

# 焦炭塔操作仿真培训系统设计

王利恒, 易斯乐, 吴 崧

武汉工程大学电气信息学院, 湖北 武汉 430205

**摘 要:** 为了避免焦化生产过程中人为原因造成的安全事故, 设计了一套焦炭塔操作仿真培训系统. 首先采用模块化的设计方法, 每个装置都是一个单片机构成的仿真. 在每个阀门模块上设置有三个按键用以模拟实际阀门的三个操作按钮, 阀门模块上还设有一排发光二极管(LED)灯, 在仿真过程中模拟阀门的开度, 焦炭塔模块上也设有 LED 灯, 用以模拟塔顶底盖的开度和塔内物料的百分比. 各模块之间使用标准 MODBUS-RTU 协议进行连接, 共同组成焦化生产工艺流程. 最后该装置与内操组态系统连接, 完全模拟焦炭塔生产过程中的行为属性. 因此操作员工可以在仿真系统上模拟延迟焦化的工艺流程, 熟悉实际生产过程中的每一个步骤. 通过实际使用, 该系统能正确模拟焦炭塔的生产过程流程, 方便操作工的培训. 通过更改软件还可以让系统适应不同炼厂焦化操作工艺的需求.

**关键词:** 焦炭塔; 延迟焦化; C8051F310 单片机; MODBUS 通信

**中图分类号:** TP393.4

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.1674-2869.2014.06.008

## 0 引 言

发展重油加工技术是目前炼油工业的突出任务之一. 延迟焦化技术具有流程简单、原料适应性强、投资和操作费用较低等优势, 成为最主要的重油加工工艺之一<sup>[1]</sup>. 延迟焦化装置属于炼油厂较危险的装置, 容易发生安全事故, 如加热炉开工点火发生闪爆、误开焦炭塔顶盖发生火灾等. 这些事故给厂家造成了较大的经济损失, 事故后大家也都从中吸取了教训, 增加了安全联锁系统, 从而有效地避免了类似事故的发生<sup>[2]</sup>.

石油化工生产操作条件越来越严格, 它向现场操作和工艺人员都提出了更高的要求<sup>[3]</sup>. 但是在另一方面又存在着比较严重的问题: 生焦周期内工人劳动强度大、时间长, 生产环境恶劣并且是周期性工作, 如果工人对操作流程不熟悉或者在工作过程中偷懒, 都非常容易发生人为误操事故<sup>[4]</sup>. 焦炭塔越多, 生焦时间越短, 工作量就越大, 这种矛盾也就越突出. 针对这些问题, 笔者提出了焦炭塔操作仿真系统的设计, 在系统调试、仪表联调阶段, 利用该系统对内操员工进行仿真培训, 提高内操员工操作熟练度、工艺操作水平和处理事故的能力, 从而更好的保障装置顺利开车和安全稳定生产.

## 1 仿真系统总体设计

### 1.1 焦炭塔仿真系统总体设计方案

由于焦炭塔工艺流程十分复杂, 每个步骤都有很多子步骤, 而每个子步骤都需要操作很多阀门, 操作阀门时应当满足一定条件, 而且应该操作正确的阀门, 若操作了错误的阀门或者没有满足具体条件, 会导致严重的安全事故. 正是由于这个原因, 笔者开发了焦炭塔操作仿真培训系统, 该系统能完全模拟焦炭塔工作流程, 利用该系统对员工进行操作培训, 使员工达到一定的熟练度, 从而避免现场存在的安全操作隐患. 焦炭塔操作仿真培训系统是用各个元件搭建起来的, 分为主塔模块、阀门模块和管道模块, 按照顺控流程图(图 1)组装拼接成型<sup>[5]</sup>.

### 1.2 焦炭塔仿真系统设计框图

焦炭塔仿真系统总体设计框图如图 2 所示. 整个系统采用+5 V 外部电源供电, 各个模块使用两条总线连接: 一个是电源总线, 每个模块通过该总线获得电力供应; 一个是 MODBUS 总线, 各模块作为 MODBUS 从站点通过该总线来与主站点进行通信. 模块以 F310 位主控芯片, 完成各装置的行为模拟以及状态输出功能. 主控器模块模拟

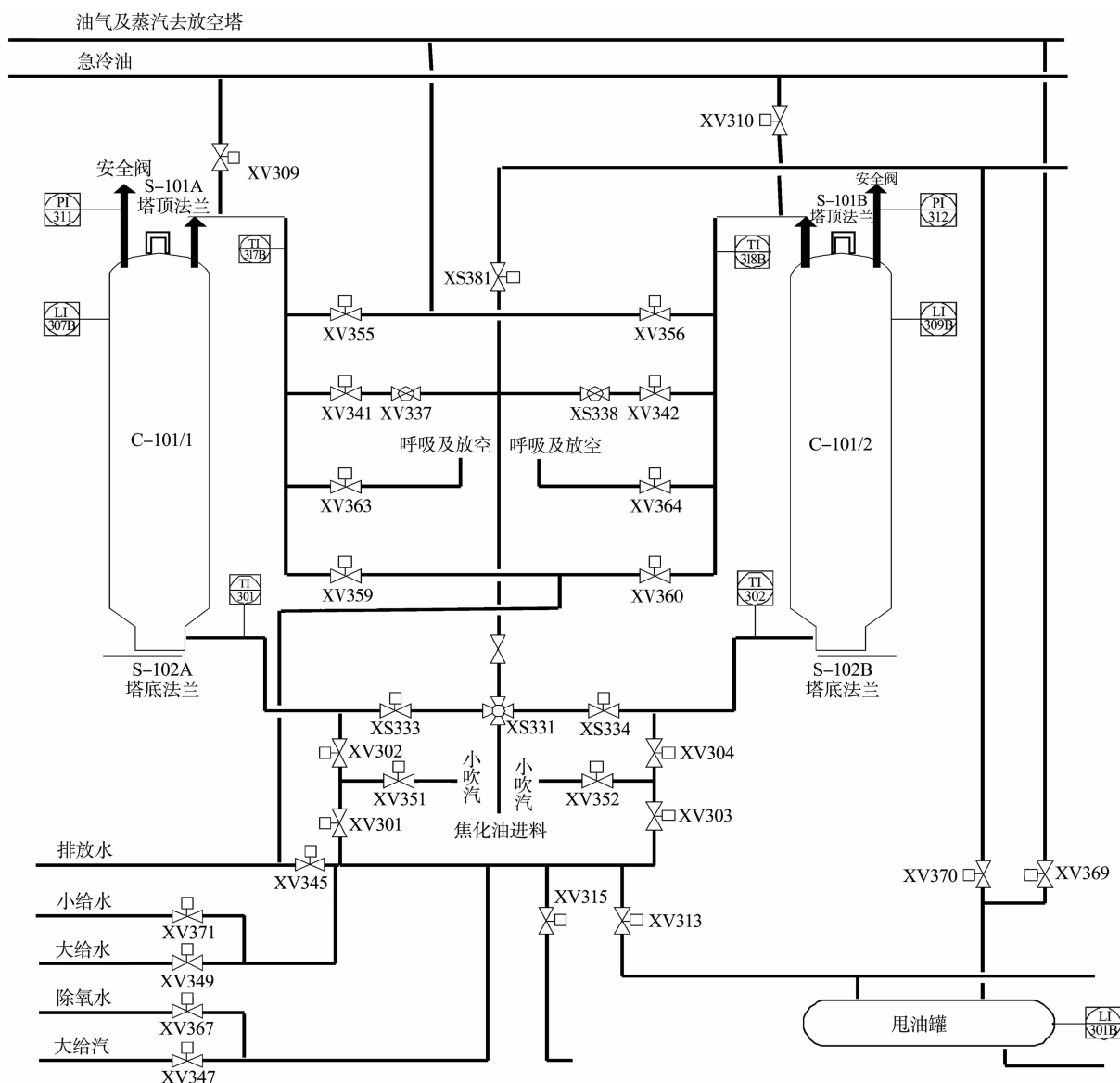


图 1 顺控流程图

Fig. 1 Process diagram of sequential control system

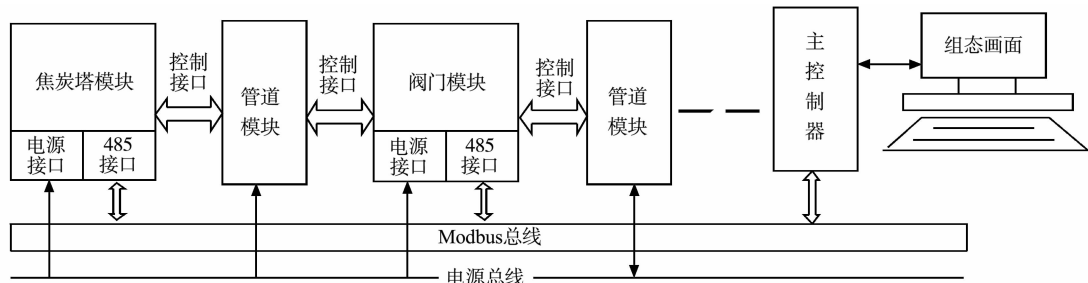


图 2 系统框图

Fig. 2 Overall block diagram of system

可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, 以下简称: PLC) 系统的主控制器, 作为 MODBUS 的主站点负责与各模块的通信, 并与上位机组态系统连接共同按照工艺流程统一协调整个工艺设备模拟模块的工作。管道根据模块控制接口来控制是否被点亮, 用以模拟介质的流动

与否<sup>[6]</sup>。

## 2 焦炭塔仿真系统各模块设计原理

### 2.1 焦炭塔模块设计

焦炭塔是整个焦化装置的核心设备, 整个工艺流程是围绕该设备的生产过程进行的。其行为

模式主要有:在生产阶段,物料料位、温度、压力随生产过程的推进而变化;在除焦阶段对顶底阀门的操作.因此,模拟时以生产阶段来划分,在不同阶段下建立其状态模型,通过单片机将其状态值输出.其状态值输出分为两种形式:一种是表盘输出显示,用于提示用户当前的状态;一种以 MOD-BUS 总线提供给 MODBUS 主机来进行状态更新和操作.

其表盘硬件主要由顶底盖机和物料料位、塔底塔顶温度和塔内压力显示等组成.塔顶底盖均用发光二极管(Light Emitting Diode,以下简称:LED)来模拟其工作状态.塔顶盖为 4 个红色 LED 灯,当顶盖机关闭时,中间 2 个 LED 灯常亮;当顶盖机被允许开时,开始闪烁,提示用户顶盖机可以开启;在顶盖机开启过程中,LED 灯会根据顶盖机开启程度亮灭;顶盖机完全开启以后,4 个 LED 灯中最边上的 2 个常亮,说明顶盖机完全开启.底盖机的原理与顶盖机的原理相同,原理图如图 3 所示.物料料位、塔底塔顶温度和塔内压力由不同阶段的过程模型计算得到,控制器根据当前所处的流程阶段和状态计算出该参数,显示在表盘的 LED 数码管上,并通过 MODBUS 总线传给主站点使用.

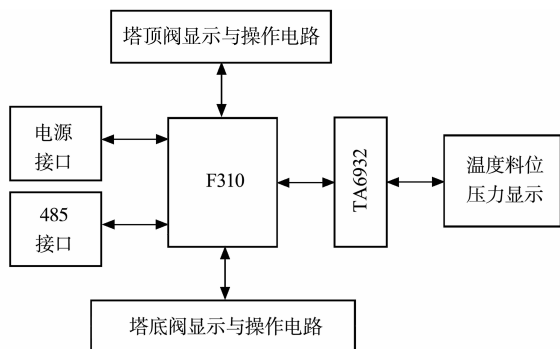


图 3 焦炭塔原理图

Fig. 3 Diagram of the instruction lights

## 2.2 阀门模块设计

涉及到实际焦炭塔安全操作的阀门主要以开关阀门为主,根据在生产过程中对阀位的控制可分为开关量回讯阀门和模拟量回讯阀门.对于开关量回讯的阀门只存在开和关两种状态,对于模拟量回讯的阀门在操作时可能会停在中间的某一个位置,为了统一模块电路,在设计阀门模拟模块时,同时提供阀位的开度信息和开关状态信息.而在实际使用过程中,组态软件根据实际阀门的类型来读取不同的信息,从而完成不同阀门的区分.如图 4 所示.

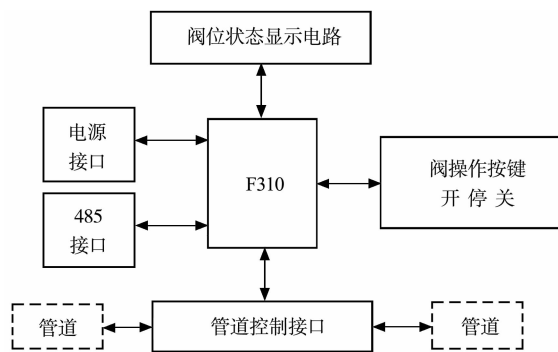


图 4 阀门模块原理图

Fig. 4 Schematic diagram of valve module

阀门模块还需要实现的一个功能是管道显示控制功能.在实际装置中,当阀门开启时,阀门上游的介质就会流向下游管道.在实际功能模拟中,通过一个继电器控制输出,当阀门模块得电(模拟有介质情况)而阀门闭合的情况下,继电器断开,上游的控制电压不能传输到下游管道,下游管道不点亮;当阀门开启时,单片机控制继电器吸合下游管段的显示控制接通,点亮该管段,从而模拟介质流通到该管段.

## 2.3 管道模块设计

管道模块不带主控芯片,其主要提供电源和通信总线的通道以及模拟管道介质的流动情况.当管道点亮模拟介质流动,管道熄灭模拟没有介质流动,其主要由阀门模块的管道控制接口来控制.

## 3 系统软件设计

### 3.1 MODBUS 通信协议

在协议中,设备地址是被每个控制器所知晓的,识别消息并发生行动.当需要回应的时候,控制器产生反馈信息,接着 MODBUS 协议发出该信息.即该消息成为包结构运用于该网络.遇到特殊请求时,数据域可能长度是 0,服务器不必附加信息.对于一个正常响应来说,服务器仅对原始功能码响应,如图 5 所示.

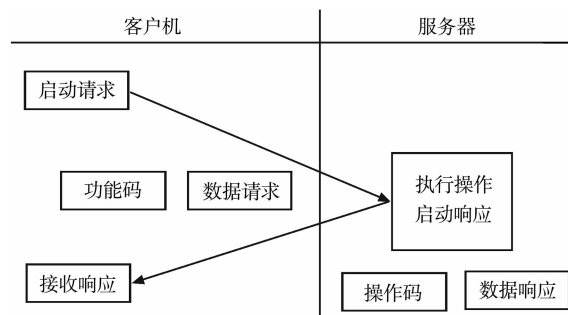


图 5 MODBUS 图

Fig. 5 MODBUS diagram

### 3.2 系统软件设计

在实际生产操作过程中,用 PLC 作为焦炭塔安全操作系统的主控制器,完成现场的工艺参数的采集和流程控制工作.内操人员通过操作员站点控制协调整个系统的运行.

现场 PLC 通过各类卡件来完成现场工艺参数的采集和控制,模拟模块是通过 MODBUS 通信的方式来获取各种阀门的状态和焦炭塔的工艺参数,并通过 MODBUS 的通信来发送阀门的操作允许指令.整个焦炭塔安全操作在该模块中实现,如图 6 所示.

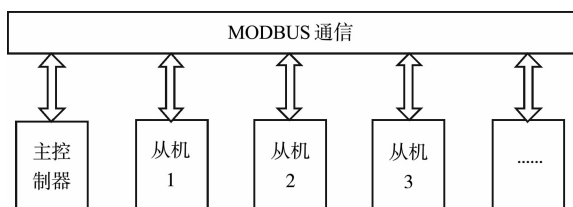


图 6 MODBUS 通信图

Fig. 6 Diagram of MODBUS connection

首先,主控制器采集阀门状态、主塔顶底盖机状态、主塔内焦炭位置温度等参数,然后程序查询这些状态信息是否符合工艺流程,如果符合,则将操作权限下放到相应的模块,此时操作对应模块会被判为有效,流程继续进行;如果不符合,则有可能是以下两种情况:一是参数超过工艺流程设定范围,这种情况极有可能是设备出现故障或者流程中有差错,此时系统会将错误信息显示在操作面板上;二是还未达到工艺要求,这种情况下操作阀门不会有任何反应.

主控制器要实现的就是完全模拟延迟焦化工艺的各个工艺流程.在每一个步骤中,会不断的采集从机的状态信息以判断是否满足各步骤条件,如果满足条件则向从机发送控制信号,这个时候需要对相应的模块进行操作,例如阀门的开启或关闭、水力除焦等;如果不满足条件则继续等待,此时的任何操作都无效而且对系统也不会造成任何影响,这在一定程度上避免了误操作的发生,也就是说,在条件不满足的情况下,主控系统不会将操作权限下放到对应模块,系统对此时的操作不予识别,并且系统将保持该模块原有状态.

阀门模块均设置有允许开、允许关、开操作、关操作、开回讯、关回讯、开度回讯等参数.开/关允许是主控系统向阀门模块发送的控制信号,当主控系统允许阀门开关的时候,也就是阀门被允许开或关时,阀门的开、关操作才有效.在阀门开启或关闭的过程中,其开度会反馈给主控制系统.

当阀门完全关闭或者开启以后,其开/关回讯也会反馈给主控系统.主控系统采集这些信号以判断步骤是否进行下去.

## 4 结 语

焦炭塔操作仿真盘是针对焦炭塔安全操作需求而设计的一套系统,既可以用于操作工培训也可以用于焦化生产安全操作工艺流程研讨时的模拟仿真.

焦炭塔操作仿真系统主要依靠软件完成延迟焦化工艺的逻辑控制,所以在软件的编写上做到了以下 2 点:(1)完全正确的模拟延迟焦化工艺的逻辑控制关系,能通过硬件及时的反应当前系统的状态和参数;(2)无误差通信,各个模块通信顺畅,不会出现通信受阻或者通信错误的情况.而在硬件方面做到了外观美观、操作方便、显示信息直观等特点.

通过实际使用,该系统能正确模拟焦炭塔的生产过程流程,方便操作工的培训.通过更改软件还可以让系统适应不同炼厂焦化操作工艺的需求.

## 致 谢

本操作培训系统的工艺规程是由中国石化工程建设公司(SEI)李出和高工和李卓工程师提供并审定,由中国石化武汉分公司提供了经费支持,在此表示感谢!

## 参考文献:

- [1] 周猛飞,王树青,金晓明.先进控制在延迟焦化装置的应用[J].化工自动化及仪表,2009,36(1):79-82.  
ZHOU Meng-fei, WANG Shu-qing, JIN Xiao-ming. Application of advanced process control in delayed coking units[J]. Control and Instruments in Chemical Industry, 2009, 36(1): 79-82. (in Chinese)
- [2] 李出和,李卓.延迟焦化装置安全联锁的探讨[J].石油化工设计,2010,27(3):1-4.  
LI Chu-he, LI Zhuo. Safety interlock of delayed coker [J]. Petrochemical Design, 2010, 27(3): 1-4. (in Chinese)
- [3] 姜飞.延迟焦化装置全流程建模与仿真培训系统的研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2007.  
JIANG Fei. Modeling of delayed coking unit and simulation training system[D]. Qingdao: China University of Petroleum (Huadong), 2007. (in Chinese)
- [4] 申海平,刘自宾,范启明.延迟焦化技术进展[J].石

油学报:石油加工,2010,26(增刊):14-18.

SHEN Hai-ping, LIU Zi-bin, FAN Qi-ming. Development of delayed coking technology[J]. Acta Petrolei Sinica: Petroleum Processing Section, 2010(Supp1): 14-18. (in Chinese)

[5] 汪学峰. 九江石化顺序控制系统投用[J]. 石油化工自动化, 2012, 48(2): 13-14.

[6] 陈涛, 黄佳丽. RS-485 接口在单片机系统中的扩展与组网应用[J]. 山东煤炭科技, 2001(5): 30-31.

## Design of simulation training system for coke drum operation

WANG Li-heng, YI Si-le, WU Song

School of Electrical & Information Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China

**Abstract:** To avoid the safety accidents caused by improper operations from the workers in coking process, a set of coke drum operation simulation training system was introduced. Firstly, the blocked-based design was adopted and every device was a kind of simulation made by a control ship for simulating the performance of the device. Three keys were set in each valve module to simulate the performance of three operation buttons of the real valve and there were a row of light emitting diode(LED) lights on the valve module to simulate the opening in simulation process. Some LED lights were also located in coke tower module to simulate the opening of the bottom cover at the tower top and the ratio of the tower materials. Further more, each control ship was connected by the MODBUS-RTU protocol to construct the coking process. Finally, the device was put in inner formation connection of the system and fully imitated the behaviors of the coke drum in process. Thus, manipulators can simulate the delayed coking process and control every step of the actual production process by the simulation system. Experiment results show that the process of coke drum is simulated correctly and the manipulations can be conducted by workers perfectly in practical use. Different coking process demands can be satisfied by the system with altering the software.

**Key words:** coke drum; delayed coking; C8051F310 micro control unit; MODBUS communication

本文编辑: 苗 变