

文章编号:1671 - 251X(2010)02 - 0007 - 04

基于红外光学原理的便携式甲烷报警仪^{*}

任晓力^{1,2}, 梁 庭², 谭秋林^{1,2}, 熊继军², 韩 雨¹

(1. 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 2. 电子测试技术国家重点实验室, 山西 太原 030051)

摘要:提出了基于红外光学原理的便携式甲烷报警仪的设计方案, 详细介绍了报警仪的硬件电路设计、软件设计、光学气室结构、外形结构设计及标定技术。该报警仪采用红外光源、高精度干涉滤光片一体化热释电探测器和单光束双波长技术, 配合镀金膜气室实现对 CH₄ 等气体的实时检测, 具有不易老化、响应快、灵敏度好、性能稳定、抗干扰能力强等优点。

关键词:甲烷报警仪; 便携式; 红外光源; 干涉滤光片; 热释电探测器; 镀金膜气室; 标定技术

中图分类号:TD712; TP274.52 **文献标识码:**B

Portable Methane Annunciator Based on Infrared Optics Principle

REN Xiao-li^{1,2}, LIANG Ting², TAN Qiu-lin^{1,2}, XIONG Ji-jun², HAN Yu¹

(1. Key Laboratory of Instrumentation Science and Dynamic Measurement (North University of China) of Ministry of Education, Taiyuan 030051, China. 2. National Key Laboratory of Science and Technology on Electronic Test and Measurement, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The paper put forward a design scheme of portable methane annunciator based on infrared optics principle and introduced design of hardware circuit and software, structure of optics gas chamber and outline design of the instrument and calibration technology in details. The annunciator realizes real-time detection of CH₄ by use of infrared source, integrated pyroelectric detector with high-precision interference filters, single-beam dual-wave length technology and gas chamber with gold-plated membrane, which has some advantages such as not-easy ageing, rapid response, high sensitivity, stabilization and strong anti-jamming capability.

Key words: methane annunciator, portable, infrared source, interference filter, pyroelectric detector, gas chamber with gold-plated membrane, calibration technology

收稿日期:2009 - 10 - 26

* 基金项目: 国家“863”计划资助项目(2006AA040601), 山西省留学人员管理委员会办公室重点科研资助项目(200802), 太原市科技计划项目(0706005)

作者简介: 任晓力(1982 -), 男, 山西运城市人, 中北大学在读硕士研究生, 研究方向为测试计量技术及仪器。E-mail: renxiaoli2000@sohu.com

0 引言

瓦斯爆炸是煤矿的重大灾害之一, 严重威胁煤矿安全生产, 也是当今世界各采煤国研究和预防的重点。瓦斯的大部分成分是甲烷气体, 因此, 及时准确地检测甲烷含量, 在安全生产中具有非常重要的意义。目前, 国内普遍采用热催化元件以及光学干

事故概率、保障煤矿企业的安全生产起到重要作用, 尤其是对于贵州众多瓦斯含量高的煤矿更具有指导性。

参考文献:

[1] 邬 伦, 刘 瑜, 张 晶, 等. 地理信息系统——原理、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[2] 刘明举, 郝富昌, 刘 亮. GIS 技术在瓦斯区域预测中的应用[J]. 河南理工大学学报: 自然科学版, 2005(1).

[3] 李希建, 苏恒瑜. 基于 SuperMap 的瓦斯预测管理系统设计与开发[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(9).

[4] 刘海新, 杨庆娥, 张兆江, 等. 基于组件式 GIS 的煤矿瓦斯管理信息系统的研究与开发[J]. 煤炭工程, 2007(7).

涉法检测瓦斯浓度,但是其检测精度低、检测范围窄、其它气体也会对其造成干扰,会造成无效判断,这也是采用传统瓦斯检测仪有时会导致人员窒息死亡的原因;而且其气敏检测传感器一致性、互换性差,需要经常校准,使用不方便。为此,笔者设计了一种基于红外光学原理的便携式甲烷报警仪,它克服了以往检测方法容易造成人员中毒、易老化、受环境因素影响等缺点,同时它还具有灵敏度高、响应速度快、选择性好等优点。

1 红外吸收原理

红外光谱吸收法是利用双原子分子对红外光具有特定吸收峰这一特性来实现的,也就是说某种瓦斯只对应吸收某种波段处的红外光能量,而这个波段就称为这一瓦斯的特定红外吸收峰,它不与其它瓦斯吸收峰干扰,吸收的能量与瓦斯在红外光区内的浓度有关。当红外光通过待测气体时,被测气体分子吸收特定波长(甲烷特定吸收波长为 $3.3 \mu\text{m}$)的红外光,其吸收关系服从朗伯-比尔(Lambert-Beer)吸收定律^[1]。

出射光强为

$$I = I_0 \exp(-\mu c L) \quad (1)$$

式中: I 为出射光强; I_0 为入射光强; μ 为被测气体的吸收系数; c 为被测气体浓度; L 为辐射通过被测气体介质的厚度。

报警仪采用红外光源、高精度干涉滤光片一体化热释电探测器和单光束双波长技术,配合镀金膜气室实现对 CH_4 等气体的实时检测。热释电探测器封装上固定安装有干涉滤光片,通过检测透过的红外光的强度,将强度变化转换为电压变化输入到单片机,以计算 CH_4 气体的浓度^[2]。

2 甲烷报警仪设计

2.1 甲烷报警仪总体设计

该甲烷报警仪以完全集成的混合信号片上系统型 MCU——C8051F040 为核心,包括红外传感器、前置信号滤波放大、数码管显示、声光报警、开关控制、防爆电池等电路单元,如图 1 所示。

主要技术要求:

量程: CH_4 : $0 \sim 5\% \text{VOL}$,报警点可编程预设;

分辨率: 0.01% ;

误差:小于 $2.4\% \text{FS}$;

精度: 0.05% ;

响应时间: $< 20 \text{ s}$;

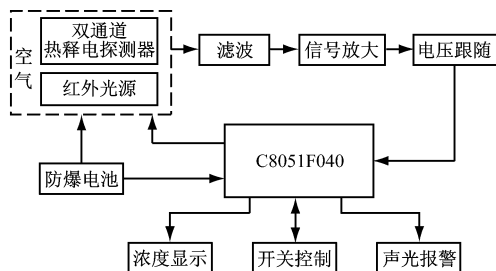


图1 甲烷报警仪组成框图

防爆形式:矿用本安兼隔爆;

防护等级:IP54;

电池最高开路电压: DC 4.2 V, 容量为 $2.1 \text{ A} \cdot \text{h}$;

电池工作时间: $> 9 \text{ h}$;

正常工作环境: $-10 \sim 60^\circ\text{C}$ 、 $0 \sim 60\%$ 无凝露。

C8051F040 单片机是完全集成的混合信号系统级芯片(SOC),具有与 8051 兼容的高速 CIP-51 内核,片内集成了数据采集和控制系统中常用的模拟、数字外设及其它功能部件,内置 FLASH 程序存储器、异步串行通信 UART^[3]。

在设计中,由 C8051F040 发出一个频率为 3 Hz 的方波信号,经过光耦隔离和 CMOS 管 9410 之后驱动红外光源,光线经气室反射后到达热释电探测器,探测器输出峰峰值为 20 mV 左右的微弱信号,该信号经运放 LM358 放大后输给 C8051F040 A/D 口,由 C8051F040 运算后进行浓度显示、数据保存以及经串口传输等。

2.2 报警仪硬件设计

报警仪硬件由气室、前置信号滤波放大电路、电源转换电路、单片机及外围电路、浓度显示电路、声光报警电路、防爆电池组成。

气室设计的好坏直接影响传感器的性能,图 2 为通过光学仿真设计的气室结构图。红外光源安放在抛物面的焦点处,发出的光经过抛物面反射后平行照射到对面的抛物面上,再经过聚焦到达探测器上。采用该结构是因为光能得到更好的利用,提高了检测效率。

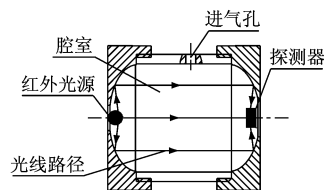


图2 报警仪气室结构图

前置信号滤波放大电路在设计中采用了高精度、低漂移的带直流基准电压的模拟放大电路^[4],如

图 3 所示。

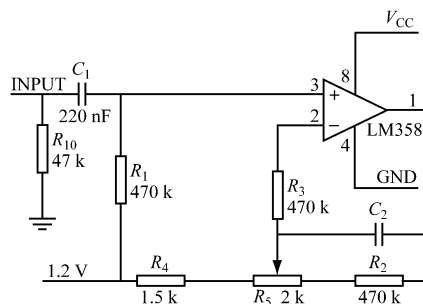


图 3 前置信号滤波放大电路图

电源转换电路由深圳泉芯公司的 QX6206L33E 和 QX6206L33F 稳压器组成。QX6206 系列稳压器是高纹波抑制率、低功耗、低压差、具有过流和短路保护的 CMOS 降压型电压稳压器。该稳压器具有很低的静态偏置电流 ($8.0 \mu\text{A}$)，能在输入、输出电压差极小的情况下提取 300 mA 的输出电流，并且仍能保持良好的调整率。这样就能保证报警仪红外光源的驱动不会因为电池电压的变化而出现波动，以免影响报警仪的检测精度。

浓度显示电路由 4 个数码管及驱动电路构成。声光报警电路由蜂鸣器、高亮度发光管及驱动电路构成。

防爆电池采用武汉力兴(火炬)电源有限公司的产品,该电池在短路、强制放电、过充电、自由跌落、挤压、高温搁置的情况下都不会爆炸起火。

防尘防水透气的措施:设计一个透气外壳,将憎水油结构的膨体聚四氟乙烯(ePTFE)薄膜嵌入在聚酰胺塑料外壳中。聚四氟乙烯具有惰性、单一性、抗化学性以及抗紫外线的特点,细微多孔结构的膨体聚四氟乙烯(ePTFE)薄膜甚至能阻止盐粒晶体。

2.3 报警仪软件设计

报警仪软件采用模块化设计,软件流程如图 4 所示。报警仪上电或复位后,C8051F040 首先进行初始化,再调用自检模块,对系统进行自检;通过自检后,调用数据采集模块并对采集到的信号进行处理,将探测器输出的模拟电压值通过查表的方法找到其对应的浓度值。为了提高检测精度,对采集到的信号进行了数字滤波,所得瓦斯浓度与报警值比较,若浓度超限,则调用声光报警模块;同时将数据存储到存储器中,并向上位机发送瓦斯浓度数据和报警信号,实现报警仪的联机通信。采用逐次逼近方法对电池的电压进行实时测量,并将电压与报警仪时间进行标定,如果电压小于设定的值就报警延

时。按键有功能键、移动键和数值键,其中功能键主要是实现开关机和各个功能之间的切换,主要有甲烷浓度、系统时间、剩余工作时间和密码调校等功能,使得报警仪功能更加完善。

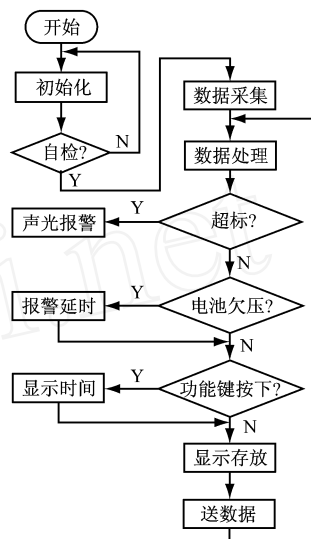


图 4 报警仪软件流程图

3 标定与实验数据

标定是选用北京均方理化研究所研制的甲烷红外分析仪。该分析仪有一个大的配比箱,当向该分析仪注射一定的气体,一定时间后气体会自动扩散整个配比箱并平衡箱内^[5],这时就可以观测大型分析仪所测得的气体浓度,然后通过观测微红外探测器经过单片机系列解算后的输出信号值,通过多次观测不同浓度下不同的输出值,最终优化选择一组重复性好的数据,以数据表格的形式写入单片机中,然后再通过微红外检测器的数码浓度显示观测 2 个仪器设备的对比性,这样重复多次修正、优化该组数据表格,并加入不同温度下的影响以及外界环境因素等影响对该值的补偿。表 1 为在量程为 0 ~ 5 % 范围内 4 个报警仪的标准值与实测值比较,从表 1 可以看出误差能控制在 2.4 %FS 范围内。

4 结语

本文结合国内外较为先进的红外吸收原理检测甲烷气体浓度的方法设计了便携式甲烷报警仪。该报警仪实现了对甲烷浓度的高精度和宽量程检测,克服了以往检测方法容易造成人员中毒、易老化、受环境因素影响等缺点,具有灵敏度高、响应速度快、选择性好的优点。同时它还具有体积小、功能强大、

文章编号:1671 - 251X(2010)02 - 0010 - 04

便携式温湿度环境试验箱校准仪的研制^{*}

赵普俊¹, 杨修杰¹, 刘明成²

(1. 中国测试技术研究院,四川 成都 610021; 2. 中国航空油料西藏有限责任公司,西藏 拉萨 850050)

摘要:针对现有温湿度环境试验箱校准方法复杂、操作不便的现状,研制了一种便携式、智能化校准仪,详细介绍了校准仪的构成、测量原理等。该校准仪充分利用 ADuC834 集成的模拟信号采集功能,使硬件电路得到简化;经 ADuC834 内部软件计算,可直接读取温湿度值并将数据传输到计算机,方便检定校准工作。对整机进行测试,结果表明温度测量误差 ± 0.1 ,湿度测量误差 $\pm 3\% \text{RH}$,符合实际需求,并提高了工作效率。

关键词:环境试验箱;校准仪;温度测量;湿度测量;便携式;ADuC834

中图分类号:TD727/TP274 **文献标识码:**B

Development of Portable Calibrator of Temperature and Humidity of Environmental Test Box

ZHAO Pu-jun¹, YANG Xiur-jie¹, LIU Ming-cheng²

(1. National Institute of Measurement and Testing Technology, Chengdu 610021, China.

2. China Aviation Oil Tibet Co., Ltd., Lhasa 850050, China)

Abstract:According to the existing situation that calibration method of temperature and humidity of

收稿日期:2009 - 10 - 21

*科研项目:中国测试技术研究院科研项目(KY200813Z)

作者简介:赵普俊(1965 -),男,硕士,高级工程师,1987年毕业于成都科技大学,现为全国流量容器计量技术委员会委员,长期致力于热工物理量的检测与计量技术研究,已发表文章多篇。E-mail: zhaopujun@vip.sina.com

表1 报警仪标准值与实测值比较表

标准值	实测值			
	1号	2号	3号	4号
0.0	0.0	0.0	0.02	0.0
0.45	0.45	0.39	0.46	0.49
0.90	0.90	0.82	0.91	0.98
1.35	1.29	1.38	1.16	1.36
1.80	1.75	1.77	1.74	1.80
2.26	2.26	2.15	2.23	2.31
2.71	2.70	2.70	2.74	2.75
3.16	3.15	3.18	3.17	3.21
3.61	3.58	3.59	3.63	3.09
4.06	4.06	4.13	3.98	4.08
4.51	4.52	4.53	4.52	4.53
4.96	4.98	4.98	5.05	5.00

测量准确、结实耐用、操作简便、密封性能好、工作时间长、防爆性能好等优点。该报警仪目前正在试制并做防爆认证,下一步将在矿井中应用。

参考文献:

- [1] 王玉田,刘瑾,杨海马. 光纤光栅调制式光纤甲烷气体传感器的研究[J]. 传感技术学报,2003(9): 324-327.
- [2] 王汝琳,王咏涛. 红外检测技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 董长飞. C8051F系列单片机开发与C语言编程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [4] 薛晨阳. 红外传感器的信号提取和数据采集的设计[J]. 仪表技术与传感器,2007(2): 45-46.
- [5] 谭秋林. MEMS红外瓦斯传感检测系统的研究[D]. 太原:中北大学,2006.