

# 西北太平洋柔鱼资源综合配置模型及管理策略探讨\*

刘金立<sup>1, 2, 4</sup> 陈新军<sup>1, 3, 4</sup> 李 纲<sup>1, 3, 4</sup> 王从军<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院 上海 201306; 2. 上海海洋大学图书馆 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心 上海 201306; 4. 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** 柔鱼是我国远洋渔业重要的捕捞对象之一, 如何综合考虑生态效益、经济效益和社会效益来科学制定渔业管理目标是确保柔鱼资源可持续利用的重要研究内容。本研究以 Gordon-Schaefer 生物经济模型为理论基础, 利用 1996—2008 年我国鱿钓船在西北太平洋海域捕捞柔鱼的生产数据以及相关的经济数据, 以生态效益(最大持续产量, MSY)、经济效益(最大经济产量, MEY)和社会效益(生物经济平衡点, BE)作为西北太平洋柔鱼资源优化配置的基础数据, 考虑三个效益的不同权重建立了柔鱼资源综合配置模型, 模拟不同备选方案下柔鱼的短期(1—5 年)、中期(10 年)及长期(20 年)的渔业资源状况、经济效益及其社会效益。结果表明, 西北太平洋柔鱼资源已处于充分利用状态, 但尚未遭受过度捕捞; 以方案 8(MSY、MEY 各占 50%权重为管理目标)和方案 2(MEY 为管理目标)的中长期经济效益为最大, 且资源状况保持最好, 但社会效益较低; 以方案 3(BE 为管理目标)的当前及短期效益较大, 可以解决社会就业问题, 但长期经济效益为最低, 且资源状况最差; 综合考虑各方面因素, 最佳的备选方案为方案 8 和方案 2, 即适宜捕捞努力量应控制在 3.94 万—4.19 万船次, 可确保柔鱼资源量稳定在  $B_{MSY}$  以上。

**关键词** 柔鱼; 社会生物经济模型; 优化配置; 鱿钓渔业; 西北太平洋  
**中图分类号** S937 **doi:** 10.11693/hyh20130800115

柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)是栖息在大洋的暖水性种类, 广泛分布在西北太平洋海域, 该海域是目前规模性开发柔鱼资源的主要海域, 作业方式以鱿钓为主(王尧耕等, 2005)。1974 年日本鱿钓船首先对柔鱼资源进行产业性开发, 我国于 1993 年开始开发该资源, 之后捕捞规模和作业海域不断扩大, 年产量稳定在 6 万—10 万吨间(Chen *et al*, 2008), 是我国远洋渔业重要的捕捞对象。国内外学者对西北太平洋柔鱼进行了较深入的研究, 主要包括生物学特性、渔场形成及其开发状况、资源量变动以及渔业资源评估等方面(Yatsu *et al*, 2000; 王文宇等, 2003; 陈新军等, 2003; Ichii *et al*, 2004; 樊伟, 2004; Chen *et al*, 2008; 马金等, 2011; 唐峰华等, 2011), 但在柔鱼资源优化配置方面尚无研究。渔业资源开发是一个系统工程,

不仅涉及资源数量本身, 而且还包括经济效益、社会就业以及生态影响等, 是一个生态、社会和经济的综合系统。因此, 本研究以渔业资源经济学的理论与方法为基础(Gordon *et al*, 1954; Clark *et al*, 1985, 1990; 陈新军, 2004; Yagi *et al*, 2009), 构建基于生态效益、经济效益和社会效益等因素的综合优化配置模型, 模拟分析不同管理目标下西北太平洋柔鱼渔业的短期(1—5 年)、中期(10 年)及长期(20 年)的渔业资源、经济利益以及社会效益, 为科学制定西北太平洋柔鱼渔业资源管理策略提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

采用 1996—2008 年中国大陆鱿钓船在西北太平

\*国家自然科学基金, 41276156 号; 国家高技术研究发展计划(863 项目), 2012AA092303 号; 国家发改委产业化专项, 2159999 号; 上海市科技创新行动计划, 12231203900 号。刘金立, 馆员, 博士生, E-mail: jlliu@shou.edu.cn

通讯作者: 陈新军, 博士生导师, 教授, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

收稿日期: 2013-08-22, 收修改稿日期: 2013-10-16

洋的柔鱼渔业生产统计资料, 包括作业天数、日渔获量、作业船次等, 作业海域为 38°—46°N, 150°—165°E, 由中国远洋渔业协会上海海洋大学鱿钓技术组提供。CPUE 为单船每天的渔获量(吨/天×船次), 作业成本数据和柔鱼价格数据以舟山市宁泰远洋渔业有限公司为基准, 近年来每天单船作业成本约为 0.6 万元, 近五年来柔鱼平均价格约为 1.0 万元/吨。

## 1.2 分析方法

**1.2.1 Schaefer 生物模型** 根据历年渔获量数据及鱿钓渔业的捕捞努力量来拟合 Schaefer 生物模型, 估算最大可持续产量(MSY)及对应的捕捞努力量  $f_{MSY}$ 。Schaefer 生物模型如下:

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

式中:  $Y$  为渔获产量,  $f$  为捕捞努力量,  $q$  为可捕系数,  $r$  为种群内禀自然增长率,  $K$  为环境负载容量(陈新军, 2004)。

令  $a = qK$ ,  $b = \frac{q^2}{r}K$ , 代入(1)式, 则有

$$\frac{Y}{f} = a - bf \quad (2)$$

求解得出:  $f_{MSY} = \frac{a}{2b} = \frac{r}{2q}$ ;  $MSY = \frac{a^2}{4b} = \frac{rK}{4}$ 。

**1.2.2 Gordon-Schaefer 生物经济模型** 一般 Gordon-Schaefer 生物经济模型如下:

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

$$\pi = TR - TC = pY - cf \quad (3)$$

式中:  $\pi$  为利润,  $TR$  为总收入,  $TC$  为总成本,  $p$  为价格,  $Y$  为渔获产量,  $f$  为捕捞努力量,  $c$  为单船作业成本(Clark *et al.*, 1985; 1990; 陈新军, 2004; Yagi *et al.*, 2009)。

由此模型估算出最大经济产量(MEY)和生物经济平衡点(BE)以及对应的捕捞努力量  $f_{MEY}$  和  $f_{BE}$ , 并求出其相应的产量以及利润(陈新军, 2004)。

**1.2.3 社会生物经济综合模型** 渔业资源开发是一个复杂的系统工程, 不仅涉及生物资源本身, 还涉及经济利益、社会效益等诸多方面(张广文等, 2010)。因此, 在分析西北太平洋柔鱼资源的优化配置时, 可以综合考虑生态、经济、社会等因素, 分别对捕捞努力量  $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$  及  $f_{BE}$  取不同的权重, 构建社会生物经济优化配置模型。在本研究中, 我们以最大捕捞努力量作为社会效益的目标, 因为此时所能提供的就业

人数为最多。令综合捕捞努力量  $f$  为:

$$f = a \times f_{MSY} + b \times f_{MEY} + c \times f_{BE} \quad (4)$$

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

以捕捞努力量作为西北太平洋柔鱼资源优化配置的管理目标, 分别设定了 14 种不同的备选方案(表 1)。在设定的备选方案中, 方案 1、方案 2、方案 3 分别为管理目标 MSY、MEY 和 BE 对应的捕捞努力量  $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$ ; 其它方案的捕捞努力量主要是针对生态效益、经济效益和社会效益等管理目标所占的权重不同进行设定; 例如, 方案 4、方案 8、方案 9 及方案 10 等 4 种方案只考虑生态效益、经济效益和社会效益中的两种管理目标, 方案 5—方案 7、方案 11—方案 14 等 7 种方案综合考虑了生态效益、经济效益和社会效益三种管理目标, 其中方案 11 是假设各管理目标所占的权重相同, 方案 6、方案 12 是以生态效益为主, 方案 7、方案 13 是以经济效益为主, 方案 5、方案 14 是以社会效益为主。

结合 Schaefer 资源量动态模型及产量方程, 比较不同备选方案下的短期(1—5 年)、中期(10 年)和长期(20 年)的累计资源量、累计渔获产量以及累计经济效益。

Schaefer 资源量动态模型表达如下:

$$B_t = B_{t-1} + rB_{t-1} \left( 1 - \frac{B_{t-1}}{K} \right) - C_{t-1} \quad (5)$$

其中:  $B_t$  为第  $t$  年的资源量,  $r$  为种群内禀自然增长率,  $K$  为环境负载容量,  $C_{t-1}$  为第  $t-1$  年的渔获量(陈新军等, 2011); 西北太平洋柔鱼初始资源量  $B_0$  为 1996 年的资源量  $B_{1996}$ 。

根据 Ichii 等(2006)、曹杰(2010)的研究结果, 柔鱼种群内禀增长率  $r$  为 1.19, 根据陈新军等(2011)研究结果, 1995 年的西北太平洋柔鱼的资源量为 25 万吨, 其产量为 7.3 万吨, 结合 Schaefer 资源量动态模型, 推算 1996 年资源量  $B_{1996}$  为 28.74 万吨。

## 2 结果

### 2.1 MSY、MEY 和 BE 点的产量及其对应的捕捞努力量

根据 Schaefer 生物模型, 并利用一元线性回归分析方法拟合 CPUE 和捕捞努力量  $f$  的相关关系, 其相关性在统计上为显著( $R^2=0.8742$ ,  $P<0.05$ )(图 1), 由此估算得到西北太平洋柔鱼的最大可持续产量 MSY 约为 11.83 万吨, 对应的捕捞努力量约为 4.44 万船次。

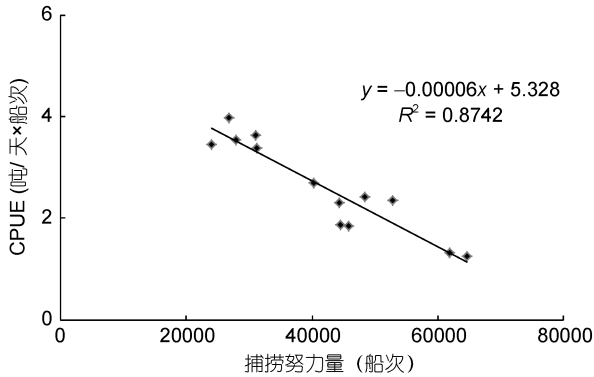


图 1 西北太平洋柔鱼 Schaefer 模型(图中 y 为 CPUE, x 为 捕捞努力量)

Fig.1 The Schaefer Model of *Ommastrephes bartramii* in the Northwestern Pacific Ocean

根据 Gordon-Schaefer 生物经济模型估算, 柔鱼最大经济产量 MEY 和生物经济平衡点 BE 的产量分别为 11.67 万吨和 4.73 万吨, 所对应的捕捞努力量分别为 3.94 万船次和 7.88 万船次(图 2)。

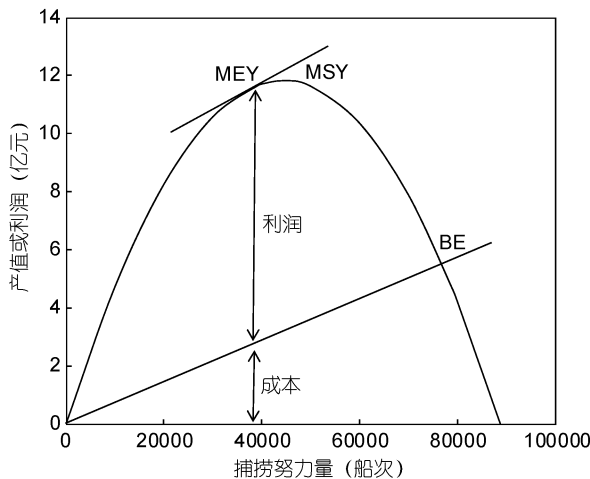


图 2 西北太平洋柔鱼 Gordon-schaefer 生物经济模型

Fig.2 The Gordon-Schaefer Bio-economic Model of *Ommastrephes bartramii* in the Northwestern Pacific Ocean

2.2 不同管理目标下柔鱼资源变化

根据设定的备选方案, 得出不同权重下各备选方案的捕捞努力量(表 1), 模拟出各方案下西北太平洋柔鱼的短期、中期及长期的资源量变化情况。

根据拟定的备选方案, 模拟了 20 年内资源量的变化情况(图 3, 图 4)。以方案 2、方案 8 及方案 1 开发柔鱼资源, 20 年内其资源量维持在 20 万吨以上, 年渔获产量可达到 11.67 万—11.83 万吨间。其中, 方案 2 柔鱼的资源量在 22 万吨左右, 即以最大经济产量 (MEY)为管理目标时的资源量; 方案 8 的资源量在 21

表 1 不同备选方案及其捕捞努力量

Tab.1 The fishing efforts of *Ommastrephes bartramii* in different scenarios

备选方案	权重设置(a: b: c)	捕捞努力量(船次)	备注
方案 1	1 : 0 : 0	$f_1=44400$	$f_{MSY}$
方案 2	0 : 1 : 0	$f_2=39400$	$f_{MEY}$
方案 3	0 : 0 : 1	$f_3=78800$	$f_{BE}$
方案 4	0 : 1/3 : 2/3	$f_4=65667$	
方案 5	1/6 : 1/6 : 2/3	$f_5=66500$	
方案 6	2/3 : 1/6 : 1/6	$f_6=49300$	
方案 7	1/6 : 2/3 : 1/6	$f_7=46800$	
方案 8	1/2 : 1/2 : 0	$f_8=41900$	
方案 9	1/2 : 0 : 1/2	$f_9=61600$	
方案 10	0 : 1/2 : 1/2	$f_{10}=59100$	
方案 11	1/3 : 1/3 : 1/3	$f_{11}=54200$	
方案 12	1/2 : 1/4 : 1/4	$f_{12}=51750$	
方案 13	1/4 : 1/2 : 1/4	$f_{13}=50500$	
方案 14	1/4 : 1/4 : 1/2	$f_{14}=60350$	

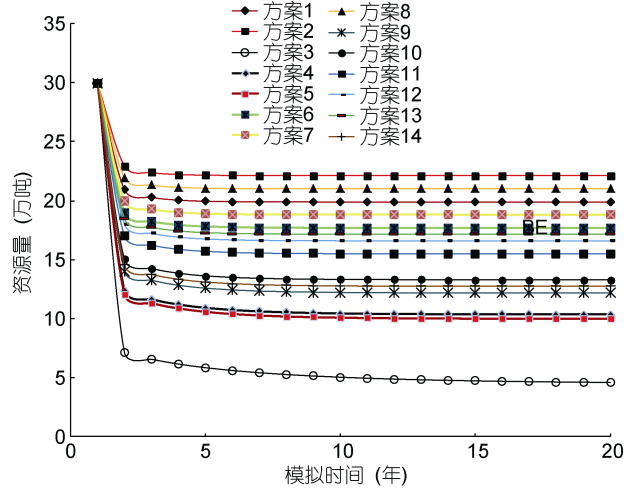


图 3 不同备选方案下 20 年内柔鱼资源量的变动

Fig.3 The stock biomass variation of *Ommastrephes bartramii* under different alternative management programs

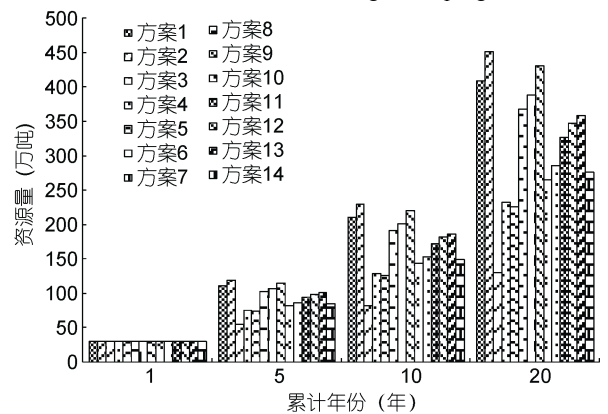


图 4 不同备选方案下柔鱼的短期、中期和长期的累计资源量

Fig.4 The accumulative stock biomass of *Ommastrephes bartramii* in short-, medium-, and long-term in different management scenarios

万吨左右,即以 MSY 和 MEY 各占 50% 权重为管理目标时的资源量;方案 1 的资源量在 20 万吨左右,即以 MSY 为管理目标时的柔鱼渔业资源量。以方案 7 开发柔鱼资源,20 年内其资源量维持在 19 万吨左右;方案 11、方案 12、方案 13 及方案 6 开发柔鱼资源,20 年内其资源量维持在 15 万—17 万吨;以方案 9、方案 14 及方案 10 开发柔鱼资源,20 年内其资源量维持在 12 万—13 万吨,这三种开发方案均为以社会效益(BE)所占的权重较大(占 1/2 比重);以方案 4 及方案 5 开发柔鱼资源,20 年内其资源量维持在 10 万吨左右,这两种开发方案也是以社会效益(BE)所占的权重较大(占 2/3 比重);以方案 3 开发柔鱼资源,20 年内其资源量持续减少,维持在 5 万吨左右,即完全以社会效益(BE)为管理目标时的资源量。

从累计资源量来看(图 5),无论是短期、中期,还是长期,柔鱼的累计资源量  $B$  均为  $B_{\text{方案}2} > B_{\text{方案}8} > B_{\text{方案}1} > B_{\text{方案}7} > B_{\text{方案}6} > B_{\text{方案}13} > B_{\text{方案}12} > B_{\text{方案}11} > B_{\text{方案}10} > B_{\text{方案}14} > B_{\text{方案}9} > B_{\text{方案}4} > B_{\text{方案}5} > B_{\text{方案}3}$ 。

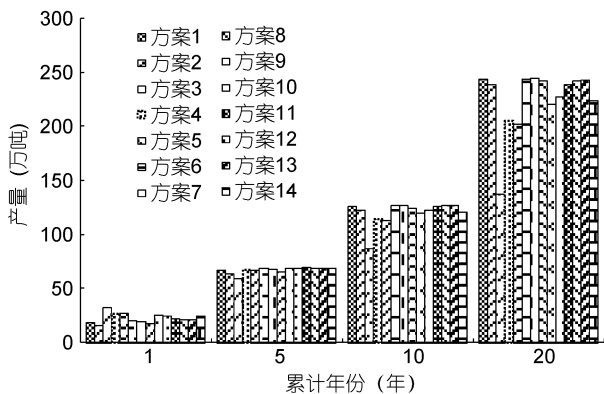


图 5 不同备选方案下柔鱼渔业的短期、中期和长期的累计渔获量

Fig.5 The accumulative catches of *Ommastrephes bartramii* fishery in short-, medium-, and long-term in different management scenarios

### 2.3 不同管理目标下柔鱼渔业的累计产量及利润比较

从短期累计产量(前 5 年)来看,以方案 3(BE 为管理目标)开发柔鱼资源的累计渔获产量最低(为 58.74 万吨),方案 2(以 MEY 为管理目标)、方案 8 略低,累计渔获产量分别为 63.13 万吨、64.76 万吨;以其余各方案开发柔鱼资源时,其累计渔获产量在 66.10 万—68.80 万吨间,且累计产量差异不明显。其中,以备选方案 11(MSY、MEY 及 BE 各占 1/3 权重)所获得的累计渔获产量为最高(68.80 万吨)(图 5)。从中期累计产量(10 年)来看,以方案 3(BE 为管理目标)开发柔鱼资源的

累计渔获产量最低(86.70 万吨);以方案 5 和方案 4 开发时,其累计渔获产量分别为 112.1 万吨、113.4 万吨;以方案 9、14、2、10、8 等开发时,其累计渔获量在 118.96 万—123.73 万吨,且累计产量差异不明显;以方案 11、1、12、7、13、6 等开发时,其累计渔获产量在 125.21 万—126.45 万吨间,且累计产量差异不明显,其中,以备选方案 6 所获得的累计渔获产量为最高(126.45 万吨)(图 5)。从长期累计产量(20 年)来看,以方案 3(BE 为管理目标)开发柔鱼资源的累计渔获产量最低(136.73 万吨);以方案 5 和方案 4 开发时,其累计渔获产量分别为 201.26 万吨、204.71 万吨;以方案 9、14、10 开发时,其累计渔获量在 219.56 万—227 万吨间;以方案 11、2、12、8、13、6、1、7 等开发时,其累计渔获产量在 237.75 万—244.09 万吨间,且累计产量差异不明显,其中,以备选方案 7(以 MEY 占 2/3 比重为管理目标)所获得的累计渔获产量为最高(为 244.09 万吨),以备选方案 1(以 MSY 为管理目标)所获得的累计渔获产量次之(243.55 万吨)(图 5)。

从短期累计利润(前 5 年)来看,以方案 6 开发柔鱼资源获得的累计利润最大(53.17 亿元),其次为方案 13(53.11 亿元);以方案 3(BE 为管理目标)开发柔鱼资源时获得的累计利润最小(35.10 亿元);以方案 7、方案 5 及方案 4 开发时,其累计利润在 43.5 亿—47.25 亿元间;以其它各方案开发时,其累计利润在 49.71 亿—53.11 亿元间,且累计利润差异不明显。短期累计利润分布:  $\pi_{\text{方案}6} > \pi_{\text{方案}13} > \pi_{\text{方案}12} > \pi_{\text{方案}1} > \pi_{\text{方案}11} > \pi_{\text{方案}8} > \pi_{\text{方案}2} > \pi_{\text{方案}10} > \pi_{\text{方案}14} > \pi_{\text{方案}9} > \pi_{\text{方案}4} > \pi_{\text{方案}5} > \pi_{\text{方案}7} > \pi_{\text{方案}3}$ 。在中期(10 年)和长期(20 年)累计利润中,均以方案 8 开发柔鱼资源时获得的累计利润最大,分别为 98.63 亿元、191.36 亿元,以方案 3 开发柔鱼资源时获得的累计利润最小,分别为 39.42 亿元、42.18 亿元;柔鱼渔业中长期的累计利润分布:  $\pi_{\text{方案}8} > \pi_{\text{方案}2} > \pi_{\text{方案}1} > \pi_{\text{方案}6} > \pi_{\text{方案}13} > \pi_{\text{方案}12} > \pi_{\text{方案}11} > \pi_{\text{方案}10} > \pi_{\text{方案}14} > \pi_{\text{方案}7} > \pi_{\text{方案}9} > \pi_{\text{方案}4} > \pi_{\text{方案}5} > \pi_{\text{方案}3}$ (图 6)。

## 3 讨论与分析

### 3.1 柔鱼资源开发现状分析

我国是世界头足类的重要生产国(王尧耕等, 2005),并于 1993 年开始开发西北太平洋柔鱼资源,作业方式主要以鱿钓为主,是目前捕捞柔鱼最主要的国家和地区之一(Chen *et al.*, 2008)。根据我国 1996—2008 年 13 年间在西北太平洋海域鱿钓作业的统计数据来看,柔鱼年产量基本上稳定在 8 万—12 万吨,

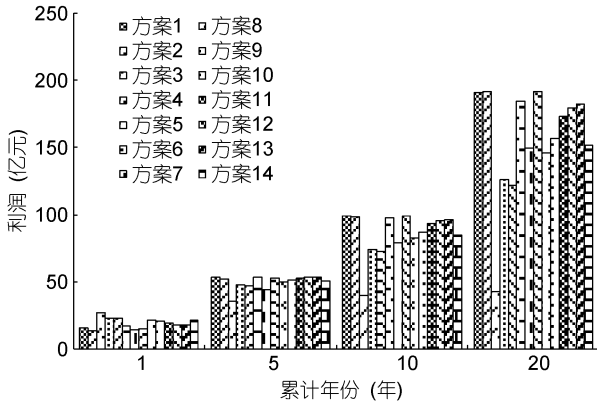


图6 不同备选方案下柔鱼渔业的短期、中期和长期的累计利润

Fig.6 The accumulative profits of *Ommastrephes bartramii* fishery in short, medium and long-term in different management scenarios

年均产量约为 10 万吨, 1999 年渔获产量最高约为 13.2 万吨, 其次为 2000 年渔获产量为约为 12.4 万吨, 对应的捕捞努力量分别为 6.46 万船次和 5.28 万船次, 2001—2008 年柔鱼年渔获量稳定在 8 万—11 万吨间, 捕捞努力量在 2.4 万—4.5 万船次间。本研究应用 Gordon-Schaefer 生物经济模型估算得到的柔鱼渔业的 MSY 为 11.83 万吨、MEY 为 11.67 万吨, 相应的捕捞努力量  $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$  分别为 4.44 万船次、3.94 万船次。本研究估算得出柔鱼渔业的 MSY 值与前人的研究结果(村田守 *et al*, 1982; Osako *et al*, 1983; 陈新军等, 2008)存在一定的差距, 其误差可能来自于不同模型的选择以及模型参数  $r$ 、 $K$  等的设置。由于柔鱼是短生命周期种类, 其资源量极易受到海洋环境因子波动的影响(Yatsu *et al*, 2000; Rodhouse, 2001; 邵全琴等, 2005; 陈新军等, 2009; 曹杰等, 2010), 导致柔鱼的年产量也会随之波动。结合历年我国大陆鱿钓船在西北太平洋海域的渔获产量及其变化情况(陈新军等, 2011), 可以判断该资源已处于充分利用状态, 但尚未遭受过度捕捞, 该研究结果与陈新军等(2008)和曹杰等(2010)的研究结果一致。

### 3.2 柔鱼渔业资源量状况模拟分析

根据设定的社会生物经济模型, 结合不同的备选方案开发西北太平洋柔鱼资源, 模拟了 20 年内柔鱼渔业资源量的变化, 各方案下, 柔鱼资源量在前 5 年内明显下降, 之后趋于稳定并维持在一定的资源量水平上。研究认为方案 2、方案 8 和方案 1 下的柔鱼资源量均维持在 20 万吨以上, 其中, 方案 2(以 MEY 为管理目标)的柔鱼资源量最大, 方案 8(以

MSY、MEY 各占 50%权重为管理目标)的资源量次之, 方案 1(以 MSY 为管理目标)的时资源量更次之; 柔鱼资源量处于第二阶梯的是以方案 7 开发时, 其 20 年内其资源量维持在 19 万吨左右; 柔鱼资源量处于第三阶梯的是方案 11、方案 12、方案 13 及方案 6, 这四种方案均综合考虑了 MSY、MEY 及 BE 等管理目标, 且 BE(社会效益)占的权重略低( $\leq 30\%$ ); 柔鱼资源量处于第四阶梯的是方案 10、方案 14 及方案 9, 这三种方案 BE(社会效益)所占的权重较大(占 50%); 柔鱼资源量处于第五阶梯的是方案 4 和方案 5, 这三种方案 BE(社会效益)所占的权重更大(占 2/3); 柔鱼资源量最低的是方案 3(以 BE 为管理目标)。因此, 通过上述分析, 可以选择方案 2(以 MEY 为管理目标)或者方案 8(以 MSY、MEY 各占 50%权重为管理目标)来开发柔鱼资源, 此时该渔业年渔获产量可达 11 万吨左右, 资源量保持在 22 万吨左右, 可确保柔鱼资源的可持续开发。

### 3.3 最适备选方案的选择

以不同备选方案开发西北太平洋柔鱼资源, 其累计渔获产量和累计利润在短期过程中差异不明显, 但在中长期开发过程中差异较为明显。这些差异主要来源于不同备选方案中捕捞努力量的设置, 即生态效益、经济效益、社会效益等因素所占权重不同。通过比较可知, 方案 6 的短期经济利益最大, 方案 3 的短期经济利益最小; 方案 8(以 MSY、MEY 各占 50%权重为管理目标)和方案 2(以 MEY 为管理目标)的中长期经济效益为最大, 其累计利润远远高于方案 3(以 BE 为管理目标)的累计利润, 且柔鱼资源状况保持最好, 但社会就业率较低; 相反, 方案 3 的短期社会效益较大, 且可以解决大量的社会就业问题, 但其长期经济效益却最低, 且资源状况最差(远小于  $B_{MSY}$ ), 不利于柔鱼渔业的可持续发展; 其它方案的经济利益和社会效益则都介于方案 8、方案 2 与方案 3 之间。由此可知, 要获取更多的就业机会(提供更多的捕捞努力量), 就需要牺牲经济利益和渔业资源为代价, 随着时间的推移, 其累计的长期经济利益是最低的。

综合考虑生态效益、经济利益和社会效益等方面, 备选方案 6、方案 13、方案 12 及方案 11 的综合效益较好, 获得的长期累计利润中等, 但这些方案投入到渔业中的捕捞努力量远远超过  $f_{MSY}$ (4.44 万船次), 柔鱼资源将会遭受过度捕捞, 可能会导致资源崩溃的危险。因此, 这些方案均不适合用来开发柔鱼资源。综上所述, 综合考虑各方面因素的影响, 最佳的备选

方案为方案 8 和方案 2, 即投入到柔鱼渔业中的适宜捕捞努力量应控制在 3.94 万—4.19 万船次, 可以确保柔鱼资源量稳定在  $B_{MSY}$  以上, 从而达到可持续利用西北太平洋柔鱼资源的目的。

由于 Gordon-Schaefer 生物经济模型主要是应用于单一种群的生物经济模型, 没有考虑环境变化对渔业资源的影响、鱼类的生物学特性、捕捞成本以及渔获价格变动等的影响, 同时, 该模型估算出的  $MSY$ 、 $MEY$  及  $BE$  也可能与渔业的实际情况存在一定偏差。今后的研究中, 需要结合种群间的竞争关系、捕食与被捕食关系, 以及环境因子对西北太平洋柔鱼资源的影响, 结合资源评估中的不确定性, 系统开展基于生态和环境因素的西北太平洋柔鱼生物经济学模型及其资源优化配置的研究, 为柔鱼资源的可持续开发利用提供科学依据。

### 参 考 文 献

- 马 金, 陈新军, 刘必林等, 2011. 北太平洋柔鱼渔业生物学研究进展. 上海海洋大学学报, 20(4): 563—570
- 王文宇, 邵全琴, 薛允传等, 2003. 西北太平洋柔鱼资源与海洋环境的 GIS 空间分析. 地球信息科学, 11(1): 39—44
- 王尧耕, 陈新军, 2005. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业. 北京: 海洋出版社, 124—159
- 村田守, 鸠津靖彦, 1982. 北西太平洋海域におけるのアカイ力资源特性値について. 北水研报告, 47: 1—10
- 张广文, 陈新军, 李 纲, 2010. 渔业资源生物经济模型研究现状. 海洋湖沼通报, (3): 10—16
- 陈新军, 2004. 渔业资源经济学. 北京: 中国农业出版社: 62—105
- 陈新军, 刘必林, 田思泉等, 2009. 利用基于表温因子的栖息地模型预测西北太平洋柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)渔场. 海洋与湖沼, 40(6): 707—713
- 陈新军, 许柳雄, 田思泉, 2003. 北太平洋柔鱼资源与渔场的时空分析. 水产学报, 27(4): 334—342
- 陈新军, 钱卫国, 刘必林等, 2008. 利用衰减模型评估柔鱼西部冬春生群体资源. 海洋湖沼通报, (2): 130—140
- 陈新军, 曹 杰, 刘必林等, 2011. 基于贝叶斯 Schaefer 模型的西北太平洋柔鱼资源评估与管理. 水产学报, 35(10): 1572—1581
- 邵全琴, 马巍巍, 陈卓奇等, 2005. 西北太平洋黑潮路径变化与柔鱼 CPUE 的关系研究. 海洋与湖沼, 36(2): 111—122
- 唐峰华, 伍玉梅, 樊 伟, 2011. 北太平洋柔鱼生殖群体结构特征及繁殖生物学. 中国海洋大学学报(自然科学版), 41(7/8): 72—78
- 曹 杰, 2010. 西北太平洋柔鱼资源评估与管理. 上海: 上海海洋大学硕士论文, 67—83
- 曹 杰, 陈新军, 田思泉等, 2010. 基于世代分析法的西北太平洋柔鱼冬春生西部群体资源评估. 中国海洋大学学报(自然科学版), 40(3): 37—42
- 曹 杰, 陈新军, 刘必林等, 2010. 鱿鱼类资源量变化与海洋环境关系的研究进展. 上海海洋大学学报, 19(2): 232—239
- 樊 伟, 2004. 卫星遥感渔场渔情分析应用研究——以西北太平洋柔鱼渔业为例. 上海: 华东师范大学博士论文, 53—96
- Chen X J, Chen Y, Tian S Q *et al*, 2008. An assessment of the west winter- spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean. Fisheries Research, 92(2—3): 221—230
- Clark C W, 1985. Bioeconomic Modeling and Fisheries Management. New York: Wiley Costa Duarte, 1—34
- Clark C W, 1990. Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources. New York: John Wiley&Sons Inc
- Gordon H S, 1954. The economics of a common property resource: The fishery. Political Economy, 62: 124—142
- Ichii T, Mahapatra K, Okamura H *et al*, 2006. Stock assessment of the autumn cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific based on past large-scale high seas driftnet fishery data. Fisheries Research, 78 (2): 286—297
- Ichii T, Mahapatra K, Sakai M *et al*, 2004. Differing body size between the autumn and the inter-spring cohorts of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) related to the oceanographic regime in the North Pacific: a hypothesis. Fisheries Oceanography, 13(5): 295—309
- Osako M, Murata M, 1983. Stock assessment of cephalopod resources in the northwestern Pacific. In: Caddy J F ed. Advances in Assessment of World Cephalopod Resources. FAO Fish Tech Paper, 231: 5—144
- Rodhouse P G, 2001. Managing and forecasting squid fisheries in variable environments. Fisheries Research, 54(1): 3—8
- Yagi N, Ariji M, Takahara A *et al*, 2009. Application of a bioeconomics model to examine sustainability of fishery resources in the global market: the case of octopus resource in Morocco. Fisheries Science, 75(1): 43—46
- Yatsu A, Mori J, 2000. Early growth of the autumn cohort of neon flying squid, *Ommastrephes bartramii*, in the North Pacific Ocean. Fisheries Research, 45(2): 189—194

## MANAGEMENT STRATEGY AND COMPREHENSIVE ALLOCATION MODEL OF *OMMASTREPHES BARTRAMII* IN THE NORTHWESTERN PACIFIC OCEAN

LIU Jin-Li<sup>1,2,4</sup>, CHEN Xin-Jun<sup>1,3,4</sup>, LI Gang<sup>1,3,4</sup>, WANG Cong-Jun<sup>1</sup>

(1. College of Marine Sciences of Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Library of Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract** Neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwestern Pacific Ocean is one of the important commercial fishing targets for Chinese distant waters fisheries. How to determine the goal of fisheries management by considering the ecology, economy, and society is an important concern in the field of sustainable utilization of fishery. Based on the Gordon-Schaefer Bio-economic Model, we used the catch data and economic data from the squid fishery of China during 1996—2008 in the Northwestern Pacific Ocean to estimate the maximum sustainable yield, maximum economic yield, bio-economic equilibrium yield, and their corresponding fishing efforts. A social bio-economic model was established based on different weights of fishing efforts in ecology, economy, and society management objectives, and the resources status, economic benefits, and social benefits in 14 different management scenarios were simulated in short-(1—5 years), medium-(10 years), and long-term(20 years) of *O. bartramii* in the Northwestern Pacific Ocean. The results show that the fishery resource of *O. bartramii* was in full utilization, but not overfished. By simulation, if Scenarios 2 and 8 were used for management, the long-term economic benefits would be the maximum, the resource would be well sustained, but the social benefit would be low with less employment. If Scenario 3 were adopted, the short-term economic benefits would be the maximum for providing good chances of employment, but long-term economic benefit would be the lowest with the worst resources reusability. Therefore, Scenarios 8 and 2 should be the considered in which the suitable fishing effort should be controlled between 3.94 and 4.19 ten thousands fishing vessels by taking account of all impact factors and the biomass of *O. bartramii* be kept above estimated maximum sustainable yield.

**Key words** *Ommastrephes bartramii*; social bio-economic model; optimal utilization; squid fishery; northwestern Pacific Ocean