

# 二硫化碳气体检测报警器示值误差测量不确定度评定

## 1 概述

- 1.1 环境条件：符合本校准规范规定的环境条件
- 1.2 测量标准：氮中二硫化碳气体标准物质，相对不确定度  $U_{\text{rel}}=3\%$  ( $k=2$ )。
- 1.3 被校仪器：二硫化碳气体检测报警器，测量范围 (0~50)  $\mu\text{mol/mol}$ 。
- 1.4 测量方法：通入三种不同浓度的二硫化碳气体标准物质，读取被校报警器稳定示值，重复测量 3 次，用 3 次测量的平均值计算报警器示值误差。

## 2 测量模型

### 2.1 测量模型

$$\Delta C = \bar{C} - C_s \quad (1)$$

式中：

$\Delta C$ —示值误差， $\mu\text{mol/mol}$ ；

$\bar{C}$ —报警器三次示值的算术平均值， $\mu\text{mol/mol}$ ；

$C_s$ —气体标准物质的参考值， $\mu\text{mol/mol}$ 。

### 2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta C}{\partial \bar{C}} = 1$$
$$c_2 = \frac{\partial \Delta C}{\partial C_s} = -1$$

### 2.3 传播律公式

因各输入量之间不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta C) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{C}) + c_2^2 u^2(C_s)} = \sqrt{u^2(\bar{C}) + u^2(C_s)}$$

## 3 全部输入量的标准不确定度评定

### 3.1 报警器示值引入的标准不确定度 $u(\bar{C})$ 的评定

报警器示值引入的标准不确定度包括报警器的测量重复性与读数分辨力两个分量。

#### 3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(\bar{C})$ 的评定

对一台报警器,使用 24.9  $\mu\text{mol/mol}$  的氮中二硫化碳气体标准物质,连续测量 10 次,得到如下测量列(单位:  $\mu\text{mol/mol}$ ):

22.8、22.6、22.8、22.2、22.8、22.5、21.8、22.2、22.7、22.1

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i = 22.45 \mu\text{mol} / \text{mol}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times 100\% = 0.35 \mu\text{mol} / \text{mol}$$

按校准规范要求,报警器示值误差以 3 次测量的算术平均值进行计算,则测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1(\bar{C}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = \frac{0.35 \mu\text{mol} / \text{mol}}{\sqrt{3}} = 0.20 \mu\text{mol} / \text{mol}$$

### 3.1.2 读数分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{C})$ 的评定

报警器的读数分辨力为 0.1  $\mu\text{mol/mol}$ ,服从均匀分布,则其引入的标准不确定度分量  $u_2(\bar{C})$  为:

$$u_2(\bar{C}) = \frac{0.1 \mu\text{mol} / \text{mol}}{2\sqrt{3}} \times 100\% = 0.03 \mu\text{mol} / \text{mol}$$

3.1.3 因为读数分辨力引入的不确定度远远小于重复性引入的不确定度,报警器示值引入的标准不确定度取重复性引入的不确定度,即:

$$u(\bar{C}) = u_1(\bar{C}) = 0.20 \mu\text{mol} / \text{mol}$$

### 3.2 气体标准物质定值引入的标准不确定度 $u_{rel}(C_s)$ 的评定

由所用二硫化碳气体标准物质标物证书可知,其相对扩展不确定度  $U_{rel}=3\%$ ,包含因子  $k=2$ ,则其引入的标准不确定度为:

$$u(C_s) = \frac{3\%}{2} \times 24.9 \mu\text{mol} / \text{mol} = 0.37 \mu\text{mol} / \text{mol}$$

全部输入量的标准不确定度汇总于表 1 中。

表 1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度值

$u(\bar{C})$	测量重复性	0.20 $\mu\text{mol/mol}$
$u(C_s)$	标准气体定值	0.37 $\mu\text{mol/mol}$

#### 4 合成标准不确定度的评定

根据 2.3，合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta C) = \sqrt{u^2(\bar{C}) + u^2(C_s)} = \sqrt{0.20^2 + 0.37^2} = 0.42 \mu\text{mol/mol}$$

#### 5 扩展不确定度的评定

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = 2u_c(\Delta C) = 2 \times 0.42 \mu\text{mol/mol} \approx 0.9 \mu\text{mol/mol}$$

对报警器另外两个校准点评定的测量不确定度结果见表 2。

表 2 其他校准点的测量不确定度评定结果 ( $\mu\text{mol/mol}$ )

测量点	不确定度分量				$u_c$	$U$ ( $k=2$ )
	$u_1(\bar{C})$	$u_2(\bar{C})$	$u(\bar{C})$	$u(C_s)$		
10	0.15	0.03	0.15	0.15	0.21	0.5
40	0.22	0.03	0.22	0.6	0.64	1.3

#### 6 测量不确定度的报告与表示

10  $\mu\text{mol/mol}$  校准点： $U=0.5 \mu\text{mol/mol}$   $k=2$

25  $\mu\text{mol/mol}$  校准点： $U=0.9 \mu\text{mol/mol}$   $k=2$

40  $\mu\text{mol/mol}$  校准点： $U=1.3 \mu\text{mol/mol}$   $k=2$