

均衡燃烧控制系统总体设计及关键技术问题研究

李益国, 沈 炯, 吕震中

(东南大学 动力系, 江苏 南京 210096)

摘 要: 针对目前国内 200 MW 机组锅炉燃烧运行过程中存在的问题, 设计了均衡燃烧控制系统。根据系统的功能要求和变频器的控制方式, 提出了系统总体设计方案, 并针对实现该方案的关键—变频器的通信控制, 简要讨论了采用主从式多机通信方式控制变频器输出的方法。

关 键 词: 均衡燃烧; 变频器; 通信

中图分类号: TM621.2 文献标识码: A

1 前言

燃煤锅炉的一次风速和管内煤粉浓度及二次风的大小对燃烧效果有很大的影响, 尤其在燃用低质煤时其影响更为显著。国内许多电站锅炉在实际运行过程中, 时常发生因四角配风不均, 风煤比例失调, 从而造成锅炉爆管, 燃烧器烧损变形, 一次风管堵粉和一次风管着火等事故。这就需要有一个直观可靠的监测一次风量和煤粉浓度的手段。另外, 从燃烧控制的角度来看, 如果燃烧控制系统不仅能保证常规的风煤调节, 而且能实现各燃烧器煤粉浓度的自动调节, 使其达到基本均衡, 则必将大大改善锅炉的燃烧品质, 减少事故的发生。作者针对上述问题, 并结合江苏省电力局重点科技项目(J960014)——戚墅堰电厂 200 MW 机组采用变频调速的锅炉燃烧监测及控制系统设计了均衡燃烧控制系统, 并对其关键技术问题进行了剖析。

2 均衡燃烧控制相关信号测量原理

煤粉浓度测量采用温度法。用标定过的测速管测量一次风动压再经计算后得到一次风速。详细原理可以参考文献[2]。

虽然采用温度法和一次风动压计算得到的煤粉浓度和一次风速的结果不十分精确, 但由于均衡燃烧是就各燃烧器煤粉浓度的相对大小而言的, 因此该测量方法对解决上述燃烧调整中所存在的问题仍

是可行的, 并能满足燃烧控制的要求。

3 均衡燃烧控制系统总体设计

为了解决滑差调速出现的堵粉等问题, 提高给粉机的可控性, 本系统采用了变频器调节给粉机转速。变频器输出频率控制方式共有参数单元(PU)控制、外部控制和计算机通信控制 3 种方式。根据系统的功能要求, 均衡燃烧控制系统中变频器采用计算机通信控制方式, 从而大大降低了变频器的控制难度, 实现了对多台变频器的连续控制。此外, 为便于以后作为一个工作站并入 DCS 系统, 系统中采用了工业控制计算机。所提出的以下总体设计方案最终证明是可行的。

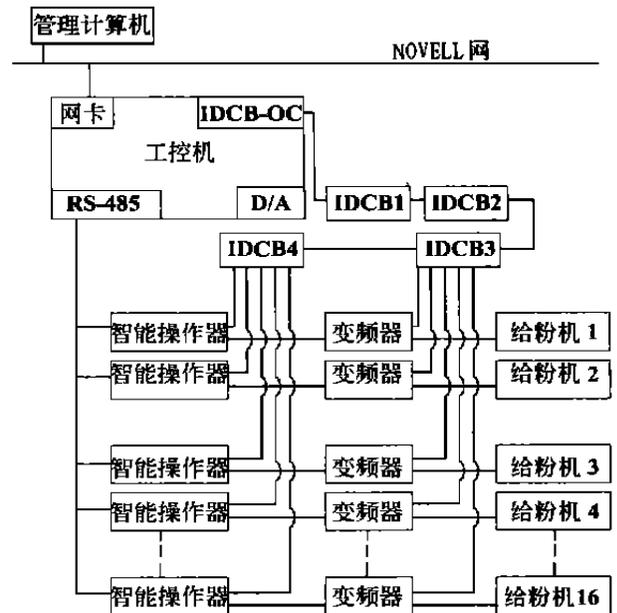


图1 均衡燃烧控制系统结构图

3.1 系统结构

系统结构原理图如图1。其中操作器为自行开发的通信型智能操作器。IDCB-OC为智能数据采集卡。

收稿日期: 2000-03-09; 修订日期: 2000-06-09

基金项目: 教育部高等学校骨干教师计划、江苏省“333人才工程”计划

作者简介: 李益国(1973-)男, 山西绛县人, 东南大学在读博士研究生

集网络通信卡。

3.2 系统功能特点

系统采用两级分布式结构,即由管理级与过程级组成,其中管理级通过 NOVELL 网络与过程级相连。

3.2.1 过程级分为一次风量控制和煤粉量控制两部分

一次风量控制是通过计算机控制输出经 D/A 转换和相应操作器驱动一次风执行机构,达到控制一次风量的目的。

煤粉量控制是将工控机的输出信号通过多机通信方式驱动总线型连接的各智能操作器,再由各操作器用通信方式直接控制各变频器输出频率,以调节各给粉机转速,达到控制煤粉量的目的。操作器“自动/手动”状态及变频器输出频率由智能开关量/模拟量采集器和通信冗余送入计算机。其中变频器始终处于计算机链接运行方式,系统在手动和自动状态下变频器输出频率控制都由工控机以通信方式向变频器发送频率命令来实现。给粉机自动/手动切换是由智能操作器实现的。智能操作器采用 80C320 芯片为核心组成,操作器上的增减按钮作为单片机的外部中断来处理。中断发生后,由单片机对原输出频率进行相应增减后再转化为频率命令发送给变频器,控制其频率输出。在计算机系统工作正常的情况下,运行人员操作智能操作器上的手动按钮可实现手动控制,也可由计算机根据运行工况切换到手动控制。此时,计算机通过通信将各回路的控制输出自动跟踪智能操作器的手动输出,为无扰切换到自动控制方式作准备。当计算机或通信故障时,智能操作器会声光报警,以提醒运行人员切换到外部手动运行方式,此时计算机无法实现跟踪,因此,当系统恢复正常后,首先将各变频器输出频率通过通信或智能采集前端读入计算机,实现跟踪,然后,运行人员通过计算机或智能操作器操作切换到自动控制方式。由此可见,此方案的技术关键是智能操作器的开发。

3.2.2 数据采集

数据采集采用智能数据采集前端(IDCB),通过网络通讯来实现。本方案共用6个IDCB,其中IDCB1、IDCB2用于风粉在线测量(包括一次风温测点16个,压差测点16个,混合温度测点4个以及煤粉温度测点4个);IDCB3用于变频器输出频率及有关模拟量信号(P_r 、 P_1 、 D 等)采集;IDCB4用于采集各变

频器的操作器和层操器的状态开关量信号(共20个),以便于计算机对煤粉量控制回路运行方式进行管理;IDCB5用于各一次风操作器模拟量输出信号(16个)采集;IDCB6用于采集各一次风操作器和层操器的状态开关量信号(共20个),以便于计算机对一次风控制回路运行方式进行管理。

3.2.3 手动/自动切换

3.2.3.1 给粉机自动/手动控制方式的切换

在系统工作正常的情况下,运行人员操作“操作器”上的手动按钮可实现手动控制。此时,计算机通过智能数据采集前端不断采集变频器的频率输出,并使各回路的控制输出自动跟踪变频器的频率输出,为无扰切换到自动方式作准备。

3.2.3.2 一次风自动/手动控制方式的切换

在系统工作正常的情况下,运行人员操作“操作器”上的手动按钮可选择手动控制方式。运行工况出现不正常时,计算机可向层操器发出开关量信号,自动切到手动控制方式。在手动运行时,计算机可通过IDCB将各操作器的模拟量输出信号读入机内,以实现自动跟踪。如果计算机发生故障,则自动或通过运行人员选择手动控制方式,但此时计算机无法实现自动跟踪。计算机恢复正常并投入运行后,首先通过IDCB读入各操作器的输出,完成自动跟踪,并向操作器发出指示信号。运行人员根据需要 will 一次风控制方式切换到自动控制方式。

尽管系统结构不复杂,但控制回路较多,上述总体设计完全符合分布式控制系统的设计思想,并体现了现场总线的基本原理,系统可靠性大为提高,在技术先进性、控制精度各方面都体现出独特的优势。此外,采用变频器通信控制方式便于对变频器的多种工作参数进行监测,而不必再增加新的数据采集器,可以节省设备投资。方案实现的关键在于对变频器的通信控制和智能操作器的开发。

4 变频器的通信控制

由图1可得系统通信控制结构图,如图2。

系统采用单片机组成智能型操作器。从结构上看,该系统实质为一台主机,多台从机的主从式总线型多机通信系统。主机发送的信息可被各从机接收,而从机只能对主机发送信息,从机间不能直接相互通信。显然,要组成一个这样的分散控制系统,首先要解决的是主机与各从机之间以及从机与各变频

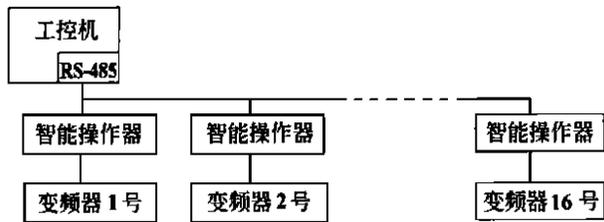


图 2 系统通信控制结构图

器之间的数据通信问题。本文中仅讨论主机与各从机之间的数据通信问题。

4.1 主机与从机通信原理

本系统中主机(工控机)与智能操作器(采用 MCS-51 系列单片机)之间的通信实际上就是主机与从机的多机通信。在多机通信中,要保证主机与从机间可靠的通信,必须保证通信接口具有识别功能。MCS-51 系列单片机具有多机通信功能,其全双工串行 I/O 接口支持四种串行通信工作方式,其中方式 2 和方式 3 是专为 MCS-51 系列单片机的多机通信而设置的。在方式 2 和方式 3 中,通过使用多机通信控制位 SM2,可以方便地实现主机-从机的一对一通信。当串行口以方式 2 或方式 3 工作时,发送和接收的每一帧信息都是 11 位,其中第九数据位是可编程位,若从机的控制位 SM2=1,则当接收的是地址帧时,数据装入 SBUF,并置 RI=1 向 CPU 发出中断请求;若接收的是数据帧,则不产生中断标志,信息将抛弃。若 SM2=0,则无论是地址帧还是数据帧都产生 RI=1 中断标志,数据装入 SBUF。

PC 机的串行通信接口是以 8250 为核心部件组成的。虽然 8250 本身并不具备 MCS-51 系列单片机的多机通信功能,但通过软件的办法,可使得 8250 满足 MCS-51 单片机多机通信的要求,方法如下。

8250 可发送十一位数据帧,这十一位数据帧由一位起始位,八位数据位,一位奇偶校验位和一位停止位组成,其格式为:

起始位	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	奇偶位	停止位
-----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

而 MCS-51 单片机多机通信的典型数据格式为:

起始位	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	TB8	停止位
-----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

其中 TB8 是可编程位,通过使其为 1 或为 0 而将地

址帧和数据帧区别开来。

比较上面两种数据格式可知:它们的数据位长度相同,不同的仅在于奇偶校验位和 TB8。但通过软件的方法可以编程 8250 的奇偶校验位,使得在发送地址时为“1”,发送数据时为“0”,则 8250 的奇偶校验位完全模拟了单片机多机通信的 TB8 位,对于这一点是不难办到的,只要给 8250 的通信控制寄存器写入特定的控制字即可。

4.2 通信过程

(1) 所有从机的 SM2 位置 1,使它们处于只接收地址帧状态。

(2) 主机向从机发送站号信息,其中包含 8 位地址位,并置奇偶校验位为 1。

(3) 从机收到站号后,与本机站号进行比较,若相符,则使 SM2=0,并回送站号及状态字作为应答;如果不一致,说明主机是与其他从机进行通信,从而忽略该命令。

状态字为一个字节,格式为:

上次控制命令	上次控制命令	操作器	操作器	操作器请	变频器正	未定	未定
令执行正确	令执行错误	手动	自动	求自动	常/故障	义	义
D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7

(4) 主机根据状态字判断从机所处状态及上次控制命令是否正确执行。若正确执行,则置奇偶校验位为 0,向从机发送新的控制命令及数据;若未正确执行,则给出通信故障信息。

(5) 从机回送应答信号给主机。应答信号为:

- 04H 数据校验错误
- 08H 数据校验正确
- 80H 从机收到非法指令

(6) 主机根据应答信号判断从机是否正确接收。若正确接收,则发送“FFH”命令,使所有从机恢复 SM2=1,只接收地址帧信息;若未正确接收,则重发该控制命令。

实际编程中主机通信程序作为实时多任务调度模块的一个子任务,利用了 PC 系列及其兼容机的异步串行通信接口;另外为了不影响主机前台任务的处理,采用中断通信方式,从而使串行通信变得简单而有效。

5 结论

(1) 均衡燃烧控制系统在戚墅堰电厂的成功应用表明文中所提系统设计方案是完全可行的,完全

单元机组运行经济性在线数学模型研究

张小桃¹, 王爱军¹, 李艳华¹, 王培红²

(1. 华北水利水电学院 动力系, 河南 郑州 450045; 2. 东南大学 动力系, 江苏 南京 210096)

摘 要: 在电厂实时信息系统的基础上, 开发了实用的单元机组运行经济性在线数学模型。该模型不仅可以对单元机组的主要经济指标进行在线监测, 还可以对机组运行经济性进行诊断分析, 并且已经在电厂应用, 效果良好。

关 键 词: 在线监测; 性能诊断; 经济性; 数学模型

中图分类号: TK264. 9 文献标识码: A

1 引言

随着人们节能降耗意识的日益提高, 机组运行经济性越来越受到重视。目前, 大型机组都装备了实时信息系统, 能实时采集和显示大量的反映机组运行状况的一次数据。利用在线数学模型对一次数据进行实时处理, 在单元机组运行性能诊断系统中形成直观的性能结果。

性能诊断系统功能之一是: 充分利用机组运行参数所反映的技术信息, 提供更多、更直接的反映机组运行经济性的指标数据和能损分析数据, 并将分析结果实时提供给运行人员, 用来指导运行。

单元机组运行经济性在线数学模型是性能诊断系统的核心部分, 主要由以下计算模块组成: 锅炉效率在线计算模型; 锅炉运行经济性诊断分析; 汽轮机运行经济性诊断分析; 热力系统运行经济性诊断分析等。

收稿日期: 2000-05-19; 修订日期: 2000-07-03

作者简介: 张小桃(1967-), 女, 河南焦作人, 华北水利水电学院讲师。

能满足系统的功能要求。

(2) 系统采用变频器通信控制方式是可行的, 保证了系统的可靠性和控制精度。

(3) 该系统只适用于热风送粉的中间仓储式锅炉, 因此具有一定的局限性。但依据我国电站锅炉燃烧管理的现状, 仍具有很强的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 吕震中, 沈炯. 采用变频调速的均衡燃烧计算机控制系统[J]. 动力工程, 1996, 16(4): 47-50.
- [2] 李益国. 均衡燃烧控制系统技术问题研究[D]. 南京: 东南大

2 锅炉效率在线计算模型

锅炉效率在线计算模型需要输入燃料的工业分析成分: Q_d^y (低位发热量), W^s (燃料应用基水分), A^y (燃料应用基灰分) 和锅炉的主要监测参数: O_{2y} (排烟氧量), t_{py} (排烟温度), t_{lk} (冷空气温度), C_{fh} (飞灰含碳量) 等, 按反平衡法计算锅炉效率 η_b , 公式如下:

$$\eta_b = 100 - l \quad (1)$$

$$l = l_G + l_m + l_{uc} + l_R + l_{um} \quad (2)$$

$$L_G = \frac{C_{pg}}{Q_d^y} (k_1 + k_2 \alpha_{py}) (t_{py} - t_{lk}) \cdot 100\% \quad (3)$$

$$\alpha_{py} = \frac{21}{21 - O_{2y}} \quad (4)$$

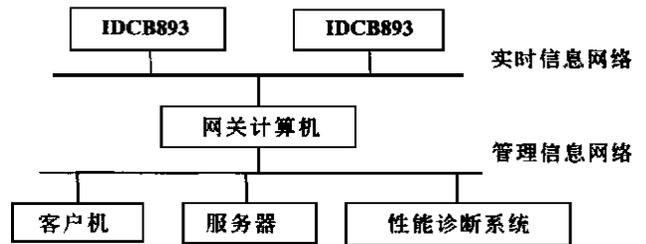


图 1 电厂系统总体配置图

学 1998.

- [3] 王凯, 赵海生, 陈增宏. 煤粉浓度监测系统[J]. 动力工程, 1994, 14(3): 45-48.
- [4] 李雪亮, 武国栋, 杜廷龄, 等. 电站锅炉燃烧分析与诊断系统[J]. 中国电力, 1998, 31(1): 14-17.
- [5] 陈钢, 丘纪华, 张志国. 煤粉浓度对火焰温度影响的试验研究[J]. 热能动力工程, 1994, 9(2): 70-72.
- [6] 王占强. 8031 单片机多机系统的实时通信[J]. 工业控制计算机, 1997, 10(1): 10-12.
- [7] 张健. 变频器的计算机监控系统[J]. 工业仪表及自动化装置, 1997, 27(3): 20-23.

(何静芳 编辑)

自由表面摩擦和蒸发对过冷下降液膜传热的影响 = **The effect of Free Surface Friction and Evaporation on the Heat Transfer of Sub-cooled Falling Liquid Film** [刊, 汉] / SHI Jin-sheng, CHEN Yu-zhou (China National Atomic Energy Research Academy, Beijing, China, Post Code: 102413) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(4). — 383 ~ 385, 392

A theoretical analysis was conducted of the heat exchange characteristics of a falling liquid film under the condition of evaporative heat dissipation and of the presence on the free surface of a reverse shearing force. As a result, obtained was a non-dimensional relation of the film thickness and heat exchange factor. Also discussed was the influence of shearing force, liquid film Reynolds number, wall surface heat flux and evaporation rate on the flow and heat transfer. **Key words:** falling liquid film, reverse flow, heat transfer

均衡燃烧控制系统总体设计及关键技术问题研究 = **A Study of the Integrated Design of a Harmonious Combustion Control System and Its Related Technical Issues** [刊, 汉] / LI Yi-guo, SHEN Joing, LU Zhen-zhong (Power Engineering Department, Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(4). — 386 ~ 388

In light of the problems currently existing in the boiler combustion process of a 200 MW power plant in China the authors have designed a harmonious combustion control system. On the basis of the functional requirements of the system and the specific control mode of an inverter proposed is an integrated design scheme of the combustion control system. The communication control of the inverter represents a key issue in implementing the above design scheme. Briefly discussed is a method of the inverter output control realized through the use of a master-slave type of multi-machine communication mode. **Key words:** harmonious combustion, inverter, communication

单元机组运行经济性在线数学模型研究 = **Research on an On-line Mathematical Model for the Evaluation of the Cost-effectiveness of a Monoblock Unit Operation** [刊, 汉] / ZHANG Xiao-tao, WANG Ai-jun (Power Engineering Department, North China Institute of Water Resources and Hydropower, Zhengzhou, Henan Province, China, Post Code: 450045), WANG Pei-hong (Power Engineering Department, Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(4). — 389 ~ 392

On the basis of the real-time information system of a power plant developed is an on-line practical-for-use mathematical model for evaluating the operation cost-effectiveness of a monoblock unit. The model can not only conduct an on-line monitoring of the major economic indexes of the monoblock unit, but also diagnose and analyze its operating cost-effectiveness. Its use at a power plant has been proved to be quite fruitful. **Key words:** on-line monitoring, performance diagnosis, cost-effectiveness, mathematical model

锅筒式锅炉差压式水位计的温度补偿研究 = **Temperature Compensation Study of the Differential-pressure Water Gage Used for a Drum Boiler** [刊, 汉] / YANG Fei, CHEN Guang-hua (Power Engineering Department, Northern Jiaotong University, Beijing, China, Post Code: 100044) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(4). — 393 ~ 394

Due to its location in an atmospheric air environment the reference water column of a differential-pressure water gage is inevitably subjected to the influence of the change in environmental conditions. In the design of the present-day differential-pressure water gage either no temperature compensation or a temperature compensation of only 50 °C fixed value has been set for the reference water column. Through a numerical calculation analyzed was the influence of the ambient temperature the reference water column temperature of the differential-pressure water gage of a sub-critical drum boiler is being subjected to. Moreover, a simple calculation formula is given to facilitate the achievement of a higher level of precision for the differential-pressure water gage. **Key words:** drum boiler, water gage, temperature compensation

循环流化床锅炉密相区内颗粒的横向扩散研究 = **A Study of the Transverse Dispersion of Solid Particles in the Dense-phase Zone of a Circulating Fluidized Bed Boiler** [刊, 汉] / YANG Hai-rui, LU Jun-fu, LIU Qing, et al (Thermal Energy Engineering Department, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(4). — 395 ~ 398

With hot particles serving as tracer ones the radial variation of the latter was measured by the use of thermocouples. A study of the particle transverse dispersion has been conducted in the dense-phase zone of a circulating fluidized bed,