

煤矿采空区气体自动采样装置设计

苟 怡^{1,2} 赵庆川^{1,2}

(1.中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039; 2.瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400039)

摘 要 为了解决现有采空区监测装置的监测数据准确性、实时性差, 难以有效监控采空区真实情况的问题, 采用微型真空泵, 运用电机驱动控制技术开发自动抽气采样泵驱动电路, 设计了一种能够靠近采空区安装的煤矿采空区气体自动采样装置, 以满足煤矿采空区近距离取样分析的全区域安全监测的应用需要。在分析气体自动采样装置工作原理的基础上, 研究了真空泵最大电流、通气流量选型设计依据, 并对真空泵驱动电路、通讯电路、软件程序进行了介绍。装置配合一氧化碳等气体传感器能够对采空区气体浓度进行监测, 可提高采空区气体监测的准确性、实时性。

关键词 采空区; 自动抽气; 采样装置; 真空泵; 气体监测; 驱动电路

中图分类号 TP23

Design of Automatic Gas Sampling Device in Coal Mine Goaf

Gou Yi^{1,2}; Zhao Qingchuan^{1,2}

(1.China Coal Technology Engineering Group Chongqing Research Institute, Chongqing, 400039, China;

2. State Key Laboratory of The Gas Disaster Detecting, Preventing and Emergency Controlling, Chongqing, 400039, China)

Abstract In order to solve the problem that the monitoring data accuracy and real-time performance of the existing goaf monitoring devices are poor, and it is difficult to effectively monitor the actual situation of the goaf, the driving circuit of the automatic air extraction sampling pump is developed by using the micro vacuum pump and the motor driving control technology. An automatic gas sampling device for coal mine goaf is designed, which can be installed close to the goaf, so as to meet the application needs of the whole area safety monitoring for the close sampling analysis of the coal mine goaf. Based on the analysis of the working principle of the automatic gas sampling device, the selection and design basis of the maximum current and ventilation flow of the vacuum pump are studied, and the driving circuit, communication circuit and software program of the vacuum pump are introduced. The device combined with carbon monoxide and other gas sensors can monitor the gas concentration in goaf, which can improve the accuracy and real-time performance of gas monitoring in goaf.

Key words Goaf; Automatic air extraction; Sampling device; Vacuum pump; Gas monitoring; Drive circuit

煤矿火灾是五大灾害之一, 采空区自燃发火是煤矿火灾的主要类型之一^[1-3], 占煤矿煤自燃火灾的一半以上, 发生的许多煤矿灾害事故几乎都与采空区自燃有关, 所以长期以来采空区自燃发火问题一直是煤炭界所关注的焦点^[4-6], 因此进行采空区自燃监测具有重要的意义^[7]。现阶段对于采空区自燃发火监测尚未得

到圆满解决^[8], 现有的束管监测系统因取气管路长、抽气管路易受破坏、管路密封性差等原因, 导致监测数据基本不能反映采空区的实际状态, 难以有效监控采空区真实情况^[9-11]。

本文采用微型真空泵, 运用电机驱动控制技术, 设计适用于煤矿井下的自动抽气采样泵驱动电路, 设

收稿日期: 2020-12-29

基金项目: 重庆市安全生产(煤炭发展)专项资金项目(2020B182[5985]20015492); 天地科技股份有限公司科技创新创业资金专项重点项目(2019-TD-ZD007); 中煤科工集团重庆研究院有限公司科技项目(2019YBXM01, 2019ZDXM01)。

作者简介: 苟怡(1977-), 女, 副研究员, 硕士, 现在中煤科工集团重庆研究院有限公司从事科研项目管理。

计能够靠近采空区安装的煤矿采空区气体自动采样装置,以满足煤矿采空区近距离取样分析的检测需要。

1 采空区气体自动采样装置工作原理

气体自动采样装置的核心功能为气体抽采,为配套的一氧化碳、甲烷等传感器提供检测气体样本,因此核心部件为气体采样泵。根据装置的使用要求和采样泵的使用寿命,装置采样功能采用间歇式工作方式,其采样泵工作时间和采样泵停止时间可在一定时间范围内设置。装置控制电路是气体自动采样装置的重要组成部分,主要包括电源电压转换、显示电路、真空泵驱动电路、遥控接收电路、通讯电路,气体自动采样装置的原理框图如图 1 所示。

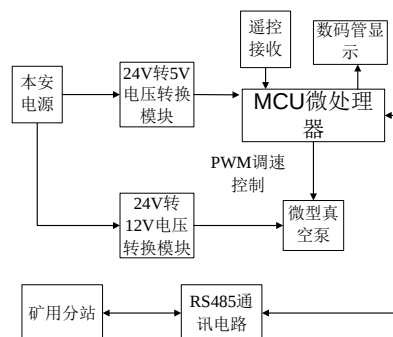


图 1 气体自动采样装置的原理框图

2 真空泵选型设计

真空泵是气体自动采样装置的核心功能部件,是装置工作电流最大的消耗部件,因此其选型设计必须进行严格的计算与测试。

2.1 最大工作电流计算

气体自动采样装置采用经煤矿安全认证的额定输出电压 24V 的本安直流电源供电,按煤矿传感器及自动化装置行业标准要求,气体自动采样装置的传输距离应不小于 2km,而 2km 标准通信线缆等效电阻 R 为 $51.2\ \Omega$ 。采样装置输入电压范围为 (12~24) V,因此线缆上最大电压差 U 为 12V,将以上数值带入公式 $I=U/R$,计算得知, $I=12/51.2=234\ \text{mA}$ 。因此,气体自动采样装置的最大输入电流应不大于 234 mA。

2.2 平均抽气流量计算

取样气管一端连接气体自动采样装置进气口,另

一端作为取气口固定在采空区内。因此,气体自动采样装置的抽气流量能力直接决定了装置的响应时间。假设取样气管长度为 100 米,内径为 8mm,取样气管体积容量公式为 $V=S\times H$ 。气管横截面积 $S=\pi\times r\times r=3.14\times 4\times 4=50.24\text{mm}^2\approx 0.5\text{cm}^2$ 。则 100 米长取样气管的体积容量 $V=0.5\text{cm}^2\times 100\text{m}=5\text{L}$ 。

若需要 3min 内将束管内气体抽光,则平均抽气流量为 1.67L/min。

经大量查找比对,某公司生产的型号为 VLC65××-12V 的真空泵性能参数如下:

额定工作电压:12V,平均工作电流 $\leq 220\text{mA}$,平均流量 $\geq 2\text{L/min}$ 。

综上所述,VLC65××-12V 真空泵完全满足装置工作电流及流量设计需求,因此选择该真空泵作为本装置的核心抽气部件。

3 装置硬件电路设计

3.1 DC-DC 电压转换电路设计

外部本安电源为装置提供 24V 的直流供电电压,装置将 DC-DC 电压转换电路设计为两个 DC-DC 电源模块,一个将此电压转换为 3.4V 的直流电压,为单片机电路、显示、逻辑控制电路等电路供电,另一个电源模块要将电压转换为 12V,为真空泵供电。

3.2 真空泵驱动电路设计

VLC65××-12V 真空泵电气接口具有红黑橙黄蓝白六根线,其中红线为 12V 供电正极,接 MCP16XXX 芯片输出。黑线为供电负极。蓝线为脉宽调速 (PWM) 控制接口,接单片机 PWM 输出控制口,单片机根据工作逻辑,通过改变占空比来改变真空泵电机转速、调节流量。PWM 输入信号频率建议定在这个范围内:20KHz~30KHz,但是不能用该端口来控制泵的启停。白线为控制电机启动、停止功能线,接单片机输出控制口,单片机根据工作逻辑,通过输出高低电平来控制真空泵电机的启动和停止。黄线为 FG 反馈信号(电机转速反馈信号,脉冲信号),电机每转一周输出 6 个脉冲。橙线直接接供电负极。真空泵电气接口及外围电路如图 2 所示。

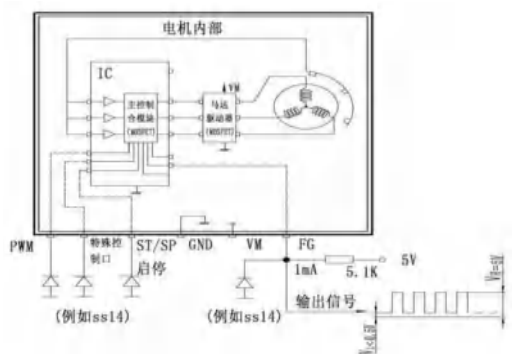


图2 真空泵电气接口及外围电路图

3.3 通讯电路设计

装置采用 RS485 总线与矿用本安分站通讯,将装置自身真空泵运行状态上传至地面中心站。结合配套的一氧化碳传感器、甲烷传感器的监测数据,能够在地面监控室快速有效分析被测采空区中气体中甲烷及一氧化碳气体的浓度,为确定采空区安全状态及治理提供了监测依据。RS485 接口采用具有低功耗特性的 SP483 芯片,该芯片通过降低内部电压变化速度实现良好的 EMI 特性,RS485 接口电路如图 3 所示。

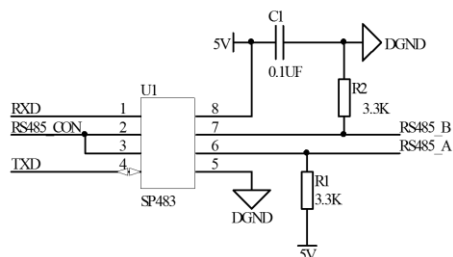


图3 RS485 接口电路电路图

4 软件程序设计

传感器程序采用 C 语言编写,编译环境为 Keil uVision5。程序首先进行时钟源配置,而后 UART、定时器、显示、通讯及控制引脚等硬件初始化,读取 E² 内传感器地址、采样时间、停止时间等装置配置参

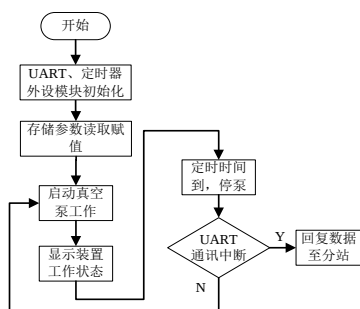


图4 软件流程图

数,而后根据时序控制真空泵工作,并通过 UART 中断响应分站的数据查询,软件流程图如图 4 所示。

5 结论

采空区自然发火监测一直是煤矿安全监测的薄弱环节,是建设本质安全型矿井的重要安全监控措施。本文根据以上创新性设计完成了装置样机的加工,实验室测试如图 5 所示。



图5 装置实验室测试图

经实验室测试,由 24V/470 mA 的本安电源供电,能够达到传输距离 2km 现场应用要求。整机工作电流、通气流量、取样控制逻辑设计符合设计要求。配合一氧化碳等气体传感器能够对采空区气体成分及浓度进行有效监测,具有广阔的推广应用的前景。下一步将对装置进行防爆性能测试,进行安全标志认证。

参考文献

- [1] 张军杰.煤矿束管监测系统的现状与发展趋势[J].煤矿安全,2019,50(12):89-92.
- [2] 石银斌,杨雷磊,徐腾飞.矿井综合防灭火技术及应用[J].能源技术与管理,2020,v.45;No.194(04):140-142.
- [3] 文虎,王文,陶维国,等.超长综采工作面撤架期间煤自燃预测及防控技术研究[J].煤炭科学技术,2020,48(01):167-173.
- [4] 王坤.短臂大采高综放工作面注氮防灭火工艺[J].煤矿安全,2020,51(03):137-143.
- [5] 刘石松,刘建国,丁尧,等.光纤传感技术在煤矿采空区防灭火监测系统中的应用研究[J].能源技术与管理,2020,45(01):56-57.
- [6] 张立.近距离煤层开采综采工作面防灭火束管监测技术应用[J].煤炭工程,2018,50(S1):100-102.
- [7] 王栋,陆伟,李金亮,等.预报矿井煤自燃火灾的正压束管监测系统关键技术研究[J].矿业安全与环保,2019,46(06):57-60.
- [8] 朱兴攀,许敏,王鹏,等.分布式温度监测系统在煤自燃预警中的应用[J].煤炭工程,2019,51(10):24-27.
- [9] 刘明智,潘锋,任春香.煤矿井下气体束管路故障监测装置及监测技术[J].煤矿安全,2019,50(08):100-103.
- [10] 邢震.基于多参数监测系统的采空区遗煤自燃监测方案[J].能源技术与管理,2019,44(05):7-9.
- [11] 陈佩佩.煤矿火灾多参数感知监测装置设计[J].煤矿机电,2020,41(01):1-4+8.