

渤海浮游动物群落生态特点 II. 桡足类数量分布及变动

毕洪生, 孙 松, 高尚武, 张光涛

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

摘要:用 1959 年全国海洋普查浮游动物中网样品分析渤海浮游动物, 尤其是中小型浮游动物的数量分布及变动特点。结果表明, 渤海浮游动物全年平均丰度为 3841 ind/m^3 , 最大 33756 ind/m^3 , 最小 6.5 ind/m^3 。其中桡足类年平均密度为 3413 ind/m^3 , 是数量的主要构成者。渤海浮游动物主要的高峰期出现在夏季, 此外春、秋两季各自有一个小的高峰。春季峰主要是由双毛纺锤水蚤 (*Acartia bifilosa*) 的大量繁殖造成, 秋季峰主要是由拟长腹剑水蚤 (*Oithona similis*) 构成, 夏季峰是由于小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、强额拟哲水蚤 (*Paracalanus crassirostris*)、拟长腹剑水蚤等多种桡足类和一些幼虫大量繁殖造成。渤海浮游动物季节演替比较明显, 双毛纺锤水蚤、墨氏胸刺水蚤 (*Centropages mcmurrichi*) 和中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 是春季的优势种; 小拟哲水蚤、拟长腹剑水蚤、近缘大眼剑水蚤 (*Corycaeus affinis*) 和太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*) 是夏季的优势种; 拟长腹剑水蚤、真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*) 等是秋季的优势种。数量的水平分布同温度的水平分布趋势基本一致, 同盐度趋势相反。

关键词:浮游动物; 桡足类; 丰度; 季节变动

The ecological characteristics of zooplankton community in the Bohai Sea II. The distribution of copepoda abundance and seasonal dynamics

BI Hong-Sheng, SUN Song, GAO Shang-Wu, ZHANG Guang-Tao (Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract: Samples from twelve consecutive cruises in 1959 were analyzed to determine the distribution patterns of abundance and seasonal dynamics of zooplankton. The abundance of zooplankton ranged from 6.5 ind/m^3 in winter to 33756 ind/m^3 in summer with an average of 3841 ind/m^3 . There were two smaller peaks in April and November respectively. Copepoda were major components of zooplankton in the Bohai Sea with an annual average abundance of 3413 ind/m^3 . The species which dominated zooplankton changed seasonally; *Acartia bifilosa*, *Centropages mcmurrichi*, *Calanus sinicus* were in spring, *Paracalanus parvus*, *P. crassirostris*, *Corycaeus affinis* and *Acartia pacifica* were in summer, and *Oithona similis*, *Labidocera euchaeta* were in autumn. The seasonal abundance distribution was consistent with the horizontal gradient of temperature and inverse with that of salinity.

Key words: zooplankton; copepoda; abundance; seasonal dynamics

文章编号: 1000-0933(2001)02-0177-09 中图分类号: Q178.53, Q958.885 文献标识码: A

中国生态系统动力学 GLOBEC 的研究内容之一是研究生态系统的动态变化, 因此对历史资料的分析是一项重要而有意义的工作。随着对海洋生态系统的深入研究, 人们逐渐意识到中小型浮游动物在海洋生态系统中的作用。例如 Morales 和 Dam^[1] 在大西洋东北部的研究结果, 小型的浮游动物对浮游植物的捕食

基金项目: 国家自然科学基金“九五”重大资助项目 (NO. 49790010), 国家自然科学基金资助项目 (NO. 49976032)

收稿日期: 1999-09-06 修訂日期: 2000-03-05

作者简介: 毕洪生 (19~), 男, 汉, 山东荣城人, 博士, 副研究员。主要从事浮游动物生态学研究。

压力超过中型和大型的种类。以往的研究^[2~4]未对渤海中小型的种类做过系统的研究,为从历史资料中提炼更多的信息,本文继“渤海浮游动物群落生态特点 I. 种类组成与群落结构”的研究分析后,进一步分析了 1959 年全国海洋普查渤海浮游动物的中网标本,尤其对海洋浮游动物的主要组成者桡足类数量分布和动态变化进行了研究,为了解渤海浮游动物的种群演替和发展提供基础资料。

1 材料与方法

可参考渤海浮游动物群落生态特点系列论文 I 的材料与方法^[5]。

2 结果与讨论

2.1 水文条件

渤海平均水深 25m 左右,仅辽东湾和中央水道较深。周围有山东、河北和辽宁 3 省环绕,仅在东部与北黄海相通,是典型的温带半封闭性内海。图 1~图 4 是 1959 年渤海冬(2 月份)、春(5 月份)、夏(8 月份)、秋(11 月份)四季表层等温线和等盐线的分布图。

渤海表层水温变化范围为 -1.5℃(2 月份)~28.9℃(8 月份)。春、夏季(图 2a,图 3a)表层温度由沿岸水域向中央水域逐渐降低。秋、冬季(图 4a,图 1a)则相反,表层温度由中央近湾口水域向沿岸水域逐渐降低。这主要是因为沿岸水域水深较浅,春、夏季温度升高较快;秋、冬季湾口附近水域受黄海海流影响,温度较近岸水域偏高。

盐度的变化范围为 25.5~31.5。盐度的变化趋势在 4 个季节基本一致(图 1b,图 2b,图 3b,图 4b),都是由沿岸水域向中央水域逐渐升高。只是夏、秋两季(图 3b,图 4b)沿岸冲淡水注入较多,使表层盐度的变化较大。

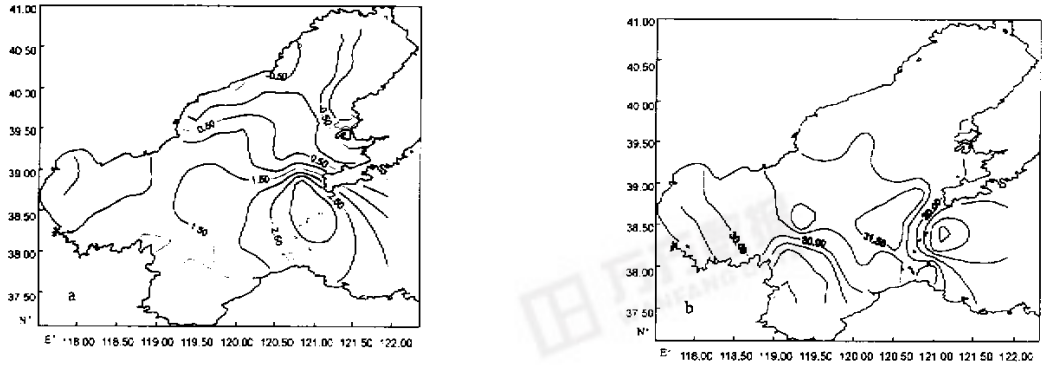


图 1 冬季表层温度(a)和盐度(b)分布图

Fig. 1 Surface temperature(a)and salinity(b)in winter

2.2 浮游动物总量的季节分

图 5a, b, c, d 是渤海浮游动物冬(2 月份)、春(5 月份)、夏(8 月份)、秋(11 月份)、数量分布图。从图中可以看出,在大部分时间中(春、夏、秋)沿岸水域的数量比中央水域高。春、夏季(图 5b、图 5c)的数量分布趋势同表层温度的变化趋势一致,同表层盐度的变化趋势相反。从图 5d 可以看出,秋季数量的变化趋势同温度的变化趋势相反,同盐度的变化趋势基本一致。

从图 5a 可以看出,冬季浮游动物数量较低,大部分水域丰度低于 600 ind/m³。中央水域的数量比沿岸水域的数量高,数量变化的这种变化趋势同温度的变化趋势一致,同盐度的变化趋势相反。

2.3 主要桡足类丰度的季节变动

桡足类是渤海浮游动物数量的主要组成部分,年平均丰度为 3413 ind/m³,占浮游动物总量的 88.75%。其中主要的种类包括双毛纺锤水蚤(*Acartia bifilosa*)、小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、强额拟

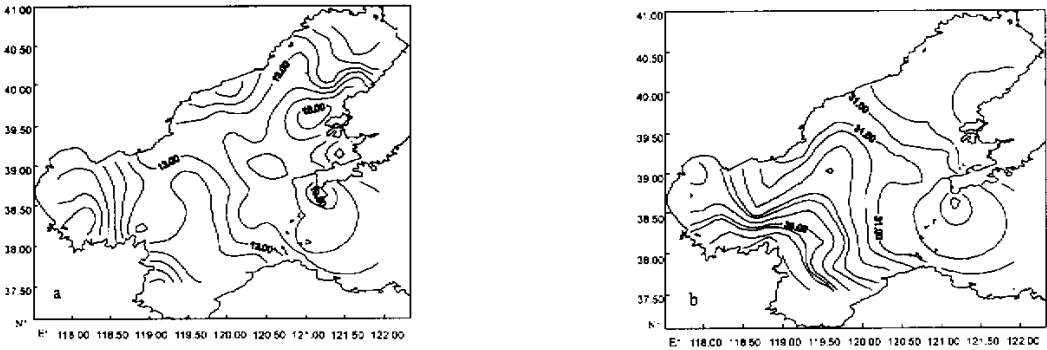


图 2 春季表层温度(a)和盐度(b)分布图

Fig. 2 Surface temperature(a)and salinity(b)in spring

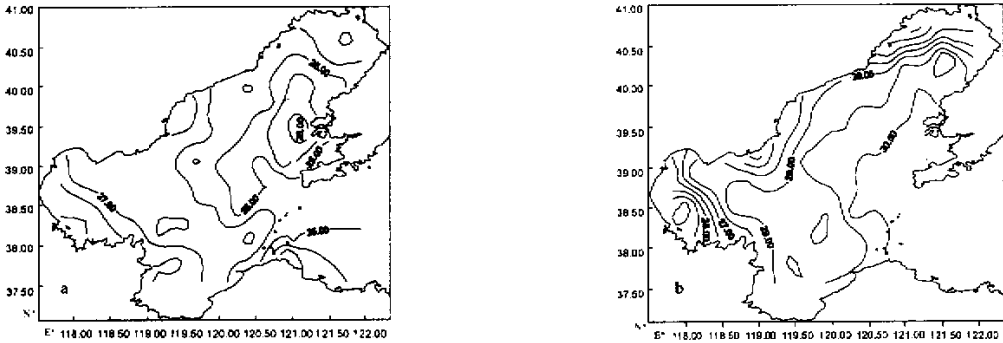


图 3 夏季表层温度(a)和盐度(b)分布图

Fig. 3 Surface temperature (a)and salinity(b) in summer

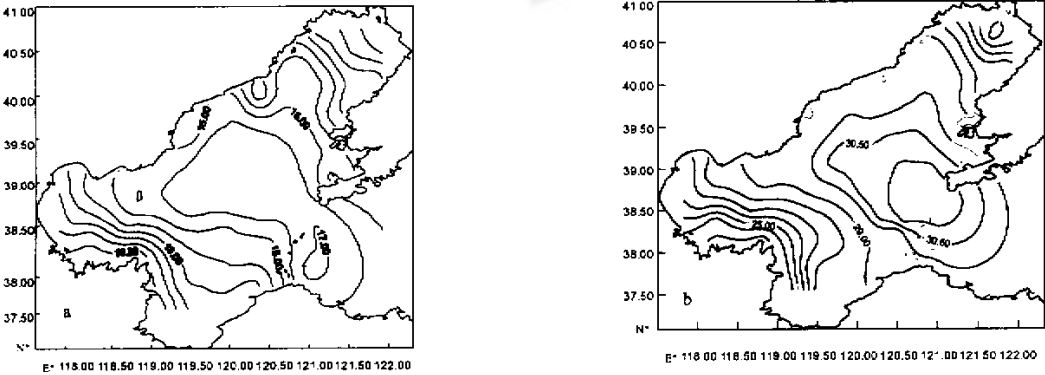


图 4 秋季表层温度(a)和盐度(b)的分布图

Fig. 4 Surface temperature (a)and salinity(b) in autumn

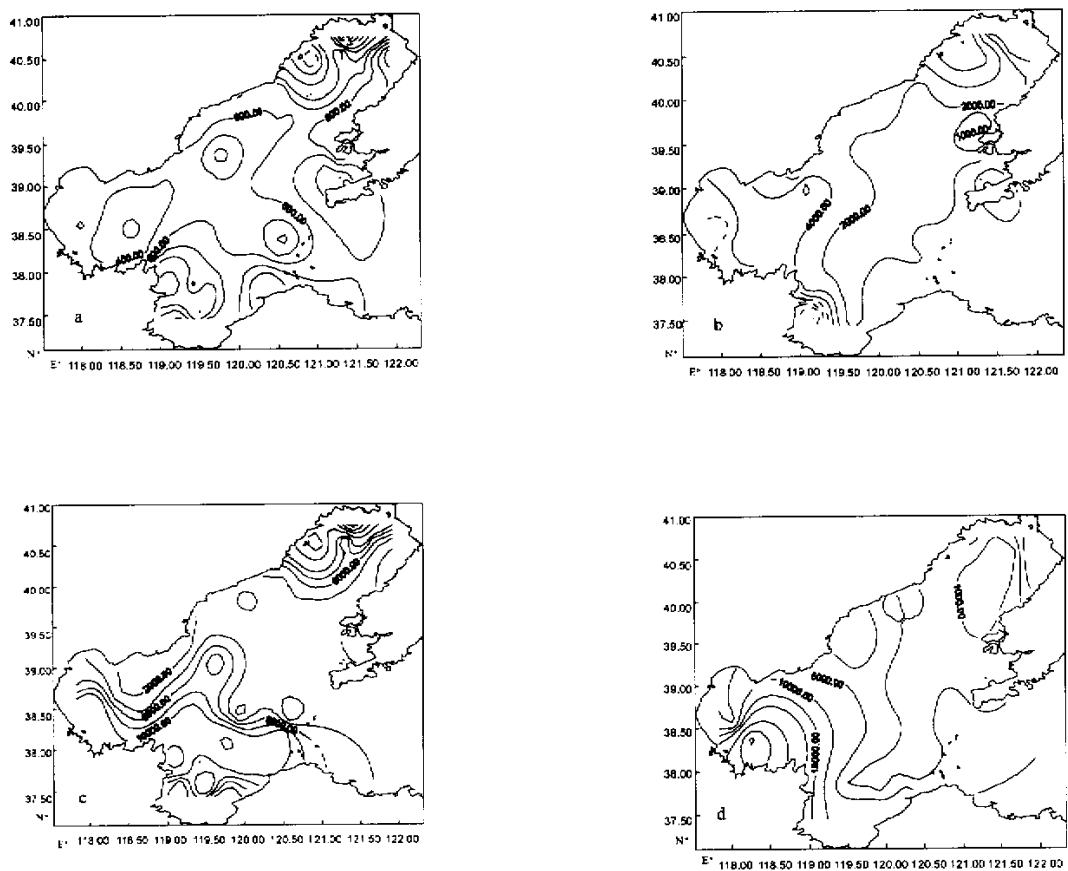


图 5 渤海浮游动物丰度季节分布图(a. 冬季, b. 春季, c. 夏季, d. 秋季)

Fig. 5 The seasonal distribution of abundance of zooplankton in the Bohai Sea. (a. winter, b. spring, c. summer, d. autumn)

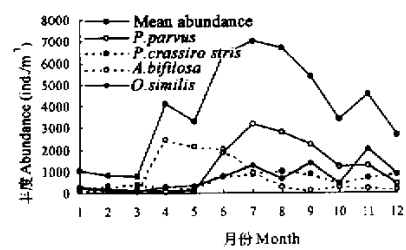


图 6 渤海浮游动物平均丰度和一些优势种丰度的季节变化

Fig. 6 The seasonal variation of the mean abundance of zooplankton and abundance of some dominant species in Bobai Sea

哲水蚤 (*Paracalanus crassirostris*)、拟长腹剑水蚤 (*Oithona similis*)、近缘大眼剑水蚤 (*Corycaeus affinis*)、墨氏胸刺水蚤 (*Centropages mcmmurrichi*)、太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*)、中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*)和真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*)等,这些种类占桡足类总量的 90% 以上。

从图 6 中可以看出渤海浮游动物数量的最高峰出现在春末夏初,平均丰度为 7120 ind./m³。冬季丰度最低,为 796 ind./m³。除夏季峰外,春季和秋季也各有一个丰度高峰,只是数量比夏季峰偏低。从图中可以看出,小拟哲水蚤、强额拟哲水蚤、双毛纺锤水蚤和拟长腹剑水蚤对数量的周年变化起主要作用。春季峰主要是由于双毛纺锤水蚤的大量出现形成;秋季峰主要是由于拟长腹剑水蚤大量出现造成;夏季峰则是多种共同作用的结果。

果。双毛纺锤水蚤的年平均丰度为 750 ind./m³,最大值为 33457 ind./m³。双毛纺锤水蚤从 4 月份开始大量繁殖成为优势种,至 6 月份以后数量开始减少。这种变化格局同 Shim 和 Choi^[6]在韩国 Kyeonggi 湾中的研究结果略有不同,主要差别是 9 月份的第二个高峰,渤海中双毛纺锤水蚤自 6 月份后数量明显减少,没有出现第二次高峰。小拟哲水蚤和强额拟哲水蚤的变化趋势基本相同,进入夏季开始大量繁殖,分别在 7 月份和 8 月份达到最大值,二者共占浮游动物总量的 44.8%。年平均丰度分别为 1132 ind/m³ 和 582 ind/m³,最大值分别为 21940 ind/m³ 和 14350 ind/m³。根据以往的研究,小拟哲水蚤可以周年繁殖,在 7 月份温度较适宜情况下达到最大值,本次调查结果同以往的研究结果基本一致^[2, 6~8]。拟长腹剑水蚤在 7 月份、9 月份和 11 月份达到高峰,这种季节变化格局同 Marshall^[8]在苏格兰的 Clyde 海的调查结果基本一致(Marshall 仅调查到 10 月份)。该种的繁殖季节和世代长短尚有不少争议^[9]。

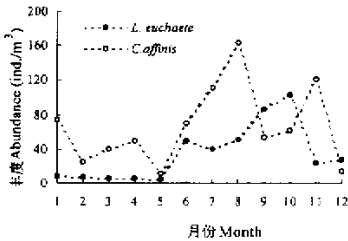


图 7 真刺唇角水蚤和近缘大眼剑水蚤丰度的季节变化

Fig. 7 The seasonal variation of abundance of *L. eu-chaeta* and *C. affinis*

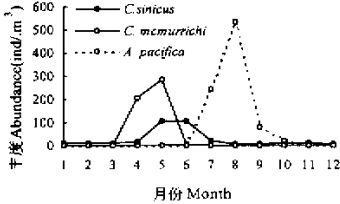


图 8 墨氏胸刺水蚤、中华哲水蚤和太平洋纺锤水蚤丰度的季节变化

Fig. 8 The seasonal variation of *C. mcmurrici*, *C. sinicus* and *A. pacifica*

除去上面的优势种外,真刺唇角水蚤、近缘大眼剑水蚤、墨氏胸刺水蚤和中华哲水蚤等个体较大的种类是数量的重要组成部分。图 7 是真刺唇角水蚤和近缘大眼剑水蚤丰度的季节变化。可以看出近缘大眼剑水蚤的数量变化为双峰型,第一次高峰出现在夏季,第二次高峰出现在秋季。值得一提的是,该种数量在春末夏初数量为全年最低,之后数量开始迅速上升,形成夏季峰。真刺唇角水蚤数量在 5 月份以前一直处于较低水平,之后数量开始增加,在 10 月份达到全年最高峰。

图 8 是中华哲水蚤、墨氏胸刺水蚤和太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)的数量变动,这 3 种数量不同程度上受黄海水流的影响。可以看出 3 种的季节变化趋势基本相同,全年大部分时间在渤海数量较低,至特定的季节开始大量出现。从样品分析种发现,墨氏胸刺水蚤和太平洋纺锤水蚤有近半年不出现在渤海,中华哲水蚤则全年都有出现。可以看出渤海中中华哲水蚤可能存在两个群体,一部分是在渤海形成的越冬群体,另一部分是从黄海补充进来的群体,此外也可能通过休眠卵进行补充。从样品分析中可以看出,中华哲水蚤桡足期幼体全年都有出现,这同陈清潮^[10]的研究结果略有区别,而同 Huang^[11]等的研究结果基本相同。

墨氏胸刺水蚤和太平洋纺锤水蚤似乎在渤海没有形成越冬群体,主要依赖于黄海补充进来的群体,此外也可能通过休眠卵进行补充。双毛纺锤水蚤和太平洋纺锤水蚤形成明显的季节替代,这种现象在其它海区也有过报道^[5]。

2. 4 主要桡足类的数量水平分布

桡足类的数量水平分布以往有过一些报道,这里主要对中小型的优势种和个别以往未报道过的种类的数量分布进行探讨。

2. 4. 1 小拟哲水蚤 小拟哲水蚤 1~4 月份(图 6)在渤海数量较低,2 月大部分水域丰度低于 100 ind/m³,且各海区差异明显(图 9a)。5 月份(图 9b)数量也较低,但在湾口附近形成高丰度分布区。从 6 月份开始数量开始明显增加,大部分海域的丰度高于 1000 ind/m³,高丰度分布区主要出现在莱州湾、渤海湾和辽东

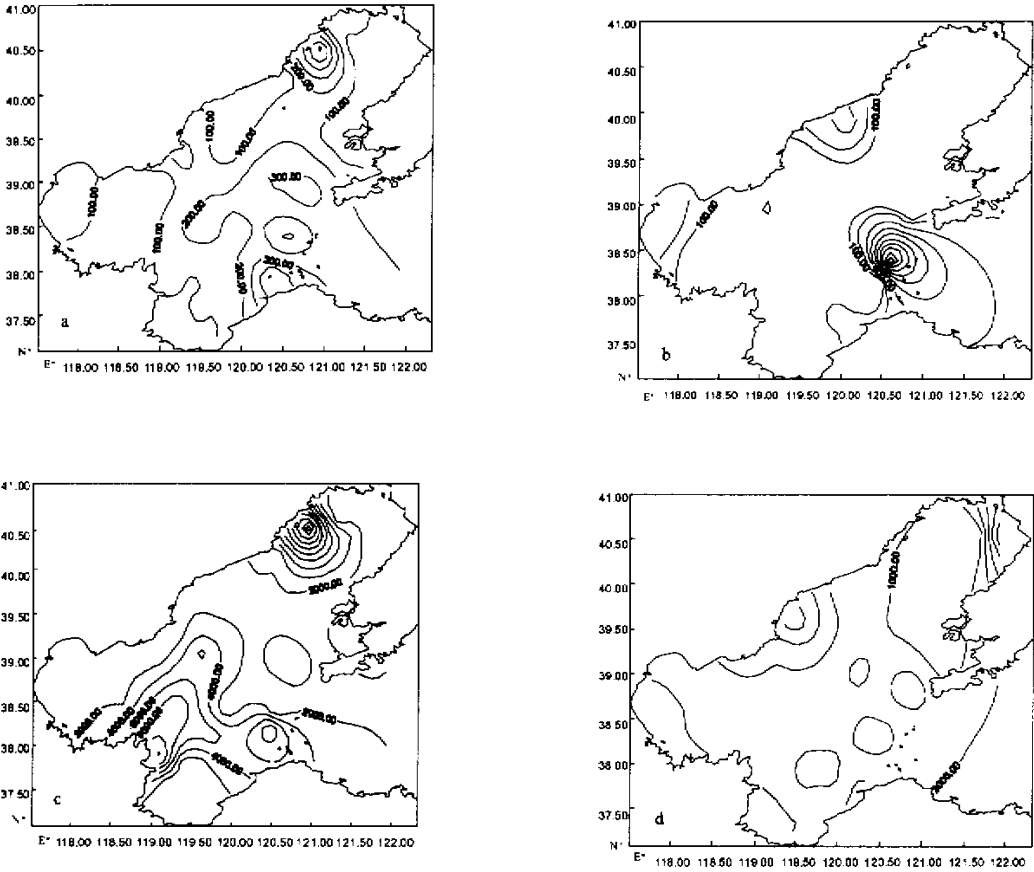


图9 不同月份小拟哲水蚤丰度的水平分布(a,2月份;b,5月份;c,8月份;d,11月份)
Fig. 9 The horizontal distribution of abundance of *Paracalanus parvus* in different month
(a, February; b, May; c, August; d, November)

湾附近(图9c),丰度最高达到23350 ind./m³。11月份以后(图9d),各海区普遍降低,差别不明显。

2.4.2. 双毛纺锤水蚤 同小拟哲水蚤相比,双毛纺锤水蚤的近岸种的特性表现得更为明显。在全年大部分时间,高生物量区主要集中在近岸水域(图10a~f)。3月份数量开始增加时,高生物量分布区主要集中在辽东湾、莱州湾和渤海湾等近岸水域。4月份生物量达到全年最大值,湾内大部分水域的数量超过500 ind/m³,生物量最高的海域是在莱州湾及莱州湾与渤海湾交界处。随温度的升高,形成基本上以渤海湾和辽东湾为中心分布区。至8月份水温达到最大值之后,主要集中在辽东湾。9月份以后,重新形成以三大湾为中心的近岸分布格局。

2.4.3 太平洋纺锤水蚤 太平洋纺锤水蚤被认为是暖水性种类,主要出现在渤、黄、东海沿岸水域^[12]。从数量分布图(图11a~e)可以看出,该种的分布中心是在辽东湾湾顶近岸水域,在渤海湾和莱州湾属于季节性分布。其数量在8、9月份达到高峰期,在分布中心数量高达12000 ind/m³,10月份以后数量开始明显减少。太平洋纺锤水蚤的这种近岸斑块状分布是受何种环境因子的控制,尚有待于进一步调查。

本文分析结果表明,对浮游动物种群动态过程的研究应结合大面调查的资料做综合分析。因为对少数站位进行以月为单位的监测无法排除海流等偶然因素的影响,大面观测则可以弥补这些不足。从优势种数量的季节变化可以看出,目前对拟长腹剑水蚤等关键种的种群动态过程了解较少,有必要深入开展研究。

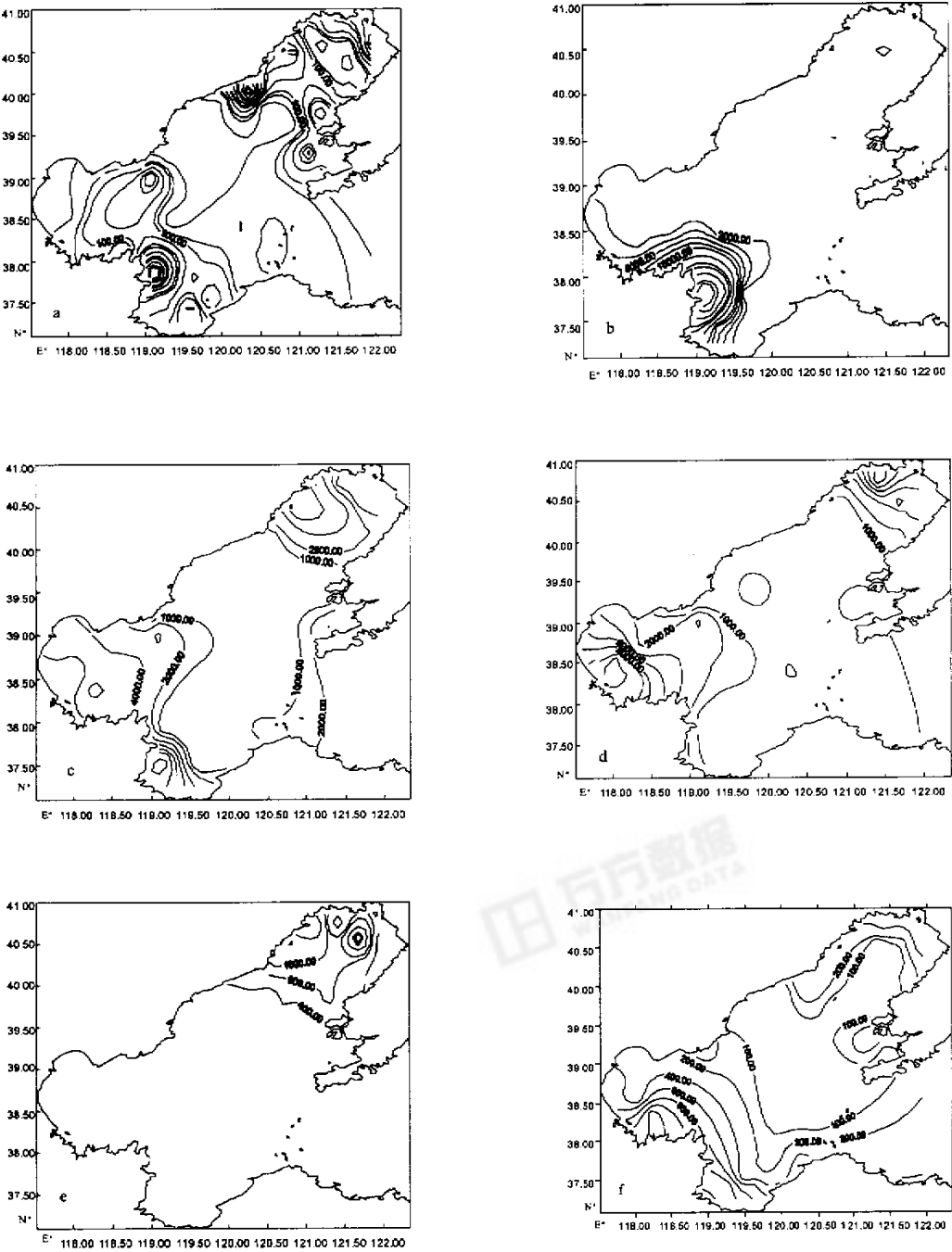


图 10 不同月份双毛纺锤水蚤丰度的水平分布(a, 3 月份; b, 4 月份; c, 5 月份; d, 6 月份; e, 8 月份; f, 11 月份)

Fig. 10 The horizontal distribution of abundance of *Acartia biflosa* in different month

(a, March; b, April; c, May; d, June; e, August; f, November)

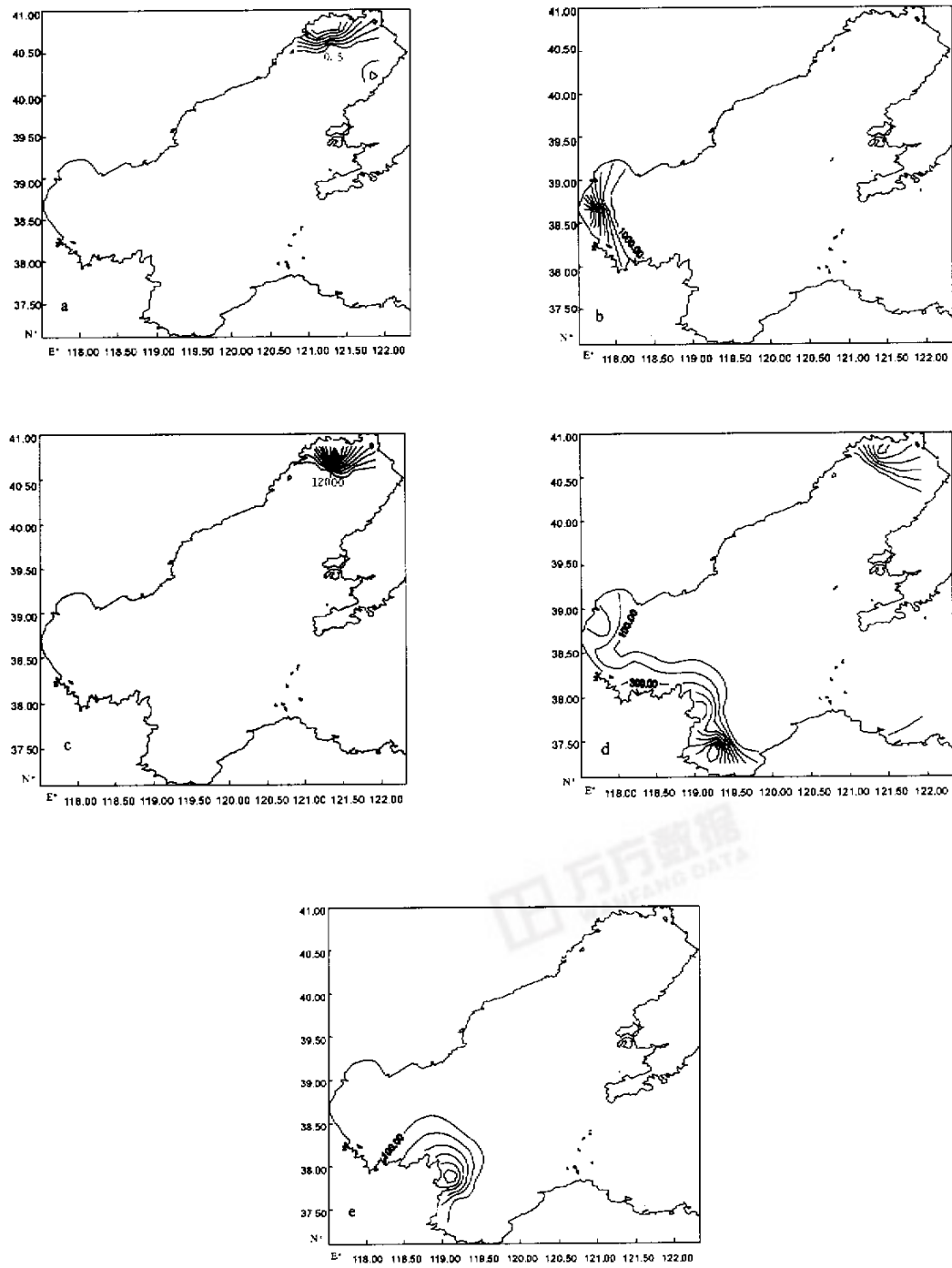


图 11 不同月份太平洋纺锤水蚤丰度的季节分布(a,6 月份;b,7 月份;c,8 月份;d,9 月份;e,10 月份)
Fig. 11 The horizontal distribution of abundance of *Acatia pacifica* in different month (a, June; b, July; c, August; d, September; e, October)

万方数据

参考文献

- [1] Morales C E, Bedo, Harris A, Tranter P R G. Grazing of copepod assemblages in the north-east Atlantic; the importance of the small size fraction. *J. Plankton Res.*, 1991, **13**(2): 455~472.
- [2] 郑 重,等. 烟、威鲈鱼渔场及邻近水域浮游动物生态的初步研究. *海洋与湖沼*, 1965, **7**(4): 329~354.
- [3] 白雪娥,撞志猛. 渤海浮游动物生物量及其主要种类数量变动的研究. *海洋水产研究*, 1992, **12**: 71~97.
- [4] 全国海洋综合调查报告第八册,中国近海浮游生物的研究. 中华人民共和国科学技术委员会海洋组海洋综合调查办公室编,1977.
- [5] 毕洪生,孙 松,高尚武,等. 渤海浮游动物群落生态特点 I. 种类组成与群落结构. *生态学报*, **20**(5): 715~721.
- [6] Shim M B, Choi J K. A study on the seasonal succession of copepod community in Kyeonggi Bay, Yellow Sea through the short interval surveys. *The Yellow Sea*, 1996, **2**: 65~75.
- [6] Uye Shin-ichi and Shibuno Nobuko. Reproductive of the planktonic copepod *Paracalanus* sp. in the Inland Sea of Japan. *J. Plankton Res.*, 1992, **16** (3): 343~358.
- [8] Liang D and Uye S. Population dynamics and production of the planktonic copepods in a eutrophic inlet of the Inland Sea of Japan. III *Paracalanus* sp. *Mar. Biol.*, 1996, **127**: 219~227.
- [9] Marshall S M. On the biology of the small copepods in Loch Striven. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 1949, **28**: 45~122.
- [10] McLaren I A. Generation lengths of some temperate marine copepods; estimation, predication and implications. *J. Fish. Res. Board Can.*, 1978, **35**: 1330~1342.
- [11] 陈清潮. 中华哲水蚤的繁殖、性比率和个体大小的研究. *海洋与湖沼*, 1964, **6**(3): 272~288.
- [12] Huang C, Uye S and Onbé T. Geographic distribution, seasonal life cycle, biomass and production of planktonic copepod *Calanus sinicus* in the Inland Sea of Japan and its neighboring Pacific Ocean. *J. Plankton Res.*, 1992, **15**: 1229~1246.
- [13] 陈清潮,章淑珍. 黄海和东海的浮游桡足类 I. 哲水蚤目. *海洋科学集刊*, 1965, **7**: 20~131.