

# 生物质气化费托合成的经济性分析

江宏玲<sup>1</sup>, 周成<sup>2</sup> (1. 安徽省·淮委水利科学研究院, 安徽合肥 230088; 2. 安徽国际商务职业学院, 安徽合肥 231131)

**摘要** 以生物质稻秸为研究对象, 基于已有的生物质费托(FT)合成的模拟工艺流程, 计算得到了转化过程的生产成本。总结了生物质 FT 合成油生产成本的构成比例, 并与煤基 FT 合成油生产成本进行了对比, 另外针对生物质原材料成本做了敏感性分析。结果表明, 以现阶段煤价为例, 考虑生物质补贴, 生物质制 FT 合成油的生产成本会低于煤基 FT 合成油的生产成本。随着更多生物质的经济补贴机制的建立, 以生物质为原料制取 FT 合成油的市场前景广阔。

**关键词** 生物质气化; 费托合成; 经济性分析; 成本

**中图分类号** S-9; TK63 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)21-201-04

## Economic Analysis of Biomass Gasification Fischer-Tropsch Synthesis

JIANG Hong-ling<sup>1</sup>, ZHOU Cheng<sup>2</sup> (1. Anhui & Huaihe River Institute of Hydraulic Research, Hefei, Anhui 230088; 2. Anhui Institute of International Business, Hefei, Anhui 231131)

**Abstract** Based on the existing simulated process of biomass Fischer-Tropsch oil (bio-FT-oil), the cost of bio-FT-oil was obtained, taking straw as the research object. The cost of bio-FT-oil was compared with coal-FT-oil after summarizing its composition. Furthermore, the sensitivity analysis was carried out for the biomass raw material cost. Results show that the cost of bio-FT-oil could be lower than coal-FT-oil for the current coal price, taking the biomass subsidies into account. With the more establishment of economic mechanism of subsidy for biomass, the biomass FT-oil will have a broad prospect.

**Key words** Biomass gasification; Fischer-Tropsch synthesis; Economic analysis; Cost

费托合成(Fischer-Tropsch Synthesis, 简称 FT 合成)是指以合成气(主要成分是 CO 和 H<sub>2</sub>)为原料, 通过催化剂转化生成烃类和含氧化合物的过程。以生物质为原料, 制备合成气, 通过 FT 合成生产的液体燃料, 能够直接应用于交通运输、能源动力及化工等领域, 在一定程度上缓解了由于石油短缺而带来的压力<sup>[1]</sup>。同时, 费托燃料不含有硫元素<sup>[2]</sup>, 不会对环境造成污染, 所以这是一种很有发展潜力的生物质利用方式<sup>[3-4]</sup>。

目前国内外有关 FT 合成已发表过一些相关技术经济数据, 但是生物质 FT 合成尚处于实验室研究和工业中试阶段, 过程的经济性缺乏相关的数据资料参考, 而且在不同背景, 比如不同地区、不同生产工艺条件下, 经济性也是不尽相同的, 甚至大相径庭<sup>[5]</sup>。因此, 笔者以稻秸为原料, 基于串行流化床生物质气化 FT 合成技术<sup>[6]</sup>, 对生物质气化 FT 合成系统进行经济性分析, 得出生产成本费用的结果, 并与传统煤基合成油进行比较, 探讨生物质 FT 合成的市场前景。

## 1 生物质气化 FT 合成成本计算基础

该研究借助参数估算类经济分析方法, 估算出年产 5 万 t FT 合成油的稻秸气化 FT 合成系统的投资费用。

**1.1 基础数据** ①产品: FT 合成油, 5 万 t/a。②项目实施进度: 项目拟 2 年建成, 第三年投产, 当年生产负荷达到设计能力的 80%, 第四年直至以后生产负荷为 100%, 生产期为 15 年。③资金来源: 固定资产投资 30% 为自有资金, 不还不计息, 其余 70% 为银行贷款, 贷款利率确定为 6.12%。

**1.2 投资估算** 投资估算是经济评价的重要基础工作之一, 其构成及计算方法应遵照技术规定有关章节进行。该研

究中固定资产的投资估算采用生产规模指数法<sup>[7-8]</sup>, 即利用已经建成项目的投资或其设备投资, 估算某一特定规模的项目投资或其设备投资的方法, 计算公式为:

$$\text{项目的投资} = \text{已知同类项目的投资} \times n \cdot \left( \frac{\text{拟建项目生产规模}}{\text{已知项目生产规模}} \right) \quad (1)$$

式中,  $n$  表示生产规模指数。选取  $n$  值的原则是: 改变设备装置数量或生产场所规模, 从而改变项目生产规模,  $n$  取 0.8 ~ 1.0; 改变设备、装置的功能和效率, 从而改变项目生产规模,  $n$  取 0.6 ~ 0.7。

**1.3 生产成本** 生产成本包括原材料费、用水耗电费、工资及福利费、维修费、折旧费和其他费用等<sup>[2,9]</sup>:

$$\text{原材料费(生物质、催化剂)} = \text{原材料消耗量} \times \text{材料单价} \quad (2)$$

$$\text{用水费} = \text{系统给水量} \times \text{水价} \quad (3)$$

$$\text{耗电费} = \text{系统耗电量} \times \text{电价} \quad (4)$$

$$\text{职工工资及福利} = \text{职工人数} \times \text{人年工资} \times (1 + \text{福利费系数}) \quad (5)$$

$$\text{维修费} = \text{固定资产原值} \times \text{维修费率} \quad (6)$$

$$\text{基本折旧费} = \frac{\text{固定资产原值} \times \text{固定资产形成率}}{\text{折旧年限}} \quad (7)$$

$$\text{其他制造费} = \text{固定资产原值} \times \text{其他制造费率} \quad (8)$$

式(5)中, 福利费系数取 15%, 人年工资取行业平均水平 4 万元/(人·a); 式(6)中, 维修费率取 3%; 式(7)中, 固定资产形成率按 95% 计算, 折旧年限为 15 年, 不考虑生产设备的回收报废; 式(8)中, 其他制造费率取值 1%。

## 2 生物质 FT 合成油生产成本计算

**2.1 投资费用估算** 基于文献[6]中生物质气化 FT 合成的工艺数据, 查阅相关文献的数据<sup>[10-12]</sup>, 估算出年产 5 万 t FT 合成油的稻秸气化 FT 合成系统的投资费用, 如表 1 所示。

**基金项目** 国家重点基础研究发展计划资助项目(2010CB732206)。  
**作者简介** 江宏玲(1987-), 女, 安徽六安人, 工程师, 硕士, 从事新能源研究。  
**收稿日期** 2016-05-27

表1 稻秸 FT 合成系统投资费用(5 万 t FT 合成油/a)

Table 1 Investment cost for rice straw FT synthesis system (5 × 10<sup>4</sup> t synthetic oil/a)

项目 Item	设备购置 Equipment purchase	安装工程 Installation works	建筑工程 Construction works	合计 Total
供电系统 Power supply system	1 370	137	411	1 918
水系统 Water system	1 710	514	960	3 184
加料系统 Feeding system	822	82	3 014	3 918
气化系统 Gasification system	7 400	2 466	1 644	1 1510
净化系统 Cleaning system	4 110	2 055	452	6 617
合成系统 Synthesis system	16 275	5 178	2 960	24 413
公用工程 Utilities	288	5 316	2 480	8 084
辅助系统 Auxiliary system	4 555	650	10 104	15 309
				74 953

表2 稻秸 FT 合成油生产成本

Table 2 Production cost for rice straw synthetic oil

序号 No.	项目名称 Item name	消耗量 Consumption	单价 Unit price	成本 Cost(元/t FT 合成油)
1	原材料费			4 200
	其中:稻秸	13.04 t/t 合成油	300 元/t	3 912
	催化剂	0.8 kg/t 合成油	360 元/kg	288
2	用水费	12 t/t 合成油	2.5 元/t	30
3	耗电费	800 kW · h/t 合成油	0.5 元/kW · h	400
4	职工工资及福利	100 人		92
5	维修费			450
6	基本折旧费			950
7	其他制造费			150
	合计 Total			6 272

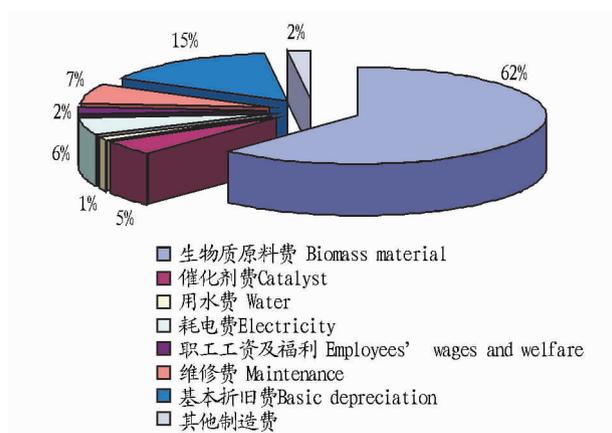


图1 稻秸 FT 合成油生产成本构成

Fig. 1 Structure of production cost for rice straw FT synthetic oil

我国对生物质燃料发展近来大力支持,已建立了相应的经济补贴和激励机制<sup>[13]</sup>,目前对生物质燃料的具体补贴额度与当地的政策及燃料价格等因素有关<sup>[14]</sup>,该研究选取安徽省某地对生物质燃料的扶持政策:对于生物质液体燃料的平均补贴额度大约是 140 元/t 生物质。考虑补贴费用 1 826 元/t 之后,稻秸制 FT 合成油的生产成本为 4 446 元/t。

### 3 煤基合成气 FT 合成成本估算

目前国内外生物质 FT 合成油的经济性,缺乏相关的数据资料参考<sup>[15]</sup>,但煤间接液化的经济技术指标,已有相关的

估算得出该套生物质 FT 合成油系统的投资费用约为 7.5 亿元,其中 30%,即 2.25 亿元为股本金,不还本不计息;其余 70% 即 5.25 亿元为人民币贷款。

**2.2 生产成本计算** 以稻秸为例,按照前文中介绍的生产成本计算方法,估算出稻秸 FT 合成油的生产成本,具体计算数据见表 2。

生物质制 FT 合成油的生产成本构成情况见图 1。从图 1 可以看出,生物质制 FT 合成油的生产成本中生物质原料费用占的比例最大,说明生物质 FT 合成油生产成本对生物质原料的价格变动更为敏感;其次是基本折旧费,折旧费与整个稻秸制 FT 合成油的生产设备投资费用相关,提高科技水平、改进生产技术,可降低单位 FT 合成油的生产成本;水费和其他制造费所占的比例很小。

数据<sup>[16-19]</sup>,根据文献[20]中煤基合成油项目的主要基础数据,如表 3 所示。规模为 18 万 t/a 的煤基 FT 合成油系统投资费用约为 25.1 亿元,按照前文的计算方法,估算煤间接液化制合成油的生产成本费用,如表 4 所示。

表3 煤基合成油项目主要基础数据

Table 3 Basic data of coal based synthetic oil

18 万 t FT 合成油/a		
序号 No.	项目名称 Item name	基础数据 Basic data
1	原料煤	4.76 t/t 合成油,600 元/t
2	催化剂	0.67 kg/t 合成油,380 元/kg
3	工业用水	13.45 t/t 合成油,2.5 元/t
4	电力	800 kW · h/t 合成油,0.5 元/kW · h
5	职工人数	120 人

计算时,按照煤价是 600 元/t,得到煤制 FT 合成油的生产成本约为 5 022 元/t 合成油。对比前文生物质基 FT 合成油的生产成本可知,不考虑生物质补贴时,生物质基 FT 合成油的生产成本高于煤基 FT 合成油;若考虑生物质补贴,生物质制 FT 合成油的生产成本显著降低,会低于煤基 FT 合成油的生产成本。随着国家对生物质制备液体燃料技术的不断重视和大力支持,会有更多的经济补贴和激励机制建立,生物质制备 FT 合成油,作为一个能源项目是可行的,所显示出的市场前景十分广阔<sup>[21-22]</sup>。

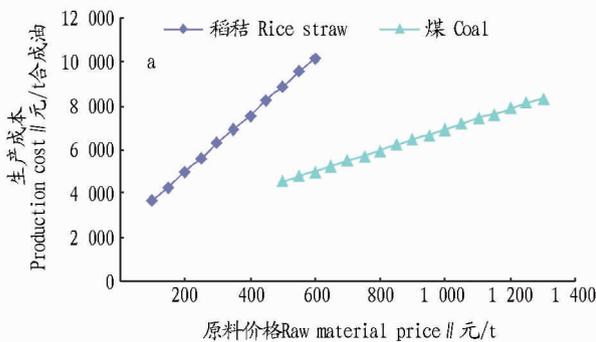
表 4 煤间接液化制合成油生产成本费用

Table 4 Production cost for synthetic oil by indirect coal liquefaction

序号 No.	项目名称 Item name	成本 Cost 元/t 合成油	占比 Percentage %
1	原材料费	3 111	61.95
	其中:煤费	2 856	56.87
	催化剂费	255	5.08
2	用水费	34	0.68
3	耗电费	400	7.96
4	职工工资及福利	37	0.74
5	维修费	418	8.32
6	基本折旧费	883	17.58
7	其他制造费	139	2.77
	生产成本合计 Total production cost	5 022	

#### 4 敏感性分析

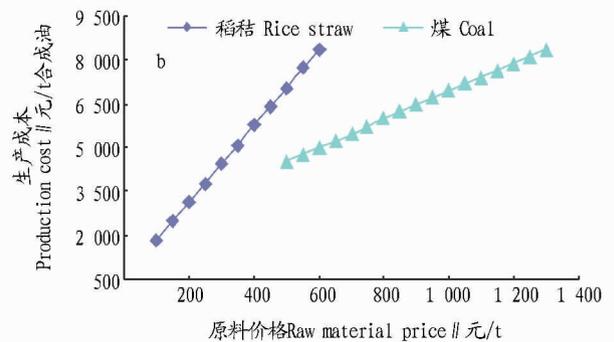
生物质基 FT 合成工艺流程中,生物质原材料成本费用



的份额最大,由于市场因素,稻秸的价格会发生变化,甚至会使原料成本产生很大的波动,从而导致生物质制取 FT 合成油的成本费用产生很大变化<sup>[23-24]</sup>,因而有必要进行相应的敏感性分析。FT 合成油生产成本随原材料价格变化趋势见图 2。

从图 2 可以看出,随着原料价格的变化,生产成本都是随着原材料价格的增加而增大,且变化范围很大。以稻秸为例,稻秸价格是 600 元/t 时的合成油成本,与稻秸价格是 200 元/t 时的合成油成本大概相差 5 216 元/t 合成油。

按照目前稻秸的市场价格 300 元/t 估算生产成本,由图 2a 可知,若不考虑生物质补贴,只有当煤价高于 900 元/t 时,生物质基 FT 合成油才有价格优势。由图 2b 可知,若考虑生物质补贴政策,煤价只要不低于 500 元/t,生物质基 FT 合成油均具价格优势。从现阶段的煤价来看,生物质基 FT 合成油的生产成本是很可能低于煤基 FT 合成油的,以生物质为原料制取 FT 合成油市场前景广阔。



注:a. 不考虑生物质补贴;b. 考虑生物质补贴。

Note:a. Not containing biomass subsidies;b. Containing biomass subsidies

图 2 FT 合成油生产成本随原材料价格变化

Fig. 2 Price variation of raw materials for production cost of FT synthetic oil

#### 5 结论

(1) 该研究估算了年产 5 万 t 生物质基 FT 合成油的投资费用约为 5.47 亿元;估算出稻秸 FT 合成油生产成本,补贴前约为 6 272 元/t,补贴后约为 4 446 元/t。

(2) 在生物质气化制取 FT 合成油的生产成本中生物质原料成本占的份额最大,说明生物质基 FT 合成油对生物质原料的价格变动更为敏感,其次是基本折旧费。

(3) 生物质制 FT 合成油的生产成本随着生物质价格的增大而增大,且生产成本的变化范围很大。按照目前稻秸市场价格 300 元/t,若不考虑生物质补贴,只有当煤价高于 900 元/t 时,生物质基 FT 合成油才有价格优势;若考虑生物质补贴政策,煤价只要不低于 500 元/t,生物质基 FT 合成油均具价格优势。

利用生物质通过 FT 合成的方法制高品位液体燃料仍是实验室研究的初步摸索阶段,还需要进一步放大,提高生物质基液体燃料产率、降低合成成本是生物质制备液体燃料研发过程中尚需解决的关键问题。综观近年来生物质基 FT 合成油的技术进展,其总体投资费用和生产成本等有望在不久的将来达到与现行传统炼厂相竞争的水平,FT 合成燃料的

发展前景看好。

#### 参考文献

- [1] 吴创之,周肇秋,阴秀丽,等. 我国生物质能源发展现状与思考[J]. 农业机械学报,2009,40(1):91-99.
- [2] 林文倩. 项目投资决策经济分析[M]. 广州:中山大学出版社,2002.
- [3] 冉毅,李谦,彭德全,等. 生物质成型燃料技术特点及经济效益分析[J]. 安徽农业科学,2015,43(27):322-325.
- [4] DEMIRBA A. Progress and recent trends in biofuels[J]. Progress in energy and combustion science,2007,33:1-18.
- [5] 楼狄明,朱忠,胡志远. 柴油替代燃料经济性分析[J]. 车用发动机,2005(6):5-9.
- [6] 江宏玲,肖军. 串行流化床生物质气化费托(FT)合成的模拟[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2015,38(10):1396-1403.
- [7] 刘颖春,刘立群. 技术经济学[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [8] 陆宁. 工程经济学[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [9] 中华人民共和国国家计委,国家经贸委,国家建设部. 热电联产项目可行性研究报告技术规定[Z]. 2001.
- [10] 栾超,由长福. 两段式生物质气流床气化制费托燃料的技术经济性分析[J]. 清华大学学报(自然科学版),2011,51(5):681-686.
- [11] 曹立仁. 中国自主知识产权煤间接液化技术合成油示范厂进展[R]. 北京:中科合成油技术有限公司,中国科学院山西煤炭化学研究所,2010.
- [12] 顾吉青. 生物质转化为高品位液体燃料生命周期综合评价[D]. 南京:东南大学,2010.
- [13] 丁一. 生物质液体燃料对我国石油安全的贡献[D]. 郑州:河南农业大学,2007.
- [14] 胡章翠. 林业生物质能源资源评价和开发利用[R]. 北京:全国生物质

- 能开发利用工作会议,2006.
- [15] HAMELINCK C N,FAAIJ A P C,UIL H D,et al. Production of FT transportation fuels from biomass;Technical options,process analysis and optimization,and development potential[J]. Energy,2004,29:1743-1771.
- [16] 张亮. 车用燃料煤基二甲醚的生命周期能源消耗、环境排放与经济性研究[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [17] 高晋生,张德祥. 煤液化技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [18] 白尔铮. 费托合成燃料的经济性及发展前景[J]. 化工进展,2004,23(4):370-374.
- [19] BECHTEL. Baseline design/economics for advanced fischer-tropsch technology [R]. Final Reports under contract No. DE-AC22-91PC0027 to the Federal Energy Technology Center,U S Department of Energy,Pitts-
- burg, Pennsylvania,1998.
- [20] 李大尚. 煤制油工艺技术分析与评价[J]. 煤化工,2003(1):17-23.
- [21] NICOLETTI G. The hydrogen option for energy:A review of technical,environmental and economic aspects[J]. Hydrogen energy,1995,20(10):759-765.
- [22] 赵勇强. 车用替代燃料发展状况与前景[J]. 中国能源,2009,31(4):33-36.
- [23] 吴锐,任玉珑,雍静,等. 4种天然气基汽车燃料的生命周期3E评价[J]. 系统工程理论与实践,2004(9):114-119.
- [24] HAMASAKA T. Economic efficiency of the "Hita city biomass recycle center"[J]. Journal of environmental science and engineering B,2015,4:426-433.

(上接第186页)

决定作用的因素是棉花品种的优劣。建国以来,我国棉花产业每一轮的发展与进步都与棉花育种的发展与进步息息相关。因此,要按照该省棉花科研单位在研究水平上的差异,进行分级研究,培育适应时代发展特色的新品种,要加大科技投入的力度,由一级的高校和科研院所所在棉花资源收集与创新、棉花基因工程、分子育种等基础研究领域中开展攻关研究。这是一项基础性的、系统性的和长期性的工程,不能急功近利,只有这样才能研究出原创成果。一级的高校和科研院所经过攻关研究创新出的育种新材料交由二级的大中型种子企业研发部门,由其根据企业的发展方向进行商业化育种研究,最终培育出适应时代发展特色的、综合性状优良的常规抗虫棉品种,高抗枯、黄萎病的品种,高品质棉品种、彩色棉品种、短季棉品种、机采棉品种等优良系列品种。特色品种的推广能够显著提高棉产品的附加值,从而带动整个棉花产业走向繁荣。

**2.2 加强省工、节本、环保型植棉新技术的研发和推广** 要加强省工、节本、环保型植棉新技术的研发和推广,降低棉花产业的生产成本,提高产量水平,增收节支,提高安徽省棉花产业产品的整体竞争力。棉花生产中劳动力成本占生产成本的较高,研发推广棉花省工简化栽培技术如:化学除草技术、全程机械化植棉技术等能有效节约用工成本,研发推广配方施肥、缓控释肥、精准施肥技术、智能滴灌技术以及抗虫棉技术不仅能节约生产成本和水资源,还能显著减少化肥、农药对农田和水环境的污染。

**2.3 由大型农业产业化龙头企业牵头,实行订单式农业** 大型农业产业化龙头企业可以联合纺织企业,根据纺织企业的需求,选定符合质量要求的品种,进行订单式生产和

销售,实现棉花品质的高度一致性,真正做到优质优价,促进整个棉花产业链健康、可持续地发展。

**2.4 加强棉花综合利用研究,延伸棉花产业链,提高棉花副产品的附加值** 棉花全身都是宝,除棉纤维外,棉秸秆、棉仁、棉籽壳都有很高的利用价值。加强该类棉花副产品的综合利用研究与开发,不但可以延伸棉花产业链,提高产品附加值,还能节约资源,减少环境污染,变废为宝,利国利民。

### 3 结语

棉花产业是我国的优势产业,同时也是不可或缺的产业。棉花产业的兴衰不但影响我国的经济的发展,而且影响种业安全,甚至影响人民的基本生活。当前,棉花产业处于低谷时期,究其原因不是棉花没有需求和市场,而是棉花产业供给侧出现了问题。只有从供给侧入手,提高棉花产品的质量,降低生产成本,提高整个棉花产业链的整体效益,才能从根本上带动棉花产业健康、持续的发展。因此,要大力加强科技投入的力度,培育适应时代发展特色的新品种,推广栽培新技术,提高植棉规模化、机械化和智能化水平,要充分认识到当前安徽省及我国棉花产业在新的社会经济形式下面临的问题,真正从供给侧进行结构性改革,要以纺织工业和服装工业的需求为导向,调整棉花科研、生产、收购、加工等各环节的工作思路<sup>[3]</sup>,从产业源头上下功夫,苦练内功,加强协作,提质增效,推动安徽省及我国的棉花产业健康发展和繁荣。

### 参考文献

- [1] 2016年安徽省棉花实播面积192.9万亩降20.2%[EB/OL]. [2016-06-15]. <http://www.ahcotton.cn/show.asp?id=1983>.
- [2] 何团结,林毅,程福如. 安徽省棉花品种遗传改良成效分析[J]. 中国棉花,2012,39(4):18-21.
- [3] 杨伟华,王延琴,周大云,等. 对棉花供给侧结构性改革的思考[C]//中国农学会棉花分会2016年年会汇编. 徐州:中国农学会棉花分会,2016:1-3.