

基于生长和死亡参数变化的官井洋大黄鱼资源现状分析

叶金清^{1,2}, 徐兆礼¹, 陈佳杰¹, 康伟¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 依据2010—2011年福建官井洋水域渔业资源监测调查资料,对2 098尾大黄鱼的体长、体质量、生长、性腺进行测定。据此,利用 von Bertalanffy 生长方程和死亡参数分析官井洋大黄鱼资源现状,并讨论了拐点年龄,临界年龄等渔业生物学特征。结果表明,目前官井洋大黄鱼平均体长132.6 mm,优势体长组为110~150 mm,占55.96%;平均体质量45.1 g,优势体质量组为10~50 g,占61.77%,大黄鱼幼鱼和补充群体已成为渔业生产的主要捕捞对象。大黄鱼体长—体质量间的关系式为 $W = 2.001 \times 10^{-5} L^{3.006}$ 。用 ELEFAN 技术拟合的 von Bertalanffy 生长方程参数分别为 $L_{\infty} = 385.4$ mm、 $k = 0.43$ 及 $t_0 = -0.32a$,拐点年龄为2.2龄。对照20世纪80年代福建近海海域大黄鱼群体 L_{∞} 值从555.4 mm 下降到现在的385.4 mm,拐点年龄由2.97下降到2.2,均表明当今大黄鱼群体小型化且低龄化严重。生长系数 k 由0.36增长到0.43表明大黄鱼的生长速度加快。总死亡系数(Z)为3.12,自然死亡系数(M)为0.45,捕捞死亡系数(F)为2.67,资源开发率(E)为0.856。大黄鱼 M 值出现上升,可能与福建近海环境质量下降有关,而高强度的捕捞促使大黄鱼捕捞死亡系数由0.84上升到2.67,说明大黄鱼资源已经处于过度开发状态。在官井洋大黄鱼现行资源状态下,应努力降低捕捞死亡水平,保护大黄鱼生存环境,而对目前以小型化和低龄化为主的大黄鱼群体,建议以控制大黄鱼的开捕年龄(t_0)为主。

关键词: 大黄鱼; 死亡率; 生长方程; 渔业资源; 官井洋

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

大黄鱼 (*Larimichthys crocea*), 属于硬骨鱼纲 (Osteichthyes)、鲈形目 (Perciformes)、石首鱼科 (Sciaenidae)。主要栖息在北纬 34° 以南的中国近海,为暖水性近海鱼类。早年,东黄海大黄鱼资源占我国大黄鱼资源 90% 以上,是中国大黄鱼资源的主要群体。20 世纪 70 年代中期,东黄海大黄鱼遭到了掠夺性的捕捞,渔业资源受到了严重的破坏。

我国自 20 世纪 60 年代,对大黄鱼即展开了众多的调查和研究,如大黄鱼的性成熟与生长^[1-3],耳石、体长与年龄的关系^[4],种群结构、形态特征的地理变异和种群的研究^[5-9],大黄鱼性早熟、性腺发育及性周期研究^[10-11],养殖技术、育苗技术、越冬试验^[12-14],仔、稚鱼的食性、形态特征与生态的

研究^[15]等,基本反映了大黄鱼资源遭受破坏以前的生物学状况。然而,当前大黄鱼资源现状已不容乐观,1 kg 规格的野生大黄鱼售价高达 4 000 元。同时,大黄鱼栖息的生态环境也在发生变化,导致大黄鱼资源群体的生物学特征可能发生相应的变化。近年来,徐兆礼等^[16]对大黄鱼的洄游路线进行了分析,由于新资料缺乏,所用的数据仍然是 30 年以前大黄鱼的捕捞统计资料。在我国急需恢复大黄鱼资源的背景条件下,研究现有大黄鱼群体资源的生物学特征,为大黄鱼资源管理和养护措施的制定提供依据,对恢复野生大黄鱼资源具有重要意义。

本研究通过对官井洋大黄鱼体长和体质量组成、生长参数、死亡系数、性比与性腺成熟度

收稿日期:2011-07-21 修回日期:2011-12-02

通讯作者:徐兆礼,E-mail:xiaomin@sh163.net

及临界年龄的分析,讨论了目前官井洋及其附近海域大黄鱼的渔业生物学现状,以期提出最适捕捞规格等资源管理措施建议,为官井洋及其附近水域大黄鱼渔业资源可持续利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样的地点和日期

大黄鱼样品于2010年和2011年取自官井洋及其附近水域(图1)(119.6°E~120.0°E, 26.5°N~26.8°N)。调查网具为定置张网,网具规格为网口引流面积20~25 m²,不同站位网具略有差别,各航次调查所用网具的规格一致;调查时间为2010年6月份(夏季)、9月份(秋季)、11月份(冬季)和2011年4月份(春季)共4个航次大潮期间。

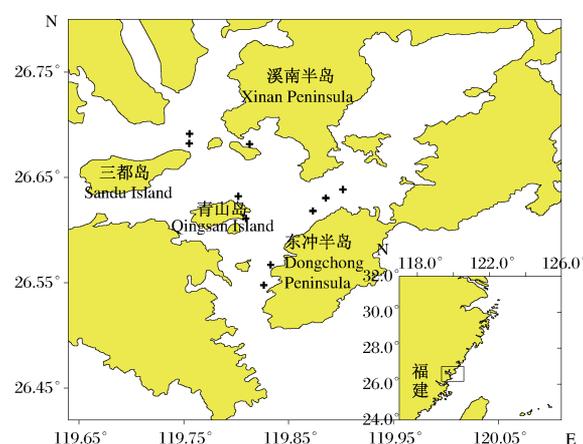


图1 官井洋采样站点示意图

Fig.1 Sketch maps of sampling sites in Guanjiyang Sea

1.2 实验和数据处理方法

渔获大黄鱼取样后带回实验室,按照《海洋调查规范》^[17]进行生物学测定,测定内容包括体长、体质量、性腺和年龄等,所得的数据采用Statistic统计软件进行处理。

生长参数的计算方法 大黄鱼体长—体质量关系呈幂函数相关,用公式(1)进行描述:

$$W_t = aL_t^b \quad (1)$$

大黄鱼生长的一般规律可以使用公式(2) von Bertalanffy 生长方程描述:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (2)$$

式(1), (2)中: W_t 为 t 龄鱼体质量, L_t 为 t 龄鱼叉长, a 为生长条件因子, b 为幂指数系数, L_∞ 为渐

近叉长, k 为生长参数,表示生长曲线的平均速率, t_0 为理论生长起点年龄。

生长参数 L_∞ 和 k 采用 FISAT 软件中的体长频率分析法 ELEFAN (electronic length frequency analysis) 估算^[18]。

理论生长起点年龄 t_0 用 Pauly 的经验公式^[19] 计算:

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_\infty - 1.038 \ln k \quad (3)$$

死亡参数的计算方法 死亡系数可分为总死亡系数 (Z)、捕捞死亡系数 (F) 和自然死亡系数 (M),三者之间的关系可以用公式(4)表示:

$$Z = F + M \quad (4)$$

总死亡系数 (Z) 用 FISAT 中的长度变换渔获曲线法^[20] 估算,其计算过程如下:

1) 将每一叉长组中值依 von Bertalanffy 生长方程(2)变换为相对年龄;

2) 将全年的样品按叉长组求和,并计算各叉长组鱼的尾数占总渔获样品尾数的比例 $N\%$, 然后分别除以其相应叉长组由下限生长到上限所需要的时间 Δt , 目的是为了消除鱼类生长的非线性;

3) 用 $N/\Delta t$ 的自然对数值及其相对应的相对年龄作图,据此,采用一元线性回归的统计方法,求得回归方程即公式(5)中的参数 c 和 d , t 为对应每一叉长组中值的年龄; $Z = -d$, 即为总死亡系数的估计值。

$$\ln N/t = c + dt \quad (5)$$

自然死亡系数 M 用 Pauly 的经验公式(6)来计算^[19]:

$$\ln M = -0.0066 - 0.279 \ln L_\infty + 0.6543 \ln k + 0.4634 \ln T \quad (6)$$

式中, T 为年平均水温,为了消除不同水温对结果的影响,按不同季节捕获鱼的尾数与栖息地实测水温进行加权,得 $T = 21.3$ °C。

开发率 (E) 指捕捞死亡占总死亡的比例。

拐点年龄和临界年龄的计算方法 拐点年龄采用体长—体质量关系式(1)中的 b 值,以及体长生长方程(2)中的 k 值和 t_0 值,根据公式(7)估算获得^[21]:

$$t_p = \ln b/k + t_0 \quad (7)$$

临界年龄通过公式(1)中的 b 值,公式(2)中的生长参数 L_∞ 和 k ,以及理论生长起点年龄 t_0 和自然死亡系数 M ,根据公式(8)获得^[21]:

$$t_c = [kt_0 - \ln M + \ln(bk + M)]/k \quad (8)$$

2 结果

2.1 体长、体质量组成

2010—2011年期间共测定大黄鱼2 098尾,测定大黄鱼渔获物体长范围为53~284 mm,优势体

长组为110~150 mm,占总数的55.96%,平均体长132.63 mm;体质量范围为2.3~351.7 g,优势体质量组为10~50 g,占总数的61.77%,平均体质量45.1 g。大黄鱼各月份体长—体质量分布特征如表1。各体长组和体质量组的分布频率如图2。

表1 大黄鱼体长体质量分布特征

Tab.1 Characteristics of body length and weight distribution of large yellow croaker

项目 item	季节 scason	全年 total year				
		春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	
体长组成 body length composition	分布范围 range	57~284	58~237	53~235	60~245	53~284
	优势体长组/mm dominant body length class	110~150	120~150	110~160	100~120	110~150
	优势体质量组所占比例/% percentage	50.87	44.00	56.58	31.30	55.96
	平均体长/mm mean	137.3	135.7	137.8	117.5	132.6
体质量组成 weight composition	分布范围 range	2.3~351.7	2.8~260.7	2.6~243.0	4~265.10	2.3~351.7
	优势体质量组/g dominant body length class	20~40	10~40	10~30	20~40	10~50
	优势体质量组所占比例/% percentage	34.68	42.67	42.02	34.96	61.77
	平均体质量/g mean	49.6	47.6	51.2	31.7	45.1

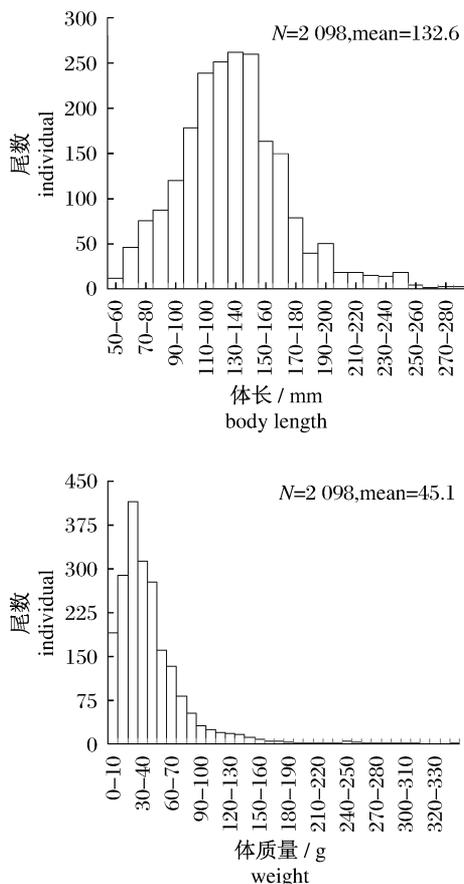


图2 2010—2011年大黄鱼体长体质量组分布频率

Fig.2 Body length and weight distribution of large yellow croaker in 2010—2011

2.2 体长—体质量关系

大黄鱼体长—体质量呈幂函数相关,根据公式(1)通过测定大黄鱼体长—体质量关系,经回归分析得出条件因子 $a = 2.001 \times 10^{-5}$,幂指数 $b = 3.006$ ($R = 0.9779$, $n = 2098$)。b约等于3,说明大黄鱼属于匀速生长鱼类,因而使用 von Bertalanffy 生长方程可较合理地描述大黄鱼的生长。

2.3 生长参数

基于各月份体长频率样品数据,应用 ELEFAN 方法求得 von Bertalanffy 生长参数为 $L_{\infty} = 385.4$ mm, $k = 0.43$, $t_0 = -0.32$ 。依据估算的生长参数拟合的生长方程为 $L_t = 385.4(1 - e^{-0.43(t+0.32)})$ 绘成生长曲线如图3。

2.4 死亡系数

总死亡系数 Z 通过变换渔获曲线描绘的点(黑点)示于图4,经线性回归(已去掉不能用于分析的点),经过拟合的直线方程为 $\ln(N/t) = -3.1195t + 10.016$, $R = 0.9511$ 。方程的斜率为 -3.12,故 $Z = 3.12$ 。再由生长参数 $L_{\infty} = 385.4$, $k = 0.43$ 和 $T = 21.30$,根据 Pauly 的经验公式,得出自然死亡系数的估计量 $M = 0.45$,则捕捞死亡系数 $F = Z - M = 2.67$ 。根据鱼类自然死亡率和总死亡率得出大黄鱼开发比率 $E = F/Z = 0.856$ 。

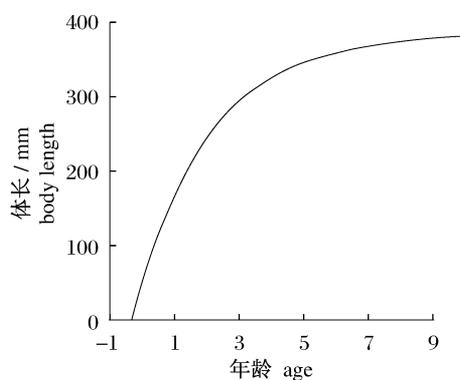


图3 大黄鱼体长生长曲线

Fig. 3 Growth curve of large yellow croaker

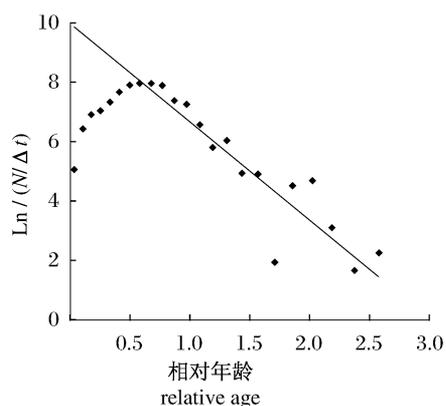


图4 根据变换体长渔获曲线估计总死亡系数

Fig. 4 Estimation of mortality based on body length-converted catch curve

2.5 性比率和性腺成熟度

根据对全年 566 尾渔获样品的分析,得到大黄鱼雌雄比为 201:365,各月份性腺成熟度为 II 期的比例均为最高,9 月份和 11 月份性腺成熟度为 II 期所占的比例高达 90%,官井洋大黄鱼产卵期主要集中在 5 和 6 月份,而 6 月大黄鱼 IV 期和 V 期的比例仅占 16.5% (图 5)。全年性腺成熟度达 IV 期以上个体的平均体长仅为 209.9 mm。

2.6 拐点年龄和临界年龄

大黄鱼的体质量生长过程存在生长的一个转折点或称拐点。拐点把大黄鱼体质量生长的全过程分成两个阶段。其中,拐点前阶段,体质量增长速度分布是随年龄的增大而上升。拐点后阶段,体质量增长速度则随年龄的增大逐渐下降。通过公式(7)获得体质量生长拐点年龄(t_p)为 2.2 龄,代入 von Bertalanffy 生长方程,得拐点体长为 254.9 mm。根据公式(8)求得大黄鱼的临界年龄(t_c)为 2.8 龄,代入 von Bertalanffy 生长方程,得

临界体长为 284.6 mm。

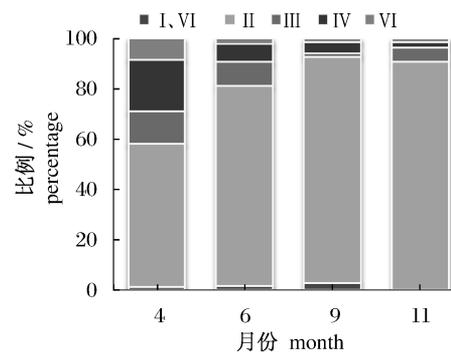


图5 大黄鱼平均性腺成熟度

Fig. 5 Average of sex maturity stage of large yellow croaker

3 讨论

3.1 生物学参数的变化

体长和体质量的相关指标是表征鱼类生长特点的重要指标。体长—体质量关系式(1)中系数 a 亦称为生长条件因子,即,当 b 值相近时, a 值的大小在一定程度上反映了鱼类生活环境条件的适宜性^[22]。当 a 值较大时,说明该水域环境适合大黄鱼生长,反之,当 a 值较小时,说明大黄鱼生活环境相对较差。比较不同海域 a 值的大小(表 2), a 值从高到低分别为岱衢洋、吕泗洋、福建近海。这显示出,长江口的环境条件最适宜大黄鱼的生长,其次是吕泗洋,福建沿海生活环境不如以上两个海域。福建沿海不同时期的 a 值比较,本文计算得官井洋大黄鱼的 a 值为 2.001×10^{-5} ,小于福建近海大黄鱼的 a 值,因此推测,近年来大黄鱼的生境有所恶化,环境条件因子 a 值表现为降低。

Ricker^[25]认为幂指数 b 值可以被用来判断鱼类是否处于等数生长,而等速生长是大黄鱼个体初期生长的特征, b 值存在差异性可能与不同生长阶段和相对应营养条件的变化有关^[22],是群体结构呈现小型化和低龄化的指标。由表 2 可见,岱衢洋,吕泗洋,福建近海大黄鱼公式(1)中幂指数 b 值也存在差异(表 2)。在早期,由于大量的渔轮去东海外海越冬场捕捞,岱衢洋和吕泗洋大黄鱼群体最早受到冲击,大黄鱼出现了明显的小型化和低龄化趋势,这也是当时岱衢洋和吕泗洋大黄鱼群体 b 值大于福建近海大黄鱼的原因。关

于福建沿海不同时期的比较,本研究得到 b 值为 3.006 大于 1980 年福建近海大黄鱼的 b 值,也大于当年岱衢洋和吕泗洋大黄鱼群体(表 2)。说明

现今官井洋大黄鱼大都处于等速生长的阶段,也就是生长的初期,这都显示出大黄鱼群体结构小型化和低龄化更加明显。

表 2 大黄鱼生态学参数的变化
Tab. 2 The changes of ecological parameters of large yellow croaker

生长参数 growth parameters	吕泗洋 ^[23] 1982	岱衢洋 ^[23] 1982	福建近海 ^[24] 1980	官井洋 2010
a	6.2832×10^{-5}	8.3375×10^{-5}	2.4476×10^{-5}	2.001×10^{-5}
b	2.75	2.71	2.59	3
生长系数(K) growth coefficient	0.37	0.29	0.36	0.43
理论生长起点年龄(t_0) zero length age	-0.6	-0.49	-2.04	-0.32
渐近体长(L_∞)/mm asymptotic length	404.1	512.4	555.4	385.4
拐点年龄(t_p) age at inflection point	2.16	2.95	2.97	2.20

渐近体长(极限最大体长) L_∞ 的大小也是显示鱼类群体结构大小变化趋势的指标之一,大黄鱼渐近体长 L_∞ 减小反映了大黄鱼群体结构趋于小型化和低龄化。卢振斌等^[26]通过对福建近海 20 种鱼类生态学的研究得出,鱼类种群结构小型化和低龄化都伴随着渐近体长 L_∞ 降低趋势。由表 2 可见,20 世纪 80 年代大黄鱼渐近体长 L_∞ 从高到低排列顺序依次是福建近海>岱衢洋>吕泗洋。依据 L_∞ 所显示的大黄鱼群体特征,这一排列顺序反映了吕泗洋的大黄鱼群体小型化趋势最为明显,其大黄鱼资源最先遭受破坏,进而引起大黄鱼群体结构小型化,其次是岱衢洋,福建近海大黄鱼群体小型化趋势优于吕泗洋和岱衢洋。这一结果与上述幂指数 b 值所分析大黄鱼群体结构变化趋势一致,也同赵传罔等^[29]得到结论一致,其研究发现 20 世纪 80 年代初,福建近海平均年龄 6.36 龄,岱衢洋大黄鱼平均年龄 5.2 龄,而吕泗洋大黄鱼平均年龄只有 2.53 龄。进一步比较福建沿海不同年代大黄鱼渐近体长 L_∞ 值, L_∞ 值从 1980 年的 555.4 mm 下降到现在的 385.4 mm,下降幅度高达 30.61%。说明当今大黄鱼极限最大体长减少,世代延续过程缩短、资源遭受致命的破坏,群体小型化,低龄化严重,规格较大的大黄鱼已经几乎绝迹,官井洋大黄鱼体长和体质量分布也表示出这一趋势(图 2)。

与此对应的是,现今官井洋大黄鱼的生长速度已经明显加快。von Bertalanffy 生长方程中的系数 k 表示鱼类的生长速度。从表 2 可见,20 世纪 80 年代到现在,福建大黄鱼生长系数 k 已经由 0.36 增长到 0.43,增幅高达 19.44%。一般地

讲,低龄鱼生长速度往往快于成体^[27]。由官井洋大黄鱼体长和体质量分布(图 2)显示,官井洋大黄鱼已经显著趋于小型化和低龄化。通过 1980 年福建大黄鱼体长分布来看^[24],当时大黄鱼的优势体长为 350~450 mm,而本研究中官井洋的大黄鱼体长均值为 132.6mm,优势体长以 110~150 mm 组为主,远远小于 20 世纪 80 年代大黄鱼。这一结果也与洪港船等^[24]幂指数 b 值以及渐近体长 L_∞ 分析所反映的现象一致。因此,现今官井洋小型化的大黄鱼群体生长速度要快于以往大规格大黄鱼生长速度。对一个以幼体为主,已经小型化的大黄鱼群体而言,生长速度的加快也是对不利环境的一种适应。在捕捞力量较强的条件下,以此可以增加补充群体数量,维持种群生存。

体质量生长的拐点年龄和世代生长的临界年龄大小反映了鱼类个体和种群快速生长时间的长短。当 $t=t_p$ 时(拐点年龄)鱼类生长速度达到最大。当 $t>t_p$,生长速度则随着年龄的增加而递减^[28]。由表 2 可见,福建近海、岱衢洋、吕泗洋大黄鱼的拐点年龄依次下降,说明了吕泗洋大黄鱼世代年龄最短、岱衢洋次之而福建近海世代年龄最长。同为福建沿海不同时期的比较,本文研究的拐点年龄小于 20 世纪 80 年代福建近海大黄鱼的拐点年龄,反映了大黄鱼世代年龄减短,进而出现年龄结构低龄化。

大黄鱼生物学参数的变化表明,近 30 年来官井洋大黄鱼生物学参数发生了较大的变化,反映在个体的表征上主要是群体结构趋于小型化、年龄结构趋于低龄化。分析其原因,一是捕捞过度导致了资源严重衰退^[29],剩下群体的饵料情况获

得改善;二是大黄鱼自身的适应性变化,加快生长可能是为了适应外部环境变化的需要,维持种群延续的表现。

3.2 官井洋大黄鱼性腺特征

本研究分析得到官井洋大黄鱼雌雄比为 201:365,约为 44:55。2010 年大黄鱼全年性腺成熟主要为 1 龄个体,性成熟个体达 IV 期以上个体的平均体长为 209.9 mm。产卵期大黄鱼性腺 IV 期和 V 期的比例仅占 16.5%。与陈必哲等^[27] 20 世纪 80 年代研究的闽南大黄鱼雌雄比例 43:57,基本保持一致,而当时大黄鱼绝大多数性成熟为 2~3 龄的个体,性成熟个体的平均体长为 350~400 mm。两者比较发现,现今大黄鱼性成熟个体的平均体长远小于 20 世纪 80 年代大黄鱼个体,反映了大黄鱼性成熟呈提早趋势。20 世纪 80 年代带大黄鱼产卵期期间,IV 期和 V 期分别占 40.2% 和 0.3%,本研究大黄鱼性腺成熟个体比例出现下降趋势。林龙山等^[30] 通过研究东海区同为石首鱼科的小黄鱼也发现,小黄鱼在高捕捞强度小表现为低龄化、小型化和性成熟提前的现象。

研究表明,在日益增长的捕捞压力下,大黄鱼不但表现为生长速度加快,更表现为首次性成熟年龄的提前。这也是大黄鱼对巨大捕捞压力所反映出的一种生物适应。

3.3 大黄鱼死亡率变化

鱼类的自然死亡系数 M 值同鱼类个体大小,生长速度和栖息地水温有关^[28]。由表 3 比较可知,官井洋大黄鱼自然死亡率 M 较 20 世纪 80 年代福建近海出现上升,结合现今大黄鱼的 a 值降低可以推测,由大黄鱼的 a 值降低的所代表的生长环境恶化,是导致官井洋大黄鱼自然死亡率高于以往时期的重要原因。另外,官井洋大黄鱼已经趋于小型化(图 2),生长速度也已经趋于加快(表 2),这也将促使大黄鱼自然死亡系数上升,因为小型个体和快速生长的鱼类往往倾向于 r 选择的生长策略^[31]。而 r 选择生活史一般具有高死亡率。在环境压力下,大黄鱼的生活策略已经有所改变,从原有的 k 选择生活史趋向于 r 选择生长策略。这是大黄鱼种群对人类强烈捕捞和自然环境的激烈变化所采取的生态对策。

引起大黄鱼捕捞死亡系数 F 的上升的原因是多方面的,其中捕捞是主要原因之一。捕捞是

影响鱼类种群数量变动的一个重要原因^[22]。虽然少量捕捞可以因为种群繁殖得到补充,从而取得相对平衡,然而当捕捞过度时,大黄鱼资源捕捞减少由于得不到足够的补偿,导致资源平衡破坏,结果使种群资源数量大幅度下降,其中年龄较高的鱼类资源减少得最为明显。由表 3 可以看出,官井洋及其附近海域大黄鱼较 1980 年福建近海捕捞死亡系数 F 大幅度提高。捕捞死亡系数的提高引起大黄鱼个体和年龄趋于小型化(2),大黄鱼个体长度减少,进而导致增长率或补充量的变化。另一方面,由于资源中个体较大的大黄鱼数量减少,缓和了食物的竞争,从而加快了补充群体中余下个体的生长。由此,也引起大黄鱼群体生物学参数发生变化。

鱼类资源开发率是捕捞死亡系数占总死亡系数的比例。Gullan 等^[32] 提出开发率 E 介于 0~0.5 的资源群体属于轻度开发,而开发率 E 介于 0.5~1 的资源群体处于过度开发状态。有表 2 可知,大黄鱼开发比率 E 高达 0.856 较 1980 年福建近海^[24] 0.824 有所上升,说明官井洋大黄鱼仍处于高捕捞强度下的过度开发状态。

鱼类的死亡是影响资源群体数量变动的主要因素,它表示个体从资源群体中消失的状况,死亡程度的高低决定了资源群体的数量下降速度^[22]。由上研究分析可见,虽然自然死亡系数也有所上升,但是捕捞死亡系数上升是引起大黄鱼总死亡系数上升的主要因子。为了降低大黄鱼死亡率恢复大黄鱼资源,应着重从降低捕捞死亡率考虑。

表 3 大黄鱼生态学参数的变化

Tab.3 The changes of ecological parameters of large yellow croaker

区域 area		参数值 parameters			
		Z	M	F	E
福建近海 ^[24]	1980	1.02	0.18	0.84	0.824
官井洋	2010	3.12	0.45	2.67	0.856

3.4 大黄鱼的合理利用

渔业资源的可持续利用需要达到捕捞量和补充量的平衡,当捕捞量大大地高于补充量时,应该降低捕捞强度,从而降低捕捞死亡系数(F)。而维持具有较高经济价值规格个体,需要控制捕捞规格的大小。

因此降低捕捞死亡系数(F)和控制捕捞规格的大小(即网目尺寸或首次捕捞年龄)(t_c)是影响

渔业资源量、渔获量和商业价值的两个人为可以调控的因素。在大黄鱼资源遭受严重破坏的背景下,为了恢复大黄鱼渔业资源,在渔业管理和合理利用上应从这两个方面制定相应的措施。

捕捞强度过大是引起总死亡率上升的主要原因。在大黄鱼渔业管理上,需要降低大黄鱼捕捞系数,建议官井洋水域设立大黄鱼禁渔期,在禁渔期,禁止一切作业方式捕捞大黄鱼,特别是要禁止对幼鱼危害明显的张网作业。以此控制捕捞力量,切实保护大黄鱼资源。官井洋水域是我国惟一的大黄鱼内湾产卵场,每年4月起,大黄鱼开始产卵场,6—11月,大黄鱼幼鱼在官井洋及其邻近的浅滩水域索饵,这一时段大黄鱼幼鱼比例和出现率较高。因此对应应在每年的4—11月对该水域大黄鱼实行全面禁渔,禁止定置张网,并在大黄鱼产卵场的核心区域设立保护区,以保护大黄鱼资源。

从充分利用鱼类生长潜能出发,当鱼类处于拐点年龄之后,鱼类体质量增长速度随着年龄增加而降低,因此在实践上,渔业利用开捕年龄往往应该控制在生长拐点年龄之后。而从鱼类世代生物量变化的角度出发,接近临界年龄才是其最佳开捕年龄,此时群体的生物量可以达到最大,往后大黄鱼自然死亡将逐渐增加,从而可以充分利用于大黄鱼生长潜力。基于上述两个方面的考虑,大黄鱼实际开捕年龄应在拐点年龄以后,即本研究得出的2.2龄,相应体长为254.9 mm;在其临界年龄之前,即本研究得出的2.8龄,相应体长为284.6 mm。这样,既可以充分利用大黄鱼生长所带来的经济效益,又可以减少因大黄鱼自然死亡而造成的渔业损失^[33]。因此,大黄鱼开捕体长最好是在254.9~284.6 mm之间最为合适。依据本研究结果,当前渔获物中大黄鱼的平均体长为132.6 mm,优势体长组为110~150 mm,平均体质量为45.1 g(表1);体长组成中>255 mm以上个体仅占0.24%,远远低于本研究经过计算得出的捕捞规格标准推荐值。这从一个侧面也说明了长生命周期大黄鱼的资源质量衰退以及遭受过度捕捞现象十分严重。而现今大规格的大黄鱼很少见,多以小型的低龄个体为主,在目前高捕捞强度下,应严格控制网目尺寸来控制首次开捕年龄,切实保护大黄鱼幼鱼。

总之,禁渔期的设立和网具设计都是大黄鱼

渔业资源的可持续利用,同时获得具有商业价值规格的产品所必需的两个重要的管理措施。本研究计算得出的捕捞规格标准推荐值远大于现有的捕捞优势体长组成,渔业资源管理将是一项艰巨和持久的任务。

沈晓民先生在论文写作中给予很大的帮助,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 罗秉征. 浙江近海大黄鱼的季节生长[J]. 海洋与湖沼, 1966, 8(2): 121-139.
- [2] 孔祥雨. 浙江近海渔场大黄鱼生长的研究[J]. 东海海洋, 1985, 3(1): 56-63.
- [3] 吴鹤洲. 浙江近海大黄鱼性成熟与生长的关系[J]. 海洋与湖沼, 1965, 7(3): 210-232.
- [4] 兰永伦, 罗秉征. 大黄鱼耳石、体长与年龄的关系[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(3): 323-329.
- [5] 徐恭昭, 罗秉征, 王可玲. 大黄鱼种群结构的地理变异[J]. 海洋科学集刊, 1962, 2: 98-109.
- [6] 田明诚, 徐恭昭, 余日秀. 大黄鱼形态特征的地理变异和地理种群问题[J]. 海洋科学集刊, 1962, 2: 79-97.
- [7] 曹启华. 湛江沿海大黄鱼种群的研究[J]. 湛江海洋大学学报, 1998, 18(2): 15-19.
- [8] 李星云, 赵明忠, 林允闯, 等. 闽-粤东族大黄鱼象山港养殖群数量与质量性质的研究[J]. 现代渔业信息, 2001, 16(12): 6-9.
- [9] 张澄茂. 闽南渔场大黄鱼年间生殖群体组成相似程度的模糊识别[J]. 水产学报, 1994, 18(4): 335-339.
- [10] 方永强, 翁幼竹, 周晶, 等. 大黄鱼性早熟问题的研究[J]. 台湾海峡, 2000, 19(3): 354-359.
- [11] 林丹军, 张健, 骆嘉, 等. 人工养殖的大黄鱼性腺发育及性周期研究[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 1992, 8(3): 81-87.
- [12] 伊祥华, 吴林中, 忻荣祥. 大黄鱼越冬实验[J]. 中国水产, 1998(9): 38-39.
- [13] 肖友红. 大黄鱼人工养殖技术概述[J]. 中国水产, 1998(7): 30-31.
- [14] 朱振乐. 大黄鱼人工育苗技术总结[J]. 水产学杂志, 2000, 13(1): 28-30.
- [15] 刘家富. 人工育苗条件下的大黄鱼胚胎发育及其仔、稚鱼形态特征与生态的研究[J]. 现代渔业信息, 1999, 14(7): 20-22.
- [16] 徐兆礼, 陈佳杰. 东黄海大黄鱼洄游路线的研究[J]. 水产学报, 2011, 35(3): 429-437.

- [17] 国家海洋局. GB 12763. 1 - 7 - 19 海洋调查规范 [S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [18] Pauly D. ELEFAN: Users instruction and program listings[M]. ICLARM, Manila (Mimeo), 1980.
- [19] Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks[J]. J Cons Int Explore Mer, 1980, 39(2): 175 - 192.
- [20] 费鸿年,张诗全. 水产资源学[M]. 北京:科学出版社,1991;303 - 305.
- [21] 袁蔚文. 南海北部主要经济鱼类生长方程和临界年龄[C]//南海水产研究文集. 广州:广东科技出版社,1989.
- [22] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [23] 赵传纲,陈永法,洪港船,等. 东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海:华东师范大学出版社,1990.
- [24] 洪港船,陈必哲,张澄茂. 福建近海大黄鱼越冬群体的初步研究[J]. 福建水产,1985(2):1 - 6.
- [25] Ricker W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population[J]. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 1975, 19:12382.
- [26] 卢振彬,戴泉水. 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.
- [27] 陈必哲,张澄茂. 闽南渔场大黄鱼渔业生物学基础的初步研究[J]. 福建水产,1984(4):6 - 16.
- [28] Voulgaridou P, Stergiou K. Trends in various biological parameter of the European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the Eastern Mediterranean Sea[J]. Scientia Marina, 2003 (Suppl. 1): 269 - 280.
- [29] 徐开达,刘子藩. 东海区大黄鱼渔业资源及资源衰退原因分析[J]. 大连水产学院学报,2007,22(5): 392 - 396.
- [30] 林龙山,程家骅,任一平,等. 东海区小黄鱼种群生物学特性的分析[J]. 中国水产科学,2004,11(4): 333 - 338.
- [31] 沈国英,施并章. 海洋生态学[M]. 北京:科学出版社,2002:114 - 117.
- [32] Gulland J A. Fish stock assessment: a manual of basic methods [M]. FAO/Wiley Ser1, New York, 1985:223.
- [33] 常剑波,孙建贻,段中华,等. 网湖似刺鲃的种群生长和死亡的研究[J]. 水生生物学报,1994,18(3): 230 - 239.

Resources status analysis of large yellow croaker in Guanjingyang using von Bertalanffy growth equation and fishing mortality parameters

YE Jin-qing^{1,2}, XU Zhao-li^{1*}, CHEN Jia-jie¹, KANG Wei¹

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the fishery resources monitoring data collected in Guanjingyang sea in Fujian from 2010 to 2011, the present study analyzed the biological characteristics ($n = 2\ 098$) of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*), including body length and weight, growth and death, sex ratio, and sexual maturity. von Bertalanffy growth equation and parameters of mortality rate have been used to analyze the current resources status of large yellow croaker in Guanjingyang sea, meanwhile, biological characteristics (inflection age and critical age, etc.) of fishery have been discussed. The results indicate that the average body length is 132.6 mm, with the group of predominant body length 110 – 150 mm, accounting for 55.96%; the average body weight is 45.1 g, with the group of dominant weight 10 – 50 g, accounting for 61.77%. The juvenile large yellow croaker and recruit population have been the main catch targets. The relationship between length and weight was expressed as: $W = 2.001 \times 10^{-5} L^{3.006}$. The growth parameters of von Bertalanffy formula estimated by ELEFAN were $L_{\infty} = 385.4$ mm, $k = 0.43$ and $t_0 = -0.32a$, respectively, and flexion age is 2.2 years. Compared with the data obtained about large yellow croaker in Fujian, value of L_{∞} has declined from 555.4 to the current 385.4, flexion age from 2.97 to 2.2, all these trends show that the group has been in serious status characterized with miniaturization and lower age. In addition, the growth coefficient shows an apparent increase from 0.36 to 0.43, which indicates a speed-up growth in large yellow croaker. Total death coefficient (Z), natural death coefficient (M) and the coefficient of fishing death (F) are 3.12, 0.45 and 2.67 respectively; the exploitation rate in recent years was 0.856. The increasing trend of M value may be related to the deterioration of marine environment in coastal areas of Fujian; and, due to the high-intensity catch of large yellow croaker, fishing death of such species is increasing sharply, from 0.84 to 2.67, which indicates that the stock of large yellow croaker has been over-exploited. Under the current resources status in Guanjingyang sea, great effort should be made to reduce fishing mortality and protect its environment so as to protect large yellow croaker. And due to the miniaturization and low age of large yellow croaker resources, controlling the catchable age (t_0) is suggested to be the main management.

Key words: large yellow croaker (*Larimichthys crocea*); mortality rate; von Bertalanffy growth equation; fishery resources; Guanjingyang sea

Corresponding author: XU Zhao-li. E-mail: xiaomin@sh163.net