

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2114—2024

矿用二氧化碳气体检测报警器 校准规范

Calibration Specification for Carbon Dioxide Gas Detectors and
Alarms for Mining

2024-06-14 发布

2024-12-14 实施

国家市场监督管理总局 发布

矿用二氧化碳气体检测报警器 校准规范

Calibration Specification for Carbon Dioxide
Gas Detectors and Alarms for Mining

JJF 2114—2024

归口单位：全国环境化学计量技术委员会

起草单位：山东省计量科学研究院

济宁市质量计量检验检测研究院

国家矿山安全计量站

国家煤矿安全计量器具产品质量监督检验中心

本规范委托全国环境化学计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

郭 波（山东省计量科学研究院）

孙 文（济宁市质量计量检验检测研究院）

付建涛（国家矿山安全计量站）

李 梅（国家煤矿安全计量器具产品质量监督检验中心）

隋 峰（山东省计量科学研究院）

高 捷（山东省计量科学研究院）

赵 鑫（济宁市质量计量检验检测研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量特性	(1)
3.1 示值误差	(1)
3.2 重复性	(1)
3.3 响应时间	(1)
3.4 漂移	(1)
3.5 模拟信号传输误差	(1)
3.6 报警声级强度及报警动作值	(1)
4 校准条件	(2)
4.1 环境条件	(2)
4.2 校准用计量器具及配套设备	(2)
5 校准项目和校准方法	(3)
5.1 报警器的调整	(3)
5.2 示值误差	(3)
5.3 重复性	(3)
5.4 响应时间	(4)
5.5 漂移	(4)
5.6 模拟信号传输误差	(4)
5.7 报警声级强度及报警动作值	(5)
6 校准结果表达	(5)
7 复校时间间隔	(6)
附录 A 仿真电路技术要求	(7)
附录 B 矿用二氧化碳气体检测报警器校准记录	(8)
附录 C 校准证书内页格式	(10)
附录 D 报警器示值误差的测量不确定度评定示例	(11)

引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支持本规范制定工作的基础性系列规范。本规范的主要技术指标参考了 AQ 1052—2008《矿用二氧化碳传感器通用技术条件》。

本规范为首次发布。

矿用二氧化碳气体检测报警器 校准规范

1 范围

本规范适用于矿井作业环境中使用的测量范围为摩尔分数 0.00%~5.00% 的二氧化碳气体检测报警器的校准。

2 概述

矿用二氧化碳气体检测报警器（以下简称报警器）主要用于检测矿井作业环境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。报警器一般采用非色散红外原理，当显示值大于报警设定值时，具有声、光报警功能。按采样方式可分为扩散式和吸入式；按使用方式可分为便携式和固定式，固定式报警器还具有模拟信号输出功能。

3 计量特性

3.1 示值误差

示值误差应符合表 1 的规定。

表 1 示值误差

测量范围 (摩尔分数)	最大允许误差 (摩尔分数)
0.00%~1.00%	±0.10%
>1.00%~5.00%	±(0.05%+参考值的 5%)
注：参考值为二氧化碳气体标准物质的摩尔分数。	

3.2 重复性

不大于 2%。

3.3 响应时间

固定式不大于 30 s,便携式不大于 60 s。

3.4 漂移

零点漂移和量程漂移应不超过最大允许误差的 $\frac{1}{2}$ 。

3.5 模拟信号传输误差

不大于 0.5%。

3.6 报警声级强度及报警动作值

3.6.1 报警器的声光报警应正常。

3.6.2 固定式报警器的报警声级强度应不小于 80 dB(A);便携式报警器的报警声级强度应不小于 75 dB(A)。

3.6.3 报警光信号应能在黑暗环境 20 m 处清晰可见。

注:以上指标不是用于合格性判别,仅作参考。

4 校准条件

4.1 环境条件

4.1.1 环境温度:(15~35) °C。

4.1.2 相对湿度:不大于 85%。

4.1.3 应无影响报警器正常工作的气体 and 电磁场干扰,并保持通风。

4.2 校准用计量器具及配套设备

4.2.1 气体标准物质

氮(空气)中二氧化碳气体标准物质,其相对扩展不确定度应不大于 2%, $k=2$ 。

4.2.2 零点气体

采用纯度为 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)。

4.2.3 流量计

流量范围为(60~600) mL/min,准确度级别不低于 4.0 级。

4.2.4 频率计

频率范围为(10~3 000) Hz,准确度级别不低于 0.05 级。

4.2.5 声级计

测量范围为(30~130) dB(A),准确度级别不低于 2 级。

4.2.6 钢直尺

测量范围为(0~1 000) mm,分辨力不低于 1 mm。

4.2.7 秒表

电子秒表:1 h,最大允许误差 ± 0.10 s;

机械秒表:准确度等别不低于一等。

4.2.8 直流稳压电源

最高输出电压不低于 30 V;最大输出电流不低于 3 A。

4.2.9 仿真电路(2 km)

仿真电路技术要求详见附录 A。

4.2.10 减压阀和气路

使用与气体标准物质钢瓶配套的减压阀;减压阀、管路材质对被测气体应无吸附及化学反应。

4.2.11 扩散罩

对扩散式报警器应有与报警器配套的试验用扩散罩。

5 校准项目和校准方法

5.1 报警器的调整

报警器开机预热稳定后,按照图 1 连接各校准用设备。

校准吸入式报警器时,必须保证旁通流量计有气体排出。校准扩散式报警器时,应按照使用说明书的要求调节流量;若说明书中没有明确要求,则流量一般控制在 (200 ± 10) mL/min。

使用说明书中对报警器调整有明确要求时,按照说明书的要求调整零点和示值;若说明书中没有明确要求,则用零点气体和摩尔分数约为 2.5% 的二氧化碳气体标准物质调整报警器的零点和示值。在此后的校准过程中不得再次调整。

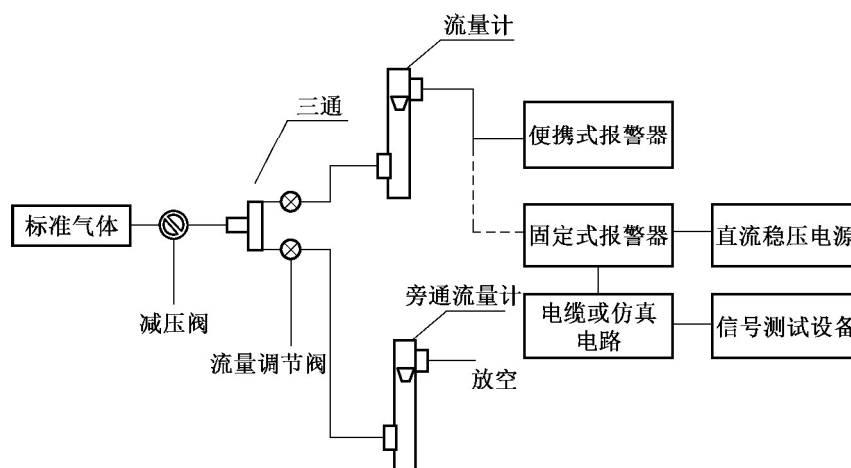


图 1 校准用设备连接示意图

5.2 示值误差

按 5.1 设置流量,分别通入摩尔分数约为 0.5%、1.5%、4.5% 的二氧化碳气体标准物质,待示值稳定后,记录报警器示值,通入零点气体待示值回零后,再通入上述气体标准物质。每点重复测量 3 次,取 3 次示值的算术平均值作为各点示值。按式(1)计算报警器的示值误差。

$$\Delta x = \bar{x} - x_s \quad (1)$$

式中:

Δx ——示值的绝对误差;

$\bar{x}$ ——3 次示值的算术平均值;

x_s ——二氧化碳气体标准物质摩尔分数。

5.3 重复性

按 5.1 设置流量,通入摩尔分数约为 2.5% 的二氧化碳气体标准物质,待示值稳定后,记录报警器示值 x_i 。通入零点气体待示值回零后,再通入上述气体标准物质,重复测量 6 次。按式(2)计算报警器的重复性 s_r ,重复性以单个测得值的相对标准偏差表示。

$$s_r = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2}{5}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

s_r ——单个测得值的相对标准偏差；

$\bar{x}$ ——6次示值的算术平均值；

x_i ——报警器第*i*次的示值。

5.4 响应时间

按 5.1 设置流量，通入零点气体使报警器示值回零，通入摩尔分数约为 2.5% 的二氧化碳气体标准物质，待示值稳定后，读取报警器示值。通入零点气体待示值回零后，再通入上述气体标准物质，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。

5.5 漂移

报警器的漂移包括零点漂移和量程漂移。

按 5.1 设置流量，通入零点气体，记录报警器稳定示值 x_{z0} ，然后通入摩尔分数约为 4.5% 的二氧化碳气体标准物质，记录稳定示值 x_{s0} ，撤去二氧化碳气体标准物质。固定式报警器连续运行 4 h，每间隔 1 h 重复上述步骤一次；便携式报警器连续运行 1 h，每间隔 15 min 重复上述步骤一次；同时记录稳定示值 x_{zi} 和 x_{si} ($i=1, 2, 3, 4$)。

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

$$\Delta_{zi} = x_{zi} - x_{z0} \quad (3)$$

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

$$\Delta_{si} = (x_{si} - x_{zi}) - (x_{s0} - x_{z0}) \quad (4)$$

5.6 模拟信号传输误差

对于固定式报警器，用直流稳压电源按报警器使用说明书中规定的电压为其供电，在报警器信号输出端接入 2 km 仿真电路（技术要求见附录 A），在仿真电路末端接上对应的信号测试设备，按 5.1 设置流量，分别通入摩尔分数约为 0.5%、1.5%、4.5% 的二氧化碳气体标准物质，待示值稳定后，记录报警器的示值 x_i 。同时测量并读取对应浓度的输出信号值 P_i ，通入零点气体至示值回零。每点重复测量 3 次，计算各点的示值算术平均值 $\bar{x}$ 和输出信号的算术平均值 $\bar{P}$ ，按式 (5) 将输出信号的算术平均值 $\bar{P}$ 换算为二氧化碳摩尔分数 $\bar{G}$ 。

$$\bar{G} = \left(\frac{G_m - G_0}{P_m - P_0} \right) \times (\bar{P} - P_0) \quad (5)$$

式中：

$\bar{G}$ ——各点的输出信号的算术平均值 $\bar{P}$ 换算的二氧化碳摩尔分数；

G_m ——输出模拟信号上限对应的二氧化碳摩尔分数；

G_0 ——输出模拟信号下限对应的二氧化碳摩尔分数；

P_m ——输出模拟信号上限标称值，Hz；

P_0 ——输出模拟信号下限标称值，Hz；

$\overline{P}$ ——各点的输出信号的算术平均值，Hz。

再按式（6）计算报警器各点的模拟信号传输误差，取最大的 Δ_x 作为模拟信号传输误差。

$$\Delta_x = \frac{|\overline{G} - \overline{x}|}{\overline{x}} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

Δ_x ——各点的模拟信号传输误差；

$\overline{G}$ ——各点的输出信号的算术平均值 $\overline{P}$ 换算的二氧化碳摩尔分数；

$\overline{x}$ ——各点的显示值算术平均值。

注：对采用数字信号传输的报警器 5.6 可略。

5.7 报警声级强度及报警动作值

5.7.1 通入摩尔分数约为报警设定值 1.5 倍的二氧化碳气体标准物质，当示值超过报警设定值时，观察报警器声、光报警是否正常，并记录报警器报警时的示值。重复测量 3 次，3 次示值的算术平均值为报警器的报警动作值。

5.7.2 报警声级强度用声级计测量，环境噪音应不大于 50 dB (A)。将声级计置于报警器的报警声响器轴心正前方 1 m 处，重复测量 3 次，取其算术平均值为其报警声级强度。

5.7.3 在黑暗环境中距报警器 20 m 处观察报警器的报警光信号。

6 校准结果表达

校准结果应反映在校准证书或校准报告上，校准证书或报告至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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。

7 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由报警器使用情况、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 1 年。如果对报警器的检测数据有怀疑或更换主要部件及修理后，应对报警器重新校准。

附录 A

仿真电路技术要求

模拟报警器至测试设备传输距离的仿真电路应符合以下要求：

- a) 应能模拟报警器至测试设备的 2 km 传输距离；
- b) 仿真电路参数按 $R=12.8\ \Omega/\text{km}$ 单芯、 $L=0.8\ \text{mH}/\text{km}$ 单芯、 $C=0.06\ \mu\text{F}/\text{km}$ 计算；
- c) 用平衡均匀电路，2 km 网络应符合图 A.1 规定，其中 R 为每 km 环路电阻的 1/4， L 为每 km 电感量的 1/4， C 为每 km 分布电容量；
- d) 仿真电路如图 A.1 所示。

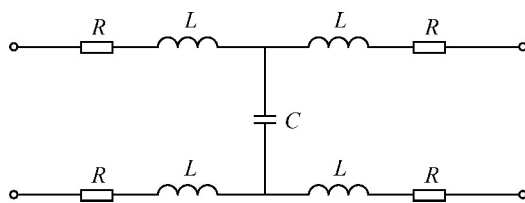


图 A.1 仿真电路

附录 B

矿用二氧化碳气体检测报警器校准记录

共×页 第×页

送校单位						证书编号			
仪器名称		仪器型号				出厂编号			
制造厂商				测量范围					
校准地点		环境温度				相对湿度			
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/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	气体标准物质摩尔分数	仪器示值(摩尔分数)			平均值 (摩尔分数)	示值误差 (摩尔分数)		
			1	2	3				
2	重复性	气体标准物质摩尔分数	仪器示值(摩尔分数)					重复性	
			1	2	3	4	5		6
3	响应时间	气体标准物质摩尔分数	响应时间 /s						
			1		2		3	平均值	
4	漂移	气体标准物质摩尔分数	仪器示值(摩尔分数)						
			0 h (0 min)	1 h (15 min)	2 h (30 min)	3 h (45 min)	4 h (60 min)		
		零点漂移 (摩尔分数)							
		量程漂移 (摩尔分数)							

共×页 第×页

校准日期： 年 月 日

附录 C

校准证书内页格式

校准结果

校准项目		校准结果		
示值误差		气体标准物质 摩尔分数	仪器示值 (摩尔分数)	示值误差 (摩尔分数)
重复性				
响应时间				
漂移	零点漂移 (摩尔分数)			
	量程漂移 (摩尔分数)			
模拟信号传输误差				
报警声级强度及 报警动作值	报警动作值 (摩尔分数)			
	报警声级强度 dB(A)			
	报警光信号			
示值误差的扩展不确定度				

附录 D

报警器示值误差的测量不确定度评定示例

D.1 测量方法

按照报警器使用说明书中的要求,调节流量并调整报警器的零点和示值。分别通入摩尔分数约为 0.5%、1.5%、4.5% 的二氧化碳气体标准物质,待示值稳定后,记录报警器示值,通入零点气体待示值回零后,再通入上述气体标准物质。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摩尔分数的差值为该报警器的示值误差。

D.2 测量模型

测量模型以示值误差的形式给出:

$$\Delta x = \bar{x} - x_s \quad (\text{D.1})$$

式中:

Δx ——示值误差;

$\bar{x}$ ——3 次示值的算术平均值;

x_s ——二氧化碳气体标准物质摩尔分数。

D.3 测量不确定度来源

D.3.1 二氧化碳气体标准物质引入的不确定度。

D.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,体现在测量重复性引入的不确定度中。

D.4 标准不确定度评定

D.4.1 二氧化碳气体标准物质引入的标准不确定度 $u(x_s)$

采用的氮中二氧化碳气体标准物质,其相对扩展不确定度为 2%,包含因子 $k=2$ 。则气体标准物质引入的标准不确定度为:

$$u(x_s) = \frac{a}{k} = \frac{x_s \times 2\%}{2} \quad (\text{D.2})$$

校准点 0.5%: $u(x_s) = 0.005\%$;

校准点 1.5%: $u(x_s) = 0.015\%$;

校准点 4.5%: $u(x_s) = 0.045\%$ 。

D.4.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{x})$

对于矿用二氧化碳气体检测报警器,分别通入摩尔分数约为 0.5%、1.5%、4.5% 的二氧化碳气体标准物质,重复测量 10 次。具体测量数据列于表 D.1。

表 D.1 各校准点测量数据

气体标准 物质摩尔分数	仪器示值(摩尔分数)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5%	0.45%	0.44%	0.48%	0.47%	0.48%	0.46%	0.45%	0.48%	0.48%	0.44%
1.5%	1.44%	1.44%	1.45%	1.46%	1.46%	1.45%	1.47%	1.48%	1.48%	1.47%
4.5%	4.36%	4.36%	4.38%	4.35%	4.37%	4.38%	4.35%	4.38%	4.35%	4.37%

各校准点分别按式(D.3)计算实验标准偏差,各校准点相应的标准不确定度可按式(D.4)计算:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10 - 1}} \quad (\text{D. 3})$$

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

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

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

表 D.2 各校准点的实验标准偏差 s 与标准不确定度 $u(\bar{x})$ 的计算结果

气体标准物质摩尔分数	仪器示值平均值 (摩尔分数)	s (摩尔分数)	$u(\bar{x})$ (摩尔分数)
0.5%	0.46%	0.018%	0.011%
1.5%	1.46%	0.015%	0.009%
4.5%	4.37%	0.013%	0.007%

D.5 合成标准不确定度

D.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D.3。

表 D.3 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源		标准不确定度符号	标准不确定度
二氧化碳气体标准物质 引入的标准不确定度	0.5%	$u(x_s)$	0.005%
	1.5%		0.015%
	4.5%		0.045%
测量重复性引入的标准 不确定度	0.5%	$u(\bar{x})$	0.011%
	1.5%		0.009%
	4.5%		0.007%

D.5.2 合成标准不确定度

各不确定度彼此不相关,则合成标准不确定度为:

$$u_c(\Delta x) = \sqrt{u^2(\bar{x}) + u^2(x_s)} \quad (\text{D. 5})$$

校准点 0.5%: $u_c = 0.013\%$;

校准点 1.5%: $u_c = 0.018\%$;

校准点 4.5%: $u_c = 0.046\%$ 。

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$,则各校准点示值误差的扩展不确定度按式(D.6)计算:

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

校准点 0.5%: $U = 0.03\%$, $k = 2$;

校准点 1.5%: $U = 0.04\%$, $k = 2$;

校准点 4.5%: $U = 0.09\%$, $k = 2$ 。
