



# 安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 182—2024

## 甲醛释放量检测用 $1\text{m}^3$ 气候箱校准规范

Calibration Specification for 1-cubic-meter Chamber  
of Determination Formaldehyde Emission

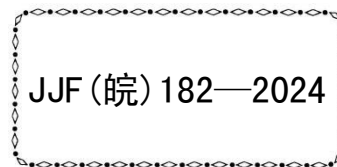
2024-01-10发布

2024-03-01实施

安徽省市场监督管理局 发布

# 甲醛释放量检测用 $1\text{m}^3$ 气候箱 校准规范

Calibration Specification for  
1-cubic-meter Chamber  
of Determination Formaldehyde Emission



归口单位：安徽省热工计量技术委员会

主要起草单位：滁州市技术监督检测中心

参加起草单位：淮北市计量测试研究所

本规范委托安徽省热工计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

樊承彪（滁州市技术监督检测中心）

姬兴志（滁州市技术监督检测中心）

宇 超（滁州市技术监督检测中心）

李明超（淮北市计量测试研究所）

赵 峰（滁州市技术监督检测中心）

**参加起草人：**

段金连（滁州市技术监督检测中心）



# 目 录

引言 .....	(II)
1 范围 .....	(1)
2 引用文件 .....	(1)
3 术语 .....	(1)
4 概述 .....	(2)
5 计量特性 .....	(2)
6 校准条件 .....	(3)
6.1 环境条件 .....	(3)
6.2 测量标准及其他设备 .....	(3)
7 校准项目和校准方法 .....	(4)
7.1 外观和通电检查 .....	(4)
7.2 气密性检查 .....	(4)
7.3 温度、湿度参数校准 .....	(5)
7.4 数据处理 .....	(6)
7.5 容积误差 .....	(8)
7.6 进气口气体流量控制装置示值误差 .....	(9)
8 校准结果表达 .....	(9)
9 复校时间间隔 .....	(10)
附录 A 校准记录参考格式 .....	(11)
附录 B 校准证书内页参考格式 .....	(13)
附录 C 温度参数校准结果不确定度评定示例 .....	(14)
附录 D 湿度参数校准结果不确定度评定示例 .....	(20)
附录 E 流量示值误差校准结果不确定度评定示例 .....	(26)

# 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》以及 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范的计量特性、校准项目和校准方法参考了JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》和LY/T 1612-2023《甲醛释放量检测用1 m<sup>3</sup>气候箱技术要求》的相关内容。

本规范为首次发布。

# 甲醛释放量检测用 1 m<sup>3</sup> 气候箱校准规范

## 1 范围

本规范适用于室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放量检测用 1 m<sup>3</sup> 气候箱（下称气候箱）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1101—2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

GB/T 5170.1—2016 电工电子产品环境试验设备检验方法 总则

LY/T 1612—2023 甲醛释放量检测用 1 m<sup>3</sup> 气候箱技术要求

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（包括所有的修订单）适用于本规范。

## 3 术语

### 3.1 甲醛释放量检测用 1 m<sup>3</sup> 气候箱

一种用于检测室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放量的小型气候箱。

### 3.2 温度偏差

气候箱稳定状态下，工作空间各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。温度偏差包含温度上偏差和温度下偏差。

### 3.3 相对湿度偏差

气候箱稳定状态下，工作空间各测量点在规定时间内实测最高相对湿度和最低相对湿度与设定相对湿度的上下偏差。相对湿度偏差包含相对湿度上偏差和相对湿度下偏差。

### 3.4 温度波动度

气候箱稳定状态下，在规定的時間间隔内，工作空间任意一点温度随时间的变化量。

### 3.5 相对湿度波动度

气候箱稳定状态下，在规定的時間间隔内，工作空间任意一点相对湿度随时间的变化量。

### 3.6 温度均匀度

气候箱稳定状态下, 工作空间在某一瞬时任意两点温度之间的最大差值。

### 3.7 相对湿度均匀度

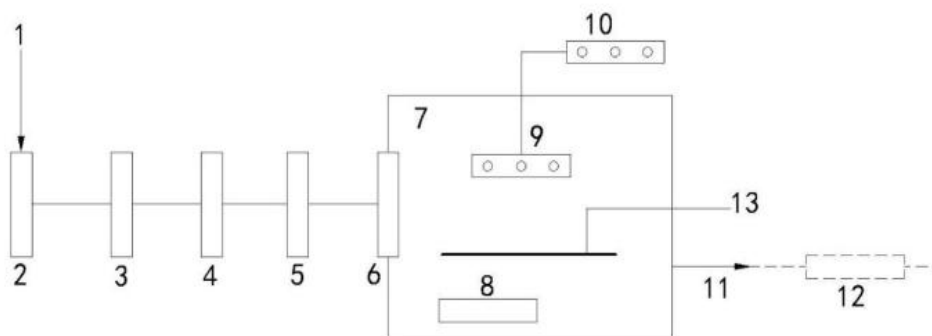
气候箱稳定状态下, 工作空间在某一瞬时任意两点相对湿度之间的最大差值。

### 3.8 空气置换率

在单位时间内, 通入气候箱气体的体积与气候箱容积的比值。

## 4 概述

甲醛释放量检测用  $1\text{ m}^3$  气候箱是用来检测室内装饰装修材料人造板及其制品中甲醛释放量的专用计量器具。气候箱通常由载气供给装置、载气净化装置、气体流量控制装置、温度控制装置、湿度控制装置、气候箱箱体、箱内载气循环控制装置、温湿度和风速传感器及监测记录装置、混合气体出口、气体采样连接装置与样品架等组成。其组成示意图见图 1。



1—载气入口；2—载气供给装置；3—载气净化装置；4—气体流量控制装置；5—载气湿度控制装置；

6—载气温度控制装置；7—气候箱箱体；8—箱内载气循环控制装置；9—温湿度和风速传感器；

10—温湿度和湿度监测记录装置；11—混合气体出口；12—气体采样装置；13—样品架。

图1 气候箱组成示意图

使用时, 将  $1\text{ m}^2$  表面积样品放入温度、相对湿度、空气流速和空气置换率控制在一定值的气候箱内。甲醛从样品中释放出来, 与箱内空气混合, 定期抽取箱内空气, 将抽出的空气通过盛有蒸馏水的吸收瓶, 空气中的甲醛全部溶入水中; 抽气是周期性的, 直到气候箱内的空气中甲醛质量浓度达到稳定状态为止。测定吸收液中的甲醛量及抽取的空气体积, 计算出每立方米空气中的甲醛量。

## 5 计量特性

### 5.1 气密性

气候箱进口和出口气体流量差小于 5%。

5.2 气候箱温度调节范围至少为：(18~30) °C，相对湿度调节范围至少为：(40~60) %。温度偏差、温度波动度、温度均匀度、相对湿度偏差、相对湿度波动度、相对湿度均匀度技术要求见表 1。

表 1 气候箱温度、湿度参数技术要求

参数名称		技术要求
偏差	温度	$\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
	湿度	$\pm 3.0\% \text{ RH}$
均匀度	温度	$1.0^{\circ}\text{C}$
	湿度	$3.0\% \text{ RH}$
波动度	温度	$\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$
	湿度	$\pm 2.0\% \text{ RH}$

### 5.3 容积

无负荷时箱内总容积为  $1\text{ m}^3$ ，误差不超过  $\pm 0.01\text{ m}^3$ 。

### 5.4 进气口气体流量控制装置示值误差

气候箱进气口所用气体流量控制装置的调节范围至少为 (0~33.4) L/min，误差不超过  $\pm 3\%$ 。

注：校准工作不判定合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 温度：(15~35) °C；

6.1.2 湿度：不大于 85% RH；

6.1.3 供电电压：(220 $\pm$ 22) V 或 (380 $\pm$ 38) V；

6.1.4 供电频率：(50 $\pm$ 0.5) Hz；

6.1.5 气候箱所处环境应无阳光直接照射、无强烈气流直吹或其他热源直接辐射，周围应无强电磁场干扰。

### 6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 校准所需的标准器应满足表 2 要求。允许使用满足技术要求的其它测量设备进行校准。



表2 校准用标准器及主要技术要求

序号	设备名称	测量范围	技术要求	备注
1	温度测量标准	(18~30) °C	温度测量标准一般应选用多通道温度显示仪表或多路温度测量装置，传感器宜选用四线制铂电阻温度计，通道传感器数量不少于 9 个。 分辨力：不低于 0.01 °C 最大允许误差：± (0.15+0.002 t ) °C	
2	湿度测量标准	(40~60) % RH	湿度测量标准一般应选用多通道温湿度显示仪表或多路温湿度测量装置，通道传感器数量不少于 3 个。 分辨力：不低于 0.1% RH 最大允许误差：± 2.0% RH	
3	气体流量计	(0~35) L/min	最大允许误差不超过±1.0 %	两套
4	钢卷尺	(0~2) m	准确度等级：I级	
注：1) 测量范围为一般要求，使用中以能覆盖被校气候箱实际校准范围为准。 2) 测量标准技术指标为包含传感器和采集设备的整体指标。 3) 各通道的测量结果应含修正值。 4)  t  为温度的绝对值，单位为 °C。				

## 6.2.2 其他仪器和辅助设备

a) 气体连接导管等。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 外观和通电检查

7.1.1 气候箱应在明显部位设有固定铭牌，铭牌上应标有产品型号、名称、制造厂名称、出厂编号等。

7.1.2 气候箱外观应平整光滑，色泽均匀，不得有露底、起层、鼓泡。

7.1.3 气候箱开机运行各部分功能正常，按键灵活自如，显示装置清晰可辨。

### 7.2 气密性检查

将气候箱进气口所用气体流量控制装置调至 16.7 L/min 附近或根据客户要求选择流量点。气体流量控制装置固定的气候箱，选取该固定点或默认点。关闭气候箱门，模拟实际工作状态，用气体流量计同时测量气候箱进、出气口的气体流量值、待气体流量计示值稳定后同步读取进、出气口的气体流量值。连续测量 3 次，按公式 (1) 计算该气候箱的气密性。

$$E_Q = \frac{\overline{Q_{\text{进}}} - \overline{Q_{\text{出}}}}{\overline{Q_{\text{进}}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

$E_Q$ ——气密性检查结果, %;

$\overline{Q_{\text{进}}}$ ——进气口 3 次测得的气体流量平均值, L/min;

$\overline{Q_{\text{出}}}$ ——出气口 3 次测得的气体流量平均值, L/min。

### 7.3 温度、湿度参数校准

#### 7.3.1 温度、湿度校准点的选择

气候箱温度、湿度校准点首选为 23 °C、50% RH 点、也可根据用户需要选择常用的温度、湿度点进行。

#### 7.3.2 温度、湿度测量点位置及数量

传感器布点位置应布放在气候箱工作室内的三个校准层面上, 称为上、中、下三层, 中层为通过工作室几何中心的平行于底面的校准工作面, 各布点位置与气候箱内壁的距离为各边长的 1/10, 遇风道时, 此距离可加大, 但不应超过边长的 1/5。如果气候箱带有样品架或样品车时, 下层测量点可布放在样品架或样品车上方 10mm 处。

传感器测量点布放位置也可根据用户实际需求进行布置。

温度传感器布点用 1、2、3……9 数字表示, 湿度传感器布点用 A、B、O 字母表示。温度布点为 9 个, 湿度布点为 3 个, 温度点 5、湿度点 O 位于气候箱工作空间中层几何中心处, 如图 2 所示。

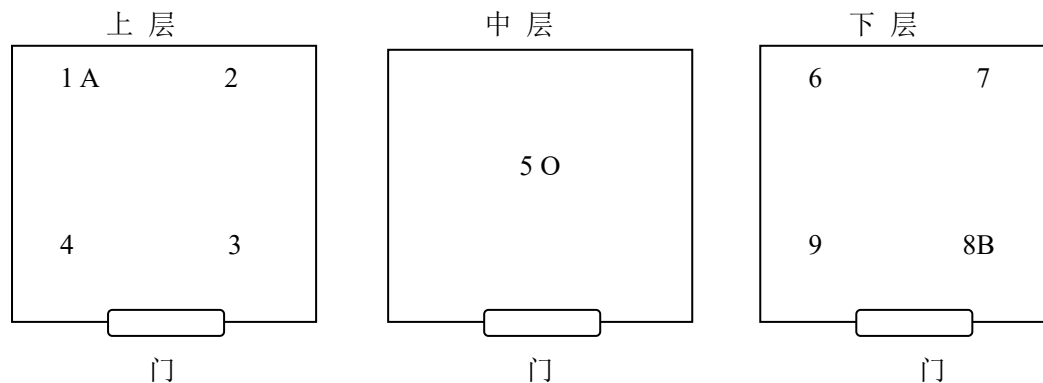


图 2 温度、湿度传感器布点图

#### 7.3.3 温度、湿度校准方法

按照 7.3.2 的规定布放温湿度传感器, 将气候箱设定到被校准温度、湿度点, 开机连续运转, 当气候箱内温度、湿度达到规定值且处于稳定状态后, 开始记录各测量点温度、湿度值, 记录时间间隔为 2 min, 30 min 内共记录 16 组数据, 或根据用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数, 并在原始记录 and 校准证书中进行说明。

稳定时间以说明书为依据, 说明书中没有给出的, 一般按以下原则执行: 温度、湿度达到设定值, 30 min 后可以开始记录数据, 如箱内温度、湿度仍未稳定, 可按实际情况延长 30min, 温度、湿度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60min。

如果在规定的稳定时间之前能够确定箱内温度、湿度已经达到稳定, 也可以提前记录。稳定时间须以气候箱达到稳定状态为主要判断标准, 应在气候箱达到稳定状态后才可开始进行校准。

## 7.4 数据处理

### 7.4.1 温度参数数据处理

7.4.1.1 按照公式 (2)、(3) 分别计算温度上偏差、温度下偏差。

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (2)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (3)$$

式中:

$\Delta t_{\max}$  ——温度上偏差, °C;

$\Delta t_{\min}$  ——温度下偏差, °C;

$t_{\max}$  ——各测量点规定时间内测得的最高温度, °C;

$t_{\min}$  ——各测量点规定时间内测得的最低温度, °C;

$t_s$  ——气候箱设定温度值, °C。

### 7.4.1.2 温度均匀度

气候箱在稳定状态下, 工作空间各测量点在 30 min 内 (每 2 min 测试一次) 每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。按照公式 (4) 计算该气候箱的温度均匀度。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min}) / n \quad (4)$$

式中:

$\Delta t_u$  ——温度均匀度, °C;

$t_{i\max}$  ——各测量点在第  $i$  次测得的最高温度, °C;

$t_{i\min}$  ——各测量点在第  $i$  次测得的最低温度, °C;

$n$  ——测量次数。

#### 7.4.1.3 温度波动度

气候箱在稳定状态下, 工作空间各测量点在 30 min 内 (每 2 min 测试一次) 实测最高温度与最低温度之差的一半, 冠以“±”号, 取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果, 按公式 (5) 计算。

$$\Delta t_f = \pm \max(t_{j\max} - t_{j\min}) / 2 \quad (5)$$

式中:

$\Delta t_f$  ——温度波动度, °C;

$t_{j\max}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最高温度, °C;

$t_{j\min}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最低温度, °C。

#### 7.4.2 相对湿度参数数据处理

7.4.2.1 按公式 (6)、(7) 计算相对湿度上偏差、相对湿度下偏差。

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (6)$$

$$\Delta h_{\min} = h_{\min} - h_s \quad (7)$$

式中:

$\Delta h_{\max}$  ——湿度上偏差, %RH;

$\Delta h_{\min}$  ——湿度下偏差, %RH;

$h_{\max}$  ——各测量点规定时间内测得的最高湿度, %RH;

$h_{\min}$  ——各测量点规定时间内测得的最低湿度, %RH;

$h_s$  ——气候箱设定湿度, %RH。

#### 7.4.2.2 相对湿度均匀度

气候箱在稳定状态下, 工作空间各测量点在 30 min 内 (每 2 min 测试一次) 每次测量中实测最高湿度与最低湿度之差的算术平均值。按照公式 (8) 计算该气候箱的湿度均匀度。

$$\Delta h_u = \sum_{i=1}^n (h_{i\max} - h_{i\min}) / n \quad (8)$$

式中:

$\Delta h_u$  ——湿度均匀度, %RH;

$h_{i\max}$  ——各测量点在第  $i$  次测得的最高湿度, %RH;

$h_{i\min}$  ——各测量点在第  $i$  次测得的最低湿度, %RH;

$n$  ——测量次数。

#### 7.4.2.3 相对湿度波动度

气候箱在稳定状态下, 工作空间各测量点在 30 min 内 (每 2 min 测试一次) 实测最高湿度与最低湿度之差的一半, 冠以“±”号, 取全部测量点中变化量的最大值作为湿度波动度校准结果, 按公式 (9) 计算。

$$\Delta h_f = \pm \max(h_{j\max} - h_{j\min}) / 2 \quad (9)$$

式中:

$\Delta h_f$  ——湿度波动度, %RH;

$h_{j\max}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最高湿度, %RH;

$h_{j\min}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中的最低湿度, %RH。

### 7.5 容积误差

在气候箱无负荷条件下用钢卷尺分别测量箱内长度、宽度以及高度, 每个参数在气候箱体不同位置测量 3 次, 以 3 次测量平均值作为该参数测量结果, 按公式 (10)、(11) 计算气候箱实际容积值、容积误差值。

$$V = \bar{a} \times \bar{b} \times \bar{c} \quad (10)$$

$$E_v = V - 1 \quad (11)$$

式中:

$V$  ——气候箱实测容积值,  $\text{m}^3$ ;

$\bar{a}$  ——气候箱箱内长度 3 次测量平均值,  $\text{m}$ ;

$\bar{b}$  ——气候箱箱内宽度 3 次测量平均值,  $\text{m}$ ;

$\bar{c}$  ——气候箱箱内高度 3 次测量平均值,  $\text{m}$ ;

$E_V$  ——气候箱容积误差值,  $\text{m}^3$ 。

## 7.6 进气口气体流量控制装置示值误差

在流量计流量范围内,一般应选择不少于 3 个流量点进行校准,其中应包含 16.7 L/min 流量点,每一流量点的校准次数为 2 次。流量固定的气候箱选择其固定流量点进行校准。

将被校流量计串联在标准流量计下游(或上游),缓慢打开被校流量计调节阀,调至被校准流量点,当标准流量计的示值达到稳定时,读取标准流量计的指示流量,按公式(12)计算该流量点示值误差。

$$E_R = \frac{Q_{vs} - \bar{Q}_n}{\bar{Q}_n} \times 100\% \quad (12)$$

式中:

$E_R$  ——进气口气体流量控制装置示值误差, %;

$Q_{vs}$  ——气体流量控制装置的流量示值, L/min;

$\bar{Q}_n$  ——标准流量计两次测量平均值, L/min。

## 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;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;

- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离的说明;
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- n) 校准人和核验人签名
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制校准证书的声明。

## 9 复校时间间隔

送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 一般建议为 1 年。

附录 A

校准记录参考格式

委托单位/单号				记录编号							
仪器名称				型号规格							
出厂编号				制造单位							
校准地点				校准依据							
测量范围											
本次校准所用主要标准器具											
标准器名称	型号规格	出厂编号	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	溯源证书号	有效期至					
校准环境：温度：℃相对湿度：%											
校准项目		校准结果									
外观和通电检查											
气密性检查		1（L/min）	2（L/min）	3（L/min）	平均值（L/min）	气密性（%）					
	进气										
	出气										
温度参数 温度设定点：	次数	温度（℃）									各测量点之间的最大差值
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
	11										
	12										
	13										
	14										
	15										



	16										
	每一测量点中的最大差值										
	上偏差	U= (k=2)					下偏差		U= (k=2)		
	均匀度	U= (k=2)					波动度		U= (k=2)		
湿度参数 湿度设定点:	次数	温度 (%RH)									各测量点之间的最大差值
		A			B			O			
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
	11										
	12										
	13										
	14										
	15										
	16										
	每一测量点中的最大差值										
	上偏差	U= (k=2)					下偏差		U= (k=2)		
均匀度	U= (k=2)					波动度		U= (k=2)			
容积误差	次数	长度 (m)		宽度 (m)		高度 (m)		实测容积 (m <sup>3</sup> )		误差 (m <sup>3</sup> )	
	1										
	2										
	3										
	平均值										
进气口气体流量控制装置示值误差	流量点 (L/min)	第一次 (L/min)		第二次 (L/min)		平均值 (L/min)		误差 (%)			

校准员: \_\_\_\_\_ 核验员: \_\_\_\_\_ 校准日期: \_\_\_\_\_

附录 B

校准证书内页参考格式

校准项目	校准结果
外观和通电检查	
气密性检查	
温度参数	上偏差:
	下偏差:
	波动度:
	均匀度:
湿度参数	上偏差:
	下偏差:
	波动度:
	均匀度:
容积误差	
进气口气体流量控制装置示值误差	
本次校准结果的扩展不确定度 ( $k=2$ ): 温度偏差: 温度波动度: 温度均匀度: 湿度偏差: 湿度波动度: 湿度均匀度: 容积误差: 流量误差:	

以下空白

## 附录C

## 温度参数校准结果不确定度评定示例

## C.1 温度上偏差测量结果的不确定度评定

## C.1.1 测量方法

按照本规范 7.3.2 的规定摆放温度传感器, 将气候箱设定到 23℃点, 开机连续运转, 当气候箱内温度达到规定值、且处于稳定状态后, 开始记录各测量点温度值, 记录时间间隔为 2 min, 连续测量 30 min 共记录 16 组数据。

本次校准所用标准器具为: 温湿度巡检仪, 最大允许误差为:  $\pm (0.15+0.002|t|)$  °C。

## C.1.2 测量模型

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (\text{C.1})$$

式中:

$\Delta t_{\max}$  ——气候箱温度上偏差, °C;

$t_{\max}$  ——温湿度巡检仪各测量点在规定时间内测得的最高温度, °C;

$t_s$  ——气候箱设定温度, °C。

## C.1.3 方差和传播系数

依照公式:  $u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n (\partial f / \partial x_i)^2 u^2(x_i)$ , 上式可得:

方差:  $u_c^2 = c^2(\Delta t_{\max}) u^2(t_{\max}) + c^2(t_s) u^2(t_s)$ ;

灵敏系数:  $c(t_{\max}) = \partial \Delta t_{\max} / \partial (t_{\max}) = 1$

$$c(t_s) = \partial \Delta t_{\max} / \partial (t_s) = -1$$

## C.1.4 测量不确定度分量

气候箱温度上偏差的不确定度来源包括: 温湿度巡检仪测量重复性、标准器分辨力、标准器误差、标准器稳定性。

C.1.4.1 气候箱温度偏差测量重复性与标准器分辨力引人的标准不确定度  $u_1$ 

对气候箱进行 10 次重复测量, 计算每次测量的温度上偏差, 得到测量列分别如下:

温度上偏差  $\Delta t_{\max}$  /°C: 0.33、0.29、0.33、0.25、0.24、0.26、0.25、0.30、0.26、0.27;

用贝塞尔公式计算标准偏差，则由测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_{11}=s(\Delta t_{\max})=0.033^{\circ}\text{C}$$

温湿度巡检仪的分辨力为  $0.01^{\circ}\text{C}$ ，区间半宽度为  $0.005^{\circ}\text{C}$ ，服从均匀分布，则由多点温湿度测试仪的分辨力引入的标准不确定度：

$$u_{12}=\frac{0.005}{\sqrt{3}}=0.003^{\circ}\text{C}$$

测量重复性引入的标准不确定度远大于标准器分辨力引人的标准不确定度，取其中较大者，则：

$$u_1=u_{11}=0.033^{\circ}\text{C}$$

#### C.1.4.2 由温湿度巡检仪误差引人的标准不确定度 $u_2$

根据规范要求，温湿度巡检仪的温度最大允许误差为： $\pm(0.15+0.002|t|)^{\circ}\text{C}$ ，在  $23^{\circ}\text{C}$  时标准器的最大允许误差为  $\pm 0.20^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布考虑，则标准器误差引人的标准不确定度为：

$$u_2=\frac{0.20}{\sqrt{3}}=0.115^{\circ}\text{C}$$

#### C.1.4.3 由温湿度巡检仪的稳定性引人的标准不确定度 $u_3$

温湿度巡检仪年稳定性为  $0.10^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布计算，则由其引人的标准不确定度为：

$$u_3=\frac{0.10}{\sqrt{3}}=0.058^{\circ}\text{C}$$

#### C.1.5 标准不确定度

标准不确定度分量见表 C.1。

表 C.1 温度上偏差标准不确定度汇总表

不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度/ $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数 $c_i$	$c_i u_i / ^{\circ}\text{C}$
$u_1$	温度上偏差测量重复性	0.033	+1	0.033
$u_2$	温湿度巡检仪最大允许误差	0.115	-1	-0.115
$u_3$	温湿度巡检仪年稳定性	0.058	-1	-0.058

## C.1.6 合成标准不确定度的计算

因各分量彼此独立，所以合成标准不确定度为：

$$u_{\text{cmax}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2} = 0.133 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## C.1.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，气候箱在 $23^\circ\text{C}$ 点的温度上偏差校准结果的扩展不确定度为：

$$U=0.27 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

## C.2 温度均匀度校准结果的不确定度评定

## C.2.1 测量方法

按照本规范 7.3.2 的规定布置温度传感器，将气候箱设定到  $23^\circ\text{C}$  点，开机连续运转，当气候箱内温度达到规定值、且处于稳定状态后，开始记录各测量点温度值，记录时间间隔为 2 min，连续测量 30 min 共记录 16 组数据。

本次校准所用标准器具为：温湿度巡检仪，最大允许误差为： $\pm (0.15+0.002|t|) \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

## C.2.2 测量模型

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i\text{max}} - t_{i\text{min}}) / n \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\Delta t_u$  ——气候箱的温度均匀度， $^\circ\text{C}$ ；

$t_{i\text{max}}$  ——温湿度巡检仪在第  $i$  次测量时测得的最高温度， $^\circ\text{C}$ ；

$t_{i\text{min}}$  ——温湿度巡检仪在第  $i$  次测量时测得的最低温度， $^\circ\text{C}$ ；

$n$  ——测量次数。

## C.2.3 灵敏系数

设  $\Delta t_i = \Delta t_{i\text{max}} - \Delta t_{i\text{min}}$ ， $i=1、\dots、n$ ，则上式变换为：

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n \Delta t_i / n$$

则：

$$u(\Delta t_u) = u(\Delta t_i) / n$$

灵敏系数：

$$c = 1 / n$$

## C.2.4 标准不确定度的评定

气候箱温度均匀度的标准不确定度来源包括温度均匀度的测量重复性、标准器的分辨力、标准器通道间差值的一致性。

C.2.4.1 温度均匀度的测量重复性与标准器分辨力引入的标准不确定度  $u_1(\Delta t_i)$ 

对气候箱进行 10 次重复测量, 计算每次测量的温度均匀度, 得到一组测量列如下:

温度均匀度:  $\Delta t_i/^\circ\text{C}$ : 0.16、0.18、0.17、0.14、0.16、0.18、0.16、0.14、0.17、0.16

用贝塞尔公式计算标准偏差, 则由重复性引入的标准不确定度:

$$u_{1a}(\Delta t_i) = s(\Delta t_i) = 0.013\ ^\circ\text{C}$$

标准器分辨力为  $0.01\ ^\circ\text{C}$ , 区间半宽度为  $0.005\ ^\circ\text{C}$ , 服从均匀分布, 则由标准器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_{1b}(\Delta t_i) = 0.005\ ^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.003\ ^\circ\text{C}$$

测量重复性引入的标准不确定度大于标准器分辨力引入的标准不确定度, 取其中较大者, 则:

$$u_1(\Delta t_i) = u_{1a}(\Delta t_i) = 0.013\ ^\circ\text{C}$$

C.2.4.2 标准器通道间差值一致性引入的标准不确定度  $u_2(\Delta t_i)$ 

温湿度巡检仪通道间温度差值的一致性不超过  $0.03\ ^\circ\text{C}$ , 区间半宽为  $0.015\ ^\circ\text{C}$ , 服从均匀分布, 则:

$$u_2(\Delta t_i) = 0.015\ ^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.008\ ^\circ\text{C}$$

## C.2.5 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量见表 C.2

表 C.2 温度均匀度测量不确定度汇总表

序号	标准不确定度符号	不确定度来源	标准不确定度 / $^\circ\text{C}$	灵敏系数	$ c u_i(\Delta t_i)/^\circ\text{C}$
1	$u_1(\Delta t_i)$	温度均匀度的测量重复性	0.013	$1/n$	0.001
2	$u_2(\Delta t_i)$	标准器通道间差值一致性	0.008	1	0.008

## C.2.6 合成标准不确定度

$u_1(\Delta t_i)$ 、 $u_2(\Delta t_i)$  互不相关, 则温度均匀度的合成标准不确定度  $u_c(\Delta t_i)$  为:

$$u_c(\Delta t_i) = \sqrt{(|c_1|u_1(\Delta t_i))^2 + (|c_2|u_2(\Delta t_i))^2} = 0.009 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.2.7 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则气候箱温度均匀度校准结果的扩展不确定度:

$$U = ku_c(\Delta t_i) = 0.02 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## C.3 温度波动度校准结果的不确定度评定

### C.3.1 测量方法

按照本规范 7.3.2 的规定摆放温度传感器, 将气候箱设定到  $23^\circ\text{C}$  点, 开机连续运转, 当气候箱内温度达到规定值、且处于稳定状态后, 开始记录各测量点温度值, 记录时间间隔为  $2 \text{ min}$ , 连续测量  $30 \text{ min}$  共记录 16 组数据。

本次校准所用标准器具为: 温湿度巡检仪, 最大允许误差为:  $\pm (0.15 + 0.002|t|) \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

### C.3.2 测量模型

$$\Delta t_f = \pm \max(t_{j\max} - t_{j\min}) / 2 \quad (\text{C.3})$$

式中:

$\Delta t_f$  ——气候箱的温度波动度,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{j\max}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中测得的最高温度,  $^\circ\text{C}$  ;

$t_{j\min}$  ——测量点  $j$  在  $n$  次测量中测得的最低温度,  $^\circ\text{C}$  ;

$j$  ——测量点序号。

### C.3.3 灵敏系数

设  $\Delta t_j = \Delta t_{j\max} - \Delta t_{j\min}$ ,  $j=1, \dots, n$ , 则上式变换为:

$$\Delta t_f = \max(\Delta t_j)$$

则:

$$u(\Delta t_f) = u(\Delta t_j)$$

灵敏系数:

$$c = 1$$

### C.3.4 标准不确定度

气候箱温度波动度的标准不确定度来源包括温度波动度的测量重复性、标准器的分辨力。

C.3.4.1 温度波动度的测量重复性与标准器分辨力引入的标准不确定度  $u(\Delta t_j)$ 

对气候箱进行 10 次重复测量, 计算每次测量的温度波动度, 得到一组测量列如下:

温度波动度:  $u(\Delta t_f)/^{\circ}\text{C}$ : 0.16、0.18、0.15、0.12、0.14、0.14、0.17、0.14、0.16、0.14

用贝塞尔公式计算标准偏差, 则由重复测量引人的标准不确定度为:

$$u_a(\Delta t_f) = s(\Delta t_f) = 0.018^{\circ}\text{C}$$

C.3.4.2 由标准器分辨力引入的标准不确定度  $u_b(\Delta t_f)$ 

标准器分辨力为  $0.01^{\circ}\text{C}$ , 区间半宽  $0.005^{\circ}\text{C}$ , 服从均匀分布, 则由标准器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_b(\Delta t_f) = 0.005 / \sqrt{3} = 0.003^{\circ}\text{C}$$

测量重复性引人的标准不确定度大于标准器分辨力引入的标准不确定度, 取其中较大者, 则:

$$u(\Delta t_j) = u_a(\Delta t_f) = s(\Delta t_f) = 0.018^{\circ}\text{C}$$

## C.3.5 标准不确定度汇总表

温度波动度测量不确定度汇总见表 C.3。

表 C.3 温度波动度校准不确定度汇总表

序号	标准不确定度符号	不确定度来源	标准不确定度 / $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数	$ c u_i(\Delta t_i)/^{\circ}\text{C}$
1	$u(\Delta t_j)$	温度波动度的测量重复性	0.018	1	0.018

## C.3.6 合成标准不确定度

则温度波动度的合成标准不确定度  $u_c(\Delta t_j)$  为:

$$u_c(\Delta t_j) = u(\Delta t_j) = 0.018^{\circ}\text{C}$$

## C.3.7 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则气候箱温度波动度校准结果的扩展不确定度:

$$U = ku_c(\Delta t_j) = 0.04^{\circ}\text{C}$$



## 附录D

## 湿度参数校准结果不确定度评定示例

## D.1 湿度上偏差校准结果的不确定度评定

## D.1.1 测量方法

按照本规范 7.3.2 的规定布放湿度传感器, 将气候箱设定到 50% RH 点, 开机连续运转, 当气候箱内湿度达到规定值、且处于稳定状态后, 开始记录各测量点湿度值, 记录时间间隔为 2 min, 连续测量 30 min 共记录 16 组数据。

本次校准所用标准器具为: 温湿度巡检仪, 湿度最大允许误差为:  $\pm 2\%$  RH。

## D.1.2 测量模型

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (\text{D.1})$$

式中:

$\Delta h_{\max}$  ——湿度上偏差, %RH;

$h_{\max}$  ——各测量点规定时间内测得的最高湿度, %RH;

$h_s$  ——设备设定湿度, %RH。

## D.1.3 灵敏系数及方差

依照公式:  $u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n (\partial f / \partial x_i)^2 u^2(x_i)$ , 求得:

方差:  $u_c^2 = c^2(h_{\max})u^2(h_{\max}) + c^2(h_s)u^2(h_s)$

灵敏系数:  $c(h_{\max}) = \partial \Delta h_{\max} / \partial h_{\max} = 1$

$$c(h_s) = \partial \Delta h_{\max} / \partial h_s = -1$$

## D.1.4 测量不确定度分量

气候箱湿度上偏差的不确定度来源包括: 被测气候箱测量重复性、标准器分辨力、标准器误差、标准器稳定性。

D.1.4.1 气候箱湿度偏差测量重复性与标准器分辨力引人的标准不确定度  $u_1$ 

对气候箱进行 10 次重复测量, 计算每次测量的湿度上偏差, 得到测量列如下:

湿度上偏差  $\Delta h_{\max}$  /RH:

0.6%、0.8%、0.7%、0.6%、0.5%、0.8%、0.8%、0.6%、0.8%、0.9%；

用贝塞尔公式计算标准偏差，则由测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_{11}=s(\Delta h_{\max})=0.13\% \text{ RH}$$

温湿度巡检仪的湿度分辨力为 0.1% RH，区间半宽度为 0.05% RH，服从均匀分布，则由温湿度巡检仪的分辨力引入的标准不确定度：

$$u_{12}=\frac{0.05}{\sqrt{3}}=0.03\% \text{ RH}$$

测量重复性引入的标准不确定度远大于标准器分辨力引入的标准不确定度，取其中较大者，则：

$$u_1=u_{11}=0.13\% \text{ RH}$$

#### D.1.4.2 由温湿度巡检仪的湿度修正值引入的标准不确定度 $u_2$

温湿度巡检仪湿度修正值的不确定度  $U=1.0\%$  ( $k=2$ )，则温湿度巡检仪的修正值引入的标准不确定度分量：

$$u_2=\frac{1.0\%}{2}=0.5\% \text{ RH}$$

#### D.1.4.3 由温湿度巡检仪的湿度稳定性引入的标准不确定度 $u_3$

温湿度巡检仪的湿度年稳定性为预计不超过  $\pm 0.5\%$  RH，按均匀分布计算，则由其引入的标准不确定度为：

$$u_3=\frac{0.5}{\sqrt{3}}=0.29\% \text{ RH}$$

#### D.1.5 标准不确定度

标准不确定度分量见表 D.1。

表 D.1 湿度上偏差标准不确定度汇总表

不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度/% RH	灵敏系数 $/c_i$	标准不确定度 $c_i u_i$ / % RH
$u_1$	湿度上偏差测量重复性	0.13	+1	0.13
$u_2$	温湿度巡检仪湿度修正值	0.5	-1	-0.5

$u_3$	温湿度巡检仪湿度年稳定性	0.29	-1	-0.29
-------	--------------	------	----	-------

### D.1.6 合成标准不确定度的计算

因各分量彼此独立，所以合成标准不确定度为：

$$u_{\text{cmax}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2} = 0.6\% \text{ RH}$$

### D.1.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，气候箱在50% RH点的湿度上偏差校准结果的扩展不确定度为：

$$U = 1.2\% \text{ RH} \quad (k=2)$$

## D.2 湿度均匀度校准结果的不确定度评定

### D.2.1 测量方法

按照本规范 7.3.2 的规定摆放湿度传感器，将气候箱设定到 50% RH 点，开机连续运转，当气候箱内湿度达到规定值、且处于稳定状态后，开始记录各测量点湿度值，记录时间间隔为 2 min，连续测量 30 min 共记录 16 组数据。

本次校准所用标准器具为：温湿度巡检仪，湿度最大允许误差为： $\pm 2\% \text{ RH}$ 。

### D.2.2 测量模型

$$\Delta h_u = \sum_{i=1}^n (h_{i\text{max}} - h_{i\text{min}}) / n \quad (\text{D.2})$$

式中：

$\Delta h_u$ ——气候箱的湿度均匀度， % RH；

$h_{i\text{max}}$ ——温湿度巡检仪在第  $i$  次测量时测得的最高湿度， % RH；

$h_{i\text{min}}$ ——温湿度巡检仪在第  $i$  次测量时测得的最低湿度， % RH；

$n$ ——测量次数。

### D.2.3 灵敏系数

设  $\Delta h_i = \Delta h_{i\text{max}} - \Delta h_{i\text{min}}$ ，  $i=1, \dots, n$ ， 则上式变换为：

$$\Delta h_u = \sum_{i=1}^n \Delta h_i / n$$

则：

$$u(\Delta h_u) = u(\Delta h_i) / n$$

灵敏系数:

$$c = 1 / n$$

#### D.2.4 标准不确定度的评定

气候箱湿度均匀度的标准不确定度来源包括湿度均匀度的测量重复性、标准器的分辨力、标准器通道间差值的一致性。

##### D.2.4.1 湿度均匀度的测量重复性与标准器分辨力引入的标准不确定度 $u_1(\Delta h_i)$

对气候箱进行 10 次重复测量, 计算每次测量的湿度均匀度, 得到一组测量列如下:

湿度均匀度:  $\Delta h_u / \% \text{ RH}$ : 0.8、0.5、0.6、0.4、0.8、0.4、0.6、0.7、0.4、0.9

用贝塞尔公式计算标准偏差, 则由重复性引入的标准不确定度:

$$u_{1a}(\Delta h_i) = s(\Delta h_i) = 0.19 \% \text{ RH}$$

标准器分辨力为 0.1 % RH, 区间半宽度为 0.05 % RH, 服从均匀分布, 则由标准器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_{1b}(\Delta h_i) = 0.05 \% \text{ RH} / \sqrt{3} = 0.03 \% \text{ RH}$$

测量重复性引入的标准不确定度大于标准器分辨力引入的标准不确定度, 取其中较大者, 则:

$$u_1(\Delta h_i) = u_{1a}(\Delta h_i) = 0.19 \% \text{ RH}$$

##### D.2.4.2 标准器通道间差值一致性引入的标准不确定度 $u_2(\Delta h_i)$

标准器通道间湿度差值的一致性预计不超过 0.5 % RH, 区间半宽为 0.25 % RH, 服从均匀分布, 则:

$$u_2(\Delta h_i) = 0.25 \% \text{ RH} / \sqrt{3} = 0.14 \% \text{ RH}$$

#### D.2.5 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量见表 D.2

表 D.2 湿度均匀度测量不确定度汇总表

序号	标准不确定度符号	不确定度来源	标准不确定度 /% RH	灵敏系数	$ c u_i(\Delta t_i)$ /% RH
1	$u_1(\Delta h_i)$	湿度均匀度的测量重复性	0.19	$1/n$	0.019
2	$u_2(\Delta h_i)$	标准器通道间差值一致性	0.14	1	0.14

## D.2.6 合成标准不确定度

$u_1(\Delta h_i)$ 、 $u_2(\Delta h_i)$  互不相关, 则湿度均匀度的合成标准不确定度  $u_c(\Delta h_i)$  为:

$$u_c(\Delta h_i) = \sqrt{(|c_1|u_1(\Delta h_i))^2 + (|c_2|u_2(\Delta h_i))^2} = 0.15 \% \text{ RH}$$

## D.2.7 扩展展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则气候箱湿度均匀度校准结果的扩展不确定度:

$$U = ku_c(\Delta h_i) = 0.3 \% \text{ RH}$$

## D.3 湿度波动度校准结果的不确定度评定

## D.3.1 测量方法

按照本规范 7.3.2 的规定布放湿度传感器, 将气候箱设定到 50% RH 点, 开机连续运转, 当气候箱内湿度达到规定值、且处于稳定状态后, 开始记录各测量点湿度值, 记录时间间隔为 2 min, 连续测量 30 min 共记录 16 组数据。

本次校准所用标准器具为: 温湿度巡检仪, 湿度最大允许误差为:  $\pm 2 \% \text{ RH}$ 。

## D.3.2 测量模型

$$\Delta h_f = \pm \max(h_{j\max} - h_{j\min}) / 2 \quad (\text{D.3})$$

式中:

$\Delta h_f$  ——气候箱的湿度波动度, % RH;

$h_{j\max}$  ——修正后测量点  $j$  在  $n$  次测量中测得的最高温度, % RH ;

$h_{j\min}$  ——修正后测量点  $j$  在  $n$  次测量中测得的最低温度, % RH ;

$j$  ——测量点序号。

## D.3.3 灵敏系数

设  $\Delta h_j = \Delta h_{j\max} - \Delta h_{j\min}$ ,  $j=1, \dots, n$ , 则上式变换为:

$$\Delta h_f = \max(\Delta h_j)$$

则:

$$u(\Delta h_f) = u(\Delta h_j)$$

灵敏系数:

$$c = 1$$

## D.3.4 标准不确定度

气候箱湿度波动度的标准不确定度来源包括湿度波动度的测量重复性、标准器的分辨力。

D.3.4.1 湿度波动度的测量重复性与标准器分辨力引入的标准不确定度  $u(\Delta h_j)$ 

对气候箱进行 10 次重复测量, 计算每次测量的湿度波动度, 得到一组测量列如下:

湿度波动度:  $u(\Delta h_f)/\% \text{ RH}$ : 0.8、0.6、0.5、0.7、0.5、0.8、0.8、0.9、0.9、0.6

用贝塞尔公式计算标准偏差, 则由重复测量引人的标准不确定度为:

$$u_a(\Delta h_f) = s(\Delta h_f) = 0.15 \% \text{ RH}$$

D.3.4.2 由标准器分辨力引入的标准不确定度  $u_b(\Delta h_f)$ 

标准器分辨力为 0.1% RH, 区间半宽 0.05% RH, 服从均匀分布, 则由标准器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_b(\Delta h_f) = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03 \% \text{ RH}$$

测量重复性引人的标准不确定度大于标准器分辨力引入的标准不确定度, 取其中较大者, 则:

$$u(\Delta h_j) = u_a(\Delta h_f) = s(\Delta h_f) = 0.15 \% \text{ RH}$$

## D.3.5 标准不确定度汇总表

湿度波动度测量不确定度汇总见表 D.3。

表 D.3 湿度波动度测量不确定度汇总表

序号	标准不确定度符号	不确定度来源	标准不确定度/ % RH	灵敏系数	$ c u_i(\Delta t_i)$ /% RH
1	$u(\Delta h_j)$	湿度波动度的测量重复性	0.15	1	0.15

## D.3.6 合成标准不确定度

则湿度波动度校准结果的合成标准不确定度  $u_c(\Delta h_j)$  为:

$$u_c(\Delta h_j) = u(\Delta h_j) = 0.15 \% \text{ RH}$$

## D.3.7 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则气候箱湿度波动度校准结果的扩展不确定度:

$$U = ku_c(\Delta h_j) = 0.3 \% \text{ RH}$$

## 附录E

## 流量示值误差校准结果不确定度评定示例

## E.1 测量方法

将被校流量计串联在标准流量计下游,缓慢打开被校流量计调节阀,调至被校准流量点,当标准流量计的示值达到稳定时,读取标准流量计的指示流量,连续测量 2 次,以 2 次测量平均值作为该流量点测量结果,本次评定以 16.7 L/min 流量点为例。

本次校准所用标准气体流量计最大误差:  $\pm 1.0\%$ 。

## E.2 测量模型

$$E_R = \frac{Q_{vs} - \overline{Q_n}}{\overline{Q_n}} \quad (\text{E.1})$$

式中:

$E_R$ ——进气口气体流量控制装置示值误差, %;

$Q_{vs}$ ——气体流量控制装置的流量值, L/min;

$\overline{Q_n}$ ——标准流量计两次测量平均值, L/min。

## E.3 灵敏系数

依照不确定度传播公式:  $u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N (\partial f / \partial x_i)^2 u^2(x_i)$ , 求得:

方差:  $u_c^2 = c^2(Q_{vs})u^2(Q_{vs}) + c^2(\overline{Q_n})u^2(\overline{Q_n})$

灵敏系数:  $c(Q_{vs}) = \partial E_R / \partial Q_{vs} = \frac{1}{\overline{Q_n}}$

$$c(\overline{Q_n}) = \partial E_R / \partial \overline{Q_n} = -\frac{Q_{vs}}{\overline{Q_n}^2}$$

E.4 由标准气体流量计引入的标准不确定度  $u(Q_n)$ 

由标准气体流量计引入的标准不确定度来源包括测量重复性、标准器的分辨力、标准器的最大允许误差。

E.4.1 由标准气体流量计测量重复性与标准器分辨力引入的标准不确定度  $u(Q_{n1})$ 

用标准气体流量计对被校流量计的 16.7 L/min 流量点进行 10 次重复测量, 得到一组

测量列如下 (L/min):

16.67、16.68、16.68、16.69、16.68、16.67、16.68、16.68、16.68、16.67

用贝塞尔公式计算标准偏差:

$$s(Q_n) = 0.006 \text{ L/min}$$

实际测试时, 测量次数为 2 次, 则由重复测量引入的标准不确定度为:

$$u(Q_{n1}) = s(Q_n) / \sqrt{2} = 0.004 \text{ L/min}$$

所用气体流量计的分辨力为 0.01 L/min, 区间半宽 0.005 L/min, 服从均匀分布, 则由气体流量计的分辨力引入的标准不确定度为:

$$u(Q_{n12}) = 0.005 / \sqrt{3} = 0.003 \text{ L/min}$$

测量重复性引入的标准不确定度大于标准器分辨力引入的标准不确定度, 取其中较大者, 则:

$$u(Q_{n1}) = u(Q_{n11}) = 0.004 \text{ L/min}$$

#### E.4.2 所用气体流量计的最大允许误差引入的标准不确定度 $u(Q_{n2})$

本次测量所用标准气体流量计最大允许误差为  $\pm 1.0\%$ , 设为均匀分布, 则:

$$u(Q_{n2}) = (0.01 \times 16.68) / \sqrt{3} = 0.096 \text{ L/min}$$

以上各个量互不相关, 则:

由标准气体流量计引入的标准不确定度

$$u(Q_n) = \sqrt{u^2(Q_{n1}) + u^2(Q_{n2})} = 0.097 \text{ L/min}$$

#### E.5 由被校流量计的流量设定引入的标准不确定度 $u(Q_{vs})$

本次校准流量计为玻璃浮子流量计, 分度值为 0.5 L/min, 实际设定误差不超过 0.125 L/min, 设为均匀分布, 则:

$$u(Q_{vs}) = 0.125 / \sqrt{3} = 0.072 \text{ L/min}$$

#### E.6 标准不确定度汇总表

流量示值误差校准结果的不确定度汇总见表 E.1。



表 E.1 空气置换率校准结果不确定度汇总表

序号	标准不确定度符号	不确定度来源	标准不确定度/ L/min	灵敏系数	$ c u_i(\Delta t_i)$ / L/min
1	$u(Q_n)$	标准气体流量计	0.097	0.060	0.0058
2	$u(Q_{VS})$	被校流量计	0.072	-0.060	0.0043

## E.7 合成标准不确定度

以上各个量互不相关，合成标准不确定度 $u_c(E_R)$ 为：

$$u_c(E_R) = \sqrt{u^2(Q_n) + u^2(Q_{VS})} = 0.0073 \text{ L/min}$$

## E.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则流量示值误差校准结果的扩展不确定度：

$$U_r = ku_c(E_R) = 1.5\%$$

