



中华人民共和国工业和信息化部  
石油和化工计量技术规范

JJF（石化）×××—2023

二氧化氮气体检测报警器校准规范

Calibration Specification for Nitrogen Dioxide

Gas Detectors and Alarms

（报批稿）

2023-××-××发布

2023-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 二氧化氮气体检测报警器 校准规范

Calibration Specification for Nitrogen  
Dioxide Gas Detectors and Alarms

JJF（石化）×××—2023

归口单位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司

沈阳计量测试院

中科软科技股份有限公司

参加起草单位：山东省计量科学研究院

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

毕学文（中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司）

刘 盾（中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司）

党玉军（中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司）

裴 锐（沈阳计量测试院）

吕易轩（中科软科技股份有限公司）

**参加起草人：**

高 捷（山东省计量科学研究院）

王道芬（中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司）

郭润生（中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司）

# 目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件 .....	(2)
5.2 测量标准及其他设备.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
6.1 校准项目.....	(2)
6.2 校准前检查.....	(2)
6.3 报警器的调整.....	(3)
6.4 示值误差.....	(3)
6.5 重复性.....	(4)
6.6 响应时间.....	(4)
6.7 漂移.....	(4)
7 校准结果.....	(5)
7.1 校准记录.....	(5)
7.2 校准证书.....	(5)
7.3 不确定度.....	(5)
8 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 二氧化氮气体检测报警器校准记录 .....	(6)
附录 B 校准证书内页格式 .....	(8)
附录 C 示值误差的测量不确定度评定示例 .....	(9)
附录D 响应时间的测量不确定度评定示例.....	(13)

# 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》等基础性系列规范进行编制。

本规范主要参考 JJF 1888-2020《氯化氢气体检测报警器校准规范》、GB 12358-2006《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》及 GB/T 50493-2019《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》制定。

本规范为首次发布。

## 二氧化氮气体检测报警器校准规范

### 1 范围

本规范适用于量程不大于  $1000\mu\text{mol/mol}$  的二氧化氮气体检测报警器的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

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 概述

二氧化氮气体检测报警器(以下简称报警器)主要用于检测作业场所环境中二氧化氮气体的浓度。报警器的检测原理主要有电化学原理和半导体原理等。报警器主要由检测单元、信号处理单元、报警单元和显示单元等部分组成。当报警器显示值大于报警设定值时，具有声、光或振动报警。按照采样方式可分为吸入式和扩散式，按照使用方式可分为固定式和便携式。

### 4 计量特性

具体计量特性见表1。

表1 报警器计量特性一览表

序号	项 目		技术要求
1	示值误差		绝对误差： $\pm 2\mu\text{mol/mol}$ 或相对误差： $\pm 10\%$ 。 以上满足其中之一即可。
2	重复性		$\leq 3\%$
3	响应时间	扩散式	$\leq 120\text{s}$
		吸入式	$\leq 60\text{s}$
4	漂移	零点漂移	$\pm 2\%FS$
		量程漂移	$\pm 3\%FS$

注：1.FS 指报警器满量程值；2.以上各项指标不适用于合格性判定，仅作参考

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

#### 5.1.1 温度条件

环境温度：(5~40)℃。

#### 5.1.2 湿度条件

相对湿度：≤85%。

5.1.3 其它条件：工作环境应无影响仪器正常工作的电磁场及干扰气体，校准现场应保持通风并采取安全措施。

### 5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 2。

表2 校准项目和测量标准及其他设备一览表

序号	校准项目	测量标准名称及技术要求
1	示值误差	1. 气体标准物质：氮中或空气中二氧化氮有证气体标准物质，相对扩展不确定度不大于 2%（ $k=2$ ）。当采用气体稀释装置时，稀释后的气体标准物质不确定度应满足上述要求。 2. 零点气体：纯度不小于 99.999%的氮气或合成空气（由纯度为 99.999%的氮气和 99.999%的氧气配制）。 3. 流量计：测量范围（0~1.5）L/min，准确度级别不低于 4.0 级。 4. 减压阀及气体管路：应使用不易与二氧化氮气体发生反应或吸附的材质，如不锈钢阀和聚四氟乙烯管路。 5. 电子秒表：最大允许误差不超过±0.10s/h。*
2	重复性	
3	响应时间	
4	漂 移	
注：标注*的只适用于项目 3 和 4 的校准		

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

报警器的校准项目见表 2。

### 6.2 校准前检查

#### 6.2.1 外观检查

报警器外观完好，各按键应能正常使用，名称、型号、制造厂名称、编号、防爆标志及类型等应清晰、完整。

### 6.2.2 通电检查

报警器通电后，应能正常工作，显示部分应清晰、完整。

### 6.2.3 报警功能和报警动作值检查

具有报警功能的报警器，在其测量范围内应具有报警设定值。通入浓度约为报警设定值 1.5 倍的气体标准物质，当示值超过报警设定值时，观察仪器声、光或振动报警功能是否正常，并记录仪器报警时的示值。

### 6.3 报警器的调整

按照报警器使用说明书的要求对报警器进行预热，预热稳定后，按图1所示连接气体标准物质、流量计和被校报警器。校准吸入式报警器时，必须保证旁通流量计有气体放出。校准扩散式报警器时，应按照报警器说明书的要求调节流量。若报警器说明书中没有明确要求，则流量一般控制在  $(500 \pm 50)$  mL/min。若报警器说明书中有明确要求，则按报警器说明书的要求调整报警器的零点和示值。若报警器说明书中没有明确要求，则用零点气体调整报警器的零点，用满量程80%的气体标准物质调整报警器的示值（若有需要，则应多次通入浓度约为满量程80%的气体标准物质，调整报警器示值）。

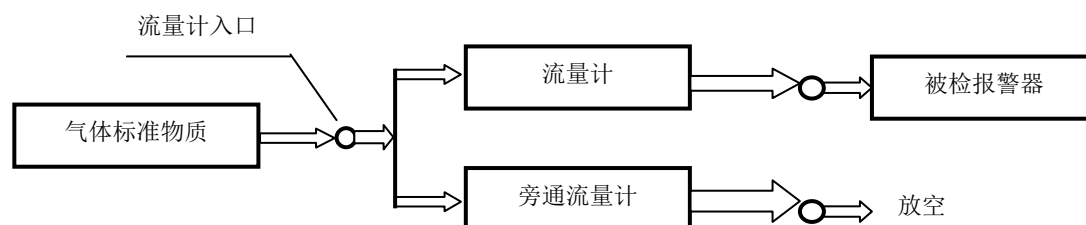


图 1 报警器校准示意图

### 6.4 示值误差

依次通入浓度约为满量程20%、50%、80%的气体标准物质，待示值稳定后，记录报警器示值，每种浓度点重复测量3次，取3次示值的算术平均值  $\bar{C}$  作为报警器各浓度点的示值，按式（1）或式（2）计算各浓度点的示值误差  $\Delta C$  或  $\Delta C'$ 。

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

$$\Delta C' = \frac{\bar{C} - C_s}{C_s} \times 100\% \quad (2)$$



式中:

$\Delta C$ —绝对误差,  $\mu\text{mol/mol}$ ;

$\Delta C'$ —相对误差, %;

$\bar{C}$ —3次示值的算术平均值,  $\mu\text{mol/mol}$ ;

$C_s$ —气体标准物质浓度值,  $\mu\text{mol/mol}$ 。

## 6.5 重复性

通入浓度约为满量程 50%的气体标准物质,待示值稳定后,记录报警器示值  $C_i$ ,然后通入零点气体使报警器示值回零,再通入上述浓度的气体标准物质。重复测量 6 次,按式 (3) 计算报警器的重复性  $s_r$ ,重复性以单次测量的相对标准偏差表示。

$$s_r = \frac{1}{\bar{C}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$s_r$ : 单次测量的相对标准偏差, %;

$n$ : 测量次数;

$C_i$ —报警器第  $i$  次测量的示值,  $\mu\text{mol/mol}$ ;

$\bar{C}$ — $n$  次报警器示值的算术平均值,  $\mu\text{mol/mol}$ 。

## 6.6 响应时间

通入零点气体使报警器示值回零,通入浓度约为满量程 50%的气体标准物质,待示值稳定后,读取报警器示值,撤去气体标准物质。待报警器回零后,再通入上述浓度的气体标准物质,同时启动秒表,待报警器显示值达到稳定示值的 90%时停止计时,记录秒表读数,重复测量 3 次,取 3 次测得值的算术平均值作为报警器的响应时间。

## 6.7 漂移

报警器的漂移包括零点漂移和量程漂移。

通入零点气体使报警器示值回零,读取稳定示值记为  $C_{zo}$ ,再通入浓度约为满量程 80%的气体标准物质,读取稳定示值记为  $C_{s0}$ 。对便携式报警器连续运行 1h,每间隔 15min 通入零点气体读取报警器稳定示值  $C_{zi}$ ,再通入上述气体标准物质读取报警器稳定示值  $C_{si}$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ); 固定式报警器连续运行 4h,每间隔 1 h 重复上述步骤 1 次。

按式(4)式计算零点漂移, 取绝对值最大的 $\Delta Z_i$ 作为报警器的零点漂移。

$$\Delta Z_i = \frac{C_{zi} - C_{z0}}{R} \times 100\% \quad (4)$$

按式(5)式计算量程漂移, 取绝对值最大的 $\Delta S_i$ 作为报警器的量程漂移。

$$\Delta S_i = \frac{(C_{si} - C_{zi}) - (C_{s0} - C_{z0})}{R} \times 100\% \quad (5)$$

式(4)与式(5)中:

$\Delta Z_i$ —第*i*次测量的报警器零点漂移;

$\Delta S_i$ —第*i*次测量的报警器量程漂移;

$R$ —报警器量程值,  $\mu\text{mol/mol}$ 。

## 7 校准结果

### 7.1 校准记录

校准记录应详尽记录校准数据和计算结果。推荐的报警器校准记录格式见附录A。

### 7.2 校准证书

经校准的报警器应出具校准证书, 校准结果应在校准证书上反映。校准证书包括的信息应符合JJF 1071-2010中5.12的要求。推荐的报警器校准证书内页格式见附录B。

### 7.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目的扩展不确定度, 评定示例见附录C。

## 8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由报警器的使用情况、使用者、报警器本身质量等因素所决定, 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, 建议不超过12个月。如果对报警器的检测数据有怀疑或报警器更换主要部件及修理后应对报警器重新校准。

## 附录 A

## 二氧化氮气体检测报警器校准记录

送校单位: \_\_\_\_\_ 证书编号: \_\_\_\_\_

报警器名称: \_\_\_\_\_ 制造厂商: \_\_\_\_\_

报警器型号: \_\_\_\_\_ 报警器编号: \_\_\_\_\_ 测量范围: \_\_\_\_\_

校准环境温度: \_\_\_\_\_℃ 相对湿度: \_\_\_\_\_% 校准地点: \_\_\_\_\_

校准依据: \_\_\_\_\_

校准用气体标准物质及主要设备:

名称	编号	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	溯源单位	证书编号/有效期至

## 1. 校准前检查

外观、通电检查	
报警功能及报警动作值检查	报警动作值:

## 2. 示值误差

标准气体浓度 ( $\mu\text{mol/mol}$ )	仪器测量值 ( $\mu\text{mol/mol}$ )			平均值 ( $\mu\text{mol/mol}$ )	示值误差 ( $\mu\text{mol/mol}$ )	示值误差 (%)	扩展不确定度
	1	2	3				

## 3. 响应时间

气体标准物质浓度值 ( $\mu\text{mol/mol}$ )	响应时间/s			
	1	2	3	平均值

## 4. 重复性

(μmol/mol)

气体标准物质浓度值	示值 1	示值 2	示值 3	示值 4	示值 5	示值 6	$\bar{C}$	$s_r/\%$

## 5. 漂移

时间	0h/ 0min	1h/ 15min	2h/ 30min	3h/ 45min	4h/ 60min	$\Delta Z_{\max}$	$\Delta S_{\max}$
零点 μmol/mol							
示值/ μmol/mol							

示值误差校准结果的扩展不确定度:  $U =$  ,  $k=2$ 

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

## 附录 B

## 校准证书内页格式

## 校 准 结 果

校准项目	校准结果			
校准前检查	报警动作值：			
示值误差	标准气体浓度 ( $\mu\text{mol/mol}$ )	报警器示值 ( $\mu\text{mol/mol}$ )	示值误差	
			( $\mu\text{mol/mol}$ )	(%)
重复性				
响应时间				
零点漂移				
量程漂移				

示值误差校准结果的扩展不确定度： $U=$  ，  $k=2$

## 附录 C

### 示值误差的测量不确定度评定示例

#### C.1 测量方法

按照报警器使用说明书中的要求, 分别通入零点气体和浓度约为满量程 80% 的气体标准物质, 调整报警器的零点和示值。再分别通入浓度约为满量程 20%、50%、80% 的气体标准物质, 待报警器示值稳定后, 记录报警器示值, 重复测量 3 次。3 次示值的算术平均值与气体标准物质浓度值的差值为该报警器的示值误差。

#### C.2 测量模型

示值误差测量模型:

$$\Delta C = \overline{C} - C_s \quad (\text{C.1})$$

式中:

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

$\overline{C}$  —3 次示值的算术平均值,  $\mu\text{mol/mol}$ ;

$C_s$  —气体标准物质浓度值,  $\mu\text{mol/mol}$ 。

灵敏系数:

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

#### C.3 测量不确定度来源

C.3.1 二氧化氮气体标准物质的定值不确定度分量。

C.3.2 环境条件、人员操作、流量控制、取样系统吸附和被校报警器等各种随机因素, 体现在报警器的测量重复性引入的不确定度分量。

#### C.4 输入量的标准不确定度评定

##### C.4.1 二氧化氮气体标准物质的定值不确定度引入的标准不确定度 $u(C_s)$ 的评定

采用空气中二氧化氮气体标准物质，其定值相对扩展不确定度为 2%，包含因子 $k=2$ 。

则二氧化氮气体标准物质的定值不确定度引起的标准不确定度分量为：

$$u(C_s) = \frac{a}{k} = \frac{C_s \times 2\%}{2} \quad (C.2)$$

对于不同量程的报警器气体标准物质的定值不确定度见表 C.1。

表 C.1 各校准点气体标准物质的定值不确定度 ( $\mu\text{mol/mol}$ )

测量范围	校准点	$u(C_s)$
0~1000	200.2	2.0
	498.8	5.0
	797.3	8.0

##### C.4.2 环境条件、人员操作、被校报警器等各种随机因素，体现在报警器的测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(\bar{C})$ 的评定

由环境条件、人员操作和被校报警器等各种随机因素引入的标准不确定度，可采用A类评定。

对于测量范围为(0~1000)  $\mu\text{mol/mol}$ 的报警器依次通入浓度约为200.0  $\mu\text{mol/mol}$ 、500.0  $\mu\text{mol/mol}$ 、800.0  $\mu\text{mol/mol}$ 的二氧化氮气体标准物质，重复测量10次。具体测量数据列于表C.2。

表 C.2 各校准点测量数据 ( $\mu\text{mol/mol}$ )

测量范围	气体标准物质浓度值	报警器示值									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0~1000	200.2	210.5	209.1	208.9	208.1	209.2	205.9	208.7	210.6	210.1	209.2
	498.8	511.1	505.5	509.2	510.8	511.1	510.7	510.2	511.1	510.2	507.8
	797.3	807.5	809.5	809.2	810.2	807.7	809.9	812.2	811.6	811.1	811.7

各校准点分别按式 (C.3) 计算标准偏差。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \quad (\text{C.3})$$

按本规范实际校准, 每个校准点重复测量 3 次, 取算术平均值作为报警器示值, 相应各校准点的标准不确定度可按式 (C.4) 计算。

$$u(\bar{C}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.4})$$

各校准点的标准偏差  $s$  与标准不确定度  $u(\bar{C})$  的计算结果见表 C.3。

表 C.3 各校准点的标准偏差  $s$  与标准不确定度  $u(\bar{C})$  的计算结果 ( $\mu\text{mol/mol}$ )

测量范围	气体标准物质浓度值	报警器示值平均值	$s$	$u(\bar{C})$
0~1000	200.2	209.0	1.4	0.81
	498.8	509.8	1.8	1.1
	797.3	810.1	1.6	0.92

## C.5 合成标准不确定度

### C.5.1 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总于表 C.4

表 C.4 标准不确定度一览表 ( $\mu\text{mol/mol}$ )

测量范围	不确定度来源	校准点	标准不确定度分量	标准不确定度
0~1000	二氧化氮气体标准物质引入的标准不确定度	200.2	$u(C_s)$	2.0
		498.8		5.0
		797.3		8.0
	环境条件、人员操作和被校报警器等各种随机因素引入	200.2	$u(\bar{C})$	0.81
		498.8		1.1



	的标准不确定度	797.3		0.92
--	---------	-------	--	------

### C.5.2 合成标准不确定度

各输入量之间互相独立，互不相关，合成标准不确定度  $u_c(\Delta C)$  可按 (C.5) 计算。

$$u_c(\Delta C) = \sqrt{[c_1 \cdot u(\overline{C})]^2 + [c_2 \cdot u(C_s)]^2} \quad (\text{C.5})$$

对于测量范围 (0~1000)  $\mu\text{mol/mol}$  的报警器：

校准点 200.2  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $u_c(\Delta C) = 2.2 \mu\text{mol/mol}$

校准点 498.8  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $u_c(\Delta C) = 5.2 \mu\text{mol/mol}$

校准点 797.3  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $u_c(\Delta C) = 8.1 \mu\text{mol/mol}$

### C.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则示值误差的扩展不确定度按式 (C.6) 计算：

$$U = k \cdot u_c(\Delta C) \quad (\text{C.6})$$

对于测量范围 (0~1000)  $\mu\text{mol/mol}$  的报警器：

校准点 200.2  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $U = 4.4 \mu\text{mol/mol}$ ，  $k=2$

校准点 498.8  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $U = 10.4 \mu\text{mol/mol}$ ，  $k=2$

校准点 797.3  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $U = 16.2 \mu\text{mol/mol}$ ，  $k=2$

在此范围内，其相对扩展不确定度

校准点 200.2  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $U_{\text{rel}} = 2.2\%$ ，  $k=2$

校准点 498.8  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $U_{\text{rel}} = 2.1\%$ ，  $k=2$

校准点 797.3  $\mu\text{mol/mol}$ ：  $U_{\text{rel}} = 2.1\%$ ，  $k=2$

## 附录 D

### 响应时间的测量不确定度评定示例

#### D.1 测量方法

通入零点气体使仪器示值回零，通入浓度约为满量程 50%的气体标准物质，待示值稳定后，读取仪器示值，撤去气体标准物质，待仪器回零后，再通入上述浓度的气体标准物质，同时启动秒表，待仪器显示值到达稳定示值的 90%时停止计时，记录秒表读数，重复测量 3 次，取 3 次测量值的算术平均值作为仪器的响应时间。

#### D.2 测量模型

响应时间测量模型：

$$t = \bar{t} \quad (\text{D.1})$$

式中：

$t$ —响应时间，s；

$\bar{t}$ —3 次示值的算术平均值，s。

#### D.3 测量不确定度来源

D.3.1 秒表引入的不确定度分量。

D.3.2 环境条件、人员操作和被校仪器等各种随机因素引入的不确定度分量。

#### D.4 输入量的标准不确定度评定

D.4.1 秒表引入的不确定度分量  $u_1(\bar{t})$  的评定

秒表最大允许误差为  $\pm 0.10\text{s/h}$ ，由此引起的标准不确定度，服从三角分布，秒表引入的不确定度分量  $u_1(\bar{t})$  的为

$$u_1(\bar{t}) = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{6}} = 0.041s \quad (\text{D.2})$$

D.4.2 环境条件、人员操作和被校仪器等各种随机因素引入的不确定度分量  $u_2(\bar{t})$  的评定

由环境条件、人员操作和被校仪器等各种随机因素引入的不确定度分量  $u_2(\bar{t})$  评定, 用 A 类评定。重复测量 10 次。具体测量数据列于表 D.1。

表 D.1 响应时间测量数据

气体标准物质 浓度值	响应时间									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
498.8	15.16	15.18	15.06	15.09	15.15	15.20	15.23	15.28	15.12	15.11

分别按式 (D.3) 计算实验标准偏差,

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (c_i - \bar{c})^2}{(6-1)}} \times 100\% = 0.067s \quad (\text{D.3})$$

按本规范实际校准中, 响应时间重复测量 3 次, 取算术平均值作为仪器示值, 故

$$u_2(\bar{t}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = \frac{0.067}{\sqrt{3}} = 0.039s \quad (\text{D.4})$$

#### D.5 合成标准不确定度

各输入量之间互相独立, 互不相关, 合成标准不确定度  $u_c(t)$  可按 (D.5) 计算。

$$u_c(t) = \sqrt{u_1(\bar{t})^2 + u_2(\bar{t})^2} = 0.057s \quad (\text{D.5})$$

#### D.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则响应时间校准结果的扩展不确定度按式 (D.6) 计算。

$$U = k \cdot u_c(t) = 0.12s, \quad k=2 \quad (\text{D.6})$$

