



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××-202×

## 环境空气氟化物采样器校准规范

Calibration Specification for Samplers of Fluoride in Ambient Air

(征求意见稿)

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

国家市场监督管理总局 发布

# 环境空气氟化物采样器 校准规范

JJF xxxx-202x

Calibration Specification for Samplers of Fluoride in Ambient Air

归口单位：全国生态环境监管专用计量测试技术委员会

主要起草单位：重庆市生态环境监测中心

重庆市计量质量检测研究院

辽宁省计量科学研究院

参加起草单位：青岛崂应海纳光电环保集团有限公司

青岛明华电子仪器有限公司

本规范委托全国生态环境监管专用计量测试技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

龚 玲（重庆市生态环境监测中心）

刘 伟（重庆市计量质量检测研究院）

高 飞（重庆市生态环境监测中心）

孙 威（辽宁省计量科学研究院）

**参加起草人：**

梁 雯（重庆市生态环境监测中心）

陈仲辉（青岛崂应海纳光电环保集团有限公司）

甄洪伟（青岛明华电子仪器有限公司）

# 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.....	( 3 )
6.1 环境条件.....	( 3 )
6.2 测量标准装置及其他设备.....	( 3 )
7 校准项目和校准方法.....	( 3 )
7.1 温度示值误差.....	( 3 )
7.2 压力示值误差.....	( 4 )
7.3 流量示值误差.....	( 5 )
7.4 流量重复性.....	( 5 )
7.5 流量稳定性.....	( 6 )
7.6 负载能力.....	( 6 )
7.7 计时误差.....	( 7 )
8 校准结果的表达.....	( 7 )
9 复校时间间隔.....	( 8 )
附录 A 流量示值误差的不确定度评定示例.....	( 错误!未定义书签。)
附录 B 环境大气压示值误差的不确定度评定示例.....	( 12 )
附录 C 流量计前压力示值误差的不确定度评定示例.....	( 14 )
附录 D 环境温度示值误差的不确定度评定示例.....	( 16 )
附录 E 计时误差的不确定度评定示例.....	( 18 )
附录 F 环境空气氟化物采样器校准记录格式.....	( 20 )
附录 G 校准证书结果页(参考)格式.....	( 22 )

## 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》的规定编写。本规范的主要技术指标参考了 HJ 194—2017《环境空气质量手工监测技术规范》和 HJ 955—2018《环境空气 氟化物的测定 滤膜采样/氟离子选择电极法》。

本规范为首次发布。

# 环境空气氟化物采样器校准规范

## 1 范围

本规范适用于环境空气氟化物采样器的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

HJ 194—2017 环境空气质量手工监测技术规范

HJ 955—2018 环境空气 氟化物的测定 滤膜采样/氟离子选择电极法

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 氟化物

环境空气中的气态氟化物及溶于盐酸溶液的颗粒态氟化物（以氟计）。

### 3.2 环境空气氟化物采样器

流量范围满足 10 L/min~60 L/min 的小流量采样器，采样头可放置 90mm 滤膜（有效直径 80 mm）；采样头配有两层聚乙烯/不锈钢支撑滤膜网垫，两层网垫间有 2 mm~3 mm 的间隔圈相隔。采样器配有电子流量计和流量补偿系统，具有自动计算累计体积的功能。

## 4 概述

环境空气氟化物采样器（以下简称采样器）是用于采集环境空气中以气态、颗粒态或者以两种形式同时存在的氟化物的采样设备。其工作原理为：采样器以恒定流量抽取环境空气中气态或颗粒态的氟化物，氟化物被固定或阻留在滤膜上，通过流量测量单元和计时单元计量采样体积。

采样器主要由主机和采样头两部分组成，主机部分包含抽气动力单元、流量测量单元、计时单元和数据处理单元；采样头部分包含滤膜、间隔圈、网垫。采样器结构示意图见图 1。

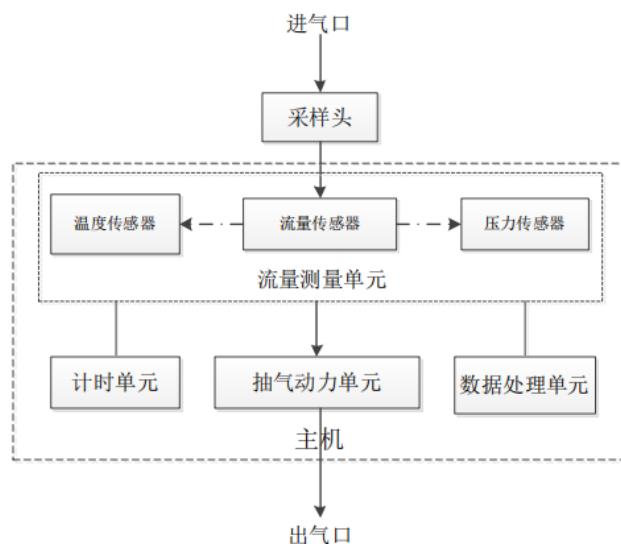


图 1 采样器结构示意图

## 5 计量特性

### 5.1 温度示值误差

5.1.1 环境温度示值误差不超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

5.1.2 流量计前温度示值误差不超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.2 压力示值误差

5.2.1 环境大气压示值误差不超过 $\pm 0.5\text{ kPa}$ ；

5.2.2 流量计前压力示值误差不超过 $\pm 0.5\text{ kPa}$ 。

### 5.3 流量示值误差

流量示值误差不超过 $\pm 2\%$ 。

### 5.4 流量重复性

流量重复性不大于 1%。

### 5.5 流量稳定性

流量稳定性不大于 5%。

### 5.6 负载能力

负载能力不超过 $\pm 2\%$ 。

### 5.7 计时误差

计时误差不超过 $\pm 2\text{ s}$ 。

注：以上指标一般不用于符合性判定，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：≤85%RH。

6.1.3 大气压：(86~106) kPa。

6.1.4 电源电压：AC (220±22) V；频率：(50±0.5) Hz。

6.1.5 被校采样器及其配套设备应正确安装，周围无明显的电磁干扰、无明显的机械振动、无明显的异型流场干扰。

### 6.2 测量标准装置及其他设备

6.2.1 流量标准装置：流量标准装置测量范围应大于或等于被校采样器的测量范围，其最大允许误差绝对值应不大于被校采样器最大允许误差绝对值的 1/3。

6.2.2 压力表或数字压力计：压力测量范围 (-50~50) kPa，准确度级别不低于 0.1 级。

6.2.3 秒表：分辨力 0.01 s，最大允许误差不超过±0.5 s/d。

6.2.4 标准温度计：测量范围 (0~50) °C，最大允许误差不超过±0.5 °C。

6.2.5 大气压表：测量范围 (86~106) kPa，最大允许误差不超过±100 Pa。

6.2.6 阻力调节阀：能够产生超过 20 kPa 的阻力。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 温度示值误差

#### 7.1.1 环境温度示值误差

将采样器环境温度感应探头和标准温度计置于同一水平高度、同一环境中，稳定放置 1 h 后开机，分别记录采样器的环境温度显示值和标准温度计的显示值。按公式 (1) 计算环境温度示值误差  $\Delta T$ 。

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

式中：

$\Delta T$  ——环境温度示值误差，°C；

$T$  ——采样器的环境温度显示值，°C；

$T_s$  ——标准温度计显示值，°C。



### 7.1.2 流量计前温度示值误差

此项指标根据采样器实际情况进行选做。

将采样器流量计前温度感应探头和标准温度计置于同一水平高度、同一环境中，稳定后分别记录采样器的流量计前温度显示值和标准温度计的显示值。按公式（2）计算流量计前温度示值误差  $\Delta T_Q$ 。

$$\Delta T_Q = T_Q - T_s \quad (2)$$

式中：

$\Delta T_Q$ ——流量计前温度示值误差，℃；

$T_Q$ ——采样器的流量计前温度显示值，℃。

## 7.2 压力示值误差

### 7.2.1 环境大气压示值误差

将采样器和大气压表置于同一环境，稳定后分别记录采样器的环境大气压显示值和大气压表的显示值。按公式（3）计算环境大气压示值误差  $\Delta P$ 。

$$\Delta P = P - P_s \quad (3)$$

式中：

$\Delta P$ ——环境大气压示值误差，kPa；

$P$ ——采样器的环境大气压显示值，kPa；

$P_s$ ——大气压表显示值，kPa。

### 7.2.2 流量计前压力示值误差

将采样器专用的采样头、直管段、数字压力计、采样器进气口通过三通管（三通管流量流通部分的内径和直管段内径保持一致）相连，连接示意图如图 2 所示，其中采样头内应安装符合相关标准要求的洁净滤膜。选择采样流量 16.7 L/min 和 50 L/min 对应的流量计前压力为校准点，分别设置采样器的采样流量至测量点并启动采样器，待采样器运行稳定后，同时读取数字压力计显示值和采样器的流量计前压力值，根据公式（4）计算流量计前压力示值误差。如采样器带有 16.7 L/min 专用直管段时，测量 16.7 L/min 流量点的流量计前压力示值误差时直管段应采用 16.7 L/min 专用直管段。

$$\Delta P_Q = P_Q - P_B \quad (4)$$

式中：

$\Delta P_Q$ ——流量计前压力示值误差，kPa；

$P_Q$ ——采样器流量计前压力值，kPa；

$P_B$ ——数字压力计的显示值，kPa。



图2 流量计前压力示值误差校准连接图

### 7.3 流量示值误差

将流量标准装置、采样器专用的采样头、直管段、采样器进气口相连，连接示意图如图3所示，其中采样头内应安装符合相关标准要求洁净滤膜。选择常用流量 16.7 L/min 和 50 L/min 作为流量校准点，分别设置采样器的采样流量至测量点并启动采样器，待采样器运行稳定后，分别读取流量标准装置的工况测量值和被校采样器工况显示值，每个流量校准点重复测量 6 次，取算术平均值作为该点的流量测量结果，按公式（5）计算流量示值误差。如采样器带有 16.7 L/min 专用直管段时，测量 16.7 L/min 流量点的流量示值误差时直管段应采用 16.7 L/min 专用直管段。

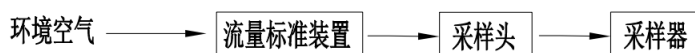


图3 流量示值误差校准连接示意图

$$\Delta Q = \frac{Q - \bar{Q}}{\bar{Q}} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$\Delta Q$ ——流量示值误差，%；

$\bar{Q}$ ——流量标准装置测量结果的算术平均值，L/min；

$Q$ ——采样器显示的工况流量，L/min。

### 7.4 流量重复性

依据 7.3 读取的流量值进行计算。按公式（6）计算流量重复性  $s_r$ 。

$$s_r = \frac{1}{\bar{Q}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

$s_r$ ——流量重复性，%；

$Q_i$ ——第*i*次流量标准装置的工况测量值，L/min；

$\bar{Q}$ ——*n*次流量标准装置的工况测量值的算术平均值，L/min；

*n*——测量次数，共 6 次。

### 7.5 流量稳定性

按照与图 3 相同的连接方式连接设备，分别对 16.7 L/min 和 50 L/min 流量点进行校准。待流量稳定后读取流量标准装置的工况测量值并开始计时，以后每隔 20 min 读取一次数据，共 4 次，取 4 个值中的最大值和最小值，按公式 (7) 计算流量稳定性。

$$\omega = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{\bar{Q}} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

$\omega$ ——流量稳定性，%；

$Q_{\max}$ ——流量标准装置测量结果的最大值，L/min；

$Q_{\min}$ ——流量标准装置测量结果的最小值，L/min；

$\bar{Q}$ ——校准点流量标准装置的工况测量值的算术平均值，L/min。

### 7.6 负载能力

采样器的采样流量设置为 50 L/min，同时将流量标准装置、阻力调节阀（初始为全开状态）、采样头、采样器进气口通过三通管（三通管流量流通部分的内径和直管段内径保持一致）相连，连接示意图如图 4 所示，启动采样器，待采样器流量值稳定后记录流量标准装置的工况测量值，缓慢关闭阻力调节阀，使得施加阻力后数字压力计显示值保持在 -20 kPa~22 kPa，采样器流量值稳定后读取流量标准装置的工况测量值。其中施加阻力前和施加阻力后均连续读取工况测量值 3 次，分别计算其算术平均值。按公式 (8) 计算负载能力  $\gamma$ 。



图 4 负载能力测试连接示意图

$$\gamma = \frac{\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2}{Q_w} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

$\gamma$ ——负载能力，%；

$\bar{Q}_1$ ——施加阻力前流量标准装置工况测量值的算术平均值，L/min；

$\bar{Q}_2$ ——施加阻力后流量标准装置工况测量值的算术平均值，L/min；

$Q_w$ ——采样器设置的流量值，L/min。

### 7.7 计时误差

将采样器的采样时间设置为 20 min。同时启动秒表和采样器，待采样器达到设定的采样时间时，停止计时，记录秒表最后的测得时间，按公式（9）计算计时误差  $\Delta t$ 。

$$\Delta t = t_1 - t_2 \quad (9)$$

式中：

$\Delta t$ ——计时误差，s；

$t_1$ ——采样器的采样时间设定值， $t_1=1200s$ ；

$t_2$ ——秒表测得时间，s。

## 8 校准结果的表达

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) 被校准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，应说明被校准对象的接收日期；
- 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，不得部分复制证书的声明。

## 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过 1 年，如果采样器经维修、更换重要部件或对采样器性能有怀疑时，应随时校准。

由于复校时间间隔的长短是由采样器的使用情况、使用者、采样器本身质量等诸多因素决定的，因此，送校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

## 流量示值误差的不确定度评定示例

## A.1 概述

A.1.1 测量依据：本校准规范。

A.1.2 环境条件：温度：(15~35) °C；湿度：≤85%RH；大气压：(86~106) kPa。

A.1.3 测量标准器：流量标准装置。

A.1.4 测量方法：采用 7.3 流量示值误差的测量方法。

## A.2 测量模型

$$\Delta Q = \frac{Q - \bar{Q}}{\bar{Q}} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：

$\Delta Q$ ——流量示值误差，%；

$\bar{Q}$ ——流量标准装置测量结果的算术平均值，L/min；

$Q$ ——采样器显示的工况流量，L/min。

## A.3 合成标准不确定度的计算公式

由公式(A.1)可知， $Q$ 为采样器显示的工况流量，是一常数，因此不确定度来源仅为流量标准装置测量结果 $\bar{Q}$ 引入。其主要来源于流量校准装置引入的不确定度 $u_1(\bar{Q})$ 和环境条件、人员操作及被校仪器等各种随机因素引入的不确定度 $u_2(\bar{Q})$ ，见公式(A.2)。

$$u_c = \sqrt{[c_1 u_1(\bar{Q})]^2 + [c_2 u_2(\bar{Q})]^2} \quad (\text{A.2})$$

## A.4 输入量的标准不确定度分量评定

A.4.1 和采样器处于同一环境下的流量校准装置的标准不确定度 $u_1(\bar{Q})$

A.4.1.1 设定校准流量点为 50 L/min

流量标准装置的最大允许误差为±0.5%，校准流量点为 50L/min，按均匀分布计算，即 $k=\sqrt{3}$ 。则流量标准装置所引入的不确定度为：

$$u_1(\bar{Q}) = \frac{0.25\text{L}/\text{min}}{\sqrt{3}} = 0.1443\text{L}/\text{min}$$

#### A.4.1.2 设定校准流量点为 16.7 L/min

流量标准装置的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，校准流量点为 16.7L/min，按均匀分布计算，即  $k=\sqrt{3}$ 。则流量标准装置所引入的不确定度为：

$$u_1(\bar{Q}) = \frac{0.0835\text{L}/\text{min}}{\sqrt{3}} = 0.0482\text{L}/\text{min}$$

#### A.4.2 环境条件、人员操作及被校仪器等各种随机因素引入的不确定度 $u_2(\bar{Q})$

由环境条件、人员操作和被校采样器等各种随机因素（即测量重复性）引入的标准不确定度，可采用 A 类评定方法。

##### A.4.2.1 设定校准流量点为 50L/min

设定校准流量点为 50L/min，重复测量 6 次，得到以下测量结果：（单位：L/min）50.23、50.23、50.25、50.25、50.18、50.21， $\bar{Q}=50.23\text{L}/\text{min}$ ， $s=0.0267\text{L}/\text{min}$ 。

校准中以 6 次测量结果算术平均值作为结果进行流量示值误差计算，则：

$$u_2(\bar{Q}) = \frac{s}{\sqrt{6}} = \frac{0.0267\text{L}/\text{min}}{\sqrt{6}} = 0.0109\text{L}/\text{min}$$

##### A.4.2.2 设定校准流量点为 16.7 L/min

设定校准流量点为 16.7L/min，重复测量 6 次，得到以下测量结果：（单位：L/min）16.93、16.94、16.93、16.96、16.97、16.98， $\bar{Q}=16.95\text{L}/\text{min}$ ， $s=0.0214\text{L}/\text{min}$ 。

校准中以 6 次测量结果算术平均值作为结果进行流量示值误差计算，则：

$$u_2(\bar{Q}) = \frac{s}{\sqrt{6}} = \frac{0.0214\text{L}/\text{min}}{\sqrt{6}} = 0.0088\text{L}/\text{min}$$

#### A.4.3 标准不确定度分量汇总

设定校准流量点为 50 L/min 时，标准不确定度分量汇总表见表 A.1。

表 A.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度值
$u_1(\bar{Q})$	流量标准装置	-0.01982min/L	0.1443 L/min
$u_2(\bar{Q})$	测量重复性	-0.01982min/L	0.0109L/min

设定校准流量点为 16.7L/min 时，标准不确定度分量汇总表见表 A.2。

表 A.2 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度值
$u_1(\bar{Q})$	流量标准装置	-0.05813 min/L	0.0482L/min
$u_2(\bar{Q})$	测量重复性	-0.05813 min/L	0.0088 L/min

#### A.5 合成标准不确定度

设定校准流量点为 50 L/min 时，合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{[c_1 u_1(\bar{Q})]^2 + [c_2 u_2(\bar{Q})]^2} = 0.287\%$$

设定校准流量点为 16.7L/min 时，合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{[c_1 u_1(\bar{Q})]^2 + [c_2 u_2(\bar{Q})]^2} = 0.285\%$$

#### A.6 扩展不确定度

设定校准流量点为 50 L/min 时，取包含因子  $k=2$ ，则流量示值误差扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.287\% = 0.574\% \approx 0.6\%$$

设定校准流量点为 16.7 L/min 时，取包含因子  $k=2$ ，则流量示值误差扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.285\% = 0.57\% \approx 0.6\%$$



## 附录 B

## 环境大气压示值误差的不确定度评定示例

## B.1 概述

B.1.1 测量依据：本校准规范。

B.1.2 环境条件：温度：(15~35)℃；湿度：≤85%RH；大气压：(86~106) kPa。

B.1.3 测量标准器：大气压表。

B.1.4 测量方法：采用 7.2.1 环境大气压示值误差的测量方法。

## B.2 测量模型

$$\Delta P = P - P_s \quad (\text{B.1})$$

式中：

$\Delta P$  ——环境大气压示值误差，kPa；

$P$  ——采样器的环境大气压显示值，kPa；

$P_s$  ——大气压表显示值，kPa。

## B.3 合成标准不确定度的计算公式

$P$  和  $P_s$  彼此独立且不相关，则环境大气压示值误差合成标准不确定度的计算公式为 (B.2)。

$$u_c = \sqrt{[u(P)]^2 + [u(P_s)]^2} \quad (\text{B.2})$$

## B.4 输入量的标准不确定度分量评定

B.4.1 输入量  $P$  的标准不确定度分量

输入量  $P$  的标准不确定度主要考虑采样器的环境大气压测量重复性和分辨力。

## B.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

由环境条件、人员操作和被校采样器等各种随机因素（即测量重复性）引入的标准不确定度，可采用 A 类评定方法。

校准时环境大气压恒定，重复测量 10 次，得到以下测量结果：(单位：kPa)  
98.72、98.73、98.72、98.74、98.72、98.71、98.74、98.72、98.73、98.73，

$$s = 10.17 \text{ Pa}。$$

校准中以 1 次测量结果进行环境大气压示值误差计算，则：

$$u_1(P) = \frac{s}{\sqrt{1}} = \frac{10.17\text{Pa}}{\sqrt{1}} = 10.17\text{Pa}$$

B.4.1.2 采样器分辨力引入的标准不确定度分量

$$u_2(P) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{10\text{Pa}}{2\sqrt{3}} = 2.89\text{Pa}$$

因测量重复性引入的标准不确定度分量大于分辨力引入的标准不确定度分量，因此输入量  $P$  的标准不确定度分量为：

$$u(P) = u_1(P) = 10.17\text{Pa}$$

B.4.2 输入量  $P_s$  的标准不确定度分量

大气压表的压力测量范围（86~106）kPa，最大允许误差不超过±100 Pa，按均匀分布计算，即  $k=\sqrt{3}$ 。则大气压表所引入的不确定度为：

$$u(P_s) = \frac{100\text{Pa}}{\sqrt{3}} = 57.74\text{Pa}$$

B.4.3 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总表见表 B.1。

表 B.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度值
$u(P)$	测量重复性	1	10.17Pa
$u(P_s)$	大气压表	-1	57.74Pa

B.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{[u(P)]^2 + [u(P_s)]^2} = \sqrt{[10.17\text{Pa}]^2 + [57.74\text{Pa}]^2} = 58.64\text{Pa}$$

B.6 扩展不确定度

B.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则环境大气压示值误差扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 58.64\text{Pa} = 117.28\text{Pa} \approx 0.12\text{kPa}$$

## 附录 C

## 流量计前压力示值误差的不确定度评定示例

## C.1 概述

C.1.1 测量依据：本校准规范。

C.1.2 环境条件：温度：(15~35)℃；湿度：≤85%RH；大气压：(86~106) kPa。

C.1.3 测量标准器：数字压力计。

C.1.4 测量方法：7.2.2 流量计前压力示值误差的测量方法。

## C.2 测量模型

$$\Delta P_Q = P_Q - P_B \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta P_Q$ ——流量计前压力示值误差，kPa；

$P_Q$ ——采样器流量计前压力值，kPa；

$P_B$ ——数字压力计的显示值，kPa。

## C.3 合成标准不确定度的计算公式

$P_Q$  和  $P_B$  彼此独立且不相关，则流量计前压力示值误差合成标准不确定度的计算公式见公式 (C.2)。

$$u_c = \sqrt{[u(P_Q)]^2 + [u(P_B)]^2} \quad (\text{C.2})$$

## C.4 输入量的标准不确定度分量评定

C.4.1 输入量  $P_Q$  的标准不确定度分量

输入量  $P_Q$  的标准不确定度主要考虑采样器的流量计前压力测量重复性和分辨力。

## C.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

由环境条件、人员操作和被校采样器等各种随机因素（即测量重复性）引入的标准不确定度，可采用 A 类评定方法。

校准时采样管路流量计前压力恒定，重复测量 10 次，得到以下测量结果：  
（单位：kPa）-3.12、-3.19、-3.22、-3.23、-3.16、-3.23、-3.26、-3.17、-3.21、-3.24， $s=42.70$  Pa。

校准中以 1 次测量结果进行环境大气压示值误差计算，则：

$$u_1(P_Q) = \frac{s}{\sqrt{1}} = \frac{42.70\text{Pa}}{\sqrt{1}} = 42.70\text{Pa}$$

C.4.1.2 采样器分辨力引入的标准不确定度分量

$$u_2(P_Q) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{10\text{Pa}}{2\sqrt{3}} = 2.89\text{Pa}$$

因测量重复性引入的标准不确定度分量大于分辨力引入的标准不确定度分量，因此输入量  $P_Q$  的标准不确定度分量为：

$$u(P_Q) = u_1(P_Q) = 42.70\text{Pa}$$

C.4.2 输入量  $P_B$  的标准不确定度分量

大数字压力计的压力测量范围（-50~50）kPa，准确度等级 0.1 级，按均匀分布计算，即  $k=\sqrt{3}$ 。则数字压力计所引入的不确定度为：

$$u(P_B) = \frac{100\text{Pa}}{\sqrt{3}} = 57.74\text{Pa}$$

C.4.3 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总表见表 C.1。

表 C.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度值
$u(P_Q)$	测量重复性	1	42.70 Pa
$u(P_B)$	数字压力计	-1	57.74 Pa

C.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{[u(P_Q)]^2 + [u(P_B)]^2} = \sqrt{[57.74\text{Pa}]^2 + [42.70\text{Pa}]^2} = 71.82\text{Pa}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则采样流量计前压力示值误差扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 71.82\text{Pa} \approx 0.15\text{kPa}$$

## 附录 D

## 环境温度示值误差的不确定度评定示例

## D.1 概述

D.1.1 测量依据：本校准规范。

D.1.2 环境条件：温度：(15~35)℃；湿度：≤85%RH；大气压：(86~106)kPa。

D.1.3 测量标准器：标准温度计。

D.1.4 测量方法：7.1.1 环境温度示值误差的测量方法。

## D.2 测量模型

$$\Delta T = T - T_s \quad (\text{D.1})$$

式中：

$\Delta T$ ——环境温度示值误差，℃；

$T$ ——采样器的环境温度显示值，℃；

$T_s$ ——标准温度计显示值，℃。

## D.3 合成标准不确定度的计算公式

$T$  和  $T_s$  彼此独立且不相关，则环境温度示值误差合成标准不确定度的计算公式见公式 (D.2)。

$$u_c = \sqrt{[u(T)]^2 + [u(T_s)]^2} \quad (\text{D.2})$$

## D.4 输入量的标准不确定度分量评定

D.4.1 输入量  $T$  的标准不确定度分量

输入量  $T$  的标准不确定度主要考虑采样器的环境温度测量重复性和分辨力。

## D.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

由环境条件、人员操作和被校采样器等各种随机因素（即测量重复性）引入的标准不确定度，可采用 A 类评定方法。

校准时环境温度恒定，重复测量 10 次，得到以下测量结果：(单位：℃)20.3、20.1、20.2、20.1、20.2、20.3、20.2、20.1、20.2、20.1， $s=0.079^\circ\text{C}$

校准中以 1 次测量结果进行环境温度示值误差计算，则：

$$u_1(T) = \frac{s}{\sqrt{1}} = \frac{0.079^\circ\text{C}}{\sqrt{1}} = 0.079^\circ\text{C}$$

## D.4.1.2 采样器分辨力引入的标准不确定度分量

$$u_2(T) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.1^\circ\text{C}}{2\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}$$

因测量重复性引入的标准不确定度分量大于分辨力引入的标准不确定度分量，因此输入量  $T$  的标准不确定度分量为：

$$u(T) = u_1(T) = 0.079^\circ\text{C}$$

D.4.2 输入量  $T_s$  的标准不确定度分量

标准温度计测量范围（0~50） $^\circ\text{C}$ ，最大允许误差不超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，按均匀分布计算，即  $k=\sqrt{3}$ 。则标准温度计所引入的不确定度为：

$$u(T_s) = \frac{0.5^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} = 0.287^\circ\text{C}$$

## D.4.3 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总表见表 D.1。

表 D.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度值
$u(T)$	测量重复性	1	0.079 $^\circ\text{C}$
$u(T_s)$	标准温度计	-1	0.287 $^\circ\text{C}$

## D.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{[u(T)]^2 + [u(T_s)]^2} = \sqrt{[0.079^\circ\text{C}]^2 + [0.287^\circ\text{C}]^2} = 0.298^\circ\text{C}$$

## D.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则环境温度示值误差扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.298^\circ\text{C} \approx 0.6^\circ\text{C}$$

## 附录 E

## 计时误差的不确定度评定示例

## E.1 概述

E.1.1 测量依据：本校准规范。

E.1.2 环境条件：温度：(15~35)℃；湿度：≤85%RE；大气压：(86~106) kPa。

E.1.3 测量标准器：秒表。

E.1.4 测量方法：7.7 计时误差的测量方法。

## E.2 测量模型

$$\Delta t = t_1 - t_2 \quad (\text{E.1})$$

式中：

$\Delta t$ ——计时误差，s；

$t_1$ ——采样器采样设定时间，s；

$t_2$ ——秒表计时时间，s。

## E.3 合成标准不确定度的计算公式

由公式(E.1)可知， $t_1$ 为采样器采样设定时间，是一常数，故 $u(t_1)$ 的值为0，因此不确定度来源仅为秒表计时时间 $t_2$ 引入。其主要来源于秒表引入的不确定度 $u_1(t_2)$ 和环境条件、人员操作及被校仪器等各种随机因素引入的不确定度 $u_2(t_2)$ ，见公式(E.2)。

$$u_c = \sqrt{[u_1(t_2)]^2 + [u_2(t_2)]^2} \quad (\text{E.2})$$

## E.4 输入量的标准不确定度分量评定

E.4.1 和采样器处于同一环境下的秒表的标准不确定度 $u_1(t_2)$ 

秒表最大允许误差±0.01s，按均匀分布计算，即 $k=\sqrt{3}$ 。则秒表所引入的不确定度为：

$$u_1(t_2) = \frac{0.01\text{s}}{\sqrt{3}} = 0.00578\text{s}$$

E.4.2 环境条件、人员操作及被校仪器等各种随机因素引入的不确定度 $u_2(t_2)$ 

由环境条件、人员操作和被校采样器等各种随机因素（即测量重复性）引入的标准不确定度，可采用A类评定方法。

将检测仪的采样时间设置为600s，重复测量10次，得到以下测量结果：（单

位: s) 1200.28、1200.12、1200.34、1200.35、1200.48、1200.22、1200.15、1200.52、1200.17、1200.43,  $s=0.1414$  s。

校准中以 1 次测量结果进行计时误差计算, 则:

$$u_2(t_2) = \frac{s}{\sqrt{1}} = 0.1414\text{s}$$

#### E.4.3 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总表见表 E.1。

表 E.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	灵敏系数	标准不确定度值
$u_1(t_2)$	秒表	-1	0.00578 s
$u_2(t_2)$	测量重复性	-1	0.1414 s

#### E.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{[u_1(t_2)]^2 + [u_2(t_2)]^2} = \sqrt{[0.00578\text{s}]^2 + [0.1414\text{s}]^2} = 0.1415\text{s}$$

#### E.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则计时误差扩展不确定度为:

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.1415\text{s} \approx 0.29\text{s}$$



## 附录 F

## 环境空气氟化物采样器校准记录格式

证书编号：

校准单位		单位地址	
仪器名称		精度等级	
生产厂家		型号规格	
出厂编号		校准依据	
环境温度	℃	环境湿度	%R H
收样日期		校准日期	
校准地点			
校准人员		核验人员	

校准使用的主要标准器

标准器名称	标准器证书号	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	溯源单位	有效期至

## 1、温度示值误差、压力示值误差及计时误差

测量参数	采样器显示示值	标准测量值	误差	不确定度
环境温度				
流量计前温度				
环境大气压				
流量计前压力	16.7L/min			
	50L/min			
计时				

## 2、流量示值误差

流量示值 (L/min)	测得值 (L/min)						平均值 (L/min)	示值误差 (%)	不确定度
	1	2	3	4	5	6			
16.7									
50									

## 3、流量重复性

流量示值 (L/min)	测得值 (L/min)						平均值 (L/min)	重复性 (%)
	1	2	3	4	5	6		
16.7								
50								

## 4、流量稳定性

流量示值 (L/min)	时间 (min)	0	20	40	60	稳定性 (%)
16.7	实测值 (L/min)					
流量示值 (L/min)	时间 (min)	0	20	40	60	稳定性 (%)
50	实测值 (L/min)					

## 5、负载能力

流量示值 (L/min)	测得值 (L/min)			平均值 (L/min)	负载能力 (%)
	1	2	3		
施加阻力前					
施加____kPa 阻力					

备注：校准所用采样头编号为：

——以下空白——

## 附录 G

## 校准证书结果页（参考）格式

校准结果：

序号	校准项目		技术要求	校准结果	不确定度
1	环境温度示值误差				
2	流量计前温度示值误差				
3	环境大气压示值误差				
4	流量计前压力示值误差	16.7L/min			
		50L/min			
5	计时误差				
6	流量示值误差	16.7 L/min			
		50 L/min			
7	流量重复性	16.7 L/min			/
		50 L/min			
8	流量稳定性	16.7 L/min			/
		50 L/min			
9	负载能力				/

备注：校准所用采样头编号为：

——以下空白——