

# 基于 PCS7 的锅炉控制系统设计与实现<sup>\*</sup>

刘美, 陈山羊, 张翼成

(广东石油化工学院 计算机与电子信息学院, 广东 茂名 525000)

**摘要:** 针对我国中小企业现有的锅炉控制系统, 存在技术含量低、耗能大、超标排放等问题, 以高级多功能过程控制实验平台 SMPT-1000 中的自然循环锅炉为研究对象, 设计了基于 PCS7 的锅炉控制系统, 实现对锅炉的优化控制。通过对系统的控制需求、对象特性和工艺流程等分析, 确定了锅炉的整体控制方案; 借助 PROFIBUS 总线构建现场设备通讯系统; 用连续功能图 CFC 和顺序功能图 SFC 进行程序设计, 最后通过对 PID 整定, 实现了对锅炉系统的液位、压力、温度和流量等参数的控制。实验结果表明, 控制系统的安全性、稳定性较好, 具有一定的参考借鉴价值。

**关键词:** 锅炉控制系统; PCS7; SMPT-1000; PROFIBUS

中图分类号: TN86

文献标识码: A

文章编号: 2095-2562(2015)06-0050-04

在生产中, 工业锅炉广泛应用于化工、发电、炼油等大型场合, 为工业生产提供动力。在我国, 燃煤工业锅炉的实际运行热效率只有 65% 左右, 生产控制多数仍停留在人工操作、管理粗放、缺乏能效标准<sup>[1-3]</sup>。针对提升锅炉的运行热效率指标, 以 SMPT-1000 实验平台中的自然循环锅炉为研究对象, 根据控制要求, 通过西门子 PCS7 系统设计并实现了一种锅炉控制方案。

## 1 系统分析

锅炉控制系统可分为水汽和燃气两个主要部分。在水汽系统中, 汽包液位为被控对象。在燃气系统中, 主要任务为控制过热蒸汽温度稳定、蒸汽压力和炉膛负压在预定范围内、维持燃烧的经济性<sup>[4-5]</sup>。

### 1.1 汽包水位控制系统分析

实际中, 汽包水位时刻变化。生产负荷的变化会引起“虚假液位”现象: 蒸汽流量增大汽包内压力减少, 使汽包内气泡的数量增多, 液位上升, 由于物料守恒, 液位很快降了下来; 蒸汽流量减少汽包内压力上升, 使汽包内气泡的数量减少, 液位下降, 由于给水量不变, 液位很快上升<sup>[6]</sup>。因此, 设计合理的控制方案十分重要。

### 1.2 燃烧控制系统分析

燃烧控制系统主要控制蒸汽的温度和压力、炉膛负压、烟气含氧量等, 燃烧控制系统的好坏, 直接影响到经济效益、环境污染和安全等。

## 2 控制系统方案设计

控制系统设计应遵循满足工艺生产要求、安全、经济、高效等要求, 可扩展性等原则<sup>[7]</sup>。

### 2.1 汽包水位控制系统设计

根据对汽包水位控制系统的分析, 采用三冲量控制系统对汽包水位进行控制, 系统框图设计如图 1 所示。汽包水位作为被控变量, 给水流量作为操纵变量, 蒸汽流量作为干扰变量。

闭环负反馈控制要求, 汽包水位选择正控制器、汽包上水流量选择反控制器, 蒸汽流量前馈选择正控

\* 收稿日期: 2015-08-20; 修回日期: 2015-10-28

基金项目: 茂名市科技计划(11A36)

作者简介: 刘美(1967—), 女, 广东廉江人, 博士, 教授, 主要研究方向为智能检测与智能控制。

制器。从安全角度考虑,汽包上水流量选择气闭阀。根据阀门流量特性,选择线性阀。

## 2.2 过热蒸汽压力控制系统设计

为了使压力稳定在合理的工艺要求范围内,燃料充分燃烧的前提下,文章采用过热蒸汽出口压力和燃油量串级控制系统。蒸汽压力作为主控制变量,燃料量作为操纵变量,系统框图如图2所示。

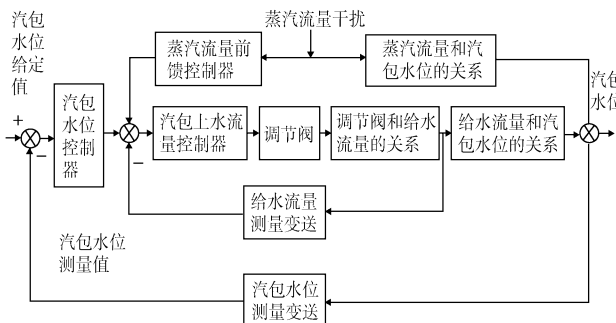


图1 三冲量控制系统框图

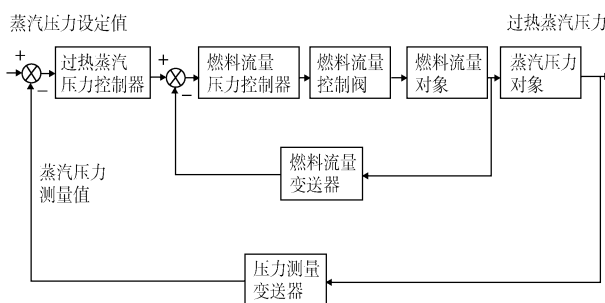


图2 过热蒸汽出口压力和燃油量串级控制系统

## 2.3 过热蒸汽温度分程控制系统设计

过热蒸汽最终出口温度主要受到进换热器冷水流量的影响,同时还受到混合之后水温的影响。而锅炉上水流量共分两路,为了使最终出口温度达标,采用分程控制系统。系统框图如图3所示。

## 2.4 炉膛负压控制系统设计

炉膛负压是否稳定决定了过热蒸汽的质量,炉膛负压必须稳定在合理的范围内。影响炉膛负压的因素有燃料量、进风量和烟道挡板开度等。本设计采用前馈-反馈控制系统对炉膛负压进行控制,以炉膛负压为被控变量,烟道挡板开度为操纵变量,空气量作为前馈信号,系统框图如图4所示。

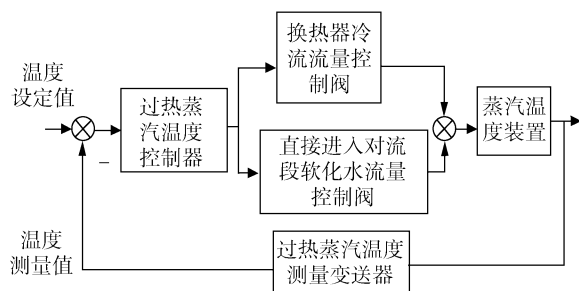


图3 过热蒸汽温度分程控制系统框图

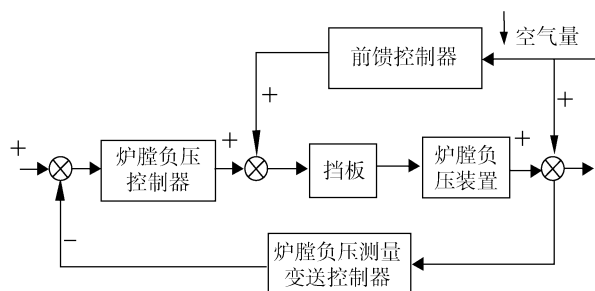


图4 炉膛负压前馈-反馈控制系统框图

## 2.5 烟气含氧量控制系统

工艺分析可知,烟道挡板的开度对烟气含氧量的影响是非线性的。选择风机转速为操纵变量,烟气含氧量作为主被控变量,空气流量作为副被控变量;烟气含氧量采取变此值串级控制,烟气含氧量控制器选择正作用。系统框架如图5所示。

## 2.6 联锁停车系统

根据工艺要求,系统在接收到联锁停车信号后,应切断过热蒸汽向下游生产单元输送的通路,将不合格的过热蒸汽排向旁路管线。同时,停燃料泵、停风机,全开烟道挡板,使炉膛自然降温;延迟一段时间后,关闭水泵,使整个锅炉停车,进入维修状态。停风、停燃料联锁停车系统的工作流程如图6所示。

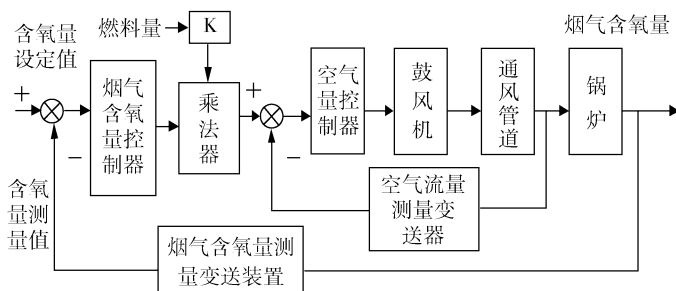


图5 烟气含氧量控制系统框图

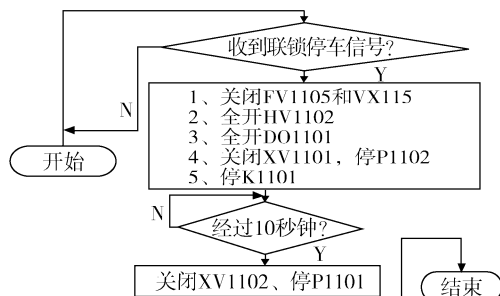


图6 联锁停车工作流程

3 锅炉控制系统的实施

3.1 系统 I/O 点分配

根据对系统的分析可知 ,该系统包括 17 个模拟量输入、9 个模拟量输出、2 个数字量输入和 8 个数字量输出 ,I/O 分配方案见表 1。

表 1 系统的 I/O 分配表

参数类型	位号	地址	类型	用途
流量	FI1101	IW514	WORD	汽包上水流量
	FI1102	IW516	WORD	去减温器的汽包上水流量
	FI1103	IW518	WORD	燃料流量
	FI1104	IW520	WORD	空气量
	FI1105	IW522	WORD	过热蒸汽出口流量
温度	TI1101	IW538	WORD	炉膛中心火焰温度
	TI1102	IW540	WORD	汽水分离后的饱和蒸汽温度
	TI1103	IW542	WORD	进入减温器的过热蒸汽温度
	TI1104	IW544	WORD	过热蒸汽出口温度
	TI1105	IW546	WORD	烟气温度
压力	PI1102	IW554	WORD	炉膛真空度
	PI1103	IW556	WORD	汽包压力
	PI1104	IW558	WORD	过热蒸汽出口压力
	PI1105	IW560	WORD	烟气出口压力
液位	LI1102	IW534	WORD	汽包水位
组分	AI1101	IW564	WORD	烟气含氧量

3.2 硬件组态

在 PCS7 环境下 ,硬件组态包含控制模块初始化和网络参数初始化两部分内容。硬件模块参数分为三部分:对自动控制站( AS) 组态;工程师站( ES) 组态;操作员站( OS) 组态。对各站的组态界面大同小异 ,通过 GSD 文件导入各模块参数 ,将预先分配的网络节点地址与模块绑定。其中操作员站的组态还需要设计一个人机交互界面。

3.3 程序设计

3.3.1 CFC 编程

(1) 烟气含氧量串级控制。由控制系统的设计可知 ,风机转速为操纵变量 ,也是副被控变量 ,用来调节烟气含氧量;烟气含氧量作为主被控变量;构成串级控制系统。用 CFC 编程实现。

(2) 汽包液位三冲量控制。影响汽包液位的因素主要为给水流量和蒸汽流量 ,采用前馈 - 串级控制方式;前馈控制器采用 PI 控制 ,主控制器采用 PID 控制 ,副控制器采用 P 控制。用 CFC 编程实现。

3.3.2 SFC 编程

根据对控制对象的分析 ,设计开车流程如图 7 所示。根据开车流程完成 SFC 的组态编程即可实现其顺序控制。

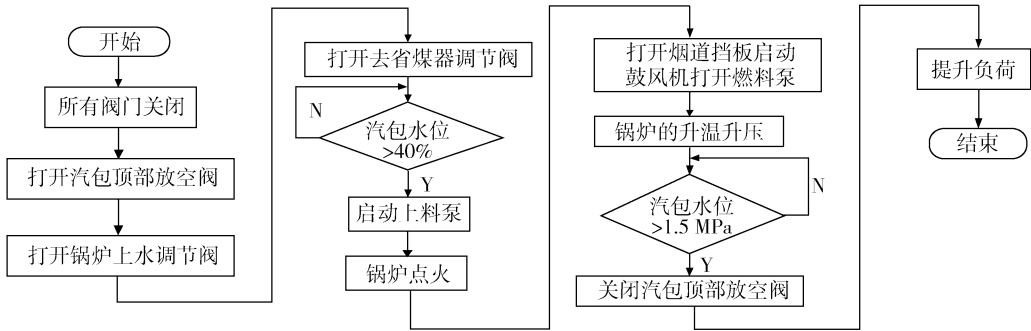


图 7 开车流程图

## 4 试验验证

利用 PCS7 过程控制系统平台,完成 AS 站、OS 站和 ES 站的组态与通信设计,按照设计的控制方案在 SMPT-1000 实训装置进行实验。先将过热蒸汽出口温度、过热蒸汽出口压力、过热蒸汽出口流量、汽包水位调整到正常稳定范围,然后对锅炉进行提负荷阶跃测试,观察各参数是否能快速、准确、稳定地响应。实验中先调试系统过热蒸汽出口温度  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,过热蒸汽出口压力  $3.8\text{ MPa}$ ,过热蒸汽出口流量  $15\text{ kg/s}$ ,汽包液位为  $50\%$ ;在此条件下,改变蒸汽出口流量设定值为  $30\text{ kg/s}$ ,可以观察到,过热蒸汽出口流量随着给定值的变化而变化,并很快稳定至给定值,误差为  $0.0158\text{ kg/s}$ ;其它参数也相应跟随变化,最后能在较短时间内趋于平衡,达到控制要求:汽包液位

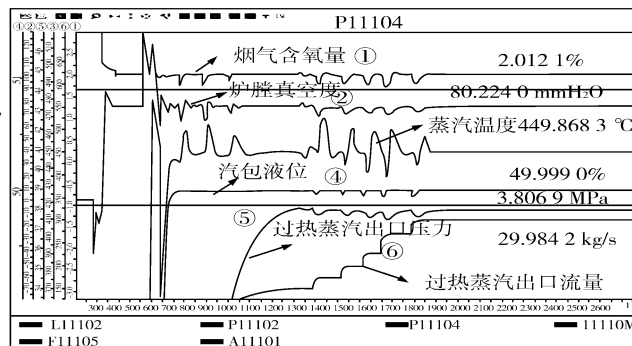


图8 实验数据总览

$50\% \pm 2\%$ ,过热蒸汽温度  $(450 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,蒸汽压力  $(3.8 \pm 0.1)\text{ MPa}$ ,出口流量变量  $(30 \pm 1)\text{ kg/s}$ ,烟气含氧量稳定在  $1\% \sim 3\%$ ,维持燃烧的经济性。实验结果数据如图8所示。

## 5 结论

以 SMPT-1000 实验平台中的锅炉为研究对象,分析了系统的控制需求、对象特性和工艺流程,采用三冲量、前馈、串级、比值等控制方案;在 PCS7 过程控制系统平台,实现了锅炉的优化控制。实验表明,控制方案设计合理,控制系统安全稳定运行,控制效果较好,具有抗干扰能力。

### [参考文献]

- [1] 徐浩文. 基于西门子 PCS7 燃气锅炉监控系统的设计[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [2] 勾玉玲. 工业锅炉控制及远程监管系统的设计与应用[D]. 大连: 大连海事大学, 2014.
- [3] Jin L, Li H W. Boiler Control System Based on PLC and Field Bus [J]. Instrument Technique and Sensor, 2010(11): 51-53.
- [4] 谷洋洋. 基于智能 PID 控制的燃气锅炉燃烧控制系统研究[D]. 北京: 中国舰船研究院, 2014.
- [5] 王富强. 工业燃气锅炉控制系统的研究和设计[D]. 上海: 东华大学, 2011.
- [6] 程明魁. PLC 在蒸汽锅炉控制系统中的应用[D]. 北京: 中国石油大学, 2015.
- [7] 张春晓. 基于 SMPT-1000 的锅炉系统控制方案设计及其实现[D]. 北京: 北京化工大学, 2013.

## Boiler Control System Design and Implementation Based on the PCS7

LIU Mei, CHEN Shanyang, ZHANG Yicheng

(College of Computer and Electronic Information, Guangdong Petrochemical University of Technology, Maoming 525000, China)

**Abstract:** Aiming at the existing problems such as low technology, large energy consumption and excessive emission in boiler control system of small and medium-sized enterprises in our country, this paper takes the natural circulation boiler as the research object based on the advanced multi-function process control training system (SMPT-1000), and realizes the control optimization based on the PCS7 boiler control system. The total control scheme of the boiler is determined by analyzing the control requirements, object properties, and technological processes of system. The field device network communications system is built by PROFIBUS transmission technology, and the program is designed with continuous functional diagram CFC and sequential function chart SFC, realizing the boiler liquid level, pressure, temperature and flow rate, and other parameters of boiler control system through the PID setting. Experiment results show that the control system has good security, stability. It can be a reference to other likewise systems.

**Key words:** Boiler control system; PCS7; SMPT-1000; PROFIBUS

(责任编辑: 黄容)