

生物质转化高品质燃气技术的研究进展

焦慧强

(国网山西省电力公司晋城供电公司, 山西 晋城 048000)

摘要:指出现有生物质气化技术普遍存在燃气热值偏低、焦油含量偏高以及气化热效率偏低等问题, 制约了生物质气化技术在我国大规模的高效利用。介绍了 4 种固体生物质转化高品质燃气化利用技术: 超临界水气化法、两段(多段)气化法、串行流化床气化法和基于太阳能聚热的生物质气化法, 对其基本原理、技术特点和优势进行了阐述, 同时介绍了 4 种利用该技术当前最新的研究进展, 探讨了当前生物质气化技术需要解决的问题。

关键词:生物质; 气化; 高品质燃气

中图分类号:TK6

文献标识码:A

文章编号:1674-9944(2015)08-0301-04

1 引言

近年来, 世界范围内的石油、煤炭、天然气等不可再生能源的消耗日益增长, 能源危机不断加剧, 能源供应保障已成为大多数国家必须面临的重大挑战。生物质能是一种年产量十分巨大的可再生能源, 生物质能的利用可起到优化能源消费结构、缓解能源供应紧张局面的作用^[1]。目前, 各种生物质能利用技术与方法层出不穷, 主要包括生物质直接燃烧、气化、液化、热解以及压缩成型等^[2], 其中生物质燃气化利用被业界认为具有很大的发展潜力。现阶段生物质气化仍以固定床和流化床气化为主, 研究的重点也主要集中在气化参数方面, 然而现有生物质气化技术普遍存在燃气热值偏低、焦油含量偏高以及气化热效率偏低等问题^[3], 对于生物质在我国大规模的高效利用产生严重的制约, 因此开发生物质能高品质燃气化利用新技术已成为生物质气化领域的研究热点。

2 生物质转化高品质燃气利用新技术

经过几十年的研究, 特别是近十年, 随着能源危机、环境污染等问题日益突出, 国内外对生物质能的关注度日渐提高, 目前已经发展了众多生物质气化新方法。在众多新方法中普遍认为可行性较高的有超临界水气化法、两段气化法、串行流化床气化法以及太阳能聚热法。本文主要对这 4 种方法展开论述, 其中部分方法已在国内展开了小规模应用, 部分方法仍在研究当中。

2.1 超临界水气化法

由于未处理的生物质含水率一般很高, 直接进行气化或热解过程的热效率很低, 如对含水量高的生物质进行干燥预处理, 这需要消耗大量的能量。由于超临界水可改变相行为、扩散速率和溶剂化效应, 使反应混合物均相化, 增大扩散系数, 从而控制相分离过程和产物的分布^[4], 由于这些原因, 生物质在超临界水中气化制氢过程的热效率不随生物质含水量变化, 对于高含水量的

生物质, 在超临界水中气化具有比常规气化和热解过程更高的热效率^[5]。

国内外对超临界水气化法都有较深入的研究, 闫秋会^[6]等通过实验分析了反应参数对纤维素超临界水气化制氢产气性能的影响, 实验结果表明温度对气体热值的影响较大, 压力对气体热值的影响较小, 升高温度会提高气化率, 但导致产气高热值降低。西安交通大学的吕友军、冀承猛等^[7,8]研究了锯木屑、木质素的超临界水气化, 实验表明, 超临界气化过程可能是自由基和离子反应共同作用的结果, 压力升高有利于离子反应的进行而抑制自由基反应, 这使得压力对气化反应总效果的影响表现并不很明显, 但压力会改变气体产物的组成, 长的反应停留时间使气化反应更接近平衡状态, 这样气化过程更加完全, 温度对气化反应有明显的, 高的温度有利于气化制氢反应的进行。Jale Yanik 等^[9,10]利用棉花茎、玉米茎和制革废料作为超临界水气化的原料, 在 500℃ 的间歇式高压釜内进行实验, 得到的生物质产氢率范围为 4.05~4.65 mol H₂/kg, 此外, 催化剂能通过加强水气转换反应和甲烷重整显著地增加氢的产率。吕友军等^[11~14]还研究了玉米芯、有机废液、农业生物质等在超临界水气化制氢实验研究。表 1 给出了几种生物质原料用超临界水气化法所得燃气体成分与热值对比表^[15]。

表 1 超临界水气化法气体成分对比

气化剂	燃气成分/(% (体积分数))						燃气热值/ MJ·m ⁻³
	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	N ₂	O ₂	
空气	14~20	12~20	1.0~2.5	12~25	45~60	<1.0	4.0~5.0
富氧气体	26~38	26~38	0.5~2.0	16~25	8~10	<1.0	7.0~9.5

2.2 两步(多步)气化法

即便是超临界水气化制氢, 在反应过程中也不可避免地会产生焦油, 焦油的处理始终是科研人员的头号难题。为了降低气化过程中的焦油含量, 近年来研究人员开发了两步(多步)气化法。该工艺将生物质气化过程中的低温热解和高温气化两个过程相对分步进行, 实现

收稿日期: 2015-06-04

作者简介: 焦慧强(1973—), 男, 山西晋城人, 工程师, 主要从事电压无功管理、变电运行管理等工作。

“多级”气化,保证了焦油裂解的高温环境,使焦油裂解为小分子不凝性可燃气,如图 1 所示。两步气化法配合催化剂的使用,能使来自生物质原料的焦油转化为气体产品,从而大大降低了焦油的含量,同时也增加了气化效率。

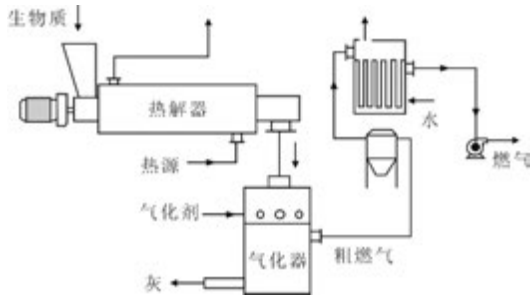


图 1 两步法生物质气化工艺路线

赖艳华等^[16]研究了两段气化中一段供风和两段供风对降低生物质气化过程焦油生产量的影响。结果表明两段供风显著提高了气化炉内的最高温度和还原区的温度,气体中焦油的含量仅为常规供风的 1/10 左右。

闫桂焕等^[17]的研究表明,分步气化法保证了焦油强化裂解的高温条件,使其充分裂解为小分子不凝性可燃气,从而降低了可燃气体中基础焦油质量浓度,提高了燃气品质,该工艺可使燃气中基础焦油质量浓度降低到 20 mg/m³ 以下。表 2 给出了两步气化法在空气和富氧气氛中的气体成分。

Mohammad Asadullah 等^[18]利用两步气化法,选用的催化剂为 Rh/CeO₂/SiO₂ 证明了两步气化法配合催化剂的使用,能使最大量为 250 mg/min 的焦油完全转化为气体产品,加入催化剂的分步气化法,能在更低的温度下使焦炭转化为合成气体,所以其能源效率更高。

表 2 两步气化法气体成分对比

气化剂	燃气成分/%(体积分数)						燃气热值/ MJ·m ⁻³
	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	N ₂	O ₂	
空气	14~20	12~20	1.0~2.5	12~25	45~60	<1.0	4.0~5.0
富氧气体	26~38	26~38	0.5~2.0	16~25	8~10	<1.0	7.0~9.5

2.3 串行流化床气化法

串行流化床气化是一种基于循环流化床技术的的气化理念,将生物质的热解气化和燃烧过程被分隔开,热解气化采用鼓泡流化床(气化反应器),半焦燃烧采用循环流化床(燃烧反应器),两个反应器之间依靠惰性固体载热体进行热量传递,其原理图如图 2 所示^[19]。这种方式的实现可最大程度地保障高的产氢率,提高气化品质。

目前国内开展了串行流化床生物质气化技术的研究工作^[20~23]。东南大学吴家桦^[24]等建立了串行流化床生物质气化热态实验研究装置,实验表明以水蒸气为气化剂的产氢率最高,气化温度从 720℃ 升高到 930℃ 时,氢产率从 32.4g/kg 增加到 60.3g/kg,同时气化气产率也增加了 90%。沈来宏^[25]等利用 Aspen plus 软件建立了串行流化床气化反应器模型,结果表明催化剂中 CaO 组分对生物质气化制氢过程的催化作用非常显著,气化

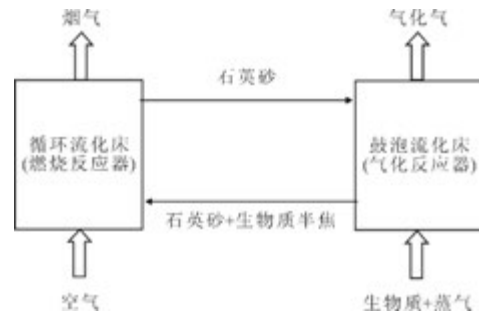


图 2 串行流化床生物质气化制氢原理

反应温度为 700℃ 时在 CaO 的催化作用下产氢率可达 94.1%。

2.4 基于太阳能聚热的生物质气化技术

由于生物质气化属于热化学方法,该方法存在的反应需要高温条件,热量一般由生物质自身、或掺混化石燃料燃烧来提供,该方法以消耗自身能量为代价,会减少参与气化反应的生物质量。针对目前新能源技术的发展,学者提出了太阳能聚焦供热的热化学技术,利用太阳能来驱动热化学反应,该方法起初应用于热分解水制氢反应,而后学者开发了生物质气化制氢与太阳能聚焦供热耦合的太阳能热化学制氢途径,并持续探索与深入研究,该方式不仅解决了气化反应所需的高温热源,减少了化石能源的消耗,同时完成了太阳能能源品质的提升。

目前国内外针对太阳能聚热的生物质气化反应做了许多研究^[26,27]。Melchior 等^[28]借助粒子流反应器利用高温太阳能来驱动生物质的气化反应,并进行了相关实验研究和气化过程动力学分析;而 Kalinci 等^[29]提出了利用太阳能—生物质气化来制取氢气的系统。近年来诸多学者基于我国的基本国情,对于该技术也进行了深入的研究,西安交通大学多相流国家重点实验室^[30]成功构建了多碟聚焦和自旋—俯仰轮胎面定日镜聚焦太阳能与生物质超临界气化耦合制氢系统各一套,初步验证了太阳能热化学分解和生物质超临界水制氢技术的可行性,考察了太阳能辐照对反应器的温度和气化制氢的影响,初步探索了太阳能供热的生物质催化气化制氢,实现了太阳能供热的生物质完全气化。西安建筑科技大学王贝贝等^[31]开发了一套太阳能驱动生物质超临界水气化制氢系统。中科院白章等^[32]构建了基于生物质—太阳能气化的多联产系统,利用太阳能可为生物质提供高温热源,使用气化产生的合成气用于生产甲醇,并将未反应的合成气直接送入燃气—蒸汽联合循环系统进行发电。该系统的太阳能热份额为 36.78%,与其他系统相比,系统的生物质节省率高达 51.74%,同时合成气的降温所释放的显热和甲醇合成反应的放热量都将用于余热锅炉部分的给水加热,因此系统总效率达到 48.45%,燃气品质也优于常规热源气化。

3 结论

由于我国地域辽阔,不同地区生物质原料的物理属性存在较大差异,在开发符合我国国情的生物质能气化

技术同时,应该根据地区生物质原料的差异性因地制宜地利用当地生物质资源,选用与之相适应的生物质气化技术,将低品位的生物质能转换成高品位的能源,实现生物质能的高效清洁利用,对缓解我国能源短缺的局面,实现经济的可持续发展,以及加强环境保护,具有十分重要的作用。

尽管目前生物质气化技术已经进入实用阶段,并且我国也已有了小规模集中供气、供热及气化发电等方面的应用,但是距国外水平还有相当的差距。要真正有效地利用生物质能,还必须尽快解决生物质气化的关键技术及相关的配套技术设施等核心问题。

参考文献:

- [1] Lei Shen, Litao Liu, Zhijun Yao, et al. Development potentials and policy options of biomass in China[J]. Environmental Management, 2010(46): 539~554.
- [2] 赵 军, 王述洋. 我国生物质能资源与利用[J]. 太阳能学报, 2008, 29(1): 90~94.
- [3] K. N. Sheeba, Sarat Chandra Babu. Air gasification characteristics of coir pith in a circulating fluidized bed gasifier[J]. Energy for Sustainable Development, 2009(13): 170~173.
- [4] Yoshikuni Yoshida, Kiyoshi Dowaki, Yukihiko Matsumura, et al. Comprehensive Comparison of Efficiency and CO₂ Emissions Between Biomass Energy Conversion Technologies——Position of Supercritical Water Gasification in Biomass Technologies[J]. Biomass and Bioenergy, 2003, 25(3): 257~272.
- [5] Tian Yining, Feng Jijun, Qing Ying, et al. Properties of Supercritical Water and Its Application[J]. Chemistry Magazine, 2002(6): 396~402.
- [6] 闫秋会, 赵 亮, 吕友军. 操作参数对纤维素超临界水气化制氢产气性能的影响[J]. 应用基础与工程科学学报, 2009, 17(2): 257~264.
- [7] 吕友军, 郭烈锦, 郝小红, 等. 锯木屑在超临界水中气化制氢过程的主要影响因素[J]. 化工学报, 2004, 55(12): 2060~2066.
- [8] 冀承猛, 郭烈锦, 吕友军, 等. 木质素在超临界水中气化制氢的实验研究[J]. 太阳能学报, 2007, 28(9): 961~966.
- [9] Jale Yanik, Steve Ebale, Andrea Kruse, et al. Biomass gasification in supercritical water: Part 1. Effect of the nature of biomass[J]. Fuel, 2007, 86(15): 2410~2415.
- [10] Jale Yanik, Steve Ebale, Andrea Kruse, Mehmet Saglam, et al. Biomass gasification in supercritical water: II. Effect of catalyst[J]. Int J Hydrogen Energy, 2008, 33(17): 4520~4526.
- [11] 吕友军, 张西民, 冀承猛, 等. 玉米芯在超临界水中气化制氢实验研究[J]. 太阳能学报, 2006, 27(4): 335~339.
- [12] 郭烈锦, 张秦丽, 冀承猛, 等. 有机废液在超临界水中气化制氢的实验研究[J]. 东莞理工学院学报, 2006, 13(4): 34~38.
- [13] 吕友军, 金 辉, 郭烈锦, 等. 原生生物质在超临界水流动床系统中气化制氢[J]. 西安交通大学学报, 2009, 43(2): 111~115.
- [14] 吕友军, 冀承猛, 郭烈锦. 农业生物质在超临界水中气化制氢的实验研究[J]. 西安交通大学学报, 2005, 39(3): 238~242.
- [15] 吕友军, 金 辉, 郭烈锦, 等. 生物质在超临界水流动床系统中部分氧化气化制氢[J]. 西安交通大学学报, 2009, 43(1): 5~9.
- [16] 赖艳华, 吕明新, 马春元, 等. 两段气化对降低生物质气化过程焦油生成量的影响[J]. 燃烧科学与技术, 2002, 8(5): 478~481.
- [17] 闫桂焕, 孙荣峰, 许 敏, 等. 生物质固定床两步法气化技术[J]. 农业机械学报, 2010, 41(4): 101~104.
- [18] Mohammad Asadullah, Tomohisa Miyazawa, Shin-ichi Ito et al. Catalyst development for the gasification of biomass in the dual-bed gasifier[J]. Science Direct, Applied Catalysis A: General, 2003(255): 169~180.
- [19] Zhao ZK, Kuhn JN, Felix LG et al. Thermally impregnated Ni-olivine catalysts for tar removal by steam reforming in biomass gasifiers[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2008, 47(3): 717~723.
- [20] D Swierczynski, S Libs, C Courson, et al. Steam reforming of tar from a biomass gasification process over Ni/olivine catalyst using toluene as a model compound[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2007, 74(3): 211~222.
- [21] L Garcia, A Benedicto, E Romeo, et al. Hydrogen Production by Steam Gasification of Biomass Using Ni-Al Coprecipitated Catalysts Promoted with Magnesium[J]. Energy & Fuels, 2002(16): 1222~1230.
- [22] J Roman Galdamez, Lucia Garcia, Rafael Bilbao. Hydrogen Production by Steam Reforming of Bio-Oil Using Coprecipitated Ni-Al Catalysts. Acetic Acid as a Model Compound[J]. Energy & Fuels, 2005(19): 1133~1142.
- [23] Nicholas H Florin, Andrew T Harris. Enhanced hydrogen production from biomass with in situ carbon dioxide capture using calcium oxide sorbents[J]. Chemical Engineering Science, 2008(63): 287~316.
- [24] 吴家桦, 沈来宏, 王 雷, 等. 串行流化床生物质气化制氢试验研究[J]. 太阳能学报, 2010, 31(2): 242~247.
- [25] 沈来宏, 肖 军, 高 杨. 串行流化床生物质催化制氢模拟研究[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(11): 7~11.
- [26] Chen J W, Lu Y J, Guo L J, et al. Hydrogen production by biomass gasification in supercritical water using concentrated solar energy system development and proof of concept[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2010, 35(13): 7134~7141.
- [27] Hong H, Liu Q, Jin H. Operational performance of the development of a 15 kW parabolic trough mid-temperature solar receiver/reactor for hydrogen production[J]. Applied Energy, 2012, 90(1): 137~141.
- [28] Melchiora T, Perkins C, Lichty P, et al. Solar-driven biochar gasification in a particle-flow reactor[J]. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2009, 48(8): 1279~1287.
- [29] Kalinci Y, Hepbasli A, Dincer I. Performance assessment of hydrogen production from a solar-assisted biomass gasification system[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2013, 38(14): 6120~6129.
- [30] 陈敬伟. 生物质超临界水气化与直接太阳能聚焦供热耦合制氢研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2012.
- [31] 王贝贝. 太阳能驱动的生物质超临界水气化制氢系统的优化研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2012.
- [32] 白 章, 刘启斌, 李洪强, 等. 基于生物质-太阳能气化的多联产系统模拟及分析[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(1): 112~118.

海洋可再生能源政策研究

许丹¹, 刘崇明¹, 王欣¹, 朱永强¹, 杨名舟²

(1. 华北电力大学 新能源电力系统国家重点实验室, 北京 102206;

2. 国家能源局信息中心, 北京 100824)

摘要: 改革开放以来, 经济大发展使得能源的需求不断增加, 随之而来的经济、环境问题也越来越多地暴露出来。而可再生能源是新兴能源, 不会枯竭, 且有利于环境可持续发展, 这种情况下我国出现了有利于可再生能源发展的宏观环境, 尤其是我国的财税政策, 对可再生能源的发展起到了很大的推动作用。海洋能作为可再生能源之一, 具有巨大的蕴含量, 我国也出台了相关的海洋能政策规划, 但也还存在一定的问题, 需要继续改善。目前海洋能政策体系尚未建立, 对海洋能政策的理论研究也较少, 综述了 20 世纪 90 年代以来海洋能政策的战略规划, 并从法制和财政两方面分析总结了相关政策, 为未来海洋可再生能源政策的制定提供有价值的参考。

关键词: 可再生能源; 财税政策; 海洋能政策

中图分类号: N8

文献标识码: B

文章编号: 1674-9944(2015)08-0304-04

1 引言

可再生能源政策的研究由来已久, 文献[1]中回顾了我国可再生能源政策的发展历程, 对我国 20 世纪 80 年代的可再生能源政策进行了比较分析, 还提出若干相关政策建议。文献[2~15]指出了建立有效的可再生能源管理体制在保证可再生能源产业健康发展的重要性, 论述了我国的可再生能源管理体制及其存在的优缺点, 并提出了完善措施。文献[16~19]详细阐述了我国可再生能源的财税政策, 从财政和税收两方面分别论述, 并着眼于中央和地方的政策, 综合论述了财税政策对可再生能源发展的支持。文献[20~22]指出我国海洋政策体系存在的问题, 并从问题下手找到我国海洋政策体系构建的总体思路, 从而得出我国海洋政策体系构建的基本框架研究。

2 可再生能源政策法规的发展

20 世纪 80 年代以来, 我国出台了多部关于保护环境的法律法规, 如 1983 年颁布实施的《中华人民共和国农业法》, 1984 年制定的《中华人民共和国森林法》、《水污染防治法》, 1988 年制定的《中华人民共和国水法》等。这些法规不仅规定了对自然环境的保护, 也强调了可再生能源的重要性, 促使我国相关产业加快了利用可再生能源的步伐。同时, 1986 年国家经济委员会下发的《关于加强农村能源建设的意见》更是对农村可再生能源建设起到了直接指导作用, 体现了我国的可再生能源政策。

20 世纪 90 年代, 我国以实施可持续发展战略为背景, 掀起一个建设可再生能源的热潮。如 1995 年颁布实施的《中华人民共和国电力法》, 在总则中指出国家鼓励和支持利用新能源与可再生能源和清洁能源发电; 1996 年连续出台的《环境噪声污染防治法》、《中华人民

收稿日期: 2015-05-25

基金项目: 海洋可再生能源专项资金(编号: GHME2013ZC01)资助

作者简介: 许丹(1990—), 女, 河北人, 硕士研究生, 主要从事财务理论与实务研究。

Research Progress on the Biomass Converting Technology for Preparing High Quality Gas

Jiao Huiqiang

(State Grid Jincheng Power Supply Company, Shanxi Electric Power Company Limited, Jincheng 048000, China)

Abstract: The existing biomass gasification technology generally has the problem of low gas calorific value, high tar content and low gasification efficiency, which restrict the high efficiency utilization of biomass gasification technology in China. The research introduces four kinds of solid biomass converting technologies for preparing high quality gas (supercritical water technology method, two-step (multi-steps) gasification, interconnected fluidized beds gasification and biomass gasification method based on concentrated solar energy). Then the article expounds the principles, key technologies and advantages of the technology. Finally, the article introduces the advanced research progress of the four technologies and analyzes the current problems need to be solved.

Key words: biomass; gasification; high quality gas