

文章编号: 1674 - 5566(2016)02 - 0263 - 08

## 西南大西洋阿根廷滑柔鱼资源开发策略研究

韩青鹏<sup>1,2</sup>, 丁琪<sup>1,2</sup>, 陈新军<sup>1,2,3,4</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

**摘要:** 阿根廷滑柔鱼是重要的经济头足类之一, 主要分布在西南大西洋海域, 是中国大陆及台湾地区等鱿鱼钓船重要的捕捞种类之一。本研究综合考虑生物、经济、社会 3 个目标着手探讨西南大西洋阿根廷滑柔鱼资源可持续利用的最适方案。以 2001 - 2010 年中国大陆、中国台湾省及福克兰群岛鱿鱼生产统计数据为基础, 利用 Gordon-Schaefer 生物经济模型对西南大西洋阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群资源进行分析, 模拟了 13 种捕捞策略下短期(1 - 5 年)、中期(10 年)、长期(20 年)的资源开发结果。研究认为, 方案 8、方案 11 时的捕捞策略, 捕捞努力量分别为 30.14 万船次、30.75 万船次, 既不会对阿根廷滑柔鱼资源构成较大威胁, 同时又兼顾到社会效益和经济效益, 可作为西南大西洋阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群资源管理的最适方案。

**关键词:** 阿根廷滑柔鱼; 生物经济模型; 西南大西洋; 渔业管理

**中图分类号:** S 931.4      **文献标志码:** A

阿根廷滑柔鱼(*Illex argentinus*) 为大洋性浅海柔鱼科属种, 广泛分布在 22°S ~ 54°S 的西南大西洋大陆架和大陆坡海域, 尤以 35°S ~ 52°S 海域资源最为丰富<sup>[1-2]</sup>, 是西南大西洋重要的头足类资源<sup>[3]</sup>, 也是西南大西洋生态系统重要的营养指标之一<sup>[4]</sup>。该物种具有生命周期短、生长速度快、季节性洄游等特点<sup>[2,5-8]</sup>, 是目前最重要的已开发头足类资源之一, 最高年产量超过 100 万 t<sup>[9]</sup>。其中, 南部巴塔哥尼亚种群是中国大陆、台湾省和福克兰群岛的主要捕捞对象。对资源量进行准确评估是对渔业资源进行科学管理和合理开发、实现可持续发展的关键<sup>[10]</sup>。目前, 国内外学者根据实际生产统计和调查数据, 利用 Delury 等模型<sup>[11-13]</sup>、基于贝叶斯 Schaefer 模型<sup>[14]</sup>对阿根廷滑柔鱼资源量进行了评估。但上述研究没有涉及经济效益、社会就业、生态影响等对渔业资源开发的影响<sup>[15-18]</sup>。

本研究将利用渔业资源经济学的理论与方

法<sup>[19-21]</sup>, 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南大西洋阿根廷滑柔鱼资源南部巴塔哥尼亚种群的短期(1 - 5 年)、中期(10 年)及长期(20 年)开发结果, 以期科学制定阿根廷滑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

阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群是主要的商业捕捞对象<sup>[15]</sup>。2000 年后, 该群体主要被中国<sup>[16]</sup>、中国台湾省<sup>[17]</sup>及福克兰群岛<sup>[18]</sup>等国家和地区捕捞。本研究采用 2001 - 2010 年中国大陆、台湾省及福克兰群岛鱿鱼钓渔获量统计数据, 对西南大西洋阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群资源综合配置进行分析。上海海洋大学鱿鱼钓技术组提供了中国大陆的产量数据、台湾省产量数据可在中国台湾省官方网站(<http://www.>

收稿日期: 2015-05-07      修回日期: 2015-10-03

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2012AA092303); 国家科技支撑计划(2013BAD13B01); 上海市科委创新计划(13DZ1203800; 14DZ1205000)

作者简介: 韩青鹏(1993—), 男, 本科生, 研究方向为渔业资源学。E-mail: 1221229@st.shou.edu.cn

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

ofdc.org.tw/webs/index.aspx) 提取, 福克兰专属经济区产量数据在福克兰群岛 (the Falkland Islands, 又称马尔维纳斯群岛 Malvinas Islands) 政府的管理网站 (<http://www.fig.falklandsworld.com/fisheries/>) 提取。以我国鱿钓船的生产成本和国内渔获价格为基准进行分析, 据中国远洋渔业协会的统计 2013-2014 年每天单船平均作业成本约为 2 万元, 阿根廷滑柔鱼的平均价格为 1 万元/吨。

## 1.2 分析方法

### 1.2.1 Schaefer 生物模型

利用 Schaefer 生物模型来估算最大可持续产量 ( $Y_{MSY}$ ) 及对应的捕捞努力量  $f_{MSY}$ , 模型如下:

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

式中:  $Y$  为渔获产量;  $f$  为捕捞努力量, 由于我国在西南大西洋生产的渔船船型大小差不多, 本文以每艘鱿鱼钓船捕捞一天为一个单位捕捞努力量;  $q$  为可捕系数;  $r$  为种群内禀自然增长率;  $K$  为环境负载容量<sup>[19]</sup>。

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

### 1.2.2 Gordon-Schaefer 生物经济模型

一般 Gordon-Schaefer 生物经济模型如下:

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

$$E = T_R - T_C = pY - cf \quad (4)$$

式中:  $E$  为利润;  $T_R$  为总收入;  $T_C$  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<sup>[19-21]</sup>。

可推算出最大经济产量 (maximum economic yield, MEY)  $Y_{MEY} = \frac{rkmn}{4}$  和生物经济平衡点产量 (BE, 即总收入与总成本相等时的平衡产量)

$Y_{BE} = \frac{rcm}{pq}$ , 以及对应的捕捞努力量  $f_{MEY} = \frac{rm}{2q}$  和  $f_{BE} = \frac{rm}{q}$ <sup>[19]</sup>, 其中  $m = 1 - \frac{c}{pqK}, n = 1 + \frac{c}{pqK}$ 。

### 1.2.3 社会生物经济综合模型

渔业资源的开发利用涉及诸多方面的因素。其中, 生物资源本身、经济利益、社会效益是影响

最大的 3 个因素<sup>[22]</sup>。本文综合考虑了西南大西洋阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的生物、经济、社会等因素, 分别对  $f_{MSY}, f_{MEY}, f_{BE}$  设置不同的权重, 则综合的捕捞努力量  $f$  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 1)。在设计的方案中, 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  $f_{MSY}, f_{MEY}, f_{BE}$ ; 其他方案根据生物、社会、经济目标的考量, 权重设置各有侧重。方案 4、方案 5、方案 6 着重考虑生态效益、经济效益和社会效益中的 2 种管理目标, 方案 4 ( $f_{MSY}, f_{MEY}, f_{BE}$  权重比为 1/7: 3/7: 3/7) 着重考虑经济效益和社会效益, 方案 5 ( $f_{MSY}, f_{MEY}, f_{BE}$  权重比为 3/7: 1/7: 3/7) 着重考虑生态效益和社会效益, 方案 6 ( $f_{MSY}, f_{MEY}, f_{BE}$  权重比为 3/7: 3/7: 1/7) 着重考虑生态效益和经济效益; 方案 7、8、9、10、11、12、13 综合考虑了生态效益、经济效益和社会效益 3 种管理目标; 其中, 方案 10 是假设各因素的权重相同(各占 1/3), 方案 7、方案 13 是以社会效益为主(方案 7、13 的  $f_{BE}$  权重分别占 2/3、1/2), 方案 8、方案 11 以生态效益为主(方案 8、11 的  $f_{MSY}$  权重分别占 2/3、1/2), 方案 9、方案 12 以经济效益为主(方案 9、12 的  $f_{MEY}$  权重占 2/3、1/2)。

Schaefer 资源量动态模型:

$$B_t = B_{t-1} + B_{t-1}(1 - \frac{B_{t-1}}{K}) - Y_{t-1} \quad (6)$$

式中:  $B_t$  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;  $Y_{t-1}$  为第  $t-1$  年的渔获量<sup>[23]</sup>。

根据汪金涛<sup>[24]</sup>的研究, 阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的内禀增长率  $r$  为 1.33,  $q = 0.000023, K = 350$  万吨; 根据陆化杰等<sup>[14]</sup>的研究结果, 设定初期 2001 年的阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群资源量为 303.73 万吨。

本文利用 Schaefer 资源量动态模型进行 13 种方案的模拟, 比较不同方案下的短期(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。本研究不考虑贴现率的问题, 因此模拟其效益和成本均不考

虑时间的因素。

表 1 不同捕捞方案及其对应的捕捞努力量  
Tab. 1 The fishing effort under different fishing strategies

捕捞方案 fishing strategy	权重设置 (a: b: c) weight	备注 notes
方案 1	1:0:0	$f_{MSY}$
方案 2	0:1:0	$f_{MEY}$
方案 3	0:0:1	$f_{BE}$
方案 4	1/7:3/7:3/7	
方案 5	3/7:1/7:3/7	
方案 6	3/7:3/7:1/7	
方案 7	1/6:1/6:2/3	
方案 8	2/3:1/6:1/6	
方案 9	1/6:2/3:1/6	
方案 10	1/3:1/3:1/3	
方案 11	1/2:1/4:1/4	
方案 12	1/4:1/2:1/4	
方案 13	1/4:1/4:1/2	

注:a,b,c 为待定系数,分别反映了方案对生态效益、经济效益、社会效益的侧重情况,且  $a + b + c = 1$ 。

Note:a, b, c are undetermined coefficients, and the sum of a, b, c equals 1.

## 2 结果

### 2.1 MSY、MEY 和 BE 点及其对应的捕捞努力量

计算认为,阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的最大可持续产量( $Y_{MSY}$ )约为 116.37 万吨,其对应的捕捞努力量  $f_{MSY}$  约为 28.91 万船次;最大经济产量  $Y_{MEY}$  和生物经济平衡点的产量  $Y_{BE}$  分别为 109.19 万吨和 86.92 万吨,所对应的捕捞努力量分别为 21.73 万船次和 43.46 万船次。

### 2.2 不同管理目标下资源变化、累计产量、累计利润的比较

由表 2、表 3 可知,按照方案 1、方案 2、方案 6、方案 9、方案 12 开发阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群,20 年内其资源量维持在 170 万吨以上,方案 1、方案 6、方案 9、方案 12 的年渔获产量可维持在 115.59 ~ 116.38 万吨间,方案 2 的年渔获产量可维持在 105.00 ~ 115.10 万吨间。其中,方案 2 的资源量为 218.48 万吨左右,即以 MEY 为管理目标时的资源量;方案 1 的资源量为 175 万吨左右,即以 MSY 为管理目标时的资源量;方案 9 的资源量为 189.31 万吨左右,即以  $f_{MEY}$  占 2/3、 $f_{MSY}$  和  $f_{BE}$  各占 1/6 权重管理目标时的资源量;方案 6 的资源量为 181.06 万吨左右,即以  $f_{MSY}$  和

$f_{MEY}$  各占 3/7 权重为管理目标时的资源量;方案 12 的资源量为 174.73 万吨左右,即以  $f_{MEY}$  占 1/2、 $f_{MSY}$  和  $f_{BE}$  各占 1/4 权重管理目标时的资源量。以方案 8、方案 11 开发阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群,20 年内其资源量维持在 163.86 ~ 167.57 万吨间,这两种方案以生态效益所占权重为主。以方案 10 开发阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群,20 年内其资源量维持在 160.10 万吨左右,即以  $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  各占 1/3 权重。以方案 4 开发阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群,20 年内其资源量维持在 155.90 万吨左右;以方案 5、方案 7、方案 13 开发阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群,20 年内其资源量维持在 123.55 ~ 143.48 万吨间,这 3 种方案社会效益所占比重大。以 BE 为管理目标的方案 3,20 年内其资源量为最低,维持在 86.9 万吨左右。

从累计资源量(从 2001 年开始每年资源量相加而得)来看(表 3),无论是短期、中期、还是长期,阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的累计资源量排序为: $B_{方案2} > B_{方案9} > B_{方案6} > B_{方案1} > B_{方案12} > B_{方案8} > B_{方案11} > B_{方案10} > B_{方案4} > B_{方案5} > B_{方案13} > B_{方案7} > B_{方案3}$ 。

从表 4 可知,从短期(5 年)累计来看,阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的累计渔获量排序为  $Y_{方案4} > Y_{方案10} > Y_{方案11} > Y_{方案5} > Y_{方案8} > Y_{方案13} > Y_{方案12} > Y_{方案1} > Y_{方案6} > Y_{方案7} > Y_{方案9} > Y_{方案2} > Y_{方案3}$ 。以方案 4( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  分别占 1/7、3/7、3/7)、方案 10( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  分别占 1/3、1/3、1/3)、方案 11( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  分别占 1/2、1/4、1/4)管理目标下的累计渔获量居于前三位,且累计差异不明显,分别为 653.52 万吨、653.09 万吨、652.14 万吨;以方案 3(以 BE 为管理目标)管理目标下的累计渔获量最低,为 555.41 万吨;以方案 2(以 MEY 为管理目标)管理目标下的累计渔获量次之,为 580.25 万吨,其余各方案的累计渔获量在 631 ~ 650.75 万吨间。从中期(10 年)累计来看,阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的累计渔获量排序为: $Y_{方案11} > Y_{方案8} > Y_{方案10} > Y_{方案12} > Y_{方案1} > Y_{方案4} > Y_{方案6} > Y_{方案5} > Y_{方案9} > Y_{方案13} > Y_{方案7} > Y_{方案2} > Y_{方案3}$ 。以方案 11( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  各占 1/2、1/4、1/4)、方案 8( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  各占 2/3、1/6、1/6)、方案 10( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  各占 1/3、1/3、1/3)管理目标下的累计渔获量居于前三位,且累

计差异不明显,分别为 1 230.96 万吨、1 230.94 万吨、1 229.90 万吨;以方案 3(以 BE 为管理目标)管理目标下的累计渔获量最低,为 958.87 万吨;方案 2(以 MEY 为管理目标)、方案 7( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  各占 1/6、1/6、2/3)略低,分别为 1 126.20 万吨、1 158.87 万吨;其余各方案的累计渔获量为 1 208.54 ~ 1 227.91 万吨。从长期(20 年)来看,阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的累计渔获量排序为:  $Y_{方案8} > Y_{方案12} > Y_{方案1} > Y_{方案11} > Y_{方案10} > Y_{方案6} > Y_{方案4} > Y_{方案9} > Y_{方案5} > Y_{方案13}$

$Y_{方案7} > Y_{方案2} > Y_{方案3}$ 。以方案 8、方案 12( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  各占 1/4、1/4、1/2)、方案 1(以 MSY 为管理目标)管理目标下的累计渔获量居于前三位,分别为 2 392.59 万吨、2 391.66 万吨、2 391.47 万吨;以方案 3(以 BE 为管理目标)管理目标下的累计渔获量最低,为 1 822.69 万吨;方案 2(以 MEY 为管理目标)、方案 7( $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  各占 1/6、1/6、2/3)略低,分别为 2 218.11 万吨、2 221.76 万吨;其余各方案为 2 330.47 ~ 2 389.98 万吨。

表 2 不同捕捞方案下阿根廷滑柔鱼资源量的变动(万吨)  
Tab. 2 The biomass variation of *Illex argentinus* under different fishing strategies

模拟时间 simulation time	方案 1 plan 1	方案 2 plan 2	方案 3 plan 3	方案 4 plan 4	方案 5 plan 5	方案 6 plan 6	方案 7 plan 7	方案 8 plan 8	方案 9 plan 9	方案 10 plan 10	方案 11 plan 11	方案 12 plan 12	方案 13 plan 13
B2001	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73	303.73
B2002	155.15	205.33	53.53	133.11	118.77	162.14	95.77	146.58	171.67	138.01	142.29	154.84	116.89
B2003	166.85	215.59	60.33	144.64	129.92	173.80	105.88	158.27	183.18	149.62	153.95	166.54	127.97
B2004	172.02	217.96	66.44	150.83	136.61	178.59	112.99	163.87	187.45	155.60	159.75	171.72	134.72
B2005	173.97	218.39	71.62	153.74	140.18	180.26	117.52	166.17	188.78	158.29	162.24	173.68	138.37
B2006	174.65	218.46	75.79	155.00	141.94	180.81	120.22	167.06	189.16	159.40	163.24	174.37	140.20
B2007	174.88	218.48	79.01	155.53	142.77	180.98	121.74	167.38	189.27	159.85	163.62	174.61	141.08
B2008	174.96	218.48	81.39	155.75	143.15	181.03	122.58	167.50	189.30	160.03	163.77	174.69	141.49
B2009	174.99	218.48	83.11	155.84	143.33	181.05	123.03	167.55	189.31	160.10	163.82	174.71	141.68
B2010	175.00	218.48	84.33	155.88	143.41	181.05	123.27	167.56	189.31	160.13	163.85	174.72	141.77
B2011	175.00	218.48	85.17	155.89	143.45	181.06	123.40	167.57	189.31	160.14	163.85	174.73	141.81
B2012	175.00	218.48	85.75	155.90	143.46	181.06	123.47	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.83
B2013	175.00	218.48	86.14	155.90	143.47	181.06	123.51	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.84
B2014	175.00	218.48	86.41	155.90	143.48	181.06	123.53	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.84
B2015	175.00	218.48	86.59	155.90	143.48	181.06	123.54	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.85
B2016	175.00	218.48	86.71	155.90	143.48	181.06	123.54	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.85
B2017	175.00	218.48	86.79	155.90	143.48	181.06	123.55	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.85
B2018	175.00	218.48	86.85	155.90	143.48	181.06	123.55	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.85
B2019	175.00	218.48	86.88	155.90	143.48	181.06	123.55	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.85
B2020	175.00	218.48	86.91	155.90	143.48	181.06	123.55	167.57	189.31	160.14	163.86	174.73	141.85

从表 5 可知,阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的短期累计利润(5 年)排序为:  $E_{方案9} > E_{方案2} > E_{方案6} > E_{方案1} > E_{方案12} > E_{方案8} > E_{方案11} > E_{方案10} > E_{方案4} > E_{方案5} > E_{方案13} > E_{方案7} > E_{方案3}$ 。方案 9 管理目标下累计利润最大,为 366.38 亿元;方案 2 次之,为 362.95 亿元;其次为方案 6,为 361.91 亿元;方案 3 管理目标下的累计利润最少,为 120.82 亿元;方案 7 利润次少之,为 259.11 亿元;其余利润在 306.03 ~ 360.00 亿元

间。在中期(10 年)和长期(20 年)累计利润中,阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群的累计利润排序相同,均为:  $E_{方案2} > E_{方案9} > E_{方案6} > E_{方案1} > E_{方案12} > E_{方案8} > E_{方案11} > E_{方案10} > E_{方案4} > E_{方案5} > E_{方案13} > E_{方案7} > E_{方案3}$ 。均以方案 2 管理目标下的累计利润最大,分别为 691.60 亿元、1 348.92 亿元;以方案 3 管理目标的累计利润最小,分别为 89.68 亿元、84.31 亿元。

表 3 不同捕捞方案下阿根廷滑柔鱼的累计资源量  
**Tab.3 The accumulative biomass of *Illex argentine* under different fishing strategies** 万吨

捕捞方案 harvest strategy	累计 1 年资源量 accumulated resources 1 year	累计 5 年资源量 accumulated resources 5 years	累计 10 年资源量 accumulated resources 10 years	累计 20 年资源量 accumulated resources 20 years
方案 1	303.73	971.73	1 846.20	3 596.20
方案 2	303.73	1 161.00	2 253.372	4 438.15
方案 3	303.73	555.650	959.29	1 823.48
方案 4	303.73	886.04	1 664.03	3 223.02
方案 5	303.73	829.22	1 543.81	2 978.54
方案 6	303.73	998.52	1 903.44	3 714.00
方案 7	303.73	735.90	1 346.73	2 581.92
方案 8	303.73	938.62	1 775.68	3 451.40
方案 9	303.73	1 034.80	1 981.15	3 874.27
方案 10	303.73	905.24	1 704.76	3 306.20
方案 11	303.73	921.97	1 740.27	3 378.85
方案 12	303.73	970.52	1 843.63	3 590.91
方案 13	303.73	821.69	1 527.90	2 946.31

表 4 不同捕捞方案下阿根廷滑柔鱼渔业的累计渔获量  
**Tab.4 The accumulative catches of *Illex argentine* fishery under different fishing strategies** 万吨

捕捞方案 harvest strategy	累计 1 年渔获量 1-year catches	累计 5 年渔获量 5-year catches	累计 10 年渔获量 10-year catches	累计 20 年渔获量 10-year catches
方案 1	201.98	646.20	1 227.72	2 391.47
方案 2	151.80	580.25	1 126.20	2 218.11
方案 3	303.60	555.41	958.87	1 822.69
方案 4	224.03	653.52	1 227.35	2 377.23
方案 5	238.36	650.76	1 211.56	2 337.51
方案 6	194.99	641.04	1 221.99	2 384.34
方案 7	261.36	633.25	1 158.87	2 221.77
方案 8	210.55	650.68	1 230.95	2 392.60
方案 9	185.46	631.87	1 209.72	2 365.69
方案 10	219.13	653.09	1 229.90	2 385.26
方案 11	214.84	652.15	1 230.96	2 389.99
方案 12	202.30	646.40	1 227.91	2 391.66
方案 13	240.25	649.94	1 208.54	2 330.47

表 5 不同捕捞方案下阿根廷滑柔鱼渔业的累计利润  
**Fig.5 The accumulative profits of *Illex argentine* fishery in different harvest strategies** 亿元

捕捞方案 harvest strategy	累计 1 年利润 The cumulative profit 1 year	累计 5 年利润 The cumulative profit 5 years	累计 10 年利润 The cumulative profit 10 years	累计 20 年利润 The cumulative profit 20 years
方案 1	144.16	357.07	649.46	1 234.95
方案 2	108.34	362.95	691.60	1 348.93
方案 3	216.68	120.82	89.68	84.31
方案 4	159.89	332.84	585.98	1 094.49
方案 5	170.12	309.54	529.14	972.67
方案 6	139.17	361.91	663.74	1 267.84
方案 7	186.54	259.11	410.61	725.23
方案 8	150.27	349.28	628.14	1 186.99
方案 9	132.37	366.38	678.75	1 303.75
方案 10	156.39	339.42	602.55	1 130.56
方案 11	153.33	344.61	615.88	1 159.84
方案 12	144.38	356.82	648.76	1 233.34
方案 13	171.46	306.03	520.73	954.86

### 3 讨论与分析

#### 3.1 西南大西洋阿根廷滑柔鱼资源开发现状分析

西南大西洋是世界上生产头足类的重要渔区之一。1980 年有许多国家的渔业企业开始前往西南大西洋的公海海域生产,并以钓具类进行作业,阿根廷滑柔鱼产量在 20 万吨左右;1999 年达到历史最高的 115 万吨,2000 年开始产量逐步下降,2004 年下降至 17 万吨<sup>[9]</sup>。中国大陆于 1997 年首次进入西南大西洋进行阿根廷滑柔鱼生产,参与开发的国家和地区还有日本、韩国、西班牙、前苏联及中国台湾。其中,台湾省是捕捞阿根廷滑柔鱼的主要船队<sup>[9]</sup>。

本文分析的是阿根廷滑柔鱼南部巴塔哥尼亚种群,该种群主要被中国大陆<sup>[16]</sup>、中国台湾省<sup>[17]</sup>及福克兰群岛<sup>[18]</sup>等国家和地区捕捞。从 2001-2010 年中国大陆、中国台湾省及福克兰群岛鱿钓产量统计数据来看,渔获量从 2001 年 41.27 万吨开始急剧减少,2004 年减少到 2.48 万吨。之后渔获量出现上升,到 2007 年达到 54.55 万吨,之后又开始下降,2010 年渔获量为 10.23 万吨<sup>[24]</sup>。

#### 3.2 西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔业综合效益状况模拟分析

根据各个方案的模拟结果可知(表 2~5),西南大西洋阿根廷滑柔鱼资源量在 6~7 年后处于稳定,并维持在一定资源量的水平。其中,方案 2 (MEY 管理目标)的中期和长期经济效益最大,且资源量保持最大(稳定在 218.48 万吨左右),但其社会效益低,不利于社会就业。相反方案 3 的短期效益较大,且可以解决大量就业问题,但其中期和长期效益低,资源量状况最差。

按照资源量大小化为 6 个阶梯。资源量处于第一阶梯的是方案 1、方案 2、方案 6、方案 9、方案 12,资源量维持在 170 万吨以上,经济效益好,但其  $f_{BE}$  所占比重小;处于第二阶梯的是方案 8、方案 11,其资源量维持在 163.85~167.57 万吨间,生态效益所占权重为主;第三阶梯的为方案 10,其资源量维持在 160.1 万吨左右,即  $f_{MSY}$ 、 $f_{MEY}$ 、 $f_{BE}$  各占 1/3 权重。第四阶梯的为方案 4,其资源量维持在 155.9 万吨左右,第五阶梯的是方案 5、方案 7、方案 13,其资源量维持在 123.55~

143.48 万吨间,这 3 种方案  $f_{BE}$  所占比重大;第六阶梯是  $f_{BE}$  为管理目标的方案 3,其资源量维持在 86.9 万吨左右。

#### 3.2 最适管理目标方案的选择

由上述分析可知,其他方案的经济利益和社会效益则都介于方案 1、方案 2、方案 6、方案 9、方案 12 和方案 3 之间。由此可知社会效益和生态效益、经济效益不可能同时达到最大。综合考虑生态效益、经济效益和社会效益等方面,方案 4、方案 5、方案 7、方案 13 的捕捞努力量远超过了最大可持续产量捕捞努力量  $f_{MSY}$ ,资源将会遭受过度捕捞,可能会导致资源衰竭的危险。方案 8、方案 11 捕捞努力量分别为 30.14 万船次、30.75 万船次,既不会对资源构成较大威胁,又兼顾了社会效益和经济效益,因此方案 8、方案 11 可作为最适管理目标方案。

由于 Gordon-Schaefer 生物经济模型主要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、鱼类的生物学特性、捕捞成本以及渔获价格变动等的影响<sup>[25]</sup>,同时也没有考虑贴现率,需要在今后的研究中不断完善。

#### 参考文献:

- [1] RODHOUSE P, DAWE E G, O'DOR R K, et al. Squid recruitment dynamics: the genus *Illex* as a model, the commercial *Illex* species and influences on variability [R]. Rome: Food and Agriculture Organization, 1998: 27-58.
- [2] BRUNETTI N E, ELENA B, ROSSI G R, et al. Summer distribution, abundance and population structure of *Illex argentinus* on the Argentine shelf in relation to environmental features [J]. South African Journal of Marine Science, 1998, 20(1): 175-186.
- [3] BAZZINO G, QUINONES R A, NORBIS W. Environmental associations of shortfin squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Northern Patagonian Shelf [J]. Fisheries Research, 2005, 76(3): 401-416.
- [4] ARKHIPKIN A I. Squid as nutrient vectors linking Southwest Atlantic marine ecosystems [J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2013, 95: 7-20.
- [5] ARKHIPKIN A. Age, growth, stock structure and migratory rate of pre-spawning short-finned squid *Illex argentinus* based on statolith ageing investigations [J]. Fisheries Research, 1993, 16(4): 313-338.
- [6] ARKHIPKIN A I. Intrapopulation structure of winter-spawned Argentine shortfin squid, *Illex argentinus* (Cephalopoda, Ommastrephidae), during its feeding period over the Patagonian Shelf [J]. Fishery Bulletin, 2000, 98(1): 1-

- 13.
- [7] HATANAKA H, KAWAHARA S, UOZUMI Y, et al. Comparison of life cycles of five ommastrephid squids fished by Japan: *Todarodes pacificus*, *Illex illecebrosus*, *Illex argentinus*, *Nototodarus sloani sloani* and *Nototodarus sloani gouldi* [J]. Nafo Science. Council Studies, 1985, 9: 59 – 68.
- [8] 陆化杰, 陈新军. 利用耳石微结构研究西南大西洋阿根廷滑柔鱼的日龄、生长与种群结构 [J]. 水产学报, 2012, 36(7): 1049 – 1056.
- LU H J, CHEN X J. Age, growth and population structure of *Illex argentinus* based on statolith microstructure in Southwest Atlantic Ocean [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36 (7): 1049 – 1056.
- [9] 王尧耕, 陈新军. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业 [M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 58 – 264.
- WANG Y G, CHEN X J. Economy soft fish resources and fishing in the world ocean [M]. Beijing: China Ocean Press, 2005: 124 – 156.
- [10] HILBORN R, WALTERS C J. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [11] SATO T, HATANAKA H. A review of assessment of Japanese distant-water fisheries for cephalopods [R]. Rome: FAO Fisheries Technical Paper No. 231, 1983: 145 – 180.
- [12] FAO. Report of the ad hoc working group on fishery resources of the patagonian shelf [R]. Rome: Food and Agriculture Organizations, 1983: 83.
- [13] BASSON M, BEDDINTON J R, CROMBIE J A, et al. Assessment and management techniques for migratory annual squid stocks: the *Illex argentinus* fishery in the Southwest Atlantic as an example [J]. Fisheries Research, 1996, 28 (1): 3 – 27.
- [14] 陆化杰, 陈新军, 李纲, 等. 基于贝叶斯 Schaefer 模型的阿根廷滑柔鱼资源评估与管理 [J]. 应用生态学报, 2013, 24(7): 2007 – 2014.
- LU H J, CHEN X J, LI G, et al. Stock assessment and management for *Illex argentinus* in southwest Atlantic ocean based on Bayesian Schaefer model [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(7): 2007 – 2014.
- [15] BRUNETTI N E, IVANOVIC M L. Distribution and abundance of early life stages of squid (*Illex argentinus*) in the south – west Atlantic [J]. ICES Journal of Marine Science, 1992, 49(2): 175 – 183.
- [16] 陆化杰, 陈新军, 曹杰. 基于 GLBM 模型的中国大陆阿根廷滑柔鱼鱿钓渔业 CPUE 标准化 [J]. 生态学报, 2013, 33(17): 5375 – 5384.
- LU H J, CHEN X J, CAO J. CPUE Standardization of *Illex argentinus* for Chinese Mainland squid-jigging fishery based on generalized linear Bayesian models [J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(17): 5375 – 5384.
- [17] CHEN C S, CHIU T S. Standardising the CPUE for the *Illex argentinus* fishery in the Southwest Atlantic [J]. Fisheries Science, 2009, 75(2): 265 – 272.
- [18] WALUDA C M, TRATHAN P N, RODHOUSE P G. Influence of oceanographic variability on recruitment in the *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) fishery in the South Atlantic [J]. Marine Ecology Progress Series, 1999, 183: 159 – 167.
- [19] 陈新军. 渔业资源经济学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 62 – 105.
- CHEN X J. Economics of fishery resources [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 62 – 105.
- [20] CLARK C W. Bioeconomic modeling and resource management [M]//Applied Mathematical Ecology. Berlin Heidelberg: Springer, 1985: 1 – 34.
- [21] GORDON H S. The economic theory of a common-property resource; The fishery [J]. Journal of Political Economy, 1954, 62(2): 124 – 142.
- [22] 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.
- ZHANG G W, CHEN X J, LI G. Review on development of bio-economic model for fisheries resources [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2010 (3): 10 – 16.
- [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(10): 1572 – 1581.
- CHEN X J, CAO J, LIU B L, et al. Stock assessment and management of *Ommastrephes bartramii* by using a Bayesian Schaefer model in the Northwestern Pacific Ocean [J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(10): 1572 – 1581.
- [24] 汪金涛. 大洋性经济柔鱼类渔情预报与资源量评估技术研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- WANG J T. Fishery Forecasting and stock assessment for Commercial Oceanic Ommastrephid Squid [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2015.
- [25] 王从军, 陈新军, 李纲. 东、黄海鲈鱼生物经济社会综合模型的优化配置研究 [J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22 (4): 623 – 628.
- WANG C J, CHEN X J, LI G. Optimal utilization of bio – economic social model for chub mackerel in the East and Yellow Seas [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2013, 22(4): 623 – 628.

## Optimizing strategy on exploitation of *Illex argentinus* in the Southwest Atlantic

HAN Qingpeng<sup>1,2</sup>, DING Qi<sup>1,2</sup>, CHEN Xinjun<sup>1,2,3,4</sup>

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

**Abstract:** *Illex argentinus* mainly distributed in the southwest Atlantic Ocean is one of the important economic cephalopod in the world, and also is one of the important fishing targets by China's mainland and Taiwan squid jigging vessels. Its development and resource utilization have attracted us. Therefore, this study focused on considering biological, economic, social goals, aiming to point out the optimum exploitation strategy of *I. argentinus* resources in the southwest Atlantic. Based on the catch data from Chinese mainland, Taiwan province of China and the Falkland Islands during 2001–2010, the biological economic model of Gordon-Schaefer is used to analyze the exploitation strategy of *I. argentinus* in the southwest Atlantic and the 13 kinds of fishing strategy in the short (1–5 years), medium (10 years) and long-term (20 years) periods are simulated. The results suggest that plans 8 and 11 with fishing efforts of 301 400 times and 307 500 times, respectively, will not pose a threat to the squid resources, but will produce the best social benefits and economic benefits. Therefore, plans 8 and 11 can be used as the optimal fishing strategy for managing *I. argentinus* population in the southwest Atlantic.

**Key words:** *Illex argentinus*; bio-economic model; Southwest Atlantic; fishery management