

文章编号:1671-251X(2018)10-0100-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2018050066

选煤厂煤仓瓦斯监控系统设计

段福山

(霍州煤电集团有限责任公司, 山西 临汾 041000)

摘要:针对传统的选煤厂煤仓瓦斯监控方法存在测量精度低、实时性差、成本高等问题,设计了基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统。该系统将变频技术引入通风机控制中,当瓦斯浓度发生变化时,采用变频器对煤仓通风机转速进行调整:当瓦斯浓度较大时,控制通风机转速提升,增加通风量,保证瓦斯浓度不超标;反之则降低通风机转速,降低能耗,从而有效地实现煤仓瓦斯浓度的实时在线监控。实际应用结果表明,该系统可明显降低煤仓瓦斯浓度均值和波动,有效保证选煤厂煤仓安全。

关键词:选煤厂;煤仓瓦斯监控;通风机控制;模糊控制;变频技术

中图分类号:TD712 文献标志码:A

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.tp.20180928.0912.001.html>

Design of gas monitoring system of coal bunker in coal preparation plant

DUAN Fushan

(Huozhou Coal Electricity Group Co., Ltd., Linfen 041000, China)

Abstract:In view of problems of low measurement accuracy, poor real-time performance and high cost of traditional gas monitoring system of coal bunker in coal preparation plant, gas monitoring system of coal bunker in coal preparation plant based on fuzzy control was designed. The system introduces frequency conversion technology into ventilator control when gas concentration changes, frequency converter is used to adjust rotation speed of ventilator in coal bunker: when the gas concentration is large, rotation speed is controlled to increase and ventilate quantity is increased to ensure gas concentration does not exceed the standard; otherwise rotation speed is decreased to reduce energy consumption, thereby real-time online monitoring of gas concentration in the coal bunker is realized. The practical application results show that the system can significantly reduce mean and fluctuation of gas concentration in coal bunker, and effectively ensure safety of coal bunker in coal preparation plant.

Key words:coal preparation plant; gas monitoring of coal bunker; ventilator control; fuzzy control; frequency conversion technology

0 引言

当原煤从井下经由输送带运送至煤仓时,由于煤中的瓦斯在输送过程中未完全释放,所以在相对封闭的煤仓中,瓦斯开始逐渐释放并形成瓦斯集聚

现象,当瓦斯浓度达到一定值时,极易引起瓦斯爆炸事故^[1-3]。按照山西省煤炭工业厅发布的《煤炭企业附属洗(选)煤厂瓦斯管理规定》,当现场瓦斯体积分数超过1%时,附近20 m距离内的电气设备要立即断电。为了保障选煤厂连续稳定运行和人员安全,

收稿日期:2018-05-20;修回日期:2018-08-29;责任编辑:胡娴。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51775364)。

作者简介:段福山(1971—),男,山西平遥人,高级工程师,现从事选煤技术管理工作,E-mail:dfs99@163.com。

引用格式:段福山.选煤厂煤仓瓦斯监控系统设计[J].工矿自动化,2018,44(10):100-103.

DUAN Fushan. Design of gas monitoring system of coal bunker in coal preparation plant[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(10):100-103.

实现煤仓瓦斯浓度实时检测和控制具有重要意义^[4-5]。传统的选煤厂煤仓瓦斯人工检测方法是在固定的测量地点,利用便携式瓦斯浓度传感器定时检测瓦斯浓度,当浓度超标时人工手动开启通风机。这种方式存在测量精度低、实时性差等问题^[6]。部分选煤厂采用煤仓通风机 24 h 运行的方法保证瓦斯浓度合格,但是存在电耗升高、生产成本增加等问题^[7]。此外,如果当瓦斯浓度传感器检测到浓度超标时再启动通风机,仍然不能在短时间内将瓦斯浓度降至安全水平,同样存在一定的安全隐患。针对上述问题,本文研究了基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统,在煤仓选择合理的位置安装瓦斯浓度传感器,实现对瓦斯浓度的实时监测,结合变频调速技术,采用模糊控制方法实现通风机转速控制,从而保证煤仓瓦斯浓度在安全范围内,保障选煤厂连续稳定运行。

1 系统原理

1.1 模糊控制原理

模糊控制是一种基于规则的控制^[8],其原理如图 1 所示,其主要包括模糊化、知识库、模糊推理及解模糊 4 个部分^[9-10]。

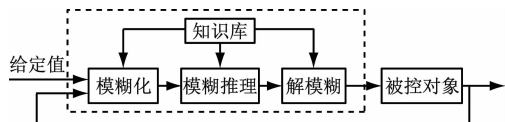


图 1 模糊控制原理

Fig. 1 Principle of fuzzy control

1.2 模糊控制规则

当前瓦斯监控系统大多采用通风机 24 h 连续工作方式或者当瓦斯超限时启动通风机进行强制通风,存在明显的电能浪费及控制滞后性等问题。本文将变频技术^[11-12]引入通风机控制中,当瓦斯浓度发生变化时,采用变频器对煤仓通风机转速进行调整,通过动态调节通风量来控制瓦斯浓度,从而防患于未然,降低瓦斯超限概率和事故发生率,保障选煤厂连续生产。

设计模糊控制器时,首先应确定输入变量和输出变量,本文以瓦斯浓度值和浓度变化率为输入变量,通风机转速为输出变量。确定了输入/输出变量之后,需要依据变量自身特点进行模糊化处理。

设瓦斯浓度为 E ,瓦斯浓度变化率为 EC ,通风机运行频率为 U , E 的模糊集为 $\{NB, ZO, PB\}$, EC 的模糊集为 $\{NB, NS, ZO, PS, PB\}$, U 的模糊集为 $\{NB, NS, ZO, PS, PB\}$ 。其中 NB, NS, ZO, PB, PS

分别表示负大、负小、零、正小、正大。当瓦斯浓度较大时,控制通风机转速提升,增加通风量,从而保证瓦斯浓度不超标;反之则降低通风机转速,降低能耗。模糊控制规则的制定是设计模糊控制器的关键^[13],具体模糊控制规则如下:

(1) 当瓦斯浓度为 NB 、瓦斯浓度变化率为 NB , NS 或 ZO 时,表示煤仓瓦斯浓度较低,并且呈现逐渐降低或者稳定趋势,此时通风机运行频率设为 NB ,即通风机在很低的频率下运行。

(2) 当瓦斯浓度为 NB 、瓦斯浓度变化率为 PS 或 PB 时,表示煤仓瓦斯浓度较低,但却呈现上升趋势,可适当增加通风机运行频率,设为 NS 。

(3) 当瓦斯浓度为 ZO 、瓦斯浓度变化率为 NB 或 NS 时,表示煤仓瓦斯浓度中等,并且呈现快速降低或者缓慢降低趋势,此时通风机运行频率设为 NB ,即通风机在很低的频率下运行。

(4) 当瓦斯浓度为 ZO 、瓦斯浓度变化率为 PS 或 PB 时,表示煤仓瓦斯浓度中等,但是呈现缓慢上升或快速上升趋势,此时通风机运行频率设为 PS 或 PB ,即通风机运行频率应适当增加。

(5) 当瓦斯浓度为 PB 、瓦斯浓度变化率为 NB , NS 时,表示煤仓瓦斯浓度较高,但是整体呈现缓慢下降或者快速下降趋势,此时通风机运行频率设为 ZO ,即通风机转速设置为中等即可。

(6) 当瓦斯浓度为 PB 、瓦斯浓度变化率为 ZO , PS 或 PB 时,表示煤仓瓦斯浓度较高,同时呈现稳定或者明显上升趋势,此时应将通风机频率设置为 PS 或 PB ,即应该明显增大通风机转速,使瓦斯浓度快速下降。

2 系统硬件结构及软件设计

基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统采用 $Micro850$ 系列 PLC , CPU 选择 $2080-LC50$ 作为控制系统核心;模拟量输入模块采用 $2080-IF4$,用于采集瓦斯浓度传感器数据;模拟量输出模块采用 $2080-OF4$,用于控制变频器频率。编程软件采用 $Connected Components Workbench$,根据系统要求完成程序编制、上传及下载。

2.1 系统结构设计

基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统结构如图 2 所示,主要分为设备层、控制层和管理层^[14]。

设备层:主要包括瓦斯浓度传感器和通风机。选用 $BT35-11$ 型防爆轴流式通风机,通风机最大转速为 $1\ 450\ r/min$,风压为 $300\ Pa$,功率为 $2.2\ kW$ 。

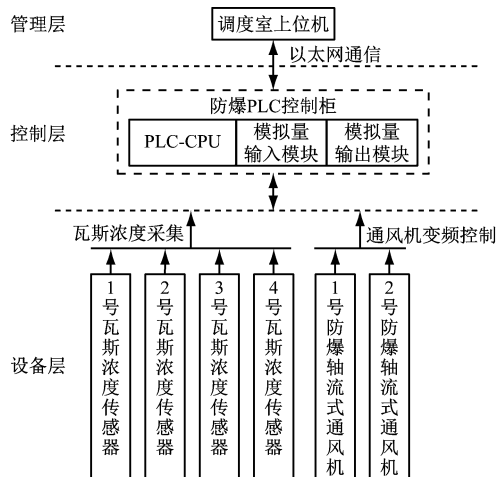


图2 基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统结构

Fig.2 Structure of gas monitoring system of

coal bunker in coal preparation plant based on fuzzy control
在仓顶和仓底各安装2个瓦斯浓度传感器,用于实时检测煤仓瓦斯浓度,为闭环模糊控制提供反馈信号。

控制层:主要包括PLC控制器与变频器。PLC控制器主要由CPU、模拟量输入模块和输出模块组成,用于实现瓦斯浓度信号的采集和变频器频率控制。变频器主要实现轴流式通风机转速控制,使通风机转速随瓦斯浓度的变化而改变。通过调整现场防爆控制柜的远程/就地旋钮可实现系统的远程控制和就地控制模式切换。

管理层:主要实现模糊控制算法及系统人机交互,同时通过SQL数据库实现数据记录、存储及历史数据查询功能,保证在调度室可实时监控煤仓瓦斯浓度数据和通风机运行状态。管理层和控制层之间采用以太网通信协议实现数据交互。

2.2 系统软件设计

基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统软件流程如图3所示。系统通过PLC模拟量输入模块采集现场煤仓瓦斯浓度实时值,PLC控制器对采集到的浓度值进行模糊化处理,并计算出瓦斯浓度 E 及其变化率 EC ;依据制定好的模糊规则进行模糊推理,输出推理结果(即通风机运行频率)并进行解模糊;接着控制模拟量输出模块调节变频器输出频率,从而实时准确地调整通风机转速和通风量,保证瓦斯浓度不超限。

系统人机交互界面采用FT VIEW组态软件进行设计,其主要界面包括状态监控界面、参数设置界面、历史数据显示界面及报警管理界面等。通过人机交互界面,操作人员在调度室即可实现煤仓瓦斯

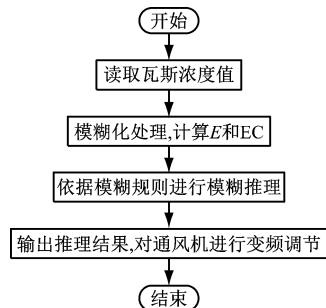


图3 基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统软件流程

Fig.3 Soft flow of gas monitoring system of coal bunker in coal preparation plant based on fuzzy control

浓度值和通风机运行状态的在线监测和控制。通过参数设置界面可进行模糊控制规则和变频器参数调整。在历史数据显示界面可查询瓦斯浓度和通风机运行频率历史数据,并可以通过报警管理界面提示煤仓瓦斯浓度超限情况。

3 系统主要功能及运行效果

基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统主要功能:① 实现了煤仓瓦斯浓度值的实时就地及远程监测,其中就地功能不经过PLC的硬件回路控制,保证了系统的稳定性。② 实现了煤仓通风机运行转速的变频控制,可在调度室对通风机进行启停和转速远程控制,在自动状态下,可依据模糊规则实现通风机转速随着煤仓瓦斯浓度的变化而自动调整。③ 具备远程手动和远程自动选择功能。

该系统已应用于霍州煤电集团有限责任公司某选煤厂煤仓,系统应用前后瓦斯体积分数如图4所示,统计分析结果见表1。

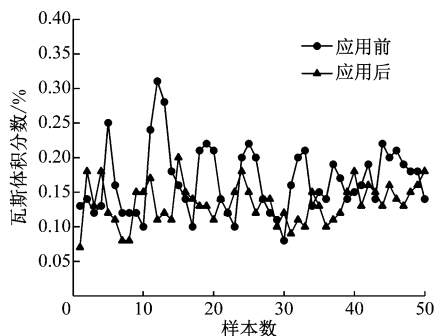


图4 煤仓瓦斯体积分数曲线

Fig.4 Curves of gas volume fraction in coal bunker

从图4及表1可以看出,系统应用后,煤仓瓦斯体积分数最大值为0.21%,同时标准差由0.049%降低至0.029%,瓦斯体积分数均值和波动性明显降低。

表1 系统应用前后煤仓瓦斯体积分数对比

Table 1 Comparison of gas volume fraction in coal bunker before and after system application %

系统应用前/后	瓦斯体积分数			
	最小值	最大值	均值	标准差
系统应用前	0.08	0.31	0.17	0.049
系统应用后	0.07	0.21	0.13	0.029

4 结语

基于模糊控制的选煤厂煤仓瓦斯监控系统将模糊控制技术与变频技术相结合,实现了瓦斯浓度和通风机状态的远程监控,以及瓦斯浓度变化情况下通风机转速及煤仓送风量的自动调节,在保证瓦斯浓度合格的情况下,降低了工人的劳动强度,保障了选煤厂正常连续生产及人员安全。实际应用结果表明,该系统可明显降低煤仓瓦斯浓度均值和波动,有效保证了选煤厂煤仓安全。

参考文献(References):

[1] 常春明. 高瓦斯矿井选煤厂煤仓瓦斯的治理[J]. 江西煤炭科技, 2008(4): 60-61.

CHANG Chunming. Gas administering in coal bin of high gas mining coal cleaning plant[J]. Jiangxi Coal Science & Technology, 2008(4): 60-61.

[2] 李路广. 地面煤仓瓦斯自动抽排系统的设计安装方案[J]. 中国煤炭工业, 2013(11): 44-45.

[3] 丁东升. 屯兰矿选煤厂瓦斯治理方法研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(增刊 2): 207-208.

DING Dongsheng. Study on gas control methods in Tunlan mine coal preparation plant[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(S2): 207-208.

[4] 赵世铎, 李霄尖, 王聪利, 等. 浅谈加强洗煤厂煤仓的瓦斯治理[J]. 矿业安全与环保, 2001(1): 33-34.

[5] 张东晨, 赵志国, 王涛. 高瓦斯矿井选煤厂煤仓瓦斯灾害的防治[J]. 选煤技术, 2011(3): 32-34.

[6] 陈震. 望峰岗选煤厂瓦斯监控系统的研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2015.

[7] 张春平. 浅谈高瓦斯矿井选煤厂煤仓瓦斯治理新途径[J]. 科技情报开发与经济, 2011, 21(1): 226-228.

ZHANG Chunping. Talking about the new ways for the gas control in the coal bunker of coal cleaning plant of highly gassy mine[J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2011, 21(1): 226-228.

[8] 蔚东晓, 贾霞彦. 模糊控制的现状与发展[J]. 自动化与仪器仪表, 2006(6): 4-7.

WEI Dongxiao, JIA Xiayan. Present situation and development of fuzzy control [J]. Automation & Instrumentation, 2006(6): 4-7.

[9] 宋刘德, 尹珠, 姚善化. 基于模糊控制的井下无人运输机车控制系统设计[J]. 工矿自动化, 2015, 41(10): 8-11.

SONG Liude, YIN Zhu, YAO Shanhua. Design of control system of underground unmanned transportation locomotive based on fuzzy control[J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(10): 8-11.

[10] 陈思. 模糊控制理论在锅炉给煤量控制中的应用[J]. 煤炭技术, 2013, 32(8): 213-215.

CHEN Si. Applications of fuzzy control theory to control of coal quantity to furnace [J]. Coal Technology, 2013, 32(8): 213-215.

[11] 李洪先, 史之印, 李雷, 等. 变频调速一体机在刮板输送机中的应用[J]. 煤炭技术, 2015, 34(3): 268-270.

LI Hongxian, SHI Zhiyin, LI Lei, et al. Application of frequency control of motor speed all-in-one in scraper conveyor[J]. Coal Technology, 2015, 34(3): 268-270.

[12] 孙伟, 王慧, 杨海群. 带式输送机变频调速节能控制系统研究[J]. 工矿自动化, 2013, 39(4): 98-101.

SUN Wei, WANG Hui, YANG Haiqun. Research of energy-saving control system with frequency-conversion speed-regulation for belt conveyor [J]. Industry and Mine Automation, 2013, 39(4): 98-101.

[13] 郭爽. 循环流化床锅炉床温的控制模型及模糊控制系统的研究[D]. 保定: 华北电力大学, 2001.

[14] 董志勇, 王然风, 樊民强, 等. 重介分选过程分流自动控制系统设计[J]. 工矿自动化, 2017, 43(7): 23-27.

DONG Zhiyong, WANG Ranfeng, FAN Minqiang, et al. Design of automatic shunt control system in dense-medium separation process [J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(7): 23-27.