

Research on Zero Automatic Correction of Catalytic Gas Leak Detector

Jiale Wu¹, Ying Mou²

¹Chongqing Key Laboratory of Signal and Information Processing (CQKLS & IP), Chongqing University of Posts and Telecommunications (CQUPT), Chongqing

²College of Computer and Information Science, Chongqing Normal University, Chongqing
Email: hbxgwjl@foxmail.com

Received: Dec. 15th, 2016; accepted: Jan. 6th, 2017; published: Jan. 9th, 2017

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

This paper aims at the environmental characteristics of the combustible gas monitoring sites, and according to the working characteristics of the catalytic sensor, a new method for zero drift automatic correction of catalytic combustible gas detector is proposed. The experimental results show that the proposed scheme can solve the problem of zero drift of combustible gas detector, and has high practicability.

Keywords

Combustible Gas, Gas Leakage, Catalysis, Methane Sensor, Zero Automatic Correction

催化型燃气泄漏探测器的零点自校正技术研究

吴佳乐¹, 牟颖²

¹重庆邮电大学信号与信息处理重庆市重点实验室, 重庆

²重庆师范大学计算机与信息科学学院, 重庆
Email: hbxgwjl@foxmail.com

收稿日期: 2016年12月15日; 录用日期: 2017年1月6日; 发布日期: 2017年1月9日

摘要

本文针对可燃气体监测场所的环境特点, 根据催化传感的工作特性, 提出了一种催化原理可燃气体探测器的现场零点自校正技术方案。通过实验证明, 该方案能很好的解决可燃气体探测器长期零点漂移的问题, 具有很高的实用性。

关键词

可燃气体, 燃气泄漏, 催化, 甲烷传感器, 零点校正

1. 引言

可燃气体探测器常用于对燃气泄露情况进行监测, 催化式可燃气体探测器是当前应用最为广泛的一种气体探测器[1]。催化燃烧式可燃气体探测器具有响应迅速、寿命较长、价格低廉、体积小[2]等特点。在实际使用过程中, 经过长期保持运行后, 可燃气体探测器常常出现工作稳定性变差, 测量结果偏差较大的问题。一般来说, 测量结果偏差大有两个原因, 一个是零点漂移, 另一个是线性偏移。因此在可燃气体探测器的研究中, 如何克服零点漂移、提高稳定性一直是研究的重点之一。

一般来说, 解决零点漂移的途径有两种, 一种是人工标校, 另一种是自动校正。不同于煤矿瓦斯传感器监测点位置分布集中, 可以方便的完成每 15 天标校一次的要求[3], 燃气公司在对可燃气体是否泄漏进行监测的时候, 监测点通常范围广、位置分散, 有些监测点甚至在极为偏远的地方, 长期无人值守。基于这种现状, 如果燃气公司对探测器逐一定时进行标校, 投入的人力成本高、资金大、而效率低下, 有诸多不可行性。针对这种情况, 本文提出了一种催化燃烧式可燃气体探测器的现场零点自校正技术。

2. 现场零点自校正的可行性研究

2.1. 常见零点自校正技术分析

催化传感器零点漂移是指在正常大气条件下, 催化传感器的零点输出值随时间的缓慢变化。现有的零点自校正方法, 常见的有两种: 一种是通过单片机设计, 在空气中初始化, 将零点漂移值写入 EEPROM, 以后每次开机自动读取 EEPROM 中的值, 将实际测量值减去零点漂移值, 所得结果即为标校后的瓦斯浓度值。另一种是自动降低元件工作电流, 使元件的温度降低到刚刚不起燃的温度, 将此时的“零漂值”通过单片机存入 RAM 中。然后通过升高元件工作电压, 将元件恢复到工作状态。通过将正常工作状态下检测到的数据减掉在上一个过程中得到的存储在 RAM 中的“零漂值”, 使检测值得到补偿。

由于催化元件在长期使用过程中不断损耗, 物理性质发生变化, 在传感器出现零漂后, 使用原来的零点位置进行自动零点校正并不能准确校零, 故方案一存在诸多缺陷; 方案二中如果能够在元件刚刚不起燃的时候, 记录并存储下零点值, 则能够较为准确的解决自动零点校正问题, 但是由于催化元件个体差异限制, 如何保证催化元件处于不起燃的临界点是一件极为困难的事[4] [5]。

因此, 目前的零点自校正方法在传感器出现零点漂移时, 很难准确的进行零点校正。针对上述分析的零点校正问题, 本文提出了一种催化原理可燃气体探测器的现场零点自校正技术方案。

2.2. 甲烷传感器的波动性研究

在对催化原理的传感器进行深入研究后, 发现催化原理传感器采样结果的波动性来与其工作的甲烷

气体浓度息息相关, 为了说明环境中甲烷存在对甲烷传感器检测结果的波动性影响, 我们做了甲烷传感器在有甲烷和无甲烷环境下检测结果的波动性实验和研究。

2.2.1. 催化原理探测器在无零漂的情况下, 甲烷气体对测试结果的波动性影响

为了模拟催化型甲烷传感器在无零漂的情况下, 甲烷气体对测试结果的波动性影响, 利用同一组无零漂的催化式甲烷探测器分别在浓度为 2% 的甲烷环境和空气环境下进行检测, 由通信接口输出检测数据, 等待数据稳定, 选择连续的 200 个数据作为样本, 统计波动性情况。

本实验只统计波动性情况, 需要将检测数据减去样本的平均值。设第 i 个检测数据为 X_i , 样本期望为 E , 则

$$E_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

检测数据的漂移程度为 δ_i 为

$$\delta_i = X_i - E_1$$

测试结果如图所示, 图 1 为工作正常、无零漂的探测器在无甲烷与有甲烷气体环境下测试的波动性结果, 测试结果为原始数据, 在探测器显示值稳定的状态下选取数据平滑处理前的 200 个数据作为样本。

2.2.2. 催化原理探测器在已经发生零漂的情况下, 甲烷气体对测试结果的波动性影响

为了分析甲烷探测器在已经发生零漂的情况下, 甲烷气体对其测试结果的波动性影响, 实验之前将一个正常的甲烷传感器重新标校, 人为使其发生零点漂移, 漂移大小为 0.5。再以之前同样的实验方式分别对 2% 浓度的甲烷环境与空气环境进行甲烷浓度测量, 记录样本数据 Y_i , 并计算样本方差 E_2 。

$$E_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

在将漂移程度减去人为设置的 0.5 后, 所得结果为数据的波动大小, 可定义为漂移程度 δ_i

$$\delta_i = Y_i - E_2 - 0.5$$

具体如图 2 所示。

通过上述两个实验可以直观的看出, 当探测器处于存在甲烷气体的环境下, 检测结果存在较大波动性, 而在无甲烷状态下, 无论是否发生零漂, 检测结果波动性较小。

2.2.3. 催化原理探测器甲烷气体对测试结果波动性影响的数学分析

引入平均值与方差的概念对甲烷探测器的波动性进行更直观の説明, 如表 1 所示, 分别进行了 6 实验, 探测器在不同甲烷浓度下的样本数据波动情况, 检测结果的均值与方差。

1 号实验是将正常的探测器重新标校, 人为使其漂移 0.5, 2 号实验至 6 号实验为正常、无零漂催化式甲烷探测器分别置于空气中、0.5%、1.0%、1.5%、1.99%、3.5% 浓度的甲烷环境中。采集探测器采集输出电压作为样本, 通过 RS485 通信接口将样本信息输出, 利用串口工具接收样本数据进行储存。设探测器第 i 次输出电压样本为 V_i , 甲烷浓度与采样电压值的线性关系可计算浓度 N ,

$$N_i = kV_i + b$$

则样本的浓度均值 N 为

$$N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i$$

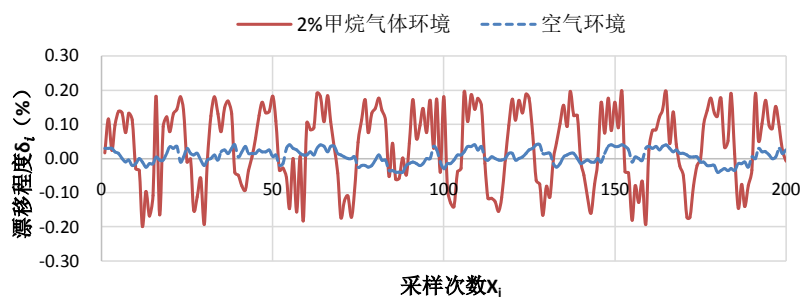


Figure 1. The drift of methane detector 1 in the environment of methane and non-methane

图 1. 甲烷探测器 1 在有甲烷与无甲烷环境下的漂移程度

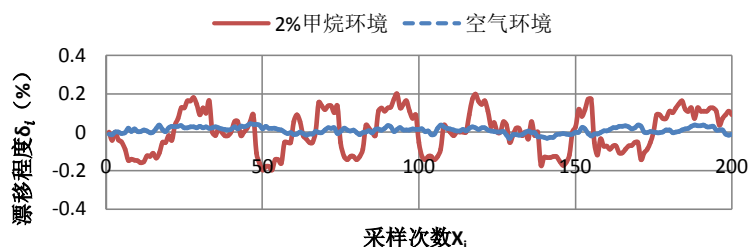


Figure 2. The drift of methane detector 2 in the environment of methane and non-methane

图 2. 甲烷探测器 2 在有甲烷与无甲烷环境下的漂移程度

Table 1. The fluctuation of the display value of methane detector at the concentration of methane (the number of sample data $n = 200$)

表 1. 甲烷探测器在各甲烷浓度下的显示值波动情况(样本数据个数 $n = 200$)

实验编号	气体浓度真值(%)	最大输出电压(mV)	最小输出电压(mV)	均值		样本方差
				电压(mV)	浓度(%)	
1	0.00	0.9	0.0	0.5	0.5	0.000435
2	0.00	0.9	0.0	0.5	0.02	0.000659
3	0.50	13.4	9.2	11.9	0.53	0.0132
4	1.00	28.8	25.8	27.1	1.03	0.021
5	1.50	38.2	33.2	35.9	1.48	0.0729
6	1.99	50.6	45.2	47.9	1.96	0.0551
7	3.50	80.4	76.7	78.8	3.53	0.0421

样本浓度方差 D 为

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (N_i - N)^2$$

归纳上述实验结果不难看出,除了 1 号实验外的,其他几组实验的甲烷浓度均值与真实值基本一致,1 号实验是人为设置的零点漂移的情况,其方差与 2 号实验基本上处于同一数量级,说明 1、2 号实验波动较小。实验 3、4、5、6、7 中的结果,样本方差比 1、2 号实验的结果大得多,波动较大。

以上实验结果表明,在存在甲烷气体的环境下,检测结果存在较大波动性;而在无甲烷状态下,无论是否发生零漂,检测结果波动性较小。因此,我们可以通过对传感数据的分析,准确得知环境中是否存在甲烷。

根据以上结论, 我们可以提出本文的现场零点自校正的技术可行性: 零点自校正的关键是能够找到零点, 如果能够自动检测到零点(确认环境中无甲烷), 就可以实现自动校正。而上述实验表明, 可以通过测试结果的波动性分析, 从而准确判断出环境中有无甲烷存在, 从而为零点自校正提供了**理论支撑**; 而可燃气体探测行业泄漏检测与煤矿不同, 煤矿是长期存在甲烷气体的, 而可燃气体探测器安装的场所只有在故障或异常情况下泄漏才会有甲烷出现, 因此环境中长期无甲烷存在, 从而为零点自校正提供了**环境保证**。

3. 现场零点自校正技术的算法实现

现场零点自校正的实现步骤: 在时间 T 内, 将探测器连续检测的 n 个数据存为样本, 计算这 n 个数据的均值 X 和方差 D 。设定 Y_1 为零漂阈值, Y_2 为方差阈值, 若 n 个样本数据的均值 X 大于 Y_1 且方差 D 小于 Y_2 , 则说明数据波动较小, 则可以排除是燃气泄漏的情况, 同时可以确定探测器出现零漂, 这 n 个数据的均值 X 即为零漂值, 通过单片机将此零漂值存入 EEPROM 中, 之后将每次监测到的数据减去该零漂值; 若均值 X 大于 Y_1 且 D 大于或等于 Y_2 , 说明样本波动性较大, 燃气发生了泄漏, 则开启报警提醒。若均值 X 小于 Y_1 且 D 小于 Y_2 , 则说明探测器检测的结果在零点附近且波动较大, 这种情况正常情况下不会出现, 此时可能是探测器出现故障; 若均值 X 小于零点阈值 Y_1 , 且方差小于 Y_2 , 则说明探测器工作正常, 现场无可燃气体泄漏。样本数据的均值 X 作为探测器误差校正后的检测值输出给显示屏(图 3)。

4. 实验结果分析

在算法设计完成之后, 实现该算法, 并利用两组探测器进行自动零点校正及其他功能的实验。人为错误标校探测器, 使其发生零漂, 并、在无零点自校正条件下对其进行了 12 小时无燃气状态下的零点实验, 每小时记录一次数据; 然后再对该探测器开启零点自校正, 在同样的实验条件下再进行两组实验, 记录下实验数据, 如图 4 所示。

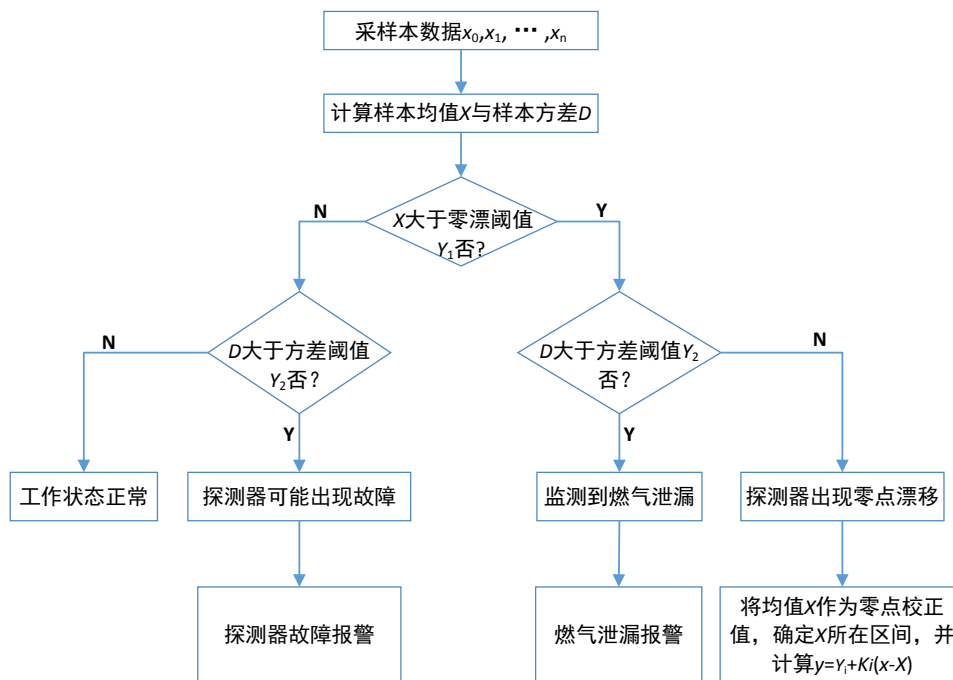


Figure 3. Flow chart of automatic zero point correction algorithm for combustible gas detector
图 3. 可燃气体探测器自动零点校正算法流程图

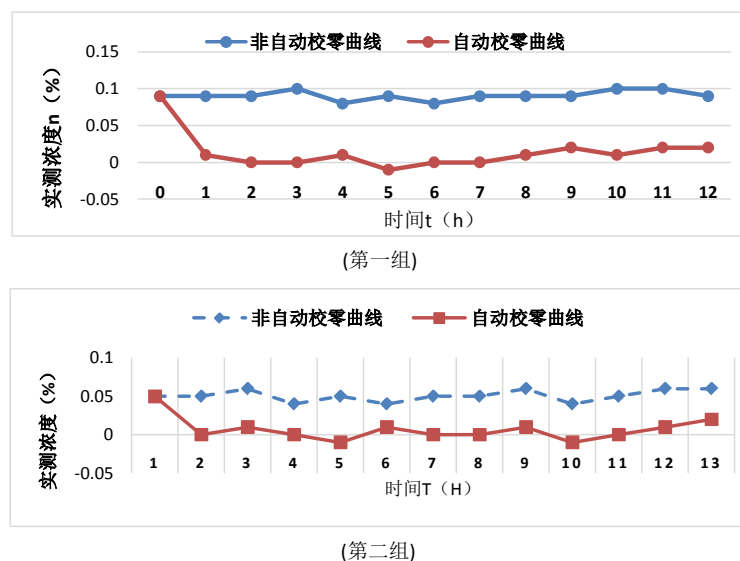


Figure 4. Comparison of zero self correction and non-zero self calibration curves of combustible gas detector

图 4. 可燃气体探测器零点自校正与非零点自校正曲线比较图

实验结果证明, 探测器在出现零点漂移之后, 在正常的大气环境下是能够进行零点校正的。加入零点自校正技术后, 探测器会根据样本数据的波动性初步判断当前环境, 同时根据样本数据波动性判断探测器是否出现零漂, 一旦出现零漂, 并且根据算法判断探测器处于非可燃气体环境下, 则会自动进行零点校正。

5. 结论

通过对自动校零技术的理论分析, 并结合可燃气体探测器现场监测点的环境特点, 利用探测器检验气体时的波动特性, 提出了一种新型的自动校零判断算法。实验数据表明, 这个自动校零技术能够帮助可燃气体探测器实现自动校零功能, 并且性能稳定可靠, 大大降低了可燃气体探测器的标校成本, 使得由于监测点分散、偏远而无法进行零点标校的现状得以缓解, 具有很高的实用价值。

参考文献 (References)

- [1] 樊雪梅. 浅谈热催化燃烧式甲烷传感器检测瓦斯的适用性[J]. 同煤科技, 2009(3): 19-22.
- [2] 曹海燕, 张廷显, 黄秉润. 燃气泄漏监测系统的研究和应用[J]. 煤气与热力, 2015(7): B24-B26.
- [3] 尹经梅, 李学勇, 刘金举. 载体催化元件甲烷监测设备调校周期探讨[J]. 山东煤炭科技, 2015(7): 61-62.
- [4] 蒋磊, 刘芳华. 催化燃烧型甲烷传感器恒温检测桥路的研究[J]. 工矿自动化, 2006(6): 14-16.
- [5] 吕宗宝, 董军, 汝洪芳. 一种基于硬件自校正技术的新型甲烷传感器[J]. 现代仪器, 2010(3): 54-56.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jsta@hanspub.org