

# 生物质能产业协同生态环境可持续发展模式的探讨



XIAN P

洗 萍<sup>1</sup>, 理 河<sup>2</sup>, 钟 莉 莹<sup>1</sup>

(1. 广西大学化学化工学院, 广 西 南 宁 530004;  
2. 广西壮族自治区发改委 高技术处, 广 西 南 宁 530001)

**摘 要:** 分析中国能源面临的挑战和主要新能源的局限性, 认定生物质能的主流替代性。立足技术经济可行性, 提出发展“以草制油”为主的生物质能产业及模式, 利用农林废料与开创新能源农业并举, 实现经济、社会、生态和环境多赢。

**关键词:** 生物质能; 生态; 环境; 可持续发展

中图分类号: TQ351      文献标识码: A      文章编号: 0253-2417(2005)S0-0156-05

## STUDY ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT PATTERN OF BIOMASS-ENERGY INDUSTRY IN COORDINATION WITH ECO-ENVIRONMENT

XIAN Ping<sup>1</sup>, LI He<sup>2</sup>, ZHONG Li-ying<sup>1</sup>

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China;  
2. Hi-tech industry development department of development and reform commission, Nanning 530001, China)

**Abstract:** The challenge of the energy supply in China and limitation of new energy resource were analyzed in this paper, and biomass energy as the main substitute was considered. From technical and economical points of view, a pattern of developing bioenergy industry was suggested by taking “oil from plants” as the principal way of development. By utilizing agricultural and forest wastes in parallel with developing energy-resource agriculture, a multiple success on economy, society, ecology and environment would be realized.

**Key words:** biomass energy; ecology; environment; sustainable development

在全面建设小康社会的过程中, 中国能源正面临着—系列挑战。—是资源的可持续供应面临较大压力。2003 年中国人均石油可采储量只有 2.48 吨; 人均天然气可采储量 1 408 m<sup>3</sup>, 人均煤炭可采储量 89 吨, 分别为世界平均值的 10 %、5 % 和 57 %。按目前的可采储量, 石油大约还可用 21 年, 天然气还可以用 40 余年; 煤炭资源尽管比较丰富, 但探明程度很低, 目前可采储量为 1 886 亿吨, 尚未利用的精查储量为 618 亿吨, 其中 90 % 分布在自然条件恶劣、生态环境脆弱, 而且远离消费中心的中、西部地区, 开发、运输和利用的难度大<sup>[1]</sup>。二是经济社会发展对能源的依赖度与日俱增。我国单位产品能耗较高, 目前 8 个高能耗行业的单位产品能耗平均比世界先进水平高 47 %, 而这 8 个行业的能源消费占工业部门能源消费总量的 73 %<sup>[1]</sup>。三是可持续发展承受高昂的环境成本和经济成本。中国大气中 90 % 的烟尘和 CO<sub>2</sub>, 67 % 的氮氧化物来自燃煤, 其余源自石油基燃料; 大气污染造成的经济损失占 GDP 的 3 % ~ 7 %。<sup>[1]</sup>国土资源环境也受到严重影响。每开采 1 吨煤炭破坏地下水资源 1.6 吨。还造成地陷, 我国累计已采空塌陷国土 70 万 hm<sup>2</sup> 以上, 损失超过 500 亿元, 而且正以每年塌陷、破坏土地 5 000 hm<sup>2</sup>

收稿日期: 2005-06-16

作者简介: 洗 萍(1960-), 女, 广西北海人, 副教授, 硕士, 从事高浓度有机工业废水治理与农业废弃物综合利用的研究。

以上的速度递增,其中40%为耕地。四是国家能源安全尤其是石油安全问题越来越严重。随着人均收入水平的提高,中国必须面对消费量显著增加和需要大量进口石油满足国内需求的两个情况。自1993年中国成为石油净进口国以来,石油进口从1995年的7.6%增加到2003年的34.5%,2004年增加到41%。预计到2010年可能突破50%,2020年可能接近60%<sup>[1]</sup>。

## 1 生物质能在能源替代中的地位和作用

我国油气资源有限,能源消费构成中煤炭比例高,占67%<sup>[2]</sup>,但矿物能源终将有限,所以在能用可再生能源的情况,应当优先使用可再生能源。然而,太阳能、风能、水能等可再生能源只能提供非物质性能源——电力,不能生产物质性能源。目前这些可再生能源仍存在这样或那样的问题,总体上还不具备市场化运作的条件。例如,我国水电资源高度集中在西南地区,西电东输存在输电容量和电网安全的制约;太阳能发电和风电则存在经济性和间歇性问题。生物质能则是惟一能够提供物质性和非物质性两类能源的可再生能源,生物质不但野生自繁,还可以大规模种植生产,其可控制性为其他可再生能源无法比拟。生物质能理应在能源替代中大显身手。因此,开发利用生物质能已经成为全球的共识。诚然,发展生物质能,还有待技术上出现重大突破,越过经济性难关。

## 2 依靠高技术发展生物质能

### 2.1 各主要生物质能的现状

**2.1.1 气体燃料** 农村沼气工程和生物质集中供气利用比较效益低,经济性差,且主要技术由政府扶持。大中型畜禽养殖场沼电技术市场化能力目前还很弱。例如城市垃圾场沼气利用发电,基本上都采用进口技术和设备。生物质直燃发电和小型气化发电技术已经接近商品化程度,但仅适合于就地取材发电自用。

**2.1.2 液体燃料** 1)燃料乙醇:淀粉质生物质基燃料乙醇技术成熟,但生产成本比同级汽油高,缺乏市场竞争力,主要依赖行政手段和财政补贴政策,由于技术方面的原因,国内外通行用E10,替代率有限。用木质纤维素质生物质生产燃料乙醇是必然趋势。目前的水解法、酶法技术可行,但经济不过关,而且生物质的利用率有限;2)生物柴油:没有什么技术难度,主要难点是能否获得量大而价廉的原料油。目前,定向能源用油料植物的单位面积油脂产出量太低,最多每公顷还不到3000 kg。再就是中国迄今还没有生物柴油标准;3)生物质热解油:好的产油率能够达到70%左右,组分复杂,主要用作锅炉燃油。可经后续处理提取高附加值产品,但将相应增加成本。热解过程的基础研究和产业化难度大;4)生物质合成油:德国科伦高科技公司(CHOREN)的生物质制合成柴油生产设备,每10吨农林干废料可制得2~3吨柴油,生产成本约为每升75欧分。合成油技术由前段的制备合成气技术和后段的合成技术组成,最关键是要能低成本地制取合成气。广西正在研发前段技术——生物质制合成气,已取得阶段性成果;合成工艺可采用现成的合成化工工艺。

**2.1.3 固体燃料** 主要有致密成型燃料和机制炭。近年来煤炭价格不断攀升,为致密成型燃料提供较好的发展空间,不但成为一种新型的农村能源,也可以作为城镇民用代煤燃料,具有一定经济性。然而迄今为止,生物质能发展缓慢,尚未能形成强势产业,表现不出其应有的主流替代性。究其原因,一是还没有找到经济可行的转化技术,这一点很关键;二是生物质作为能源生产的基础原料具有先天成本低的优势,但其能量密度低,分布零散而又多样性,开发利用需经过汇集,相应增加了成本,需要有科学合理的成本运作模式。

### 2.2 主导能源形式的选择及产业核心技术的确定

经过分析研究生物质能各项技术的现状,从可行性、经济性和产业可发展条件出发,洗萍等<sup>[3]</sup>选择了以生物质制合成气作为生物质能产业的重大关键技术进行重点攻关,同时配套开展高产能源植物品种遴选研究。经分析燃料乙醇在技术、经济和替代规模有限性等方面存在的不足,同时考虑国家对燃料乙醇生产项目需由中央政府投资主管部门核准的政策规定,我们选择以生物质基合成油和人造天然气

作为主导目标产品。

**2.2.1 技术研发概况** 2004年完成前期基础性研究,用甘蔗渣制得摩尔比值为2.0的合成气。2005年年初又试验成功了隔绝空气及常规条件下生物质高效转化合成气的反应条件,取得生物质高分子裂解效果,验证了生物质制备合成气应用技术的可行性。目前正在试制工业应用合成气生产装置。后段合成油技术原理与合成化工基本相同,所需催化剂可从市场购买。其设想的产业技术模式是“一根扁担两个筐”,即用合成气这根“扁担”挑起各种原料和各种产品这两个“箩筐”。进来的是各种木质纤维素类原料,一律制备合成气,再经合成工艺生产出各种产品。

**2.2.2 技术经济性预计** 按糖厂甘蔗渣(湿度50%)115元/吨的价格和处理蔗渣量为10万吨/年的能力,按碳量法推算,合成气生产成本约0.20元/Nm<sup>3</sup>,合成油(成品油)生产成本有望能控制在2200元/吨以下。如果进一步转换为纯甲烷(高品质人造天然气),粗估生产成本约0.70元/Nm<sup>3</sup>。

**2.2.3 能源产品结构** 生物质基合成气下延产品广泛:1)液体燃料,包括柴油、汽油、煤油、燃料乙醇、甲醇、二甲醚等;2)气体燃料,包括天然气、乙炔等,进一步可以进行高热值燃气发电;3)各种合成化工原料。其中,以生物质基燃油为主导产品,将能无缝续接成熟的汽车工业技术体系和生产体系、汽车市场、燃油储运系统和销售系统,对石油基燃油具有简单的完全替代性,又能避免巨额的技术变更和设施建设投资。

**2.2.4 可以带动形成的生物质能技术体系** 经济可行则市场可行,市场可行则产业发展。以生物质制合成气为核心的生物质能产业,包括上游的能源农业,中游的机械制造业和下游的合成油化工,相应的技术体系则包括能源木草业技术、成套设备设计与制造技术、生物质基合成油技术、人造天然气生产及供气技术、生物质高效发电技术乃至碳联合化工产业技术等。另外还带动相关研究的发展。

### 3 发展生物质能产业——经济、社会、生态和环境多赢

提出发展以生物质基合成油和人造天然气为主导的生物质能产业,从宏观尺度看,主要是有利于国家能源安全,有利于生态环境,有利于发展农村经济。

在维护国家能源安全方面,大规模地发展能源农业和生物质基合成油化工将构建成新型的地面“油田”,当生物质基燃油总量达到一定水平并保持持续增长,就能在国际石油市场上拥有主动权和参与定价权,不但可以调控进口石油依存度,还可以使国内的地下化石能源转变为战略性储备资源。

在维持生态工程和维护大气环境方面,首先,按照《生态工程条例》“宜林则林,宜草则草”原则,利用荒山野岭大力发展能源草业和能源林业,能以良好的经济效益促进生态工程的可持续发展,其次,从宏观角度看环境效益,消费生物质能所排放的CO<sub>2</sub>与相应生物质生长过程所吸收CO<sub>2</sub>的等量,即收支平衡。比照欧盟对生物柴油生命周期分析的结论,洗萍等<sup>[3]</sup>在生物质转化为合成油过程中利用小部分生物质提供工作能源,因此基本上不存在使CO<sub>2</sub>总量增加的问题;从微观角度看,生物质基燃油的含硫量极低,属于清洁燃料。2005年2月16日《京都协议书》正式生效,虽然目前中国不需要承担减少温室气体排放的义务,但8年后要进行调整,届时中国会面临来自发达国家要求减少温室气体排放的压力。可见,大力发展生物质能产业,不但有利于国家经济的可持续发展,同时还将促进生态工程建设,并有助于中国履行国际环境责任和义务。

在促进农村经济方面,发展能源林草业,将使一部分农业生产资源转移能源生产,相应地调整农业产业结构。“草变油”会使开采地下石油和煤炭以及进口石油的钱转向让农民种植生产“能源”,可以使部分农民转变为准产业工人,这既是能源问题的一个解决方案,又是解决“三农”问题的一个新路子,更是能源生产与农村经济发展紧密关联的重大创新。生物质能产业化生产需要有大量原料的支撑,理论上越多越好,不存在农产品市场容量的上限,自然为农民提供一个全新的、稳定的收入源和规避生产风险。

生物质能的技术方案和产业化设计是把农林有机废料榨干吃尽,主产燃油和燃气,副产灰分可还田作肥料。此前,生物质中有利用价值的内容可以被提取出来。这便是循环经济的实践。

## 4 广西发展生物质能的潜力

### 4.1 自然资源条件

结合广西生态环境建设发展能源农业方面,大规模生产定向能源用草木。全区荒草地、裸土地和其他未利用地等共有 235.7 万  $\text{hm}^2$  (3 535.8 万亩);另据同期林业部门的统计数据,全区有宜林宜牧荒山荒地后备土地资源 922 万  $\text{hm}^2$  (13 830 万亩),其中,石山地区尚有宜林荒山荒地 138 万多  $\text{hm}^2$  (2 070 万亩)。广西具有亚热带生物气候环境,各地平均气温  $17.1 \sim 24.2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;光照充足,日照时数  $1\ 172 \sim 2\ 543 \text{ h}$ ;雨量充沛,各地平均降水量  $858 \sim 2\ 970 \text{ mm}$ ;植物生长量大,草木生长成熟期比北方平均要缩短一半时间,气候生产潜力高<sup>[4-5]</sup>。

### 4.2 发展生物质能产业的基础资源条件

农林废料方面,据 2001 年主要作物种植面积估算,全区共有 3 762 万吨农业干废料。按 1/4 可收集利用,每年就有干料 946 万吨<sup>[6]</sup>;加工业有机质废渣,包括甘蔗渣、中药废渣和大米加工业产生的谷壳等。目前广西甘蔗渣年总量在 1 000 万吨左右,折合干料约 500 万吨;发展能源林草业,根据广西的土地资源情况,结合生态工程建设种植能源林草,面积至少可以在 66.7 万  $\text{hm}^2$  (1 000 万亩)以上,按平均单位面积产出鲜草 60 吨/ $\text{hm}^2$  (最低估计每亩 4 吨)推算,年可产出能源用林草 4 000 万吨以上,折合干草 1 000 万吨以上<sup>[6]</sup>。上述 3 项合计,广西每年可获得能源用生物质干料超过 2 500 万吨。

### 4.3 产能及产值预期

按平均每 3 吨干生物质可获得 1 吨合成油计算,广西生物质基合成油的产能潜力大于 833 万吨/年,总产值规模 256 亿元以上。值得一提的是,每年可让农民增收 42 亿元,其中,交售农林废料每年可增收近 13 亿元,从事能源林草种植增收 29 亿元。

## 5 广西生物质能源发展模式

### 5.1 利用现有糖厂资源的发展模式

经过 50 多年的发展和调整,广西的糖厂布局已基本合理,厂房设施和生产管理体系现成,水、电、路等条件已经具备,更重要的是甘蔗渣资源已经集约化,不用很大投资即可新增“草制油”生产能力,提高糖厂的工作负载,将甘蔗渣变废为宝,让企业获得增值效益的同时也增强蔗糖生产企业的竞争力。此为利用现有基础启动发展的短平快模式。

### 5.2 发展能源农业的模式

在上述模式的基础上,利用糖厂与蔗农的密切关系,组织带动周边地区蔗农开展能源用草种植,包括收集交售无用的甘蔗叶、秸秆和杂草等生物质。这样能够较快地启动能源林草种植业和扩大“草制油”生产原料源。也可以由拥有土地资源的农、林场发展规模化能源林草种植,实施专业化草制油建设。这是生物质能产业成长期模式,其间不断完善生物质能技术体系,形成生物质能成套设备设计与制造能力,能源农业较快发展成型。

### 5.3 生物质基多元化工联合企业发展模式

以糖厂或专业化企业为中心发展生物质基联合化工产业,不但生产生物质基合成燃油,还能生产合成醇、醚类产品、人造天然气产品(含发电)、合成化工原料和其它生物质基产品等。这正是美国梦寐以求的憧憬——进去的是一捆草,出来的是各种产品,包括各种燃油、化工原料和生物质基产品<sup>[7]</sup>。此为高技术全面发展模式,包括研发和推广高抗高产能源林草品种,能源农业生产实现机械化或半机械化,生物质能产品多元化并拓宽领域,实现区域主要能源自给并有输出以及生物质能技术和成套设备的输出。

## 6 发展的动力

过分强调和依赖政府财政补贴,采取推广环境技术的办法,缺乏市场动力,不具有可持续性,很难步

入产业化发展的轨道。将于2006年1月1日起实施的《中华人民共和国可再生能源法》为发展可再生能源提供了有利的法律保障,但还要清醒地认识到,在市场经济环境中,发展可再生能源的根本动力是经济效益。只有通过经济利益合理分配,才能有效地配置和调度市场资源,才能使产业的各个环节有机连接起来。因此,应当实施重点突破,依靠高技术引领生物质能协同生态与环境可持续发展。

#### 参考文献:

- [1]冯飞,周凤起,王庆一.国家能源战略的基本构想[J].经济研究参考,2004(83):3-28.
- [2]张正敏,王革华,高虎.可再生能源发展战略与政策研究[J].经济研究参考,2004,(84):26-33.
- [3]洗萍,陆豫,王孝英,等.水蒸气氛围下甘蔗渣热解气化条件的研究[J].可再生能源,2005,3(121):28-32.
- [4]ISBN 7-219-04155-1/G.965.广西土地资源[S].
- [5]广西年鉴编委会.广西年鉴[M].南宁:广西年鉴出版社,2004.
- [6]理河.能源农业——生态建设可持续发展之路[J].广西农业科学,2003,34(增刊):4-6.
- [7]Vision for Bio-energy & Bio-based Products in the United States[M]. Biomass Technical Advisory Committee, USA,2002.

## 本刊信息

### 《林产化学与工业》征稿简约

- 1 《林产化学与工业》由中国林业科学研究院林产化学工业研究所、中国林学会林产化学化工分会主办,是供国内外有关科技工作者和专家阅读的专业学术刊物,季刊,1981年创刊。其宗旨是反映我国林产化学化工科学技术成就、报道学术研究成果、评述国际国内发展动向、促进学术交流。
- 2 本刊报道范围是可再生的木质、非木质森林资源化学与加工利用。主要为木材化学和制浆造纸,松香、松节油化学和利用,生物质原料热解及活性炭,植物纤维原料水解及其产物,植物多酚化学和利用,林产香料、油脂、药物和生物活性物质、树木寄生产物以及其它森林天然产物的化学和加工利用;现代生物技术及其在林产化学与工业中的应用;林产化学工业的环境保护、资源保护和可持续发展、经济和企业管理的发展战略、规划和经验总结等。
- 3 来稿文责自负,不得多投。署名顺序按对文章贡献大小排列。如作者不是同一单位,可分别在姓名右上角标注1,2等,并在作者单位前分别标上相应的序号,全部接排,单位之间用分号“;”隔开。
- 4 凡属实验研究报告的稿件,需经作者所在单位推荐,注意科技保密和尊重他人的科技成果。推荐信内容包括:文章题名、作者姓名及其排序,无泄密情况,无一稿多投,若为基金项目,请给出基金名称及项目编号。
- 5 来稿如不符合上述要求,本刊编辑部即退请作者修改后,再行投稿。稿件如不便使用,在3个月内回复作者;对录用的稿件,本刊参照中科院有关文件精神酌情收取发表费(版面费);论文一经刊登,按篇酌付稿酬,并赠送当期刊物1份,单行本5份。
- 6 为适应我国信息化建设需要,扩大作者知识信息交流渠道,本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、“万方数据——数字化期刊群”、“中文科技期刊数据库”和“台湾华艺思博网(CEPS中文电子期刊服务网)”。凡本刊发表的文章将有可能进入上述数据库并在互联网上运行,其作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意将文章编入上述数据库,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。
- 7 文稿具体要求
  - 7.1 基本要求 文稿务求内容充实,论点明确,文字精练,数据可靠。题目应简洁、明确地反映研究成果的实质及特点,字数不超过20字。研究论文、综述文章(包括中、英文摘要、图、表、参考文献)一般不超过7000字,研究简报限1~2个印刷页。关键词3~5个。来稿请用A4纸单面打印,一式2份。
  - 7.2 书写顺序 题目、作者姓名、单位、地址、邮政编码、中文摘要、关键词、中图分类号;英文题目、作者姓名(汉语拼音,姓在前全大写,名字中间加“-”,外国人姓在前全大写,名缩写,不加缩写号)、单位、地址、英文摘要、关键词;正文、致谢、参考文献。
  - 7.3 摘要 论文摘要的基本要素包括研究的目的、方法、结果和结论。应具有独立性和自明性,即不阅读全文,就能获得必要的信息。中文摘要以200~300字为宜。本刊被国际上多种大型数据库收录,英文摘要的质量显得尤为重要。要求内容具体,语句通顺,取消不必要的字句,长度一般不超过150 words。
  - 7.4 正文层次标注 层次标题应简短明确,各层次一律用阿拉伯数字连续编号,不同层次的数字之间用下圆点“.”相隔,最末数字后面不加标点,如:“1”;“2.1”;“3.1.2”,一律左顶格。

(下转 178 页)