

新型干煤粉气流床气化炉的气化特性研究

唐志国¹, 马培勇², 李永玲², 林其钊²

(1. 合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009)

(2. 中国科学技术大学 热科学和能源工程系, 安徽 合肥 230026)

摘 要: 根据无焰氧化技术的思想提出了一种新型干煤粉气流床气化炉, 运用试验和数值计算方法对高灰熔点煤粉在炉内气化反应过程进行了研究。试验和模拟结果证实了该炉型结构能够使炉内温度场均匀, 炉内温度梯度显著降低, 实现了无焰氧化技术的基本反应特征, 使煤粉气化反应空间化; 同时炉内平均温度水平上升, 气化强度增强, 排渣口处温度水平上升, 满足了高灰熔点煤种的气化要求。

关 键 词: 煤气化; 高灰熔点; 气化炉; 无焰氧化

中图分类号: TQ545 文献标识码: A

引 言

煤气化技术是洁净煤技术及煤化工的重要组成部分, 是《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》明确的重要内容。与国外煤种相比, 我国煤炭的特点表现在灰渣特性上: 灰分高(27%~28%), 灰熔点高($FT > 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$), 其储量约占我国煤炭保有量的 57%, 而现有的气流床气化炉对灰熔点的上限均有限制^[1~3]。因此, 我国发展煤炭气化技术的方向应立足于我国的煤炭特点, 研发适应高灰熔点煤的新型气流床气化技术, 以满足未来大规模气化需求。

由于气化炉是气化反应进行的核心设备, 气化炉的结构和进料方式等直接影响到炉内流场结构、气化反应过程和组分浓度场等气化性能。鉴于此, 本研究在分析无焰氧化技术的实现条件、形成机理及其实现途径的基础上^[4~5], 分析各种先进干煤粉气流床气化炉结构特点、流场特性与温度分布情况^[6], 将无焰氧化技术的实现思想应用于新型高灰熔点煤气化炉的设计中, 提出了一种新型干煤粉气流床气化炉。由此建立了一套干煤粉气化试验装置, 进行了高灰熔点干煤粉气化小试研究; 并根据试

验炉的几何特征建立了该气化炉的数学模型, 经过数值计算与试验结果进行了比较。

1 新型气化炉的提出与煤种特性

新型气化炉采用立式结构, 如图 1 所示。

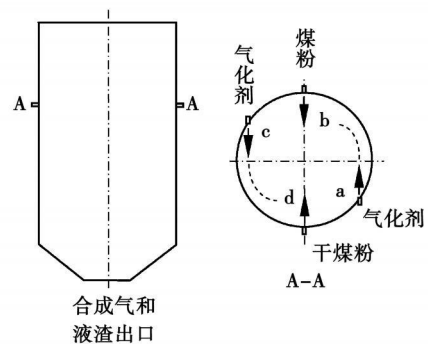


图 1 气化炉的物理模型

新型气化炉改变了传统气化炉将煤粉和气化剂通过同一喷嘴喷入炉内的进料方式, 将煤粉和气化剂分别由位于炉体上部同一高度水平面 A-A 上的不同喷嘴以不同方式喷入炉内, 煤粉在气载体的输送下由两个对冲布置的径向喷嘴 b、d 对撞喷入炉内, 气化剂则由两个平行于煤粉喷嘴并等距离偏置的错相喷嘴 a、c 高速切向喷入炉内, 喷入的两股气化剂在炉内形成旋转气流, 产生的合成气和液渣向下由炉底出口并流排出。

试验气化炉炉内气化空间的内径为 0.32 m, 净高 0.60 m, 高径比为 1.875。根据气化炉的设计容积、炉内停留时间的限定, 给煤量取 7.2 kg/h。

气化用煤采用淮南煤, 其特性分析如表 1 所示。在煤粉颗粒粒径分布上, 90% 左右的煤粉颗粒直径

收稿日期: 2009-09-07 修订日期: 2010-03-18

基金项目: 安徽省科技攻关基金资助项目(07010202080)

作者简介: 唐志国(1978-), 男, 安徽桐城人, 合肥工业大学讲师, 博士。

介于 5~90 μm 之间, 颗粒直径大于 90 μm 只占煤粉颗粒粒径分布的 10% 左右。

表 1 气化用煤的特性分析

数值		数值		
工业分析 /%	M _{ar}	1.16	SO ₂	53.09
	A _{ar}	23.10	Al ₂ O ₃	31.37
	V _{ar}	27.03	Fe ₂ O ₃	3.73
	FC _{ar}	48.21	CaO	1.46
	C _{ar}	63.51	MgO	—
元素分析 /%	H _{ar}	4.19	发热量 / kJ kg ⁻¹	Q _{net, ar} 24 435
	O _{ar}	6.39	灰熔点 / °C	DT > 1 470
	N _{ar}	1.02		ST > 1 470
	S _{t, ar}	0.63		FT > 1 470

2 试验研究

2.1 干煤粉气化炉试验系统

干煤粉气化炉试验系统如图 2 所示。采用燃气点火方式来预热和启动煤粉的燃烧。干煤粉的输送采用立式微量螺旋给粉器; 气化剂使用纯氧和水蒸气。在炉体的下端引入自来水对炉底部生成的高温合成气和灰渣进行激冷。煤气经除尘、分离后由取样器收集以备成分分析所需。

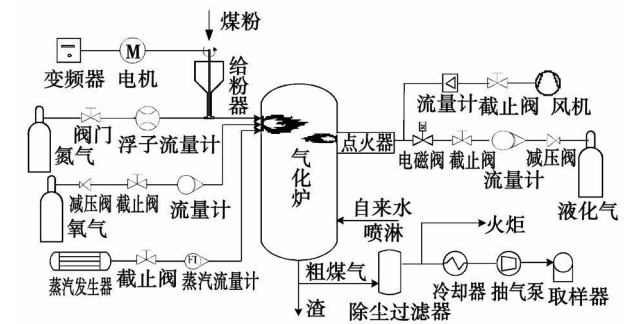


图 2 煤粉气化试验系统示意图

2.2 试验过程

首先启动点火器对炉膛升温, 当炉内温度达到 1 000 °C 时, 即完成了炉膛的预热过程。然后通过给粉器将煤粉径向送入炉内, 并切向送入氧气。这时炉内发生煤粉氧燃反应, 炉温迅速上升, 当温度升高到 1 400 °C 以上后向炉内通入水蒸气。待炉膛达到预定温度后, 通过改变试验工况进行煤粉干法气

化试验。当工况稳定时, 通过粗煤气过滤、冷却系统采集气体, 通过渣料收集系统收集炉底的灰渣。

经过对现有气化炉气化特征的分析比较^[7-12], 并结合高灰熔点煤种的气化难点^[1-3], 在试验过程中将新型气化炉的气化工艺参数氧碳原子比和蒸汽煤比分别取 1.1 和 0.1 kg/kg

2.3 炉内气化火焰图像

在该气化炉的炉顶中心设置了一个观火孔, 通过双层耐高温石英玻璃观测炉内的气化火焰。为了说明本气化炉炉型结构具有实现无焰氧化气化反应特征的可行性, 在试验正式开始之前, 对两种气化工况的炉内火焰进行了摄像比较, 结果如图 3 所示。其中, 工况 A 表示使用单一煤粉喷嘴 b 和气化剂喷嘴 c 喷入物料; 工况 B 表示使用煤粉喷嘴 a 和气化剂喷嘴 b、d 均喷入相应的物料, 即本气化炉的实验方式。

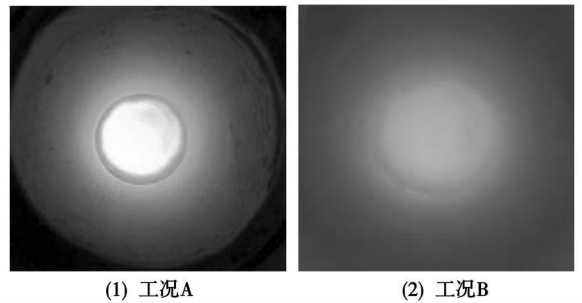


图 3 炉内气化火焰图

从图 3 中的小圆火焰部分可以看出, 工况 A 发生了明显的偏烧现象, 煤粉和气化剂的剧烈高温反应集中在气化剂气流的下游, 在该区域可以看到明亮的白色火舌, 炉内温度场不均匀; 而在工况 B 中, 炉内看不到明显的火舌或者火焰前沿, 火焰亮度降低, 炉内呈透明状态, 局部高温区趋于消失, 峰值温度降低, 炉内温度场均匀。说明本气化炉的结构和进料方式可以实现煤粉的无焰气化反应, 使得煤粉气化过程空间化, 炉内温度场均匀, 验证了气化炉设计思路的正确性。

3 数值模拟研究

3.1 气化炉的数值模型

由于煤粉气化可以看作是煤粉富燃反应过程

所以气化过程也可以划分为挥发分的析出与反应、焦炭的异相气化反应、辐射传热、颗粒运动和湍流流动等过程。在计算过程中, 为了满足受限圆柱空间内煤粉气流高速喷射所产生的烟气旋流、回流弯曲特征, 采用带旋流修正的 $k-\epsilon$ 双方程湍流模型模拟气相湍流流动^[10]; 采用标量守恒的混合分数—概率密度函数 (mixture reaction PDF) 模拟气相湍流燃烧^[11~13], PDF模型的简化形式采用 β 函数分布; 采用 P-1 辐射模型计算炉内辐射换热^[9~13]; 采用两步竞争反应速率模型模拟煤粉挥发分的析出, 采用动力扩散控制反应速率模型模拟焦炭颗粒表面燃烧^[9~13]; 采用 Rosin-Rammler 分布来描述固相颗粒分布特征, 采用拉格朗日离散相模型 (DEM) 考虑颗粒相和气相间的相互作用, 并采用随机轨道模型 (SIM) 来追踪颗粒运动轨迹并同时考虑湍流脉动对焦炭运动的影响^[9~13]。

3.2 模拟计算结果分析

3.2.1 变工况条件下气化炉运行特性

变工况条件下, 高灰熔点煤在本气化炉中的气化运行特性如表 2 所示。从试验数据看, 该气化炉产生的合成气中有效气体组分浓度 74%, 已经达到了较好的目标, 可见, 基于无焰氧化技术的气化炉设计方案的可行性。从试验结果与对应工况下的计算结果对比看, 由于小试炉壁的散热作用, 实测炉内出口温度比计算值略低; 出口处的 CO 和 H_2 实测值略低于计算值, CO_2 则基本相同。但总的来看, 计算值与实测值基本吻合。

在一定的给煤量条件下, 氧煤比和蒸汽煤比的大小直接决定了气化炉炉内的温度场, 而气化炉排渣温度的高低直接影响高灰熔点煤种灰渣的粘度, 从而影响了液渣的顺利排放。国内外对液态排渣炉的研究指出, 灰渣的粘度在 25~40 Pa·s 之间方可保证液态锅炉的顺利排渣^[14]。如果出口温度过低, 灰渣粘度将迅速增大^[11], 灰渣会因流动不畅而造成排渣困难; 如果过高, 灰渣的熔化流动速度加快, 使得水冷壁失去了保护层, 还会使熔渣在气化炉下部的激冷池聚结成大块灰渣, 造成排渣困难^[14]。所以, 应根据气化炉使用煤种特性确定排渣温度, 并以此寻求合适的气化工艺参数。根据 Watt-Fereday 等人对灰渣成分与灰渣粘度和操作温度拟合的回归等

式^[14]:

$$\lg \mu = \frac{M \cdot 10^7}{(t - 150)^2} + C \quad (1)$$

其中, $C = 0.0415 \cdot \text{SiO}_2\% + 0.0192 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3\% + 0.0276 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3\% + 0.016 \cdot \text{CaO}\% - 3.92$ (2)

$$M = 0.00835 \cdot \text{SiO}_2\% + 0.00601 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3\% - 0.109 \quad (3)$$

式中: μ —灰渣粘度, Pa·s; t —温度, °C; $\text{SiO}_2\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3\%$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3\%$ 、 $\text{CaO}\%$ —煤灰成分分析中各成分对应的百分含量。

结合表 1 中煤灰成分进行了计算, 可得出该高灰熔点煤的合适操作温度是 1 840~1 910 K。

氧碳原子比和蒸汽煤比对煤气成分、碳转化率和冷煤气效率等气化指标的影响也很大。

在同一蒸汽煤比参数下, 当氧碳原子比较低时, 氧化燃烧不足, 由煤挥发析出的 CH_4 浓度较高, 气化还原反应不彻底, 煤气中 CO 和 H_2 浓度较低; 当氧碳原子比增加到 1.0~1.1 时, 炉内氧化燃烧放热反应程度加强, 气化温度升高, 加快了 CO_2 的还原反应和水蒸气的分解反应, 因此煤气中 CO 和 H_2 浓度增加; 继续增加氧碳原子比至 1.2 时, 过量的氧与煤气中的可燃成分 CO 和 H_2 发生燃烧反应, 导致最终 CO 和 H_2 浓度都有所降低, 而 CO_2 浓度增加。相应地, 碳转化率、冷煤气效率、煤气热值和煤气产率的变化趋势和 CO 及 H_2 浓度相似。

另一方面, 在同一氧碳原子比参数下, 随着蒸汽煤比的增大, 燃烧反应受到一定影响, 由于水蒸气参与的 $\text{C} + \text{H}_2\text{O}$ 非均相气固反应是吸热反应, 所以炉内温度降低, CO 浓度降低, H_2 浓度增加, 有效气体 (CO 和 H_2) 的体积分数略微上升; 随着蒸汽煤比的进一步增加, 气化温度下降, CO 浓度降低, 同时水蒸气分解率降低, H_2 浓度反而也急剧下降。当蒸汽煤比取 0.2 kg/kg 时, H_2 浓度达到最高点, 有效气体 (CO 和 H_2) 也最大, 碳转化率、冷煤气效率和煤气热值也达到最大值。

根据以上高灰熔点煤适宜排渣温度和不同工况下气化运行特性的分析, 为了使高灰熔点煤种实现顺利的液态排渣, 同时获得较好的气化指标, 可认为在氧碳原子比取值范围 1.05~1.15, 蒸汽煤比取值范围 0.05~0.15 kg/kg

表 2 变工况条件下气化炉运行特性

	试验结果		模拟结果									
	氧煤比 1.1 蒸汽煤比 0.1	氧碳原子比 (蒸汽煤比取 0.1)					蒸汽煤比 / kg·kg ⁻¹ (氧碳原子比取 1.1)					
		0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
煤气成分 / %	CO	50.7	45.6	47.6	51.1	52.5	50.2	52.5	51.7	49.6	45.7	45.1
	H ₂	23.2	23.5	25.5	27.7	25.3	24.4	25.3	30.7	30.1	28.7	23.6
	CO ₂	20.1	13.6	14.9	16.0	16.9	19.7	16.9	18.3	19.4	19.7	19.9
出口温度 / K	1 866	1 582	1 690	1 802	1 900	2 005	1 900	1 824	1 762	1 676	1 597	
碳转化率 / %	97.2	77.9	86.2	95.3	97.2	98.1	97.2	96.1	93.9	93.2	89.7	
冷煤气效率 / %	73.1	60.9	67.6	75.0	73.0	70.2	73.0	75.9	72.7	71.1	63.5	
煤气热值 / kJ·m ⁻³	9 370	8 764	9 273	9 996	9 867	9 461	9 867	10 456	10 114	9 442	8 714	
煤气产率 / m ³ ·kg ⁻¹	1.63	1.56	1.64	1.68	1.66	1.66	1.66	1.63	1.61	1.69	1.64	

3.2.2 优化工况下炉内组分和组分分布特性

根据以上分析,取优化计算工况为给煤量 7.2 kg/h 氧碳原子比 1.1 和蒸汽煤比 0.1 kg/kg 与试验工况相同。

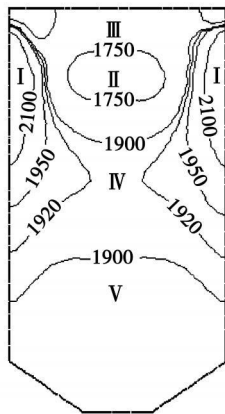


图 4 炉内温度分布 (K)

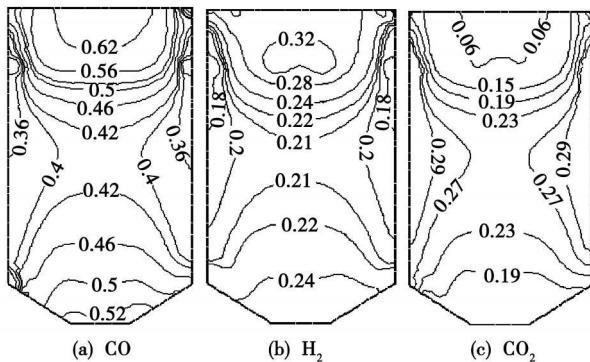


图 5 气化炉内组分体积摩尔分数分布 (%)

图 4 表示炉内竖直截面上温度分布特性,可以

看出,一方面,炉内温度场均匀,除了进料截面以外,其余区域的温度基本维持在 1 900 K 左右,说明该炉型结构和进料方式能够使得煤气化过程空间化;该温度值高于其它气化炉的计算测量结果^[7-10],这是由于采用了较高的氧碳原子比的缘故;同时温度梯度显著减少,避免了高温喷射火舌和局部超高温区的出现,降低了对炉壁材料的要求。另一方面,炉内平均温度水平升高,气化强度增强,能够实现高灰熔点煤粉气化反应的空间化。同时,炉底出口处的温度水平明显高于该煤中的灰熔点,使灰渣呈液态^[7-8],同时随着排渣温度水平的提高,降低了灰渣的粘度^[1]。而且,通过高温合成气对较低粘度熔渣的良好携带作用,顺利实现了高灰熔点煤粉的液态排渣,满足高灰熔点煤粉的气流床气化要求,达到了基于无焰氧化技术的干煤粉气化炉设计目的。

图 5 表示的是炉内竖直面上的组分 CO、H₂ 和 CO₂ 的摩尔分数等值曲线。由图可见,炉膛出口处的 CO 和 H₂ 摩尔分数分别达到 52%、26%,粗合成气中有效气体组分摩尔分数达到 78%,与试验数据吻合。

结合流体力学分析^[15],可将炉内流动分成 5 个区:射流旋转区 I、煤粉气流撞击区 II、旋流扩散上行区 III、旋流扩散下行区 IV 和管流区 V,如图 4 所示。在射流旋转区 I,发生的是挥发分的析出和燃烧,CO₂ 和 O₂ 的浓度较高,CO 和 H₂ 浓度较低;在煤粉气流撞击区 II 和旋流扩散上行区 III,由于氧浓度较低,属于非火焰区域,组分浓度与前者相反,即

CO_2 和 O_2 的浓度较低, CO 和 H_2 浓度较高;旋流扩散下行区IV是焦炭的燃烧反应区域,脱去挥发份的煤焦颗粒,一方面与残余的氧反应生成 CO 和 CO_2 ,另一方面与蒸汽和 CO_2 反应生成 CO 和 H_2 , CO 和 H_2 又在气相中与残余的氧反应,产生更多的热量,致使该区温度较高, CO 和 H_2 浓度有所下降, CO_2 的浓度有所上升, O_2 的浓度则随着气化物料的下行而下降。而且,旋流扩散下行区IV的外围,氧浓度较中心区域大,焦炭的燃烧反应更多的偏向于IV区的外围,导致该外围区域的温度高于中心区域;在管流区V,未完全反应的焦炭和上游生成的 CO_2 发生还原反应和水蒸气发生水蒸气分解反应等,这些反应均为吸热反应,导致该区的温度稍低, CO_2 的浓度下降, CO 和 H_2 浓度上升。

4 结 论

根据我国含量丰富的高灰熔点煤气化难的问题,应用无焰氧化技术的实现思想,并综合国内外先进气流床煤粉气化炉的结构特点,提出了一种新型干煤粉气流床气化炉。对该气化炉进行了小试研究,并建立了该气化炉的物理模型和数学模型,对高灰熔点煤的气化特性进行了详细分析,具体结论如下:

(1)从煤气化试验获得的气化火焰图像和计算所得的炉内温度场分布看,所提出的炉型结构和进料方式使得炉内气化过程获得了无焰氧化反应的技术特征,使得气化反应空间化,验证了该新型气化炉设计思路的可行性。

(2)根据高灰熔点煤种的灰渣成分计算得到的高灰熔点煤适宜排渣操作温度,并结合不同气化工况参数条件下的出口排渣温度的计算值,优化确定了该高灰熔点煤在本气化炉中干法进料气化的合适气化工况参数范围,即氧碳原子比取值范围1.05~1.15,蒸汽煤比取值范围0.05~0.15 kg/kg。

(3)在氧碳原子比和蒸汽煤比分别取1.1和0.1 kg/kg常压工况下,高灰熔点煤在该新型气化炉中气化的试验和计算数据表明,该气化炉设计方案具有一定的技术优越性,可以实现高灰熔点煤种的高效气化,达到了预期目的,为后续的中试研究积

累了经验。

参考文献:

- [1] TANG Z G, MA P Y, TANG C J, et al. Discussion on gasification of high ash melting point pulverized coal using excess enthalpy combustion // Proceedings of International Conference on Power Engineering-2007[C]. Hangzhou: Zhejiang University Press & Springer Berlin Heidelberg New York, 2007: 180-184.
- [2] 李寒旭,陈方林.配煤降低高灰熔融性淮南煤灰熔点的研究[J].煤炭学报,2002,27(5):529-533.
- [3] 乌晓江,张忠孝,朴桂林,等.高灰熔点煤加压气流床气化特性[J].燃烧科学与技术,2009,15(2):182-186.
- [4] AWOSOPÉ I O. Flameless oxidation modeling on application to gas turbine combustion[J]. Journal of the Energy Institute, 2006, 79(2): 75-83.
- [5] XING X J, WANG B Y, LIN Q Z. Structure of reaction zone of normal temperature air flameless combustion[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A: Journal of Power and Energy, 2007, 221(4): 473-480.
- [6] 唐志国,唐超君,马培勇,等.干煤粉加压气流床气化炉炉型分析[J].煤炭科学技术,2009,37(8):124-128.
- [7] 任志强,许世森,夏军仓,等.粉煤加压气化小型试验研究[J].热能动力工程,2004,19(6):579-581.
- [8] 任志强,许世森,夏军仓,等.干煤粉加压气流床气化试验研究[J].热能动力工程,2007,22(4):431-434.
- [9] WATANABE H, OTAKA M. Numerical simulation of coal gasification in entrained flow coal gasifier[J]. Fuel, 2006, 85(12): 1935-1943.
- [10] 于海龙,赵翔,周志军,等.氧碳原子比和水煤浆质量分数对水煤浆气化影响的数值模拟[J].燃料化学学报,2004,32(4):390-394.
- [11] 吴玉新,张建胜,岳光溪,等.采用简化PDF模型分析分级气流床气化炉的气化特性[J].中国电机工程学报,2008,28(26):29-34.
- [12] 周俊虎,匡建平,周志军,等.粉煤气化炉冷态和热态流场分布特性的数值模拟[J].中国电机工程学报,2007,27(20):30-35.
- [13] SOTUDEH G R, CHAOUK I J, SAURDL P. An experimental study of non-premixed combustion in a turbulent fluidized bed reactor[J]. Fuel Processing Technology, 2007, 88(9): 847-858.
- [14] 汤中文.干法粉煤气化技术进展及工艺影响因素[J].大氮肥,2003,26(3):149-152.
- [15] 王辅臣,龚欣,代正华,等. Shell粉煤气化炉的分析与模拟[J].华东理工大学学报,2003,29(2):202-205.

(编辑 陈 滨)

汽包水位晃荡水动力学模型的实验验证 = Experimental Verification of a Hydrodynamic Model Featuring the Sloshing of a Drum Water Level [刊, 汉] / CAO Xiaoling, LU Kai-xuan (College of Energy Source and Power Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, China, Post Code: 410076), LU Yongwen, SUMING (College of Mechanical and Power Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China, Post Code: 200030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(5). — 539 ~ 542

To verify the effectiveness of a hydrodynamic model featuring the sloshing of a drum water level developed was a hydrodynamic mechanism model showing the sloshing of the drum water level and designed and set up was a test rig according to the test requirements. On this basis, an experimental study was performed. The research results show that the test results regarding the sloshing of the drum water level are basically in agreement with the calculated ones in terms of the fluctuation period with the numerical error within a range of $\pm 10\%$. In terms of the fluctuation amplitude and phase position, a certain error exists between the test results and calculated ones. However, such an error falls within a range of $\pm 20\%$, meeting the demands of the research work and laying a necessary foundation for setting up a complete model featuring the sloshing of the drum water level. Key words: combined cycle heat recovery steam generator; drum water level sloshing; hydrodynamic model; modularization modeling

燃气加热炉燃烧控制方法的研究 = Study of the Methods for Controlling the Combustion in a Fuel Gas Heating Furnace [刊, 汉] / ZUO Wei-heng, WANG Yan (National Key Laboratory on Safety and New Technologies for Power Transmission and Distribution Equipment Items and Systems, Chongqing University, Chongqing, China, Post Code: 400044) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010, 25(5). — 543 ~ 546

Described was the combustion mechanism of a fuel gas heating furnace and analyzed was the conventional dual-crossed limited amplitude control adopted by the combustion and control system of the furnace. In the light of such problems in the practical production and applications as incapable of guaranteeing the optimum air and fuel gas ratio and slow in the response speed of the system during its load change, the authors proposed a variable bias dual-crossed limited amplitude control, of which the value taken as the bias in the dual-crossed limited amplitude model was real time corrected according to the load change and response of the system. The simulation results show that the adoption of the variable control in question during load changes of the system can enhance its response speed, thus guaranteeing the optimum air and fuel gas ratio and concurrently achieving a good cost effectiveness of the system. Key words: fuel gas heating furnace; air/fuel ratio; combustion control; variable bias; dual-crossed limited amplitude

新型干煤粉气流床气化炉的气化特性研究 = Study of the Gasification Characteristics of a New Type Dry Pulverized-coal GFB (Gas Fluidized Bed) Gasifier [刊, 汉] / TANG Zhi-guo (College of Mechanical and Automobile Engineering, Hefei Institute of Technology, Hefei, China, Post Code: 230009), MA Pei-yong, LI Yong-ling, LIN Qi-zhao (Department of Thermal Science and Energy Source Engineering, China National University of Science and Technology, Hefei, China, Post Code: 230026) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power

er — 2010 25(5). — 547 ~ 551

According to the idea of the flameless oxidation technology proposed was a new type dry pulverized coal GFB (gas fluidized bed) gasifier. By using the experimental and numerical calculation method studied was the in-furnace gasification reaction process of the pulverized coal with a high ash melting point. The test and simulation results have verified that the structure of the furnace can result in a uniform temperature field in the furnace, a remarkable drop of the in-furnace temperature gradient, realizing the basic reaction characteristics of the flameless oxidation technology, making the pulverized coal gasification reaction being realized in a space. In the meantime, it can lead to an increase of the in-furnace mean temperature, an enhancement of both the gasification strength and the temperature level at the slag discharging port, thus meeting the requirements for gasification of various coal ranks with a high ash melting point. Key words: coal gasification, high ash melting point, gasifier, flameless oxidation

用 LMS 算法构造电站燃料增益信号及热量信号 = Formation of the Fuel Gain and Heat Quantity Signals for a Thermal Power Plant by Using LMS (Least Mean Square) Algorithm [刊, 汉] / ZHU Hong-ly, LU Ji-zhen, CHANG Tai-hua, et al (College of Control and Computer Engineering, North China Electric Power University, Beijing, China, Post Code 102206) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010 25(5). — 552 ~ 556

Proposed was a method for forming fuel gain and heat quantity signals for a thermal power plant by using LMS (least mean square) algorithm. The method in question was used to establish a model controlling the input and output between the coal feed quantity of the unit and the active power of the boiler and the fuel gain was formulated by the sum of the tape weighting values. On the basis of obtaining a coal feed quantity signal of the unit, a heat quantity signal was formed. After an analysis of the practical operating data of the unit, it has been proven that the fuel gain and heat quantity signal being formed enjoys such features as a quick dynamic response speed, good stability and high precision, thus having a relatively high practical engineering value. Key words: fuel gain, heat quantity signal, thermodynamic process, thermal power plant, LMS (least mean square) algorithm

生物质灰在流化床燃烧中的固硫特性研究 = Study of the Sulfur Retention Characteristics of Biomass Ash in CFB (Circulating Fluidized Bed) Combustion [刊, 汉] / ZHAO Ke, LIU Qing-gang (Engineering Thermodynamics Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, Post Code 100190), XU Tong-mo, HUI Shi-en (College of Energy Source and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China, Post Code 710049) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010 25(5). — 557 ~ 560

Biomass ash has a high alkali metal oxide content and through an adjustment of combustion and the ash can be empowered to retain sulfur during the combustion, thus reducing the SO_2 emissions. A total of four kinds of biomass were chosen for the study. By making use of miniature combustion test system, the sulfur retention characteristics of various biomasses were revealed at different temperatures. It has been found that all the four kinds of biomass at their maximum emission concentrations of SO_2 during the combustion at 820°C . However, the comco reaches