

硅烷气体检测报警器校准规范

编制说明

规范起草小组
2026年02月

硅烷气体检测报警器校准规范编制说明

一、任务来源

硅烷气体检测报警器校准规范制定任务由全国环境化学计量技术委员会下达。根据环化委（2025）026号《关于落实2025年国家计量技术规范制定、修订计划的函》，由上海市计量测试技术研究院、江苏省计量科学研究院（江苏省能源计量数据中心）、甘肃省计量研究院、广州计量检测技术研究院为主要起草单位共同承担制定工作。

二、目的意义

硅烷是一种重要的电子级气体，化学式为 SiH_4 ，常温下是一种无色并具有强烈的刺激性气味的气体。易燃、易爆，在空气或卤素气体中发生爆炸性燃烧，加热至 400°C 时分解为硅和氢。利用其热分解特性，可用来制备高纯硅。广泛用于半导体芯片、显示面板、太阳能电池等的制造过程中，其作为含硅薄膜和涂层的应用已从传统微电子和光电子产业扩展到化工、光学、钢铁、机械等领域。

硅烷是一种有毒气体，吸入硅烷会引起头痛、恶心、头晕并刺激上呼吸道。我国国家职业卫生标准中《工业场所有害因素职业接触限值（化学有害因素）》（GBZ 2.1—2019），没有规定硅烷的职业接触限值（Occupational Exposure Limits, OELs），美国产业卫生专家会议（ACGIH）和美国职业安全与健康管理局（OSHA）建议硅烷的时间加权平均浓度（TWA）为 $5\mu\text{mol/mol}$ ，未单独制定短时间接触允许浓度（STEL）和最高允许浓度（MAC）。美国国家职业安全卫生研究所（NIOSH）建议硅烷IDLH为 $500\mu\text{mol/mol}$ 。

硅烷气体检测报警器主要用于监测作业场所环境中硅烷气体的浓度，广泛应用于半导体制造行业、光伏产业、工业气体系统、科研实验室等相关领域。它可为产品质量、环境监测、安全防护提供可靠的数据，同时保障企业安全、稳定、高效生产。

随着我国制造业的快速发展，硅烷的应用越来越广泛，硅烷气体检测报警器的生产、使用量正在逐年快速增加。这些仪器一部分为国内生产，一部分为

国外进口。硅烷气体报警器的工作原理主要有电化学法、红外光谱法来检测空气中的硅烷浓度。电化学传感器通过硅烷气体与电极反应产生电信号来测量浓度，具有灵敏度高、选择性好、响应时间短等特点，适用于低浓度硅烷气体的检测。红外传感器则通过测量硅烷气体对特定波长红外光的吸收量来确定浓度，具有抗干扰能力强、稳定性高、使用寿命长等优点，适用于高浓度硅烷气体的检测。

硅烷气体检测报警器属于有毒、易燃易爆气体检测报警器，其量值的准确可靠极为重要。由于没有相应的技术规范，目前无法对该类仪器进行科学合理的量值溯源、无法保证该类仪器的量值准确性，故制定相应校准规范，具有必要性和迫切性。该计量校准规范的制定在为我国半导体制造行业、光伏产业的快速发展提供计量技术支撑的同时，也能进一步推动我国计量技术水平的发展；使硅烷气体检测报警器的量值溯源与量值传递有章可循，有法可依。

三、编写依据

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

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

GB12358-2024 作业场所环境气体检测报警仪器通用技术要求

四、制定内容说明

1、相关标准情况

未检索到硅烷气体检测报警器的相关国际标准或国际建议。

2、测量范围

目前市场上硅烷气体检测报警器的测量范围主要有(0~2) $\mu\text{mol/mol}$ ，(0~5) $\mu\text{mol/mol}$ ，(0~15) $\mu\text{mol/mol}$ ，(0~20) $\mu\text{mol/mol}$ ，(0~25) $\mu\text{mol/mol}$ ，(0~50) $\mu\text{mol/mol}$ 。一级报警设定值主要为 2.5 $\mu\text{mol/mol}$ 、5.0 $\mu\text{mol/mol}$ ；二级报警设定值主要为 5.0 $\mu\text{mol/mol}$ 、10.0 $\mu\text{mol/mol}$ 。

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》对测量范围及报警值设定规定如下：

5.5.1 第 2 条规定，有毒气体的测量范围应为(0~300)%OEL，当现有探测器

的测量范围不能满足上述要求时，有毒气体的测量范围可为(0~30)% IDLH；

5.5.2 第3条规定，有毒气体的一级报警设定值应小于或等于100%OEL，有毒气体的二级报警设定值应小于或等于200%OEL。当现有探测器的测量范围不能满足测量要求时，有毒气体的一级报警设定值不得超过5%IDLH，有毒气体的二级报警设定值不得超过10%IDLH。

GBZ/T 223—2009《工作场所有毒气体检测报警装置设置规范》第5.2.3条：警报值为GBZ 2.1—2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》所规定的MAC或PC-STEL值，无PC-STEL的物质，为超限倍数；附录A注3：为保证仪器的检测报警精度，检测量程不宜大于警报值的10倍，对于大量程的仪器，也要按警报值的10倍作量程计算误差。

根据以上规范，如果测量范围应为300%OEL，即为15 μmol/mol，但是根据调研生产制造企业的数据及实际测试数据，故本规范适用于浓度测量上限不大于50 μmol/mol的硅烷气体检测报警器的校准。

3、 计量特性

3.1 示值误差

3.1.1 查阅相关资料，从不同厂家、不同型号的仪器使用说明书中了解到仪器的主要性能指标见表1。

表1 仪器的主要性能指标

生产厂家	型号/ 检测原理	测量范围 (μmol/mol)	分辨 力	响应 时间	说明书中 备注的示 值误差	报警设定值 (μmol/mol)	采样 方式
霍尼韦尔	Midas /	(0~2)	0.01	<3 s	±10%	0.24	泵吸式
霍尼韦尔	Midas-M	(0~20)	0.01	30s	±10%	2.5	泵吸式
理研	GD-70D	(0~15)	0.1	/	±10%	5	泵吸式
新宇宙	XDS-7SH/定 电位电解式	(0~25)	0.1	<60s	±10%	2.5	泵吸式

英思科	GTD-3000Tx/ 电化学	(0~15)	0.1	<45s	±3%FS	2.5	扩散式
梅思安	PrimaxP	(0~20) (0~50)	0.1	/	±10%	/	扩散式
盛密科技	GD-100	(0~10) (0~20)	0.1	<30s	±10%	2.5	泵吸式
谱育	GDM-2100	(0~20)	0.1	<60s	±10%	2.5	泵吸式
GASTRO N	GTD-5000 半导体、电化 学	(0~25)	0.1	<45s	±3%FS		
Bionics	TX-5050FM 电化学	(0~50)	0.1	<30s	±3%FS	5.0	
新宇宙	PS-8 电化学	低量程： (0~5) 高量程： (0~25)	0.1	<60s	±10%FS	/	
逸云天	PTM600 电化学	0~1 0~50	0.1	<30s	±2%FS	/	定制
东日瀛能	SK/MIC-600 电化学	0~10	0.01	<30s	±3%FS	/	
东日瀛能	SK/MIC-800 电化学	0~10	0.01	<30s	±1%FS	/	

3.1.3 技术指标主要参考了 GB 12358—2024《作业场所环境气体检测报警仪器通用技术要求》，有毒有害气体报警器的最大允许误差为±10%或±5%FS。通过不同厂家不同型号的相关资料，依据相关实验，得到实验数据，数据表明大部分仪器的示值误差不超过±10%，考虑了在用仪器的实际情况和气体标准物质的不确定度，示值误差定为相对误差不超过±10%，符合目前仪器的技术水平。

3.2 重复性

GB 12358—2024的技术要求是不大于5%，依据仪器使用说明书及实验数据，考虑了在用仪器的实际情况，实验数据显示，大部分仪器的重复性在0.5%~1.5%之间，故定为不大于2%。

3.3 响应时间

GB 12358—2024 规定，有毒有害气体，扩散式仪器的响应时间不大于 300 s，。

泵吸式仪器的响应时间不大于 300 s。大部分仪器的响应时间在 5 s~36 s，考虑了在用仪器的情况，故本规范定为不大于 60 s。

3.4 漂移（仅限固定式仪器）

GB 12358—2024 中仪器漂移分为零点漂移和量程漂移，其中零点漂移应不大于±3%FS，量程漂移应不大于±5%FS。试验数据中零点漂移的数据为 0%FS，量程漂移的数据在±0.5%FS~±2%FS，考虑了在用仪器的情况，零点漂移定为不超过±1%FS，量程漂移定为不超过±3%FS，符合标准要求。

4、环境条件

4.1 GB12358-2024 中环境温度规定为 15°C~35°C；相对湿度规定为 25%~75%；依据 GB12358-2024、仪器使用说明书中报警器的使用温湿度及气体标准物质的最佳使用温度，规定环境温度 5°C~40 °C，相对湿度为≤85%。

4.2 工作环境要求

由于硅烷是一种有毒气体，因此在使用硅烷气体标准物质校准仪器时，应在通风橱内进行或保持通风，操作需做好相关安全防护。GB/T 15909—2017《电子工业用气体 硅烷》第 5.2 条，混合气泄露到空气中时，硅烷的自燃下限浓度约是 $0.8 \times 10^{-2} \text{ mol/mol}$ 。硅烷钢瓶应储存于阴凉、干燥通风良好的库房，远离火种、热源。钢瓶温度不应超过 52° C，保持容器密封。

5、校准用计量器具及配套设备

5.1 气体标准物质

5.1.1 经查询，目前国家有证气体标准物质能满足要求，其浓度值及不确定度见表 4。

表 4 气体标准物质浓度值及不确定度

标准物质名称/编号	物质的量分数	相对扩展不确定度 $k=2$	研制单位
氮中硅烷 GBW(E)060241	$2 \times 10^{-2} \sim 20 \times 10^{-2}$	$U_{\text{rel}}=2\%$	南京特种气体厂股份有限公司
氮中硅烷 GBW(E)064352	$10.0 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$	$U_{\text{rel}}=2\%$	大连大特气体有限公司
氮中硅烷 GBW(E) 064351	$1.00 \times 10^{-6} \sim 10.0 \times 10^{-6}$	$U_{\text{rel}}=3\%$	大连大特气体有限公司

氮中硅烷 GBW(E) 064353	$100 \times 10^{-6} \sim 10.0 \times 10^{-2}$	$U_{\text{rel}}=1\%$	大连大特气体有限公司
-----------------------	---	----------------------	------------

5.2 减压器及管路

考虑到硅烷气体的毒性，防止泄漏风险，建议使用耐化学腐蚀性的减压阀，例如不锈钢减压器，严禁使用铜、铝等易与硅烷发生反应的金属减压器；以及密封性强的管路材料，例如聚四氟乙烯管路或专用不锈钢管等，不使用橡胶的管路、密封件或膜片，可避免泄漏及材质的相互作用。

五、总结

在本规范的制定过程中，起草小组依据相关标准、相关资料和实验数据，本着科学合理、易于操作和普遍适用的原则，制定完成了硅烷气体检测报警器校准规范。本规范制定以实际情况为出发点，体现科学性、合理性、实用性，努力使规范的计量特性、校准项目及校准方法与国家（行业）标准、技术规范相符合。