

热电厂气力除灰 PLC 控制系统设计

莫晓晖¹, 郭火庆²

(1.金陵科技学院 信息技术学院, 江苏 南京 210001;

2.孝感供电公司 农电工作部, 湖北 孝感 432100)

摘要: 介绍了气力除灰装置的结构组成和正压浓相气力除灰的工作流程, 提出了以 Modicon QUANTUM 140 系列可编程控制器 (PLC) 和 Intellution 的 iFix 监控软件相结合的系统设计方案, 该方案以具有高速数据处理能力和组态灵活方便的 PLC 为控制核心, PLC 配置为双机热备方式, 实现了系统的可靠性要求, 采用梯形图以模块化方式编写控制程序, 实现了除灰系统的启动关闭控制、仓泵循环控制、故障报警等功能, 同时, 基于 Modbus Plus 协议实现 PLC 和上位机的数据通信实现了系统的远程监控。实际表明该除灰控制系统具有可靠性高、实用、性能好的特点。

关键词: 仓泵; 气力除灰; PLC; 双机热备

中图分类号: TM 621.7⁺³

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)10-0081-04

在热电厂辅助系统中主要包括化学补给水处理系统、输煤系统、除渣系统和除灰系统等, 这些系统的工艺流程多以顺序控制和开关量控制为主, 采用可编程控制器 (PLC) 构成独自的控制子系统单独控制。同时, PLC 系统通过相应的通信模块挂在分散控制系统 (DCS) 通信总线上, 实现数据通信, 以便 DCS 系统掌握各辅助工艺系统情况, 协调全厂工作。

以某石化自备热电厂为例, 在其 4×50 MW 机组 (4 台锅炉) 的气力除灰控制系统中采用 QUANTUM 140 系列 PLC 控制, 它具有结构紧凑、功能强、系统构成灵活等特点, 硬、软件均采用模块化结构和多种灵活方便的软件编程、调试方式^[1]。

1 气力除灰系统概述

该热电厂 4 台 220 t/h 锅炉除灰系统采用了正

压浓相气力除灰^[2]。此系统适用多灰斗分散输送, 浓相输送气灰比高, 具有输量大、对管道磨损小、输送距离远、布置比较灵活的优点。

1.1 气力除灰装置组成

该除灰系统为单元制布置, 每单锅炉 1 个单元系统, 4 台锅炉的除灰装置完全相同。现以 1 号锅炉为例分析, 除灰装置如图 1 所示。

该除灰装置主要由 6 部分组成: 电除尘器、灰斗、仓泵、灰斗气化管理路、仓泵进气管路、输灰管路。在 1 号锅炉上安装了 3 个电除尘器, 将锅炉烟道中的粉煤灰, 收集储存在电除尘器下方的灰斗中。每个电除尘器下面有 2 个灰斗, 每个灰斗下布置 1 台仓泵, 由仓泵将干灰送入灰库。第 1 电场的灰从除尘器经灰斗进入仓泵, 输送至原灰库, 经分选系统分选, 粗灰进入粗灰库, 经旋风收集器收集的灰输入细灰库; 第 2、3 电场灰从除尘器经灰斗进入仓泵, 输送至细灰库。

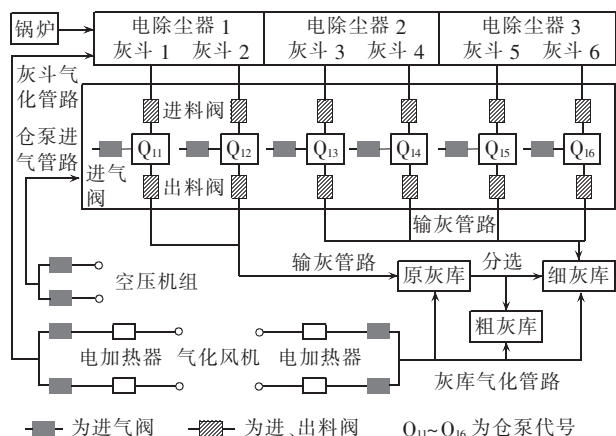


图 1 1 号锅炉除灰装置示意图

Fig.1 Block diagram of ash removal device for boiler No.1

每个仓泵有 3 条管路与之相通。第 1 条管路为灰斗气化管理路,空气压缩机供给的压缩空气经电加热器加热后,通过该管路送入灰斗气化装置对灰斗进行气化,一方面防止粉煤灰潮湿集结,另一方面使灰斗内的粉煤灰在除灰过程中容易落入仓泵中;第 2 条管路为仓泵进气管路,压缩空气经该管路进入仓泵,使仓泵内的飞灰流态化;第 3 条管路为输灰管路,在除灰过程中,仓泵的出料阀打开后,粉煤灰流出仓泵,压缩空气将灰通过该管路从仓泵输送到灰库。

1.2 气力除灰系统工作流程

仓泵是该除灰系统的主要设备,由进料圆顶阀、出料圆顶阀、泵本体、进气装置、排气平衡阀、压力开关、料位计等组成。排气平衡阀的作用是在装料时,使仓泵和灰斗的气压相等,有利于粉煤灰落入仓泵中;进料圆顶阀密封和出料圆顶阀密封的作用是防止仓泵在进气过程和输灰过程中发生漏气现象。仓泵采用循环工作方式^[3],1 个工作周期分成 4 个阶段。

a. 进料阶段。排气平衡阀打开后,进料圆顶阀打开,物料自由落下,填充泵体,进气阀和出料阀保持关闭状态,此时无空气消耗。

b. 增压阶段。当仓泵中的任何物料达到仓泵内料位计高度或达到设定的填充时间时,进料圆顶阀和排气平衡阀关闭,进料圆顶阀密封圈充气密封,进气阀组打开,压缩空气进入泵内,压力升高至设定的上限值(指开泵压力)。

c. 输送阶段。当压力升至设定的上限值时,出料圆顶阀密封圈泄压,打开出料圆顶阀,输送物料,压缩空气将灰从仓泵输送到灰库。

d. 清扫阶段。在进气管线上设有压力开关,当检测到管道内的压力下降到设定的下限值(指吹扫压力),表明输灰结束,吹扫几秒后,关闭压缩空气入口阀,系统复位等待下一次循环。

对同一列各仓泵,其循环时间是错开的,当一半仓泵在进料时,另一半正在出料。仓泵工作循环的交替保证进入输送管的飞灰流量均等。

2 气力除灰控制系统硬件组成

在热电厂中,除灰系统关系着全厂能否连续生产,因此对系统的可靠性要求很高,为此,PLC 采用双机热备(硬热备)配置^[4-5]。通过 2 套配置完全相同的 PLC 主机、电源、通信和热备处理模块,形成主备形式。在正常状态下,主机负责处理程序运行,进行 I/O 服务,更新备用机的状态及数据,备用机则监视主机的运行状态。当主机发生故障时,备用机切换成主机,接替故障机的处理工作,切换时间不超过 50 ms。此外,2 台平行工作、互为备用的工控机作为操作站,形成“PLC + 上位机”控制系统。

图 2 为控制系统硬件结构框图,主要有操作员站(上位机)、下位机控制器 2 大部分组成,图中 RIO (Remote Input/Output)指远程站。

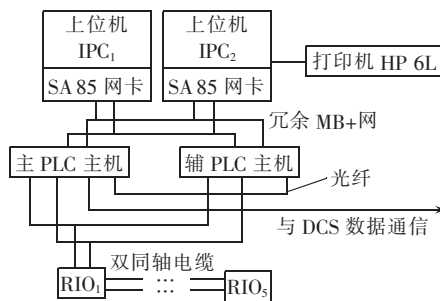


图 2 控制系统硬件结构框图

Fig.2 Hardware structure of control system

2.1 操作员站

操作员站为 2 台装有 iFix 3.5 软件包的工控机,2 台工控机功能完全相同,互为备用。具体配置为:PIII 1GB CPU、256 MB 内存、60 GB 硬盘、3.5 吋软驱、21 吋彩色显示器、101 键盘+光电鼠标,另配置 HP 6L 激光打印机 1 台,用于报表、程序、故障记录等的打印。2 台工控机通过 MODICON 专用网卡 AM-SA85-032 与 PLC 的 Modbus Plus 接口相接,实现上位机和 PLC 的数据通信,完成对整个系统的监视和控制。

2.2 下位机控制器

除灰系统的 PLC 控制系统是一个较复杂的程控项目,其主要控制对象为:输送风机、气化风机、仓泵、加热器、各类阀门、卸灰装置、布袋除尘器、收灰风机及管道压力等。I/O 实际点数分布为 DI 510, DO 292, AI 120;配置点数为 DI 608, DO 384, AI 144, 冗余量达到 20 %。整个控制器由 PLC 主站和 5 个远程 I/O(RIO)站组成^[6]。

PLC 主站为整个控制系统的核心,CPU 模块一方面接受远程 I/O 输入模块传来的检测信号,通过运行程序输出控制信号至远程 I/O 输出模块控制整个系统的协调工作;另一方面将寄存器中的数据上传至上位机,向上位机提供工况信息,并接收上位

机的指令控制程序运行,完成控制功能。主站 CPU 为 140CPU53414A 32 位处理器,内存为 4 MB,根据工艺可靠性要求,同时视其核心作用,采用双机热备的方式,CPU 双机热备采用光纤用 CHS 21000 模块进行互相监视和切换。

各远程 I/O 站采用 16 槽底板,设有电源模块、通信模块,另外还有数字量输入模块 140DDI 35300 (32 点开关量输入)、140DDO 35300 (32 点开关量输出)、140ACI 03000 (8 点模拟量输入),用于同现场设备相连接,实现信号输入与设备控制,除此之外,还预留若干插槽供系统扩充用。

2.3 网络通信

本系统的网络通信分为 2 部分:第 1 部分为 PLC 主站,通过 NOM 模块上的 Modbus Plus 接口与上位机相连,PLC 到上位机采用了 Modbus Plus 协议^[7],使用 Schneider 专用双绞线,这是一个总线型令牌传递网络,以 1 Mbit/s 速率通信,使用双绞线,传输距离可达 1.8 km,如使用双绞线中继器或光纤传输距离可达 13.5 km。此外,通过 Modbus 接口完成与主 DCS 控制系统间的数据通信,运用了 Modbus 协议,Modbus 是一主/从协议,传输速率 9 600 bit/s,是一种受到 300 多家工业产品供应商支持的工业标准,任何计算机的串口都支持在线编程或数据采集应用,在主 DCS 控制系统中安装 I/O driver 后,即可采集到实时数据;第 2 部分为由 RIO 通信从模块 140CRA 93200 及相应卡件组成 5 个远程 I/O 站,和主站 RIO 通信主模块 140CRP 93200 之间,采用双同轴电缆构成冗余远程 I/O 高速网通信,网络距离可达 4.5 km,最多可挂接 31 个远程站,传输速率达到 1.544 Mbit/s,由于采用了双电缆的远程 I/O,使系统免受电缆断裂中断通信的危险。

3 气力除灰控制系统软件设计

3.1 下位机组态(PLC 编程)

下位机的组态软件为 MODICON Concept V 2.6,它是基于 Windows 环境的先进的编程工具^[8]。它支持 IEC1131-3 国际标准中的所有 5 种语言,即顺序功能图(SFC)、功能块图(FBD)、梯形图(LD)、结构化文本(ST)和指令表。其中,梯形图语言其电路图符号和表达式与继电器电路原理图非常接近,控制过程形象、直观、易于掌握、易于修改,在程序设计中选用了梯形图(LD)进行编程。此外,Concept 2.6 还有实用的功能块和在线仿真功能,不需要停止 CPU 运行,就可以下载修改的配置与逻辑,丰富的功能可以满足系统的各种要求。

在该系统中,PLC 主要完成过程点位的检测和控制,向上位机提供工况信息,并接收上位机的指令,完成控制功能。为了减轻操作员的工作负担,提高自动化程度和系统的容错能力,上位机的

控制指令尽量缩减,在设计时充分考虑了现场工况可能产生的各种问题,特别是工艺之间的连锁互动和保护。

由于本系统除灰装置共有 800 多个输入/输出信号,其功能非常复杂。因此,PLC 的软件基于模块化的设计架构^[9],此种方式既便于修改,增加可读性,又便于现场调试。整个系统程序由 1 个主程序模块和 9 个功能模块组成,各模块功能描述如下:

a. 主程序主要完成系统的初始化以及对各功能模块的调用,协调整个程序工作;

b. 除灰系统启动程序主要完成系统的启动,系统运行方式的判定及连锁;

c. 运行方式选择程序主要包括输送方式选择、工作时间方式选择和压力是否参与控制的选择;

d. 除灰系统关闭程序主要完成正常关闭系统的操作和系统运行非正常时紧急退出,实现风机停止,电磁阀的顺序关闭等功能;

e. 仓泵循环程序对排气平衡阀、进气阀、进料阀、出料阀等协调控制,将灰自仓泵经输灰管入灰库;

f. 备用风机启动程序通过调用除灰系统关闭程序及电磁阀的控制,实现除灰系统风机切换,关闭故障风机,自动投入备用风机;

g. 管道切换阀切换程序,在细灰或粗灰子系统发生故障情况下,通过对管道切换阀的控制,将两系统合二为一,使系统能连续工作;

h. 灰斗气化系统的启动、关闭程序,主要完成气化风机和电加热器的启停控制,该辅助系统独立于输送系统,可以单独操作控制;

i. 灰库气化系统的启动、关闭程序,主要完成气化风机和电加热器的启停,在卸灰过程中使灰处于气化状态,便于卸灰,该辅助系统独立于输送系统,可以单独操作控制;

j. 报警程序,主要完成检测报警来源,向上位机发送报警点名和状态,根据报警的级别和点位自动采取不同的措施,如关闭指定的阀门、紧急退出系统运行等,同时启动蜂鸣装置。

仓泵循环控制过程的程序流程图如图 3 所示。

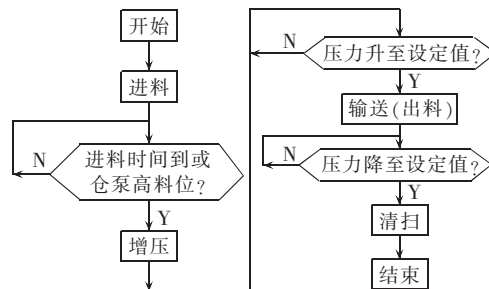


图 3 仓泵控制程序流程图

Fig.3 Flowchart of bin pump control

3.2 上位机监控软件设计

系统上位机采用了 iFix 工控组态软件,iFix 是强大的人机界面/管理控制及数据采集 HMI/

SCADA 系统, 可以进行过程的图形化监视, 数据采集和管理, 实时和历史趋势绘制, 具有极强的交互性、动态演示功能^[10]。

该系统的监控画面主要包括工艺流程的动态显示, 系统实时/历史的压力、电流趋势显示, 历史数据记录及查询、系统运行操作画面、报警信息浏览画面以及系统各设备的状态信息画面等。通过这些画面可以完成以下功能: 各种泵阀、电机的启停控制以及程控-远操-就地操作和开关的状态指示; 系统参数的设置、修改、气力输送方式的选择、输送时间设置以及压力控制的参与与否; 历史数据记录及查询, 包括操作、报警、现场数据的数据存储以及历史数据的回显、历史趋势分析; 报警信息包含压力过高、过低、灰斗料位、阀门拒动等, 有报警信息时启动蜂鸣装置, 发生故障时, 允许切换到手动方式; 另外, 针对系统的特点, 对阀门的拒动报警作了特别处理, 当报警发生后, 及时弹出报警画面, 发出报警蜂鸣, 同时系统停止正常运行, 等待操作人员的处理, 如果操作人员处理完毕或者可以确认为误报警后, 系统重新投入运行。

为保证系统具有良好的安全性, 根据人员的职能设定不同的使用权限, 各司其职。工程师能利用修改权限及时调整程序和参数; 操作人员有操作权限, 可以操作控制系统; 没有权限的人员只能监视不能控制。

4 结语

该除灰系统采用 PLC 双机热备方式, 提高了系统可靠性, 利用 PLC 远程站完善的功能, 有效地实现分散系统的自动控制。实践证明该系统投资少、自动化程度高、抗干扰性好、可靠性高、操作简单方便、易于掌握, 具有很好的应用前景。

参考文献:

[1] 胡涛, 苏建良, 石剑锋. PLC 技术与应用及其发展分析[J]. 机床

与液压, 2005(12):135-137.

HU Tao, SU Jian-liang, SHI Jian-feng. The technique application of PLC and its development analysis [J]. Machine Tool & Hydraulics, 2005(12):135-137.

[2] 高云峰. 正压密封气力除灰系统的特点及应用[J]. 广东电力, 2004, 17(4):53-55.

GAO Yun-feng. Features and application of pressurized seal pneumatic ash handling system[J]. Guangdong Electric Power, 2004, 17(4):53-55.

[3] 原永涛. 火力发电厂气力除灰技术及其应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

[4] 杨艳慈. PLC 双机热备系统在热电厂除灰中的应用[J]. 冶金自动化, 2003, 27(4):63-65.

YANG Yan-ci. Application of PLC hot standby system of ash removal in thermal power plant[J]. Metallurgical Industry Automation, 2003, 27(4):63-65.

[5] 赵强, 顾德英, 汪晋宽, 等. PLC 双机热备系统设计与性能优化[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(8):636-638.

ZHAO Qiang, GU De-ying, WANG Jin-kuan, et al. The design and optimization of PLC dual hot-backup system[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2005, 26(8):636-638.

[6] 张鹏飞, 韩冬臣. PLC 远程站在张家口发电厂除灰系统中的应用[J]. 华北电力技术, 2002(2):34-36.

ZHANG Peng-fei, HAN Dong-chen. Application of remote station based on PLC in ash removal system of Zhangjiakou power plant [J]. North China Electric Power, 2002(2):34-36.

[7] 王卫兵. PLC 系统通信、扩展与网络互连技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

[8] 于庆广. 可编程控制器原理及系统设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[9] 刘策, 李金伴. PLC 在电厂气力除灰装置控制系统中的应用[J]. 机床电器, 2003, 30(1):32-34.

LIU Ce, LI Jin-ban. The use of PLC in the control system of fly ash pneumatic removing device in power plant[J]. Machine Tool Electric Apparatus, 2003, 30(1):32-34.

[10] 王亚民, 陈青, 刘畅. 组态软件设计与开发[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003.

(责任编辑: 康鲁豫)

作者简介:

莫晓晖(1972-), 男, 浙江丽水人, 讲师, 博士研究生, 从事集散控制系统方面的研究(E-mail: xiaohuimo@163.com);

郭火庆(1964-), 男, 湖北安陆人, 工程师, 从事供电网生产管理方面的工作。

Design of PLC - controlled pneumatic ash removal system in thermal power plant

MO Xiao - hui¹, GUO Huo - qing²

(1.Information Technology Department, Jinling Institute of Technology, Nanjing 210001, China;

2.Xiaogan Power Supply Company, Xiaogan 432100, China)

Abstract: The structure and workflow of the pneumatic ash removal system are introduced. A scheme based on Quantum 140 series PLC (Programmable Logic Controller) and Intellution iFix supervision software is designed. The flexibly configurable PLC is adopted as the control core with high processing ability and configured in hot standby mode to meet the requirement of reliability. The modularized control program is developed with ladder chart to implement functions of system startup and shutdown, bin pump cycle control, fault alarm and so on. Modbus Plus protocol is applied for communication between PLC and superordinate computer for remote monitoring and control. The operation of the designed pneumatic ash removal system shows that it is reliable and practical.

Key words: bin pump; pneumatic ash removal; PLC; hot standby