

# 我国生物柴油发展的现状与展望

吴谋成

(华中农业大学 食品科技学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要** 综述和分析了我国生物柴油研究与发展的现状。我国政府对生物柴油的发展高度重视, 并不断加大投资力度, 生物柴油的研究已成为我国新能源研究的热点和前沿。对我国生物柴油产业的进一步发展与研究提出了展望与建议: 因地制宜, 种植合适的油料树木; 开发废弃油脂的特殊处理工艺和成套技术设备; 改进均相催化技术, 提高生物柴油生产水平; 研究新的酯交换方法来替代现行的经典方法; 尽快制定生物柴油的相关政策, 扶持和保障生物柴油产业的顺利发展等。

**关键词** 生物柴油; 现状; 展望; 建议

**中图分类号:** F062.9   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1008-3456(2010)04-0005-05

目前探明全球剩余石油储量 1 686 亿吨, 静态保障年限为 40 年。我国石油剩余经济可采储量为 20.43 亿吨<sup>[1]</sup>, 加上 2007 年 7 月在渤海湾地区发现储量为 10 亿吨的冀东南堡油田, 假设这 10 亿吨全部为经济可采储量, 也只有 30.43 亿吨石油。而 2009 年我国石油消费量达到 4.08 亿吨, 如果全部利用我国的原油, 不到八年即全部枯竭。中石油经济技术研究院, 在 2010 年 2 月 4 日发布的《2009 年国内外油气行业发展报告》中指出, 刚刚过去的 2009 年, 中国原油对外依存度首次突破了 50%, 净进口量首次超过日本, 居世界第二位。汽油、柴油、煤油表观消费量分别为 6 704.9 万吨、13 859.8 万吨、1 497.0 万吨。柴油消费量为汽油的一倍以上。预测 2010 年中国国内石油消费量将增长 5% 以上, 达到 4.27 亿吨; 原油进口增长 9.1%, 达到 2.12 亿

吨。因此, 通过利用可再生资源生产生物柴油替代石化柴油, 不仅是我国经济发展和能源需求的战略选择, 而且对保障国家能源安全, 减少温室气体排放, 改善生态环境, 实现社会、经济、环境的可持续发展均具有重大的意义。可以预料, 生物柴油作为石化柴油的替代能源, 在未来几十年内必将呈现出有增无减的发展趋势。

本文对近年来我国生物柴油的研究与生产发展现状进行综述与分析, 以期对今后我国在这一领域的发展提出参考性意见。

## 一、我国生物柴油研究现状

### 1. 论文分布

2002—2009 年我国发表的生物柴油研究论文共 1 497 篇, 其分布情况见表 1。

表 1 2002—2009 年我国生物柴油论文分布状况

年度	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	合计	所占比例(%)
研究论文数目/篇	1	10	7	18	41	77	94	110	358	23.91
硕士论文数目/篇					4	49	40	74	167	11.16
博士论文数目/篇					1	3	7	8	19	1.27
会议论文数目/篇	1	5	14	41	89	67	120	35	372	24.85
专利数目/篇	2	9	7	27	85	211	165	75	581	38.81
合计/篇	4	24	28	86	220	407	426	302	1 497	100

数据来源: <http://www.edu.cnki.net>, 中国学术期刊特刊, 检索关键词: 生物柴油。

从表 1 可知, 2002 年发表的生物柴油论文仅有 4 篇, 以后呈现出逐年上升的趋势, 到 2008 年达到顶峰 426 篇, 此后, 也许受原料、国内外形势等因素

的影响, 近期呈现下降趋势。其中研究论文、会议论文、硕士论文、博士论文和专利分别占 23.91%、24.85%、11.16%、1.27% 和 38.81%。硕士、博士

论文始于 2006 年,按我国硕士、博士研究生学位年限预测,从 2003 年开始,高校、科研院所开始投入研究生进行较为系统的研究,为生物柴油的开发和应用打下了基础。在专利方面,2002 年专利仅 2 项,以后专利数迅速上升,截止 2009 年专利数共达 581 项,居论文数的首位。表明我国已拥有自主开发生物柴油的能力和技术,创新能力、知识产权意识不断增强。

上述的发展趋势说明,在我国政府的高度重视和加大投资力度下,生物柴油的研究已成为我国新能源研究的热点和前沿,已为我国替代石化柴油迈出了坚实的一步,取得了可喜的成果。

## 2. 论文研究方向

《中国学术期刊网》收录了 2006—2009 年 4 年间生物柴油硕士研究论文 167 篇。具体分类见表 2。通过对学位论文的阅读和归纳,可略知我国当前生物

表 3 2006—2009 年我国硕士论文研究的生物柴油制备方法归类

研究类型	化学法				物理法 (乳化法)	合计
	均相催化法	非均相催化法	生物酶法	超临界法		
2006 年/篇	2		1			3
2007 年/篇	9	8	10	3		30
2008 年/篇	5	7	5			17
2009 年/篇		20	4	1	2	27
合计/篇	16	35	20	4	2	77
所占比例/%	20.78	45.46	25.97	5.19	2.60	100

数据来源: <http://www.edu.cnki.net>, 中国学术期刊特刊, 检索关键词: 生物柴油。

从表 3 可以看出,由于物理方法生产的生物柴油是一种分散的多相体系,存在着稳定性、物化性能指标难以控制等诸多问题,研究物理法生产生物柴油的论文所占比重很小,只占 2.60%。化学法是研究的重中之重,约占研究论文的 97.40%,是目前制备生物柴油的主要生产方法。化学法生产生物柴油的关键主要是催化剂,根据催化剂的不同,又分均相催化法、非均相催化法、生物催化法和超临界法等。由于均相催化过程中会产生废酸(碱)液,对环境造成“二次污染”,传统经典的均相催化法只占 20.78%。76.62%的研究都集中在如何利用新型催化剂制备生物柴油上,其中以固体酸(碱)非均相催化法研究最多,占 45.46%,居首位;其次为生物酶催化法,占 25.97%;超临界甲醇法,占 5.19%。

## 二、国内外生物柴油生产发展现状

### 1. 生产规模

2006 年全球生物柴油总产量已达到 500 万吨,预计 2010 年可达 3 000 万吨以上。根据联合国粮农组织对全球生物柴油产量 2012 年预计达到 200 亿升,2017 年预计达到近 250 亿升<sup>[2]</sup>。最具代表性

柴油的研究概况。生物柴油的研究方向主要集中在生物柴油制备方法上,占总数的 46.11%,居首位;其次为有关原料、相关政策、生物柴油特性研究的论文分别占 22.75%、13.17%、11.98%;其它占 5.99%。

表 2 2006—2009 年我国有关生物柴油硕士论文的研究方向

研究方向	制备方法	原料	政策	特性	其它	合计
2006 年/篇	3		1			4
2007 年/篇	30	8	4	5	2	49
2008 年/篇	17	9	7	5	2	40
2009 年/篇	27	21	10	10	6	74
合计/篇	77	38	22	20	10	167
所占比例/%	46.11	22.75	13.17	11.98	5.99	100

数据来源: <http://www.edu.cnki.net>, 中国学术期刊特刊, 检索关键词: 生物柴油。

### 3. 制备方法研究趋向

将表 2 中 77 篇有关制备方法论文的研究趋向进一步细分归纳成表 3。

的是全球生产生物柴油最多的地区欧盟,2007 年,生物柴油总产量达到 570 万吨,2008 年增加到 780 万吨,已占成品油市场的 5% 以上。2009 年为 825 万吨,2010 年预计为 945 万吨<sup>[2]</sup>。德国是欧盟生产生物柴油最多的国家,2002 年生物柴油产量为 200 万吨,2007 年为 290 万吨,2008 年有所下降,为 280 万吨。MUW 公司、Campa 公司、Biopetrol 公司等德国大型生物柴油企业的年生产能力都在 30 万吨左右。欧盟生产生物柴油的原料主要是油菜籽,约 65% 油菜籽被用于生物柴油<sup>[2]</sup>。由于油菜籽需求量的增加,促成菜籽价格的上涨,已开始导致了一些企业的生产和销售陷入了停滞状态。

据粗略统计,2007 年,我国已有万吨以上大型生物柴油生产企业 50 余家,小型生产企业则星罗棋布,到处可见。生产能力已达 300 万吨/年,然而年产量只有 30 万吨左右。年生产能力 10 万吨以上的有四川古杉集团、江苏太仓的荣利新能源有限公司等;5 万吨以上的有安徽国风生物能源有限公司、江苏南京清江生物能源科技有限公司等<sup>[3]</sup>。

由于对生物燃料行业的发展前景比较乐观,许多大型石化和粮油公司也纷纷涉足生物柴油领域,

进行生物柴油的研发和生产。已初步形成了民营企业、大型国企、外资企业共同参与的格局。如2007年4月,中国石油天然气集团公司与国家林业局签署了发展林业生物质能源的框架协议,拟投资20亿元,在四川攀枝花建设12万公顷麻疯树生物柴油原料基地,预计在2015年建成相应加工能力的生物柴油加工厂。中粮集团与国家林业局也签署了类似的协议。

## 2. 生产原料

目前生物柴油的原料主要来源于食用草本植物油、木本油料植物油、废弃油脂和水生植物油等。

(1)食用草本植物油。以食用油料作物油(如菜籽油、大豆油、花生油、棉油、米糠油等)生产出来的生物柴油品质好,质量稳定,原料来源充足。如欧盟、美国等发达国家,将菜籽油作为生物柴油的主要原料,已占到生物柴油原料的84%。其原因也许是由于生活方式和习惯的不同,不喜欢食用菜籽油的缘故。

(2)木本油料植物油。目前研究生产出来的木本油料植物油有棕榈油、麻疯籽油、黄连木油、乌桕油、文冠果油、苦楝籽油、油莎豆油、果皮精油、苦杏仁油、花椒油、松节油等。以木本油料植物油生产出来的生物柴油油品好,质量稳定,成本低,尤其是棕榈油、麻疯籽油、乌桕油,但目前原料难以满足需要。另外,要特别引起重视的是,一些木本植物种子具有毒性,如麻疯果榨油后的饼粕含有极毒的物质,安全问题需特别注意,以免带来更大的环境污染。

(3)废弃油脂。据估计,我国每年产生地沟油、煎炸油、油脚、酸化油、废弃机油等废弃油脂400~800万吨,它是生物柴油原料来源的重要途径<sup>[4]46-47</sup>。

(4)水生植物油。工程微藻的太阳能利用效率高,单位面积产油量为陆生油料作物如大豆等的几十倍,是理想的原料来源。如美国可再生资源国家实验室通过现代生物技术制成“工程微藻”,在实验室条件下可以使其脂质含量达到40%~60%,预计每公顷“工程微藻”可年产2590~6475升生物柴油,为生物柴油的生产开辟了一条新途径<sup>[4]47</sup>。

## 3. 政策措施

随着生物柴油产业的发展,政府也相继出台了一系列政策、措施。如生物柴油项目已于2003年5月被列为“国家科技产业化项目计划”;2004年科技部高新技术和产业化司启动了“十五”国家科技攻关计划“生物燃料油技术开发”项目;2005年,国家专

项农林生物质工程开始启动,规划到2010年我国生物柴油产量达到200万吨,2020年达到1200万吨;2005年2月28日,十届全国人大通过了《可再生能源法》,2006年1月1日,《可再生能源法》生效;2007年5月1日中国制定的首个柴油机燃料调和用生物柴油的国家标准B100开始正式实施等等。这些政策和措施为生物柴油替代石化柴油进入市场的认可和支持,为金融机构提供有财政贴息的贷款、税收优惠提供了法律保障。

## 三、我国生物柴油发展的展望与对策

### 1. 生物柴油资源的展望与对策

目前,发展生物柴油产业的主要障碍是生产成本高,其成本大约为石化柴油的1.5倍。在价格上,与石化柴油相比,生物柴油没有优势。其成本构成,据国内外报导,以油菜为原料的生物柴油成本构成中70%~95%是原料费用。因此,是否拥有充足、低值和高质量的原料来源是发展生物柴油事业的前提,是整个生物柴油产业中最重要的因素之一<sup>[5]</sup>。

(1)食用油料来源。我国是食用油的消费大国,利用食用油作原料,不符合我国不“与农争粮(油)、与粮(油)争地”的国情与政策。作者认为,最有可能利用食用油料作原料发展生物柴油的优势作物为油菜。油菜是冬季作物,可以利用冬闲田、河滩地和幼林果园间套种来增加产量。据湖北省油菜办公室统计,湖北省原有油菜常年种植面积120万公顷,通过大力开发冬闲田扩种油菜26.67万公顷,充分利用长江、汉江“两江”流域两岸的滩涂地扩种油菜26.67万公顷,还可在幼林果园间套种油菜6.67万公顷,可将湖北省油菜种植面积增加60万公顷。新增产量100万吨以上<sup>[6]</sup>。

(2)木本油料来源。每公顷木本油料树木可产出750千克生物柴油。我国目前有造林面积0.6亿公顷,可在绿化山区及退耕还林过程中,因地制宜,种植合适的油料树木。如2%造林面积用来种植,则可生产1000万吨生物柴油,占我国目前柴油消耗量(8500万吨)的1/8,是相当可观的<sup>[7]</sup>。

(3)废弃油脂来源。以废弃油脂生产出来的生物柴油成本低,其困难在于来源不同的废弃油脂品质难以控制,给生物柴油的生产带来很大的麻烦,需特别注意油品及质量稳定性的控制。同时收购困难,原料难以满足需要。因此,目前迫切需要解决2个问题:一是研究出从泔水油中收集、处理并避免回收过程中二次污染的废弃油脂生产技术和设备;二

是依据不同来源的废弃油脂原料性质,开发出废弃油脂的特殊处理工艺和成套技术设备,以利于降低生产成本和保证生物柴油质量。

(4)工程微藻来源。工程微藻是极为重要的生物柴油潜在能源资源,只要加以引导,就会有充足的原料来源,是值得大力推广的项目。提高微藻中脂质含量关键技术主要是乙酰辅酶 A 羧化酶(ACC)基因在微藻细胞中的高效表达<sup>[8-9]</sup>。构建富油微藻工程菌株将是未来的核心研究方向<sup>[10]</sup>。因此,运用现代生物工程,在我国广阔的沿海和内地水域大规模种植工程藻类,研究、开发和建立工程微藻大型工厂,是稳定提供生物柴油原料的重要途径,而且工程微藻类还可作为蛋白质、精细化学药品的潜在来源。

此外,解决这一问题的另一途径是开辟新的能源物种,如利用生物工程转基因技术,选育高产、高含油量、脂肪酸碳数与生物柴油化学成分高度匹配的“三高”草本、木本、工程微藻等新能源品种。

## 2. 生产技术的展望与对策

(1)改进均相催化技术,提高生物柴油生产水平。我国生物柴油产业的发展,除了要有充足、低值和高质量的原料供应外,还必须有自主创新的高效生产技术和生产水平,提高生物柴油产率和质量。生物柴油生产的关键技术在于酯交换工艺的改进。现行的经典均相催化法的特点是催化效率高,工艺成熟。缺点是酯化过程中的废酸(碱)液的排放,不利于环境保护,影响生态。对均相催化工艺的改进主要集中在如何降低催化剂用量,提高催化效率和生产工艺上,如改进常压连续转酯化工艺、加压连续转酯化工艺、对不同原料的工艺优化等。

(2)研究具有自主知识产权的新的酯交换方法来替代现行的经典方法。研究一种新的酯交换方法来替代现行的经典方法,是提高生物柴油生产水平的关键所在。当前研究较多的酯交换工艺为固体催化剂法、生物酶法、超临界法等等。新的酯交换方法必须具备在保持高催化效果的前提下,既能克服化学法酯化过程中的废酸(碱)液的排放,利于环境保护,同时又避免催化剂成本高、使用寿命短等问题。在研究和开发新的酯交换方法时,建议从以下几个步骤着手:

一是以催化活性的高低来选择优良的催化剂,考察催化剂重复利用次数;研究催化脂肪酸与甲醇酯化反应速率,以确定催化制备生物柴油反应动力学模型。

二是以生物柴油转化率和得率为指标,优化连

续法树脂催化制备生物柴油最佳工艺参数,包括原料品质的影响、催化剂含水量的影响、油/醇摩尔比的影响、反应时间的影响、反应温度的影响、流速的影响等等。

三是设计一个全连续的催化制备生物柴油的工艺路线和主要成套设备,并从整个角度来评价它的各项性能指标。在此基础上,进行中试放大试验来验证路线和主要设备的实用性,考察各操作参数对生物柴油产率的影响,并进行经济可行性评估。如 Zhang 对废弃油脂生产生物柴油进行了全套工艺设计并进行了技术评估、经济评价和第三性分析<sup>[11-12]</sup>。只有这样,才能开发出一套连续制备生物柴油的可行的工业化装置,以推动我国制备生物柴油的工业进程。

四是研究和开发出适应不同原料(如菜籽油脚、大豆油脚)、木本油料(如麻疯果、黄连木)的制备生物柴油工艺及综合加工利用工艺,使生产线能适应各种原料,以确保原料的供应。

(3)副产品的综合利用技术。降低生物柴油成本的一条有效途径是对在生产生物柴油过程中产生的副产物进一步深加工,利用新产品附加值来降低原料总体价格。如在米糠油生产生物柴油过程中,回收可用于制药、化妆品、食品等行业中高值的糠甾醇,以保障生物柴油原料总体价格的降低。又例如,我们研究和开发出一条用油菜籽为原料生产生物柴油的新型工艺路线,该工艺除了生产出生物柴油外,并对其剩余物菜籽饼粕深加工,生产出饲用浓缩蛋白、植酸、菜籽多糖和菜籽多酚等产品,从而大大降低生物柴油的成本<sup>[13]</sup>。

## 3. 国家政策的指导与扶持

我国生物柴油产业起步较慢,与发达国家和地区存在一定差距,只有制订相关的政策和得到政府各部门的强力支持,才能保证可再生能源在中国有序、正常、健康地发展。

(1)尽快制定出生物柴油新的规划。在 2006 年,国务院颁布了《中长期科学和技术发展规划纲要》《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》等规划,强调“要大力发展可再生能源”“实行优惠的财税、投资政策和强制性市场份额政策,鼓励生产和消费再生能源,提高在一次能源消费中的比重”。制订出发展目标是可再生能源在能源消费结构中的比重由 2005 年的 7.5%,提高到 2010 年的 10%。具体到生物柴油的新规划必须尽早制定,以利于可再生能源的研发在全国顺利开展。

(2)尽快制定出生物柴油的各项政策,扶持和保障生物柴油产业的顺利发展。我国已相继颁布了《可再生能源产业发展指导目录》《可再生能源发电有关管理规定》《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》等法规。然而,具体到生物柴油的相关政策还未见出台,与燃料乙醇企业相比,国家对生物柴油企业还没有财政补贴,导致许多生物柴油企业入不敷出。因此,要尽快制定我国的生物柴油优惠的财税政策、投资政策、质量标准和生物柴油标准体系,如生物柴油抗氧化添加剂、原料储存、运输、处理、安全生产等一系列完备的标准体系,用政策来扶持和保障生产企业的顺利发展,并为各级质量技术监督部门提供执法依据。

此外,发展生物柴油作为国家的一项战略性举措,政策性强,难度大,需要通过调配站、加油站等系统进入汽车燃料市场,需要国家有关部门积极协调和制订原料供应、生产、混配、储运和流通及相关配套等政策和措施。通过政府引导、政策支持、市场推动和优惠的价格政策,必能促进我国生物柴油的开发利用和产业发展。

### 参 考 文 献

[1] 中国新闻网. 统计显示:中国石油剩余经济可采储量 20.43 亿吨[EB/OL]. (2007-03-29)[2010-03-20]. <http://www.chi->

nanews.com.cn/cj/hgjj/news/2007/03-29/903372.shtml.

- [2] 朱行. 欧盟:全球最大的生物柴油生产消费区[N]. 粮油市场报,2010-04-08(B04).
- [3] 闵恩泽,杜泽学. 我国生物柴油产业发展的探讨[J]. 中国工程科学,2010(2):11-15.
- [4] 曾炜. 我国生物柴油发展状况及对策[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2009(4):43-48.
- [5] 李永超,王建黎,计建炳,等. 生物柴油工业化生产的现状及其经济可行性评估[J]. 中国油脂,2005(5):59-64.
- [6] 吴谋成. 生物柴油[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [7] 祖元刚,付玉杰. 生物柴油[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [8] PEREIRA S, LEONARD A E, HUANG Y S, et al. Identification of two novel microalgal enzymes involved in the conversion of the x3-fatty acid, eicosapentaenoic acid, into docosahexaenoic acid[J]. Biochem, 2004, 384(3):57-66.
- [9] TERRI G D, ERIC E J, KATHRYN G Z, et al. Genetic engineering of microalgae for fuel production[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 1992(34):331-339.
- [10] 姜进举,苗凤萍,冯大伟,等. 微藻生物柴油技术的研究现状及展望[J]. 中国生物工程杂志,2010(2):134-140.
- [11] ZHANG Y, DUBE M A, MCLEAN D D, et al. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment[J]. Bioresour Technol, 2003(89):1-16.
- [12] ZHANG Y, DUBE M A, MCLEAN D D, et al. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Process design and technological assessment[J]. Bioresour Technol, 2003(90):229-240.
- [13] 吴谋成. 油菜籽加工与综合利用[M]. 北京:中国轻工业出版社,2009.

## The Current Situation and Prospects of Biodiesel Development in China

WU Mou-cheng

(College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei, 430070)

**Abstract** This paper summarizes and analyzes the current situation of biodiesel development and research in China. As Chinese government has attached great importance to biodiesel development and strengthening investment in it, biodiesel has become a hot spot and frontier in the research of new energy, which is a promising step in replacing fossil diesel. For further developing biodiesel research, the paper provides suggestions as planting oil-yielding trees in the fit areas, developing waste oil processing technology and designing suitable equipments, improving homogeneous catalysts technology, and increasing biodiesel production level. It prefers that the classic method should be replaced by a new ester exchange method which could gain independent intellectual property rights, and that related policies should be worked out to support and guarantee the smooth development of biodiesel industry.

**Key words** bio-diesel; current situation; prospects; suggestion

(责任编辑:刘少雷)