

基于 PLC 的均质机控制系统设计*

张相胜, 潘 丰*, 白春丽

(江南大学 物联网工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 为了提高传统均质机控制系统的自动化程度, 设计了一套基于 HMI、PLC、变频器的均质机控制系统。该控制系统分为 3 个部分: 电气控制部分、PLC 程序的开发、人机界面的开发。分析了系统工作的基本原理和主要过程, 介绍了系统的硬、软件构成及其特性。实践结果表明, 该系统已实现工业应用, 设备运行效果良好。

关键词: 均质机; 可编程控制器; 控制系统; 设计

中图分类号: TH693.9; TP216

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)10-0008-04

Design of PLC control system for homogenizer

ZHANG Xiang-sheng, PAN Feng, BAI Chun-li

(School of IOT, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In order to improve automation of the traditional Homogenizer control system, a new homogenizer control system based HMI, PLC, inverter was introduced. The control system has three parts: electrical control part, PLC program, development of the customer software with HMI. The system working principles and process were analyzed. The hardware, software and some features of the system portion were presented. The application results show that the system has been used in the industrial scene, and the equipment works well.

Key words: homogenizer; programmable logic controller(PLC); control system; design

0 引 言

真空均质乳化机(简称均质机)由乳化锅(可升降锅盖、翻转式锅体)、水相锅、油相锅、真空装置、温度控制系统、电气控制系统等组成, 主要应用于化工、医药、生物、食品等诸多领域中非均相“液—固”和“液—液”多相体分散体系的混合^[1-3]。目前国内的生产厂家大都是引进国外的技术生产、制造并改进此类产品。该设备的控制器件主要由继电器、接触器、控制按钮、控制开关、温度控制仪表等构成。控制系统存在精确度低、操作繁琐、温度控制超调量大、能耗高等缺点。操作人员需要根据经验和仪表显示输入指令或数据进行手动操作, 自动化程度不高。

本研究主要探讨基于 PLC 的均质机控制系统设计。

1 均质机的工作过程

1.1 工作原理

生产工艺流程如图 1 所示^[4-5]。油溶性和水溶性原料分别在油相锅和水相锅内熔化或溶解, 温度一般保持在 80℃左右, 将用水蒸气加热的油相和水相原料通过过滤器加至乳化锅内, 以进行均质搅拌、乳化和真空脱气。然后, 向夹套通入冷水, 冷却到一定温度后(如 45℃以下), 添加香精, 继续冷却至要求的温度后停止搅拌, 待恢复常压即可出料。

1.2 工作过程

均质机的工作过程如下:

(1) 油相锅、水相锅进料后, 启动油相、水相搅拌

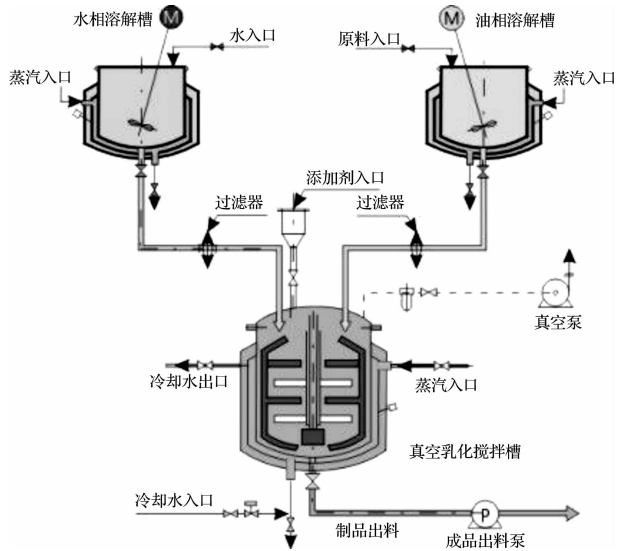


图 1 乳化生产工艺流程

电机,在线设定油相、水相电机的转速;

(2) 设定油相锅、水相锅控制温度后,启动油相锅、水相锅的温度控制,温度控制采用模糊 PID 控制;

(3) 当油相锅、水相锅内原料初处理完成后,启动油相锅、水相锅出料泵,将初处理后的物料泵入乳化锅内;

(4) 当油相锅、水相锅内的物料完全泵入乳化锅内后,出料泵停止运行。启动液压电机,垂直下降主搅拌器与均质搅拌器,当下降到位时,液压电机停止工作,然后手动旋紧密封阀;

(5) 当真空乳化锅密封后,启动主搅拌、均质搅拌电机。转速将从零上升到用户的设定值,并可根据不同的加工要求,在线改变主搅拌、均质搅拌电机的转速;

(6) 启动真空泵电机,乳化锅负压力不断变大,最终将达到用户设定值;达到用户设定值后真空泵电机自动停止;

(7) 启动乳化锅温度控制,自动对乳化锅进行加热控制,控制方法采用模糊 PID 恒温控制,乳化锅内原料将被加热到用户设定温度;

(8) 当乳化工作完成后,通过排气口减小乳化锅内负压力,当乳化锅压力为零时,打开出料阀,排出乳成品。

2 控制系统的构成

2.1 控制系统的结构

根据系统设计要求,实现油相、水相、主搅拌、均质搅拌电机转速控制,控制范围依次是 10 r/min ~ 300 r/min、10 r/min ~ 300 r/min、10 r/min ~ 70 r/min、100 r/

min ~ 3 600 r/min;实现油相锅、水相锅、乳化锅温度的智能控制,控制量范围依次是:0 °C ~ 100 °C、0 °C ~ 140 °C、20 °C ~ 110 °C;实现乳化压力控制,控制范围为 -100 kPa ~ +100 kPa 和液压升降控制。

系统的结构如图 2 所示。控制系统主要由上位机、下位机两个部分组成,上位机采用深圳人机公司的 HMI (Eview 的 MT510TV4)^[6];下位机采用台达 DVP48EH00R 系列的 PLC^[7];电机的转速控制则采用台达 VFD 系列变频器实现。

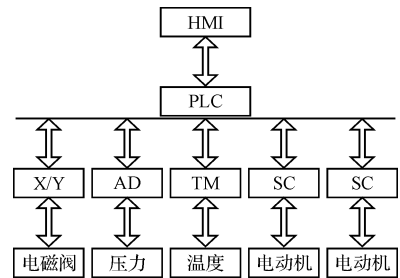


图 2 均质机控制系统结构图

2.2 控制系统的模块划分

系统的控制部分可以划分为各种模块,如图 3 所示。

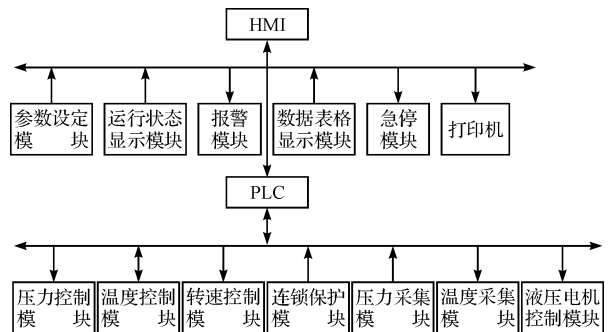


图 3 均质机控制系统模块图

(1) 压力采集模块。实现将压力仪表的模拟电压信号转化为 PLC 可以识别的数字量信号,压力表的信号通过 PLC 的 AD(DVP-04AD-S)模拟量输入模块采样到 PLC 中。

(2) 温度采集模块。油相锅、水相锅和乳化锅的使用铂电极(Pt100)测量温度,采用三线制接法。信号通过 PLC 的 TM(DVP-04PT-S)PT100 模块采样到 PLC 中。

(3) 连锁保护模块。设置硬件和软件双重安全连锁装置,保证乳化锅在抽真空的过程中不能打开锅盖,液压站也不能启动。

2.3 PLC 容量选择

PLC 容量的选择除满足控制要求外,留有适当的裕量,以做备用。根据经验,在选择存储容量时,一般按实际需要的 10% ~ 25% 考虑裕量^[8]。均质机控制系统的 I/O 点数分析如表 1 所示。

表 1 I/O 点数分析表

序号	设备名称	DI 点			DO 点			测控要求
		乳化锅	水相锅	油相锅	乳化锅	水相锅	油相锅	
1	底搅拌电机				1	1		启停控制
2	主搅拌电机				1			启停控制
3	均质电机				1			启停控制
4	罐温度	1	1	1				温度显示
5	蒸汽升温阀				1	1	1	温度控制
6	蒸汽排水阀				1	1	1	温度控制
7	冷却降温阀				1	1	1	温度控制
8	出料电磁阀				1	1	1	开关控制
9	液压站电机				1			液压控制
10	液压缸联动电磁阀				1			液压控制
11	升降液压电磁阀	1			1			升降控制
12	升降上下限位开关	1			1			升降控制
13	真空压力变送器	1						压力控制
14	真空泵电磁阀				1			压力控制
总计		4	1	1	12	5	4	

2.4 变频器的选择

均质机系统有主搅拌电机 1 个,均质电机 1 个,液压站电机 1 个,真空泵 1 个功率均为 kW 级,对于电能的消耗大,由于变频器具有调速节能和软启动节能的作用,因此考虑选择用变频器。

本系统中选用台达 VFD-M 系列的变频器。根据人机界面上控制的转速设定,输出 4 mA ~ 20 mA 的信号以调节电机的转速,变频器的运行需要和 PLC 进行 MODBUS 通信来确定是否启动或停止。

3 控制系统的软件设计

3.1 软件设计的基本要求

(1) 控制功能。控制功能是 PLC 控制系统的根本,要根据被控对象和生产工艺要求进行分析,明确被控设备的动作时序、控制条件、控制精度等。

(2) 操作功能(人机界面)。操作功能需要有友善的人机对话界面以方便操作。系统的规模越大,自动化程度越高,要求也越复杂,如下拉式菜单设计、趋势报警、I/O 信息的显示以及有关数据、表格的更新存储和输出等。设计的乳化锅人机界面如图 4 所示。

3.2 I/O 信号及数据结构分析

工业现场的检测信号是多种多样的,有模拟量也有开关量,PLC 就以这些现场的数据作为对被控对象进行控制的源信息。通过对 PLC 的工作现场数据进行分析,确定了每一个 I/O 信号的地址。依据“生产过程从前至后,I/O 点数由小到大”的原则把 I/O 信号集中编址。部分 I/O 信号的分配如表 2 所示。

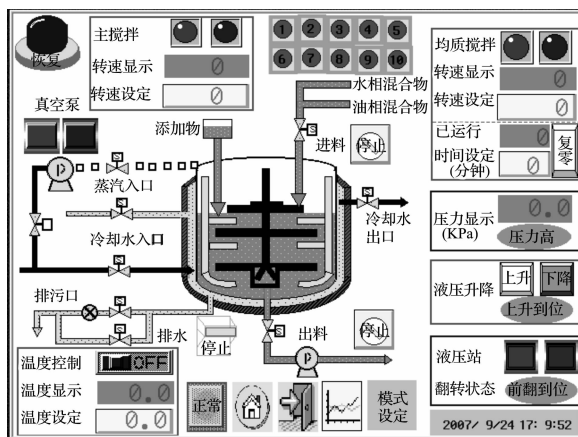


图 4 乳化锅人机界面

表 2 I/O 信号的分配表

输入	功能	输出	功能
X0	前翻按钮	Y0	真空泵电机
X1	后翻按钮	Y1	翻转电机正转
X2	前翻限位开关	Y2	翻转电机反转
X3	后翻限位开关	Y3	油相锅底搅拌电机
X4	上限限位开关	Y4	水相锅底搅拌电机
X5	下限限位开关	Y5	液压站电机
X6	急停开关	Y6	底部上升液压缸电磁阀

3.3 温度智能控制算法

均质机的温度控制系统是以 3 个锅的温度为被控制参数,冷却水流量为控制参数的回路控制。由于锅温系统是具有大滞后和时变性的系统,被调量不能及时反映系统受到的扰动,调节器的动作需经过一定的滞后时间才能影响被调量,经常会引起系统的响应超调过大或发生振荡,导致系统过渡到其他操作状态^[9-11],用常规 PID 控制很难得到满意的控制结果。

(下转第 42 页)

- [4] 宋靖宇,张耀宗. 精锻锥齿轮渗碳热处理 CAPP 系统[J]. 机电工程,2003,20(6):89-93.
- [5] 王建国,安娜. 机械制图[M]. 2版. 呼和浩特:内蒙古大学出版社,2008:201-206.
- [6] 魏征,王一惠,宋晓明. Solidworks2008 基础教程:第1版[M]. 北京:清华大学出版社,2008:213-241.
- [7] 徐斌,王志德. 电动变桨轴承故障原因分析及改进措施[J]. 煤矿机械,2008,29(4):122-124.
- [8] 刘志红,劳厅成. 虚拟 CNC 的齿轮测量中心[J]. 机电工程,2007,24(4):122-124.
- [9] THOMAS W, PRAVIN G, VARAIYA P. Markets and pricing for interruptible electric power[J]. **IEEE Transactions on Power Systems**,1993,8(1):122-128.
- [10] MURAL F L, FERNANDO L, ALVARADO. Designing incentive compatible contracts for effective demand management[J]. **IEEE Transactions on Power System**,2000,15(4):1255-1260.
- [11] FANG H T, CHUNG B. Mathematical model and bearing contact of the ZN-type worm gear set cut by oversize hob cutters[C]//In:Proc. of tenth world congress on the theory of machine and mechanisms, Oulu Finland,1999:2270-2275.
- [12] LITVIN F L, KIN V. Computerized simulation of meshing and bearing contact for single-enveloping worm gear drives[J]. **J. of Mechanical Design, Trans. of the ASME**,1992(114):313-316. [编辑:柴福莉]

(上接第 10 页)

本控制系统采用台达公司的 DVP48EH00R 系列的 PLC 为核心部件,实现恒温控制,控制系统的原理框图如图 5 所示。PLC 根据采集的信号计算出偏差 $e(t)$ 和偏差变化率 $ec(t)$,按照模糊 PID 的控制规则计算控制量 $u(t)$,并输出控制量 $u(t)$ 。经过 PLC 的 D/A 转换,变成 4 mA ~ 20 mA 的电流信号,送到调节阀来调节蒸汽或者冷却水的流量,实现系统温度的智能控制。

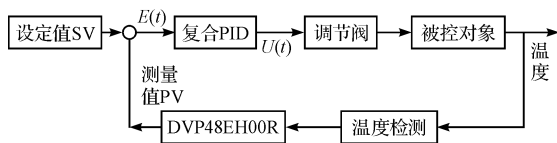


图 5 模糊控制系统结构图

4 结束语

本研究设计了一套基于 PLC、HMI、变频器的均质机智能控制系统,将智能 PID 控制算法应用到了传统的均质机控制系统中,实现了在线监视、在线控制、在线警报。该系统开发成本低、操作方便。目前控制系统运行良好,显著提高了均质控制系统的自动化程度,降低了控制系统的超调量,减少系统运行时间,有效降低均质机能耗。

参考文献 (References):

- [1] OCHIENG A, ONYANGO M S, KUMAC A, et al. Mixing

in a tank stirred by a Rushton turbine at a low clearance [J]. **Chemical Engineering and Processing**,2008,47(5):842-851.

- [2] 胡长鹰. 均质技术在当代生活中的作用及其发展[J]. 包装与食品机械,1994,12(2):46-47.
- [3] 杨诗斌,徐凯,张志森. 高剪切及高压均质机理研究及其在食品工业中的应用[J]. 粮油加工与食品机械,2002(4):33-35.
- [4] 裘炳毅. 乳化作用及其在化妆品工业的应用(五):乳状液的形成及其特性[J]. 日用化学工业,2000,30(4):56-60.
- [5] 吴元欣,朱圣东,陈启明. 新型反应器与反应器工程中的新技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [6] 深圳市步进科技有限公司. 编程软件 EasyBuilder500 使用手册简体中文版[M/CD]. 深圳市步进科技有限公司,2004.
- [7] 中达电通股份有限公司. DVP PLC 应用技术手册:程序篇[Z]. 上海:中达电通股份有限公司,2006.
- [8] 周万珍,高鸿斌. PLC 分析与设计应用[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [9] 陈甘棠. 化学反应工程[M]. 北京:化学工业出版社,1981.
- [10] 张濂,许志美. 化学反应器分析[M]. 上海:华东理工大学出版社,2005.
- [11] SALEHI S, SHAHROKHI M. Two observer-based nonlinear control approaches for temperature control of a class of continuous stirred tank reactors[J]. **Chemical Engineering Science**,2008,63(2):395-403. [编辑:李辉]