

台湾海峡及其邻近海域渔业资源生产力和最大持续产量

卢振彬, 戴泉水, 颜尤明

(福建省水产研究所, 厦门大学海洋环境科学教育部重点实验室, 福建 厦门 362012)

摘 要:应用营养动态模式和 Cushing 模式估算台湾海峡及其邻近海域渔业资源生产力分别为 306.09×10^4 t 和 303.84×10^4 t; Gulland 和最大持续产量 Y_{ms} 简单模式估算该海域的最大持续产量分别为 155.06×10^4 t 和 152.49×10^4 t; Schaefer 和 Fox 剩余产量模式估算其最大持续产量分别为 187.08×10^4 t 和 157.89×10^4 t, 扣除非可捕群体后, 实际为 159.02×10^4 t 和 134.21×10^4 t; 估算以 1996 年福建动力拖网渔船单位 kW 渔捞效率为标准的最适捕捞力量分别为 168.04×10^4 kW 和 199.44×10^4 kW。

关键词:台湾海峡; 渔业资源; 生产力; 最大持续产量

中图分类号: S922.94

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737(2002)01-0028-05

近 20 年来, 台湾海峡及邻近海域的渔业资源承受大强度的捕捞力量, 致使渔船单位功率渔获量 (CPUE) 由 1976 年的 3.90 t/kW 下降到 1996 年的 0.60 t/kW, 呈过度捕捞态势, 底层和近底层主要经济鱼类种群生态学, 逐渐衰退^[1]。有关渔业资源的前景和潜力是 21 世纪近海渔业持续发展所必须研究的课题。关于该海域的渔业资源自然生产力和最大持续产量, 目前为止尚未见报道。本文以台湾海峡及其邻近海域初级生产力为基础, 应用营养动态模式和 Cushing 模式, 对其渔业资源生产力进行估算, 并应用 Gulland 模式和最大持续产量 Y_{ms} 简单模式估算 Y_{ms} , 应用 Schaefer 和 Fox 剩余产量模式估算 Y_{ms} 和最大持续捕捞力量。还讨论了捕捞力量调整问题, 以确保该海域渔业资源的可持续利用。

1 材料和方法

1.1 海域范围

海域位置 $22^{\circ}00' \sim 27^{\circ}10'N$, $117^{\circ}30' \sim 126^{\circ}30'E$, 包括国家统一划定的闽东、闽外、闽中、台北、台

东、闽南和台湾浅滩 7 个渔场, 总面积 261 614.86 km²。

1.2 评估模式

1.2.1 渔业资源生产力估算模式 营养动态模式^[2]: $B = q(E)^n$ 。式中: B - 渔业资源年生产力; q - 浮游植物年生产量 (鲜重); E - 生态效率; n - 估算对象的营养阶层 (营养级)。

Cushing 模式^[3]: 渔业资源年产碳量等于 1% 年初级产碳量与 10% 年次级产碳量之和的 50%, 即 $G = (0.01P + 0.1S)/2$ 。式中: G - 渔业资源年产碳量; P - 年初级产碳量; S - 年次级产碳量。

1.2.2 最大持续产量 (Y_{ms}) 和最大持续捕捞力量 (f_{MSY}) 估算模式 Gulland 模式^[4]: $Y_{ms} = 0.5(C + BM)$ 。式中 Y_{ms} - 渔业资源最大持续产量; C - 海域平均年渔获量; B - 资源量; M - 渔业资源自然死亡系数。

简单估算模式^[2]: $Y_{ms} = 0.5B$

Schaefer 剩余产量模式^[5]: $Y_e = af_e - bf_e^2$

$(Y_e/f_e) = a - bf_e$

$Y_{ms} = a^2/(4b)$

$f_{MSY} = a/(2b)$

式中: Y_e 和 f_e 分别为平衡状态下的渔获量和

收稿日期: 2001-02-12。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (49636220); 福建省专项基金资助。

作者简介: 卢振彬 (1943-), 男, 研究员, 从事海洋渔业资源和生态研究。

捕捞力量; a 、 b 为待定参数。

Fox 剩余产量模式^[5]: $Y_e = f_e U_k e^{-b'f_e}$, 两边取对数式 $\ln Y_e = \ln f_e U_k - b'f_e$

$U = U_k e^{-b'f_e}$, 两边取对数成 $\ln U = \ln U_k - b'f_e$

$Y_{ms} = U_k / (b'e) f_{MSY} = 1/b'$

式中: U_k 、 b' 为待定参数。

1.3 资料来源

1.3.1 初级生产力资料来源 渔场的初级生产力(C)资料, 沿岸海域的取自文献[6], 闽中渔场陆架区取自文献[7]; 闽东、闽外和台北渔场陆架区取自文献[7]与文献[8]测定值的平均数; 闽南~台湾浅滩渔场陆架区取自文献[9]; 黑潮区的初级生产力取自文献[10]。

1.3.2 渔业统计资料来源和处理 Schaefer 和 Fox 剩余产量模式估算所需的渔获量包括福建、广东、广西、台湾和北方几大渔业公司及日本、韩国在该海域的渔获量, 资料年限 1976~1996 年¹⁾。台湾省的渔业统计资料取自台湾省渔业统计年鉴, 北方几大公司以及日本、韩国的取自文献[11, 12], 但未包括为数

很少的港、澳地区的渔获量。

评估时以 1996 年福建省机动拖网渔船单位 kW 的渔捞效率为基准, 进行年间捕捞力量的标准化。在年间捕捞力量标准化之前, 先进行年内捕捞力量标准化, 将逐年的捕捞力量换算为相应年份福建机动拖网渔船功率, 换算式为: $f_i = C_i / U_i$ 。

式中: f_i —第 i 年年内标准捕捞力量; C_i —第 i 年总渔获量; U_i —第 i 年福建机拖渔船单位 kW 渔获量。将年内标准捕捞力量乘以相应年份的效率系数, 则是该年以 1996 年福建机动拖网渔船为标准的捕捞力量。渔捞效率的修正采用文献[13]的方法。

2 结果

2.1 海域年初级产碳量

台湾海峡及其邻近海区水系比较复杂, 其中有黑潮经过台东、台北、闽东、闽外 4 个渔场。评估海域范围内黑潮区的面积约 $6.16 \times 10^4 \text{ km}^2$, 黑潮区的初级生产力远比非黑潮区低, 据文献[10]报道, 黑

表 1 台湾海峡及其邻近海域各渔场初级生产力和年产碳量

Table 1 The primary productivity and annual productive carbon in Taiwan Strait and its adjacent waters

	渔场 Fishing ground	闽东-闽外 Mindong-Minwai	台北 Taibei	台东 Taidong	闽中 Minzhong	闽南-台浅 Minnan-Taiqian	合计 Total
沿岸区 Coastal	面积/ km^2 Area	5 951			7 244	4 661	17 856
	初级生产力/ $\text{mg} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$ Primary productivity	273.97			309.59	243.84	
	年产碳量/t Annual productive carbon	595 094.35			818 574.54	414 836.46	1828505.35
陆架区 Continental shelf	面积/ km^2 Area	58 711.65	22957		24 891.83	75 553.84	182 114.42
	初级生产力/ $\text{mg} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$ Primary productivity	339.18	339.18		240.0	550.0	
	年产碳量/t Annual productive carbon	7 268 543.37	2 842 105.05		218 524.31	15 167 433.38	27 458 606.11
黑潮区 Kuroshio area	面积/ km^2 Area	8 889.60	12 224.40	40 530.44			61 644.44
	初级生产力/ $\text{mg} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$ Primary productivity	164.38	164.38	164.38			
	年产碳量/t Annual productive carbon	533364.44	733448.11	2 431 773.71			3 698 586.26
	合计 Total	8 397 002.16	3 575 553.16	2 431 773.71	2 990 98.85	15 582 269.84	32 985 697.72

潮区初级生产力仅 $164.38 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。各渔场的

1) 福建省历年渔业资源统计资料(广东和广西资料由汕头市环境和资源监测站提供)。

沿岸区、陆架区和黑潮区的面积, 初级生产力及年初级产碳量见表 1。可见, 全海域年初级产碳量为 $3 298.57 \times 10^4 \text{ t}$ 。

2.2 渔业资源生产力

2.2.1 营养动态模式估算 浮游植物年生产量以其干重 $=0.35 \times \text{鲜重}^{[14]}$ 及100 g干重相当于35 g有机碳 $^{[15]}$ 进行计算,即1 g碳 $=8.164\ 898$ g鲜浮游植物。近海生态效率一般取0.15。据研究,现阶段近海鱼类平均营养级为2.46级 $^{[1]}$,甲壳类1.8级,头足类2.5级 $^{[16]}$ 。据笔者历次调查估计,鱼类、甲壳类和头足类的生物量比例为0.79:0.15:0.06,加权计算渔业资源平均营养层次为2.36级,估算结果,渔业资源年生产力为 306.09×10^4 t。

2.2.2 Cushing 模式估算 按生态效率0.15计算次级年产碳量为 494.79×10^4 t。渔业资源年产碳量 $G = [(0.01 \times 32\ 985\ 697.72) + 4\ 947\ 854.7] / 2 = 41.23 \times 10^4$ t。据本重点实验室对几种主要鱼类、甲壳类和头足类的体内含碳量检测,并按3种生物类群的比例进行加权计算,其鲜重的平均含碳质量分数为13.57%,则渔业资源年生产量为 $41.23 \times$

10^4 t/ $0.1\ 357 = 303.85 \times 10^4$ t。

2.3 最大持续产量

2.3.1 Gulland 模式估算 以上营养动态模式和Cushing 模式估算该海域的渔业资源年生产力分别为 306.09×10^4 t和 303.85×10^4 t,取平均值 304.97×10^4 t。1976~1996年该海域平均年渔获量为 118.30×10^4 t。据笔者研究该海域29种主要经济鱼类的平均自然死亡系数 M 为0.629,估算结果渔业资源最大持续产量 Y_{ms} 为 155.06×10^4 t。

2.3.2 简单模式估算 $Y_{ms} = 0.5 B$,则最大持续产量为 152.49×10^4 t。

2.3.3 剩余产量模式估算 应用Schaefer 模式估算,其捕捞力量 f 与CPUE之间呈显著的负相关,相关系数为-0.746 3。Fox 模式估算,其捕捞力量与 $\ln U$ 之间也呈显著负相关,相关系数为-0.845 7。 Y_{ms} 和 f_{MSY} 估算结果及统计检验见表2。

表2 台湾海峡及其邻近海域渔业资源 Y_{ms} 和 f_{MSY} 估算值和统计检验
Table 2 Results of calculated Y_{ms} and f_{MSY} in Taiwan Strait and its adjacent waters

模式 Model	参数 Parameter	$Y_{ms}(\times 10^4 \text{t})$	$f_{MSY}(\times 10^4 \text{t})$	F 检验 F testing
Schaefer	$a = 2.226\ 6$ $b = -0.662\ 5 \times 10^{-6}$	187.08	168.04	$r = -0.746\ 3$ $F = 23.89 > F_{0.01,19} = 8.18$
Fox	$U_k = 2.151\ 8$ $b' = 0.501\ 4 \times 10^{-6}$	157.89	199.44	$r = -0.8457$ $F = 47.78 > F_{0.01,19} = 8.18$

取两模式估算值的平均数,则 Y_{ms} 为 172.49×10^4 t。 f_{MSY} 为 183.74×10^4 kW(相当于1996年福建机拖渔船12 168艘)。

需要指出的是,评估时的渔获量包括非可捕群体(主要指幼鱼幼体)在内。据对渔获物的长期调查和分析,非可捕群体约占年渔获量15%。因此, Y_{ms} 的估算值应扣除15%非可捕群体,实际的最大持续产量应为 146.62×10^4 t。与Gulland 模式和简单模式估算的结果基本接近。

3 讨论

3.1 模式估算结果比较

营养动态模式估算资源生产力为 306.09×10^4 t,Cushing 模式估算为 303.85×10^4 t,二者十分接

近。以平均值 304.97×10^4 t表示该海域渔业资源生产力。

Gulland和简单模式及Schaefer 和Fox 剩余产量模式估算最大持续产量分别为 155.06×10^4 t、 152.49×10^4 t、 159.02×10^4 t、 134.21×10^4 t,也基本接近。这里可取它们的平均值 150.49×10^4 t表示该海域最大持续产量。

Schaefer 模式与Fox 模式估算的最大持续捕捞力量相差较大,前者估算值为 168.04×10^4 kW(相当于1996年的福建机拖渔船6 456艘),后者为 199.44×10^4 kW(相当于1996的福建机拖渔船7 752艘)。因Schaefer 和Fox 两种剩余产量模式的平衡渔获量与捕捞力量关系曲线不同,其最主要差别在于Schaefer 模式的 Y_{ms} 出现在环境最大容量的一半,即 $k/2$ 处。当 $f \rightarrow 2f_{MSY}$ 时,渔获量等于零。而Fox 模式的 Y_{ms} 出现在 $k/3$ 处,当 $f \rightarrow \infty$ 时,渔获量趋近于零。所以在估算 f_{MSY} 时,Fox 模式的估算

1) 吴家骥. 东海区渔业资源利用情况及发展趋势[A]. 东海区渔业资源动态监测网、东海区渔业资源管理咨询委员会十周年专辑[C]. 1997, 194-212.

值比 Schaefer 模式大。由于该两模式的数学表达式不同, CPUE 随 f 增加而下降的特征也不同, 这些特征对确定渔业管理策略, 制定渔业管理措施会产生较大的影响。笔者认为该海域地处亚热带, 渔业资源种类多, 种间数量交替现象比较明显, CPUE 随 f 的增加而下降的速度相对较慢。因此, 取 2 种模式估算的平均值 $183.74 \times 10^4 \text{ kW}$ (相当于 1996 年的福建机拖渔船 7 154 艘) 作为闽、台近海渔业管理的捕捞力量控制指标。

3.2 资源指数与其他海区比较

根据现阶段鱼类资源平均营养级 2.46 级, 采用营养动态法估算东海区鱼类资源量为 $819.03 \times 10^4 \text{ t}$, 则鱼类资源指数为 10.63 t/km^2 。开发率取 0.5, 则单位面积可供鱼类渔获量 (Y_{ms} 除以渔场面积) 为 5.32 t/km^2 。若加上 21% 甲壳类和头足类在内, 渔业资源指数可达 12.86 t/km^2 , 单位面积可供渔获量为 6.43 t/km^2 。本海域采用相同方法估算, 渔业资源指数为 11.66 t/km^2 , 单位面积可供渔获量为 5.93 t/km^2 , 略低于东海区的平均资源水平, 切合实际。比渤海和黄海资源指数 2.87 t/km^2 和 4.28 t/km^2 高^[8], 也比北部湾的单位面积可供渔获量 3.74 t/km^2 高^[1], 表明台湾海峡及其邻近海域属于我国渔业资源生产力和较高的海区之一。

3.3 关于渔业资源前景

该海域 1976 年投入的捕捞力量为 $21.39 \times 10^4 \text{ kW}$, 至 1996 年已增加到 $361.03 \times 10^4 \text{ kW}$, 增加了 15.88 倍。然而总渔获量未能与捕捞力量同倍增长, 仅增加 1.50 倍, CPUE 却下降了 85.17%, 表明该海域渔业资源已出现衰退。1991 年以来, 全海域实际捕捞力量已连续 6 年超过估算的最大持续捕捞力量, 其中 1996 年高达 361.10^4 kW , 超过 f_{MSY} 估算值的 96.49%。实际渔获量也连续 4 年超过 Y_{msy} 估算值, 其中 1996 年超过 42.05%, 呈现捕捞过度状态, 致使某些主要底层和近底层经济种类出现资源衰退, 种群生态学也发生了变化。因此, 对于该海域的渔业资源, 今后的重点在于保护和合理利用, 扼制过度捕捞的继续, 防止资源衰退进一步恶化。为此, 必须进行捕捞力量调整, 将 1996 年的捕捞力量削减 $177.29 \times 10^4 \text{ kW}$, 削减的重点放在对资源破坏比较严重的底拖网和定置网作业渔船。

此外, 捕捞作业结构与资源结构不相协调。就

福建来说, 底拖网渔船的功率占近海渔船总功率的 67%, 而灯光围网渔船功率占不到 4%, 导致资源开发不平衡, 底层和近底层鱼类捕捞过度, 中上层鱼类开发不足。因此, 还须对捕捞作业结构进行优化调整, 使捕捞作业结构与资源结构协调。只有通过削减捕捞力量, 同时进行捕捞结构优化, 近海渔业资源才能得到持久开发利用。

参考文献:

- [1] 卢振彬, 戴泉水, 颜尤明. 福建近海主要底层经济鱼类种群变动的研究[J]. 台湾海峡, 1999, 18(1): 8-12.
- [2] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993. 257-270.
- [3] Cushing D H. Upwelling and the production of fish[J]. Adv Mar Biol, 1971, 9: 255-334.
- [4] Gulland J A. Fish stock assessment - A manual of basic methods [J]. FAO/Wiley Ser, 1983. 1: 233.
- [5] 叶昌臣, 黄斌, 邓景耀, 等. 渔业生物数学—资源的评估与管理[M]. 北京: 农业出版社, 1990. 108-124.
- [6] 福建省浅海滩涂资源综合调查领导小组办公室. 福建省浅海滩涂资源综合调查报告[R]. 北京: 海洋出版社, 1990. 152-156.
- [7] 洪华生. 台湾海峡初级生产力及其调控机制研究[A]. 中国海洋学文集(7)[C]. 北京: 海洋出版社, 1997. 1-15.
- [8] 宁修仁, 刘子琳, 史君贤. 渤、黄、东海初级生产力和潜在渔业生产量的评估[J]. 海洋学报, 1995, 17(3): 72-84.
- [9] 洪华生, 丘书院, 阮五崎, 等. 闽南—台湾浅滩渔场上升流区生态系研究[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 1-17.
- [10] 费尊乐, 李宝华, 黑田一纪. 东海北部次级生产力—黑潮调查研究论文选[C]. 北京: 农业出版社, 1993. 147-159.
- [11] 农牧渔业部水产局, 东海区渔业指挥部. 东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1987. 275-277, 392-395.
- [12] 俞连福. 东海中南部鲈、鲢渔场的调查和研究[J]. 海洋渔业, 1998, (2): 72-75.
- [13] 顾惠庭, 尤红宝. 东海和黄海拖网渔业捕捞力量修正的探讨[J]. 海洋科学, 1987, (4): 43-46.
- [14] Beers J R, Stewart G L. Microzooplankton and its abundance relative to the zooplankton and other seston components[J]. Mar Biol, 1969, 4: 182-189.
- [15] 丘书院. 论东海渔业资源的估算[J]. 海洋渔业, 1997, (2): 49-51.
- [16] 沈国英, 施并章. 海洋生态学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1990. 181-190.

1) 袁蔚文. 北部湾渔业资源管理研究[J]. 南海水产研究, 1995, 10(6): 8-14.

Productivity and maximum sustainable yield of fishery resources in Taiwan Strait and its adjacent waters

LU Zhen-bin, DAI Quan-shui, YAN You-ming

(Fujian Fisheries Research Institute, The Research Laboratory of Marine Ecological Environment, Xiamen 362012, China)

Abstract: Using trophic dynamic model and Cushing model, the annual productivity of fishery resources in Taiwan Strait and its adjacent waters, $22^{\circ}00' - 27^{\circ}10'N, 117^{\circ}30' - 126^{\circ}30'E$, are estimated to be 306.09×10^4 t and 303.84×10^4 t, respectively. The maximum sustainable yields (Y_{ms}) are calculated using Gulland model and the simple model ($Y_{ms} = 0.5B$) to be 155.06×10^4 t and 152.49×10^4 t, respectively. The Y_{ms} are estimated using Schaefer model and Fox surplus yield model to be 187.08×10^4 t and 157.89×10^4 t, and the actual maximum sustainable yield (deducting a part of young fish) are 159.02×10^4 t and 134.21×10^4 t; the optimum fishing efforts are 168.04×10^4 kW and 199.44×10^4 kW on the basis of fishing rate of per kW of power trawler in Fujian 1996. But the real yield and fishing efforts are 209.07×10^4 t and 361.03×10^4 kW in 1996. They are both over the theoretical Y_{ms} and f_{MSY} .

Key words: Taiwan Strait; fishery resources; productivity; maximum sustainable yield

[写作知识]

科技论文的关键词及其标引要点

科技论文的关键词就是其检索标识,是为论文的有序存贮和检索而设置的。无检索标识的论文是难以查找并被利用的。关键词是论文的重要组成部分,是科技工作者查找文献资料的一把钥匙。

关键词是从论文中(标题、摘要、正文)直接抽取的起关键作用或反映主题内容的词。合格的关键词应同时符合3个条件:(1)直接从论文中抽取;(2)能反映论文主题和主题层面;(3)可作为检索入口词。通常,论文的研究对象、使用的技术与方法、学科、专业、专题名称,以及有关生物、工具、材料的名称和地理、年代等专用术语可选作关键词。但一些通用词、冠词、连词和介词等不宜作为关键词,如研究、探讨、试验、应用、进展等。关键词的数量一般以3~5个为宜。

关键词是根据论文主题及其检索需要而确定的。在为论文确定主题时,应抓住以下重点:(1)论文中所要研究、探讨的主要对象和主要目的;(2)针对主要对象所采用的工艺、方法、设备或者材料、属性等;(3)其他具有检索意义的重要线索,如地名、人名等。

关键词的词组划分有一定的原则,非固定性词组或临时组成的上下文,应划分为单元词或固定词组,如:“黄海渔业资源”应划分为“黄海”与“渔业资源”。凡已固化为水产科学名词的词组,如:“资源分布”,则不可再划分为:“资源”与“分布”。

<本刊编辑部供稿>