

# 单级叶片倾角对百叶窗浓缩器分离特性影响的工业试验

杨龙滨, 李争起, 陈力哲, 邱鹏华

(哈尔滨工业大学 能源科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:** 在一台采用中速磨正压直吹制粉系统燃煤的 670 t/h 直流煤粉锅炉上, 对百叶窗浓缩器分离特性进行了单相及气固两相试验, 得出了单级可动叶片倾角为 32° 时, 浓一次风份额较低, 分离效率、浓缩率较高, 综合阻力损失系数为 0.92, 压力损失为 471 Pa。

**关键词:** 锅炉; 浓缩器; 百叶窗; 气固流动

中图分类号: TK223.25 文献标识码: A

## 1 引言

百叶窗分离器是一种广泛采用的将气、固完全分离为目的的动力装置<sup>[1~3]</sup>。将其运用于水平浓淡燃烧技术中, 目的是将一次风粉分成含粉量相差较大而风量基本相同的两股煤粉气流, 通常又称为百叶窗浓缩器, 在实验室研究的基础上<sup>[4~5]</sup>, 在一台 670 t/h 锅炉上进行了工业试验。

## 2 测量管通及方法

试验用锅炉系 DG670/140-9 型固态排渣煤粉锅炉。采用四角切圆燃烧方式, 配 200 MW 机组。燃烧器分为上、中、下三组, 每组一、二次风相间布置。制粉系统为正压直吹系统, 配 6 台 8.5E 型中速磨煤机, 一台中速磨煤机向同一高度的 4 个一次风火嘴供粉, 在额定负荷时一般投运 4 台磨煤机。

炉膛四个角安装的百叶窗浓缩器结构相同。磨煤机均布置在炉膛的同一侧, 连接磨煤机和浓缩器的一次风管在进入浓缩器前均有一个弯曲半径相同的弯管。在冷态动力场试验时, 对下组燃烧器上一次风 3 号角的浓、淡一次风量进行了测量。在额定负荷下, 对该角的浓淡分离情况进行了测量。试验时, 保持对应该层一次风的磨煤机(2 号磨煤机)出力及风量稳定, 试验段结构及测点布置见图 1。沿

一次风流动方向百叶窗的四级叶片顺序称为第一到第四级叶片, 其中后三级叶片为可动叶片, 即在现场可改变其倾斜角度<sup>[6]</sup>。

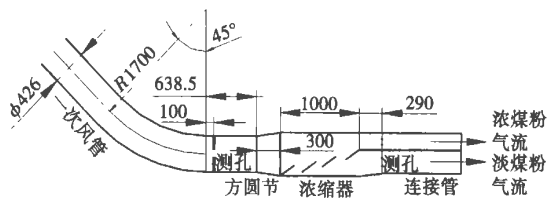


图 1 浓缩器部分结构及测孔布置(单位: mm)

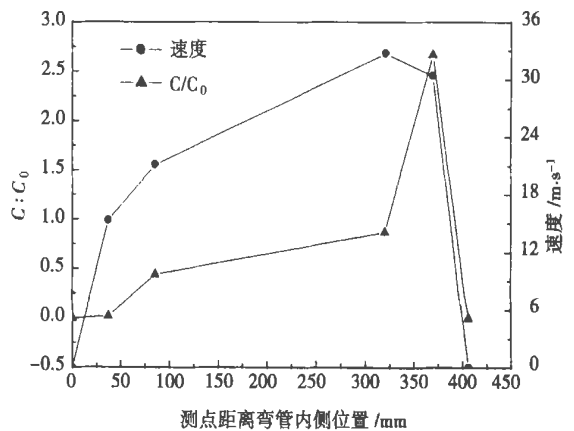


图 2 浓缩器入口截面速度及煤粉浓度分布

热态试验采用了等速取样。浓侧、淡侧取样网格数均为 2×3。为了减小测量误差, 取样处的气流速度采用约高出当地气流速度 10% 的数值<sup>[7]</sup>。浓缩器入口处速度及煤粉浓度分布见图 2。图中, C 为测点处煤粉浓度(kg(煤)/kg(空气)), C<sub>0</sub> 为测量截面平均煤粉浓度。由于热态试验时对磨煤机特性的调整试验还没有进行, 煤粉较粗, 煤粉细度 R90 为 66%。由于弯管的分离作用, 弯管外侧的煤粉浓度、

收稿日期: 2003-01-28

基金项目: 国家电力公司基金资助项目(KJ-02-16)

作者简介: 杨龙滨(1974-)男, 黑龙江双城人, 哈尔滨工业大学博士生

风速较高, 内侧则较低。

### 3 实验结果及分析

#### 3.1 单级可动叶片倾角对阻力的影响

浓缩器的阻力特性是工程上较为关心的一个参数, 尤其是旧炉改造, 若阻力过大, 会影响给粉; 对于采用直吹式制粉系统, 还会影响磨煤机出力。采用综合阻力损失系数  $\xi$  来表示其阻力大小:

$$\xi = [\Delta P_n r_n + \Delta P_d (1 - r_n)] / P$$

式中:  $\Delta P_n$ 、 $\Delta P_d$ —浓侧、淡侧进出口全压差, Pa;

$P$ —浓缩器空截面处一次风粉动压, Pa;

$r_n$ —浓一次风份额(浓一次风占一次风的比例)。

由于浓缩器进出口测孔所在截面面积不同(见图1), 压差采用了全压差。在200MW负荷时, 对3号角下组燃烧器上一次风浓缩器的阻力进行了测量。测量时只改变某一级叶片的倾角, 其它叶片倾角则置于 $32^\circ$ 。叶片倾角指叶片与气流流动方向所形成的锐角。浓缩器空截面气流平均速度为 $18.3 \text{ m/s}$ , 风温为 $79.4 \text{ }^\circ\text{C}$ 。由图1的测点布置可以看出测出的压差除浓缩器的阻力外, 还包括了方圆节阻力、浓缩器与连接管之间过渡段局部阻力、 $\phi 426 \times 10$ 直管段(538.5mm长)沿程阻力, 结果见图3。由图3可看出, 单级可动叶片倾角大于 $32^\circ$ 时, 阻力损失增加, 叶片位置越靠近浓缩器出口变化幅度越大。而各单级可动叶片倾角在 $0^\circ \sim 32^\circ$ 之间分别变化时引起的阻力损失变化规律则各不相同。阻力损失由浓侧阻力和淡侧阻力两部分构成。浓侧阻力主要是叶片喉口及浓一次风进入连接管时的入口节流损失造成; 淡侧阻力损失在于气流绕流叶片以及叶片后面的涡损失。随着叶片倾角的变化, 叶片间距比、叶片遮盖度、叶片组阻塞比等参数均发生变化, 叶片后面的涡的大小发生变化<sup>[5,8]</sup>, 从而使浓、淡侧风粉分配发生变化, 阻力发生变化。又由于各级可动叶片位置不同, 其倾角变化对叶片后面涡的大小的影响不同, 阻力变化规律也各不相同。当所有叶片倾角为 $32^\circ$ 时, 综合阻力损失系数为0.92, 阻力为471Pa, 阻力较小。热态运行表明, 燃烧器改造后, 没有影响中速磨煤机的出力, 机组达到200WM负荷。

#### 3.2 单级可动叶片倾角对气粉分离的影响

各级可动叶片不同倾角下分离效率(浓一次风中煤粉量占一次风中煤粉量的比值), 浓一次风份额

及浓缩率(浓一次风煤粉浓度与一次风入口平均煤粉浓度的比值)见图4~图7。

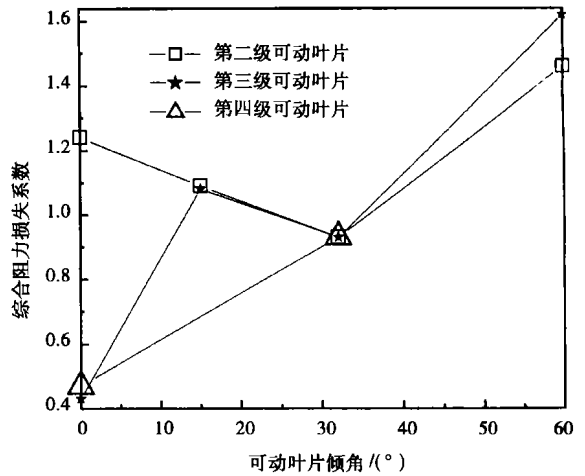


图3 叶片倾角变化对阻力的影响

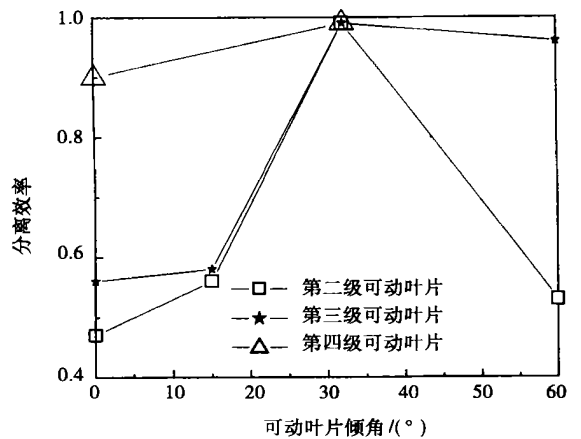


图4 叶片倾角变化对分离效率的影响

由图4可以看出, 在 $0^\circ \sim 32^\circ$ 范围内, 随着叶片倾角的增加, 分离效率增加。PDPA 试验表明<sup>[9]</sup>: 对于煤粉粒径范围内( $< 100 \mu\text{m}$ )的颗粒在百叶窗叶片间的分离作用, 并不是主要靠气固间悬殊密度差带来大的滑移, 通过绕流发生的气固分离, 颗粒的运动行为仍主要是由气流控制; 颗粒与气流的分离主要靠颗粒和叶片表面碰撞反弹造成, 这种反弹使靠近叶片的颗粒不能绕过叶片, 只能回到远离叶片的浓侧气流中。因此, 随着单级可动叶片倾角的增加, 分离效率增加, 直至 $32^\circ$ 时达到最高; 继续增加到 $60^\circ$ 过程中, 分离效率又下降。这是由于叶片倾角增加, 颗粒与叶片表面碰撞反弹产生的分离作用加强, 使分离效率增加; 另一方面, 叶片倾角增加的同时, 叶片间距比增加。正交试验表明<sup>[10]</sup>, 叶片间距比增加,

分离效率下降。综合影响分离效率。单级可动叶片位置越靠近浓缩器入口处分离效率变化幅度越大。

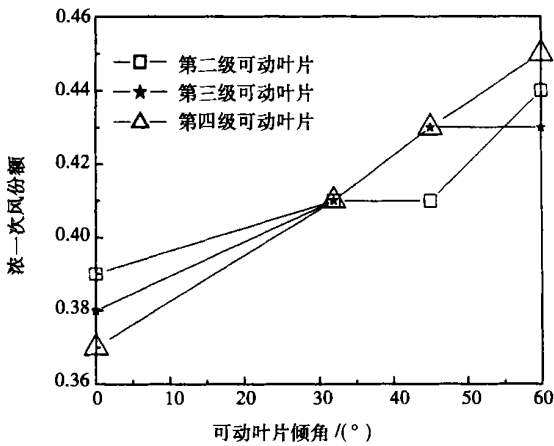


图 5 空气单相时叶片倾角变化对浓侧风量的影响

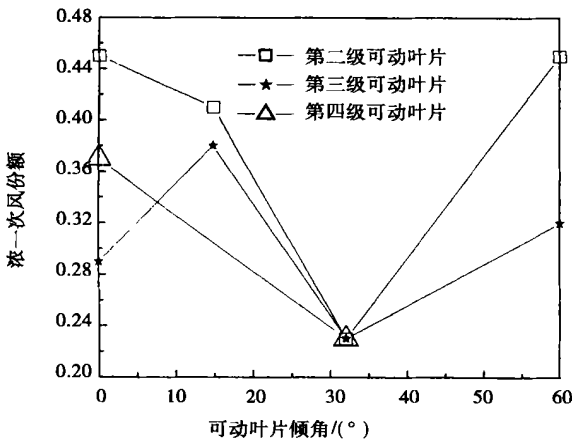


图 6 气固两相时叶片倾角变化对浓侧风量的影响

冷态动力场试验时,对于 3 号角单相浓、淡一次风量进行了测量,结果见图 5。试验时,浓缩器空截面空气速度为 15m/s,风温为 30℃。单相试验表明,单级可动叶片倾角增加,浓一次风份额大幅增加。

两相试验时浓一次风份额随单级可动叶片倾角变化而改变的情况示于图 6 中。可看到当单级可动叶片倾角大于或小于 32°时浓一次风份额都会增加,叶片的位置越靠近浓缩器入口增加幅度越大。这主要是两相试验时,随着单级叶片倾角的变化,浓淡侧粉量发生变化,从而引起两侧阻力的变化,使风量重新分配。

图 7 显示出当单级可动叶片的倾角向大于或小于 32°变化时,浓缩率均降低,叶片的位置越靠近浓缩器入口降低幅度越大。只有当所有叶片的倾角为 32°时,浓缩器才有着最好的浓缩效果。

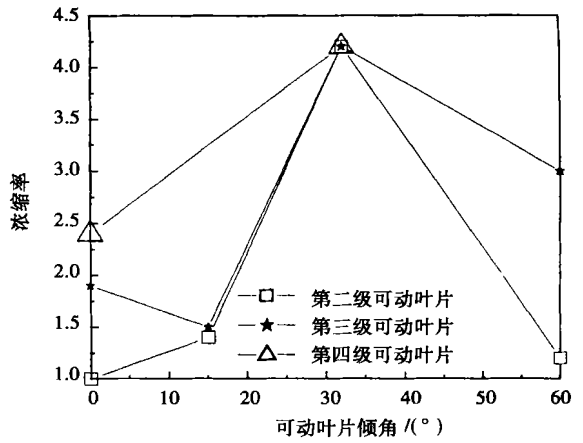


图 7 叶片倾角变化对浓缩率的影响

#### 4 结 论

在一台采用直吹式制粉系统的 670 t/h 锅炉上的试验表明:

(1)随着单级可动叶片倾角的变化,浓缩器的分离特性发生变化,越靠近浓缩器入口处叶片倾角的变化所产生的影响越强。

(2)所有叶片倾角为 32°时,浓一次风份额较低,分离效率、浓缩率较高;综合阻力损失系数为 0.92,压力损失为 471 Pa,没有影响磨煤机的出力。

#### 参考文献:

- [1] 胡荫平,肖永刚,辛国华,等.立式百叶窗集尘效果的冷态模化试验研究[J].动力工程,1992,12(1):44-49.
- [2] 严建华,李晓东,岑可法,等.循环流化床飞灰分离装置的试验研究及设计[J].动力工程,1994,14(3):19-24,33.
- [3] 李公博,温龙.塔型飞灰浓缩器阻力特性的试验研究[J].热能动力工程,1997,12(1):26-29.
- [4] 邢春礼,杨明新,秦裕琨.水平浓缩煤粉燃烧流动问题的研究[J].动力工程,1996,16(2):14-21.
- [5] 范卫东,高继慧.百叶窗煤粉浓缩器内气固两相流动的试验和数值模拟研究[J].动力工程,1999,19(3):20-24.
- [6] 杨龙滨,李争起,陈力哲,等.叶片倾角及弯管对百叶窗浓缩器分离特性影响的工业试验[J].动力工程,待发表.
- [7] 岑可法.锅炉燃烧试验研究方法及测量技术[M].北京:水利电力出版社,1987.
- [8] 任晓阳,廖益忠,李彦,等.百叶窗分离器流动测定的实验研究[J].动力工程,1994,14(3):57-61.
- [9] 范卫东,章明川,高继慧,等.百叶窗浓缩器内气固两相流动 PDDA 试验研究[J].燃烧科学与技术,2001,7(3):214-218.
- [10] 范卫东,高继慧,林正春,等.百叶窗浓缩器性能的试验及数值模拟研究[J].动力工程,2000,20(5):831-838.

( 辉 编辑 )

[刊, 汉] / SHEN Xiang-zhi, YAN Jian-hua (Research Institute of Thermal Energy Engineering under the Zhejiang University, Hangzhou, China, Post Code: 310027), LU Tai (Power Engineering Department, Northeast Electric Power Institute, Jilin, China, Post Code: 132012) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 497 ~ 500

On the basis of experimental research a method for designing J-shaped refeed valve was developed from the perspective of structural dimensions, air-charging pressure and quantity. Some engineering calculation examples are given, which can serve as reference data during the design of circulating fluidized bed boilers. **Key words:** circulating fluidized bed boiler, J-shaped refeed valve, design method

单级叶片倾角对百叶窗浓缩器分离特性影响的工业试验 = **Industrial Tests For Clarifying the Impact of Single-stage Blade Dip Angle on the Separation Characteristics of a Louver Concentrating Device** [刊, 汉] / YANG Long-bin, LI Zheng-qi, CHEN Li-zhe, et al (College of Energy Science & Engineering under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 501 ~ 503

On a 670 t/h bituminous coal-fired boiler equipped with a race pulverizer-based direct-fired pulverized-coal preparation system, single-stage blade and gas-solid two-phase tests were conducted to determine the separation characteristics of a louver concentrating device. It is found that with the dip angle of a single-stage movable blade set at  $32^\circ$  the share of fuel-rich primary air is relatively low, the separation and concentrating efficiency are relatively high. Meanwhile, the comprehensive resistance loss factor and pressure loss is respectively 0.92 and 471 Pa. **Key words:** boiler, concentrating device, louver, gas-solid flow

油田直热炉温度/流量的模糊控制 = **Fuzzy Control of the Temperature and Flow Rate of an Oil Field Direct-heated Furnace** [刊, 汉] PANG Li-ping, WANG Jun (Department of Flight Vehicle Design and Applied Mechanics, Beijing University of Astronautics and Aeronautics, Beijing, China, 100083) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 504 ~ 506

The improper control of a direct-heated furnace installed at an oil field will give rise to bias-flows during its combustion, often resulting in coke formation in the heating tubes, which eventually have to be replaced. On the basis of analyzing the underlying causes of bias flows during the operation of the direct-heated furnace and possible measures for dealing with such flows a fuzzy control scheme for the temperature and flow rate has been proposed for the furnace. The implementation of the scheme has thoroughly solved the problem of bias-flows, eliminating the need for replacement of the heating tubes. Moreover, the use of a discrete fuzzy controller proposed by the authors can also solve the bias-flow problems in other control systems involving the distribution of fluids. **Key words:** fuzzy control, uniformity control, direct-heated furnace, bias flow

电厂负荷调度的智能决策方法 = **Intelligent Decision-making Methods for Load Dispatching in Power Plants** [刊, 汉] / YU Guo-qiang, LU Jian-hong (Department of Power Engineering, Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096), GONG Cheng (Tiansheng Harbor Power Generation Co. Ltd., Nantong, Jiangsu Province, China, Post Code: 226000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(5). — 507 ~ 511

Iso-micro increase approach and dynamic planning are two methods of optimized dispatching of power plant loads currently in common use. After a comparison of the above two methods the authors have pointed out their defects in the actual dispatching of plant loads. On this basis an intelligent decision-making strategy is proposed to reduce the cost of power generation, taking advantage of the actual experience gained in load dispatching. With respect to four units of 125MW plant installed at Tiansheng Harbor Power Generation Co. Ltd in Nantong City an optimized load dispatching system was developed, based on load intelligent decision-making strategy. **Key words:** load dispatching, iso-micro increase method, dynamic planning method, intelligent decision-making strategy, rules base

用于现场测量深层岩土导热系数的简化方法 = **A Simplified Method for On-site Measurement of the Thermal**