



天津市地方计量技术规范

JJF (津) 5011-2025

二氧化碳气体检测报警器校准规范

Calibration Specification of Carbon Dioxide Gas Detectors and Alarms

2025-09-29发布

2025-11-01实施

天津市市场监督管理委员会 发布

二氧化碳气体检测报警器 校准规范

Calibration Specification of Carbon
Dioxide Gas Detectors and Alarms

JJF (津) 5011—2025

归口单位：天津市市场监督管理委员会

起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

山西省检验检测中心（山西省标准

计量技术研究院）

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

程 鹏（天津市计量监督检测科学研究院）

卫睿华（山西省检验检测中心（山西省标准计量技术研究院））

张红杰（天津市计量监督检测科学研究院）

姚 尧（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

郑中民（天津市计量监督检测科学研究院）

齐 璐（天津市计量监督检测科学研究院）

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.....	(1)
5.1 环境条件.....	(1)
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 报警器的调整.....	(2)
6.3 示值误差.....	(3)
6.4 重复性.....	(3)
6.5 响应时间.....	(4)
6.6 报警功能.....	(4)
6.7 漂移.....	(4)
7 校准结果的表达.....	(5)
8 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 二氧化碳检测报警器校准记录	(6)
附录 B 校准证书内页参考格式	(7)
附录 C 二氧化碳检测报警器示值误差校准结果不确定度评定（示例）	(8)

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》及 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》的要求和格式编写。

本规范为华北大区共建规范，为首次发布。

二氧化碳气体检测报警器校准规范

1 范围

本规范适用于非矿用二氧化碳气体检测报警器的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 635—2011 《一氧化碳、二氧化碳红外气体分析器》

GB 12358—2024 《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》

3 概述

二氧化碳气体检测报警器（以下简称“报警器”）主要用于检测作业场所中二氧化碳气体的浓度，通常由检测单元、信号处理单元、显示单元和报警单元等组成。报警器将检测到的二氧化碳气体转换成电信号，经检测单元处理并以浓度值显示。当示值达到报警设定值时，具有声、光或振动等报警动作。报警器按采样方式可分为扩散式和泵吸式，按使用方式可分为固定式和便携式。

4 计量特性

报警器的计量特性技术要求见表 1。

表 1 报警器的计量特性技术要求

序号	项目	技术指标	
1	示值误差	±5%FS	
2	重复性	≤2%	
3	响应时间	≤60 s	
4	报警功能	报警设定值可设定； 声、光或振动报警功能正常	
5	漂移	零点漂移	±2%FS
		量程漂移	±3%FS
注：1. “FS” 表示报警器的测量范围上限，下同。			
2. 以上技术指标不用于合格性判别，仅作参考。			

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(0~40)℃；

5.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ ；

5.1.3 工作环境应无影响检测报警器正常工作的干扰气体和电磁场，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

5.2.1 气体标准物质

氮(空气)中二氧化碳有证气体标准物质, 相对扩展不确定度不大于 2% ($k=2$)。当采用气体稀释装置时, 稀释后的标准气体应满足上述要求。

5.2.2 零点气体

纯度不小于 99.999% 的高纯氮气。

5.2.3 秒表

电子秒表: 1h 内, 最大允许误差不超过 $\pm 0.10\text{s}$ 。

机械秒表: 分辨率不大于 0.1s

5.2.4 气体流量计:

流量计测量范围 (0~1.5) L/min, 准确度级别不低于 4.0 级。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

报警器校准项目包括示值误差、重复性、响应时间、报警功能、漂移。

6.2 报警器的调整

按照报警器说明书要求对报警器进行预热。预热稳定后, 按以下方法校准报警器。

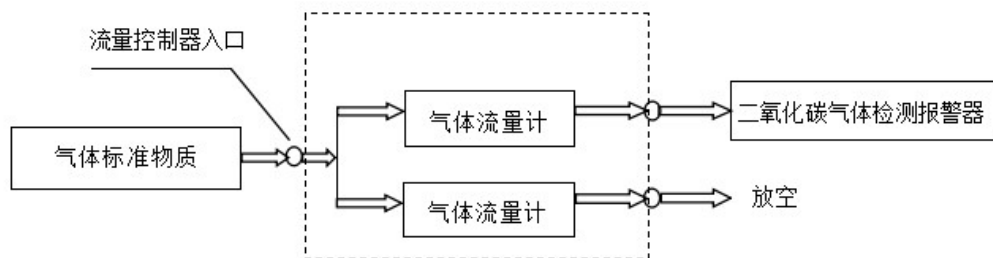


图 1 泵吸式二氧化碳气体检测报警器校准用设备连接示意图

校准泵吸式报警器时, 按图 1 所示连接气体标准物质、气体流量计和被检报警器, 气体流量计和旁路气体流量计均开启最大流量, 校准时保证旁路流量计有气体排出;



图 2 扩散式二氧化碳气体检测报警器校准用设备连接示意图

校准扩散式报警器时,按图 2 所示连接气体标准物质、气体流量计和被检报警器,应按照报警器说明书的要求调节流量,若报警器说明书没有明确要求,则流量一般控制在 (500 ± 50) mL/min。

报警器说明书中对报警器调整有明确要求的,按照其要求调整零点和规定浓度的示值;若报警器说明书中没有明确要求,则用高纯氮气调节报警器的零点,用约为满量程 50% 的气体标准物质调整报警器的示值,在此后实验中不再对报警器进行调整。

6.3 示值误差

按 6.2 设置流量,报警器零点示值稳定后,依次通入浓度约为满量程 20%、50% 和 80% 的气体标准物质,待读数稳定后记录报警器示值。每点重复测量 3 次,取 3 次示值的算术平均值作为报警器各浓度点的示值。按 (1) 式计算各浓度点的示值误差。对于具有多个量程的报警器,根据报警器不同量程分别选用相应浓度的气体标准物质。

$$\Delta C = \frac{\bar{C} - C_0}{R} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

ΔC ——报警器的示值误差, %FS;

$\bar{C}$ ——报警器示值的算术平均值, mol/mol;

C_0 ——通入报警器的气体标准物质的浓度值, mol/mol;

R ——报警器测量上限, mol/mol。

6.4 重复性

按 6.2 设置流量,通入浓度约为满量程 50% 的气体标准物质,记录报警器稳定示值 C_i ,撤去气体标准物质。待报警器示值稳定后,再通入上述浓度的气体标准物质,重复上述测量 6 次。重复性以单次测量的相对标准偏差来表示。按式 (2) 计算报警器的重复性 s_r 。

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

式中:

s_r ——单次测量的相对标准偏差, %;

C_i ——第 i 次测量的报警器示值, mol/mol;

$\bar{C}$ ——6 次测量的算术平均值, mol/mol;

n ——测量次数, $n=6$ 。

6.5 响应时间

按 6.2 设置流量, 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, 待报警器读数稳定, 记录报警器示值; 然后通入零点气体, 待报警器示值稳定后, 再通入上述浓度的气体标准物质, 同时启动秒表, 当报警器的示值达到第 1 次稳定值的 90% 时停止计时, 记录显示时间。按上述方法重复测量 3 次, 取 3 次测量的算术平均值作为报警器的响应时间。

6.6 报警功能

通入浓度大于报警设定值的气体标准物质, 当示值超过报警设定值时, 观察报警器声、光或振动报警功能是否正常, 并记录报警器报警时的示值。重复测量 3 次, 取 3 次测量的算术平均值作为报警器的报警值。

6.7 漂移

报警器的漂移包括零点漂移和量程漂移。

按 6.2 设置流量, 通入零点气体使报警器回零, 待报警器读数稳定后, 记录报警器初始零点显示值, 然后通入浓度约为满量程 80% 的气体标准物质, 记录报警器初始量程显示值, 撤去气体标准物质。便携式报警器每间隔 15 min 重复上述步骤一次, 连续运行 1 h。固定式报警每间隔 1 h 重复上述步骤一次, 连续运行 4 h。同时记录报警器第 i 次零点显示值及第 i 次量程显示值 ($i=1, 2, 3, 4$)。

按式 (3) 计算零点漂移 Δ_{zi} , 取绝对值最大的 Δ_{zi} 作为报警器的零点漂移。

$$\Delta_{zi} = \frac{A_{zi} - A_{z0}}{R} \times 100\% \quad (3)$$

按式 (4) 计算量程漂移 Δ_{si} , 取绝对值最大的 Δ_{si} 作为报警器的量程漂移。

$$\Delta_{si} = \frac{(A_{si} - A_{zi}) - (A_{s0} - A_{z0})}{R} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

A_{z0} ——报警器初始零点显示值, mol/mol;

A_{s0} ——报警器初始量程显示值, mol/mol;

A_{zi} ——报警器第 i 次零点显示值, mol/mol;

A_{si} ——报警器第 i 次量程显示值, mol/mol;

Δ_{zi} ——零点漂移, %FS;

Δ_{si} ——量程漂移, %FS;

7 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, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时, 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) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- 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。

8 复校时间间隔

建议复校间隔时间为1年, 使用特别频繁时应适当缩短。在使用过程中经过修理或更换重要器件后一般需重新校准。

由于复校间隔时间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, 用户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

二氧化碳检测报警器校准记录

委托单位			制造厂商						
规格型号			出厂编号						
测量范围			校准依据						
校准日期			校准环境条件		温度: ℃, 相对湿度: %				
校准地点			证书(记录)编号						
校准员			核验员						
校准所用计量标准									
名称		测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差			证书编号		有效期至	
序号	校准项目	校准结果							
1	示值误差	标气浓度 mol/mol	显示值			平均值	示值 误差 (%FS)	扩展不确定 度($k=2$)	
			1	2	3				
2	重复性	标气浓度 mol/mol	显示值(%)						重复性 (%)
			1	2	3	4	5	6	
3	响应时间	标气浓度 mol/mol	测量值					平均值(s)	
			1	2	3				
4	报警功能	报警动作值 mol/mol	1	2	3	平均值			
		声、光或振动 报警功能正常	是 ☐ 否 ☐						
5	漂移	时间	0min/ 0h	15min /1h	30min /2h	45min /3h	60min /4h	零点漂移 (%FS)	量程漂移 (%FS)
		零点值							
		量程值							

附录 B

校准证书内页参考格式

证书编号:				
校准地点及环境条件:				
校准地点				
温度	℃	相对湿度	%	
校准所用主要计量标准器具				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书编号	有效期至
校准结果				
校准项目	技术要求		校准结果	
示值误差	±5%FS		标气浓度值	示值误差
重复性	≤2%			
响应时间	≤60s			
报警功能	报警动作值(mol/mol)			
	声、光或振动报警		☐ 正常 ☐ 不正常	
漂移	零点漂移	±2%FS		
	量程漂移	±3%FS		

附录 C

二氧化碳检测报警器示值误差校准结果不确定度评定 (示例)

C.1 报警器的校准

C.1.1 环境条件: 符合本规范的环境条件。

C.1.2 测量标准: 二氧化碳气体有证标准物质, 相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=2\%$, $k=2$ 。

C.1.3 被测报警器: 二氧化碳检测报警器。测量范围: $(0\sim 5)\%$ 及 $(0\sim 100)\%$ 。

C.1.4 测量方法: 报警器零点稳定后, 按照报警器说明书调整零点和示值。依次分别通入浓度约为满量程 20%、50%、80%的气体标准物质。每点重复测量 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

测量模型以示值误差的形式给出:

$$\Delta c = \frac{\bar{c} - c_0}{R} \times 100 \% \quad (\text{式 1})$$

式中:

Δc ——报警器的示值误差, % FS;

$\bar{c}$ ——报警器的算术平均值, mol/mol;

c_0 ——气体标准物质浓度值, mol/mol;

R ——报警器测量上限, mol/mol。

根据测量模型, 各输入量的不确定度彼此不相关, 则合成标准不确定计算公式为:

$$u_c(\Delta c) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{c}) + c_2^2 u^2(c_0)} \quad (\text{式 2})$$

灵敏系数: $c_1 = \frac{\partial \Delta c}{\partial \bar{c}} = \frac{1}{R}$ $c_2 = \frac{\partial \Delta c}{\partial c_0} = -\frac{1}{R}$

$$u_c(\Delta c) = \frac{1}{R} \sqrt{u^2(\bar{c}) + u^2(c_0)} \quad (\text{式 3})$$

则:

C.3 测量不确定度来源

C.3.1 二氧化碳气体有证标准物质定值引入的不确定度。

C.3.2 测量重复性引入的不确定度。环境条件、人员操作、流量控制等各种随机因素, 体现在测量重复性中。

C.4 标准不确定度评定

C.4.1 二氧化碳气体有证标准物质定值引入的标准不确定度 $u(c_0)$

采用二氧化碳气体有证标准物质，其定值相对扩展不确定度为 2%，包含因子 $k=2$ ，则气体标准物质定值引入的标准不确定度为：

$$u(x_s) = \frac{a}{k} = \frac{c_0 \times 2\%}{2} \quad (\text{式 4})$$

校准点 1.01%: $u(x_s) = 0.01\%$

校准点 2.50%: $u(x_s) = 0.02\%$

校准点 4.00%: $u(x_s) = 0.04\%$

校准点 20.0%: $u(x_s) = 0.2\%$

校准点 49.9%: $u(x_s) = 0.5\%$

校准点 80.2%: $u(x_s) = 0.8\%$

C.4.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{c})$

对测量范围为(0~5)%的报警器分别通入浓度为 1.01%、2.50%、4.00%的二氧化碳气体有证标准物质，重复测量 10 次。对测量范围为(0~100)%的报警器分别通入浓度为 20.0%、49.9%、80.2%的二氧化碳气体有证标准物质，重复测量 10 次。具体测量数据列于表 1：

表 1 各校准点测量数据

测量范围为(0~5)%										
气体标准物质 浓度值 %	报警器示值%									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.01	1.14	1.16	1.17	1.09	1.18	1.14	1.10	1.09	1.15	1.19
2.50	2.66	2.69	2.73	2.64	2.75	2.70	2.69	2.78	2.77	2.65
4.00	4.13	4.11	4.10	4.09	4.16	4.13	4.09	4.12	4.14	4.16
测量范围为(0~100)%										
20.0	20.3	19.8	20.1	19.8	20.2	20.5	19.9	19.8	19.9	20.7
49.9	51.0	51.2	51.6	51.7	51.6	51.3	51.3	51.4	51.5	51.4
80.2	81.1	81.5	81.4	81.5	81.7	81.6	81.3	81.4	81.6	81.3

各检定点分别按式 5 计算实验标准偏差，各检定点相应的标准不确定度可按式 6 计算：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (c_i - \bar{c})^2}{10 - 1}} \quad (\text{式 } 5)$$

$$u(\bar{c}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{3}} \quad (\text{式 } 6)$$

注：本规范规定，每个校准点重复测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为报警器示值，故 $n=3$ 。

各校准点的实验标准偏差 s 与标准不确定度 $u_1(\bar{c})$ 的计算结果见表 2

表 2 各校准点的实验标准偏差 s 与标准不确定度 $u_1(\bar{c})$

测量范围为(0~5)%			
气体标准物质浓度值%	仪器示值(平均值)	s	$u(\bar{c})$
1.01	1.14	0.04	0.02
2.50	2.71	0.05	0.03
4.00	4.13	0.02	0.01
测量范围为(0~100)%			
20.0	20.10	0.32	0.18
49.9	51.40	0.21	0.12
80.2	81.44	0.18	0.10

C.4.3 报警器分辨力引入的标准不确定度 $u_2(\bar{c})$ ，采用 B 类方法进行评定。对测量范围为(0~5)%的报警器，分辨力为 0.01%，即区间半宽度为 0.005%，对测量范围为(0~100)%的报警器，分辨力为 0.1%，即区间半宽为 0.05%，假设为均匀分布，即 $k = \sqrt{3}$ ：

$$u_1(\bar{c}) = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029\% \quad u_2(\bar{c}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029\%$$

注：一般在重复性引入的标准不确定度和分辨力引入的标准不确定度两个中取较大者作为输入量 $u(\bar{c})$ 的标准不确定度。

因不同量程报警器分辨力引入的标准不确定度均小于测量重复性引入的标准不确定度，故忽略分辨力引入的标准不确定度。

C.5 合成标准不确定度

C.5.1 标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总见表 3

表 3 标准不确定度一览表

不确定度来源	浓度点 (%)	标准不确定度值 $u(\bar{c})$ (%)
测量重复性引入的标准不确定度	1.01	0.02
	2.50	0.03
	4.00	0.01
二氧化碳气体标准物质引入的标准不确定度 $u(c_0)$	1.01	0.01
	2.50	0.02
	4.00	0.04

不确定度来源	浓度点 (%)	标准不确定度值 $u(\bar{c})$ (%)
测量重复性引入的标准不确定度	20.0	0.18
	49.9	0.12
	80.2	0.10
二氧化碳气体标准物质引入的标准不确定度 $u(c_0)$	20.0	0.2
	49.9	0.5
	80.2	0.8

C.5.2 合成标准不确定度

合成标准不确定为:

$$u_c(\Delta c) = \frac{1}{R} \sqrt{u^2(\bar{c}) + u^2(c_0)} \quad (\text{式 7})$$

对于测量范围为(0~5)%的报警器:

校准点 1.01%: $u_c = 0.45\%FS$

校准点 2.50%: $u_c = 0.73\%FS$

校准点 4.00%: $u_c = 0.82\%FS$

对于测量范围为(0~100)%的报警器:

校准点 20.0%: $u_c = 0.27\%FS$

校准点 49.9%: $u_c = 0.52\%FS$

校准点 80.2%: $u_c=0.81\%FS$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则各检定点示值误差的扩展不确定度按式 8 计算:

$$U = k \cdot u_c \quad (\text{式 8})$$

对于测量范围为(0~5)%的报警器:

校准点 1.01%: $U=0.9\%FS$, $k=2$;

校准点 2.50%: $U=1.5\%FS$, $k=2$;

校准点 4.00%: $U=1.6\%FS$, $k=2$ 。

对于测量范围为(0~100)%的报警器:

校准点 20.0%: $U=0.6\%FS$, $k=2$;

校准点 49.9%: $U=1.1\%FS$, $k=2$;

校准点 80.2%: $U=1.7\%FS$, $k=2$ 。
