

利用植物油发展生物炼油化工厂的探讨

闵恩泽, 杜泽学, 胡见波

(中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院 北京 100083)

〔摘要〕 以植物油为原料的生物炼油化工厂以生产生物柴油为主, 同时还可联产甘油、1,3-丙二醇、高碳醇等大宗化工产品以及可生物降解的多种精细化工产品。首先从减少石油进口、保护环境、支援“三农”等方面论述了发展生物炼油化工厂的必要性; 然后介绍了国内外生物柴油快速发展的现状, 发展这种炼油化工厂的关键是原料的供应, 尤其是其价格; 最后研讨了发展生物炼油化工厂面临的挑战和对策。

〔关键词〕 植物油, 生物柴油, 生物炼油化工厂 [中图分类号] TE624.7

〔文献标识码〕 A [文章编号] 1000-7857(2005)05-0015-03

AN EXPLORATORY STUDY ON DEVELOPING BIOREFINERY BASED ON VEGETABLE OILS

MIN En-ze, DU Ze-xue, HU Jian-bo

(Research Institute of Petroleum Processing, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: The proposed biorefinery produces biodiesel from vegetable oils as the major products through transesterification with methyl alcohol, and simultaneously produces glycerine. Both the biodiesel and glycerine can be further processed into commodity and biodegradable fine chemicals. In this paper, the importance of such biorefinery in China is firstly discussed from reducing petroleum import, protecting environment and increasing employment opportunities, and then current rapidly growth of biodiesel in the world due to roaring crude price is introduced. The key issue in developing biorefinery is the supply of vegetable oil raw materials, particularly their prices. And finally the opportunities and challenges are discussed.

Key Words: vegetable oils, biodiesel, biorefinery

CLC Number: TE624.7

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)05-0015-03

由植物油生产的柴油称为生物柴油(Biodiesel), 它是一种长链脂肪酸的单烷基酯, 在工业应用上主要是脂肪酸甲酯。天然油脂多由直链脂肪酸的甘油三酸酯组成, 与甲醇酯交换后, 分子量降至与柴油的接近, 从而使其具有更接近于柴油的性能。从植物油生产的生物柴油不含硫和芳烃, 十六烷值高, 并且润滑性能好, 是一种优质清洁柴油^[1-3]。同时这些长链脂肪酸单烷基酯还可用作制造大宗化工产品 and 可生物降解精细化工产品的原料, 其联产品甘油可以被精制成医药甘油, 或用来制备 1,3-丙二醇, 也具有很多用途^[4,5]。正是基于以上用途, 中石化石油化工科学研究院提出了以植物油为原料的生物炼油化工厂的设想(图 1), 并正在进行相关的研究开发。

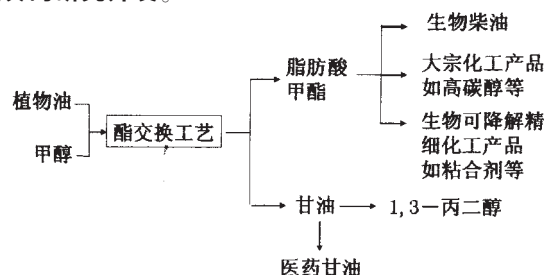


图 1 以植物油为原料的生物炼油化工厂

1 以植物油为原料发展生物炼油化工厂的必要性

1.1 发展生物炼油化工厂有利于减少部分石油的进口

2004 年, 我国石油净进口量为 1.436 亿 t, 预计 2020 年的净进口量将达到 2.3 亿~2.7 亿 t。表 1 是 2020 年我国的石油需求量预测, 国内外预测的需求量都超过 4 亿 t, 而那时的石油产量预测仅为 1.8 亿 t, 石油的对外依存度将超过 50%。

表 1 我国 2020 年石油需求预测

预测单位	亿 t
国内预测	4.1~4.5
美国兰德公司	4.4
美国剑桥能源研究协会	4.3~5.5
美国能源情报署	4.7

生物炼油化工厂生产的生物柴油可以代替石油柴油, 生产的各种化工产品可以代替石油基化工产品。因此, 发展生物炼油化工厂有利于减少部分石油的进口, 在一定程度上可缓解我国石油进口增长的压力, 有利于国民经济的健康、稳定发展。

1.2 发展生物炼油化工厂有利于保护环境

生物柴油是清洁运输燃料, 混入一种 20% 生物柴油的车用柴油可降低颗粒物排放 14%、总碳氧化物排放 13%、SO_x 排放 70% 以上, 因此可减少空气污染。使用生物柴油还

收稿日期: 2005-03-14

作者简介: 闵恩泽, 中国科学院院士、中国工程院院士、第三世界科学院院士, 北京市学院路 18 号中国石油化工集团公司石油化工科学研究院教授级高级工程师, 主要研究方向为石油化工催化理论与技术; E-mail: duzexue@ripp-sinopet.com

有利于减少 CO_2 引起的温室效应, 因为植物生长吸收的 CO_2 大于生物柴油燃烧产生的 CO_2 。除此之外, 生物炼油化工厂生产的高附加值精细化工产品具有生物可降解性, 生产的某些大宗化工产品(如表面活性剂)也具有生物可降解性, 有利于保护环境^[2,4]。

1.3 从石油加工转向生物质加工的过程中, 开始对我国能源和化工产业结构进行调整

从长远来看, 随着矿石燃料的枯竭, 生物质加工必然代替石油加工。以美国为首的西方国家已经开始对它们的能源和化工产业结构进行调整, 除了用生物质燃料代替部分石油燃料外, 美国还开发了很多生物质化工产品, 其中大豆生物柴油的深加工产品如表2所示, 它已形成新兴产业, 并且美国还在继续开发新的产品。

表2 美国大豆生物柴油深加工产品的生产销售状况^[6]

产品	生产供销商(家)	产品	生产供销商(家)
粘结剂	2	农业助剂	5
除尘剂	6	介电液	2
液压油	5	工业清洁剂	29
工业润滑剂	13	金属加工液	13
除臭液	2	脱漆剂	6
油墨	29	油墨溶剂	3

以生物质原料替代石油来生产燃料与化工产品, 这是原料路线的重大调整。发展生物炼油化工厂, 也就启动了我国对能源和化工产业结构的调整。发展生物炼油化工厂, 将增加就业机会。同时, 生物炼油厂的原料主要来自农业和林业, 大量原料的需求必将增加农民和林业工人的收入。从长远发展战略来看, 发展生物炼油化工厂将是我国起步迈上生物质经济时代的开始, 是贯彻以人为本、全面协调可持续发展的科学发展观的一条途径。

2 国内外生物柴油的发展现状——油价飙升加速了发展

由于石油消耗量的增加及国际政治的影响, 最近几年石油价格飞速上涨。油价飙升推动了世界生物柴油产业的发展。

2.1 欧共体生物柴油应用现状

从欧洲生物柴油委员会获得的数据显示^[7], 2002年欧共体共生产生物柴油106.5万t, 2003年提高到143.4万t, 相比增加35%; 2003年的生产能力为204.8万t, 2004年提高到224.6万t, 相比增加10%。德国、法国和意大利是欧共体生产生物柴油最多的国家, 另外, 法国正新建16万t/a的工厂^[8], 2005年末投产。欧共体计划于2010年生物柴油产量达到800万~1000万t, 使生物柴油在柴油市场中的份额达到5.75%, 规划2020年达到20%。

2.2 美国生物柴油应用现状^[9,10]

2002年美国生物柴油销售量为5万t, 2003年提高到8万t, 相比增加67%, 更较2001年的1.6万t提高400%。美国2004年生物柴油销售额可达6500万~7500万美元。2004年7月, 有大约15家单位或企业宣布投资生物柴油的计划; 最近, Dow化学公司宣布将兴建大型生物柴油厂。美国规划2011年生物柴油生产115万t, 2016年到330万t。

在生物柴油生产工艺方面, 欧洲开发的技术较多, 但在生物柴油开发深加工产品方面, 美国开发的品种多, 如表2所示。

2.3 其它国家或地区发展现状

加拿大Biox公司投资2400万美元, 新建5万t/a生

物柴油厂, 2005年投产^[9]。韩国2002年建成10万t/a的生物柴油生产装置, 目前正在另建一套10万t/a的生产装置。巴西已建成大型生物柴油生产装置, 计划2005年使生物柴油在石油柴油中的掺比达到5%, 到2020年达到20%。日本、印度、澳大利亚、马来西亚、中国香港等国家或地区也在大力发展生物柴油。

2.4 生物柴油在我国的发展

在我国, 生物柴油产业化率先在民营企业实现, 海南正和生物能源公司、四川古杉油脂化工公司、福建卓越新能源发展公司等建成了1万~2万t/a生产装置, 主要以餐饮业废油为原料, 除生产生物柴油外, 还生产一些高附加值的产品。

在有关单位和部门的支持下, 我国也在加速生物柴油的发展。2004年, 科技部高新技术和产业化司启动“十五”国家科技攻关计划“生物燃料油技术开发”项目, 包括了生物柴油的内容; 2005年, 由中国农业大学石元春院士主持的国家专项农林生物质工程开始启动, 此项目中规划生物柴油在2010年的产量为200万t/a, 2020年的产量为1200万t/a; 2005年, 由侯祥麟院士主持的替代燃料发展战略研究开始进行, 替代燃料中包括了生物柴油。

3 发展生物炼油化工厂面临的挑战和对策

3.1 发展生物柴油面临的挑战

3.1.1 原料价格

奥地利燃料协会的研究表明, 影响生物柴油成本的最根本因素是原料, 它比投资、操作费用、能耗、甲醇都重要。一般说来, 植物油的价格占总成本的70%~80%。

表3比较了原料油价格与石油及其柴油价格。即使原油价格高达55美元/桶, 即相当于3020元/t, 炼制的柴油价格按高价为3900元/t。而植物油价格一般为3000~5000元/t。如果按植物油价格为3000元/t且占总成本的70%~80%来计算, 则生物柴油成本价为3750~4285元/t, 比石油、柴油的市场价都略高, 何况生物柴油的原料是以低价的野生植物油来计算。为了促进生物柴油的发展, 农林部门应使植物油价格降至3000元/t以下, 生物炼油化工厂要生产化工产品以增加利润, 政府也要提供优惠政策扶持企业起步发展。

表3 原料油价格与石油及其柴油价格的比较

油种类	价格/元/t
原油(50美元/桶)	2840
原油(55美元/桶)	3020
菜籽油、棉籽油等	4000~5000
黄连木油、麻疯树等	3000
石油柴油	3700~3900
食用油	>6000

3.1.2 原料的性质和组成

植物油性质和组成影响生物炼油厂加工流程与产品方案。国外对100%生物柴油原料的要求如下:

1) 少于2%饱和脂肪酸(不含碳碳双键), 使生物柴油具有优良的低温性能, 冬季也能够使用(棕榈油达不到);

2) 小于2%亚麻酸(含3个碳碳双键), 以改善氧化、贮存、热安定性;

3) 大于85%的油酸(含1个碳碳双键)。

只有低硫甙、低芥酸菜籽油能符合这些要求, 木本植物油

多数达不到。因此,不同的植物油为了使产品达到规格标准,需要不同的处理工序,最终导致加工流程和产品方案不同。

3.1.3 原料的产量、收集、运输、物流半径和油品市场影响厂址选择

植物油是低密度能源,要大面积种植,工厂只能在附近地区收集原料,以节省运费,从而限制了规模;另外,原料供应有季节性,需采取多种原料以保障全年生产。野生木本植物油为原料的生物炼油化工厂年产规模在 1 000 t 到 1 万~2 万 t 比较合适,以菜籽油、棉籽油为原料的年产以 5 万~20 万 t 为宜。

生物炼油化工厂的选址要从降低物流成本来加以研究,特别是采用野生木本植物油的生物炼油厂的选址,要把原料产地、集散运输、油品销售市场范围综合来考虑,以求最经济合理的方案。大型生物炼油厂一般要建在港口,以利原料进入、产品销售。

3.2 发展生物炼油化工厂的对策

3.2.1 以木本植物油为原料适宜开发中、小生物炼油化工厂

我国有丰富的木本油料植物资源,包括麻疯树、绿玉树、黄连木、光皮树、油桐、乌桕等,它们具有野生性、耐寒、耐贫瘠的特点。结合我国的全面实施退耕还林生态工程,在占国土总面积 69% 的山地、高原和丘陵等地域,大面积营造生物柴油原料林,可变荒山劣势为优势。采集这些原料需要大量劳动力,合乎我国劳动力密集的国情。以木本植物油为原料开发生物炼油化工厂具有中国特色和优势。

海南正和生物能源有限公司在河北已开发了 11 万亩黄连木种植基地,每年可产果实 2 万~3 万 t,果实出油率为 38%~43%,可获得生物柴油原料 8 000~12 000 t。他们采取的是“政府组织、企业牵头、金融支持、专家指导、农户参与”“五位一体”的可持续发展模式。

3.2.2 以菜籽油、棉籽油等为原料适宜建设大型生物炼油化工厂

我国有丰富的油料作物资源,如菜籽油,主要产地包括江苏、浙江、湖北、四川、甘肃等;棉籽油,主要产地为新疆、河北、山东等。它们亩产油料比野生木本植物的高,更利于大量提供生物柴油原料。在油料作物方面,我国具有原料品种优势,如浙江农科院研究的“超油 2 号”油菜籽,含油量高达 52.82%,而一般菜籽含油量在 37% 左右。

油料作物原料价格高,必须综合利用以降低生产成本,要与粮食生产结合而不与粮食争地。近期需要建立油料作物种植-加工-生物炼油厂一体化示范基地。

3.3.3 利用价廉的进口油料发展我国大型生物炼油化工厂

进口价廉的转基因大豆(到岸期货价格 2 500~2 600 元/t)或大豆毛油等,与现有大型榨油厂合作,在港口建立油料加工-生物柴油炼油化工厂。

3.2.4 加快我国生物柴油生产技术的开发

现行的生产技术主要是液碱催化酯交换工艺,它存在以下缺点:工艺流程复杂,原料要求严格,“三废”排放污染环境等。我国应加快开发环境友好的生物柴油生产技术,不断降低生产成本。目前国内正在开发的新工艺包括高压醇解成套新工艺、酶催化酯交换工艺、双溶剂多相催化酯交换工艺、超声波酯交换工艺、固体碱催化酯交换工艺等。中石化石油化工科学研究院和石家庄炼化股份公司正在合作开发高压醇解成套新工艺,计划 2005 年建成 2 000 t/年中型试验装置,为建设生物炼油化工厂和车载模块组合移动式生产装置提供技术基础。此工艺具有以下特点。

- 1) 原料预处理简单,只需脱除胶质等非皂化有机物;
- 2) 原料适应性强,能加工高酸值、高水油料;
- 3) 采用多种原料时,切换容易;
- 4) 不使用催化剂,简化后处理工艺,无污水;
- 5) 联产甘油浓度高。

3.2.5 加强生物炼油化工厂化工产品的研制和开发

近期生物炼油化工厂除生产各种牌号的生物柴油外,还可联产甘油产品;为增加利润,可再生产一些目前急需的改进柴油润滑性能的添加剂和可生物降解工业溶剂。同时要加强对化工产品的研制和开发,形成新的利润增长点,可以脂肪酸甲酯作原料开发粘合剂、表面活性剂、工农业化学品、润滑剂、塑料和增塑剂等,以甘油作原料开发医药、化妆品、1,3-丙二醇等。

3.2.6 调研现有民营生物柴油企业现状,并予以扶持

调研现有民营生物柴油企业现状,制订相关政策,给予扶持,确保产品质量和产品进入正常销售渠道。这些企业近几年的经营经验是宝贵财富,值得在发展生物炼油化工厂中借鉴。

3.2.7 从长远发展战略出发,部署以生物质为原料的生物化工的基础性、前瞻性研究

以石油为原料的石油化工已发展了 50~100 年,其基本有机原料为烯烃和芳烃,已开发了大量的石油化工产品。而以可再生农林生物质为原料的生物化工起步不久,基本有机原料为含氧有机化合物,开发的化工产品较少,这为发明创造提供了广阔的空间,但需要大量的科研和开发的投入。

3.2.8 根据可再生能源法,加快制订扶持生物柴油产业发展的政策

2005 年 2 月,十届全国人大常委会第十四次会议通过了《可再生能源法》,要求加强相关的科研开发及教育培训,通过经济激励(财政支持、信贷措施、税收措施等)提高农林产业生产的积极性,提高企业参与的积极性,如对生物柴油能采取与乙醇汽油相当的扶持政策。通过各科研单位的合作开发,大、中、小型各类企业的积极参与,各级政府及有关部门的指导与支持,可以预料,以植物油为原料的生物炼油化工厂在我国必将快速发展。

参考文献 (References)

- [1] Klass D L, Biomass for renewable energy, fuels and chemicals, [M] New York: Academic Press: 1998
- [2] Ma F, Hanna M A. Biodiesel production: a review [J]. *Biore-source Technology*, 1999, 70: 1~15
- [3] 郭卫军, 闵恩泽. 发展我国生物柴油产业的初探[J]. *石油学报(石油加工)*, 2003, 19(2): 1~6
- [4] Varese R, Varese M. Methyl ester biodiesel: opportunity or necessity [J]. *Inform*, 1996, (7): 816~824
- [5] Hui Y H 主编, 贝雷: 油脂化学与工艺学, 第 5 版, 第 5 卷[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001
- [6] United Soybean Board. 2004 Products Guide. <http://www.unitedsoybean.org>
- [7] European Biodiesel Board. Statistics of the EU biodiesel industry. <http://www.ebb-eu.org>
- [8] Gerald Ondrey. Biodiesel production using a heterogeneous catalyst [J]. *Chemical Engineering*, 2004, (13)
- [9] Doris de Guzman. Global biodiesel activities heat up on oil price concerns[R]. *Chemical Market Reporter*, Sep. 13, 2004, New York
- [10] National Biodiesel Board. <http://www.biodiesel.org>

(责任编辑 邱夜明)