

JX-300 DCS 在工业锅炉自控中的应用

江加猛 张伯立 毛永夫
(浙江浙大中控自动化有限公司, 杭州 310012)
王义春 胡天明
(杭州中策橡胶有限公司新安江分厂, 建德 311600)

摘要 介绍了基于 SUPCON JX-300 的工业锅炉计算机控制系统。针对工业锅炉供汽的复杂工况, 运用基于经验的专家智能控制策略实现了锅炉燃烧、汽包水位等自动调节。介绍了此系统的原理和基本方法。经实际运行证明此系统实用可靠。

关键词 工业锅炉, 链条炉, JX-300 DCS, 专家智能控制

工业锅炉是一种以供汽为主要任务的锅炉, 俗称为供汽锅炉。工业锅炉供汽有两大缺点: 一是供汽量不确定, 即锅炉负荷变动频繁; 二是蒸汽品质不高(体现在主汽温度上)。从控制的角度来说, 这两个缺点就意味着燃烧的自动控制难以实现。国内目前绝大多数的此类锅炉自动化程度还很低, 基本上以手工操作为主, 控制手段也还停留在常规仪表, 即使有少数用了较为先进的工业计算机控制系统, 但都因恶劣的供汽工艺条件而很难做到完全控制, 尤其是对燃烧的完全自控。

我公司运用自行研制的 JX-300 DCS (集散控制系统), 结合专家智能控制方案, 对杭州中策橡胶有限公司新安江分厂 2[#] 锅炉实现了完全自控, 现将情况做一介绍。

1 工程概述

橡胶工业生产中, 蒸汽是一种重要的动力能源, 炼胶机、硫化罐和成型机的正常使用都离不开蒸汽。各种橡胶生产设备都是单独成台作业, 其用汽方式是一个间歇过程, 生产中各种用汽设备又不是同步进行、同步结束的, 因此对于供汽母管就存在着不定期和不定量的用汽干扰, 而锅炉必须要维持一定的供汽压力以控制这种扰动。

杭州中策橡胶有限公司新安江分厂新上的 2[#] 锅炉是一台 20 t·h⁻¹ 的链条炉, 负责对全厂供汽。相对于其它炉型, 链条炉更适合于用作供汽锅炉, 原因是链条炉具有良好的燃烧稳定性和对燃料(煤种)的适应性。2[#] 锅炉对全厂的供汽分布如图 1 所示。

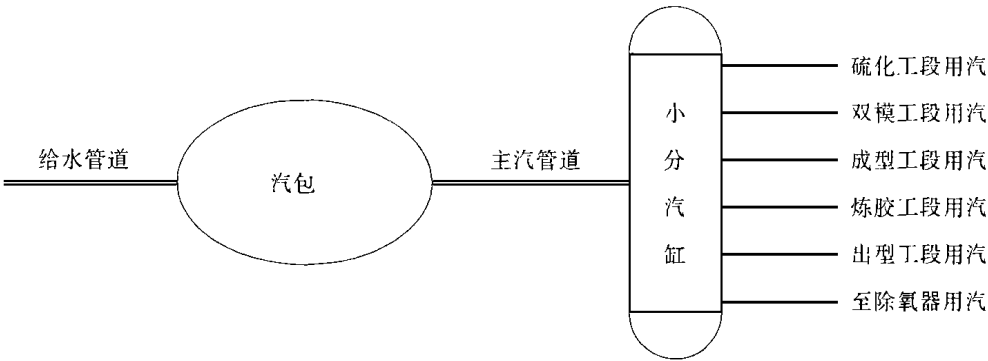


图 1 橡胶厂锅炉供汽分布图

在 2[#] 锅炉的自控工程中, 选用了浙大中控的 JX-300 DCS。JX-300 DCS 是浙大中控公司依托工业自动化国家工程研究中心的力量而

自行设计的一套全数字 DCS。整个 DCS 由一个工程师站、一个操作员站和一个现场控制站组成。系统构成如图 2 所示。

现场控制站由 2 块主控制卡 (SP241)、4 块数据转发卡 (SP231)、6 块万能输入卡 (SP311)、11 块电流输入卡 (SP 313) 和 4 块模拟输出卡

作者简介 江加猛, 男, 1974 年出生。1996 年毕业于洛阳工学院。现主要从事 DCS 工程应用工作。

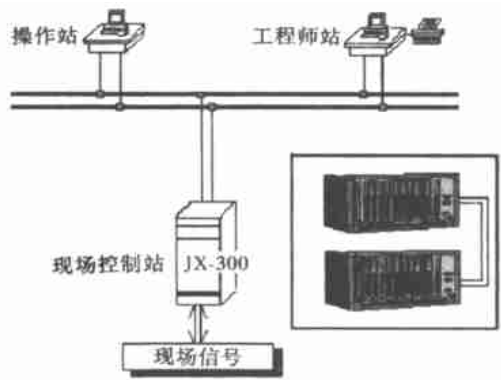


图 2 JX-300 DCS 结构图

(SP322)组成,用于完成数据的采集、运算处理和

操作站由 1 台工控机(P166/MMX)、1 块 Snet 网卡(SP021)和 1 个操作员专用键盘(SP031)组成,主要用于现场操作人员的监视

和操作。
工程师站由 1 台普通的 PC 机加 1 块 Snet 网卡(SP021)组成,并配有打印机,主要用于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,以便厂方能保证更好的经济效益。

2 锅炉控制系统

工业锅炉的自动控制包括燃烧控制(体现

为主汽平衡)、汽包水位控制、炉膛负压控制及安全联锁保护几个方面。其中汽包水位是关系到锅炉安全的重要参数,过高或过低的水位都会影响过热器的传热效率和水冷壁的水循环,严重时会引起水冷壁和过热器爆管;一定的主汽压力是工厂正常生产必备的条件,维持主汽压力的稳定是燃烧控制的目标;经济燃烧也是一个重要的问题,这体现在合理的风煤比上;锅炉的安全燃烧是建立在炉膛内具有一定负压基础上的,也就是说炉膛负压必须控制稳定。

2.1 燃烧自动控制

锅炉设备是一个复杂的控制对象,其燃烧过程的调节系统有 3 个被调量(蒸汽压力、风煤比和炉膛负压)和 3 个调节量(送风、引风和给煤量),是一典型的多输入多输出系统。其中炉膛负压和引风量相对独立,可以从燃烧控制中分离出来作为一个回路来实现。

锅炉燃烧的实质是一个复杂的能源转换过程,这个过程由于存在非线性、大滞后和许多不确定因素,难以用机理法建立比较精确的数学模型。显然用常规的控制方案是难以奏效的,而基于操作经验的专家智能控制系统是一种不需要模型的控制方案,它可以比较好地完成控制任务。2[#] 锅炉的燃烧控制采用了专家智能控制系统,其大致框架如图 3 所示。

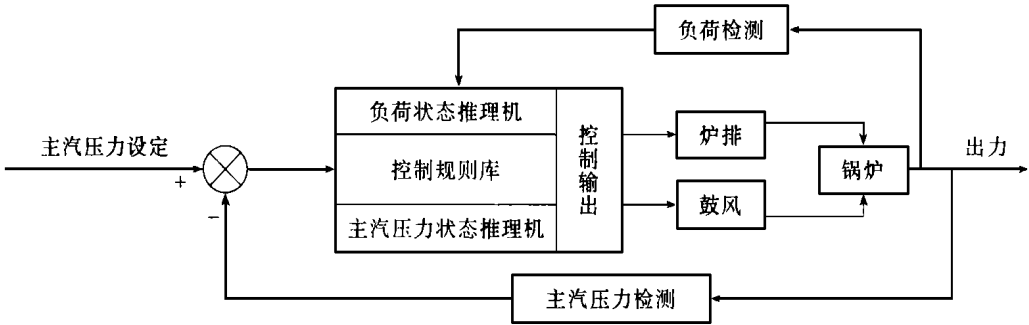


图 3 燃烧自动控制框架图

(1)整个专家智能控制方案的思想

主汽压力的调节是通过给煤量的调节,即炉排转速的改变实现的。对同一台锅炉,一定的炉排转速对应一定的负荷,也对应着一定的鼓风量。据此可以根据负荷来设定炉排转速(粗调),再由主汽压力来细调炉排转速;根据炉排转速来设定送风量(粗调),再由给氧量来细调送风量。通过对锅炉主汽流量(负荷)和主汽

压力的在线实时检测,由负荷状态推理机和主汽压力状态推理机进行推断,产生一对粗调、细调触发条件,然后由这一对条件去获取规则库中相应的专家知识,进而调节炉排和鼓风输出。

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。

(2)状态推理

状态推理包括负荷状态推理和主汽压力状态推理。负荷推理就是把主蒸汽流量量化为 4 个值：

- 超高负荷HH ($20\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上);
- 稳定负荷HM ($16.5\sim20\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$);
- 中负荷M ($13\sim16.5\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$);
- 低负荷L ($13\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下)。

主汽压力根据其偏离设定值的状况和变化率也可以模糊量化为 9 个量：

- 0 压力高、趋势升; 1 压力高、趋势稳;
- 2 压力高、趋势降; 3 压力中、趋势升;
- 4 压力中、趋势稳; 5 压力中、趋势降;
- 6 压力低、趋势升; 7 压力低、趋势稳;
- 8 压力低、趋势降。

主汽压力推理建立在负荷状态推理的基础上,也就是指在某一负荷段(HH, HM, M 或 L)下的压力状况。

(3)规则库的建立

规则库设计方法如图 4 所示。

控制规则库是结合手工操作经验和专家理论而产生的一类数据集。其获取途径有二：一是自动投运前手工司炉的现场经验数据；二为工艺设计人员和控制工程师的理论计算数据。现场经验数据的优化尤为重要，也就是说

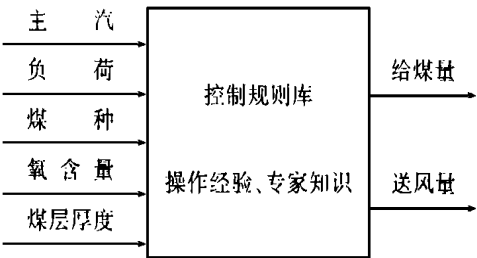


图 4 控制规则库的设计

要保证经验数据的可用性和准确性。通常采取如下的方法来验证：

(a)烟气中氧气的体积分数应维持在 0.04~0.06, 以保证空气过剩最小。但氧计的使用通常不可靠, 必须看烟, 烟气的颜色以青、白为最佳, 且烟股淡。

(b)正确卡火位。火位过长燃烧过分、压力趋高; 火位太短经不住负荷扰动, 势必造成蒸汽压力下降。根据 2[#]锅炉的经验, 火位烧在第二观火孔后 1 m 左右为最佳。

(4)控制方案的在线实现

上述燃烧专家智能控制通过 JX-300 DCS 的 SC 语言实现。SC 语言下载至控制站运行, 在操作站上做一前台界面, 用于完成燃烧专家智能控制的有关参数的在线修改。参数的修改必须遵循“调一调, 看一看, 再改动”的原则。整个燃烧自动控制实现的操作界面如图 5 所示。

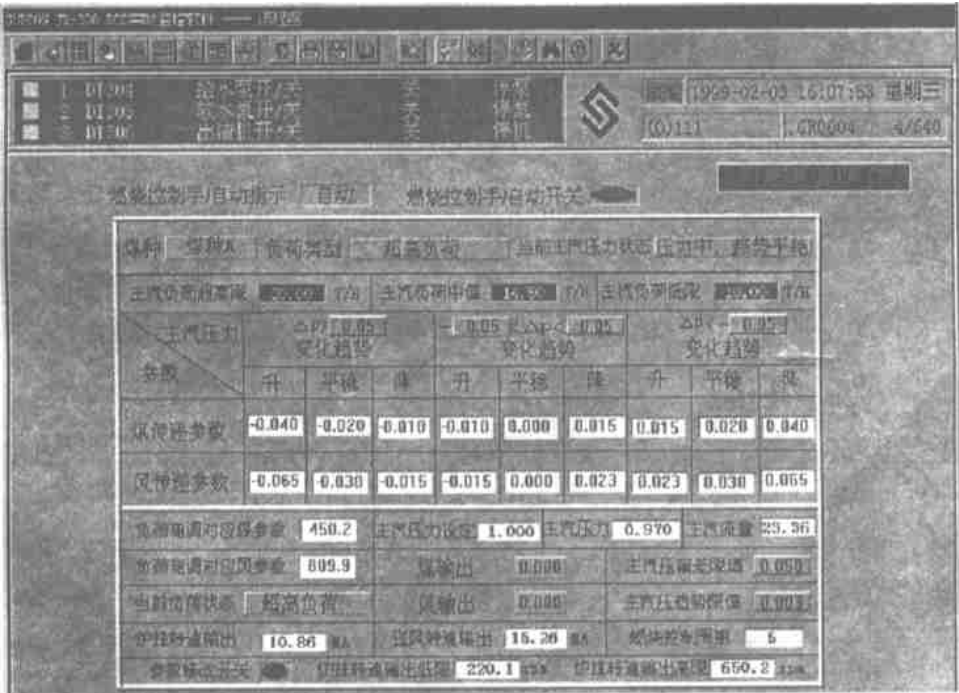


图 5 燃烧自动控制操作界面

2.2 汽包水位控制

对汽包水位的控制原则上采用三冲量串级控制,但因现场工艺和橡胶厂后继工段用汽情况对汽包水位造成的扰动很大,如外胎硫化工段的8台硫化罐在瞬间开启时会使用汽激增至 $25\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$,持续几分钟后硫化罐关闭,用汽量又降至 $13\text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$,这样大的扰动带来的虚假水位

现象也不容忽视。

单一的PID(自动化控制中的一种控制算法)参数难以克服水位的大扰动,尤其在负荷的突增和突降时,往往会引起高达 $\pm 40\text{ mm}$ 的水位波动,这时应当强行上拉或下拉给水阀位值,防止水位下降或上升过快。汽包水位控制系统如图6所示。

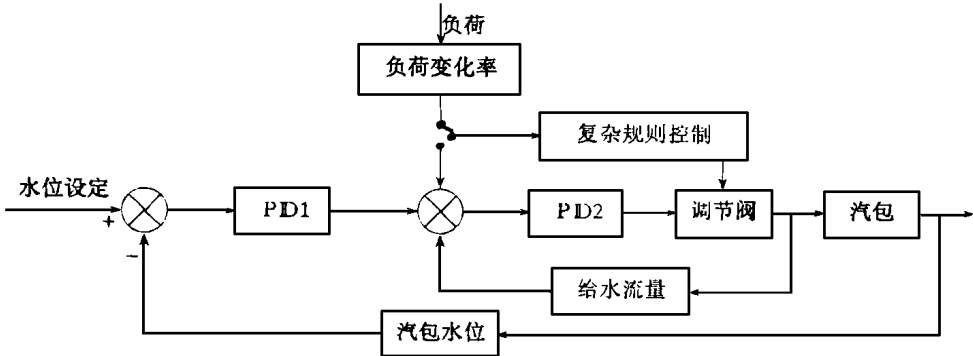


图6 汽包水位控制系统

具体实现方法为:采用两组PID参数。负荷变化率在阈值内,如果此时水位在如图7所示的“0”区内,则选用A组PID参数;水位处在“1”区,则选用B组的PID参数。B组PID参数相对于A组参数来说应当降低I和P(I和P是PID算法中变量所对应的参数)的作用,缩短调节时间,让阀位动作快一点。如果负荷变化率超阈值(在2区),则切入复杂规则控制,如负荷下降,则给水下拉一个基值;相反负荷上升给水上拉一个基值。此方案称为变PID+规则控制方案。

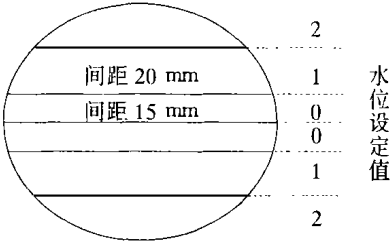


图7 汽包的水位设定

现场投运时应注意3点:①汽包水位的测量信号一定要保证精度和相对的稳定,通常在变送器侧加 2 s 的阻尼时间,或在JX-300的组态里加一滤波系数,防止因测量信号的不稳而引起阀位的误动作;②在控制目标的 $\pm 3\text{ mm}$ 正常水位以内,应保持阀位不动,不致于因阀位的动作过于频繁而影响给水调节阀的使用寿命;③现场给水调节阀在大开度时线性不好,可

以做一阀位输出补偿,由SC语言实现。

2.3 炉膛负压控制

炉膛负压是一个快过程,只要PID参数设定合适,一般单回路即可以达到目的。但其控制品质受鼓风量的影响较大,把鼓风机的转速前馈至回路形成如图8所示的控制方案。

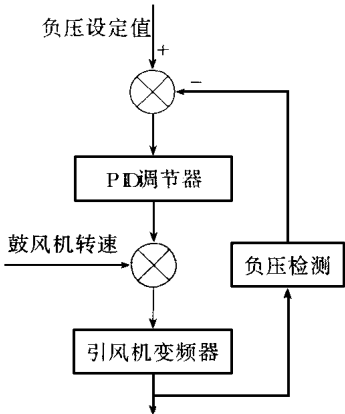


图8 炉膛负压控制方案

考虑到引风电机的抗冲击性,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 运行效果

整个2[#]锅炉DCS系统自1998年11月投入运行以来,至今已半年,从综合情况来看,JX-300 DCS软、硬件运行可靠,界面美观实用,各种统计管理、报表打印功能齐全,自动控制系统

投运稳定。

(1)炉排转速、鼓风机转速、引风机转速和给水调节等自动投运率均为 100%，这极大地提高了自动化水平，同时也减轻了工人的劳动强度，现场司炉工只需每小时巡检一次。

(2)汽包水位控制设定值为+15 mm，控制

精度为±10 mm。主汽压力控制精度为±0.05 MPa，工艺要求为 1.0 MPa。炉膛负压控制精度为±4 Pa，现场稳定在-25 Pa 最合适。图 9 所示为实际控制运行曲线记录，对于负荷的大扰动(变化量达 13 t·h⁻¹)，系统的各项指标均保持在工艺规定的范围内。

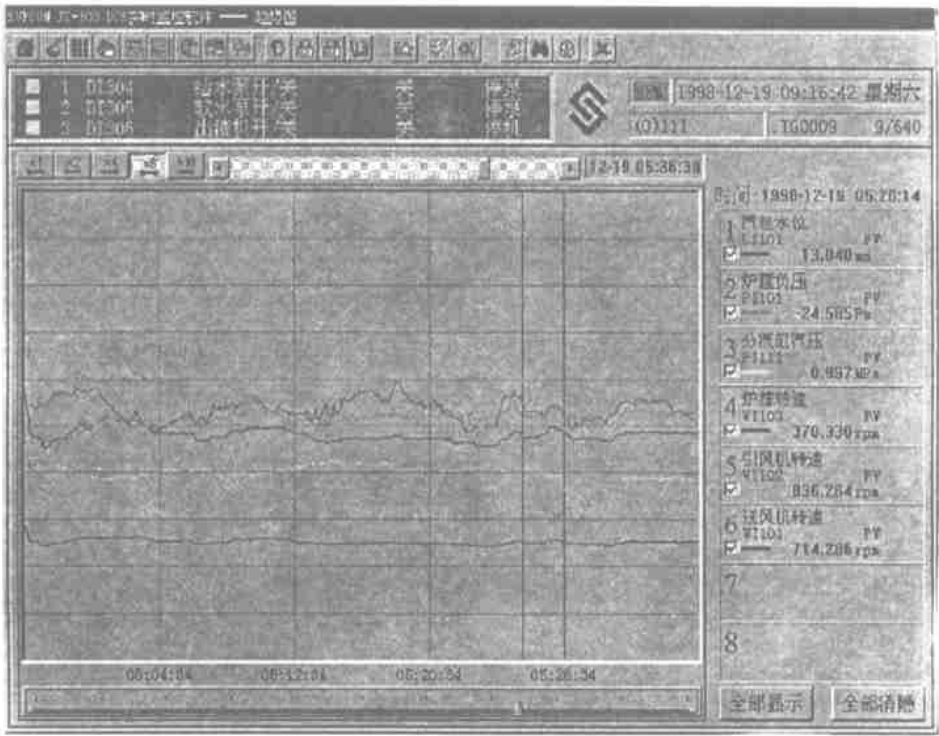


图 9 实际控制运行记录曲线

(3)系统投入运行的第 1 个月，在相同的供汽工艺条件下，该锅炉电能消耗量即从原手动时的 8.3 万度·月⁻¹降至 5.2 万度·月⁻¹，按 0.70 元·度⁻¹的市场可比价计算，当月节电 2.17 万元。

(4)系统自动控制也保证了经济燃烧，煤渣含炭量明显降低，烟气淡而青白。2[#]锅炉的耗煤量也从 60 t·d⁻¹减至 57.5 t·d⁻¹，月节煤达 75 t，按市场可比价 300 元·t⁻¹，每月节煤 2.25 万元。

(5)2[#]锅炉 JX-300 DCS 投资 30 多万元，若按以上数据计算，系统投资回收期只需 7 个

月。

4 结语

杭州中策橡胶有限公司新安江分厂 2[#]锅炉虽为纯供汽的小型链条炉，但其锅炉燃烧工况的恶劣程度并不比中、小电厂的中型纯供汽锅炉或供热发电兼有的热电厂锅炉低。

JX-300 DCS 和上述模糊专家控制系统在该厂的成功投运为上述类型锅炉的完全自控实现提供了一种典范，具有良好的实用推广价值。目前厂方对原有停产的 1[#]炉已进行改造，1[#]锅炉的 JX-300 DCS 改造工程也在进行中。

收稿日期 1999-07-28