

DOI: 10.5846/stxb201309242343

刘金立, 陈新军, 李纲, 李思亮. 西北太平洋柔鱼渔业生物经济模型及其管理策略. 生态学报, 2014, 34(17): 5040-5051.

Liu J L, Chen X J, Li G, Li S L. A bio-economic simulation model and its management strategy of *Ommastrephes bartramii* in the Northwest Pacific Ocean. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(17): 5040-5051.

西北太平洋柔鱼渔业生物经济模型及其管理策略

刘金立^{1,2,3}, 陈新军^{1,3,4,*}, 李 纲^{1,3,4}, 李思亮⁵

(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. 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;

4. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 5. 风脉(武汉)可再生能源技术有限责任公司, 武汉 430073)

摘要: 西北太平洋柔鱼是中国大陆、日本及中国台湾鱿钓船队共同开发的主要经济头足类之一, 如何兼顾鱿钓船队的渔业利益, 并综合考虑生态效益、经济效益和社会效益, 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。根据中国大陆、日本及中国台湾鱿钓船队的渔获统计数据及相关经济参数, 构建基于多船队的生物经济模型, 模拟了 50 年内(1997—2047 年)各捕捞船队开发柔鱼资源过程中的动态变化, 并探讨了在 10 种不同的管理方案下各船队捕捞努力量、柔鱼资源量、渔获产量及其渔业利润随时间的动态变化。结果表明, 在所有设计方案下, 随着捕捞努力量的动态变化, 资源量在前 10a 均呈急剧下降趋势, 随后经长期波动后逐渐趋于稳定并维持在较低水平。从长期效益来看, 方案 9(提高中国台湾船队捕捞系数)的累计产量及累计利润中等, 但能兼顾各国或地区船队间的经济利益和社会效益, 可建议以方案 9 作为柔鱼渔业的参考管理目标; 从柔鱼资源保护角度来看, 方案 4(提高中国大陆船队作业成本)的资源量保持最好, 可以对方案 4 进行适当的优化作为参考管理目标, 即提高中国大陆船队作业成本, 同时适当降低日本船队的可捕系数, 可确保柔鱼资源量保持在更高的水平上。

关键词: 柔鱼; 生物经济模型; 多船队; 鱿钓渔业; 资源优化配置; 西北太平洋

A bio-economic simulation model and its management strategy of *Ommastrephes bartramii* in the Northwest Pacific Ocean

LIU Jinli^{1,2,3}, CHEN Xinjun^{1,3,4,*}, LI Gang^{1,3,4}, LI Siliang⁵

1 College of Marine Sciences of Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

2 Library of Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

3 The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

4 National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

5 WindMagics(Wuhan) Renewable Energy Technology Co., Ltd, Wuhan Hubei Province 430073, China

Abstract: Neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwestern Pacific Ocean is one of the important economic cephalopods of China mainland, Japan and Chinese Taiwan squid jigging fleets. How to balance the fisheries interests and how to make the scientific fishery management programs by considering the biological, economic and social benefits is one of the important contents in the sustainable utilization of fishery resources. A multi-fleet bio-economic model was established using fishery catch data and correlative fishing economic data from the squid fishery in China mainland, Japan and Chinese Taiwan squid jigging fleets, and simulated the dynamic changes of *O. bartramii* fishery development during the period 1997

基金项目: 国家自然科学基金(NSFC41276156); 国家 863 计划(2012AA092303); 国家发改委产业化专项(2159999); 上海市科技创新行动计划(12231203900)

收稿日期: 2013-09-24; **网络出版日期:** 2014-04-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xjchen@shou.edu.cn

to 2047 in each squid jigging fleet. And it also discussed the dynamic variations of fishing efforts, biomass, yield, fishery profits, and corresponding accumulative yields and profits over 50 years under different management programs in each squid jigging fleet. The results showed that the biomass of the *O. bartramii* has been decreasing significantly in the first 10 years with the dynamic variation of fishing efforts under all fishery management programs. And it gradually stabilized and maintained at a low level after long-term fluctuations. From the long-term benefits, the accumulative yield and profits were medium under the fishery management program 9, i.e., increasing catchability coefficient of Chinese Taiwan fleet, and this scenario could balance the economic and social benefits in different squid jigging fleets of the three countries and regions, so it was suggested as reference management program of *O. bartramii* fishery. From the perspective of squid resources conservation, the biomass of *O. bartramii* was maintained well under the management program 4, i.e., increasing the fishing costs of China mainland squid jigging fleet. So we can optimize this scenario and make it as the reference management program, i.e., increasing the fishing costs of China mainland fleet, while appropriate to reduce the catchability coefficient of the Japanese fleet. This could ensure the biomass of *O. bartramii* maintain at a higher level.

Key Words: *Ommastrephes bartramii*; bio-economic model; multi-fleet; squid fishery; optimal utilization; Northwestern Pacific Ocean

柔鱼 (*Ommastrephes bartramii*) 是重要的经济头足类之一,广泛分布在西北太平洋海域^[1]。开发柔鱼资源的主要国家和地区有中国大陆、日本及中国台湾省。中国大陆于 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—10 万 t 间^[2];1993 年公海大型流刺网作业禁止后,日本以大型专业鱿钓船为主进行捕捞,年均产量为 3—4 万 t;中国台湾省在 2000 年前的鱿钓年均产量约为 2 万 t,之后年产量均小于 1 万 t^[1],主要以秋刀鱼渔业兼捕船队为主。近几年来西北太平洋柔鱼的产量日趋下降,该资源可能已处于充分开发的状态^[3]。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^[2-10],但不同捕捞船队、捕捞成本、渔获价格等对柔鱼资源开发的影响则没有相应的研究。本文利用多船队的渔业生物经济模型^[11-14],考虑具有不同捕捞能力的中国大陆船队、日本船队及中国台湾船队同时捕捞西北太平洋柔鱼时,在技术上的相互影响,并结合柔鱼渔业的相关生物学和经济学参数,模拟不同管理方案下 50a 内柔鱼资源开发利用过程中,其资源量、捕捞努力量、渔获产量及渔业利润的动态变化,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

中国大陆船队在西北太平洋的柔鱼渔业生产统计数据由中国远洋渔业协会上海海洋大学鱿钓技术组提供;作业成本和柔鱼价格以舟山市宁泰远洋渔业有限公司等调查统计数据为基准,近 5 年来每天单船作业成本约为 0.6 万元,近 5 年来柔鱼平均价格约为 1.0 万元/t。中国台湾省船队的柔鱼渔业统计数据来源于中国台湾省对外渔业合作发展协会 (<http://www.ofdc.org.tw/index.htm>),每天单船作业成本为 0.476 万元^[15-16];日本大型专业鱿钓船船队渔业统计数据来源于日本国际渔业资源现状网站 (<http://kokushi.job.affrc.go.jp/index.html>),并假设单船作业成本为中国台湾船队的 2 倍。根据 Ichii 等^[17]、曹杰^[18]的研究结果,柔鱼种群内禀增长率 r 设为 1.19,根据陈新军等^[3]研究结果,环境负载容量 K 设为 55.1 万 t,1995 年的西北太平洋柔鱼的资源量为 25 万 t,初始资源量 B_0 假定为 1996 年的资源量 B_{1996} ,结合 Schaefer 资源量动态模型,推算 1996 年资源量 B_{1996} 为 26.63 万 t。根据中国台湾鱿钓船队、日本鱿钓船队的年产量,结合中国鱿钓船队历年的 CPUE,来折算中国台湾省和日本鱿钓船队的捕捞努力量,并考虑到中国台湾船队和日本船队的作业特点,假设其可捕系数分别为中国大陆船队的 1/2 和 3/2(表 1)。

表 1 多船队作业生物经济模型的相关参数设置

Table 1 Parameters set for the multifleet bio-economic model

参数 Parameters	符号 Symbols	数值 Value	单位 Unit
环境负载容量 Carrying capacity	K	55.1	$\times 10^4 \text{ t}$
内禀自然增长率 Intrinsic rate of growth	r	1.19	1/a
捕捞系数-中国大陆船队 Catchability coefficient-China mainland fleet	q_1	1.34×10^{-5}	1 船次 $^{-1}$ a $^{-1}$
捕捞系数-中国台湾船队 Catchability coefficient-Chinese Taiwan fleet	q_2	0.67×10^{-5}	1 船次 $^{-1}$ a $^{-1}$
捕捞系数-日本船队 Catchability coefficient-Japan fleet	q_3	2.01×10^{-5}	1 船次 $^{-1}$ a $^{-1}$
柔鱼价格 Price	p	1	万元/t
单船作业成本-中国大陆船队 Unit cost of effort-China mainland fleet	c_1	0.6	万元/船次
单船作业成本-中国台湾船队 Unit cost of effort-Chinese Taiwan fleet	c_2	0.476	万元/船次
单船作业成本-日本船队 Unit cost of effort-Japan fleet	c_3	0.952	万元/船次
初始捕捞努力量-中国大陆船队 Initial fishing effort-China mainland fleet	f_1	44433	船次 vessel
初始捕捞努力量-中国台湾船队 Initial fishing effort-Chinese Taiwan fleet	f_2	4478	船次 vessel
初始捕捞努力量-日本船队 Initial fishing effort-Japan fleet	f_3	14402	船次 vessel
初始资源量 Initial biomass	B_{1996}	26.63	万 t
柔鱼渔业动态参数 Entry/exit parameter	φ	0.5×10^{-5}	船次/元

1.2 分析方法

1.2.1 多船队作业的捕捞努力量动态变化模型

在渔业资源开发过程中,各船队投入到渔业生产中的捕捞努力量由其渔业的经济利益来决定的^[11],其捕捞努力量动态变化模型如下:

$$\frac{df}{dt} = \varphi \pi(t) = \varphi [pqB(t) - c]f(t) \quad (1)$$

$$\frac{dB}{dt} = rB(t) \left(1 - \frac{B(t)}{K}\right) - Y(t) \quad (2)$$

式中, $\pi(t)$ 表示利润函数, p 表示渔获价格, q 表示可捕系数, c 为单船作业成本, $B(t)$ 表示资源量变动函数, $f(t)$ 表示捕捞努力量变动函数, $Y(t)$ 表示渔获产量函数, 当利润为正值, 作业船队将会进入该渔业, 当利润为负值, 作业船队将会退出该渔业; φ 为作业船队进入或退出渔业的动态参数, 表示作业船队长期的动态变化, 与捕捞努力量变动所引起的成本变化密切相关, 反映作业船队利润的变动情况^[19]。根据 Anderson 等^[12] 和 Seijo 等^[19] 对海洋无脊椎动物渔业在工业化捕捞过程中, 作业船队进入或退出渔业的动态参数设置, 假定 φ 为 0.5×10^{-5} , 本文不探讨其影响程度。

1.2.2 多船队作业的资源量动态变化模型

渔业中, 具有不同捕捞能力的 3 个作业船队捕捞同一种群时, 其渔业资源动态模型表示如下:

$$\frac{dB}{dt} = rB(t) \left(1 - \frac{B(t)}{K}\right) - Y_1(t) - Y_2(t) - Y_3(t) \quad (3)$$

$$Y_1(t) = q_1 f_1(t) B(t) \quad (4)$$

$$Y_2(t) = q_2 f_2(t) B(t) \quad (5)$$

$$Y_3(t) = q_3 f_3(t) B(t) \quad (6)$$

式中, $Y_1(t)$ 、 $Y_2(t)$ 、 $Y_3(t)$ 、 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ 、 $f_3(t)$ 分别表示中国大陆船队、中国台湾船队及日本船队的产量和捕捞努力量; q_1 、 q_2 、 q_3 分别表示中国大陆船队、中国台湾船队及日本船队的可捕系数。由此模型可模拟出西北太平洋柔鱼资源量及作业船队的渔获产量随时间的动态变化。

1.2.3 各船队的渔业利润随捕捞努力量的动态变化利润方程如下:

$$\pi_1(t) = pY_1(t) - c_1 f_1(t) \quad (7)$$

$$\pi_2(t) = pY_2(t) - c_2 f_2(t) \quad (8)$$

$$\pi_3(t) = pY_3(t) - c_3 f_3(t) \quad (9)$$

式中, $\pi_1(t)$ 、 $\pi_2(t)$ 、 $\pi_3(t)$ 分别表示中国大陆船队、中国台湾船队及日本船队的利润; c_1 、 c_2 、 c_3 分别表示中国大陆船队、中国台湾船队及日本船队的单船作业成本; p 为柔鱼价格。

1.2.4 模拟不同管理方案下作业船队的动态变化

以基准管理方案为标准, 改变不同的生物和经济参数, 模拟不同管理方案下各船队 50a 内的作业状况及其渔业资源的动态变化(表 2)。

表 2 不同管理方案下的参数设置
Table 2 Parameters set corresponding to different management programs

管理方案 Management programs	实施目的 Implementation purposes	可捕系数 Catchability coefficient	单位作业成本 Unit cost of effort
1	基准方案	q_1, q_2, q_3	c_1, c_2, c_3
2	提高中国大陆船队可捕系数	$q_1 = 3q_2, q_2, q_3$	c_1, c_2, c_3
3	降低中国大陆船队作业成本	q_1, q_2, q_3	$c_1 = c_2, c_2, c_3$
4	提高中国大陆船队作业成本	q_1, q_2, q_3	$c_1 = c_3, c_2, c_3$
5	提高日本船队可捕系数	$q_1, q_2, q_3 = 4q_2$	c_1, c_2, c_3
6	降低日本船队可捕系数	$q_1, q_2, q_3 = q_1$	c_1, c_2, c_3
7	降低日本船队作业成本	q_1, q_2, q_3	$c_1, c_2, c_3 = c_1$
8	提高中国台湾船队作业成本	q_1, q_2, q_3	$c_1, c_2 = c_3, c_3$
9	提高中国台湾船队可捕系数	$q_1, q_2 = q_1, q_3$	c_1, c_2, c_3
10	降低中国台湾船队作业成本	q_1, q_2, q_3	$c_1, c_2 = 0.5 c_1, c_3$

2 结果

2.1 不同管理方案下各船队捕捞努力量及资源量的动态变化

根据捕捞努力量动态变化模型及多船队生物经济模型,模拟了不同管理方案下 50a 内(1997—2047 年)中国大陆船队、中国台湾省船队及日本船队的捕捞努力量及柔鱼资源量随时间的动态变化情况(图 1,图 2)。

对各船队 50a 内捕捞努力量的动态变化进行分析,中国大陆船队投入的捕捞努力量占居绝对优势,其次是日本船队,中国台湾船队最少。在管理方案 1 下,中国大陆船队在 1997—2003 年间捕捞努力量逐年增加,达到最大值(6.16 万船次)后,开始逐年减少,当减少至 4.82 万船次后,又开始缓慢增加捕捞努力量,到 2037 年后捕捞努力量稳定在约 5.45 万船次;日本船队在 1997—2003 年间捕捞努力量逐年缓慢增加,当达到最大值(2.31 万船次)后,开始逐年减少,当减少至 1.52 万船次后略有回升,随后捕捞努力量维持在约 1.7—1.8 万船次间;中国台湾船队在 1997—2002 年间捕捞努力量略有增加,当到达 0.5 万船次后,逐年缓慢减少,在 2047 年时捕捞努力量约为 0.3 万船次(图 1)。其它 9 种方案的捕捞努力量和资源的动态变化见图 1。

对不同管理方案下 50a 内柔鱼资源量的动态变化进行分析可知,在各方案下,柔鱼渔业资源量的变化趋势大致相同,即在 1997—2007 年内资源量急剧

下降,在 2007—2017 年间下降到资源量的最低水平,随后资源量处于波动和恢复阶段,最后稳定在一定的资源量水平(图 2)。其中,方案 2 在 2007—2017 年间资源量接近崩溃,之后随着捕捞努力量的动态调整资源量开始恢复,2042—2047 年资源量维持在 1.7—2.0 万 t 间;方案 3、方案 5 及方案 7 在 2037—2047 年资源量维持在 3 万 t 左右;方案 1、方案 6、方案 8、方案 9 及方案 10 在 2037—2047 年资源量维持在 4—5 万 t 间;方案 4 在 2032—2047 年资源量维持在较高的水平,约为 6 万 t(图 2)。

2.2 不同管理方案下各船队渔获产量及其利润的动态变化

从 50a 内各船队渔获产量的动态变化来看,各方案下,中国大陆船队的渔获产量最大,日本船队次之,中国台湾船队最少(图 3)。不同方案下各船队渔获产量的变化趋势大致相同,即在 1997—2007 年间各船队渔获产量呈急剧下降趋势,在 2007—2012 年产量持续缓慢下降并达到最小值,之后随着各船队捕捞努力量的动态调整渔获产量出现波动,最后趋于稳定。中国大陆船队在方案 2 下,在 1997—2002 年产量急剧下降,在 2007—2022 年产量下降到 1 万 t 以下,之后产量逐渐增加,当增加到 7.4 万 t 后,又有逐年下降趋势,至 2047 年时其产量约为 2 万 t;其它方案下,中国大陆船队 50a 内的产量变动趋势基本相似,其中,到 2047 年时,方案 6 约为 4.2 万 t,方案 1、方案 3、方案 8 及方案 10 的产量约为 3 万 t,方案 4 和方案 9 的产量约为 2.5 万 t,方案 5 和

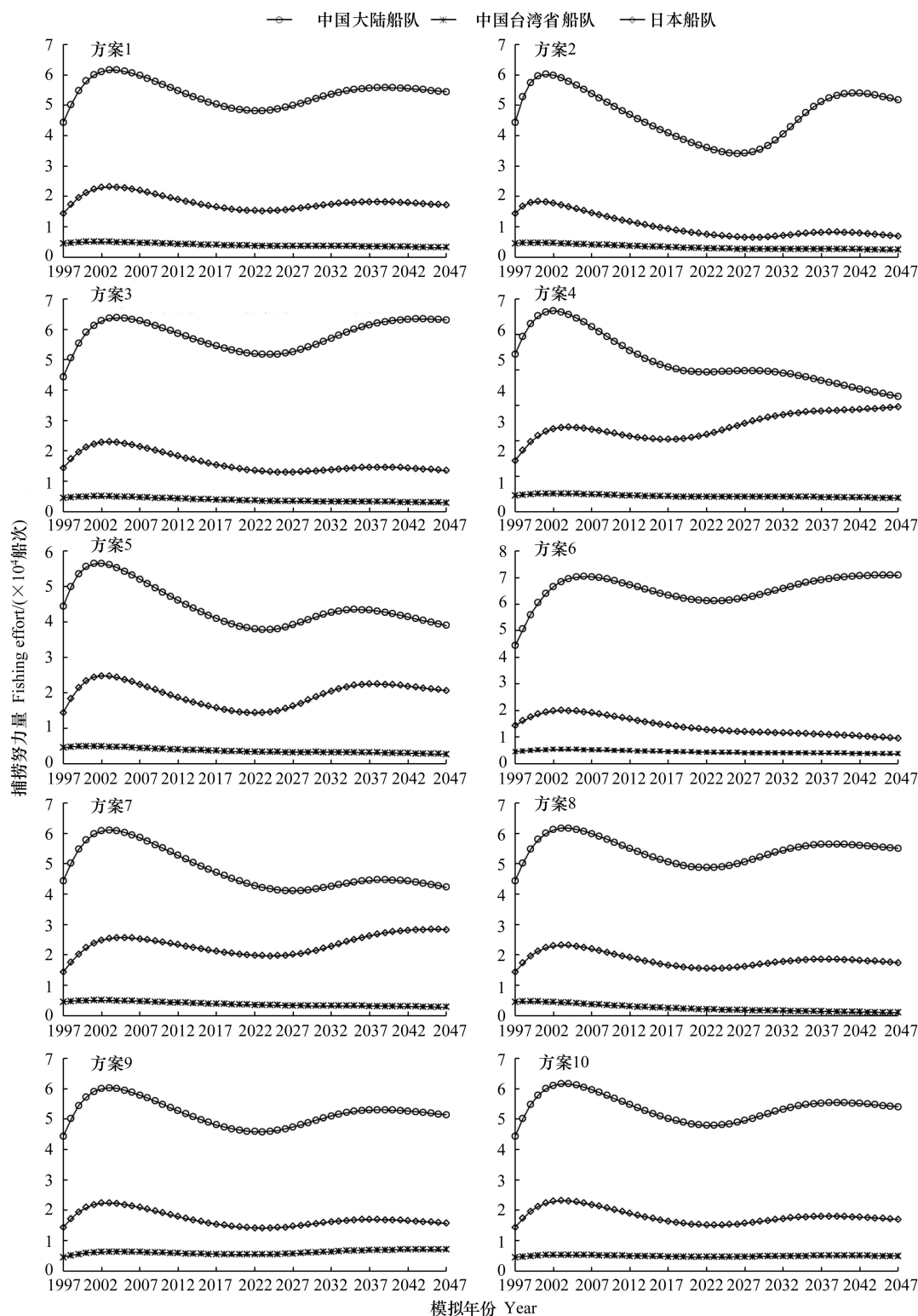


图1 不同管理方案下各作业船队捕捞努力量随时间的动态变化

Fig.1 The variation of fishing efforts for China mainland, Japan and Chinese Taiwan squid-jigging fleets over 50 years under different management programs

方案7的产量约为1.5万t(图3)。日本船队在方案4下,到2047年时其产量约为3.2万t,在方案1、方案5及方案7—方案10下,其产量在1.2—1.6万t间,方案2、方案3及方案5下,其产量在1万t以下,接近于退出该渔业的水平。中国台湾船队,在方案9下,至2047年是产量约为0.35万t外,其余方案均为接近

或直接退出该渔业的水平(图3)。

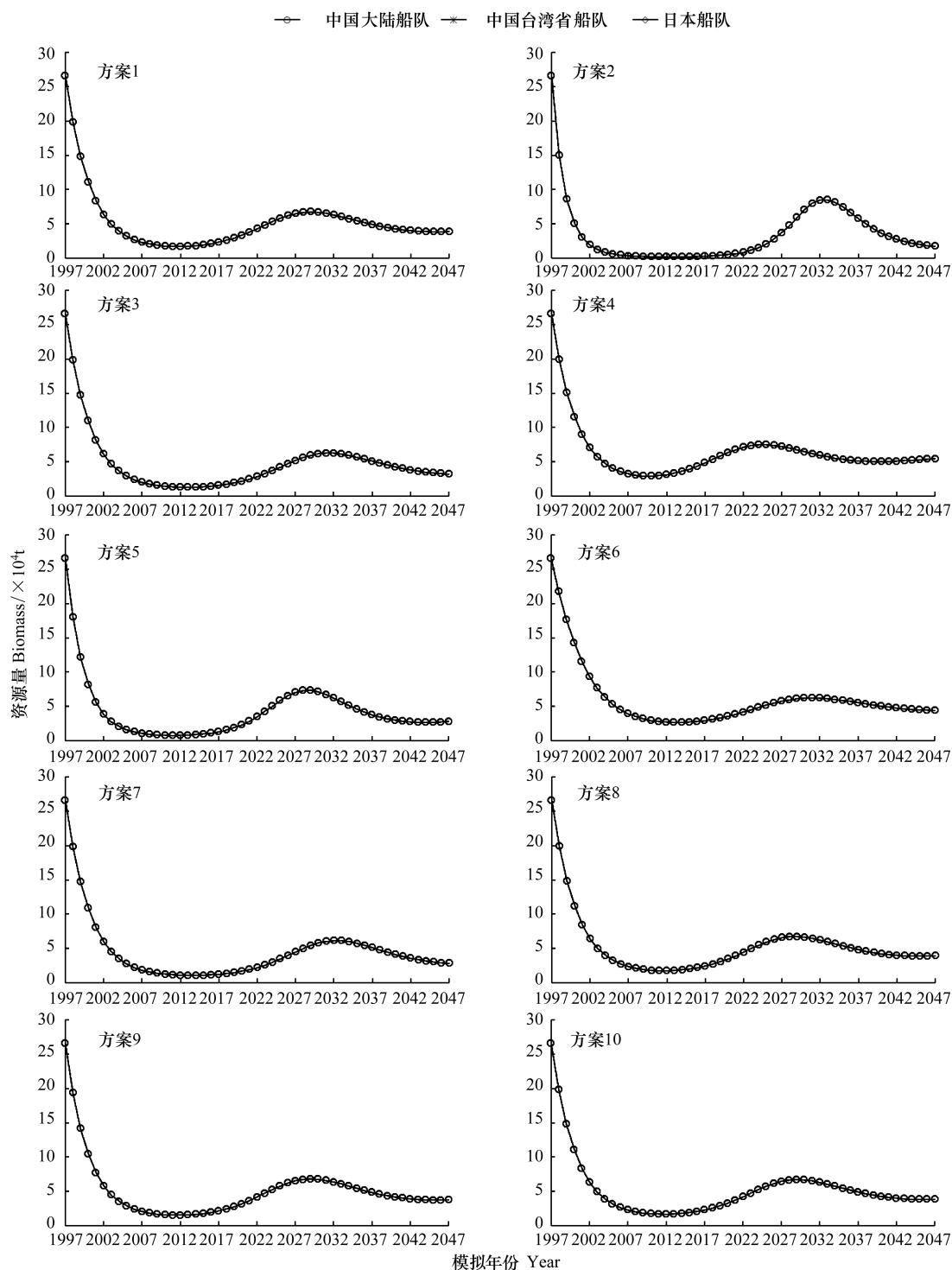


图2 不同管理方案下柔鱼资源量随时间的动态变化

Fig.2 The biomass variation of *Ommastrephes Bartramii* over 50 years under different management programs

从50a内各船队利润的动态变化来看,各方案下,1997—2002年各船队均处于盈利状态,且利润逐年急剧递减,其中,中国大陆船队获得的利润最大,日本船队次之,中国台湾船队最小(图4)。在方案1

下,中国大陆船队和日本船队在2003—2022年内长期处于亏损状态,在之后的25a内长期在盈利与亏损之间波动,而中国台湾船队则在2002年之后长期处于亏损状态(图4)。在方案2下,中国大陆船队

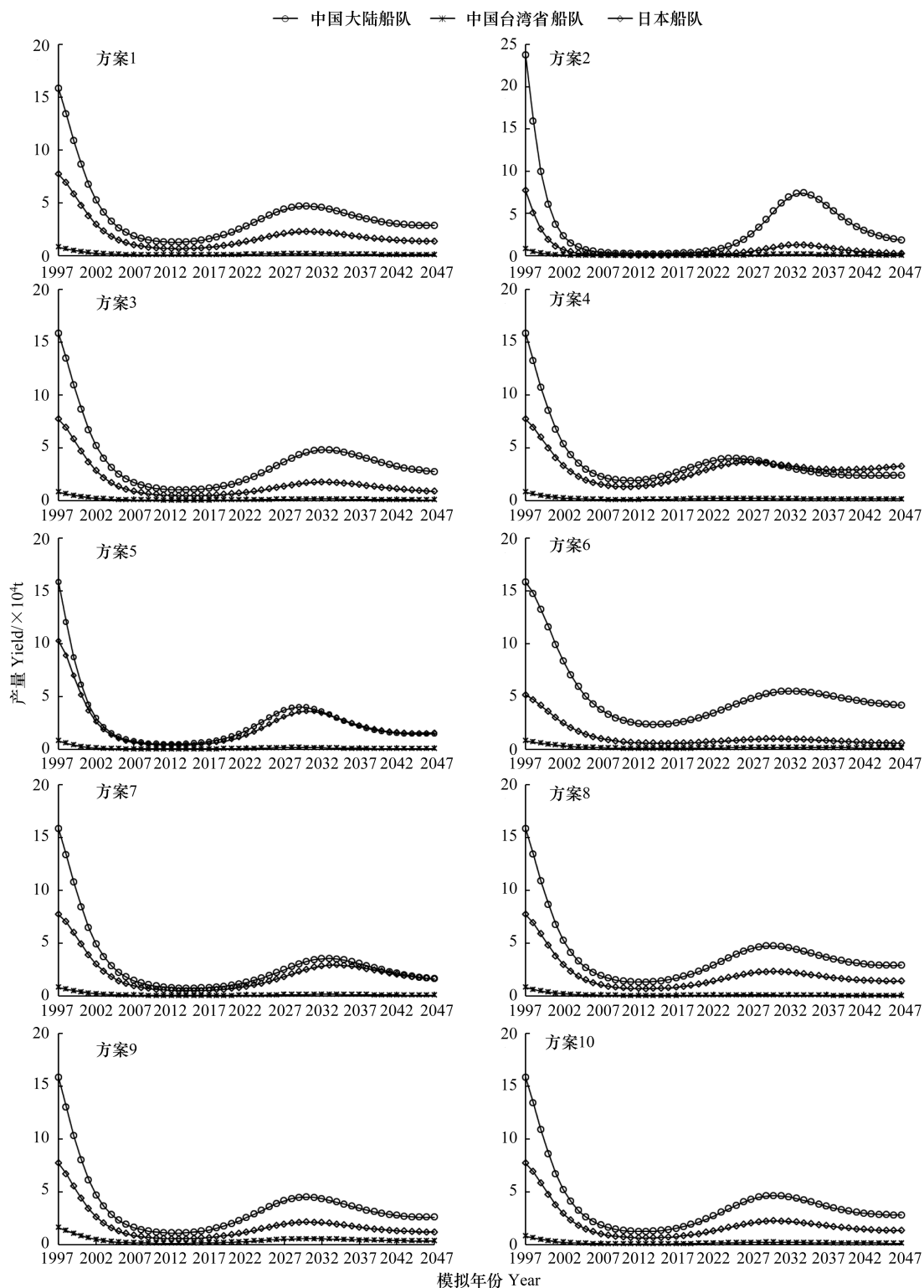


图3 不同管理方案下各作业船队柔鱼产量随时间的动态变化

Fig.3 The variation of catches for China mainland, Japan and Chinese Taiwan squid-jigging fleets over 50 years under different management programs

在2002—2026年间长期处于亏损状态,且在2007—2012年内严重亏损,随后长期在盈利和亏损之间波动;日本船队和中国台湾船队则长期在盈利和亏损

之间波动。在方案3下,中国大陆船队从2005年之后长期在盈利和亏损之间波动;日本船队在2003年之后长期在盈利和亏损之间波动,而中国台湾船队

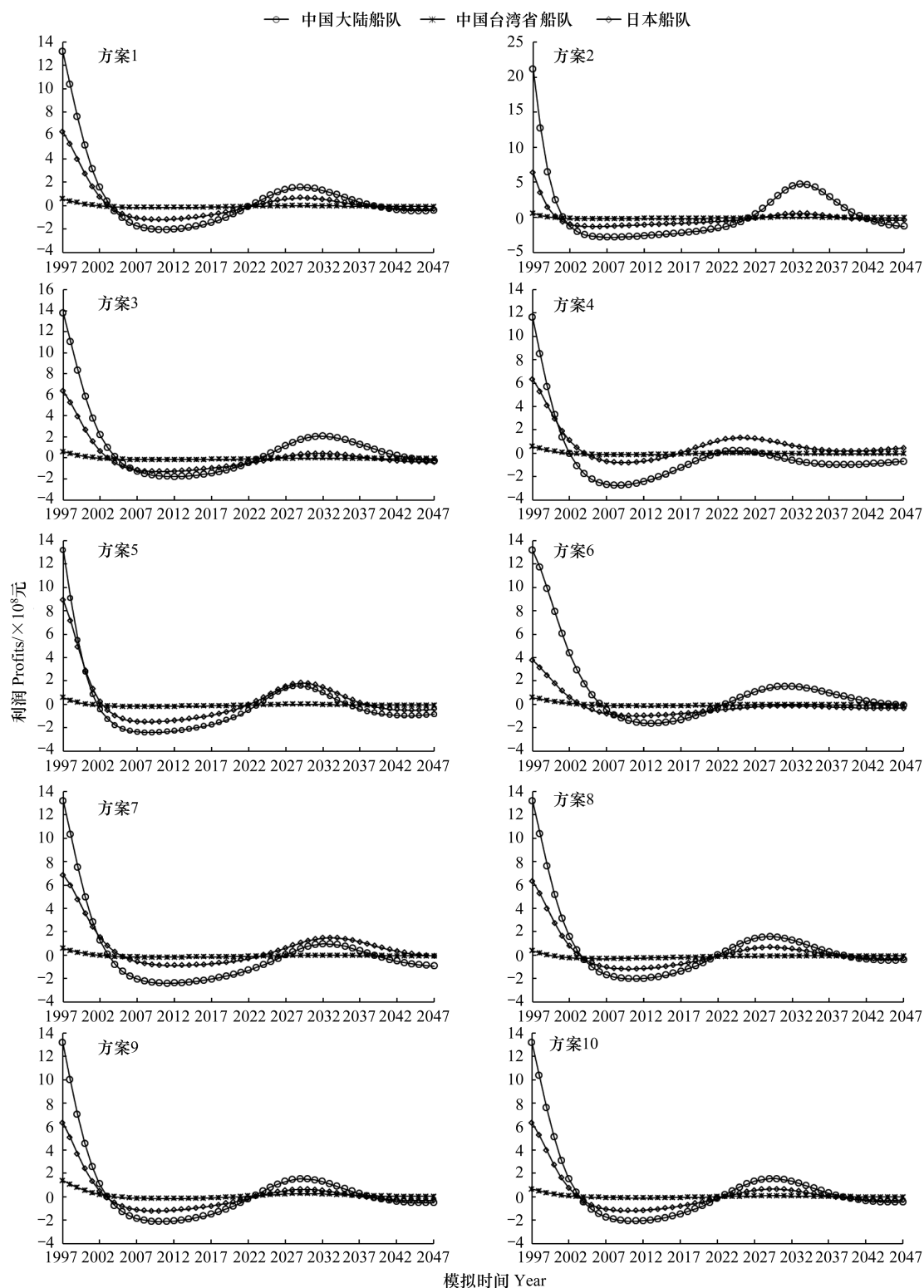


图4 不同管理方案下各作业船队捕捞柔鱼的渔获利润随时间的动态变化

Fig.4 The variation of fishing profits for China mainland, Japan and Chinese Taiwan squid-jigging fleets over 50 years under different management programs

则从 2003 年开始长期处于亏损状态。在方案 4 下, 中国大陆船队和中国台湾船队在 2002 年之后长期处于亏损状态, 且中国大陆船队在 2007—2012 年间

严重亏损, 而日本船队则在 2005—2017 年间处于亏损状态, 在随后的 30 年内长期处于盈利状态。在方案 5 下, 中国大陆船队和日本船队在 2002 年之后长

期处在盈利和亏损之间波动,而中国台湾船队在 2002 年之后长期处在亏损状态。在方案 6 下,中国大陆船队在 2003 年之后长期处在盈利和亏损之间波动,日本船队和中国台湾船队则在 2003 年之后长期处于亏损状态。在方案 7 下,中国大陆船队和日本船队在 2003 年之后长期处在盈利和亏损之间波动,到 2027 年后为盈利阶段,日本船队获得的利润略高于中国大陆船队,而中国台湾船队在 2002 年之后长期处于亏损状态。在方案 8 下,中国大陆船队和日本船队在 2003 年之后长期处在盈利和亏损之间波动,而中国台湾船队在 2000 年之后就长期处于亏损状态。在方案 9 及方案 10 下,中国大陆船队、中国台湾船队及日本船队均在 2003 年之后长期处在盈利和亏损之间波动(图 4)。

2.3 不同管理方案下柔鱼渔业短期及长期累计效益分析

不同管理方案下累计前 10a(1997—2007 年)的

产量及利润,中国大陆船队在方案 6 下的累计产量最高,约为 99.7 万 t,方案 5 最低,约为 56.3 万 t,方案 6 获得的累计利润最大,约为 58.3 亿元,方案 4 最小,约为 20.2 亿元;中国台湾船队在方案 9 下的累计产量最高,约为 7.2 万 t,方案 2 最低,约为 2.0 万 t,在方案 9 下获得的累计利润最大,约为 4.1 亿元,方案 8 最小,约为-1.4 亿元;日本船队在方案 4 下的累计产量最高,约为 43.1 万 t,方案 2 最低,约为 20.7 万 t,在方案 7 下获得的累计利润最大,约为 25.0 亿元,方案 2 最小,约为 3.3 亿元。累计 3 个作业船队前 10a(1997—2007 年)的总产量及总利润,在方案 6 下累计总产量及利润最高,分别为 134.4 万 t 和 70.8 亿元,方案 2 最低,分别为 88.5 万 t 和 31.6 亿元(表 3,表 4)。对前 30a(1997—2027 年)和前 50a(1997—2047 年)的累计产量及利润详见表 3 和表 4。

表 3 不同管理方案下各船队短期、中期及长期的累计产量/万 t

Table 3 The cumulative production of each squid jigging fleet in short, medium and long-term under different management programs

时间/a Time	方案 1 Scenario 1			方案 2 Scenario 2			方案 3 Scenario 3			方案 4 Scenario 4			方案 5 Scenario 5		
	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本
10	74.7	3.3	39.7	65.8	2.0	20.7	74.2	3.3	38.7	76.1	3.6	43.1	56.3	2.6	43.1
30	118.6	5.0	61.2	77.8	2.3	23.2	107.9	4.4	52.6	133.6	6.6	89.0	82.9	3.8	64.1
50	192.1	7.4	96.9	169.1	4.1	38.2	185.5	6.6	79.9	188.4	9.6	151.6	131.6	5.6	111.9
时间/a Time	方案 6 Scenario 6			方案 7 Scenario 7			方案 8 Scenario 8			方案 9 Scenario 9			方案 10 Scenario 10		
	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本
10	99.7	4.3	30.4	71.7	3.2	40.1	75.0	3.1	39.9	70.3	7.2	37.1	74.6	3.4	39.7
30	161.9	6.4	44.3	95.0	4.2	56.2	120.6	4.2	62.3	110.2	11.9	56.2	117.5	5.5	60.6
50	260.3	9.3	60.1	149.0	6.1	103.0	194.5	5.1	98.4	179.4	20.8	88.9	190.5	8.8	95.9

表 4 不同管理方案下各船队短期、中期及长期的累计利润/亿元

Table 4 The cumulative profits of each squid jigging fleet in short, medium and long-term under different management programs

时间/a Time	方案 1 Scenario 1			方案 2 Scenario 2			方案 3 Scenario 3			方案 4 Scenario 4			方案 5 Scenario 5		
	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本
10	36.7	0.8	17.7	28.8	-0.4	3.3	43.2	0.7	16.8	20.2	1.0	20.6	21.0	0.1	19.8
30	18.6	-1.4	6.5	-8.8	-3.2	-12.3	24.3	-1.8	0.6	-3.1	-0.2	24.9	-2.9	-2.2	9.0
50	26.8	-2.3	8.7	25.3	-3.9	-11.7	44.4	-2.8	1.2	-18.0	-1.0	34.0	-4.3	-3.3	16.9
时间/a Time	方案 6 Scenario 6			方案 7 Scenario 7			方案 8 Scenario 8			方案 9 Scenario 9			方案 10 Scenario 10		
	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本	中国 大陆	中国 台湾	日本
10	58.3	1.6	11.0	34.1	0.7	25.0	37.0	-1.4	17.9	33.0	4.1	15.7	36.6	1.7	17.7
30	43.3	-0.5	-3.1	0.3	-2.1	15.2	20.1	-5.2	7.2	13.5	3.4	4.1	17.8	0.9	6.1
50	59.6	-1.4	-8.0	2.2	-3.1	31.3	27.9	-6.8	9.2	20.7	5.9	5.8	25.9	1.3	8.3

3 讨论与分析

3.1 柔鱼资源开发现状

中国大陆、日本及中国台湾省是西北太平洋柔鱼主要的生产国家和地区。1993 年全面禁止流刺网作业后,主要作业方式以鱿钓为主,年产量基本上在 10—20 万 t 间^[1]。其中中国大陆船队 2000—2008 年间年产量基本上稳定在 8—10 万 t 间,但是 2009 年之后年产量急剧下降,约为 5 万 t;从捕捞努力量来看,1996 年约为 4.44 万船次,之后逐年增加,至 1999 年达到最大值,约为 6.46 万船次,之后捕捞努力量呈减少趋势,2007 年之后明显减少,且 CPUE 也有明显的下降。中国台湾船队 1995—1999 年柔鱼年产量约为 2 万 t,其中 1998 年达到最大值(3.48 万 t),之后产量急剧下降,至 2006 年后年产量在 1 万 t 以下;从捕捞努力量来看,1996 年为 4478 船次,之后逐年增加,至 1998 达到最大值,约为 1.08 万船次,之后捕捞努力量大幅减少。日本为大型专业鱿钓作业船队,1993 年以后其年产量不足 1 万 t,至 1998 年产量增加到 5.36 万 t,之后其柔鱼产量明显下降,年均产量不足 2 万 t;从捕捞努力量来看,1996 年约为 1.44 万船次,1998 年达到最大值,约 1.5 万船次,之后捕捞努力量呈下降趋势。近年来,由于中国在西北太平洋的柔鱼产量急剧下降,且 CPUE 出现下降趋势,结合历年中国大陆鱿钓船队在西北太平洋海域生产的渔获产量及其变化情况^[3],可以初步判断该资源可能已处于充分利用的状态,但尚未遭受过度捕捞,与陈新军等^[20]和曹杰等^[21]的研究结果相一致。因此,制定柔鱼渔业管理措施时,需要综合考虑生态效益、经济效益和社会效益等诸多方面的因素,以确保西北太平洋柔鱼资源的可持续利用。

3.2 不同管理方案的模拟分析

通过对不同管理方案 50a 内各船队作业情况的动态模拟,从捕捞努力量、产量及利润等方面来看,在方案 1(基准方案)中,各船队的作业情况几乎与实际渔业相符,中国大陆船队捕捞努力量占居绝对优势,约为日本船队的 3 倍,日本船队居中,而中国台湾船队最少,且长期呈递减趋势,直至最后退出渔业;方案 4 中,各船队能够形成较好的良性竞争,日本船队的捕捞努力量最终接近并且可能超过中国大陆船队,中国台湾船队也能保持较好的捕捞努力量

的投入,且至 2047 年时该方案柔鱼资源量最高,约为 6 万 t。方案 9 中,中国大陆船队仍然占据主导地位,日本船队次之,中国台湾船队最少,但捕捞努力量逐年呈递增趋势,且能获得较好的产量及利润。一般而言,对于多个不同国家或地区的船队同时捕捞同一种渔业资源时,由于其捕捞能力及作业成本不同(捕捞能力越大其作业成本越高),在渔业资源的最初利用阶段,捕捞能力大的船队占据优势,在公开入渔的情况下,资源量将逐步减少,并导致捕捞能力大的船队退出渔业,最终被作业成本低的船队所替代。因此,在柔鱼资源优化配置过程中,需综合考虑日本、中国大陆及中国台湾省等各作业船队的实际情况,在确保各船队能获得相应的生产效益的同时,也要确保柔鱼资源免遭过度开发。

就长期效益而言,通过对 50a 的模拟结果可知,方案 1(基准方案)下的累计总产量及利润均中等偏上,分别约为 296.4 万 t 和 33.1 亿元,其中,中国大陆船队和日本船队能够获得较好的效益,而中国台湾船队在中长期呈现亏损状态,最终可能会退出渔业;方案 4 的累计总产量最高,达到 349.6 万 t,但其总利润较低,约为 14.9 亿元,该方案下,日本船队获得了较好的利益,但牺牲了中国大陆船队和中国台湾船队的中长期利益,中国大陆船队和中国台湾船队在中长期均呈现亏损状态;方案 6 的累计总产量不是最高,约为 329.6 万 t,其总利润却达到了最大值,约为 50.2 亿元,该方案下,中国大陆船队获得了的经济利益最高,但牺牲了日本船队和中国台湾船队的长期利益;方案 9 的累计总产量和总利润均为中等,分别约为 289 万 t 和 32.4 亿元,方案 10 的累计总产量和总利润均为中等偏上,分别为 295.2 万 t 和 35.4 亿元,这两种方案下均兼顾了各个船队的利益,但方案 10 下中国台湾船队获得的中长期效益较低。

3.3 柔鱼渔业资源管理措施的探讨

通过模拟 10 种方案下各船队 50a 内柔鱼渔业作业状况及其渔业资源的动态变化,根据模拟结果,综合考虑不同国家及地区柔鱼渔业的生态效益、经济效益及社会效益等管理目标,并结合模拟的短期和长期效益等,来科学制定柔鱼渔业的管理措施。

在渔业生产的实际过程中,各国船队或渔业企业均以追求渔业利润的最大化为目标。在柔鱼渔业管理过程中,也不能以牺牲某一船队的利益来换取

另一船队的利益,需要协调不同国家或地区的作业船队之间相互利益,使之达到一定的平衡,因此,建议以方案 9(提高中国台湾船队的捕捞系数)作为柔鱼渔业的参考管理目标,可以兼顾各作业船队的经济利益和社会效益。

从柔鱼资源优化配置的角度来看,既要使各国船队获得较好的渔业利润,又能使柔鱼资源免遭过度捕捞,保持较好的资源量水平,在模拟 50a 内资源量的动态变化过程中,至 25a 后方案 4 的资源量水平保持最好,约保持在 6 万 t 以上,因此,建议以方案 4 作为参考管理目标,并在此基础上,对方案 4 进行适当优化,即提高中国大陆船队作业成本,同时适当降低日本船队的可捕系数,可以确保柔鱼资源量保持在更高的水平。同时,建议组建西北太平洋柔鱼渔业国际管理组织,协调管理各国船队的渔业活动,共同开发和管理柔鱼资源,确保该资源的可持续利用。

本文应用的多船队动态生物经济模型主要是针对单一种群的渔业资源开发的动态模拟,由于柔鱼是短生命周期种类,其资源量极易受到海洋环境波动的影响^[4,22-25],本研究中没有考虑环境变化对柔鱼资源开发的影响。渔业资源开发是一个综合系统,在渔业资源生物经济模型的研究过程中需要考虑的因子也越来越多,多鱼种、多船队、海洋环境因子以及社会效益、价格和成本变动等因素都被考虑到了渔业资源优化配置的模型中,从而逐渐发展成为一个复杂的生物经济社会综合模型。因此,需要充分掌握柔鱼资源生物学、生态学、经济学及社会统计等数据,利用计算机模拟开展西北太平洋柔鱼资源生物经济学模型及其资源优化配置的研究。

References:

- [1] Wang Y G, Chen X J. The Oceanic Economic Squid Resources and Fisheries in the World. Beijing: Ocean Press, 2005: 124-159.
- [2] Chen X J, Chen Y, Tian S Q, Liu B L, Qian W G. An assessment of the west winter-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean. Fisheries Research, 2008, 92(2/3): 221-230.
- [3] Chen X J, Cao J, Liu B L, Lu H J, Tian S Q, Ma J. Stock assessment and management of *Ommastrephes bartramii* by using a Bayesian Schaefer model in the Northwestern Pacific Ocean. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(10): 1572-1581.
- [4] Yatsu A, Mori J. Early growth of the autumn cohort of neon flying squid, *Ommastrephes bartramii*, in the North Pacific Ocean. Fisheries Research, 2000, 45(2): 189-194.
- [5] Chen X J, Xu L X, Tian S Q. Spatial and temporal analysis of *Ommastrephes bartramii* resources and its fishing ground in North Pacific Ocean. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(4): 334-342.
- [6] Wang W Y, Shao Q Q, Xue Y C, Zhang T Y. On the relationship between the resources of *Ommastrephes Bartramii* and marine environment in the Northwest Pacific Ocean based on GIS. Geo-Information Science, 2003, 5(1): 39-44.
- [7] Ichii T, Mahapatra K, Sakai M, Inagake D, Okada Y. Differing body size between the autumn and the winter-spring cohorts of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) related to the oceanographic regime in the North Pacific: A hypothesis. Fisheries Oceanography, 2004, 13(5): 295-309.
- [8] Tang F H, Wu Y M, Fan W. Population structure and reproductive biology of mature Neon Flying Squid in the North Pacific Ocean. Periodical of Ocean University of China, 2011, 41(7/8): 72-78.
- [9] Ma J, Chen X J, Liu B L, Tian S Q, Li S L, Cao J. Review of fisheries biology of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific Ocean. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(4): 563-570.
- [10] Fan W. A Study on Application of Satellite Remote Sensing in Marine Fishing-Ground Analysis and Fishing Condition Forecasting — A Case of *Ommastrephes bartramii* Fisheries in Northwest Pacific Ocean [D]. Shanghai: East China Normal University, 2004.
- [11] Chen X J. Fisheries Resource Economics. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 62-105.
- [12] Anderson L G, Seijo J C. Bioeconomics of Fisheries Management. Ames, Iowa: A John Wiley & Sons, Ltd., 2010: 189-229.
- [13] Seijo J C, Defeo O, Salas S. Fisheries Bioeconomics Theory, Modelling and Management. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1998.
- [14] Zhang G W, Chen X J, Li S L, Li G. A multi-fleet and bio-economic simulation model and its application to Chub Mackerel in the East China Sea and the Yellow Sea. Resources Science, 2010, 32(8): 1627-1633.
- [15] Yang L C. Economic Analysis on the Production of Deep-sea Squid Fishery in Taiwan [D]. Keelung: National Taiwan Ocean University, 2005.
- [16] Lin P C. A Study on the Adjustment of Deep-sea Squid Fishery in Taiwan [D]. Keelung: National Taiwan Ocean University, 2007.
- [17] Ichii T, Mahapatra K, Okamura H, Okadac Y. 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, 2006, 78(2/3):

286-297.

- [18] Cao J. Stock Assessment and Risk Analysis of Management Strategies for neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific ocean [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2010.
- [19] Seijo J C, Defeo O. Dynamics of resource and fishermen behaviour in coastal invertebrate fisheries // Antona M, Catanzano J, Sutinen J, eds. Proceedings of the Sixth Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. Paris, Francia, 1994, (1): 209-222.
- [20] Chen X J, Qian W G, Liu B L, Tian S Q. An assessment of western winter-spring stock of neon flying squid, *Ommastrephes bartramii*, in the Northwest Pacific Ocean using the depletion model. Transactions of Oceanology and Limnology, 2008, (2): 130-140.
- [21] Cao J, Chen X J, Tian S Q, Liu B L. Assessment of western winter-spring stock of Neon Flying Squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean based on cohort analysis. Periodical of Ocean University of China, 2010, 40(3): 37-42.
- [22] Rodhouse P G. Managing and forecasting squid fisheries in variable environments. Fisheries Research, 2001, 54(1): 3-8.
- [23] Shao Q Q, Ma W W, Chen Z Q, You Z M, Wang W Y. Relationship between kuroshio meander pattern and *Ommastrephes bartrami* CPUE in Northwest Pacific Ocean. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2005, 36(2): 111-122.
- [24] Chen X J, Liu B L, Tian S Q, Qian W G, Li G. Forecasting the fishing ground of *Ommastrephes bartramii* with SST-based habitat suitability modelling in Northwestern Pacific. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2009, 40(6): 707-713.
- [25] Cao J, Chen X J, Liu B L, Tian S Q, Tian W G. Review on the relationship between stock recruitment of squid and oceanographic environment. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(2): 232-239.
- Schaefer 模型的西北太平洋柔鱼资源评估与管理. 水产学报, 2011, 35(10): 1572-1581.
- [5] 陈新军, 许柳雄, 田思泉. 北太平洋柔鱼资源与渔场的时空分析. 水产学报, 2003, 27(4): 334-342.
- [6] 王文字, 邵全琴, 薛允传, 仇天宇. 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, 2003, 5(1): 39-44.
- [8] 唐峰华, 伍玉梅, 樊伟. 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, 2011, 41(7/8): 72-78.
- [9] 马金, 陈新军, 刘必林, 田思泉, 李思亮, 曹杰. 北太平洋柔鱼渔业生物学研究进展. 上海海洋大学学报, 2011, 20(4): 563-570.
- [10] 樊伟. 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 [D]. 上海: 华东师范大学, 2004.
- [11] 陈新军. 渔业资源经济学. 北京: 中国农业出版社, 2004: 62-105.
- [14] 张广文, 陈新军, 李思亮, 李纲. 基于多船队作业的东、黄海鲑鱼生物经济模型及管理策略. 资源科学, 2010, 32(8): 1627-1633.
- [15] 杨立中. 台湾远洋鱿钓渔业生产之经济分析 [D]. 基隆: 台湾国立海洋大学, 2005.
- [16] 林报俭. 台湾远洋鱿钓渔业产业调适之研究 [D]. 基隆: 台湾国立海洋大学, 2007.
- [18] 曹杰. 西北太平洋柔鱼资源评估与管理 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2010. (未链接到本条文献信息)
- [20] 陈新军, 钱卫国, 刘必林, 田思泉. 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, 2008, (2): 130-140.
- [21] 曹杰, 陈新军, 田思泉, 刘必林. 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, 2010, 40(3): 37-42.
- [23] 邵全琴, 马巍巍, 陈卓奇, 游智敏, 王文字. 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, 2005, 36(2): 111-122.
- [24] 陈新军, 刘必林, 田思泉, 钱卫国, 李纲. 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, 2009, 40(6): 707-713.
- [25] 曹杰, 陈新军, 刘必林, 田思泉, 钱卫国. 鲑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, 2010, 19(2): 232-239.

参考文献:

- [1] 王尧耕, 陈新军. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业. 北京: 海洋出版社, 2005: 124-159.
- [3] 陈新军, 曹杰, 刘必林, 陆化杰, 田思泉, 马金. 基于贝叶斯