



天津市地方计量技术规范

JJF (津) XX-2026

线型激光甲烷探测器 校准规范

Calibration Specification for Line Type Laser Methane
Detectors

(报批稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

线型激光甲烷探测器 校准规范

Calibration Specification for Line Type Laser
Methane Detectors

JJF(津) XXX—2026

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

天津市武清区计量检定所

参加起草单位：中海油能源发展股份有限公司安全环保分公司

中海广东天然气有限责任公司

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）

胡顺杰（天津市武清区计量检定所）

付 迪（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

何 睿（中海油能源发展股份有限公司安全环保分公司）

蔡长青（中海油能源发展股份有限公司安全环保分公司）

梅争鸿（中海广东天然气有限责任公司）

白玉洁（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 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 校准用计量器具及配套设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 校准前检查	(3)
7.2 探测器的调整	(3)
7.3 示值误差	(3)
7.4 重复性	(4)
7.5 响应时间	(5)
7.6 漂移	(5)
8 校准结果表达	(5)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 线型激光甲烷探测器校准原始记录格式	(7)
附录 B 线型激光甲烷探测器校准证书内页格式（推荐）	(9)
附录 C 线型激光甲烷探测器示值误差的测量不确定度评定示例	(11)

引 言

JJF 1001—2011 《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012 《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071—2010 《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范的校准项目和校准方法主要参考了 GB 12358—2024 《作业场所环境气体检测报警仪器 通用技术要求》、GB 15322.4—2019 《可燃气体探测器 第 4 部分：工业及商业用途线型光束可燃气体探测器》及 GB/T 20936.4-2017 《爆炸性环境用气体探测器 第 4 部分：开放路径可燃气体探测器性能要求》的技术标准。

本规范为首次发布。

线型激光甲烷探测器校准规范

1 范围

本规范适用于非矿井作业环境，测量上限不超过 5 LEL·m 的线型激光甲烷探测器的校准。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

GB 15322.4—2019 可燃气体探测器 第4部分：工业及商业用途线型光束可燃气体探测器

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 术语和计量单位

3.1 积分浓度 integral concentration

可燃气体的浓度沿光路长度的数学积分值。

注：积分浓度以 LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ 为单位。

[来源：GB 15322.4-2019，3.2，有改动]

4 概述

线型激光甲烷探测器（以下简称探测器）主要用于检测作业场所等环境中甲烷气体的浓度。探测器是基于甲烷气体对特定波长激光的吸收强弱，对光路上的甲烷气体积分浓度进行测量的仪器。探测器发射装置发出特定波长的激光，穿过甲烷气体云团后，直接或经反射被探测器接收装置接收，通过测量被吸收的激光强度，计算出甲烷的积分浓度。探测器主要由发射单元、接收单元、信号处理单元以及显示单元组成。探测器类型按使用方式分为固定式和便携式。

5 计量特性

5.1 示值误差

$\pm 20\%$ 或 $\pm 10\% \text{FS}$ （满足其中之一即可）。

5.2 重复性

不大于 2 %。

5.3 响应时间

不大于 10 s。

5.4 漂移

5.4.1 零点漂移：±2 %FS。

5.4.2 量程漂移：±3 %FS。

注：以上指标不用于符合性判定，仅作参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（0~40）℃。

6.1.2 相对湿度：≤85 %。

6.1.3 无影响探测器正常工作的电磁场及干扰气体，应保持通风并采取安全措施。

6.2 校准用计量器具及配套设备

6.2.1 标准气室

（1）探测光束穿过标准气室镜片后强度衰减不应超过 10 %；

（2）标准气室有效光程长度的扩展不确定度不大于 0.1 mm， $k=2$ 。

6.2.2 经国家计量行政部门批准的有证气体标准物质：氮中或空气中甲烷气体标准物质，相对扩展不确定度不大于 2 %， $k=2$ 。当采用气体稀释装置时，稀释后气体标准物质浓度的相对扩展不确定度应满足上述要求。

6.2.3 零点气体：采用纯度不小于 99.999 %的氮气或合成空气(由纯度不小于 99.999 %的氮气和 99.999 %的氧气配制)。

6.2.4 秒表：测量时间间隔 1h，最大允许误差，±0.10 s。

6.2.5 流量控制器：准确度等级不低于 4.0 级。

6.2.6 使用与标准气体钢瓶配套的减压阀；减压阀、管路材料对被测气体应无吸附及化学反应。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

7.1.1 外观检查

探测器不应有影响校准结果的缺陷，各按键应能正常使用，名称、型号、制造厂名称、编号等应清晰、完整。

7.1.2 通电检查

探测器通电后，应能正常工作，显示部分应清晰、完整。

7.1.3 报警功能检查

具有报警功能的探测器，应有声、光或振动报警，在可燃气体积分浓度达到报警设定值时，观察探测器报警功能是否正常。

7.2 探测器的调整

按探测器使用说明书的要求进行预热，并调整光路，使探测器处于稳定的工作状态。探测器稳定后，将探测器、标准气室按照图 1 放置，使标准气室两侧镜片垂直于光路，透射光束位于气室两镜片中心部位。向标准气室内通入零点气体，保证气室出气口有气体排出，待示值稳定后，调整探测器的零点。再向标准气室内通入一定浓度的气体标准物质，使标准气室的积分浓度约为满量程的 40 %，保证气室出气口有气体排出，待示值稳定后，调整探测器的示值与标准气室的气体积分浓度值一致。

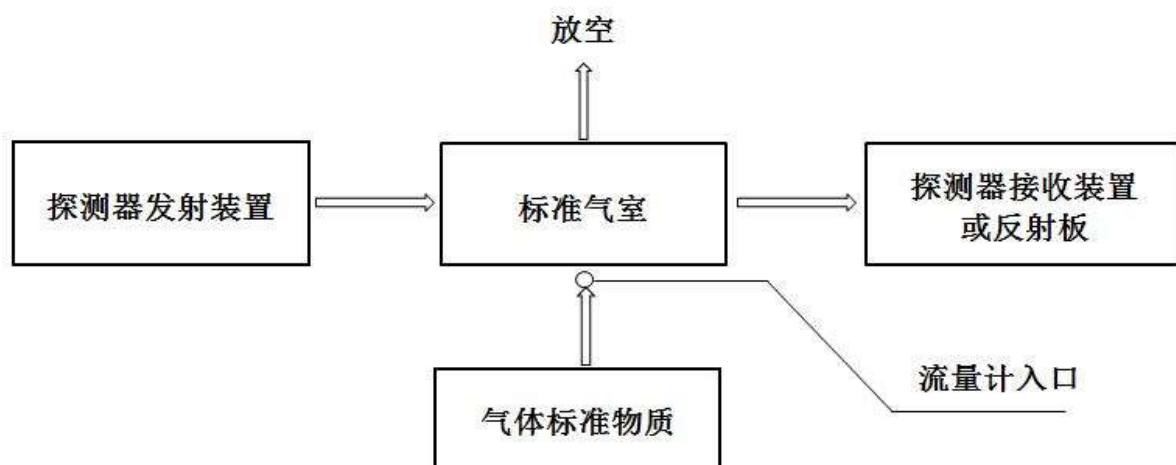


图 1 探测器校准示意图

7.3 示值误差

向标准气室内分别通入一定浓度的气体标准物质，保证气室出气口有气体排出，使标

准气室的积分浓度分别为满量程的 10 %、40 %、60 %，待示值稳定后记录示值，重复测量 3 次，取算术平均值作为探测器示值。按式（1）和式（2）计算示值误差 Δc 和 $\Delta c'$ 。

$$\Delta c = \frac{\bar{c} - c_s}{c_s} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

Δc ——相对误差；

$\bar{c}$ ——各浓度点的算术平均值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ ；

c_s ——标准气室的积分浓度值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ 。

$$\Delta c' = \frac{\bar{c} - c_s}{R} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\Delta c'$ ——引用误差，%FS；

$\bar{c}$ ——各浓度点的算术平均值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ ；

c_s ——标准气室的积分浓度值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ ；

R ——探测器量程，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ 。

7.4 重复性

向标准气室内通入一定浓度的气体标准物质，保证气室出气口有气体排出，使标准气室的积分浓度为满量程的 40%，待示值稳定后记录示值，重复测量 6 次，重复性以单次测量的相对标准偏差表示，按式（3）计算探测器的重复性。

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

式中：

s_r ——测量重复性；

$\bar{c}$ ——测量结果的算术平均值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ ；

c_i ——第 i 次测量值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ ；

n ——测量次数， $n=6$ 。

7.5 响应时间

在光路上放入充满零点气体的标准气室，使探测器示值回零后，放入积分浓度为满量程的 40% 的标准气室，待示值稳定后记录示值；然后放入充满零点气体的标准气室，使探测器示值回零，再放入上述积分浓度的标准气室，同时用秒表记录从放置气室瞬间起到探测器显示稳定值 90% 时的时间。重复测量 3 次，取 3 次测量的算术平均值作为该探测器的响应时间。

7.6 漂移

探测器的漂移包括零点漂移和量程漂移。

向标准气室内通入零点气体，保证气室出气口有气体排出，待示值稳定后，读取稳定示值 C_{z0} ，再向标准气室内通入一定浓度的气体标准物质，使标准气室的积分浓度为满量程的 60%，待示值稳定后记录示值，读取稳定示值 C_{s0} 。对于便携式探测器，连续运行 1h，每间隔 15min 重复上述步骤一次。对于固定式探测器，连续运行 4h，每间隔 1h 重复上述步骤 1 次。按式 (4) 计算零点漂移，取绝对值最大的 ΔZ_i 作为探测器的零点漂移；按式 (5) 计算量程漂移，取绝对值最大的 ΔS_i 作为探测器的量程漂移。

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

式中：

ΔZ_i ——第 i 次的零点漂移，%FS；

C_{zi} ——零点第 i 次测量值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ ；

R ——探测器量程，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ 。

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

式中：

ΔS_i ——第 i 次的量程漂移，%FS；

C_{zi} ——零点第 i 次测量值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ ；

C_{si} ——量程点第 i 次测量值，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ ；

R ——探测器量程，LEL·m 或 $\mu\text{mol/mol}\cdot\text{m}$ 。

8 校准结果表达

校准结果应反映在校准证书上，校准证书应至少包括以下信息：

- 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。

9 复校时间间隔

复校时间间隔的长短由探测器的使用情况、使用者、探测器本身质量等诸因素所决定，送校单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔，建议不超过 1 年。如果对探测器的测量数据有怀疑，或探测器更换主要部件及维修后，应重新校准。

附录 A

线型激光甲烷探测器校准原始记录格式

委托单位	单位名称		仪器信息	仪器名称	
	单位地址			仪器型号	
	联系人			出厂编号	
	联系电话			生产厂家	
校准地点			环境温度		
校准日期			相对湿度		
证书编号			原始记录编号		
校准依据			校准人员		核验人员

本次使用的主要 计量标准器具	规格型号	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	器具编号	器具有效期

A.1 校准前检查

外观检查：☐符合要求 ☐不符合要求 通电检查：☐符合要求 ☐不符合要求
报警功能检查：☐正常 ☐不正常

A.2 示值误差

标准气室标 准值	仪器示值			算术平均值	示值误差	不确定度
	1	2	3			

A.3 重复性

标准气室标 准值	仪器示值						算术平均值	重复性
	1	2	3	4	5	6		

A.4 响应时间

标准气室标准值	响应时间测量值			响应时间
	1	2	3	

A.5 漂移

时间	0	1h (15min)	2h (30min)	3h (45min)	4h (60min)
零点示值					
量程示值					
零点漂移					
量程漂移					

附录 B

线型激光甲烷探测器校准证书内页格式（推荐）

证书编号××××—××××				
校准机构授权说明				
校准所依据的技术文件（代号、名称）				
校准环境条件及地点：				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其他		
校准使用的主要标准器				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	检定/校准证书编号	有效期至
第×页共×页				

证书编号××××—××××

证书内页格式

校准结果

校准项目	校准结果			
外观、通电检查				
报警功能				
示值误差	标准值	算术平均值	示值误差	扩展不确定度
重复性				
响应时间				
零点漂移				
量程漂移				

以下空白

附录 C

线型激光甲烷探测器示值误差的 测量不确定度评定示例

C.1 校准方法

校准方法：校准方法见本规范 7.3。

C.2 测量模型

$$\Delta c = \frac{\bar{c} - c_s}{c_s} \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δc ——示值误差，LEL•m；

$\bar{c}$ ——3 次测量结果的算术平均值 LEL•m；

c_s ——标准气室积分浓度值，LEL•m；。

$$\text{合成标准不确定度的计算公式为：} u_c(\Delta c) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{c}) + c_2^2 u^2(c_s)} \quad (\text{C.2})$$

$$\text{式中，灵敏系数：} m_1 = \frac{\partial \Delta c}{\partial \bar{c}} = \frac{1}{c_s} \quad m_2 = \frac{\partial \Delta c}{\partial c_s} = -\frac{\bar{c}}{c_s^2}$$

C.3 标准不确定度

C.3.1 输入量 $\bar{c}$ 的标准不确定度 $u(\bar{c})$ 的评定

依据本规范的校准方法，在探测器正常工作的条件下，向标准气室内分别通入一定浓度的气体标准物质，保证气室出气口有气体排出，使标准气室的积分浓度分别为满量程的 10%、40%、60%，待示值稳定后记录示值，重复测量 10 次，测量结果见表 C.1。由式 (C.3) 计算标准偏差，由式 (C.4) 计算重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{c})$ ，计算结果见表 C.2。

表 C.1 测量结果

单位：LEL•m；

标准气室 标准值	测量值									
0.51	0.52	0.54	0.53	0.52	0.53	0.54	0.54	0.52	0.52	0.54
2.07	2.12	2.14	2.16	2.18	2.07	2.14	2.18	2.17	2.2	2.21
3.06	3.14	3.12	3.07	3.11	3.17	3.12	3.06	3.16	3.22	3.14

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

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

式中：

s ——标准偏差，LEL•m；

$\bar{c}$ ——测量结果的算术平均值，LEL•m；

c_i ——第 i 次测量值，LEL•m；

n ——测量次数， $n=10$ 。

表 C.2 各校准点重复性引入的不确定度计算结果

单位：LEL•m；

标准气室标准值	平均值	标准偏差	不确定度
c_s	$\bar{c}$	s	$u(\bar{c})$
0.51	0.530	0.009	0.006
2.07	2.157	0.041	0.024
3.06	3.131	0.047	0.028

C.3.2 标准气室浓度定值引入的标准不确定度 $u(c_s)$ 的评定

标准气室浓度按公式 (C.5) 计算，

$$c_s = c \times L \quad (\text{C.5})$$

式中： c_s ——标准气室的标准值，LEL•m；

c ——标准气体浓度值，LEL；

L ——标准气室轴向长度，m。

由于 c 和 L 相互独立，不相关，则：

$$u(c_s) = \sqrt{L^2 u^2(c) + c^2 u^2(L)}$$

标准气室中填充的甲烷气体标准物质标准值分别为 10.1%、40.9%、60.4%，相对扩展不确定度为 $U=1\%$ ， $k=2$ ，标准气室有效光程长度 $L=253\text{mm}$ ，扩展不确定度 0.1mm ， $k=2$ ，则各校准点的不确定度为

表 C.3 各校准点标准气室浓度值引入的标准不确定度计算结果

标准气室标准值 /LEL·m	气体标准物质的不确定 度/LEL	标准气室光程长度的不 确定度/mm	不确定度 $u(c_s)$ / LEL·m
0.51	0.0101	0.03	0.003
2.07	0.0409	0.03	0.011
3.06	0.0604	0.03	0.020

C.4 合成标准不确定度

合成标准不确定度的计算公式： $u_c(\Delta c) = \sqrt{m_1 u^2(\bar{c}) + m_2 u^2(c_s)}$

校准点 0.51 LEL·m： $u_c(\Delta c) = 0.014$ LEL·m；

校准点 2.07 LEL·m： $u_c(\Delta c) = 0.013$ LEL·m ；

校准点 3.06 LEL·m： $u_c(\Delta c) = 0.012$ LEL·m 。

C.5 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.6 计算：

$$U_{\text{rel}} = k \times u_c(\Delta C) \quad (\text{C.6})$$

校准点 0.51 LEL·m： $U_{\text{rel}} = 5.3\%$ ， $k=2$

校准点 2.07 LEL·m： $U_{\text{rel}} = 1.3\%$ ， $k=2$

校准点 3.06 LEL·m： $U_{\text{rel}} = 0.8\%$ ， $k=2$

