

# 基于 PCS7 与 PROFIBUS 的水泥窑头生产线控制系统

吴帆<sup>1</sup>, 祁森<sup>2</sup>

(1. 盐城工学院 博雅学院, 江苏 盐城 224051; 2. 盐城纺织职业技术学院 机电工程系, 江苏 盐城 224005)

**摘要:**以水泥窑头生产线为研究对象,根据实际工艺流程和控制要求,设计了基于 PCS7 与 PROFIBUS 的集散控制的水泥窑头生产线过程控制系统。该系统分为:操作管理层、过程控制层及现场设备层 3 个层次,构建了控制系统网络(工业以太网)和现场总线网络( PROFIBUS - DP)组成的管控一体化网络。通过现场运行证明,该系统运行稳定可靠,具有很好的应用和推广价值。

**关键词:**窑头;PCS7;PROFIBUS

中图分类号:TP391 文献标识码:A 文章编号:1671 - 5322(2012)04 - 0032 - 05

水泥是国民经济建设的重要基础原材料,广泛应用于生产生活的各个领域,在水泥生产过程中,面临着高温、大振动、强干扰、高粉尘等不利因素,因此实现自动化控制有着极其重要的作用。只有通过先进的自动化控制系统准确地监控现场设备的运行状况,及时调整工艺参数的扰动,才能促进生产的稳定、协调和优化,保证生产线的高效运转<sup>[1]</sup>。

本文以某大型新型干法水泥厂的集散控制系统为基础,设计水泥窑头生产线控制系统的软硬件及通信网络,实现对窑头生产工艺流程的监视和控制。

## 1 控制系统的方案

### 1.1 控制系统设计要求

现场的所有电气设备以及调节设备的开关有两种控制方式,即现场手动和集散自动。在正常情况下设备均采用集散自动控制方式;根据窑头工艺流程进行分组,一个组的设备启动/停止存在相应的逻辑关系,通常采用逆向启动,顺向停车的原则;操作站的显示器上应显示现场设备运行状态和生产过程的情况,若出现故障应发出报警。

### 1.2 控制系统设计方案

根据整个水泥生产线的特点及控制设计要求,本文采用西门子公司 DCS 控制系统 PCS7,该系统具有“集中管理,分散控制”的优点,而且对

现场设备不仅具有可靠的监控功能,更应具有网络通信功能<sup>[2]</sup>。

整个系统基本可以分为 3 个层次,即现场设备层、过程控制层、操作管理层<sup>[3]</sup>。本系统总体方案设计如图 1 所示。

## 2 窑头控制系统的硬件设计

### 2.1 操作管理层

操作管理层由工程师站、操作站和数据服务器组成。工程师站和操作站是集散系统与工作人员相联系的人/机接口设备,且都安装在中央控制室里,工程师站上安装 PCS7 工程师软件 V6.0,工程师站对整个集散系统进行软件组态编程、调试、故障处理;操作站以 SIMATIC OS Software Client V6.0 为基础,可对整个流程进行图形化监控,且具有报警记录和历史数据记录功能;数据服务器设置两台,互为冗余热设备,均可以独立监控整个水泥生产过程,当其中一台电脑发生故障,另一台可迅速的连接保持正常工作。配置两种网卡,与控制主站通过专用网卡 1613 进行通讯,与操作站、工程师站通过通用网卡进行通讯。

### 2.2 过程控制层

过程控制层由主控制站和工业交换机组成,控制主站采用 S7 - 400 系列的 PLC,放置在各自的电子设备室里。

收稿日期:2012 - 09 - 29

作者简介:吴帆(1982 - ),女,江苏盐城人,助教,主要研究方向为电气自动化。

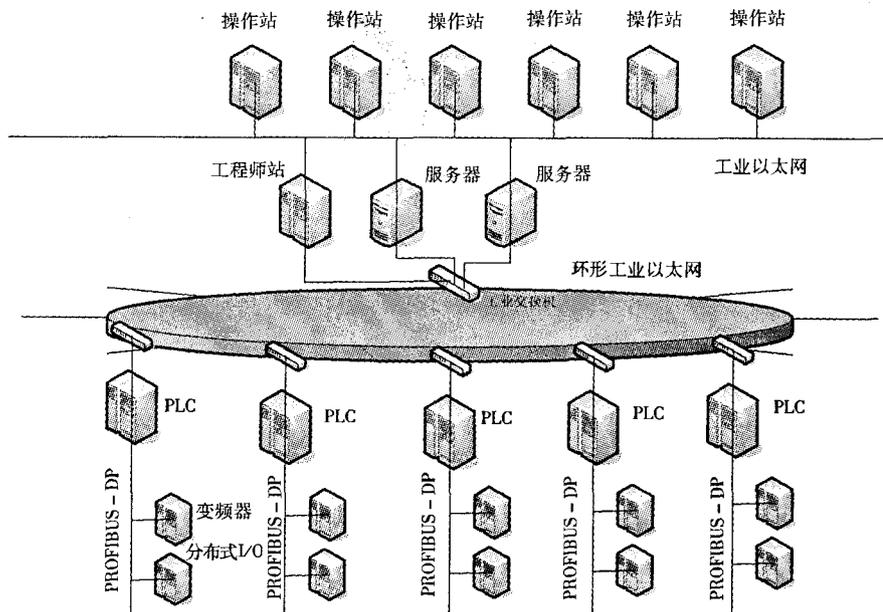


图1 水泥生产线控制系统总体方案设计图

Fig.1 The control system design of cement production line

窑头控制主站在预定的周期内与从站循环地交换信息,并对总线通信进行控制和管理。根据需控制数字量和模拟量 I/O 点数及控制回路数相应配置 CPU 模块,窑头控制站 I/O 点数见表 1,按模块通道 15% 余量配置。

表 1 窑头控制主站 I/O 点数表

Table 1 The table of kiln head control station I/O points

序号	控制主站名称	窑头
1	DI	123
2	DO	35
3	AI	88
4	AO	24

根据窑头控制站的输入输出点数表,相应配置了由 CPU416-2DP、CP443-1 通讯处理器组成的控制主站,由 7 块 SM331(8AI)模拟量输入模块、3 块 SM332 模拟量输出模块(8AO)、3 块 SM321(32DI)数字量输入模块、1 块 SM322(32DO)数字量输出模块和 2 块 IM153-1 扩展接口模块组成的 ET200M 从站,由 14 块 131 数字量输入模块、2 块 132 数字量输出模块、15 块 134 模拟量输入模块和 1 块 IM151-1 扩展接口模块组成的 ET200S 从站。

### 2.3 现场设备层

现场设备由 ET200 分布式 I/O、变频器和压力变送器、流量变送器、电流变送器、以及测量转速和检测其他信号的一次仪表组成。

#### 2.3.1 ET200 分布式 I/O

西门子的 ET200 是基于现场总线 PROFIBUS-DP 的分布式 I/O,当输入和输出远离 PLC,将需要铺设很长的电缆,不易实现,并且可能因为电磁干扰而使得可靠性降低,因此窑头控制站采用 ET200M 和 ET200S 这两种分布式 I/O 模块采集现场设备层信号,其中,ET200M 主要采集传感器、变送器的一次仪表的信号,ET200S 主要采集 MCC 的电压、电流等信号<sup>[4]</sup>。

#### 2.3.2 MM440 变频器

本文选用西门子公司的变频器产品,MM440 变频器是一种适合于三相电动机速度控制与转矩控制的变频器,其功率范围为 120W ~ 200 kW。要实现 S7-400PLC 与 MM440 变频器之间的 DP 通信,需要在 MM440 变频器上加装 DP 通信模块。在 PROFIBUS-DP 上可用周期性数据通信控制 MM440,用于周期性数据通信的有效数据的结构,称为参数过程数据对象(PPO)。有效数据结构被分为可以传送的 PKW 区和 PZD 区,PKW 用于读写参数值,PZD 用于控制字和设置状态信息和实际值等<sup>[5]</sup>。当总线系统起动时,使用报文结构 PPO1 模式并从 PROFIBUS-DP 主站中寻址,PPO1 即含有 4 个 PKW 和 2 个 PZD,PKW 中数据可以设置和读取变频器的参数值。PZD1 和 PZD2 可以控制变频器的运行,包括修改变频器的运行输出频率、起停等。

### 2.4 控制系统的网络设计

本文采用层次化网络结构,将整个系统自下而上分为现场总线网络和控制网络,即:控制站与现场设备之间的通讯采用 PROFIBUS - DP,控制站与上位监控层之间采用工业以太网。

窑头控制站采用带有现场总线接口 CPU 为 416 - 2DP 型号的 PLC 通过 PROFIBUS - DP 网络与现场测控设备例如分布式 I/O、传感器、具有总线接口的工艺设备等进行通讯,通讯速率为 1.5 mbit/s,传输介质采用光纤。

窑头控制主站与其它的控制主站采用环网的工业以太网并设计了冗余功能,即每一个主站配有两台互为冗余的工业交换机,工业交换机通过光纤端口连接成环网,电气端口与窑头控制站或其它控制站通过双绞线连接。当通讯网络中某个控制站或传输线路出现故障,冗余网络能立即代替原网络,保证控制系统的安全性。通讯速率为 100 mbit/s,传输介质光纤。

数据服务器担当控制主站与操作站之间的路由器,通讯速率为 100 mbit/s,传输介质双绞线连接。

## 3 控制系统的软件设计

### 3.1 操作站监控界面设计

本控制系统设计界面采用西门子 WINCC 软件,它基于 Microsoft Windows XP 操作系统,集过程控制、现场操作以及工厂资源管理于一体,用户在工厂网络的所有层次各个位置上都可及时获得系统的实时信息<sup>[6]</sup>。

从监控画面上可以监视到窑头设备状态,用黄色指示灯表示备妥、绿色指示灯表示该设备的正常运行、红色指示灯表示该设备处于停止状态、绿色闪烁表示该设备处于机旁开机状态。故障名称可从实时报警窗口中查到。实时显示窑头部分所采集的模拟量参数,如拉链机的电流、风机出口压力、轴承温度、风机的频率等,并且可以对风机的频率、PID 控制的经验值进行设定。

### 3.2 窑头控制站的软件设计

窑头控制站的控制任务包括各个设备的启停、设备组连锁启停、模拟量参数监控、闭环回路控制、设备运行状态监控等,并完成数据采集、故障诊断。为了简化了程序组织以及方便了查错和调试,软件设计采用模块化控制。根据设计要求分成四个模块:初始化模块、设备启停检测模块、通讯模块和故障诊断模块。

(1) 初始化模块:给相关的输入映象区和存储区赋初始值,启动 PLC 时先运行 OB100 组织模块。

(2) 设备启停检测模块:在从站软件设计中,每个扫描周期中都检测设备启停,将其控制指令写入相应的标准位寄存器中,用于程序的调用。

(3) 通讯模块:将通讯组态以后,对通讯处理器 CP443 - 1 进行编程,即主站对从站的 CP443 - 1 的逻辑地址、通讯缓冲区地址进行初始化,应注意从站地址和通讯缓冲区地址必须与之对应。当 CP443 - 1 显示组态或参数错误时,说明主站或传输线路发生故障。

(4) 故障诊断模块:其设计功能检测可能出现的异常情况。

窑头控制站程序流程如图 2 所示。

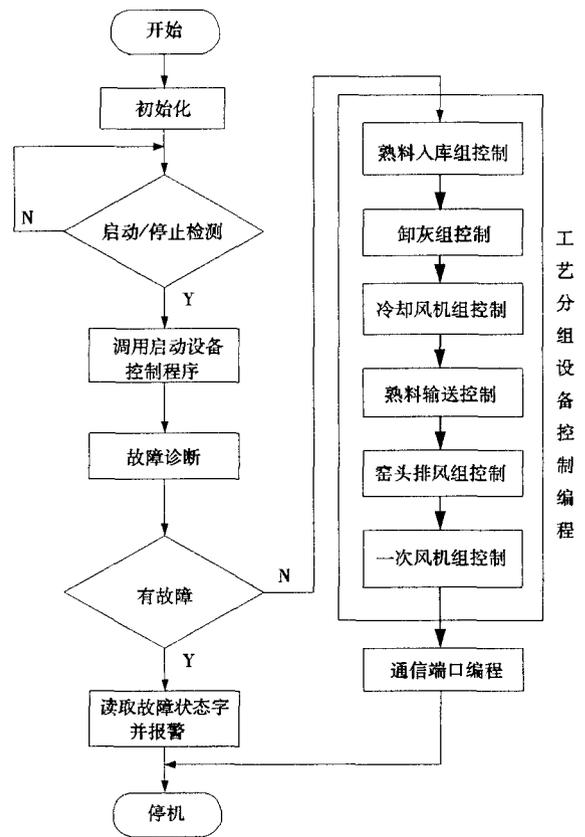


图 2 窑头控制站程序框图

Fig. 2 Diagram of kiln head control station

### 3.3 设备启停控制程序设计

窑头生产线上所有设备的运行方式可分为手动和集控两种方式,集控又分为连锁控制和单机控制。设备在正常生产过程中处在集中控制的连锁状态。设备按设定程序进行起停控制,当出现设备故障或启动超时时可以结束启动,以保证人

身和设备的安全。单机控制方式是指非连锁方式下,各设备可以单独启动和停止,没有严格的启停顺序。联锁运行和单机运行都是由操作员对监控画面进行设定的,置系统的起运标志位,现场控制站根据标志位的状态分别调用不同的子程序来完成对设备的控制。

### 3.4 联锁运行控制程序设计

根据工艺要求将窑头系统设备主要分为6个组即一次风机组、窑头排风组、熟料输送组、冷却风机组、卸灰组和熟料入库组。以熟料入库组为例,其设备组主要包括熟料拉链机、袋收尘控制箱、离心风机。所有设备全部采用直接起动,按工艺要求设备起动,先启动离心风机,再启动袋收尘控制箱,最后启动熟料拉链机,而停机则反之。设备之间间隔运行时间按实际情况设定 PLC 内部定时器,一般为 10 s。

### 3.5 回路控制程序设计

窑头控制系统是一个复杂的多变量连续的过

程控制系统,为了提高控制系统的性能和可靠性,系统中投入了很多 PID 控制。例如收尘器废气温度控制,熟料层厚度控制、窑头罩负压控制。对这些对象的控制,利用 PID 控制策略可达到了理想的效果。

以熟料层厚度控制为例,为了保证蓖上熟料厚度达到要求,且冷却时均匀,根据流体力学理论,气体通过料层的阻力与料层厚度成正比关系,因此熟料层厚度控制方法是检测蓖下的压力控制蓖床的速度,自动控制工作过程如图3所示,用 PLC 中的 PID 设置压力值,希望保持熟料流量恒定。压力传感器 P 测量蓖床上的压力,根据压力的大小输出模拟信号到 PID 控制器, PID 根据误差,运算后输出 4 ~ 20 mA 调节信号到变频器的速度控制输入端,改变电动机的转速,从而实现压力的恒定控制。

PID 控制器的数字化,模拟量 PID 控制器的输出表达式为:

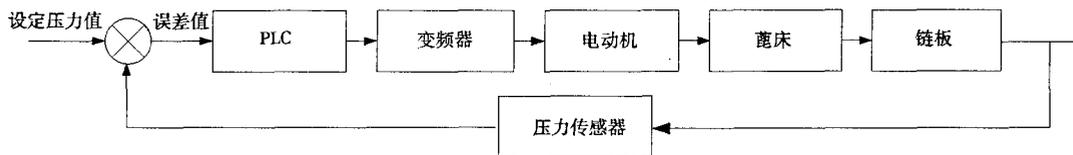


图3 熟料层厚度控制原理图

Fig.3 Principle diagram of the clinker layer thickness control

$$mv(t) =$$

$$K_p [ ev(t) + \frac{1}{T_I} \int ev(t) dt + T_D \frac{dev(t)}{dt} ] + M$$

式中,控制器的输入量(误差信号)  $ev(t) = sp(t) - pv(t)$ ;  $sp(t)$  为设定值;  $pv(t)$  为过程变量(反馈值);  $mv(t)$  是控制器的输出信号;  $K_p$  为比例系数;  $T_I$  和  $T_D$  分别是积分时间常数和微分时间常数;  $M$  是积分部分的初始值。

熟料层厚度控制程序流程图如图4所示。

## 4 控制系统的调试结果分析

本系统调试主要是设备电气控制系统的调试,调试分实验室调试和现场调试。

### 4.1 控制系统实验室调试

实验室调试采用西门子公司开发的仿真软件 PLCSIM,单击仿真工具,启动 S7 - PLCSIM 仿真程序,将 CPU 工作模式切换到 STOP 模式,将整个 S7 - 400 站(含用户程序和模块信息)下载到仿真

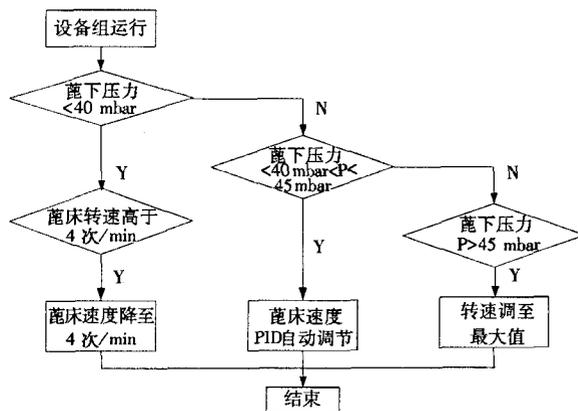


图4 熟料层厚度控制程序流程图

Fig.4 Flow chart of the clinker layer thickness control program

器中。点击运行就可监控画面,一是进行单机调试,对设备进行单机启动,所有设备均正常工作;二是各联锁组设备均按照生产工艺起停顺序启动。

### 4.2 控制系统现场调试

现场调试主要针对变频器的变频、电动机执行

器控制阀门开度的调试以及 PID 控制的调试。现场调试基于 WINCC 组态监控画面, 控制系统不必依靠具体专业的计算机语言, 只需要通过可视化的组态方式, 就可以完成监控和调试任务。

以冷却风机的开度调试为例, 将其程序下载到 PLC 中。在 WINCC 监控画面中点击编号 5724 阀门执行器, 在电动执行器的控制面板上如图 5 所示, 设定开度为 30%, 经过程序控制, 反馈值为 29.8%, 数据证明, 通过电动执行器控制阀门开度调节能达到工艺参数要求。

## 5 结论

本文以水泥窑头生产线为研究对象, 结合实际工艺流程和控制要求, 设计了基于 PCS7 和 PROFIBUS 的集散控制的水泥窑头生产线过程控制系统。整个系统已完成设计并进行现场调试, 系统运行稳定, 操作方便, 达到设计的目的, 在水泥自动化生产线系统中具有推广价值。

## 参考文献:

- [1] 李海涛. 新型干法水泥生产技术与设备[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [2] 曲丽萍, 白晶. 集散控制系统及其应用实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [3] 吴华民. 基于 PLC 与 Profibus 的新型水泥生产自动化控制系统[J]. 科技信息, 2011(25): 514 - 515.
- [4] 廖常初. S7 - 300/400PLC 应用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [5] 吴志敏, 阳胜峰. 西门子 PLC 与变频器、触摸屏综合应用教程[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [6] 王善斌. 组态软件应用指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.

# Cement Kiln Head Production Line Automatic Control System Based on the PCS7 and PROFIBUS

WU Fan<sup>1</sup>, QI Mao<sup>2</sup>

(1. Boya College, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China  
2. Electrical and Mechanical Engineering, Yancheng College of Textile Technology, Yancheng Jiangsu 224005, China)

**Abstract:** In this paper, taking Cement kiln production line as the research object and according to the actual technical process and control requirements, cement kiln head production line process control system is designed based on the PCS7 and PROFIBUS distributed control. The system is divided into three levels, namely operation management layer, process control layer and field device layer. The integration of management and control network which consists of control system network (Ethernet) and field bus network (PROFIBUS - DP) is formed. Through the field operation certification, it shows that the system runs stably and reliably with good application and popularization value.

**Keywords:** Kiln head; PCS7; PROFIBUS

(责任编辑:张英健)

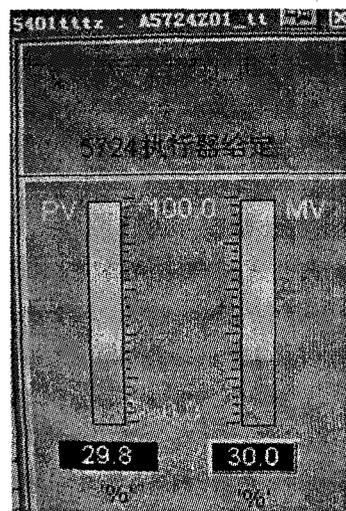


图 5 冷却风机电动执行器控制面板  
Fig. 5 Cooling fan electric actuator control panel