

文章编号: 1674-5566(2013)04-0623-06

东、黄海鲈鱼生物经济社会综合模型的优化配置研究

王从军¹, 陈新军^{1,2,3}, 李纲^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306;
3. 上海海洋大学 大洋渔业可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

摘要: 鲈鱼是我国近海重要经济鱼类,其资源的可持续利用和科学管理一直受到人们的关注和重视。以 Gordon-Schaefer 生物经济模型为理论依据,采用中、日、韩3国1998-2008年灯光围网渔业的生产作业数据以及相关的经济数据,估算东、黄海鲈鱼的最大可持续产量(MSY)、最大经济产量(MEY)和生物经济平衡点(BE)及其对应的捕捞努力量。在此基础上,设计出多种基于不同权重的生物、经济和社会目标的捕捞方案,建立东、黄海鲈鱼生物经济社会综合模型,比较其不同捕捞方案下的短期(1~5年)、中期(10年)、长期(20年)的经济效益和社会效益以及渔业资源状况。结果表明,东、黄海鲈鱼资源量正处于或已经处于过度捕捞状态;以 MEY 为管理目标的长期经济效益为最大,且资源状况保持最好,但社会就业率较低;以 BE 为管理目标的当前以及短期效益较大,且可以解决大量就业问题,但长期经济效益为最低,且资源状况最差;而捕捞方案 9 的经济和社会综合效益为最好,且资源状况也较佳。研究认为,综合各方面因素,最佳的捕捞方案为方案 9,即适宜捕捞努力量应控制在 19 889 网次。

研究亮点: 渔业资源开发和利用不仅是资源利用的问题,更是一个社会和经济问题。本研究以东黄海鲈鱼为例,首次构建了基于生态、经济和社会综合效益的 Gordon-Schaefer 生物经济模型,估算了在不同捕捞策略下短期、中期、长期的综合效益和资源状况,研究结果为科学制定鲈鱼资源管理策略提供了依据。

关键词: 生物经济社会综合模型;优化配置;鲈鱼;东、黄海

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

渔业资源是一种重要的可再生资源,它不仅为人类提供了优质的动物蛋白,而且还为人类提供了生物、经济和社会各种福利,因此,渔业资源开发不仅是资源利用问题,更是一个社会经济问题,需要全面考虑生态、经济、社会等领域来研究渔业资源数量变动与人类经济活动之间的关系^[1-2]。20世纪50年代 GORDON^[3]在 Schaefer 模型的基础上,引入成本和效益的概念,首次构建了 Gordon-Schaefer 生物经济模型^[3-5],并由过去单一的静态生物经济模型,逐步发展成为目前多鱼种、技术互相影响的动态生物经济模型^[6-12]。但是上述模型,均没有考虑社会效益因素,即社会就业问题。

鲈鱼(*Scomber japonicus*)广泛分布于太平洋、

大西洋和印度洋沿岸至大陆架的热带、温带水域,属沿岸性中上层鱼类,栖息水层 0~300 m^[13-14]。东、黄海鲈鱼是我国近海主要捕捞的经济鱼种之一,同样也是东、黄海区海洋生态系统中的重要鱼种,主要被日本、韩国、以及中国大陆和台湾等利用^[15]。近几年来,在东、黄海区域,鲈鱼资源产量日趋下降,可能正遭受过度开发或已处在过度开发状态^[16]。有关东黄海域鲈鱼的生物经济模型已有相应的研究^[17-20],但均没有涉及到社会就业问题。为此,本文以 Gordon-Schaefer 生物经济模型为理论依据,建立基于最大可持续产量(maximum sustainable yield, MSY)、最大经济产量(maximum economic yield, MEY)和生物经济平衡点(BE)的生物经济社会综合优化

收稿日期: 2012-10-29 修回日期: 2013-01-23

基金项目: 国家发改委产业化专项(2159999);上海市科技创新行动计划(12231203900)

作者简介: 王从军(1989—),男,硕士研究生,研究方向为渔业资源经济学。E-mail: haijunyang888@163.com

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

配置模型,对东黄海鲈鱼进行不同管理目标和捕捞策略下的短期(1~5年)、中期(10年)、长期(20年)的经济效益、社会效益和渔业资源状况的研究与分析,从而为今后制定科学的近海鲈鱼渔业管理策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

鲈鱼渔获量数据来源于中、日、韩3国1998-2008年灯光围网渔业的生产统计数据。作业网次数据是通过鲈鱼的年总产量除以标准化的CPUE(吨/网)得到^[16](图1)。作业成本数据以苏州海发渔业有限公司为标准,近年来其每天的作业成本为6.98万元。鲈鱼价格来源于中国渔业政务网站,2007年的鲈鱼平均价格约为5.5元/kg。

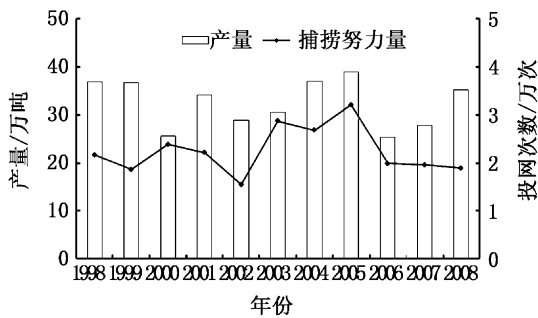


图1 1998-2008年中日韩灯光围网渔业鲈鱼年渔获量和总作业网次数

Fig. 1 The annual catch of chub mackerel and the total fishing nets by the large purse seine fishery of China, Japan and South Korea from 1998 to 2008

1.2 方法

1.2.1 Gordon-Schaefer 生物模型

根据年渔获量数据以及作业网次数来拟合 Gordon-Schaefer 生物模型,计算最大可持续产量(MSY)及其相对应的捕捞努力量 f_{MSY} 。Gordon-Schaefer 模型如下:

$$Y = qfK \left(1 - \frac{qf}{r} \right) \quad (1)$$

式中: Y 为渔获产量; f 为捕捞努力量; q 为可捕系数; r 为内禀增长率; K 为负载容量^[1]。

$$\text{令 } a = qK, b = \frac{q^2}{r}K, \text{代入上式,则有}$$

$$Y/f = a - bf \quad (2)$$

$$\text{由此模型可以推出: } f_{MSY} = \frac{a}{2b} = \frac{r}{2q};$$

$$Y_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{rK}{4}。$$

式中: Y_{MSY} 和 f_{MSY} 分别表示最大持续产量及其所对应的捕捞努力量^[21]。

1.2.2 Gordon-Schaefer 生物经济模型

Gordon-Schaefer 生物经济模型^[22]为

$$Y = qfK \left(1 - \frac{qf}{r} \right) \quad (3)$$

$$U = R_T - C_T = pY - cf \quad (4)$$

式中: U 为利润; R_T 为总收入; C_T 为总成本; p 为捕捞种类的价格; Y 为渔获产量; f 为捕捞努力量; c 为单位捕捞努力量的捕捞成本^[1]。

经推算,最大经济产量(MEY)和生物经济平衡点(BE)时的产量及其所对应的捕捞努力量 f_{MEY} 和 f_{BE} 见表1。

表1 MSY, MEY 以及 BE 的捕捞努力量,产值及利润
Tab. 1 The arithmetic of fishing effort, yield and benefit corresponding to MSY, MEY and BE

管理目标	捕捞努力量 f	产量 Y	利润 π
MSY	$\frac{r}{2q}$	$\frac{rK}{4}$	$\frac{rK}{4}p - \frac{r}{2q}c$
MEY	$\frac{rm}{2q}$	$\frac{rKmn}{4}$	$\frac{rKmn}{4}p - \frac{rm}{2q}c$
BE	$\frac{rm}{q}$	$\frac{rcm}{pq}$	0

注: $m = 1 - \frac{c}{pqK}$; $n = 1 + \frac{c}{pqK}$ 。

1.2.3 生物经济社会综合模型

为了综合考虑生物、经济、社会等因素,分别对 f_{MSY} 、 f_{MEY} 、 f_{BE} 取不同的权重,则综合捕捞努力量 f 为

$$f = a \times f_{MSY} + b \times f_{MEY} + c \times f_{BE} \quad (5)$$

式中: a 、 b 、 c 为待定系数,且 $a + b + c = 1$, a 、 b 、 $c \in [0, 1]$ 。

根据不同的管理目标,设计了不同权重下各种捕捞方案及其对应的捕捞努力量(表2)。由表2中可看出,设置的捕捞方案1、2、3,即分别对应MSY、MEY和BE的捕捞努力量 f_{MSY} 、 f_{MEY} 、 f_{BE} ;其他各方案的权重的设置,生物、经济、社会目标则都各有侧重。如捕捞方案4是只考虑生物和经济方面的因素;捕捞方案7、8、9、10是综合考虑生物、经济和社会三方面的因素,其中方案7是假设各因素的权重相同(各占三分之一),方案8是以生物因素为主,方案9是以经济因素为主,方

案 10 是以社会因素为主。

本研究根据表 2 中的 10 种方案进行模拟,比较不同捕捞方案下的短期(1~5 年)、中期(10 年)和长期(20 年)的累计产量、利润以及资源量状况,而后确定较佳的捕捞方案。

表 2 不同权重下的捕捞方案及其对应的捕捞努力量

Tab.2 The fishing program and its corresponding fishing effort under different weights

捕捞方案	权重设置(a, b, c)	捕捞努力量 f	备注
1	1,0,0	$f_1 = 25\ 654$	f_{MSY}
2	0,1,0	$f_2 = 13\ 476$	f_{MEY}
3	0,0,1	$f_3 = 26\ 952$	f_{BE}
4	1/2,1/2,0	$f_4 = 19\ 565$	
5	1/2,0,1/2	$f_5 = 26\ 303$	
6	0,1/2,1/2	$f_6 = 20\ 214$	
7	1/3,1/3,1/3	$f_7 = 22\ 027$	
8	2/4,1/4,1/4	$f_8 = 22\ 934$	
9	1/4,2/4,1/4	$f_9 = 19\ 889$	
10	1/4,1/4,2/4	$f_{10} = 23\ 258$	

注:a,b,c 为待定系数,且 $a + b + c = 1$ 。

Schaefer 资源量动态模型为:

$$B_t = B_{t-1} + rB_{t-1} \left(1 - \frac{B_{t-1}}{K} \right) - C_{t-1} \quad (6)$$

式中: B_t 为 t 年的资源量; r 为内禀增长率; K 为负承载力;即未开发时的平衡资源量水平; C_{t-1} 为 $t-1$ 年的渔获量^[23]。

根据李纲^[16]的研究结果,1997 年鲈鱼资源量 B_{1997} 为 98.5 万吨,渔获量 C_{1997} 为 41.3 万吨,内禀增长率 r 为 0.879。根据 Schaefer 资源量动态模型,推算出 1998 年的鲈鱼资源量 B_{1998} 为 86.83 万吨。

2 结果

2.1 MSY、MEY 和 BE 点及其对应的捕捞努力量

根据 Gordon-Schaefer 生物经济模型,拟合单位捕捞努力量渔获量(CPUE)和捕捞努力量(f),其公式为:

$$CPUE = -0.0005f + 25.654, n = 11, R^2 = 0.5252 \quad (7)$$

式中:CPUE 单位为 t /网次; f 为捕捞努力量,单位为网次。

经估算,鲈鱼最大可持续产量(MSY)约为 32.91 万吨,其对应的捕捞努力量约为 25 654 网

次(图 2)。

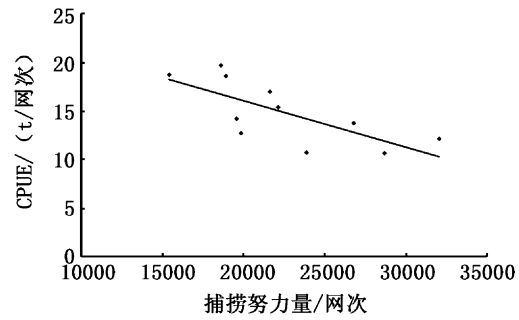


图 2 东、黄海鲈鱼的 Schaefer 模型

Fig.2 Schaefer Model of chub mackerel in the East Sea and Yellow Sea

经估算,鲈鱼最大经济产量 MEY 为 25.49 万吨,其对应的捕捞努力量为 13 476 网次;生物经济平衡点 BE 所对应的产量为 32.82 万吨,其对应的捕捞努力量为 26 952 网次(图 3)。

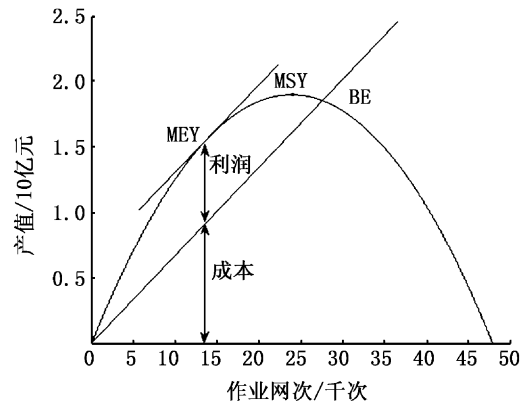


图 3 Gordon-Schaefer 生物经济模型

Fig.3 Gordon-Schaefer bio-economic Model

2.2 不同捕捞方案下的经济利润及资源量比较

由图 4 可知,从短期利润(累计前 5 年的利润)来看,以方案 2(即以 MEY 为管理目标)的累计利润最大,约为 19.57 亿元;位于第二阶梯的是方案 4、9、6,三者的利润分别约为 17.86 亿元、17.60 亿元、17.32 亿元;位于第三阶梯的是方案 7、8、10,其利润分别约为 15.46 亿元、14.34 亿元、13.91 亿元;位于第四阶梯的是方案 1(即以 MSY 为管理目标)、5、3(即以 BE 为管理目标),其利润分别约为 10.26 亿元、9.13 亿元、7.94 亿元,即以 BE 点为管理目标的累计利润最小。其累计产量则刚好相反,以方案 3 的产量最大,约为 178.54 万吨;以方案 2 的产量最小,约为

117.64万吨(图5)。

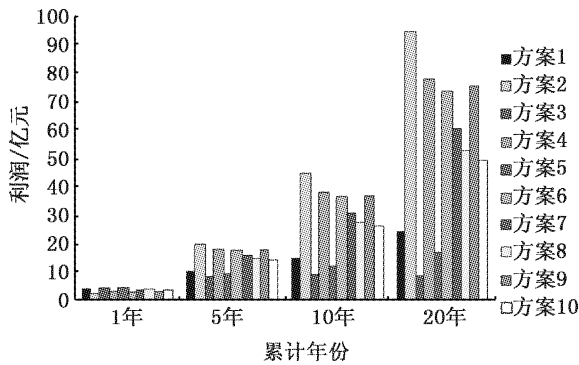


图4 不同捕捞方案的累计利润
Fig. 4 The accumulative profits of different fishing programs

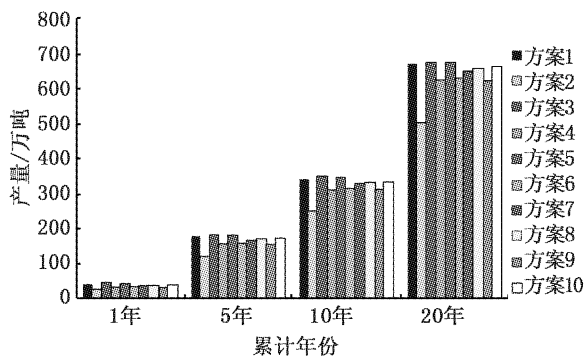


图5 不同捕捞方案的累计产量
Fig. 5 The accumulative yield of different fishing programs

比较不同捕捞方案下的中期(10年)和长期(20年)的累计利润和累计产量,也有类似的结果。可以发现,累计利润:方案2 > 方案4 > 方案9 > 方案6 > 方案7 > 方案8 > 方案10 > 方案1 > 方案5 > 方案3,而累计产量刚好相反(图4,5)。

与此同时,不同捕捞方案下的短期(5年)、中期(10年)和长期(20年)的鲈鱼资源量有较大的变化,且呈现一定的规律性(图6)。以中期(10年后,即第11年时)的资源量来看,只有捕捞方案2、4、6、9的资源量超过了模拟开始时的1998年的资源量(86.83万吨),其资源量分别为110.41万吨、92.64万吨、90.75万吨、91.69万吨;相对初始资源量有略微下降的是方案7、8、10,其资源量分别为85.46万吨、82.82万吨、81.87万吨;相对初始资源量下降较大的是方案1、3、5,其资源量分别为74.90万吨、71.09万吨、72.98万吨。对比发现,捕捞方案2(即以MEY

为管理目标)的资源量有了大幅的提升,达到了初始资源量的1.27倍,而方案3(即以BE为管理目标)的资源量却下降最大,仅为初始资源量的80%。

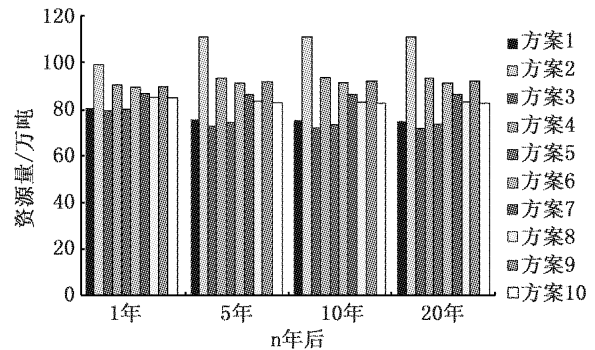


图6 不同捕捞方案下在不同捕捞时间后的资源量
Fig. 6 The total resources after different fishing years under different fishing efforts

3 分析与讨论

3.1 鲈鱼资源开发现状的分析

根据中日韩3国的灯光围网数据来看,鲈鱼产量在2005年达到了历史最高,约为38.94万吨,其作业网次也为历史最高(约为3.2万网次);2006年捕捞产量达到历史最低,约为25.3万吨,而作业网次最低出现在2002年(约为1.5万网次)。从估算的结果来看,要达到MSY(约为32.91万吨),捕捞努力量应维持在2.57万网次左右,但2003-2005年连续3年的作业总网次数超过2.6万网次,甚至在2005年竟达到3.2万网次之多,因此东、黄海鲈鱼此时有可能已处于过度捕捞状态,这一点从其之后的两年(2006年、2007年)的捕捞产量可以看出。另外可看出,经过2006年和2007年低强度的捕捞(约为2万网次左右),渔获量在2008年有了大幅回升。因此,单纯从保护资源的角度来看,捕捞努力量应继续保持在这一水平,即2万网次左右为宜。李纲等^[18]利用贝叶斯方法对东、黄海鲈鱼资源进行了评估,并进行了管理策略风险分析,认为2006年东、黄海鲈鱼正遭受过度捕捞,但其资源量并未处于过度捕捞状态,其收获率为0.3是最适预防性的管理策略,其鲈鱼平均资源量将从2006年的451千吨增加到2011年的871千吨,2011年资源量恢复到最大可持续产量时的资源量的概率为0.48,而过度捕捞的概率为0^[18]。

3.2 不同捕捞方案下综合效益分析

研究认为,在不同捕捞方案下其累计产量和利润以及资源量出现较大的差异,但呈现一定的规律性(图4,5,6)。这些差异主要来源于捕捞努力力量大小的设置,即生物、经济、社会等方面因素所占比例的大小。其中,方案2(即以MEY为管理目标)的长期经济效益为最大,其利润最终远远高于方案3(即以BE为管理目标)的利润,且资源状况保持最好(相对于初始资源量有了大幅提升,是初始资源量的1.27倍),但社会就业率较低;相反,方案3的短期效益较大,且可以解决大量就业问题,但其长期经济效益为最低,且资源状况最差(仅为初始资源量的80%);其他方案的经济效益和社会效益则都介于方案2和方案3之间。从上述分析可知,获取更多的就业机会(即提供更多的捕捞努力量)是以牺牲经济利益和渔业资源为代价的,随着时间的推移,其累计的长远经济利益是最低的。

3.3 最适捕捞方案的选择

不同捕捞方案的中期(10年)和长期(20年)累计利润和累计产量与捕捞努力量的关系见图4-5。从图4、5均可以看出,其中捕捞方案4、6、9的综合效益为最好,且差异不大,既可以使长期经济效益保持较好,也可以充分考虑到生物、社会等方面的因素。而其它的方案则都各有所“短”,例如方案2(即以MEY为管理目标),虽然长期经济效益为最大,但却严重忽视了对社会方面因素的影响;而方案3(即以BE为管理目标)却只考虑了社会方面的因素,忽视了生物、经济等方面的影响。分析表明,综合各方面因素(生物、经济、社会、生态等)的影响,最佳的捕捞方案为方案9,即适宜捕捞努力量为19 889网次。

但由于Gordon-Schaefer生物经济模型没有考虑环境的随机影响、研究对象的生物学特征、捕捞成本的变动、渔获量产品价格的变动以及利息等^[17,19,24-25],因此本研究计算出来的MSY、MEY以及BE可能与实际情况有一定偏差,但本研究为鲈鱼资源综合效益的评估与分析提供了一个方法与途径。今后还需要尽可能多地综合考虑其他因素,来完善生物经济模型以及资源优化配置的研究,为鲈鱼资源的可持续利用提供科学依据。

参考文献:

- [1] 陈新军. 渔业资源经济学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 62-105.
- [2] 张广文, 陈新军, 李纲. 渔业资源生物经济模型研究现状[J]. 海洋湖沼通报, 2010(3): 10-16.
- [3] GORDON H S. An economic approach to the optimum utilization of fishery resources [J]. Fisheries Research, 1953, 10(7): 442-447.
- [4] GORDON H S. The economics of a common property resource: The fishery [J]. Political Economy, 1954, 62(1): 124-142.
- [5] SCHAEFER M B. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries [J]. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1954, 1(2): 25-57.
- [6] CLARK C W. Bioeconomic Modeling and Fisheries Mangement [M]. New York: John Wiley & Sons, 1985: 1-34.
- [7] SEJO J C, DEFEO O, SALAS S. Fisheries Bioeconomics: Theory, Modeling and Management [M]. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1998.
- [8] KULMALA S, PELTOMAKI H, LINDROOS M, et al. Individual transferable quotas in the Baltic Sea herring fishery: A socio-bioeconomic analysis [J]. Fisheries Research, 2007, 84(3): 368-377.
- [9] KAR T K, MATSUDA H. A bioeconomic model of a single-species fishery with a marine reserve [J]. Environmental Management, 2008, 86(1): 171-180.
- [10] FLAATEN O. On the bioeconomics of predator and prey fishing [J]. Fisheries Research, 1998, 37(1/3): 179-191.
- [11] PUGA R, VAZQUEZ S H, MARTINEZ J L, et al. Bioeconomic modeling and risk assessment of the Cuban fishery for spiny lobster *Panulirus argus* [J]. Fisheries Research, 2005, 75(1/3): 149-163.
- [12] ARMSTRONG C W. A note on the ecological-economic modeling of marine reserves in fisheries [J]. Ecological Economics, 2007, 62(2): 242-250.
- [13] KIPARISSIS S, TSERPES G, TSIMENIDIS N. Aspects on the demography of chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) in the Hellenic Seas [J]. Belgian Journal of Zoology, 2000, 130(s1): 3-7.
- [14] 李纲. 东黄海鲈鱼资源评估与管理决策研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 1-4.
- [15] 张晶, 韩仕鑫. 黄、东海鲈鱼渔场环境分析[J]. 海洋渔业, 2004, 26(4): 321-325.
- [16] 李纲. 我国近海鲈鱼资源评估及风险评价[D]. 上海: 上海海洋大学, 2008: 20-125.
- [17] 张广文, 陈新军, 李纲. 东黄海鲈鱼生物经济模型及管理策略探讨[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(4): 447-453.
- [18] 李纲, 陈新军. 利用贝叶斯的剩余产量模型评估东、黄海

- 鲈鱼资源及管理策略风险分析[J]. 水产学报, 2010, 34(5): 740-750.
- [19] 张广文, 陈新军, 李思亮, 等. 基于多船队作业的东黄海鲈鱼生物经济模型及管理策略[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1627-1633.
- [20] 王雅丽, 陈新军, 李纲. 基于贴现率的东黄海鲈鱼动态生物经济模型分析[J]. 资源科学, 2011, 33(11): 2157-2162.
- [21] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 167-174.
- [22] 曲福田. 资源与环境经济学[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2011: 72-75.
- [23] 陈新军, 曹杰, 刘必林, 等. 基于贝叶斯 Schaefer 模型的西北太平洋柔鱼资源评估与管理[J]. 水产学报, 2011, 35(7): 1572-1881.
- [24] 官文江, 陈新军, 李纲. 海表水温和拉尼娜事件对东海鲈鱼资源时空变动的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(1): 102-107.
- [25] 李纲, 郑晓琼, 朱国平, 等. 基于水温因子的东、黄海鲈鱼剩余产量模型建立[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(1): 108-113.

Optimal utilization of bio-economic social model for chub mackerel in the East and Yellow seas

WANG Cong-jun¹, CHEN Xin-jun^{1,2,3}, LI Gang^{1,2,3}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai 201306, China; 3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Chub mackerel (*Scomber japonicus*) is an important economic species in the coastal waters of China, and its sustainable utilization and scientific management has been attractive and attentions by peoples. In this paper, based on Gordon-Schaefer bio-economic model, we use the catch data of purse seine fishery and economic data from China, Japan and Korea from 1998 to 2008 to calculate the Maximum Sustainable Yield (MSY), Maximum Economic Yield (MEY), Bio-economic balance point (BE) and their corresponding fishing efforts. Combined with the above results, the bio-economic social synthesized model based on different weight is established by considering the impact of biology, economy and society, to compare the economic benefit and resources status of different management objectives at short term (1-5 years), middle term (10 years) and long term (20 years). The results showed that the resources of chub mackerel is overfishing now. If the MEY is considered as the management objective for maximum long term economic benefit, the resources status keeps well but with low social employment rate. If the BE is considered as management objective for maximum short term economic benefit, it will provide a plenty of employment, but long term economic benefit is the lowest and the resources status will be worst. It is found the comprehensive benefit of fishing program 9 in all aspects is the best. The results showed that the most suitable fishing efforts is 19 889 fishing nets by considering the impact of all factors, and the suitable CPUE should keep between the corresponding fishing effort of MEY and MSY, and slightly close to MSY.

Key words: bio-economic social synthesized model; optimal utilization; chub mackerel; East sea and Yellow sea