

DOI: 10.5846/stxb201310262585

李忠炉, 单秀娟, 金显仕, 戴芳群, 卢伙胜. 黄海中部黄鮟鱇生物学特征及其资源密度的年际变化. 生态学报, 2015, 35(12): 4007-4015.

Li Z L, Shan X J, Jin X S, Dai F Q, Lu H S. Interannual variations in the biological characteristics, distribution and stock density of anglerfish *Lophius litulon* in the central and southern Yellow Sea. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(12): 4007-4015.

# 黄海中南部黄鮟鱇生物学特征及其资源密度的年际变化

李忠炉<sup>1</sup>, 单秀娟<sup>2</sup>, 金显仕<sup>2,\*</sup>, 戴芳群<sup>2</sup>, 卢伙胜<sup>1</sup>

1 南海渔业资源监测与评估中心 广东海洋大学水产学院, 湛江 524088

2 山东省渔业资源与生态环境重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071

**摘要:** 根据 1985 年、2000 年、2005 年和 2009 年秋季共 4 个航次的底拖网调查数据, 对黄海中南部黄鮟鱇的生物学特征、相对资源密度和群体分布的年际变化进行了研究。结果表明, 黄鮟鱇雌性平均体长大于雄性平均体长, 从 1985 年到 2009 年个体小型化、种群体长结构简单化明显, 体长、体重由负异速生长转变为等速生长。种群以雄性为主, 除 2000 年外各年的样品性比均与 1 差异显著, 小于 20 cm 体长组和 40—50 cm 体长组的性比变化明显, 由雌雄相当分别转变为雄性占优势和全部为雌性。各年样品的性腺成熟度均以 II 期为主, 但 2005 年和 2009 年的样品中出现部分性成熟个体。黄鮟鱇分布密集区的水温范围为 9.3—10.8 °C, 盐度范围为 32.4—33.2; 近年来黄鮟鱇的相对资源密度呈升高趋势, 且群体分布向黄海北部扩展, 产量与提前 2 年的海表温度具有极显著相关性 ( $r=0.61$ ,  $P=0.004$ ), 这可能因为海表温度主要对黄鮟鱇生活史初期造成影响从而影响其产量。黄鮟鱇生物学特征、资源分布与种群密度的变化可能与捕捞强度和气候变化有关, 是种群对外界压力的适应性响应。

**关键词:** 黄鮟鱇; 生物学特征; 相对资源密度; 年际变化; 黄海中南部

## Interannual variations in the biological characteristics, distribution and stock density of anglerfish *Lophius litulon* in the central and southern Yellow Sea

LI Zhonglu<sup>1</sup>, SHAN Xiujuan<sup>2</sup>, JIN Xianshi<sup>2,\*</sup>, DAI Fangqun<sup>2</sup>, LU Huosheng<sup>1</sup>

1 Fisheries Resources Monitoring and Assessment Center, South China Sea, Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China

2 Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Shandong Province, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China

**Abstract:** In the Yellow Sea and East China Sea regions, the anglerfish *Lophius litulon* has become an important fisheries species in recent years. In this paper, we examined interannual variations in the biological characteristics, stock distribution and stock density of this fish based on bottom-trawl survey data collected in the central and southern Yellow Sea during the autumn of 1985, 2000, 2005 and 2009. Results showed that the average body length of the female was larger than that of males in all sampling years, and the differences were significant in 1985 and 2005 ( $P<0.05$ ). In addition, average body length in both sexes decreased markedly over the past two decades, with individual miniaturization and the dominant frequency distribution of body length being reduced from double peaks to a single peak, indicating clear simplification of the population structure. The relationship between body length and body weight showed negative allometric growth in 1985 and 2000, and the allometric growth parameter  $b$  was significant smaller than 3 ( $P<0.05$ ) in these two years, while growth became isometric in 2005 and 2009. The sex ratios were significantly smaller than 1 ( $P<0.05$ ) in the sampling years 1985,

**基金项目:** 国家重点基础研究发展计划 (2015CB453303); 科技部国际科技合作专项 (2013DFA31410); 广东海洋大学引进人才科研启动费项目; 山东省泰山学者专项基金资助

收稿日期: 2013-10-26; 修订日期: 2014-11-28

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

2005 and 2009, and males were dominant in the samples, but was insignificant from 1 ( $P>0.05$ ) in the 2000 sampling year. Moreover, sex ratios in both the <20 cm and 40—50 cm body-length groups were not significantly different from 1 in both 1985 and 2000 ( $P>0.05$ ), but male dominated in the <20 cm body-length group ( $P<0.05$ ) and all individuals were female in the 40—50 cm body-length group in 2005 and 2009. Gonad development was mainly stage II in all sampling years, while a very small proportion of sexually mature individuals were found in 2005 and 2009. Bottom water temperature within the high density distribution area ranged from 9.3 to 10.8 °C, with salinity in the range 32.4—33.2. The relative biomass and percentage of anglerfish in the total catch showed a clear increasing trend from 2.94 kg/h, 3.0% (1985) and 1.33 kg/h, 1.2% (2000) to 5.86 kg/h, 10.5% (2005) and 5.62 kg/h, 9.8% (2009). The stock distribution area shifted towards the northern Yellow Sea over the past two decades. An effective index was the changes in stock density and occurrence frequency in the Yellow Sea above 36° latitude north: the relative stock density and occurrence frequency increased from 0 in 1985 to  $(1.0\pm 1.4)$  kg/h and 57.9% in 2000, and then to  $(6.9\pm 9.8)$  kg/h and 83.3% in 2009 in the same sea area. Regression analysis showed that the annual catch of anglerfish ( $Y_n$ ) was highly and significantly, positively correlated with sea surface temperature (SST) of the 2 years previously ( $r=0.61$ ,  $P=0.004$ ), which may be due to the influence of SST on the early life history of this species. However, the yields in 1997—2001 and the corresponding SST in 1995—1999 were excluded during the regression process, as the especial high SST in 1995—1999 may have interfered with anglerfish stocks and resulted in abnormally low catches of anglerfish during 1997—2001. Accordingly, the changes in biological characteristics, stock distribution and relative stock density of anglerfish may be related to pressures originating from increased fishing intensity and climate change.

**Key Words:** *Lophius litulon*; biological characteristics; relative stock density; interannual change; central and southern Yellow Sea

黄鮟鱇(*Lophius litulon*)为暖温性底层鱼类,主要分布于西北太平洋,在我国分布于黄海和东海。近年来,我国近海传统经济鱼类衰退严重,但黄鮟鱇渔获量上升明显,成为张网渔获物中仅次于带鱼、小黄鱼和银鲳的底层鱼类<sup>[1-2]</sup>,是捕捞和出口的主要水产品之一<sup>[2]</sup>。因此,其种群生物学特征和资源密度的变化受到国内外学者关注。目前,对黄海黄鮟鱇的生长<sup>[3-4]</sup>、繁殖和分布<sup>[5-6]</sup>、摄食<sup>[7-8]</sup>以及资源状况<sup>[1,2,9]</sup>等的报道较多,但对其种群特征的长期变化研究较少。Jin 等<sup>[10]</sup>发现 2000—2002 年黄海黄鮟鱇的食性较 1985—1987 年发生了较大的转变,并认为主要由于黄海生态系统食物网结构发生了变化。对种群生物学特征长期变化的研究,是了解渔业资源变化趋势和种群动态影响因子的重要方法,能为渔业科学管理和海洋生态系统研究提供基础资料。本文根据 1985 年、2000 年、2005 年和 2009 年秋季共 4 航次黄海中南部底拖网渔业调查中黄鮟鱇的渔获量和在实验室测定的生物学数据,结合环境资料和世界粮农组织(FAO)的黄鮟鱇年产量数据,对黄海中南部黄鮟鱇生物学特征和相对资源密度的年际变化进行研究,以期为该种资源的可持续利用提供参考,为研究人类影响和环境变化双重压力下黄海生态系统的变化提供基础资料。

## 1 数据和方法

### 1.1 数据来源

黄鮟鱇的生物学数据根据中国水产科学研究院黄海水产研究所“北斗”号渔业调查船在黄海进行底拖网调查时捕获的样品测定,调查时间分别为 1985 年、2000 年、2005 年和 2009 年秋季(9—10 月),4 个航次共测定样品 1501 尾。黄鮟鱇的渔获量统计于拖网卡片。1985 年使用的底拖网网口周长为 450 目×17 cm,网囊网目 2.0 cm,网口高度 5—7 m;2000 年后各年网口周长 836 目×20 cm,网囊网目 2.4 cm,网口高度 5—7 m。拖网站点如图 1 所示,调查逐站拖网,每站 0.5—1 h,昼夜连续进行,平均拖速 3.0 kn。

温度和盐度数据采集于 2009 年秋季航次的海上同步测定,测定工具为 Seabird-19 型温盐深仪(CTD),以离海底 5 m 水层的海水温度和盐度代表黄鮟鱇的栖息地环境。

FAO 的黄鮟鱇年产量数据主要为 1985 年至 2009 年韩国的年捕捞量<sup>[11]</sup>,相应时间的黄海中南部海表温

度数据取自哥伦比亚大学海洋环境数据库<sup>[12]</sup> [Jul. 8th 2010 from IRI Data Library: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>]。

### 1.2 分析方法

#### 1.2.1 种群特征

体长和体重分别测量到 0.1 cm 和 1.0 g, 体长以 2.0 cm 为间隔计算优势体长范围和体长频率分布。性腺成熟度分为 I—VI 期<sup>[13]</sup>, 本研究设定 IV 期以上 (IV—VI 期) 为性成熟。

黄鮟鱇体长-体重关系用幂指数方程表示<sup>[3]</sup>:

$$W = a L^b \tag{1}$$

式中,  $W$  为体重 (g),  $L$  为体长 (cm); 使用协方差分析 (AVCOVA) 检验雌、雄体长-体重关系的差异显著性<sup>[14]</sup>。

#### 1.2.2 相对资源密度

各站位的拖网时间均标准化为 1 h, 并根据网口面积比对 1985 年调查数据进行标准化<sup>[15]</sup>。各站点黄鮟鱇相对资源密度以单位时间渔获量 (kg/h) 表示; 各航次的相对资源密度以平均渔获量 (单位时间渔获量的平均值, kg/h) 和个体出现率表示; 以黄鮟鱇占总渔获量的重量百分比表示其对总渔获量的贡献率。使用方差分析 (One-way ANOVA) 检验各年平均渔获量的差异显著性<sup>[14]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 体长组成

调查表明, 黄海中南部黄鮟鱇雌、雄群体的体长优势范围均由 1985 年的双峰型转变为 2000 年及其后的单峰型, 种群的体长结构简单化趋势明显, 平均体长减小 (表 1)。雌、雄群体间比较表明, 雌性黄鮟鱇的体长范围较雄性的广, 雌性平均体长较雄性平均体长大, 且 1985 年和 2005 年雌、雄群体平均体长均差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表 1 黄海中南部黄鮟鱇体长组成的年际变化

Table 1 Interannual changes in body length composition of *Lophius litulon* in the central and southern Yellow Sea

| 年份<br>Year | 性别<br>Sex | 体长 Body length/cm |                                        |                    |
|------------|-----------|-------------------|----------------------------------------|--------------------|
|            |           | 范围<br>Range       | 优势范围<br>Dominant range                 | 平均值±标准差<br>Mean±SD |
| 1985 *     | 雌         | 17.5—62.4         | 20.0—24.0 (26.7%)<br>36.0—40.0 (43.3%) | 35.6±11.3          |
|            | 雄         | 17.5—51.0         | 20.0—26.0 (42.3%)<br>32.0—36.0 (34.6%) | 30.1±8.5           |
| 2000       | 雌         | 12.7—42.2         | 20.0—22.0 (68.4%)                      | 22.0±5.5           |
|            | 雄         | 17.3—41.0         | 18.0—22.0 (80.0%)                      | 21.9±5.0           |
| 2005 *     | 雌         | 8.3—55.0          | 18.0—20.0 (52.4%)                      | 21.1±7.6           |
|            | 雄         | 12.2—37.0         | 16.0—20.0 (69.7%)                      | 19.0±4.2           |
| 2009       | 雌         | 12.0—50.7         | 18.0—20.0 (48.4%)                      | 19.7±5.1           |
|            | 雄         | 10.0—37.8         | 16.0—20.0 (59.8%)                      | 19.6±5.1           |

\* 表示该年黄鮟鱇雌、雄平均体长差异显著 ( $P < 0.05$ )

### 2.2 体长-体重关系

黄鮟鱇雌、雄群体的体长-体重关系参数见表 2。协方差分析表明, 同一年内, 雌、雄群体体长-体重关系幂

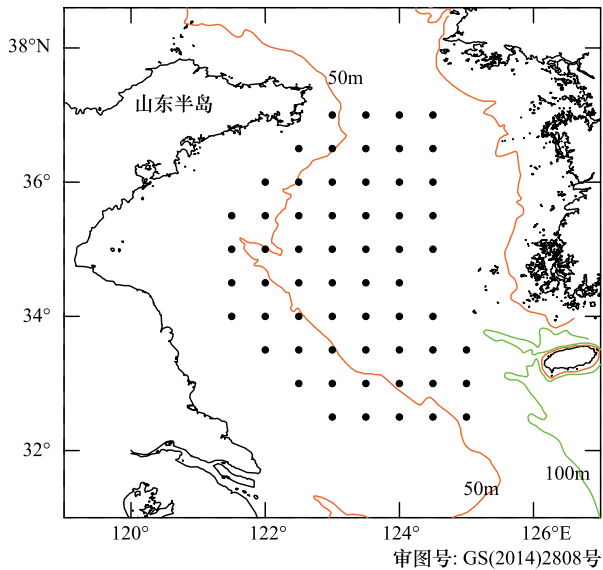


图 1 黄海中南部拖网取样站点

Fig.1 Survey and sampling sites in the central and southern Yellow Sea

指数  $b$  无显著差异 ( $P>0.05$ ), 但参数  $a$  差异较大, 其中 1985 年、2005 年均差异显著 ( $P<0.05$ )。  $t$  检验显示, 1985 年和 2000 年雌、雄群体的幂指数  $b$  均显著小于 3 ( $P<0.05$ ), 个体均呈负异速生长; 2005 和 2009 年  $b$  与 3 无显著差异 ( $P>0.05$ ), 个体都呈等速生长。

表 2 黄鮟鱇雌雄群体体长-体重关系参数

Table 2 Parameters of the body length-weight relationship for *Lophius litulon* in the central and southern Yellow Sea

| 年份<br>Year | 性别<br>Sex | $a$<br>( $\times 10^{-2}$ ) | $b$   | $R^2$ | 样品量/尾<br>Sample size/ indiv |
|------------|-----------|-----------------------------|-------|-------|-----------------------------|
| 1985       | ♀         | 10.76                       | 2.644 | 0.952 | 28                          |
|            | ♂         | 5.181                       | 2.827 | 0.974 | 51                          |
| 2000       | ♀         | 65.24                       | 2.075 | 0.799 | 19                          |
|            | ♂         | 10.56                       | 2.643 | 0.938 | 20                          |
| 2005       | ♀         | 4.330                       | 2.920 | 0.917 | 206                         |
|            | ♂         | 3.776                       | 2.950 | 0.892 | 313                         |
| 2009       | ♀         | 2.509                       | 3.037 | 0.932 | 157                         |
|            | ♂         | 2.194                       | 3.084 | 0.947 | 249                         |

### 2.3 性比

除 2000 年样品的性比与 1 无显著差异外, 各年份样品的性比均与 1 差异显著 ( $P<0.05$ ), 雄性的数量显著多于雌性; 各体长组中, 小于 20 cm 体长组和 40—50 cm 体长组的性比年间变化明显, 分别由 1985 年、2000 年的性比与 1 无显著差异转变为 2005 年和 2009 年的雄性占优势 (<20 cm 体长组) 和全部样品为雌性 (40—50 cm 体长组, 表 3)。

表 3 黄海中南部黄鮟鱇各体长组性比的年际变化

Table 3 Interannual changes in sex ratio (female:male) for the various body length groups of *Lophius litulon* in the central and southern Yellow Sea

| 年份<br>Year | 综合<br>Overall sex ratio | 体长组 Body length group/cm |            |            |          |                        |
|------------|-------------------------|--------------------------|------------|------------|----------|------------------------|
|            |                         | <20                      | 20—30      | 30—40      | 40—50    | >50                    |
| 1985       | 0.58 : 1 *              | 0.67 : 1                 | 0.36 : 1 * | 0.50 : 1   | 2.25 : 1 | 2.00 : 1 <sup>ns</sup> |
| 2000       | 0.95 : 1                | 0.56 : 1                 | 1.3 : 1    | —          | 1 : 1    | —                      |
| 2005       | 0.66 : 1 *              | 0.59 : 1 *               | 0.65 : 1 * | 0.93 : 1   | ♀        | —                      |
| 2009       | 0.63 : 1 *              | 0.66 : 1 *               | 0.64 : 1 * | 0.21 : 1 * | ♀        | —                      |

\* 表示性比与 1:1 显著差异 ( $P<0.05$ ), — 表示无数据, ♀ 表示样品全部为雌性

### 2.4 性腺成熟度

黄鮟鱇样品的性腺成熟度以 II 期为主 (图 2), 1985 年和 2000 年的样品中无性成熟个体, 2005 年和 2009 年样品中出现少数性成熟个体, 部分个体处于产卵期。

### 2.5 相对资源密度

各年黄鮟鱇相对资源密度和贡献率如表 4。2000 年黄鮟鱇平均渔获量和贡献率最低, 但出现频率最高, 表明该年黄鮟鱇分布较广, 但个体较小。2005 年和 2009 年, 黄鮟鱇相对资源密度和贡献率较 1985 年和 2000 年明显升高, 其中平均渔获量较 2000 年显著升高 ( $P<0.05$ )。

### 2.6 群体分布

黄鮟鱇的分布与底层海水温度、盐度关系密切 (图 3), 分布区水温范围 7.1—13.6 °C, 密集区水温范围 9.3—10.8 °C, 密集区渔获量占黄鮟鱇总产量的 73.3%; 分布区盐度范围 31.5—33.3, 密集区盐度范围 32.4—33.2, 密集区渔获量占黄鮟鱇总产量的 81.7%。

表 4 黄海中南部黄鮟鱇相对资源密度和对总渔获量的贡献率

| 调查年份<br>Survey year | 平均渔获量<br>Average catch±S.D./ (kg/h) | 出现频率<br>Occurrence frequency/% | 贡献率<br>Contribution rate/% |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1985                | 2.94±7.04                           | 41.2                           | 3.0                        |
| 2000                | 1.33±2.03                           | 61.8                           | 1.2                        |
| 2005                | 5.86±9.30                           | 50.0                           | 10.5                       |
| 2009                | 5.62±8.75                           | 59.6                           | 9.8                        |

同时,黄鮟鱇的分布受到水深的影响(图 4)。黄海西部,群体主要分布在 50 m 等深线东侧较深水域,50 m 以浅水域分布较少。鱼群密集区 34°—35° N, 122°—123° E 之间。

黄鮟鱇种群呈向黄海北部扩展分布的趋势。从 36° N 以北各站位的资源密度变化情况看,1985 年该海域无黄鮟鱇渔获量,2000 年该海域黄鮟鱇出现率为 57.9%,相对资源密度为 (1.0±1.4) kg/h,2009 年该海域黄鮟鱇的出现率增加到 83.3%,相对资源密度上升到 (6.9±9.8) kg/h,出现率和相对资源密度均明显升高。

2.7 产量与温度的关系

黄海黄鮟鱇的产量情况可分为两个较明显的阶段,1999 年之前表现为较剧烈的波动,1999 年之后呈逐年升高趋势,1997—2001 年黄鮟鱇年产量处于历史较低水平。与此相对应,黄海中南部海表温度也可分为两阶段,1994—2009 年平均海表温度较 1985—1994 年平均海表温度升高约 0.7 ℃,其中 1996—2001 年的海表温度处于历史较高水平(图 5)。回归分析表明,剔除 1997—2001 年产量和对应的海表温度,黄鮟鱇年产量 ( $Y_n$ ) 与提前 2a 的海表温度 ( $SST_{n-2}$ ) 呈极显著正相关关系:

$$Y_n = 5415.04 SST_{n-2} - 80167.45 \quad (r = 0.61, P = 0.004, n \text{ 为年份})$$

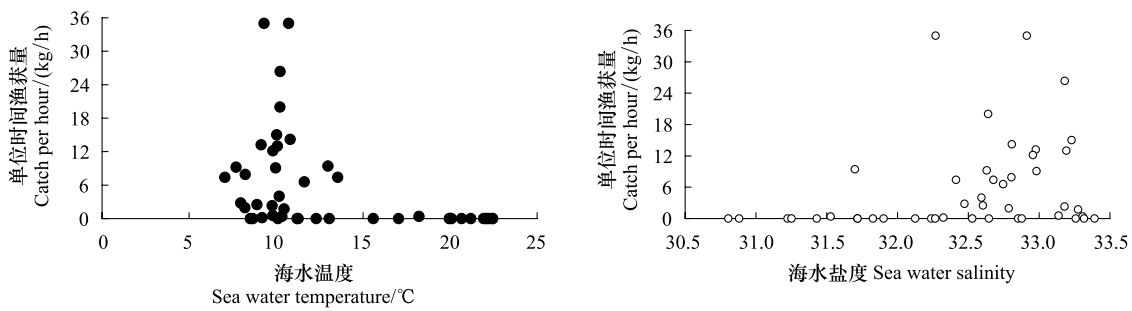


图 3 2009 年秋季黄海中南部黄鮟鱇资源密度指数与底层水温和盐度的关系

Fig.3 Relationship between relative stock density of *Lophius litulon* and bottom water temperature and salinity in the central and southern Yellow Sea during autumn 2009

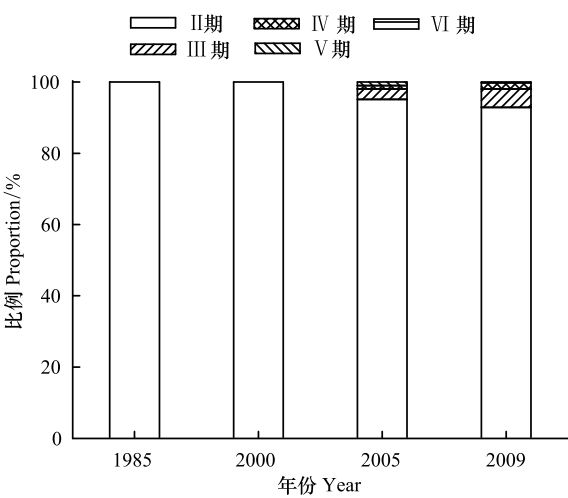


图 2 秋季黄海中南部黄鮟鱇雌性个体性腺成熟度各期百分比组成

Fig.2 Proportion of sexually mature stages of female *Lophius litulon* in the central and southern Yellow Sea during autumn sampling

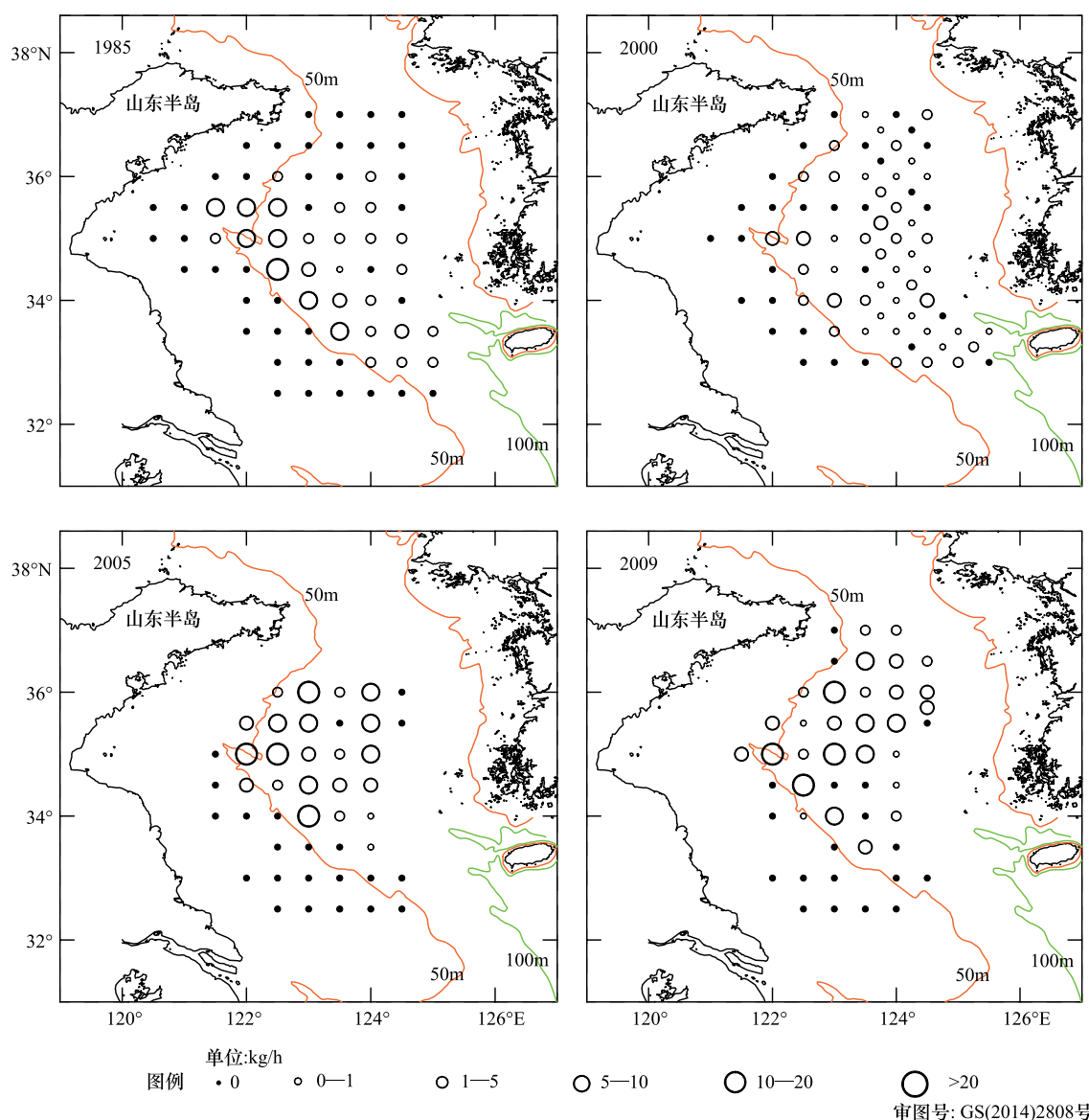


图4 黄海中南部黄鮟鱇相对资源密度(实心点代表黄鮟鱇资源量零值站点,空心圆表示非零值站点,半径越大代表相对资源密度越高)

Fig.4 Relative stock density of *Lophius litulon* in the central and southern Yellow Sea (solid dots represent stations with no-capture of *Lophius litulon*; hollow circles indicate *Lophius litulon* capture; the radius of the hollow circles indicate relative stock density)

### 3 讨论

#### 3.1 种群特征的变化

黄鮟鱇雌性平均体长明显大于雄性,这是因为黄鮟鱇雌性的生长速度和渐近体长均大于雄性所致<sup>[3]</sup>。这种生长差异普遍存在于鮟鱇属各种中,如美洲鮟鱇(*L. americanus*)、欧洲鮟鱇(*L. budegassa*)和鮟鱇(*L. piscatorius*),且在高龄阶段差异更明显<sup>[16]</sup>。因此当黄鮟鱇种群年龄组成较多时,雌雄群体间平均体长差异就更显著,而当种群组成趋向低龄时,雌雄间平均体长的差异就减小。

根据 Yoneda 等<sup>[3]</sup>估算的生长参数,1985 年秋季黄鮟鱇的优势年龄包括Ⅲ龄(2<sup>+</sup>龄)和Ⅴ龄(4<sup>+</sup>龄);到2000 年仅为Ⅲ龄(2<sup>+</sup>龄),且2005 和2009 年雄性优势年龄趋向Ⅱ龄(1<sup>+</sup>龄),这种变化趋势和徐开达等<sup>[4]</sup>的研究结果相同,但如果按徐开达等<sup>[4]</sup>估算的生长参数,黄鮟鱇种群2000 年后仅以Ⅰ龄(0<sup>+</sup>)占优势。种群结构简单化、低龄化趋势明显。目前,黄海存在着强大的捕捞压力,特别在渔业资源较为丰富的黄海中南部<sup>[17]</sup>,底

拖网对大个体的选择是黄鲛鰵种群结构简单化和低龄化的重要原因。

需要注意的是, Yoneda 等<sup>[3]</sup>和徐开达等<sup>[4]</sup>估算的生长参数存在差异, 这可能源于鉴定黄鲛鰵年龄的材料差异。Yoneda 等<sup>[3]</sup>使用黄鲛鰵第 9 节脊柱骨作为年龄鉴定主要材料, 徐开达等<sup>[4]</sup>采用的是黄鲛鰵的耳石。因此, 需对黄鲛鰵脊柱骨和耳石 2 种硬质材料鉴定年龄的精度进一步验证。

体长-体重关系参数  $b$  反应了种群生长发育的不均匀性, 与群体组成有关<sup>[18]</sup>。2000 年样品量相对较少, 但 Froese<sup>[19]</sup>研究表明样品体长范围是影响体长-体重关系参数的主要因子。本研究中所有样品均参与拟合, 因此结果具有代表性。近年来黄海中南部黄鲛鰵群体趋向低龄化,  $b$  值趋向表现低龄群体的生长。黄鲛鰵在低龄时摄食强度较高<sup>[8]</sup>, 摄食的饵料大小与高龄鱼无显著差异<sup>[7]</sup>, 因此低龄鱼体重增加更快, 群体由负异速生长转变为等速生长。

张学健等<sup>[6]</sup>发现黄海南部黄鲛鰵的性比存在较明显的月变化, 从 11 月到翌年 1 月以雄性为主, 且全长组间的性比差异明显。本研究表明, 秋季黄海中南部黄鲛鰵亦以雄性占优势, 且存在体长组间差异, 较小体长组以雄性为主, 而大体长组以雌性为主。相同的现象也存在于美洲鲛鰵<sup>[20]</sup>、欧洲鲛鰵和鲛鰵<sup>[21]</sup>等鲛鰵属的其它种中。目前的研究认为这和鲛鰵属鱼类生长速度的性别间差异<sup>[21]</sup>、索饵或产卵洄游<sup>[20]</sup>以及繁殖策略<sup>[6]</sup>等有关。黄鲛鰵雌性个体生长快, 雄性生长慢, 且寿命相对短<sup>[3]</sup>, 因此在较小的体长组积累了较多的雄性从而占据优势, 这也是欧洲鲛鰵和鲛鰵性比随体长波动的原因<sup>[21]</sup>。此外, Yoneda 等<sup>[5]</sup>发现黄鲛鰵的卵母细胞从 11 月份开始发育, 且雌性群体也从 11 月份开始向东海北部和外海扩张, 翌年 2—5 月在东海至日本九州岛附近的广大海域产卵, 而黄鲛鰵雄性的性成熟个体则全年均可捕获, 这表明雌性性腺发育对海水温度更敏感。在海水温度的影响下, 秋季黄海中南部黄鲛鰵雌性群体开始产卵洄游, 雄性群体则相对滞后, 这也将引起该海域黄鲛鰵种群以雄性为主。

黄鲛鰵的繁殖主要在春季<sup>[5-6]</sup>, 尽管存在细微的地理差异, 但由于黄、东海黄鲛鰵无明显的遗传分化<sup>[22]</sup>, 这种差异主要受环境因子的影响。然而本研究中, 2005 年和 2009 年样品中雌性黄鲛鰵亦有部分性成熟个体 (图 2), 表明秋季黄海黄鲛鰵少数个体也可产卵。Yoneda 等<sup>[5]</sup>曾观察到 2—7 月少数黄鲛鰵个体多次产卵, 美洲鲛鰵<sup>[20, 23]</sup>和黄东海的黑鲛鰵 (*Lophiomus setigerus*)<sup>[24]</sup>也可能存在多次产卵现象, 相同海域小黄鱼产卵亲体的分布范围与产卵时间均发生了变化<sup>[25-26]</sup>, 因此这种现象可能是黄鲛鰵对外界压力的一种适应性反应。

### 3.2 相对资源密度和群体分布的变化

薛莹等<sup>[27]</sup>估算 2000—2002 年秋季黄海中南部黄鲛鰵对饵料生物的摄食量高达 12153 t, 食物重量比最高的 2 种饵料生物分别是鳀 (*Engraulis japonicus*, 13.0%) 和脊腹褐虾 (*Crangon affinis*, 12.8%)。通过这 2 种饵料与黄鲛鰵形成强烈食物竞争关系的主要有带鱼 (*Trichiurus lepturus*)、高眼鲷 (*Cleisthenes herzensteini*) 和细纹狮子鱼 (*Liparis tanakae*) 等<sup>[28]</sup>。近年来, 黄东海的带鱼和高眼鲷低龄化趋势明显, 资源量显著降低<sup>[29, 30]</sup>, 减少了饵料生物的消耗, 为黄鲛鰵提供了稳定的饵料基础, 是近年来黄鲛鰵相对密度显著升高的重要保证。

本研究发现鲛鰵鱼类的产量与提前 2a 的海表温度之间有极显著相关关系 ( $P < 0.01$ ), 温度解释了约 61% 的产量波动, 这可能是因为黄鲛鰵的产量主要来自 2 龄及以上的个体, 而海表温度主要影响黄鲛鰵生活史的初期, 因此产量与提前 2a 的海表温度显著相关。FAO 的资料表明, 1997—2001 年黄鲛鰵的产量较低, 与本研

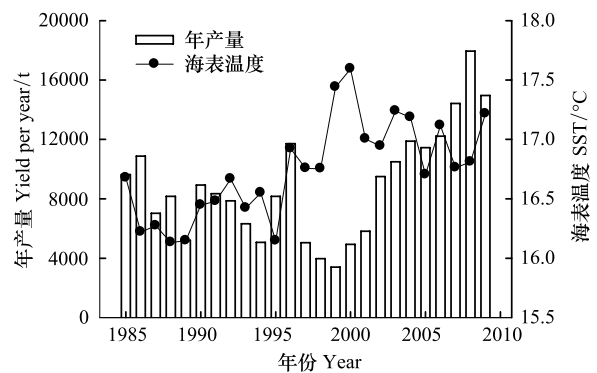


图 5 黄海中南部年均海表温度 (1983—2007) 与鲛鰵类年产量 (1985—2009) 的变化趋势 (1997 年—2001 年鲛鰵类年产量与对应的 1995 年—1999 年海表温度未参与拟合)

Fig. 5 Interannual changes in yearly mean sea surface temperature (1983—2007) and total catch of Lophiidae per year (1985—2009) in the central and southern Yellow Sea (excluding the yearly total catch of Lophiidae between 1997 and 2001 and the corresponding sea surface temperature between 1995 and 1999)

究中 2000 年黄鮟鱇相对资源密度较低相对应(表 4),这与 1996—2001 年的海表温度处于历史较高水平可能有直接关系,已有研究显示 1997—1999 年海表温度升高造成韩国主要渔业的明显波动<sup>[31]</sup>,且会降低长江口以北海区中上层鱼类资源的平均网产量<sup>[32]</sup>。

黄鮟鱇分布区海水温度较低、盐度较高且范围较窄(图 3),秋季时主要分布区的水深超过 50 m,这和林龙山等<sup>[1]</sup>的研究结果相同。东海北部和日本沿岸只有当秋末水温下降后黄鮟鱇才逐渐出现<sup>[1, 5]</sup>。近年来,黄鮟鱇分布区向黄海北部扩散可能是种群对秋季黄海中南部水温升高的一种适应,模拟研究表明温度升高能促进生物向高纬度地区移动<sup>[33-34]</sup>,而从 1983 年到 2009 年,黄海中南部年均海表温度约升高了 0.7 °C(图 5)。

**致谢:**感谢中国水产科学研究院黄海水产研究所资源室科研人员及“北斗”号全体船员在室内实验和野外调查取样过程中给予的帮助。

#### 参考文献(References):

- [1] 林龙山, 郑元甲. 东海区黄鮟鱇资源状况的初步探讨. 海洋渔业, 2004, 26(3): 179-183.
- [2] 程家骅, 张学健. 鮟鱇属鱼类的渔业生物学与渔业的研究概况. 中国水产科学, 2010, 17(1): 161-167.
- [3] Yoneda M, Tokimura M, Fujita H, Takeshita N, Takeshita K, Matsuyama M, Matsuura S. Age and growth of Anglerfish *Lophius litulon* in the East China Sea and the Yellow Sea. Fisheries Science, 1997, 63(6): 887-892.
- [4] 徐开达, 贺舟挺, 李鹏飞, 薛利建, 朱文斌. 东海北部、黄海南部黄鮟鱇的年龄和生长. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 9-14.
- [5] Yoneda M, Tokimura M, Fujita H, Takeshita N, Takeshita K, Matsuyama M, Matsuura S. Reproductive cycle, fecundity, and seasonal distribution of the anglerfish *Lophius litulon* in the East China and Yellow Seas. Fishery Bulletin Publisher, 2001, 99(2): 356-370.
- [6] 张学健, 程家骅, 沈伟, 刘尊雷, 袁兴伟. 黄鮟鱇繁殖生物学研究. 中国水产科学, 2011, 18(2): 290-298.
- [7] 薛莹, 徐宾铎, 高天翔, 徐浩, 林龙山. 北黄海秋季黄鮟鱇摄食习性的初步研究. 中国海洋大学学报, 2010, 40(9): 39-44.
- [8] 张学健, 程家骅, 沈伟, 刘尊雷. 黄海南部黄鮟鱇摄食生态. 生态学报, 2010, 30(12): 3117-3125.
- [9] 徐开达, 贺舟挺, 朱文斌, 李鹏飞, 章守军. 东海北部和黄海南部黄鮟鱇的数量分布及其群体结构特征. 大连水产学院学报, 2010, 25(5): 465-470.
- [10] Jin X, Zhang B, Xue Y. The response of the diets of four carnivorous fishes to variations in the Yellow Sea ecosystem. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2010, 57(11-12): 996-1000.
- [11] FAO, Fisheries Global Information System (FIGIS), in Updated 13 July 2010. [Cite 11 August 2010]. <http://www.fao.org/fishery/figis/en>, FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2010; Rome.
- [12] Smith T M, Reynolds R W, Peterson T C, Lawrimore J. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880-2006). Journal of Climate, 2008, 21(10): 2283-2296.
- [13] 黄海水产研究所. 海洋水产资源调查手册(第二版). 上海: 上海科学技术出版社, 1981: 39-39.
- [14] Zar J H. Biostatistical Analysis. 4th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1999: 929-929.
- [15] Xu B D, Jin X S. Variations in fish community structure during winter in the southern Yellow Sea over the period 1985-2002. Fisheries Research, 2005, 71(1): 79-91.
- [16] Fariña A C, Azevedo M, Landa J, Duarte R, Sampedro P, Costas G, Torres M A, Cañas L. *Lophius* in the world: a synthesis on the common features and life strategies. ICES Journal of Marine Science, 2008, 65(7): 1272-1280.
- [17] 徐宾铎, 金显仕, 梁振林. 秋季黄海底层鱼类群落结构的变化. 中国水产科学, 2003, 10(2): 148-154.
- [18] 李忠炉, 金显仕, 单秀娟, 戴芳群. 小黄鱼体长-体质量关系和肥满度的年际变化. 中国水产科学, 2011, 18(3): 602-610.
- [19] Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationship: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology, 2006, 22(4): 241-253.
- [20] Richards R A, Nitschke P C, Sosebee K A. Population biology of monkfish *Lophius americanus*. ICES Journal of Marine Science, 2008, 65(7): 1291-1305.
- [21] Duarte R, Azevedo M, Landa J, Pereda P. Reproduction of anglerfish (*Lophius budegassa* Spainola and *Lophius piscatorius* linnaeus) from the Atlantic Iberian coast. Fisheries Research, 2001, 51(2/3): 349-361.
- [22] 姬广磊, 高天翔, 柳本卓. 黄海和日本海黄鮟鱇的形态和同工酶差异. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 73-79.
- [23] Johnson A K, Richards R A, Cullen D W, Sutherland S J. Growth, reproduction, and feeding of large monkfish, *Lophius americanus*. ICES Journal Marine Science, 2008, 65(7): 1306-1315.

- [24] Yoneda M, Tokimura M, Fujita H, Takeshita N, Takeshita K, Matsuyama M, Matsuura S. Ovarian structure and batch fecundity in *Lophiomus setigerus*. *Journal of Fish Biology*, 1998, 52(1): 94-106.
- [25] 林龙山, 姜亚洲, 严利平, 高天翔, 王金辉. 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. *上海海洋大学学报*, 2009, 18(4): 453-459.
- [26] 林龙山, 程家骅, 姜亚洲, 袁兴伟, 李建生, 高天翔. 黄海南部和东海小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*) 产卵场分布及其环境特征. *生态学报*, 2008, 28(8): 3485-3494.
- [27] 薛莹, 金显仕, 赵宪勇, 梁振林, 李显森. 秋季黄海中南部鱼类群落对饵料生物的摄食量. *中国海洋大学学报*, 2007, 37(1): 75-82.
- [28] 张波, 唐启升, 金显仕, 薛莹. 东海和黄海主要鱼类的食物竞争. *动物学报*, 2005, 51(4): 616-623.
- [29] 凌建忠, 李圣法, 严利平, 程家骅. 基于 Beverton-Holt 模型的东海带鱼资源利用与管理. *应用生态学报*, 2008, 19(1): 178-182.
- [30] 张波. 黄海中部高眼鲽的摄食及随体长的变化. *应用生态学报*, 2007, 18(8): 1849-1854.
- [31] Kim S, Zhang C I, Kim J Y, Oh J H, Kang S, Lee J B. Climate variability and its effects on major fisheries in Korea. *Ocean Science Journal*, 2007, 42(3): 179-192.
- [32] 张甲坤, 苏奋振, 杜云艳. 东海区中上层鱼类资源与海表温度关系. *资源科学*, 2004, 26(5): 147-152.
- [33] Pörtner H O, Berdal B, Blust R, Brix O, Colosimo A, Wachter B D, Giuliani A, Johansen T, Fischer T, Knust R, Lannig G, Naevdal G, Nedenes A, Nyhammer G, Sartoris F J, Serendero I, Sirabella P, Thorkildsen S, Zakhartsev M. Climate induced temperature effects on growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: developing a hypothesis for cause and effect relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*). *Continental Shelf Research*, 2001, 21(18-19): 1975-1997.
- [34] Cheung W W L, Lam V W Y, Sarmiento J L, Kearney K, Waston R, Pauly D. Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries*, 2009, 10(3): 235-251.