

# 移动式制氧设备控制系统设计

沈克宇, 熊伟, 李志俊, 陈赵, 张剑, 赵兴华

(武汉理工大学 自动化学院, 湖北 武汉 430063)

**摘要:** 阐述了移动制氧设备的基本组成, 提出了移动制氧设备控制系统的方案, 设计了控制系统硬件电路与系统的控制软件。该系统以 MCS-51 单片机为核心, 采用模糊 PID 控制方法对制氧装置压缩机、分子筛控制电机进行控制, 从而对相应环境中的氧分压进行监测控制, 并可使其参数保持在所设定状态, 以实现其特定的用途。实验表明, 控制系统能完成对氧分压的精确测量和稳定控制。

**关键词:** 氧分压; 无刷直流电机; 模糊 PID

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)06-0068-04

## Design of Oxygen-Making Equipment Control System for Portable

Shen Keyu, Xiong Wei, Li Zhijun, Chen Zhao, Zhang Jian, Zhao Xinghua

(School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

**Abstract:** In view of the basic composition of the motion oxygen making equipment, the programme of control system about the mobile oxygen-making device is proposed and the control system hardware circuit and system's control software are also designed. Taking MCS-51 single chip computer as core part, and using fuzzy PID method to control the oxygen-making device compressor and molecular sieve electric motor, the system can measure and control the oxygen content in the specific situation and also keep it on the given value to achieve the specific functions. The results proved that the system has accurate measurement property and stable control of the oxygen content.

**Key words:** oxygen content; brushless DC motor; fuzzy PID

传统的制氧方式主要有高压氧仓、钢瓶氧气, 化学制氧等。在医院等大型场所, 主要采用高压氧仓, 这种制氧方式氧压强过大, 容易引起氧中毒, 且钢瓶氧气易爆, 危险性较高, 氧气耗尽不能再生; 在潜艇、飞机上常采用的是化学制氧, 这种方式有易发生污染, 制剂残余遇热引起事故的隐患, 且成本较高。本系统采取的是分子筛制氧机, 它氧纯度高、使用方便、稳定、无毒。空气经过滤后进入压缩机压缩, 压缩后的高压空气经过分子筛制氧机处理进行氮氧分离, 分离得到的氧气经过制氧机流出, 供用户使用<sup>[1]</sup>。

本系统可用于移动设备(如汽车等)中的制氧控制系统。在设备运行过程中, 利用氧传感器测量车厢内氧含量, 通过单片机采集数据反馈给控制系统, 系统通过制氧装置压缩机和分子筛控制电机调节进风

量, 从而控制车厢内氧气含量, 使其保持在设定值。本文采用模糊参数自适应 PID 控制算法进行控制<sup>[2]</sup>。

## 1 系统组成

控制系统原理如图 1 所示。



图 1 控制系统原理图

Fig. 1 Control system diagram

图 1 中, 系统的给定信号为  $PO_2$ , 用来设定氧分压含量的参数, 以调节输出量的大小; 信号处理单元

收稿日期: 2008-07-28

作者简介: 沈克宇(1963-), 男, 湖北武汉人, 武汉理工大学实验师, 主要研究方向为嵌入式系统应用与过程控制处理。

用来检测输出量, 并反馈到输入端, 此处由氧分压传感器构成; 比较环节是将反馈信号  $U_{fPO2}$  与设定信号  $PO2$  进行叠加, 并予以比较。例如, 当环境的氧分压浓度偏低, 即  $U_{PO2} < U_{fPO2}$  时, 氧分压降低, 偏差  $\Delta U$  将变大, 经控制系统处理, 压缩机转速增大, 氧分压升高<sup>[3]</sup>。

本系统的核心为图2中的单片机系统, 它的主要作用有: 1) 对所采集到的物理量进行相应的电压放大; 2) 输出控制量, 经驱动单元通过控制电动机等同服设备, 改变环境的氧分压含量, 并使其环境参数达到设定状态。系统的总体框图如图2所示。

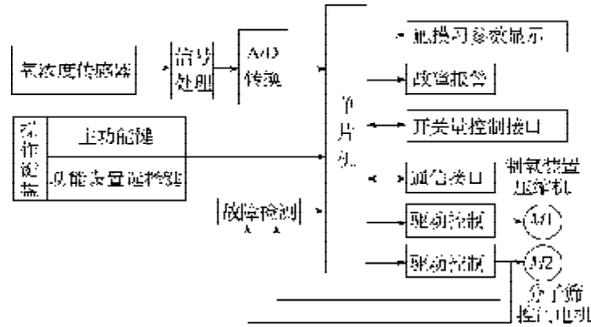


图2 控制系统总体框图

Fig. 2 General structure diagram of control system

## 2 系统硬件设计

### 2.1 数据采集单元

氧气采集传感器根据所检测到的氧浓度输出一个相应的电压信号, 经系统滤波、放大后, 通过 A/D 转换, 由单片机进行处理, 并输出相关的控制信号。氧分压信号的采集是系统的关键, 控制系统采用了霍尼韦尔公司生产的新型电化学氧传感器 MF010-0-LC 为传感器器件, 它主要具有如下特点: 1) 测量精度高; 2) 在运

行前, 无需每次做“样气标定”; 3) 根据需要, 按下“定标”键的同时打开电源开关, 即可完成全自动定标。

由于传感器输出信号为 4~20 mA, 故采用如图3所示的电流电压转换并放大, 最后送入单片机系统进行处理。

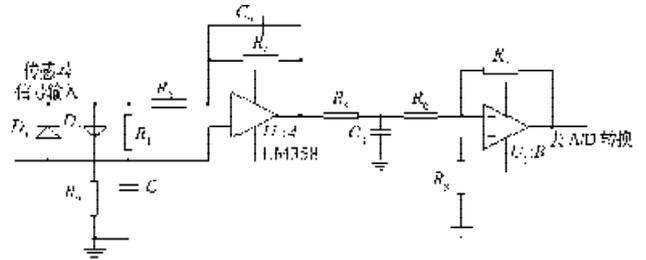


图3 传感器信号处理电路

Fig. 3 Signal processing circuit of sensor

### 2.2 直流电机控制单元

移动制氧系统的工况特点是低电压、大电流, 且供电电压波动范围大。所以, 变压控制阀的控制电机的选择尤为重要, 它直接关系到系统性能的优劣与可靠性。根据系统使用环境的特点, 经多方面比较、实验, 最终选择了相应的直流无刷电动机。风机选用无位置传感器的无刷电机, 它具有结构简单、运行噪音小以及寿命长的优点, 在空载或轻载起动的场合有较多的应用(如风机、陀螺马达等)。无位置传感器无刷直流电机是采用电势换相工作方式, 以绕组电势反映转子位置<sup>[4]</sup>。

采用无刷直流电机控制芯片 MC33035, MC33039 电子测速器、三相逆变桥功能模块 MPM3003 及一些外围电路构成的三相无刷直流电机闭环速度调节控制系统的设计方法如图4所示。

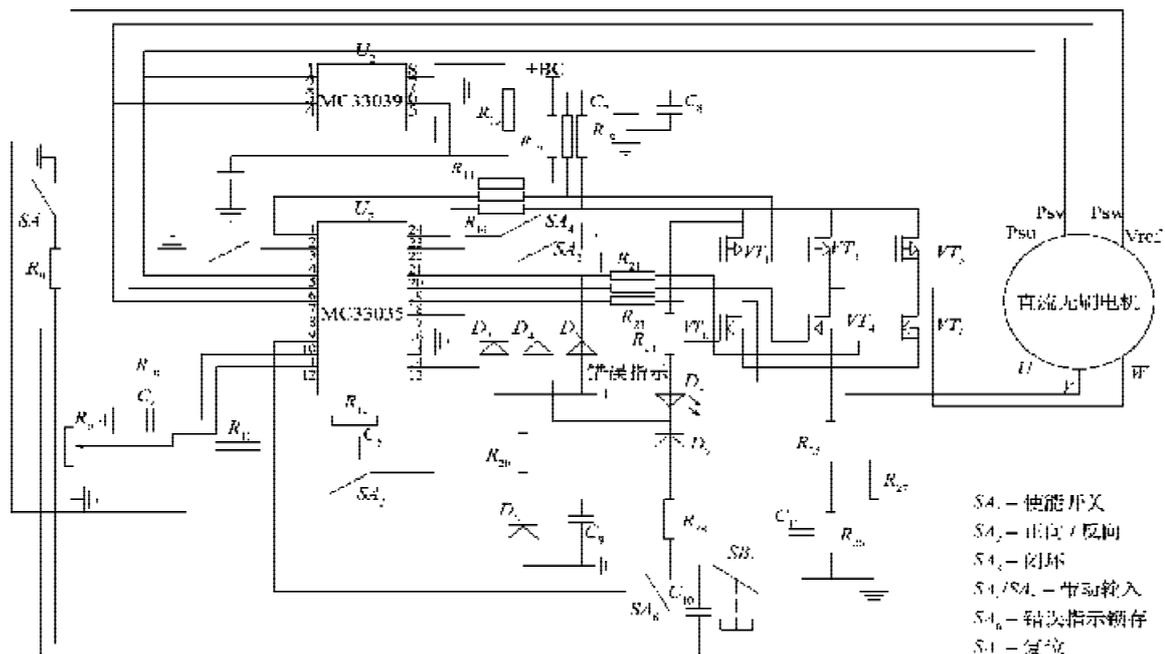


图4 三相全波无刷直流电机控制电路

Fig. 4 Controlling circuit of three-phase full wave brushless D.C. motor

- SA<sub>1</sub> - 使能开关
- SA<sub>2</sub> - 正向/反向
- SA<sub>3</sub> - 闭环
- SA<sub>4</sub>/SA<sub>5</sub> - 带励输入
- SA<sub>6</sub> - 转速指示锁存
- S<sub>1</sub> - 复位

MC33035 内置的保护特性包括欠压锁定功能、可选时间延迟锁存关断模式的逐周限流特性、内部热关断保护、以及可与微处理器相连的统一模式错误指示功能。MC33035 典型的电机控制包括开环速度控制、正向或反向旋转、运行使能、阻尼式制动等。此外, MC33035 还有一个  $60^\circ/120^\circ$  选择管脚, 可以设置转子位置译码器, 以使之适合于  $60^\circ$  或  $120^\circ$  的传感器电气相位输入。

MC33039 电子测速器是为无刷直流电动机闭环速度控制专门设计的集成电路。采用 MC33039, 系统不必再使用电磁式或光电式测速机, 可实现精确的调速控制。MC33039 可直接利用三相无刷直流电动机转子位置传感器的 3 个输出信号, 并经 F/V 将其变换成正比于电动机转速的电压。此外, 所采用的三相逆变桥功能模块 MPM3003 的核心主要包括 3 个 P 沟道和 3 个 N 沟道功率 MOSFET。

### 2.3 触摸屏显示操作单元

在本系统中, 为实现良好的人际交互界面, 使用了液晶点阵显示器和触摸屏作为系统输入输出设备。

液晶点阵显示器选用了 SUNSON 公司的 CA12864B 图形点阵液晶显示模块, 它拥有 8 位并行数据总线和读写控制线, 能够直接与单片机连接。本设计采用四线电阻触摸屏, 它是由 2 个透明电阻膜构成的, 在它的水平和垂直电阻网上施加电压, 就可以通过 A/D 转换面板在触摸点测量出电压, 从而对应出坐标值。

触摸屏控制芯片采用的是 TI 公司生产的四线电阻触摸屏转换接口芯片 ADS7843, 它是一款具有同步串行接口的 12 位取样模数转换器, 与单片机的 INT0 相连。

### 2.4 单片机其它外围电路的设计

系统的其它外围电路设计主要包括 93C46 为串行 EEPROM 用于保存开机设定时的原始参数。当系统掉电时, 设定的数据能永久保存, 再次开机上电时, 无需再重新设定参数, 即可以运行于掉电前的状态。为了保证系统的可靠运行, 设计一个看门狗电路, 其作用就是不断地监视程序运行的循环时间。如果出现程序运行时间超过设定的循环时间, 给系统 P3.2 一个脉冲信号, 经过看门狗电路后, 在 RST 产生一个高电平, 强制系统复位。看门狗电路主要包含一个施密特触发器, 信号从单片机出来后, 经过一个 RC 电路, 实现快充、慢放的一个过程, 再经过一个施密特触发, 输出后反相变为低电平, 系统正常工作。如果超过时间而没有输出脉冲信号, 则电路给复位端一个高电平, 这样系统便会进行复位过程。用 P3.0、P3.1 控制的 2 路报警电路, 在报警输出端与 CPU 之间采用光电隔离, 以消除外部干扰。

## 3 系统软件设计

在系统中, 有效地控制制氧压缩机和分子筛电机的进风量是系统设计的关键。为了提高系统的动态特性和消除静态误差, 采用模糊参数自适应 PID 控制算法, 用模糊自适应 PID 控制算法实现对风机的控制, 从而使速度响应具有超调小、响应速度快、适应性强及受对象参数变化影响小等性能。

模糊自适应 PID 控制器是模糊控制器与传统 PID 控制器的结合, 它的设计思想是先找出 PID 3 个参数与偏差  $e$  和偏差变化率  $ec$  之间的模糊关系, 在运行中不断检测  $e$  和  $ec$ , 再根据模糊控制原理对 PID 3 个参数  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  进行在线整定, 传统 PID 控制器在获得新的  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  后, 对控制对象输出控制量。

系统中软件需要完成的主要功能是: 数据采集数值处理、PID 控制算法及控制输出、相应的数值显示、按键处理以及避免程序跑飞的程序监视等。程序设计遵循自顶向下、模块化设计的原则, 根据系统的使用环境及工况要求, 本装置为其设计了专门的控制程序。它由主程序和中断服务子程序组成, 其主程序流程图如图 5 所示<sup>[5]</sup>。

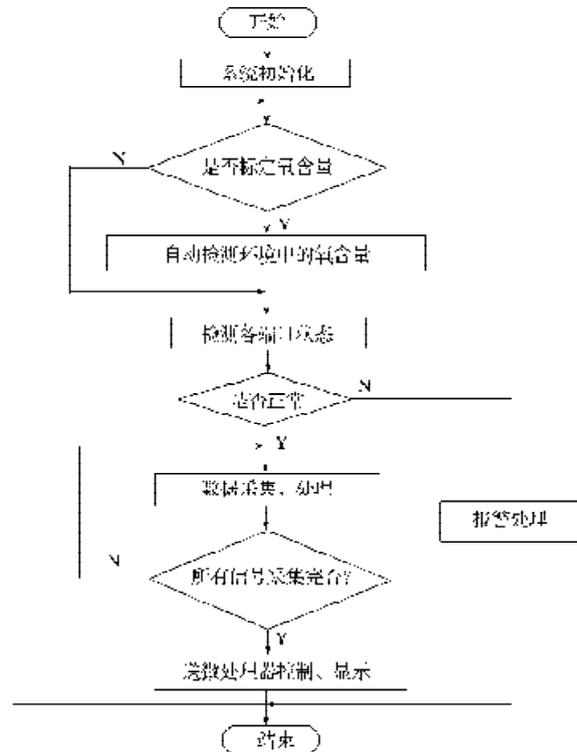


图 5 控制系统主程序流程图

Fig. 5 Flow chart of control system

这是系统的主程序模块, 另外系统中还有键盘输入模块、报警系统模块等。系统开始启动后, 立即启动 WDT 计数, WDT 有 1 个预设值。当程序运行正常, 则当计到这个预定值时, 给 P3.2 1 个脉冲, 同时重置

预定值,如程序正常运行,则不复位。如果程序运行不正常,计数器超时而未得到脉冲输出,单片机进行复位。

### 4 结语

我国高原面积广大,车辆在高原行驶时,面临着较为严重的缺氧问题。因此,本控制系统可广泛用于高原、密闭舱室、汽车等场合。此外,还具有友好的人机交互界面,用户只需根据实际需要,通过键盘简单的输入控制模式和控制参数,即可改变控制环境参数,以达到所需的技术指标。

本系统在抗干扰等环节上作了大量的工作,如软、硬件滤波,电路组成结构,PCB板,以及软件的优化设计等方面。通过在各种不同恶劣环境、工况下的试验运行,系统均未发生过死机和误动作现象,说明系统抗干扰能力强,工作可靠。

### 参考文献

- [1] 顾飞龙. 变压吸附空气分离技术的开发与应用[J]. 化工装备技术, 1999, 20(1): 47-51.
- [2] 沈克宇,李超,李志俊,等. 基于ARM的负压隔离病房远程监控系统的设计[J]. 湖南工业大学学报, 2007, 21(6): 67-70.
- [3] 赵岩,杨光智. 基于单片机的氧含量自动恒温测量系统[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(S4): 137-141.
- [4] 杨国良. 无刷直流电机控制系统中的专用控制芯片及其应用设计[J]. 电子原器件应用, 2007, 9(2): 4-7.
- [5] 陶永华. 新型PID控制及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

(责任编辑:张亦静)

## 中科院博士生导师许学军来我校讲学

9月28日,应我校副校长金继承教授邀请,中国计算数学学会秘书长、中国科学院计算数学研究所博士生导师许学军研究员在校本部科技大楼3楼报告厅为我校师生作了题为“多重网络”和“Local Multilevel Methods for Adaptive Finite Element Methods”的学术报告。

报告中,许学军研究员深入浅出地介绍了多重网络发展的历史以及区域分解法的发展概况,探讨了有限元法的发展前景,展现了多重网络的广泛应用背景和多重网络理论发展的广阔前景,并对学习有限元的经典教程以及相关网站进行了介绍。

许学军研究员是中国计算数学学会秘书长、国家973项目小组负责人。1997年在复旦大学获理学博士学位,1997~1999年在中国科学院计算数学所从事博士后研究,1999年起在中国科学院数学与系统科学研究院工作;先后访问过美国、德国、法国、香港等地十余所大学。2001年获德国洪堡奖学基金,并于2002~2003年在德国进行合作研究,还曾获得中科院优秀博士后称号和中国数学会的钟家庆数学奖。许学军研究员的主要研究方向是:有限元方法、多重网格法、区域分解法,在“SIAM J. Numer. Anal.”、“Numer. Math.”等国际一流专业学术期刊上发表论文10余篇。