

闽东渔场不同生态类群的鱼类资源生产量

卢振彬

(福建省水产研究所,福建 厦门 361012)

摘要:以历次海洋科学调查在闽东渔场获得的初级生产力为基础,通过2000~2001年对该渔场的鱼类资源结构、浮游植物有机碳含量、生态效率、主要经济鱼类营养级及其有机碳含量等模型参数的调查和检测,采用营养动态模型和Cushing模型估算鱼类资源的生态容量(潜在生产量),进而应用Steele模型分别估算中上层鱼类、底层鱼类的资源生产量,最后从鱼类资源生产量中分离出近底层鱼类的资源生产量。采用Cadima模式估算鱼类及其各生态类群资源的最大可持续开发量,并讨论它们的开发利用程度。估算结果:闽东渔场鱼类资源生产量为 63.08×10^4 t,最大可持续开发量为 33.82×10^4 t,其中中上层鱼类资源生产量为 38.68×10^4 t,最大可持续开发量为 20.34×10^4 t,底层和近底层鱼类资源生产量分别为 13.22×10^4 t和 11.17×10^4 t,最大可持续开发量合计为 15.50×10^4 t。底层和近底层鱼类实际年渔获量自1993年以来已连续11年超过其最大可持续开发量,呈过度捕捞。中上层鱼类实际年渔获量也于1998年以来连续6年超过其最大可持续开发量。因此必须加强保护和管理,采取有力措施削减捕捞力量和渔获量,实行捕捞力量和渔获量“负增长”,得到渔获量下降到最大可持续开发量水平时,才恢复实施“零增长”制度。

关键词:鱼类资源生产量;生态类群;闽东渔场

中图分类号:S931.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2005)06-0731-08

闽东渔场位于 $26^{\circ}00' \sim 27^{\circ}10' \text{N}$ 、 $119^{\circ}50' \sim 125^{\circ}00' \text{E}$,北邻浙江温台渔场,南接台湾海峡,属亚热带海域,鱼类资源丰富,是中国南方海域重要渔场之一。自20世纪90年代初,闽东渔场鱼类资源呈现衰退。该海域的鱼类资源生态容量和可持续开发量是渔业生产和管理部门所关注的问题。虽然20世纪50~80年代对该渔场的鱼类资源开展过数次调查^[1-4],但尚未对鱼类资源进行系统评估。本研究以初级生产力为基础,通过2000~2001年对该渔场鱼类资源结构、浮游植物有机碳含量、生态效率以及52种鱼类(产量占该海域渔获量90%以上)的营养级及有机碳含量等模型参数的调查和检测,应用营养动态模型和Cushing模型估算鱼类资源的生态容量,并进一步以Steele模型对中上层鱼类和底层鱼类的资源生产量进行估算,最后从鱼类资源生产量中分离出近底层鱼类的资源生产量。同时,采用

Cadima模式估算鱼类及其各生态类群资源的最大可持续开发量,并讨论它们的开发利用程度和开发潜力,目的在于为建立该渔场鱼类资源TAC制度和实行渔获量配额管理奠定基础,从而提高渔业资源管理与生态保护水平。

1 材料与方法

1.1 评估的海域范围

评估海域范围 $26^{\circ}00' \sim 27^{\circ}10' \text{N}$ 、 $119^{\circ}50' \sim 125^{\circ}00' \text{E}$,总面积 $64\,825.2 \text{ km}^2$ 。

1.2 评估模型

现代海洋生态系统营养动力学认为,海洋生态系统的能量和物质,通过食物链的传递,按一定的效率,即生态效率,由低营养层次生物向高营养层次生物传递,最终各营养层次生物的数量和生物量达到某一渐近值就不再增加,维持在渐近值的水平上波

收稿日期:2004-08-02;修订日期:2004-11-18。

基金项目:福建省海洋与渔业局重点资助项目(闽海渔科2000-04号)。

作者简介:卢振彬(1943-),男,研究员,从事海洋渔业资源和生态学研究。E-mail:lzb1942@yahoo.com.cn

1) 福建省水产研究所等. 闽东渔场水产资源调查报告[R]. 1962。

2) 福建省水产研究所等. 福建省近内海水产资源调查报告[R]. 1977。

3) 福建省水产研究所等. 闽中、闽东渔场中上层鱼类资源调查和渔具渔法研究[R]. 1985。

4) 福建省水产研究所等. 闽东北外海渔业资源调查和综合开发研究报告文集[R]. 1994。

动,处于相对稳定的状态,这就是生态平衡。基于这个原理便可采用营养动态模型和 Cushing 模型估算海域的鱼类生态容量(即潜在生产量)。

1.2.1 营养动态模型 营养动态模型为:

$$B = Q(E)^n \quad (1)$$

式中, B 为鱼类资源年生产量, Q 为浮游植物年生产量(鲜重), E 为生态效率, n 为鱼类营养阶层(营养级)。

浮游植物年产量采用年初级产碳量除以浮游植物有机碳含量百分率计算而得。

1.2.2 Cushing 模型 Cushing 认为,海洋鱼类资源年产碳量等于 1% 年初级产碳量与 10% 年次级产碳量之和的一半^[2],即 $G = (0.01P + 0.1S)/2$ 。式中, G 为鱼类资源年产碳量, P 为年初级产碳量, S 为年次级产碳量。

鱼类资源年产碳量换算为鱼类资源生产量的计算式为: $B = G/V$ 。式中, B 为鱼类资源年生产量(鲜重), G 为鱼类资源年产碳量, V 为鱼类鲜重有机碳含量百分率。

1.2.3 Steele 模型 Steele 认为海域次级生产量中有 4.71% 的能量或物质转移到中上层鱼类。即中上层鱼类资源有机碳产量为: $D = 0.0471 S^{[3]}$ 。式中, D 为中上层鱼类资源有机碳产量, S 为年次级产碳量。

Steele 又认为海域次级生产量中有 1.53% 的能量或物质转移到底层鱼类。即底层鱼类资源有机碳产量为: $H = 0.0153 S^{[3]}$ 。式中, H 为底层鱼类资源有机碳产量, S 为年次级产碳量。

1.2.4 Cadima 模式 Cadima 认为对已经开发了渔业资源最大可持续开发量应采用以下公式计算,即 $MSY = 0.5(C + BM)^{[4]}$ 。式中, MSY 为最大可持续开发量, C 为平均年渔获量, B 为资源量, M 为资源生物自然死亡系数。

1.3 模型参数的调查与检测

本研究有关模型的参数除了初级生产力、主要鱼类营养级和计算生态效率所需的浮游动物生物量和丰度资料应用前人的调查和研究结果外,其他的模型参数均为 2000~2001 年现场调查和检测获得。

1.3.1 初级生产力资料来源 营养动态模型和 Cushing 模型所需的初级生产力资料,取自国家海洋局第三海洋研究所 1984~1985 年的“福建省海岸

带资源综合调查”^[5]、国家海洋局第二海洋研究所 1987~1988 年“中日黑潮调查”^[6]、1991~1996 年台湾省中山大学 Lee 等^[7-8]、台湾省海洋大学 Gong 等^[9-10]和厦门大学等单位 1994~1995 年的《台湾海峡初级生产力调控机制研究》^[11]和 1998~1999 年的《台湾海峡生源要素生物地球化学过程研究》^[1]等海洋科学调查,在闽东渔场所测得初级生产力资料,按沿岸区、近海区和黑潮区统计春、夏、秋、冬 4 个季度的初级生产力,进而计算年平均初级生产力。

1.3.2 浮游植物有机碳含量分析 分别在 120°30' 21"E, 26°45'1"N 和 120°44'45"E, 26°41'22"N 设 2 个测站,于 2000 年春季(4 月)和秋季(10 月)进行浮游植物含碳率的调查和检测。使用浮游植物网采集样品,先用 80 目的筛网过滤样品中浮游动物,然后用 220 目的筛网再一次过滤滤液中浮游植物。浮游植物鲜样经抽滤、称重,在恒温 60℃ 干燥箱连续烘干 24 h,采用感量 0.001 mg 的电子分析天平称量。采用化学分析法检测干样有机碳含量。取 0.1 g(精确到 0.000 1 g)研磨样品置于硬质大试管中,加入 0.1 g 硝酸银,加入 5.0 mL 0.800 0 mol/L 重铬酸钾硫酸标准溶液,轻轻旋转摇匀,在 190℃ 的油浴锅中 170~180℃ 煮沸 5 min,冷却后,将试管内混合物倒入 250 mL 锥形瓶中,使瓶内体积在 60℃ 80 mL 左右,加入邻菲罗啉指示剂 4 滴,用 0.2 mol/L 硫酸亚铁滴定,溶液由橙黄色经蓝绿色到棕红色为终点,记录硫酸亚铁用量(V)。

有机碳含量计算式为:

$$W_C = [0.8000 \times 5.0 \div V_0 \times (V_0 - V) \times 0.003 \times 1.1 \times 1000 / M]$$

式中, W_C 为有机碳含量(g/kg),0.800 0 为重铬酸钾标准溶液浓度(mol/L), V_0 为空白标定用去硫酸亚铁溶液体积(mL), V 为滴定体积样品用去硫酸亚铁溶液体积(mL),0.003 为 1/4 碳原子的摩尔质量(g/mol),1.1 为氧化校正系数, M 为样品重量(g)。

1.3.3 生态效率测算 以 1994~1995 年《台湾海峡初级生产力调控机制研究》^[11]和 1997~1998 年《台湾海峡生源要素生物地球化学过程研究》^[1]项目调查的浮游动物生物量和丰度资料,并参考 1987~1988“中日黑潮调查”^[6]的有关浮游动物生物量和丰度资料,采用 Ikeda-Motoda 生理学方法^[12]计算生态效率。

1) 洪华生,阮五峰,黄邦钦,等. 台湾海峡生源要素生物地球化学过程研究报告[R]. 1999.

(1)浮游动物生物量(B ,以碳计)的计算,取浮游动物的干重约为湿重的20%和碳含量约为干重的40%换算^[13]。以样品因福尔马林溶液固定的失重约为33%校正湿重^[14]。

(2)将非胶质浮游动物湿重的生物量换算成以碳计的生物量($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)。计算方法采用 Ikeda-Motoda 生理学方法^[12]。计算步骤:

将各站浮游动物湿重的生物量($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)除以丰度($\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$),求得平均个体湿重($\text{mg}\cdot\text{ind}^{-1}$),并取上述生物量的湿、干重换算值和校正值,换算平均个体干重($\text{mg}\cdot\text{ind}^{-1}$)。

应用 Ikeda 关于浮游动物呼吸率与个体干重和湿重的复回归方程^[15]计算各站浮游动物的呼吸率(R):

$$\ln R = 0.7886 \ln W_D + 0.0490 T - 0.2512$$

式中, R 为呼吸率, $\mu\text{L}(\text{O}_2)\cdot\text{ind}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$; W_D 为浮游动物平均个体干重, mg ; T 为水温, $^{\circ}\text{C}$ 。

取呼吸商0.8,呼吸率 R 换算为以碳计的呼吸率 $R_C(\mu\text{g}\cdot\text{ind}^{-1}\cdot\text{d}^{-1})$ 。换算式为:

$$R_C = 0.8 \times (12/22.4) \times 24 \times R = 10.286R$$

取浮游动物同化率70%和总生长效率30%,计算各检测站点浮游动物的日生产量(P), $\mu\text{g}\cdot\text{ind}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,计算式为: $P = 30R_C/(70-30) = 0.75R_C$

1.3.4 资源结构现状调查 2000~2001年在该渔场布设11个站位,开展单船拖网作业渔获物种类组成与结构调查;同时在近岸海域设立具有代表性的1个站点,进行周年12个月定置网作业渔获物种类

组成与结构调查。

1.3.5 鱼类有机碳含量检测 于2000年春季(4月)和秋季(11月)在单拖调查渔获物中采集主要鱼类52种,将整体(包括鱼鳞、内脏、肌肉和骨骼)称重,在60℃恒温烘干24h,再称重,整体干样用高速组织捣碎机粉碎,混合均匀,取0.1g(精确到0.0001g)混碎样品,采用化学分析法检测干样有机碳含量,然后换算鲜样有机碳含量。

1.3.6 鱼类营养级 鱼类营养级分别参考张其永等^[16]、王军等^[17]和张雅芝等^[18]在福建近海采样研究的184种鱼类营养级,并取其中与本次检测有机碳含量相同的52种主要鱼类的营养级。

2 结果与分析

2.1 模型参数

2.1.1 初级生产力 闽东渔场不同区域面积、年均初级生产力及年初级产碳量见表1。由表1可见,该渔场年初级产碳量为7747928t。

2.1.2 浮游植物有机碳含量 检测分析结果,浮游植物干样有机碳含量百分率为33.8936%,换算为鲜样有机碳含量百分率为10.2070%。

2.1.3 资源结构现状 根据单拖和定置网调查船的渔获物组成和结构,并参考同期对拖、中层拖网、刺网和灯光围网渔船渔获物组成和生物量比例,分析3种不同生态类群的鱼类在鱼类总生物量的比例分别为中上层鱼类占40.56%,近底层鱼类占30.74%,底层鱼类占28.70%。

表1 闽东渔场面积、初级生产力和年初级产碳量

Tab.1 Area, primary productivity and annual productive carbon in eastern Fujian fishing ground

区域 Area	面积/ km^2 Area	初级生产力/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1})$ primary productivity	初级产碳量/t Primary productive carbon
沿岸区 Off-shore area	7236.7	273.75	723082.02
近海区 Off-sea area	54838.5	346.18	6929238.59
黑潮区 Kuroshio area	2750	95.25	95607.19
合计 Total	64825.2	715.18	7747927.80

2.1.4 鱼类有机碳含量 检测分析结果,52种鱼类鲜样有机碳含量百分率见表2。

由表2可见,中层鱼类有机碳含量平均百分率为14.2448%,近底层鱼类为13.6910%,底层鱼类为13.5360%。

按鱼类3种生态类群的生物量比例,加权计算

鱼类鲜样平均含碳率为13.8711%。

2.1.5 鱼类营养级 从张其永等、王军等和张雅芝等在福建近海采样的与本次分析有机碳含量相同的52种鱼类营养级研究结果(表2)^[16-18]可见,中上层鱼类平均营养级为2.4417级,近底层鱼类为2.6588级,底层鱼类为2.7478级。

表2 鱼类营养级和有机碳含量
Tab.2 Trophic levels of fish and content of organic carbon

类群 Ecological type	种类 Species	营养级 ^[16-18] Trophic level	鲜样有机碳 含量/% POC content
中上层鱼类 Pelagic fishes	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i> (Temminck et Schlegel)	2.7	12.8969
	金色小沙丁鱼 <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes)	2.1	9.9051
	颌圆鲹 <i>Decapterus lajangan</i> Bleeker	2.7	11.7682
	竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i> (Temminck et Schlegel)	2.7	14.0623
	康氏小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i> Lacpede	2.2	16.8400
	汉氏棱鲮 <i>Thrixa hamiltonii</i> (Gray)	2.3	11.5641
	赤鼻棱鲮 <i>Thrixa hummalensis</i> (Bleeker)	2.3	22.9806
	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i> (Cuvier et Valenciennes)	3.5	11.9264
	鲐鱼 <i>Pneumatophorus japonicus</i> (Houttuyn)	2.4	10.6936
	黄鲷 <i>Setipinna taty</i> (Cuvier et Valenciennes)	2.1	13.2211
	鲷鱼 <i>Tilapia elongata</i> (Bennett)	2.1	14.5405
	中颌棱鲮 <i>Thrixa mystax</i> (Bloch et Schneider)	2.2	20.5390
	平均 Average	2.4417	14.2448
近底层鱼类 Epibenthic fishes	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i> (Forsk.)	3.7	18.0786
	六指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i> (Bloch et Schneider)	2.3	8.5577
	多鳞鲈 <i>Sillago sihama</i> (Forsk.)	2.5	8.9493
	丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i> (Temminck et Schlegel)	2.1	11.3393
	刺鲈 <i>Psenopsis anomala</i> (Temminck et Schlegel)	2.5	15.5515
	龙头鱼 <i>Haripodon nehereus</i> (Hamilton-Buchanan)	3.5	4.8058
	短棘拟鲈 <i>Gerres lucidus</i> Cuvier	2.3	20.1072
	四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i> (Shaw)	3.3	26.4403
	大黄鱼 <i>Pseudosciaena crocea</i> (Richardson)	2.4	14.9214
	条尾鲷 <i>Upeneus bensasi</i> (Temminck et Schlegel)	2.5	19.0569
	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i> (Houttuyn)	2.6	10.1739
	叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i> (Cuvier et Valenciennes)	2.5	10.9101
	鹿斑鲷 <i>Leiognathus xanthurus</i> (Hamilton-Buchanan)	2.4	9.8633
	棕腹刺鲷 <i>Gastrophysus spideus</i> (Richardson)	3.0	9.2411
	铅点东方鲀 <i>Fugu alboplumbus</i> (Richardson)	2.4	14.8062
底层鱼类 Benthic fishes	鳗鲡 <i>Plotosus anguillaris</i> (Bloch)	2.4	9.4211
	细鳞鲷 <i>Therapon jaybaui</i> (Forsk.)	2.8	20.5229
	平均 Average	2.6588	13.6910
	花斑蛇鲻 <i>Saurida undosquamis</i> (Richardson)	3.4	10.8148
	大鳞舌鲷 <i>Cynoglossus melampetalus</i> (Richardson)	2.5	9.5516
	鲷 <i>Platycephalus indicus</i> (Linnaeus)	3.0	8.1011
	杂食口齿鲷 <i>Pseudomorphus boro</i> (Hamilton-Buchanan)	2.9	13.9392
	海鲷 <i>Muraenesox cinereus</i> (Forsk.)	3.4	13.1388
	大头狗母鱼 <i>Trachinocephalus myops</i> (Bloch et Schneider)	3.2	12.5655
	多齿蛇鲻 <i>Saurida tumbil</i> (Bloch et Schneider)	3.4	8.3333
	斑鳍天竺鱼 <i>Apogonichthys carinatus</i> (Cuvier et Valenciennes)	2.4	8.2606
	峨眉条鲷 <i>Zebrias puugga</i> (Kaup)	2.4	9.5860
	红狼牙鰕虎鱼 <i>Oikentamblyopus rubicundus</i> (Hamilton-Buchanan)	2.7	12.4682
	大鳞虫鲷 <i>Muraenichthys gymnopterus</i> Bleeker	2.9	17.7931
	焦氏舌鲷 <i>Cynoglossus bilineatus</i> Cunther	2.3	9.2398

续表

类群 Ecological type	种类 Species	营养级 ^[16-18] Trophic level	鲜样有机碳 含量/% POC content
底层鱼类 Benthic fishes	发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i> Gunther	2.4	10.9423
	二长棘鲷 <i>Parargyrops edita</i> (Tanaka)	2.4	29.5543
	短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i> (Cuvier & Valenciennes)	2.6	11.5285
	尖嘴缸 <i>Dasyatis zugei</i> (Muller et Henle)	3.0	9.5700
	木叶鲷 <i>Pleuronichthys cornutus</i> (Temminck et Schlegel)	2.1	13.0993
	金线鱼 <i>Nemipterus virgatus</i> (Houttuyn)	2.2	8.4590
	六带拟鲈 <i>Parapercis sexfasciatus</i> (Temminck et Schlegel)	2.6	18.4977
	西伯里蛇鲻 <i>Ophichthys evermanni</i> (Bleeker)	2.8	21.5491
	尖吻蛇鲻 <i>O. apicalis</i> (Bleeker)	3.1	27.6805
	食蟹豆齿鲻 <i>Pisodonophis cancrivorus</i> (Richardson)	2.8	15.5549
	真鲷 <i>Pseudorhombus argus</i> (Hamilton-Buchanan)	2.7	11.1014
平均 Average		2.7478	13.5360

按鱼类3种生态类群的生物量比例,加权计算鱼类平均营养级为2.5963级。

2.1.6 生态效率 测算结果该渔场生态效率夏季为8.8%~19.6%,平均15.0%;冬季为2.7%~35.5%,平均15.2%。以夏、冬2季的平均15.1%为年生态效率。

2.2 鱼类资源生产量

2.2.1 营养动态模型估算 根据公式 $B = Q(E)^n$ (1.2.1)估算出该海区年初级产碳量为7747927.8t,浮游植物年生产量由年初级产碳量与浮游植物有机碳含量换算,即浮游植物年生产量为75907983t,生态效率15.1%,鱼类平均营养级为2.5963级。则闽东渔场鱼类资源年生产量为560616t。

2.2.2 Cushing 模型估算 年初级产碳量为7747927.8t,年次级产碳量为1169937t。鱼类资源年产碳量97236.5t。鱼类资源鲜重年生产量为鱼类资源年产碳量除以鱼类平均含碳率所得的商,即估算闽东渔场鱼类资源年生产量为701001t。

以上2种模型估算闽东渔场鱼类资源年生产量的平均值为630809t。

2.2.3 中上层鱼类资源生产量 Seetile 估算中上层鱼类资源产碳量 $D = 0.0471S$ 。年初级产碳量为7747927.8t。生态效率为15.1%,即年次级产碳量为1169937t。中上层鱼类年产碳量为55104t,中上层鱼类含碳率为14.2448%,则中上层鱼类资源生产量(鲜重)为386836t。

2.2.4 底层鱼类资源生产量 Seetile 估算底层鱼类资源产碳量 $H = 0.0153S$ 。年次级产碳量为

1169937t,即底层鱼类年产碳量为17900t。底层鱼类含碳率为13.5360%,则底层鱼类资源生产量为132240t。

2.2.5 近底层鱼类资源生产量 鱼类资源生产量630809t,扣除中上层鱼类386836t和底层鱼类资源生产量132240t,余数111733t即为近底层鱼类资源生产量。

2.2.6 鱼类资源最大可持续开发量 鱼类资源年生产量为630809t,1983~2002年包括福建、浙江和台湾省在该渔场鱼类年渔获量平均为 27.96×10^4 t。据笔者研究,该海域29种主要经济鱼类平均自然死亡系数为0.629^[19-21],故采用 Cadima 模式估算该渔场鱼类资源最大可持续开发量为 33.82×10^4 t。

2.2.7 中上层鱼类最大可持续开发量 中上层鱼类资源生产量为 38.68×10^4 t,1991~2002年中上层鱼类年渔获量在 $6.25 \times 10^4 \sim 24.47 \times 10^4$ t,平均 15.97×10^4 t。笔者研究了该海域11种主要中上层鱼类平均自然死亡系数为0.6388^[19-20],故采用 Cadima 模式估算中上层鱼类最大可持续开发量为 20.34×10^4 t。

2.2.8 底层和近底层鱼类最大可持续开发量 底层和近底层鱼类资源生产量为 24.40×10^4 t,1983~2002年底层和近底层鱼类年渔获量为 $5.12 \times 10^4 \sim 30.26 \times 10^4$ t,平均 16.39×10^4 t。笔者研究了该海域16种主要底层和近底层鱼类的平均自然死亡系数为0.5987^[19-21],故采用 Cadima 模式估算底层和近底层鱼类最大可持续开发量为 15.50×10^4 t。

3 讨论

3.1 关于初级生产力

本研究估算该海域鱼类资源生产量所需的初级生产力资料取自1984~1999年的调查资料,时间跨度达15年之久,资料虽旧,但因评估渔业资源生产量一般指的是平均水平的资源量,不是指特殊年景的资源生产量。时间跨度虽大,但期间包含了经历各种不同环境变化的海域初级生产力,更具代表性。如果是对某年的资源预测,则需要该年实时的初级生产力资料,本研究作为资源评估,采用多年初级生产力的平均值更有实际意义。

3.2 模型的实用性和误差分析

营养动态模型和Cushing模型估算鱼类的潜在资源量国内已有不少报道^[22-25]1),然而其模型参数多参考国外的报道值,不是通过现场对相关渔场的浮游植物有机碳含量、鱼类营养级及其有机碳含量的调查和检测后进行估算,所以估算结果差距较大。本研究立足于该渔场对模型参数的调查和检测,从估算结果看,营养动态模型估算的鱼类资源生产量为 56.06×10^4 t, Cushing模型估算值为 70.10×10^4 t,误差 $\pm 7.02 \times 10^4$ t,相对误差 $\pm 11.13\%$ 。误差原因在于模型不同,营养动态模型的关键参数是浮游植物有机碳含量、生态效率和鱼类营养级。Cushing模型的关键参数是鱼类生物的有机碳含量。由于本研究中鱼类营养级系采用1980、1987和1988年的资料,经历20多年的生态结构变化,资源生物不断向低营养层次转变,鱼类的营养级也必然下降,故应用营养动态模型估算时采用先期鱼类相对较高的营养级,估算结果必然偏低。

3.3 鱼类资源生产力与其他海域比较

本研究采用营养动态模型估算闽东渔场鱼类资源生产量为 63.08×10^4 t,资源指数为 9.73 t/km^2 。吴家骥¹⁾采用同一模型估算的东海鱼类资源生产量为 819.03×10^4 t,以此计算资源指数为 10.63 t/km^2 。据采用同一模型估算闽南-台湾浅滩渔场的鱼类资源生态容量为 93.11×10^4 t^[26],资源指数为 11.65 t/km^2 。可见,闽东渔场鱼类资源指数低于东海平均水平和闽南-台湾浅滩渔场,但高于黄海和渤海的 4.28 t/km^2 和 2.87 t/km^2 ^[24]。

3.4 资源开发程度

经估算,该渔场鱼类资源生态容量为 63.08×10^4 t, Cadima模式估算其最大可持续开发量为 33.82×10^4 t,最大可开发率为53.61%。然而,该渔场1994~2002年实际年渔获量在 $34.35 \times 10^4 \sim 46.85 \times 10^4$ t,已经连续9年超过了最大可持续开发量,开发率高达55.43%~75.61%,平均68.86%,呈现较长期的过度捕捞局面。然而,不同生态类群的鱼类资源开发水平不尽相同。底层和近底层鱼类资源开发水平较中上层鱼类高,且实际渔获量较早超过其资源的最大持续产量。底层和近底层鱼1993年以来已连续10多年超过该层资源的最大持续产量,开发率在67.74%~90.13%,后者1998年以后实际渔获量才超过中上层鱼类资源的最大可持续产量,开发率在52.05%~63.25%,表明该渔场鱼类资源已被过度捕捞。

该渔场鱼类种群结构简单化、低龄化、小型化,生态学参数渐近体长 L_{∞} 和渐近体重 W_{∞} 趋小,个体生长速率 K 加大,体重生长拐点 t_r 提前,初届性成熟年龄提早,捕捞死亡系数提高和开发比率上升普遍存在,有的种群生殖力加大。

主要种群带鱼最大肛前长、最大年龄、优势肛前长组和平均肛前长由1959年的465 mm、5龄、241~280 mm、270 mm²⁾减小到2001年的326 mm、3龄、151~190 mm、175.1 mm。雌性初届性成熟最小肛前长由1976年的209 mm^[28]缩小到2001年的165 mm。 L_{∞} 由1976年的711.5 mm减小到1994年的675.6。 K 值由1976年的0.190 5增加到1994年的0.217 5。 t_r 由1976年的-0.87龄,提前到1994年的-0.77龄,捕捞死亡系数和开发比率由1976年的0.49和0.53提高到1994年的0.96和0.66^[19]。

白姑鱼最大体长、优势体长组和平均体长由1982年的258 mm、121~150 mm、140.6 mm减小到1994年的216 mm、111~150 mm、132.2 mm。最大年龄、平均年龄由1982年的5龄、1.42龄减小到1994年的3龄、1.09龄。雌性初届性成熟最小体长由1982年的119 mm,减小到1994年的114 mm。捕捞死亡系数和开发比率由1982年的0.24和0.23,提高到1994年的0.79和0.50^[21]。

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集[C]. 1997.
2) 福建省水产研究所. 福建海区带鱼、大黄鱼和中上层鱼类资源变动研究[A]. 福建省水产研究所调查研究报告[C]. 1985, 1-36.

鲈最大叉长、最大年龄、优势叉长组和平均叉长由1983年的405 mm、5龄、251~280 mm、280.5 mm减小到1998年的365 mm、4龄、251~280 mm、273.3 mm。 L_{∞} 由1982年的457 mm减小到1998年的453 mm。雌性初届性成熟最小叉长由1983年的227 mm减小到1998年的220 mm。捕捞死亡系数和开发比率由1982年0.29和0.32提高到1998年的1.21和0.66^[20]。

竹筴鱼最大叉长、最大年龄、优势叉长组和平均叉长由1983年的246 mm、4龄、191~210 mm、209.2 mm减小到1998年的240 mm、3龄、161~210 mm、206.4 mm。雌性初届性成熟最小叉长由1983年的176 mm减小到1998年的174 mm。捕捞死亡系数和开发比率由1983年的0.27和0.31提高到1998年的0.91和0.60^[20]。

这些变化正是鱼类资源因遭到过度捕捞,呈现资源衰退在种群结构和生态学上的真实反映。

在当前已经呈现明显过度捕捞阶段,实施“零增长”还是超过最大可持续开发量的,资源还在遭受破坏,不可能得到恢复。只有先采取捕捞力量和渔获量的“负增长”,不论是底层和近底层鱼类,还是中上层鱼类资源,都必须加强保护和管理,采取有力措施削减捕捞力量和渔获量,实行捕捞力量和渔获量“负增长”,待到渔获量下降到最大可持续开发量水平时,再恢复实施“零增长”制度,鱼类资源才有可能得到恢复。

参考文献:

- [1] Parsons T R, Takahashi M. Biological oceanographic processes [M]. New York: Pergamon Press, 1973. 186.
- [2] Cushing D. H. Upwelling and the production of fish [J]. Adv Mar Biol P, 1971, 9: 253~334.
- [3] Steele J H. The structure of marine ecosystems [J]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1974.
- [4] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1993. 257~270.
- [5] 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 [M]. 北京: 海洋出版社, 1990. 152~156.
- [6] 国家海洋局科技司. 黑潮调查研究论文集(二) [M]. 北京: 海洋出版社, 1990. 299~302.
- [7] Lee Yub-Ling. Comparisons of primary productivity and phytoplankton size structure in the marginal regions of southern East China Sea [J]. Cont Shelf Res, 2000(20): 437~458.
- [8] Lee Y-L, Lu H-B. New production and F-ratio on the continental shelf of the East China Sea: comparisons between nitrate inputs from the subsurface Kuroshio Current and the Changjiang River [J]. Coast Shelf Sci, 1999 (48): 59~75.
- [9] Gong Gwo-Ching, Jeng Chang, Wen Yun-Ho. Estimation of annual primary production in the Kuroshio waters northeast of Taiwan using a photosynthesis-irradiance model [J]. Deep-sea Research, 1999 (46): 93~108.
- [10] Gong Gwo-Ching, Shiah Fuh-Kwo, Liu Kon-Kee, et al. Spatial and temporal variation of chlorophyll a primary productivity and chemical hydrography in the southern East China Sea [J]. Cont Shelf Res, 2000 (20): 411~436.
- [11] 洪华生, 阮玉崎, 黄邦钦, 等. 台湾海峡初级生产力及其调控机制研究 [A]. 中国海洋科学文集 [C]. 北京: 海洋出版社, 1997(7): 1~15.
- [12] Ikeda T, Motoda S. Estimated zooplankton production and their ammonia in the Kuroshio and adjacent seas [J]. Fish Bull, 1978, 76: 357~367.
- [13] Onoe M. Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton in the North Pacific Ocean [J]. Mar Biol, 1969, 3: 3~10.
- [14] Giguere L A. Can we estimate the true weight of zooplankton samples after chemical preservation? [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1989, 46: 522~527.
- [15] Ikeda T. Metabolic rates of epipelagic marine zooplankton as a function of body mass and temperature and temperature [J]. Mar Biol, 1985, 85: 1~11.
- [16] 张其水, 林秋顺, 林允通, 等. 闽南—台湾浅滩渔场鱼类食物网研究 [J]. 海洋学报, 1981, 3(2): 276~290.
- [17] 王 平, 苏永全. 福建罗源湾鱼类食物网研究 [J]. 中国水产(台), 1996(518): 55~65.
- [18] 张耀芝, 李福海, 林向阳, 等. 东山湾鱼类食物网研究 [J]. 台湾海峡, 1994, 13(1): 52~57.
- [19] 卢振彬, 戴泉水, 颜尤明. 福建近海 20 种鱼类生态学的研究 [J]. 福建水产, 1999(2): 20~27.
- [20] 卢振彬, 戴泉水, 朱进福, 等. 福建近海渔业资源结构及其主要种群生态学的变化 [J]. 福建水产, 1999(3): 1~7.
- [21] 卢振彬, 戴泉水, 颜尤明. 福建近海主要底层经济鱼类的种群动态 [J]. 台湾海峡, 1999, 18(1): 100~105.
- [22] 杨纪明. 海洋渔业资源开发潜力估计 [A]. 我国海洋开发战略研究论文集 [C]. 北京: 海洋出版社, 1985.
- [23] 丘书院. 论东海渔业资源的评估 [J]. 海洋渔业, 1997(2): 49~51.
- [24] 宁修仁, 刘子琳, 史军霞, 潘 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.
- [25] 卢振彬, 戴泉水, 颜尤明. 台湾海峡及其邻近海域渔业资源生产力和最大持续产量 [J]. 中国水产科学, 2002, 9(1): 27~32.
- [26] 卢振彬, 戴泉水, 肖方森. 闽南—台湾浅滩海域生态系统鱼类资源容量 [J]. 热带海洋学报, 2005, 24(1): 60~66.

Fish stock yield by various eco-groups in eastern Fujian fishing ground

LU Zhen-bin

(Fujian Fisheries Research Institute, Xiamen 361012, China)

Abstract: Eastern Fujian fishing ground is semi-tropical maritime space, located in the area of $26^{\circ}00' - 27^{\circ}10'N, 119^{\circ}50' - 125^{\circ}00'E$. Being plenty of fish resources, it was one of the important fishing ground in the south of the East China Sea. But after early 1990s, as the fishing effort of the fishing ground increased year after year, the fish catch was increasing continually from 18.95×10^4 t in 1991 to 46.85×10^4 t in 2002. And the way of overfishing caused the fish resources to be reduced greatly. The resources production and the MSY of fish were paid attention to by the fishery management office and producers. Although its fish resources had been surveyed for several times between 1950s and 1980s, systematic evaluation about the fish resources hadn't been done. In this paper, with primary productivity of eastern Fujian fishing ground, ecological parameters for models, including fish stock structure, phytoplanktonic organic carbon contents, ecological efficiency, trophic levels of commercially important fish and their organic carbon contents, were surveyed and calculated. Models of Trophodynamics and Cushing were adopted to evaluate ecological capacity of its fish stock, and then Steele model for stock estimation of pelagic and demersal fish, finally near-benthic fish stock was separated from entire stock yield. Meanwhile, Gadia model and MSY simple model were employed to assess maximum sustainable exploitation for fish stock of various ecological groups, and the status quo of their exploitation and utilization was also discussed. Consequently ecological capacity of its fish stock is 63.08×10^4 t, maximizing 33.82×10^4 t for sustainable exploitation, of which 38.68×10^4 t is for pelagic fish (20.34×10^4 t for sustainable exploitation), 13.22×10^4 t and 11.17×10^4 t for demersal and near-benthic fish respectively (totaling maximum exploitation of 15.50×10^4 t). Actual catch of demersal and near-benthic fish annually has exceeded their sustainable exploitation limit since 1993, which is the indicator of overfishing. This also has been similar for pelagic fish since 1998. The fish stock structure tended to simplification and low age, and ecological parameters L_{∞} and W_{∞} were decreasing; the growth rate K was increasing; the inflexion of body weight increasing t_r and the sexual maturation came ahead of schedule; the fishing mortality rate and exploitive rate were increasing; the above matters were ubiquitous, and the procreation capacity of some fish stock were enhanced. These changes were reflections of aspects of stock ecology, which showed fish resources had tended to decay because of overfishing. Hence, to protect and manage fish stock, effective measures must be taken to reduce fishing effort and fish catch for its minus growth. Obviously, the system of zero growth will not be allowed to resume until fish catch goes down to its sustainable exploitation limit.

Key words: fish stock yield; eco-group; eastern Fujian fishing ground