

## 浙南近海凤鲚时空分布及生物学分析

陈伟峰<sup>1,2</sup>, 胡忠健<sup>3</sup>, 叶深<sup>1,2</sup>, 陈继浓<sup>1,2</sup>, 薛峰<sup>1,2</sup>, 倪勇<sup>4</sup>, 彭欣<sup>1,2\*</sup>

- 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005;
- 浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 浙江 温州 325005;
- 温州市渔业技术推广站, 浙江 温州 325000;
- 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

**摘要:** 凤鲚(*Coilia mystus*)作为浙南近海的经济鱼类之一,近年来,由于长期的过度捕捞,其数量迅速下降。为探究浙南近海凤鲚资源的变动情况及其生物参数,2020年5月至2021年1月对浙南近海21个调查站位进行4个航次的底拖网调查,以生物量、丰度作为资源分布的数量指标,采用ELEFAN II技术和Beverton-Holt动态综合模型对凤鲚的生长和死亡参数进行估算并分析凤鲚资源变动趋势。结果表明:4个航次共采集凤鲚903尾,总出现率为52.4%,生物量和丰度最高值出现在夏季,分别为24.46 kg/km<sup>2</sup>和2.33×10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>;体长范围为43~224 mm,优势体长组为100~180 mm,占全年总数的84.81%,体长(*L*)和体重(*W*)的关系式为 $W=1.25\times 10^{-6}L^{3.2693}$ ( $R^2=0.9448$ );体重的生长拐点年龄为1.20 a。采用Pauly经验公式估算出凤鲚的自然死亡系数为0.75,采用长度变换渔获曲线法估算凤鲚的总死亡系数为3.06,捕捞死亡系数为2.31,当前开发率为0.76。Beverton-Holt动态综合模型显示,浙南近海凤鲚已处于过度开发状态。为有效保护并恢复浙南近海凤鲚资源,建议设立凤鲚种质资源保护区,加强对凤鲚产卵场、仔稚鱼保育场的保护。

**关键词:** 凤鲚;底拖网;资源量;开发率;浙南近海

中图分类号: P745

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2023)02-0117-08

## Spatio-temporal distribution and biological analysis of *Coilia mystus* in the coastal waters of south Zhejiang

CHEN Weifeng<sup>1,2</sup>, HU Zhongjian<sup>3</sup>, YE Shen<sup>1,2</sup>, CHEN Jinong<sup>1,2</sup>, XUE Feng<sup>1,2</sup>, NI Yong<sup>4</sup>, PENG Xin<sup>1,2\*</sup>

- Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, Zhejiang, China;
- Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bioresource, Wenzhou 325005, Zhejiang, China;
- Wenzhou Fisheries Technology Extension Service Center, Wenzhou 325000, Zhejiang, China;
- East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** As one of the economic fish species in the coastal waters of southern Zhejiang, *Coilia mustus* is being long-term overfished which has led its quantity to a rapid decline in recent year. To determine the the resources changes and biological parameters of *Coilia mystus* in the coastal waters of south Zhejiang, four bottom trawl voyages were conducted at 21 stations from May 2020 to January 2021. The catch per unit effort method was used to estimate the biomass distribution of *C. mystus*, the biological parameters of *C. mystus* were calculated using FiSAT II (Version 1.2.2), and the Beverton-Holt model was constructed to evaluate the resource changes. The results showed that a total of 903 *C. mystus* were collected in 4 bottom trawling surveys. The frequency of *C. mystus* at all stations was 52.4%. The body length of

收稿日期: 2022-09-06 修回日期: 2023-02-02 接受日期: 2023-04-28

作者简介: 陈伟峰(1993-),男,硕士,助理研究员,研究方向为鱼类生态学。E-mail: WMUchenwf@yeah.net

\* 通讯联系人: 彭欣(1979-)男,博士,研究员,研究方向为海洋生态学。E-mail: pengxin\_1128@163.com

基金项目: 国家自然科学基金(41976091)

引用格式: 陈伟峰, 胡忠健, 叶深, 等. 浙南近海凤鲚时空分布及生物学分析[J]. 生物资源, 2023, 45(2): 117-124.

Chen W F, Hu Z J, Ye S, et al. Spatio-temporal distribution and biological analysis of *Coilia mystus* in the coastal waters of south Zhejiang [J]. Biotic Resources, 2023, 45(2): 117-124.

*C. mystus* ranged from 43 to 224 mm, and the dominant body length was between 100 to 180 mm with a proportion of 84.81%. The relationship equation of body length and weight of *C. mystus* was  $W=1.25\times 10^{-6}L^{3.2693}$  ( $R^2=0.9448$ ). The weight growth inflection age was 1.20a. Natural mortality coefficient  $M$  was estimated as 0.75. The fishing mortality coefficient ( $F$ ) was equal to 2.31 ( $F=Z-M=2.31$ ). The exploitation rate was assessed as 0.76. The two-dimensional analysis showed that the exploitation of *C. mystus* in the coastal of south Zhejiang has been fully utilized. Therefore, it is recommended to establish a spawning ground reserve in the waters between Jiaojiang River estuary and Oujiang River estuary to protect and restore the resources of *C. mystus*.

**Key words:** *Coilia mystus*; bottom trawl; resource amount; exploitation rate; coastal of south Zhejiang

## 0 引言

浙南近海主要是指浙江中北部沿岸产卵场以南、机轮拖网禁渔区线以西,水深大于15 m的海域<sup>[1]</sup>。该海域地处浙江沿岸流和台湾暖流这两股低、高盐水系的交汇区<sup>[2]</sup>,椒江、甌江的淡水输入给其带来了大量的营养物质,复杂的潮流造就了浙南近海多样的生境类型,渔业资源较为丰富<sup>[3]</sup>。长期高强度拖网捕捞使得近年来东海近海渔业资源呈现下降趋势<sup>[4]</sup>,以往常见的大型经济种类带鱼(*Trichurus lepturus*)、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)等衰退明显,且出现了鱼体小型化现象,鱼类的营养层次较以往下降明显<sup>[5,6]</sup>。

凤鲚(*Coilia mystus*),隶属于鲱形目(Clupeiformes)鳀科(Engraulidae)鳀属(*Coilia*),是一种短距离溯河洄游鱼类,在我国沿海均有分布<sup>[7]</sup>。东海近海凤鲚产量相对较高,20世纪90年代,上海、江苏、浙江省的凤鲚年产量达 $1.3\times 10^4$  t<sup>[8]</sup>。国内学者对凤鲚的研究主要集中于长江口流域<sup>[9,10]</sup>和钱塘江口<sup>[11]</sup>,研究内容主要涉及资源变动<sup>[12]</sup>、摄食习性<sup>[13]</sup>和繁殖生物学<sup>[14]</sup>等。关于浙南地区凤鲚的研究报道较少,本文根据2020至2021年在浙南海域开展的4个航次渔业资源调查项目数据,采用渔业资源评估软件FiSAT II (Version 1.2.2)计算凤鲚生长参数和死亡参数,通过建立其动态综合模式来分析资源利用状况,进而确定研究区域内凤鲚最适开捕体长、最高持续渔获量等重要信息,为更有效地保护凤鲚资源提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查站位和调查方法

于2020年5月(春季)、8月(夏季)、11月(秋季)和2021年1月(冬季)对浙南海域渔业资源进行本底调查。共设调查站位21个(121°30′~122°10′E; 27°10′~29°00′N),站位布设如图1所示。调查船号为“浙洞渔10109”,调查网具为底拖网,船长47 m,总吨位300 t,主机功率为396 kW。底拖网水下网口张

开面积约为40 m(宽)×4 m(高),囊网网目尺寸20 mm。各站位在白天以2~3 knots的速度拖曳1 h左右。将鱼类样品进行分类、鉴定和保存,并测量体长、体重等基础生物学指标。

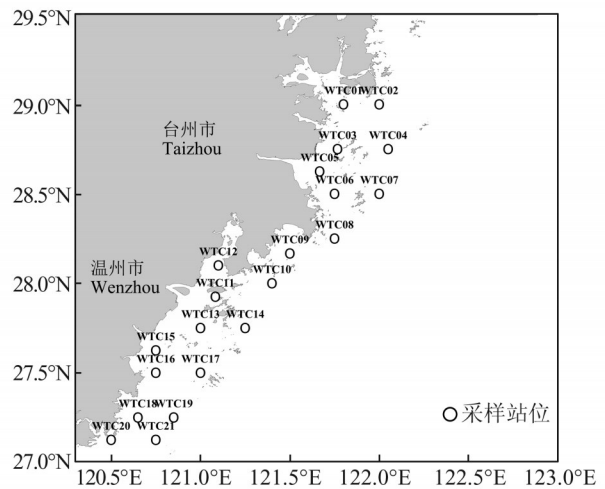


图1 浙南近海凤鲚资源调查站位

Fig. 1 The sampling stations of *Coilia mystus* in the coastal of south Zhejiang

### 1.2 数据处理方法

底拖网各站位调查数据用单位捕捞努力量渔获量(Catch Per Unit Effort, CPUE)进行标准化处理,计算公式为:

$$CPUE_i = W_i / (S_i \times t_i)$$

式中,  $CPUE_i$  为第  $i$  站点凤鲚的单位捕捞努力量渔获量(g/h/km<sup>2</sup>);  $W_i$  为第  $i$  站点捕获的凤鲚重量(g);  $t_i$  为第  $i$  站点的作业时间(h);  $S_i$  为第  $i$  个站点的拖曳面积(km<sup>2</sup>)。

体长组距和体重组距分别采用Snedecor和Sturges分组组距法计算<sup>[15,16]</sup>。计算公式为:

$$\text{体长组距 (Snedecor)} = \text{range} / (\text{range} / \text{SD} \times 4)$$

$$\text{体重组距 (Sturges)} = \text{range} / (1 + 3.322 \lg N)$$

式中, range 为体长和体重的全距, SD 为体长标准差,  $N$  为统计数量。

体长体重关系采用幂函数拟合,表达式为:

$$W=a \times L^b$$

式中,  $W$  为体重(g),  $L$  为体长(mm),  $a$  为生长的条件因子,  $b$  为幂指数。

采用 FiSAT II 软件中的 ELEFAN I<sup>[17]</sup> (electronic length frequency analysis I) 技术拟合凤鲚生长曲线并估算其生长参数, 生长参数采用拟合优度最大且最合理时对应的数值估算<sup>[18]</sup>; 凤鲚的生长采用 von Bertalanffy 生长方程<sup>[19]</sup>拟合:

$$l_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

$$W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

式中,  $L_{\infty}$  为最大体长,  $W_{\infty}$  为最大体重,  $k$  为生长系数,  $t_0$  为理论体长或体重为零时的年龄。

$t_0$  计算采用 Pauly<sup>[17]</sup> 的经验公式:

$$\ln(-t_0) = -0.392 - 0.275 \ln L_{\infty} - 1.038 \ln k$$

式中,  $L_{\infty}$  为渐进全长。

$M$  采用 Pauly 经验公式<sup>[17]</sup>:

$$\lg M = -0.0066 - 0.279 \lg L_{\infty} + 0.654311 \lg k + 0.4634 \lg T$$

式中,  $M$  为自然死亡系数,  $T$  为调查区域在调查期内的平均水温。本研究海域在 2020 年 5 月至 2021 年 1 月的平均水温经实测为 18.5 °C。

总死亡系数  $Z$  由体长变换渔获曲线法<sup>[20]</sup>估算, 计算过程如下: ①采用 Von-Bertalanffy 生长方程将每一体长组中值转换为相对年龄; ②计算各体长组的尾数占总样本尾数的比例, 分别除以其相应体长组由下限生长到上限所需要的时间  $dt$ ; ③回归方程  $\ln(N/dt) = a + bt$  的参数  $a$  和  $b$  采用一元线性回归方程计算, 其中  $t$  为对应每一体长组中值的年龄, 方程斜率负值  $-b$  为总死亡系数  $Z$ 。

捕捞死亡占总死亡的比例即为资源开发率  $E$ :

$$E = F/Z = (Z - M)/Z$$

式中,  $Z$  为总死亡系数,  $F$  为捕捞死亡系数。

根据 Beverton Holt 动态综合模型绘制单位补充量渔获量 ( $Y'/R$ ) 和相对单位补充量 ( $B'/R$ ) 二维曲线评价凤鲚资源的利用状况<sup>[18, 21]</sup>。  $E_{\max}$  表示获得最大渔获量的开发率;  $E_{10}$  为  $Y'/R$  边际增长减少 10% 的开发率;  $E_{50}$  为资源量下降原始水平 50% 的开发率。

数据处理和分析、图形绘制用 SPSS 20、FiSAT II (Version 1.2.2) 和 Suffer 13 软件进行。

## 2 结果

### 2.1 凤鲚资源时空分布

4 个航次底拖网调查共捕获凤鲚 903 尾, 站位出

现频率春季 (47.62%)、夏季 (90.48%)、秋季 (52.34%) 和冬季 (23.81%)。调查海域凤鲚年均生物量为 11.26 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 年均丰度为 1.02 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>。调查海域各季节凤鲚平均重量、数量 CPUE 如图 2、3 所示, 春季平均生物量为 8.10 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 最高值出现在 WTC14 站位, 为 99.76 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 平均丰度为 0.51 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 丰度最高值同样出现在 WTC14 站位, 为 3.86 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>; 夏季平均生物量为 24.46 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 最高值出现在 WTC04 站位, 生物量为 93.34 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 平均丰度为 2.33 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 最高值出现在 WTC20 站位, 为 8.51 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>; 秋季平均生物量为 10.33 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 最高值出现在 WTC16 站位, 为 95.63 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 平均丰度为 1.12 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 最高值出现在 WTC16 站位, 为 13.88 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>; 冬季平均生物量为 2.15 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 最高值出现在 WTC01 站位, 为 28.29 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 平均丰度为 0.14 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>, 最高值出现在 WTC12 站位, 为 0.99 × 10<sup>3</sup> ind./km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>。

### 2.2 体长、体重分布

对 4 个航次调查获得的 903 尾凤鲚进行生物学测量, 结果显示, 凤鲚的体长范围为 43~224 mm, 平均体长为 (133.00 ± 31.14) mm。根据样本分组公式, 得出组距计算值为 17.88 mm, 将 20 mm 定为体长统计组距, 以此绘制体长频率分布图 (图 3)。年度优势体长为 100~180 mm, 占 84.81%, 其余体长组占比均小于 10.00%; 凤鲚体重范围为 0.29~55.73 g, 平均体重为 11.88 g。组距计算值为 5.12 g, 将 5 g 定为体重统计组距, 得出年度优势体重为 0~20 g, 占 83.59%, 其余体重组占比均小于 10.00%。

### 2.3 生长方程

经幂函数拟合, 凤鲚体长与体重的关系为:  $W = 1.25 \times 10^{-6} L^{3.2693}$ , ( $R^2 = 0.9448$ ,  $N = 903$ ) (图 4)。

### 2.4 凤鲚资源利用现状

基于凤鲚体长频数数据, 应用 ELEFAN 技术求得 Von Bertalanffy 生长方程的生长参数  $L_{\infty} = 252$  mm,  $k = 0.440$ ,  $W_{\infty} = 70.94$  g,  $t_0 = -0.17$  a, Von Bertalanffy 体长体重生长方程分别为:  $l_t = 252 [1 - e^{-0.44(t+0.17)}]$ ;  $W_t = 70.94 [1 - e^{-0.44(t+0.17)}]^{3.2693}$  (图 5)。

总死亡系数  $Z$  由体长变换渔获率曲线法 (Length-converted Catch Curve) 进行计算, 根据未达补充年龄段和体长接近的年龄段不能用做回归的原则拟合的方程  $\ln(N/dt) = 11.81 - 1.33t$  ( $R^2 =$

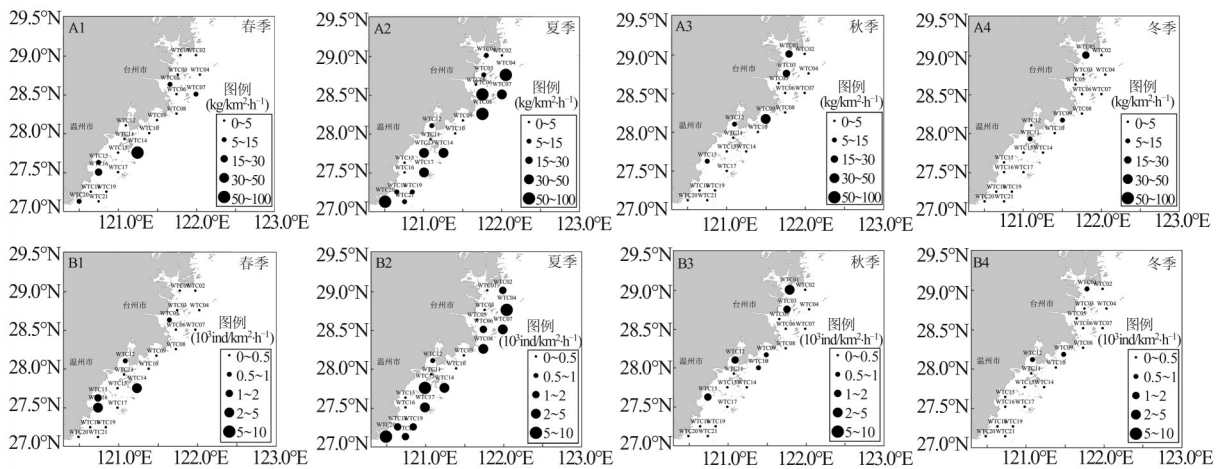


图 2 凤鲚重量、数量时空变化(A, 生物量; B, 丰度)

Fig. 2 Seasonal variation of biomass and abundance of *Coilia mystus* (A, biomass; B, abundance)

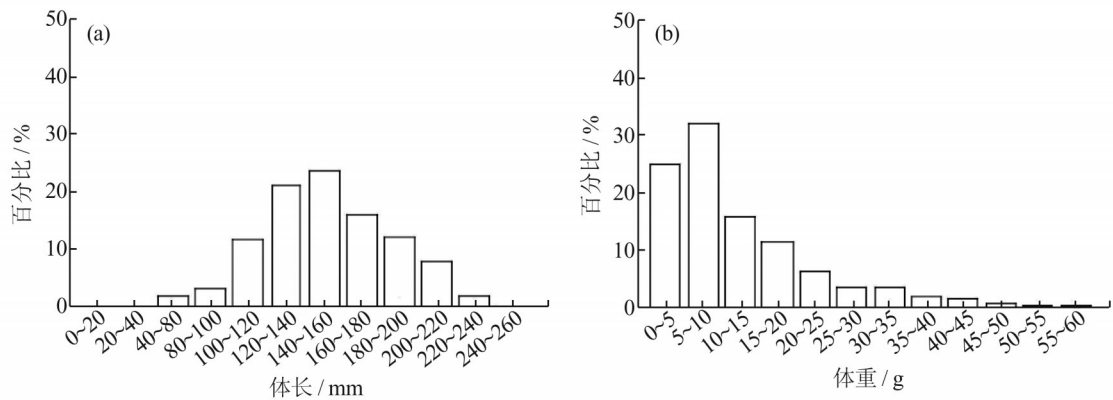


图 3 凤鲚体长(a)体重(b)组成

Fig. 3 The frequency distribution of body length (a) and body weight (b) of *Coilia mystus*

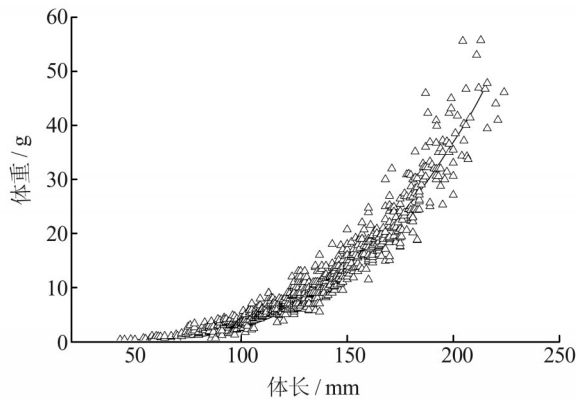


图 4 凤鲚体长与体重的关系

Fig. 4 Relationship between body length and weight of *Coilia mystus*

0.913), 方程斜率的负值即总死亡系数  $Z$  为 3.06。根据 Pauly<sup>[17]</sup> 的经验公式计算得出  $M=0.75$ , 则捕捞死亡系数  $F=Z-M=2.31$ , 又由资源开发率  $E=F/Z$ , 得 2020~2021 年浙南近海凤鲚的资源开发率为 0.76, 体重生长拐点年龄  $t_l$  值为 1.20 a, 相对应的体

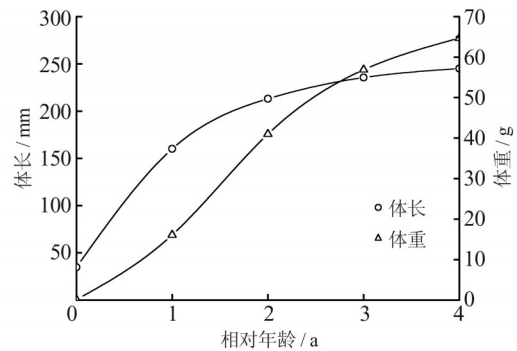


图 5 凤鲚 Von Bertalanffy 生长曲线

Fig. 5 Von Bertalanffy growth curve for *Coilia mystus*

长为 153 mm, 体重为 16.00 g (图 6)。

#### 2.5 凤鲚资源利用现状

根据相对单位补充渔获量 ( $Y'/R$ ) 和开发率 ( $E$ ) 的关系曲线 (图 7), 估算出  $E_{\max}=0.677$ ,  $E_{10}=0.562$ ,  $E_{50}=0.348$ , 而当前的开发率  $E=0.76$ , 高于理论最大开发率  $E_{\max}=0.677$ , 表明 2020—2021 年浙南近海凤鲚种群已处于过度开发状态。当  $E=$

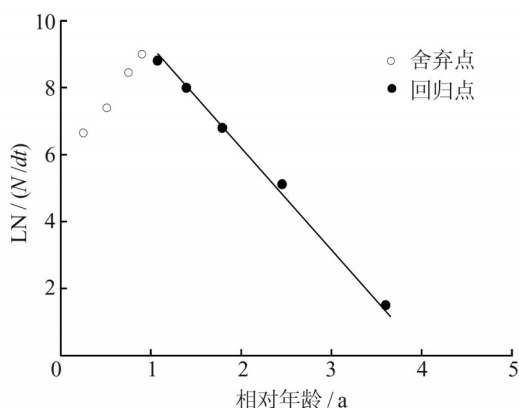
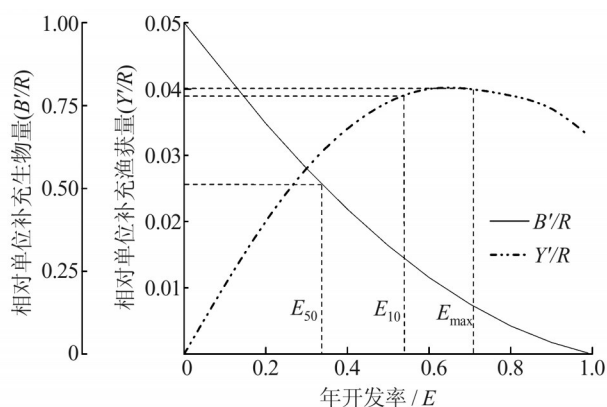


图6 凤鲚体长变换渔获率曲线

Fig. 6 Length-converted catch curve of *Coilia mystus*

0.677时,  $Y'/R$  达到最大值;若  $E$  继续增大,  $Y'/R$  则随着  $E$  的增加而减少。从生物量资源维持来看,以目前开发率为0.76时,仅11.5%的资源量得到保持;将  $E$  降至  $E_{\max}$  时资源量保持量升至17.3%,若  $E$  持续降低至  $E_{50}$  时,则可保持50%的资源量。

图7 凤鲚相对单位补充量渔获量( $Y/R$ )和相对单位补充资源量( $B/R$ )曲线图Fig. 7 Two-dimensional analysis for relative yield per recruit, relative biomass per recruit and exploitation ratio of *Coilia mystus*

### 3 讨论

#### 3.1 凤鲚资源分布规律

过去对凤鲚资源的报道多集中于长江口,20世纪80年代以来,平均捕捞量为1961.3 t/a,占长江口鱼虾类总产量的48.6%<sup>[22]</sup>,1998年至2006年长江口凤鲚渔获量曲线呈下降趋势<sup>[23]</sup>。统计2008年至2017年长江口靖江段的343次采样中采集到凤鲚样本130次,出现率37.9%<sup>[12]</sup>。本次研究开展的4个航次,共84网次的拖网调查中,采集凤鲚共44网次,出现率为52.4%。按季节看,凤鲚平均生物量最高出现在夏季,为24.46 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>,其次为秋

季(10.33 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>)和春季(8.10 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>),冬季凤鲚生物量最低,为2.15 kg/km<sup>2</sup>·h<sup>-1</sup>。凤鲚属于短距离溯河洄游鱼类<sup>[7]</sup>,根据凤鲚的繁殖行为,春季研究海域的凤鲚向椒江、甌江及飞云江进行生殖洄游,造成了调查海域内凤鲚的生物量总体不高。夏季产完卵的凤鲚及子代顺河而下进行索饵洄游,此时调查海域内凤鲚的生物量和丰度均达到了最高值。冬季生物量最低,究其原因,冬季受太阳辐射及沿岸流等影响,凤鲚由沿岸向外侧较深的海域进行越冬洄游<sup>[22]</sup>。

#### 3.2 生物学特征分析

研究表明,同种鱼类由于生境的不同会导致生长参数产生差异<sup>[24]</sup>。本研究结果显示,浙南近海凤鲚的平均体长和平均体重分别为132.72 mm和11.88 g,其规格与舟山海域的凤鲚较为接近(表1),明显小于甌江凤鲚<sup>[25]</sup>,主要是因为甌江凤鲚采用流刺网采集,且采集时间为5—8月份,此时凤鲚多为繁殖个体,其规格相对较大。本次调查采用拖网作业,对凤鲚规格的选择性较低,在捕获大个体凤鲚的同时亦捕获其他规格个体,这是造成平均体长、体重较大差异的主要原因。鱼类体长与体重的幂函数关系  $W=aL^b$ ,  $b$  通常被认为是异速生长因子<sup>[26]</sup>,同种鱼类在不同阶段  $b$  值存在差异。本文中,浙南近海凤鲚群体的  $b$  值为3.2693,与舟山近海群体( $b=3.212$ )较为接近<sup>[27]</sup>;略高于长江口群体( $b=3.013$ <sup>[28]</sup>、 $b=3.075$ <sup>[29]</sup>、 $b=3.02$ <sup>[30]</sup>);高于甌江群体( $b=2.605$ <sup>[25]</sup>)。可以看出凤鲚在不同区域的生长速率存在一定差异,造成差异的原因可能是外在的水域环境和饵料丰富度以及自身的种质资源的不同。此外,研究方法的不同也会对结果产生影响。当鱼类的理论生长起点年龄  $t_0$  为负数时,说明该鱼在幼鱼或仔稚鱼阶段不是匀速生长,此时就需要使用线性模型、Gompertz 模型或者其他模型对其进行模拟。本研究中,凤鲚的  $t_0=-0.17a$ ,表明本次获得的 Von Bertalanffy 方程不能用来模拟该水域凤鲚仔稚鱼或幼鱼的生长特征,仔稚鱼或幼鱼的生长特征还有待进一步研究。

#### 3.3 资源管理

有研究认为,自然死亡为种群死亡的主要原因,此时  $Z/K$  值  $\leq 3$ ,反之则  $Z/K > 3$ <sup>[31]</sup>。在浙南近海凤鲚的研究中,  $Z/K=3.56$ ,表明浙南近海种群的死亡主要受捕捞影响。鱼类的开发率常常被用来评估一个鱼类种群受人类捕捞活动的影响程度<sup>[32]</sup>。Gulland<sup>[33]</sup>提出的鱼类资源最佳开发率0.50,在本次研究中,调查区域内凤鲚的开发率  $E=0.76$ ,表明在

表1 不同水域凤鲚生物学参数比较  
Table 1 Comparison of biological parameters of *Coilia mystus* in different waters

| 研究水域 | 研究时间       | 网具   | 平均体长   | 平均体重  | 生长参数                   |          | 文献来源 |
|------|------------|------|--------|-------|------------------------|----------|------|
|      |            |      |        |       | <i>a</i>               | <i>b</i> |      |
| 长江口  | 1998—1999年 | 流刺网  | 147.70 | 12.50 | $3.788 \times 10^{-6}$ | 3.013    | [28] |
| 长江口  | 2013年      | 底拖网  | 116.10 | 6.83  | $2.93 \times 10^{-6}$  | 3.075    | [29] |
| 靖江   | 2008—2017年 | 定置张网 | 105.60 | 5.07  | $2.958 \times 10^{-6}$ | 3.02     | [30] |
| 舟山近海 | 2003年      | 定置张网 | 135.01 | 13.39 | $1.249 \times 10^{-6}$ | 3.212    | [8]  |
| 瓯江   | 2006年      | 流刺网  | 172.50 | 22.12 | $1.30 \times 10^{-2}$  | 2.605    | [25] |
| 浙南近海 | 2020年      | 底拖网  | 132.72 | 11.88 | $1.25 \times 10^{-6}$  | 3.2693   | 本文   |

研究期内该海域的风鲚已处于过度开发状态。Mehanna<sup>[34]</sup>认为一般来说,在相对单位补充量渔获量与开发率关系曲线中,最大开发率 $E_{\max}$ 是衡量种群开发程度的标准,当开发率位于 $E_{\max}$ 的左侧区域时种群开发利用可持续,当开发率位于 $E_{\max}$ 的右侧区域时种群资源将面临威胁。本次研究中风鲚的开发率 $E=0.76$ ,位于 $E_{\max}(0.677)$ 的右侧区域,同样证明了风鲚种群资源的过度开发情况。

为有效保护浙南近海风鲚资源,建议开展对风鲚产卵场、仔稚鱼保育场的调查;在椒江、瓯江等重要河口实施禁渔制度,加大渔政执法力度;建议在瓯江口和椒江口及临近海域设立风鲚产卵场保护区,保护补充群体和产卵群体,以实现风鲚资源的可持续利用。

## 参考文献

- [1] 周永东,金海卫,蒋日进,等. 浙江中北部沿岸春、夏季鱼卵和仔稚鱼种类组成与数量分布[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 880-889.  
Zhou Y D, Jin H W, Jiang R J, *et al.* The category composition and abundance distributions of ichthyoplankton along the north-central coast of Zhejiang Province in spring and summer [J]. J Fish China, 2011, 35 (6): 880-889.
- [2] 宋海棠,丁天明. 浙江渔场鲈鱼 *Scomber japonicus*、蓝圆鲹 *Decapterus maruadsi* 不同群体的组成及分布[J]. 浙江水产学院学报, 1995, 14(1): 29-35.  
Song H T, Ding T M. The composition and distribution of different colonies of *Scomber japonicus* & *Decapterus maruadsi* in Zhejiang fishing area [J]. Journal of Zhejiang Fisheries University, 1995, 14(1): 29-35.
- [3] 陈亚瞿,朱启琴. 东海带鱼摄食习性、饵料基础及与渔场的关系[J]. 水产学报, 1984, 8(2): 135-145.  
Chen Y Q, Zhu Q Q. A study on the feeding habit of hairtail fish and the relationship between its food basis and fishing grounds in the Dong Hai (east China Sea) [J]. J Fish China, 1984, 8(2): 135-145.
- [4] 樊伟,周甦芳,崔雪森,等. 拖网捕捞对东海渔业资源种群结构的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(10): 1697-1700.  
Fan W, Zhou S F, Cui X S, *et al.* Impact of trawl fishing on fisheries population components in East China Sea [J]. Chin J Appl Ecol, 2003, 14(10): 1697-1700.
- [5] 夏陆军,周青松,俞存根,等. 乐清湾口海域春秋季节鱼类群落多样性研究[J]. 渔业现代化, 2016, 43(2): 68-75.  
Xia L J, Zhou Q S, Yu C G, *et al.* Study on fish community diversity in Yueqing Bay mouth during spring and autumn [J]. Fish Mod, 2016, 43(2): 68-75.
- [6] 孙鹏,王咏雪,田阔,等. 浙江5个海湾鱼类分类多样性研究[J]. 海洋与湖沼, 2018, 49(6): 1325-1333.  
Sun P, Wang Y X, Tian K, *et al.* Taxonomic diversity of fish species in five bays in Zhejiang Province [J]. Oceanol Limnol Sin, 2018, 49(6): 1325-1333.
- [7] 袁传宓,秦安龄. 我国近海鲚鱼生态习性及其产量变动状况[J]. 海洋科学, 1984, 8(5): 35-37.  
Yuan C M, Qin A L. Ecological habits and distribution of *Coilia* along the Chinese coast and its changes of output [J]. Marine Sciences, 1984, 8(5): 35-37.
- [8] 薛利建,周永东,徐开达,等. 舟山近海风鲚生长参数及资源量、持续渔获量分析[J]. 福建水产, 2011, 33(2): 18-23, 32.  
Xue L J, Zhou Y D, Xu K D, *et al.* Estimation of biological parameter, biomass, sustaining yield for *Coilia mystus* in the offshore of Zhoushan [J]. J Fujian Fish, 2011, 33(2): 18-23, 32.
- [9] 倪勇. 长江口区风鲚的渔业及其资源保护[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 75-77.  
Ni Y. Fishery resources conservation for *Coilia mystus* in the Changjiang Estuary [J]. J Fish Sci China, 1999, 6 (5): 75-77.
- [10] 施炜纲,王博. 长江河口区风鲚的资源现状[J]. 水生生物学报, 2002, 26(6): 648-653.

- Shi W G, Wang B. Status quo of tapertail anchovy resource in the estuaries of the Yangtze River [J]. Acta Hydrobiol Sin, 2002, 26(6): 648-653.
- [11] 洪波, 王森, 周轩. 杭州湾北部张网对凤鲚幼鱼的损害性分析[J]. 水产科技情报, 2020, 47(6): 332-336.
- Hong B, Wang M, Zhou X. Damage analysis of set nets to juvenile *Coilia mystus* in the north of Hangzhou Bay [J]. Fish Sci Technol Inf, 2020, 47(6): 332-336.
- [12] 倪健夫, 郭弘艺, 唐文乔, 等. 长江口汛期凤鲚捕捞量年际变化研究[J]. 海洋渔业, 2020, 42(2): 192-204.
- Ni J F, Guo H Y, Tang W Q, *et al.* On interannual variations of *Coilia mystus* catches in the Yangtze River Estuary [J]. Mar Fish, 2020, 42(2): 192-204.
- [13] 刘守海, 徐兆礼. 长江口和杭州湾凤鲚胃含物与海洋浮游动物的种类组成比较[J]. 生态学报, 2011, 31(8): 2263-2271.
- Liu S H, Xu Z L. Comparison of zooplankton lists between *Coilia mystus* food contents and collections from the Yangtze River Estuary & Hangzhou Bay [J]. Acta Ecol Sin, 2011, 31(8): 2263-2271.
- [14] 管卫兵, 陈辉辉, 何文辉. 长江口凤鲚生殖群体的动态特征[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(5): 1-9.
- Guan W B, Chen H H, He W H. Reproductive characteristics and condition status of *Coilia mystus* (Linnaeus) in the Changjiang River Estuary [J]. Mar Fish Res, 2011, 32(5): 1-9.
- [15] 蔡一林, 岳永生. 水产生物统计[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 7-8.
- Cai Y L, Yue Y S. Aquatic biostatistics [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 7-8.
- [16] 陈国宝, 李永振, 陈丕茂, 等. 鱼类最佳体长频率分析组距研究[J]. 中国水产科学, 2008, 15(4): 659-666.
- Chen G B, Li Y Z, Chen P M, *et al.* Optimum interval class size of length-frequency analysis of fish [J]. J Fish Sci China, 2008, 15(4): 659-666.
- [17] Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. ICES J Mar Sci, 1980, 39(2): 175-192.
- [18] Munro J L, Pauly D. A simple method for comparing growth of fishes growth of fishes and invertebrates [J]. ICLARM Fishbyte, 1983, 1: 5-6.
- [19] Bertalanffy L. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II) [J]. Human Biol, 1938, 10: 181-213.
- [20] 费鸿年, 张诗全. 水产资源学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990.
- Fei H N, Zhang S Q. Fishery resources science [M]. Beijing: Science Press, 1990.
- [21] Tian H W, Duan X B, Xiong X, *et al.* Estimation of growth and population parameters of elongate loach (*Leptobotia elongata*) in the upper reaches of the Yangtze River [J]. Res Environ Yangtze Basin, 2013, 22(10): 1305-1312.
- [22] 张国祥, 华家栋. 长江口凤鲚资源的变动及其最大持续产量的估算[J]. 水产科技情报, 1990, 17(5): 130-134.
- Zhang G X, Hua J D. Variation of *Coilia mystus* resources and estimation of its maximum sustainable yield in the Yangtze River Estuary [J]. Fish Sci Technol Inf, 1990, 17(5): 130-134.
- [23] 郑颖. 长江口凤鲚的资源评价[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(35): 17140-17143.
- Zheng Y. Evaluation of *Coilia mystus* in the Yangtze River Estuary [J]. J Anhui Agric Sci, 2012, 40(35): 17140-17143.
- [24] Basilone G, Guisande C, Patti B, *et al.* Linking habitat conditions and growth in the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) [J]. Fish Res, 2004, 68(1/3): 10-19.
- [25] 仲伟, 邵鑫斌, 胡利华, 等. 凤鲚瓯江种群的生物学特性[J]. 温州大学学报(自然科学版), 2009, 30(4): 14-18.
- Zhong W, Shao X B, Hu L H, *et al.* Biological characteristics of *Coilia mystus* in the Oujiang River [J]. J Wenzhou Univ Nat Sci, 2009, 30(4): 14-18.
- [26] 黄真理, 常剑波. 鱼类体长与体重关系中的分形特征[J]. 水生生物学报, 1999, 23(4): 330-336.
- Huang Z L, Chang J B. Fractal characteristics of length-weight relationship in fish [J]. Acta Hydrobiol Sin, 1999, 23(4): 330-336.
- [27] Dulcic J, Pallaoro A, Matic-Skoko S, *et al.* Age, growth and mortality of common two-banded seabream [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2011, 27(5): 1254-1258.
- [28] 倪勇, 王云龙, 蒋玫, 等. 长江口凤鲚的渔业生物学特性[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 69-71.
- Ni Y, Wang Y L, Jiang M, *et al.* Biological characteristics of *Coilia mystus* in the Changjiang Estuary [J]. J Fish Sci China, 1999, 6(5): 69-71.
- [29] 于晓. 长江口凤鲚繁殖群体的生物学特性研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2014.
- Yu X. Study on biological characteristics of breeding population of *Coilia mystus* in the Yangtze River Estuary [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2014.
- [30] 倪健夫, 郭弘艺, 唐文乔, 等. 长江靖江段沿岸凤鲚丰度的时间格局及生物学研究[J]. 海洋渔业, 2020, 42(5): 560-570.
- Ni J F, Guo H Y, Tang W Q, *et al.* Temporal distribution and biological characteristics of *Coilia mystus* in

- Jingjiang section of the Yangtze River [J]. Mar Fish, 2020, 42(5): 560-570.
- [31] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- Zhang B Y. Fisheries resource assessment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995.
- [32] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- Yin M C. Fish ecology [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1995.
- [33] Gulland J A. Fish stock assessment: a manual of basic methods [M]. New York: FAO/Wiley Press, 1971.
- [34] Methanna S F. Stock assessment and management of the Egyptian sole *Solea aegyptiaca* Chabanaud, 1927 (Osteichthyes: Soleidae), in the Southeastern Mediterranean, Egypt [J]. Turkish Journal of Zoology, 2007, 31 (4): 379-388.
- (编辑: 张丽红)