

长江口凤鲚生殖群体的动态特征

管卫兵^{1,2} 陈辉辉 何文辉^{3*}

(¹上海海洋大学海洋科学学院, 201306)

(²大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室 上海海洋大学, 201306)

(³上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

摘 要 根据 2005、2006、2008、2009 年在长江口附近水域采集的凤鲚样品, 通过测量其体长、体重、性腺重、肝重、繁殖力等生物学参数, 对凤鲚生殖群体的生殖特征和条件状况进行了研究。结果表明, (1) 凤鲚生殖群体的体长、体重范围分别为 61.2~224.3 mm、2.1~32.7 g; 凤鲚雌性生殖群体的体长和体重普遍大于雄性, 尤其是 2008、2009 年。而且随着体长的增加, 体重差异越大; 同等体长的雌性体重大于雄性。不同年份生长速度不同, 其中 2006 年生长状况最差; (2) 凤鲚生殖潜能受鱼体长、体重的影响比较密切。2005 年性腺发育最好, 2006 年性腺发育最差; (3) 凤鲚生殖群体肝重与体长、体重呈正相关。凤鲚肝重与体长、体重拟合关系式存在显著的性别差异, 同等体长的雌性肝重大于雄性。雌、雄凤鲚的肥满度有相似的变化趋势, 2006 年凤鲚的肥满度最小, 其他年份雌、雄肥满度 K 值变化不显著。雌、雄凤鲚的脂肪重和脂肪系数都没有显著的性别差异。总之, 短寿命凤鲚的生殖特征和条件状况年际间变化较大, 尤其是 2006 年凤鲚生殖群体的 K 值较低, 体长和体重较大, 但是性腺较轻, 反映了该年长江流域极端高温、汛期降雨量严重偏低的特点。而 2005 年为历史上温度极高的年份之一, 此年凤鲚生长速度减缓, 但是性腺发育状况最好, 条件状况并没有明显降低。这个结果表明, 凤鲚生殖群体的动态变化受长江口地区气候年际变化所影响, 径流量和温度都影响河口地区生活的凤鲚群体, 径流量的减少对凤鲚生长和生殖有较高的负面影响, 而温度升高却促进了生殖状况的提高。

关键词 凤鲚 生殖特征 条件状况 生物学参数

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)05-0001-09

Reproductive characteristics and condition status of *Coilia mystus* (Linnaeus) in the Changjiang River estuary

GUAN Wei-bing^{1,2} CHEN Hui-hui¹ HE Wen-hui^{3*}

(¹College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, 201306)

(²Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, 2013060)

(³College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, 201306)

ABSTRACT To detect the reproductive characteristics and condition status of *Coilia mystus* (Linnaeus) in the Changjiang River estuary, a total of 2 138 specimen were collected during

上海市科委重大项目(09DZ120010C)资助

* 通讯作者。E-mail: whh@shou.edu.cn

收稿日期: 2010-12-13; 接受日期: 2011-07-05

作者简介: 管卫兵 (1972-), 男, 副教授, 主要从事资源生殖与恢复生态研究。E-mail: wbguan@shou.edu.cn, Tel: (021)61900328

breeding season in 2005, 2006, 2008 and 2009, and the biological parameters of *C. mystus* including body length, body weight, gonad weight, liver weight, fecundity *etc.* were measured. The results showed that (1) Body length of the samples ranged from 61.2 to 195.0 mm, body weight ranged from 2.1 to 32.7 g; and female weighted more than male, especially in the years of 2008 and 2009. The weight difference between male and female became greater with the increasing of body length. The growth rates were different among years, with the lowest value in 2006. (2) There were close relationship between the reproductive capacity and the body length and body weight. The gonad development was the best in 2005, and the worst in 2006. (3) Liver weight of the samples showed positive correlation with the body length and body weight, and there were dimorphism between the sexes; the liver weight of female weighted more than male of the same body length. The condition factor (K) of the *C. mystus* showed the same trend in both sexes and the smallest condition factor was found in 2006; no apparent variations were observed in other years. There were also no significant difference between fat body weight and fat index between the sexes. In other words, the population of the *C. mystus* had higher condition factor (K), greater body length and body weight, yet lighter gonad in 2006. The year of 2006 experienced less river discharge and higher temperatures than many former years. While 2005 was the second warmest year in history record, and the samples showed slow growth, good condition in gonad instead, and condition factor did not decrease rapidly. In conclusion, the reproductive characteristics and body condition of the short-life species *C. mystus* varied greatly in different years, which may be caused by yearly weather changes in the Changjiang River estuary.

KEY WORDS *Coilia mystus* Reproductive characteristics Condition status
Biological parameter

凤鲚 *Coilia mystus* 是小型短距离洄游鱼类,在东海、黄海、渤海均有分布,它是长江口重要的经济鱼种之一。20世纪90年代长江口凤鲚最大持续产量可达2 187.6 t(张国祥等 1990)。近年来,产量迅速下降至1 000 t(刘凯等 2005)左右,资源状况令人堪忧。

国内学者对长江口凤鲚生物学研究较多(施炜纲等 2002;倪勇 1999;倪勇等 1999;曾强等 1993;刘凯等 2004;张国祥等 1990),对凤鲚的繁殖力、性成熟个体大小、洄游时间等作了较为深入的研究。此外,亦有部分学者对长江口地区凤鲚卵和幼鱼的分布做过相关调查,指出其卵和鱼苗的密度有下降趋势(王金辉等 2007;蒋玫等 2009)。但是,有关凤鲚生殖潜能群体年间的动态变化尚无报道。为此,本研究旨在初步了解目前长江口凤鲚生殖群体的生殖特征和条件状况,及条件状况与生殖潜能的关系,进而为凤鲚资源的合理利用提供科学依据。

1 材料方法

2005年4~5月、2006年4~5月、2008年5~8月、2009年4~7月在长江口陈家镇、九段沙水域,通过定置网采集凤鲚样品,这4年间分别采集201、398、812、727尾凤鲚样品。测定其体长、体重、纯重、肝重、性腺重、性别、脂肪重等生物学参数,并计算凤鲚的性腺指数、肝指数、脂肪系数和条件指数。此外,留取性腺发育至IV期的卵巢,用中性甲醛溶液固定,计算凤鲚的繁殖力。

所有测量数据采用SPSS 17 for Windows(SPSS Inc., 2008)软件进行统计学分析,显著水平 α 取0.05。回归分析用来检验体长、体重拟合曲线的显著性,方差分析用来检验不同性别或不同年龄组生物学参数差异的显著性,协方差分析用来比较不同情况下凤鲚体长和体重拟合曲线的差异性。所有图绘制均采用SIGMAPLOT

11(Systat Software, Inc., 2008)。

2 结果

2.1 体长与体重的关系

2.1.1 体长、体重的年间变化

研究表明,凤鲚的体长、体重范围分别为 61.2~224.3 mm(平均值 127.4 ± 0.53 mm)、2.1~33.7 g(平均值 9.11 ± 0.12 g),其中优势体长、体重范围分别为 92.5~167.5 mm、3.5~16.5 g,占总体比例分别为 78.97%、85.83%。图 1 显示,雌性体长和体重的均值大于雄性($P < 0.001$)。尤其是 2006 年与 2008 年,体长和体重均有极显著的差异($P < 0.001$)。由体长、体重的年际变化可以看出,长江口凤鲚生殖群体有小型化的趋势。

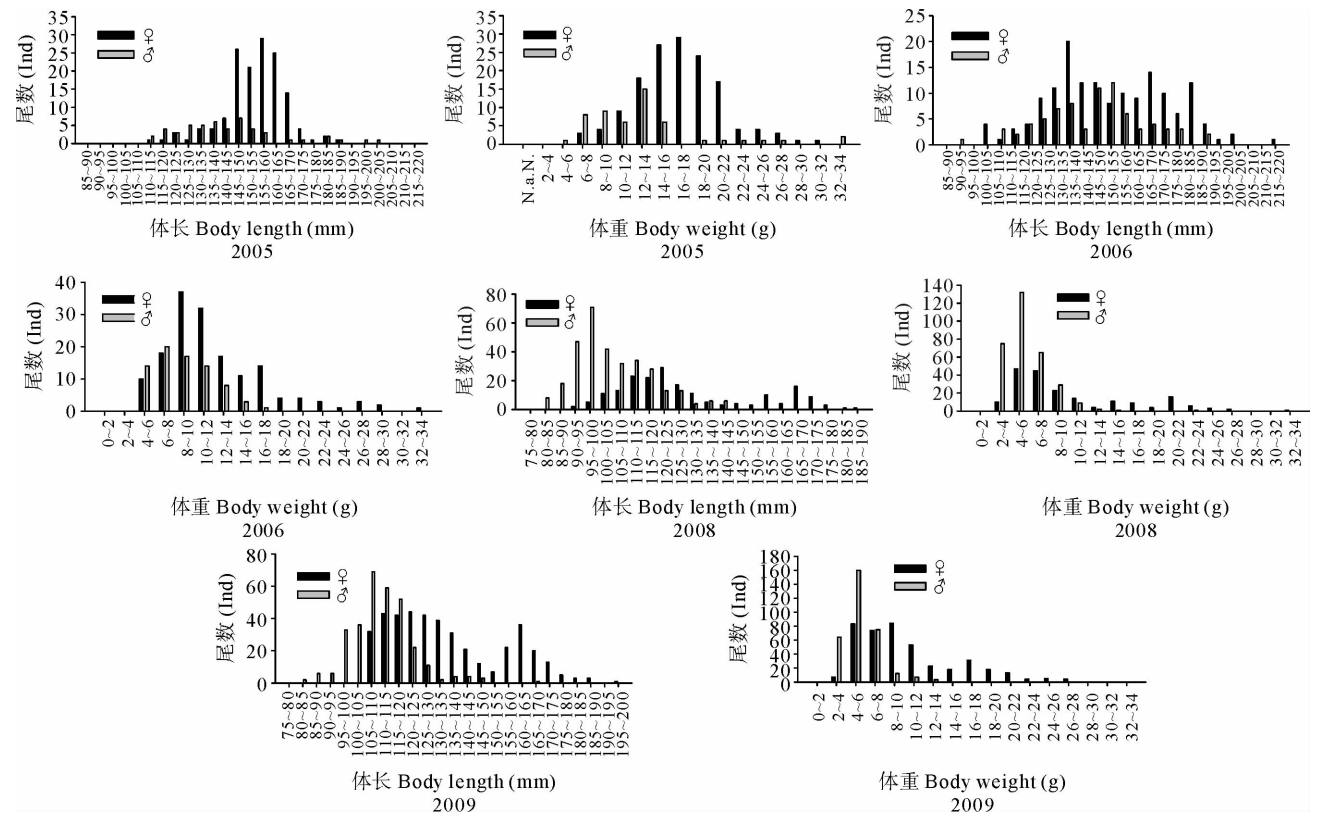


图 1 凤鲚体长、体重的频率分布

Fig. 1 Frequency distribution of body length and body weight of *C. mystus*

2.1.2 体长-体重的关系

图 2、表 1 描述了不同年份雌、雄凤鲚体长-体重的关系。由拟合曲线可以看出,不同年份同一性别的拟合曲线不尽相同,而且随着体长的增加,体重差异越大;同等体长的雌性体重大于雄性。协方差分析表明,不同年份,凤鲚生殖群体的体长-体重拟合曲线均存在显著的性别差异($P < 0.05$)。由表 1 可知,雄性凤鲚的 a 值要大于雌性, a 值取决于鱼体的肥满度, a 值越大,鱼体肥满度越高。 b 值反映了鱼类的生长速度,通常 $b=3$ 表示等速生长。由 b 值来看,凤鲚生殖群体基本处于异速生长状态($b \neq 3$),而且雌性 b 值要大于雄性, b 值的年际变化可能反应鱼类身体生长速率变化。

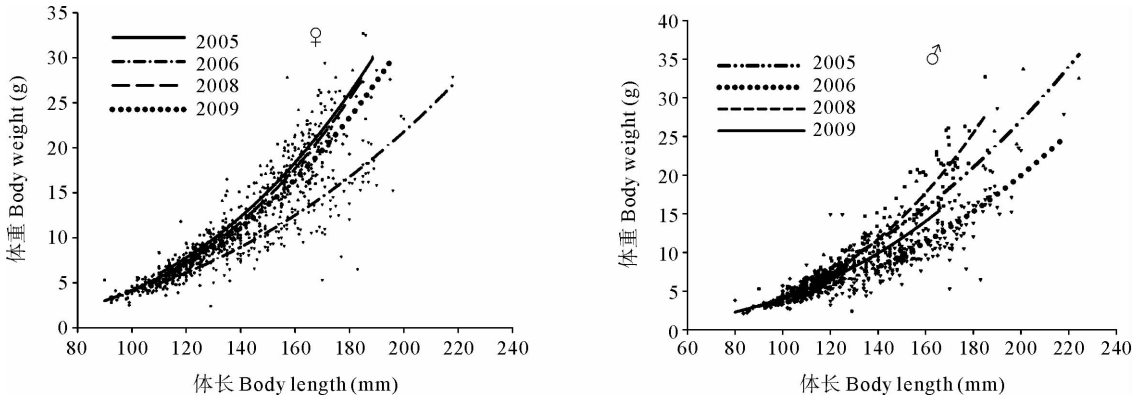


图 2 凤鲚体长-体重关系的拟合曲线

Fig. 2 Relationship between body length and body weight of *C. mystus*

表 1 凤鲚体长-体重关系的拟合方程

Table 1 Regression equation between body length and body weight of *C. mystus*

年份 Year	性别 Sex	相关方程 Corresponding equation	显著性 Significance
2005	♀	$BW=7.204 \times 10^{-6} \times (BL)^{2.904} (n=144, r^2=0.755)$	$P < 0.001$
	♂	$BW=6.759 \times 10^{-5} \times (BL)^{2.434} (n=51, r^2=0.867)$	$P < 0.001$
2006	♀	$BW=1.525 \times 10^{-4} \times (BL)^{2.215} (n=143, r^2=0.719)$	$P < 0.001$
	♂	$BW=4.687 \times 10^{-4} \times (BL)^{1.972} (n=77, r^2=0.569)$	$P < 0.001$
2008	♀	$BW=2.829 \times 10^{-6} \times (BL)^{3.083} (n=195, r^2=0.921)$	$P < 0.001$
	♂	$BW=6.524 \times 10^{-6} \times (BL)^{2.899} (n=301, r^2=0.903)$	$P < 0.001$
2009	♀	$BW=5.236 \times 10^{-6} \times (BL)^{2.948} (n=416, r^2=0.937)$	$P < 0.001$
	♂	$BW=1.207 \times 10^{-5} \times (BL)^{2.759} (n=311, r^2=0.806)$	$P < 0.001$

2.2 生殖特征

2.2.1 性腺重与体长、体重的关系

研究表明(图 3),凤鲚生殖群体个体的性腺重量与体长、体重均成正相关,性腺随着体长、体重的增加而增加。

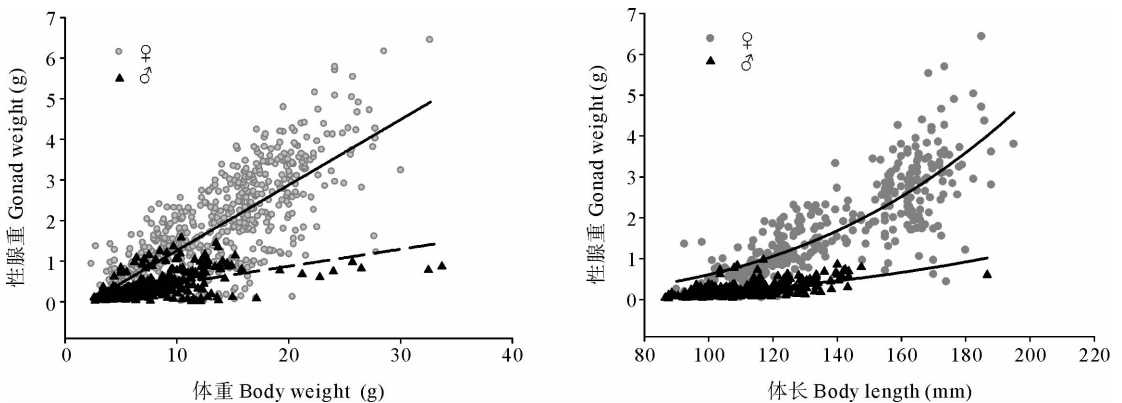


图 3 凤鲚性腺重与体长、体重的关系

Fig. 3 Relationship between gonad weight and body size of *C. mystus*

其性腺重与体长关系式为:

$$\ln(GW) = -5.025 + 2.382 \times \ln(BL) (n=603, P < 0.001) (\text{♀})$$

$$\ln(GW) = -4.648 + 1.949 \times \ln(BL) (n=463, P < 0.001) (\text{♂})$$

性腺重与体重关系式为:

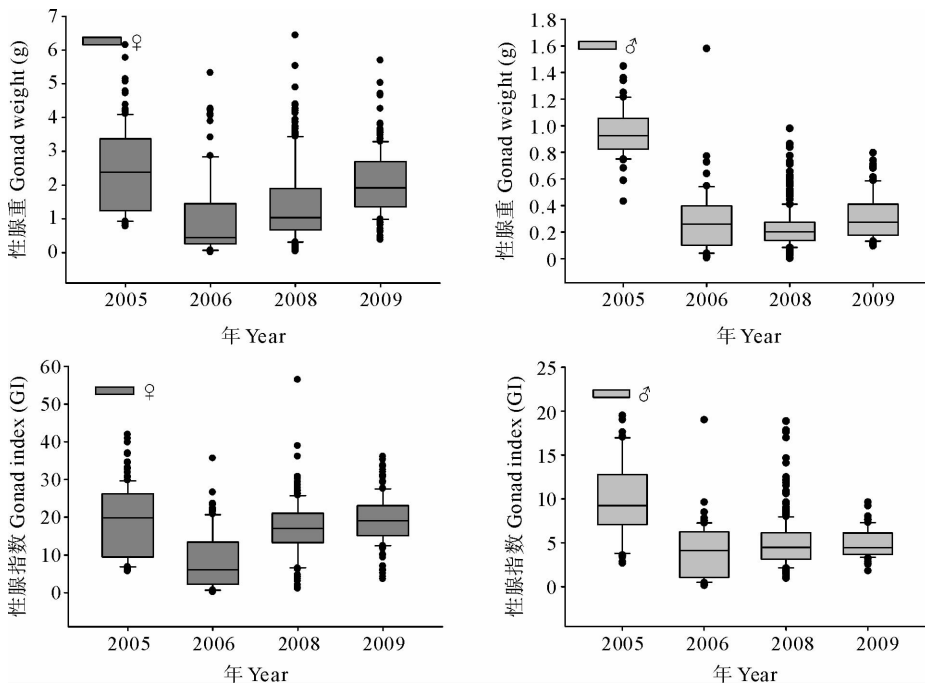
$$GW = -0.349 + 0.161 \times BW (n=603, P < 0.001) (\text{♀})$$

$$GW = 0.0353 + 0.0420 \times BW (n=463, P < 0.001) (\text{♂})$$

从性腺重与鱼体大小的关系可知,凤鲚生殖潜能受鱼体长、体重的影响比较密切。

2.2.2 性腺重和性腺指数的年间变化

图 4 是 4 年间凤鲚生殖群体性腺重和性腺指数的变化情况。从性腺重来看,雌、雄均以 2005 年的性腺最重,性腺指数最高;雌性,以 2006 年的性腺重量和性腺指数最小。对于雄性来说,2005 年性腺重、性腺指数最大。相对 2005 年,其余 3 年性腺重、性腺指数变化不显著。



注:黑线表示平均值,竖线表示 95% 置信区间

Note: Black line represents mean weight; vertical line represents 95% confidence interval

图 4 凤鲚性腺重和性腺指数的年际变化

Fig. 4 Changes in gonad weight and gonadosomatic index of *C. mystus* in different years

2.2.3 繁殖力与卵径

通过测量 117 尾凤鲚的繁殖力,发现凤鲚绝对繁殖力范围为 4 454~20 678 粒(平均值 $10\ 083 \pm 489$ 粒),相对繁殖力范围为 247~1 248 粒/cm(平均值 615 ± 27 粒/cm)。卵巢重量与绝对繁殖力呈线性相关,关系式为:

$$F = 4\ 268.359 \times GW - 228.334 (n=67, r^2=0.746) (\text{图 5})。$$

研究表明,长江口水域凤鲚成熟卵径范围为 429~637 μm (平均值 $523 \pm 37 \mu\text{m}$)。

2.3 条件状况

2.3.1 肝重和肝指数与体长、体重的关系

图 6 表明,凤鲚生殖群体肝重与体长、体重呈正相关。

凤鲚体长与肝重相关关系式为: $\text{Ln}(LW) = -19.412 + 3.582 \times \text{Ln}(BL)$ (♀) ($n=179, r^2=0.6505$), $\text{Ln}(LW) = -21.758 + 3.923 \times \text{Ln}(BL)$ (♂); 体重与肝重相关关系式为: $LW = -0.084 + 0.025 \times (BL)$ (♀), $LW = -0.030 + 0.011 \times (BL)$ (♂)。协方差分析表明, 凤鲚肝重与体长、体重拟合关系式存在显著的性别差异, 同等体长的雌性肝重要大于雄性 ($P < 0.001$)。对凤鲚肝重的分析表明, 雌性凤鲚肝重范围为 $0.06 \sim 0.77 \text{ g}$, 雄性肝重范围为 $0.031 \sim 0.12 \text{ g}$ 。由图 7 可知, 雌性凤鲚生殖群体的肝指数大于雄性, 肝指数与体长没有明显的相关性, 与体重有明显的正相关性。雌、雄凤鲚肝体指数范围分别为 $0.68 \sim 5.11$ 和 $0.40 \sim 1.20$ 。

2.3.2 肝重与性腺重的关系

图 8 是凤鲚性腺重与肝重之间的关系。回归分析表明, 性腺重与肝重呈显著线性相关。其线性方程为: $LW = 0.025 + 0.115 \times (GW)$ (♀), $LW = 0.003 + 0.131 \times (GW)$ ($P < 0.05$) (♂)。协方差分析表明, 性别差异对线性方程无显著影响。由肝重与性腺重的关系可以看出, 随着性腺重量的增加, 其肝重也逐渐增大。

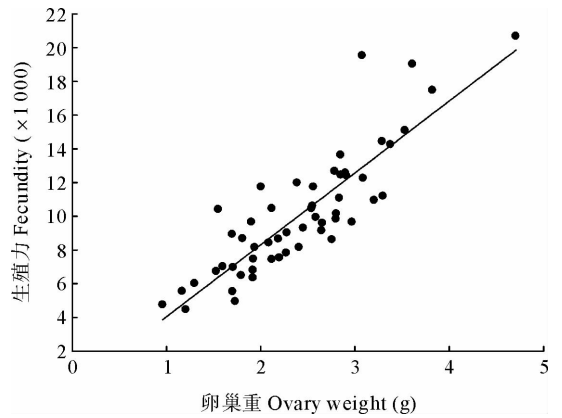


图 5 凤鲚卵巢重量与生殖力的关系
Fig. 5 Relationship between ovary weight and fecundities of *C. mystus*

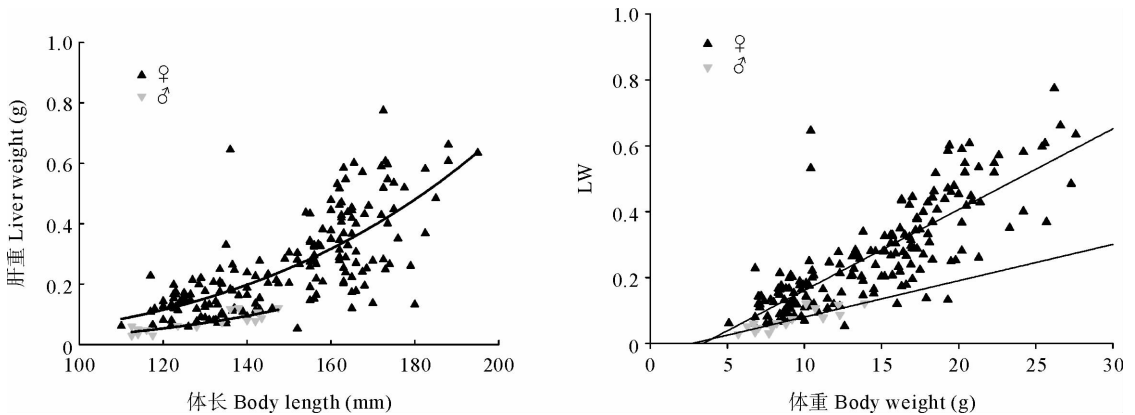


图 6 凤鲚肝重与体长、体重的关系
Fig. 6 Relationship between liver weight and body size of *C. mystus*

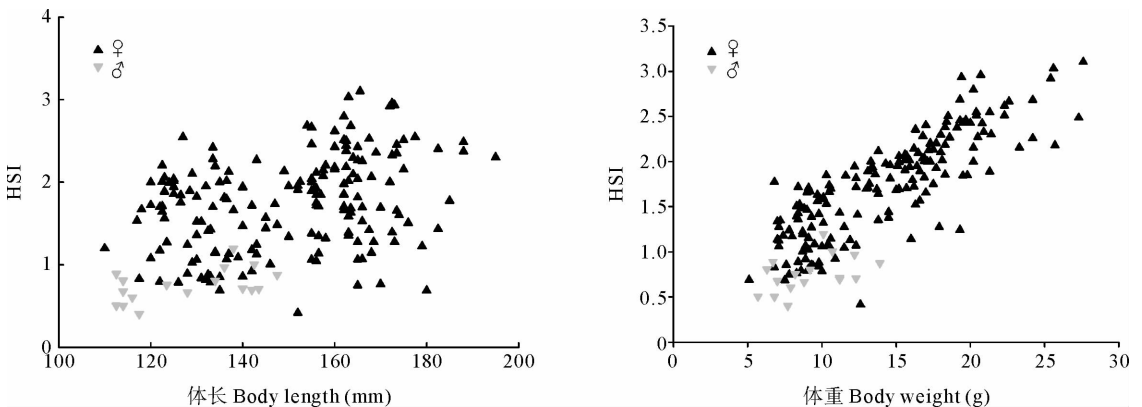


图 7 凤鲚肝指数与体长、体重的关系
Fig. 7 Correlation between HSI and body size of *C. mystus*

2.3.3 肥满度的变化

肥满度(K)是反映鱼类生长状况的指标。图 9 反映了凤鲚生殖群体雌、雄肥满度(K)在这 4 年间的动态变化。研究表明,雌、雄凤鲚的肥满度有着相似的变化趋势,2006 年凤鲚的肥满度最小。其他年份雌、雄肥满度 K 值变化不显著($P>0.05$)。

由 2008~2009 年凤鲚生殖群体肥满度的月变化可以看出(表 2),凤鲚在生殖高峰期的肥满度明显大于其他月份($P<0.05$)。结果表明,2008、2009 年凤鲚的肥满度均在 5 月最大,7 月或 8 月最小。

2.3.4 脂肪重与脂肪系数

2006 年测量了 143 尾凤鲚(♀:♂ 为 80:63)体内游离脂肪带重量(图 10)。结果表明,凤鲚体内游离脂肪重范围,雌、雄分别是 0.0214~0.3718 g (0.1246 ± 0.0120 , Mean \pm SE)、0.0070~0.35 g (0.1141 ± 0.0164),雌、雄脂肪系数分别是 0.1981~3.7785 (1.0114 ± 0.0778)、0.1587~4.2042 (1.084 ± 0.1174)。K-S 检验表明,雌、雄凤鲚的脂肪重和脂肪系数都没有显著的性别差异($P>0.05$)。

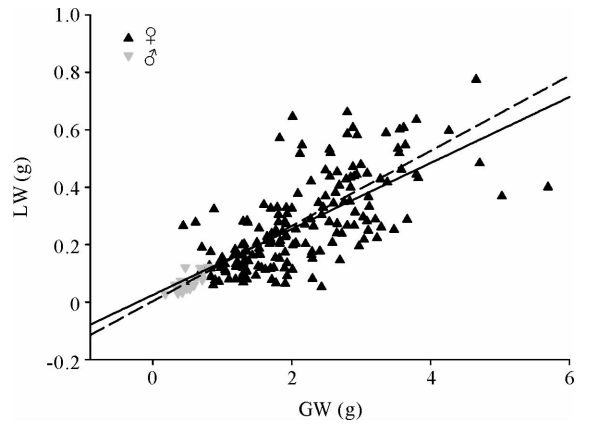


图 8 凤鲚肝重与性腺重的关系
Fig. 8 Relationship between liver weight and gonad weight of *C. mystus*

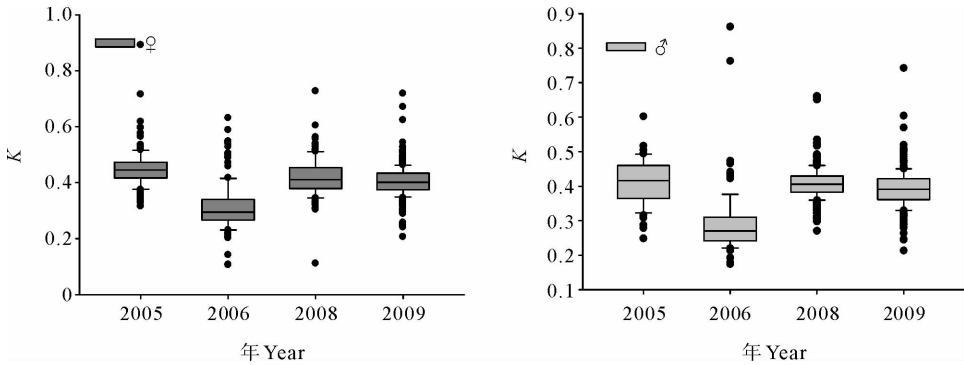


图 9 凤鲚肥满度的年际变化
Fig. 9 Dynamic changes in condition factor of *C. mystus* in different years

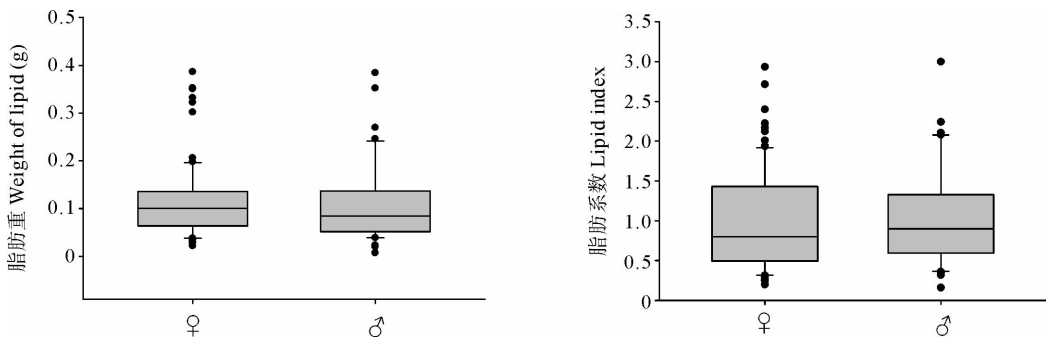


图 10 2006 年凤鲚脂肪重和脂肪系数的范围
Fig. 10 Variation ranges of the lipid weight and lipid index of *C. mystus* in 2006

表 2 2008 和 2009 年凤鲚肥满度的月变化

Table 2 Monthly changes of condition factor of *C. mystus* in 2008 and 2009

月份 Month	K(2008 年)		K(2009 年)	
	平均值 Mean	SD	平均值 Mean	SD
4 月 April	0.388 9	0.037 3	0.392 9	0.055 1
5 月 May	0.416 1	0.076 3	0.424 5	0.048 5
6 月 June	—	—	0.386 3	0.055 5
7 月 July	0.388 7	0.052 2	—	—
8 月 August	—	—	0.384 5	0.045 6

3 讨论

凤鲚每年 4 月开始进入河口去产卵,产卵期较长,可持续至 9 月(倪勇等 1999),本研究凤鲚体长、体重的范围,体长、体重的优势组与施炜纲等(2002)、倪勇等(1999)、曾强等(1993)、刘凯等(2004)、张国祥等(1990)的资料相比,凤鲚的体长、体重范围变化不大。但小个体凤鲚比例不断增加;汛期凤鲚体长、体重平均值下降明显。从 2005、2006 年与 2008、2009 年凤鲚的体长、体重可以发现,近年来凤鲚生殖群体体长、体重有下降趋势,小型化明显,这种现象在其他海洋鱼类(曾玲等 2005)中也多有报道。这可能是由于人类捕捞压力和气候变化的协同作用导致的,其深层的影响机制,需要进一步研究。

肝脏对鱼类的各种生理活动均具有十分重要的意义,肝脏为鱼类卵巢卵细胞的发育制造和输送大量卵黄蛋白原料(Sopinka *et al.* 2009; 朱成德 1984),同时肝脏也能为洄游(Aristizabal 2007; Boy *et al.* 2009; Fiorin *et al.* 2007; Henderson *et al.* 2000; Leonard *et al.* 1999; Veena *et al.* 1997)等生命活动提供能量。肝指数反映了肝脏在鱼体重量的比例,肝指数的高低可以间接反映出鱼体对能量需求和物质转换的速率。雌性凤鲚生殖群体的肝指数大于雄性,可以推测,在生殖期间,雌性凤鲚通过肝脏对能量的利用和转化速率要大于雄性。

肥满度 K 值大小与饵料丰度、温度、性成熟、繁殖等密切相关。凤鲚不同年份 K 值对比后可以明显看出,2006 年凤鲚生殖群体生长状况明显差于其他几个年份。2006 年气温较多年平均气温明显偏高 $0.5\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,副高和大陆高压的异常使汛期长江流域降水量大大减少,尤其在 7~10 月,几大支流流域降水量减少幅度达到 $20\%\sim 80\%$ (周亮广等 2009),并且形成了长江口的特枯水情,导致了严重的咸潮现象(陈吉余 2009;程济生等 2009)。2005 年是自 1800 年温度记录保存以来仅次于 1998 年的第 2 个全球最暖年(叶殿秀等 2006),该年凤鲚生殖群体生长减缓,但是性腺发育状况较高,条件状况也没有明显降低。水温升高时,鱼类体内代谢增强,减缓了体内营养物质的积累,而且温度的异常变化对鱼类的成熟大小、索饵、洄游、集群等均有影响(Arnason *et al.* 2009; Chittenden *et al.* 2009; 朱建成等 2007)。2005 和 2006 年这两年的差异和这两年的气候状况有很大关系,2006 年径流量减少对凤鲚生长和生殖负面影响较高,而 2005 年虽然温度升高,但径流量比普通年份大一点,这可能与河口区其他海洋复杂地海洋环境有关,有待于进一步深入研究这种现象和机制。

凤鲚生命周期一般不超过 1 年,其生殖潜能对种群资源补充影响较大,研究其生殖潜能有助于了解凤鲚资源量的动态趋势。从凤鲚的体长、体重、性腺重量和性腺指数的年际变化看出,2006 年凤鲚的平均体长、体重都较大,然而平均性腺重量却相对较小。若用传统的体长、体重与繁殖力的关系(倪勇等 1999;张国祥等 1990;胡东方等 2010)来评估凤鲚的生殖潜能,其评估的生殖潜能与实际情况误差较大。结合 K 值、性腺重量和性腺指数的年际变化可以看出,这 3 个参数之间有着相似的过程,尤其是 2005 和 2006 年, K 值的大小可以明显的区分 2005、2006 年凤鲚生长状况的变化, K 值大小与性腺重和性腺指数之间的关系反映了在凤鲚生殖潜能年际变化评估中, K 值可能比鱼体大小有更高的准确性,这与 Koops 等(2004)不尽相同。 K 值可能更适于评估凤鲚生殖潜能年际变化,这有待进一步研究论证。

致谢:本研究在样品分析过程中得到上海海洋大学海洋科学学院08级研究生陆峰、王修国、韩莎,05级农业资源与环境专业易倩、06级农业资源与环境专业林婷的帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 陈吉余. 2009. 2006年长江特枯水情对上海水资源安全的影响. 北京:海洋出版社
- 程济生. 2009. 气候变暖对上海长江口水源地的影响. 城市公用事业, 23(6):17~18
- 胡东方, 孙耀, 李富国, 唐启升. 2010. 室内受控条件下黄海鲈鱼的生殖生态学特征. 渔业科学进展, 31(2):1~7
- 蒋玫, 王云龙, 沈新强, 庄平. 2009. 长江口中华鲟保护区鱼卵和仔鱼的分布特征. 生态学杂志, 28(2):288~292
- 刘凯, 张敏莹, 徐东坡, 施纬纲. 2004. 长江口凤鲚资源变动及最大持续产量研究. 上海水产大学学报, 13(4):298~303
- 刘凯, 徐东坡, 张敏莹, 施纬纲. 2005. 应用两数学模型对长江口凤鲚捕捞量建模初探. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 24(3):262~266
- 倪勇. 1999. 长江口区凤鲚的渔业及其资源保护. 中国水产科学, 6(5):75~77
- 倪勇, 王云龙. 1999. 长江口凤鲚的渔业生物学特性. 中国水产科学, 6(5):69~71
- 施纬纲, 王博. 2002. 长江河口区凤鲚的资源现状. 水生生物学报, 26(6):648~653
- 王金辉, 孙亚伟, 刘材材, 秦玉涛, 程祥圣, 徐韧. 2007. 长江口鱼卵仔鱼资源现状的调查与分析. 海洋学研究, 25(4):40~50
- 叶殿秀, 张强, 肖风劲. 2006. 2005年中国气候特点. 气候变化研究进展, 2(2):71~73
- 张国祥, 华家栋. 1990. 长江口凤鲚资源的变动及其最大持续产量的估算. 水产科技情报, (5):130~134
- 周亮广, 王崇, 戴仕宝, 赵来. 2009. 长江2006年汛期特枯径流分析. 自然资源学报, 24(3):448~456
- 朱成德. 1984. 大银鱼的肝指数及其与卵巢发育的关系. 淡水渔业, 5:19~21
- 朱建成, 赵宪勇, 李富国. 2007. 黄海鲈鱼的生长特征及其年际与季节变化. 海洋水产研究, 28(3):64~72
- 曾强, 董方勇. 1993. 凤鲚群体的生物学特性及因数关系的研究. 湖泊科学, 5(2):164~170
- 曾玲, 金显仕, 李富国. 2005. 黄海南部银鲱的生殖力及其变化. 海洋水产研究, 26(6):1~5
- Aristizabal, E. O. 2007. Energy investment in the annual reproduction cycle of female red porgy, *Pagrus pagrus* (L.). *Marine Biology*, 152(3):713~724
- Arnason, T., Bjornsson, B., and Steinarsson, A. 2009. Allometric growth and condition factor of Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed to satiation: effects of temperature and body weight. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(4):401~406
- Bagamian, K. H., Heins D. C., and Baker, J. A. 2004. Body condition and reproductive capacity of three-spined stickleback infected with the cestode *Schistocephalus solidus*. *Journal of Fish Biology*, 64(6):1568~1576
- Boy, C. C., Perez, A. F., Fernandez, D. A. *et al.* 2009. Energy allocation in relation to spawning and overwintering of a diadromous Puyen (*Galaxias maculatus*) population in the southernmost limit of the species distribution. *Polar Biology*, 32(1):9~14
- Burness, G., Schulte-Hostedde, A. I., and Montgomerie, R. 2008. Body condition influences sperm energetics in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(4):615~620
- Chittenden, C. M., Beamish, R. J., and Mckinley, R. S. 2009. A critical review of Pacific salmon marine research relating to climate. *ICES Journal of Marine Science*, 66:2195~2204
- Fiorin, R., Malavasi, S., Franco, A. *et al.* 2007. Comparative energy allocation in two sympatric, closely related gobies: the black goby *Gobius niger* and the grass goby *Zosterisessor ophiocephalus*. *Journal of Fish Biology*, 70(2):483~496
- Henderson, B. A., Trivedi, T., and Collins, N. 2000. Annual cycle of energy allocation to growth and reproduction of yellow perch. *Journal of Fish Biology*, 57(1):122~133
- Koops, M. A., Hutchings, J. A., and McIntyre, T. M. 2004. Testing hypotheses about fecundity, body size and maternal condition in fishes. *Fish and Fisheries*, 5(2):120~130
- Leonard, J. B. K., and McCormick, S. D. 1999. Effects of migration distance on whole-body and tissue-specific energy use in American shad (*Alosa sapidissima*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(7):1159~1171
- Sopinka, N. M., Fitzpatrick, J. L., Desjardins, J. K. *et al.* 2009. Liver size reveals social status in the African cichlid *Neolamprologus pulcher*. *Journal of Fish Biology*, 75(1):1~16
- Veena, K. B., Radhakrishnan, C. K., and Chacko, J. 1997. Depletion of energy reserves during ovarian development in *Etroplus maculatus* (Bloch). *Indian Journal of Marine Sciences*, 26(1):101~103