

免维护家用可燃气体报警器评价方法研究

李元俊, 张 旭

新考思莫施电子(上海)有限公司

摘 要: 本文以编制中国城市燃气协会团体标准T/CGAS-030-2024《免维护家用可燃气体报警器》的工作过程为基础,通过分析我国家用燃气安全现状、家用报警器评价方法,参考国内外相关标准、国内厨房环境,提出了防误报性能、气体选择性能、高浓度气体耐久性能、食用油类环境中的耐久性能、耐腐蚀性能、耐硅中毒性能、耐温湿度变化性能、长期稳定性能的技术要求和试验方法。文章提出的方法与现有评价标准互为补充,希望通过提升产品的技术要求,重视产品研发和品质管控,早日达到“免维护,零死亡”的目标,为普及家用可燃气体报警器,保障用气安全做出贡献。

关 键 词: 团体标准; 免维护; 家用可燃气体报警器; 评价方法

1 行业发展背景

新时代要求我们以高水平的安全保障高质量的发展,以高水平的安全服务新质生产力的发展。对于消

防安全设备行业和燃气行业,应当因地制宜,积极作为,不断提高产品的可靠性。家用可燃气体报警器(又称探测器)是一种适用于家庭厨房环境,用于探测可燃气体以及不完全燃烧产物的设备。当对象气体

[5]周伟国,刘晓婧,王海.燃气管网仿真技术的发展状况[J].世界科技研究与发展,2013,35(01):99-100,130.
[6]李瑜仙.管网仿真技术在燃气输配中的应用[J].城市燃气,2014,(09):4-12.
[7]王海,王海鹰,朱彤,等.基于面向对象方法的多源环状管网水力计算[J].计算物理,2012,29(05):713-720.
[8]周海舰,王海,朱彤.一种用于立体供热管网的水力计算方法[J].计算物理,2017,34(03):355-364.

[9]赵丹铭,周伟国,黄薇.面向对象法燃气管网水力计算[J].煤气与热力,2020,40(12):17-22,31,42-43.
[10]赵灿,王海,周伟国,等.基于面向对象方法的燃气管网水力计算[C]//中国燃气运营与安全研讨会(第九届)暨中国土木工程学会燃气分会2018年学术年会论文集(上):煤气与热力杂志社,2018:195-199.
[11]孔玉祥,高炜波,孙能,等.不同气源分配对管网安全性和运行经济性影响的讨论[J].城市燃气,2021,(12):14-22.

[第一作者简介] 李元俊, 开发课长, 工程师, 主要从事产品开发和技術管理工作。

的浓度值达到报警条件时,报警器通过发出声光报警信号或联动燃气切断阀等执行机构,及时提醒、关闭气源以保障人民群众的生命及财产安全。近年来随着燃气行业的迅速发展,燃气泄漏或不完全燃烧造成的燃烧爆炸、中毒等事故也呈上升趋势。根据中国城市燃气协会对全国(不含港澳台)燃气事故的统计,2023年内居民用户事故300起,死亡33人,受伤217人。其中,因燃气泄漏以及一氧化碳中毒造成的事故比例较高。如2023年11月,江苏扬州居民家中的燃气软管因破损导致燃气泄漏后引发爆燃,造成了受伤事故;又如2023年12月,山西太原一自建出租房发生的一氧化碳中毒事故,造成29人受伤。若上述发生事故的地点安装了安全可靠的家用户可燃气体报警器,则可能有效避免事故的发生。虽然社会面对家庭用气安全越来越重视,但由于一是部分产品质量参差不齐,居民用户在使用过程中误报、漏报等问题频发;二是我国目前对家用户可燃气体报警器产品无法有效进行定期检定和校准^[1],产品失效或超期使用等现象屡见不鲜;三是网络平台上一些不良厂商甚至销售假冒伪劣产品,导致全社会对家用户可燃气体报警器的接受程度不高,阻碍了产品的销售和行业的安全发展。

2 免维护概念的提出与现有评价方法的回顾

为了改善我国家用户可燃气体报警器产品在家庭环境长期使用过程中误报、漏报、入户维保困难等难点、痛点问题,新考思莫施电子(上海)有限公司首次提出家用户可燃气体报警器免维护的概念,并作为《免维护家用户可燃气体报警器》团体标准的主编单位,在中国城市燃气协会标准工作委员会的指导下,组织各参编单位优化规范技术要求及试验方法,确保通过该项标准的产品在长期使用过程中始终保持高水平的可靠性、稳定性和准确性,致力于保障安全用气的同时减少维护成本,达到设计使用寿命周期内无须进行更换零部件、气体校准及维护就能够连续、稳定运行。

我国现行的国家标准为2019年国家市场监管总局和国家标准化管理委员会发布的GB 15322.2-2019《可燃气体探测器 第2部分:家用户可燃气体探测器》。据了解,业内产品开发过程中,会同时参考住房和城乡建设

部起草的GB/T 34004-2017《家用和小型餐饮厨房用燃气报警器及传感器》这一标准。日本的家用户可燃气体报警器发展位居世界前列,市场普及率较高,日本燃气具检查协会于2015年修订并实施的JIA E 001-15《城市燃气用燃气报警器检查规程》,对我国的标准制定工作具有极大的参考价值。孔祥朋和苏海通^[2]对两国标准之间的共通点和不同之处进行比较后指出了我国相关标准研究有待完善,应当着重考虑气候环境及机械环境耐受性能。赵国箐^[3]详细分析了日本在城市燃气管理上的多种措施,指出燃气泄漏报警器与一氧化碳报警器结合是发展趋势,并表示日本的开发方向是电池式报警器。与此同时,也有很多专家学者对家用户可燃气体报警器的测试方法做了大量的研究。李亚运等^[4]通过开展高低温环境试验发现,环境温度不在15℃~25℃范围内时,会对报警器的测量精度造成影响。王连驰等^[5]提出了对气体传感器的应答时间、环境试验、长期稳定运行和耐久性能等特性的试验方法。徐洁等^[6]在上述研究的基础上,又进一步针对我国厨房环境频繁使用料酒和食用醋,容易导致气体报警器误报的情况,提出了一种利用酒精和醋酸的测试手段。另一方面,吕捷^[7]从报警器的结构和原理出发,指出在日常使用中要避免如有机硅化物、酸性物质、含铅物质等污染物质影响并对检定规程提出了建议。李琦^[8]指出性能影响主要分为传感器和电路两大部分,其中电路部分绝大多数厂家可有效控制其可靠性,而传感器部分的长期稳定性和抗干扰性需要有效的对策。李小明^[9]等研究发现,可燃气体探测器环境适应性研究还在起步阶段,缺乏对多种气体耦合环境下的评价方法。

3 免维护家用户可燃气体报警器评价方法的介绍

在制定中国城市燃气协会标准T/CGAS-030-2024《免维护家用户可燃气体报警器》的过程中,通过研究现有评价方法发现,若家用户可燃气体报警器在寿命期内达到免维护的要求,主要影响因素为高低温和湿度环境、空气污染、传感器自身的可靠性、厨房中调料的使用以及油烟问题。通过进一步调研,在分析国内厨房情况、厂家产品对比试验的基础上,借鉴了日本JIA E 001-15的试验设计理念,同时参考了GB 15322.1、

GB 15322.2、GB/T 34004标准，对技术要求、试验方法及检验规则等方面作了详细的要求，以确保免维护家用可燃气体报警器产品的规范化生产和使用。综上所述，在团标中提出了免维护报警器在防误报性能、气体选择性能、高浓度气体耐久性能、食用油类环境中的耐久性能、耐腐蚀性能、耐硅中毒性能、耐温湿度变化性能等方面经实测与优化后的技术要求和试验方法，见表1。

3.1 使用寿命要求

一般来说，5年以上寿命期是家用电器或电子产品通常的质量保证年限，而我国家用报警器行业尚未对质量保证年限作出明确规定。参考日本行业内的实际做法，以依据JIA标准开发的产品出厂合格后6年内发生的失效数据做支撑：销售6 805 322台，失效率为0.017 5%（失效情况包括传感器敏感化、机器故障报警、基板浸水、外力冲击，数据来源于日本新宇宙电机株式会社2018年3月—2023年10月的调查数据）。标准试验方法设计以加速疲劳、累计暴露、长期通电等方式来等效报警器5年使用的情况，在JIA标准的基础上，结合国内现行标准的要求并适当提高，以达到免维护目标。

3.2 防误报性能

对于通常条件下的抗干扰，考虑到实际家庭环境中干扰气体的存在时间较短，现行标准中测试时间较

长但试验气体浓度较低，将试验时间缩短至5min，用于模拟家庭环境中浓度瞬间提高的实际情况，并将试验气体浓度设置为 $(6\ 000 \pm 200) \times 10^{-6}$ （体积分数）。此外，由于国内烹饪时酒类的使用比较频繁，实际生活中，乙醇的干扰状态通常是高温高湿的，又由于乙酸是通过氧化乙醇产生的，因此，检测高浓度乙醇相比于检测乙酸的试验条件更加苛刻，则将单独测试乙酸的技术要求删除。参考JIA标准，对于报警气体种类为天然气和液化石油气的报警器，设定为 $(6\ 000 \pm 200) \times 10^{-6}$ （体积分数）以及1min；对于报警气体种类为一氧化碳的报警器，JIA规定为通入1 000ppm乙醇15min内不得报警，考虑到国内的厨房环境，将测试标准提高至 $(6\ 000 \pm 200) \times 10^{-6}$ （体积分数）以及1min。又由于干扰气体可能随机产生，为避免报警器误报，设定了叠加试验条件下的抗干扰性能要求，即规定在气体选择性能、高浓度气体耐久性能、食用油类环境中的耐久性能、耐腐蚀性能、耐硅中毒性能试验完成后追加进行抗干扰测试，用于判断报警器在此类情况下是否还能正常发出报警信号。由于是叠加试验，在制定该项技术要求时，采取收集多个主流厂家产品进行测试，根据测试结果最终确定了标准条款要求，将叠加试验后报警器的动作条件设定为在气体浓度为（1~20）%LEL的区间内应当发出报警信号，即报警器在上述试验后处于可工作状态，

表1 免维护报警器评价项目、目的及参考说明

评价项目	评价目的	参考说明
使用寿命要求	明确5年以上寿命期以符合市场对免维护产品的需求。	电子产品使用年限
防误报性能	模拟家庭环境浓度瞬间提高以及应对随机产生的干扰气体对报警器的影响。	JIA E 001-15 GB/T 34004 中国厨房环境
气体选择性能	考察大气污染情况以及燃气掺氢的气体环境对报警器的影响。	JIA E 001-15 GB/T 34004
高浓度气体耐久性能	考察长期高浓度气体浸泡环境下是否能够保持报警功能。	GB/T 34004
食用油类环境中的耐久性能	考察中国厨房油烟环境对传感器影响。	中国厨房环境
耐腐蚀性能	考察大气中真实存在的腐蚀性气体（二氧化硫）对报警器的长期影响。	JIA E 001-15
耐硅中毒性能	考察长期含硅气体对报警器的影响。	GB/T 34004
耐温湿度变化性能	模拟5年温湿度更替考察设计可靠性。	GB/T 2423.34
稳定性能	考察长期工作/放置状态下的稳定性能。	GB/T 34004

并未丧失报警功能。

3.3 气体选择性能

一氧化氮是主要的大气污染物，通常来源于人为排放和工业生产的废气，在空气中易被氧化成二氧化氮，而后者有强烈腐蚀性和毒性^[10]。同时，由于掺氢后的天然气燃烧所产生的污染物排放量大大减少，燃气掺氢技术已成为行业研究的热点及发展趋势。此外，当燃气具不完全燃烧时还会产生一氧化碳。因此，为了防止此类误报警，本评价方法参考JIA E 001-15以及GB/T 34004，对包含检测一氧化碳的复合型气体报警器进行测试时，增加氢气、氢气与一氧化碳混合气、一氧化氮的测试项目。《气体报警器技术史》（日本气体报警器工业会）指出：JIA制定初期（1986年）将250ppm氢气作为干扰气来判定传感器质量的技术要求并保留，又在2007年改版时，增加了氢气25ppm与一氧化碳25ppm混合气体环境下测试15min的技术条件。因此，本团标考虑到我国地域广阔，燃气具质量参差不齐、（报警器设置位置）厨房与浴室的距离、布置环境各不相同而设计此技术要求。

3.4 高浓度气体耐久性能

该技术要求参考并沿用了GB/T 34004标准。通过测试报警器在长时间高浓度气体环境中是否能够保持正常的报警动作，避免发生报警，且家中处于无人状态时，由于气体报警器的零部件品质问题导致无法长时间有效发出报警声光信号。

3.5 食用油类环境中的耐久性能

考虑到国内的饮食习惯，在烹饪时会产生大量油烟，长时间的厨房油烟环境会对报警器造成不良影响。如图1，日本新宇宙电机株式会社进行了30h以上的油烟暴露试验和油渍附着试验，通过分析传感器的敏感度下降（钝化）情况发现：通过试验后报警器内部的状态与市场回收的由于油烟导致失效机器的状态一致。因此，借鉴日本报警器行业做法，在团标中设置本性能指标和试验方法，并列出了推荐的试验装置及其技术参数。介于中国家庭厨房烹饪习惯，油烟产生量比日本大，在指标设定时，将试验时间设定为30h的两倍以上即80h。具体包括油烟暴露试验和油渍附着试验。

对于油烟暴露试验，是将食用油加热并控制在安全油温范围内，按照一定的时间间隔及持续时间将定

量水滴入加热的油中，使报警器始终暴露于油烟环境。对于油渍附着试验，是将室温食用油雾化后，按照一定的时间间隔向正常安装的报警器进行定量喷雾，试验后报警器内部状态如图2所示，油渍明显附着于过滤网，与现场回收产品对比，模拟效果良好。



图1 食用油类环境中的耐久性能试验装置

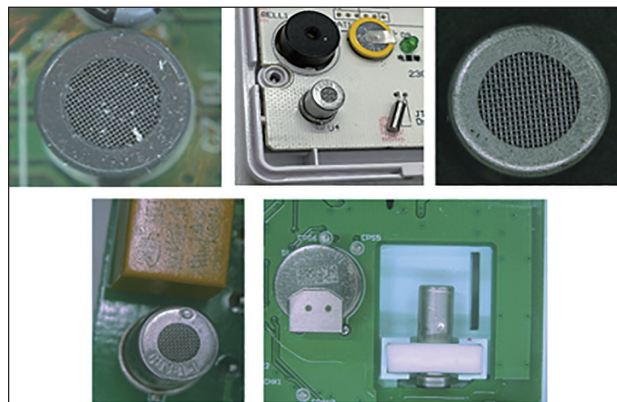


图2 食用油类环境中的耐久性能试验后报警器内部状态

3.6 耐腐蚀性能

二氧化硫与空气中的水分接触后生成的亚硫酸会对金属造成腐蚀。本团标考虑大气环境中存在的微量的二氧化硫等腐蚀性气体可能对报警器的传感器、电子部件等造成影响，因此设定了耐腐蚀性能及试验。根据生态环境部公布的2023年全国339个地级及以上城市大气中二氧化硫浓度，平均浓度为 $9\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，

换算为体积分数单位为0.033ppm，即5年的累积暴露量为 $0.003\ 3 \times 365 \times 5 = 6 \text{ ppm} \cdot \text{d}$ ，考虑到室外与室内空气质量的差异，以及该试验在我国首次应用，技术条件沿用JIA E 001-15标准，将评价的累积暴露量设定为 $0.4 \text{ ppm} \cdot 10 = 4 \text{ ppm} \cdot \text{d}$ ，并采用图3的设备进行评价。



图3 耐腐蚀性能试验设备

3.7 耐硅中毒性能

空气环境中会游离有微量的二氧化硅等含硅气体存在。本团标以浓度为 10×10^{-6} （体积分数）的HMDS（六甲基二硅氧烷/六甲基二硅氧醚）气体中通电40h来模拟5年中硅气体对半导体及催化燃烧式传感器的影响。

3.8 耐温湿度变化性能

由于报警器安装于厨房环境，室温接近于室外温度，在寿命期内（5年以上）发生的季节更替变化会对报警器稳定工作乃至电子部件、机械结构产生影响。本团标参照GB/T 2423.34的规定要求进行温湿度组合循环试验，以10个温湿度循环试验模拟5年的季节更替变化。

3.9 稳定性能

由于GB15322.2中关于长期稳定的技术要求规定为21d，考虑仓储周期以及长期通电后存在的感度劣化现象，本团标参照GB/T 34004的标准，将试验时间设置为90d。通过更长工作周期的报警浓度变化可以

更准确地预测报警动作值的长期变化趋势。

4 结论与展望

本团体标准设计的评价方法涵盖了现行国家标准和规范的相关内容，吸收了国外行业成熟做法和市场经验，兼顾消防产品型式评价要求、国内主流报警器产品的质量现状，协调统一、互不冲突，具有普适性。在功能和结构设计、材料选择方面，对国内市场具有指导提升作用，弥补了行业空白。市场对报警器产品的认可不是一蹴而就的，期待团体标准T/CGAS 030-2024《免维护家用可燃气体报警器》的有效实施，促进业内进一步重视研发和品质管控，提升产品的质量及可靠性，通过产品的迭代升级，不断接近“免维护，零死亡”的目标，为普及家用可燃气体报警器，保障居民用气安全做出贡献。

参考文献

- [1]许向梅.家用可燃气体报警器的使用现状及检测建议[J].中国计量,2020,(05):126.
- [2]孔祥朋,苏海通.家用可燃气体探测器标准比较研究[J].轻工标准与质量,2022,(04):111-113.
- [3]赵国菁.日本城市燃气的安全管理[J].煤气与热力,2012,32(04):40-44.
- [4]李亚运,王祥,操凯,等.甲烷探测器高低温环境适应性实验研究[J].现代制造技术与装备,2023,59(08):108-110.
- [5]王连驰,徐洁,庞炳海.试论家用燃气报警器用气体传感器的检定方法[J].传感器世界,2011,(1):9-12.
- [6]徐洁,庞炳海,王连驰.用气体传感器特性数据评价酒精和醋酸的干扰程度[J].传感器世界,2011,17(05):15-18.
- [7]吕捷.影响可燃气体检测报警器测量结果的因素分析[J].化工设计通讯,2020,46(08):108-109.
- [8]李琦.影响可燃气体报警器长期稳定性及产生误报的原因分析[C]//天津市电子工业协会.天津市电子工业协会2021年年会论文集.天津费加罗电子有限公司,2021:4.
- [9]李小明,焦伟豪,王祥,等.耦合环境下甲烷探测器性能研究与分析[J].环境工程,2023,41(S2):964-969.
- [10]张正斌,任春艳,刘春颖,等.对一氧化氮作用的新认识及其检测方法[J].青岛海洋大学学报(自然科学版),2003(03):425-432.