



中华人民共和国工业和信息化部
轻工计量技术规范

JJF（轻工）***-****

线型光束可燃气体探测器校准规范

Calibration Specification for
Linear Beam Combustible Gas Detector

（送审稿）

2024—XX—XX 发布

2024—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

线型光束可燃气体探测器 校准规范

JJF (轻工) ***-****

Calibration Specification for Linear Beam

Combustible Gas Detector

归口单位：中国轻工业联合会

主要起草单位：苏州市计量测试院

参加起草单位：中国家用电器研究院

本规范由主要起草单位负责解释

本规范主要起草人：

耿彦红（苏州市计量测试院）

史苏娟（苏州市计量测试院）

董亮华（苏州市计量测试院）

参加起草人：

曹瑞林（中国家用电器研究院）

王 瑞（苏州市计量测试院）

臧 旻（苏州市计量测试院）

目 录

| | |
|---|------|
| 引言 | (II) |
| 1 范围 | (1) |
| 2 引用文件 | (1) |
| 3 术语和定义 | (1) |
| 4 概述 | (1) |
| 5 计量特性 | (1) |
| 5.1 报警功能及报警响应时间 | (1) |
| 5.2 示值误差 | (2) |
| 5.3 重复性 | (2) |
| 5.4 量程漂移 | (2) |
| 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 外观、结构及通电检查 | (2) |
| 7.2 报警功能及报警响应时间 | (2) |
| 7.3 示值误差 | (3) |
| 7.4 重复性 | (4) |
| 7.5 量程漂移 | (4) |
| 8 校准结果表达 | (4) |
| 9 复校时间间隔 | (5) |
| 附录 A 标准气室 | (6) |
| 附录 B 校准原始记录 | (7) |
| 附录 C 校准证书内页格式 | (9) |
| 附录 D 线型光束可燃气体探测器示值误差的测量结果不确定度评定示例 | (10) |

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》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。本规范的编制参考了 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》、JJG 693—2011《可燃气体检测报警器检定规程》。

本规范的附录 A “标准气室（参考件）”、附录 B “校准原始记录（参考件）”、附录 C “校准证书内页格式（参考件）”、附录 D 线型光束可燃气体探测器示值误差的测量结果不确定度评定示例（参考件）”均为资料性附录。

本规范为首次制定。

线型光束可燃气体探测器校准规范

1 范围

本规范适用于探测光路长度不大于 100m, 仪器量程上限不大于 5LEL·m 基于光谱吸收原理的线型光束可燃气体探测器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

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 术语和定义

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》界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 光路长度 optical path length

发射装置、接收装置(或反射装置)间探测光束的传播距离。

3.2 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: 可燃气体的浓度以LEL为单位, 光路长度以m为单位, 积分浓度以LEL·m为单位。

4 概述

线型光束可燃气体探测器(以下简称探测器)是用于探测环境中可燃气体积分浓度并具有报警功能的仪器。仪器基于光谱吸收原理, 主要由发射装置、接收装置、反射装置、信号处理器和报警器等组成, 用于探测烃类、醚类、醇类等可燃气体。

5 计量特性

5.1 报警功能及报警响应时间

5.1.1 具有报警功能的探测器,在其测量范围内应具有报警设定值,当被测区域内的可燃气体积分浓度为1.2倍的报警设定值,或报警设定值加上10%量程两者间的较大值时,应有声、光报警或者报警信号输出。报警响应时间不大于10s。

5.1.2 当探测光束光路被不透光物体完全遮挡时,探测器应在30s后,100s内发出光束阻塞故障信号。光束遮挡消除后30s内,探测器对应的光束阻塞故障信号应能自动恢复。

5.2 示值误差

最大允许误差: $\pm 20\%$ 或 $\pm 10\%FS$ 取较大的值

5.3 重复性

重复性不大于3%。

5.4 量程漂移

量程漂移不大于3%FS。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度: $(0\sim 40)^\circ C$ 。

6.1.2 相对湿度: $\leq 90\%$ 。

6.1.3 工作环境应无影响仪器正常工作的电磁场及干扰气体。

6.2 校准用计量器具及配套设备

6.2.1 采用与探测器所测气体种类相同的有证气体标准物质,若探测器未注明所测气体种类,可以采用甲烷有证气体标准物质,其相对扩展不确定度不大于2% ($k=2$)。

6.2.2 与探测器所测气体种类相同的气体分析仪,测量范围:0~100%,最大允许误差不大于 $\pm 2\%FS$ 。

6.2.3 标准气室:气室内部充满常压的洁净空气时放入探测光路后,试样的零点偏差不大于 $\pm 2\%FS$ 。

6.2.4 秒表:最大允许误差不超过 $\pm 0.10s/h$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观、结构及通电检查

探测器不应有影响其正常工作的外观损伤。探测器名称、型号、制造厂名称、出厂时间、编号、防爆标志及编号应齐全、清楚。探测器发射装置和接收装置应按照生产厂

家的要求安装使用，光程中间无遮挡物。探测器通电后应能正常工作，显示部分清晰、完整。

7.2 报警功能及报警响应时间

7.2.1 按探测器使用说明书的要求对探测器进行预热，并调整光路，使其处于工作光路中，并处于稳定的工作状态。将可燃气体积分浓度约为 1.2 倍的报警设定值或报警设定值加上 10% 量程两者间的较大值的标准气室放入发射装置和接收装置之间的光路中，工作原理如图 1 所示，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，用秒表开始计时。待报警器出现声、光报警时，记录报警状态和报警响应时间，重复测量 3 次，取 3 次测得值的算术平均值作为仪器的报警响应时间。

7.2.2 将不透光遮挡板放入发射装置和接收装置之间的光路中，使探测光束光路被完全遮挡，用秒表开始计时，观察探测器发出遮挡故障报警信号时，记录遮挡报警响应时间。移去遮挡物后，用秒表开始计时，观察探测器消除遮挡故障信号自动恢复时，记录遮挡报警恢复响应时间。



图 1 线型光束可燃气体探测器工作原理图

7.3 示值误差

依次将气体积分浓度约为满量程 20%、50%、80% 的标准气室放置于探测器的光路之中，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，待示值稳定后，记录探测器示值，重复测量 3 次，按公式（1）、公式（2）和公式（3）计算探测器的示值误差。

$$C_0 = C \times L \quad (1)$$

式中： C_0 ——标准气室的积分浓度标准值（LEL·m）；

C ——气体分析仪显示的标准气体浓度值（LEL）；

L ——气室两透镜内壁之间的距离（m）

$$\Delta C = \frac{\bar{C} - C_0}{R} \times 100\% \quad (2)$$

$$\Delta C = \frac{\bar{C} - C_0}{C_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中: ΔC ——示值误差 (%FS) ;

\bar{C} ——测量三次的示值算术平均值 (LEL • m) ;

R ——探测器量程 (LEL • m) ; 。

取绝对值最大的 ΔC 作为探测器的示值误差。

7.4 重复性

将气积分浓度约为满量程 50% 的标准气室置于探测器的光路之中, 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, 待探测器示值稳定后, 读取示值, 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 (4) 计算探测器的重复性。

$$s_r = \frac{1}{\bar{C}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (C_i - \bar{C})^2}{6-1}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: C_i —— 探测器第 i 次测量的示值;

\bar{C} —— 探测器示值的算术平均值。

7.5 量程漂移

记录未放入标准气室时仪器的读数 Z_0 , 将气积分浓度约为满量程 80% 的标准气室置于探测器的光路之中, 待读数稳定后, 记录仪器显示值 S_0 , 撤去标准气室。仪器连续运行 1h, 每间隔 10min 重复上述步骤一次, 记录仪器显示值 Z_i 、 S_i 。按式 (5) 计算量程漂移。

$$\Delta S_i = \frac{(S_i - Z_i) - (S_0 - Z_0)}{R} \times 100\% \quad (5)$$

取绝对值最大的 ΔS_i 为仪器的量程漂移。

式中: S_0 ——最初将标准气室放入光路时仪器的显示值;

S_i ——第 i 次将标准气室放入光路时仪器的显示值;

Z_0 ——最初未放入标准气室时仪器的显示值；

Z_i ——第 i 次未放入标准气室时仪器的显示值；

R ——仪器量程。

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。

9 复校时间间隔

仪器复校时间间隔由使用者根据仪器的使用情况、仪器本身性能等因素所决定，推荐复校时间间隔不超过 1 年。在相邻两次校准期间，如对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换主要部件及修理后应对仪器重新校准。

附录 A

标准气室

A1 标准气室应满足以下要求:

A1.1 标准气室内部充满常压的洁净空气时放入探测光路后, 试样的零点偏差不大于 $\pm 2\%FS$;

A1.2 标准气室有效光程长度定值测量的扩展不确定度不大于 $U_{rel}=0.5\%$ ($k=2$);

A1.3 标准气室填充的零点气体应为高纯氮气或洁净空气;

A1.4 标准气室填充的气体标准物质为有证标准物质, 相对扩展不确定度不大于 $2\%(k=2)$;

A1.5 应采用与探测器所测气体种类相同的可燃气体标准物质, 稀释气体应为氮气, 如氮中甲烷气体。

A1.6 应采用与探测器所测气体种类相同的气体分析仪, 其最大允许误差不大于 $\pm 2\%FS$, 气室内气体浓度读取分析仪显示浓度示值。

A2 将气体标准物质填充到标准气室, 应该按照下列步骤进行, 如图 2 所示。

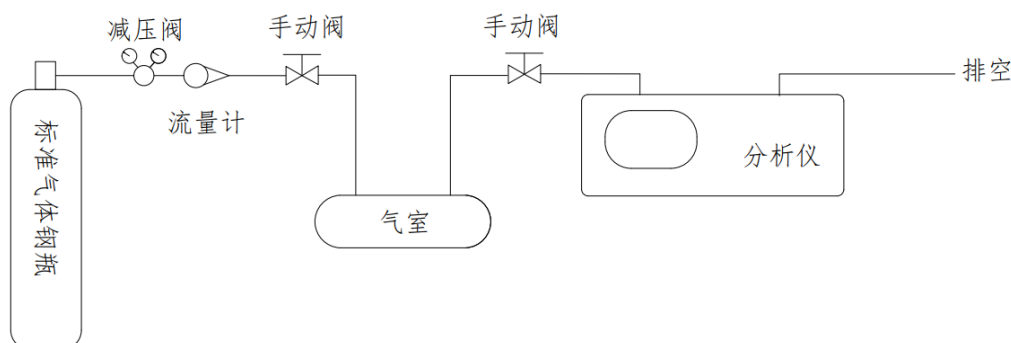


图 2 标准气室充气原理图

按上图所示将各部件连接, 待图上气体分析仪预热稳定后, 打开标准气体钢瓶瓶阀, 打开连接至气室气体进出口两边的手动阀, 调节减压阀输出压力至 $0.1MPa$, 调节流量计使输出流量为 $1L/min$, 等气体分析仪显示的示值稳定后, 关闭图上所有部件的开关并取下气室, 此时气室完成充气。

注: 将气体标准物质注入标准气室时, 应在宽敞通风的场所操作。

附录 B

校准原始记录格式

送校单位: _____ 证书编号: _____

仪器名称: _____ 制造厂商: _____

仪器型号: _____ 仪器编号: _____ 测量范围: _____

校准环境温度: _____℃ 湿度: _____%RH 校准地点: _____

校准依据: _____

校准使用的主要设备

| 名称 | 编号 | 测量范围 | 不确定度或准确度等级或最大允许误差 | 证书编号 | 证书有效期至 |
|----|----|------|-------------------|------|--------|
| | | | | | |
| | | | | | |

一、 外观结构及通电检查: _____

二、 报警功能及报警响应时间:

报警设定值: _____

放入达到报警设定值的气室时:

| 标准气室积分 浓度标准值 (LEL·m) | 响应时间 | | | |
|----------------------------|------|---|---|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 平均值 |
| | | | | |

| 探测光束光路 | 探测器报警状态 | 时间 |
|--------|---|-------|
| 有遮挡 | <input type="checkbox"/> 有报警 <input type="checkbox"/> 无报警 | 报警时间: |
| 除去遮挡 | <input type="checkbox"/> 自动恢复 <input type="checkbox"/> 无法自动恢复 | 恢复时间: |

三、 示值误差:

| | | |
|-------------|------|---|
| 标准气室积分浓度标准值 | 仪器示值 | 7 |
|-------------|------|---|

JJF (轻工) ***-****

| | 1 | 2 | 3 | 平均值 | 示值误差 (%FS) |
|--|---|---|---|-----|------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

四、 重复性:

| 标准气室积分浓度 标准值 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 平均值 | 重复性 |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| (LEL · m) | | | | | | | | |

五、 量程漂移:

| 时间 | 0 | 10min | 20min | 30min | 40min | 50min | 60min | ΔS_i |
|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Z_i | | | | | | | | |
| S_i | | | | | | | | |

示值误差的扩展不确定度 $U =$, $k = 2$

校准员: _____ 核验员: _____ 校准日期: _____

附录 C

校准证书内页格式

校准结果

| 校准项目 | 校准结果 | | |
|-----------|------|-------|------|
| 外观结构及通电检查 | | | |
| 报警功能 | | | |
| 响应时间 | | | |
| 示值误差 | 标准值 | 探测器示值 | 示值误差 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 重复性 | | | |
| 量程偏移 | | | |

校准结果的不确定度:

线型光束可燃气体探测器示值误差的测量结果不确定度评定示例

D.1 示值误差的测量不确定度评定

D.1.1 数学模型

$$\Delta C = \bar{C} - C_0 \quad (\text{D.1})$$

式中: C_0 ——标准气室的积分浓度标准值 (LEL · m) ;

\bar{C} ——测量三次的示值算术平均值 (LEL · m) ;

ΔC ——示值误差 (LEL · m)

D.1.2 不确定度来源分析

不确定度来源: 被校仪器测量重复性引入的不确定度分量、被校仪器分辨力引入的不确定度分量和标准气室的积分浓度标准值引入的不确定度分量。

D.1.3 被测仪器测量重复性引入的不确定度分量

将约为满量程 50% 的标准气室置于探测器的光路之中, 按照本规范 7.3 对其进行示值误差的校准。重复测量 10 次, 测量结果见表 D.1。

表 D.1 测量结果 (LEL · m)

| 标准气室的积分浓度标准值 | 仪器示值 | | | | | | | | | | |
|--------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均值 |
| 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.42 |

$$\text{单次测量标准偏差为: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (C_i - \bar{C})^2}{10-1}} = 0.079 \text{ LEL} \cdot \text{m}$$

以 3 次测量平均值为最终测量结果, 重复性引入得的标准不确定度:

$$u(\bar{C}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0.046 \text{ LEL} \cdot \text{m}$$

D1.4 被校仪器分辨力引入的不确定度分量

$$u(c) = \frac{0.1}{2 \times \sqrt{3}} = 0.029 \text{ LEL} \cdot \text{m}$$

因为 $u(\bar{C}) \gg u(c)$, 所以被校仪器分辨力引入的不确定度分量忽略不计。

D.1.5 标准气室的积分浓度标准值引入的不确定度分量

标准气室的积分浓度标准值: $C_0 = C \times L$

式中: C —— 气体分析仪显示的标准气体浓度值 (LEL);

L —— 气室两透镜内壁之间的距离 (m)

由于 C 和 L 互不相关, 则: $u(C_0) = \sqrt{u^2(C) + u^2(L)}$

气体分析仪的相对扩展不确定度为 $U_{rel}(C) = 1.7\%$, $k=2$, 则气体分析仪的标准不确定度 $u(C) = 0.85\%$ 。

标准气室有效光程长度的扩展不确定度为 $U_{rel}(L) = 0.5\%$, $k=2$, 则有效光程长度标准不确定度 $u(L) = 0.25\%$ 。

标准气室浓度定值引入的标准不确定度为:

$$u(C_0) = \sqrt{(0.85\%)^2 + (0.25\%)^2} \times 2.5 = 0.0223 \text{ LEL} \cdot \text{m}$$

D. 1. 6 合成标准不确定度

$$u(\Delta C) = \sqrt{u^2(\bar{C}) + u^2(C_0)} = \sqrt{(0.046)^2 + (0.0223)^2} = 0.052 \text{ LEL} \cdot \text{m}$$

D.1.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为

校准点 $2.5 \text{ LEL} \cdot \text{m}$: $U = k \times u(\Delta C) = 0.11 \text{ LEL} \cdot \text{m}$, $k = 2$