

JJF (沪苏浙皖)

沪苏浙皖地方计量校准规范

JJF (沪苏浙皖) XXXX—XXXX

氦气检测仪校准规范

Calibration Specification for Helium Gas Detectors

(报批稿)



XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

上海市市场监督管理局
江苏省市场监督管理局 发布
浙江省市场监督管理局
安徽省市场监督管理局

氦气检测仪校准规范

Calibration Specification

for Helium Gas Detectors

JJF（沪苏浙皖）

XXXX-XXXX

归口单位：安徽省化学计量技术委员会

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

马鞍山市计量测试研究所

淮南市计量测试检定所

参加起草单位：淮北市计量测试研究所

芜湖市计量科学研究院

本规范委托安徽省化学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

徐 俊（安徽省计量科学研究院）

刘永杰（安徽省计量科学研究院）

吴志成（马鞍山市计量测试研究所）

田斌斌（淮南市计量测试检定所）

参加起草人：

宁海峰（安徽省计量科学研究院）

李明超（淮北市计量测试研究所）

王 凡（芜湖市计量科学研究院）

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 报警功能及报警值.....	(1)
4 校准条件.....	(1)
4.1 环境条件.....	(1)
4.2 测量标准及其他设备.....	(1)
5 校准项目和校准方法.....	(2)
5.1 检测仪的调整.....	(2)
5.2 示值误差.....	(2)
5.3 重复性.....	(3)
5.4 响应时间.....	(3)
5.5 报警功能及报警值.....	(3)
6 校准结果表达.....	(3)
7 复校时间间隔.....	(4)
附录 A 氦气检测仪校准原始记录格式 (推荐)	(5)
附录 B 氦气检测仪校准证书内页格式 (推荐)	(6)
附录 C 氦气检测仪示值误差校准结果的不确定度评定示例.....	(7)

引 言

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》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工作的基础性系列规范。本规范的制定参考了 JJG 693-2011《可燃气体检测报警器》和 GB12358-2024《作业场所环境气体检测报警仪 通用技术要求》。

本规范为首次发布。

氦气检测仪校准规范

1 范围

本规范适用于热导型检测原理的氦气检测仪的校准。

2 概述

氦气检测仪(以下简称检测仪)主要用于作业场所等环境中氦气浓度的检测,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。按照采样方式分为扩散式和泵吸式,按照使用方式分为便携式和固定式。

3 计量特性

3.1 示值误差

不超过 $\pm 5\%$ FS。

注:“FS”表示检测仪的满量程,下同。

3.2 重复性

不大于 2%。

3.3 响应时间

泵吸式不大于 30s, 扩散式不大于 60s。

3.4 报警功能及报警值

具有报警功能的检测仪,在其测量范围内应具有报警设定值,当检测仪达到报警设定值时,应有声、光或振动报警。

注:以上指标不是用于合格性判别,仅供参考。

4 校准条件

4.1 环境条件

4.1.1 环境温度: $(0\sim 40)^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.2 相对湿度: 不大于 85%。

4.1.3 校准现场应通风,检测仪避免风直吹,周围无干扰气体。

4.2 测量标准及其他设备

4.2.1 气体标准物质

氦气有证标准物质,相对扩展不确定度不大于 2% ($k=2$)。

当采用气体稀释装置时,稀释后的标准气体应满足上述相对扩展不确定度要求。

4.2.2 零点气体(稀释气体): 清洁空气或纯氮气(纯度不小于 99.99%)。

4.2.3 电子秒表：测量间隔为 1h 的最大允许误差： $\pm 0.10\text{s}$ 。

4.2.4 流量计：流量范围（0.1~1.5）L/min, 准确度等级不低于 4.0 级。

5 校准项目和校准方法

5.1 检测仪的调整

按照检测仪使用说明书的要求对检测仪进行预热，预热稳定后，按照图 1 所示连接气体标准物质、流量计和被校检测仪，扩散式检测仪不用连接旁通流量计。校准泵吸式检测仪时，必须保证旁通流量计有气体排出。校准扩散式检测仪时，应按照检测仪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 $(500 \pm 50) \text{ mL/min}$ 。

使用说明书中对检测仪调整有明确要求时，按照使用说明书的要求调整零点和示值；若使用说明书中没有明确要求，则用零点气体调整检测仪的零点，用约为满量程 80% 的气体标准物质调整检测仪示值。

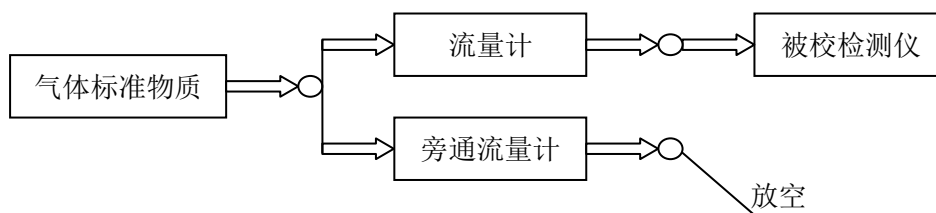


图 1 检测仪校准示意图

5.2 示值误差

按 5.1 设置流量，分别通入浓度约为测量上限 20%、50% 和 80% 的气体标准物质，待示值稳定后，记录检测仪示值，通入零点气体待示值回零后，再通入上述气体标准物质。每个浓度点重复测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为检测仪各浓度点的示值。按式(1)计算各浓度点的示值误差。

$$\Delta C' = \frac{\bar{C} - C_o}{R} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\Delta C'$ —— 引用误差，%FS；

$\bar{C}$ —— 检测仪 3 次示值的算术平均值，mol/mol；

C_o —— 气体标准物质浓度值，mol/mol；

R —— 检测仪的满量程，mol/mol。

5.3 重复性

按 5.1 设置流量，通入浓度约为测量上限 50% 的气体标准物质，待示值稳定后，记录检测仪示值，通入零点气体待示值回零后，再通入上述气体标准物质。重复测量 6 次，重复性以单个测得值的相对标准偏差表示。按式 (2) 计算检测仪的重复性。

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

式中：

s_r ——重复性；

C_i ——检测仪第 i 次测量的示值，mol/mol；

$\bar{C}$ ——检测仪 6 次示值的算术平均值，mol/mol。

5.4 响应时间

按 5.1 设置流量，通入零点气体使检测仪示值回零，通入浓度约为测量上限 50% 的气体标准物质，待示值稳定后，记录检测仪示值，通入零点气体待示值回零后，再通入上述气体标准物质，同时启动电子秒表，待检测仪显示值达到稳定示值的 90% 时停止计时，记录电子秒表读数，重复测量 3 次，取 3 次测得值的算术平均值作为检测仪的响应时间。

5.5 报警功能及报警值

通入浓度约为报警设定值 1.5 倍的气体标准物质，当检测仪示值超过报警设定值时，观察检测仪声、光或振动报警功能是否正常，并记录检测仪报警时的示值。

6 校准结果表达

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：

- 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) 校准结果及其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。

7 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由检测仪的使用情况、使用者、检测仪本身质量等因素所决定的, 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。

附录 A

氨气检测仪校准原始记录格式 (推荐)

校准证书号: _____

共 页 第 页

送校单位: _____ 仪器名称: _____ 出厂编号: _____

生产厂家: _____ 型号规格: _____ 准确度: _____

被校仪器状态(完好“√”): _____ 校准前: _____ 校准后: _____

校准依据: _____ 环境条件: 温度: _____ °C 相对湿度: _____ %

标准器名称	型号规格	准确度	出厂编号	有效期

A.1 示值误差

C_0 (mol/mol)	C_i (mol/mol)			$\bar{C}$ (mol/mol)	$\Delta C'$ (%FS)

A.2 重复性

C_0 (mol/mol)	C_i (mol/mol)						$\bar{C}$ (mol/mol)	s (%)

A.3 响应时间(单位: s)

测量值: 1. _____ 2. _____ 3. _____ 平均值: _____

A.4 报警功能及报警值

报警功能	
报警设定值 (mol/mol)	报警值 (mol/mol)

测量不确定度: _____ 校准地点: 本实验室 ☐ 现场 ☐

校准员: _____ 核验员: _____ 校准日期: _____ 年 月 日

附录 B

氦气检测仪校准证书内页格式 (推荐)

B.1 示值误差: _____ B.2 重复性: _____ B.3 响应时间: _____ B.4 报警功能及报警值: _____ 示值误差校准结果的不确定度: _____
本证书所列校准结果均可溯源至复现 (SI) 单位的中国国家计量基准。 校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 (等同于 ISO GUM) 的要求。
1. 被校准检测仪修理后, 应立即进行校准。 2. 在使用过程中, 如对被校准检测仪的技术指标产生怀疑, 请重新校准。

附录 C

氨气检测仪示值误差校准结果的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 校准方法：按照本校准规范对检测仪进行校准。

C.1.2 环境条件：符合本校准规范规定的环境条件。

C.1.3 测量标准：氨气标准物质：不确定度为： $U_{\text{rel}}=2\%$ ($k=2$)。

C.1.4 被测对象：氨气检测仪，测量范围：(0~1) mol/mol。

C.1.5 测量方法：分别通入浓度约为测量上限 20%、50%和 80%的气体标准物质，待示值稳定后，记录检测仪示值，通入零点气体待示值回零后，再通入上述气体标准物质。每个浓度点重复测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为检测仪各浓度点的示值。

C.2 测量模型

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

$$\Delta C' = \frac{\bar{C} - C_o}{R} \times 100\% = \frac{\Delta C}{R} \times 100\% \quad (\text{C.2})$$

式中：

ΔC ——绝对误差，mol/mol；

$\Delta C'$ ——引用误差，%FS；

$\bar{C}$ ——检测仪 3 次示值的算术平均值，mol/mol；

C_o ——气体标准物质浓度值，mol/mol；

R ——检测仪的满量程，mol/mol。

为了方便不确定度评定，先评定检测仪示值绝对误差的不确定度，评定后再用示值绝对误差的不确定度除以满量程再乘以 100%，得到示值引用误差的不确定度。

C.3 不确定度传播律

各不确定度分量彼此独立且不相关。

$$u_c^2(\Delta C) = c_1^2 u^2(\bar{C}) + c_2^2 u^2(C_o) \quad (\text{C.3})$$

灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial \Delta C}{\partial \bar{C}} = 1$, $c_2 = \frac{\partial \Delta C}{\partial C_o} = -1$

则： $u_c(\Delta C) = \sqrt{u^2(\bar{C}) + u^2(C_o)}$

C.4 标准不确定度评定来源分析

示值误差的不确定度来源主要有以下几个：

- a) 测量重复性引入的不确定度；
- b) 检测仪分辨力引入的不确定度；
- c) 氦气标准物质定值引入的不确定度。

C.5 标准不确定度评定

C.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{C})$

检测仪分别通入浓度为 0.200mol/mol、0.501mol/mol 和 0.801mol/mol 的氦气标准物质，重复测量 10 次，各校准点测量数据见表 C.1。

表 C.1 各校准点测量数据 mol/mol

气体标准物质浓度值	检测仪示值									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.200	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.22	0.21	0.22	0.22	0.21
0.501	0.51	0.53	0.52	0.52	0.53	0.51	0.52	0.51	0.52	0.53
0.801	0.81	0.82	0.82	0.82	0.81	0.82	0.82	0.83	0.81	0.83

各校准点分别按式 (C.4) 计算实验标准偏差，相应的标准不确定度按式 (C.5) 计算：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (C_i - \bar{C})^2}{10 - 1}} \quad (\text{C.4})$$

$$u(\bar{C}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.5})$$

注：本规范规定，每个校准点重复测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为检测仪示值，

故 $n=3$ 。

各校准点实验标准偏差和标准不确定度的计算结果见表 C.2。

表 C.2 各校准点标准偏差和标准不确定度计算结果 mol/mol

气体标准物质浓度值	平均值	s	$u(\bar{C})$
0.200	0.21	0.0052	0.0030

0.501	0.52	0.0082	0.0047
0.801	0.82	0.0074	0.0043

C.5.2 检测仪分辨力引入的标准不确定度 $u(\delta)$

检测仪分辨力为 0.01 mol/mol，按均匀分布，标准不确定度按式 (C.6) 计算。

$$u(\delta) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ mol/mol} \quad (\text{C.6})$$

由于各校准点检测仪分辨力引入的不确定度均小于测量重复性引入的不确定度，所以不考虑检测仪分辨力引入的不确定度。

C.5.3 氦气标准物质定值引入的标准不确定度 $u(C_0)$

采用的氦气标准物质（或稀释后），相对扩展不确定度为 2%，包含因子 $k=2$ ，则各校准点氦气标准物质定值引入的标准不确定度按式 (C.7) 计算：

$$u(C_0) = \frac{aC_0}{k} = \frac{C_0 \times 2\%}{2} \quad (\text{C.7})$$

校准点 0.200mol/mol: $u(C_0) = 0.0020 \text{ mol/mol}$;

校准点 0.501mol/mol: $u(C_0) = 0.0050 \text{ mol/mol}$;

校准点 0.801mol/mol: $u(C_0) = 0.0080 \text{ mol/mol}$ 。

C.6 合成标准不确定度

C.6.1 标准不确定度分量汇总

各校准点标准不确定度汇总见表 C.3。

表 C.3 各校准点标准不确定度一览表

标准不确定分量		不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 (c_i)
$u(\bar{C})$	0.200mol/mol	测量重复性引入的不确定度	0.0030mol/mol	1
	0.501mol/mol		0.0047mol/mol	1
	0.801mol/mol		0.0043mol/mol	1
$u(C_0)$	0.200mol/mol	氦气标准物质定值引入的不确定度	0.0020mol/mol	-1
	0.501mol/mol		0.0050mol/mol	-1
	0.801mol/mol		0.0080mol/mol	-1

C.6.2 合成标准不确定度

各校准点的合成标准不确定度按式 (C.8) 计算:

$$u_c(\Delta C) = \sqrt{u^2(\bar{C}) + u^2(C_o)} \quad (\text{C.8})$$

校准点 0.200mol/mol: $u_c(\Delta C) = \sqrt{(0.0030)^2 + (0.0020)^2} = 0.0036 \text{ mol/mol}$;

校准点 0.501mol/mol: $u_c(\Delta C) = \sqrt{(0.0047)^2 + (0.0050)^2} = 0.0069 \text{ mol/mol}$;

校准点 0.801mol/mol: $u_c(\Delta C) = \sqrt{(0.0043)^2 + (0.0080)^2} = 0.0091 \text{ mol/mol}$ 。

C.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则各校准点绝对误差的扩展不确定度按式 (C.9) 计算:

$$U = k u_c(\Delta C) \quad (\text{C.9})$$

校准点 0.200mol/mol: $U = 2 \times 0.0036 \approx 0.01 \text{ mol/mol}$ ($k=2$);

校准点 0.501mol/mol: $U = 2 \times 0.0069 \approx 0.02 \text{ mol/mol}$ ($k=2$);

校准点 0.801mol/mol: $U = 2 \times 0.0091 \approx 0.02 \text{ mol/mol}$ ($k=2$)。

由于检测仪测量范围为 (0~1) mol/mol, 检测仪的满量程: $R=1 \text{ mol/mol}$, 则各校准点引用误差的扩展不确定度为:

校准点 0.200mol/mol: $U = \frac{0.01}{1} \times 100\% = 1\% \text{FS}$ ($k=2$);

校准点 0.501mol/mol: $U = \frac{0.02}{1} \times 100\% = 2\% \text{FS}$ ($k=2$);

校准点 0.801mol/mol: $U = \frac{0.02}{1} \times 100\% = 2\% \text{FS}$ ($k=2$)。

沪苏浙皖地方校准规范

氦气检测仪校准规范

JJF(沪苏浙皖)XXXX-XXXX