

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2019.08.015

基于 PLC 的液压无杆排采系统研究*

徐 启

(南京工业大学 电气工程与控制科学学院,江苏 南京 211816)

摘要:针对目前煤层气无杆排采过程中工作人员劳动强度大、设备工作效率低、控制精度差等问题,设计了新型液压驱动无杆泵,并基于 PLC 设计了控制系统。所设计的控制系统可通过压力计,对井下流压进行实时测量,并将测量值反馈到 PLC 中,与设定值进行比较运算;基于比较运算结果,通过变频器完成了电机转速实时调控,进而实现了井底流压的动态调整;无杆泵由三通道油管内置动力液管加压后提供驱动力,在驱动力作用下往复运动,实现了阀体间自动上下切换,有效降低了工作人员劳动强度。试验结果表明:该系统可根据设定值对井底流压进行快速、精准调整,且超调量较小。

关键词:煤层气;排采系统;无杆泵;井底流压;转速控制

中图分类号:TH38;TH-39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2019)08-0846-05

Hydraulic rodless drainage system based on PLC

XU Qi

(College of Electrical Engineering and Control Science, Nanjing Tech University, Nanjing 211816, China)

Abstract: Aiming at the problems of high labor intensity of staff, low efficiency of equipment and poor control precision in rodless drainage of coalbed methane, a new type of hydraulic driven rodless pump was designed, and the control system was designed based on PLC. The designed control system measured the bottom hole flow pressure in real time by pressure gauge, and feed the measured value back to the PLC to compare with the set value. Based on the results of the comparison calculation, the motor speed was adjusted in real time by frequency converter, and then the bottom hole flow pressure was adjusted dynamically. The rodless pump was driven by a three-channel tubing with a power hydraulic pipe pressurized and reciprocates under the driving force. Motion, to achieve automatic up and down switching between the valve body, effectively reduced the labor intensity of staff. The test results show that the system can adjust the bottom hole flowing pressure quickly and accurately according to the set value, and has a small overshoot.

Key words: coalbed methane; drainage system; rodless pump; bottom hole flow pressure; speed control

0 引 言

有杆泵为当前我国煤层气排采主要设备,如螺杆泵、管式泵。由于工作环境恶劣,长时间工作过程中,有杆泵存在杆管偏磨,严重时造成故障停工,影响工作效率^[1]。为了避免以上问题,无杆泵逐渐兴起并得到应用。目前,无杆泵主要有电潜泵、射流泵、无杆管式泵等^[2]。电潜泵应用广泛,常为大排量离心泵,排采后期难以精准控制产液量,无法满足生产需求^[3],气

体混入离心泵后,产生的气蚀及气锁会影响工作效率,造成安全隐患;射流泵油管及喉管间环空连接于地层,地层流体经抽吸与动力液混合,通过环空排至地面,随着泵压的升高,流速及负压增大,抽吸液体增多,排采后期,射流泵能耗高、工作效率低,因此应用较少^[4-5];无杆管式泵泵体内运动部件存在漏油、漏水等,对地面设备运行稳定性要求较高。

目前,煤层气排采过程中通常采用操作人员值守方式,存在劳动强度大、信息采集周期长、数据精度低

收稿日期:2019-01-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(11104142)

作者简介:徐启(1980-),男,江苏南京人,硕士研究生,主要从事电气系统控制、检测等方面的研究。E-mail:xuqi211816@sina.com

的弊端,排采现场需高素质操作人员调整排采设备,对人员经验要求高。

对此,本文将设计新型液压驱动无杆泵,并基于 PLC 对控制系统进行设计,以满足实际生产需求。

1 系统总体结构

文中控制系统由液压驱动无杆排采及 PLC 控制两部分组成。无杆排采组成部分主要为无杆泵组、三通道油管、加压泵、排水池、驱动液池等;PLC 控制主要组成部分为变频器、压力计、流量计、电动机及控制柜等。

液压驱动无杆排采控制系统结构图如图 1 所示。

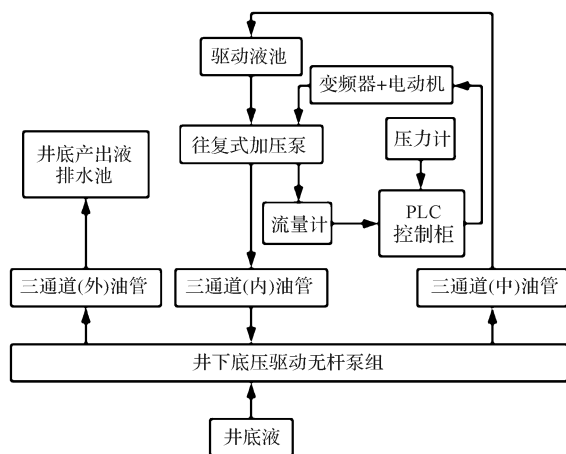


图 1 液压驱动无杆排采控制系统结构图

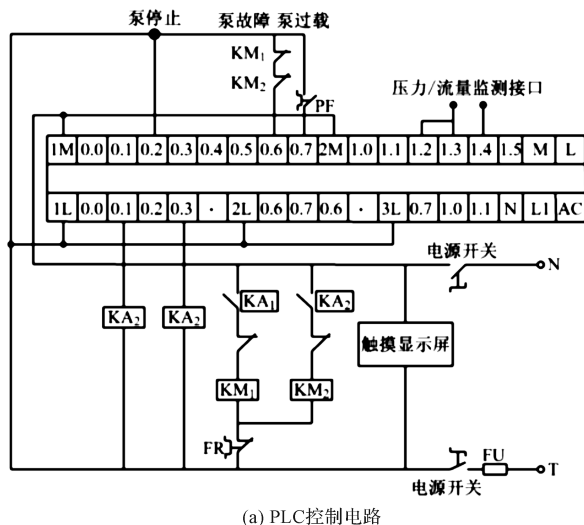
图 1 中:系统将压力计测得的压力及流量数据反馈给 PLC 控制柜,进行比较处理,并基于处理结果对电机转速进行调整,实现了泵入驱动液排量的精确控制,完成井底流压的实时调整。三通道油管连接于外部驱动液池,内油管和中油管与无杆泵组阀芯相连,构成驱动液回路,外油管与无杆泵组排水阀相连,用于井底液排出。加压后的驱动液可为泵组上下柱塞运动提供动力,实现往复运动。

2 PLC 控制设计

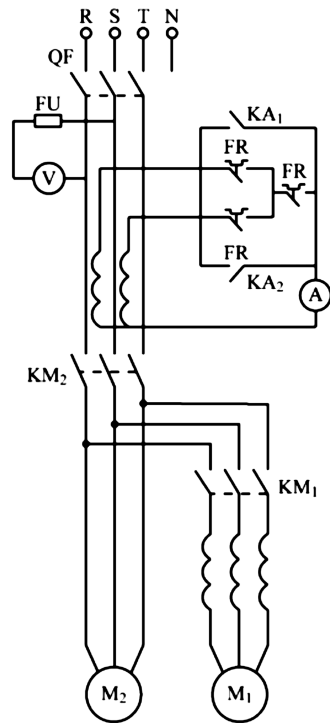
PLC 控制主要作用是通过控制柜完成采集数据信息处理,并通过变频器完成电机转速的动态调节^[6],实现加压泵驱动液排量控制,该部分核心为 PLC 控制柜。

2.1 硬件设计

文中液压驱动无杆排采控制柜采用采用 S7-200 型 PLC^[7],主要电路为电机控制电路、PLC 控制电路。PLC 控制柜电路图如图 2 所示。



(a) PLC 控制电路



(b) 电机控制电路

图 2 PLC 控制柜电路图

图 2 中:控制系统运行时首先将 QF 断路器闭合,系统得电,按下显示屏加压泵启动按钮,启动信号传送给 PLC,触发端口 0.3,继电器 KA₂ 闭合,接触器 KM₂ 导通,驱动电机 M₂ 工作,此过程为电机热启动,耗时为 10 s。该阶段结束后端口 0.1 触发,继电器 KA₁ 闭合,电机 M₁ 启动,系统正常工作。

2.2 软件设计

系统中 PLC 控制系统软件设计核心为变频器频率及液压泵出口压力调节^[8]。PLC 将压力计测量的井底流压值同设定值进行比较,并根据两者差值对变频器频率进行调节,进而实现电机 M₁ 转速调节。系统

运行模式分别为自动和手动运行模式,通过触摸屏进

行模式选择与转换。控制系统主要程序如图 3 所示。

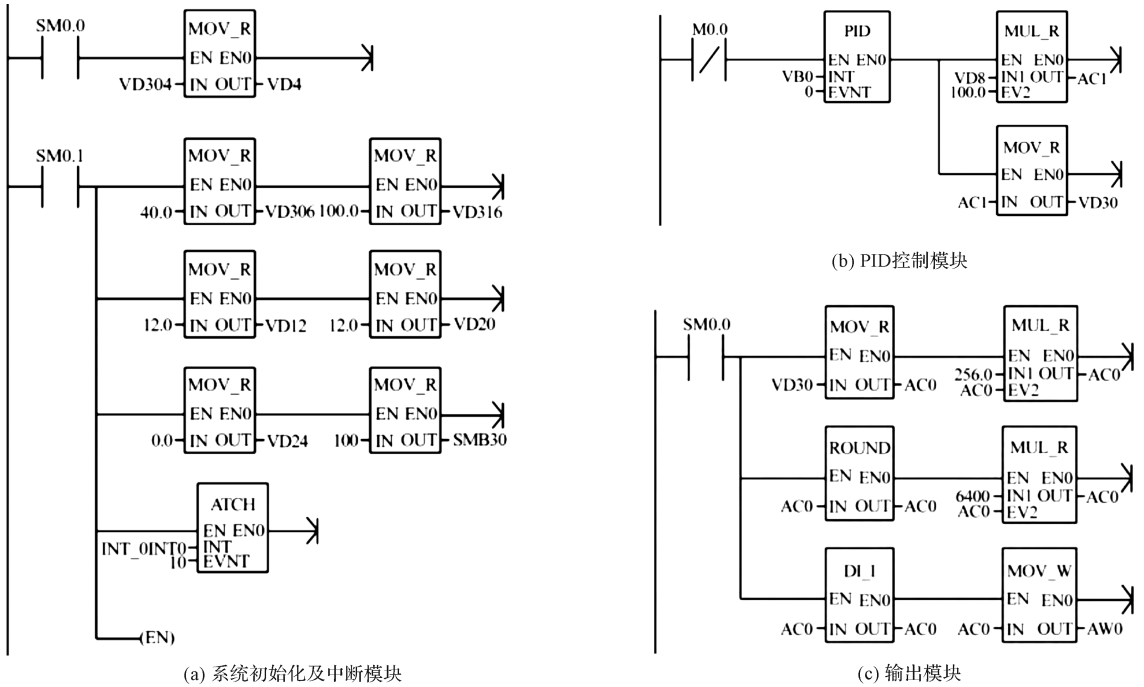


图 3 PLC 主要控制程序

图 3 中;SM0.0 和 SM0.1 分别为控制系统上电和初始化完成;压力设定值储存于 VD304 寄存器中,并通过 PID 模块将其写入 VD4;控制程序通过 ATCH 实现中断响应,利用增益储存器 VD12、积分时间储存器 VD20 及微分时间储存器 VD24 完成软件系统的初始化,经 PID 模块计算获得 PID 输出值 VD8,并将其转存于 AWO 中作为系统输出值;将测量结果同设定结果进行比较,并将比较结果传送给 PID 运算模块,基于运算结果,通过变频器实现电机转速的调节。

3 液压驱动无杆排采设计

无杆泵作为液压驱动无杆排采控制系统核心,其结构组成包括三通道油管、上/下排水阀、上/下进水阀、上/下柱塞、阀芯及阀体。

液压驱动无杆泵组成结构图如图 4 所示。

图 4 中:阀芯同三通道内油管相连,用于地面驱动液注入;外油管同上/下排水阀相连,用于井底产出液排出;上排水阀及上进水阀位于上泵体上端,下排水阀及下进水阀位于下泵体下端,上/下柱塞可在泵筒内滑动,完成液体泵出和吸入^[9];阀体位于上、下柱塞之间。当下柱塞处于半行程运动状态时,上进水阀吸入井底液并通过泵体由下排水阀排入三通道外油管,并举升至地面排出;当上柱塞处于半行程运动状态时,下进水阀吸入井底液并通过泵体由上排水阀排入三通道

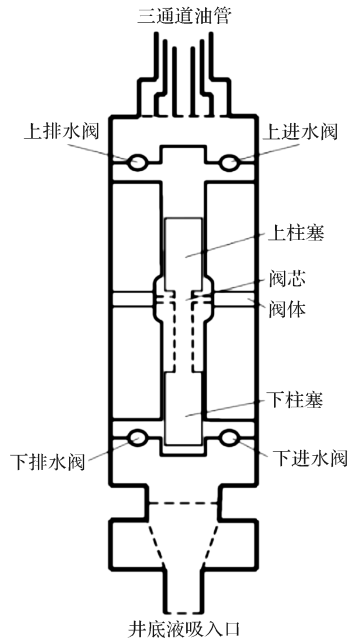


图 4 液压驱动无杆泵组成结构图

外油管,并举升至地面排出。动力液管可为柱塞的往复运动提供动力,实现阀体上、下自动切换。

4 系统测试

测试中,液压驱动无杆排采控制系统主要采用的装置包括:S7-200 型 PLC、水箱、变频器、压力传感器及磁力驱动泵等。

系统测试装置如图 5 所示。

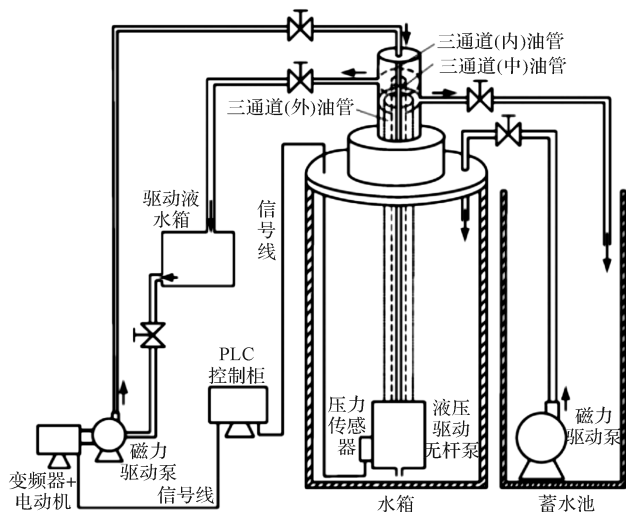


图 5 系统测试装置

测试中,通过电磁阀实现蓄水池对水箱补水。启动磁力驱动泵,蓄水池中水缓慢注入水箱,位于水箱底部的传感器自动采集压力信号,将信号传至 PLC 控制系统,并与设定值进行比较,然后对比较值进行 PID 运算,基于运算结果通过变频器控制电机转速,实现底部流压趋于设定值^[10]。测试中,通过水箱底部流压对井底流压进行模拟^[11]。

首先调试系统软件及系统硬件,然后打开所有阀门,分两次进行测试,其步骤为:

(1)流压设定值为 1.95 kPa,装置启动时间为 0 s;

(2)流压设定值为 1.95 kPa,装置启动时间为 0 s;

运行 430 Fs 后修改设定值为 1.90 kPa。

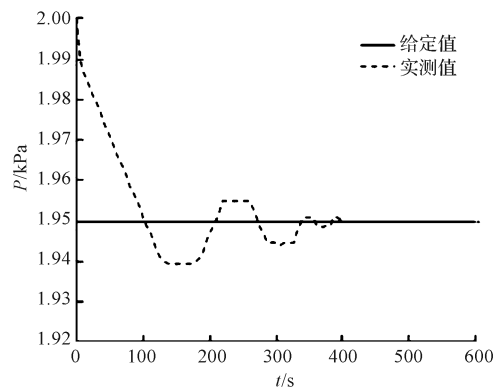
测试结果如图 6 所示。

由图 6 可知:系统运行后测定值逐渐趋近设定值,在 400 s 后基本相同;改变设定值,约 380 s 后两者再次基本相同。由此可知:水箱箱底流压稳定趋于设定值,且响应迅速、超调量小。

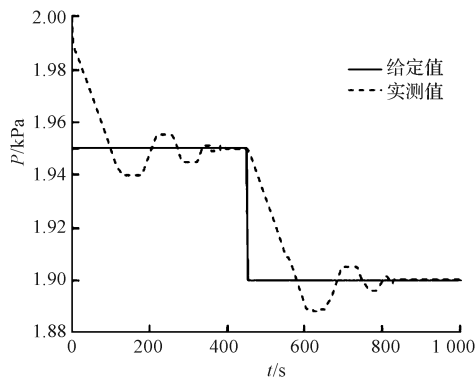
5 结束语

针对目前煤层气无杆排采过程中存在的问题,本文设计了液压驱动无杆排采控制系统。泵组可自动往复运动,由 PLC 对所采集井底流压与设定值进行比较运算,根据运算差值通过变频器实时调节电机转速,使井底流压稳定趋于设定值;系统工作过程中无需值守人员操作,运行时无运动部件,避免了管杆偏磨,降低了故障率。本文对系统进行了测试,结果表明:系统运行后测定值逐渐趋近设定值,在 400 s 后基本相同,当改变设定值,约 380 s 后两者再次基本相同。

研究表明:系统具有响应迅速、超调量小的特



(a) 设定值与实测值曲线



(b) 更改设定值后设定值与实测值曲线

图 6 测试结果图

点,提高了排采控制精度及生产效率。由于该系统尚处于测试阶段,下一步还需要进行现场运行加以优化,以提高系统的稳定性。

参考文献 (References):

- [1] 白 蕾,孟娇娇,辛 旗. 基于 PLC 与变频器的恒压供水系统设计[J]. 电子测量技术,2018,41(4):61-65.
- [2] 李海祯,于复生,范国隆,等. 基于 S7-200PLC 的二自由度气动绢花拾取机械手控制系统设计[J]. 机床与液压,2018,46(3):5-6.
- [3] 刘 华,刘敏层. 基于模糊 PID 在锅炉温度控制系统的仿真研究[J]. 自动化与仪表,2018,33(4):20-25.
- [4] WANG Liang, LIU Shi-min, CHENG Yuan-ping, et al. Reservoir reconstruction technologies for coalbed methane recovery in deep and multiple seams[J]. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2017, 27(2): 277-284.
- [5] 文海罡,郭晨阳,李正贵. 新型射流式自吸喷灌泵的设计及试验[J]. 流体机械,2017,45(4):7-9,14.
- [6] ZHENG Zhang, YONG Qin, XU Hai, et al. Multi-layer superposed coalbed methane system in southern qinshui basin, Shanxi Province, China[J]. *Journal of Earth Science*, 2015, 26(3):391-398.
- [7] 杜新锋,郭盛强,张 群,等. 多煤层煤层气井分层控压合

层排采技术及装备[J]. 煤炭科学技术,2018,46(6):114-118.

[8] 刘 磊,姜在炳,舒建生. 液压驱动无杆排采控制系统设计[J]. 工矿自动化,2018,44(7):1-5.

[9] 梅永贵,郭 简,苏 雷,等. 无杆泵排采技术在沁水煤层

气田的应用[J]. 煤炭科学技术,2016,44(5):64-67.

[10] 师玲萍. 基于自动化生产过程中 PLC 控制系统的设计[J]. 电子设计工程,2016,24(19):113-116.

[11] 吕传超,李 瑛,刘 颖,等. 热泵热水器蓄热水箱的数值模拟与结构优化[J]. 流体机械,2014,42(4):76-80.

[编辑:周昱晨]

本文引用格式:

徐 启. 基于 PLC 的液压无杆排采系统研究[J]. 机电工程,2019,36(8):846-850.

XU Qi. Hydraulic rodless drainage system based on PLC[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2019,36(8):846-850.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 841 页)

本文采用基于形态学的边缘提取算法,在无噪声和含有一般噪声情况下都能够较好地检测出齿轮边缘,较好地滤除噪声,同时保留齿轮边缘信息和细节信息,使得边缘更加连续;在针对传统的边缘检测算法抗噪性较弱的问题上本文所采用的基于形态学的边缘提取算法有较大改进。

参考文献 (References):

[1] 冈萨雷斯. 数字图象处理[M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2003.

[2] 杨 丹. Matlab 图像处理实例详解[M]. 北京:清华大学出版社,2013.

[3] 冈萨雷斯. 数字图象处理[M]. 3 版. 北京:电子工业出版社,2011.

[4] 高 飞. Matlab 图像处理 375 例[M]. 北京:人民邮电出版社,2015.

[5] 曾亚君,何毅斌,李 伟. 基于改进形态学梯度的齿轮边缘检测[J]. 工具技术,2017,51(1):101-103.

[6] GUO Yan-ying, YANG Guo-qing, JIANG Li-hui. Adaptive weighted morphology detection algorithm of plane object in docking guidance system [C]. Proceedings of the Seventh International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Kunming:IEEE,2008.

[7] SHI Zai-feng, YAO Su-ying, ZHAO Ying-chun. Novel video image scaling algorithm based on morphological edge interpolation [C]. IEEE Int. Conference Neural Networks&Signal Processing, Zhenjiang:IEEE, 2008.

[8] XU Yan-lei, ZHAO Ji-yin, JIAO Yu-bin. Gray-scale image edge detection based on order morphology transform [C]. Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation, Chongqing:IEEE,2008.

[编辑:李 辉]