

长江口及邻近海域浮游磷虾类数量和分布的季节特征

陈佳杰^{1, 2}, 徐兆礼^{1, *}, 朱德弟³

(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. 上海水产大学 海洋学院, 上海 200090; 3. 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012)

摘要:根据 2002 ~ 2003 年长江口 29°00' ~ 32°00'N、122°00' ~ 123°30'E 海域 4 个季节的海洋调查, 运用定量、定性方法, 探讨长江口邻近海域浮游磷虾类总丰度的季节变化特征以及与渔场的关系, 丰度的季节差异与水团的关系, 分析了优势种的数量变动、对磷虾类的贡献及对环境的适应情况, 并与东海外海的生态特征作了比较。结果表明, 长江口及邻近海域磷虾类丰度季节变化主要受温度的影响, 平面分布变化与盐度有关。平均丰度夏季最高 (10.46 ind/m³), 冬季最低 (0.32 ind/m³)。本次调查共发现 8 种, 优势种为中华假磷虾 (*Pseudeuphausia sinica*)、太平洋磷虾 (*Euphausia pacifica*) 和小型磷虾 (*Euphausia nana*), 其中中华假磷虾四季皆为优势种, 太平洋磷虾是春、秋和冬季的优势种, 小型磷虾仅仅是春秋两季的优势种。中华假磷虾在春、夏和冬季对总丰度的贡献率较高, 并占绝对优势, 其更适应夏季咸淡水交错水域的环境, 而太平洋磷虾和小型磷虾更适应东海近海暖温高盐环境。长江冲淡水势力强弱和中华假磷虾的数量对磷虾类时空分布有重要影响, 中华假磷虾对咸淡水环境的适应则是影响该种数量变化的另一个重要原因。

关键词:浮游动物; 磷虾类; 生态特征; 长江口

文章编号: 1000-0933(2008)11-5279-07 中图分类号: Q145, Q968 文献标识码: A

Seasonal abundance and distribution of Pelagic Euphausiids in the Changjiang Estuary, China

CHEN Jia-Jie^{1, 2}, XU Zhao-Li^{1, *}, ZHU De-Di³

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

2 College of Marine Science and Fisheries, Shanghai Fisheries University, Shanghai, 200090 China

3 Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou, 310012 China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5279 ~ 5285.

Abstract: The pelagic euphausiids of Changjiang Estuary and its adjacent waters (29°00'—32°00' N and 122°00'—123°30'E), the 3rd largest estuary in the world located and largest river in China. District, were studied from May 2002 to March 2003. Eight species were recorded but three were dominant species according to their seasonal occurrence; *Pseudeuphausia sinica* was dominant in the four sampling seasons (0.41, 0.62, 0.50 and 0.30); dominant species for

基金项目:上海市科委资助项目(062358101);上海市 908 专项资助项目(PJ1-1);国家自然科学基金重大研究计划资助项目(90511005);国家重点基础研究发展规划资助项目(2001CB409707)

收稿日期:2007-12-16; **修订日期:**2008-04-22

作者简介:陈佳杰(1983 ~), 男, 上海人, 硕士生, 主要从事海洋生态学研究. E-mail: chen_jiajie83@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn

致谢:浮游动物样品由马名玄先生帮助采集, 本文撰写过程得到沈晓民先生的大力指导和帮助, 谨致谢忱。

Foundation item: The project was financially supported by Shanghai Science and Technology Development (No. 062358101), Shanghai 908-Project under Grant (No. PJ1-1), Major Research Plan of the National Natural Science Foundation of China (No. 90511005) and the National Basic Research Program (973 Program) (No. G2001CB409707)

Received date: 2007-12-16; **Accepted date:** 2008-04-22

Biography: CHEN Jia-Jie, Master candidate, mainly engaged in marine biology and marine ecology. E-mail: chen_jiajie83@126.com

spring, autumn and winter was *Euphausia pacifica* (0.03, 0.08 and 0.10) while the *Euphausia nana* was during spring and autumn (0.03 and 0.04). The months in which each species was abundant are given. *P. sinica* attained the highest densities with the β values in spring (0.87), summer (0.99) and winter (0.78) within the littoral waters of the study area. *E. pacifica* and *E. nana* preferred a high salinity warm water. The relationship between the pelagic euphausiids and ecological characteristics were likewise considered. The abundance peak in summer (10.46 ind/m³) and lowest abundance in winter (0.32 ind/m³). These results suggest that seasonal abundance of euphausiids was influenced the seasonal surface temperature while the horizontal distribution was influenced the surface salinity in the waters of the estuary. The ecological characteristics of Changjiang River contributed to the spatial and temporal distribution of pelagic Euphausiids including *P. sinica*. Physical environmental factors play a major role in determining the abundance and distribution of pelagic Euphausiids and the dynamics of seasonal cycle.

Key Words: zooplankton; euphausiids; ecological characteristics; Changjiang Estuary

磷虾是海洋浮游动物的重要类群之一,数量丰富,是许多经济鱼类的饵料^[1]。磷虾类的生态习性因种而异,出现的水域和季节也不同,常常作为水团的指示种^[2]。因此,研究磷虾类的生态特征在理论上和实践上都具有重要意义。

基于磷虾类在海洋生态系统的重要性,国外对近海,特别是河口磷虾类的研究比较重视:Lavaniegos 等^[3]比较加利福尼亚沿海中部和南部浮游动物生物量的变化,描述了磷虾类的季节变化;Palma 等^[4]研究了智利南部海峡磷虾类的分布及其与水温的关系,发现磷虾类丰度大,优势度高,但多样性低;Gomez-Gutierrez 等^[5]首先对 1970~1972 年俄勒冈沿海中部磷虾类不同时期的群落结构和水文状况做了分析,从生活史上讨论了磷虾群落结构的变化,发现近岸具有更大的生物量和更少的种类数,这与离岸较远的水域不同。Rebstock 等^[6]探讨了朝鲜半岛、日本海及中国东海东部和黄海 3 个邻近海域对气候变化的响应。国内王荣等^[7]对南黄海和东海大部分地区磷虾类的数量与分布进行了探讨。徐兆礼等对东海磷虾类的系列研究,包括优势种^[8],生态类型^[9]和数量分布^[10]、多样性^[11]等各个方面。到目前为止,对东海近海,特别是长江口区的磷虾生态学研究还没有见到专门报道。长江口水域受多种不同水团的影响,其中长江冲淡水带来丰富的营养盐,形成我国著名的长江口渔场和舟山渔场。磷虾类是鱼类重要的饵料生物^[1],长江口近海磷虾类的生态研究对于探讨东海近海渔场的形成机制具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 调查时间、区域和方法

2002~2003 年,利用“海监 47”调查船在长江口 29°00′~32°00′N、122°00′~123°30′E 海域,分别进行春(2002-05)、夏(2002-08)、秋(2002-11)和冬(2003-02~3)4 个季节调查,调查站位见图 1。

浮游动物样品采集和室内处理均按照“海洋调查规范”进行。用大型浮游生物网(口径 80cm、网目孔径 0.505mm)由底至表层垂直拖曳采集,所获样品均经 5% 福尔马林固定后,按个体计数法在立体显微镜下鉴定到种,并对浮游动物样品中的磷虾进行计数(ind/m³)。

1.2 数据处理

优势种种群聚集强度用自编程序采用如下公式^[12]计算:

$$\text{丛生指标(index of clumping)} \quad I = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1$$

对总丰度变化动力学的分析从两个方面进行:一是分析优势种对总丰度变化的影响,先以总丰度为因变量,各优势种为自变量,根据 t 值筛选出对总丰度回归方差贡献显著的优势种,然后计算标准回归系数(β)。标准回归系数作为总丰度贡献指数值,用于衡量各优势种对总丰度变化的影响,具体计算参考文献^[13]。二是分析环境因子变化与总丰度变化之间的相关性,用同步观测到的资料,取表层水温(t_0) (°C) 和表层盐度(S_0)

2 因子作自变量,总丰度为因变量,采用逐步回归分析方法计算,进行自变量对因变量回归方差的贡献分析,具体方法参见参考文献^[14]。上述计算均应用 SPSS 统计软件^[15]。

2 结果与分析

2.1 磷虾种类的季节变化

本次调查共发现磷虾 8 种,春、夏季均为 5 种,秋季 6 种,冬季 3 种。其中中华假磷虾 (*Pseudeuphausia sinica*)、小型磷虾 (*Euphausia nana*) 和太平洋磷虾 (*E. pacifica*) 是东海近海最常见的种类,四季均有分布;宽额假磷虾 (*P. latifrons*) 春、夏、秋都有出现;短额磷虾 (*E. sibogae*) 仅春季出现;三锥手磷虾 (*Stylocheiron suhmii*) 仅夏季出现;长额磷虾 (*E. diomedae*) 和柔弱磷虾 (*E. tenera*) 仅秋季出现。

2.2 总丰度季节分布特征

从图 2 可见,春季(图 2-a)磷虾类的高丰度区位于长江口外,最高达 11.13 ind/m^3 ,该区表温 $17 \sim 18^\circ\text{C}$,表盐 $25 \sim 30$,主要由中华假磷虾、太平洋磷虾和小型磷虾构成。

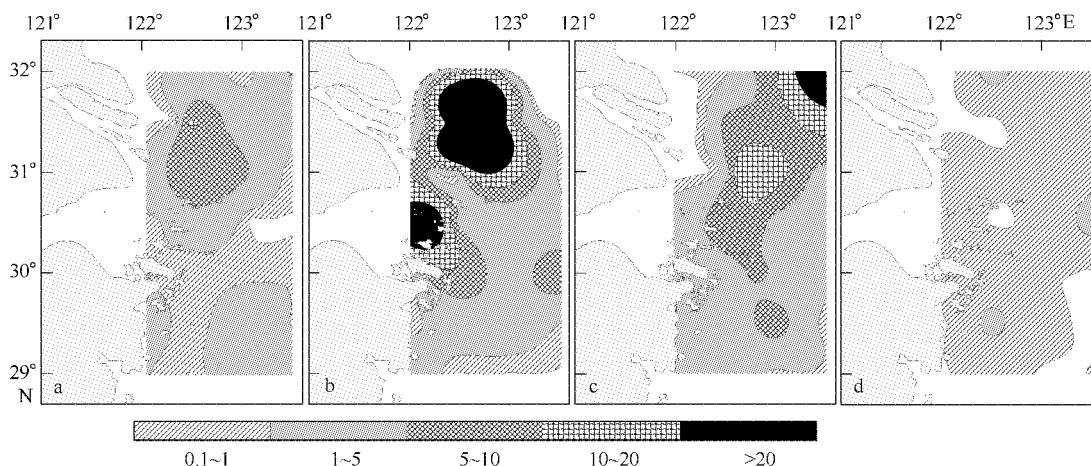


图 2 长江口及邻近海域磷虾类丰度平面分布 (ind/m^3)

Fig. 2 Horizontal distribution of euphausiids abundance in the coastal area of the Changjiang Estuary and its adjacent waters

a. 春 Spring; b. 夏 Summer; c. 秋 Autumn; d. 冬 Winter

夏季(图 2-b)高丰度区分布较春季明显扩大,主要有两个高丰度区,在长江口北部最高达 163.84 ind/m^3 ,该区表温 $27 \sim 28^\circ\text{C}$,表盐 $9 \sim 21$;在长江口以南、杭州湾口外缘区域丰度高达 40 ind/m^3 ,该区表温 $27 \sim 28^\circ\text{C}$,表盐 $12 \sim 15$,两个高丰度区皆以中华假磷虾为主。

秋季(图 2-c)在 $32^\circ00'\text{N}$ 、 $123^\circ00'\text{E}$ 的调查站位有一峰值高达 41 ind/m^3 ,表温 19.25°C ,表盐 18.31 ,主要是太平洋磷虾和相对较少的小型磷虾,长江口外水域有个较高的丰度区达 17.45 ind/m^3 ,该区表温 $18 \sim 20^\circ\text{C}$,表盐 $8 \sim 20$,主要是中华假磷虾。

冬季(图 2-d)丰度最低,平均表温 10.36°C ,平均表盐 25.58 ,仅在长江口北部、舟山渔场南部及 $30^\circ30'\text{N}$ 、 $123^\circ30'\text{E}$ 附近略有较高的丰度,主要是中华假磷虾和太平洋磷虾。

由图 3 可见,东海近海磷虾类平均丰度在夏季达到最高值 (10.46 ind/m^3),秋季次之 (5.58 ind/m^3),冬季最低 (0.30 ind/m^3),与温度季节变化相似(图 3-a),和盐度季节变化相反(图 3-b)。利用逐步回归分析方

法筛选表层温度和盐度对丰度影响显著的因子。结果表明,磷虾类总丰度(y)变化与表温(T)和表盐(S)关系显著,方程分别为 $y = 1/(-6.31088 + 0.594073T)$ ($R = 0.22$, $F = 5.74$, $p = 0.01$)、 $y = 1/(13.7288 - 0.412171S)$ ($R = 0.20$, $F = 4.67$, $p = 0.03$)。

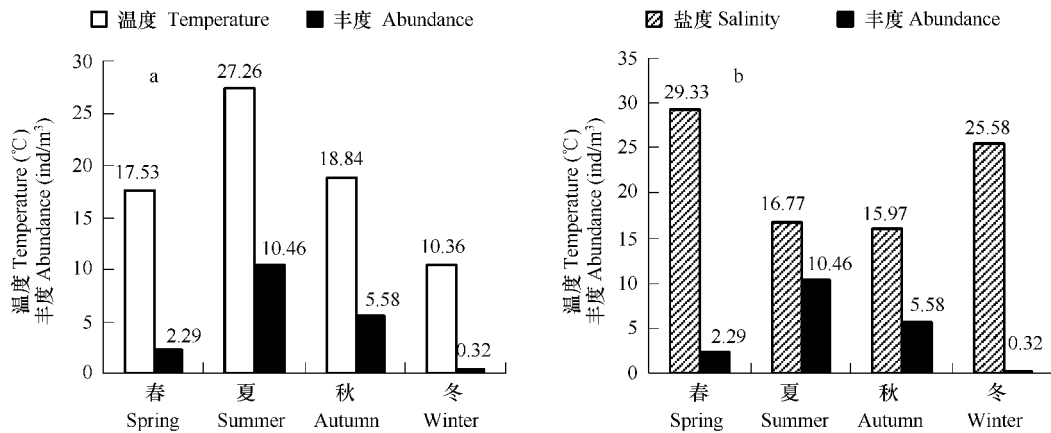


图3 东海近海磷虾类丰度-温度-盐度季节变化关系

Fig. 3 Seasonal variation of euphausiids abundance, temperature and salinity in Changjiang Estuary and its adjacent waters

2.3 优势种的季节变化及对总丰度的贡献

春夏季中华假磷虾、秋季太平洋磷虾对相应季节的总丰度贡献较大($\beta > 0.80$)。春季太平洋磷虾、秋季中华假磷虾在相应季节对总丰度有一定的贡献。冬季中华假磷虾和太平洋磷虾对总丰度的贡献较大。相对上述优势种,同一季节的其它优势种对总丰度的贡献明显偏低(表1)。

表1 优势种的优势度及对磷虾类总丰度的贡献

Table 1 Contribution of abundance of dominant species to euphausiids abundance

| 优势种 Dominant species | 春 Spring | | | | 夏 Summer | | | |
|------------------------------------|----------|---------|---------|--------|----------|---------|--------|--------|
| | Y | β | t | p | Y | β | t | p |
| 中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i> | 0.41 | 0.87 | 56.81 | 0.0001 | 0.62 | 0.99 | 105.07 | 0.0001 |
| 太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i> | 0.03 | 0.31 | 20.67 | 0.0001 | 0.00 | * | * | * |
| 小型磷虾 <i>Euphausia nana</i> | 0.03 | 0.21 | 13.49 | 0.0001 | 0.00 | * | * | * |
| 优势种 Dominant species | 秋 Autumn | | | | 冬 Winter | | | |
| | Y | β | t | p | Y | β | t | p |
| 中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i> | 0.50 | 0.45 | 1188.34 | 0.0001 | 0.30 | 0.78 | 22.77 | 0.0001 |
| 太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i> | 0.08 | 0.81 | 2118.68 | 0.0001 | 0.10 | 0.65 | 18.72 | 0.0001 |
| 小型磷虾 <i>Euphausia nana</i> | 0.04 | 0.27 | 703.73 | 0.0001 | 0.01 | * | * | * |

Y = 优势度; β = 标准回归系数; t = t 检验值 * $p > 0.05$ Y means dominant; β means standard regression coefficient; t means t value * $p > 0.05$

2.4 优势种生态特征的季节变化

从表2可见,四季平均丰度、丰度百分比、出现率最高皆为中华假磷虾。夏季优势种丰度占总丰度的比例超过90%,明显高于其它季节。其它优势种各季出现率均在20%~30%。夏季中华假磷虾和秋季太平洋磷虾有很高的聚集强度,小型磷虾在夏秋季也有较高的聚集强度,其它季节各优势种聚集强度均小于5。

2.5 中华假磷虾丰度与温、盐度关系分析

图4表明,冬季中华假磷虾主要分布于8~13℃之间,盐度集中在26~34,且每个站位数量较小,春、秋季主要分布在15~20℃,盐度6~33,每个站位数量大小也不相等。夏季分布在25~30℃,盐度10~25,每个站位数量大。

表 2 长江口磷虾类优势种平均丰度(\bar{X}),百分比(%)和出现率(%)Table 2 Average abundance (\bar{X}), percentage (%) and occurrence frequency (%) of euphausiids dominant species in the Changjiang Estuary (ind/m³)

| 优势种 Dominance | 春 Spring | | | | 夏 Summer | | | |
|------------------------------------|-----------|--------|--------|-------|-----------|-------|-------|--------|
| | \bar{X} | P* (%) | O* (%) | I | \bar{X} | P(%) | O(%) | I |
| 中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i> | 1.57 | 68.61 | 59.26 | 3.74 | 9.79 | 93.58 | 66.67 | 141.94 |
| 太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i> | 0.36 | 15.58 | 22.22 | 4.28 | 0.07 | 0.70 | 18.52 | 0.85 |
| 小型磷虾 <i>Euphausia nana</i> | 0.30 | 13.04 | 25.93 | 0.87 | 0.15 | 1.41 | 11.11 | 13.31 |
| 优势种 Dominance | 秋 Autumn | | | | 冬 Winter | | | |
| | \bar{X} | P(%) | O(%) | I | \bar{X} | P(%) | O(%) | I |
| 中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i> | 2.85 | 51.12 | 96.55 | 3.56 | 0.19 | 61.27 | 48.28 | -0.17 |
| 太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i> | 1.69 | 30.38 | 27.59 | 72.02 | 0.09 | 31.13 | 31.03 | 1.02 |
| 小型磷虾 <i>Euphausia nana</i> | 0.58 | 10.41 | 34.48 | 18.09 | 0.02 | 6.34 | 10.34 | -0.44 |

* P 表示丰度百分比, O 表示出现率 P means Percentage, O means Occurrence

3 讨论

3.1 总丰度平面分布和季节变化特征

长江口近海磷虾类丰度季节变化与表层温度变化一致,由图 3-a,冬季平均表温低(10.36℃),平均丰度低(0.32 ind/m³),夏季平均表温高(27.26℃),平均丰度也高(10.46 ind/m³),春、秋季平均表温相近,春季(17.53℃)略低于秋季(18.84℃),但平均丰度仅为秋季一半。回归分析方法表明总丰度与表温正相关($p = 0.01$)。可见,温度变化对总丰度的季节变化有明显的影响,温度高磷虾类丰度高,温度低磷虾类丰度也低。

总丰度的平面分布受盐度水平分布影响明显,由图 2,春(9~21 表盐)、夏(20~30 表盐)和秋的长江口(8~20 表盐)高分度区主要都是中华假磷虾,由于中华假磷虾能适应较广的盐度范围(图 4),可以适应咸淡水环境,所以,除秋季 32°00'N、123°00'E 站位的高丰度区以太平洋磷虾和小型磷虾为主外,中华假磷虾在春夏秋三季的水团交汇处呈现较高丰度(表 2),对总丰度的影响最大(表 1),而在其它水域分布相对较低;冬季表盐较高(图 3-b),平均丰度较低(图 3),在长江口北部、舟山渔场南部及在 30°30'N、123°30'E 附近略有较高的丰度区仍然有中华假磷虾。总之,总丰度变化与表盐负相关($p = 0.03$),外侧水域盐度较高时磷虾类丰度较大。

3.2 磷虾类数量变化和水团的关系

在长江口海域,磷虾往往聚集在咸淡水交汇处。根据以往文献^[16],春季长江径流势力较弱,在口外形成三角状锋面(图 2-a),进一步与苏北沿岸流交汇,交汇区域与中华假磷虾高丰度区一致(图 2-b 结果),夏季长江径流势力增强,在河口东南方形成狭长的冲淡水水团,北面与苏北沿岸流交汇,南面与外海暖水交汇,中华假磷虾高丰度区域在南北两个锋面的近外海水团一侧(图 2-b),秋季与春季相似,长江径流势力减弱,也在长江口外南部与苏北沿岸流和外海暖流形成三角锋面(图 2-c),这些磷虾高丰度区依旧以中华假磷虾为主(图 2-b 结果)。长江冲淡水势力强弱对长江口磷虾数量时空分布有重要影响。这与中华假磷虾对咸淡水环境适应密切相关。

3.3 优势种的环境适应和对磷虾类数量变动的贡献

春夏季中华假磷虾对磷虾丰度贡献大于同季节的其它优势种(表 1),秋、冬季除了中华假磷虾,太平洋磷虾也有重要的贡献(表 1)。磷虾类优势种对总丰度的贡献与不同优势种对不同季节的环境适应能力密切相关。

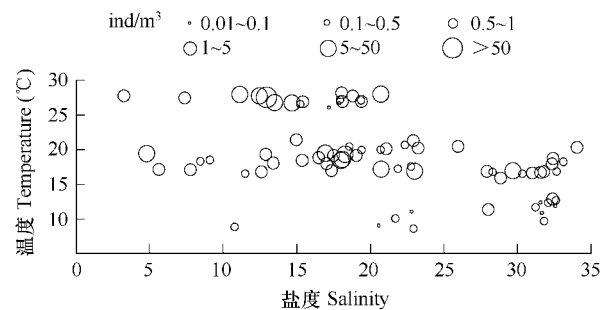


图 4 中华假磷虾丰度与表层温度(℃)和盐度的关系

Fig. 4 Relationship among *P. sinica* abundance, surface salinity and surface temperature (°C)

中华假磷虾对长江口海域咸淡水环境有广泛的适应。从图 4 可见,该种在 5~33 的盐度环境下具有广泛的适应性,因而在不同的水域(图 2)、不同的季节都有较大的优势度(表 1),有最高的丰度和最高的出现率(表 2)。尤其在夏季(图 2-b),该种平均丰度($9.79\text{ind}/\text{m}^3$)远远高于其它季节的平均丰度,因而成为近海磷虾类的首要优势种。可以推测,在东海长江口海域,夏季是该种最适意的温度环境,呈现明显的暖水性适应特征。图 4 显示,该种在广泛的盐度范围中都具有良好的种群发展能力,因而具有广盐适应特征。但是,根据图 4 盐度在 15~25 之间的结果,中华假磷虾大量出现在咸淡混合水团,在此环境下有较高的聚集强度($I = 141.94$),高于其它优势种,这就是中华假磷虾在东海近海数量丰富,作为长江口区最主要优势种的原因。东海近海中华假磷虾的四季丰度分布特征与磷虾类四季丰度分布趋势相似,基本反映了东海近海磷虾类分布的概况,可作为东海近海磷虾类的代表种。

与中华假磷虾相比,太平洋磷虾和小型磷虾往往分布在北部和外侧,主要数量在秋冬季,更适应东海近海的暖温高盐环境。表 1 显示,它们是冬春秋三季的优势种(表 1),这些季节水温相对较低,盐度相对较高。其中太平洋磷虾是冬季的主要优势种,比小型磷虾具有更强的低温适应能力,这是该种成为冬季优势种并对该季磷虾总丰度有一定贡献的原因。

3.4 东海近海和东海外海磷虾类生态特征的比较

东海外海与近海磷虾类的种类不同。根据以往文献,磷虾类在东海北部外海有 17 种,东海北部近海 19 种^[10],本研究显示东海长江口海域仅 8 种,可见,对东海北部而言,由近海向外海种类数逐渐增多。相对于长江口,东海北部近海^[9]还有瘦线脚磷虾(*Nematoscelis gracilis*)、螯磷虾(*Stylocheiron* sp.)和三晶柱螯磷虾(*S. suhmii*)这样的热带大洋种出现,此外卷叶磷虾(*E. recurva*)也有出现,北部外海还有近缘柱螯磷虾(*S. affine*)、线脚磷虾(*Nematoscelis* sp.),隆柱螯磷虾(*S. carinatum*)(均为大洋热带种^[9]),二晶柱螯磷虾(*S. microphthalma*)和刺燧磷虾(*Thysanopoda aequalis*)等出现,从长江口海域与东海近海、东海外海磷虾种数差异可以反映出这些不同水域的环境差异。

东海外海与近海磷虾类的丰度也不同。另据参考文献^[10],磷虾类在东海北部外海和近海平均丰度相近(分别为 $0.63\text{ind}/\text{m}^3$ 和 $0.69\text{ind}/\text{m}^3$),其中秋季最高,近海($1.77\text{ind}/\text{m}^3$)略大于外海($1.39\text{ind}/\text{m}^3$),近海冬季次之($0.37\text{ind}/\text{m}^3$),而外海夏季次之($0.51\text{ind}/\text{m}^3$),近海春季最低($0.11\text{ind}/\text{m}^3$),而外海冬季最低($0.26\text{ind}/\text{m}^3$)。在东海长江口海域平均丰度达 $4.7\text{ind}/\text{m}^3$,其中夏季最高,冬季最低(图 3)。长江口海域丰富的饵料生物为磷虾类个别种的种群生长提供了良好的食物条件。

3.5 总丰度与渔场的关系

磷虾是鱼类主要的食物来源之一^[17]。东海北部的小黄鱼主要以磷虾类、虾类和糠虾类为食。太平洋磷虾是小黄鱼的主要饵料之一,终年分布在东海北部、黄海和渤海中部,经常聚集在吕泗渔场、长江口渔场及其附近^[18]水域。丰水期,磷虾类在长江口及舟山渔场北部有较高的分布(图 2-b),枯水期在长江口及舟山渔场分布较低,且略向东南偏移(图 2-c),夏秋两季中华假磷虾聚集水域与长江口、舟山渔场位置一致(图 2-b,c)。磷虾集群对渔场形成具有重要意义,是渔场判断的一个重要指标。

References:

- [1] Nicol S, Endo Y. Krill fisheries development, management and ecosystem implications. *J. Aquatic Living Resources*, 1999, 12(2): 105–120.
- [2] Cai B J. Distribution of euphausiids in the west part of Taiwan Strait. *J. Acta Oceanologica Sinica*, 1989, 11(6): 763–768.
- [3] Bertha E. Lavaniegos, Mark D. Ohman. Coherence of long-term variations of zooplankton in two sectors of the California Current System. *J. Progress in Oceanography* 2007, 75: 42–69.
- [4] Sergio Palma, Nelson Silva. Distribution of siphonophores, chaetognaths, euphausiids and oceanographic conditions in the fjords and channels of southern Chile. *J. Deep-Sea Research Part II*, 2004, 51: 513–535.
- [5] Gomez-Gutierrez J, Petersen W T, et al. Cross-shelf life-stage segregation and community structure of the euphausiids off central Oregon (1970–1972). *J. Deep-Sea Research Part II* 2005, 52: 289–315.
- [6] Ginger A. Rebstock, Young Shil Kang. A comparison of three marine ecosystems surrounding the Korean peninsula: Responses to climate change. *J.*

Progress in Oceanography, 2003, 59: 357—379.

- [7] Wang R, Chen Y Q, Wang K. Quantitative distribution of euphausiids in the Yellow Sea and East China Sea in spring and autumn in relation to the hydrographic condition. Journal of Fisheries of China, 2003, 27 (Supp 1.): 31—38.
- [8] Xu Z L, Chen Y Q. The dominant species of euphausiids in the East China Sea and their ecological adaptability. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25 (9): 2227—2233.
- [9] Xu Z L. Distribution patterns of pelagic euphausiids in the East China Sea. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (9): 3678—3786.
- [10] Xu Z L, Li C J. Abundance distribution of euphausiids in the East China Sea. Journal of Fisheries of China, 2005, 29 (3): 373—378.
- [11] Xu Z L, Li C J. Species Composition and Diversity of Pelagic Euphausiids in the East China Sea. Acta Oceanologica Sinica, 2005, 24 (5): 98—106.
- [12] Zhao Z M, Zhou X Y. Introduction to ecology. M. Chongqing: Chongqing Branch of Scientific and Technical Documents Publishing House, 1984. 108—119.
- [13] The Chinese Academy of Sciences Center prepared by the Statistical Probability Theory Group. Calculating Probability and Statistics. M. Beijing: Science Press, 1979. 105—144.
- [14] Xu Z L, Chao M, *et al.* Distribution characteristics of zooplankton biomass in the East China Sea. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 23 (2): 337—346.
- [15] Guo Z G. Social statistical analysis methods-manual of SPSS software. Beijing: Renmin University of China Publishing House, 1999. 18—83.
- [16] Bao X W, Lin X P, *et al.* Simulation and analysis of shelf circulation and its seasonal variability in the East China Sea. J. Periodical of Ocean University of China, 2005, 35 (3): 349—356.
- [17] Xue Y, Jin X S, Zhao X Y, *et al.* Food Consumption by the fish community in the central and Southern Yellow Sea in Autumn. J. Periodical of Ocean University of China, 2007, 37 (1): 075—082.
- [18] Lin R S. Study on feeding habit and trophic level of red lip croaker in Changjiang estuary. J. Marine Fisheries 2007, 29 (1): 44—49.

参考文献:

- [2] 蔡秉及. 台湾海峡西部海域磷虾类的分布. 海洋学报, 1989, 11 (6): 763—768.
- [7] 王荣, 陈亚瞿, 王克. 黄、东海春、秋季磷虾的数量分布及其与水文环境的关系. 水产学报, 2003, 27 (Supp 1): 31—38.
- [8] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东海磷虾类优势种的生态适应. 生态学报, 2005, 25 (9): 2227—2233.
- [9] 徐兆礼. 东海浮游磷虾类的生态类型. 生态学报, 2007, 27 (9): 3678—3786.
- [10] 徐兆礼, 李春鞠. 东海浮游磷虾类数量分布. 水产学报, 2005, 29 (3): 373—378.
- [12] 赵志模, 周新远. 生态学引论. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1984. 108—119.
- [13] 中国科学院计算中心概率论统计编写组. 概率统计计算. 北京: 科学出版社, 1979. 105—144.
- [14] 徐兆礼, 晁敏, 陈亚瞿. 东海浮游动物生物量分布特征. 海洋学报, 2004, 23 (2): 337—346.
- [15] 郭志刚. 社会统计分析方法——SPSS 软件应用. 北京: 中国人民大学出版社, 1999. 18—83.
- [16] 鲍献文, 林霄沛, 等. 东海陆架环流季节变化的模拟与分析. 中国海洋大学学报, 2005, 35 (3): 349—356.
- [17] 薛莹, 金显仕, 赵宪勇, 等. 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): 075—082.
- [18] 林龙山. 长江口近海小黄鱼食性及营养级分析. 海洋渔业, 2007, 29 (1): 44—49.