



新疆维吾尔自治区地方计量技术规范

JJF（新）146—2024

可燃气体和有毒气体检测报警控制系统 校准规范

Calibration Specification for Combustible and Toxic Gas Detection
Alarm Control Systems

2024-12-31 发布

2025-06-30 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 发布

可燃气体和有毒气体检测报警 控制系统校准规范

JJF(新)146—2024

Calibration Specification for Combustible
and Toxic Gas Detection Alarm Control Systems

归口单位：新疆维吾尔自治区市场监督管理局

主要起草单位：中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司
新疆维吾尔自治区计量测试研究院
新疆维吾尔自治区市场监督审核评价中心

参加起草单位：新疆维吾尔自治区计量测试研究院
中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司
中国石油天然气股份有限公司独山子石化公司

本规范委托新疆维吾尔自治区物理化学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

苏宇辰（中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司）

赵立（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

何玉龙（中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司）

杨艳霞（新疆维吾尔自治区市场监督审核评价中心）

参加起草人：

常新春（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

周杰（中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司）

邓鹏（中国石油天然气股份有限公司独山子石化公司）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 GDS	(1)
3.2 GDS 控制器	(1)
3.3 示值误差一致性	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 校准用计量器具及配套设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 GDS 控制器外观及通电检查	(4)
7.2 GDS 控制器的调整	(4)
7.3 GDS 报警功能及控制功能检查	(4)
7.4 示值误差	(5)
7.5 重复性	(6)
7.6 响应时间	(6)
7.7 负载特性	(7)
7.8 日计时误差	(8)
8 校准结果表达	(8)
9 复校时间间隔	(9)
附录 A1 可燃气体和有毒气体检测报警控制系统原始记录格式 (参考)	(10)
附录 A2 可燃气体和有毒气体检测报警控制器原始记录格式 (参考)	(13)
附录 B1 证书内页格式	(16)
附录 B2 证书内页格式	(17)
附录 C GDS 控制器示值误差的测量不确定度评定实例	(18)
附录 D GDS 控制系统示值误差的测量不确定度评定实例	(22)

引 言

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》共同构成本规范制定的基础性系列规范。

本规范的主要校准方法参考了 JJG 1161-2019《矿用硫化氢气体检测仪检定规程》、JJG 678-2007《催化燃烧式甲烷测定器检定规程》、JJF 1048-1995《数据采集系统校准规范》、GB 16808-2008《可燃气体报警器控制器》、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》、GB 12358-2006《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》等标准和技术法规。

本规范为首次发布。

可燃气体和有毒气体检测报警控制系统 校准规范

1 范围

本规范适用于固定式可燃气体和有毒气体检测报警控制系统(GDS)的校准。

本规程不适用于无线传输、矿用的固定式可燃气体和有毒气体检测报警控制系统(GDS)的校准

2 引用文件

JJG 678-2007 催化燃烧式甲烷测定器检定规程

JJG 1161-2019 矿用硫化氢气体检测仪检定规程

JJF 1048-1995 数据采集系统校准规范

GB 12358-2006 作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求

GB 16808-2008 可燃气体报警器控制器

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

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；

3 术语

3.1 GDS 控制系统 Gas Detection System

可燃气体和有毒气体检测报警系统。

[GB/T 50493-2019，前言]

3.2 GDS 控制器 GDS Controller

接收可燃气体和有毒气体检测报警器发出浓度信号值的控制单元，能够显示控制及数据存储。

3.3 示值误差一致性 Consistency of indication error

GDS 控制器显示值与可燃气体、有毒气体检测报警器显示值一致程度。

4 概述

GDS 系统由安装在现场的可燃气体和有毒气体探测器和安装在控制室内的控制单元、数据采集模块、工作站等组成。固定式可燃气体和有毒气体检测报警器通过 GDS 系统（气体检测报警系统）可以实现集实时监测、预警处理、远程控制、设备管理于一体。

可燃气体和有毒气体检测报警器将采集的气体浓度转换成模拟信号、数字信号（有线数字信号、无线数字信号）传输至 GDS, GDS 同步显示、保存检测值，根据检测值与设定报警值进行比较，当检测到的浓度值超过或低于设定报警器值时，开启声光报警器或启停相关设备。

5 计量特性

计量特性要求见表 1

表 1 计量特性要求

项目	在线 GDS 控制系统	GDS 控制器
示值误差	满足可燃气体、有毒气体检测报警器检定规程或校准规范规定的示值误差要求。	$\pm 3\%FS$
示值误差一致性	$\pm 3\%FS$	/
重复性	满足可燃气体、有毒气体检测报警器检定规程或校准规范规定的重复性要求。	$\leq 2\%$
响应时间	满足可燃气体、有毒气体检测报警器检定规程或校准规范规定的响应时间要求。	$\leq 10s$

报警功能	声、光报警及控制连锁功能应正常	
日计时误差	$\leq 30\text{s}$	
负载特性	/	$\leq 0.5\%FS$
<p>注：1、FS 表示仪器满量程。</p> <p>2、在线 GDS 控制系统不进行负载特性的校准。</p> <p>3、GDS 控制器不进行示值误差一致性的校准。</p>		

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（15～35）℃。

6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.1.3 应无影响 GDS 控制器正常工作的电磁场。

6.2 校准用计量器具及配套设备

6.2.1 气体标准物质

采用由国家计量行政部门批准的有证气体标准物质（简称标准气体），其测量范围、相对扩展不确定度应满足各气体检测报警器检定规程或校准规范的要求。

6.2.2 电子秒表

分度值不大于 0.01s，日计时误差： $\pm 0.5\text{s}$ 。

6.2.3 电阻箱

测量范围（0～1000） Ω ，准确度等级不低于 0.5 级。

6.2.4 直流电流表

测量范围 DC：（0～30）mA，准确度等级不低于 0.2 级。

6.2.5 标准信号源

测量范围 DC：（0～30）mA，准确度等级不低于 0.1 级。

6.2.6 通用电子计数器

测量范围（0.1MHz～1.05GHz），MPE： $\pm 1 \times 10^{-5}$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 GDS 控制器外观及通电检查

7.1.1 外观及通电检查

7.1.2 GDS 控制器主电源应采用 220V、50Hz 交流电源，电源线输入端应设接线端子且应设有保护接地端子。

7.1.3 GDS 控制器应具有中文功能标注。

7.1.4 GDS 控制器应具有声、光报警功能以及信息储存、调用、浓度显示等功能。

7.1.5 GDS 控制器应有报警计时装置。

7.1.6 GDS 控制器通电后应能正常工作，显示清晰、完整。

7.2 GDS 控制器的调整

按 GDS 控制器使用说明书的要求对仪器进行预热，使 GDS 控制器处于稳定的工作状态。根据可燃气体、有毒气体检测报警器的量程、测量种类、报警设定点、单位对 GDS 控制器进行调整，使 GDS 控制器每一通道与其相对应的可燃气体、有毒气体检测报警器量程、测量种类、报警设定点、单位保持一致。

7.3 GDS 报警功能及控制功能检查

7.3.1 在线 GDS 控制系统报警功能及控制功能检查

通入大于 GDS 控制器报警设定点浓度的气体标准物质，当 GDS 控制器显示示值超过报警设定值时，观察 GDS 控制器声、光报警是否正常；GDS 控制系统有控制连锁功能，观察控制连锁动作值是否正常。

7.3.2 GDS 控制器报警功能及控制功能检查

使用标准信号源输出大于 GDS 控制器报警设定点（mA 值）的信号值，按公式（1）计算：观察 GDS 控制器声、光报警是否正常；GDS 控制器有控制连锁功能，观察控制连锁动作值是否正常。

$$A_b = \frac{A_m}{R} \times X_b + A_0 \quad (1)$$

式中：

A_b ——报警设定点对应值，mA；

A_m ——气体检测报警器输出量程，mA；

A_0 ——气体检测报警器输出理论下限值，mA；

R ——气体检测报警器的量程， $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%；

X_b ——GDS 控制器报警设定点, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

注: 1、模拟信号输入适用于 7.3.1、7.3.2 的校准。

2、数字信号输入仅适用于 7.3.1 的校准。

7.4 示值误差

7.4.1 在线 GDS 控制系统示值误差

7.4.1.1 GDS 控制器显示值与通入的气体标准物质标准值的示值误差满足可燃气体、有毒气体检测报警器检定规程或校准规范规定的示值误差要求。

注: 1、需满足 7.4.1.1 示值误差要求后, 方可进行 7.4.1.2 示值误差一致性的校准。

7.4.1.2 在线 GDS 控制系统示值误差一致性

按照各气体检测报警器检定规程或校准规范规定的检定点, 依次对可燃气体、有毒气体检测报警器通入标准气体, 待 GDS 控制器显示值稳定后, 同时读取 GDS 控制器显示值和现场气体检测报警器显示值, 每种浓度重复测量三次, 取其算术平均值作为 GDS 控制器显示值 ($\overline{X_G}$) 和现场气体检测报警器显示值 ($\overline{X_j}$)。在线 GDS 控制系统示值误差一致性按公式 (2) 计算:

$$\Delta X_z = \frac{(\overline{X_G} - X_0) - (\overline{X_j} - X_0)}{R} \times 100\%FS = \frac{\overline{X_G} - \overline{X_j}}{R} \times 100\%FS \quad (2)$$

式中:

ΔX_z ——在线 GDS 控制系统示值误差一致性, %FS;

$\overline{X_G}$ ——GDS 控制器显示平均值, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

$\overline{X_j}$ ——现场气体检测报警器显示平均值, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

X_0 ——气体标准物质, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

R ——现场气体检测报警器量程, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

7.4.2 GDS 控制器示值误差

使用标准信号源模拟各气体检测报警器的输出信号 (mA), 校准点为各气体检测报警器量程的下限值、中值、上限值, 重复测量三次, 取其算术平均值作为 GDS 控制器示值, 示值误差按公式 (3) 计算:

$$\Delta X_f = \frac{\overline{X_G} - \left[\frac{R}{A_m} \times (A_x - A_0) \right]}{R} \times 100\% \text{FS} \quad (3)$$

式中:

ΔX_f ——GDS 控制器示值误差, %FS;

$\overline{X_G}$ ——GDS 控制器显示平均值, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

A_m ——GDS 控制器输入量程, 16mA;

R ——GDS 控制器量程, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

A_x ——标准信号源输出值, mA;

A_0 ——GDS 控制器输入理论下限值, 4mA;

7.5 重复性

7.5.1 在线GDS控制系统重复性

通入各气体检测报警器检定规程或校准规范规定重复性浓度的气体标准物质, 待 GDS 控制器显示值稳定后记录示值。重复上述测量步骤 6 次, 分别记录读数 X_i , 按公式

(4) 计算相对实验标准偏差为重复性:

$$s_r = \frac{1}{\overline{X}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (X_i - \overline{X})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

X_i ——GDS 控制器显示值第 i 次测量的示值;

\overline{X} ——GDS 控制器显示值示值 6 次的算术平均值;

7.5.2 GDS 控制器重复性

使用标准信号源模拟各气体检测报警器 50% 量程的输出信号 (mA), 待 GDS 控制器显示值稳定后记录示值。重复上述测量步骤 6 次, 分别记录读数 X_i , 按公式 (4) 计算相对实验标准偏差为 GDS 控制器重复性。

7.6 响应时间

7.6.1 在线 GDS 控制系统响应时间

通入零点气体校准仪器零点后, 通入各气体检测报警器检定规程或校准规范规定的响应时间浓度的气体, 记录 GDS 控制系统显示的稳定示值, 然后通入零点气体使仪器回零, 再次通入各气体检测报警器检定规程或校准规范规定的响应时间浓度的气体, 同时用表秒记录从通入气体标准物质瞬时起到在线 GDS 控制系统显示的稳定示值 90% 的时间, 重复测量 3 次, 取 3 次测量的算术平均值作为 在线 GDS 控制系统的响应时间。

7.6.2 GDS 控制器响应时间

使用标准信号源模拟各气体检测报警器 50% 量程的输出信号 (mA), 模拟信号输出的同时启动秒表, 待 GDS 控制器显示值稳定后停止秒表, 重复测量 3 次, 取 3 次测量的算术平均值作为该仪器的响应时间。

7.7 负载特性

检定、校准的各气体检测报警器如用于 GDS 控制系统应校准其输出信号及输出信号的负载特性。将气体检测报警器输出端串接电阻箱, 按照各气体检测报警器检定规程或校准规范规定的检定点或校准点进行校准, 使用直流电流表分别读取各气体检测报警器在外接负载为 $0\ \Omega$ 和 $300\ \Omega$ 时的输出信号值 (mA), 每点测量三次, 取其算术平均值为该报警器各点的输出信号值, 按公式 (5) 计算输出信号值转换为各气体检测报警器对应的气体浓度值。按公式 (6) 计算其负载误差:

$$X_d = \frac{R}{A_m} \times (A_x - A_0) \quad (5)$$

式中:

X_d —— 输出信号值转换为对应的气体浓度值, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

A_m —— 气体检测报警器输出量程, mA;

R —— 气体检测报警器量程, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

A_x —— 直流电流表测量值, mA;

A_0 —— 气体检测报警器输出理论下限值, mA;

$$\Delta X_z = \frac{\overline{X_{d300}} - \overline{X_{d0}}}{R} \times 100\% \text{FS} \quad (6)$$

式中:

ΔX_z —— 气体检测报警器负载误差, %FS;

\overline{X}_{d300} ——负载为 300 Ω 时报警器显示的平均值, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

\overline{X}_{d0} ——负载为 0 Ω 时报警器显示的平均值, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

R ——气体检测报警器量程, $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%;

7.8 日计时误差

7.8.1 具有物联网自动校时功能的控制系统, 无需进行日计时误差校准。

7.8.2 不具有物联网自动校时功能的控制系统并且 GDS 控制系统有时钟脉冲输出端子的, 使用通用计数器校准日计时误差。

7.8.3 无时钟脉冲输出端子, 用秒表计时 24h 的误差作为该仪器的日计时误差。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映, 校准证书或报告至少包括以下信息;

- a) 标题, 如“校准证书”或“校准报告”;
- 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) 送校单位的名称和地址;
- 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受日期;
- 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, 包括名称及编号;
- 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, 校准员、核验员的签名以及校准日期;
- 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, 不得部分复制证书或报告的声明;

校准原始记录格式见附录A1、A2，校准证书内页格式见附录B1、B2，测量不确定度评定示例见附录C、附录D。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由 GDS 控制系统的使用情况、使用者、GDS 控制系统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 GDS 控制系统的检测数据有怀疑或 GDS 控制系统更换主要部件及修理后，建议对 GDS 控制系统重新校准。

附录 A1

可燃气体和有毒气体检测报警控制系统（在线）

原始记录格式（参考）

委托单位：_____ 证书编号：_____ 仪器型号：_____

仪器编号：_____ 制造厂商：_____ 校准地点：_____

校准环境温度：_____℃ 湿度：_____ %RH

校准依据：_____

测量标准及主要配套设备	仪器名称	型号规格	出厂编号	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书号	有效日期

一、外观及通电检查：_____

二、报警功能检查：_____

三、示值误差：

通道/ 测量气体	量程	标准气体 浓度值	现场气体报警器显示值		在线 GDS 控制系统显示值		在线 GDS 控 制系统示值 误差	在线 GDS 控制系统 示值误差 一致性	在线 GDS 控制 系统示值误差 的扩展不确定 度
			显示值	平均值	显示值	平均值			

四、重复性：

通道	测量气体	示值 1	示值 2	示值 3	示值 4	示值 5	示值 6	平均值	重复性
----	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

五、响应时间及日计时误差：

通道	测量气体	响应时间			平均值	日计时误差

校准员：_____ 核验员：_____ 校准日期：_____

附录 A2

可燃气体和有毒气体检测报警控制器

原始记录格式（参考）

委托单位：_____ 证书编号：_____ 仪器型号：_____

仪器编号：_____ 制造厂商：_____ 校准地点：_____

校准环境温度：_____℃ 湿度：_____ %RH

校准依据：_____

测量标准及主要配套设备	仪器名称	型号规格	出厂编号	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书号	有效日期

一、外观及通电检查：_____

二、报警功能检查：_____

三、示值误差：_____

通道/ 测量气体	量程	输出标准信号值	GDS 控制器显示值		GDS 控制器示值 误差	GDS 控制器示值 误差的扩展不确 定度
			显示值	平均值		

四、重复性：

通道	输出标准 信号值	示值 1	示值 2	示值 3	示值 4	示值 5	示值 6	平均值	重复性

五、响应时间及日计时误差：

通道	输出标准 信号值	响应时间			平均值	日计时误差

六、负载特性：

标准气体 物质	报警器显 示值	平均值	报警器输出信号对应 浓度值（负载：0Ω）	平均值	报警器输出信号对应浓 度值（负载：300Ω）	平均值	负载误差 ΔX_z

校准员：_____ 核验员：_____ 校准日期：_____

附录 B1

证书内页格式

校准结果（在线）

校准项目		校准结果			
		可燃气体和有毒气体检测报警控制系统（在线）			
1、外观及通 电检查					
2、报警功能 检查					
3、示值误差					
通道及测量 气体和量程	标准气体 浓度值	现场气体 报警器显 示值	在线 GDS 控 制系统显示 值	在线 GDS 控 制系统示值 误差一致性	在线 GDS 控制系统 示值误差的扩展 不确定度
4、重复性、响应时间、日计时误差					
通道	气体标准 物质	重复性	响应时间	日计时误差	

附录 B2

证书内页格式

校准结果

校准项目	校准结果（可燃气体和有毒气体检测报警控制器）				
1、外观及通电检查					
2、报警功能检查					
3、示值误差					
通道及测量气体和量程	输出标准信号值	输出信号值对应的气体浓度值	GDS 控制器显示值	示值误差	GDS 控制器示值误差的扩展不确定度
4、重复性、响应时间、日计时误差					
通道	输出标准信号值	重复性	响应时间	日计时误差	
5、负载特性					
气体标准物质	报警器显示平均值	报警器输出信号对应浓度值（负载：0 Ω ）平均值		报警器输出信号对应浓度值（负载：300 Ω ）平均值	

附录 C

GDS 控制器示值误差的测量不确定度评定实例

C.1 概述

以一台可燃气体 GDS 控制器量程为 100%LEL 为例，评定其 GDS 控制器示值误差的不确定度。

C.1.1 环境条件：符合本校准规范规定的环境条件。

C.1.2 测量标准：标准信号源。

C.1.3 测量方法：使用标准信号源模拟可燃气体检测报警器的输出信号（mA），校准点为可燃气体检测报警器量程的下限值、中值、上限值，重复测量三次，取其算术平均值作为 GDS 控制器示值减去标准信号源模拟可燃气体检测报警器输出信号（mA）对应的气体浓度值。

C.2 测量模型

C.2.1 测量模型

$$\Delta X_f = \frac{\overline{X_G} - \left[\frac{R}{A_m} \times (A_x - A_0) \right]}{R} \times 100\%FS \quad (C.1)$$

式中：

ΔX_f ——DGS 控制器示值误差，%FS；

$\overline{X_G}$ ——GDS 控制器显示平均值， $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%；

A_m ——GDS 控制器输入量程，mA；

R ——GDS 控制器量程， $\mu\text{mol/mol}$ 、%LEL、%；

A_x ——标准信号源输出值，mA；

A_0 ——GDS 控制器输入理论下限值，mA；

C.2.2 灵敏度系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta X_f}{\partial X_G} = \frac{1}{R} \quad (C.2)$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta X_f}{\partial A_x} = -\frac{1}{A_m} \quad (C.3)$$

C.2.2 传播率公式

因各输入量之间不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta X_f) = \sqrt{c_1^2 u^2(X_G) + c_2^2 u^2(A_x)} = \sqrt{\left[\frac{1}{R} u(X_G) \right]^2 + \left[-\frac{1}{A_m} u(A_x) \right]^2}$$

$$\text{则： } u_c(\Delta X_f) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{C.4})$$

C.3 标准不确定度评定

C.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\overline{X_G})$ ：

使用标准信号源依次模拟可燃气体检测报警器的输出信号为 4mA (0%LEL)、12mA (50%LEL)、20mA (100%LEL) 的标准信号。重复测量 10 次，测量结果见表 C.1。

表 C.1 各校准点测量结果示值

标准信号值 (对应浓度值)	仪器示值					平均值
4.000mA (0%LEL)	0.8	0.1	0.2	0.8	0.9	0.57%LEL
	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	
	0.9	0.9	0.8	0.2	0.1	
12.000mA (50%LEL)	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	50.6%LEL
	50.1	50.2	50.8	50.9	50.7	
	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	
20.000mA (100%LEL)	100.8	100.9	100.9	100.1	100.1	100.63%LEL
	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	
	100.9	100.9	100.8	100.8	100.1	
	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	%LEL	

各校准点分别按公式 (C.5) 计算相对实验标准偏差 s ：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\overline{X_G} - X_0)^2}{9}} \quad (\text{C.5})$$

各校准点三次测量 ($n=3$) 的标准不确定度 $u(\overline{X_G})$ 按公式 (C.6) 计：。

$$u(\overline{X_G}) = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{C.6})$$

各校准点的标准不确定度 $u_1(\overline{X_G})$ 的结果见表 C.2。

表 C.2 各校准点的标准不确定度计算结果

标准信号值（对应浓度值）	$s/\%LEL$	$u(\overline{X_G})/\%LEL$
4mA (0%LEL)	0.36	0.21
12mA (50%LEL)	0.33	0.19
20mA (100%LEL)	0.37	0.21

C.3.2 由标准信号源（754型过程校验仪）引入的测量结果 $u_2(X_0)$ 不确定度分量属于B类分量；包含因子取 $k = \sqrt{3}$ ，根据754型过程校验仪精确度为：±(0.01%+0.005mA) 可得：

$$u_2(X_0)_{0\%LEL} = (0.01\% \times 4 + 0.005) \text{ mA} / \sqrt{3} = 0.0031 \text{ mA}$$

$$u_2(X_0)_{50\%LEL} = (0.01\% \times 12 + 0.005) \text{ mA} / \sqrt{3} = 0.0036 \text{ mA}$$

$$u_2(X_0)_{100\%LEL} = (0.01\% \times 20 + 0.005) \text{ mA} / \sqrt{3} = 0.0040 \text{ mA}$$

C.4 标准不确定度汇总

C.4.1 标准不确定度汇总表 C.3

表C.3标准不确定度汇总表

被检点	不确定度分量	不确定度来源	$u(x_i)$	灵敏系数 $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$	$u_i = c_i u(x_i)$
4mA (0%LEL)	u_1	被校仪器测量重复性	0.21%LEL	$\frac{1}{100\%LEL} \times 100\%FS$	0.21%FS
	u_2	标准信号值	0.0031mA	$-\frac{1}{16\text{mA}} \times 100\%FS$	0.019%FS
12mA	u_1	被校仪表测量重复性	0.20%LEL	$\frac{1}{100\%LEL} \times 100\%FS$	0.20%FS

(50%LEL)	u_2	标准信号值	0.0036mA	$-\frac{1}{16\text{mA}} \times 100\% \text{FS}$	0.022%FS
20mA	u_1	被校仪表测量重复性	0.23%LEL	$\frac{1}{100\% \text{LEL}} \times 100\% \text{FS}$	0.23%FS
(100%LEL)	u_2	标准信号值	0.0040mA	$-\frac{1}{16\text{mA}} \times 100\% \text{FS}$	0.025 %FS

C.5 合成标准不确定度计算

合成标准不确定度按式 C.4 (即下式) 计算:

$$u_c(\Delta X_f) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{C.4})$$

各校准点合成标准不确定度 $u_c(\Delta X_f)$ 为:

$$\text{校准点 } 0\% \text{LEL: } u_c(\Delta X_f) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.21^2 + 0.019^2} = 0.21 \% \text{FS}$$

$$\text{校准点 } 50\% \text{LEL: } u_c(\Delta X_f) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.19^2 + 0.022^2} = 0.19 \% \text{FS}$$

$$\text{校准点 } 100\% \text{LEL: } u_c(\Delta X_f) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.21^2 + 0.025^2} = 0.21 \% \text{FS}$$

C.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 C.7 计算:

$$U = k \times u_c \quad (\text{C.7})$$

$$\text{校准点 } 0\% \text{LEL: } U = 0.42\% \text{FS} \approx 0.5\% \text{FS}, k=2$$

$$\text{校准点 } 50\% \text{LEL: } U = 0.38\% \text{FS} \approx 0.4\% \text{FS}, k=2$$

$$\text{校准点 } 100\% \text{LEL: } U = 0.42\% \text{FS} \approx 0.5\% \text{FS}, k=2$$

附录 D

在线 GDS 控制系统示值误差的测量不确定度评定实例

C.1 概述

以一台硫化氢气体检测报警器对应的在线 GDS 控制系统量程为 $100\mu\text{mol/mol}$ 为例，评定其在线 GDS 控制系统示值误差的不确定度。

C.1.1 环境条件：符合本校准规范规定的环境条件。

C.1.2 测量标准：国家有证气体标准物质。

C.1.3 测量方法：先用零点气和满量程 80% 的气体标准物质对现场报警器进行调整，再通入浓度为满量程 20%、50% 和 80% 的气体标准物质，待示值稳定后，记录气体通入后在线 GDS 控制系统的实际读数，每个点重复测量 3 次，取 3 次的算术平均值作为在线 GDS 控制系统示值，按公式计算示值误差 Δx ，取绝对值最大值的作为在线 GDS 控制系统的示值误差。

C.2 测量模型

C.2.1 测量模型

$$\Delta x = \frac{\bar{x} - x_s}{x_s} \times 100 \% \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δx ——在线 GDS 控制系统相对误差，%；

\bar{x} ——在线 GDS 控制系统显示平均值， $\mu\text{mol/mol}$ ；

x_s ——标准气体浓度值， $\mu\text{mol/mol}$ ；

C.2.2 灵敏度系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta x}{\partial \bar{x}} = \frac{1}{x_s} \quad (\text{C.2})$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta x}{\partial x_s} = -\frac{\bar{x}}{x_s^2} \quad (\text{C.3})$$

C.2.2 传播率公式

因各输入量之间不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta x) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{x}) + c_2^2 u^2(x_s)} = \sqrt{\left[\frac{1}{x_s} u(\bar{x}) \right]^2 + \left[-\frac{\bar{x}}{x_s^2} u(x_s) \right]^2}$$

$$\text{则： } u_c(\Delta x) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{C.4})$$

C.3 标准不确定度评定

C.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{x})$ ：

通入浓度为满量程 20%、50%和 80%左右的（浓度分别为：20.1 $\mu\text{mol/mol}$ 、50.2 $\mu\text{mol/mol}$ 、80.1 $\mu\text{mol/mol}$ ）硫化氢气体标准物质，在重复性条件下连续进行 10 次测量，在线 GDS 控制系统各校准点测量结果见表 C.1。

表 C.1 在线 GDS 控制系统各校准点测量结果示值

标准气浓度 $\mu\text{mol/mol}$	测得值 $\mu\text{mol/mol}$										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{x}
20.1	20	21	20	20	21	21	20	21	20	20	20.4
50.2	50	52	53	51	52	51	51	52	51	50	51.3
80.1	82	82	82	81	84	84	82	81	81	82	82.1

GDS 控制系统各校准点分别按公式（C.5）计算相对实验标准偏差 s ：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{9}} \quad (\text{C.5})$$

GDS 控制系统各校准点三次测量（ $n=3$ ）的标准不确定度 $u(\bar{x})$ 按公式（C.6）计算：

$$u(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{C.6})$$

GDS 控制系统各校准点的标准不确定度 $u_1(\bar{x})$ 的结果见表 C.2。

表 C.2 在线 GDS 控制系统各校准点的标准不确定度计算结果

浓度值 $\mu\text{mol/mol}$	$s / \mu\text{mol/mol}$	$u(\bar{x}) / \mu\text{mol/mol}$
20.1	0.52	0.30

50.2	0.95	0.55
80.1	1.10	0.64

C.3.2 硫化氢气体标准物质的定值引入的不确定度 $u_2(x_s)$ 分量属于 B 类分量，标准物质证书上给出的标准气体的相对扩展不确定度为：

氮气中硫化氢气体标准物质 20.1 $\mu\text{mol/mol}$ ($U_{\text{rel}} = 2\%$, $k = 2$)

氮气中硫化氢气体标准物质 50.2 $\mu\text{mol/mol}$ ($U_{\text{rel}} = 2\%$, $k = 2$)

氮气中硫化氢气体标准物质 80.1 $\mu\text{mol/mol}$ ($U_{\text{rel}} = 2\%$, $k = 2$)

可得：

$$u(x_s) = \frac{U_{\text{rel}}}{k} \cdot x_s = \frac{2\% \times 20.1 \mu\text{mol/mol}}{2} = 0.20 \mu\text{mol/mol}$$

$$u(x_s) = \frac{U_{\text{rel}}}{k} \cdot x_s = \frac{2\% \times 50.2 \mu\text{mol/mol}}{2} = 0.50 \mu\text{mol/mol}$$

$$u(x_s) = \frac{U_{\text{rel}}}{k} \cdot x_s = \frac{2\% \times 80.1 \mu\text{mol/mol}}{2} = 0.80 \mu\text{mol/mol}$$

C.4 标准不确定度汇总

C.4.1 标准不确定度汇总表 C.3

表 C.3 标准不确定度汇总表

被检点	不确定度分量	不确定度来源	$u(x_i)$	灵敏系数 $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$	$u_i = c_i u(x_i)$
20 $\mu\text{mol/mol}$	u_1	在线 GDS 控制系统测量重复性	0.30 $\mu\text{mol/mol}$	$\frac{1}{20.1 \mu\text{mol/mol}} \times 100\%$	1.49%
	u_2	标准浓度值	0.20 $\mu\text{mol/mol}$	$-\frac{20.4 \mu\text{mol/mol}}{20.1^2 \mu\text{mol/mol}} \times 100\%$	1.01%
50 $\mu\text{mol/mol}$	u_1	在线 GDS 控制系统测量重复性	0.55 $\mu\text{mol/mol}$	$\frac{1}{50.2 \mu\text{mol/mol}} \times 100\%$	1.10%
	u_2	标准浓度值	0.50 $\mu\text{mol/mol}$	$-\frac{51.3 \mu\text{mol/mol}}{50.2^2 \mu\text{mol/mol}} \times 100\%$	1.02%

100 μmol/mol	u_1	在线 GDS 控制系统测量重复性	0.64 μmol/mol	$\frac{1}{80.1\mu\text{mol/mol}}\times 100\%$	0.80%
	u_2	标准浓度值	0.80 μmol/mol	$-\frac{82.1\mu\text{mol/mol}}{80.1^2\mu\text{mol/mol}}\times 100\%$	1.02%

C.5 合成标准不确定度计算

合成标准不确定度按式 C.4（即下式）计算：

$$u_c(\Delta x)=\sqrt{u_1^2+u_2^2} \tag{C.4}$$

在线 GDS 控制系统各校准点合成标准不确定度 $u_c(\Delta x)$ 为：

校准点 20 μmol/mol： $u_c(\Delta x)=\sqrt{u_1^2+u_2^2}=\sqrt{1.49^2+1.01^2}=1.80\%$

校准点 20 μmol/mol： $u_c(\Delta x)=\sqrt{u_1^2+u_2^2}=\sqrt{1.10^2+1.02^2}=1.50\%$

校准点 20 μmol/mol： $u_c(\Delta x)=\sqrt{u_1^2+u_2^2}=\sqrt{0.80^2+1.02^2}=1.30\%$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则在线 GDS 控制系统各校准点示值误差的扩展不确定度按式 C.7 计算：

$$U=k\times u_c \tag{C.7}$$

校准点 20 μmol/mol： $U=3.6\%, k=2$

校准点 50 μmol/mol： $U=3.0\%, k=2$

校准点 80 μmol/mol： $U=2.6\%, k=2$

新疆维吾尔自治区
地方计量校准规范

可燃气体和有毒气体检测报警控制系统
校准规范

JJF(新) 146—2024

新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布

*

版权所有 不得翻印

*

880mm×1230mm 16 开本

202×年×月第×版 202×年×月第×次印刷

印数 1-100