确定度 U=0.3 kPa k=2。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

将被校气象单元放入试验舱中心位置，关闭试验舱盖。系统开机并按仪器说明书进行系统预热，大气压力从 65 kPa 逐步加载到 120 kPa，然后回到常规大气压力；试验舱恒温到 23℃；湿度发生器开始工作，设定温度为 23℃，相对湿度为 50%。以上预热完成后，试验舱和湿度饱和器的参数达到设定数值。气象单元校准示意图如图 1 所示。

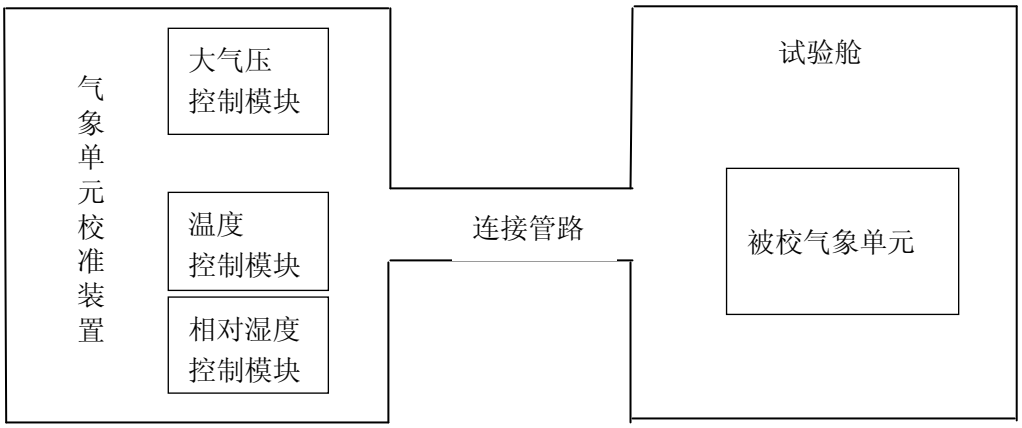

图 1 气象单元校准示意图

7.2 相对湿度

7.2.1 相对湿度示值误差

7.2.1.1 相对湿度校准时，将试验舱温度设定到 23℃。当温度达到恒温平衡后，设定相对湿度检测控制单元校准点（校准点一般为 3 个点），校准顺序一般由底到高，一般由低湿 (例如：50%)到高湿 (例如：90%)。

7.2.1.2 每个校准点在相对湿度达到设定值并稳定后，每隔 2 min 左右记录校准装置相对湿度值和气象单元相对湿度显示值，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）计算相对湿度示值误差。

$$\Delta H_i = \overline{H}_i - H_{si} \tag{1}$$

式中：

ΔH_i--第i点相对湿度的示值误差，%；

$\overline{H}_i$--第i点被校气象单元3次相对湿度示值平均值，%；

H_{si}--第i点校准装置相对湿度示值，%。

7.2.2 相对湿度重复性

相对湿度重复性的校准在进行第7.2.1示值误差校准的同时进行，将各校准点3次示值采用极差法按公式（3）计算重复性。

$$R_H = \frac{H_{i\max} - H_{i\min}}{C} \quad (3)$$

式中：

R_H--相对湿度重复性，%；

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

$H_{i\min}$--第i校准点被校气象单元相对湿度示值最小值（i=1、2、3），%；

C--极差系数，C=1.69。

7.3 温度

7.3.1 温度示值误差

7.3.1.1 使用试验舱温度发生装置进行升温或者降温，以模拟环境空气的温度。一般选取5 个点（-10℃、0℃、20℃、30℃、40℃），校准顺序一般为由底向高进行。先校准低端，然后逐步升高。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试验舱内湿度小于20%。

7.3.1.2 每个校准点在温度达到设定值且平衡后，每隔2 min左右记录校准装置温度示值和气象单元温度显示值，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）计算温度示值误差。

$$\Delta T_i = \bar{T}_i - T_{si} \quad (4)$$

式中：

ΔT_i--第i点温度示值误差，℃；

$\bar{T}_i$--第i点被校气象单元3次温度示值平均值，℃；

T_{si}--第i点校准装置温度示值，℃；

7.3.2 温度重复性

温度重复性的校准在进行第7.3.1示值误差校准的同时进行，将各校准点3次示值采用极差法按公式（5）计算重复性。

$$R_T = \frac{T_{i\max} - T_{i\min}}{C} \quad (5)$$

式中：

R_T--温度重复性，℃；

$T_{i\max}$--第i校准点被校气象单元温度示值最大值（i=1、2、3），℃；

$T_{i\min}$--第i校准点被校气象单元温度示值最小值（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

7.4.1.1 大气压力校准时，将试验舱温度设定到23℃。一般选取3 个校准点，一般包括当地常用大气压点、当地大气压力低限附近（负压点）、当地大气压力高限附近（正压点）。

7.4.1.2 校准点为当地常规大气压力的校准，校准装置试验舱压力达到平衡后，分别记录校准装置和被校气象单元压力示值。

7.4.1.3 校准点为当地大气压力低限附近（负压点）的校准，打开校准装置的负压发生装置，待校准装置试验舱压力达到设定压力并达到平衡后，分别记录校准装置和被校气象单元压力示值。

7.4.1.4 校准点为当地大气压力高限附近（正压点）的校准，打开校准装置的正压发生装置，待校准装置试验舱压力达到设定压力并平衡后，分别记录校准装置和被校气象单元压力示值。

7.4.1.5 按公式（6）计算大气压示值误差。

$$\Delta p_i = \overline{p}_i - p_{si} \tag{6}$$

式中：

Δp_i--第i点大气压示值误差，kPa；

$\overline{p}_i$--第i点被校气象单元大气压示值平均值，kPa；

p_{si}--第i点校准装置大气压示值，kPa；

7.4.2 大气压重复性

大气压重复性的校准在进行第7.4.1 示值误差校准的同时进行，将各校准点3 次示值采用极差法按公式（7）计算重复性。

$$R_p = \frac{p_{i\max} - p_{i\min}}{C} \tag{7}$$

式中：

R_p--大气压重复性，kPa；

$p_{i\max}$--第*i*校准点被校气象单元大气压示值最大值（*i*=1、2、3），kPa；

$p_{i\min}$--第*i*校准点被校气象单元大气压示值最小值（*i*=1、2、3），kPa；

C--极差系数，*C*=1.69。

8 校准结果的表达

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 A。

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

校准证书内页内容

1、相对湿度示值误差 （%）						
标准值	显示值 1	显示值 2	显示值 3	平均值	示值误差	重复性
2、温度示值误差（℃）						
标准值	显示值 1	显示值 2	显示值 3	平均值	示值误差	重复性
3、大气压力示值误差（kPa）						
标准值	显示值 1	显示值 2	显示值 3	平均值	示值误差	重复性

附录 B

机动车检测用气象单元示值误差测量结果的不确定度评定实例

B.1 相对湿度示值误差测量结果的不确定度评定

B.1.1 测量方法

将被校准气象单元放入校准装置的试验舱，根据校准点设定相对湿度控制单元，当试验舱内相对湿度达到校准点时（以 60%为例），读取校准装置相对湿度示值和被校气象单元相对湿度示值，按公式（B.1）计算其示值误差。

B.1.2 测量模型

$$\Delta H = \overline{H} - H_s \tag{B.1}$$

式中：

ΔH --相对湿度的示值误差，%；

$\overline{H}$ --被校气象单元3次相对湿度示值平均值，%；

H_s --校准装置相对湿度示值，%。

B.1.3 方差和灵敏系数

由式（1）得方差：

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

灵敏系数：$c_1 = \dfrac{\partial(\Delta H)}{\partial(\overline{H})} = 1$　　$c_2 = \dfrac{\partial(\Delta H)}{\partial(H_S)} = 1$

B.1.4 标准不确定度评定

B.1.4.1 被校气象单元相对湿度校准引入的标准不确定度

被校气象单元示值的不确定度主要来源于气象单元相对湿度测量结果重复性及数显仪器的分辨力。由于气象单元相对湿度测量重复性引入的标准不确定度与数显仪器的分辨力引入的标准不确定度属于同一种效应导致的不确定度，因此取二者的较大者。

B.1.4.1.1 相对湿度测量重复性引入的不确定度

测量结果重复性可以通过连续重复测量得到的测量列，采用 A 类评定方法进行。

在校准装置的相对湿度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，数据如下：

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H /%	60.1	58.1	58.2	59.3	58.5	60.2	59.3	58.3	58.4	58.0

$\overline{H}$ =58.8%

被校气象单元单次测量实验标准差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(H - \overline{H})^2}{n-1}} =0.82\%$$

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为测量结果，则可得气象单元的测量结果重复性引入的标准不确定度为：

$$u_A(\overline{H}) = \frac{s(H)}{\sqrt{3}} = 0.47\%$$

B.1.4.1.2 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，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为：

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

以上两项取大者，则：$u(\overline{H}) = 0.47\%$

B.1.4.2 校准装置的相对湿度控制模块的标准不确定度

B.1.4.2.1 校准装置的相对湿度控制模块引入的标准不确定度

根据校准装置的相对湿度控制模块要求，U=1.2% k=2。则：

$$u_1(H_S) = \frac{1.2}{2} = 0.6\%$$

B.1.4.2.2 校准装置的试验舱相对湿度不平衡引入的标准不确定度

根据气象单元的测量原理和试验舱控制要求，由于校准装置的相对湿度不均匀仪器的误差不超过 1%。其区间半宽度为 0.5%，假设由此引入的不确定度服从均匀分布，因此：

$$u_2(H_S) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

B.1.4.2.3 校准装置的相对湿度分辨力引入的不确定度

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。由此引入的不确定度为：

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

不考虑上述各分量相关性，则：

$$u(H_S) = \sqrt{0.6^2 + 0.29^2 + 0.029^2} = 0.67\%$$

B.1.5 合成标准不确定度

不确定度分量汇总见表 1。

表 1 不确定度分量汇总表

不确定度分量 $u(H_i)$	不确定度来源	标准不确定度值	c_i	$\lvert c_i \rvert u(H_i)$
$u(\overline{H})$	被校气象单元引入的标准不确定度分量	0.47%	1	0.47%
$u(H_S)$	校准装置的相对湿度控制模块引入的不确定分量	0.67%	1	0.67%

合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta H) = \sqrt{u^2(H) + u^2(H_s)} = \sqrt{0.47^2 + 0.67^2} = 0.82\%$$

B.1.6 扩展不确定度

取包含因子 k=2，则：

$$U = k \cdot u_c(\Delta H) = 2 \times 0.82 = 1.7\%$$

B.2 温度示值误差测量结果的不确定度评定

B.2.1 测量方法

将被校准气象单元放入校准装置的试验舱，根据校准点设定温度控制单元，当试验舱内温度达到校准点时（以 30℃为例），读取校准装置温度示值和被校气象单元温度示值，按公式（B.2）计算其示值误差。

B.2.2 测量模型

$$\Delta T = \overline{T} - T_s \qquad \text{(B.2)}$$

式中：

ΔT --温度的示值误差，℃；

$\overline{T}$ --被校气象单元3次温度示值平均值，℃；

T_s --校准装置温度示值，℃。

B.2.3 方差和灵敏系数

由式（1）得方差：

$$u_c^2(\Delta T) = c_1^2 u^2(\overline{T}) + c_2^2 u^2(T_S)$$

灵敏系数：$c_1 = \dfrac{\partial(\Delta T)}{\partial(\overline{T})} = 1$　　$c_2 = \dfrac{\partial(\Delta T)}{\partial(T_S)} = 1$

B.2.4 标准不确定度评定

B.2.4.1 被校气象单元引入的标准不确定度

被校气象单元温度示值的不确定度主要来源于气象单元温度测量结果重复性及数显仪器的分辨力。由于气象单元温度测量重复性引入的标准不确定度与数显仪器的分辨力引入的标准不确定度属于同一种效应导致的不确定度，因此取二者的较大者。

B.2.4.1.1 测量重复性引入的不确定度

测量结果重复性可以通过连续重复测量得到的测量列，采用 A 类评定方法进行。

在校准装置的温度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，数据如下：

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

$\overline{T}$ =30.3℃

被校气象单元单次测量实验标准差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(T - \overline{T})^2}{n-1}} \text{=0.13℃}$$

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量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：

$$u_A(\bar{T}) = \frac{s(T)}{\sqrt{3}} = 0.07℃$$

B.2.4.1.2 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℃，其量化误差以等概率分布落在宽度为 0.05℃的区间内，按均匀分布考虑。其引入的标准不确定度为：

$$u_1(\bar{T}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029℃$$

以上两项取大者，则：$u(\bar{T}) = 0.07℃$

B.2.4.2 校准装置的温度控制模块的标准不确定度

B.2.4.2.1 校准装置的温度控制模块引入的标准不确定度

根据校准装置的温度控制模块要求，U=0.1℃ k=2。则：

$$u_1(T_S) = \frac{0.1}{2} = 0.05℃$$

B.2.4.2.2 校准装置的试验舱温度波动引入的标准不确定度

根据气象单元的测量原理和试验舱控制要求，由于校准装置的温度波动误差不超过 0.2℃。其区间半宽度为 0.1℃，假设由此引入的不确定度服从均匀分布，因此：

$$u_2(T_S) = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.057℃$$

B.2.4.2.3 校准装置的温度分辨力引入的不确定度

校准装置的温度分辨力为 0.1℃，其半宽度为 0.05℃，按均匀分布考虑。由此引入的不确定度为：

$$u_3(T_S) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029℃$$

不考虑上述各分量相关性，则：

$$u(T_S) = \sqrt{0.05^2 + 0.057^2 + 0.029^2} = 0.08℃$$

B.2.5 合成标准不确定度

不确定度分量汇总见表 1。

表 1 不确定度分量汇总表

不确定度分	不确定度来源	标准不确定	c_i	$\lvert c_i \rvert u(T_i)$

量 $u(T_I)$		度值		
$u(\overline{T})$	被校气象单元温度参数引入的标准不确定度分量	0.07℃	1	0.07℃
$u(T_S)$	校准装置的温度控制模块引入的不确定分量	0.08℃	1	0.08℃

合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{u^2(T) + u^2(T_s)} = \sqrt{0.07^2 + 0.08^2} = 0.1℃$$

B.2.6 扩展不确定度

取包含因子 k=2，则：

$$U = k \cdot u_c(\Delta T) = 2 \times 0.1 = 0.2℃$$

B.3 温度示值误差测量结果的不确定度评定

B.3.1 测量方法

将被校准气象单元放入校准装置的试验舱，根据校准点设定大气压力控制单元，当试验舱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示值和被校气象单元大气压力示值，按公式（B.3）计算其示值误差。

B.3.2 测量模型

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

式中：

Δp --大气压力的示值误差，kPa；

$\overline{p}$ --被校气象单元3次大气压力示值平均值，kPa；

p_s --校准装置大气压力示值，kPa。

B.3.3 方差和灵敏系数

由式（1）得方差：

$$u_c^2(\Delta p) = c_1^2 u^2(\overline{p}) + c_2^2 u^2(p_S)$$

灵敏系数：$c_1 = \dfrac{\partial(\Delta p)}{\partial(\overline{p})} = 1$　　$c_2 = \dfrac{\partial(\Delta p)}{\partial(p_S)} = 1$

B.3.4 标准不确定度评定

B.3.4.1 被校气象单元引入大气压力示值的标准不确定度

被校气象单元大气压力示值的不确定度主要来源于气象单元大气压力测量结果重复性及数显仪器的分辨力。由于气象单元大气压力测量重复性引入的标准不确定度与数显仪器的分辨力引入的标准不确定度属于同一种效应导致的不确定度，因此取二者的较大者。

B.3.4.1.1 测量重复性引入的不确定度

测量结果重复性可以通过连续重复测量得到的测量列，采用 A 类评定方法进行。

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，数据如下：

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

$\bar{T}$ =100.5 kPa

被校气象单元单次测量实验标准差为：

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

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量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：

$$u_A(\bar{p}) = \frac{s(p)}{\sqrt{3}} = 0.13 \text{ kPa}$$

B.3.4.1.2 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：

$$u_1(\bar{p}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ kPa}$$

以上两项取大者，则：$u(\bar{p}) = 0.13$ kPa

B.3.4.2 校准装置的大气压力控制模块的标准不确定度

B.3.4.2.1 校准装置的大气压力控制模块引入的标准不确定度

根据校准装置的大气压力控制模块要求，U=0.1 kPa　k=2。则：

$$u_1(p_S) = \frac{0.1}{2} = 0.05 \text{ kPa}$$

B.3.4.2.2 校准装置的大气压力分辨力引入的不确定度

校准装置的大气压力分辨力为 0.1 kPa，其半宽度为 0.05 kPa，按均匀分布考虑。由此引入的不确定度为：

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

不考虑上述各分量相关性，则：

$$u(p_S) = \sqrt{0.05^2 + 0.029^2} = 0.057 \text{ kPa}$$

B.3.5 合成标准不确定度

不确定度分量汇总见表 1。

表 1 不确定度分量汇总表

不确定度分量 $u(p_i)$	不确定度来源	标准不确定度值	c_i	$\lvert c_i \rvert u(p_i)$
$u(\overline{p})$	被校气象单元大气压力参数引入的标准不确定度分量	0.13 kPa	1	0.13 kPa
$u(p_S)$	校准装置的大气压力控制模块引入的不确定分量	0.057 kPa	1	0.057 kPa

合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta p) = \sqrt{u^2(p) + u^2(p_s)} = \sqrt{0.13^2 + 0.057^2} = 0.2 \text{ kPa}$$

B.3.6 扩展不确定度

取包含因子 k=2，则：

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