

# 蔗渣锅炉低温受热面积灰原因分析及解决方案

王光培 蒋文

(华电电力科学研究院, 浙江 杭州 310030)

**摘要:** 针对蔗渣锅炉低温受热面在实际运行过程中容易形成积灰的现象, 分析运行参数并结合生产现场实际, 了解到积灰原因主要有: 循环水运行温度低、吹灰系统效果差、入炉燃料水分大、受热面结构设计不合理和布袋除尘器阻力增大等; 有针对性地提出了3种具体的解决方案, 分别为: 运行优化调整、施工辅助调整和换热器结构调整; 此研究为烟气余热回收技术在蔗渣锅炉上的良好应用提供了指导, 对同类的烟气余热回收改造工程也具有借鉴意义。

**关键词:** 蔗渣锅炉; 低温受热面; 积灰; 原因分析; 解决方案

中图分类号: TK229.6 文献标识码: A  
DOI: 10.16146/j.cnki.rndlgc.2016.05.021

## 引言

在国家节能环保政策推动下, 锅炉尾部低品位烟气余热回收利用技术得到了高度的重视和大力推广运用。近年来, 在广西、云南等地有大量糖厂的小容量机组在运行, 这一部分机组的主要燃料为蔗渣。对于以蔗渣为燃料的机组来讲, 由于蔗渣中的含硫量极低, 不存在换热器的低温酸腐蚀问题。因此在该部分机组进行烟气余热回收时, 烟气温度可降低至较低水平, 烟气余热回收潜力巨大。然而, 低温烟气余热回收技术中受热面积灰问题始终是重点研究和工程应用中存在的普遍性问题<sup>[1-6]</sup>。受热面积灰会严重影响换热器的换热效率, 同时增加换热器烟气阻力, 较严重积灰甚至会导致换热器设备无法正常运行; 导致风机出力不足。引起低温受热面积灰的因素有很多, 运行数据表明, 燃料成分、介质温度及受热面结构设计等是影响积灰的主要因素, 对机组运行的经济性和安全带来不利影响。

## 1 锅炉运行参数

某糖厂1台130 t/h锅炉和2台75 t/h锅炉, 进

行了尾部烟气余热回收改造, 通过在空预器和除尘器之间的尾部烟道增加低温受热面, 回收烟气热量加热循环水, 循环水再将热量通过板式换热器传递给低温混合糖汁。烟气温度从130℃降低至80℃, 回收的烟气热量加热循环水, 循环水温度从60℃加热至90℃。3台锅炉运行情况如下:

### (1) 130 t/h 锅炉运行情况

新增低温受热面安装在空气预热器和布袋除尘器之间的竖直烟道。工程改造后, 投入运行2个月, 发现引风机出力不足, 打开预先安装的低温受热面旁通烟道, 继续运行1个月直至榨季结束。经运行人员检查发现新安装的低温受热面积灰严重。130 t/h锅炉连续10天的运行数据如表1所示。

### (2) 75 t/h 锅炉运行情况

与130 t/h锅炉不同, 该75 t/h锅炉烟气余热回收改造中, 将新增低温受热面安装在空气预热器和水膜除尘器之间的水平烟道, 改造后投入运行, 状况良好, 低温受热面未见积灰。75 t/h锅炉连续10天的运行数据如表2所示。

## 2 受热面堵灰现象

### (1) 130 t/h 锅炉堵灰现象

榨季结束后, 经检查发现: 由图1~图3可看出130 t/h锅炉烟气入口端受热面出现较严重堵灰, 其中: 受热面表面积灰严重, 换热管间形成堵灰, 同时吊挂管箍位置也有积灰现象, 如图1(a)所示; 积灰区域占据入口端受热面区域面积在60%左右, 靠近吹灰器位置未形成积灰, 如图1(b)所示; 换热器下方烟道内形成大量积灰, 占据原有烟气垂直流动方向上50%的空间, 如图1(c)所示; 图2中可以看到积灰经触碰后脱落, 灰层平均厚度在2~3 mm, 脱落后受热面表面有腐蚀现象; 图3为入口灰样, 可以看到没有完全燃烧的蔗渣。

收稿日期: 2015-07-17; 修订日期: 2015-08-05

作者简介: 王光培(1982), 女, 吉林公主岭人, 华电电力科学研究院工程师。

表 1 130 t/h 锅炉新增低温受热面运行数据表

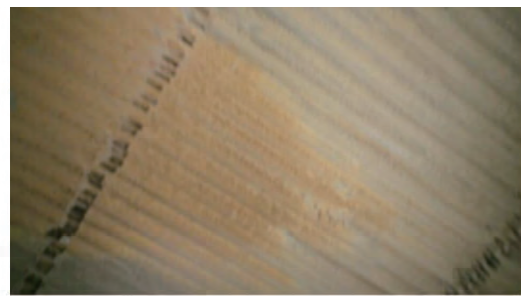
Tab.1 Table of the operation data of the newly-added low temperature heating surface of a 130 t/h boiler

天数	烟气侧温度/℃				循环水侧温度/℃	
	烟道 1 入口烟温	烟道 1 出口烟温	烟道 2 入口烟温	烟道 2 出口烟温	入口水温	出口水温
1	120.84	89.20	111.48	83.08	72.3	89.3
2	122.24	90.08	119.80	85.04	71.3	91.6
3	96.76	91.28	113.68	94.16	45.2	75.2
4	89.24	112.24	111.24	105.84	49.7	68.5
5	80.92	115.60	122.80	111.00	46.8	65.5
6	91.96	116.52	115.08	109.56	49.6	69.2
7	124.08	120.28	127.40	116.12	63.7	80.8
8	126.12	104.48	124.80	99.04	68.2	83.4
9	127.88	93.44	126.92	92.48	59.9	83.5
10	128.2	113.28	125.88	104.20	59.4	82.7

表 2 75 t/h 锅炉新增低温受热面运行数据表

Tab.2 Table of the operation data of the newly-added low temperature heating surface of a 75 t/h boiler

天数	烟气侧温度/℃		循环水侧温度/℃	
	入口烟温	出口烟温	入口水温	出口水温
1	143.72	82.2	63.29	89.49
2	148.6	81.08	63.72	80.80
3	145.68	87.96	68.17	83.44
4	152.76	85.76	59.91	83.50
5	155.08	83.88	59.42	82.71
6	155.88	85.4	72.65	95.22
7	162.08	84.92	69.72	94.68
8	157	85.28	70.58	93.15
9	156.48	81.52	68.88	89.12
10	161.44	83.00	66.00	78.73



(a) 换热管积灰



(b) 60%受热面积灰



(c) 烟道内积灰

(2) 75 t/h 锅炉堵灰现象

75 t/h 锅炉烟气入口端新增低温受热面表面清洁。75 t/h 锅炉新增低温受热面情况如图 4 所示，螺旋翅片迎风面有少许积灰外，其余受热面表面积灰较少。

3 130 t/h 锅炉新增低温受热面堵灰原因分析

根据堵灰现象及实地考察，发现循环水温度低、吹灰系统性能差、运行工况偏离设计值和受热面结构设计不合理等均是影响受热面积灰的因素。

图 1 130 t/h 锅炉新增低温受热面积灰情况  
Fig.1 Ash deposition on the newly added heating surface of a 130 t/h boiler



图 2 130 t/h 锅炉新增低温受热面触碰后积灰脱落

Fig. 2 Falling - off of the ash deposited on the low temperature heating surface of a 130 t/h boiler after the ash had been touched



图 3 130 t/h 锅炉新增低温受热面入口灰样

Fig. 3 Ash sample taken from the inlet of the newly added heating surface of a 130 t/h boiler



图 4 75 t/h 锅炉新增低温受热面情况

Fig. 4 Operating conditions of the newly added low temperature heating surface of a 75 t/h boiler

### 3.1 循环水侧低于水露点温度运行

在考虑蔗渣锅炉受热面积灰的情况时,烟气水露点温度是一个关键数据,当受热面管内冷侧介质温度低于烟气水露点温度时,受热面表面会发生结露现象,导致飞灰粘结在受热面表面引起积灰。

### (1) 烟气水露点的确定

根据入炉燃料蔗渣的元素分析参数,如表 3 所示。应用文献 [7] 中的公式,如式 (1) 所示:

$$t_{ld} = -1.2102 + 8.4064 \times \phi_{H_2O} - 0.4749\phi_{H_2O}^2 + 0.01042\phi_{H_2O}^3 \quad (1)$$

式中:  $\phi_{H_2O}$  — 烟气中水蒸气体积分数,由此可以计算出烟气水露点温度 62 °C。

表 3 燃料蔗渣元素分析参数

Tab. 3 Parameters of the fuel bagasse for use in elementary analysis

元素名称	水	碳	氧	氢	氮	灰分	硫
范围 / %	47.5	24.7	23.5	3.1	0.1	1.1	0

### (2) 循环水低温运行带来的不利影响

新增低温受热面循环水系统多次启停,重启系统时向系统注入低温消防水,循环水侧过低的运行温度导致烟气在新增低温受热面结露,形成积灰。75 t/h 锅炉换热器出口积灰也说明了这一现象。该糖厂的 3 台机组运行过程中均存在多次启停的现象,因此循环水运行温度低确实会造成积灰引起烟气阻力增加,但阻力增加幅度小,不会影响锅炉的安全运行。

另外,对比图 1(b) 中 130 t/h 锅炉积灰脱落后和图 4 中 75 t/h 锅炉新增低温受热面光泽度,可以看出,130 t/h 锅炉换热器表面存在低温结露现象。通过表 1 和表 2 锅炉运行数据可知,75 t/h 锅炉新增低温受热面进口烟气平均温度在 150 °C 左右,而 130 t/h 锅炉新增低温受热面进口烟气平均温度在 120 °C 左右。说明在循环水温度相同时,烟气温度越高越容易避免新增低温受热面低温结露现象的发生。

然而新增低温受热面入口烟气温度在机组负荷确定时,是无法进行调节的,因此,为保证风机及烟气余热回收系统的安全运行,需保证循环水侧的运行温度在露点温度以上 10 °C 左右,避免低温结露,减轻积灰的形成。

### 3.2 吹灰系统运行效果差

从图 1(b) 可以看出,在距离吹灰器较近的区域,也就是靠近烟道护板的位置受热面几乎没有积灰;距离吹灰器较远的区域,也就是受热面中间区域

积灰严重。

上述现象的形成有 2 个原因:

(1) 安装空间小,影响了吹灰器的运行效果。烟道护板和受热面之间空隙仅有 5 mm,因此声波吹灰器喇叭口和受热面蛇形管 U 型弯之间几乎没有空隙,声波在受热面内部扩散收到影响,导致声波吹灰器运行效果不佳;

(2) 声波吹灰器性能不能满足现场吹灰需求。130 t/h 每个烟道配置 2 台声波吹灰器,考虑受热面尺寸较大,声波吹灰器辐射范围有限,为了使声波尽量辐射到整个受热面,采取了对角布置方式,2 台吹灰器分别布置在烟道侧面的右中上、左中下位置,部分区域超出了声波辐射范围,导致吹灰效果不佳。

### 3.3 入炉燃料水分大 燃烧不充分

从图 3 可以看出,积灰的灰样粗,部分蔗渣没有完全燃烧。当没有完全燃烧的蔗渣经过新增低温受热面时,会直接导致螺旋翅片管的堵塞,有效流通截面积越来越小,进而形成积灰,阻力增大;当燃料水分较高时,烟气湿度大,流经新增低温受热面时,烟气中的灰不易被带走,留在换热管表面,长时间运行后形成堵灰。

### 3.4 换热器结构设计不合理

(1) 节距、间距选取不合理。根据设计烟气体积及目标性能参数,结合现场安装空间,最终确定换热管节距和间距均为 85 mm,按照以往燃煤电厂运行经验,该节距和间距是没有问题的。但是糖厂蔗渣的灰分大、水分高等特性,导致节距和间距对积灰影响较大,在实际运行过程中阻力大,容易积灰。

(2) 螺旋翅片型式不合理。螺旋翅片会有效增加受热面的有效面积,换热效率高。但是由于翅片间距相对较小,蔗渣锅炉燃料燃烧不充分,灰样如图 5 所示。有大灰粒经过受热面时,容易造成积灰。

(3) 安装受热面烟道入口过渡段角度过小。受到安装空间影响,入口过渡段角度小,当烟气通过过渡段冲刷新增低温受热面时,烟气流动分布不均匀,受热面中供烟气流动的有效流通截面积小,引起阻力增加;垂直烟气流动方向的两端,受到过渡段角度的影响,只有少量烟气流经受热面,形成局部流动死区,增加积灰的形成和烟气侧阻力。

### 3.5 布袋除尘阻力增大带来的影响

(1) 布袋除尘器阻力增大,根据表 1 中运行数据显示,130 t 锅炉新增低温受热面出口即布袋除尘器入口烟气最高温度在 85 °C 左右,然而根据资料显示布袋除尘器安全运行最低温度一般控制在 90 ~ 95 °C,根据不同材质,最低温度要求稍有不同。布袋除尘器长期低温运行将会导致布袋积灰,阻力会随着运行时间日益加大,直至引风机现有出力裕量无法满足要求。对比 75 t/h 锅炉的水膜除尘器,锅炉运行正常,并未出现阻力增加引起风机出力不足的现象。间接说明了布袋除尘器在低温运行时存在阻力增大的问题。

(2) 打开旁路烟道带来的不利影响,在风机出力不足的情况下,为了机组安全运行,将新增低温受热面旁路挡板门打开,烟气绝大部分经旁路进入除尘器,极少部分烟气流经新增低温受热面,导致烟气流速大幅降低,受热面自清灰能力减弱,形成积灰;

设计工况下,烟气流经新增低温受热面速度为 8 m/s,打开旁路以后,流经换热器烟气流速大大降低,破坏了原有的烟气冲刷受热面的运行状态,导致在换热管排的吊挂管箍边缘也出现了积灰的现象(如果烟气正常冲刷,在吊挂管箍的边缘不会形成积灰),如图 1(a)、图 1(b) 所示;大多数烟气从旁路烟道经过后,在受热面进口端形成烟气流动死区,积灰无法及时被烟气带走,从而在换热器下方烟道内形成大量积灰,如图 1(c) 所示。

## 4 低温受热面积灰问题解决方案

### 4.1 运行优化调整

根据 75 t/h 锅炉运行未出现堵灰,并结合 130 t/h 锅炉实际运行情况,可从运行方式上解决低温受热面积灰的问题。在新增低温受热面进水管道上加装温度测点,数据传入控制系统,通过监控进入新增低温受热面进水温度保证其高于水露点 10 °C 以上。可通过增加混水旁路来调节进水温度,使已经吸收热量的高温水不进行热量利用,重新回到受热面,与低温进水混合从而保证进水温度达到运行要求,防止受热面结露积灰、堵灰。

对于锅炉频繁启停时注入低温的消防水时,可

通过调节进水流量来调节进水温度,打开混水旁路,待进水温度升至水露点以上 10 ℃,水量达到设计值,循环水再进行热量利用。

#### 4.2 施工辅助调整

##### (1) 烟道扩充过渡段角度调整

将新增低温受热面进口烟道扩口角度适当调大,按照燃煤电厂经验建议将扩口倾斜角调大至 60°以上,以增强现在扩口处自清灰能力,保证受热面迎风面烟气流界面气流分布均匀。

##### (2) 增加吹灰器配置

可增加声波吹灰器数量至每个烟道 4 台,保证吹灰声波覆盖整个受热面,增强吹灰效果。在安装吹灰器时,应充分考虑吹灰器喇叭口和受热面之间的位置关系,应严格按照吹灰器的正确安装要求进行安装,保证吹灰器发挥其最优性能。

##### (3) 换热器布置位置调整

将新增低温受热面安装在布袋除尘器之后,除尘器后烟气粉尘浓度大大降低,新增低温受热面的积灰、堵灰现象将大幅减弱。具体视除尘后现场位置确定。

#### 4.3 换热器结构调整

##### (1) 增加换热器换热管的间距

增加换热管间距,可以有效避免大灰粒的堵塞;并且根据以下阻力计算公式可知如式(2)、式(3)所示,增加换热管间距,能够有效降低烟气流动阻力,提高机组运行安全性和经济性。

$$\Delta P = \frac{f_s \times N \times G_{\max}^2}{2\rho} \quad (2)$$

$$f_s = 37.86 \times \frac{d_o \times G_{\max}}{\mu} - 0.316 \times \frac{S_1}{d_o} - 0.927 \times \left(\frac{S_1}{S_2}\right)^{0.515} \quad (3)$$

式中: $f_s$ —阻力系数; $N$ —受热面排数; $G_{\max}$ —烟气最大质量流速,kg/(m<sup>2</sup>·s); $\rho$ —烟气密度,kg/m<sup>3</sup>; $d_o$ —换热管外径,m; $S_1$ 、 $S_2$ —换热管横向间距、纵向间距,m; $\mu$ —烟气动粘度,kg/(m·s)。

##### (2) 受热面应用 H 型鳍片

由于新增低温受热面传热温差小,为使受热面结构紧凑以减小体积,并减少材料耗量,传热管必须采用扩展受热面强化传热。H 型翅片管和螺旋翅片

管比起来<sup>[9~10]</sup>,烟气流动阻力小,具有优异的防积灰、防磨损特性,因此,可以采用 H 型翅片管,防止积灰。

## 5 结 论

本研究通过分析运行数据,结合实际的受热面积灰现象,展开积灰原因分析,并提出相应的防积灰方案,为蔗渣锅炉的安全经济运行、余热回收利用等领域提供了依据和指导,对其它的烟气余热回收改造工程建议如下:

(1) 除尘为布袋除尘器时,将换热器安装至布袋除尘器和引风机之间;

(2) 换热管型式采取 H 型翅片管设计、增加管节距和间距,防止大灰粒形成堵塞;

(3) 合理确定设计参数,低温受热面烟气出口温度和系统循环水温度提高至水露点以上 10 ℃。

(4) 吹灰器数量要满足吹灰区域要求,并保留足够的安装空间。

#### 参考文献:

- [1] 周锡文, 农洲才, 罗寿民, 等. 锅炉烟道气余热干燥蔗渣应用研究[J]. 甘蔗糖业, 2012(4): 41-44.  
ZHOU Xi-wen, NONG Zhou-cai, LUO Shou-min, et al. Applied research of the flue gas waste heat from a boiler to dry bagasse [J]. Sugarcane and Canesuga, 2012(4): 41-44.
- [2] 何华柱, 农洲才, 韦文. 利用配风燃烧改造糖厂蔗渣锅炉的实践与思考[J]. 广西蔗糖, 2011(5): 21-25.  
HE Hua-zhu, NONG Zhou-cai, WEI Wen. Practice and thinking of the reconstruction of a bagasse-fired boiler in a sugar mill by making use of the air distribution and combustion [J]. Guangxi Sugar Industry, 2011(5): 21-25.
- [3] 黄文清, 韦立新. 浅谈糖厂自备热电站技改节能设计思路[J]. 广西轻工业, 2008(8): 34-35.  
HUANG Wen-qing, WEI Li-xin. Exploratory study of the ideas for energy-saving design of a self-supply power plant during its technical reconstruction [J]. Guangxi Light Industry, 2008(8): 34-35.
- [4] 房晓玉, 庞秋霞. 我国甘蔗糖厂节能减排技术发展[J]. 甘蔗糖业, 2014(3): 59-63.  
FANG Xiao-yu, PANG Qiu-xia. Development of the energy-saving and emissions reduction technology in cane sugar factories in China [J]. Sugarcane and Canesugar, 2014(3): 59-63.

[5] 范家恒. 甘蔗糖厂节能分析[J]. 广西蔗糖 2007( 1) : 41 - 42.  
FAN Jia-heng. Energy-saving analysis of a cane sugar factory [J]. Guangxi Cane Sugar 2007( 1) : 41 - 42.

[6] 郝媛媛, 张艳军, 刘子杰, 等. 关于甘蔗糖厂锅炉能量分析方法的比较研究[J]. 广东化工 2012, 39( 6) : 364.  
HAO Yuan-yuan, ZHANG Yan-jun, LIU Zi-jie, et al. Comparison and study of the energy methods for analyzing boilers in cane sugar factories [J]. Guangdong Chemical Industry 2012, 39( 6) : 364.

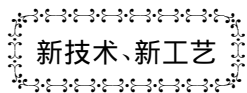
[7] 冯俊凯, 沈幼庭, 杨瑞昌. 锅炉原理及计算[M]. 北京: 科学出版社 2003: 372 - 373.  
FENG Jun-kai, SHEN You-ting, YANG Rui-chang. Boiler principles and calculation [M]. Beijing: Science Press 2003: 372 - 373.

[8] 钱颂文. 换热器设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社 2006: 309 - 310.  
QIAN Song-wen. Heat exchanger design handbook [M]. Beijing: Chemical Industry Press 2006: 309 - 310.

[9] 张玉俊, 任太和, 景江峰, 等. 螺旋鳍片省煤器与 H 型鳍片省煤器的应用分析[J]. 电力学报 2011 26( 4) : 354 - 356.  
ZHANG Yu-jun, REN Tai-he, JING Jiang-feng, et al. Analysis of the applications of spirally-finned economizers and H-finned ones [J]. Journal of Electric Power 2011 26( 4) : 354 - 356.

[10] 杨大哲, 黄新元, 薛立志. H 型鳍片管的传热与流动特性试验研究[J]. 锅炉制造 2008( 6) : 14 - 17.  
YANG Da-zhe, HUANG Xin-yuan, XUE Li-zhi. Experimental study of the heat transfer and flow characteristics of a H-finned tube [J]. Boiler Manufacturing 2008( 6) : 14 - 17.

( 刘 瑶 编辑)



## 运行寿命到期后机组保持继续运行

据《Gas Turbine World》2015 年 7 ~ 8 月刊报道, Ethos Energy 的 TG20 和 TG50 是上世纪 70 年代投入使用, 目前已到期的燃气轮机机组。至今, 在中东( 利比亚、沙特阿拉伯和伊拉克) 至少还有 20 台该型燃机正在运行, 每台燃机累计工作时间已超过 100 000 h。在最近几年, 已对这些燃机中的多数机组进行了彻底的整修。

TG20 燃气轮机是冷端输出单轴轴流式重型工业燃气轮机, 其输出功率在 40 ~ 50 MW 范围内。TG20 经历了从原始 TG20A 到目前 TG20B7/8 的连续改进。

具体改进包括冷却系统改进、高温零部件设计、压气机重新设计、强化 DLN( 干式低 NO<sub>x</sub>) 燃烧系统和涂层改进。新材料和冷却技术将该机组涡轮进口温度从 900 °C 提高到 1 130 °C。

TG50 燃气轮机是一型驱动两极发电机、工作转速为 3 000 r/min 的单轴机组。

具体的性能改进包括电子控制和调节系统、高温部件冷却系统的设计和改进、燃烧系统和 DLN( 干式低 NO<sub>x</sub>) 燃烧室升级和改进。

### 首台燃机和最新燃机的性能比较

	输出功率/MW	效率/%	涡轮进口温度/°C
TG20A( 第一型, 上世纪 70 年代初期)	27. 1	27	900
TG20B78UG( 最新型 2015 年)	45. 4	31. 5	1 130
TG50B( 第一型, 上世纪 70 年代末期)	70	28	900
TG50D5U( 最新型 2015 年)	144. 5	35	1 130

( 吉桂明 摘译)

添加剂在生物质燃烧时对 NO 排放的影响 = **Characteristics of the NO Emissions Controlled by Nano Iron-based Additives During Biomass Combustion and Its Mechanism** [刊, 汉] WU Ming-yang, ZHAO Bing-tao ( College of Energy Source and Power Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai, China, Post Code: 200093) , SU Ya-xin ( College of Environment Science and Engineering, Donghua University, Shanghai, China, Post Code: 201620) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2016, 31 ( 5) . - 129 ~ 134

To control the NO emissions during the biomass combustion, a method to add nano iron-based additives to biomass was used to study the inhibition of NO production during the combustion process. In an one-dimensional tubular furnace, the NO emission characteristics of three typical kinds of biomass ( corn stalk, rice husk and sawdust, 100 mg) containing the nano  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  additive were experimentally studied at a temperature of 700 °C, 800 °C and 900 °C respectively. It has been found that  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  can effectively lower the peak value of NO. With an increase of the temperature, the descending rate of the NO peak value of corn stalk and sawdust will increase, however, that of the rice husk will arrive at its maximum value at 800 °C. At different temperatures, when a weight of 1 mg  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  is added, the maximum descending rates of the NO peak values of corn stalk, rice husk and sawdust will be 18.71%, 29.88% and 18.66% respectively. When a weight of 0.5 to 2 mg  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  is added, the maximum descending rates of the NO peak value of corn stalk, rice husk and sawdust will be 28.02%, 32.56% and 27.12% respectively at 900 °C. The effectiveness of the nano  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  to lower the NO emissions is superior to that of the nano single substance Fe. According to the path and mechanism governing the conversion of N during the biomass combustion process, it can be predicted that  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  will mainly reduce the precursor HCN of NO to  $\text{N}_2$ , thus inhibiting the production of NO while the single substance Fe will mainly reduce the NO produced to  $\text{N}_2$  to lower the NO emissions. **Key words:** biomass, combustion, NO, nano iron-based additive, emission control

蔗渣锅炉低温受热面积灰原因分析及解决方案 = **Analysis of the Causes for Dust Deposition on the Low Temperature Heating Surface of a Bagasse-fired Boiler and Their Solutions** [刊, 汉] WANG Guang-pei, JIANG Wen ( Huadian Electric Power Science Research Institute, Hangzhou, China, Post Code: 310030) , ( Hangzhou Huadian Energy Source Engineering Co. Ltd., Hangzhou, China, Post Code: 310030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2016, 31( 5) . - 135 ~ 140

In the light of the phenomenon that it is easy for dust to deposit on the low temperature heating surface of a bagasse-fired boiler during the actual operation process, analyzed were the operating parameters and in combination with the

practical production on the spot, it has been learned that the causes for the dust deposition mainly include the following five points: a low operation temperature of the circulating water, poor effectiveness of the soot blowing system, a big water content of fuel fed into the furnace, irrational structural design of the heating surface and a big resistance of the bag dust removal device. Three concrete solutions were proposed for these special purposes, involving respectively the following: operation optimization and adjustment, construction assistance adjustment and heat exchanger structure adjustment. The foregoing can offer guidance for proper applications of the flue gas waste heat recovery technology in bagasse-fired boilers and provide reference for flue gas waste heat recovery and reconstruction engineering projects of the same kind. **Key words:** bagasse-fired boiler, low temperature heating surface, dust deposition, cause analysis, solution

通用型模糊自寻优 PID 控制器在电导热油炉中的应用 = **Applications of a General-purpose Type Fuzzy Self-optimization-searching PID Controller in Electrically Heated Heat Conduction Oil Heaters** [刊, 汉] XU Feng, LIN Hai-bo (Automation Research Institute, Zhejiang Taizhou Vocational Technology College, Taizhou, China, Post Code: 318000), LOU Ping (School of Electromechanical and Automobile Engineering, Zhejiang Jiaxing Vocational Technology College, Jiaxing, China, Post Code: 314036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2016, 31(5). - 141 ~ 145

The electrically heated heat conduction heaters usually adopt conventional PID control. Because of the temperature control systems featuring non-linear, big lagging and time-variation etc. and sophisticated factors interfered by the outside world, it is extremely difficult to determine the control model and the selection of the parameter values for the PID control is not only complex but also incapable of obtaining an optimum matching among the regulation speed, overshoot and static state difference etc. indexes. On the basis of the intrinsic relationship between the typical temperature curves and the PID control parameters being analyzed, a general-purpose type fuzzy self-optimization-searching PID controller was proposed, thus better meeting the requirements of the system for the response speed, control precision and static state difference under various operating conditions. Through a simulation of multiple control methods by using the software Matlab, an analysis and application in the experimental measurement in the electrically heated heat conduction heater simulated, it has been verified that the fuzzy self-optimization-searching PID controller has its cutting edge in terms of the regulation time, overshoot and static stage difference etc. The method under discussion is of a major significance to temperature control systems in a common sense. **Key words:** fuzzy optimization self-searching, PID control, simulation of an electrically heated heat conduction heater, simulation and experiment measurement