

循环流化床锅炉项目控制系统

方案文件

郑州智慧通测控技术有限公司

(2005年07月)

锅炉项目控制方案

概述

循环流化床锅炉（Circulating Fluidized Bed Boiler,CFB）作为近年来国际上发展起来的新一代高效、低污染清洁燃烧锅炉，具有燃料适应性广、负荷调节性能好、灰渣综合利用等优点，因此在电力、城市供热、工厂蒸汽生产中得到越来越广泛的应用。但由于循环流化床锅炉的燃烧及汽水变化过程十分复杂，受影响的因素多，给煤，一、二次风，返料耦合性强，而且燃烧与汽水也存在复杂的耦合关系。此外，过程的非线性和大滞后也使对象更加复杂，难于建立精确的数学模型，这样对控制就提出了更为严格的要求。这包括两层意义：一是控制系统要有很高的可靠性；二是控制方案要有很好的控制实效。基于这样两点，CFB 锅炉一般都选择先进的 DCS 控制系统，特别是运用先进的控制方案，能够实现锅炉燃烧的完全自控。

根据现场要求，设计时控制系统按 DCS 控制系统+仪表监视系统设计

锅炉项目控制方案一(DCS+仪表控制)

DCS 控制系统

一、CFB 的 DCS 构成

DCS 控制系统采用浙江威盛自动化有限公司 FB-2000NS 系统，该系统具有双 CPU 处理技术、智能化 I/O 技术、冗余技术、通信技术、实时数据库技术方面均达到国际先进水平。主要能完成完成厂级的管理功能，包括制作报表、打印和统计用汽量、煤耗量并分析能耗比，以便厂方保证更高的经济效益。

二、CFB 锅炉控制系统

CFB 锅炉的自动控制系统包括以下几个子系统，即燃烧自动控制、炉膛负压控制、汽包水位控制、主汽温度控制、汽水协调控制、料层差压控制和锅炉安全连锁保护。

1、燃烧自动控制

燃烧控制目标首先是保证锅炉安全燃烧且主汽压力应稳定在设定值，其次是经济燃烧（体现为空气过剩系数恰当），对循环流化床来说安全燃烧尤为重要。安全燃烧的

一个主要指标是炉膛温度分布，特别是料床温度应稳定在 900~1000℃，防止床温过高结焦或床温过低熄火事故。CFB 锅炉燃烧控制手段通常是给煤及一次风、引风。该厂段。控制方案采用基于人工操作经验的专家智能控制系统，较好地解决了燃烧过程的强耦合、大滞后、时变性等难题。控制框图如图 1 所示。

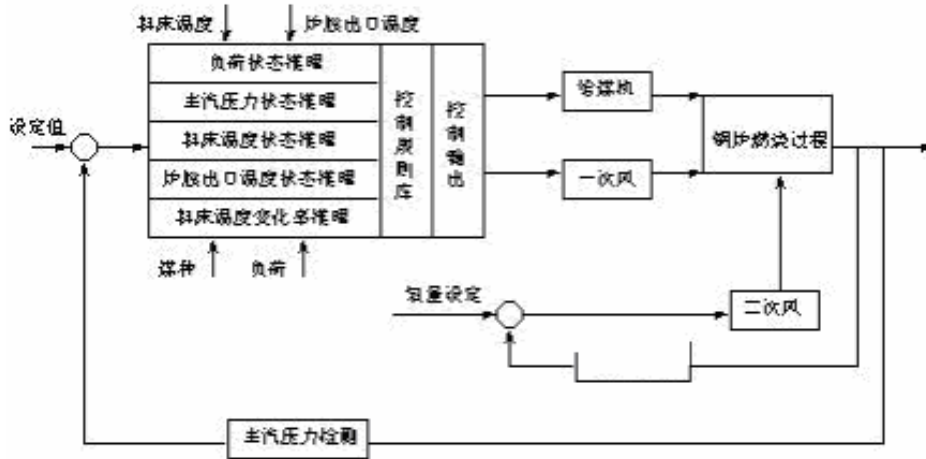


图 1 锅炉燃烧自动控制框图

a、专家智能控制方案的思想

料床温度的平衡是通过给煤量和一次风的调节来实现的。对同一台锅炉来说，一定的负荷在一定的压力下，要稳定料床温度必须要有相应的给煤量对应，且这个给煤量相对较稳定。当然这时一次风量又必须和给煤量相匹配。据此我们可以根据负荷及主汽压力来设定给煤量——粗调，再由料床温度来细调给煤量；根据给煤量来设定一次风量——粗调，再由料床温度来细调一次风。二次风主要用于保证燃料充分燃烧，在锅炉平稳燃烧的基础上，二次风单独作为一个调节量去纠正烟气氧含量，用单回路即可较好地达到经济燃烧的目标。

整个方案主要由两部分组成：一是状态推理的产生；二是现场规则库（专家知识）的建立。状态推理是核心，规则库的建立是重点，专家知识的合理性直接影响控制的效果。

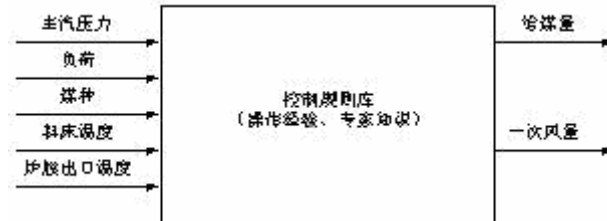
b、状态推理

负荷、主汽压力模糊化为 3 个量：高（H）、平稳（M）、低（L）。主汽压力模糊化为 3 个量：高（H）、平稳（M）、低（L）。料床温度、炉膛出口温度模糊化为 5 个量：超高（HH）、高（H）、中（M）、低（L）、超低（LL）。其中高、中、低为正常控制状态，超高、超低为紧急事故状态。炉膛出口温度模糊化为 3 个量：高（H）、中（M）、低（L）。求取料床温度变化率并模糊化为 5 个量：快升（FR）、慢升（SR）、平稳（ST）、慢降（SD）、快降（FD）。其中快升、快降为紧急事故状态，其余为正常控制状态。所有设定均可以在 DCS 组态上实

时在线修改。

c、控制规则库的建立

规则库设计如图 2 所示。



针对 CFB 燃烧控制特点，把控制规则库的规则分为两类：

(1)故障判断及事件处理规则

主要应付工艺设计不佳带来的堵煤、堵灰及意外工况可能带来的熄火和结焦，规则处理一般为计算机控制加报警，以引起操作人员的足够重视。

(2)正常状态控制规则

正常控制状态下，按照料床温度（高、中、低），炉膛出口温度（高、中、低），床温变化率（快升、慢升、平稳、慢降、快降），组成 15x15 控制规则表，表格中每项代表燃烧过程的一个状态。例如：状态 112 表示料床温度中、炉膛出口温度中、床温变化率平稳、出口温度变化率平稳。每个状态给出一个控制输出值，包括给煤，一次风、二次风。所有规则的表达方式均采用产生式规则，即每个规则都是一独立知识块，从而易于建立和修改；且每个规则的形式一致并与专家表述的方法相同，从而易于表达与理解。所有规则都以规则表形式存放，规则表内的参数可以在 DCS 流程图上实时在线修改。

d、规则库知识的获取

所有规则来自 3 个方面：CFB 燃烧过程运行理论；运行工程师与熟练操作人员的操作经验；工业现场实际经验摸索（一般至少需要 2~3 个月现场蹲点）。另在运行过程中需不断完善规则。

2、炉膛负压控制

合适的炉膛负压是锅炉安全燃烧的保证，炉膛负压的控制是锅炉燃烧控制的一部分，但其具

有相对的独立性，可以从燃烧控制中分散出来作为一个回路来实现。炉膛负压控制是一个快过程，只要 PID 参数整定合适，一般单回路即可以达到目的。其控制的品质受鼓风量的影响较大，而现场没有风量测量装置，间接取鼓风挡板开度作为前馈量，这样存在一定的非线性，但负压无须控制在某一定值，而只需在一定范围内，故问题也不大。炉膛负压控制框图如图 3 所示。

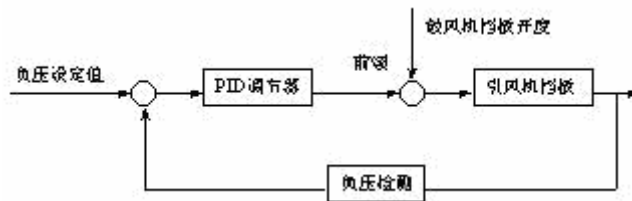


图 3 前馈单回路负压控制

考虑到引风电动机的抗冲击性，负压控制也引入一调节死区，在该负压范围内保持上次的输出。一般这个范围为控制目标的 $\pm 2\text{Pa}$ 。

3、汽包水位控制

经典三冲量串级前馈控制在各种锅炉汽包水位的自动调节中已得到广泛应用。但我们在现场锅炉水位的投运中发现三冲量方案不能很好地克服以下两种情况引起的锅炉水位变动。

(1)锅炉负荷的大扰动。这种情况下锅炉出力会在 2~3min 内突增或突减 5~6t/h，带来很严重的虚假水位现象。三冲量控制不能使给水控制阀正确、及时地快速跟进负荷的变化。

(2)锅炉汽包的不定期人工排污。这时候往往造成控制系统失效，现场需司炉工不停地进行手/自动切换，这也影响了汽包水位的投运效果。

上述两点在以供汽为主的锅炉上是普遍存在的。在现场投运的过程中我们引入负荷变化率（ff）和汽包水位变化率（fw）两个变量，正常水位调节时 ff 和 fw 均在某一限值之内，当出现上述异常时，其值会超过这两个变量的阈值，这时我们改用一定的调节规则强行上拉或下拉水位控制阀，以保证汽包水位在安全范围之内。待水位恢复平稳之后，再切入三冲量方案。其控制方框图如图 4 所示。

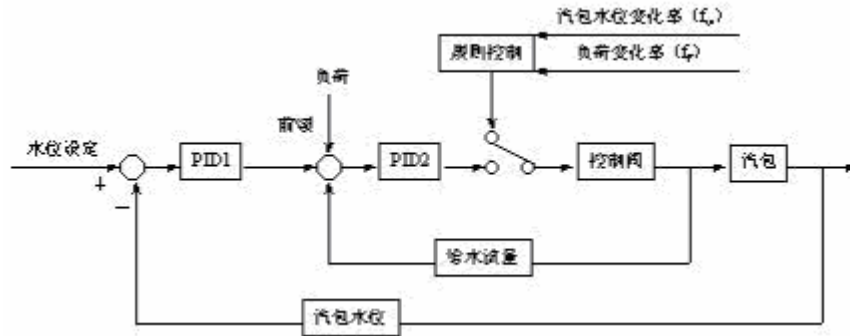


图 4 三冲量+规则调水方案

我们称该方案为三冲量+规则调水方案，经现场投运验证，控制效是较好。

此外，锅炉汽包水位的实际投运中应注意两点：

(1)阀位的保持。在水位控制目标的 $\pm 3\text{mm}$ 以内，应保持阀位不动，不致于因阀位的过于动作频繁而影响给水控制阀的使用寿命。

(2)阀位输出补偿。现场给水控制阀在高开度时线性不好，做一阀位输出补偿，由软件实现。

4、主汽温度控制

主汽温度控制我们仍采用串级前馈方案，一般希望用减温器出口温度作为前馈以弥补主蒸汽温度的大滞后，但工艺上安装有困难，所以考虑用炉膛出口温度作为前馈。现场使用的效果还可以。控制框图如图 5 所示。

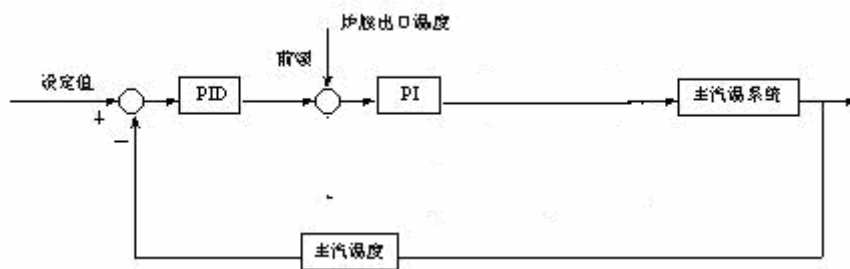


图 5 主汽温度控制

5、料层差压控制

贵电厂锅炉可能采取间隙排渣工艺，方案采用计算机报警提示的人工放渣手段。

负荷分为高、平稳、中、低 4 段，不同的负荷段有不同的高、低报警值。这根据工艺条件及操作经验取得，可以在流程图上进行修改。

6、锅炉安全连锁保护

锅炉安全连锁保护主要考虑两个因素：

(1)汽包水位的安全保护

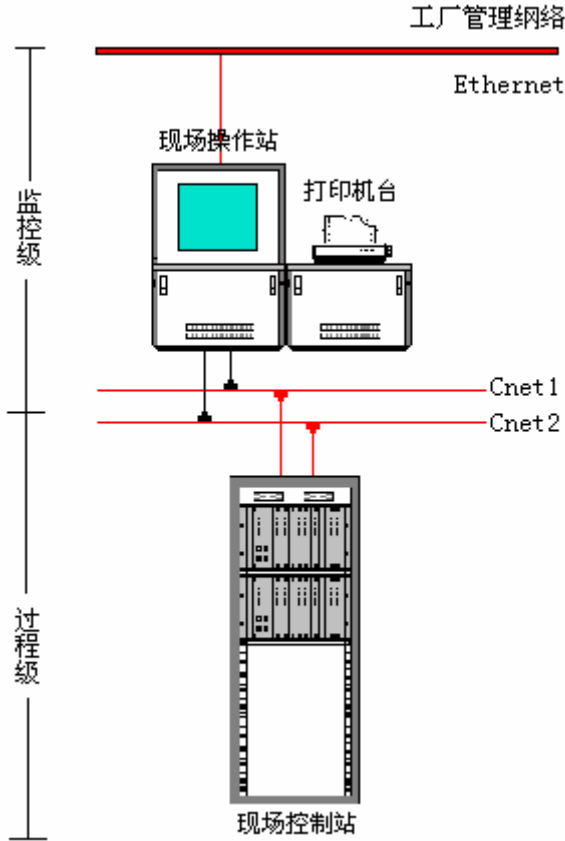
锅炉汽包水位低于极限值时极易导致干锅，应停鼓风机、引风机、给煤机。

(2)鼓风机、引风机、给煤电动机的联锁保护。

鼓风机、引风机、给煤电动机出现任何电气故障，均应联锁停止工作。

DCS 系统装置说明

1、本装置 DCS 系统体系结构图



2、本装置 DCS 系统 I / O 点数统计表

类型		需求点数	实际配置	备注
AI	4-20mA	25	64	留有 11%余量
	热电阻/热电偶	28		
AO	4-20mA	12	16	留有 33%余量
DI		16	32	留有 100%余量
DO		16	32	留有 100%余量
点数小计				

3、DCS 系统配置说明

针对循环流化床锅炉项目,系统设一个操作员站,其计算机均选用P4/2.8G / 256M / 40G,显示器为DELL 纯平 22 英寸CRT,分辨率为 1600×1200,刷新率为 85Hz。一个现场控制站。

1) 配置一台 HP 彩喷打印机或 EPSON 针式打印机,可打印 A3 幅面。

现场控制站主控制器、通讯系统、机箱电源、PID 控制回路等均为冗余配置,以确保系统稳定、可靠运行。系统各 I/O 卡件留有余量,以备系统今后扩展

控制功能

现场控制站可以实现连续和离散的功能,用户可以方便地定义控制器的多种处理速度,以不同的速度运行连续控制和联锁逻辑控制,控制器可以组态为 1:1 冗余,每个控制器能处理 10000 个数据库记录、96 个控制回路、999 步梯形逻辑,控制器可以在不中断正在运行的程序或将控制转换至后备处理器的情况下,具有在线编程和修改的能力,新的控制功能块可以插入正在运行程序中的任何位置,在 1 秒钟的时间内传送到高速公路上所有操作员。控制回路最小周期为 0.1s,中断量信号的分辨率 $\leq 0.5\text{ms}$

连续控制

现场控制站可以完成基本的调节和先进的控制,控制器可以提供以下算法:

——各种 PID 控制,平方/开方,加/减/乘/除四则运算,分段线性化,超前/滞后,延时,高/中/低选择,变化率限制,质量流量补偿运算,累积,平均,采样和保持,用户自定义的功能块,硬/软操作器接口。

离散控制功能

在离散控制中可以提供以下算法:

——开关控制,与、或、非逻辑,计数/计时,用户自定义的功能块。

画面功能

CRT 画面为操作员了解生产过程状态提供了显示窗口,能支持以下几类画面,系统容量完全能够满足本项目所需要各种画面的数量。

系统具有制作立体动态流程画面功能。

总貌画面

显示系统各设备,装置,区域的运行状态以及全部过程参数变量的状态,测量值,设定值,控制方式(手动/自动状态),高低报警等信息。从各显示块以调出其它画面。

分组画面

以模拟仪表的表盘形式按事先设定的分组，同时显示几个回路的信息：如过程参数变量的测量值、调节器的设定值、输出值、控制方式等。变量值每秒更新一次，分组可任意进行，操作员可从分组画面调出任一变量（模拟量或离散量）的详细信息。

对模拟回路可以手动改变设定值、输出值、控制方式等；对离散量可以手动操作设备的开启和停止，画面显示出指令状态和实际状态。

单点画面（调整画面）

显示一个参数、控制点的全部信息以及实时趋势和历史趋势。从调整画面也可以直接对模拟回路进行设定、调整操作。

报警画面

显示当前所有正在进行的过程参数报警和系统硬件故障报警，并按报警的时间顺序从最新发生的报警开始排起，报警优先级别和状态用不同的颜色来区别，未经确认的报警处于闪烁状态。

报警内容包括：

——报警时间，过程变量名，过程变量说明，过程变量的当前值，报警设定值，过程变量的工程单位元，报警优先级别

图形画面

生产装置的图片、工艺流程图、设备简图、单线图等都可以在 CRT 上显示出来，每个画面都包括字母数字元字符和图形符号，通常采用可变化的颜色、图形、闪烁表示过程变量的不同状态，所有过程变量的数值和状态每秒动态刷新。操作员在此画面对有关过程变量实施操作和调整。

棒图

棒图可以表示过程变量的变化，如棒图表示塔的液位，棒图能以水平或垂直方式显示，每屏至少能显示 48 点水平棒图或者 64 点垂直棒图。

报表功能

FB-2000NS DCS 可以自由设计报表或者按照预先定义的格式打印报表，报表资料的收集和打印是按照用户定义的时间间隔自动进行，报表打印通常采用事件驱动方式或操作员命令方式，报表软件将自动产生所有的标题和表头。

报表类型如下：

- 1 有格式报表
- 2 无格式报表
- 3 事件顺序报告
- 4 诊断报告

- 5 设备操作报告
- 6 过程变量趋势

3.4 历史资料存储功能

FB-2000NS DCS 对报警、联锁、操作指令的变化等事件及其日期、时间作为历史资料加以储存。有足够记录半年以上历史资料的磁介质存储空间，根据人工设置可自动覆盖，并具有可扩充至外部存储设备、光盘等。当发生资料丢失及磁介质剩下 10%空间时有报警。

仪表控制系统

仪表控制系统作为 DCS 配套的备用部分，风机控制、水泵控制、给煤控制全部设计有手动部分，指示仪表只选用一些主要参数进行显示。所有指示仪表全部选用虹润仪表公司的产品。DCS 与仪表的配合，采用并列的方式进行。连接框图见图 6

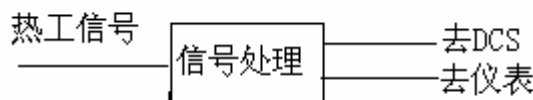


图 6 热工信号与 DCS、仪表的连接方式

一 仪表指示部分

1. 压力指示部分

蒸汽压力、给水压力、炉膛负压，炉膛出口、对流管束出口、省煤器进出口、空预器出口等。

2. 温度指示部分，共 12 路

除汽温、沸腾层、炉温外，其他全部采用巡检仪指示。

3. 蒸汽流量指示

4. 水位指示

水位指示为电接点水位计指示。

5. 声光报警部分

对低水位、汽压过高时，自动停炉。

二 调节控制部分

锅炉调节分为四部分

- 1. 给水调节，由于其用调节阀调节，只设置手动操作部分
- 2. 鼓风调节，风门调节
- 3. 引风调节，风门调节
- 4. 给煤调节，模拟量调节

三 电气控制部分

电气设计包括鼓风、引风、给煤、水泵部分的控制及其之间的联锁。鼓风、引风、水泵的电机电流在操作盘指示

四 配套仪表选型

变送器、控制阀等常规仪表的正确选型是整个锅炉控制系统稳定运行的保证。仪表选型要从仪表本身性能和经济状况两个方面综合考虑。该项目在仪表配套时注意到以下几点：

(1)变送器选用虹润仪表公司的变送器，稳定性好，性能价格比高，量程比大（100:1）。

(2)测温热电偶保护管材质采用高铬铸铁，耐高温、耐冲刷。

(3)给水调节阀采用精小型控制阀，适合大差压情况，避免汽蚀现象发生，具有调节灵敏、运行平稳、噪音低的优点。

(4)控制鼓风，引风挡板的执行机构采用电动执行机构，具有结构简单、维护方便、价格低廉、输出力矩大等特点。

监视部分

为了便于观察，锅炉考虑选用一台 14" 专用彩色监视器对锅炉水位、燃烧情况进行实时监视

电气控制部分

电气设计包括鼓风、引风、给煤、水泵部分的控制及其之间的连锁。鼓、引风机采用自藕减压启动的方式启动，水泵星-三角启动的方式启动，由于要求锅炉房增加进线柜，故电气控制柜柜体采用标准的 GGD-柜体，母线全部用铜排连接

售后服务

我方实行对用户进行全方位的售后服务和 24 小时内到达现场的服务承诺。

我公司建有客户档案，将定期或不定期地拜访客户，并接受电话咨询。质保期内如遇本装置器件发生故障，我方负责给予免费维修或调换，质保期后，我方对故障产品负责给予维修，对我公司生产的产品免收维修费，仅收取材料成本费