

文章编号:0254-0096(2020)08-0351-06

# 玉米秸秆焦炭水蒸气强化气化制取富氢气体实验研究

庞赞佺<sup>1,2</sup>, 殷吾真<sup>1</sup>, 陈义胜<sup>1</sup>, 王宏东<sup>1</sup>, 沈胜强<sup>2</sup>

(1. 内蒙古科技大学能源与环境学院, 包头 014010; 2. 大连理工大学能源与动力学院, 大连 116023)

**摘 要:** 选用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{CaO}$  作为添加剂以强化生物质焦炭的制氢特性, 设计并搭建一套高温水蒸气气化反应器, 对不同反应温度下的玉米秸秆焦炭强化气化制氢问题进行实验探讨。实验结果表明: 提升温度可有效提升气化气中  $\text{H}_2$  含量。3 种添加剂均能促进生物质炭水蒸气气化的  $\text{H}_2$  体积分数, 其中  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的作用下,  $800\text{ }^\circ\text{C}$  时,  $\text{H}_2$  的气体体积可达 61.04%, 较无添加时提升 12.02%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  作用下,  $800\text{ }^\circ\text{C}$  时,  $\text{H}_2$  含量可增至 49.07%, 提升 6.3%;  $\text{CaO}$  作用下  $\text{H}_2$  的气体体积分数提升不明显。在  $950\text{ }^\circ\text{C}$  时, 添加剂对气化提升产品气中  $\text{H}_2$  含量的效果不明显, 气化气中  $\text{H}_2$  含量为 62.53%。

**关键词:** 生物质; 气化; 制氢; 实验; 玉米秸秆; 焦炭

**中图分类号:** TK6

**文献标志码:** A

## 0 引 言

目前生物质利用方式主要分为生物转化技术和热化学转化技术<sup>[1-3]</sup>, 其中热化学转化技术包括生物质燃烧、热解、气化和液化。生物质气化是指通过热化学方式将生物质转化为高品质的燃料, 以此部分代替化石燃料<sup>[4-6]</sup>。水蒸气气化是指以高温水蒸气作为气化剂, 在较高温度下与生物质炭发生反应, 生成混合气体和焦炭<sup>[7-9]</sup>。水蒸气气化的特点在于富氢, 但生物质炭与水蒸气的反应速率较低, 远远小于  $\text{O}_2$  气化和空气气化的反应速率, 同时水蒸气气化能耗较高, 限制了反应器的气化能力<sup>[10]</sup>。值得注意的是, 现有研究大多集中在生物质气化方面, 对生物质炭的催化气化研究较少。

郑万东等<sup>[11]</sup>使用秸秆焦炭与锯末焦炭进行蒸汽气化实验, 结果显示: 随着温度的升高  $\text{H}_2$  含量逐渐增多, 原料进行水蒸气气化制取合成气的研究表明, 在

$1000\text{ }^\circ\text{C}$ , 水蒸气流量为  $0.285\text{ g}/(\text{min}\cdot\text{g char})$  时  $\text{H}_2$  体积分数达到最大值 (62.5%)。涂军令等<sup>[12]</sup>使用松木屑炭作为气化原料, 研究表明生物质炭水蒸气气化具有很高的反应活性, 合成气热值在  $8.9\sim 9.6\text{ MJ}/\text{Nm}^3$  之间, 合成气中  $\text{H}_2+\text{CO}$  在 68%~80% 之间。Chaudhari 等<sup>[13]</sup>对生物质炭水蒸气气化制氢/制备合成气进行了研究, 所得合成气中  $\text{H}_2$  含量占 70%。

如何在降低反应温度的同时提升产品气中  $\text{H}_2$  含量是当前研究的关键环节, 添加剂的加入可有效促进富氢气体的产生<sup>[8]</sup>。针对此, 本实验将  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  以一定比例压缩混合到玉米秸秆中, 使用经过热解得到改性的生物质炭作为水蒸气气化的原料, 进行水蒸气气化实验以期得到高品质的气化产品气。

## 1 实验流程与实验方法

本实验选用包头市郊区废弃玉米秸秆为原料, 无添加的玉米秸秆元素分析和工业分析如表 1 所示。

表 1 玉米秸秆元素分析与工业分析

Table 1 Analysis and industrial analysis of corn straw elements

元素分析/%wt					工业分析/%wt			
[C]	[H]	[O]	[N]	[S]	M	A	V	FC
42.21	5.08	39.77	0.69	0.09	5.54	6.62	67.56	20.28

收稿日期: 2017-11-10

基金项目: 内蒙古自然科学基金(2015MS0106); 国家自然科学基金(21466029)

通信作者: 陈义胜(1961—), 男, 博士、教授, 主要从事新能源开发方面的研究。chenabc\_518@163.com

## 1.1 实验装置

该系统由水蒸气发生装置、热解焦炭气化装置和气化气收集装置 3 部分组成(如图 1)。气化装置由电子流量计、管式加热炉、石英管、加热控制台、洗气瓶、变色

硅胶组成,加热炉内管均采用石英管制成,气化反应过程中升温速率与终温均由加热控制台自动控制。本实验的主要气体成分( $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{C}_n\text{H}_m$ )分析采用美国安捷伦公司的 Agilent 7890B 型气相色谱仪。

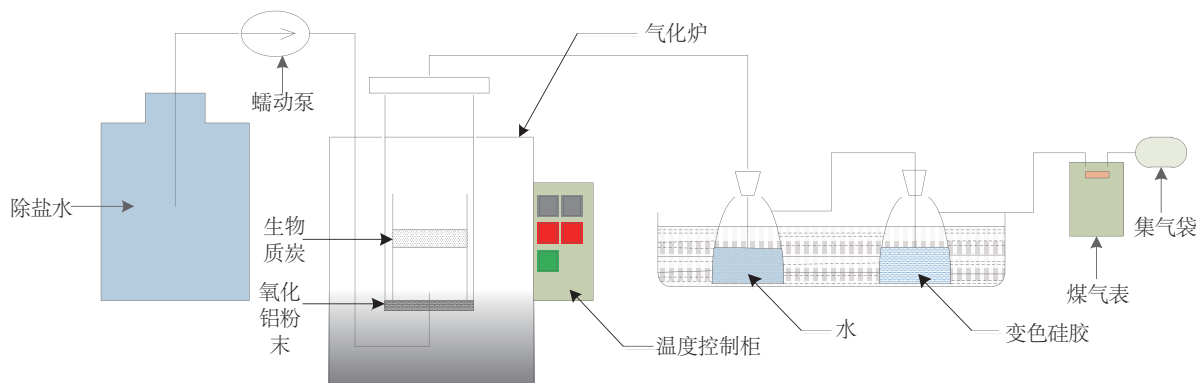


图1 实验流程图

Fig. 1 Experimental flow chart

## 1.2 实验流程

实验前先将玉米秸秆进行粉碎至 20 目,分别添加质量分数为总质量 10% 的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{CaO}$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与粉碎后的原料进行混合,通过颗粒成型机将掺有添加剂的玉米秸秆粉末进行压缩,所得玉米秸秆成型颗粒长度为 2~3 cm,粒径 8 mm。将玉米秸秆成型颗粒置于真空加热炉内。温度控制采用 PID 程序控制方法进行温度控制,反应器设置热电偶对反应温度进行监控。在  $\text{N}_2$  气氛保护下以 10  $^\circ\text{C}/\text{min}$  的升温速率从 30  $^\circ\text{C}$  加热至 450  $^\circ\text{C}$ ,并在 450  $^\circ\text{C}$  的炉温下保温 2 h 后取出,置于  $\text{N}_2$  气氛保护下冷却至 30  $^\circ\text{C}$ ,取出玉米秸秆焦炭作为水蒸气气化实验原料。

玉米秸秆焦炭在特制的气化反应器中进行实验,为方便焦炭的放取,同时考虑到蒸汽流动与焦炭的有效接触,在反应器中放置氧化铝粉末层,避免因边界效应而产生的气流短路现象。实验步骤为:首先将气化反应器温度升至指定温度,并保持 10 min,使得炉内温度可保持相对稳定,设定蠕动泵流量为 5 mL/min 并打开蠕动泵,通过水蒸气置换出炉内空气,称取 50 g 玉米秸秆成型颗粒热解焦炭置于网桶内,将网桶迅速放置于气化炉内,并迅速密封气化炉,当实验进行 5 min 后,使用集气袋收集产品气并在气相色谱仪中进行检测,取 2 次检测数据的平均值进行分析。

## 2 实验结果与分析

产品气中  $\text{H}_2$  含量是衡量焦炭高温水蒸气气化的重要指标,产品气组成受如下反应影响:

水煤气反应:



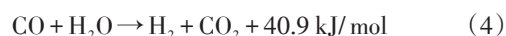
气化反应:



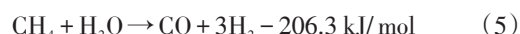
甲烷化反应:



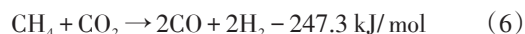
水气变换反应:



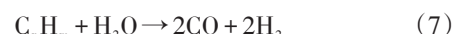
甲烷水蒸气重整:



甲烷干重整反应:



烷烃裂解反应:



反应(1)~(3)为气固反应,反应(4)~(6)为气相反应。

### 2.1 无添加条件下气化产品气特性

如图 2 所示,气化气中  $\text{H}_2$  体积分数随温度的升高明显增加,从 750  $^\circ\text{C}$  时的 37.68% 增加到 950  $^\circ\text{C}$  时的 62.53%,增加了 24.85%。其原因一方面是水煤气反应速率的加快,另一方面是反应(5)~(7)均为吸热反应,反应温度的升高促使反应正向移动, $\text{CH}_4$  和  $\text{C}_n\text{H}_m$  的有效重整是提升产品气中  $\text{H}_2$  的重要因素, $\text{CH}_4$  体积分数从 750  $^\circ\text{C}$  时的 15.85% 减少到 950  $^\circ\text{C}$  时的 2.7%。 $\text{H}_2$  含量增加是这几个反应综合作用的结果。 $\text{CO}_2$  的体积分数整体随气化温度的升高而降低, $\text{CO}$  的体积分数呈先

降低后升高的趋势。在 950 °C 时,  $H_2+CO$  的体积分数为 73.8%,  $H_2/CO$  为 5.5。

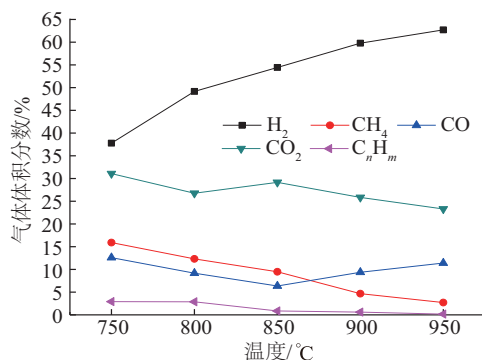


图2 无添加条件下温度对气化产品气组分的影响

Fig. 2 Effects of reaction temperature of blank corn stalk on gasification products

## 2.2 $Na_2CO_3$ 作用下的气化产品气特性

添加  $Na_2CO_3$  后, 玉米秸秆焦炭水蒸气气化产品气成分变化规律为: 在 750~800 °C 之间明显提高了  $H_2$  体积分数, 750 °C 时比无添加的玉米秸秆  $H_2$  体积分数提高了 14.54%, 如图 3 所示。  $H_2$  产量随温度的升高逐渐上升, 在 800 °C 时,  $H_2$  体积分数已达到 61.1%, 此后随着温度的升高  $H_2$  体积分数变化不明显, 至 950 °C 时,  $H_2$  体积分数为 63.3%。  $CO$  浓度先下降后上升,  $CO_2$  浓度先上升后下降。  $CH_4$  体积分数随温度下降较快, 在 800 °C 即降低到 3.6%, 说明  $Na_2CO_3$  能促进轻质烃的重整反应, 提高了  $H_2$ 、 $CO$  和  $CO_2$  等小分子气体析出。随着温度的升高,  $Na_2CO_3$  对水蒸气的化学吸附能力加强, 进一步促进  $CO$  的生成。随着温度的升高和  $CO$  浓度的增加, 焦炭表面的  $CO$  脱附过程加速, 导致更多  $C$  通过反应(1)生成  $CO$ , 而不是通过反应(2)生成  $CO_2$ <sup>[14]</sup>。此外, 有研究发现,  $Na_2CO_3$  能通过  $O_2$  转移机制削弱分子之间的  $C-C$  键,

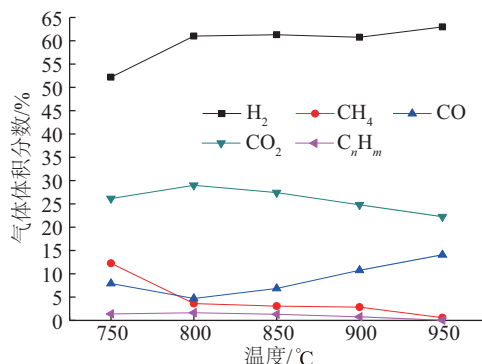


图3  $Na_2CO_3$ 添加下温度对气化产品气组分的影响

Fig. 3 Effect of reaction temperature on gasification products under addition of  $Na_2CO_3$

引起聚合物链分子间相互作用的弱化, 从而降低复杂反应中的活化能<sup>[15-16]</sup>。

## 2.3 $Fe_2O_3$ 作用下的气化产品气特性

对于气化而言,  $Fe$  氧化物的添加一方面能起到催化作用, 其中的活性成分降低了相关反应的活化能同时增强了反应的选择性; 另一方面能提供反应所需的  $O$ , 是良好的载氧剂, 其形式分别为  $FeO$ 、 $Fe_3O_4$  和  $Fe_2O_3$ , 其中  $Fe_2O_3$  的氧化能力最强, 而且  $Fe_2O_3$  能对气化介质进行作用, 使其分解, 产生活性  $O$  原子, 这些  $O$  原子通过扩散的方式与  $C$  结合, 生成  $CO$  与  $CO_2$ , 并且对水气变换反应具有较好的促进作用<sup>[17-18]</sup>, 由此提升热解气的品质。如图 4 所示, 在  $Fe_2O_3$  添加下,  $H_2$  体积分数随气化温度的升高逐渐增加, 在 750 °C 时达到 49.65%, 比相同温度下未加入添加剂的玉米秸秆提高了 11.98%, 此后  $H_2$  的体积分数随温度的升高而持续上升, 在 950 °C 达到最大值 64.06%。  $CO_2$  随着温度的上升变化不是十分明显,  $CH_4$  和  $C_nH_m$  随温度的升高含量呈下降趋势,  $CO$  含量则逐渐上升。这表明随着温度的升高, 在  $Fe_2O_3$  作用下, 甲烷水蒸气重整反应及气态的烃类物质和水蒸气的反应也更加剧烈, 进一步促进了  $H_2$  的产生<sup>[19-20]</sup>。

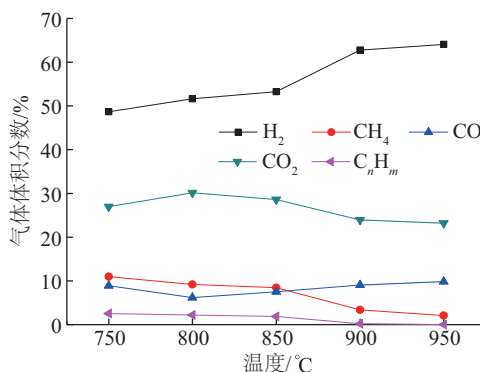


图4  $Fe_2O_3$ 添加下温度对气化产品气组分的影响

Fig. 4 Effect of reaction temperature on gasification products under addition of  $Fe_2O_3$

## 2.4 $CaO$ 作用下的气化产品气特性

$CaO$  添加后可能以  $Ca$ 、 $Ca(OH)_2$ 、 $CaCO_3$  和  $CaO$  几种主要形式存在。从吉布斯自由能的原理可知, 当反应方程的  $\Delta G < 0$  时, 反应向正反应方向进行, 且其值越小越容易进行; 当反应方程  $\Delta G > 0$  时, 反应向逆反应方向进行。从图 5 可看出,  $CaCO_3$  的分解温度大于 890 °C,  $Ca(OH)_2$  转化为  $CaCO_3$  的温度小于 515 °C。从理论上来讲,  $CaCO_3$  的存在区间为 515~890 °C, 高于 890 °C 时  $CaCO_3$  开始分解为  $CaO$ , 这提高了产品气中

CO<sub>2</sub>的含量。

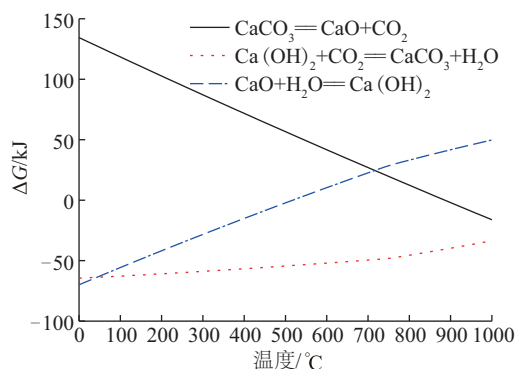


图5 CaO相关反应自由能随温度变化图

Fig. 5 change of free energy of CaO related reaction with temperature

对比图6与图2可发现,温度为750℃时,CaO添加后气化气中H<sub>2</sub>体积分数较无添加时高3.3%,此后H<sub>2</sub>的体积分数开始上升,在950℃时达到峰值,为63.16%,与无添加下玉米秸秆的H<sub>2</sub>体积分数基本相同。CH<sub>4</sub>体积分数随温度的升高明显下降,与此同时CO的生成量一直增加。对比各温度时的CO<sub>2</sub>含量,可发现850℃时的CO<sub>2</sub>体积分数最低,为27.9%。综合考虑反应动力学和反应热力学因素可推测出,添加剂中的CaO在低温下与水蒸气反应生成较高活性的Ca(OH)<sub>2</sub>,具有很强的吸收CO<sub>2</sub>的作用,由此导致CO<sub>2</sub>逐渐降低。而CaCO<sub>3</sub>在890℃开始分解,由此造成900℃时CO<sub>2</sub>体积分数上升,随后CaCO<sub>3</sub>分解完全,所以950℃时CO<sub>2</sub>体积分数相比850℃时有所下降。C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>的体积分数随气化温度的升高呈下降趋势。这是因为随着温度的升高碳氢化合物在CaO作用下分解生成更多的CO和H<sub>2</sub><sup>[21]</sup>。从图6中可看出,在CaO对于制氢来说效果并不十分明显。

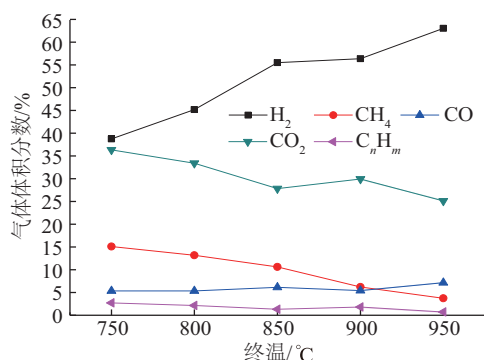


图6 CaO添加下温度对气化产品气组分的影响

Fig. 6 Effect of reaction temperature on gasification products under addition of CaO

## 2.5 添加剂对气化气热值的影响

生物质气化所得的燃气的低位热值简化计算公式为:

$$Q_{LHV} = (126.36 \times \varphi_{CO} + 107.98 \times \varphi_{H_2} + 358.18 \times \varphi_{CH_4} + 629.09 \times \varphi_{C_nH_m}) \times 10^{-3} \quad (8)$$

式中,  $Q_{LHV}$ ——燃气的低位热值, MJ/Nm<sup>3</sup>。

如图7可见,750℃时无添加下的玉米秸秆热值最高,为13.60 MJ/Nm<sup>3</sup>,Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的热值最低为11.91 MJ/Nm<sup>3</sup>。因H<sub>2</sub>的热值较低,Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>在750℃时产H<sub>2</sub>体积分数最大,导致以上结果。随着温度的升高,甲烷水蒸气重整反应加剧,热值含量较低的H<sub>2</sub>浓度升高,热值较大的CH<sub>4</sub>体积分数降低,使得各添加剂作用下的玉米秸秆粉末的热值逐渐降低。当温度升至950℃时,CaO添加下的玉米秸秆对甲烷水蒸气重整制氢的影响较弱,导致此时热值最高,为9.53 MJ/Nm<sup>3</sup>。

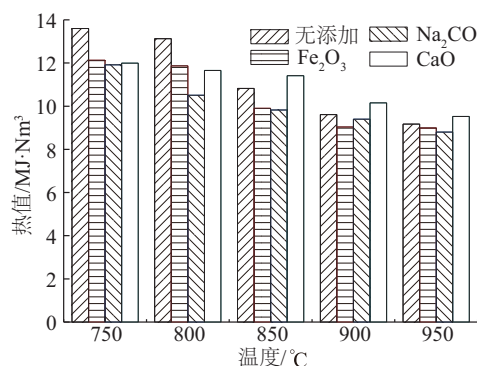


图7 不同添加剂作用下的气化燃气热值

Fig. 7 Low calorific value of gasified gas under different catalysts

## 3 结 论

1)玉米秸秆成型焦炭水蒸气气化可制备富氢产品气,升高气化温度可有效提升产品气中H<sub>2</sub>含量。950℃时,H<sub>2</sub>体积分数为62.53%,较750℃时提升了37.68%;H<sub>2</sub>+CO的体积分数为73.8%,H<sub>2</sub>/CO为5.5。

2)Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的添加可有效促进玉米秸秆焦炭水蒸气气化制氢,在750℃时H<sub>2</sub>体积分数达到52.21%,相比无添加剂添加时提高了14.53%;800℃时为61.1%,提升了12.2%。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>添加剂作用下在900℃能起到有效强化产氢的特性,H<sub>2</sub>体积分数为62.75%,提升了3.13%。CaO在产氢方面作用不明显。

3)Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的添加可使更多的H<sub>2</sub>O参与重整反应,增加H<sub>2</sub>的生成;随着温度的升高,由于H<sub>2</sub>含量的提升,CH<sub>4</sub>和C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>含量的下降,产品气的热值变小,950℃时



低位热值约为 9 MJ/Nm<sup>3</sup>。

### [参考文献]

- [1] 刘慧慧, 邹俊, 邓勇, 等. 改性生物质炭对棉秆热解挥发分析出特性的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(22): 239-243.  
LIU H H, ZOU J, DENG Y, et al. Influence of modified biomass char on releases characteristics of volatiles during pyrolysis of cotton stalk [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(22): 239-243.
- [2] 王月乔, 田宜水, 侯书林, 等. 生物质颗粒燃烧器燃料适应性试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(7): 197-205.  
WANG Y Q, TIAN Y S, HOU S L, et al. Experiment on fuel flexibility of biomass pellet burner [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(7): 197-205.
- [3] 张齐生, 马中青, 周建斌. 生物质气化技术的再认识[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(1): 1-10.  
ZHANG Q S, MA Z Q, ZHOU J B. History, challenge and solution of biomass gasification: a review [J]. Journal of Nanjing Forestry University (natural science), 2013, 37(1): 1-10.
- [4] 瞿婷婷, 肖军, 沈来宏. 生物质制取高品位液体燃料的生命周期评价[J]. 太阳能学报, 2014, 35(9): 1700-1707.  
QU T T, XIAO J, SHEN L H. Life cycle assessment of high-quality liquid fuels from biomass [J]. Acta energiae solaris sinica, 2014, 35(9): 1700-1707.
- [5] SOTANDE O A, OLUYEGE A O, ABAH G B. Physical and combustion properties of charcoal briquettes from neem wood residues [J]. International agrophysics, 2010, 24(1): 189-194.
- [6] DEMIRBAS A. Sustainable charcoal production and charcoal briquetting [J]. Energy sources part a recovery utilization & environmental effects, 2009, 31(19): 1694-1699.
- [7] YAO J, KRAUSSLER M, BENEDIKT F, et al. Techno-economic assessment of hydrogen production based on dual fluidized bed biomass steam gasification, biogas steam reforming, and alkaline water electrolysis processes [J]. Energy conversion & management, 2017, 145: 278-292.
- [8] 付鹏, 向军, 张安超, 等. 生物质空气-水蒸气催化气化制氢技术[J]. 化工时刊, 2006, 20(11): 55-58, 63.  
FU P, XIANG J, ZHANG A C, et al. Catalytic gasification of biomass with air-steam to produce hydrogen [J]. Chemical industry times, 2006, 20(11): 55-58, 63.
- [9] NAKYAI T, AUTHAYANUN S, PATCHARAVORACHOT Y, et al. Exergoeconomics of hydrogen production from biomass air-steam gasification with methane co-feeding [J]. Energy conversion & management, 2017, 140: 228-239.
- [10] 陈青. 生物质高温气流床气化合成气制备及优化研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.  
CHEN Q. Study and optimization of biomass gasification in a high-temperature entrained-flow gasifier for syn-gas [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.
- [11] 郑万冬, 由世俊, 张欢, 等. 生物质炭气化实验及机理研究[J]. 煤气与热力, 2012, 32(8): 17-21.  
ZHENG W D, YOU S J, ZHANG H, et al. Experiment and study on mechanism of biomass char gasification [J]. Gas & heat, 2012, 32(8): 17-21.
- [12] 涂军令, 应浩, 吴欢, 等. 生物质炭水蒸气气化制取合成气[J]. 太阳能学报, 2013, 34(9): 1514-1519.  
TU J L, YING H, WU H, et al. Production of synthesis gas by steam gasification of biomass derived char [J]. Acta energiae solaris sinica, 2013, 34(9): 1514-1519.
- [13] CHAUDHARI S T, AND A K D, BAKHSI N N. Production of hydrogen and/or syngas (H<sub>2</sub> + CO) via steam gasification of biomass-derived chars [J]. Energy & fuels, 2003, 17(4): 1062-1067.
- [14] TRAN D Q, RAI C. A kinetic model for pyrolysis of Douglas fir bark [J]. Fuel, 1978, 57(5): 293-298.
- [15] 谢玉荣. 生物质催化气化制氢过程的机理研究[D]. 南京: 东南大学, 2010.  
XIE Y R. Researches on mechanism of biomass catalytic gasification for hydrogen production [D]. Nanjing: Southeast University, 2010.
- [16] DEMIRBAS A. Gaseous products from biomass by pyrolysis and gasification: effects of catalyst on hydrogen yield [J]. Energy conversion & management, 2002, 43(7): 897-909.
- [17] MOULIJN J A, KAPTEIJN F. Towards a unified theory of reactions of carbon with oxygen-containing molecules [J]. Carbon, 1995, 33(8): 1155-1165.
- [18] URASAKI K, TANIMOTO N, HAYASHI T, et al. Hydrogen production via steam-iron reaction using iron oxide modified with very small amounts of palladium and zirconia [J]. Applied catalysis: a general, 2005, 288(1-2): 143-148.

- [19] 谢玉荣, 肖军, 沈来宏, 等. 生物质催化气化制取富氢气体实验研究[J]. 太阳能学报, 2008, 29(7): 888-893.
- XIE Y R, XIAO J, SHEN L H, et al. Reserch on biomass catalytic gas fication to produce hydrogen-rich gas[J]. Acta energiae solaris sinica, 2008, 29(7): 888-893.
- [20] NORDGREEN T, TRULS LILIEDAHL A, SJÖSTRÖM K. Elemental iron as a tar breakdown catalyst in conjunction with atmospheric fluidized bed gasification of biomass: a thermodynamic study [J]. Energy fuels, 2006, 20(3): 890-895.
- [21] 魏良元. 生物质钙基催化水蒸气气化制氢特性研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2014.
- WEI L Y. A thesis submitted in partial of fulfillment of the requirements for the degree of master of engineering [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2014.

## EXPERIMENTAL STUDY ON HYDROGEN RICH GAS PRODUCTION FROM CORN STRAW CHAR BY STEAM ENHANCED GASIFICATION

Pang Yunji<sup>1,2</sup>, Yin Wuzhen<sup>1</sup>, Chen Yisheng<sup>1</sup>, Wang Hongdong<sup>1</sup>, Shen Shengqiang<sup>2</sup>

(1. School of Energy and Environment, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China;

2. School of Energy and Power Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

**Abstract:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{CaO}$  were selected as additives to enhance the hydrogen production characteristics of biomass char. A set of high temperature steam gasification reactor was designed and built to study the hydrogen production from corn straw char under different reaction temperature. The experimental results show that the  $\text{H}_2$  content in gasification gas can be effectively improved by increasing the temperature. All of the three additives can promote the volume fraction of  $\text{H}_2$  in the steam gasification of char, of which  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  is the best. Under the action of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , the volume of  $\text{H}_2$  can reach 61.04% at 800 °C, which is 12.02% higher than that without additive. Under the action of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , the content of  $\text{H}_2$  can increase to 49.07%, which is 6.3% higher. Under the action of  $\text{CaO}$ , the volume content fraction of  $\text{H}_2$  can not be significantly increased. At 950 °C, the effect of additives on  $\text{H}_2$  content in product gas is not obvious, and the  $\text{H}_2$  content in gasification gas is 62.53%.

**Keywords:** biomass; gasification; hydrogen production; experiments; corn straw; char