

 JJF（有色金属）XXX—XXXX

中华人民共和国工业和信息化部

有色金属计量技术规范

中国人民共和国工业和信息化部发布

202X-XX-XX实施

202X-XX-XX发布

氩气浓度检测报警仪校准规范

Calibration Specification for

Argon Concentration Detection Alarm

（征求意见稿）

氩气浓度检测报警仪校准规范

Calibration Specification for

Argon Concentration Detection Alarm



JJF（有色金属）XXX-XXXX

归 口 单 位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西南铝业（集团）有限责任公司

参加起草单位：XXXX

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

XXXXXX

目 录

[引 言 III](#_Toc21871)

[1 范围 1](#_Toc2160)

[2 引用文件 1](#_Toc5939)

[3 概述 1](#_Toc28418)

[4 计量特性 1](#_Toc10494)

[5 校准条件 2](#_Toc28617)

[5.1 校准环境条件 2](#_Toc18966)

[5.2 校准用计量标准及配套设备 2](#_Toc5304)

[5.3 其他条件 3](#_Toc4456)

[5.3.1 外观与结构 3](#_Toc4456)

[5.3.2 标志和标识 3](#_Toc4456)

[5.3.3 开关量控制 3](#_Toc4456)

[5.3.4 报警功能 4](#_Toc4456)

[6 校准项目和校准方法 4](#_Toc2564)

[6.1 校准项目 4](#_Toc1751)

[6.2 校准方法 4](#_Toc16136)

[6.2.1 仪器校准前的调整 4](#_Toc4456)

[6.2.2 示值误差 4](#_Toc4456)

[6.2.3 重复性 5](#_Toc23108)

[6.2.4 响应时间 5](#_Toc25980)

[6.2.5 报警点误差 5](#_Toc12238)

[6.2.6 变送输出误差 6](#_Toc293)

[6.2.7 漂移 6](#_Toc12606)

[7 校准结果表达 7](#_Toc3072)

[8 复校时间间隔 8](#_Toc1517)

[附录A](#_Toc18843) [氩气浓度检测报警仪校准原始记录参考格式 9](#_Toc27617)

[附录B](#_Toc30731) [氩气浓度检测报警仪校准证书内页参考格式 11](#_Toc2512)

[附录C](#_Toc17451) [氩气浓度检测报警仪示值误差测量结果的不确定度评定示例 12](#_Toc20171)

[附录D](#_Toc103) [氩气浓度检测报警仪变送输出误差测量结果的不确定度评定示例 16](#_Toc8503)

引 言

本规范依据国家计量技术规范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》编制。

本规范参考了GB 12358-2006《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》和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》的技术内容。

本规范为首次发布。

氩气浓度检测报警仪校准规范

1. 范围

本规范适用于测量范围（0～100%）mol/mol氩气浓度检测报警仪（以下简称仪器）的校准，其他用于氩气浓度检测或报警的仪器也可参照本规范进行校准。

1. 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB 12358—2006 作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求

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

凡是注明日期的引用文件，仅注明日期的版本适用于本规范；凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

1. 概述

仪器的检测原理主要是热导型，利用混合气体导热系数随组分气体的体积百分含量不同而变化的物理特征进行测量。仪器的采样方式有扩散式和吸入式。仪器的结构形式有便携式和固定式两种。仪器主要由检测元件、放大电路、报警部分、显示部分、输出部分等组成，用于检测作业场所环境中氩气的浓度。如图1所示。



1-显示部分；2-壳体；3-检测元件；4-过滤罩；5-放大电路；6-报警部分；7-输出部分

图1 仪器结构图

1. 计量特性

仪器计量特性要求见表1。

表1 计量特性要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 要求 |
| 1 | 示值误差 | ±5%FS |
| 2 | 重复性 | ≤2% |
| 3 | 响应时间 | 扩散式 | ≤60s |
| 吸入式 | ≤30s |
| 4 | 报警点误差 | ±15% |
| 5 | 变送输出误差 | ±0.5%FS |
| 6 | 漂移 | 零点漂移 | ±2%FS |
| 量程漂移 | ±3%FS |

1. 校准条件
	1. 校准环境条件
		1. 环境温度：（15～35）℃。
		2. 相对湿度不大于 85%。
		3. 工作环境中应无影响仪器正常工作的电磁场及干扰气体，保持通风，采取相应的安全措施。
	2. 校准用计量标准及配套设备

校准仪器所用的计量标准及配套设备的技术要求见表2。

表2 计量标准及配套设备要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 计量标准及配套设备 | 技术要求 | 用途 |
| 1 | 气体标准物质 | 氩气气体标准物质，相对扩展不确定度不大于2%（*k*=2）。 | 提供标准浓度氩气 |
| 2 | 零点气体 | 净化处理后的压缩空气或高纯氮气，纯度不低于99.99%。 | 提供标准零点气体 |
| 3 | 秒表 | 分度值不大于0.1s | 测量响应时间 |

表2（续） 计量标准及配套设备要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 4 | 数字多用表 | 直流电流测量：（4~20）mA，直流电压测量：（0~10）V，不低于0.05级。测量开关量通断动作时，也可用万用表代替。数字多用表也可用其他满足要求的电流表或电压表代替。 | 用于测量仪器变送输出的标准电信号及开关量动作信号。 |
| 5 | 流量控制器 | 流量范围：（500～1000）mL/min或按照仪器说明书要求，流量大小可控制调节，不低于4级。 | 用于调节控制标准浓度气体的流量。 |
| 6 | 减压阀、气路和标定罩 | 使用与气体标准物质配套的减压阀、气路和标定罩材料，对被测气体应无吸附及化学反应。扩散式仪器应有专用标定罩。 | 用于组成校准仪器的气路系统。 |

* 1. 其他条件
		1. 外观与结构：仪器应满足GB 12358—2006中5.2的规定。仪器不应有影响其正常工作的外观损伤，新制造的仪器表面应颜色均匀平整，无剥落腐蚀的现象。仪器的显示应清晰完整，各旋钮和按键应能正常操作和控制。配有过滤罩的仪器，过滤罩应无堵塞，能保障气流通畅。
		2. 标志和标识：仪器的制造单位名称、型号、编号、制造日期、测量范围、最大允许误差、报警设定点、防爆标志等信息应齐全、清楚。仪器的测量范围及报警点设定应符合GB/T 50493—2019中5.5的规定。
		3. 开关量控制：具有报警信号开关量控制输出功能的仪器，按仪器说明书接线，用万用表或其他电测设备测试开关量输出接线端的电阻或通断，当仪器出现报警动作时，继电器等开关量输出应在报警动作时动作可靠。
		4. 报警功能：仪器应满足GB 12358—2006中5.3.1和5.3.2的规定。具有报警功能的仪器，其声光、振动等报警功能应正常。
1. 校准项目和校准方法
	1. 校准项目

校准项目有示值误差、重复性、响应时间、报警点误差、变送输出误差和漂移。

* 1. 校准方法
		1. 仪器校准前的调整

对仪器进行通电预热1h，预热稳定后，按图2所示连接气路。校准吸入式仪器时，必须保证旁通流量计有气体放出。校准扩散式仪器时，按5.2.5要求调节流量。若使用说明书中有明确要求，则按使用说明书的要求调整仪器的零点和量程。若使用说明书中没有明确要求，则用零点气体和满量程80%的气体标准物质调整仪器的零点和示值。



1-标准气体；2-减压器；3-流量控制器；4-标定罩；5-被校仪器；6-数字多用表

图2 仪器连接气路图

标准气体

* + 1. 示值误差

分别通入浓度为满量程20%、40%、60%、80%的气体标准物质，记录仪器稳定示值。每点重复测量3次，取3次的算术平均值作为仪器的示值。按式（1）计算仪器各浓度点的示值误差。

 （1）

式中：

——仪器示值误差；

——仪器示值的算术平均值，mol/mol；

——气体标准物质的浓度值，mol/mol；

——仪器满量程，mol/mol。

注：对具有标准电信号、RS485、无线传输或总线传输等模拟/数字信号传输功能且不带浓度显示的仪器，可采用计算机监控软件、报警控制器、制造单位提供的通讯器或专用通讯设备采集的显示读数作为仪器浓度示值。

* + 1. 重复性

通入浓度为满量程60%的气体标准物质，待仪器示值稳定后，记录仪器示值。然后通入零点气体使仪器回零，再通入上述浓度的气体标准物质，重复测量6次。重复性以单次测量的相对标准偏差来表示。按式（2）计算仪器的重复性。

 (2)

式中：

——仪器的重复性；

——仪器示值的算术平均值，mol/mol；

——仪器第i次测量的示值，mol/mol。

* + 1. 响应时间

通入零点气体调零后，再通入满量程60%的气体标准物质，读取稳定示值。然后通入零点气体使仪器回零，再通入上述浓度的气体标准物质，同时启动秒表，待仪器示值达到上述稳定值的90%，停止秒表，记录秒表显示的时间。按上述方法重复测量3次，取3次测量结果的算术平均值作为仪器的响应时间。

* + 1. 报警点误差

通入约1.5倍报警设定值浓度的气体标准物质，使仪器出现报警动作，观察仪器声光报警功能是否正常，记录仪器的报警浓度值。重复测量3次，3次测量结果的算术平均值为仪器的报警动作值。按式（3）计算仪器的报警点误差。

  （3）

式中：

——仪器报警点误差；

——仪器报警浓度的算术平均值，mol/mol；

——仪器报警设定值，mol/mol。

* + 1. 变送输出误差

仪器变送输出误差的校准可与仪器示值误差的校准同时进行，按仪器说明书接线。进行示值误差校准过程中，读取仪器稳定示值的同时用电测设备测量仪器标准模拟信号变送输出接线端的电流或电压值。按式（4）计算仪器的变送输出误差。

 （4）

式中：

——仪器变送输出误差；

——仪器变送输出示值的算术平均值，mA或V；

——仪器标准气体浓度值的理论变送输出值，mA或V；

——仪器变送输出的满量程，mA或V。

* + 1. 漂移

仪器的漂移包括零点漂移和量程漂移。

在正常工作条件下，仪器通电预热后，通入零点气体调零，记录仪器稳定示值，再通入满量程60%的气体标准物质，记录仪器稳定示值。撤去气体标准物质，通入零点气体，待仪器回零后撤去零点气体。对连续性测量的固定式仪器连续运行6h，每隔1h重复上述步骤一次，记录仪器的零点示值，通入上述同一气体标准物质，记录仪器稳定示值为。对非连续性测量的便携式仪器连续运行1h，按上述同样方法，每隔10min试验并记录读数一次。按式（5）计算仪器的零点漂移。

 (5)

式中：

——仪器零点漂移；

——仪器第i次测量的零点示值，mol/mol；

——仪器调零后的首次零点示值，mol/mol；

——仪器满量程，mol/mol。

取绝对值最大的作为仪器的零点漂移。

按式（6）计算仪器的量程漂移：

  (6)

式中：

——仪器量程漂移；

——仪器第i次测量的浓度示值，mol/mol；

——仪器调零后的首次浓度示值，mol/mol；

——仪器满量程，mol/mol。

取绝对值最大的作为仪器的量程漂移。

1. 校准结果表达

经校准的氩气浓度检测报警仪出具校准证书，校准原始记录参考格式见附录A，校准证书（报告）参考格式见附录B。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：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如与实验室的地址不同）；
4. 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 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；
8. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
9. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
10. 校准环境的描述；
11. 校准结果及测量不确定度的说明；
12. 对校准规范的偏离的说明；
13. 校准证书批准人的签名或等效标识；
14. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
15. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。
16. 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。送校单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔，在使用过程中氩气浓度检测报警仪经过调零、修理、更换重要部件的需要重新校准。

附录A

## 氩气浓度检测报警仪校准原始记录参考格式

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 记录编号: |  | 证书编号： |  |
| 送校单位 |  | 制造厂 |  |
| 仪器名称 |  | 规格型号 |  | 仪器编号 |  |
| 校准地点 |  | 环境温度 | ℃ | 环境湿度 | %RH |
| 校准依据 |  |
| 校准用主要测量标准： |
| 名称 | 型号规格 | 技术特征 | 仪器编号 | 证书编号 | 有效期 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 校准项目： |

|  |
| --- |
| 其他条件：外观与结构： ；标志和标识： ；报警功能： ；开关量控制：  |
| 1. 示值误差： |
| 标准气体浓度值（ ） | 仪器示值（ ） | 平均值（ ） | 示值误差 | 校准不确定度 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 2. 重复性：标准气体浓度值（ ） |
| 仪器示值（ ） |  |  |  |  |  |  |
| 重复性 |  |
| 3. 响应时间：标准气体浓度值（ ） |
| 响应时间测定值(s) |  |  |  |
| 响应时间平均值(s) |  |
| 4. 报警点误差:标准气体浓度值（ ） |
| 报警设定值 |  | 仪器报警值 | 报警点误差 |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 |
| 实测报警值 |  |  |  |  |  |
| 5. 变送输出误差： |
| 标准气体浓度值（ ） | 理论输出值（ ） | 仪器变送输出示值（ ） | 平均值（ ） | 变送输出误差 | 校准不确定度 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6. 漂移:标准气体浓度值（ ） |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 ( ) |  |  |  |  |  |  |
| 仪器零点值( ) |  |  |  |  |  |  |
| 通入标准气体仪器示值( ) |  |  |  |  |  |  |
| 零点漂移 |  | 量程漂移 |  |

附录B

## 氩气浓度检测报警仪校准证书内页参考格式

**校准结果**

其他条件：外观与结构： 标志和标识： 报警功能： 开关量控制：

1. 示值误差：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准气体浓度值（ ） | 示值误差 | 校准不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. 重复性：
2. 响应时间：
3. 报警设定点： 报警点误差：
4. 变送输出误差：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准气体浓度值（ ） | 变送输出误差 | 校准不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. 漂移：

零点漂移： 量程漂移：

附录C

## 氩气浓度检测报警仪示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被测对象

被校准仪器为一台测量范围（0～100%）mol/mol的氩气浓度检测报警仪（以下简称仪器）。

C.1.2 测量标准

表C.1中给出了测量标准及主要技术指标。

表C.1 测量标准技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 测量标准或设备 | 主要技术指标 |
| 1 | 空气中氩气标准气体 | 相对扩展不确定度：*U*=2%，*k*=2。 |
| 2 | 气体质量流量计 | 准确度等级为4级、测量范围（0～2）L/min。 |
| 3 | 气体质量流量计 | 准确度等级为4级、测量范围（0～20）L/min。 |
| 4 | 气体减压器 | 准确度等级为2.5级。 |

C.1.3 测量方法

按6.2的规定将空气中氩气标准气体通入到仪器中，控制好要求的流量，重复3次，记录稳定示值。

C.1.4 测量环境

温度为（15～35）℃，相对湿度不大于85% 。

C.2 测量模型

 （C.1）

式中：

——仪器示值误差，mol/mol；

——仪器示值，mol/mol；

——标准气体浓度，mol/mol。

C.3 测量不确定度来源分析

仪器示值校准过程中，在保证环境温湿度满足规程要求，并保证气路密封完好、压力稳定等条件下，气体质量流量计的准确度等级、流量控制准确性、周围环境等对仪器示值校准不确定度影响量可不考虑。那么，测量不确定度来源主要有测量重复性、仪器分辨力、标准气体不确定度等。

C.4 标准不确定度分量评定

C.4.1 由输入量引起的不确定度分量

C.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

对一台测量范围（0～100%）mol/mol的仪器，重复条件下，在50%mol/mol标准气体浓度点连续测量10次，得到数据见表C.2：

表C.2 测量标准技术指标

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **示值V/**（%mol/mol） | **49** | **50** | **50** | **49** | **50** | **50** | **49** | **50** | **50** | **50** |

**其算术平均值为：**

 （C.2）

**单次实验标准差为：**

 （C.3）

**由于实际校准过程中是测量3次取平均值作为误差计算依据，则测量重复性引入的不确定为：**

 （C.4）

C.4.1.2 由仪器分辨力引入的不确定度分量

**被测仪器的分辨力为1%**mol/mol**，属B类评定，服从均匀分布，则：**

 （C.5）

**根据规定，重复性引入的不确定度分量与分辨力引入的不确定度分量，两者取大值，则****。**

C.4.2 由输入量引起的不确定度分量

**输入量****的不确定度分量主要由标准气体的扩展不确定度引入，标准气体的**相对扩展不确定度为：*U*=2%，*k*=2。属B类评定，服从正态分布，则在50%mol/mol浓度时：

 （C.6）

C.5 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总见表C.3所示：

表C.3 标准不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准不确定度来源 | 符号 | 标准不确定度/mol/mol |
| 1 | **输入量****引起** |  | 0.29% |
| 1.1 | **测量重复性** |  | 0.28% |
| 1.2 | **仪器分辨力** |  | 0.29% |
| 2 | **输入量****引起** |  | 0.5% |

C.6 合成标准不确定度的计算

合成标准不确定度按下式计算：

**  （C.7）

C.7 扩展不确定度的评定

取包含因子*k*=2，示值误差测量结果扩展不确定度为：

** （C.8）

则相对扩展不确定度为：

** （C.9）

故，该氩气浓度检测报警仪在50%mol/mol校准点的示值误差为49.7%mol/mol，其扩展不确定度为：*U*rel=2.3%，*k*=2。

附录D

## 氩气浓度检测报警仪变送输出误差测量结果的不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 被测对象

被校准仪器为一台测量范围（0～100%）mol/mol，变送输出信号为（4～20）mA的氩气浓度检测报警仪（以下简称仪器）。

D.1.2 测量标准

表D.1给出了测量标准及主要技术指标。

表D.1 测量标准技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 测量标准或设备 | 主要技术指标 |
| 1 | 空气中氩气标准气体 | 相对扩展不确定度：*U*=2%，*k*=2。 |
| 2 | 气体质量流量计 | 准确度等级为4级,测量范围（0～2）L/min,（0～20）L/min。 |
| 3 | 气体减压器 | 准确度等级为2.5级。 |
| 4 | 过程校验仪 | 测量直流电流（4～20）mA，准确度等级0.02级。 |

D.1.3 测量方法

按6.6的规定将空气中氩气标准气体通入到氩气浓度检测报警仪中，控制好要求的流量，重复3次，记录稳定示值。

D.1.4 测量环境

温度为（15～35）℃，相对湿度不大于85% 。

D.2 测量模型

 （D.1）

式中：

——仪器变送输出误差，mA或V；

——仪器变送输出示值，mA或V；

——仪器变送输出量程，mA或V；

——仪器量程，mol/mol；

——标准气体浓度，mol/mol。

D.3 测量不确定度来源分析

仪器变送输出误差校准过程中，在保证环境温湿度满足规程要求，并保证气路密封完好、压力稳定等条件下，气体质量流量计的准确度等级、流量控制准确性、周围环境等对仪器变送输出校准不确定度影响量可不考虑。那么，测量不确定度来源主要有测量重复性、仪器分辨力、标准气体不确定度、过程校验仪准确度等。

D.4 标准不确定度分量评定

D.4.1 由输入量引起的不确定度分量

D.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

对一台测量范围（0～100%）mol/mol的仪器，变送输出（4~20）mA，重复条件下，在50%mol/mol标准气体浓度点（理论变送输出值为12mA）连续测量10次，得到数据见表D.2：

表D.2 测量标准技术指标

|  |  |
| --- | --- |
| **序号** | **变送输出示值/mA** |
| **1** | **12.0233** |
| **2** | **12.0145** |
| **3** | **12.0097** |
| **4** | **12.0158** |
| **5** | **12.0248** |
| **6** | **12.0125** |
| **7** | **12.0336** |
| **8** | **12.0118** |

表D.2（续） 测量标准技术指标

|  |  |
| --- | --- |
| **9** | **12.0197** |
| **10** | **12.0231** |

**其算术平均值为：**

 （D.2）

**单次实验标准差为：**

 （D.3）

**由于实际校准过程中是测量3次取平均值作为误差计算依据，则测量重复性引入的不确定为：**

 （D.4）

D.4.1.2 由仪器分辨力引入的不确定度分量

**过程校验仪的直流电流测量分辨力为0.0001mA，属B类评定，服从均匀分布，则：**

 （D.5）

**根据规定，重复性引入的不确定度分量与分辨力引入的不确定度分量，两者取大值，则****。**

D.4.2 由输入量引起的不确定度分量

D.4.2.1 标准气体引入的标准不确定度分量$u\_{a1}$

**标准气体的**相对扩展不确定度为：*U*=2%，*k*=2。属B类评定，服从正态分布，灵敏系数为16mA/（mol/mol），则：

 （D.6）

D.4.2.2 过程校验仪的标准不确定度分量$u\_{b1}$

过程校验仪的准确度等级为0.02级，服从均匀分布，在16mA测量点的不确定度为：

 （D.7）

D.5 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总见表D.3所示：

表D.3 标准不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准不确定度来源 | 符号 | 标准不确定度/mA |
| 1 | **输入量****引起** |  | 0.0043 |
| 1.1 | **测量重复性** |  | 0.0043 |
| 1.2 | **仪器分辨力** |  | 0.000029 |
| 2 | **输入量****引起** |  | 0.08 |
| 2.1 | **标准气体不确定度** |  | 0.08 |
| 2.2 | **过程校验仪准确度** |  | 0.0014 |

D.6 合成标准不确定度的计算

合成标准不确定度按下式计算：

**  （D.8）

D.7 扩展不确定度的评定

取包含因子*k*=2，示值误差测量结果扩展不确定度为：

** （D.9）

  （D.10）

故，该氩气浓度检测报警仪在50%mol/mol校准点的变送输出误差为12.0189mA，其扩展不确定度为：*U*=1.1%FS，*k*=2