

文章编号:1674-2869(2018)03-0345-06

# 基于PLC的催化剂评价监控系统设计

张志俊,杨振宁,唐玉龙

中南民族大学计算机科学学院,湖北 武汉 430074

**摘要:**根据实验室费-托合成催化剂评价系统的运行情况和智能化要求,设计了一套基于PLC的监控系统。选择OMRON CJ2M型PLC为控制核心,通过主机及扩展从机,配置通信、模拟量及开关量输入/输出多种模块单元,串行通信连接本地和远程人机交互设备,构成系统总体结构。PLC编程实现对质量流量计的流量设置和阀门控制,按照通信协议,完成对4组12路气体流量、4路管道压力、3处温度点时间-曲线自动调节等数据的采集和自动过程控制。通过触摸屏组态监控画面,实现本地或远程对实验系统的监视和操作,达到自动、智能化运行的初步要求。系统在实验室运行效果好,提高了效率,可靠性好,性价比高。

**关键词:**费-托合成;监控系统;PLC;触摸屏;催化剂评价

**中图分类号:**TQ51      **文献标识码:**A      **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2018.03.023

## Design of Programmable Logic Controller Monitoring System for Catalyst Evaluation

ZHANG Zhijun, YANG Zhenning, TANG Yulong

College of Computer Science, South-Central University for Nationalities, Wuhan 430074, China

**Abstract:** A monitoring system based on programmable logic controller (PLC) was designed according to the operation situation and intelligent requirement of the Fischer Tropsch synthesis catalyst evaluation system in the laboratory. The system was constructed by selecting an OMRON CJ2M PLC as the control core with various communications, analog and switch input / output modules on the host and extended slave machines. Local and remote human-machine interaction equipment was connected through serial communication lines. Flow setting and valve control of mass flowmeter were achieved by PLC programming. Based on communication protocols, data acquisition and automatic process control were completed for four groups of twelve pipeline gas flow, four channel pressures, three temperature point time curve automatic regulation. The experimental system can be monitored and operated locally or remotely through a configured monitoring interface on a touch screen, which meets the basic requirements for automatic and intelligent operations.

**Keywords:** Fischer-Tropsch synthesis; monitoring system; PLC; touch screen; catalyst evaluation

费-托合成是将合成气体转化为碳氢化合物的多相催化过程<sup>[1]</sup>。通过费-托合成反应,合成气体可转化为人们生产生活所需要的柴油、汽油等生活必需品。在费-托反应过程中,合成气体的合成比例、反应环境的压力和温度对在活性催化剂下的反应效率有重要的作用。费-托合成的典型活性

金属包括铁和钴及钨,其中钴和铁已经被应用于费-托合成反应的工业应用。铁比钴便宜,但是钴基催化剂对生成线性长链碳氢化合物的活性以及选择性要更好。此外,钴基催化剂会在有水生成的反应中更难钝化,使催化剂更为稳定<sup>[2]</sup>。由于混合加热过程中受多种变量影响等特点,对其控制

收稿日期:2017-01-26

作者简介:张志俊,硕士,高级工程师。E-mail:89064946@qq.com

引文格式:张志俊,杨振宁,唐玉龙. 基于PLC的催化剂评价监控系统设计[J]. 武汉工程大学学报,2018,40(3): 345-350.

的软硬件系统设计提出了更高的要求,在反应中合成气量、温度和压力是实时变化的,要控制其保持在某一范围内就必须要有智能化的控制系统来进行实时监视和控制。传统的控制系统没有人机交互界面,不能实现远程控制,且价格昂贵、维修不方便、体积大、占空间。如果采用小巧的单片机控制系统,则又因为抗干扰、抗恶劣工作环境性能较差,不适合在此种环境使用。随着可编程控制器(PLC)技术的不断发展,以PLC为核心的控制系统正在不断进入到各个控制领域。PLC具有可靠性高、功能完善、组合灵活、编程简单、功耗低等优点<sup>[3]</sup>。除此之外,PLC控制系统还具有运行稳定、可靠性高、操作方便、体积小、容量大、设计方便等特点,已经成为工厂自动化三大支柱之一<sup>[4]</sup>。

本研究是基于PLC设计的监控系统,提高了资金效益,节约成本,提高效率,具有历史数据存取功能和曲线显示等特殊功能,整个控制系统完成现场数据采集、数据处理、输出控制和报警等功能,自动化程度高,运行稳定。系统由监控模块、

通信单元、CPU单元、AD/DA单元等组成,设计成开放式框架,可实现智能控制,具有高低限制预警和报警功能,各个部件采用模块化设计。

## 1 系统方案

系统选用OMRON公司的PLC,由以下几个模块组成:电源单元、CPU单元、主从链接单元、通信单元、开关量和模拟量输入输出单元等。

电源模块负责给每个模块提供稳定可靠的电源,使系统正常运行;CPU单元是主控制器,负责对数据进行处理和对其他模块的控制;主从链接单元主要用于连接扩展从机;通信单元具有RS232和RS485通信方式,用于连接温度控制器、压力控制器和本地监控触摸屏。CPU的通信接口通过RS232转RS485与远程监控触摸屏连接,便于PLC对温度、压力的控制以及人机交互,实现远、近距离操控;开关量及模拟量输入、输出单元主要是对质量流量计进行控制,以及对PLC提供其他输入输出控制信号等。系统总体结构如图1所示。

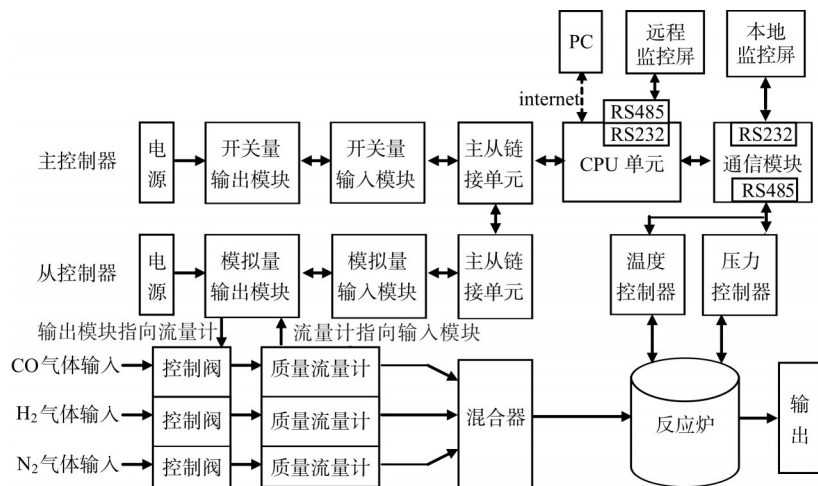


图1 系统结构图

Fig. 1 System structure diagram

系统还设置有电源指示灯、运行指示灯和报警指示灯等,在结构框架后面安装通道控制端口,也就是接收板,进行对质量流量计的数据发送和接收,一共设置了十二个接收口,为简化未在图中标出。

## 2 系统设计

催化剂评价监控系统结构,底部设计四只钢架支脚架,承受整个系统重量。中部为H<sub>2</sub>、CO、N<sub>2</sub>三组四路气体输入通道以及开关阀和E5850质量流量计,通过开关阀、流量计三种气体按一定比例到达混合器,最后输送到反应炉中产生化学反

应。对反应炉内气体温度和压力信号进行采集,将温度传感器和压力传感器采集来的温度和压力信号分别传递给温度控制器和压力控制器<sup>[5]</sup>。上部以OMRON的CJ2M型PLC作为核心控制单元,经开关量IO单元、AD/DA模拟量单元、通信单元等采集各类信号,以RS232和RS485通信接口与触摸屏进行信息交换,完成系统各信息采集测量的功能,同时接收来自触摸屏的指令对各开关阀、流量计的开度状态等实现控制功能。

### 2.1 PLC配置

首先对系统I/O点数进行统计<sup>[6]</sup>,根据现场实

际情况,输入点数包含流量计、温度控制器、压力计、开关阀、操作按钮等,总数为79点。输出点数包含流量计、温度控制器、压力计、开关阀、指示灯等,总数为50点。同时为了以后系统的优化改进、添加新的智能化控制功能,预留约200点的I/O点数作为备用控制点。其次本系统要求有强大的通讯能力、充足的数据存储空间、快速的数据处理能力、良好的兼容性和人性化的开发要求。根据以上要求,选用了OMRON公司CJ2M系列的PLC。其中CPU单元I/O控制点数多达2 560点,有20 kB程序容量,最多3个扩展机架,内置USB和RS-232接口,使通信变得简单可靠实用。40 ns的指令执行速度能够快速的执行指令,通过链接单元扩展通信模块和AD、DA模块。便于对各模拟量到数字量的采集转换。PLC内部I/O存储器分为多种功能区,CIO区中的字用于数据交换,I/O区中的字被分配给基本I/O单元的外部I/O端子,其他工作区、保持区、辅助区等足以满足系统的使用和将来的扩充<sup>[7-8]</sup>。

系统的配置和参数设置,模拟量输入输出总点数设为32点,开关量输入输出总点数设为48点,模拟量采集和输出精度设为12位,保证数据的高精度。模拟量的输入/输出电压设为0 V~10 V,信息转换时间设为250  $\mu$ s,分辨率设为8 000。

2.2 流量和温度及压力控制

因为要对合成气体的气体流量做精确的控制,选择了美国BROOKS仪器的精密质量流量计5850E型。该流量计是一种用于精确测量和快速控制气体流量的质量流量测量控制集成装置,广泛应用于半导体行业以及许多其他电子或计算机控制的气体处理行业。BROOKS 5850E型由三个基本单元组成:流量传感器,控制阀和集成电子控制系统,这种组合产生了稳定的气体,不需要连续监测和调整气体压力。

连接BROOKS 5850E型流量计和PLC输入板采用D15接口线,每一个流量计需要一个接口线与之相连,共12个。

在费-托反应过程中,反应炉的温度要有不同时间段的设置。考虑到本系统的智能性要求,选择精达仪表智能PID调节器XMA5000F,该调节器内部有四条多段时间程序曲线控制方案,通过设置可以给出四条各16段的温度时间曲线,完全满足反应炉的温度控制需求。温度控制器通过RS485接口使用MODBUS RTU协议与PLC连接,MODBUS是MODICON公司于1979年开发的一种

通信协议<sup>[9]</sup>,通过MODBUS协议,对温控器的各项设置可以通过对PLC编程来实现,人机交互上由触摸屏来设置或者选择时间曲线程序,操作简单。温控器与PLC的连接线采用RS485两线制,通过自制的连接线将温控器和PLC连接起来。

反应炉内的化学反应要求在恒定的压力下进行,并且在不同合成气体流量比和不同的催化剂量环境下应该能够改变到所需要的压力范围,针对3个气体流量通道使用了四个压力控制器。本系统选择康斯特ConST821智能压力控制器,该压力控制器内置正压源和负压源,全自动输出设定压力,内置两只压力模块,准确度0.02或0.05级,采用变速率快速逼近压力开关检定方法,速度快、结果准。通讯方式选择RS485与PLC连接起来,设定好通讯参数,通过PLC编程即可读写相应的数据。

2.3 通信设计

利用上、下位机模式的串行通信技术,实现现场数据的采集处理,是典型的应用方式<sup>[10]</sup>。本系统设置有CPU单元通信端口和CJ1W-SCU41通信模块,CPU单元通信端口运用RS232转RS485接口连接远程触摸屏,通信模块具有RS232和RS484两种通信端口,RS232连接本地触摸屏,温度控制器和压力控制器采用的是RS485通信,RS-485协议,半双工广播方式,传输速率128 kbs<sup>[11]</sup>。

CJ2M CPU具有良好的兼容性,系统的远程监控触摸屏和本地监控触摸屏都选择威纶通工业触摸屏,通过CPU单元通信端口经RS232-RS485转换器连接到远程屏,通过CJ1W-SCU41通信单元RS232连接到本地屏,经RS485连接到温控器和压控器。在连接这两种通信时,都需要在通信单元上设置通信参数,PLC也需要编程设置相同的通信参数,使连接双方协议设置相同<sup>[12]</sup>。

主控制器预留有以太网单元模块接口,可以通过互联网监控本系统,实现费-托反应实验更大范围的管理。

2.4 触摸屏人机界面设计

监控的人机交互通过两个监控屏完成,一是本地触摸屏,另一是远程触摸屏,既可以达到现场的本地操控,也可以达到远程操控的效果,节约时间,提高效率,更具有实用性<sup>[13]</sup>。本地屏为威纶通MT6070iE 7吋工业触摸屏,分辨率800×480,亮度300,对比度500:1。远程屏为威纶通MT8101iE 10吋工业触摸屏,分辨率800×480,亮度300,对比度500:1。

在上位计算机上采用威纶通 Easy Builder Pro



组态软件进行人机界面设计,Easy Builder Pro 完整的图形用户界面,允许使用相关元件、电气符号、配合 PLC 的相应控制位地址和本机触摸屏地址,还可以加上较复杂的运算宏指令的使用<sup>[14]</sup>,共同创建面向对象的、基于符号的项目。触摸屏上设

计了四个通道的总监控界面,可以修改任意通道各路气体的流量设定值。图 2 是汇总界面示意图。从图 2 中可知,用户可以同时看到四组中每种气体的流量情况。根据需要可以在这里直接设置相应的参数,方便管理。



图 2 汇总界面

Fig. 2 Combined interfaces

通过设置每一组气体对应流量数据趋势曲线图,可看到相应的气体的流量历史使用情况。图 3(a)给出了第一组气体的流量趋势图设计示意。从图

中可以看到,用户可以在这里查看到某一路中三种气体的流量趋势情况,并可操控清除数据、停止和暂停曲线显示。

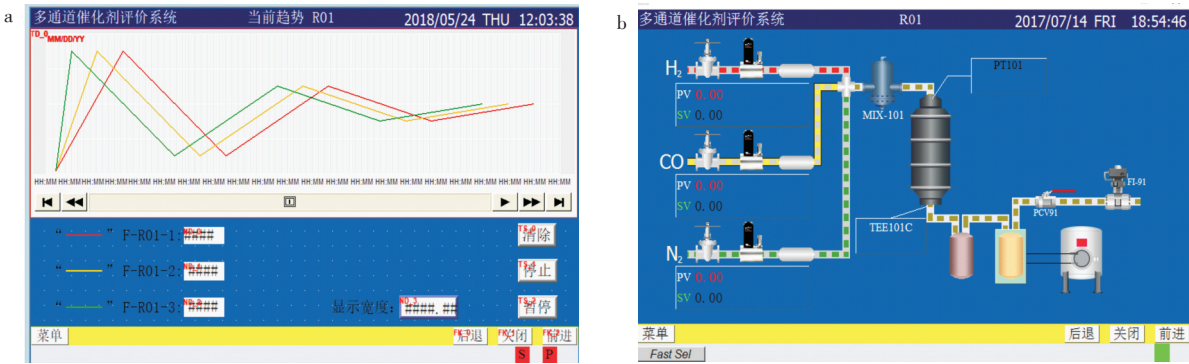


图 3 (a)气体流量数据趋势图设计,(b)监控界面

Fig. 3 (a) Design of gas flow data trend, (b) Monitor interface

监控系统主界面的设计要求显示 H<sub>2</sub>、CO、N<sub>2</sub> 三路气体通道,在各通道上有开关阀、流量计、管道、以及管道中气体的流向。在开关阀上方还应显示设定的通过流量值,以及当前的流量值。流量计的开度控制,设计了一个弹出窗口,可以设置相应的开度。用户可以根据需要控制开关阀和流量计的开度。界面上还绘制了混合器、反应炉等。四组的设计一样,图 3(b)给出了第一组的监控人机界面,三路气体经开关阀、流量计到达混合

器删除,然后送到反应炉进行反应,最后经输出阀门输出。点击开关阀和流量计会弹出开关量的设置,用户可以根据需要设置开关阀和流量计 0%到 100%的开度。

### 3 接口电路设计

质量流量计采用的是 D15 针接口,其中有设定值、测量返回值、阀门开度控制、电源接线等,需要设计接口电路板。图 4 是对一个流量计的控制

接口电路图,PLC信号由端口接入后,ON和OFF信号用两个继电器U3A和U3B互锁,由+15V或-15V直流电源分别控制流量计的全开和全关控制。由PLC模拟量DA信号接入D15连接线控制流量计的任意阀门开度,SIG信号接入D15连接

线采集流量计实际流量。流量计的开度控制,除了可以由PLC的DA控制,还设计了接口板上由旋钮调节的0V~5V直流电压来控制,以备故障时可以人工手动操控流量计。

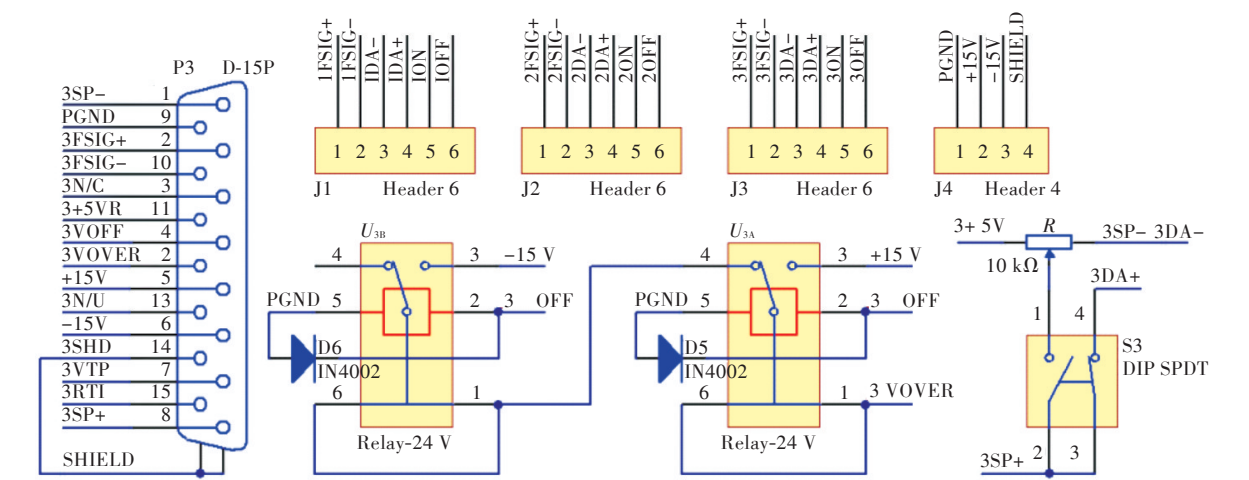


图4 接口电路图  
Fig.4 Interface circuit

4 PLC控制设计

PLC控制程序设计在CX-Programer软件中用梯形图形式编写程序完成。主要实现对流量计、温度控制器、压力控制器的控制和数据读写,除此之外还要有通信监测和数据量程转换、高低限报警等功能,同时与监控触摸屏交互,提供数据、状态监控。

4.1 流量计控制程序

对流量计的控制需要将数字信号、开关信号转换为模拟信号,需要对模拟量单元进行设置<sup>[15]</sup>,模拟量单元初始化需要设置单元号,输入单元号设为0、输出单元设为1和2。

模拟量AD单元设置包括:模拟输入信号的量程设置,模拟输入点数和分辨率,以及是否需要模拟量输入的平均值处理等,此外还需要对单元CIO通道进行分配。

模拟量DA单元,与模拟量AD单元一样,设置包括:模拟输出信号的量程设置,模拟输出点数和分辨率等,也同样还需要对单元CIO通道进行分配。

初始化通道完成后,CPU通过MOV指令将数字信号传送到数据存储区中,这些数字信号在模拟量输出单元中通过DA后,转换为成比例的标准模拟电压信号或电流信号,控制流量计阀门的开度,实现PLC的模拟量输出控制。

流量计的开关控制,与模拟量设计相似,将开关信号存入到I/O存储区中,由开关单元直接将数字信号转化成开关信号,控制流量计阀门的全开和全关,输出信号1表示全开,0表示全关。

4.2 通信控制

为了保证通信一直都能够顺利连接,触摸屏和PLC一直处于通信状态,使得数据不被丢失。为了避免控制器出现失控的情况,设计时对通信做了软件检测,一旦通信出错,或者通信线断开,PLC就会给监控触摸屏发送通信错误信息,监控屏提示通信错误等告警。

设置通信单元还需要注意对TERM开关和WIRE开关的设置,TERM是终端电阻,当使用422/485方式通信,该单元为传送线路的最后一个时,该开关要打到ON;WIRE开关是设置2线制或4线制的,使用485方式拨到2位置,使用422方式拨到4位置<sup>[16]</sup>。

PLC中用串口读(RXD)、写(TXD)指令,依据温度控制器、压力控制器的通信协议,编写程序段读写控制器数据区,完成对温度、压力数据的操作,实现控制。

5 结 语

所研制的系统现已投入实验室使用。实验室有12路气体需要控制,所以选型设计4个压力控

制器和3个温度控制器。系统投入运行将接近一年,运行稳定、操作简单、使用方便、维护简便,减轻了实验室人员的劳动强度,提高了实验效率。

系统投入成本低,综合效益高,值得中小型实验室和化工类企业借鉴。同时由于系统设置有上位机,使用模块化设计,为进一步提升系统功能完整性增加了很大的便利,对系统性能的提高也具有很大的潜力。

#### 参考文献:

- [1] ROBERT B A. The fischer-tropsch synthesis[J]. Academic Press, 1986, 4(2): 41-88.
- [2] IGLESIA E. Design, synthesis, and use of cobalt based Fischer-Tropsch synthesis catalysts[J]. Applied Catalysis A General, 1997, 161(1/2): 59-78.
- [3] 张志俊. PLC在工厂配电站的应用[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2006, 25(2): 66-69.
- [4] 樊金荣. 欧姆龙CJ1系列PLC原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [5] 陈孟元, 袁学超, 郎朗, 等. 基于PLC和MCGS的高炉煤气燃烧控制系统的设计[J]. 安徽工程大学学报, 2012, 27(3): 52-55.
- [6] 林寿英, 林建锋, 夏胜芬. 基于PLC的高速公路隧道电力监控系统优化设计[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 31(3): 85-88.
- [7] 徐国林. PLC应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [8] 王成福. 可编程序控制器原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [9] 王欣, 文小玲, 刘义亭, 等. 基于MODBUS协议的TMS320LF2407A与PC机串口通信软件设计[J]. 武汉工程大学学报, 2011, 33(1): 75-78.
- [10] 杨会成, 袁柱六. 基于串行通信的数据采集系统设计与实现[J]. 安徽工程大学学报, 2002, 17(3): 29-33.
- [11] 王卫兵. PLC系统通信扩展与网络互联技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [12] 聂辉, 秦实宏. 基于PROFIBUS-DP主站与从站的通信[J]. 武汉工程大学学报, 2018, 40(1): 83-86.
- [13] 陈国平, 周聪, 蔡勇, 等. 可编程控制器和触摸屏组合加热炉控制系统的设计[J]. 武汉工程大学学报, 2014(10): 57-60.
- [14] 周志敏, 纪爱华. 图解触摸屏工程应用技巧[M]. 2版. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [15] 陈忠. 学会欧姆龙PLC应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2015.
- [16] 张万忠. 可编程控制器入门与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

本文编辑:陈小平