

生物质气化技术及其在西部地区的应用浅析

梁小平, 李欣, 王雨, 赵欣

(重庆大学材料科学与工程学院, 重庆 400044)

摘要: 生物质气化技术作为环保、高效地利用生物质资源的重要方式, 正受到广泛关注。文章围绕生物质气化的原理、气化炉的分类和特点展开论述; 分析了影响生物质气化过程的若干关键因素, 并综述了生物质气化技术在国内外的研究与应用现状; 最后结合西部地区实际生物质资源状况, 展望了生物质气化技术在西部地区的应用前景。

关键词: 生物质资源; 生物质气化; 气化炉; 气化原理

中图分类号: TK6; X383 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6504(2008)10-0034-05

Biomass Gasification Technology and Its Application in Western China

LIANG Xiao-ping, LI Xin, WANG Yu, ZHAO Xin

(School of Material Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: As major technology in utilizing biological resource with high efficiency and environment protection, biomass gasification technology is followed with closely interests. Gasification principles of biomass as well as classification and characteristics of gasifiers were introduced. Application of biomass gasification technology was summarized, and influencing factors of gasification performance was analyzed. Application of biomass gasification technology in Western China was also prospected based on analysis of actual status of biological resource.

Key words: biomass resource; biomass gasification; gasifier; gasification principle

我国生物质资源(木料、秸秆及植物残枝等)蕴藏特别丰富, 专家研究指出, 我国仅现有的农林废弃物实物量为15亿t, 约合7.4亿t标准煤, 可开发量约为4.6亿t标准煤。然而, 生物质的利用仅占可用生物质资源的三分之一^[1]。我国西部地区国土面积占全国的三分之二, 生物质储备亦相当丰富, 占全国储量的三分之一以上, 但广大西部地区经济不发达, 生产方式落后, 大量生物质资源被抛弃、或被野外焚烧、或被热效率低下的炉灶烧掉, 这不仅是对生物质能源的严重浪费, 更造成了环境污染。而生物质气化技术作为生物质能源利用的重要方式, 不仅能高效的利用生物质能源, 更能很好的解决环境污染的问题, 正受到广泛关注。

1 生物质气化原理和气化炉

生物质气化技术可以将固体生物质原料转变成气体燃料, 使生物质能源的利用更加方便、清洁和高效。目前用于生物质气化的反应装置主要有固定床、流化床、气流床等^[2]。

1.1 生物质气化原理

生物质气化是指生物质原料经简单加工处理后, 送入气化炉内, 在高温条件下与不充足的氧气进行反应获得CO、H₂和CH₄等小分子可燃气体的过程。该过程主要包括干燥、热解、还原反应和氧化反应四个阶段, 各阶段由不同的物理、热化学反应组成^[3]。干燥是指生物质的除湿, 该阶段的温度大约为100~250℃; 热解是指生物质在较高温度下脱除挥发份或发生热裂解, 生成焦碳、焦油和其他挥发份气体的过程, 在300~400℃温度段内发生剧烈的热解反应, 大量析出焦油、CO₂、CO、CH₄和H₂等气体, 400℃以上时热解气体逐渐减少^[4]; 还原反应是指生物质在无氧的条件下, 由氧化区供给热量和CO₂, 与还原区域的碳和水蒸汽发生还原反应, 生成CO、H₂等气体的过程, 该阶段温度为700~900℃; 氧化阶段主要是气化介质中不充足的氧和生物质中的碳发生反应, 生成CO和CO₂的过程, 同时也为整个气化过程提供热量, 该区温度可达

收稿日期: 2007-09-30; 修回 2008-01-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(50674110)

作者简介: 梁小平(1964-), 女, 副教授, 博士, 主要从事能源利用技术与环保, 冶金反应工程等方面的工作, (电话)023-65120781(电子信箱) xpliang64@163.com。

到 1000~1200℃^[6]。

1.2 生物质气化炉的分类及特点

1.2.1 固定床气化炉

固定床气化炉是指气流通过静止状态的物料层的气化反应装置。根据固定床气化炉炉内气流的运动方向和组合,固定床气化炉主要分为四种炉型:下吸式气化炉、上吸式气化炉、横吸式气化炉、开心式气化炉,如图 1 所示。

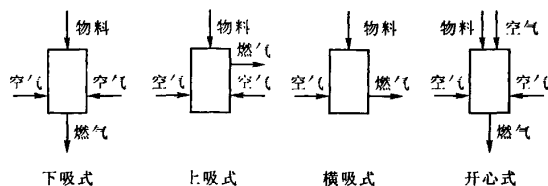


图1 固定床气化炉工作原理图

Fig.1 Working principle diagram of fixed beds gasifier

下吸式固定床气化炉具有结构较简单、工作稳定性好,可随时开盖添料的优点,且出炉的可燃气中焦油含量较少。其缺点在于引风机从炉栅下抽出可燃气体要耗费较大的功率,出炉的可燃气中含有较多的灰分,且可燃气体的温度较高。

在上吸式气化炉内,由于燃气在经过热分解层和干燥层时可以有效地进行热量的多向传递,既用于物料的热分解和干燥,又降低了自身的温度,故这种类型的气化炉热效率较高,燃气中的灰分较低。其缺点在于填料不方便,可燃气体中挥发成份(如焦油蒸气)较多,容易使设备堵塞和老化,因此需要复杂的净化处理设备来将其净化后才能使用。

在横吸式气化炉内,由于空气通过单管进风喷嘴高速吹入,形成一个高温燃烧区,温度可达 2000℃,所以这种类型的气化炉能使用较难燃烧的物料,且燃料在炉内停留时间短,生产强度高。其缺点在于燃烧中心温度过高,超过了灰分的熔点,易造成结渣,同时因其还原层容积小,使其生产的燃气质量有所下降。

在开心式气化炉中,物料和空气自炉顶进入炉内,其反应温度沿反应截面分布一致,生产强度在固定床中居首位;由于气、固同向流动,故有利于焦油的裂解,燃气中焦油含量低,同时其结构简单,加料操作方便。但其缺点在于灰量较大,后续处理量较大。

1.2.2 流化床气化炉

在流化床气化炉中,一般采用砂子作为流化介质,由气化炉底部吹入的、向上流动的强气流,使砂子和生物质物料的运动像液体沸腾一样漂浮起来。按气

固流动特性不同,可将流化床气化炉分为:鼓泡流化床气化炉、循环流化床气化炉和双流化床气化炉^[6]。

鼓泡流化床气化炉(见图 2)适用于颗粒较大的生物质原料,生成气中焦油含量较少,成分稳定,反应温度只需控制在 800℃左右的较低水平。缺点是:飞灰和炭颗粒夹带严重,运行费用较大,不适合小型气化系统^[7]。

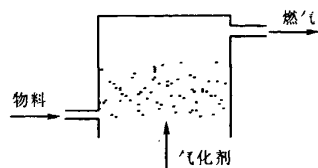


图2 鼓泡流化床气化炉工作原理图

Fig.2 Working principle diagram of frothed fluidized beds gasifier

循环流化床气化炉(见图 3)物料的流化速度高,炉内反应温度控制在 700~900℃左右,强化的传热传质过程及较大的气固接触表面也提高了燃烧速率,因此这种炉型适用于多种原料,且生成燃气中焦油含量低,生产能力大。

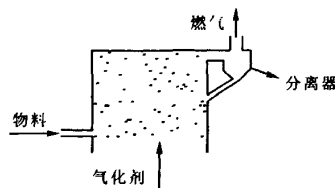


图3 循环流化床气化炉工作原理图

Fig.3 Working principle diagram of cycle fluidized beds gasifier

双流化床气化炉(见图 4)由一级和二级流化床反应器两部分组成。在一级反应器内,物料进行热解气化,生成的可燃气体在高温下经气固分离后进入后续净化系统,分离后的固体炭粒送入二级反应器进行氧化燃烧,经过加热的高温床层惰性床料通过料脚返回一级反应器,从而保证一级反应器的热源。双床系统碳转化率高,但构造复杂,运行中需控制好热载体的循环速度和加热温度。

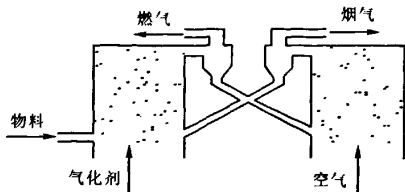


图4 双流化床气化炉工作原理图

Fig.4 Working principle diagram of double cycle fluidized beds gasifier

1.2.3 携带床气化炉

携带床气化炉不使用惰性材料做流化介质,高流速的气化剂直接吹动炉中生物质原料,在床中形成紊流状态。该气化炉要求原料破碎成非常细小的颗粒,而运行温度达 1100℃,产出气体中焦油及冷凝成分少,碳转化率可达 100%,但由于运行温度高,易烧结,气化炉炉体材料较难选择。目前仅见于实验室研究^[3,7]。

1.3 流化床气化与固定床气化的比较

与固定床气化技术相比,流化床气化技术具有以下优点:(1)可以使用粒度很小的原料,对灰分的要求也不高;(2)气化效率和气化强度都比较高,气化炉的断面要小;(3)产气能力可在较大范围内波动,且气化效率不会明显降低;(4)使用的燃料颗粒很细,传热面积大,故传热效率高,且气化反应温度适中、均衡,使结渣的可能性减弱。

但流化床气化技术也存在以下的不足之处:(1)产出气体的显热损失大,用于自身气化的显热热量很少;(2)流化速度较高,燃料颗粒细,产出气体中的带出物较多;(3)要求床内燃料分布均匀、温度均匀,运行控制和检测手段较复杂。

2 对生物质气化过程影响因素的理论研究

2.1 原料对生物质气化过程的影响

生物质气化过程中,原料的水分含量、灰分含量、粒径大小、料层结构等均对气化过程有显著的影响。

原料反应性的好坏是决定气化过程可燃气体的产率与品质的重要因素。吕鹏梅等^[8]研究了流化床中对松树锯末空气-水蒸气气化中不同粒径下气体组分的变化。 CH_4 、 CO 、 C_2H_6 和 C_2H_4 的体积随着粒径减小而增加, CO_2 则相反。粒径从 0.2~0.3mm 增加到 0.6~0.9mm 过程中,气体产率从 2.57m³/kg 降到 1.53m³/kg。这主要是因为当粒径较小时,热解过程主要通过反应动力学控制,随着粒径的增加,气体扩散过程的影响增加,降低了可燃成分的析出速率,导致产气率下降。

王方^[9]等以花生壳为原料,利用流化床沸腾炉实验研究了水分对生物质气化性能的影响,结果表明:当生物质水分含量较少时,对气化不会有太大影响;但当水分含量太高时,将破坏气化过程的进行,使燃气质量下降,出口温度降低,焦油凝结现象严重,以致妨碍气流的流通。

2.2 气化介质对生物质气化过程的影响

目前生物质气化技术中采用的气化介质主要有以下 4 种:空气、富氧空气、空气-水蒸气和水蒸气。分别以此 4 种气化介质来气化生物质所得到的气化气组成成分的区别较大,见表 1^[10~11]所示。

表 1 4 种气化方式所得气体产物组成
Table 1 Components of gas productions in four gasification ways (mol%)

组分	气化介质			
	空气	富氧空气	空气-水蒸气	水蒸气
H_2	12	25	30	20
O_2	2	0.5	0.5	0.3
N_2	40	2.0	30	1.0
CO	23	30	10	27
CO_2	18	26	20	24
CH_4	3	13	2	20
C_2H_2	0.4	0.8	0.5	0.8
C_2H_4	0.2	0.5	0.3	0.6
C_2H_6	0.1	0.4	0.2	0.2
$\text{N}(\text{H}_2)/\text{n}(\text{CO})$	1/2	1	3	1

此外,国内外以超临界水为气化介质对生物质气化过程的研究也进行得很深入,得到的气化气中氢和一氧化碳的含量已达到很高的水平^[12~13]。

2.3 温度对生物质气化过程的影响

温度是影响生物质气化过程的关键因素,温度对气体成分、热值、产率及气化效率都有重要影响。在一定范围内,随着温度的升高气体产率增加,气体中氢及碳氢化合物的含量增加,焦油及碳的产率降低,同时气体的热值提高。

谢军^[14]等用流化床气化木屑研究了温度对气化效果的影响,研究表明,当炉温在 720~770℃之间,煤气热值可达 6219~6549kJ/m³,碳转换率达到 87.5%~90.2%;当温度超过 770℃时,煤气热值、碳转换率、气化效率都要降低。这是由于温度升高,达到高温所需当量比 ER 也相应要高,进炉空气量相应增加, CO 、 CH_4 的所占燃气的百分比降低,故煤气质量下降。雷延宙^[15]等用固定床气化农作物秸秆,研究了温度对气化效果的影响,研究表明,当还原区温度在 300~900℃之间变化时,燃气低位发热量先增大然后缓慢下降;在接近 500℃时出现最大值,而杂质含量却下降较快(主要是焦油得以分解);到 700℃时,燃气低位发热量下降较快,而杂质含量却缓慢上升(灰尘增多)。因此控制还原区温度以 650~750℃为最佳。

2.4 压力对生物质气化过程的影响

采用加压气化技术可以改善流化质量,克服常压反应器的一些缺陷,可增加反应容器内反应气体的浓度,减小在相同流量下的气流速度,增加气体与固体颗粒间的接触时间,从而提高气化效率。因此加压气化不仅可提高生产能力,减小气化炉的尺寸,还可以减少原料的带出损失,但增加压力也增加了相应设备及其对设备维护的要求。Padban Nader 等^[16]在一座空气鼓泡加压流化床中气化木质生物质,压力变化在 506.63~2026.5kPa 间,实验得出随着压力的增大,挥发分析出的速度减慢,裂解反应得到加强,产生的焦油

量减少且其气相浓度减小。

2.5 催化剂对生物质气化的影响

催化剂是气化过程中的重要影响因素,其性能直接影响着燃气组成与质量。催化剂既强化气化反应的进行,提高反应速率,又促进产品中焦油的裂解,生成更多小分子气体组分,提升产气率和热值,提高可燃组分浓度。目前常用于生物质气化过程的催化剂有白云石、镍基催化剂、方解石等。目前对高效催化剂的研究正在不断的深入,也开发出很多新的高效催化剂和催化技术。日本筑波大学材料科学院的研究人员开发出一种新型催化剂,可有效地将生物质低温气化,所得到的无焦油气体不仅可用于燃气透平发电,也可作为合成气来生产甲醇、二甲醚或液体燃料^[17]。

3 国内外生物质气化技术成果及应用

3.1 国内生物质气化技术成果及应用

我国从 20 世纪 80 年代便开始对生物质气化技术进行深入的研究,经过 20 多年的实践和努力,已成功开发出多种生物质气化技术并得到应用和推广。如中科院广州能源研究所在循环流化床气化发电方面取得多项成果,已经建设并运行多套气化发电系统^[18];清华大学清洁能源研究教育中心和北京惠众科技公司合作,简化和改进现有的热压缩颗粒成型系统,开发出“冷压缩成型技术”,为林业生物质固体燃料加工应用提供技术支撑;同时我国在“生物质流化床气化炉”和“生物质流化床水煤气炉”方面的技术也取得了重大突破。用该技术生产的气化燃气经简单喷淋洗涤,焦油含量低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的行业标准,循环水中焦油含量也极低,同时气化燃气低热值可达到 $6\sim 7\text{MJ}/\text{m}^3$,中热值可达到 $10\sim 16\text{MJ}/\text{m}^3$ 。

目前,我国已进入实用阶段的生物质气化装置种类较多,并取得了良好的社会、经济效益。

在东部地区,河北晋州($1\times 25\text{MW}$)和山东单县($1\times 24\text{MW}$)两个示范项目都引进丹麦 BWE 公司的世界先进秸秆发电技术,每个项目每年燃烧秸秆 20 多万吨,发电 1.38 亿 kWh。中科院广州能源研究所在“九五”期间进行了兆瓦级生物质气化发电系统研究,旨在开发适合我国市场需求和资源特点的中型生物质气化发电技术,其发电示范系统于 1998 年 10 月建成并投入使用,至今已在全国应用推广了 20 余套。此外,在山东、辽宁、江苏等地,生物质气化技术也有较多的实际应用。

而在西部地区,生物质气化技术也有一定的应用。如 2006 年以来重庆铜梁良奇新科技发展有限公司引进生物质专利技术生产出的新型家用生物质制

气炉已在当地引起强烈反响,并引起重庆市委、市政府的高度重视,市财政拨出专款,支持企业加快生物质能源的推广,争取使当地和三峡库区更多的群众受益;内蒙古自治区利用生物质资源的典型项目:乌兰浩特市 25MW、阿尔山 12MW 热电联产示范项目以取得显著成效,自治区还将在兴安盟其余 4 个旗县所在地和 3000 人以上的乡镇所在地,继续建设不同规模热电联产项目 23 个。

上述各项目通过运用生物质气化技术在解决广大农户炊事、取暖等日常问题的同时,其发电项目也为群众带来很大收益。

3.2 国外生物质气化技术成果及应用

国外生物质气化装置一般规模较大,自动化程度高,工艺较复杂,以发电和供热为主。目前,在该领域具有领先水平的国家有瑞典、美国、德国、奥地利等。如美国标准固体燃料公司设计制造的炭化气化煤气发生系统、德国茵贝尔特能源公司设计制造的下行式气化炉——内燃机发电机组系统,气化效率可达 $60\%\sim 90\%$,可燃燃气热值为 $(1.7\sim 2.5)\times 10^4\text{kJ}/\text{m}^3$ 。美国建立的 Battelle 生物质气化发电示范工程代表着生物质能利用的世界先进水平^[19-20]。除了将生物质气化用于发电之外,欧盟国家也开展了生物质气化合成甲醇、氨的研究工作。欧盟国家建立的 4 个规模在 $4.8\sim 12.1\text{t}/\text{d}$ 之间不等的生物质气化合成甲醇的示范工厂,其生物质气化装置均为流化床气化炉,使用氧气或者水蒸气作气化剂,产出中热值燃气,在滤出焦油和杂质、脱除 CO_2 、 N_2 、 CH_4 以及其他碳氢化合物之后,在一定压力下,使 CO 和 H_2O 反应生成 H_2 ,再将 CO 和 H_2 以 $1:2$ 的比例混合导入合成塔,加入催化剂,合成甲醇^[21]。此外,国外在生物质燃气区域供热、热电联产方面的研究与应用也已应用于工业化生产中。

4 生物质气化技术在西部地区应用的若干问题

(1)西部地区生物质原料分散、难以直接搜集利用的问题。对此可用低价收购来收集分散的生物质原料,通过用切碎、压缩成型等技术来集中处理,为各类终端用户提供符合各自炉型的原料。

(2)西部地区人员居住分散的问题。可在村镇相对集中的地方推广中、小型下行式气化炉,不仅设备投资较少,维护方便,更能解决当地村镇的炊事、冬季供暖等问题;在生物质原料丰富而又相对集中的地区可试用生物质气化发电项目,制取低价电能,解决能源短缺问题。

(3)气化过程中的焦油处理问题。西部地区生物质原料成分与其它地区相似,因此,除焦可用相同的方

式解决。对于中、小型的气化民用装置,可运用初步的水洗法解决;对于大型气化项目,则需要利用技术手段和除焦油装置来处理,以免对环境产生二次污染。

(4) 气化过程中产生的结焦和飞灰问题。通过调节气化炉的进风量和原料比之间的关系,可以合理的控制气化炉内的反应温度,避免局部温度过高产生结焦;同时,加装燃气过滤装置或者喷淋水洗装置,可以有效去除燃气中所含飞灰。

【参考文献】

- [1] 邱钟明,陈励.生物质气化技术研究现状及发展前景[J].可再生能源,2002,(4):16-19.
Qiu Zhong-ming, Chen Li. Progress and prospect of biomass gasification[J]. Renewable Energy, 2002, (4): 16-19.(in Chinese)
- [2] 阎长乐. 中国能源发展报告 2001[M]. 北京:中国计量出版社,2001:20-40.
Yan Chang-le. Chinese Energy Development Report 2001 [M]. Beijing: Chinese Measurement Publishing House, 2001: 20-40.(in Chinese)
- [3] 马隆龙,吴创之,孙立.生物质气化技术及其应用[M].北京:化学工业出版社,2003:25-40.
Ma Long-long, Wu Chuang-zhi, Sun Li, et al. Biomass Gasification Technology and Application [M]. Beijing: Chinese Industry Publishing House, 2003: 25-40.(in Chinese)
- [4] 马林转,何屏,王华,等.生物质热裂解实验研究[J].云南化工,2004,31(2):9-11.
Ma Lin-zhuan, He Ping, Wang Hua, et al. Experiment study on pyrolysis of biomass[J]. Yunnan Chemical Technology, 2004, 31(2): 9-11.(in Chinese)
- [5] 傅献彩,沈文霞,姚天扬.物理化学(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社,1990,5:60-68.
Fu Xian-cai, Shen Wen-xia, Yao Tian-yang. Physical Chemistry (fourth edition) [M]. Beijing: Higher Education Publishing House, 1990, 5: 60-68.(in Chinese)
- [6] 吴创之.生物质气化工艺的设计与选用[J].可再生资源,2003,(2):51-52.
Wu Chuang-zhi. Biomass gasification craft design with selection[J]. Renewable Energy, 2003, (2): 51-52.(in Chinese)
- [7] 刘荣厚,牛卫生,张大雷.生物质热化学转化技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
Liu Rong-hou, Niu Wei-sheng, Zhang Da-lei. Biomass Thermal Chemistry Conversion Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Publishing House, 2005.(in Chinese)
- [8] 吕鹏梅,常杰,熊祖鸿,等.生物质废弃物制氢技术[J].环境保护,2002,(8):43-45.
Lv Peng-mei, Chang Jie, Xiong Zu-hong, et al. Hydrogen production technologies of biomass residue[J]. Environmental Protection, 2002, (8): 43-45.(in Chinese)
- [9] 王方,周顺德,李在峰,等.影响生物质气化指标的主要因素分析[J].河南科学,2004,22(1):100-102.
Wang Fang, Zhou Shun-de, Li Zai-feng, et al. Analysis of main influential factors on biomass gasification process [J]. Henan Science, 2004, 22(1): 100-102.(in Chinese)
- [10] 王铁军,常杰,祝京旭.生物质合成燃料二甲醚的技术[J].化学进展,2003,22(11):1156-1159.
Wang Tie-jun, Chang Jie, Zhu Jing-xu. Synthesis of dimethyl-ether(DME) from biomass[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2003, 22(11): 1156-1159.(in Chinese)
- [11] Pengmei Lv, Zhenghong Yuan, Longlong Ma, et al. Hydrogen-rich gas production from biomass air and oxygen/steam gasification in a downdraft gasifier[J]. Renewable Energy, 2006, 32(10): 2173-2185.
- [12] Peijun Ji, WeiFeng, Biaohu Chen, et al. Finding appropriate operating conditions for hydrogen purification and recovery in supercritical water gasification of biomass[J]. Chemical Engineering, 2006, 11(124): 7-13.
- [13] Jala Yanik, Steve Ebal, Andrea Kruse, et al. Biomass gasification in supercritical water: Part 1. Effect of the nature of biomass[J]. Fuel, 2007, 30(1).
- [14] 谢军,吴创之,陈平,等.中型流化床中的生物质气化实验研究[J].太阳能学报,2004,28(1):86-90.
Xie Jun, Wu Chuang-zhi, Chen Ping, et al. An experimental study on biomass gasification in a medium fluidized bed gasifier[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2004, 28(1): 86-90.(in Chinese)
- [15] 雷廷宙,沈胜强,崔俊贞,等.固定床生物质气化机组主要技术性能试验研究[J].河南科学,2006,24(1):118-121.
Lei Yan-zhou, Shen Sheng-qiang, Cui Jun-zhen, et al. The experimental study on the main technical performance of the fixed bed biomass gasification equipment[J]. Henan Science, 2006, 24(1): 118-121.(in Chinese)
- [16] Padban Nader, Wang Wu-yin, Ye Zhi-cheng, et al. Tar formation in pressurized fluidized bed air gasification of woody biomass[J]. Energy and Fuels, 2000, 14(3): 603-611.
- [17] Keiichi Tomishige, Mchammed Asadullah, Kimio Kunimori. Novel catalysts for gasification of biomass with high conversion efficiency[J]. Catalysis Surveys from Asia, 2003, 12: 219-233.
- [18] 赵先国,常杰,吕鹏梅,等.生物质流化床富氧氧化实验研究[J].燃料化学学报,2005,33(2):199-204.
Zhao Xian-guo, Chang Jie, Lv Peng-mei, et al. Biomass gasification under O₂-rich gas in a fluidized bed reactor[J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 2005, 33 (2): 199-204.(in Chinese)
- [19] Yan C, Yang W, John T R, et al. A novel biomass air gasification process for production tar-free higher heating value fuel gas[J]. Fuel Processing Technology, 2006, (87): 343-353.
- [20] Mcledon T R, Lui A P, Pineault R L, et al. Hing-pressure Co-gasification of coal and biomass in a fluidized bed[J]. Biomass and Bioenergy, 2004, (26): 377-388.

作者：[梁小平](#)，[李欣](#)，[王雨](#)，[赵欣](#)，[LIANG Xiao-ping](#)，[LI Xin](#)，[WANG Yu](#)，[ZHAO Xin](#)
作者单位：[重庆大学材料科学与工程学院, 重庆, 400044](#)
刊名：[环境科学与技术](#)[ISTIC](#)[PKU](#)
英文刊名：[ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY](#)
年，卷(期)：2008，31(10)
被引用次数：1次

参考文献(20条)

1. 邱钟明, 陈励 [生物质气化技术研究现状及发展前景](#)[期刊论文]-[可再生能源](#) 2002(04)
2. 阎长乐 [中国能源发展报告2001](#) 2001
3. 马隆龙, 吴创之, 孙立 [生物质气化技术及其应用](#) 2003
4. 马林转, 何屏, 王华 [生物质热裂解实验研究](#)[期刊论文]-[云南化工](#) 2004(02)
5. 傅献彩, 沈文霞, 姚天扬 [物理化学](#) 1990
6. 吴创之 [生物质气化工艺的设计与选用](#)[期刊论文]-[可再生能源](#) 2003(02)
7. 刘荣厚, 牛卫生, 张大雷 [生物质热化学转化技术](#) 2005
8. 吕鹏梅, 常杰, 熊祖鸿 [生物质废弃物制氢技术](#)[期刊论文]-[环境保护](#) 2002(08)
9. 王方, 周顺德, 李在峰 [影响生物质气化指标的主要因素分析](#)[期刊论文]-[河南科学](#) 2004(01)
10. 王铁军, 常杰, 祝京旭 [生物质合成燃料二甲醚的技术](#)[期刊论文]-[化学进展](#) 2003(11)
11. Pengmei Lv, Zhenghong Yuan, Longlong Ma [Hydrogen-rich gas production from biomass air and oxygen/steam gasification in a downdraft gasifier](#) 2006(10)
12. Peijun Ji, WeiFeng, Biaohu Chen [Finding appropriate operating conditions for hydrogen purification and recovery in supercritical water gasification of biomass](#) 2006(124)
13. Jala Yanik, Steve Ebal, Andrea Kruse [Biomass gasification in supercritical water: Part 1. Effect of the nature of biomass](#) 2007(01)
14. 谢军, 吴创之, 陈平 [中型流化床中的生物质气化实验研究](#)[期刊论文]-[太阳能学报](#) 2004(01)
15. 雷廷寅, 沈胜强, 崔俊贞 [固定床生物质气化机组主要技术性能试验研究](#)[期刊论文]-[河南科学](#) 2006(01)
16. Padban Nader, Wang Wu-yin, Ye Zhi-cheng [Tar formation in pressurized fluidized bed air gasification of woody biomass](#) 2000(03)
17. Keiichi Tomishige, Mchammed Asadullah, Kimio Kunimori [Novel catalysts for gasification of biomass with high conversion efficiency](#) 2003
18. 赵先国, 常杰, 吕鹏梅 [生物质流化床富氧气化实验研究](#)[期刊论文]-[燃料化学学报](#) 2005(02)
19. Yan C, Yang W, John T R [A novel biomass air gasification process for production tar-free higher heating value fuel gas](#) 2006(87)
20. Mcledon T R, Lui A P, Pineault R L [Hing-pressure Co-gasification of coal and biomass in a fluidized bed](#) 2004(26)

相似文献(10条)

1. 会议论文 应浩, 蒋剑春 [生物质气化技术及开发应用研究进展](#) 2005

综述了我国生物质资源状况、目前生物质气化技术的研究现状及发展趋势,着重评价了生物质气化技术的应用意义,生物质能源技术在我国能源技术领域的地位,并对生物质气化技术应用前景进行了展望,分析了生物质气化技术应用的环境效益和经济效益,以及生物质气化技术的不同应用场合和目前存在的一些不足,在技术创新和扩大规模等方面需要进一步加强,阐明了生物质气化技术对我国能源可持续发展战略的重要性和现实意义。

2. 学位论文 [廖翠萍](#) [生物质热解气化过程碱金属及其它主要灰形成元素、微量元素的迁移转化规律及机理研究](#)

2005

生物质的利用很大程度上依赖于生物质资源的可获得性及其分布, 本文首先对两种主要的生物质资源农业废弃物与林业废弃物资源的分布与可获得性进行了调查评估, 确定了我国农业与林业生物质废弃物资源的典型产地。

对包括稻草秸秆、小麦秸秆、棉花秆、大豆秆、玉米芯、花生壳和玉米秆等农业生物质种类和桦树、杉树、松树、杨树、柳树等林业生物质种类的63个样品的化学元素特性进行了综合分析研究, 获得包括主元素成分、工业分析、热值、碱金属及其它主要灰形成元素、微量元素等的分析数据。为建立生物质资源数据库, 开发生物质资源应用技术的研究提供全面可靠的数据。同时与烟煤的元素特性进行了比较。总结了我国典型生物质种类的元素特性。得到了21组我国生物质参考燃料的特性数据。同时利用因子分析法及聚类分析法, 对生物质的化学元素特性进行了总结和分类。用元素成分的变化范围来表示生物质的元素特性指标, 阐述了由于生物质产地或生长过程的环境因素可能引起的变化。并与他人研究结果作了比较。

采用固定床热解装置进行了生物质热解实验, 考察了生物质种类、热解温度、升温速率、热解时间、生物质粒径大小和热解气氛等反应条件对热解产物产率的影响。研究了固定床生物质热解过程碱金属及其它主要灰形成元素、微量元素的析出和迁移转化规律, 探讨了生物质种类、热解温度、升温速率、热解时间、生物质粒径大小和热解气氛的影响。

采用Tessier的逐级化学提取法实验研究了生物质稻草秸秆和小麦秸秆、玉米秸秆及木粉中元素Al, As, Ba, Fe, Ca, Cr, Co, Cu, Cd, K, Mn, Mo, Ni, Pb, P, Zn的赋存状态。同时, 还研究了不同热解条件下的半焦中这些元素的赋存状态。

实验研究在燃料中添加吸附剂, 抑制碱金属和重金属释放的方法。实验采用铝矾土, 活性氧化铝, 高岭土, 白云石为固体吸附剂, 对生物质热解过程中碱金属元素K, Na的相对富集因子和俘获效率。研究了固体吸附剂种类, 吸附剂添加比例, 热解温度的影响对不同生物质种类碱金属释放控制的影响。实验采用无水硫酸钙, 石灰石, 铝矾土, 活性氧化铝, 高岭土, 白云石为固体吸附剂, 使热解过程中的重金属被活化的吸附剂物理或化学吸附, 从而达到俘获或固化重金属元素的目的, 控制排放。以4%的添加量, 添加至稻草秸秆中在热解过程中对有毒性的微量重金属元素As, Cd, Pb, Cr, Zn, Mn, Cu, Co, Ni, V, Ti, Mo的相对富集因子和俘获效率。并建立了吸附剂对金属蒸气吸附的数学模型。

研究了1MW生物质气化发电示范厂灰渣中的化学元素特性。本文首先研究了生物质气化发电厂灰渣粒径分布; 元素As, Al, Br, Ca, Cd, Cl, Br, Ca, Cu, F, Fe, Ga, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Sr, Ti, Zn在气化器底灰、淋洗器灰和旋风分离器灰中的含量与分布, 并分析了这些元素在三种灰渣的十种不同粒径中的集散规律及分配富集情况。SEM、XRF和XRD等分析手段被采用来研究灰渣中无机元素的物理化学特性。还研究了生物质气化发电厂气化炉底灰、旋风分离器底灰和淋洗器灰渣中微量元素的赋存形态; 模拟酸雨浸提实验研究了三种灰渣中微量元素的析出规律和浸提温度和时间等因素的影响。实验探讨了微量元素析出浓度和影响其析出的因素。

对碱金属热解过程释放的数学模型进行了研究, 建立了有机钾通过生物质三组分热解过程释放的3个一阶动力学速率方程式和无机钾在热解过程通过扩散的数学模型, 得到了理论钾释放量。与实验值的比较表明, 模型理论值与实验值的吻合较好。

3. 会议论文 [宋湛谦](#) [生物质资源与林产化工](#) 2005

回顾了我国林产化学工业现状, 指出了利用生物质资源代替化石资源是当前发展趋势, 同时指出了林业生物质资源化学利用将扩大林产化工的领域。

4. 会议论文 [韩菲](#) [王延松](#) [蔡春丽](#) [农村生物质资源气化技术应用研究](#) 2006

本文介绍了我国生物质资源利用的现状及发展趋势, 对辽宁生物质资源利用的必要性进行了分析, 推介了炭气两用生物质气化应用技术, 分析了单例气化站的运行经济性, 预计生物质气化可产生明显的生态、经济和社会效益。

5. 学位论文 [刘方金](#) [生物质循环流化床气化过程分析及试验](#) 2007

生物质能源在我国是仅次于煤与石油的第三大能源, 在全部能源消耗中约占15%, 既可作为燃料, 又可作为发电的清洁能源, 是唯一可运输并储存的可再生能源。由于化石能源储量有限, 开采难度和危险性日益增加, 且开采利用过程中伴随着严重的污染问题, 因此生物质能源受到特别关注主要的生物质能利用途径有直接燃烧发电、热电联产和气化发电、供气供热。气化技术具有工艺简单、投资小、操作简便, 特别适合生物质资源分散化的特点, 在我国有着非常广阔的发展前景。

生物质气化是在一定的热力学条件下, 将其组成一碳化合物转化为一氧化碳和氢气等可燃气体的过程。其过程主要包括: 热解反应、氧化反应和还原反应。从气化炉出来的燃气需要用一种或几种技术的结合除去其中的灰分、炭颗粒、水分、焦油等杂质, 进一步提升其品位, 用于集中供气、材料烘干及发电等。生物质气化一般采用固定床反应器(下吸式、上吸式、同向式、反向式、横吸式、变化式等)、单反应器(鼓泡流化床)、快速流化床循环床等流化床反应器。

本文首先进行了生物质气化的理论分析计算、模拟和试验系统设计优化, 然后确定了生物质流化床二级气化综合试验系统热态试验方案, 并完成了热态试验运行, 并对关键的热态参数进行了校核。

冷态试验主要针对不同粒径的床料, 获得其临界流化速度、布风板阻力、床料阻力等参数, 这些数据对后续的热态试验运行具有重要指导意义。

热态实验主要目的是调试生物质气化系统, 获得气化系统的流态化运行压力分布、温升规律及温度控制措施, 为后续研究温度、流速、二次风量、催化剂、气化介质、当量比、不同富氧条件等因素对生物质气化过程的影响及本生物质气化技术的工业化应用提供关键性基础。初步的气化试验表明: 低速低倍率循环流化床气化生物质可行, 运行易于控制, 出口燃气焦油较低, 气体热值较高。

6. 期刊论文 [常杰](#) [CHANG Jie](#) [生物质气化发电发展关键问题及前景展望](#) -[电力建设](#)2009, 30 (6)

生物质气化发电是清洁的可再生能源发电技术之一, 其研究、开发及应用在国内外受到了广泛的关注。文章分析了生物质气化发电技术产业化应用中存在的关键技术、经济及政策问题, 指出我国生物质资源丰富, 每年产生10亿多t的生物质废弃物, 发展生物质气化发电有巨大的潜力, 应根据不同区域生物质资源的特点, 因地制宜地建立合理规模的生物质气化发电系统, 同时政府应给予优惠的政策支持和资金扶持, 促进生物质气化发电企业的可持续发展。

7. 期刊论文 [赵军](#) [王述洋](#) [ZHAO Jun](#) [WANG Shu-yang](#) [我国农业生物质资源与利用](#) -[现代化农业](#)2007 (1)

我国农业生物质资源丰富, 数量巨大, 目前全国各省市主要农业生产废弃物生物质资源可利用量统计约为5.6亿t。利用生物质气化设备, 使农业生产废弃物转化成生物质燃气, 提高了生物质资源的利用价值。研究高效低能耗的焦油和废水处理技术, 加快生物质气化技术大规模商业化应用。

8. 会议论文 [文双全](#) [生物质燃气与煤共燃技术的初步探讨](#) 2007

生物质能将成为未来的主要能源之一, 其开发利用有利于改善我们的生态环境, 是实现能源可持续发展的有效措施之一, 因此其研究意义重大。本文简要介绍了生物质、生物质能的定义、国内外的生物质能利用的主要技术手段、生物质气化的原理和过程; 重点是对气化设备的分类和比较、生物质与煤的两种共燃技术的比较进行论述, 得出使用流化床气化器对生物质进行气化转化, 并将得到的燃气送入锅炉与煤混合燃烧的技术, 即生物质燃气和煤共燃技术是高效利用生物质的较佳选择; 同时介绍国内外生物质燃气和煤共燃技术应用案例; 最后指出我国应充分开发生物质资源, 进行生物质燃气与煤共燃的研究, 并提出一些建议。

9. 期刊论文 [李全新](#) [袁丽霞](#) [Li Quanxin](#) [Yuan Lixia](#) [可再生生物质资源制氢技术的研究进展](#) -[石油化工](#)

2010, 39 (2)

综述了生物质资源(生物质和生物油)制氢技术的研究进展。生物质制氢主要包括: 生物质气化、快速裂解、超临界水气化和催化裂解/气化。生物质气化得到氢气含量较高的混合气体, 工艺流程简单, 但气化效率低; 生物质快速裂解除产生氢气混合气体外, 主要得到较多的液相产物即生物油, 生物油可催化重整制氢, 还可从中提取有价值的化学品; 超临界水气化过程中气体是主要产物, 但温度和压力高, 对设备要求苛刻; 催化裂解/气化可得到富氢气体, 但产生很多成分复杂的焦油。针对生物油重整过程中温度高、催化剂失活严重等问题, 最近开发了电催化水蒸气重整生物油制氢的装置及方法。与非电催化重整相比, 电催化重整在400~600℃就能得到很高的氢产率和碳转化率。

10. 期刊论文 [王曦](#) [张赛仕](#) [生物质资源的再利用\(续4\)](#) -[当代农机](#)2009 (5)

13. 300户生物质气化集中供气系统工程设计
300户生物质气化集中供气系统是比较典型的一种。

设计时应遵循的原则是:①系统气源压力稳定, 安全设施齐全, 输气管道运行稳定, ②燃气热效率大于70%, ③燃气的焦油和灰尘含量小于50%。

引证文献(1条)

1. 王爱玲, 周中仁, 佟瑞平, 程贤禄 京郊2种生物质气化工程的比较及经济性分析[期刊论文]-安徽农业科学
2009(26)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hjkxyjs200810009.aspx

授权使用: 东南大学图书馆(wfdndx), 授权号: 4e65c4d7-d0fb-4c9d-8665-9e9400eb8778

下载时间: 2011年2月24日