

SJG—20 型燃煤锅炉微机监控系统

陈刚 于振安 王景义 问振宇 刘晓华

〔提要〕本文叙述了一种燃煤锅炉微机监控系统的软、硬件组成及调节原理。该系统利用 Fuzzy 控制的特点弥补了经典控制理论在锅炉燃烧过程调节中的不足。

主题词 锅炉 微机监控

一、引言

由于世界性的能源危机，各国都把节约能源和开辟新能源作为一项基本国策。除了工艺节能外，对诸如锅炉、水泥窑一类耗能设备采用先进的控制方案，以提高节能效果，意义十分重大。

锅炉燃烧过程是一个多变量的复杂过程，因其输入与输出的动态特性，一般难以解析形式精确地描述，用经典控制理论进行控制，不易得到好的调节品质。采用计算机（控制功能强，又有逻辑判断和存贮能力）可以把经典控制理论与 Fuzzy 控制理论相结合，利用 Fuzzy 控制的特点来弥补经典控制理论应用在锅炉燃烧过程调节中所出现的不足。

二、系统的硬件结构

1. 系统基本结构

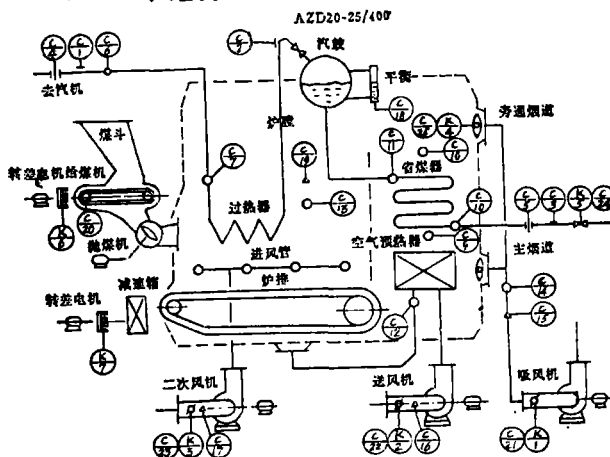


图1 SJG—20型燃煤锅炉微机监控系统测控点示意图

本文收到日期：1987年11月27日

SJG—20型燃煤锅炉微机监控系统用于对AZD20—25/400型燃煤锅炉的20个运行参数和5个执行机构位置反馈参数进行监测, 并对其全部7个控制量进行闭环控制。其监测与控制的参数如图1所示。

图2示出了SJG—20型燃煤锅炉微机监控系统硬件基本结构。为了提高整个控制系统的可靠性, 在系统设计上采取了冗余化设计技术。就其基本结构而言, 系统主要分为变送单元、接口单元、微机单元和控制单元四个部分。

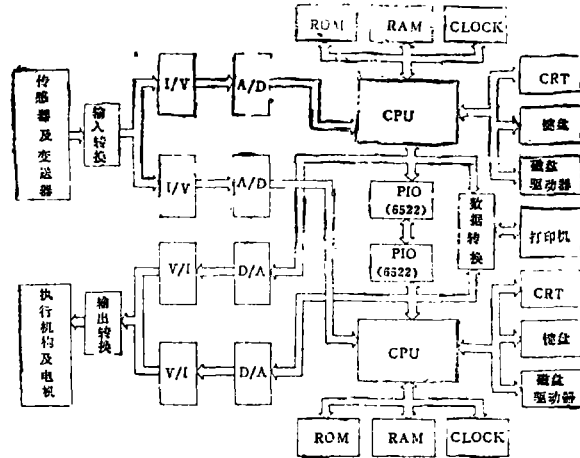


图2 SJG—20型锅炉微机监控系统硬件结构框图

变送单元主要包括压力变送器、差压变送器、温度变送器和氧量变送器等。它们均采用DDZ—Ⅱ系列电动组合式仪表, 将被测量转变为0—10mADC电流信号, 经长线输送至接口单元。接口单元主要包括数据切换、I/V变换、V/I变换、A/D变换、D/A变换、状态控制、并行接口、时钟、电源等功能板。并行接口板除用于开关量的输入与输出外, 还用于两计算机间的数据通信。在不使用专用通信接口的情况下, 实现了两机通信, 减少了系统的硬件配置, 提高了可靠性。时钟板除用于计时外, 还作为时钟中断源。微机单元主要包括2套计算机系统(打印机为两机共用), 一套定义为主计算机, 另一套定义为辅助计算机。它们是整个控制系统的核心, 可完成数据采集、数据处理、调节计算、控制输出、系统管理等工作。控制单元主要包括角行程执行机构、伺服放大器、滑差电机控制器等。它们分别用于控制鼓风量、引风量、二次风量、给煤量、炉排转速、给水量和烟气旁通量。

2. 冗余化

整个控制系统的冗余化分为变送器冗余、接口冗余、计算机冗余和操作冗余四个部分。

(1) 变送器冗余。对直接影响锅炉安全运行的主要参数(汽鼓水位、主蒸汽压力、主蒸汽温度)的测量变送器, 都装有相应的辅助变送器作后备。在正常工作时, 将主、辅变送器的测量数据全部采集到计算机中, 以主变送器的数据参加调节计算。当主变送器发生故障时, 计算机自动地以相应的辅助变送器的数据参加调节计算, 保证

系统的安全运行。

(2) 接口冗余。接口电路中的 I/V 变换、V/I 变换、A/D 变换、D/A 变换、并行接口、时钟等功能板都为双套。当某一功能板出现故障时,计算机能自动地进行切换。

(3) 计算机冗余(双计算机系统)。在正常工作时,主计算机完成整个系统的全部工作,定时向辅助计算机发送数据,并检查辅助计算机的工作状态。辅助计算机除完成对主计算机工作状态进行检查外,还接收主计算机发送来的数据,并进行显示。一旦主计算机故障,辅助计算机能自动投入工作,接替主计算机完成对整个系统的控制。

(4) 操作冗余。除由计算机对锅炉进行自动控制外,设计上还保留和完善了原手动操作系统。运行中可方便地进行自动→手动控制的无扰动切换,且手动优先级最高。一旦控制系统某一部分失效,运行人员可方便地由自控状态切换到手控状态,保证锅炉安全运行。

三、系统的软件结构

SJG—20 型燃煤锅炉微机监控系统的程序主要分为引导程序、主中断服务程序、子中断服务程序、主程序、汉字库等。为使显示更为直观,减少系统的硬件配置,开发了软汉字系统,在无硬件汉卡支持下,实现了高分辨图形显示文字功能。

1. 引导程序。将主程序、主中断服务程序、子中断服务程序等一并调入内存,并启动中断服务程序。

2. 主程序。主程序用 BASIC 语言编制,该程序采用模块化设计结构。主要有键盘扫描、参数计算、初始化、量纲转换、显示管理、打印管理等模块。

3. 中断服务程序。它包括主中断服务程序和子中断服务程序。采用汇编速度快、功能强的 LISA2·5 交互汇编软件编制。该程序也采用模块化设计方法,主要有时钟处理模块、数据采集模块、数字滤波模块、初始化模块、两机通信模块、主机自检模块、它机互检模块、变送器与执行机构故障检查模块、报警管理模块、调节计算模块等。时钟处理模块设置屏幕缓冲区,在屏幕上任意一行均可显示时钟(由 BASIC 语言设定)。数字滤波模块对采集的数据进行数字滤波。在滤波处理上,对不同类型的数据分别采用不同的滤波常数和滤波形式,使测量参数更加准确。主机自检模块定时检查计算机 CPU、RAM、ROM 三大部件的功能。对 CPU 进行指令测试、对 RAM 进行下雨检查、对 ROM 进行求代码和检查。它机检查是在通信数字中加一跳变单元。如果该数据在一定的时间内不变,则说明它机已发生故障,本机便可设定工作状态。两机通信利用两机的并行接口。通过判定机器状态来设定并行接口的方向。数据通信采用握手方式进行异步通信。数据进行奇偶校验,并设定始标码。调节参数的控制算法除采用数字 PID 调节算式外,还在部分环节采用了模糊控制算法。数字 PID 计算采用双字节计算。

四、调节原理

1. 汽鼓水位自动调节

汽鼓水位调节直接关系到锅炉运行的安全及蒸汽质量的好坏。为了在锅炉运行时，把汽鼓水位控制在较小的范围内变化，本系统在汽鼓水位调节回路内采用了以蒸汽流量和给水流量为前馈补偿信号，以汽鼓水位为被调量的串级三冲量调节系统，其调节系统框图如图 3 所示。

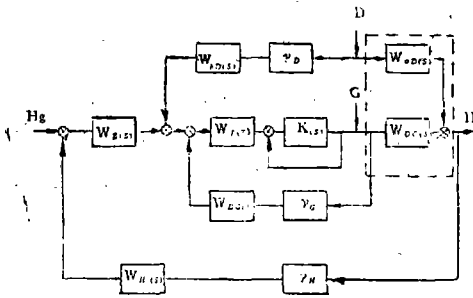


图 3 汽鼓水位自动调节系统框图
为给水执行机构传递函数。将传递函数离散化，求出其差分方程就可在计算机上实现数字调节。以下同。

2. 热负荷自动调节

热负荷调节对汽轮机的工作产生直接影响。锅炉热负荷调节是一个复杂的多变量调节过程。在多数情况下，输入量相对于热负荷变化的动态特性无法用解析形成表达。特别是在锅炉负荷变化较大，并且又经常要在低负荷情况下运行的锅炉来说，采用经典控制方法来实现对锅炉热负荷的自动调节，显然是不容易得到良好的调节品质的。

人们发现，在许多场合，如水泥烧制、化学反应过程、锅炉燃烧过程及炼钢炉等，人工操作控制这一类复杂的工业过程，远比用经典控制理论设计的控制效果好。模糊数学的出现，使我们能够按照一定的规则来总结和使用熟练操作人员的操作经验。而计算机（特别是微型计算机）的大量使用，才使得这一类以模糊算法构成的模糊逻辑控制器（即 Fuzzy 控制器）能够用于复杂工业过程的控制。

在部分通道采用了 Fuzzy 控制器的热负荷自动调节系统框图如图 4 所示。为了弥补 PID 调节器在燃烧调节过程中的不足，

在热负荷自动调节系统中同时使用了 PID 调节器和 Fuzzy 控制器。在鼓风调节通道内，鼓风量的调节一方面根据 Fuzzy 控制器输出的风煤比进行粗调，另一方面根据经济性燃烧调节回路和排烟空气过量系数进行微调

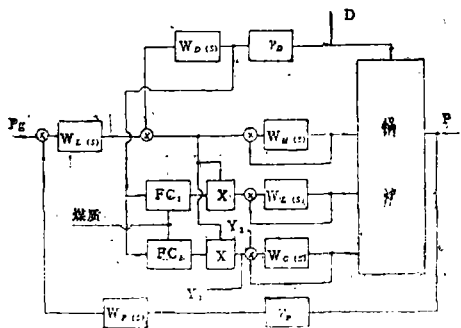


图 4 热负荷自动调节系统框图

(Y2)。同时，鼓风机控制输出又送至炉膛负压燃烧调节回路，作为引风调节的前馈(Y1)。

在热负荷自动调节系统中， $W_L(s)$ 为主调节回路传递函数， $W_D(s)$ 为蒸汽流量的前馈补偿传递函数， F_{C1} 为炉排转速煤量比 Fuzzy 控制器， F_{C2} 为风煤比 Fuzzy 控制器， γ_P 、 γ_D 分别为主蒸汽压力与蒸汽流量变送器的传递函数， $W_M(s)$ 、 $W_L(s)$ 、 $W_F(s)$ 分别为给煤机、炉排控制滑差电机和鼓风机执行机构传递函数。

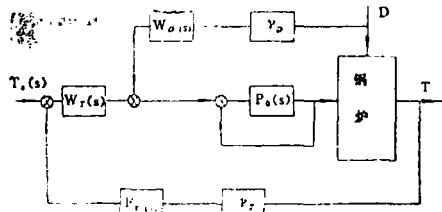


图5 过热蒸汽温度自动调节系统框图

3. 过热蒸汽温度自动调节

过热蒸汽温度自动调节系统框图(见图5)。

图中 $W_T(s)$ 为主调节回路的传递函数， $F_T(s)$ 为反馈通道的传递函数， $P_O(s)$ 为旁通烟气挡板执行机构的传递函数， γ_T 为过热蒸汽温度测量变送器传递函数。

4. 经济性燃烧自动调节

为了满足在不同的工况下都能有良好的燃烧，在本系统对空气过量系数的调节采用了一个 Fuzzy 控制器作为给定值控制器，而主调节器仍采用 PI 调节器。在总结熟练操作人员实践经验和试验结果的基础上，提出模糊控制模型，实现了控制给定值的在线自动修改。

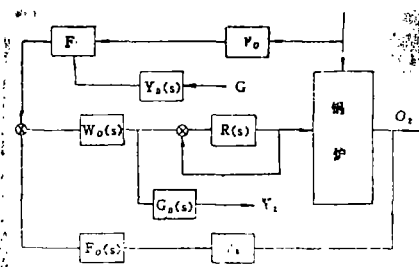


图6 经济性燃烧自动调节系统框图

按上述原则设计的经济性燃烧自动调节系统框图如图6所示。

图中：F 为控制给定值 Fuzzy 控制器， $W_O(s)$ 为主调节回路的传递函数， $G(s)$ 、 $R(s)$ 分别为鼓风机执行机构和二次风执行机构的传递函数

5. 炉膛负压燃烧自动调节

炉膛负压燃烧调节系统框图如图7所示。

图中： $W_{MP}(s)$ 为主调节回路，调节规律为带死区的 PI 调节， $F_{MP}(s)$ 为反馈回路的传递函数， $R_G(s)$ 为鼓风机前馈补偿传递函数， γ_{MP} 为炉膛压力测量变送器传递函数。

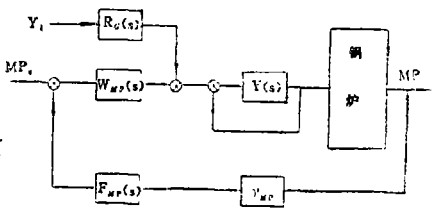


图7炉膛负压燃烧自动调节系统框图

五、实际运行结果

SJG—20 型燃煤锅炉微机监控系统于 1986 年末在黑龙江省同江市发电厂 4 号锅炉投入运行。近一年的运行结果表明，系统运行稳定可靠，参数测量准确，控制精度高，

较手动操作明显提高运行水平。

1. 连续运行结果

采用手动控制与采用微机控制的汽鼓水位，主蒸汽压力，主蒸汽温度、炉膛压力和烟气含氧量的变化曲线分别如图 8、9、10、11、12 所示。

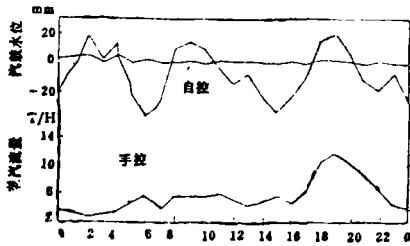


图8 汽鼓水位变化曲线

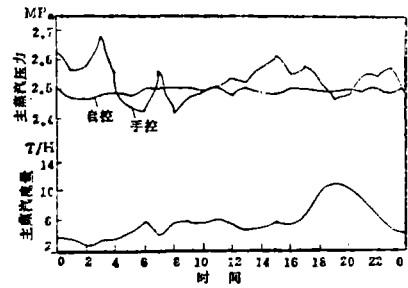


图9 主蒸汽压力变化曲线

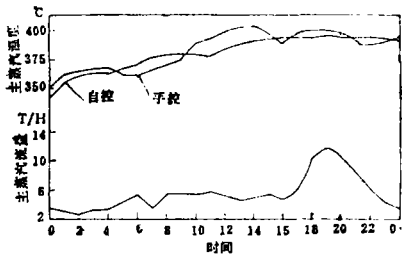


图10 过热蒸汽温度变化曲线

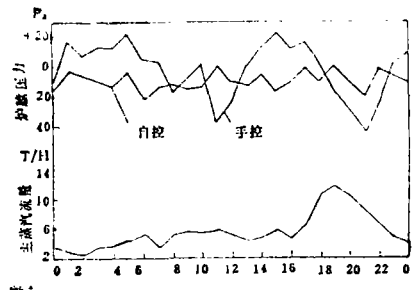


图11 炉膛压力变化曲线

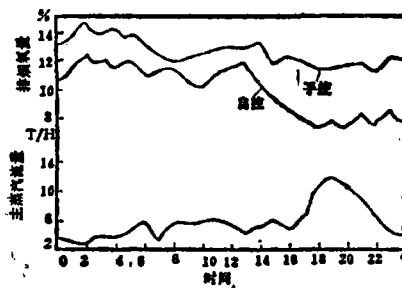


图12 烟气含氧量变化曲线

由图中可以看出，采用微机控制后，整个系统的控制稳定性明显提高。汽鼓水位变化由手控时的 $+20$ mm 变为 ± 5 mm，主蒸汽压力变化由手控时的 2.4~2.7 MPa 变为 2.45~2.55 MPa。

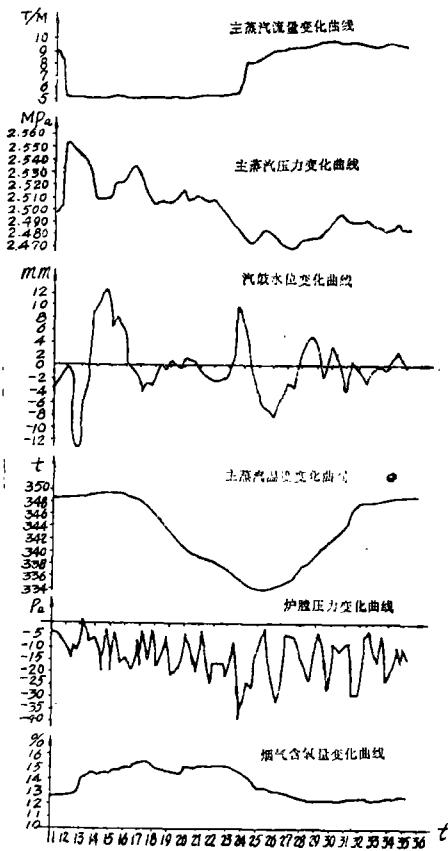


图 13 扰动响应曲线

2. 扰动试验结果

在主控室以甩电负荷和加电负荷的方式，进行蒸汽流量的减负荷扰动和增负荷扰动，测得其扰动响应曲线如图 13 所示。

3. 热平衡测试结果

为比较用微机控制与用手动控制的燃烧效率有多大提高，对该锅炉分别在手动控制燃烧和微机控制燃烧时进行热平衡测试，其热平衡测试结果如表 1 所示。

由表 1 可以看出，在手动控制燃烧时，锅炉平均效率为 65.15%。自动控制燃烧时，锅炉平均效率为 72.47%，自动控制较手动控制平均提高效率 7.32%，全年可节约原煤 1416 吨。

六、结束语

采用微机控制锅炉燃烧主要是从降低固体不完全燃烧热损失 (q_4) 和排烟热损失

表 1 热平衡测试结果

编号	名称	符号	单位	微机控制结果			手动控制结果		
1	试验编号	—	—	01	03	05	02	04	06
2	试验负荷	D	T/h	4.9	9.9	8.9	5.2	7.1	9.6
3	飞灰可燃物含量	ef _h	%	18.83	28.88	29.68	23.12	38.85	55.32
4	灰渣可燃物含量	el _h	%	8.43	19.82	7.64	9.73	41.56	13.71
5	排烟温度	t _{pr}	K	151.2	157.6	163.7	152.73	157.8	165.6
6	空气预热器后过剩空气系数	2k _{pr}	—	2.35	2.30	2.28	2.33	2.33	2.30
7	低位发热量	Q ₀	kJ/kg(kcal/kg)	24581 (5873)	19341 (4621)	23614 (5642)	24581 (5873)	19341 (4621)	23614 (5642)
8	排烟热损失	q ₅	%	11.59	11.77	12.52	11.55	12.02	13.6
9	化学未完全燃烧热损失	q ₆	%	0.18	0	0.88	0	0	0
10	灰渣未完全燃烧热损失	q ₄	%	8.27	16.16	8.55	9.83	27.45	18.11
11	散热损失	q ₈	%	5.30	3.76	2.92	5.0	3.66	2.70
12	灰渣物理热损失	q ₉	%	0.24	0.062	0.28	0.25	0.019	0.287
13	锅炉效率	η	%	74.37	68.22	74.82	73.36	56.86	65.29

(q₂) 这两个方面提高了效率。采用计算机控制后,不但可以提高锅炉效率、降低运行人员劳动强度,而且可以使燃烧状态更加平稳,这样可以进一步提高蒸汽质量和延长锅炉使用寿命。

参加此项工作的还有鲁振岭、王瑛、陈磊和同江市发电厂的王国文、于雪平、张亚安等,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] <火电厂热力过程自动化> 电力工业出版社, 1980年
- [2] 尹长德: <模糊语言控制器及其在过程中的应用> 1979年
- [3] <SJG—20型燃煤锅炉微机监控系统扰动实验报告>, 1987年
- [4] <同江市发电厂4号锅炉热平衡测试报告>, 佳木斯发电厂, 1987年

Microcomputer Monitoring System for SJG—20 Coal—Burning Boilers

Chen Gang, Yu Zhenan, Wang Jingyi, Wen Zhenyu, Liu Xiaoha
(Harbin Marine Boiler and Turbine Research Institute)

Abstract

This paper describes the regulation principles and the software and hardware components of a microcomputer monitoring system for coal-burning boilers. The specific features of fuzzy control employed in the system can make up for the deficiencies in boiler combustion regulation usually associated with the classical control theory.

Key Words: Boiler Microcomputer monitoring