

面粉厂氧气和粉尘浓度检测系统的设计

桂彩云 赵鹏
(榆林学院 榆林 719000)

摘要:面粉加工厂的粉尘浓度如果控制不好,不仅会提高工人职业病的发病率,而且极易引起粉尘爆炸事故,为了控制预防危害的发生,系统以STC89C52作为主要控制芯片,结合粉尘浓度传感器和氧气浓度传感器、A/D转换器、LCD显示电路以及报警电路等模块,实现对粉尘浓度和氧气浓度的值进行实时检测、显示,并在安全范围之外自动发出声光报警信号。通过对某小型面粉制粉车间的测试数据及误差分析,表明该系统可以实时监测一个相对密闭空间的氧气和粉尘浓度含量,该系统结构简单、易于操作,具有一定的实用价值。

关键词:粉尘浓度; 氧气浓度; 检测系统设计; 试验测试

中图分类号: TP277 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Design of oxygen and dust concentration detection system in flour mill

Gui Caiyun Zhao Peng
(Yulin University, Yulin 719000, China)

Abstract: The dust concentration of flour processing factory if the control is not good, it will not only improve the incidence rate of workers occupation disease, but also can easily cause dust explosion prevention, in order to control the harm, the system uses STC89C52 as the main control chip, combined with the dust concentration sensor and the oxygen concentration sensor, A/D converter, LCD display circuit and the module of warning circuit etc. to realize the dust concentration and oxygen concentration value of the real-time detection and display, and outside a safe range automatically give an alarm signal. Through the analysis of the test data and the error of a small flour milling workshop, show that the system can real-time monitor the dust concentration and oxygen content a relatively confined space. The system is simple and easy to operate, and has a certain practical value.

Keywords: dust concentration; oxygen concentration; detecting system design; test

0 引言

自从1785年意大利Durin面粉厂发生的第一次粉尘爆炸事故以来,世界上已发生了很多严重的粉尘爆炸事故,研究表明粮食粉尘的燃烧热和最大爆炸压力与炸药和稍化甘油相仿甚至更高^[1-2],这种危害是巨大的。尽管各国的科学工作者在对粉尘爆炸的预防和防护工作上进行了大量的探讨和研究,但迄今为止,粉尘爆炸仍然是威胁现代加工、运输、储藏等过程工业安全生产的重要危险源之一。粉尘浓度以及空间含氧量是决定是否能够引起爆炸的主要条件,因此防止粉尘爆炸及对工作人员和设备的伤害与污染,首先需要了解车间内的粉尘浓度分布及氧气浓度情况,掌握粉尘浓度的数据,对浓度高的区域及时采

取降尘措施,目前国内面粉厂大多采用风网设计^[3],能够将大多数区域的浓度控制在相对安全的范围,但是对于风流不能到达的“死角”位置就是危险潜在的地方,实时监测“死角”处的粉尘浓度和氧气浓度,能够有效预防事故和降低危害。目前国内外普遍采用的粉尘浓度测试方法可以分为取样法和非取样法^[4];其中取样法自动化程度低,难以实现在线监测;非取样法能够实现自动连续监测粉尘的排放^[5],本设计采用传感器技术实现粉尘浓度和氧气浓度的非采样检测。

1 系统总体设计方案及硬件电路

1.1 总体结构设计

整个系统由中央处理电路、传感器信号检测电路、信

号处理电路、单片机最小系统、及用于输入的键盘电路和用于输出的声光报警及 LCD 显示电路组成,传感器将采集的数据经 A/D 转换后由单片机处理,单片机经标度变换,显示当前的氧气和粉尘浓度值。结构如图 1 所示。

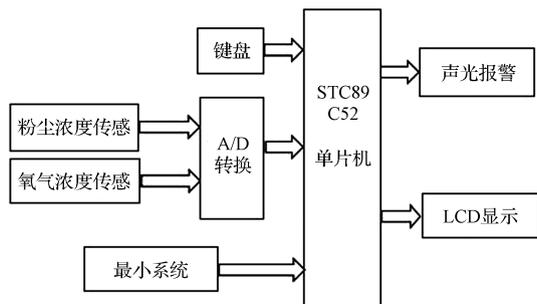


图 1 硬件结构

1.2 行业卫生标准

粉尘粒径小于 $5\ \mu\text{m}$ 的粉尘颗粒被称为呼尘,可通过呼吸进入气管及肺泡中,粒径在 $5\sim 10\ \mu\text{m}$ 之间的粉尘会停留在咽喉处,大于 $10\ \mu\text{m}$ 的会停留在口腔中。根据中华人民共和国国家标准面粉厂卫生规范 GB13122-91 规定,制粉车间粉尘浓度不得超过 $10\ \text{mg}/\text{m}^3$,排出室外的空气粉尘浓度不得超过 $150\ \text{mg}/\text{m}^3$ 。

1.3 粉尘传感器及电路设计

DSM501A 是韩国 SYHITECH 生产的粉尘传感器,可灵敏检测直径 $1\ \mu\text{m}$ 以上的粒子,其内部由光源、光线探

测器、加热器组成。该传感器利用粒子计数原理,并且内置加热器,能使检测环境中的空气自动吸入传感器内,粉尘粒子被光源发出的探测光照射后,引起探测光发生散射,散射光经过透镜汇聚后被光电转换器把光信号转换成电信号,最后转换为直流脉冲信号输出,因此在使用该粉尘传感器的时候不需要 A/D 转换^[6-7],有粉尘颗粒时,输出低电平;无污染时,输出高电平。检测电路如图 2 所示。

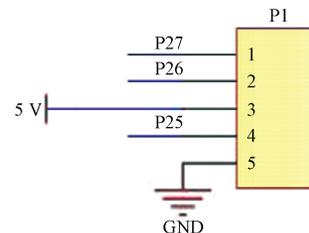


图 2 粉尘检测电路

1.4 氧气传感器及电路设计

氧气传感器采用 O2-A2,其工作原理是基于电化学原电池的原理,利用待测气体在原电池中,阳极的氧化、阴极的还原过程产生电流,并且待测气体在电化学反应时所产生的电流与其浓度成正比,从而进行氧浓度的运算^[8]。而 ADC0832 只可识别电压信号,所以先要将输出的电流信号转变成输出的电压信号^[9],氧气传感器输出的是 $80\sim 120\ \mu\text{A}$ 的微弱电流信号,选用 AD620 来放大,经计算验证,取放大倍数为 400 时,误差最小,检测电路如图 3 所示。

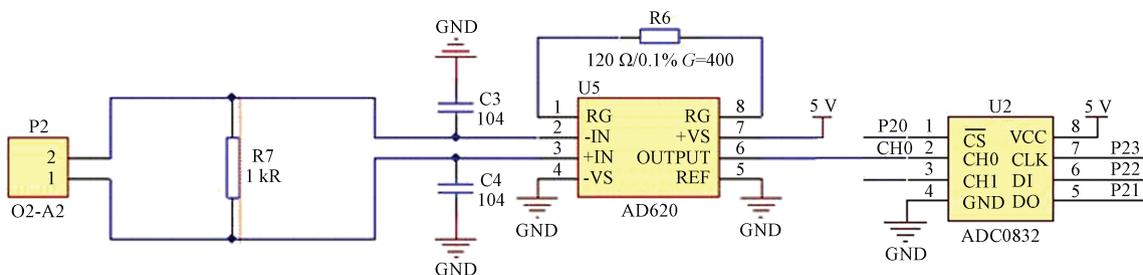


图 3 氧气检测电路

1.5 单片机最小系统

设计采用 STC89C52 单片机,工作电源为 $+5\ \text{V}$,采用内部时钟方式为系统提供时钟信号,时钟电路通常由晶振和电容组成,用来产生单片机工作时所需要的时钟信号,设计中采用的起振频率是 $12\ \text{MHz}$,并采用上电复位方式。

1.6 显示方式的选择

液晶显示器是一种功耗极低的被动式显示器件,广泛使用在便携式仪器仪表或低功耗显示设备中。字符型 LCD 专门用于显示数字、字母和图形等符号^[10-11],设计中可同时显示粉尘浓度和氧气浓度阈值和当前测定值,因此需选择有 2 行或 2 行以上的 LCD 显示器,LCD1602 显示

屏 D0~D7 接口分别接单片机的 P0 口,并连接 $4.7\ \text{k}\Omega$ 的排阻增大驱动电流,4 引脚 RS 接单片机的 P1.0,进行寄存器的选择,5 引脚接单片机的 P1.1,进行读写控制,当 RW 置高时,数据读到 D0~D7,当 RW 为低电平时,数据从 D0~D7 写出,6 引脚通过单片机的 P1.2 驱动,3 脚接滑动电阻器。

1.7 报警电路的设计

考虑到实用价值及成本,采用蜂鸣器和 LED 灯发光报警,粉尘浓度达到设定的安全阈值时蜂鸣器发音并且红色 LED 灯亮,氧气浓度达到设定的安全阈值时蜂鸣器发音并且黄色的灯亮,从而实现声音报警和灯发光报警。

2 程序设计

2.1 主程序设计

主程序是控制单片机系统按预定操作方式运转的程序,它负责组织调用各子程序模块。其工作过程为:系统上电后单片机进入监控状态,同时完成对各个端口的初始化工作。在没有外部控制信息输入的情况下,系统自动采集传感器的电压值,并通过 A/D 转换器将模拟信号转化成数字信号,同时与阈值进行比较,完成报警和显示功能。主程序如图 4 所示。

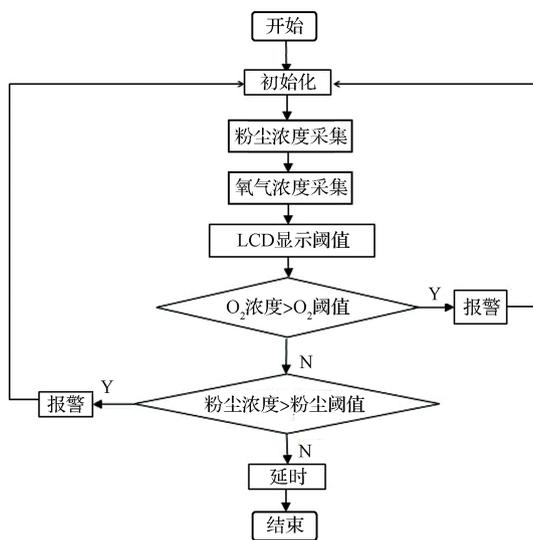


图 4 主程序流程

2.2 标度变换

标度变换的目的就是把传感器检测到的值转化成实时采集到的二进制数通过单片机处理并进行显示,标度变换公式为:

$$V_{out} = \text{Adc0832}(0) * 5.0 / 255 \quad (1)$$

式中:Adc0832(0)为经过 A/D 转换处理后二进制数的数值,5.0/255 为 Adc0832 的分辨率。

3 仿真及试验测试

3.1 仿真原理

使用 Proteus 软件来进行整个仿真工作^[12],主要仿真的是氧气浓度和粉尘浓度的设定值和报警指示。通过调节电阻的方法,改变输入模拟电压数值,当粉尘浓度和氧气浓度同时达到或超过各自最大阈值时,相对应的指示灯亮,蜂鸣器报警。仿真示意如图 5 所示。

3.2 试验测试

面粉加工的各道工序中,其中以制粉车间生产过程所产生的粉尘浓度最高,因此选取某小型面粉厂中的制粉车间为测试对象,该制粉车间有 3 台机器,一个排风系统,尘源产生于车间内的小麦磨粉机。根据粉尘采样点的布置要求:粉尘采样点的布置应该具有代表性,可以正确地反映所测空间范围内的空气粉尘浓度水平和分布规律^[13],因此以磨粉机为中心点,选取不同的截面,分别距离磨粉机 0.5 m 和 3 m 的横截面,高度以人的呼吸带高度(距离地面 1.5 m)为基准,每隔 2 m 布置一个水平测试点,同时利用 AGA6050 防爆激光粉尘仪测得各测试点数据进行对

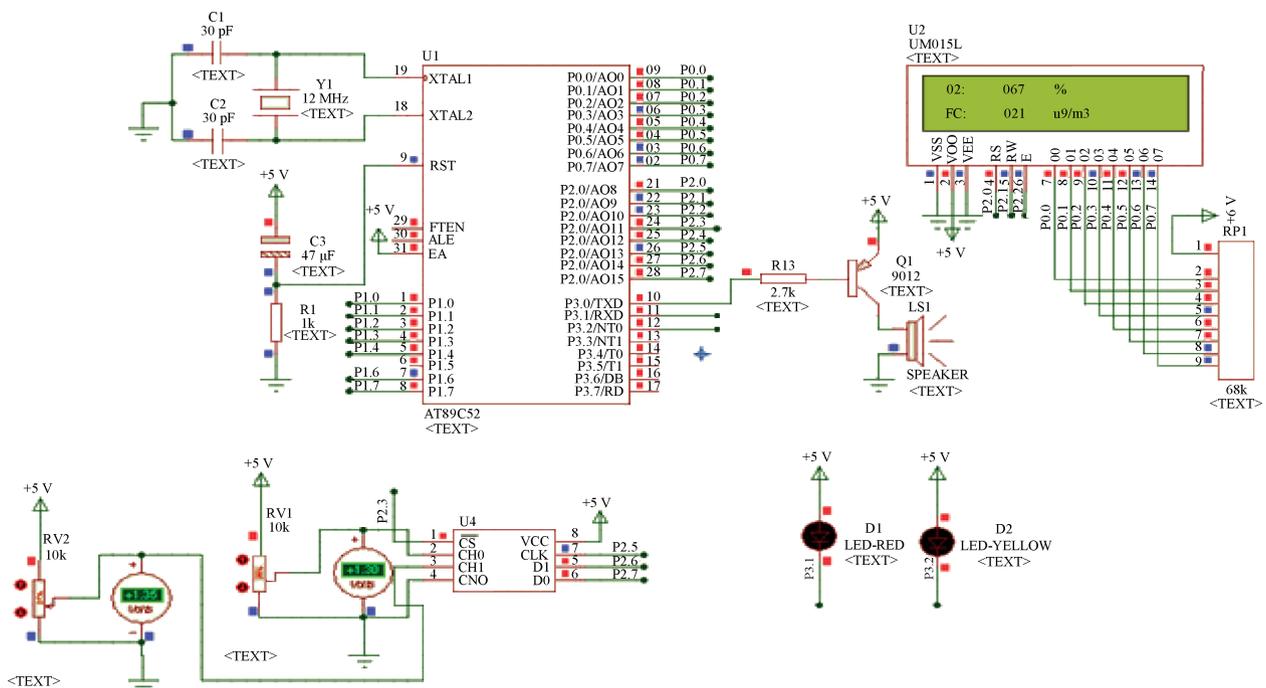


图 5 仿真图

比,所测粉尘浓度和氧气浓度检测数据如表1和2所示^[14-15]。

表1 X=0.5 m界面的粉尘和氧气浓度

测试点	系统测量值/ (mg/m ³)	AGA6050 测量值/ (mg/m ³)	氧气浓度/ %
1	65.3	67.2	20.7
2	50.6	52.4	20.9
3	38.4	35.6	20.8
4	20.8	19.2	20.9
5	15.7	17.3	20.8

表2 X=3 m界面的粉尘和氧气浓度

测试点	系统测量值/ (mg/m ³)	AGA6050 测量值/ (mg/m ³)	氧气浓度/ %
1	13.1	12.3	20.8
2	4.2	5.6	20.9
3	1.6	1.3	20.9
4	0.9	0.8	21
5	1.8	1.2	21

以上两组对比数据表明尘源附近,粉尘浓度过高,远超过国家规定的允许值 10 mg/m³,同时粉尘浓度的分布和尘源的距离成反比规律。在相同外部环境下和AGA6050 防爆激光粉尘仪测得的数据对比,结果相差不大,存在的误差原因,是由于风速及仪器自身的精度问题。

在该生产车间,还存在另一安全隐患位置,即排风设备风流较小的位置,称为“死角”,例如排气扇下方的空间,以及车间的内侧隅角位置,在“死角”处粉尘容易聚集。选择排气扇下方空间距离地面 1 m、0.5 m 和地面 3 个测试点,分别用 AGA6050 粉尘仪和本系统测试仪测量 3 次粉尘浓度值(mg/m³)如表 3 所示。

表3 测试数据

测试点	系统测量值/ (mg/m ³)	AGA6050/ (mg/m ³)	误差/%
1(1 m)	90.5	88.4	2.3
2(0.5 m)	72.3	75.1	3.7
3(0)	58.7	53.9	8.9

以上数据表明“死角”位置的粉尘浓度确实很高,属于高危区域。但和 AGA6050 粉尘仪测得的数据比对,系统误差均小于 10%。表明该系统可以达到实时检测面粉厂粉尘浓度和氧气浓度的目的。面粉厂制粉车间存在两个高污染区域,针对两大污染源区域,尘源附近可以通过排风系统降低粉尘浓度,但“死角”位置,需采取优化排风

系统来降低危害。

4 结 论

本文设计了一种基于 STC89C52 单片机的面粉厂粉尘浓度和空气含氧量非采样检测系统,通过实际验证证实该设计能够实时监测车间内部氧气浓度和粉尘浓度,并及时对可能出现的不安全隐患以声光报警的形式提醒工作人员采取相应措施,预防事故的发生,从而实时保障工人的生命安全,提高了工业生产的效率。掌握车间内的粉尘浓度,还可以根据浓度的大小对人体的伤害程度进行防护,以防止肺部疾病的危害,具有较大的实用价值。

参 考 文 献

- [1] 曹卫国,潘峰. 小麦淀粉粉尘爆炸特性参数的研究[J]. 安全与环境学报, 2012, 12(2): 213-217.
- [2] 周正,李刚. 粉尘爆炸特性参数的测试[J]. 品牌与标准化, 2010(14): 48-49.
- [3] 王斌兴,王大宏. 粮食工程中除尘风网的工艺设计[J]. 农业机械, 2011(14): 122-124.
- [4] 张强,秦玉红. 感应式粉尘浓度检测方法[J]. 自动化应用, 2014(7): 104-106.
- [5] 唐娟. 粉尘浓度在线监测技术的现状及发展趋势[J]. 矿业安全与环保, 2009, 36(5): 69-74.
- [6] 赵鹏,荆红莉. 无线 PM2.5 测试仪的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2016, 39(6): 134-137.
- [7] 张清鹏,万健如. PWM 整流器无电压传感器预测电流控制[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(5): 817-825.
- [8] 乔忠. 便携式气体检测仪的设计与研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2016.
- [9] 张亚林. 基于 C52 控制的 ADC0832 应用详解[J]. 数字技术与应用, 2013(3): 5-6.
- [10] 李壮辉,朱清慧. 液晶显示应用控制系统设计与实现[J]. 液晶与显示, 2013, 28(6): 889-894.
- [11] 郭营营. LCD1602 液晶显示 [J]. 内江科技, 2016, 37(7): 37-38.
- [12] 吴凌燕. 基于 Proteus 的单片机仿真设计[J]. 仪表技术, 2011(7): 31-33.
- [13] 刘红丽,张伟. 室内可吸入颗粒物浓度与粒径分布检测方法的研究[J]. 仪器仪表学报, 2010, 30(2): 340-344.
- [14] 黄成玉,赵立永. 煤矿粉尘浓度传感器及检测系统的研究[J]. 煤矿安全, 2011, 42(5): 24-27.
- [15] 张武坤. 单片机控制的粉尘检测仪设计[J]. 石家庄职业技术学院学报, 2013, 25(6): 4-6.

作 者 简 介

桂彩云, 1985 年出生, 硕士研究生, 讲师。主要研究方向为测试信号处理。

E-mail: guicaiyun1006@163.com