

# 基于资源-经济模型的莱州湾中国对虾增殖放流管理

于宁<sup>1</sup> 王茂剑<sup>1</sup> 吕振波<sup>1\*</sup> 徐炳庆<sup>1</sup> 王四杰<sup>2</sup> 涂忠<sup>2</sup> 李凡<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 山东省海洋生态修复重点实验室 山东省海洋水产研究所, 烟台 264006)

(<sup>2</sup> 山东省海洋捕捞生产管理站, 烟台 264001)

**摘要** 利用2011年莱州湾中国对虾放流回捕生产调查统计和生物学测定数据, 构建了包括资源模块、经济模块、决策模块的资源-经济模型, 模拟了不同管理决策对放流经济效果的影响。结果表明, 放流规模和捕捞强度不变时延迟开捕, 总成本降低, 渔民捕捞收益和社会经济效益先增加后减少, 存在一个使放流经济效益达到最大值的最佳开捕日期: 例如, 当放流规模为738亿尾、捕捞死亡系数为0.03时, 10月8日开捕可以获得最大的社会经济效益19.30万元; 放流规模和开捕日期不变时扩大捕捞力量, 总成本增加, 同样存在一个最优捕捞规模使放流经济效益达到最大, 但并非捕捞规模越大获得的经济收益越大; 开捕日期和捕捞规模不变时, 社会经济效益与放流规模成正比。在放流实践中, 管理者应合理设置放流数量、捕捞规模和开捕日期, 通过科学管控争取达到最佳的放流效果。

**关键词** 中国对虾 Beverton-Holt模型 社会经济效益 管理决策

**中图分类号** S937 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)05-0008-09

## Stock enhancement management of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* in Laizhou Bay based on resource-economy model

YU Ning<sup>1</sup> WANG Mao-jian<sup>1</sup> LÜ Zhen-bo<sup>1\*</sup> XU Bing-qing<sup>1</sup>  
WANG Si-jie<sup>2</sup> TU Zhong<sup>2</sup> LI Fan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Shandong Provincial Key Laboratory of Restoration for Marine Ecology, Shandong Marine and Fishery Research Institute, Yantai 264006)

(<sup>2</sup> Marine Fishing Management Station of Shandong Province, Yantai 264001)

**ABSTRACT** Scientific management decision is of vital importance to improve the economic benefit of stock enhancement. Based on the fishing yield data and biological measurement of shrimp stock enhancement recapture in Laizhou Bay in 2011, we built a resource-economy model which includes resource, economy and decision components for policy simulation. If the opening date for fishing were delayed while the amount of juveniles and vessels were maintained, the total cost would decrease, the fishing income and social-economic benefit would first increase and then decrease, and there is an optimal opening date for fishing to maximize the benefit of en-

山东省软科学研究计划项目(2012RKB12001)、山东省中国对虾资源增殖绩效评价项目、水生动物营养与饲料“泰山学者”岗位经费共同资助  
\* 通讯作者。E-mail: ytlvzhenbo@163.com

收稿日期: 2012-10-26; 接受日期: 2013-01-04

作者简介: 于宁(1982-), 女, 博士研究生, 主要从事渔业经济与管理研究。E-mail: yuning\_qq@hotmail.com, Tel: (0535)6375380

hancement. For example, when 738 million juveniles were released and fishing mortality coefficient was 0.03, the maximum social-economic benefit could be obtained if the opening date for fishing were October 8. If the amount of vessels was increased while the quantity of juveniles and the opening date were maintained, the total cost would increase, but an optimal number of vessel also existed, though more vessels may not mean greater benefit. The social-economic benefit is proportional to the amount of juveniles on the condition of opening date and quantity of fishing vessels unchanged. Management authority should set up reasonable opening date for fishing and optimum amount of juveniles and vessels to achieve the best effect of stock enhancement.

**KEY WORDS** *Fenneropenaeus chinensis* Beverton-Holt model  
Socio-economic benefits Management decision

中国对虾 *Fenneropenaeus chinensis* 是一种经济价值非常高的暖水性、长距离洄游的大型底栖性虾类,主要分布在渤海、黄海,少量生活在东海北部和南海珠江口附近。20世纪70年代,莱州湾曾是渤海秋汛对虾渔业的重要渔场,产量约占整个渤海的1/3(邓景耀等 2000)。到20世纪90年代,渤海对虾的补充量大幅度下降,秋汛平均渔获量仅为2 022 t,90年代后期则不足1 000 t,因大量捕捞亲虾而不断加剧的补充型捕捞过度是渤海对虾补充量大幅度连年下降的主要原因(邓景耀等 2001)。

增殖放流既是养护水生生物资源、修复水域生态的重要措施,同时也是促进渔民增收、渔业增效的重要手段。1984年开始,山东省率先在黄海中西部青海渔场、海洋岛渔场以及渤海开展中国对虾种苗的生产性放流(邓景耀 1997)。到20世纪80年代末,我国海洋生物资源增殖放流开始呈现规模化发展(刘莉莉等 2008)。截至2008年,山东省累计放流平均体长25 mm以上的中国对虾143.8亿尾(张秀梅等 2009)。中国对虾已经成为我国增殖放流经济种类中技术最成熟、规模最大、效益最好的品种。

国内外学者对增殖放流的研究大多集中在技术层面,例如苗种繁育和质量(Fushimi 2001; Vay *et al.* 2007)、最佳放流时间、地点和苗种规格(叶昌臣 1986; 张澄茂等 2000; Sánchez-Lamadrid 2002、2004)、标志放流生物分布及生长参数和成活率的计算(Hervas *et al.* 2010; 梁 军等 2010)、放流效果模拟与评估(Nakagawa *et al.* 2007; Ye *et al.* 2005; Hamasaki 2006; Loneragen *et al.* 2006; 姜亚洲等 2012)、遗传多样性分析(Gutierrez-Gonzalez *et al.* 2005; Gonzalez *et al.* 2008)等。仅有个别学者从水生生物健康风险(Bartley *et al.* 2006)、与传统捕捞管控的比较(Mitchell *et al.* 2008; Rogers *et al.* 2010)等方面对放流管理进行专题探讨。研究表明,尽管复杂的自然环境条件以及生物间的动态互动等使放流效果存在很大的不确定性,但是资源使用者的行为对放流效益的影响同样至关重要(Garaway *et al.* 2006)。我国增殖放流属于典型的政府主导型,从放流种类、规格、数量、时间、地点到放流规划,均由县级以上渔业行政主管部门负责。因此,行政部门的管理决策对于放流效果将产生重要的影响。本研究将自然科学的技术成果和社会管理科学相结合,构建资源-经济模型,模拟了莱州湾放流中国对虾的资源变动和捕捞生产,量化分析了放流管理政策的调整对捕捞成本和收益以及放流经济效果的影响,为进一步增强我国增殖放流管理的科学性提供参考。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区域

莱州湾位于山东半岛西北、渤海南部,是渤海三大海湾之一。其湾口西起现代黄河新入海口(37°31'39"N、120°13'10"E),东至砣姆岛高角(37°44'27"N、119°08'33"E),湾内面积6 215.40 km<sup>2</sup>。丰富的饵料生物和适宜的温盐条件使莱州湾成为包括中国对虾在内的多种经济物种的产卵场和索饵场。

### 1.2 数据来源

2011年莱州湾中国对虾放流苗种规格及数量引自山东省海洋捕捞生产管理站统计数据。进行生物学测

定的中国对虾回捕数据来自 2011 年 6 月 25 日~7 月 22 日在莱州、昌邑等放流点海域设置的 20 个站位的扒拉网跟踪调查和 2011 年 8 月 11~15 日在莱州湾海区布设的 31 个站位的单拖网大面调查。不同规格中国对虾的市场价格和作业渔船数量源自山东省渔业资源修复行动计划人工增殖资源回捕生产调查。购船成本、劳动力数量、劳动力价格、每月油耗数等来自 856 份渔业生产专项问卷调查统计。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 概念模型

资源-经济模型包含三部分:资源模块、经济模块和决策模块(图 1)。其中,资源模块模拟放流苗种的生长和捕获;经济模块计算放流和渔业生产的成本和收益;决策模块体现管理者对增殖放流的调控。

#### 1.3.2 资源模块

资源模块以 Beverton-Holt 动态库模型为核心,综合考虑了资源群体的补充、生长、死亡等对资源数量的影响,通过计算单一补充群体一生中提供的渔获量得到整个资源群体各个年龄组所提供的渔获量,并最终在捕捞生产活动末端转变成经济模块的输入。

资源模块的初始输入为增殖放流中国对虾的苗种数量  $N_s$ ,确切的是指育苗场暂养的苗种数量。这部分苗种在称量和运输途中会损伤一部分,通过机械死亡率  $M_w$  计算;放流入海后由于环境突变导致的突然死亡量以突然死亡率  $M_e$  计算;剩余种苗在达到补充年龄成为补充群体之前还要经受违规捕捞、纳潮死亡和自然死亡的影响,分别通过违捕死亡率  $M_h$ 、纳潮死亡率  $M_t$  和自然死亡率  $M_v$  计算。在此基础上,可以估算出进入渔场的补充量  $R$  :

$$R = N_s (1 - M_w - M_e - M_h - M_t - M_v) \tag{1}$$

式中,机械死亡率  $M_w = 7.8\%$ ,突然死亡率  $M_e = 16.8\%$ ,违捕死亡率  $M_h = 10.0\%$ ,纳潮死亡率  $M_t = 7.0\%$ ,自然死亡率  $M_v = 14.4\%$ (叶昌臣等 1994)。

在 Beverton-Holt 模型中,单位补充量渔获量计算如下:

$$Y_w/R = FW_\infty e^{-M(t_c-t_r)} \sum_{n=0}^3 \frac{Q_n e^{-nK(t_c-t_0)}}{F+M+nK} (1 - e^{-(F+M+nK)(t_\lambda-t_c)}) \tag{2}$$

式中,补充年龄  $t_r$ 、最大年龄  $t_\lambda$ 、自然死亡系数  $M$ 、渐进体重  $W_\infty$ 、生长曲线的平均曲率  $K$  和  $t_0$  为常量参数,首次捕捞年龄  $t_c$  和捕捞死亡系数  $F$  为变量,  $Q_n$  为公式展开系数。

根据 2011 年莱州湾中国对虾平均体长和体重数据拟合的回归曲线为幂函数类型,因此,可以引用 von Bertalanffy 生长方程来描述其生长的一般规律。

雌虾体长与体重的生长方程分别为:

$$L_{\hat{f}t} = L_{\hat{f}\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}] = 188.83 [1 - e^{-0.029(t-33.38)}] \tag{3}$$

$$W_{\hat{f}t} = W_{\hat{f}\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b = 74.86 [1 - e^{-0.029(t-33.38)}]^{3.102} \tag{4}$$

雄虾体长与体重的生长方程分别为:

$$L_{\hat{m}t} = L_{\hat{m}\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}] = 162.76 [1 - e^{-0.032(t-32.66)}] \tag{5}$$

$$W_{\hat{m}t} = W_{\hat{m}\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b = 45.34 [1 - e^{-0.032(t-32.66)}]^{3.069} \tag{6}$$

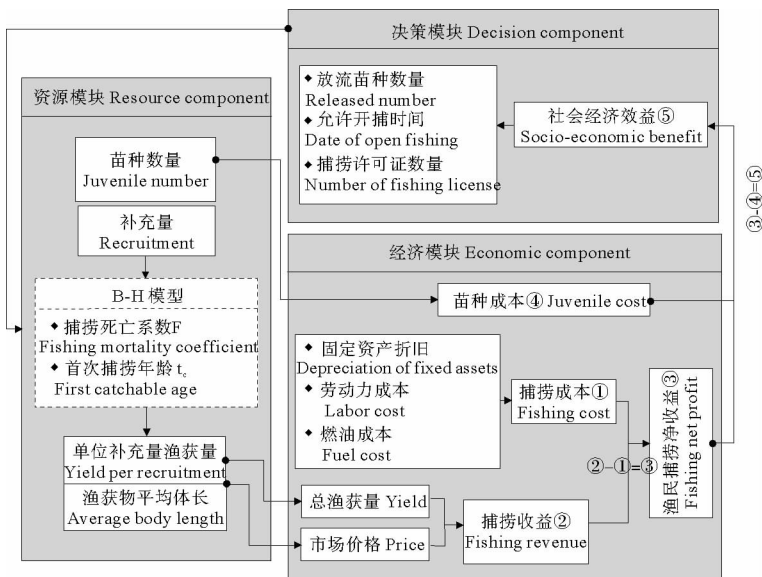


图 1 增殖放流资源-经济模型

Fig. 1 Resource-economy model for stock enhancement

根据公式(3)~(6)的拟合结果,在 Beverton-Holt 模型中,  $W_{\infty} = 74.86$ 、 $t_0 = 33$ 、 $K = 0.03$ 。2005~2011年中国对虾增殖放流专项跟踪调查结果表明,莱州湾中国对虾在8月初已形成可供利用的群体,因此,补充年龄  $t_r = 60$ 日;12月中国对虾已从渔获物中消失,  $t_{\lambda} = 210$ 日。考虑雄虾特有的交尾死亡,自然死亡系数  $M_H = 0.005$  (邓景耀等 1990)。

首次捕捞年龄  $t_c$  和捕捞死亡系数  $F$  分别表征了渔业管理者对开捕日期和捕捞强度的管控。2011年,山东省刺网、张网等持证回捕增殖对虾的可捕期为8月20日~10月31日,因此  $t_c = 85$ ;捕捞死亡系数  $F$  通过总死亡系数  $Z = K(l_{\infty} - \bar{l})/(\bar{l} - l')$  和自然死亡系数  $M$  来计算,根据2011年莱州湾中国对虾调查数据分析处理结果,  $Z = 0.038$ 。

### 1.3.3 经济模块

增殖放流活动中,国家投入一定的专项资金购买苗种并组织放流,苗种进入海区生长到一定规格后被捕获,通过生产作业转变成渔民收入的一部分,从而带来一定的社会经济效益。从增殖放流过程的价值流分析来看,渔民回捕的净收益与国家投入成本的差额即社会经济效益  $SB$ 。在经济模块中,通过渔民捕捞收益  $FR$ 、渔民捕捞成本  $FC$ 、增殖放流成本  $RC$  3个重要参数来计算:

$$SB = FR - FC - RC \quad (7)$$

其中,捕捞收益  $FR$  由对虾的单位市场价格  $P_{Fc}$  和资源模块计算的总渔获量决定:

$$FR = 0.44 \times P_{Fc} \times N_s (1 - M_w - M_e - M_h - M_t - M_v) \times Y_w / R \quad (8)$$

渔民捕捞成本  $FC$  包括固定成本和变动成本两部分。其中,固定成本主要是购买渔船、网具以及办证费用的一次性投入,通过直线法折旧;变动成本主要是劳动力成本和燃油费用。式(9)中,  $N_b$  是投产船只数量,  $P_b$  是购买渔船等的一次性投入,  $V_r$  是渔船报废后的净残值,  $L$  是渔船使用寿命,  $UN_L$  是每条船雇佣的劳动力数量,  $UC_L$  是单位劳动力成本,  $UN_d$  是每条渔船每月的油耗量,  $P_d$  是单位柴油价格,  $T$  是捕捞作业时间。

$$FC = N_b \times \left( \frac{P_b - V_r}{L} + UN_L \times UC_L + UN_d \times P_d \right) \times T \quad (9)$$

放流成本  $RC$  通过不同规格中国对虾的苗种数量  $N_s$  与苗种价格  $P_s$  乘积之和表示,即

$$RC = \sum P_s \times N_s \quad (10)$$

### 1.3.4 决策模块

决策模块是整个资源-经济模型的驱动器,它表征了管理者对增殖放流活动的调控,这种调控在资源-经济模型中通过赋予变量  $N_s$ 、 $t_c$  和  $F$  不同数值来体现。其中,放流规模的调整分别以  $N_s = 3.69, 5.90, 7.38, 8.85, 11.06$  表示,开捕日期的调整分别以  $t_c = 85, 95, 105, 115, 125, 135, 145$  表示,捕捞许可证管控所导致的捕捞力量强弱的变化分别以  $F = 0.01, 0.02, 0.03, 0.04$  表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 单位补充量渔获量的变化

在资源-经济模型中,单位补充量渔获量是联系资源模块和经济模块的非常重要的变量,它既能够反映捕获资源数量的多少,同时也反映了渔民捕捞收益的大小。在放流规模和捕捞强度一定时,首次捕捞年龄与单位补充量渔获量的关系见图2。从图2可以看出,在捕捞强度较弱时( $F=0.01$ ),单位补充量渔获量随着开捕日期的延迟逐渐减少。当捕捞力量达到一定规模后,单位补充量渔获量随着开捕日期的延迟先增加后减少。此外,从图3可以看出,当放流规模和捕捞强度一定时,渔获对虾的平均体重随着开捕日期的延迟逐渐增加。

在放流规模和开捕日期一定时,捕捞死亡系数与单位补充量渔获量的关系见图4。当在8月20日前后开捕时,单位补充量渔获量随着捕捞强度的增强先是显著增加,然后基本维持不变。当开捕日期延迟到9月1日以后时,单位补充量渔获量随着捕捞强度的增强而增加,但变动率逐渐减小。

在放流规模不变时,同时调整开捕日期和捕捞强度,可以得到相同的单位补充量渔获量(图5)。例如,在曲线ABC上,任何一点的首次捕捞年龄  $t_c$  和捕捞死亡系数  $F$  组合,所得到的单位补充量渔获量都是38g。然

而,对于 A 点和 B 点而言,A 点是最佳作业点。因为相同放流规模和单位补充量渔获量条件下,A 点的渔获物平均体重要高于 B 点,使得 A 点的捕捞收益更高。同样的捕捞规模下,A 点的生产作业更短,使得 A 点的捕捞成本和总成本更低。因此,A 点的社会效益更高,是优于 B 点的政策组合点。A 点与 C 点比较,同样的放流规模和单位补充量渔获量,A 点的渔获物平均体重小于 C 点,因此 C 点的捕捞收益更高。但是由于 C 点的捕捞规模超过 A 点,同时 A 点的作业时间又长于 C 点,因此,只有当提前开捕引致的捕捞成本增加超过减少渔船数量引起的捕捞成本降低时,才能确保 C 点是优于 A 点的政策组合点。

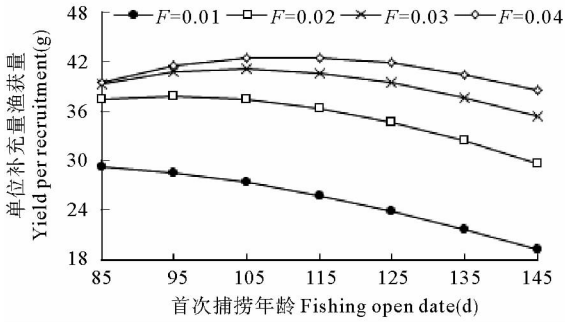


图 2 开捕日期对单位补充量渔获量的影响

Fig. 2 Effect of fishing open date on the yield per recruitment

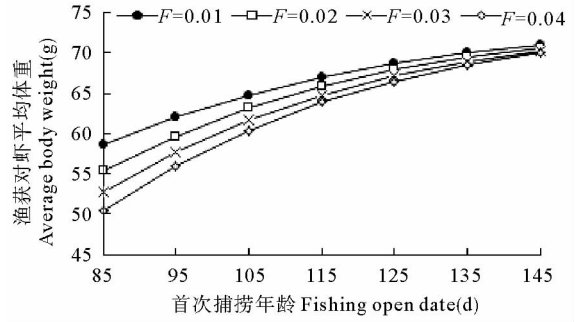


图 3 开捕日期对渔获对虾平均体重的影响

Fig. 3 Effect of fishing open date on the average body weight of shrimp

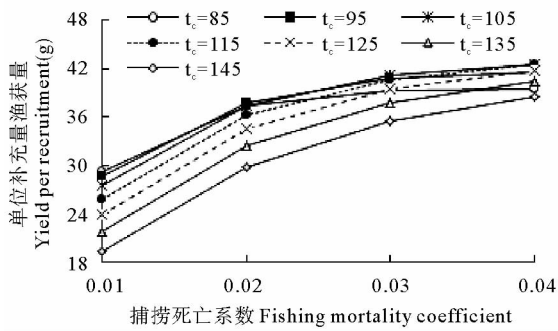


图 4 捕捞强度对单位补充量渔获量的影响

Fig. 4 Effect of fishing intensity on the yield per recruitment

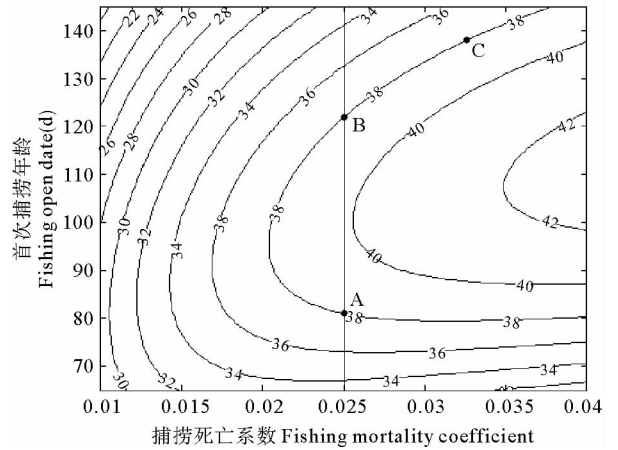


图 5 等单位补充量渔获量曲线

Fig. 5 Isopleths of yield per unit recruitment

### 2.2 总成本的变化

在放流规模和捕捞强度一定时,总成本是首次捕捞年龄的单调递减函数,且捕捞强度越大,单位总成本变动率越大(图 6)。在放流规模和开捕日期一定时,总成本是捕捞死亡系数的单调递增函数,且开捕日期越早,单位总成本变动率越大(图 7)。

### 2.3 渔民捕捞净收益的变化

在放流规模和捕捞强度一定时,渔民捕捞净收益随着开捕日期的延迟先增加后减小(图 8)。特别的,当  $t_c \geq 101.7$ ,即 9 月 8 日以后开捕时,同样的开捕日期条件下,捕捞强度越大捕捞净收益也越大。

在放流规模和开捕日期一定时,如果  $t_c \leq 95$ ,随着捕捞死亡系数的增大捕捞净收益先增加后减小;当  $t_c = 105$  时,捕捞净收益随着捕捞规模的扩大先是显著增加,然后基本维持不变;当  $t_c \geq 115$  时,随着捕捞死亡系数的增大捕捞净收益逐渐增加(图 9)。

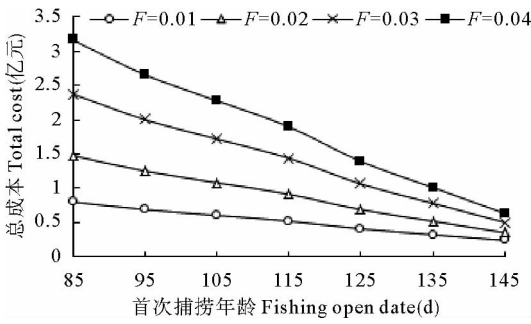


图6 开捕日期对总成本的影响

Fig. 6 Effect of fishing open date on the total cost

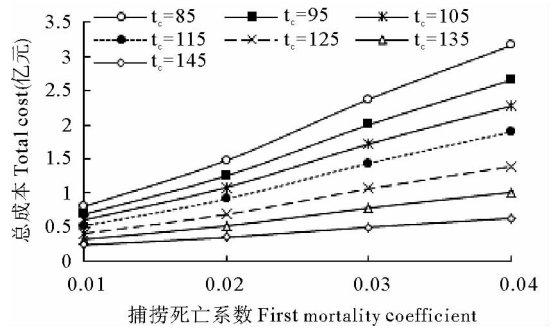


图7 捕捞强度对总成本的影响

Fig. 7 Effect of fishing intensity on the total cost

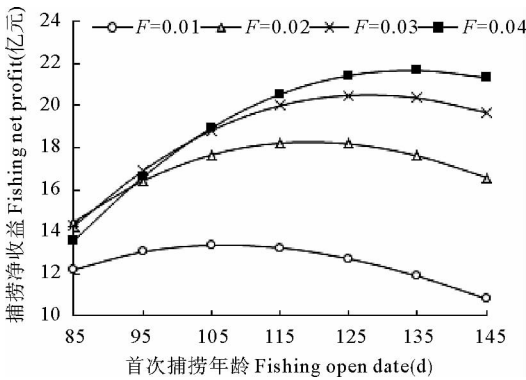


图8 开捕日期对渔民捕捞净收益的影响

Fig. 8 Effect of fishing open date on the net profit

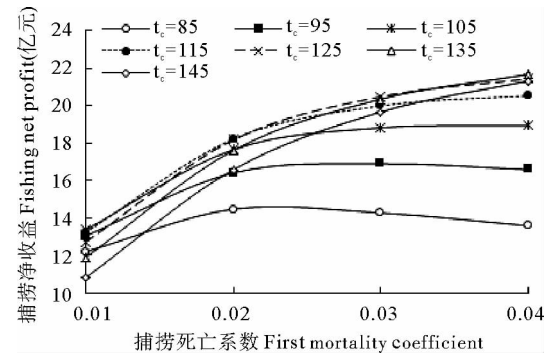


图9 捕捞强度对渔民捕捞净收益的影响

Fig. 9 Effect of fishing intensity on the net profit

### 2.4 社会经济效益的变化

在放流规模和捕捞强度一定时,社会经济利益是首次捕捞年龄的上凸函数(图 10)。以捕捞死亡系数  $F = 0.03$  为例,当开捕日期为 8 月 21 日时 ( $t_c = 85$ ),社会经济利益为 11.90 万元。延迟开捕日期,社会经济利益将逐渐增加。当开捕日期为 10 月 8 日时 ( $t_c = 132$ ),社会经济利益达到最大值 19.30 万元。如果继续推迟开捕日期,社会经济利益将转为持续减小,10 月 21 日开捕后,社会经济利益将缩减至 19.16 万元。根据回归方程的拟合结果  $SB = -0.0034t_c^2 + 0.8984t_c - 39.9457 (R^2 = 0.99)$ ,在捕捞强度  $F = 0.03$  时,最佳开捕时间为 10 月 8 日。

在放流规模和开捕日期一定时,不同规模捕捞力量对社会经济效益的影响不尽相同(图 11)。当  $t_c \leq 105$  时,社会经济利益与捕捞强度间的回归曲线呈现上凸特性,即随着捕捞力量的增强社会经济利益增加到最大

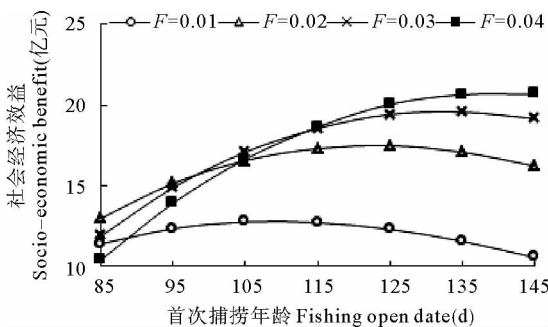


图10 不同开捕日期对社会经济效益的影响

Fig. 10 Effect of fishing open date on the socio-economic benefit

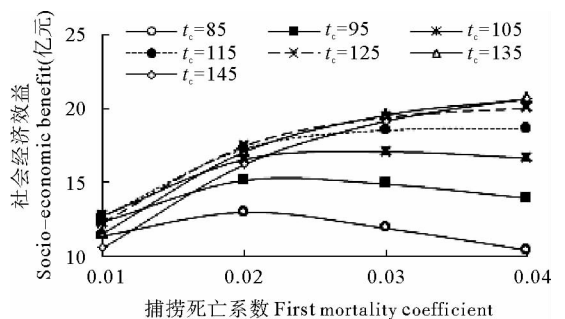


图11 不同捕捞强度对社会经济效益的影响

Fig. 11 Effect of fishing intensity on the socio-economic benefit

值后又逐步减少;当 $t_c = 115$ 时,社会经济效益刚开始时随着捕捞死亡系数的增大而增加,当达到一定数值后不再受捕捞强度变化的影响,而是维持在一个稳定的数值;当 $t_c \geq 125$ 时,社会经济效益随着捕捞力量的增强而不断增加,但弹性系数逐渐减小。

在开捕时间和捕捞强度一定时,放流同样规格的中国对虾,取得的社会经济效益与放流规模正相关。以 $t_c = 85$ 、 $F = 0.03$ 为例,随着放流苗种数量的增加,社会经济效益相应提高,成本利润率(社会经济效益/总成本)同样也与放流规模成正比例关系(图12)。

### 3 讨论

#### 3.1 允许开捕的最佳日期

图10的模拟结果表明,在一定的放流规模和捕捞强度条件下,总是存在一个最佳的开捕日期,使得社会经济效益达到最大。这是因为在放流苗种数量一定时,海区中最终进入渔场的对虾补充量 $R$ 也一定。随着开捕日期的延迟,对虾个体重量增加,对虾自然死亡数量增加而残存资源尾数 $R'$ 减少,从而使得单位补充量渔获量和总渔获量呈现先增加后减少的变化。这与Ricker模型分析结果一致(邓景耀等 1990)。并且,由于对虾价格与个体体重成正比例关系,越推迟开捕对虾单位市场价格越高。因此,捕捞收益随着首次捕捞年龄的提高而先增加后减少(图8)。另一方面,忽略苗种价格的年际波动,在放流苗种数量 $N_s$ 和捕捞死亡系数 $F$ 一定时,放流成本 $RC$ 、投产渔船数 $N_b$ 以及单位捕捞成本恒定。因此,随着开捕日期的延迟,捕捞作业时间 $T$ 缩短,捕捞成本 $FC$ 降低,总成本持续减少(图6)。由于捕捞收益为上凸函数,而总成本函数又单调递减,因此,二者之差必然存在一个最值,即最大的社会经济效益。

最佳开捕日期的存在对于增殖放流管理而言具有非常重要的现实指导意义。近几年来,山东省对增殖对虾捕捞作业管理往往侧重于捕捞许可证发放、网具网目规格检查以及超比例捕捞幼鱼等方面,开捕时间一直稳定在每年的8月20日(张网、刺网)和9月1日(老牛网、拖网)。资源-经济模型模拟的莱州湾放流对虾捕捞生产结果表明,在放流规模和捕捞强度一定时,不同开捕日期所对应的社会经济效益显著不同。例如,当 $N_s = 7.38$ 亿尾、 $F = 0.03$ 时,若8月21日开捕( $t_c = 85$ ),则社会经济效益 $SB = 12.99$ 亿元;如果推迟至最佳开捕日9月30日前后开捕( $t_c = 123.8$ ),社会经济效益将提高35.72%,达到最大效益17.63亿元。因此,开捕时间的设置应当成为调控手段之一纳入到放流管理细则中,根据每年的放流规模和捕捞强度,设定最佳的开捕日期,从而促使放流对虾所取得的社会经济效益最大化。

#### 3.2 允许捕捞的最佳渔船规模

在放流数量和开捕日期一定时,存在一个最佳的捕捞规模使社会经济效益达到最大(图11)。需要注意的是,虽然扩大捕捞规模会增加单位补充量渔获量和总渔获量(图4)。但是,作业渔船数量增加的同时也提高了捕捞成本和总成本(图7)。因此,并非是捕捞力量越大所取得的社会经济效益就越大。以 $N_s = 7.38$ 亿尾、 $t_c = 95$ 为例,如果控制捕捞力量在 $F = 0.0233$ ,能够取得最大化的社会经济效益15.29亿元;此时如果继续增加作业渔船数量,社会经济效益将不断减少。此外,在放流数量一定时,通过同时调整捕捞规模和开捕日期,可以达到渔民净收益最大、社会经济效益最大等不同的放流管理目标。

目前,山东省渔业行政主管部门依据《山东省海洋专项渔业资源品种管理办法》,通过发放特许证和标志旗实现对增殖对虾等专项品种捕捞和收购的管理,在捕捞力量管控方面已经实现了法制化和规范化。进一步的,如果能够对捕捞规模进行量化研究,通过合理设定捕捞规模将捕捞渔船数量控制在最优范围,不仅有利于提高增殖放流的经济效益,对实现管理决策的科学化也将非常有益。

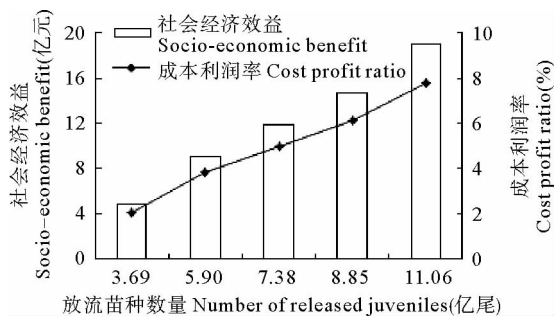


图12 不同放流规模对社会经济效益的影响

Fig. 12 Effect of enhancement scale on the socio-economic benefit

### 3.3 放流规模的管理

从模型估算结果来看,在开捕日期和捕捞强度一定时,放流规模越大,取得的社会经济效益越高。这是因为扩大放流规模虽然增加了放流成本  $RC$ ,但是由于占总成本 80% 以上的捕捞成本维持不变,渔民净收益的增加超过了总成本的提高,因此,放流的社会经济效益和成本利润率与放流规模正相关。然而,在各种水生生物的实际增殖放流过程中,不可能单纯追求经济效益最大化而无限制地扩大放流规模,海域生态容量 (Aprahamian *et al.* 2003; Bell *et al.* 2005) 以及放流生物对自然种群的影响 (Waples 1991; Kitada *et al.* 2009) 都是管理者要考虑的因素。

目前,莱州湾中国对虾放流数量主要受增殖放流专项资金的影响,尚未做到依据海域生态容量设置放流规模。邓景耀(1983)曾经根据 1962 年以来渤海对虾的最大产量以及饵料生物基础估算出渤海对虾的放流数量为 40 亿尾。叶昌臣(1986)根据渔业统计资料等参考数据估算出的渤海对虾放流规模为 30 亿尾。然而,20 多年来,莱州湾的资源、环境均发生了一定变化(郝彦菊等 2005; 王爱勇等 2010; 赵鹏等 2010)。因此,在开展增殖放流前应调查研究莱州湾初级生产力及其动态变化、食物链与营养动力状况,依据莱州湾当前的生态容量合理设置放流数量。

### 参 考 文 献

- 王爱勇, 万瑞景, 金显仕. 2010. 渤海莱州湾春季鱼卵、仔稚鱼生物多样性的代际变化. 渔业科学进展, 31(1): 19-24
- 邓景耀. 1983. 放流增殖对虾资源. 海洋科学, 6: 57-60
- 邓景耀. 1997. 对虾放流增殖的研究. 海洋渔业, 1: 1-6
- 邓景耀, 金显仕. 2000. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究. 动物学研究, 21(1): 76-82
- 邓景耀, 叶昌臣, 刘永昌. 1990. 渤海的对虾及其资源管理. 北京: 海洋出版社
- 邓景耀, 庄志猛. 2001. 渤海对虾补充量变动原因的分析及对策研究. 中国水产科学, 7(4): 125-128
- 叶昌臣. 1986. 渤海对虾增殖的合理放流密度. 水产科学, 5(2): 4-6
- 叶昌臣, 孙德山, 郑宝太, 冷连鹏, 杜庆林, 王溪宏, 宋殿广. 1994. 黄海北部放流虾的死亡特征和去向的研究. 海洋水产研究, 15: 31-40
- 张秀梅, 王熙杰, 涂忠, 张沛东, 王云中, 高天翔, 王四杰. 2009. 山东省渔业资源增殖放流现状与展望. 中国渔业经济, 27(2): 51-58
- 张澄茂, 叶泉土. 2000. 东吾洋中国对虾小规格仔虾种苗放流技术及其增殖效果. 水产学报, 24(2): 134-139
- 姜亚洲, 凌建忠, 林楠, 袁兴伟, 李圣法. 2012. 象山港日本对虾增殖放流的效果评价. 生态学报, 32(9): 2651-2658
- 郝彦菊, 王宗灵, 朱明远, 李瑞香, 孙丕喜, 夏滨, 陈力群. 2005. 莱州湾营养盐与浮游植物多样性调查与评价研究. 海洋科学进展, 23(2): 197-204
- 赵鹏, 江文胜, 毛新燕, 高会旺, 郭新宇. 2010. 2000-2005 年莱州湾盐度的变化及其主要影响因素. 海洋与湖沼, 41(1): 12-23
- 梁军, 王伟定, 林桂装, 徐开达, 郭爱. 2010. 浙江舟山人工生境水域日本黄姑鱼和黑鲷的增殖放流效果及评估. 中国水产科学, 17(5): 1075-1084
- Aprahamian MW, Smith KM, McGinnity P and 2 others. 2003. Restocking of salmonids—opportunities and limitations. Fisheries Research 62 (2): 211-227
- Bartley DM, Bondad-Reantaso MG, Subasinghe RP. 2006. A risk analysis framework for aquatic animal health management in marine stock enhancement programmes. Fisheries Research 80(1): 28-36
- Fushimi H. 2001. Production of juvenile marine finfish for stock enhancement in Japan. Aquaculture 200(1-2): 33-53
- Garaway CJ, Arthur RI, Chamsingh B and 4 others. 2006. A social science perspective on stock enhancement outcomes; Lessons learned from inland fisheries in southern Lao PDR. Fisheries Research 80(1): 37-45
- Gonzalez EB, Nagasawa K, Umino T. 2008. Stock enhancement program for black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) in Hiroshima Bay: Monitoring the genetic effects. Aquaculture 276(1-4): 36-43
- Gutierrez-Gonzalez JL, Perez-Enriquez R. 2005. A genetic evaluation of stock enhancement of blue abalone *Haliotis fulgens* in Baja California, Mexico. Aquaculture 247(1-4): 233-242
- Hamasaki K, Kitada S. 2006. A review of kuruma prawn *Penaeus japonicus* stock enhancement programme in Japan. Fishery Research 80(1): 80-90
- Hervas S, Lorenzen K, Shane MA, Drawbridge MA. 2010. Quantitative assessment of a white seabass (*Atractoscion nobilis*) stock enhancement program in California: Post-release dispersal, growth and survival. Fisheries Research 105(3): 237-243



- Kitada S, Shishidou H, Sugaya T and 3 others. 2009. Genetic effects of long-term stock enhancement programs. *Aquaculture* 290(1-2):69-79
- Loneragan NR, Ye Y, Kenyon RA, Haywood MDC. 2006. New directions for research in prawn (shrimp) stock enhancement and the use of models in providing directions for research. *Fisheries Research* 80(1):91-100
- Mitchell RWD, Baba O, Jackson G, Isshiki T. 2008. Comparing management of recreational Pagrus fisheries in Shark Bay (Australia) and Sagami Bay (Japan): Conventional catch controls versus stock enhancement. *Marine Policy* 32(1): 27-37
- Nakagawa M, Okouchi H, Adachi J and 2 others. 2007. Effectiveness of stock enhancement of hatchery-released black rockfish *Sebastes schlegelii* in Yamada Bay-Evaluation by a Fish Market survey. *Aquaculture* 263(1-4): 295-302
- Rogers MW, Allen MS, Brown P and 3 others. 2010. A simulation model to explore the relative value of stock enhancement versus harvest regulation for fishery sustainability. *Ecological Modelling* 221(6): 919-926
- Sánchez-Lamadrid A. 2002. Stock enhancement of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.): assessment of season, fish size and place of release in SW Spanish coast. *Aquaculture* 210(1-4): 187-202
- Sánchez-Lamadrid A. 2004. Effectiveness of releasing gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) for stock enhancement in the bay of Cádiz. *Aquaculture* 231(1-4): 135-148
- Vay LL, Carvalho GR, Quinitio ET and 3 others. 2007. Quality of hatchery-reared juveniles for marine fisheries stock enhancement. *Aquaculture* 268(1-4): 169-180
- Wang QY, Zhuang ZM, Deng JY, Ye YM. 2006. Stock enhancement and translocation of the shrimp *Penaeus chinensis* in China. *Fisheries Research* 80(1): 67-79
- Waples RS. 1991. Genetic interactions between hatchery and wild salmonids: Lessons from the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48(S1): 124-133
- Ye Y, Loneragan N, Die D and 2 others. 2005. Bioeconomic modelling and risk assessment of tiger prawn (*Penaeus esculentus*) stock enhancement in Exmouth Gulf, Australia. *Fisheries Research* 73(1-2):231-249