

文章编号: 1674 - 5566(2013)06 - 0949 - 04

海洋捕捞渔船用生物柴油减排的成本 - 效益分析

肖晓芸¹, 黄硕琳²

(1. 上海海洋大学 经济管理学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 海洋捕捞业是我国渔业能耗和 CO₂ 排放的主要领域, 捕捞渔船的节能减排水平低, 潜力大。总结了我国海洋捕捞渔船能耗及排放现状, 分析了生物柴油的特性及作为渔船代用燃料的优缺点, 根据海洋捕捞渔船动力装置的特点提出了掺混生物柴油需对柴油机做出的改进措施, 对捕捞渔船柴油机掺混 5% 体积分数的生物柴油的节能减排效果进行了成本 - 效益分析。结果显示, 海洋捕捞渔船柴油机掺混 5% 的生物柴油将导致每船每年平均减少 1 371 元左右的燃料费用和 2 000 元左右的维修费用, 但需付出较高的船舶改造成本; 若我国所有的海洋捕捞渔船柴油机都添加 5% 的生物柴油, 每年会降低二氧化碳排放近 13.4 万吨, 按目前国际上的碳交易价格计算, 每年将产生 400 多万元的社会环境效益。生物柴油具有一定的经济优势, 环保性能显著, 具有良好的减排效果, 可以促进我国海洋捕捞渔船的节能减排和国家减排目标的实施。

研究亮点: 根据捕捞渔船动力装置的特点, 提出掺混一定比例生物柴油需对柴油机做出的改进; 系统地考虑燃料成本、设施改造成本、环境成本, 对捕捞渔船应用生物柴油进行了成本分析, 并对二氧化碳减排的社会效益进行了分析, 提出政府燃油补贴和碳交易的实施对促进生物柴油在渔船上的应用具有一定的促进作用。

关键词: 捕捞渔船; 节能减排; 生物柴油; 成本; 效益

中图分类号: S 972.7⁺1

文献标志码: A

哥本哈根世界气候大会上我国提出了到 2020 年的减排目标, 并将其作为约束性指标纳入国民经济和社会发展的中长期规划, 不但在国际社会产生强烈反响, 在国内也备受关注。渔业作为对能源高度依赖、与生态环境密切关联的产业, 各级渔业主管部门也开始高度重视其节能减排工作。我国渔业生产以柴油为主要能源消耗品种, 其年耗能总量折 1 754 万吨标准煤, 其中以渔船能耗为主, 渔船年总柴油消耗量为 790 万吨, 占渔业总能耗的 70% 左右。在我国, 渔船能耗又以海洋捕捞渔船为主, 年柴油消耗量约 640 万吨, 是渔业耗能的主要领域^[1-2]。随着全球石油资源的日益减少, 燃油价格逐步攀升, 导致燃油成本占捕捞业生产总成本的比重越来越大, 在 60% ~ 70% 之间。另外, 渔船废气排放问题比较突出, 主要是 NO_x、CO、CO₂、HC、SO_x 等, 以 CO₂

的排放量最大, 是需要减排的主要温室气体。据测算, 我国海洋捕捞渔船的 CO₂ 排放量达到 $2\,001.5 \times 10^4$ t, 占渔船总量的 81%^[2]。可以看出, 捕捞业是我国渔业能耗和 CO₂ 排放的主要领域, 捕捞渔船的节能减排水平低, 潜力大, 应予以重点关注。生物柴油是一种清洁的可再生能源, 可减少人们对自然资源的消耗和对进口石油的依赖, 与石化柴油的性能相似, 其在船舶上的应用已引起世界的关注。目前, 国内外学者多是对生物柴油在陆用小型柴油机上的应用做了研究, 对其在船舶上应用的研究尚少^[3-7]。本文综合了投资成本、燃料成本估算出生物柴油在海洋捕捞渔船上的应用成本, 并对生物柴油减排效果做了分析。

1 生物柴油的特性

生物柴油是指以大豆、油菜籽等油料作物、

收稿日期: 2013-01-30 修回日期: 2013-04-26

基金项目: 上海市教育委员会 085 项目(B-5008-13-0101)

作者简介: 肖晓芸(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业政策与法规。E-mail: s. j-donghai@163. com

通信作者: 黄硕琳, E-mail: slhuang@shou. edu. cn

野生油料植物和工程微藻等水生植物油脂以及动物油脂、餐饮垃圾油等为原料油通过酯交换工艺制成的可代替石化柴油的再生性柴油燃料。作为一种生物质能,生物柴油含碳 77%,氢 12%和氧 11%,以及微量硫和氮,有着与石化柴油相似的特性,可以在柴油机不做任何改动的前提下直接使用或与石化柴油以一定比例调和使用。

渔船用燃油的质量指标包括密度、粘度、闪点、水分、热值、十六烷值、硫含量、酸值等。中国石化石油化学科学研究所《柴油机燃料调合用生物柴油(BD100)国家标准》的制定时,对国内 5 种生物柴油样品的上述指标进行了测量,将实测值与我国普通船用柴油标准进行对比如表 1^[8-11]。

表 1 生物柴油与船用柴油性质比较
Tab. 1 Characteristics comparison between biodiesel and marine diesel

项目	船用柴油	国内生物柴油样品实测值				
		1	2	3	4	5
密度(20℃)/(kg/m ³)	846	885.9	883.7	881.4	883.8	887.4
运动粘度(40℃)/(mm ² /s)	3.0~8.0	4.384	4.517	4.628	4.577	4.414
闪点(闭口)/℃	55	>170	170	>170	>170	137
水含量/%	-	0.077 8	0.035 3	0.071 6	0.089 8	0.110 2
热值/(kJ/g)	42.7	40.25	38.61	37.99	38.96	40.67
十六烷值	45	65.6	54.9	50.1	54.3	50.9
硫含量/%	0.07	0.002 4	0.000 2	0.008 8	0.008 3	0.000 2
酸值/(mg/g)	<0.5	0.72	0.38	0.51	0.59	2.73

生物柴油在闪点、十六烷值、硫含量方面优于船用柴油。闪点高表明生物柴油安全性能更好,便于储存、使用和运输;十六烷值关系到燃油注入发动机燃烧室后的点火延迟时间,因此生物柴油着火性好,燃烧速度快,燃烧更加充分,可降低柴油机尾气排放中 CO、CO₂、HC 的量;生物柴油几乎不含硫,因此二氧化硫和硫化物的排放低。但生物柴油的水含量和酸值明显高于船用柴油,具有一定的腐蚀性;热值低于船用柴油,对发动机的功率会有一定影响。

2 海洋捕捞渔船掺烧生物柴油的分析

生物柴油与石化柴油性能上的相似性决定了其可以作为渔船发动机的另一种燃料源。闪点、十六烷值、硫含量、氧含量等方面的优势可以使生物柴油在渔船上的应用得到保证。然而动力性和腐蚀性是燃料性能的重要评价指标,因此在应用生物柴油时必须注意其对渔船发动机动力性和腐蚀性的影响。结合生物柴油的特性,对海洋捕捞渔船掺烧生物柴油进行以下分析。

(1) 渔船燃油消耗量大,没有方便快捷的加油设施,需随船携带大量燃油,因此在海洋捕捞渔船上掺烧生物柴油需要添加生物柴油燃油舱。并且,生物柴油是由脂肪酸甲酯组成的,其中的碳碳双键极易发生氧化反应而导致生物柴油变质,因此生物柴油燃油舱要用惰性气体保护。

(2) 生物柴油热值较船用柴油低,因此在发

动机不做任何改动的情况下,每循环供油体积相同,则生物柴油会导致发动机有效功率下降。然而我国目前允许在石化柴油中掺混的生物柴油比例尚低,因此对发动机动力性能的影响很少。另外,生物柴油氧含量显著高于船用柴油,有助于燃料的充分燃烧,可以弥补因热值低而可能导致的功率下降的问题。因此,在海洋捕捞渔船发动机中掺烧低比例生物柴油不必对喷油设施做出改进。

(3) 生物柴油含有微量的甲醇和甘油,因此酸性较船用柴油高,且水含量较高。长期使用会使渔船发动机内的橡胶零件软化或裂化,并对发动机的金属部件有微小的腐蚀作用。这就需要渔船发动机部件中可能与生物柴油发生溶胀作用的天然橡胶或丁腈橡胶零件改换成耐腐蚀的氟橡胶,并减少燃油系统中的铜质部件。

(4) 生物柴油含有微量游离甘油,因此润滑性能较船用柴油好。润滑性能对发动机的运转和寿命至关重要,海洋捕捞渔船掺烧生物柴油可降低发动机供油系统和缸套的摩擦损失,延长发动机的使用寿命,降低维修成本。

3 海洋捕捞渔船用生物柴油的减排成本分析

生物柴油用于高能耗、高成本的海洋捕捞渔船以达到节能效果具有一定的理论可行性。我国于 2010 年 2 月 1 日颁布的《生物柴油调合燃料

(B5)》标准也规定 2% ~ 5% (体积分数) 生物柴油 (BD100) 与 95% ~ 98% 石油柴油的调合燃料适用于船舶发动机^[12]。然而实际中,生物柴油能否真正用于渔船发动机并得到推广,首要原则还是要衡量其经济可行性。

目前,我国船用柴油价格在 8 400 元/t 左右,以餐饮废弃油脂为原料生产的生物柴油价格在 7 200 元/t 左右,比船用柴油价格低,具有一定的市场竞争力。然而,对生物柴油经济性的衡量不能只考虑燃料成本,还要考虑其用于海洋捕捞渔船上增加的改造成本和减少的维修费用等。对海洋捕捞渔船的改造成本,包括生物柴油燃油舱的建设、金属部件及橡胶部件的更换等,初步估计在 8 万元左右。每年减少的维修费用估计在 2 000 元左右^[13]。

如果综合考虑生物柴油的燃料成本和发动机改造成本及维修费等,那么其经济性可通过以下公式衡量:

$$\Delta C = \sum_{i=1}^n (\Delta C_1 - \Delta C_2) + \Delta C_3 \quad (1)$$

式中: ΔC 为捕捞渔船发动机燃烧生物柴油相对于石化柴油的年成本变化量; ΔC_1 为燃料年费用差; ΔC_2 为渔船每年减少的维修费用; ΔC_3 为渔船发动机改造成本; n 为渔船使用年限。

$$\Delta C_1 = P_b \left(\frac{E_m}{\rho_m} \beta \right) \rho_b - \beta P_m E_m \quad (2)$$

式中: P_m 为重柴油价格; P_b 为生物柴油价格; E_m 为渔船年能耗量; β 为生物柴油掺混比例 5% 体积分数^[12]; ρ_m 为柴油密度为 0.84 g/cm³; ρ_b 为生物柴油密度为 0.88 g/cm³。

我国拥有海洋捕捞机动渔船 20 余万艘,以年柴油消耗 6.4 × 10⁶ t 计,平均每条船年消耗柴油总量约 32 t;若以 5% 体积分数的生物柴油替代石化柴油计算,则平均每艘海洋捕捞机动渔船年可节约燃油成本 $\Delta C_1 = 7200 \times (32 \div 0.84 \times 0.05) \times 0.88 - 0.05 \times 8400 \times 32 \approx -1371$ 元。

若以渔船平均寿命 20 年计^[14],则 $\Delta C = \sum_{i=1}^{20} (-1371 - 2000) + 80000 = 12580$

通过分析可以看出,相对于普通船用柴油,生物柴油更廉价,在海洋捕捞渔船上掺烧生物柴油可以降低渔民的生产成本,但同时也需付出较高的渔船改造费用。如果由渔民承担所有的渔船改造费用,在渔船有限寿命内根本收不回改造

成本,这就限制了渔民减排的积极性。

4 海洋捕捞渔船用生物柴油的减排效益分析

海洋捕捞渔船上掺烧生物柴油的二氧化碳减排量可通过以下模型计量:

$$\Delta T_c = E_m \times \beta (\varphi_m - \varphi_b) \quad (3)$$

式中: ΔT_c 为使用生物柴油二氧化碳减排量; E_m 为海洋捕捞渔船年均消耗柴油量 32 t,合 38 080 L; φ_m 为柴油二氧化碳排放系数 2.7 kgCO₂/L; φ_b 为生物柴油二氧化碳排放系数 2.35 kgCO₂/L。

则 $\Delta T_c = 32 \times 1190 \times 0.05 \times (2.7 - 2.35) = 666.4$ kg ≈ 0.67 t,仍以全国海洋捕捞渔船 20 万艘算,全国海洋捕捞渔船每年可减排二氧化碳约 13.4 万吨。

假设碳减排额度可通过清洁发展机制 (CDM) 或排放贸易机制 (ET) 交易,则碳减排产生的经济效益为^[15]:

$$B = \Delta T_c P_c \quad (4)$$

式中: P_c 为碳交易基准价格,目前,国际上碳交易的基准价格为 4 欧元/吨左右,^[16]折算成人民币 32 元左右,则 $B = 13.4 \times 10^4 \times 32 = 428.8$ 万元

生物柴油对于捕捞渔船二氧化碳的减排效益是可观的,然而目前这只是一个隐形的社会环境效益,并不能给捕捞渔船生产带来直接的经济利益。

5 结论及建议

生物柴油在渔船上的应用不存在重大的技术障碍,海洋捕捞渔船掺烧生物柴油具有一定的经济优势但需付出较高的船舶改造成本限制了其应用。生物柴油的可再生性和环保性显著,能创造较高的社会环境效益,可以有效促进我国减排目标的实施。为了促进生物柴油能大规模用于渔船上,解决捕捞渔船能耗大、成本高、排放重的难题,提出以下建议和措施:

(1) 国家应充分考虑我国渔船的现状和经济发展要求,针对渔船的特殊性,制定详细的、符合国情的、具有可操作性的“渔船大气污染防治规定”,制定相应的排放标准。

(2) 政府应积极组织科研团队加大对船用生物柴油的研究力度,包括船用生物柴油的动力性、经济性和排放性能、应用技术,及对渔船发动

机的改造方案等。

(3) 加大对渔船用生物柴油的宣传力度, 预备一定的财政资金用于支持渔民对渔船发动机进行改造, 以降低减排成本, 激发渔民减排的积极性。

(4) 制定相应的生物柴油补贴政策, 对使用生物柴油进行渔船减排的渔民必要的经济支持以进行激励引导。

参考文献:

- [1] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 262-266.
- [2] 张祝利, 王玮, 何雅萍. 我国渔船作业过程碳排放的估算[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(6): 848-852.
- [3] 蒋更红, 胡以怀. 生物柴油应用现状和船用前景[J]. 航海技术, 2011(4): 63-66.
- [4] 胡以怀, 张华武, 杨少波, 等. 生物柴油在船用发动机上的应用探讨[J]. 中国航海, 2010, 33(3): 39-41.
- [5] 马林才, 周志国, 夏良耀, 等. 船用生物柴油的理化指标及台架试验研究[J]. 江苏科技大学学报: 自然科学版, 2012, 26(2): 154-158.
- [6] LIN C Y, HUANG T H. Cost-benefit evaluation of using biodiesel as an alternative fuel for fishing boats in Taiwan [J]. Marine Policy, 2012, 36: 103-107.
- [7] 孔德芳, 沈颖刚, 彭益源, 等. 生物柴油的理化特性对柴油机性能的影响研究[J]. 内燃机, 2009(1): 25-29.
- [8] 中国国家标准化管理委员会. GB 252-2011, 普通柴油[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [9] 中国石化石油化工科学研究院. 柴油机燃料调合用生物柴油(BD100)国家标准的制定[M]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [10] 刘大学, 夏良耀, 陈文华, 等. 生物柴油与石化柴油的理化特性及质量标准比较[J]. 内燃机, 2009(5): 50-54.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 20828-2007, 柴油机燃料调合用生物柴油(BD100)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 25199-2010, 生物柴油调合燃料(B5)标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [13] 孙领, 罗佳嘉, 朱昱音. 船舶大型化趋势下新能源的经济可行性分析[J]. 珠江水运, 2013(5): 62-64.
- [14] 袁士春, 罗福才, 张旭. 中国渔船寿命的研究与探讨[J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(4): 326-330.
- [15] 刘兰菊. 我国清洁能源碳减排效益分析及发展顺序[J]. 水电能源科学, 2012, 30(8): 211-214.
- [16] Thomson Reuters Point Carbon's OTC price [DB/OL]. <http://www.pointcarbon.com/news/euets/>. 2013-4-3.

Cost-benefit analysis of marine fishing vessels using biodiesel for emission reduction

XIAO Xiao-yun¹, HUANG Shuo-lin²

(1. College of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Marine fishing industry is the main field of energy consumption and carbon dioxide emission. Fishing vessels are with low level and have large potential of energy saving. This paper summarized the present status of the fishing vessels energy consumption and emissions in China, analyzed the characteristics of the biodiesel and the advantages and disadvantages as an alternative fuel, proposed the improving measures to blend biodiesel in diesel engines according to the features of marine fishing vessels. It performed a cost-benefit analysis for the energy saving effect of blending 5% biodiesel in fishing boat energy. The results showed that there would be an average reduction about 1 371 yuan in fuel costs and 2 000 yuan in maintenance costs per year per ship if blending 5% biodiesel in marine fishing vessels, but an expensive cost of renovation. If all of Chinese diesel marine fishing vessels were blended 5% biodiesel, there would be a reduction of carbon dioxide emissions each year nearly 134 000 tons, thus it would produce more than 4 million yuan of social environmental benefits each year according to the current international carbon trading price. Biodiesel has certain economic advantages and significant environmental performance that can promote energy conservation of China's marine fishing vessels and implementation of national emission reduction targets.

Key words: fishing vessels; energy saving; biodiesel; cost; benefit