

东海区小黄鱼资源利用现状分析

柳卫海

(湛江海洋大学水产学院, 524025)

郭振华 詹秉义

(上海水产大学工程技术学院, 200090)

摘 要 本文主要通过对东海区小黄鱼近年群体组成变化及其部分生物学特性变化来分析目前该资源利用状况,结果表明:一方面虽然近年小黄鱼产量大幅增加,但其平均体重、平均体长及平均年龄均出现明显下降,资源状况不容乐观;另一方面通过对小黄鱼1998年与1983年体长体重生长方程比较,发现1998年极限体长体重和体重生长速度均小于1983年,1龄鱼体长生长速度却大于1983年同期生长速度。小黄鱼体长年龄换算组成表明其一龄鱼已占渔获的93.4%。目前捕捞现行点 $t_c=1$ 和 $F=2.53$,单位补充量渔获量不足 $Y_w/R=70$ 克/尾,远小于 $t_c=3$ 时 $Y_w/R=150$ 克/尾(F 在0.7左右),表明已处于严重的生长型捕捞过度。另外应用体长股分析(LCA)估算出小黄鱼1995~1997年的平均资源量为9.58万吨。因此,为保护和恢复小黄鱼渔业资源,本文建议渔业管理部门大力削减作业渔船60%,严格控制捕捞强度,并采取逐步推迟其开捕年龄至3龄等措施,使小黄鱼资源真正能够持续利用。

关键词 东海区,小黄鱼,单位补充量渔获量,体长组,年龄组成

中图分类号 S931.1

小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)是东海区重要的近底层经济鱼类之一,其资源在50~60年代比较丰富,最高年产量曾达到1957年的10.15万吨[农业部渔业局 1989],这也是其最高历史产量。60年代末小黄鱼数量开始下降,分布范围也开始缩小,到70年代,小黄鱼平均年产量仅为2.97万吨,80年代已下降到0.87万吨,针对小黄鱼资源严重衰退,我国从1981年起,实行产卵场休渔制度,经过10多年的保护,小黄鱼数量有所增加,1992年产量超过2万吨,1996年为9.49万吨,已接近历史最高产量(1957年),近几年来产量增幅太大,有必要对其资源利用状况进行分析,为渔业管理部门制定渔业决策和渔业调整提供科学依据。

1 材料与方法

本文所用渔业统计资料均取自农业部渔业局[1989]和农业部渔业局[1995]所汇集的,近年的主要生物学资料取自本人1997年4~5月随中国渔政船检查违规渔船时的生物学测定数据资料和1998年3月对在1811等海区作业的浙岱渔1123号进港渔船一个航次渔获物整船取样测

收稿日期: 1998-11-06

定资料,主要应用体长股分析(LCA)估算小黄鱼近年平均资源量,应用不完全贝塔函数渔获量方程和体长年龄的换算[詹秉义 1995],采用此类方法评析鱼种资源利用状况,其主要模型和方程式如下:

1.1 体长一年龄换算

$$P_{ij} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_j} \int_{l_i}^{l_{i+1}} e^{-\frac{(l-l_j)^2}{2\sigma_j^2}} dl$$

其中, P_{ij} 为第 j 龄第 i 体长组的概率 l_i 为第 i 体长组的起始值
 σ_j 为第 j 龄的体长分布标准差 l_{i+1} 为第 i 体长组的终值
 l_j 为第 j 龄的平均体长

$$X_{i,j(k+1)} = \frac{X_{i,j,k} \sum_{i=1}^m \frac{N_{i,j,k}}{\sum_{j=1}^n X_{i,j,k}}}{\sum_{i=1}^m X_{i,j,k}}$$

其中, j 为年龄组序数($j = 1, 2, \dots, n$) i 为体长档序数($i = 1, 2, \dots, m$)
 N_i 为第 i 体长档渔获样本尾数 K 为迭代次数
 $X_{i,j,k}$ 为迭代计算至第 k 次时,第 j 龄组第 i 体长档的渔获样本尾数

其结果的误差满足: $\Delta = \sum_{j=1}^n (N_{j,k} - N_{j,k+1})^2 < 10^{-3}$

式中, $N_{j,k}$ 和 $N_{j,k+1}$ 分别表示第 j 龄在计算迭代次数为 k 和 $k + 1$ 次时的总渔获样本尾数

1.2 不完全贝塔函数渔获量方程

实际应用中的许多资源群体,个体体重不一定与体长的三次幂成比例,在这种情况下,采用 Beverton-Holt 模型不是最理想的,而常采用不完全贝塔函数渔获量方程。

$$Y_w/R = W_\infty e^{M(t_r - t_c)} g (1 - C)^{-g} \int_0^{1-C} Y^{(m+g-1)} (1 - Y)^b dY$$
$$g = F/K$$
$$m = M/K$$
$$C = L_c/L_\infty$$

以上各式中, Y_w/R 单位补充量渔获量, Y 为总渔获重量, F 为捕捞死亡系数, M 为自然死亡系数, K 为生长系数, t_r 为补充年龄, t_c 为开捕年龄, W_∞ 为极限生长体重, b 为生长指数, L_∞ 为极限体长, L_c 为开捕体长。

1.3 体长股分析

$$N_L = (N_{L+\Delta L} X_L + C_L) X_L$$
$$X_L = \left[\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2} \right]^{\frac{M}{2K}}$$
$$NOS = \frac{N_L - N_{L+\Delta L} - C_L}{M}$$
$$B = NOS \cdot \alpha L^b$$
$$Z = \frac{M}{1 - F/Z}$$

$$F/Z = \frac{C_L}{N_L - N_{L+\Delta L}}$$

以上各式中, M 、 K 、 L_{∞} 、 Z 分别为自然死亡系数、生长参数、最大体长和总死亡系数, L_1 、 L_2 分别为各体长组上下限, NOS 为各体长组的平均资源尾数, N_L 、 $N_{L+\Delta L}$ 分别为体长在 L 和 $L+\Delta L$ 时资源尾数, C_L 为对应体长组的渔获尾数。

B 为各体长组的平均资源重量, a 、 b 为体长体重关系的条件系数和指数系数。

2 结果与讨论

2.1 群体组成变化

由表1可见,1998年小黄鱼的平均体长为146.5毫米,比1990年的150.59毫米和1960年的223.3毫米要小。1998年平均体重为47.47克,比1990年的65.14克和1960年的229.0克要小得多,小黄鱼的优势体长组成也由1960年的190~250毫米逐渐减少为1982年130~160和180~220毫米到1998年的130~150毫米。平均年龄1998年为0.98岁,不及1981年的1.48岁和1960年的4.49岁。小黄鱼年龄组成在1960年3龄以上约占82.7%,其余多为2龄鱼(16.4%),而在1981年3龄以上约占7.9%,多为1~2龄鱼,在1998年2龄以上仅有6.58%,1龄鱼占93.41%。这些都说明当前小黄鱼资源利用正趋向低龄化和小型化,虽然产量较高,但渔获质量很差。根据我国沿海省份渔业资源管理实施办法规定小黄鱼最低可捕标准为100g,1998年其开捕年龄1岁时体重46.5g(表2)早已远小于此标准了。

表1 东海区小黄鱼群体组成
Tab.1 The population composition of *Pseudosciaena polyactis* in the East China Sea

| 年份 | 年 龄 组 成 (%) | | | | | | | | | | | 体长组成(mm) | | 平均体重 (g) | |
|------|-------------|-------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----------------|------|----------|---------|-------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 ⁺ | 平均 | 优势组 | 平均 | | |
| 1959 | 0.3 | 20.5 | 35.5 | 4.7 | 4.7 | 7.7 | 5.2 | 4.5 | 2.7 | 14.2 | 5.12 | 160~200 | 220~260 | 214.2 | 211.0 |
| 1960 | 0.9 | 16.4 | 33.6 | 23.2 | 6.2 | 2.6 | 3.8 | 3.8 | 2.0 | 7.5 | 4.49 | 190~250 | | 223.3 | 229.0 |
| 1967 | | 2.4 | 25.2 | 36.2 | 15.7 | 6.5 | 5.4 | 2.9 | 1.5 | 4.2 | 4.66 | 170~240 | | 217.6 | |
| 1968 | 0.7 | 8.4 | 48.7 | 25.6 | 7.0 | 4.0 | 1.9 | 1.0 | 0.9 | 1.8 | 3.78 | 160~220 | | 200.7 | |
| 1981 | 64.8 | 27.3 | 3.9 | 3.2 | 0.8 | | | | | | 1.48 | 110~150 | 190~200 | 153.9 | 89.0 |
| 1982 | 29.6 | 8.1 | 4.0 | 1.0 | | | | | | | 1.90 | 130~160 | 180~220 | 181.9 | 99.4 |
| 1990 | 85.29 | 13.77 | 0.77 | 0.17 | | | | | | | 1.16 | 120~140 | 160~180 | 150.6 | 65.14 |
| 1995 | 87.0 | 12.25 | 0.75 | | | | | | | | 1.14 | 140~160 | | 156.7 | 68.86 |
| 1997 | 69.4 | 28.12 | 2.48 | | | | | | | | 1.33 | 160~180 | | 171.3 | 64.08 |
| 1998 | 93.41 | 6.58 | | | | | | | | | 0.98 | 130~150 | | 146.5 | 47.47 |

注:表中所列系选取自50年代末至今10个年份的资料。

2.2 生长特性

本文所采用的小黄鱼生物学测定资料来自1998年3月浙岱渔1123号在1811等海区作业一航次的渔获,随机采样161尾进行体长体重和年龄鉴别,根据每尾鱼的体长体重测定,回归算出小黄鱼的体长与体重关系表达式: $W = 1.765 \times 10^{-5} L^{2.9574}$ ($r = 0.9964$)。将体长体重数据按年龄分组,利用Walford生长变换法通过高一龄体长对低一龄体长回归求出其生长参数,极限体长为280毫米,极限体重为304.8克, t_0 为-0.45岁,生长系数 $K = 0.52$,得到小黄鱼1998年的

von-Bertalanffy 生长方程和体长体重生长速度表达式如下。可见其极限体长体重均小于1983年的极限体长体重。

$$l_t = 280[1 - e^{-0.52(t-0.45)}]$$
$$W_t = 304.8[1 - e^{-0.52(t+0.45)}]^{2.9574}$$
$$dl_t/dt = 145.6e^{-0.52(t+0.45)}$$
$$d^2l_t/dt^2 = -75.71e^{-0.52(t+0.45)}$$
$$dW_t/dt = 468.74e^{-0.52(t+0.45)}[1 - e^{-0.52(t+0.45)}]^{1.9574}$$
$$d^2W_t/dt^2 = 2437.4e^{-0.52(t+0.45)}[1 - e^{-0.52(t+0.45)}]^{0.9574}[2.9574e^{-0.52(t+0.45)} - 1]$$

小黄鱼1983年的 von-Bertalanffy 体长体重生长方程和体长体重生长速度[农牧渔业部水产局和东海区渔业指挥部 1986]:

$$L_t = 292[1 - e^{-0.45(t+0.59)}]$$
$$W_t = 453.2[1 - e^{-0.45(t+0.59)}]^{2.915}$$
$$dl/dt = 131.4e^{-0.45(t+0.59)}$$
$$dW/dt = 594.5e^{-0.45(t+0.59)}[1 - e^{-0.45(t+0.59)}]^{1.915}$$

可计算得到拐点年龄为1.64岁,拐点体重为91.88克。由表2可见小黄鱼1998年的体重增长速度比1983年的要低许多,这主要是因为1998年资源密度比1983年高,饵料生物保障差所致。1998年体长生长速度在1龄时大于1983年同期体长生长速度,这说明小黄鱼生物学特性已发生变化,主要表现为生长加快,性成熟提前等种内调节适应现象[汤建华和郁连春 1997]。

表2 小黄鱼各龄体长、体重及其生长速度与加速度

Tab. 2 The list of body length, body weight, growth rate and growth acceleration rate in each age of *P. polyactis*

| 年 龄 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 体长(mm) | 149.6 | 202.5 | 234 | 252.3 | 263.5 | 270 | 274.2 | 280 | 278 | 278.7 |
| 体长生长速度(1998年) | 68.5 | 40.7 | 24.2 | 14.4 | 8.56 | 5.09 | 3.03 | 1.97 | 1.07 | 0.64 |
| 体长生长速度(1983年) | 64.25 | 40.97 | 26.12 | 16.66 | 10.62 | 6.77 | 4.3 | 2.75 | 1.76 | 1.12 |
| 体长生长加速度 | -35.6 | -21.2 | -12.6 | -7.5 | -4.45 | -2.65 | -1.57 | -0.94 | -0.56 | -0.33 |
| 体重(g) | 46.5 | 115.5 | 178 | 224 | 254.8 | 274.4 | 286.5 | 293.8 | 298.2 | 301 |
| 体重生长速度(1998年) | 63.74 | 68.24 | 54.65 | 37.82 | 24.5 | 15.28 | 9.35 | 5.65 | 3.39 | 2.03 |
| 体重生长速度(1983年) | 80.37 | 90.62 | 77.31 | 58.13 | 40.89 | 27.68 | 18.32 | 11.99 | 7.74 | 4.98 |
| 体重生长加速度 | 244.2 | -101.8 | -173 | -154.3 | -111.7 | -73.8 | -46.6 | -28.7 | -17.4 | -10.5 |

2.3 体长—年龄换算

根据对整船随机采样161尾,分别计算出小条(56尾)平均体重为28.84g,中条(60尾)平均体重为62.02g,大条(45尾)平均体重为115.4g,然后对整船(大条50箱,中小条各500箱,每箱16公斤)进行换算得到整船的渔获体长组成表3。再根据小黄鱼各年龄组平均体长及标准差算出各龄体长正态分布表,合并体长组与年龄组数相同以后统计为表4,迭代换算成年龄组成概率分布(表5)。可以看出目前小黄鱼1龄鱼已占93.41%,其余多为2龄鱼6.58%。由表5可以估算出总死亡系数 $Z = -\ln(6.58/93.41) = 2.65$,减去自然死亡系数 $M = 0.12$ 得到捕捞死亡系数为 $F = 2.53$,其捕捞死亡率 $\mu = \frac{F}{Z}(1 - e^{-Z}) = 0.88$,可见目前小黄鱼所承受的捕捞压力是

很大的。

表3 小黄鱼样本及整船渔获体长组成分布

Tab. 3 The sample distribution of *P. polyactis* and the distribution of body length composition of the total catch in one boat

| 体长组 (mm) | 小 条 | | 中 条 | | 大 条 | |
|-------------|------|--------|------|--------|------|------|
| | 观测样本 | 全船样本 | 观测样本 | 全船样本 | 观测样本 | 全船样本 |
| 100~109 | 1 | 4955 | | | | |
| 110~119 | 1 | 4955 | | | | |
| 120~129 | 4 | 19821 | | | | |
| 130~139 | 27 | 133795 | | | | |
| 140~149 | 19 | 94152 | 5 | 10750 | | |
| 150~159 | 3 | 14866 | 20 | 43000 | | |
| 160~169 | 1 | 4955 | 21 | 45150 | | |
| 170~179 | | | 10 | 21500 | | |
| 180~189 | | | 3 | 6450 | 8 | 1235 |
| 190~199 | | | 1 | 2150 | 16 | 2472 |
| 200~209 | | | | | 15 | 2317 |
| 210~219 | | | | | 6 | 927 |
| 总计 | 56 | 277500 | 60 | 129000 | 45 | 6951 |

表4 小黄鱼各体长组年龄概率分布

Tab. 4 The probability distribution of age in each body length group of *P. polyactis*

| 体长组(cm) | 1龄 | 2龄 | 3龄 | 4龄 |
|---------|-------|-------|-------|----|
| 5~13 | 0.402 | 0 | 0 | 0 |
| 14~16 | 0.522 | 0.19 | 0 | 0 |
| 17~19 | 0.075 | 0.33 | 0.011 | 0 |
| 20+ | 0.001 | 0.651 | 0.989 | 1 |

表5 小黄鱼年龄组成

Tab. 5 The age composition of *P. polyactis*

| 年 龄 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------|-------|------|------|---|
| 年龄组成(%) | 93.41 | 6.58 | 0.01 | 0 |

2. 4 利用不完全贝塔函数渔获量方程评析结果

利用不完全贝塔函数渔获量方程计算出不同开捕年龄和捕捞死亡系数的 Y_w/R 单位补充量渔获量可以用来分析现行渔业的利用状况。小黄鱼开捕年龄 t_c 为1龄时,对应最适捕捞死亡系数 F 等于0.4,则单位补充量渔获量为113.59克/尾, F 继续增大时, Y_w/R 值反而下降;当 $t_c=2$ 龄时, F 在0.6时 Y_w/R 值最大为135.75克/尾, F 继续增大时, Y_w/R 值逐渐减少;当 $t_c=3$ 龄时,对应最适捕捞死亡系数等于1, Y_w/R 值最大为150.6克/尾, F 继续增大时, Y_w/R 值基本无变化;小黄鱼开捕年龄 $t_c=4$ 龄时, Y_w/R 随 F 增大而提高,当 $F=2$ 时, Y_w/R 值最大为157.22克/尾; $t_c>4$ 时, Y_w/R 值随 F 增大而提高,但小黄鱼单位补充量最大渔获量逐渐下降;因此,若小黄鱼开捕年龄较低时,如 $t_c<3$ 龄,不可能得到最大的 Y_w/R ,而且捕捞死亡系数必须在1.0~1.5之间才可得到较高的 Y_w/R ,而且也接近最大的 Y_w/R ,同时 F 再大幅度提高,渔获量提高幅度却较小,因此在这种情况下再增加捕捞强度就没有必要了。小黄鱼的开捕年龄若推迟到4龄以后,渔获量也要下降,而且要获得较高的渔获量就要大幅度增加捕捞强度,这显然也不可

取。由小黄鱼等产量曲线(图1)看出当 F 为 2.0, 若 t_c 从1龄推迟到2龄, Y_w/R 值约可提高 60.06%, 若 t_c 从2龄推迟到3龄, Y_w/R 值约可提高 22.3%, 若 t_c 从3龄推迟到4龄, Y_w/R 值约可提高 5.9%, 若再推迟年龄, Y_w/R 值则会减少。1998年小黄鱼渔业的现行点为 $t_c=1$ 和 $F=2.53$, 明显已处于严重的生长型捕捞过度, Y_w/R 不足 70 克/尾, 远小于 $t_c=3$ 时的约 150 克/尾, 在目前情况下, 若要获得较大的 Y_w/R 约 110 克/尾(F 在 0.3~0.5 之间), 则需要压缩船数或总功率至现有的 1/5 左右, 当然最好通过限制起捕规格(网目尺寸), 逐渐推迟开捕年龄到 3 龄和严格幼鱼比例等措施实现。

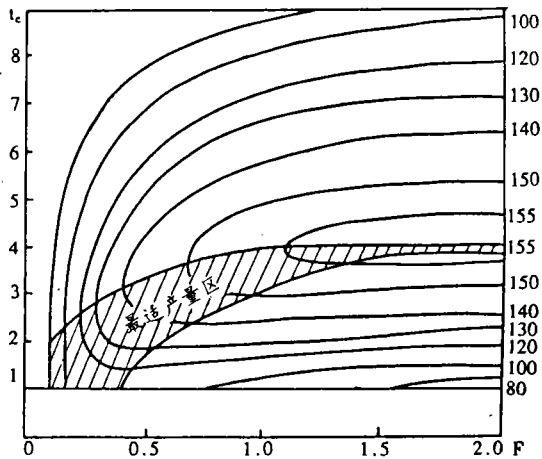


图1 东海区小黄鱼等产量曲线
Fig. 1 The isoproduction curve of *P. polyactis* in the East China Sea

2.5 应用体长股分析估算资源量

利用体长股分析,取1995~1997年的平均产量 8.6 万吨,用上面分析的 $F=2.52$ 和 $Z=2.65$ 将最终开发率 $E_t=F/Z$ 定为 0.95, 将计算出的各体长组资源数和重量累加(表6), 可得到 1995 年~1997 年平均资源尾数 3×10^9 尾和平均资源重量为 9.58 万吨, 而 1997 年统计产量已达 8.7 万吨, 捕捞死亡高达 90.81%, 剩余资源量已难以维持其种族繁衍的需要, 这样任其发展下去, 小黄鱼资源又将面临衰退的危险。由表 2 可知 1 龄鱼平均体长在 150 毫米, 这样 1 龄及其以下鱼资源约占总资源量的 74.63%, 2 龄鱼平均体长 202.5 毫米, 可见目前小黄鱼资源的年龄结构多为 2 龄以下, 这同上述分析基本一致。

表6 东海小黄鱼各体长档的资源尾数及资源重量

Tab. 6 The resource number and weight of each body length group of *P. polyactis*

| 体长档(mm) | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 | 155 | 165 | 175 | 185 | 195 | 205 | 总计 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 资源尾数($\times 10^8$) | 5.15 | 5.36 | 5.57 | 5.39 | 4.92 | 2.76 | 0.5 | 0.23 | 0.11 | 0.06 | 0.026 | 30.08 |
| 资源重量(万吨) | 0.84 | 1.15 | 1.53 | 1.86 | 2.1 | 1.44 | 0.31 | 0.17 | 0.1 | 0.062 | 0.031 | 9.58 |

郭振华为上海水产大学1997级渔业资源硕士研究生。

参 考 文 献

农牧渔业部水产局, 东海区渔业指挥部. 1986. 东海渔业资源调查和区划. 上海: 华东师范大学出版社. 339~356
农业部渔业局. 1989. 中国渔业统计四十年. 北京: 海洋出版社. 15~17, 57
农业部渔业局. 1995. 中国渔业统计年鉴. 北京: 农业部渔业局. 4~7, 54~59
汤建华, 郁连春. 1997. 吕泗渔场小黄鱼资源现状. 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(1987~1997). 62~68
詹秉义. 1995. 渔业资源评估. 北京: 农业出版社. 195~208, 143~145

ANALYSIS ON THE CURRENT EXPLOITATION OF *PSEUDOSCIAENA POLYACTIS* IN THE EAST CHINA SEA

LIU Wei-Hai

(College of Fishery, ZOU 524025)

GUO Zhen-Hua, ZHAN Bing-Yi

(College of Engineering & Technology, SFU 200090)

ABSTRACT By analyzing the population composition of *Pseudosciaena polyactis* in the East China Sea and the change of its partial biological characters, the results show: (1) The yield of *P. polyactis* has dramatically increased since the 90s, but the average weight, the average body length and the average age are all significantly decreasing, Obviously the resources are more deleterious than before. (2) To make a comparison between the *P. polyactis* growth equation of the two years (1998 and 1983), the maximum body length-weight and weight growth rate of 1998 are less than those of 1983 except for the length growth rate at age 1. And the one age group accounts for 93.41% after the calculation from body length to age group. According to the present fishing point being up to $t_c=1$ and $F=2.53$, the yield per recruitment is less than 70g per fish, which is far behind 150g per fish ($t_c=3$ and $F=0.7$). The averages stock size is 95800 tons during the 1995-1997 based on the application of LCA. It shows that the fishery is under the severe overfishing in growth type now. In order to preserve and recovery the *P. polyactis*, in this paper some recommending measures such as cutting down fishing boats by 60%, strictly controlling amount of fishing effort and putting off the first catch age to age 3 for the fishery's sustainable development were forward.

KEYWORDS East China Sea, *Pseudosciaena polyactis*, yield per recruitment, body length group, age composition