

# 实现全自动启动循环流化床锅炉的控制策略

卫 明<sup>1</sup>, 申利民<sup>2</sup>

( 1 南京师范大学 动力工程学院, 江苏 南京 210042;

2 安溪煤矸石电厂, 福建 安溪 362411)

[摘要] 针对国产 220 t/h 循环流化床锅炉的特点, 结合工程的具体实际, 介绍了一种实现全自动启动循环流化床锅炉的控制策略. 采用两台结构简单的就地控制装置实现对锅炉点火用设备进行就地操作和远方 DCS 切换. 在 DCS 中, 用一对独立的控制器 (DPU) 实现在锅炉启动过程及常规运行时都适用的炉膛安全系统 (FSS) 和燃烧器控制系统 (BCS) 的功能. 着重叙述了油系统泄漏试验、炉膛吹扫、点火启炉和烟风系统的顺序控制逻辑; 指出了 CFB 锅炉在启动过程中的投煤条件和投煤方式, 以及各次风量与给煤量的匹配要求. 该控制策略的应用大大降低了锅炉运行人员在机组启动时的操作强度, 提高了锅炉运行的自动化水平.

[关键词] CFB, 启动, 控制, 程序

[中图分类号] TK 223.7 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2006) 03-0040-05

## Control Policy Adopted for CFBB Automatic Start-up

WEI Ming<sup>1</sup>, SHEN Lin<sup>2</sup>

( 1 School of Power Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China

2 Anxi Power Plant, Anxi 362411, China)

**Abstract** This article describes the control policy adopted in realizing the fully-automatic start-up of the domestic 220 t/h CFBB based on its characteristics and in combination with practice of the project. The policy is characterized by the simplicity of two sets of on-spot control apparatus which function as on-spot manipulating and remote DCS switching for the control of furnace ignition. A specific dual the Distributed Process Unit (DPU) in DCS is used to realize the function of furnace safety system (FSS) and burner control system (BCS) during furnace start-up phase and normal run. The emphasis is given in this article on the sequence control logic of fuel oil leakage detection, furnace purge, ignition during start-up, smoke/air system. The condition and method of coal feeding, the volume and sequence of air and coal for every feeding are also elaborated. With this control policy, the work loads of the operators during boilers start-up are greatly reduced and the automation of boiler operation is improved.

**Key words** CFBB, start-up, control, program

## 0 引言

循环流化床锅炉 (CFBB) 因具有燃烧效率高、低污染、燃料适应性广、负荷调节性能好的优点而得到越来越广泛的应用, 但循环流化床锅炉热工自动控制方面的问题已成为其推广应用的主要障碍<sup>[1]</sup>. 由于循环流化床锅炉是一个非线性、时变、多变量耦合的控制对象, 使得正常运行时对于煤粉锅炉行之有效的常规控制方法已难以满足循环流化床锅炉的各项控制指标. 但在锅炉的启动过程中由于对锅炉的各种参数的控制要求相对不高, 启动程序也不十分复杂, 通过实践调试发现实现全自动启动循环流化床锅炉是可行的.

福建省安溪煤矸石电厂利用矿区无烟煤煤矸石发电, 是集低热值燃料资源综合利用、节能、环保为一体的工程项目. 工程采用济南锅炉集团公司生产的型号为 YG 220-9.81/540-M 的高温高压单汽包循环流化床锅

收稿日期: 2006-03-14

作者简介: 卫 明 (1963-), 高级实验师, 主要从事热工过程自动控制的教学与研究. E-mail: nsdwm@126.com

炉。该炉的额定蒸发量为 220 t/h 额定蒸汽压力为 9.81 MPa 额定蒸汽温度为 540℃。每炉设有 2 个煤仓, 4 台封闭式耐压称重变频调节给煤机。锅炉启动采用床下和床上结合的点火方式, 床下、床上分别布置有 2 台和 3 台点火燃烧器(油枪)。燃烧器的点火用油为 0#轻柴油, 采用高能电火花点火, 内回油机械雾化方式。点火油压为 2.5 MPa 点火用燃煤为烟煤。工艺系统如图 1 所示。

图中 03SV01 采用的是快速关闭电磁阀, 响应时间为 10~15 ms 03MCV01 为点火油压电动调节阀, 根据点火油压变送器 03PT01 的值进行调节, 保证点火油压为雾化要求的 2.5 MPa

## 1 控制设备

因电厂采用上海新华控制工程有限公司的 XDPS-400+ 分散控制系统实现机组的全部控制策略, 故将锅炉启动过程中涉及到的 I/O 点全部纳入 DCS 由一对 1:1 冗余的处理器模块(DPU)控制。为实现就地手动操作与 DCS 程控共存的模式, 设计了 2 只就地安装的点火控制柜(FCB01、FCB02), FCB01 控制床下 2 只点火燃烧器、主油阀和主油吹扫阀, FCB02 则控制床上的 3 只点火燃烧器。图 2 为床下点火控制柜 FCB01 对#1 点火燃烧器的控制原理图。图中 STDCSxx 为 DCS 输出的控制信号, DCSxxOD、DCSxxCD 为被控设备的状态, DCSFH1 为该燃烧器已点火成功的状态。DCSFH1 和 FH1 由火检装置输出。

## 2 系统功能

在 DCS 中冗余的控制器用作锅炉炉膛安全保护系统(FSSS)的主控设备。CFBB 的炉膛安全监控系统(FSSS)的控制重点在于强调燃料投运操作的条件和联锁关系, 而不是像煤粉锅炉的 FSSS 系统那样, 着重于通过燃烧器火焰的检测以防止爆炸性混合物的积累<sup>[2]</sup>。故该控制器主要用来实现炉膛安全系统(FSS)和燃烧器控制系统(BCS)两项功能。FSS 的具体功能为: 炉膛吹扫、油系统泄漏试验、燃料跳闸。燃烧器控制系统(BCS)实质上就是 CFBB 的冷态点火顺控启动, 含两大功能组: 点火启炉顺控和烟风系统顺控。

## 3 系统功能的实现

功能组设计一键启动功能。

点击“启动锅炉”按钮后, 系统按设定逻辑完成如下各功能组:

### 3.1 油系统泄漏试验

油系统泄漏试验步骤:

(1) 检查油系统泄漏试验条件是否满足: MFT 继电器已跳闸; OFT 继电器已跳闸; 主油阀已关闭; 油角阀已关闭; 回油阀已关闭。

(2) 条件满足则进行油系统泄漏试验: 自动启动默认的#1 点火油泵, 联锁打开#1 点火油泵出口电动门; 打开油母管再循环阀延时 3 s 后关闭(泄掉油母管中的压力), 使供油泵的正常供油压力加在主油阀上。在 90 s 的计时内, FSS 将监视该阀出口的油压, 如果出口油压一直保持低, 则泄漏试验成功; 如果出口油压升高超过了设定值, 则表明主油阀将油泄漏进了油母管, 泄漏试验失败。主油阀泄漏试验成功后, 打开

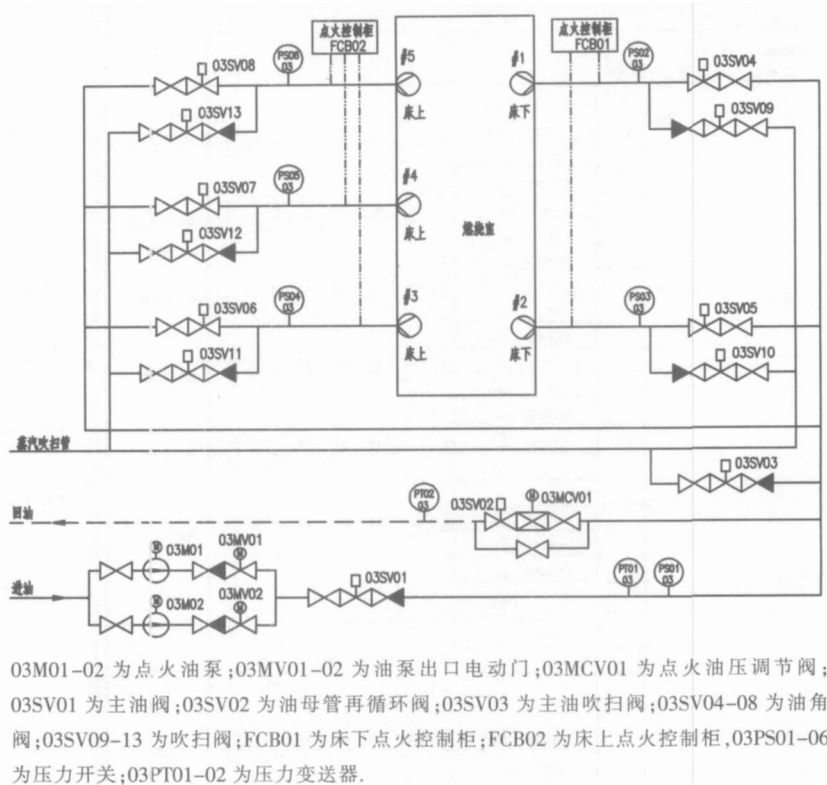


图 1 锅炉点火系统图

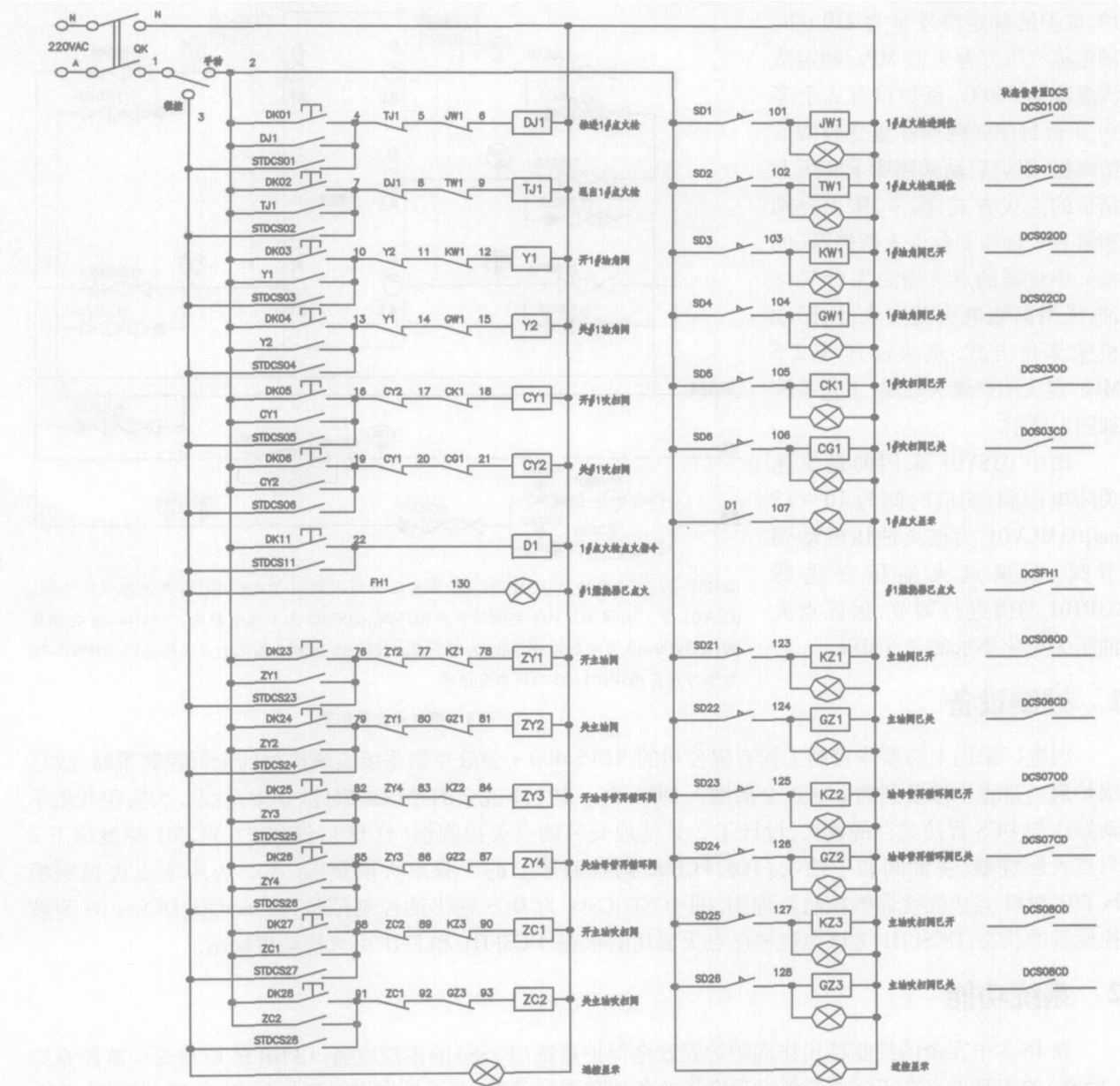


图 2 床下点火控制柜电气原理图

主油阀给油母管加压, 检查油母管压力变送器达 2.5MPa 后关闭该阀. 若母管加压在 1min 内仍未达 2.5MPa 则显示“母管加压失败”, 试验作废; 母管加压成功后, 主油阀关闭, 开始另一个 90s 的计时. 如果在这 90s 内, “油母管泄漏试验压力低”或“油母管压力不正常”, 则泄漏试验失败, 表明再循环阀或油角阀有泄漏. 油系统泄漏试验画面如图 3 所示. 若泄漏试验成功, 则油母管试验结束存储器被设定, 并在 LCD 上显示. 进入炉膛吹扫功能组.

3.2 炉膛吹扫

在冷启动前或 MFT 后必须进行 5min 的炉膛吹扫, 否则不允许点火. 在整个吹扫过程中 FSS 逻辑要监视一整套的允许条件. 如果某个吹扫条件不满足就会导致吹扫中断, 一旦吹扫中断, 操作员就需要重新启动吹扫程序. 吹扫条件和监视参数如图 4 所示. 吹扫完成后进入点火启炉顺控功能组.

3.3 点火启炉顺控和烟风系统顺控

点火启炉顺控和烟风系统顺控两个功能组同步作用完成锅炉的点火升温投煤直至锅炉的基本稳燃. 在此顺控功能组启动前, 程序先投入油母管压力调节回路, 使油母管压力稳定在 2.5MPa

3.3.1 在点火前先检查允许油点火的条件

允许油点火条件: MFT 继电器已复位; OFT 继电器已复位; 油温正常; 主油阀已开; 油母管

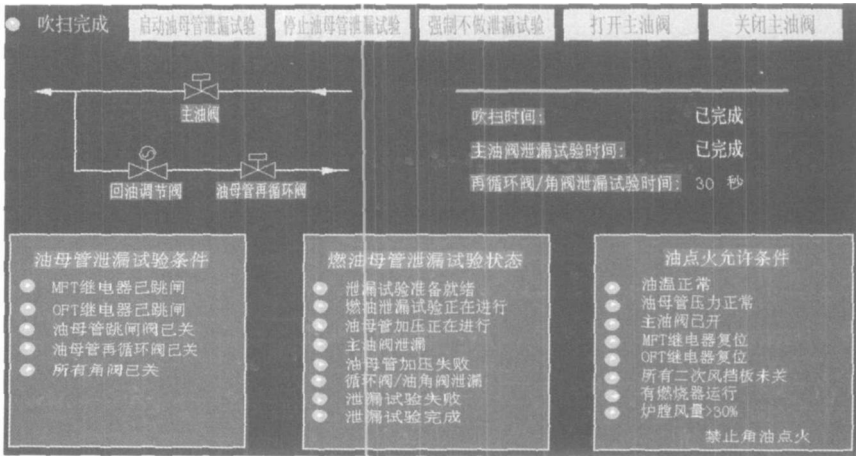


图 3 油系统泄漏试验画面

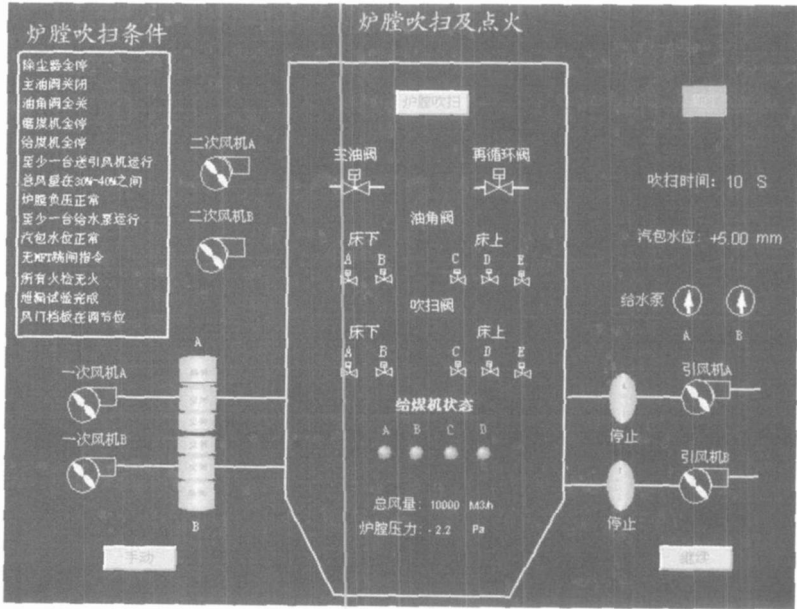


图 4 炉膛吹扫及点火画面

压力正常; 炉膛风量正常.

3 3 2 投床下油燃烧器

每一支油燃烧器在启动前都需检查如下条件: 允许油点火; 油枪没有火焰; 油阀已关; 吹扫阀已关.

油燃烧器的启动顺序: 伸进油枪; 伸进点火枪并打火; 开油角阀; 打火 12 s 后停止打火, 退出点火枪; 检查火检探头是否探测到火焰.

当火检探头探测到火焰, 说明该燃烧器已点火成功; 若未检测到火焰则该次启动失败, 将跳掉该支燃烧器 (具体做法是: 自动关闭油角阀; 如果条件允许还将自动吹扫该油枪, 吹扫结束后自动退出该油枪).

因床下油料燃烧所需的风量低于锅炉厂设计的左、右侧燃烧风风量 (济南锅炉厂结构), 因此一次风量仅考虑炉内床料的流化需要即可.

程序设计为床下两支油燃烧器既可单支一单支投入, 也可成对同时投入.

3 3 3 投床上油燃烧器

投床上油燃烧器与投床下油燃烧器的控制策略基本相同, 但考虑了燃烧器的燃烧风风量根据所投油枪油量改变 (油量每增加 1 kg 风量约增加 12~ 15 m<sup>3</sup>), 其余各项配风量不变; 投油枪的间隔时间由床温的升温速率决定.

3 3 4 给煤系统的控制

当床温达到投煤温度 (本工程设为 500℃), 采用 4 台给煤机依次工作, 脉动给煤方式给煤, 每台工作 5

$m_{in}$  每次每台给煤机的给煤量约为 0.4 t, 按此方式连续运行 4~5 个周期。若床温继续缓慢上升, 则以最小给煤量 (3 t/h)、间隔时间为 5 min 依次投入各给煤机, 实现连续给煤。在脉动给煤过程中, 需注意每一个周期的完整性, 不可强迫中断周期, 进入连续给煤, 防止炉膛中的煤层分布不均匀。

在给煤投入的同时, 程序按给煤量适当调整下二次风 (播煤风) 风量, 以保证床料的横向混合, 防止给煤在入炉口处的堆积。

当床温达到 600℃左右时, 操作人员开始手动向烟煤中掺入无烟煤, 并随床温的升高逐渐增加百分量。

### 3.3.5 停床下油燃烧器

当床温达到 820℃时, 将每台给煤机的给煤量逐渐增加到 4 t/h 并逐个切除床下油燃烧器, 两只油燃烧器切除时间间隔设为 10 min。

单支油燃烧器的停止步序: 关闭油角阀; 请求吹扫。

如果条件允许, 则开始吹扫油枪: 伸进点火枪并打火; 点火枪进到位后, 打开吹扫阀; 打火 13 s 之后退出点火枪并停止打火; 吹扫阀打开 2 min 后自动关闭, 吹扫结束; 吹扫阀关闭后, 退出油枪。

当油枪退出后, 停止步序结束。

### 3.3.6 停床上油燃烧器

当床温继续上升时, 逐个缓慢切除床上油燃烧器, 切除的时间间隔由温升的速率决定。程序设定为当床温上升至 850℃时, 停第 1 支床上油燃烧器; 上升至 860℃时, 停第 2 支床上油燃烧器; 上升至 870℃时, 停第 3 支床上油燃烧器。在切除油燃烧器的过程中将每台给煤机的给煤量逐渐增加到 6 t/h, 并在加煤前逐渐增加上二次风量, 以保证先加风后加煤, 风量与煤量相适应的要求<sup>[3]</sup>。

### 3.4 人工更换煤种

在锅炉稳定燃烧一段时间后, 由操作人员逐渐增加煤矸石的百分量, 直至锅炉的燃料全部变为煤矸石。注意在此过程中的给煤机的给煤量需逐步增加, 伴随着床位的增加, 为保证流化特性, 一次风的风压和风量都需做适量的增加。

## 4 应用效果

采用上述控制策略后, 锅炉冷态启动的平均时间在满足锅炉运行规程的前提下, 由原运行人员手动操作的 7~8 h 降低至到 6 h 左右, 点火过程中的平均用油量由 8~10 t 降低至到 6 t 左右, 产生了较好的经济效益。但也存在一些问题, 如当锅炉的个别辅机运行不理想时需临时切换到手动方式进行人工干预, 故程序设置了“手动”命令按钮, 操作人员按下“手动”命令按钮后, 程序将进入到保持状态, 在人工处理完成后, 再通过“继续”命令进入程序运行。

## [参考文献] (References)

- [1] 牛培峰, 柴天佑. 循环流化床锅炉热工自动控制系统与展望 [J]. 动力工程, 1998, 18(6): 39-46  
NIU Peifeng CHAI Tianyou. Thermodynamic automatic control system for CFBC boiler and looking ahead [J]. Power Engineering 1998, 18(6): 39-46 (in Chinese)
- [2] 孙玮, 马维迁, 陈国运. 大型循环流化床锅炉机组控制的研究 [J]. 化工自动化及仪表, 2005, 32(4): 49-52  
SUN Wei MA Weiqian CHEN Guoyun. Research of control system in a large circulating fluidized bed boiler unit [J]. Control and Instruments in Chemical Industry 2005, 32(4): 53-57. (in Chinese)
- [3] 李军, 刘汉森, 王智微. 国产 410 t/h 循环流化床锅炉控制系统设计 [J]. 热力发电, 2005, 34(10): 35-37.  
LI Jun, LIU Hanshen, WANG Zhiwei. Design of control system for home made 410 t/h CFB boilers [J]. Thermal Power Generation 2005, 34(10): 35-37. (in Chinese)
- [4] 苏耕. DL/T 655-1998 火力发电厂锅炉炉膛安全监控系统在线验收测试规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 1998  
SU Geng. DL/T 655-1998 Code for on-line acceptance test of furnace safeguard supervisory system in fossil power plant [S]. Beijing: China Electric Power Press, 1998 (in Chinese)

[责任编辑: 刘健]