

培育生物燃油产业 促进农业和能源可持续发展

曾 麟¹, 王革华²

(1.清华大学 公共管理学院, 北京 100084; 2.清华大学 核能与新能源技术研究院, 北京 100084)

摘 要: 从技术发展、市场需求、经济竞争性和资源潜力的角度, 评估了中国生物燃油产业的发展现状和发展潜力。认为, 近年来汽油、柴油销售价格持续上涨, 因此生物燃油越来越有竞争力, 但其盈利能力仍有赖于政策扶持; 燃料乙醇和生物柴油的规模将随着能源农业和能源林业的发展而不断扩大, 与此同时成本不断降低; 中国生物燃油工业会有较高的发展速度, 预计2020年将达到约2500万t/年的产量; 中国生物燃油工业的发展会带来显著的环境、经济和社会效益。

关键词: 生物柴油; 燃料乙醇; 可持续发展; 石油安全

中图分类号: F426.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2007)06-0079-04

1 背景

作为世界第二的温室气体排放大国, 中国已经签署了

联合国气候变化框架公约和京都议定书, 减排温室气体将成为中国未来可持续发展的一大挑战。在中国, 由能源利用引起的温室气体排放量占到了总排放量的80%以上。因

目前, 在我国很多地方的企业集群中, 企业仅仅是空间的集聚, 缺乏关联、配套与协同效应, 没有形成真正的企业集群, 不能产生宏观涌现现象。因此, 地方政府的适度介入对企业集群的形成和发展是必要和有效的。政府要正确地引导和调控, 大力促进企业间的相互作用, 加强企业间的关联与协同效应, 着力创造一个开放的、公平竞争的集群环境, 促进集群整体涌现的产生。当然, 政府不能包办一切和过度干预。企业集群在萌芽时, 政府可以提供协助, 但不应该试图创造一个全新的企业集群。企业集群是一个复杂的有机系统, 试图通过政策来创造一个复杂系统是不现实的。因此, 政府最好是间接参与到企业集群的培育过程中, 让企业成为集群的主导者, 因为系统中个体的主动性和适应性才是系统进化的基本动因。

3.3 企业集群发展的最佳位置是处于混沌的边缘——复杂状态

CAS理论告诉我们, “复杂适应性系统的特点就是永恒的新奇性”。这里, 系统的新奇和活力存在于复杂阶段, 即混沌的边缘^[1]。秩序状态太稳定、缺乏活力, 不利于主体之间的相互作用, 不利于企业之间的相互学习, 不利于知识的溢出和集群创新; 而混沌状态又太混乱、太无序, 集群

内部的过度竞争(恶性竞争)破坏了企业作为自适应主体的生存环境, 将导致企业间的信任缺失, 影响集群企业间的协同进化和合作。因此, 企业集群发展的最佳位置, 是处在秩序与混沌之间的复杂阶段。在这样的阶段, 系统既具有秩序与混沌两方面的优越性, 又少了两者的缺点; 既有足够的稳定性, 又不至于太僵化; 既有足够的灵活性, 又不至于太混乱。故而在这个阶段, 企业与企业集群系统的活力就能够充分地显示出来, 达到创造“新奇”的目的。

参考文献:

- [1] M E Porter. Clusters and the New Economics of Competition [J]. Harvard Business Review, 1988,(12):77-99.
- [2] 约翰·H·霍兰. 隐秩序——适应性造就复杂性[M]. 周晓牧, 韩晖译. 上海: 上海科技教育出版社, 2000.
- [3] 梁嘉骅. 企业生态与企业发展[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [4] 杨晶照, 杨海军. 企业集群与生物群落的比较分析[J]. 统计与决策, 2005, (6): 140-142.
- [5] 米歇尔·沃尔德罗普. 复杂[M]. 陈玲译. 上海: 三联出版社, 1997.

(责任编辑: 来 扬)

收稿日期: 2006-06-12

基金项目: 由德国技术公司(GTZ)资助的国际合作项目

作者简介: 曾麟(1982-), 男, 四川内江人, 清华大学公共管理学院博士生; 王革华(1961-), 男, 北京人, 清华大学核能与新能源技术研究院教授。

此,生物燃油相比化石燃油显著的温室气体减排效益使其成为了保证可持续发展的重要手段之一。

生物燃油产业以及其上游的能源农业、能源林业的发展还和政府的下述重要目标相关:保护环境,减少洪水,降低大气和水污染,与此同时提高能源和粮食安全;保证持续、快速的经济增长;为从传统农业和国有企业中脱离出来的人员提供就业机会。

为了满足经济增长的需要,中国已经成为世界第二大原油进口国,因此也出现了石油安全的问题。政府需要采取措施来降低石油进口依存度和因高额油价而付出的代价。此外,也有 CO₂ 和硫氧化物大量排放带来的环境问题。现在的情况是,公共部门和私营机构都在期望替代燃料能带来好处。

就世界范围而言,对生物燃油的重视正在日益增加。从国际可再生能源会议(2004 年召开于德国波恩,2005 年召开于北京)上透露出来的信息表明,替代燃料日益受到关注。美国和欧洲的生物燃油生产正迅速增加:美国发展燃料乙醇始于 1979 年,2002 年年生产能力达到了 800 万 t/年,近年来更是在农业部和能源部设立了大量的与生物燃油产业和能源农业相关的项目^[1];欧盟的燃料乙醇刚刚起步,但在生物柴油方面已有很大发展,2003 年年产量超过 200 万 t。与此同时,越来越多的工业化国家和发展中国家正在寻求激励生物燃油发展的最优策略。一些国家(如巴西和马来西亚)期望能开拓向欧洲、日本和美国的出口市场,另一些国家考虑的则是生态危机和石油进口依存问题(如印度和南非)或者是本国经济问题(如坦桑尼亚)。然而,有关生物燃油成本、潜力、机遇和风险的信息还相当匮乏,相关的市场信息也很缺乏。

基于上述原因,本文对生物燃油产业在中国的发展现状和发展潜力进行评估,并分析其对中国农业和能源可持续发展的意义。由于生物质制油(BTL)对中国来说还是一个相当新兴的领域,因此下文重点讨论生物柴油和燃料乙醇。

2 中国生物柴油的现状和2020年发展预测

2.1 目前的生产技术和产量水平

生物柴油是清洁的可再生能源,是优质的柴油添加剂和代用品,其原料来源主要是垃圾油、低质油和木本油料作物。目前在中国得到发展的技术有:化学催化法,生物酶催化法,超临界流体技术,全细胞催化剂代替脂肪酶法,但只有化学催化法在工业中得以应用。

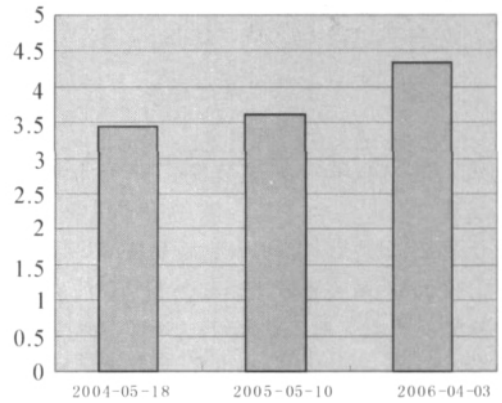
中国的生物柴油工业才刚刚起步。根据对现有的和计划投产的生物柴油企业和项目的统计:2004 年全国仅有约 3.8 万 t 的年产量;在未来的两三年内,中国生物柴油产业将有重大的进展。

2.2 竞争力

近年来柴油销售价格持续上涨,因此生物柴油越来越有竞争力,但总体看来,仍需政策扶持。

由地沟油制取生物柴油,成本约为 3.2 元/l,相比柴油有相当的竞争力,但由于产量很低,目前只限于本地使用或者直销,还未进入常规燃油的分销系统;从前景来看,由于地沟油总量有限,未来更大规模的生物柴油产业还是依赖木本油料作物的发展来提供原料来源。由木本油料作物制取生物柴油,成本在 4.0 元/l 以上(不含税),尚需要政策扶持。

图 1 北京地区 0# 柴油销售价格(单位:元/l)



2.3 2020 年发展预测及效益分析

2.3.1 2020 年生物柴油的需求量

预计 2020 年中国汽车保有量将为 1.3-1.5 亿辆,届时仅汽车用油每年将消耗 2.56 亿 t,其中汽油约 8 500 万 t,柴油约 1.71 亿 t。如果按照 10%的比例将生物柴油添加到化石柴油,则需求量为 1 710 万 t/年。

2.3.2 2020 年生物柴油产量的预测

2020 年生物柴油可获得量的主要限制因素为土地资源,因为从废油和地沟油制取生物柴油的量是很有限的,而更大规模的生物柴油产业发展需要大量种植木本油料作物以获取原料。

目前主要的木本油料作物为麻疯树和黄连木。国家发改委能源研究所预测麻疯树种植面积至少可以达到 200 万 hm²;中国黄连木现有资源量约为 7 万 hm²^[2],估计到 2020 年至少可以达到 30 万 hm²。

在食用植物油生产过程中会产生低质油,每年约为 250 万 t;中国大中型城市的餐饮业每年约产生地沟油 500 万 t。考虑到回收率和技术转化率,从这两部分中约可制取 390 万 t 生物柴油。

2.3.3 效益分析

(1) 产能建设的经济性。建设一个年产呈 1 065 万 t 的生物柴油产业及其上游的能源林业所需的投资(主要是加工环节的产能建设投资,约为 5 500 元/t;荒地改造和树种等费用相对较低)大约为 600 亿元。年产值和投资的比值约为 1.1,高于传统能源产业的年产值和投资的比值(以火电为例,约为 0.4 1)。

(2) 环境效益。使用生物柴油可以保护和改善中国的大气环境,特别是城市的大气环境,与化石柴油相比:生物柴油燃烧后少排放或不排放硫氧化物和含有芳香烃(苯、甲苯、二甲苯)或者氯代烃的有毒烟气;可以显著地减少

表1 2020年主要油料树种生物柴油产量的保守估计

作物类型	种植土地面积 / 百万 hm ²	平均产量 / t/hm ² ·年	生物柴油所需原料量/t	生物柴油产量 / 百万 t
麻疯树	2	麻风果 9.75	3.33	5.85
黄连木	0.3	黄连木籽 7.5	2.5	0.9
合计	2.3			6.75

表2 2020年生物柴油生产潜力的估计

	木本油料作物制取生物柴油 / 百万 t	地沟油和低质油制取生物柴油 / 百万 t
潜力	6.75	3.9
合计	10.65	

CO 和 CO₂ 的排放。

上游的能源林业可以覆盖 230 万 hm² 的土地,从而有效地绿化荒山荒地、减轻水土流失。

(3) 经济和社会效益。由于生产的本土性和资源的可再生性,生产和使用生物柴油将有利于降低对外的石油依赖度、推动农业经济和增加就业。近年内,中国政府在生物柴油产业上对以上因素的重视,将超过对其环保效益的重视。一个年产量为 1 065 万 t 的生物柴油产业,其年产值约为 500 亿元,按每 20 万元产值吸纳 1 个劳动力计算,创造就业机会约 25 万个。按每公顷需要 1 个劳动力来计算,上游的能源林业可以吸纳约 230 万个劳动力。

3 中国燃料乙醇的发展现状和2020年预期展望

3.1 目前的生产技术和产量水平

生物乙醇通常通过糖发酵制取,引入淀粉糖化工艺则可以将原料范围扩展到玉米、小麦、大麦、高粱、木薯等富含淀粉的作物。另一条制生物乙醇的途径涉及到纤维素和半纤维素的酶化,但是经过 20 多年的研究,仍未实现该技术的经济性。

从 1990 到 1999 年,中国的粮食产量增长迅速,政府花费大量的金钱在购买和储存过剩粮食上。这种状况是政府自 2000 年始进入燃料乙醇项目的主要原因,但近年来由于国内燃油价格迅速上涨,替代燃料市场的发展逐渐成为燃料乙醇产业发展的主要推动力。

国家燃料乙醇的产量 2005 年底达到 102 万 t/年。此外,年生产能力达 5 万~20 万 t 规模的新燃料乙醇厂很快将计划投产。

黑龙江、吉林、辽宁、河南和安徽为首批 5 个试用 E10 汽油(在汽油中添加 10% 的燃料乙醇)的省份。在 1 年的试用中,燃料乙醇在寒冷地区和温带都表现出了较好的性能。此外,车用乙醇汽油还将进一步向全国其它省份推广,由此将带来对燃料乙醇需求的不断增加。

3.2 竞争力

2005 年燃料乙醇的市场价格约为 3 600 元/t (补贴后),比汽油要低,汽油价格约在 4 800~5 100 元/t 之间。政府对燃料乙醇的生产提供补贴,但是补贴标准已经从 1 830 元/t 降到 1 370 元/t,并将继续下降。

目前,燃料乙醇的总生产成本大约在 3 400~5 060 元/t,其中原材料购买约占 70%(包括从农场到工厂的运输费用)。现有的原材料主要是玉米,生产每吨燃料乙醇需要的成本接近 5 000 元/t。

如何降低燃料乙醇生产的成本,使得它能与化石燃油竞争,仍然是研究的核心。一些工厂通过更换原料来降低成本,例如河南天冠集团用木薯代替玉米生产乙醇,成本降低 800 元/t 左右。该集团还在老挝买了 20whm² 地来种木薯。

甜高粱茎秆制燃料乙醇的试验已获得成功,成本约比玉米降低 1 000 元/t;由于甜高粱籽粒仍然作为粮用,因此在原有高粱种植面积上推广甜高粱并不影响粮食供应^[3]。

甘蔗制取燃料乙醇的试验也得到初步的成功^[4]。我们对国内用甘蔗生产燃料乙醇的技术成熟度、市场竞争力和环境影响进行了分析,结论如下:中国用甘蔗生产燃料乙醇在工艺和设备上不存在根本性、长期性的障碍;根据目前的燃料乙醇和食糖价格,甘蔗燃料乙醇的生产具有比较优势;在甘蔗燃料乙醇生产中对环境的负面影响可以在现有的环保技术条件下得到克服,并且还将促进温室气体减排。因此,随着国家“车用乙醇汽油”计划的进一步推广,广东、广西、云南、福建等甘蔗优势省份将迎来甘蔗燃料乙醇产业的大规模发展。

表3 主要原料制取燃料乙醇(含乙醇 95%)的成本比较

	消耗量/t	原料购买成本 / 元/t	加工成本 / 元/t	燃料乙醇成本 / 元/t
玉米	3.3	1 200	1 000	4 960
干木薯	3.0	1 000	1 150	4 150
甜高粱茎秆	16	150	1 500	3 900
甘蔗	14	200	600	3 400

3.3 2020 年发展预测及效益分析

3.3.1 2020 年燃料乙醇的需求量

2020 年,中国汽油需求量估计为 8 500 万 t/年。如果在汽油中加入 10% 的燃料乙醇,燃料乙醇需求量将达到 850 万 t。

3.3.2 2020 年燃料乙醇产量的预测

(1) 来自粮食作物的部分。目前,现有燃料乙醇工厂的生产能力为 100 万 t/年,都是以粮食(包括陈化粮)为原料。考虑到粮食供应安全和土地资源的有限性,2020 年由粮食作物生产的燃料乙醇估计不会超过 200 万 t/年,用于生产燃料乙醇的粮食作物不会超过 600 万 t/年,因此不会对国内粮食市场产生显著影响。

(2) 来自能源作物的部分。燃料乙醇的可获得量主要取决于能用来从事能源农业的土地资源。

表4 2020年主要能源农作物燃料乙醇产量估计

种类	一些主要产区的土地可获得性	平均产量/ t/hm ²	生产燃料乙醇需要的原料量/t	燃料乙醇产量/百万t
甜高粱	在吉林、辽宁、黑龙江、内蒙古、新疆有67万hm ² 以上的开发潜力;现有高粱种植面积的一半用于推广甜高粱,共有36.1万hm ²	茎秆60(籽粒食用)	13.5	3.866
木薯	在广西至少有32万hm ² ;在广东至少有14.67万hm ²	木薯15	7.5	0.773
能源甘蔗	在广西、广东和云南约有9.86万hm ²	210	14	1.38
总计	159.63万hm ²			6.019

(3) 总产量(见表5)。

表5 2020年燃料乙醇产量估计

原料种类	燃料乙醇产量 / 百万 t/年	
	2004年	2020年
粮食作物	0.82	2
能源作物	0	6.019
总计	0.82	8.019

3.3.3 效益分析

(1) 产能建设的经济性。建设一个年产能达802万t的燃料乙醇产业及其上游的能源农业所需的投资(主要是加工环节的产能建设投资,约为4500元/t;荒地改造等费用相对较低)大约为360亿元。年产值和投资的比值约为1.1,高于传统能源产业的年产值和投资的比值。

(2) 环境效益。燃料乙醇不含或含有少量硫、芳烃和石蜡,在汽油中加入燃料乙醇会降低燃烧后有害气体的排放;根据生命周期评价,使用燃料乙醇排放的CO₂比使用化石燃油要低得多。

能源农业作物主要都是一些需水量小、耐旱涝、土地适应性好的作物,因此能源农业的发展可以避免对优质耕

地资源的负面影响。

(3) 经济和社会效益。据计算,生产能力为802万t/年的生物乙醇加工工业产值约为360亿元/年,约创造18万个就业岗位。按每公顷需要1个劳动力来计算,其相关的能源农业能吸纳160万名劳动力。

4 总 结

处于起步阶段的中国生物燃油工业发展有赖于政府政策的支持,包括财政和金融支持;中国政府已经对生物燃油工业作出了积极的响应,相关的具体扶持措施也在调整和制定中。另一方面,由于近来汽油、柴油销售价格持续上涨,因此生物燃油越来越有竞争力;随着能源农业和能源林业的发展,燃料乙醇和生物柴油的成本将不断降低,可以预计,生物燃油工业在中国将继续以较高的速度得到发展。

在上述趋势下,预计生物燃油产业到2020年将达到2500万t/年的产量水平,年产值达到860亿元,创造就业岗位43万个;其上游的能源农业和能源林业将吸纳约390万个劳动力。此外还将利于保护大气环境、绿化荒山荒地,取得显著的环境效益。

更进一步,生物燃油产业如果能达到1亿t/年的水平,则可绿化约3000万hm²的荒山荒地,吸纳1000万个以上的劳动力,减排约3亿tCO₂,从而更大地促进能源和农业的可持续发展^[9]。

参考文献:

- [1] Bill A. Stout. Biomass Energy for the 21st Century: Current R&D Programs in the United States[A].管小冬.国际农业生物环境与能源工程论坛论文集[C].北京:中国农业科学技术出版社,2003: 76-86.
- [2] 王涛. 中国主要生物质燃料油木本能源植物资源概况与展望[J].科技导报, 2005, 23(5): 12-14.
- [3] 黎大爵.调整产业结构,发展甜高粱酒精燃料产业.农业工程学报[J].2003, 19(增刊): 168-171.
- [4] 李奇伟,戚荣,张远平.能源甘蔗生产燃料乙醇的发展前景[J].甘蔗糖业,2004,(5):29-33.
- [5] 曾麟,顾树华.发展能源农业和能源林业,立足国内保障石油安全[J].中国软科学,2005,(9):79-83.

(责任编辑:胡俊健)