

文章编号: 1674 - 5566(2010)06 - 0848 - 05

## 我国渔船作业过程碳排放的估算

张祝利<sup>1,2</sup>, 王 玮<sup>2</sup>, 何雅萍<sup>2</sup>

(1. 农业部渔业装备与工程重点开放实验室, 上海 200092;

2. 国家渔业机械仪器质量监督检验中心, 上海 200092)

**摘 要:** 渔业是农业温室气体的重要排放源之一, 应积极研究并采取有效措施控制渔业的温室气体排放。本研究依据《中国统计年鉴》、国民经济和社会发展统计公报和《中国渔业统计年鉴》提供的数据资料, 以及中国水产科学院渔业机械仪器研究所 2008 年至 2009 年的渔船能耗与节能技术调研结果, 采用 ORNL 提出的 CO<sub>2</sub> 排放量的计算方法, 对我国渔船的 CO<sub>2</sub> 排放量进行了估算, 结果表明: 2008 年我国渔船的碳排放量为 673.2 × 10<sup>4</sup> t, 折算成 CO<sub>2</sub> 量为 2 470.6 × 10<sup>4</sup> t, 2007 年我国捕捞作业单位产值碳排放量为 2.06 kg/元, 是农、林、牧、渔、水利行业平均水平的 3.4 倍。海洋捕捞渔船是我国渔船能耗和 CO<sub>2</sub> 排放的主要领域; 海洋拖网作业和刺网作业渔船是我国海洋捕捞 CO<sub>2</sub> 排放的主要来源。分析了我国渔船高耗能及高碳排放的主要因素, 为有关部门制定节能减排措施提供科学依据。

**关键词:** 碳排放量; 估算; 作业; 渔船; 我国

**中图分类号:** X 38      **文献标识码:** A

## The calculation of emissions of carbon during the process of fishing boats operations in China

ZHANG Zhu-li<sup>1,2</sup>, WANG Wei<sup>2</sup>, HE Ya-ping<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture, Shanghai 200092, China;

2. The National Supervision and Testing Center of Fishery Machinery and Instrument, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Fishery is one of the important emission source of greenhouse gases in agriculture. We should take effective measures to control the emissions of greenhouse gases from fishery. This article is based on < China Statistical Yearbook > , the communiqué of the Stat. about national economy and social development , the data from < China Fishery Statistical Yearbook > and the research result of fishing boats' power consumption and energy-saving technology during 2008 to 2009 by Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences. Taking the method of calculation of the emissions of carbon by ORNL, we calculate the emissions of carbon of the fishing boats in China. The result shows: The emissions of carbon are 6.732 million tons, converting to the emissions of carbon dioxide that is 24.706 million tons. The emission of carbon that is from each units production value is 2.06 kg per Yuan, which is 3.4 times more than the average of agriculture、forestry、stock raising、fishery、water conservancy. Ocean fishing industry is the most primary area of fishing boats' power consumption and carbon dioxide's emissions. Ocean trawling and

收稿日期: 2010-03-23

基金项目: 中国清洁发展机制项目(0810010)

作者简介: 张祝利(1964 -), 男, 高级工程师, 主要从事渔业节能减排及装备性能与标准化方面的研究。Tel: 021 - 35014016; E-mail: zhangzhuli@fmiri.ac.cn

gillnetter is the most primary source of the emissions of carbon dioxide in Ocean fishing industry. We have analyzed the most important factor of high power consumption and the emissions of carbon dioxide, providing the scientific foundation to working out measures for energy saving and pollutant reduction.

**Key words:** The emissions of carbon; calculation; operation; fishing boats; china

温室效应导致全球变暖是当今人类面临的巨大挑战。科学地揭示我国经济发展与温室气体排放间的相依关系和演化规律,探讨相应的对策已刻不容缓。农业是温室气体的主要排放源<sup>[1]</sup>,渔业对温室气体排放的贡献作用明显,研究渔船渔机温室气体排放现状,分析渔业节能减排的政策措施和技术应用建议,提高渔业节能减排水平,对现代农业的发展,具有重大意义。

大气中 CO<sub>2</sub> 等温室气体的含量增多,导致温室效应增强,气温升高,对自然、经济、社会产生深远影响。据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 研究发现,自工业化时期以来,人类通过燃烧化石燃料向大气中排放的 CO<sub>2</sub> 占全球 CO<sub>2</sub> 排放总量的 95% 以上,是引起大气增温的主要原因<sup>[1]</sup>。

根据美国冒纳罗亚气象台 2004 年记录的数据<sup>[2]</sup>,大气中二氧化碳平均浓度已经达到了 379 ppm,比一年前上升了 3 ppm,创下了历史新高。在全球的排放 CO<sub>2</sub> 中,虽然船舶排放的 CO<sub>2</sub> 占的比例不大(约占世界总排量的 3%),但随着世界贸易活动日益加剧,往返于世界各大港口的船舶越来越多,船舶排放的温室气体影响也越严重。对此,IMO 在 2003 年 11 月进行了专门的研究和讨论,其下所设立的委员会批准了 IMO 关于“减少船舶温室气体排放的政策和实施”的大会 A. 963(23) 决议<sup>[3]</sup>。

中国水产科学院渔业机械仪器研究所(以下简称“渔机所”)(2008-2009)渔业能耗调查测算结果是:我国渔业生产能源消耗总量为  $1\ 754.0 \times 10^4$  t 标准煤,占第一产业能耗的 21.2%。渔船年总燃油消耗为  $790 \times 10^4$  t,折合标准煤  $1\ 151.1 \times 10^4$  t,占渔业总能耗的 65.6%;渔业船舶中,海洋捕捞渔船约  $640 \times 10^4$  t,内陆捕捞渔船  $40 \times 10^4$  t,捕捞辅助渔船  $60 \times 10^4$  t,养殖渔船  $30 \times 10^4$  t,其它渔船  $20 \times 10^4$  t。显然渔业是农业能耗和温室气体排放的重要组成部分,海洋捕捞业是渔业化石能源消耗及碳排放的主要领域,是渔业行业实施温室气体减排的主要对象。

本研究依据《中国统计年鉴》<sup>[4]</sup>、国民经济和社会发展统计公报<sup>[5]</sup>、和《中国渔业年鉴》<sup>[6]</sup>提供的数据,结合渔机所 2008 年至 2009 年的渔船能耗与节能技术调研结果,利用 ORNL<sup>[7]</sup> (Oak Ridge National Laboratory) 提出的 CO<sub>2</sub> 排放量的计算方法对我国渔船的 CO<sub>2</sub> 排放量进行估算和分析,为有关部门制定 CO<sub>2</sub> 减排措施提供科学依据。

## 1 数据与方法

### 1.1 数据来源

全国和第一产业能源消耗量数据来自《中国统计年鉴》<sup>[4]</sup>,产值数据来自 2007 年国民经济和社会发展统计公报<sup>[5]</sup>,全国、各省及不同作业方式渔船数量、总功率和捕捞作业的年产值数据来自《中国渔业年鉴》<sup>[6]</sup>中统计数据。全国、各省及不同作业方式渔船耗油量数据取自渔机所渔业能耗调查(2008-2009)测算结果。

### 1.2 计算方法

碳排放量的计算过程引用了 1990 年美国橡树岭国家实验室 (ORNL) 提出的化石燃料燃烧排放二氧化碳的计算方法<sup>[7]</sup>,计算公式如下:

$$Q_c = Q_E \times F_c \times C \times \xi \quad (1)$$

式中:  $Q_c$  为碳量 (t);  $Q_E$  为有效氧化分数为 0.982;  $F_c$  为每吨标煤含碳量为 0.732 57;  $C$  为耗煤量;  $\xi$  为在获得相同热能的情况下,燃油排放二氧化碳与燃煤排放二氧化碳的比值,为常数 0.813。

$$Q_{CO_2} = Q_c \times \omega \quad (2)$$

式中:  $Q_{CO_2}$  为 CO<sub>2</sub> 排放量;  $\omega$  为碳换算二氧化碳常数 3.67(以 CO<sub>2</sub> 的碳含量为 27.27% 计算)。

## 2 结果与分析

### 2.1 渔船碳排放总量估算

表 1 可知,2007 年全国机动渔船生产过程的碳排放总量为  $673.2 \times 10^4$  t,折算成 CO<sub>2</sub> 排放量为  $2\ 470.5 \times 10^4$  t,其中海洋捕捞渔船的碳排放量

为  $545.4 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量达到  $2\,001.5 \times 10^4$  t, 占渔船总  $\text{CO}_2$  排放量的 81%; 内陆捕捞船的碳排放量为  $58.3 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量为  $125.1 \times 10^4$  t, 捕捞辅助船的碳排放量为  $87.4 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量为  $187.6 \times 10^4$  t, 养殖产业用船的碳排放量为  $43.7 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量为  $93.8 \times 10^4$  t, 其它渔船的碳排放量为  $29.1 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量为  $62.5 \times 10^4$  t。由此可见, 海洋捕捞渔船是我国渔船能耗和  $\text{CO}_2$  排放的主要领域。

2007 年全国的能源消耗量为  $265\,583 \times 10^4$  t 标准煤, 第一产业(农、林、牧、渔、水利)的能源消

耗量  $8\,244.57 \times 10^4$  t 标准煤<sup>[4]</sup>。计算可得, 全国和第一产业的  $\text{CO}_2$  排放量分别为  $570\,056 \times 10^4$  t 和  $17\,696 \times 10^4$  t。2007 年, 我国单位国内生产总值为 246 619 亿元, 第一产业总产值为 28 910 亿元<sup>[4]</sup>, 我国捕捞作业的总产值为 1 201 亿元<sup>[6]</sup>, 计算得 2007 年我国单位国内生产总值二氧化碳排放量为 2.31 kg/元, 第一产业单位产值碳排放量为 0.61 kg/元, 捕捞作业单位产值碳排放量为 2.06 kg/元, 我国捕捞作业的单位产值碳排放量是农、林、牧、渔、水利行业平均水平的 3.4 倍, 捕捞渔船的能源利用率远低于农业平均水平。

表 1 全国机动渔船碳排放量估算表

Tab. 1 Estimation of Carbon Emissions from Fishing Motorboat in China

| 项目                           | 捕捞产业船   |       |       | 养殖产业用船 | 其它渔船 | 合计      |
|------------------------------|---------|-------|-------|--------|------|---------|
|                              | 海洋捕捞船   | 内陆捕捞船 | 捕捞辅助船 |        |      |         |
| 船数( $10^4$ 艘)                | 20.7    | 17.3  | 2.3   | 16.1   | 1.3  | 57.7    |
| 吨位( $10^4$ t)                | 564.1   | 72.2  | 66.1  | 63.8   | 14.5 | 780.7   |
| 功率( $10^4$ kW)               | 1 260.4 | 173.0 | 117.9 | 175.6  | 37.9 | 1 764.8 |
| 耗油量( $10^4$ t)               | 640.0   | 40.0  | 60.0  | 30.0   | 20.0 | 790.0   |
| 折合标准煤( $10^4$ t)             | 932.5   | 58.3  | 87.4  | 43.7   | 29.1 | 1 151.0 |
| 碳排放量( $10^4$ t)              | 545.4   | 34.1  | 51.1  | 25.6   | 17.0 | 673.2   |
| $\text{CO}_2$ 排放量( $10^4$ t) | 2001.5  | 125.1 | 187.6 | 93.8   | 62.5 | 2 470.5 |

## 2.2 主要作业渔船碳排放量估算

表 2 可知, 2007 年我国海洋捕捞作业拖网渔船生产过程的碳排放总量为  $319.6 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量为  $1\,172.9 \times 10^4$  t, 占海洋捕捞作业渔船总  $\text{CO}_2$  排放量的 58.6%, 刺网渔船的碳排放量为  $119.3 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量为  $437.9 \times 10^4$  t, 占 21.9%; 张网渔船的碳排放量为  $21.3 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量为  $78.1 \times 10^4$  t, 占 3.8%; 围网渔船的碳排放量为  $12.8 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量达到  $47.0 \times 10^4$  t, 占 2.4%; 钓具渔船的碳排放量为  $38.3 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量

达到  $140.6 \times 10^4$  t, 占 7.0%; 其他渔船的碳排放量为  $34.1 \times 10^4$  t, 折算成  $\text{CO}_2$  排放量达到  $125.1 \times 10^4$  t, 占 6.3%。

拖网渔船和刺网渔船  $\text{CO}_2$  排放量合计为  $1\,610.8 \times 10^4$  t, 占海洋捕捞作业渔船总  $\text{CO}_2$  排放量的 80.5%, 拖网和刺网作业渔船是我国海洋捕捞  $\text{CO}_2$  排放的主要来源。渔机所渔业能耗调查(2008-2009)测算结果表明, 海洋捕捞的不同作业方式中, 获得同等产量, 拖网和刺网作业的能耗要比张网、围网高出 2.8~4.5 倍, 这与作业方式及作业过程对动力的依赖程度有关。

表 2 全国海洋捕捞渔船碳排放量估算表

Tab. 2 Estimation of Carbon Emissions from Ocean Fishing Boats in China

| 项目                           | 拖网      | 刺网    | 张网    | 围网   | 钓具    | 其它    | 合计      |
|------------------------------|---------|-------|-------|------|-------|-------|---------|
| 船数( $10^4$ 艘)                | 4.4     | 9.1   | 2.7   | 0.7  | 1.2   | 2.7   | 20.8    |
| 功率( $10^4$ kW)               | 668.0   | 282.7 | 107.6 | 52.7 | 64.7  | 84.7  | 1 260.4 |
| 耗油量( $10^4$ t)               | 375.0   | 140.0 | 25.0  | 15.0 | 45.0  | 40.0  | 640.0   |
| 折合标准煤( $10^4$ t)             | 546.4   | 204.0 | 36.4  | 21.9 | 65.5  | 58.3  | 932.5   |
| 碳排放量( $10^4$ t)              | 319.6   | 119.3 | 21.3  | 12.8 | 38.3  | 34.1  | 545.4   |
| $\text{CO}_2$ 排放量( $10^4$ t) | 1 172.9 | 437.9 | 78.1  | 47.0 | 140.6 | 125.1 | 2001.5  |

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

2007 年我国渔船的碳排放量为  $673.2 \times 10^4$  t,折算成  $\text{CO}_2$  量为  $2\,470.5 \times 10^4$  t,捕捞作业单位产值碳排放量为 2.06 kg/元,是农、林、牧、渔、水利行业平均水平的 3.4 倍,捕捞渔船的能源利用率远低于农业平均水平。海洋捕捞渔船的  $\text{CO}_2$  排放量达到  $2\,001.5 \times 10^4$  t,占渔船总量的 81%,是我国渔船能耗和  $\text{CO}_2$  排放的主要领域;海洋拖网作业和刺网作业  $\text{CO}_2$  排放量合计是海洋捕捞作业  $\text{CO}_2$  排放总量的 80.5%,是我国海洋捕捞  $\text{CO}_2$  排放的主要来源。

#### 3.2 影响碳排放的主要因素

##### 3.2.1 渔船老化现象严重,设备落后,机械性能下降

受生产力水平的限制、捕捞渔业资源衰退的影响,我国渔船装备经历上世纪八十年代以后的迅猛发展,许多渔船使用至今,装备老化问题严重。张祝利等统计数据表明<sup>[8]</sup>:目前正在渔船上使用的渔船柴油机已使用 5 年以上的占 80%,已使用 10 年以上的占 54%。实际应用的柴油机老化现象严重,新型的高效节能设备使用比例很低;有 40% 的动力机械使用时间可能在 10 年以上,尤其是主机、辅机等动力机械,机械效率进入快速衰减期,无用功增加,有用功减少,效率较原性能明显下降。如果机械效率下降 10%,意味着这部分的燃油消耗被浪费,碳排放则显著增加。

##### 3.2.2 渔船船型杂乱,阻力性能优化度低,船机桨匹配差异较大

船型是不同作业方式渔船综合性能优化的集中体现。由于渔船建造的市场化放开和标准化建设的落后,我国渔船船型的随意性很大,任意建造、船型多种多样。船厂听由船主的要求,而船主则缺乏对渔船适航性、安全性和经济性理念,根据个人使用经验和喜好,建造时随意变更设计或施工图纸,对船舶的稳性和强度留下极大的隐患,并因改变技术尺寸后的船体使用时经济性差而可能耗费更多的能源,排放更多的  $\text{CO}_2$ 。由于渔船建造的规范性差、优化度不够,我国渔船的主机配置、船机桨匹配存在着很大的差异,同种作业渔船在同一海区、相同作业方式、同样

功率配备条件下船长和螺旋桨配置的随意性大,往往不能匹配而导致作业效率低下,能耗及排放增加。船型和船机桨的配置如何决定了渔船在航行和作业时的阻力性能和安全性能,经过优化设计的科学船型,比落后船型节省燃油达 20% ~ 30%<sup>[9]</sup>。

##### 3.2.3 木质渔船能耗高、安全性差,但仍是我国捕捞渔船的主体

木质渔船仍是我国捕捞渔船的主体,我国木质渔船数量占总渔船数的 80.5%,钢质渔船数量占总渔船数的 12.9%,玻璃钢渔船数量仅占总渔船数的 5.2%<sup>[10]</sup>。木质渔船的造价最低,但需要耗用大量的木材,建造主要依靠工匠的经验和手艺,几乎不需要图纸和标准化的检验手段,船体阻力不可控,与水体接触阻力大,航行能耗较高,安全隐患大,木质渔船的建造与使用,不但对减少温室气体浓度作用巨大的森林碳汇功能破坏严重,且碳排放也更高。钢质渔船可以依靠现代化的建造方式,船型便于优化,阻力小,节能效果明显,安全性有保障。由于钢质渔船的造价高于木质渔船,许多渔民不愿选用。玻璃钢渔船具有稳性好、航速快、使用寿命长、阻力小、热阻大等特点,具有良好的耐腐蚀性和保温性,节能减排效果显著,但由于玻璃钢渔船造价较木质船约高 50% 以上,比钢质船高 25% 左右,初期投资成本过高,建造时材料和工艺要求较为严格,应用时还受制于渔港条件,目前渔民较难接受。

#### 3.3 渔船碳减排的建议

2008 年荷兰环境评估局(PBL)发布报告指出:中国是 2007 年最大的  $\text{CO}_2$  排放国, $\text{CO}_2$  排放比美国高出约 14%,并占全球排放增长量的 2/3<sup>[11]</sup>。面对国际上要求中国减排呼声的高涨,中国面临很大的减排压力。为此,中国政府已经承诺作为一个负责任的政府,将共同应对全球气候变暖问题,2009 年 11 月 25 日中国政府宣布了到 2020 年控制温室气体排放的行动目标,即单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年降 40% ~ 45%<sup>[12]</sup>,彰显了我国在温室气体排放方面认真履行国际义务的决心和信心。我国捕捞作业的单位产值碳排放量远高于农、林、牧、渔、水利行业的平均水平,要实现我国渔业节能减排目标,捕捞作业的单位产值碳排放量应在 2.06 kg/元基础上下降 40% 以上,即下降 0.82 kg/元以上,捕捞渔船节能

减排工作任重道远。为此,有如下建议:其一,应充分发挥行业管理的引导作用,通过政策指引和专项支持,加强船舶节能技术集成创新,体现节能增效的示范效应;其二,应致力于推进标准化渔船建设,以拖网和刺网作业渔船为对象,加强船舶节能技术集成创新,形成标准化船型和技术规范,提高捕捞单产效益;其三,应推进新建渔船玻璃钢化,改变木质渔船的落后状况,提高节能效应;其四,应鼓励现有渔船更换节能型机具,按照国家农机补贴的支持方向,具有节能减排效能的捕捞机械,包括节能型船用柴油机、液压起网机、船用风力发电装置等产品应该重点考虑纳入;其五,应通过宣传、示范和培训,形成渔民广泛参与的局面,让渔民群众深切感受实施渔业节能减排在增加收入、改善农村生活环境等方面的实惠,树立节能减排的意识,自觉遵守生产规程,成为渔业节能减排事业的主要参与者。

#### 参考文献:

- [1] IPCC. 政府间气候变化专业委员会 (IPCC) 第 4 次评估报告 [R/OL]. [2010 - 03 - 10]. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>.
- [2] 新浪科技时代网. 观测显示地球大气中二氧化碳含量增长加快 [EB/OL] // [2010 - 03 - 10]. <http://tech.sina.com.cn/other/2004-03-22/1759337425.shtml>.
- [3] 范云志. 如何面对船舶大气污染 [J]. 中国船检, 2004, (10): 58 - 59.
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴 2008 [R]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [5] 国家统计局网站. 2007 年国民经济和社会发展统计公报 [R/OL]. 2008, [2010 - 03 - 10]. [http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/t20080228\\_402464933.htm](http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/t20080228_402464933.htm).
- [6] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴 2008 [R]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [7] ORNL. Estimate of CO<sub>2</sub> emission from fossil fuel burning and cement manufacturing [M]. ORNL/CD IAC225. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA, 1990.
- [8] 张祝利, 曹建军, 何雅萍. 我国渔船柴油机和节油产品应用现状调查与分析 [J]. 渔业现代化, 2009, 36, (4): 66 - 70.
- [9] 梁耀志, 邱建新. 浅析内河节能船型的选择和推广 [J]. 经济与社会发展, 2008, 6(9): 110 - 112.
- [10] 徐皓, 张祝利, 赵平. 我国渔船耗能调查与分析 [J]. 中国水产, 2009, (9): 5 - 7.
- [11] 新浪网. 荷兰环境评估局: 中国成最大二氧化碳排放国 [EB/OL] // 2007 [2010 - 03 - 10]. <http://tech.sina.com.cn/d/2007-06-22/11441577947.shtml>.
- [12] 中国日报网. 中国承诺大幅降低单位 GDP 碳排放 [EB/OL] // 2009 [2010 - 03 - 10]. [http://www.chinadaily.com.cn/hqzx/09gbhg/2009-12/04/content\\_9117667.htm](http://www.chinadaily.com.cn/hqzx/09gbhg/2009-12/04/content_9117667.htm).