

# 气体检测报警仪型式评价中关键问题探讨

黄梓宸<sup>1,2</sup>, 谢昭群<sup>1</sup>, 张 猛<sup>1</sup>, 郭 威<sup>1</sup>, 许俊斌<sup>1</sup>, 周军红<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>广东省计量科学研究院, 广东 广州

<sup>2</sup>国家碳计量中心(广东), 广东 广州

收稿日期: 2024年11月18日; 录用日期: 2024年12月11日; 发布日期: 2024年12月18日

## 摘 要

气体检测报警仪关乎工业生产过程中的生命财产安全, 而型式评价是防止不合格产品进入市场的有效手段。选择甲烷测定器(可燃气体检测报警器)、二氧化硫气体检测仪、一氧化碳检测报警器、硫化氢气体检测报警仪这四种最常见的气体检测报警仪作为对象, 通过分析实际工作中遇到的部分典型案例, 从试验样机、法制管理要求、计量要求和通用技术要求等方面总结了型式评价中需要注意的问题, 以期对相关企事业单位提供参考。

## 关键词

计量器具, 气体检测报警仪, 型式评价, 试验样机, 计量要求, 通用技术要求

# Discussion on Critical Issues in Pattern Evaluation for Gas Alarm Detectors

Zichen Huang<sup>1,2</sup>, Zhaoqun Xie<sup>1</sup>, Meng Zhang<sup>1</sup>, Wei Guo<sup>1</sup>, Junbin Xu<sup>1</sup>, Junhong Zhou<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Guangdong Provincial Institute of Metrology, Guangzhou Guangdong

<sup>2</sup>National Center for Carbon Metrology (Guangdong), Guangzhou Guangdong

Received: Nov. 18<sup>th</sup>, 2024; accepted: Dec. 11<sup>th</sup>, 2024; published: Dec. 18<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Gas alarm detectors are related to the safety of life and property in the industrial production process, and pattern evaluation is an effective way to prevent unqualified products from entering the market. In order to provide reference for relevant enterprises and institutions, four most common gas alarm detectors, namely methane detectors (combustible gas alarm detectors), sulfur dioxide gas detectors, carbon monoxide gas alarm detectors, and hydrogen sulfide gas alarm detectors, were selected as objects, some typical cases encountered in practical work were analyzed, and the

文章引用: 黄梓宸, 谢昭群, 张猛, 郭威, 许俊斌, 周军红. 气体检测报警仪型式评价中关键问题探讨[J]. 机械工程与技术, 2024, 13(6): 569-575. DOI: 10.12677/met.2024.136066

issues that need to be paid attention to in pattern evaluation were summarized from the aspects of experimental prototype, legal management requirements, metrology requirements, and general technical requirements.

## Keywords

Measuring Instrument, Gas Alarm Detector, Pattern Evaluation, Experimental Prototype, Metrology Requirement, General Technical Requirement

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

气体检测报警仪是一类用于检测空气中特定气体的仪器，通常用于各类易燃易爆、有毒有害气体的定量分析与泄漏预警，由于近年来各类因气体泄漏导致的事故频发，其在化工、石油、燃气等领域得到了广泛的关注与应用[1]-[5]。鉴于气体检测报警仪在安全防护方面所发挥的重要作用，主管部门规定其中几类需要进行强制管理。根据国家市场监督管理总局 2020 年第 42 号公告附件《实施强制管理的计量器具目录》(以下简称《目录》)显示，“有毒有害、易燃易爆气体检测(报警)仪”的监管方式为型式批准。按照《计量器具新产品管理办法》(以下简称《办法》)的规定，企业生产《目录》内监管方式为“型式批准”的计量器具都应当经省级市场监督管理部门型式批准后方可投入生产。

型式批准是指根据型式评价报告所做出的符合法律规定的决定[6]，而型式评价试验的结果则是行政主管部门做出型式批准的主要依据。气体检测报警仪的型式评价试验通常按照型式评价大纲来进行，后者对于型式评价中申请单位需要提交的资料和样机、应满足的要求、各项的试验方法与条件、结果的判定与处理以及原始记录格式等都做出了详细的规定，是我国国家计量技术规范的重要组成部分[7]-[12]。由于型式评价试验所考察的项目比常规检定或校准更加全面，其所需要的时间也更长，按照《办法》的规定，通常情况下型式评价应当在技术机构收到样机之日起三个月内完成。

通过型式评价可以对不同气体检测报警仪的性能进行有效地甄别，防止不合格的产品进入市场；另一方面，型式评价的结果也可以为生产企业提供改进产品的思路，从而提升整体产业的水平。然而在实际工作中不难发现，许多气体检测报警仪生产企业(尤其是小规模或新成立的)对于型式评价并不了解，导致试验过程问题频出且耗时过长，这也变相阻碍了企业的发展[13]-[15]。本文以型式评价过程为思路，通过分析实际工作中遇到的典型案例，对气体检测报警仪型式评价过程中关键问题进行分析与总结，以期对气体检测报警器生产企业及型式评价试验机构提供参考。

## 2. 型式评价中需要注意的关键问题

### 2.1. 气体检测报警仪分类

根据《目录》所列内容显示，“有毒有害、易燃易爆气体检测(报警)仪”包括了 7 类代表性计量器具，其中一氧化碳二氧化碳红外线气体分析器、烟气分析及化学发光法氮氧化物分析仪的技术含量及制造成本较高，通常只有规模较大的企业具有设计和生产能力；而甲烷测定器、二氧化硫气体检测仪、一氧化碳检测报警器、硫化氢气体检测报警仪这四种由于仪器结构较为简单，所涉及各类零部件均有相当成熟的产业链支撑，成本与技术门槛相对偏低，因此存在大量规模较小的“作坊式”企业，导致市场上

同类型产品良莠不齐,因此本文主要讨论这四种常见气体检测报警仪在型式评价中容易出现的问题。

需要特别指出的是,由于光干涉式甲烷测定器、催化燃烧式甲烷测定器等矿用仪器较为少见,因此不在本文讨论的范围;另一方面,由于部分型式评价大纲或检定规程(如 JJF 1363-2019)中区分了气体分析仪及气体检测报警仪[12] [16],本文仅讨论其对气体检测报警仪的相关要求。

四类气体检测报警仪所对应检定规程及型式评价大纲见表 1。

**Table 1.** Classification and corresponding metrological technical specifications of gas alarm detector

**表 1.** 气体检测报警仪分类及对应计量技术规范

类型	检定规程	型式评价大纲
甲烷测定器 (可燃气体检测报警仪)	JJG 693-2011 可燃气体检测报警器	JJF 1368-2012 可燃气体检测报警器型式评价大纲
二氧化硫气体检测仪	JJG 551-2021 二氧化硫气体检测仪	JJF 1364-2012 二氧化硫气体检测仪型式评价大纲
一氧化碳检测报警器	JJG 915-2008 一氧化碳检测报警器	JJF 1421-2013 一氧化碳检测报警器型式评价大纲
硫化氢气体检测报警仪	JJG 695-2019 硫化氢气体检测仪	JJF 1363-2019 硫化氢气体检测仪型式评价大纲

## 2.2. 试验样机数量及要求

进行型式评价试验所需要提供的样机数量应按照各型式评价大纲的规定,注意需要区分“单一产品”与“系列产品”,其中“单一产品”是指测量原理、对象、范围等各项参数固定的单一型号的产品;而“系列产品”是指测量原理相同、结构(外观)相同或相似,并满足两个条件(① 准确度相同,测量区间不同;② 准确度不同,测量区间相同且结构相同)之一的一组产品,通常系列产品可以包含多个型号,不同型号的测量范围可以不同[7] [8]。各气体检测报警仪型式评价所需的样机数量见表 2。

**Table 2.** Amount of prototypes required for gas alarm detector pattern evaluation

**表 2.** 气体检测报警仪型式评价所需样机数量

类型	单规格产品	系列产品
甲烷测定器 (可燃气体检测报警仪)	便携式: 3 台 固定式: 6 台	系列产品包含 3 个型号以内的,选择测量范围最大的型号按单规格产品要求送样;剩余型号每种送 1 台。
二氧化硫气体检测仪 一氧化碳检测报警器		系列产品包含 4 个型号及以上的,选择测量范围最大及其他有代表性的型号,所选型号不小于总型号数的三分之一,按单规格产品要求送样;剩余型号每种送 1 台。
硫化氢气体分析仪	便携式: 3 台 固定式: 4 台	包含全系列产品测量范围上下限的型号按单规格产品的要求送样;剩余型号每种送 1 台。

由于型式评价需要检查传感器等关键零部件并拍照,试验人员通常需要对样机进行拆解(如图 1 所示),因此全部试验样机不应以灌胶等不可拆卸的方式密封。如确有部分关键零部件无法拆卸,则申请单位需要另外提供一整套零部件的散件,该套散件在拍照后将与试验样机一同封存。

全部试验样机需自带读数显示面板,不应使用临时的读数装置;如部分固定式报警器探头不带显示面板的,则需要将带显示的控制单元一同作为样机送检,该控制单元需要与探头一同进行试验。样机需内置浓度标定功能,且标定数据是存储在仪器本体上,不应存储在外接控制器上。对于扩散式仪器,申请单位还需要提供配套的气体标定罩。

此外,如仪器需要外接电源的,需要注明输入电源的电压电流要求;建议申请单位在送样前提前将

仪表内部的电源端子接好线，或提供简明的接线示意图，以避免因接错线导致的意外情况，同时节省试验所需时间。



**Figure 1.** Internal structure of a certain model of hydrogen sulfide gas alarm detector  
**图 1.** 某型号硫化氢气体检测报警仪内部结构

### 2.3. 法制管理要求

法制管理要求是企业生产计量器具过程中最容易出现细节问题的部分，图 2 为部分存在问题的试验样机铭牌及显示面板。经检查可以发现，图中所示铭牌及显示面板均使用了非法定计量单位 PPM 作为浓度单位，而按照型式评价大纲等相关规范性文件的要求，所有样机均应使用法定计量单位，即  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 、 $\text{mg}/\text{m}^3$  等；此外，样机铭牌中还缺少技术指标、制造时间等信息，部分字符大小写等格式也存在不规范的情况。



**Figure 2.** Some incorrect examples of nameplate (left) and display panel (Right)  
**图 2.** 部分存在问题的铭牌(左)及显示面板(右)实例

关于计量法制标志和计量器具标识方面，其他还需要注意的有：仪器的铭牌应清晰且牢固，不应使用普通纸等易磨损的材质进行临时性粘贴；样机应提前预留型式批准标注与编号；名称与测量范围需要规范且合理，应正确体现仪器的功能；技术指标应与大纲保持一致，不应自行提高或降低要求；出厂编号应具有唯一性。此外，企业还需注意样机机身所标注的信息应与提交型式批准申请时所填信息及说明书等各类资料保持一致。

### 2.4. 计量要求

计量性能是计量器具最为重要的技术指标，也是检定规程和型式评价大纲所考察的主要项目。气体

检测报警仪型式评价实验中, 计量要求主要包括示值误差、重复性、响应时间和漂移四项, 各项的指标要求见表 3。

**Table 3.** Metrological requirements of gas alarm detector pattern evaluation

**表 3.** 气体检测报警仪型式评价计量要求

类型	示值误差	重复性	响应时间	漂移
甲烷测定器 (可燃气体检测报警仪)	$\pm 5\%$ FS	$\leq 2\%$	扩散式: $\leq 60$ s 泵吸式: $\leq 30$ s	零点漂移: $\pm 2\%$ FS 量程漂移: $\pm 3\%$ FS
二氧化硫气体检测仪	$\pm 5\%$ FS	$\leq 2\%$	扩散式: $\leq 60$ s 泵吸式: $\leq 30$ s	不超过示值误差
一氧化碳检测报警器	$\pm 5 \mu\text{mol/mol}$ 或 $\pm 10\%$ (满足其一即可)	$\leq 2\%$	扩散式: $\leq 60$ s 泵吸式: $\leq 30$ s	零点漂移: $\pm 3 \mu\text{mol/mol}$ 量程漂移: $\pm 5\%$
硫化氢气体检测报警仪	$\pm 2 \mu\text{mol/mol}$ 或 $\pm 10\%$ (满足其一即可)	$\leq 2\%$	$\leq 60$ s	零点漂移: $\pm 2\%$ FS 量程漂移: $\pm 3\%$ FS

此外, 二氧化硫气体检测仪型式评价大纲中规定二氧化硫气体检测仪还需要额外进行报警设置误差试验, 要求为“报警设置误差不超过最大示值误差的二分之一”, 但该项目在最新版二氧化硫气体检测仪检定规程中已经取消; 此外检定规程中也将示值误差的要求更改为“ $\pm 5\%$  FS 或  $\pm 10\%$ , 满足其中之一即可”, 响应时间的要求更改为“60 s” [10] [16], 注意在新版车型评价大纲发布前, 仍应按照旧版大纲的要求进行试验。

进行试验操作前, 首先应根据不同大纲的要求选择合适浓度的气体标准物质及零点气体, 气瓶、设备间的管路连接应尽量使用聚四氟乙烯等材质的气管以减少对气体成分的吸附。在通气操作时, 对于扩散式仪器, 应选用厂家所提供的气体标定罩, 然后按照指定的流量进行通气, 并尽量确保每次测量时的通气流量接近; 对于泵吸式仪器, 则应使用三通分流阀, 按一进两出的方式连接气路, 测试时应保证排空路有合适的气流流出, 既要避免流量过大对仪器气泵造成损坏, 又不能因流量过小而使仪器吸入空气导致测量结果偏小。

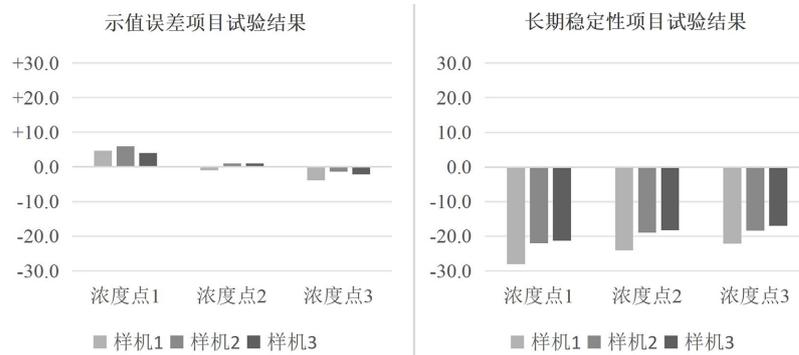
在单次通标气测量结束后, 应等待仪器示数充分回零后再进行下一次实验, 以避免部分传感器产生累积效应而导致测量读数越来越大。在准备进行漂移实验时, 由于实验耗时较长(部分固定式仪器需要 6 小时), 应提前规划好时间以免错过测量时机。

## 2.5. 通用技术要求

仪器的检定试验与型式评价试验最大的区别就体现在通用技术要求方面。对于气体检测报警仪的型式评价试验来说, 除了要进行检定规程所要求的外观与结构检查、通电检查、报警功能、绝缘电阻等常规项目外, 还需要额外进行气候环境适应性、机械环境适应性、电磁兼容适应性等一系列更加复杂的试验, 以便对仪器的性能进行更加系统和全面的评估。由于通用技术要求的试验相对复杂, 对试验环境、设备等配套条件要求较高, 许多小型气体报警器生产企业难以自行进行检验, 故通用技术要求是型式评价试验中最容易出现问题的环节。

### 2.5.1. 长期稳定性

按照型式评价大纲的要求, 固定式气体检测报警仪需要进行长期稳定性测试, 这是由于固定式气体检测报警仪通常是安装在需要对目标气体进行长时间连续监测的场景下, 故其稳定性的要求要比便携式仪器更高。图 3 为某型号一氧化碳检测报警器示值误差项目及长期稳定性项目的试验结果。



**Figure 3.** Test results of a certain model of carbon monoxide gas alarm detector  
**图 3.** 某型号一氧化碳检测报警仪试验结果

可以看出在示值误差项目的试验中, 该型号三台试验样机在大纲要求的三个测试浓度点下的示值误差均能满足大纲的要求( $\pm 10\%$ ); 而在经过 28 天的长期稳定性试验后, 全部样机的示值误差均出现了严重的负漂, 且均超出了大纲的允许范围[11]。由此可见, 常规示值误差合格的样机经过长时间连续工作后, 其指标可能会出现较大幅度的变化。

在进行长期稳定性项目的试验时, 需要注意的是仅可以在试验开始时对仪器进行一次标定操作, 而在其后的 28 天时间内不得再次调节和校准仪器, 直到试验的最后一天, 再按要求检测仪器的示值误差。在实验过程中, 为了避免断电等意外情况发生, 建议使用 UPS 不间断电源进行供电。

### 2.5.2. 环境适应性

环境适应性试验主要可分为气候环境和机械环境, 其中气候环境部分通常包括高温试验、低温试验、高温贮存试验、低温贮存试验和恒定湿热试验; 机械环境部分通常包括振动试验和跌落试验。需要注意的是, 高温、低温、恒定湿热、振动和跌落试验是为了考察仪器在不同环境下是否能正常工作, 因此试验期间仪器是按照正常工作时的安装方式通电工作的; 而高温贮存、低温贮存是为了考察仪器在经过不同环境条件的贮存及运输后是否能正常工作, 因此仪器应带包装进行试验, 待升降温操作结束后再将仪器取出通电并进行误差等测试。

### 2.5.3. 电磁兼容适应性



**Figure 4.** Laboratory of radio frequency electromagnetic field radiation immunity  
**图 4.** 射频电磁场辐射抗扰度实验室

气体检测报警仪的电磁兼容适应性试验主要考察仪器在不同电磁场环境下是否可以正常工作, 通常

包括射频电磁场辐射抗扰度试验、静电放电抗扰度试验、电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。由于此类试验所需设备(如电波暗室等,如图4所示)价格昂贵,企业通常不具备试验条件,因此建议企业提前委托有资质的第三方检测机构进行相关项目的摸底试验,以便提前发现问题并及时做出改进。

### 3. 结论

气体检测报警仪作为一类重要的防护设备,其产品质量关乎人民的生命财产安全,而型式评价试验是国家强制管理的几类气体检测报警仪推向市场前最重要的一次性能测试,因此全面且严格的型式评价试验是确保气体检测报警仪产品准确性与可靠性的关键。

本文以型式评价试验的流程为思路,通过分析部分典型案例,总结了气体检测报警仪在试验样机、法制管理要求、计量要求和通用技术要求等方面需要注意的问题,并提出了几点建议:(1)企业所提供各型号试验样机的数量应满足对应型式评价大纲的要求,同时试验样机的结构宜便于拆机检查及后续试验,确保功能完善、配件齐全;(2)型式评价作为国家强制管理手段,应注重法制管理要求,试验样机铭牌及显示面板所使用的计量单位、标识等均应符合相关规定;(3)开展评价试验时,应注意各项的要求及操作细节,比如使用配套气体标定罩、选择合适的通气流量等,以避免对试验结果造成影响;对于环境适应性、电磁兼容性等较为复杂、企业没有条件进行自测的项目,建议在型式评价前委托第三方机构开展性能摸底试验。

### 基金项目

广东省市场监督管理局科技项目,高精度温室气体在线监测系统量值溯源关键技术研究(项目编号:2024ZC07)。

### 参考文献

- [1] Liu, P. and Ma, X. (2023) Lessons Learned in Confined Space Entry Management after a Gas Poisoning Accident in China. *Process Safety Progress*, **43**, 170-176. <https://doi.org/10.1002/prs.12521>
- [2] Tian, B., Zhao, Z., Cui, X. and Zhu, J. (2024) Characteristics of Malignant Urban Gas Accidents in China from 2013 to 2022. *Heliyon*, **10**, e34568. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34568>
- [3] Yuan, J., Mao, W., Hu, C., Zheng, J., Zheng, D. and Yang, Y. (2023) Leak Detection and Localization Techniques in Oil and Gas Pipeline: A Bibliometric and Systematic Review. *Engineering Failure Analysis*, **146**, Article ID: 107060. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107060>
- [4] 张文豪. 简析城镇燃气泄漏事故[J]. 城市燃气, 2021, 555(5): 29-31.
- [5] 马博雅. 危险化学气体泄漏事故源项反演方法研究及应用[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建师范大学, 2023.
- [6] 全国法制计量管理计量技术委员会. JJF 1001-2011 通用计量术语及定义[S]. 北京: 中国质检出版社, 2011.
- [7] 全国法制计量管理计量技术委员会. JJF 1015-2014 计量器具型式评价通用规范[S]. 北京: 中国质检出版社, 2014.
- [8] 全国法制计量管理计量技术委员会. JJF 1016-2014 计量器具型式评价大纲编写导则[S]. 北京: 中国质检出版社, 2014.
- [9] 全国环境化学计量技术委员会. JJF 1368-2012 可燃气体检测报警器型式评价大纲[S]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
- [10] 全国环境化学计量技术委员会. JJF 1364-2012 二氧化硫气体检测仪型式评价大纲[S]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
- [11] 全国环境化学计量技术委员会. JJF 1421-2013 一氧化碳检测报警器型式评价大纲[S]. 北京: 中国质检出版社, 2013.
- [12] 全国环境化学计量技术委员会. JJF 1363-2019 硫化氢气体检测仪型式评价大纲[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [13] 陈洁琼, 来肖京, 赵雷, 等. 新形势下计量器具型式评价工作问题与对策的思考[J]. 中国计量, 2021(9): 39-40.
- [14] 范宇. 提高计量器具型式评价工作时效的措施探析[J]. 中国计量, 2022(9): 31-33.
- [15] 范宇, 刘丽娟. 关于加强计量器具型式评价工作的思考[J]. 中国检验检测, 2022, 30(5): 8-10.
- [16] 全国环境化学计量技术委员会. JJG 551-2021 二氧化硫气体检测仪[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.