

舟山渔场及邻近海域浮游动物数量分布特征

陈小庆¹, 俞存根^{1,*}, 胡颢琰², 郑基¹, 黄备², 王婕妤²

(1. 浙江海洋学院水产学院, 浙江 舟山 316004; 2. 浙江省舟山海洋生态环境监测站, 浙江 舟山 316004)

摘要: 依据 2006 年 8 月(夏)、2007 年 1 月(冬)、5 月(春)和 11 月(秋)在舟山渔场及其邻近海域(29°30'—31°30' N, 124°30' E 以西)开展海洋生态系统综合调查时,用浅水 I 型浮游生物网采集的浮游动物样本资料,分析了浮游动物总丰度及中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)、百陶箭虫(*Sagitta bedoti*)、肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)等主要种类的数量分布和季节变化特征。结果表明:调查海域浮游动物平均丰度季节变化明显,春季(555.87 ind./m³) > 夏季(270.87 ind./m³) > 秋季(138.39 ind./m³) > 冬季(127.70 ind./m³);其水平分布呈现南部高、北部低的特点。中华哲水蚤为广温广盐种,春季数量最大且分布均匀,大部分海域丰度 ≥ 100.00 ind./m³;夏季丰度急剧下降,主要分布在 30°00' N 以南海域;秋、冬季丰度较低,无明显高密度区。精致真刺水蚤为热带种,以夏、冬季丰度较高,主要分布在沿岸水与外海高盐水交汇区和调查海域的南北两端;春、秋季丰度较低且分布均匀。百陶箭虫、肥胖箭虫分别属于暖水种和热带大洋性种,冬、春季丰度都很低,无明显密集区,夏、秋季丰度较大。百陶箭虫主要分布在盐度梯度较大、外海高盐水与沿岸水的交汇区,肥胖箭虫则主要分布在外海高盐水与沿岸水交汇区的靠高温高盐水一侧,其分布与外海高温高盐水的消长有密切关系,可作为暖流指示种。温盐和水系消长变化是影响舟山渔场及邻近海域浮游动物丰度水平分布的重要因素。

关键词: 舟山渔场;浮游动物;丰度;数量分布

Distribution characteristic of zooplankton quantitative in Zhoushan Fishing Ground and its adjacent area

CHEN Xiaoqing¹, YU Cungen^{1,*}, HU Haoyan², ZHENG Ji¹, HUANG Bei², WANG Jieyu²

1 Fishery College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China

2 Zhoushan Marine Ecological Environment Monitoring Station, Zhoushan 316004, China

Abstract: Based on the data acquisitioned through the seasonal comprehensive survey of the marine ecosystem in Zhoushan Fishing Ground and its adjacent area (29°30'—31°30' N, 121°30'—124°30' E) in August 2006, January, April and November 2007, which stands for summer, winter, spring and autumn respectively, this paper discussed temporal-spatial distribution of zooplankton abundance and *Calanus sinicus*, *Euchaeta concinna*, *Sagitta bedoti* and *Sagitta enflata*. The results showed that the seasonal variation in the mean abundance was remarkable, and the order from high to low is spring (555.87 ind./m³), summer (270.87 ind./m³), autumn (138.39 ind./m³), and winter (127.70 ind./m³). *Calanus sinicus* is eurythermal and euryhaline species, it peaked in spring and uniformly distributed, and mean abundance in most of survey areas were over 100.00 ind./m³. It decreased dramatically in summer and mainly distributed in the area of south of 30°00' N; It was lower in autumn and winter, and there was no dramatic high concentration districts. *Euchaeta concinna* is tropical species, whose abundance was higher in autumn and winter, and the concentration zone was located at the region of mixed water system; The distributable variation in the abundance was small but lower in spring and summer. *Sagitta bedoti* and *Sagitta enflata* were warm water species and oceanic water tropical species respectively, and their abundances were lower in winter and spring than those in summer and autumn. The high distribution area of *Sagitta bedoti* was observed in the large of salinity gradient of converged areas of warm current and the costal water system. High abundance of *Sagitta*

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30970464);浙江省科技厅资助项目(2006C23051)

收稿日期: 2009-07-02; **修订日期:** 2009-12-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cgyu@zjou.net.cn

enflata region appeared in convergence region of coastal current water and off seawater, especially in the side off seawater. Because of its distribution influenced by off-sea high temperature and high salinity water masses, *Sagitta enflata* was a good indicator of warm current. Thermohaline and water system changes are important factors that affect the growth and decline of horizontal distribution of zooplankton abundance in Zhoushan fishing ground and its adjacent area.

Key Words: Zhoushan Fishing Ground; zooplankton; abundance; quantitative distribution

舟山渔场及邻近海域有长江、钱塘江两大江河的冲淡水注入,同时还受黄海冷水团以及黑潮暖流的分支——台湾暖流的影响,地理、水文等自然条件优越,使其成为适宜多种鱼类繁殖、生长、索饵、越冬的生活栖息地。随着过度捕捞和环境污染等各种因素影响,该海域渔业资源已严重衰退,渔业资源量不断下降,生态系统已经发生了一系列的变化。浮游动物作为海洋生态系统中的次级生产者也发生了相应的变化。国内有很多学者在不同时期对该海域的浮游动物生态学进行了研究^[1-13],但由于调查方法和调查范围的差异,所得结果并没有很好的对比性,加上近年海域环境条件和生物资源群落结构的变化,必然也引起了浮游动物种类组成和数量分布的变化。本文根据2006年8月(夏)、2007年1月(冬)、5月(春)和11月(秋)在舟山渔场及其邻近海域开展海洋生态系统综合调查时,用浅水I型浮游生物网采集的浮游动物调查资料,结合同步调查所得的水温、盐度等环境因子,对浮游动物的数量分布和季节变动进行了分析,得出浮游动物总丰度及主要种类的平面分布规律,以期为今后舟山渔场生态系统修复和保护提供基础材料。

1 材料和方法

数据取自2006年8月(夏)、2007年1月(冬)、5月(春)和11月(秋)租用“浙定渔11132”号渔船在舟山渔场及邻近海域(29°30′—31°30′ N, 124°30′ E 以西)开展海洋生态系统综合调查时所获得的浮游动物调查资料。共设20个调查站位(图1),冬季6、12号站位采样失败,所以不做分析。样品采集用浅水I型浮游生物网(口径50 cm、筛绢CQ14、孔径0.505 mm),自海底至海面垂直拖曳采集。样品采集和标本处理均按照《海洋调查规范——海洋生物调查》(GB12763.6-91)进行。所获标本经5%福尔马林溶液固定后,带回实验室进行分类、鉴定和计数。浮游动物的采样站位图和丰度分布图采用Surfer 8.0软件绘制。

2 结果

2.1 表层水温分布

2006—2007年,舟山渔场及邻近海域表层水温分布在7.16—30.12℃之间,最低值出现在2月份,最高值出现在8月份。春季调查海域平均表层水温为17.23℃(15.43—19.53℃),沿岸海域水温略高于外侧,整个调查海域水温分布较为均匀;夏季调查海域的水温明显升高,平均表层水温为28.14℃(21.45—30.12℃),南北温差明显,随着纬度的增加而递减;秋季调查海域的水温开始降低,平均表层水温为20.12℃(16.76—21.68℃),调查海域外侧表层水温明显高于沿岸海域;冬季海域的水温降到最低值,平均表层水温为13.56℃(7.16—16.83℃),其水平分布规律与秋季基本一致(图2)。

2.2 表层盐度分布

2006—2007年,舟山渔场及邻近海域表层盐度分布在14.45—34.34之间,最低值出现在8月份,最高值出现在2月份,等盐线分布大致与沿岸线平行,盐度值由沿岸向外侧海域逐渐升高。春季调查海域平均表层

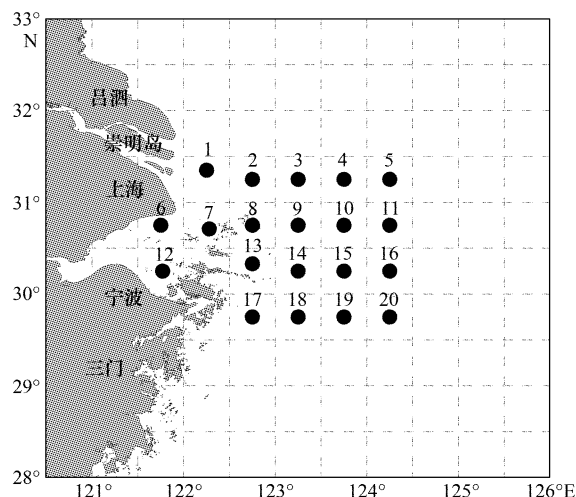


图1 浮游动物采样站位分布图

Fig.1 The sampling stations of zooplankton

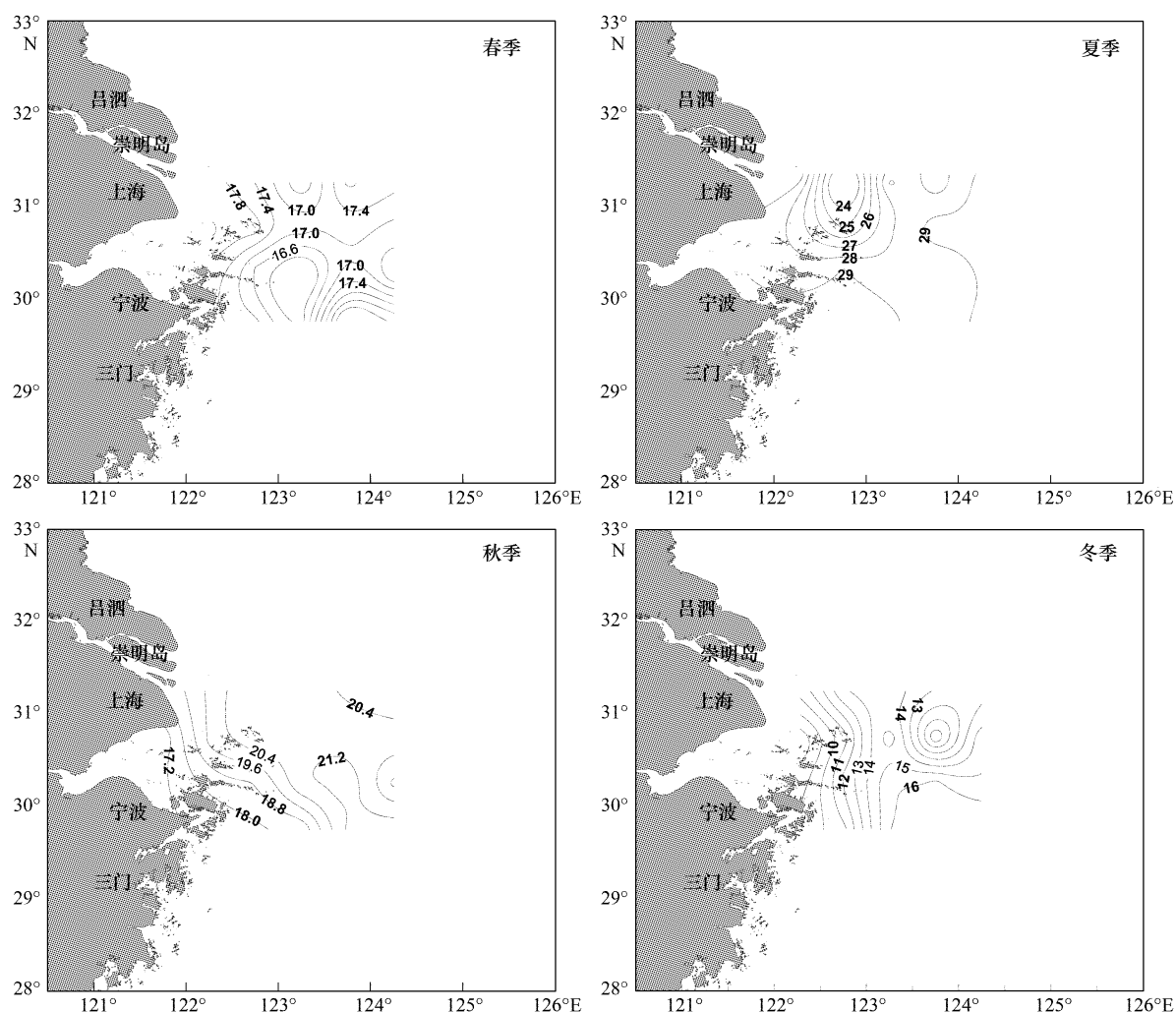


图2 调查海域的表层水温分布

Fig. 2 Horizontal distribution of sea surface temperature in the survey sea

盐度为 32.04 (16.92—33.74), 以长江口附近海域的盐度为最低; 夏季长江口附近海域的盐度明显降低, 但是外侧海域的盐度较春季略有增加, 平均表层盐度降低, 为 31.23 (14.45—33.78); 秋季调查海域平均表层盐度略有升高, 为 31.64 (14.48—34.13); 冬季达到全年平均表层盐度的最大值, 为 32.98 (21.84—34.34) (图 3)。

2.3 总丰度

2.3.1 季节变化

调查海域的浮游动物丰度季节变化明显, 四季平均丰度为 273.21 ind./m³, 其中变化趋势为春季 (555.87 ind./m³) > 夏季 (270.87 ind./m³) > 秋季 (138.39 ind./m³) > 冬季 (127.70 ind./m³), 以春季的浮游动物平均丰度最大, 约为冬季的 4.35 倍。

2.3.2 水平分布

春季, 浮游动物总丰度达到四季最高, 分布范围在 6.45—3979.42 ind./m³ 之间, 高密集区 (≥ 500.00 ind./m³) 主要分布在 30°30' N 以南海域, 且大部分海域的丰度值都高于 1000.00 ind./m³, 而杭州湾和 30°30' N 以北、123°00' E 以东海域浮游动物丰度较低, 丰度 ≤ 100.00 ind./m³ (图 4)。春季浮游动物丰度水平分布主要取决于中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*), 其丰度占春季总丰度的 89.91%。

夏季, 浮游动物总丰度较春季有明显减小, 分布范围在 3.33—872.00 ind./m³ 之间, 高密集区 (≥ 500.00 ind./m³) 主要分布在 30°30' N 以南海域, 较高密集区 (≥ 100.00 ind./m³) 主要分布在 31°00' N 以北和杭州

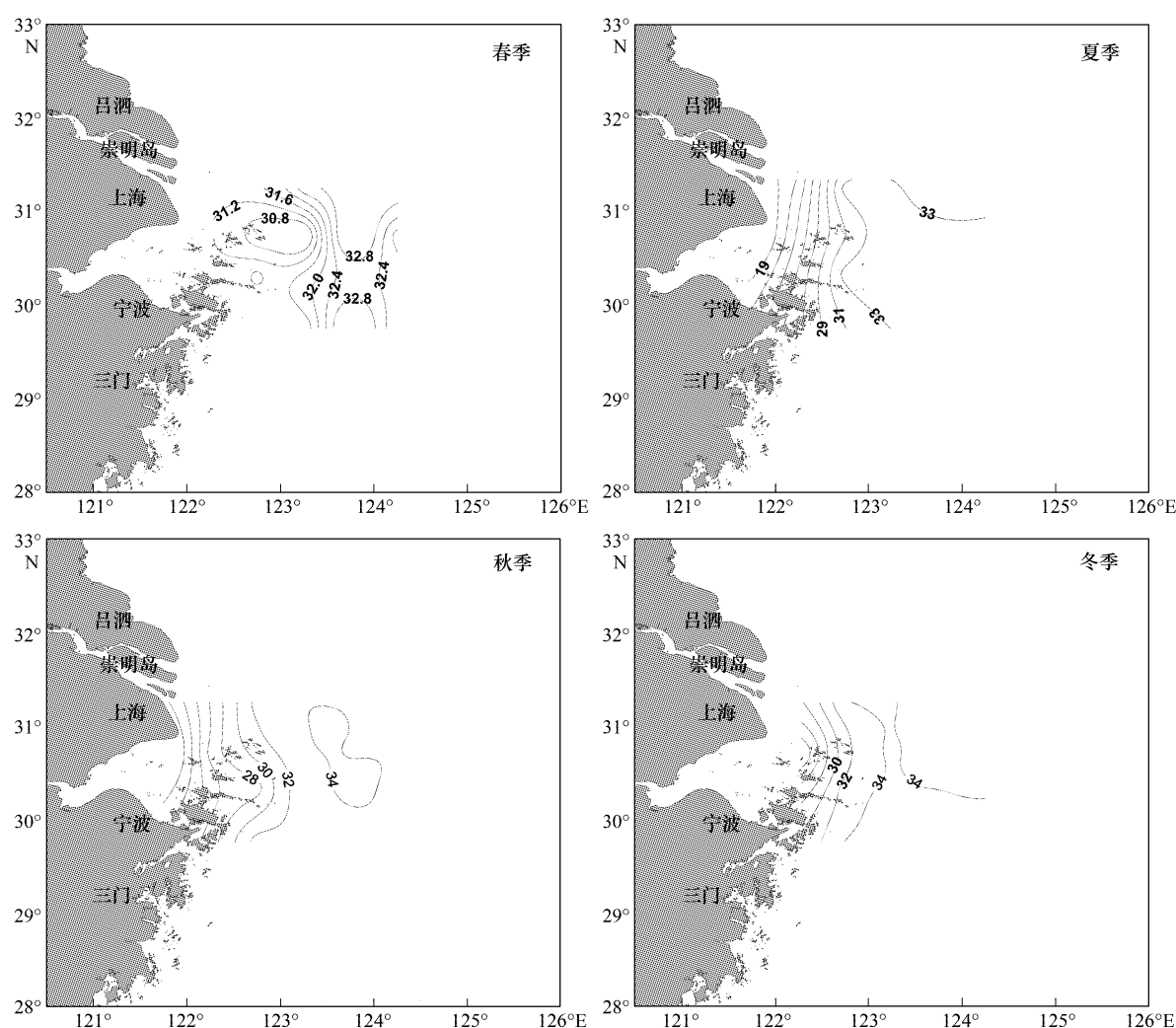


图3 调查海域的表层盐度分布

Fig. 3 Horizontal distribution of sea surface salinity in the survey sea

湾海域,16号站位丰度最大(872.00 ind./m^3),其他海域浮游动物的丰度均较低,丰度 $\leq 100.00 \text{ ind./m}^3$ (图4)。构成丰度高值区的主要种类有百陶箭虫(*Sagitta bedoti*)、肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)、肥胖三角蚤(*Evadne tergestina*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)和中华哲水蚤。

秋季,浮游动物总丰度分布较为均匀,分布范围在 $2.13\text{--}920.89 \text{ ind./m}^3$ 之间,较高密集区($\geq 100.00 \text{ ind./m}^3$)主要分布在 $30^{\circ}30'N$ 以南海域,其中14、18号站位的丰度 $\geq 500.00 \text{ ind./m}^3$ 。 $30^{\circ}30'N$ 以北海域较低,大部分海域的丰度 $\leq 100.00 \text{ ind./m}^3$ (图4)。构成丰度高值区的种类主要有亚强真哲水蚤(*Eucalanus subcrassus*)、缘齿厚壳水蚤(*Scolecithrix nicobarica*)和百陶箭虫。

冬季,浮游动物总丰度达到四季最低,分布范围在 $8.30\text{--}1231.92 \text{ ind./m}^3$ 之间,大部分调查海域的丰度均 $\leq 100 \text{ ind./m}^3$,丰度较高的站位($\geq 100 \text{ ind./m}^3$)主要分布在 $30^{\circ}00'N$ 以南和 $31^{\circ}00'N$ 以北海域(图4)。构成丰度高值区的种类主要有精致真刺水蚤、微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)、普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)。

2.4 主要种类的数量分布

2.4.1 中华哲水蚤

中华哲水蚤为广温广盐种类,个体大,丰度高,分布广,季节变化明显规律如图5所示。春季,随着调查海

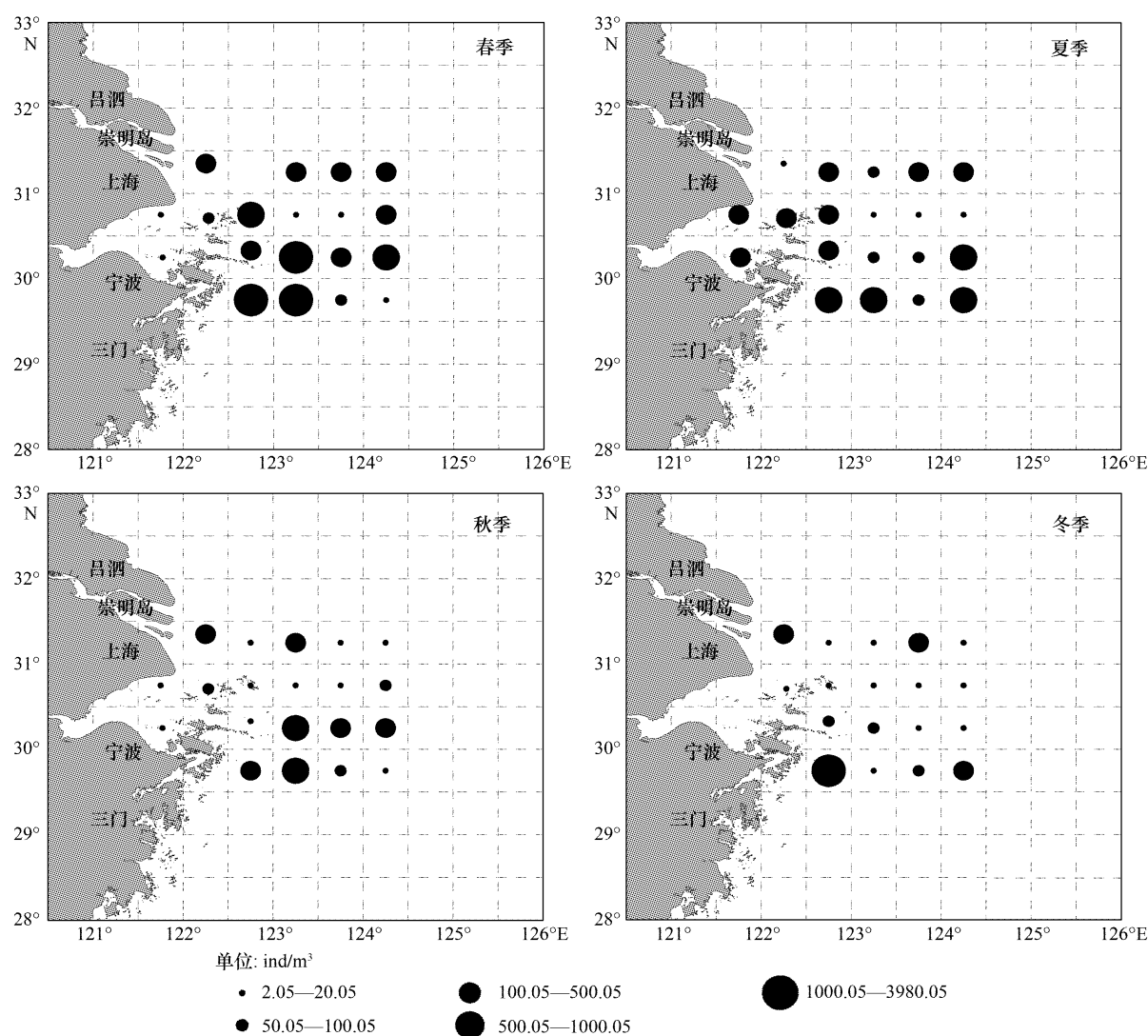


图4 调查海域浮游动物丰度水平分布

Fig. 4 The horizontal distribution of abundance of zooplankton

域水温的升高,中华哲水蚤开始大量繁殖,整个调查海域中华哲水蚤的丰度分布较为均匀(大部分海域丰度 ≥ 100.00 ind./ m^3),并达到全年最高峰,平均丰度高达 499.81 ind./ m^3 。夏季,调查海域的水温分布在 26 °C 以上,中华哲水蚤的丰度急剧下降,但仍为全年的次高峰,平均丰度为 13.42 ind./ m^3 ,其中 30°00' N 以南和 122°30'—123°30' E 之间海域丰度较高(≥ 100.00 ind./ m^3)。秋、冬季,调查海域中华哲水蚤的丰度较低,大部分海域中华哲水蚤的丰度分布在 0—10.00 ind./ m^3 之间,其中秋季调查海域南部中华哲水蚤的丰度分布在 10—100.00 ind./ m^3 之间。冬季,调查海域中华哲水蚤的丰度达到全年最低,除 17 号站位外,其他站位均 ≤ 10.00 ind./ m^3 ,整个调查海域中华哲水蚤的丰度无明显的高密集区。

2.4.2 精致真刺水蚤

精致真刺水蚤为热带种类,调查海域内的丰度较大,仅次于中华哲水蚤,其中在夏季和冬季居中华哲水蚤之上,不同季节丰度水平分布如图 6 所示。春季,调查海域精致真刺水蚤的丰度最低,大部分海域丰度均 ≤ 1.00 ind./ m^3 ,平均值仅为 6.06 ind./ m^3 ,在沿岸水与外海高温高盐水的交汇区,丰度相对较高(≥ 10.00 ind./ m^3)。夏季,随着水温上升,调查海域精致真刺水蚤的丰度剧增,并达到最高峰值,其平均值高达 27.38 ind./ m^3 。与春季相比,沿岸水与外海高温高盐水的交汇区的丰度仍较高,同时,调查海域南部和北部的丰度

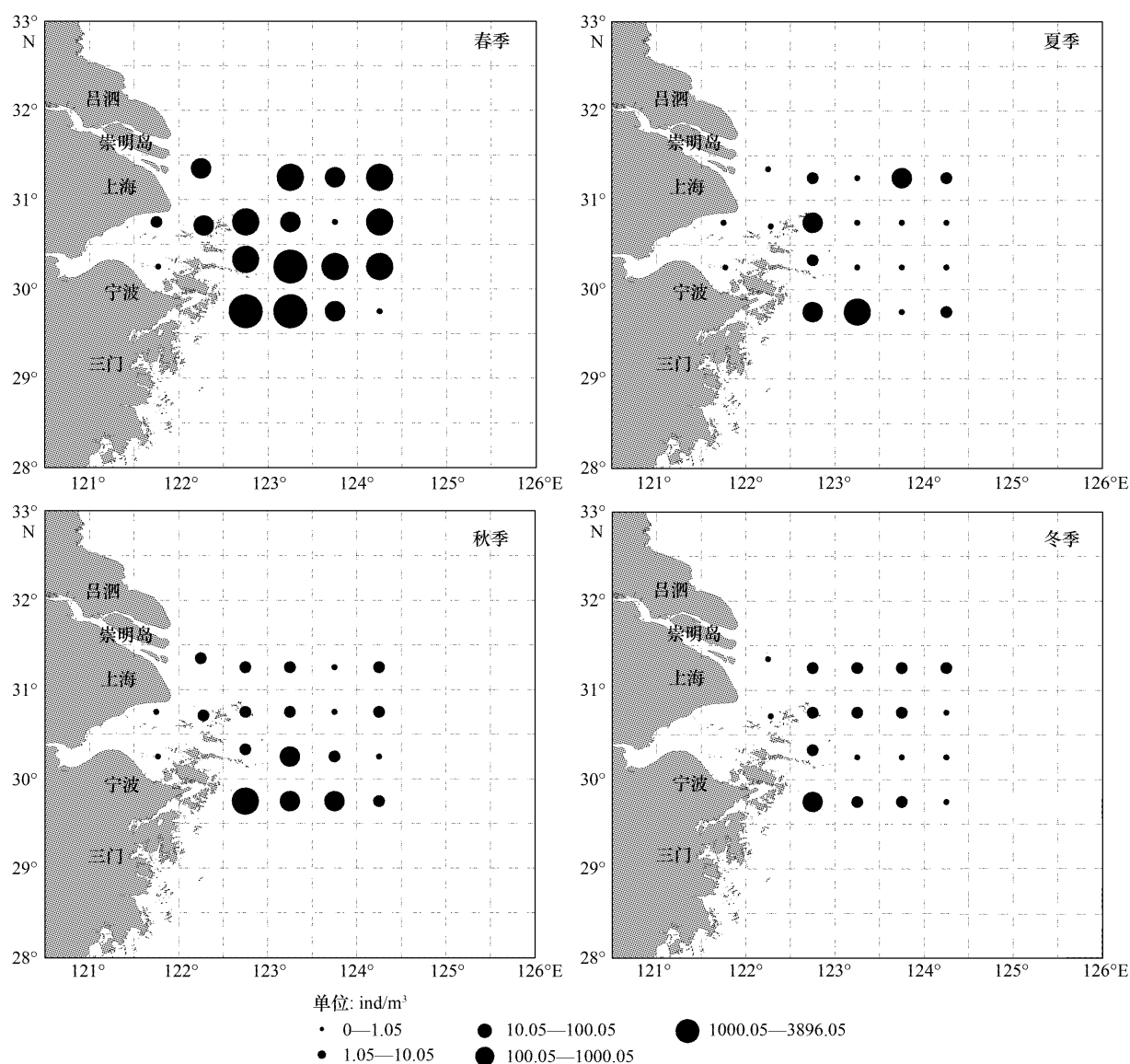


图5 调查海域中华哲水蚤丰度水平分布

Fig.5 The horizontal distribution of abundance of *Calanus sinicus*

明显增加。秋季,调查海域精致真刺水蚤的丰度有所下降,其中以北部海域下降最为明显,大部分海域精致真刺水蚤的丰度均 ≤ 10.00 ind./m³,平均值为7.88 ind./m³。冬季,调查海域精致真刺水蚤的丰度又有所增加,为全年的次高峰,平均值为21.99 ind./m³,其水平分布与夏季相似。

2.4.3 百陶箭虫

百陶箭虫为暖水性种类,其丰度在调查海域居毛颚类之首位,不同季节丰度水平分布如图7所示。春季,调查海域百陶箭虫的丰度较低,平均值为7.06 ind./m³,无明显高密度区,大部分海域的丰度 ≤ 1.00 ind./m³。夏季,调查海域百陶箭虫的丰度明显增高,平均值为11.98 ind./m³,并出现丰度高密集区,主要分布在沿岸水与外海高温高盐水的交汇区。秋季,调查海域百陶箭虫的丰度达到全年高峰,平均值为12.57 ind./m³,其中在南部海域百陶箭虫的丰度较其他季节有明显增加。冬季,调查海域百陶箭虫的丰度急剧下降,达全年最低值,平均值为4.62 ind./m³,南部海域的丰度较北部海域高。

2.4.4 肥胖箭虫

肥胖箭虫属于热带大洋性种类,在东海主要分布于受黑潮暖流、台湾暖流和对马暖流影响海域,是毛颚类

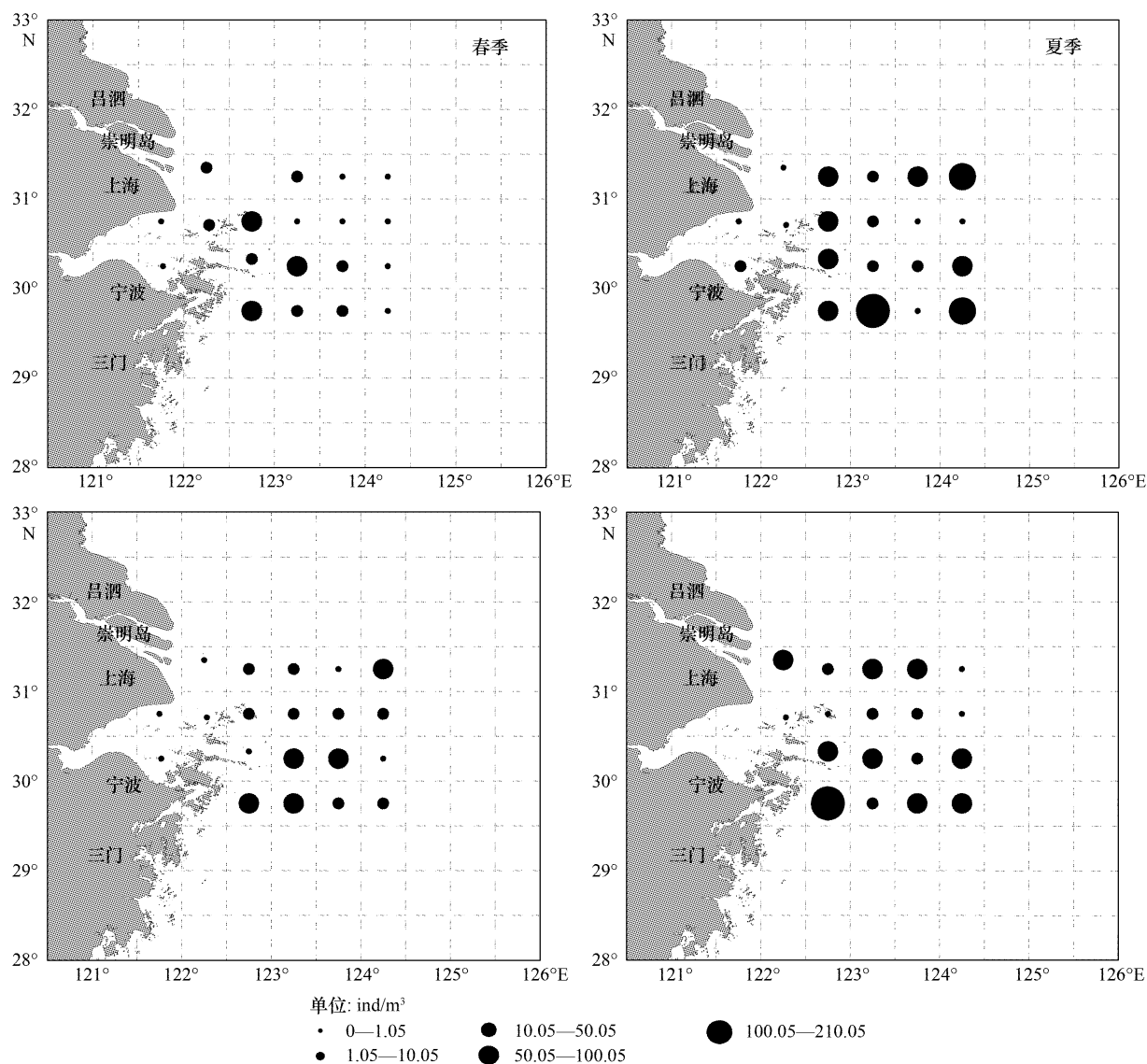


图6 调查海域精致真刺水蚤丰度水平分布

Fig. 6 The horizontal distribution of abundance of *Euchaeta concinna*

的主要成员之一^[14],在调查海域,其丰度仅次于百陶箭虫,不同季节丰度水平分布如图8所示。春季,调查海域肥胖箭虫的丰度较低,丰度 ≤ 1.00 ind./m³。夏季,随着水温升高,外海高温高盐水势力增强,调查海域的肥胖箭虫数量也迅速增加,并达到全年的最高峰,平均丰度也上升到20.23 ind./m³,高密度区(≥ 10.00 ind./m³)主要集中在调查海域的南部和北部。秋季,随着水温降低,近岸水向外扩张,外海高温高盐水势力的减弱,调查海域的肥胖箭虫数量出现下降趋势,但仍为全年的次高峰,平均丰度为10.23 ind./m³,无明显高密度区,调查海域南部的肥胖箭虫丰度较北部大。冬季,调查海域平均水温为13.56℃,肥胖箭虫的出现数量很少,大部分海域肥胖箭虫的丰度 ≤ 1.00 ind./m³。

3 讨论

3.1 总丰度水平分布与环境因子及浮游植物的关系

舟山渔场及邻近海域因受江河径流、台湾暖流以及黄海冷水团的影响,浮游动物种类丰富,出现的群落数量及丰度大,且季节变化明显,即其丰度季节变化规律为:春季>夏季>秋季>冬季,这一特征与浙江近海浮游动物生物量的季节变化特征相一致^[1],却有别于整个东海浮游动物生物量的季节变化^[10]。这可能是因为

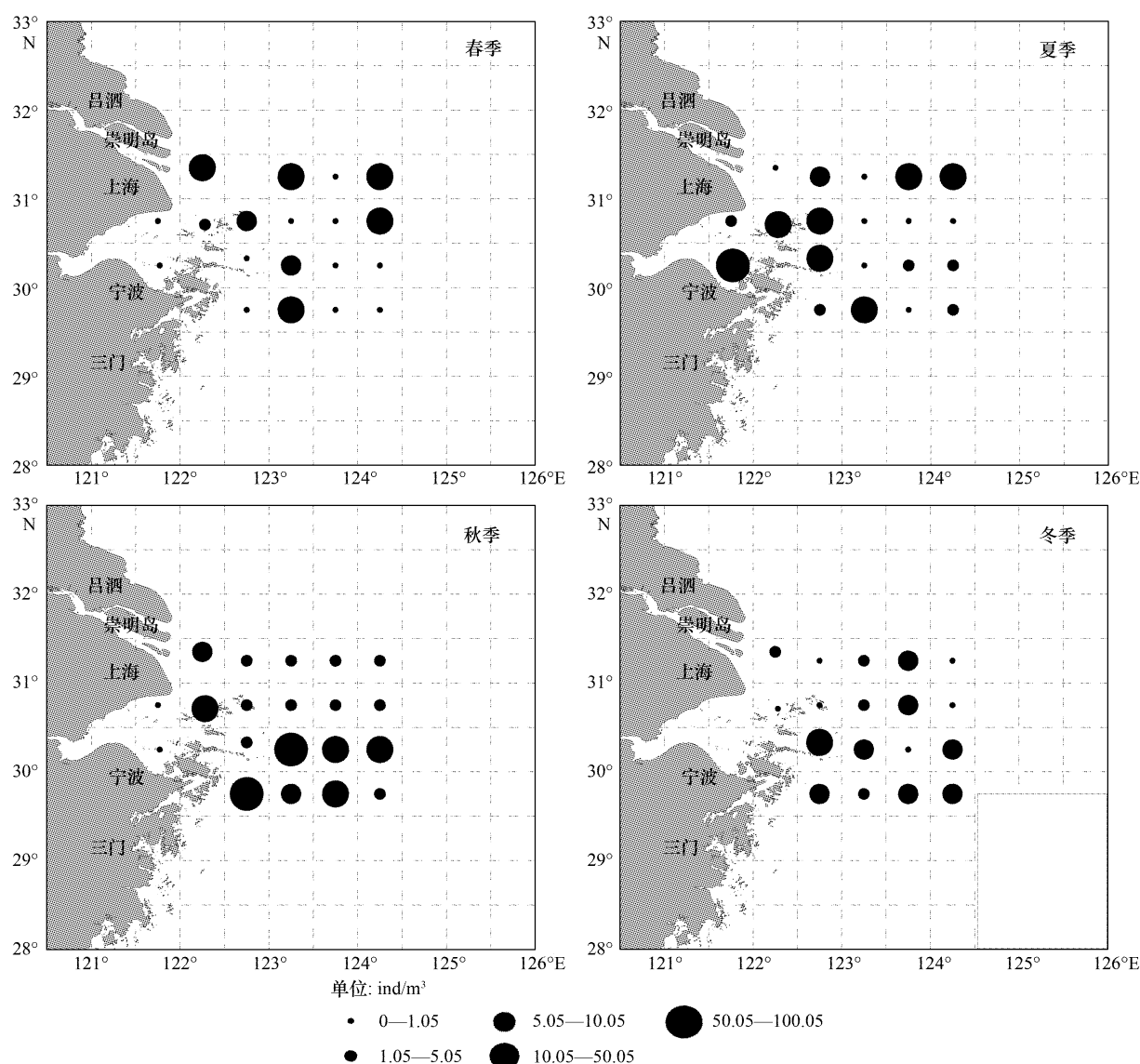


图7 调查海域百陶箭虫丰度水平分布

Fig.7 The horizontal distribution of abundance of *Sagitta bedoti*

分布在河口、沿岸及近海的浮游动物种类与分布在外海的浮游动物种类组成存在差异而引起的。不同的浮游动物种类对环境因子的适应性不同,导致其出现的高生物量季节不同。

由于浮游动物缺乏发达的运动器官,运动能力弱或完全没有运动能力,只能随潮水、海流移动,其数量分布与环境中的温度、盐度、水系、海流等存在密切关系^[15-19]。通过总丰度与环境因子之间的逐步回归分析发现,舟山渔场及邻近海域年间温度、盐度对浮游动物总丰度多元一次逐步回归的相关性不显著($P > 0.05$),但通过对各个环境因子的主成分分析发现,4个季节的温度、盐度的贡献率大于65.0%,其中温度的贡献率大于45.0%,这说明温盐对舟山渔场及邻近海域浮游动物丰度的分布存在较大影响。春季随着温度的升高,由于中华哲水蚤大量繁殖,并且在该季节成为绝对优势种,使春季丰度达到最大值,高密度区主要分布在调查海域南部。夏季的温度达到年间最高值,且整个调查海域的温差减小,浮游动物的丰度较春季有所减少。秋季调查海域的温度出现下降趋势,浮游动物的丰度也有所下降,其中丰度较大的站位多分布在水温相对较高的南部调查海域。冬季调查海域分布水温较低,水平温差较大,浮游动物的丰度普遍较低,整个调查海域浮游动物的丰度分布相对较均匀,无明显的高密集区。夏、秋季浮游动物丰度下降,除了与温度、盐度的季节变化有关

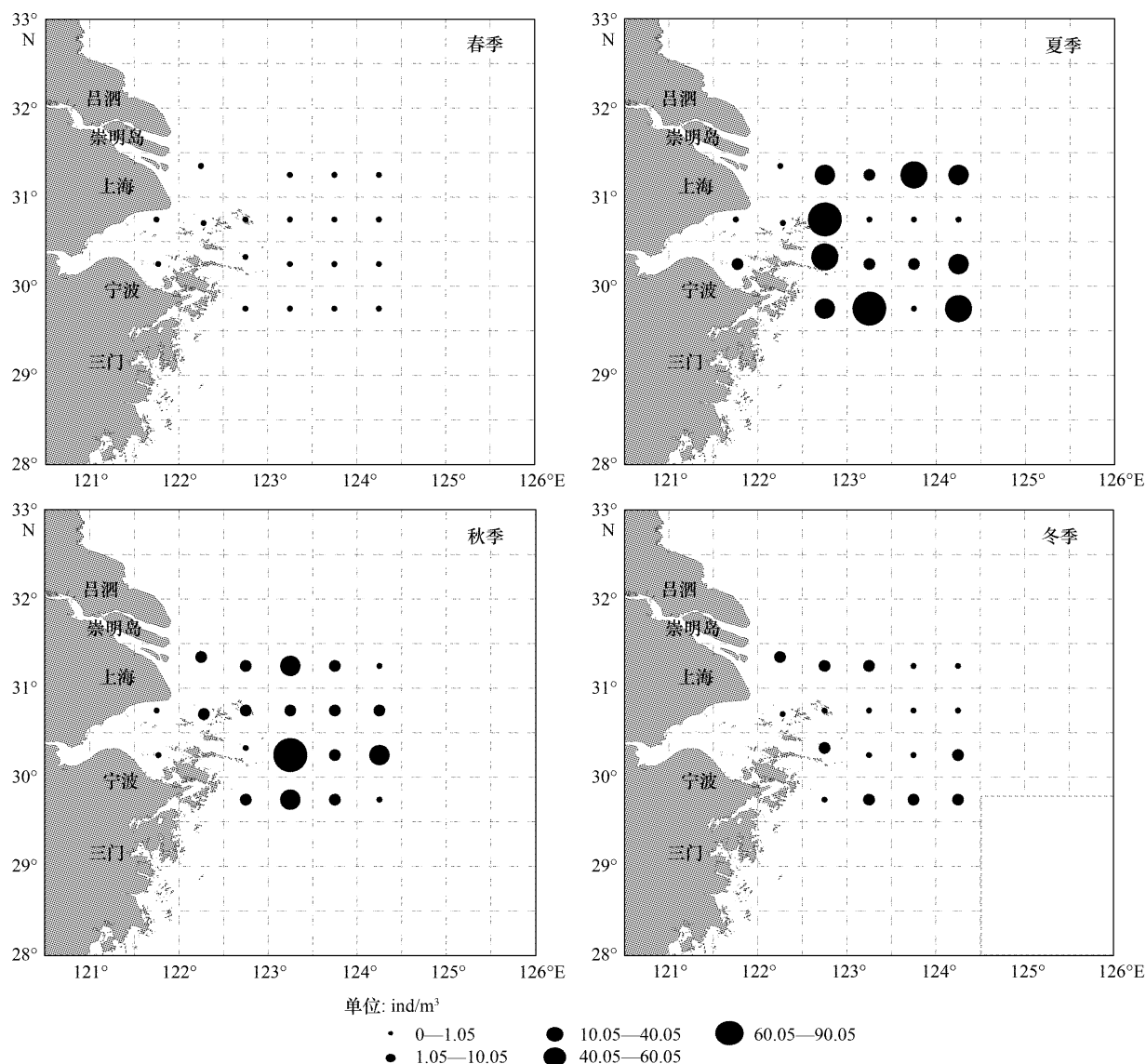


图8 调查海域肥胖箭虫丰度平面分布

Fig. 8 The horizontal distribution of abundance of *Sagitta enfata*

外,可能还与幼鱼大量索饵有关。

吴玉霖等^[20]对长江口浮游植物的分布调查显示,春季和秋季密集区出现在调查区的南部,夏季浮游植物密集区位于长江口海域的北部及靠近浙江近海的上升流区,冬季数量最少且分布相对较均匀,与本次浮游动物的高密集区基本相吻合。但是浮游植物丰度的高密集是否是导致浮游动物丰度高密集的原因,这有待于更多的调查研究与证实。

3.2 主要种类水平分布与季节变化

桡足类和毛颚类是构成海洋浮游动物的重要类群,中华哲水蚤、精致真刺水蚤、百陶箭虫、肥胖箭虫是构成这两大类群丰度的重要种类。中华哲水蚤为广温广盐种类,季节变化明显且有规律,以春季的平均丰度最高,夏、秋、冬季逐渐减小。精致真刺水蚤为热带种类,其丰度在桡足类中仅次于中华哲水蚤,夏季精致真刺水蚤平均丰度最高,秋季明显降低,但在冬季又有明显上升。引起该现象的原因尚不清楚。百陶箭虫为暖水种,数量之多居毛颚类首位,以秋季丰度最大。百陶箭虫的高密集区往往位于盐度梯度较大、外海高温高盐水与沿岸水的交汇区,这表明百陶箭虫为适盐范围较广的暖水种。肥胖箭虫为热带大洋性种类,在调查海域主要出

现于外海高温高盐水与沿岸水的交汇区,且又以靠近外海高温高盐水一侧居多,其分布与外海高温高盐水的消长有密切关系,可作为暖流指示种。4种浮游动物不同季节的丰度平均值均比整个东海区的平均值高^[14],这说明舟山渔场及邻近海域浮游动物基础饵料丰富,同时也反映了渔业资源状况较其他海域好的基础条件。

References:

- [1] Zheng Z Z, Guo Y J, Wang R, Yu Y Y. Study on the ecology of zooplankton in the inshore waters of Zhejiang//Committee of Aquatic Resource of Zhejiang eds. An Investigation of Fishery Resources in the Inshore Waters of Zhejiang. 1964, 237-266.
- [2] Wang K, Wang R, Zuo T, Gao S W. Analysis of zooplankton biomass in Changjiang River estuary and adjacent waters. *Oceanologia Etlimnologia Sinica*, 2004, 35 (6): 568-576.
- [3] Chen Y Q, Xu Z L, Wang Y L, Hu X F, Hu H, Gu G C. An ecological study on zooplankton in plume front zone of Changjiang River Estuary Area I biomass distribution of dominant species. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, 2 (1): 49-58.
- [4] Chen Y Q, Xu Z L, Wang Y L, Hu X F, Han M B, Yan H C. An ecological study on zooplankton in plume front zone of Changjiang River Estuary Area II species composition, community structure and indicator species. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, 2 (1): 59-63.
- [5] Xu Z L, Wang Y L, Chen Y Q, Hu H, Han M B, Li X H. An ecological study on zooplankton in plume front zone of Changjiang River Estuary Area III vertical distribution of dominant species. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1995, 2 (1): 64-70.
- [6] Zhu Q Q. An investigation on the ecology of zooplankton in Changjiang estuary and Hangzhou Bay. *Journal of Fisheries of China*, 1988, 12 (2): 110-123.
- [7] Xu Z L. Character of zooplankton community and its variation in the water near the Yangtze River estuary. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24 (7): 780-784.
- [8] Xu Z L, Wang Y L, Ba X M, Chen Y Q. An ecological study on zooplankton in the Changjiang estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 5 (5): 55-58.
- [9] Xu Z L, Shen X Q. Zooplankton biomass and its variation in water near Changjiang estuary. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14 (3): 282-286.
- [10] Xu Z L, Chao M, Chen Y Q. Distribution characteristics of zooplankton biomass in the East China Sea. *Acta Oceanologica Sinica*, 2004, 26 (3): 93-101.
- [11] Xu Z L, Jiang M, Chao M, Wang Y L, Yuan Q, Chen Y Q. Quantitative distribution of pelagic copepods in the East China Sea. *Journal of Fisheries of China*, 2004, 27 (3): 258-264.
- [12] Xu Z L. Environmental adaptation of pelagic polychaeta in the East China Sea. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2008, 14 (1): 53-58.
- [13] Guo P Y, Shen H T, Liu A C, Wang J H, Yang Y L. The species composition, community structure and diversity of zooplankton in Changjiang estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (5): 892-899.
- [14] Zhang Q H, Cheng J H, Xu H X, Shen X Q, Yu G P, Zheng Y J. Fisheries resources and sustainable utilization in the East China Sea. Shanghai: Fudan University Press, 2007, 46-52.
- [15] Yang G M, He D H, Wang C S, Miao Y T, Yu H H. Study on the biological oceanographic characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan, China I. Abundance distribution. *Acta Oceanologica Sinica*, 1999, 21 (4): 78-86.
- [16] Yang G M, He D H, Wang C S, Miao Y T, Yu H H. Study on the biological oceanographic characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan II. Community characteristics. *Acta Oceanologica Sinica*, 1999, 21 (6): 72-80.
- [17] Yang G M, He D H, Wang C S, Miao Y T, Yu H H. Study on the biological oceanographic characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan III. Indicator species. *Acta Oceanologica Sinica*, 2000, 22 (1): 93-101.
- [18] Rvetto G, Gaud Y R, Pagano M. Influence of salinity on the distribution of *Acartia tonsa*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1999, 239 (1): 33-45.
- [19] Shen G Y, Shi B Z. *Marine Ecology*. Beijing: Science Press, 2003: 153-183.
- [20] Wu Y L, Fu Y N, Zhang Y S, Pu X M, Zhou C X. Phytoplankton distribution and its relation to the runoff in the Changjiang (Yangtze) estuary. *Oceanologia Etlimnologia Sinica*, 2004, 35 (3): 246-251.

参考文献:

- [1] 郑执中, 郭玉洁, 王荣, 虞研原. 浙江近海浮游生物生态调查研究//浙江省水产资源调查委员会编, 浙江近海渔业资源调查报告, 1964: 237-266.

- [2] 王克, 王荣, 左涛, 高尚武. 长江口及邻近海区浮游动物总生物量分析. 海洋与湖沼, 2004, 35 (6): 568-576.
- [3] 陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 胡西方, 胡辉, 谷国传. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 I. 生物量及优势种的平面分布. 中国水产科学, 1995, 2 (1): 49-58.
- [4] 陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 胡西方, 韩明宝, 严宏昌. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 II. 种类组成、群落结构、水系指示种. 中国水产科学, 1995, 2 (1): 59-63.
- [5] 徐兆礼, 王云龙, 陈亚瞿, 胡辉, 韩明宝, 李兴华. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 III. 优势种的垂直分布. 中国水产科学, 1995, 2 (1): 64-70.
- [6] 朱启琴. 长江口、杭州湾浮游动物生态调查报告. 水产学报, 1988, 12 (2): 110-123.
- [7] 徐兆礼. 长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势. 生态学杂志, 2005, 24 (7): 780-784.
- [8] 徐兆礼, 王云龙, 白雪梅, 陈亚瞿. 长江口浮游动物生态研究. 中国水产科学, 1999, 6 (5): 55-58.
- [9] 徐兆礼, 沈新强. 长江口水域浮游动物生物量及其年间变化. 长江流域资源与环境, 2005, 14 (3): 282-286.
- [10] 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, 26 (3): 93-101.
- [11] 徐兆礼, 蒋玫, 晁敏, 王云龙, 袁骥, 陈亚瞿. 东海浮游桡足类的数量分布. 水产学报, 2004, 27 (3): 258-264.
- [12] 徐兆礼. 东海浮游多毛类环境适应分析. 应用与环境生物学报, 2008, 14 (1): 53-58.
- [13] 郭沛勇, 沈焕庭, 刘阿成, 王金辉, 杨元利. 长江口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性. 生态学报, 2003, 23 (5): 892-899.
- [14] 张秋华, 程家骅, 徐汉祥, 沈新强, 俞国平, 郑元甲. 东海区渔业资源及其可持续利用. 上海: 复旦大学出版社, 2007: 46-52.
- [15] 杨关铭, 何德华, 王春生, 苗育田, 于洪华. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 I. 数量分布. 海洋学报, 1999, 21 (4): 78-86.
- [16] 杨关铭, 何德华, 王春生, 苗育田, 于洪华. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 II. 群落特征. 海洋学报, 1999, 21 (6): 72-80.
- [17] 杨关铭, 何德华, 王春生, 苗育田, 于洪华. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 III. 指示性种. 海洋学报, 2000, 22 (1): 93-101.
- [19] 沈国英, 施并章. 海洋生态学. 北京: 科学出版社, 2003: 37-39.
- [20] 吴玉霖, 傅月娜, 张永山, 蒲新明, 周成旭. 长江口海域浮游植物分布及其与径流的关系. 海洋与湖沼, 2004, 35 (3): 246-251.