



小黄鱼种群

生物学与渔业管理

XIAOHUANGYU ZHONGQUN SHENGWUXUE YU YUYE GUANLI

林龙山 高天翔 主编



海洋出版社

小黄鱼种群生物学与渔业管理

林龙山 高天翔 主编

海洋出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书收编了科技论文 18 篇,分“小黄鱼渔业生物学”、“小黄鱼渔业生态学”、“小黄鱼渔业管理”、“小黄鱼种群遗传学”4 个部分,汇集了国家海洋局第三海洋研究所、中国海洋大学、中国水产科学研究院东海水产研究所科技人员在近十余年来的科技创新研究的心血和智慧结晶。本书适合相关研究人员参考借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

小黄鱼种群生物学与渔业管理/林龙山,高天翔主编. —北京:海洋出版社,2013.11
ISBN 978-7-5027-8704-2

I. ①小… II. ①林… ②高… III. ①小黄鱼-种群-生物学 ②小黄鱼-渔业管理
IV. ①Q959.483 ②F326.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 251641 号

责任编辑:张 荣

责任印制:赵麟芬

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.5

字数:330 千字 定价:60.00 元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

自序

1997年7月,我从青岛海洋大学渔业资源专业毕业,随后来到大上海,开始了我的工作生涯。

起初的日子里,由于几个科研项目的同时开展,我被数次派往“大海”去锻炼,经过大海的洗礼,我慢慢理解了同事所说我们是“渔民”的真正意义,也逐渐认识了渔业资源工作的内涵;知道了目前我国近海海域正在发生的环境污染、资源衰退、种群更替和过度捕捞等环境、资源和渔业状况;也逐渐明白了应该在自己的工作岗位中发挥应有的作用。

新世纪伊始,我开始关注东海区小黄鱼资源,关注此鱼种并非我心血来潮,也不是我随意的选择,而是出于我对“大黄鱼”资源变动的注意。属于同目同科同属的鱼种,大黄鱼种群在20世纪80年代末期急剧衰退后一蹶不振,难以恢复,而小黄鱼却能在几乎同一时期的衰退之后保持一定数量,并出现资源恢复迹象,这些疑问引导我开始关注小黄鱼资源动态,促使我四处收集有关小黄鱼的资料和数据,并分析其中的原因所在。

从小黄鱼资源的大体情况、小黄鱼群体结构的变化、小黄鱼的生长与死亡、小黄鱼的摄食生物学、小黄鱼的繁殖生物学到小黄鱼资源管理等内容不断进入我的脑海之中,我努力从中寻求小黄鱼区别于大黄鱼的一些生物学特征和生态学习性的动态,试图解开小黄鱼在如此大的捕捞压力 and 环境污染等威胁的外部环境中存活下来并得到恢复的奥妙,以期能够为今后小黄鱼渔业资源管理乃至中国渔业资源管理作出自己一份小小的贡献,也让自己在水产行业工作中不会留下遗憾。

《小黄鱼种群生物学与渔业管理》一书正是基于这些想法和自己十余年来工作成果的集成,其中不仅有自己独立提出的观点,也有与其他同事一起共同分析的结论,还有中国海洋大学诸位老师从事分子生物学的研究成果。可以说该书融入了多位老师、同事和同学的心血,他们有中国水产科学研究院东海水产研究所的郑元甲、程家骅、严利平、李建生、凌建忠、刘尊雷等老师,还有中国海洋大学的高天翔、韩志强、肖永双、应一平、李渊等老师和同

学,在此一并感谢。

该书分为“小黄鱼渔业生物学”、“小黄鱼渔业生态学”、“小黄鱼渔业管理”、“小黄鱼种群遗传学”4个篇章,全部论文已在《中国水产科学》、《Chinese Journal of Oceanology and Limnology》、《Environmental Biology of Fishes》、《Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences》等期刊刊出,每篇论文都凝聚着撰稿者的实践结晶,蕴含着深思熟虑的思想成果。希望本书的出版能够促进小黄鱼的相关研究进展,使小黄鱼渔业能够健康发展并达到可持续利用之目的。



2013年6月16日

前 言

2012年联合国粮农组织渔业及水产养殖部撰写的《2012年世界渔业和水产养殖状况》中指出,2009年世界渔业资源有29.9%是被过度捕捞,57.4%是被完全开发,12.7%是未充分开发;占世界海洋渔业产量约30%的前十位物种多数种群被完全开发,因此没有增加产量的潜力。我国在很长一段时期内,捕捞业盲目发展、近海捕捞强度增长近乎失控以及沿岸环境污染的影响,致使近海大多数渔业资源已经充分利用或过度捕捞,部分优质渔业资源衰退甚至衰竭,多数鱼种衰退后难以得到恢复,比如与小黄鱼同属一目一科一属的大黄鱼资源在20世纪70年代出现衰退后逐渐枯竭,尽管国家投入巨资进行人工增殖放流,但至今没有得到恢复,鳊鱼从70年代末期衰退和绿鳍马面鲀从90年代初衰退以后目前仍处于严重衰退之中。2000年以后,由于此前1999年我国农业部首次提出海洋捕捞计划产量实行“零增长”目标,并在次年实现目标和在此后几年出现“负增长”,整体捕捞强度受到一定程度的抑制,但是,渔民在经济效益第一的利益驱使下,通过变相增加马力或改善捕捞技术从中提高了捕捞量,导致2004年以后产量又逐渐增加,并加大了对幼鱼资源的利用,造成渔业资源持续衰退;加上近海渔业资源产卵场和孵化场遭受近岸环境污染严重,对渔业资源的补充量影响较大;这些主要因素直接影响了渔业资源的恢复和再生。仅存不多的渔业资源如带鱼和小黄鱼渔获量尽管仍然保持在历史较高水平,但渔业生产的渔获物主要以幼鱼和当龄鱼为主,其渔业资源可持续利用和保护面临着严峻的挑战。

小黄鱼隶属鲈形目石首鱼科黄鱼属,是西北太平洋特有的暖温性底层鱼类,分布于东海、黄海、渤海海域。资源分布以黄海南部和东海北部40~80 m水深范围内最为集中,小于60 m水深的资源量约占65%。由于小黄鱼具有较高经济价值,历来为中日韩三国底拖网、帆张网、定置张网和流刺网等渔业所共同利用,是我国重要的渔业资源之一。

在20世纪50年代,小黄鱼产量较高,中国年均产量达到12万吨以上,此阶段的小黄鱼处于渔业兴盛期,与大黄鱼、带鱼和墨鱼并称“四大渔产”;20世

代60年代初至70年代初,由于捕捞强度的增大,小黄鱼产卵亲体补充失调,剩余群体损耗增大,渔获量逐渐下降,资源处于衰退期;20世纪70年代中期至80年代末期,随着捕捞压力加大,小黄鱼资源继续恶化,成熟个体急剧减少,为数不多的补充群体也遭受大量捕捞,资源状况处于严重衰退;进入20世纪90年代以后,由于我国政府及有关部门采取了诸如产卵场全面禁渔以及实施伏季休渔制度等一系列保护措施,有力地保护了小黄鱼亲体资源和索饵群体资源,另外,小黄鱼种群自身出现了生长加快、性成熟提前和繁殖力提高等调节现象,诸多因素共同作用使其资源出现一定程度的恢复,近十几年来,小黄鱼产量在全国渔业统计产量中一直维持在高位。

对于小黄鱼有别于其他衰退鱼种而出现的资源恢复状态,国内部分学者从伏季休渔制度的影响、小黄鱼繁殖习性的变化、摄食习性的变化、生长过程的变化和海域自然环境的变化等方面进行了探讨,得出一些关于小黄鱼资源数量恢复的原因。首先,1981年国务院批准同意对小黄鱼主要产卵场吕泗渔场实行休渔保护,1995年开始在东黄海实行2个月休渔,后来在1998年延长为3个月的伏季休渔制度,对小黄鱼资源恢复起到关键作用;第二,由于海域遭受过度捕捞,许多大型鱼种相继衰退,小黄鱼被捕食的几率减少,获取饵料的机会和丰富度增加,与小黄鱼生活栖息相近的大黄鱼在资源枯竭后腾出的海域空间和饵料等因素,均有利于小黄鱼的生长和繁殖,促使小黄鱼生长加快,性成熟提前和繁殖力提高,对小黄鱼资源恢复起到了促进作用;第三,20世纪90年代以后,由于东黄海渔业资源密度减少,日韩两国大幅减少在该海域的生产船只,客观上保护了小黄鱼越冬场,小黄鱼亲体得到有利的养护空间,对小黄鱼资源恢复起到保障作用。

为了更为深入了解和掌握小黄鱼是如何提高对环境的适应性,是否存在小黄鱼自身改变生物学和生态学特性提高了环境适应能力(内因)或者环境变化(外因)导致小黄鱼产卵场、索饵场、越冬场分布范围过大,抑或是繁殖习性变化和摄食习性变化等导致资源数量增长等科学问题,本书集成了编著者十余年来有关小黄鱼渔业生物学、渔业生态学、渔业管理和分子生物学相关研究论文,这些研究论文从渔业生物学现状、动态特征、摄食生物学、繁殖生物学、产卵场动态变化、产卵场分布与水文环境的关系等方面探讨了小黄鱼如何从“自身”出发,改变原有的生物学特征和生态学特性,“主动”适应生境变化并延续其种群的繁衍等问题。但是,编者总是觉得有关研究尚不够深

入,仍然需要更多的科技工作者继续加大调查和研究,进一步解析小黄鱼种群所发生的特殊现象,并最终促使小黄鱼渔业可持续利用。

集成本书以飨读者,期望能够起到抛砖引玉的作用。

由于水平有限,书中难免存在一些疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2013年6月28日

目 次

第一篇 小黄鱼渔业生物学

- 东海区小黄鱼渔业生物学现状的分析研究 林龙山,程家骅(3)
- 东海区小黄鱼种群生物学特性的分析研究 林龙山,程家骅,任一平,凌建忠(10)
- 长江口近海小黄鱼食性及营养级 林龙山(19)
- 黄海南部和东海小黄鱼产卵亲体分布特征与繁殖力的研究
..... 林龙山,姜亚洲,严利平,高天翔,王金辉(27)

第二篇 小黄鱼渔业生态学

- 黄海南部和东海小黄鱼产卵场分布及其环境特征研究
..... 林龙山,程家骅,姜亚洲,袁兴伟,李建生,高天翔(39)
- Current status of small yellow croaker resources in the southern Yellow Sea and the East China
Sea Lin Longshan, Liu Zunlei, Jiang Yazhou, Huang Wei, Gao Tianxiang(52)
- 东海北部秋季小黄鱼分布特征及其与底层温度和盐度的关系
..... 李建生,林龙山,程家骅(66)

第三篇 小黄鱼渔业管理

- 东海区小黄鱼现存资源量分析 林龙山(81)
- 东海区小黄鱼总允许渔获量初探 林龙山,王小勇,马春艳(89)
- 东海区主要经济鱼类开捕规格的初步研究 林龙山,程家骅,凌建忠,张寒野(95)
- 东海区小黄鱼伏季休渔效果及其资源合理利用探论
..... 程家骅,林龙山,李建生,丁峰元(104)
- 延长东海区伏季休渔期的渔业效果分析 林龙山,程家骅(115)
- Risks of ignoring fish population spatial structure in fisheries management
..... Ying Yiping, Chen Yong, Lin Longshan, Gao Tianxian(123)

第四篇 小黄鱼种群遗传学

- 中国近海9个小黄鱼群体的形态学比较研究 韩真,肖永双,高天翔(155)
- Genetic diversity in the mtDNA control region and population structure in the small yellow
croaker *Larimichthys polyactis* Xiao Yongshuang, Zhang Yan, Gao Tianxiang(168)

Genetic diversity of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* revealed by AFLP markers ...
..... Han Zhiqiang, Lin Longshan, Shui Bonian, Gao Tianxiang(184)

New evidence to genetic analysis of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) with continuous distribution in China Li Yuan, Han Zhen, Song Na, Gao Tianxiang(195)

AFLP analysis on genetic diversity and population structure of small yellow croaker *Larimichthys polyactis*
..... Lin Longshan, Ying Yiping, Han Zhiqiang, Xiao Yongshuang, Gao Tianxiang(209)

第一篇 小黄鱼渔业生物学

东海区小黄鱼渔业生物学现状的分析研究^①

林龙山^{1,2},程家骅^{1,3}

(1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所,上海 200090;2. 上海水产大学,上海 200090;
3. 中国海洋大学,山东 青岛 266003)

摘要:以2001年东海区渔业资源监测调查资料为依据,对小黄鱼的体长、体重、生长、死亡等渔业生物学特征及临界年龄等进行了分析研究。结果表明,目前东海区小黄鱼优势体长组为110~130 mm,占41.34%;优势体重组为20~40 g,占50.91%;总死亡系数为2.05,自然死亡系数为0.58,捕捞死亡系数为1.47,临界年龄为2.18龄。对照东海区小黄鱼生物学特征的历史状况分析,目前东海区小黄鱼个体小型化、低龄化、性成熟提早现象明显,生物学参数发生较大变化。建议在东海区现行资源状态下,小黄鱼的可捕标准应充分考虑其生物学现状加以科学调整。

关键词:东海区,小黄鱼,渔业生物学,临界年龄

小黄鱼分布于渤海、黄海和东海,为暖温性底层经济鱼类,在渤海、黄海、东海存在三个地理种群^[1],是中、日、韩、朝四国共同捕捞的鱼种,为我国渔业的主要捕捞对象^[2-4]。20世纪50年代以来,小黄鱼资源量和渔获量发生了很大的变化^[5],渔业资源经历了资源兴旺期、资源平衡期、资源衰退期和资源恢复上升期^[6]。20世纪90年代以后,由于禁渔区、禁渔期和伏季休渔措施的有效实施,东海区小黄鱼产卵场和补充群体得到有效的养护^[7],产量明显回升,2000年其产量创东海区小黄鱼产量的历史最高纪录,达 15.95×10^4 t,2001年产量为 12.50×10^4 t,处于历史较高水平。但是,与此同时,其渔业生物学特征越来越呈现出个体小型化、性成熟提早、渔获物以幼鱼为主的现象^[5-9]。为此,本文通过对小黄鱼体长和体重组成、生长参数、死亡系数、性比及性腺成熟度及临界年龄的研究分析,总结和讨论了目前东海区小黄鱼的渔业生物学现状特征和最适捕捞规格制定需考虑的因素,以期可为可持续利用和管理东海区小黄鱼渔业资源提供相关的基础理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

本文采用数据取自2001年东海区渔业资源监测调查资料,调查船为205.07 kW的底拖网船,网具为网口网目100目,网目尺寸为4 m,平均拖速为2 n mile/h,调查时间为2001年4月、6月、9月和12月,调查范围为27°00'—34°00'N,禁渔区线—127°00'E,取样地点均为东海北部海域(31°00'—34°00'N,122°00'—127°00'E)。

1.2 方 法

渔获小黄鱼在船上取样后带回实验室,按照《海洋调查规范》^[10]进行生物学测定,测

① 原文刊载于“中国海洋大学学报,2004,34(4):565-570”。

定内容包括体长、体重、性腺等。然后输入到计算机中的鱼类资源动态监测数据库,采用 Statistica('99 Edition)统计软件对数据进行处理。

Von Bertalanffy 生长参数(L_{∞} 和 k) 的估计采用 ELEFAN 技术分析^[11-13],总死亡系数 Z 用体长变换渔获曲线法估算^[13],自然死亡系数 M 用 Pauly 的经验公式 $\ln M = -0.0066 - 0.279 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln k + 0.4634 \ln T$ 来计算^[14],年平均水温 T 值取 20℃。临界年龄 T_c 由下式求出^[15]:

$$T_c = [kt_0 - \ln M + \ln(3k + M)]/k$$

式中, L_{∞} 为渐近体长, k 为生长系数, t_0 为理论初始年龄。计算时采用联合国粮农组织的 Fisat II 软件。

2 结果

2.1 体长、体重组成

2001 年小黄鱼渔获物体长范围为 58 ~ 220 mm,优势体长组为 110 ~ 130 mm,占总数的 41.34%,平均体长 121.95 mm;体重范围为 7 ~ 194 g,优势体重组为 20 ~ 40 g,占总数的 50.91%,平均体重 34.67 g。各体长组和体重组的分布频率如图 1,各月份体长、体重分布特征如表 1。

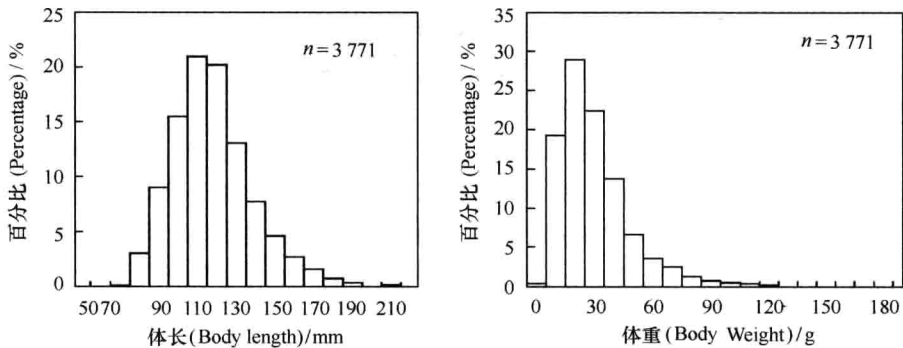


图 1 2001 年小黄鱼体长体重组分布频率

Fig. 1 Body length and weight distribution of small yellow croaker in 2001

表 1 小黄鱼体长体重分布特征

Tab. 1 The characteristics of body length and weight distribution of small yellow croaker

项目 (Item)		月份 (Month)				全年 (All year)
		4	6	9	12	
体长 组成 (Body length composition)	分布范围 (Range)/mm	58 ~ 191	93 ~ 202	71 ~ 220	87 ~ 210	58 ~ 220
	优势体长组 (Dominant body length class)/mm	100 ~ 130	120 ~ 140	90 ~ 110	110 ~ 140	100 ~ 130
	优势体长组所占比例 (Percentage)/%	74.75	54.79	63.33	55.19	41.34
	平均 (Mean)/mm	120.97	129.09	102.62	133.59	121.95
	标准差 (S. D.)/mm	16.95	15.38	19.56	23.21	20.65

续表

项目(Item)		月份(Month)				全年 (All year)
		4	6	9	12	
体重 组成 (Weight composition)	分布范围(Range)/g	13 ~ 146	16 ~ 154	7 ~ 194	14 ~ 160	7 ~ 194
	优势体重组 (Dominant weight class)/g	20 ~ 30	30 ~ 50	10 ~ 20	20 ~ 40	20 ~ 40
	优势体重组所占比例 (Percentage)/%	48.38	59.38	69.24	49.63	50.91
	平均(Mean)/g	30.63	43.45	20.52	44.67	34.67
	标准差(S. D.)/g	14.86	17.12	15.91	25.37	19.35
取样尾数(Sample)		1 195	1 041	800	735	3 771

2.2 体长-体重关系

小黄鱼体长体重呈幂函数相关。根据体长 L 与相应体重 W 回归求得其关系式为:

$$W = 2.6611 \times 10^{-5} L^{2.9513} (R = 0.9569, n = 3771)$$

2.3 生长参数和拐点年龄

通过各月份体长频率样品数据,应用 ELEFAN 方法鉴别的 von Bertalanffy 生长参数为: $L_{\infty} = 251.60$ mm, $k = 0.55$, $t_0 = -0.27$ 。依据估算的生长参数拟合的生长方程为: $L(t) = 251.60 \times (1 - e^{-0.55 \times (t+0.27)})$, 绘成生长曲线如图 2。通过体长体重相关关系式的 b 值,以及体长生长方程中的 k 值和 t_0 值,根据 $t_r = \ln b/k + t_0$ 获得体重生长拐点年龄为 1.69 龄。

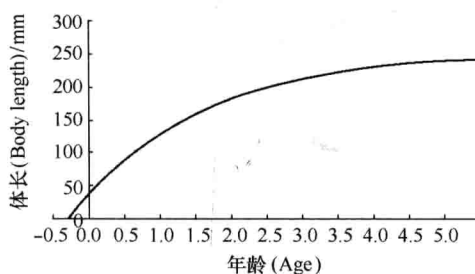


图 2 小黄鱼体长生长曲线

Fig. 2 The growth curve of small yellow croaker

2.4 总死亡系数、自然死亡系数和捕捞死亡系数

变换渔获曲线描绘的点(黑点)图示于图 3,经线性回归(已去掉不能用于分析的点),拟合的直线方程为 $\ln(N/\Delta t) = -2.053t + 6.4827$, $R = 0.9745$ 。方程的斜率为 -2.05 ,故总死亡系数 Z 的估计量为 2.05。再由生长参数 $L_{\infty} = 251.60$, $K = 0.55$ 和 $T = 20$,根据 Pauly 的经验公式,得出自然死亡系数的估计量 $M = 0.58$,则捕捞死亡系数 $F = Z - M = 1.47$ 。

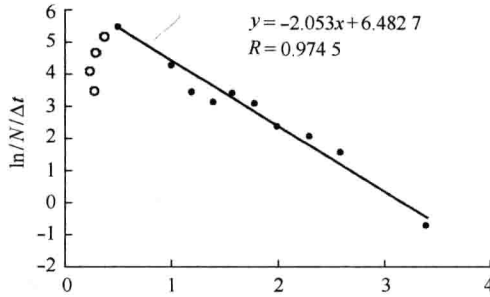


图3 根据变换体长渔获曲线估计总死亡系数

Fig. 3 The 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 790 尾渔获样品的分析,得到小黄鱼雌雄比为 491:299,约为 1.64:1,各月性腺成熟度百分比组成如图 4。由图可见,各月份性腺成熟度为 II 期的比例均为最高,9 月达 100%,而作为小黄鱼主要繁殖期的 4 月,IV 期和 V 期的比例仅占 39.9%,为全年最高。各月份平均性腺成熟度分别为 4 月 2.96,6 月 2.03,9 月 2.00,12 月 2.13,全年性腺成熟度达 IV 期以上个体的平均体长为 123.4 mm。

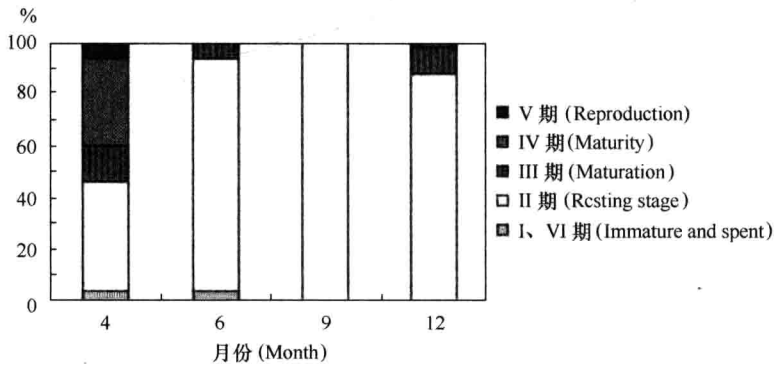


图4 小黄鱼平均性腺成熟度

Fig. 4 Average of sex maturity stage of small yellow croaker

2.6 临界年龄

一个世代的鱼,一方面由于自然死亡而不断减少其数目,另一方面又由于个体重量的生长而增加。两者共同作用的结果,使一个世代的鱼的生物量随着年龄的增加而不断变化,开始时逐渐增加,超过一定年龄后则逐渐减少,这“一定年龄”即临界年龄,是指一个世代在没有捕捞的情况下生物量达到最大时的年龄,或重量的相对生长速度等于瞬时自然死亡率时的年龄^[16]。根据 Von Bertalanffy 生长参数 L_{∞} 和 k ,以及理论初始年龄 t_0 和自然死亡系数 M 值求得小黄鱼的临界年龄为 2.18 龄,代入生长方程,得出相应临界体长为 186.21 mm。

3 讨论

3.1 生物学参数的变化

据1983年^[17]小黄鱼的监测资料求得当时的生长参数 L_{∞} 和 k 分别为292.31和0.45,与本研究结果相比,渐进体长减少13.93%,生长系数增加22.22%。另据以往监测资料获知^[18],1963年性成熟达IV期以上个体的平均体长为246.2 mm,1983年为173.6 mm,目前仅为123.4 mm。表明近20年来东海区小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个体小型化、低龄化、性成熟提早的趋势加剧。分析其原因,一是捕捞过度导致了资源严重衰退^[19],小黄鱼为维持其种群的延续,迫使种群生长的内禀动力发生变化;二是海域基础饵料生物的相对丰富,促进了小黄鱼幼体阶段的生长发育加快,进而导致了小黄鱼个体性成熟的提早^[8];三是小黄鱼属于高补充生物量的鱼类^[2],对环境有较强的适应特性^[20-21]。

3.2 小黄鱼的合理利用

20世纪90年代以来,由于禁渔区、禁渔期和伏季休渔措施的有效实施,小黄鱼产量开始由原来的衰退期逐渐恢复上升^[6],直至2001年,其渔获产量仍处于历史较高水平,但产量的增加是以捕捞当龄鱼为主^[7]。2001年渔获物的平均体长为121.95 mm,优势体长组为110~130 mm,平均体重为34.67 g;而国家规定的小黄鱼可捕标准为100 g^[2](东海区繁殖保护细则规定江苏和上海是125 g,浙江是100 g)。可见当前小黄鱼渔获物的生物学指标远低于国家规定的可捕标准,幼体比例大大超过渔业法规定的20%,既有的可捕标准难以在现行渔业状况下得到认真地贯彻执行。

从鱼类生长潜能的角度出发,渔业利用开捕年龄应限制在生长拐点年龄之后^[22];而从鱼类世代生物量变化的角度出发,临界年龄才是其最佳开捕年龄,此时世代的瞬间生物量达到最大,但对于全年捕捞的小黄鱼来说,实际开捕年龄应定在其临界年龄之前,以减少因自然死亡而造成的渔业损失。本文的研究结果表明,小黄鱼体重生长拐点年龄为1.69龄,相应体长为170.12 mm,临界年龄为2.18龄,相应体长为186.21 mm,根据理论,小黄鱼开捕体长最好是在170.12~186.21 mm之间最为合适。但是,当前渔获物体长组成中大于170 mm以上个体仅占2.81%,因此,若要执行该理论数值难度将很大。同时,这从一个侧面也说明了长生命周期小黄鱼的资源质量衰退以及遭受过度捕捞现象十分严重。为此,今后在制订小黄鱼可捕规格时,既要考虑生长而将开捕年龄定在拐点年龄之后,也要考虑资源的最大获取而将开捕年龄定在临界年龄之前,并结合小黄鱼的种群数量动态综合而定。

致谢:东海区渔业资源动态监测站的所有同事协助完成海上调查、生物学测定、数据收集、录入等工作,在此一并谢忱。

参考文献:

- [1] 堀川博史,郑元甲,孟田湘,等. 東シナ海・黄海主要資源の生物、生態特性[M]. 長崎:日本紙工印刷,2001. 398-415.